

การสร้างแบบจำลองและการอปติไมซ์ของหน่วยการกั้นความดันสุญญากาศ  
สำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน

นายสมักร เกษมมงคล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2548  
ISBN 974-17-5863-4  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MODELING AND OPTIMIZATION OF VACUUM DISTILLATION UNIT FOR LUBE BASE  
OIL PRODUCTION

Mr. Samak Kasemmongkol

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-17-5863-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสร้างแบบจำลองและการออปติไมซ์ของหน่วยการกลั่นความดัน สูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน
โดย	นาย สมัคร เกษมมงคล
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติสุขภกร

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรม มงคลศรี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติสุขภกร)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.สุพจน์ พัฒนะศรี)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.อมรชัย อารมณวิธานพ)

สมัคร เกษมมงคล : การสร้างแบบจำลองและการออปติไมซ์ของหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศ สำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (MODELING AND OPTIMIZATION OF VACUUM DISTILLATION UNIT FOR LUBE BASE OIL PRODUCTION) อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร.ไพศาล กิตติศุกร, 85 หน้า. ISBN 974-17-5863-4.

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองกระบวนการและทำการออปติไมซ์ หน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานโดยใช้โปรแกรม PRO II เวอร์ชัน 7 เพื่อศึกษาผลกระทบของสภาวะการดำเนินงานของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศและตัวแปรต่างๆที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานและใช้แบบจำลองช่วยในการหาสภาวะการดำเนินงานของหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศ เพื่อให้ได้รับกำไรสูงสุด สภาวะการดำเนินงานที่ใช้ทำการศึกษาผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลิตภัณฑ์และผลกำไรของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศในงานวิจัยนี้ได้แก่ อุณหภูมิของสารป้อนก่อนเข้าหอกลั่นความดันสูญญากาศ อุณหภูมิบนยอดหอกลั่นความดันสูญญากาศ อุณหภูมิตอนกลางของหอกลั่นความดันสูญญากาศ และปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลั่นความดันสูญญากาศ พบว่าสภาวะการดำเนินงานที่แตกต่างกันทำให้ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์และปริมาณการใช้ทรัพยากรต่างๆ กันออกไป และส่งผลทำให้ผลกำไรที่ได้ต่างกัน ผลการออปติไมซ์เพื่อหาสภาวะการดำเนินงานที่เหมาะสมสำหรับหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศพบว่าที่สภาวะการดำเนินงานหลังการทำออปติไมซ์ชันทำให้ผลกำไรที่ได้เพิ่มขึ้นจาก 7,440,000 บาทต่อวัน เป็น 7,780,000 บาทต่อวัน ซึ่งคิดเป็น 4.57% เมื่อเปรียบเทียบกับผลกำไรที่ได้จากสภาวะการดำเนินงานก่อนทำการออปติไมซ์

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี  
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี  
ปีการศึกษา 2548

ลายมือชื่อนิสิต.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

## 4571471121 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: OPTIMIZATION / SIMULATION / VACUUM DISTILLATION / LUBE BASE OIL

SAMAK KASEMMONGKOL: MODELING AND OPTIMIZATION OF VACUUM DISTILLATION UNIT FOR LUBE BASE OIL PRODUCTION. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. PAISAN KITTISUPPAKORN, 85 pp. ISBN 974-17-5863-4.

In this research the modeling of a vacuum distillation unit for Lube Base Oil Production has been developed based on Pro II (version 7) simulation software. The obtained model has been used to study the effect of operating conditions of the Vacuum Distillation unit involving the properties and quantities of products. Then, with the model, an optimal operating condition has been determined to achieve a maximum profit with respect to the inlet temperature, the top tray temperature, the middle temperature and the stripping steam quantities. Simulation results show that when the unit has been operated with the determined the optimal operating condition, the profit has been increased from 7,440,000 Baht per day to 7,780,000 Baht per day; the increase in the maximum profit of 4.57 % can be obtained.

Department Chemical Engineering  
 Field of study Chemical Engineering  
 Academic year 2548

Student's signature.....  
 Advisor's signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติศุภกร อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชราธร มงคลศรี ประธานกรรมการ  
ดร.สุพจน์ พัฒนะศรี และ ดร.อมรชัย อภรณ์วิชานพ ที่กรุณามาร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์  
และได้ให้ข้อคิดและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบคุณบริษัทอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกัล ที่ทำให้มีโอกาสดำเนินงานวิจัยนี้

ขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ และน้องๆ ตลอดจนเพื่อนร่วมงาน ที่ให้คำแนะนำและให้  
ความช่วยเหลือตลอดจนให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

ท้ายที่สุดนี้ผู้ทำการวิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่น้องในครอบครัว  
และผู้มีอุปการคุณที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ(ภาษาไทย).....	ง
บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ).....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฐ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2. ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 การจำลองและการเลียนแบบกระบวนการ.....	5
2.2 การออปติไมซ์.....	6
2.3 สาเหตุการทำออปติไมซ์.....	7
2.4 ขอบเขตการทำออปติไมซ์เซชัน.....	8
2.5 องค์ประกอบสำคัญในการทำการออปติไมซ์.....	8
3. น้ำมันปิโตรเลียมดิบ.....	12
3.1 ลักษณะและองค์ประกอบของน้ำมันปิโตรเลียม.....	12
3.2 การแยกประเภทน้ำมันดิบ.....	13
3.3 ผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม.....	14
3.4 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันสำเร็จรูปจากน้ำมันดิบ.....	15
4. น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil).....	22
4.1 การแบ่งประเภทน้ำมันหล่อลื่น.....	22
4.2 การผลิตน้ำมันหล่อลื่นจากน้ำมันดิบ.....	27
4.3 สารเพิ่มคุณภาพน้ำมันหล่อลื่น.....	28

บทที่	หน้า
5. หน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน.....	30
5.1 หน้าที่ของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ.....	30
5.2 ส่วนประกอบกระบวนการกลั่นความดันสูญญากาศ.....	31
5.3 ผลกระทบที่ได้จากหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ.....	35
5.4 การควบคุมคุณภาพสถานะการดำเนินงานของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ.....	36
5.5 การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ.....	37
6. การสร้างแบบจำลองของหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับการผลิต น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน.....	40
6.1 การสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PRO II.....	40
6.2 การอปติไมซ์หน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ.....	49
6.3 ผลการศึกษาผลกระทบของสถานะการดำเนินงาน.....	51
7. สรุปผลการวิจัย.....	72
7.1 ผลการอปติไมซ์แบบจำลอง.....	72
7.2 การตรวจสอบผลที่ได้จากการอปติไมซ์แบบจำลอง.....	74
รายการอ้างอิง.....	77
ภาคผนวก.....	78
ก1. การจำลองกระบวนการกลั่นความดันสูญญากาศโดยโปรแกรม PRO II.....	79
ก2. ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองของหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศ โดยใช้โปรแกรม PRO II.....	80
ประวัติผู้เขียน.....	85



**สารบัญภาพ**

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.1 ไคอะแกรมแสดงการผลิตน้ำมันหล่อลื่น.....	28
รูปที่ 5.1ก แสดง Process flow diagram ของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ 1.....	33
รูปที่ 5.1ข แสดง Process flow diagram ของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ 2.....	34
รูปที่ 5.2 ตัวอย่างการตัดกราฟการกลั่นแบบมาตรฐาน.....	38
รูปที่ 5.3 ตัวอย่างการตัดกราฟการกลั่นวิธีที่ 1 เพื่อให้ได้ความหนืดของผลิตภัณฑ์ VAC-3 คงที่ ผลิตภัณฑ์ VAC-2 และ VAC-4 เพิ่ม.....	39
รูปที่ 5.4 ตัวอย่างการตัดกราฟการกลั่นวิธีที่ 2 เพื่อให้ได้ความหนืดของผลิตภัณฑ์ VAC-3 คงที่ ปริมาณผลิตภัณฑ์ LVGO ลดลง และปริมาณผลิตภัณฑ์ VAC-4 เพิ่มขึ้น.....	39
รูปที่ 6.1 แบบจำลองกระบวนการของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศที่สร้างโดยใช้โปรแกรม PRO II.....	45
รูปที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบ TBP distillation ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการดำเนินงานจริงกับที่ได้จากแบบจำลอง.....	48
รูปที่ 6.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความดันสูญญากาศ กับปริมาณผลิตภัณฑ์ D60.....	51
รูปที่ 6.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความดันสูญญากาศ กับปริมาณผลิตภัณฑ์ D150.....	52
รูปที่ 6.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความดันสูญญากาศ กับปริมาณ ผลิตภัณฑ์ Middle slop.....	52
รูปที่ 6.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความดันสูญญากาศ กับปริมาณผลิตภัณฑ์ D500 .....	53
รูปที่ 6.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความดันสูญญากาศ กับปริมาณผลิตภัณฑ์ Heavy slop .....	53
รูปที่ 6.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความดันสูญญากาศ กับปริมาณผลิตภัณฑ์ Vacuum Residue.....	54
รูปที่ 6.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความดันสูญญากาศ กับต้นทุนการผลิต.....	54
รูปที่ 6.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความดันสูญญากาศ กับรายได้.....	55

รูปที่ 6.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลิ้นความดันสูญญากาศ กับกำไร.....	55
รูปที่ 6.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนขอดหอกลิ้นความดันสูญญากาศ กับปริมาณผลิตภัณฑ์ D60.....	56
รูปที่ 6.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนขอดหอกลิ้นความดันสูญญากาศ กับปริมาณผลิตภัณฑ์ D150.....	57
รูปที่ 6.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนขอดหอกลิ้นความดันสูญญากาศ กับปริมาณผลิตภัณฑ์ Middle slop.....	57
รูปที่ 6.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนขอดหอกลิ้นความดันสูญญากาศ กับปริมาณผลิตภัณฑ์ D500.....	58
รูปที่ 6.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนขอดหอกลิ้นความดันสูญญากาศ กับปริมาณผลิตภัณฑ์ Heavy slop.....	58
รูปที่ 6.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนขอดหอกลิ้นความดันสูญญากาศ กับปริมาณผลิตภัณฑ์ Vacuum Residue.....	59
รูปที่ 6.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนขอดหอกลิ้นความดันสูญญากาศ กับต้นทุนการผลิต.....	59
รูปที่ 6.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนขอดหอกลิ้นความดันสูญญากาศ กับรายได้.....	60
รูปที่ 6.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนขอดหอกลิ้นความดันสูญญากาศ กับกำไร.....	60
รูปที่ 6.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกลิ้นความดัน สูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D60.....	61
รูปที่ 6.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกลิ้นความดัน สูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D150.....	62
รูปที่ 6.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกลิ้นความดัน สูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Middle slop.....	62
รูปที่ 6.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกลิ้นความดัน สูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D500.....	63
รูปที่ 6.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกลิ้นความดัน สูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Heavy slop.....	63

รูปที่ 6.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกลิ้นความดัน สูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Vacuum Residue.....	64
รูปที่ 6.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกลิ้นความดัน สูญญากาศกับต้นทุนการผลิต.....	64
รูปที่ 6.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกลิ้นความดัน สูญญากาศกับรายได้.....	65
รูปที่ 6.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกลิ้นความดัน สูญญากาศกับกำไร.....	65
รูปที่ 6.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลิ้น ความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D60.....	67
รูปที่ 6.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลิ้น ความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D150.....	67
รูปที่ 6.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่ยอดหอกลิ้น ความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Middle slop.....	68
รูปที่ 6.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลิ้น ความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D500.....	68
รูปที่ 6.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลิ้น ความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Heavy slop.....	69
รูปที่ 6.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลิ้น ความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Vacuum Residue.....	69
รูปที่ 6.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลิ้น ความดันสูญญากาศกับต้นทุนการผลิต.....	70
รูปที่ 6.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลิ้น ความดันสูญญากาศกับรายได้.....	70
รูปที่ 6.38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลิ้น ความดันสูญญากาศกับกำไร.....	71
รูปที่ ก1. แสดงการกำหนดวิธีการคำนวณคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของ หน่วยกลั่นความดันสูญญากาศโดยใช้โปรแกรม PRO II .....	80
รูปที่ ก2. แสดงตัวอย่างการป้อนข้อมูลสารป้อนของหน่วยกลั่นความดัน สูญญากาศโดยใช้โปรแกรม PRO II.....	81

รูปที่ ก3. แสดงตัวอย่างการป้อนข้อมูลของหอกลับความดันสุญญากาศโดยใช้โปรแกรม PRO II.....	82
รูปที่ ก4. แสดงตัวอย่างการป้อนข้อมูลของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell and Tube โดยใช้โปรแกรม PRO II.....	83
รูปที่ ก5. แสดงตัวอย่างการป้อนข้อมูลของปั๊ม โดยใช้โปรแกรม PRO II.....	83
รูปที่ ก6. แสดงตัวอย่างการป้อนข้อมูลของเครื่องและเปลี่ยนความร้อนแบบพัดลมโดยใช้โปรแกรม PRO II.....	84
รูปที่ ก7. แสดงแบบจำลองของหน่วยกลับความดันสุญญากาศที่สร้างโดยใช้โปรแกรม PRO II.....	84



## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 หน่วยกลั่นหลักของโรงกลั่นน้ำมัน.....	16
ตารางที่ 3.2 กระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุลเพื่อปรับปรุงคุณภาพ.....	18
ตารางที่ 3.3 กระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุล เพื่อเพิ่มผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ.....	19
ตารางที่ 3.4 กระบวนการที่ติดตั้งต่างๆ.....	21
ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับอุณหภูมิมาตรฐานในการ หาVI.....	24
ตารางที่ 4.2 SAE Viscosity Number.....	25
ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ผลิตได้จากหน่วยกลั่น สูญญากาศ.....	35
ตารางที่ 5.2 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากหน่วยความดันสูญญากาศ.....	36
ตารางที่ 6.1 คุณสมบัติของสารป้อนของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ .....	41
ตารางที่ 6.2 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ shell and Tube ในหน่วย กลั่นความดันสูญญากาศ.....	42
ตารางที่ 6.3 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบพัคลมในหน่วยกลั่นความ ดันสูญญากาศ.....	42
ตารางที่ 6.4 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบน้ำหล่อเย็นในหน่วยกลั่น ความดันสูญญากาศ.....	42
ตารางที่ 6.5 ป้อนในหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ.....	43
ตารางที่ 6.6 ถังในหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ .....	43
ตารางที่ 6.7 หอกลิ้นในหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ.....	43
ตารางที่ 6.8 เตาเผาในหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ.....	43
ตารางที่ 6.9 แสดงการเปรียบเทียบสภาวะการดำเนินงานที่ได้จากกระบวนการผลิต กับที่ได้จากแบบจำลอง.....	46
ตารางที่ 6.10 แสดงการเปรียบเทียบ % Yields ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก กระบวนการผลิตจริงกับผลที่ได้จากแบบจำลอง.....	47
ตารางที่ 6.11 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก กระบวนการผลิตจริงกับผลที่ได้จากแบบจำลอง.....	47

ตารางที่ 6.12 แสดง Transfer Price ของสารป้อนผลิตภัณฑ์ และทรัพยากรต่างๆ ของหน่วยกั้นความดันสุญญากาศ.....	50
ตารางที่ 7.1 แสดงผลการอปติไมซ์โดยการปรับสถานะการดำเนินงาน.....	73
ตารางที่ 7.2 แสดงสถานะการดำเนินงานของหน่วยการกั้นความดันสุญญากาศ ที่ได้จากการอปติไมซ์โดยใช้แบบจำลอง.....	74
ตารางที่ 7.3 แสดงการตรวจสอบผลที่ได้จากการอปติไมซ์ที่พิจารณาอุณหภูมิ ก่อนเข้าหอกั้นความดันสุญญากาศ.....	74
ตารางที่ 7.4 แสดงการตรวจสอบผลที่ได้จากการอปติไมซ์ที่พิจารณาอุณหภูมิ บนยอดหอกั้นความดันสุญญากาศ .....	75
ตารางที่ 7.5 แสดงการตรวจสอบผลที่ได้จากการอปติไมซ์ที่พิจารณาอุณหภูมิ ตอนกลางของหอกั้นความดันสุญญากาศ.....	75
ตารางที่ 7.6 แสดงการตรวจสอบผลที่ได้จากการอปติไมซ์ที่พิจารณาปริมาณ การใช้ Stripping steam ที่ใช้หอกั้นความดันสุญญากาศ .....	75
ตารางที่ 7.7 แสดงการตรวจสอบผลที่ได้จากการอปติไมซ์ที่พิจารณาทุก สถานะการดำเนินงาน.....	76





# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ธุรกิจอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและปิโตรเลียมเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญ ต่อประเทศเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกนำไปแปรรูปเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ที่มีประโยชน์ชีวิตประจำวัน และในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและปิโตรเลียมก็ยังคงมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มากขึ้นเรื่อยๆ อุตสาหกรรม โรงกลั่นน้ำมันก็เป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมประเภทนี้ใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น ใช้ในการให้พลังงาน ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ ใช้ในการหล่อลื่นภายในเครื่องยนต์

ในประเทศไทยมีโรงกลั่นน้ำมันอยู่หลายแห่ง ซึ่งแต่ละแห่งมีกำลังการผลิตความสามารถในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน บริษัทอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกับไทยจำกัดเป็นบริษัทที่ประกอบอุตสาหกรรมปิโตรเคมีแบบครบวงจร โรงกลั่นน้ำมันของบริษัทอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกลไทย จำกัดเป็นโรงกลั่นน้ำมันที่มีกำลังการผลิต 215,000 บาร์เรลต่อวัน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากโรงกลั่น นอกจากน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น และยางมะตอยแล้ว ยังใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากโรงกลั่นน้ำมันเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเม็ดพลาสติกชนิดต่างๆอีกด้วย

น้ำมันดิบจะถูกผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อหน่วยกลั่นแยก หน่วยการกำจัดสารปนเปื้อนและปรับปรุงคุณภาพ จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานที่ต้องการ โดยน้ำมันดิบจะถูกกลั่นแยกภายใต้ความดันบรรยากาศก่อน จนได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ส่วนกากที่เหลือจะถูกกลั่นแยกอีกครั้งที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ เพื่อให้ได้น้ำมันหล่อลื่น และยางมะตอย โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นนั้นจะต้องผ่านกระบวนการผลิตต่างๆเพื่อกำจัดสารปนเปื้อนและปรับปรุงคุณภาพก่อนที่จะได้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย

ในการกลั่นน้ำมันดิบจะทำการกลั่นที่ความดันบรรยากาศ เพื่อทำการแยกน้ำมันส่วนที่เบาออกทางด้านบนของหอกลั่นส่วนผลิตภัณฑ์ที่หนักจะแยกออกด้านล่างของหอกลั่น ซึ่งเรียงลำดับได้ดังนี้ แอลพีจี ไลท์แนฟทา เฮฟวีแนฟทา เคโรซีน ไลท์แกสออยล์ และส่วนที่หนักที่สุดคือ เอทีบี (Atmospheric Tower Bottom) ซึ่งเป็นทางด้านล่างของหอกลั่นที่ความดันบรรยากาศ (LG Engineering Co.,Ltd. Seoul Korea, 1995a)

เอทีบีจะเป็นส่วนน้ำมันหนักที่ไม่สามารถกลั่นแยกภายใต้ความดันบรรยากาศ แต่สามารถกลั่นแยกได้ที่ความดันสุญญากาศ โดยเอทีบีจะถูกกลั่นที่หอกลั่นสุญญากาศจะได้ผลิตภัณฑ์เป็น

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน และ วิวาร์ (Vacuum Residue) ซึ่งจะเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตแอสฟัลทิน (LG Engineering Co.,Ltd. Seoul Korea, 1995b)

หน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ ในกระบวนการผลิตน้ำมันหล่อลื่นซึ่งเป็นกระบวนการผลิตหนึ่งที่อยู่รวมอยู่ในโรงกลั่นน้ำมันเป็นกระบวนการที่แยกเอาน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเกรดต่างๆ ที่มีคุณสมบัติต่างๆกันออก เพื่อให้คุณภาพของน้ำมันหล่อลื่นที่ได้ให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับลักษณะและสภาวะที่นำไปใช้งาน ซึ่งในปัจจุบันการแข่งขันในด้านการตลาดของอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันหล่อลื่นเริ่มมีมากขึ้น ดังนั้นเพื่อที่จะให้เกิดความได้เปรียบทางการค้า จึงจำเป็นต้องมีพยายามที่จะลดต้นทุนในการผลิต โดยการใช้ทรัพยากรหรือวัตถุดิบที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด การทำให้เกิดการสูญเสียน้อยที่สุด ซึ่งการที่จะกระทำได้กล่าวจำเป็นต้องอาศัยการออกแบบเซชันเพื่อที่จะให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว

ในการทำการควบคุมสภาวะการดำเนินงานของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศของหอกลั่นสูญญากาศนั้นส่งมีความจำเป็นเนื่องจากสภาวะการดำเนินงานของหอกลั่นจะผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณและคุณสมบัติและผลิตภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน ดังนั้นการศึกษาถึงผลกระทบของสภาวะการดำเนินงานต่างๆ ของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศต่อปริมาณหรือคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์จึงมีความจำเป็น เพราะจะทำให้เราสามารถที่จะควบคุมปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ตามที่ต้องการ และทำให้สามารถลดเวลาในการหาสภาวะการดำเนินงานในหน่วยการผลิตจริงได้

งานวิจัยนี้สาเหตุที่เลือกที่จะทำการศึกษา หน่วยการกลั่นที่ความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน เนื่องจากว่าเป็นหน่วยการผลิตเริ่มต้นในกระบวนการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน ปัจจุบันในการควบคุมสภาวะการดำเนินการและการใช้ทรัพยากรซึ่งได้แก่ พลังงาน ปริมาณไอน้ำ ปริมาณเชื้อเพลิง ปริมาณน้ำหล่อเย็น รวมไปถึงการไขประโยชน์จากวัตถุดิบของหน่วยการผลิตนี้ยังไม่มีประสิทธิภาพมากนัก ยังมีการใช้ทรัพยากรดังกล่าวเกินความจำเป็นอยู่ และยังมีการสูญเสียของวัตถุดิบที่ใช้ในหน่วยการผลิต การควบคุมสภาวะการดำเนินงานให้เหมาะสมนั้นทำให้เราสามารถที่จะควบคุมกระบวนการผลิตให้ได้ตามที่เราต้องการ และสภาวะการดำเนินงานดังกล่าว ทำให้เราสามารถที่จะใช้ทรัพยากรและวัตถุดิบที่จำเป็นในกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้ประโยชน์สูงสุด ภายใต้ข้อกำหนดที่ว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังตรงกับความต้องการ ดังนั้นการทำออกแบบเซชันหน่วยการผลิตนี้จึงมีความจำเป็น

การหาสภาวะการดำเนินงานที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตจริง จะทำให้เกิดความยุ่งยาก เสียเวลา มีความเสี่ยงต่อกระบวนการผลิตจริง ซึ่งส่งผลให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเนินการอย่างมาก ดังนั้นการศึกษาโดยการใช้แบบจำลองกระบวนการจึงเป็นหนทางที่สะดวก รวดเร็ว ปลอดภัยและใช้ค่าใช้จ่ายน้อย

เพราะฉะนั้นในงานวิจัยนี้ จึงทำการสร้างแบบจำลองเลียนแบบการทำงานของหน่วยกลั่น ความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน โดยใช้โปรแกรมเลียนแบบกระบวนการ PRO II และใช้แบบจำลองดังกล่าวในการศึกษาถึงผลกระทบของสภาวะการดำเนินงานดังที่ได้กล่าวข้างต้น พร้อมทั้งใช้แบบจำลองหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้หน่วยกลั่นความดันสูญญากาศทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดและทำให้ได้กำไรมากที่สุด

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สร้างแบบจำลองของหน่วยการกลั่นที่ความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานโดยใช้โปรแกรม PRO II เพื่อเลียนแบบกระบวนการและหาสภาวะปฏิบัติการที่ใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการ
2. ออปติไมซ์แบบจำลองของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน เพื่อหาสภาวะการดำเนินงานที่ทำให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และได้ผลกำไรมากที่สุด

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. สร้างแบบจำลองของหน่วยการกลั่นที่ความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานโดยใช้โปรแกรมจำลองกระบวนการ PRO II เวอร์ชัน 7.0
2. ศึกษาผลกระทบของสภาวะการดำเนินงาน ของหน่วยการกลั่นที่ความดันสูญญากาศ สำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานต่อปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยสภาวะการดำเนินงานที่ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความดันสูญญากาศ อุณหภูมิบนยอดหอกลั่นความดันสูญญากาศ อุณหภูมิตอนกลางของหอกลั่นความดันสูญญากาศ และปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลั่นความดันสูญญากาศ
3. หาสภาวะการดำเนินงานที่เหมาะสม ทำการออปติไมซ์หน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น เพื่อให้ได้กำไรมากที่สุด

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายและจำลองการทำงานของหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน
2. ได้สภาวะการดำเนินงานของหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศที่เหมาะสมที่ทำให้ได้กำไรมากที่สุด
3. สามารถลดเวลาที่ใช้ในการปรับสภาวะการดำเนินงานของหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน
4. สามารถลดปริมาณการใช้ทรัพยากรที่ต้องใช้ในหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานซึ่งได้แก่ วัตถุดิบ เชื้อเพลิง และปริมาณไอน้ำ
5. นำผลงานวิจัยที่ได้ไปใช้ในการหาความสามารถและข้อจำกัดของหน่วยการผลิตที่มีอยู่และนำไปใช้ในการปรับปรุงหรือขยายกำลังการผลิต

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 การจำลองและการเลียนแบบกระบวนการ

การจำลองและเลียนแบบกระบวนการ คือ การแทนกระบวนการผลิตทั้งหมดด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ โดยจะอาศัยหลักการของสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงาน แล้วทำการคำนวณเพื่อหาคำตอบของสมการด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งผลลัพธ์ของสมการจะแสดงถึงผลที่จะเกิดขึ้นจริงในกระบวนการนั้นๆ เมื่อดำเนินการด้วยเงื่อนไขที่กำหนด ความถูกต้องในการจำลองและเลียนแบบจะขึ้นอยู่กับสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นตัวแทนของระบบว่า จะแทนลักษณะทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการจริงได้ถูกต้องหรือไม่ และวิธีการที่จะหาคำตอบของสมการเหล่านี้ก็ขึ้นอยู่กับความถูกต้องและแม่นยำของวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้แก้ปัญหา การเลียนแบบกระบวนการในปัจจุบันมีความสำคัญมากและเป็นงานหลักของวิศวกรการผลิต (Process Engineer) ในอุตสาหกรรมเคมี การสร้างแบบจำลองใช้ในการออกแบบผังกระบวนการผลิตและระบุรายละเอียดพารามิเตอร์ที่สำคัญของหน่วยการผลิต การประยุกต์ใช้งานยังรวมไปถึงการวิเคราะห์กระบวนการออกแบบ การก่อสร้าง การแก้ไขปรับปรุง การเลียนแบบกระบวนการสามารถนำไปใช้แทนที่การทดลอง (Pilot Scale Experiments) ในหลายๆงาน แต่สำหรับบางกระบวนการการสร้างชุดทดลองยังคงมีความจำเป็นอยู่

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการพัฒนาให้สามารถใช้งานได้สะดวกและรวดเร็ว ในงานด้านอุตสาหกรรมเคมีก็มีโปรแกรมคอมพิวเตอร์อยู่มากมาย โดยผู้ประกอบการสามารถประยุกต์ใช้ตามความเหมาะสม เช่น โปรแกรมด้านการจำลองกระบวนการ การวิเคราะห์ระบบท่อและการควบคุมกระบวนการแบบกะ นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเคมีทางอ้อมในด้านบริหารธุรกิจและงานโครงการ เช่น การจัดการด้านเอกสาร การจำลองทางคณิตศาสตร์ สถิติ การออกแบบและการจัดการฐานข้อมูล การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในงานด้านกระบวนการผลิตในการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ ในปัจจุบันนี้มีจุดประสงค์ 2 ประการ ประการแรกคือ ด้านการออกแบบที่เน้นไปในการทำนายผลที่จะเกิดขึ้นและประการที่สองคือ การจำลองกระบวนการผลิตโดยการสร้างแบบจำลองจากกระบวนการผลิตจริง แล้วใช้แบบจำลองนั้นเพื่อการเรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานหรือเพื่อประเมินผลการใช้กลยุทธ์ต่างๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ข้อกำหนดที่วางไว้ (Shannon, 1975) การเลียนแบบกระบวนการด้วยคอมพิวเตอร์ทำให้ลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการสร้างชุดทดลองที่เหมือนจริง ซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก อุตสาหกรรมกัลกันและปีโตรเคมีเริ่มนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้คำนวณทางกระบวนการเมื่อกลางทศวรรษที่ 1950 ด้วยวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องแม่นยำ ซึ่งเป็น โปรแกรมแบบ

เชิงเส้น (Linear Programming) เพื่อผลผลิตที่เพิ่มขึ้นและประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ต่อมาปลายทศวรรษ 1950 มีการให้ความสำคัญกับคอมพิวเตอร์เพื่อการวางแผน ออกแบบ และจำลองกระบวนการ (Symonds; 1955 และ Garvin และคณะ; 1957) จากการศึกษาให้นำมาสู่การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาจนปัจจุบัน

การจำลองกระบวนการผลิตสามารถแบ่งเป็นสองส่วนคือการสร้างแบบจำลอง และการนำเอาแบบจำลองนั้นไปใช้งานเชิงวิเคราะห์ เพื่อประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมและเพื่อการปรับปรุงการดำเนินงานของกระบวนการผลิตจริง การจำลองกระบวนการผลิตถูกนำมาใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิต ลดมลภาวะ เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต เพิ่มความปลอดภัย พัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ และเพิ่มคุณภาพของสินค้าในกระบวนการผลิต ความก้าวหน้าด้านคอมพิวเตอร์อย่างรวดเร็ว ทำให้ปัจจุบันการจำลองแบบปัญหา หรือการจำลองกระบวนการผลิตด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นวิธีที่นิยม โปรแกรมจำลองแบบกระบวนการที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองมีให้เลือกมากมาย มีความยืดหยุ่นสูงสามารถประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมหลายประเภท จึงมีการนำไปใช้แพร่หลาย อย่างไรก็ตามการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองกระบวนการผลิตนั้น ผู้ใช้ต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาดีพอและสามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ของปัญหานั้นๆ ได้ นอกจากนั้นจะต้องรู้ชัดเจนว่าวัตถุประสงค์ที่ต้องการคืออะไร และสุดท้ายผู้ใช้อาจต้องมีประสบการณ์หรือมีความสามารถในการตีความคำตอบที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะแยกแยะและตัดสินใจในการนำผลที่ได้ไปใช้

## 2.2 การออปติไมซ์

การออปติไมซ์เป็นกระบวนการคิดและตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา ไม่ว่าจะเป็นปัญหาทางการดำเนินงาน การออกแบบ การจัดการของโรงงาน กระบวนการเคมีและโรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆ ลักษณะปัญหาการออปติไมซ์และเทคนิคครอบคลุมถึงการหาคำตอบตลอดจนอธิบายถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี ปิโตรเคมี ปิโตรเลียมและอุตสาหกรรมอื่นๆ การออปติไมซ์กระบวนการขนาดใหญ่โดยแบ่งการ ออปติไมซ์เป็นหน่วยๆ เรียกวิธีการนี้ว่า การทำการออปติไมซ์แบบกระจายส่วน (Distributed Optimization) ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือการทำการออปติไมซ์ทั้งกระบวนการพร้อมๆ กัน เรียกวิธีการทำออปติไมซ์แบบทั้งกระบวนการ (Centralized Optimization)

ปัญหาทางการดำเนินงานในโรงงาน การออกแบบกระบวนการผลิตทางวิศวกรรมเคมี มีอยู่เป็นจำนวนมากและเป็นไปได้ที่ปัญหาเหล่านี้มีคำตอบมากมาย การออปติไมซ์จะช่วยเลือกคำตอบที่ดีที่สุดจากเซตของคำตอบที่มีอยู่ โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ และเนื่องจากการหาคำตอบนี้มีความยุ่งยากซับซ้อน จึงจำเป็นต้องใช้ ซอฟต์แวร์ และคอมพิวเตอร์ช่วย แต่การใช้ซอฟต์แวร์และคอมพิวเตอร์นั้นจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาดีพอ สามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ของ

ปัญหานั้นๆ ได้ และรู้ชัดเจนว่าวัตถุประสงค์ทางด้านสมการที่ต้องการคืออะไร ไม่ว่าจะเป้าหมายสูงสุดหรือว่าต้นทุนวัตถุดิบและพลังงานน้อยที่สุด

การออปติไมซ์เซชันในกระบวนการผลิตทางเคมีประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ

1. การทำออปติไมซ์เซชันในการออกแบบกระบวนการผลิต จะทำในการสังเคราะห์แผนภาพลำดับการทำงาน การออกแบบอุปกรณ์ คุณลักษณะเฉพาะของสภาวะปฏิบัติการ
2. การทำออปติไมซ์เซชันในการควบคุมการผลิต หมายถึง การทำพารามิเตอร์และการควบคุมภาวะ การให้คำแนะนำการควบคุมการผลิต RTO (Real Time/on line Optimization) และ Predicative Control
3. การใช้เทคนิคของออปติไมซ์เซชัน ได้แก่ การทำโปรแกรมแบบควอดราติก การทำโปรแกรมแบบไม่เชิงเส้น การทำออปติไมซ์ปัญหาการควบคุม และปัญหาแบบผสมระหว่างความต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องรวมทั้งแบบจำนวนจริงผสม (Mixed-Integer and Hybrid Discrete-continuous Problems)

### 2.3 สาเหตุการทำออปติไมซ์

การทำออปติไมซ์เซชันคือการศึกษาว่าอะไรคือสิ่งที่ดีที่สุดโดยคำนี้มีการใช้มากในหลายสาขาวิชาซึ่งต้องอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วย และต่อมาก็เริ่มมีการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในช่วงศตวรรษที่ 20 การตัดสินใจหลายๆ อย่าง การเลือกคำตอบให้ได้ผลดีที่สุดคือ การทำออปติไมซ์เซชัน เช่นในการออกแบบโดยเริ่มจากขั้นแรกซึ่งต้องรู้ว่าตัวแปรอะไรที่มีผลกระทบต่อระบบ และขั้นที่สองคือต้องรู้วิธีการวัดผลที่ได้จากระบบและสุดท้ายจะต้องวัดค่าตัวแปรที่ทำให้ได้ผลดีที่สุด (Douglass J. Wilde, 1967)

กระบวนการออปติไมซ์เกิดเนื่องจากแรงจูงใจหลายด้านดังนี้

- แรงจูงใจด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Incentive)
  - 1) เพื่อเพิ่มผลกำไรให้มากที่สุด เช่นในกระบวนการผลิตน้ำในถั่วเหลือง หากจุดดำเนินการที่ราคาขายของผลิตภัณฑ์ลบด้วยต้นทุนดำเนินการที่มีค่าสูงที่สุด
  - 2) เพื่อลดค่าใช้จ่ายให้มีค่าต่ำสุด ทั้งค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการ
  - 3) เพื่อใช้วัตถุดิบให้มีค่าคุ้มค่าที่สุด
- แรงจูงใจด้านเทคโนโลยี (Technology)
  - 1) เพื่อให้ได้แผนการดำเนินงานที่ดีที่สุด
  - 2) เพื่อเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์และ/หรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์
  - 3) เพื่อให้ได้ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด

## 2.4 ขอบเขตการทำออปติไมซ์เซชัน

การทำออปติไมซ์เซชันมีหลายระดับนับตั้งแต่ คอมเพล็กซ์ของ โรงงานรวมถึงแฟซิลิตี้ไปจนถึงหน่วยการผลิตย่อยๆ กล่าวโดยสรุปคือ ปัญหาการออปติไมซ์เซชันมีได้ 3 จุดดังนี้

- ระดับโรงงาน
- ระดับกระบวนการผลิตหรือหน่วยปฏิบัติการ
- ระดับอุปกรณ์การผลิตแต่ละชิ้นในโรงงาน

ความซับซ้อนของการวิเคราะห์ของการหาคำตอบอาจมีลักษณะต่างๆ ไป หรืออาจทำการตรวจวิเคราะห์ละเอียดปลีกย่อย ขึ้นกับความต้องการ ความแม่นยำหรือ ความละเอียดถูกต้องของข้อมูล และเวลาที่มีในการออปติไมซ์ โดยทั่วไปบริษัททางอุตสาหกรรมมีปัญหาในด้านการออปติไมซ์อยู่ 3 ระดับคือ

- การจัดการ
- การดำเนินการผลิต
- การออกแบบเครื่องมือและกระบวนการผลิต

การตัดสินใจที่เกี่ยวกับการจัดการได้แก่ การวิเคราะห์โครงการ การเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตงบประมาณของบริษัท การลงทุนทางด้านการตลาด และการวิจัยและพัฒนา การสร้างโรงงานใหม่

## 2.5 องค์ประกอบสำคัญในการทำการออปติไมซ์

### 2.5.1 แบบจำลองของกระบวนการ (Process Model)

แบบจำลองกระบวนการคือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น เพื่อเลียนแบบกระบวนการ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ เพื่อหาจุดที่เหมาะสมแทนการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของกระบวนการจริง แบบจำลองแบ่งตามความแม่นยำได้ 3 ประเภท

- 1) แบบจำลองทางทฤษฎีเป็นแบบจำลองที่อาศัยความรู้ด้านฟิสิกส์ เคมี และกฎต่างๆ มาสร้างและอธิบายแบบจำลอง ฉะนั้นแบบจำลองประเภทนี้จะสอดคล้องกับทฤษฎี
- 2) แบบจำลองเอมไพริคัลเป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ของข้อมูลเข้าและออก จึงเป็นแบบจำลองที่มีความแม่นยำในช่วงจำกัด
- 3) แบบจำลองกึ่งเอมไพริคัลเป็นแบบจำลองที่อาศัยความรู้ทางกฎและทฤษฎีต่างๆ ร่วมกับ ข้อมูลจากการทดลอง แบบจำลองนี้สามารถใช้ได้ในช่วงกว้างมากกว่าแบบจำลองเอมไพริคัลที่มีความแม่นยำในช่วงจำกัด และยังสามารถใช้ได้ในกรณีที่ตัวแปรวัดค่าไม่ได้หรือตัวแปรกระบวนการเปลี่ยนแปลงเมื่อเงื่อนไขการปฏิบัติงานเปลี่ยนไป



### 2.5.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์หมายถึงสมการหรือกลุ่มของสมการที่สร้างขึ้นเพื่อใช้คำนวณหาค่าต่ำสุดหรือหาค่าสูงสุด การเลือกฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นสิ่งที่สำคัญเพราะจะมีผลโดยตรงต่อการทำออปติไมซ์เซชัน มีหลายรูปแบบขึ้นกับวัตถุประสงค์การใช้งาน ฟังก์ชันวัตถุประสงค์แบ่งได้เป็น 3 ประเภท

- 1) เกี่ยวกับต้นทุนการดำเนินงาน
- 2) เกี่ยวกับการลงทุน
- 3) เกี่ยวข้องทั้งต้นทุนการดำเนินงานและเกี่ยวกับการลงทุน

### 2.5.3 ข้อจำกัด (Constraints)

ข้อจำกัดในแต่ละกระบวนการมีอยู่ ซึ่งข้อจำกัดเหล่านี้เป็นตัวกำหนดขอบเขตการดำเนินกระบวนการ (Feasible Region) ข้อจำกัดของกระบวนการแบ่งเป็น

- 1) ข้อจำกัดภายนอก (External Restrictions) เช่น กฎสมมูลมวลสารและพลังงาน
- 2) ข้อจำกัดภายใน (Internal Restrictions) เช่น สมบัติของสาร

### 2.5.4 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

ตัวแปรตัดสินใจหมายถึงตัวแปรที่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าแล้วมีผลทำให้ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์เปลี่ยนไป ในการทำออปติไมซ์จะเปลี่ยนค่าตัวแปรตัดสินใจเพื่อหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และตัวแปรตัดสินใจยังใช้เป็นค่าเซตพอยท์ในระบบควบคุมกระบวนการด้วย

### 2.5.5 ออปติไมซ์อัลกอริทึม (Optimization Algorithm)

อัลกอริทึมที่ใช้สำหรับการออปติไมซ์ จะใช้แบบจำลองของกระบวนการ และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการหาเซตพอยท์ที่เหมาะสมใหม่ของกระบวนการ รูปแบบต่างๆ ไปของการแก้ปัญหาสมการไม่เป็นเชิงเส้นด้วยการเรียนแบบกระบวนการ ณ สภาวะคงตัว สำหรับการออปติไมซ์ของกระบวนการสามารถเขียนในรูปสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\text{Min หรือ Max } f(x) \quad x \in R^n$$

โดยมีเงื่อนไข  $h_k(x) = 0$

$$g_j(x) \leq 0$$

$$x_i^l \leq x_i \leq x_i^u$$

สำหรับปัญหาการหาค่าสูงสุดสามารถแทนด้วย  $\max f(x) = -\text{Min}(-f(x))$

เมื่อ	$f(x)$	แทน วัตถุประสงค์ฟังก์ชัน
	$h_g(x)$	แทน ข้อจำกัดที่เป็นสมการ
	$g_j(x)$	แทน ข้อจำกัดที่เป็นอสมการ
	$x_i$	แทน ตัวแปรอิสระ
	$l$	แทน ขอบเขตล่าง
	$u$	แทน ขอบเขตบน
	$Rn$	แทน จำนวนจริง

ในการแก้สมการเพื่อหาคำตอบของการทำออปติไมซ์เซชัน คำตอบที่ได้จะมีเพียงคำตอบเดียวหรืออาจมีได้มากกว่าหนึ่งคำตอบ ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรไม่ทราบค่า และจำนวนสมการอิสระกล่าวคือ

$$N_f = p - (m_h + m_g) \quad \text{แทน ดีกรีอิสระ}$$

$m_h$             แทน จำนวนสมการเงื่อนไขแบบเท่ากัน

$m_g$             แทน จำนวนสมการเงื่อนไขแบบไม่เท่ากัน

$p$                 แทน จำนวนตัวแปรไม่ทราบค่า

จากสมการข้างต้น

1)  $N_f = 0$  หมายความว่า จำนวนตัวแปรไม่ทราบค่าเท่ากับจำนวนสมการอิสระ คำตอบในการทำออปติไมซ์เซชันมีคำตอบเดียว สามารถแก้สมการได้เลยโดยไม่ต้องอาศัยเทคนิคในการออปติไมซ์หาคำตอบ

2)  $N_f < 0$  หมายความว่าจำนวนตัวแปรไม่ทราบค่าน้อยกว่าจำนวนสมการอิสระ ดังนั้นจึงเป็นสมการที่ไม่สามารถหาคำตอบแน่นอนได้ นอกจากจะลดจำนวนสมการ

3)  $N_f > 0$  หมายความว่า จำนวนตัวแปรไม่ทราบค่ามากกว่าจำนวนสมการอิสระ คำตอบในการออปติไมซ์จึงมีจำนวนมาก ซึ่งต้องใช้เทคนิคในการทำออปติไมซ์เซชันอื่นๆช่วยในการหาคำตอบที่ดีที่สุด

เทคนิคการทำออปติไมซ์เซชัน จะช่วยในการทำออปติไมซ์เซชันให้ได้คำตอบที่ดีที่สุดโดยแต่ละเทคนิคจะเหมาะสมกับการแก้ปัญหาแต่ละแบบ ขึ้นกับลักษณะของตัวแปร และเงื่อนไขบังคับ สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้เทคนิคออปติไมซ์แบบควอดเรติกแบบต่อเนื่อง (Successive Quadratic Programming: SQP) เนื่องจากเป็นเทคนิคที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา ที่มีเงื่อนไขแบบบังคับแบบเท่ากันหรือเงื่อนไขบังคับแบบไม่เท่ากัน และมีตัวแปรจำนวนมาก

## บทที่ 3

### น้ำมันปิโตรเลียมดิบ

#### 3.1 ลักษณะและองค์ประกอบของน้ำมันปิโตรเลียม

น้ำมันปิโตรเลียมดิบหรือที่เรียกง่าย ๆ ว่า น้ำมันดิบเป็นสารผสมที่สลับซับซ้อน องค์ประกอบส่วนใหญ่ที่สุดได้แก่ ไฮโดรคาร์บอนประเภทต่างๆ ตั้งแต่โมเลกุลเล็กที่สุดจนถึงพวกโมเลกุลใหญ่ นอกจากนี้ก็มีสารอินทรีย์ที่มีกำมะถัน ออกซิเจน และไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอีกหลายชนิด น้ำมันดิบมีแก๊สละลายอยู่ และอาจมีสารประกอบโลหะบางชนิดเจือปนอยู่ด้วย น้ำมันดิบจะมีลักษณะและคุณสมบัติแตกต่างกันออกไปแล้วแต่ที่มา ซึ่งจัดเป็นเรื่องสำคัญในการกำหนดคุณค่าของน้ำมัน และการกำหนดวิธีการ และกระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการกลั่นน้ำมันต่อไป

น้ำมันดิบมีไฮโดรคาร์บอนซึ่งเป็นสารประกอบระหว่างคาร์บอนกับไฮโดรเจนอยู่เป็นส่วนใหญ่ ไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในน้ำมันดิบทุกชนิดมีอยู่ 3 ประเภท

- 1) พาราฟิน (Paraffins or Alkanes)
- 2) แนฟทีน (Naphthenes or Cyclo Alkanes)
- 3) อะโรแมติก (Aromatic)

นอกจากสามประเภทใหญ่ดังกล่าวแล้ว ยังมีประเภทที่ผสมกันระหว่างประเภทต่างๆ ด้วย เช่น สารประเภทที่มีแกนเป็นอะโรแมติก และมีแขน (Side Chain) เป็นพาราฟิน

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่สำคัญอีกประเภทหนึ่ง คือ โอลิฟิน (Olefins or Alkenes) ซึ่งจะไม่อยู่ในน้ำมันดิบเลย แต่จะเกิดขึ้นในกระบวนการแตกตัว (Cracking) ต่างๆ ที่ใช้ในโรงกลั่น สารประกอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอนแต่ มักจะถูกมองว่าเป็นสิ่งปฏิทิน ส่วนใหญ่ก็เป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีธาตุอื่นอยู่ด้วย โดยเฉพาะกำมะถัน ออกซิเจน และไนโตรเจน นอกจากนี้สารจำพวกอินทรีย์ที่มีโลหะ (Organometallic) ก็มีปนอยู่ด้วย สำหรับพวกสารอินทรีย์ที่มีในน้ำมันดิบก็ได้แก่ น้ำ เกลือ คลอไรด์ของโซเดียม แมกนีเซียม และแคลเซียม

### 3.2 การแยกประเภทน้ำมันดิบ

น้ำมันดิบอาจแยกประเภทออกตามองค์ประกอบทางเคมี หรือตามความหนักเบา หรือตามปริมาณของกำมะถันที่มีอยู่

3.2.1 แยกตามองค์ประกอบสารประกอบไฮโดรคาร์บอน สารประกอบไฮโดรคาร์บอนสารประเภทที่มีอยู่ในน้ำมันดิบนั้น โดยทั่วไปมักมีพาราฟินและแนฟทีนอยู่มากกว่าตัวอื่นจนอาจใช้แยกประเภทน้ำมันได้ อะโรแมติก มักไม่ค่อยมีมากในน้ำมันดิบ การแบ่งนี้เป็นการแบ่งหยาบๆ โดยจุดประสงค์ด้านการปฏิบัติในการแยกว่าน้ำมันดิบชนิดไหนเหมาะสำหรับการผลิตน้ำมันสำเร็จรูปอะไร ซึ่งสามารถแยกออกเป็นสามพวกคือ

1) น้ำมันดิบพื้นฐานพาราฟิน (Paraffinic Base Crude) มักมีพาราฟินแขนตรงมากคือไม่แตกออกเป็นกิ่ง ดังนั้นน้ำมันเบนซินที่ได้จะมีค่าออกเทนต่ำ แต่น้ำมันก๊าดมีคุณภาพสูงไม่มีเขม่า น้ำมันดีเซลที่ได้ก็มีค่าซีเทนสูงเหมาะสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลความเร็วสูง น้ำมันหล่อลื่นที่ได้ก็จะมีดัชนีความหนืด (Viscosity Index) สูง แต่ถ้ามีไขที่มีจุดละลายสูงอยู่ด้วยจะทำให้จุดไหลเทสูงเกินไป ทำให้ต้องมีการสกัดไขออกเสียก่อน

2) น้ำมันดิบพื้นฐานแนฟทีน (Naphthenic Base Crude) น้ำมันเบนซินที่มีแนฟทีน อยู่ด้วยจะมีค่าออกเทนสูงกว่าพวกพาราฟิน น้ำมันก๊าดและน้ำมันดีเซลที่ได้จะมีคุณภาพปานกลาง น้ำมันหล่อลื่นจะมีดัชนีความหนืดต่ำจนถึงปานกลาง กากที่ได้จากการกลั่นภายใต้สูญญากาศสามารถนำไปทำเป็นยางมะตอยได้ เพราะมี Asphaltenes ซึ่งเป็น Polyaromatics ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูงเป็นองค์ประกอบอยู่มาก

การจำแนกชนิดของน้ำมันดิบด้วยวิธีนี้ ทำโดยอาศัยค่าแฟคเตอร์การกำหนดลักษณะยูโอพี K (UOP Characterization Factor K) โดยใช้สมการ

$$K = \frac{\sqrt[3]{1.8T_B}}{d}$$

$T_B$  เป็นค่าจุดเดือดเฉลี่ยโมลาร์ (Molar Average Boiling Point) เป็นองศา Kelvin

$d$  เป็นค่าความถ่วงจำเพาะที่ 15 องศาเซลเซียส ของน้ำเทียบกับน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

ถ้าน้ำมันดิบมีค่า K มากกว่าหรือเท่ากับ 12.1 จะเป็นน้ำมันดิบพื้นฐานพาราฟิน ถ้าค่า K ต่ำกว่า 11.5 จะเป็นน้ำมันดิบพื้นฐานแนฟทีน ถ้าอยู่ระหว่าง 12.1 กับ 11.5 จะเป็นน้ำมันดิบพื้นฐานผสม

3.2.2 ตามความหนักเบาวัดด้วยความถ่วงเอพีไอ (API Gravity) ซึ่งเป็นวิธีการของสถาบันปิโตรเลียมแห่งชาติสหรัฐอเมริกา โดยใช้ Empirical Quantity ในการกำหนดค่าความถ่วงจำเพาะขึ้นเป็นองศา เริ่มต้นจาก 10๐ สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะ 1,000 ค่าความถ่วงเอพีไอ กับค่าความถ่วงจำเพาะมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$^{\circ} API = \frac{141.5}{S.G.60^{\circ} F / 60^{\circ} F} - 131.5$$

ค่าความถ่วงเอพีไอยิ่งสูงน้ำมันดิบก็ยิ่งเบา ซึ่งหมายความว่าน้ำมันเบนซินปนอยู่ด้วยมากกว่าน้ำมันที่หนักกว่า และจึงมีคุณค่าสูงกว่าด้วย ซึ่งแบ่งเป็น

- 1) Light Crude ค่า API Gravity 34
- 2) Medium Crude ค่า API Gravity 30
- 3) Heavy Crude ค่า API Gravity 28

3.2.3 ปริมาณกำมะถันที่มีอยู่ในน้ำมันดิบ แบ่งออกเป็น

- 1) น้ำมันที่มีกำมะถันต่ำ คือมีกำมะถันอยู่น้อยกว่า 0.1%wt
- 2) น้ำมันที่มีกำมะถันปานกลาง คือมีกำมะถันอยู่ระหว่าง 0.1-2 %wt
- 3) น้ำมันที่มีกำมะถันสูง คือมีกำมะถันอยู่มากกว่า 2.0%wt

### 3.3 ผลิตรภัณฑ์จากปิโตรเลียม

ผลิตรภัณฑ์จากปิโตรเลียมมีหลากหลายชนิด เราอาจแบ่งผลิตรภัณฑ์เหล่านี้ออกเป็นประเภทใหญ่ๆ 4 ประเภทคือ

- 1) ผลิตรภัณฑ์เชื้อเพลิง
- 2) น้ำมันหล่อลื่นและจาระบี
- 3) ยางมะตอยและจี้ซิ่ง
- 4) ผลิตรภัณฑ์อื่นๆเช่นตัวทำละลายและสารเคมีต่างๆ

ผลิตรภัณฑ์เชื้อเพลิงจัดเป็นผลิตรภัณฑ์ที่มีปริมาณมากที่สุด กล่าวคือประมาณ 85% ของมันที่ผลิตได้ ถูกนำมาทำผลิตรภัณฑ์เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เพื่อนำมาเผาไหม้ ให้เกิดพลังงานขับเคลื่อนเครื่องยนต์ และให้ความร้อนสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและบ้านเรือน การเผาไหม้น้ำมันทำได้สะดวก มีประสิทธิภาพสูง ได้พลังงานต่อหน่วยน้ำหนักมากกว่าเชื้อเพลิงอื่น เก็บง่าย ขนย้ายสะดวก จัดเป็นเชื้อเพลิงที่ดีมาก และได้รับความนิยมทั่วไป

### 3.4 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันสำเร็จรูปจากน้ำมันดิบ

เนื่องจากน้ำมันดิบมีความแตกต่างกันอย่างมากทั้งในด้านองค์ประกอบและคุณภาพ วิธีการผลิตที่ใช้กับน้ำมันดิบชนิดหนึ่งๆ จึงมีความแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับ ความต้องการผลิตภัณฑ์ และภาวะทางเศรษฐศาสตร์การผลิตของ โรงกลั่นแต่ละแห่ง ดังนั้นก่อนที่จะดำเนินกิจการกลั่นน้ำมัน ต้องหาตลาดสำหรับขายให้รู้แน่เสียก่อนว่าจะขายผลิตภัณฑ์ใดบ้างมาน้อยเพียงใดจึงจะเลือกชนิดของน้ำมันดิบที่นำมากลั่น ซึ่งอาจเป็นชนิดเดียวหรือหลายชนิดตามความเหมาะสม แล้ววางแผนการกลั่นและเลือกกระบวนการผลิตที่ถูกต้องให้ได้ผลิตภัณฑ์ในปริมาณ และคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด รวมทั้งได้ผลตอบแทนที่เหมาะสมสำหรับการประกอบการ ดังนั้นจึงต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับราคาของผลิตภัณฑ์ และน้ำมันดิบชนิดต่างๆ คุณภาพอย่างละเอียดของน้ำมันดิบ ความยากง่ายในการจัดหา เทคนิคและวิธีการในการผลิต นำข้อมูลเหล่านี้มาประกอบการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อเลือกหาวิธีที่ดีที่สุดในการกลั่นน้ำมันภายในสถานะหนึ่งๆ ของตลาดที่ผันผวน ไปอยู่เสมอ ความรู้ด้านเทคนิคการผลิต จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งในการประกอบการ

#### 3.4.1 หน่วยกลั่น

เป็นหน่วยที่สำคัญที่สุดและเป็นหน่วยเริ่มต้นได้แก่ หน่วยกลั่นน้ำมันดิบ ซึ่งทำหน้าที่แยกน้ำมันดิบออกเป็นส่วนต่างๆ ตามที่ต้องการ ส่วนที่แยกได้ ถ้ามีคุณภาพดีก็นำไปผสมน้ำมันสำเร็จรูปได้เลย ถ้าคุณภาพยังไม่ดีก็ต้องนำไปปรับปรุงคุณภาพต่อไปหน่วยกลั่นที่สำคัญได้แก่ หน่วยกลั่นภายใต้สุญญากาศ สำหรับกลั่นกากจากกันหอกลั่นน้ำมันดิบ หน่วยทำน้ำมันเบนซินให้เสถียร (Stabilization) เพื่อปรับลดความดันไอของเบนซิน, หน่วยกลั่นแยกส่วนสำหรับแยกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการอื่น

ตารางที่ 3.1 หน่วยกลั่นหลักของโรงกลั่นน้ำมัน

ชื่อหน่วยกลั่น	สารป้อน	หน้าที่
1) หน่วยกลั่นน้ำมันดิบ (Crude Distillation Unit) หรือหน่วยทอปปีง (Topping) หรือหน่วยสกิม มิ่ง (Skimming) อาจเป็น ระบบหอเดียวหรือหลายหอ รวมกันก็ได้	น้ำมันดิบ	แยกน้ำมันดิบออกเป็น ก๊าซ และ LPG 1) ทอปหรือส่วนเบนซิน กลั่นตรง (Straight Run Tops หรือ Straight Run Gasoline) 2) แนฟทากลั่นตรง 3) น้ำมันก๊าด 4) น้ำมันก๊าซออยล์เบากลั่น ตรง 5) น้ำมันก๊าซออยล์หนักกลั่น ตรง 6) กากน้ำมันชนิด (Long Residue) หรือ Topped Crude หรือ Reduced Crude
2) หน่วยกลั่นภายใต้สุญญากาศ (High Vacuum Unit)	กาก Long Residue (หรือเรียก Atmospheric Residue หรือ Topped Crude หรือ Reduced Crude)	แยกออกเป็น 1) ก๊าซออยล์สุญญากาศชนิด เบา 2) ก๊าซออยล์สุญญากาศชนิด หนัก (High Vacuum Gas Oil หรือ Flashed Distillate หรือ Waxy Distillate) 3) กากน้ำมัน Short Residue หรือ Vacuum Residue



ตาราง 3.1 หน่วยกลั่นหลักของโรงกลั่นน้ำมัน (ต่อ)

ชื่อหน่วยกลั่น	สารป้อน	หน้าที่
3) หน่วยเสถียรเบนซิน (Stabilizer)	เบนซินที่ยังไม่อยู่ตัว	แยกก๊าซออกจากเบนซินทำให้เบนซินเสถียร
4) หน่วยแยกส่วนกลั่น (Distillate Splitter)	เบนซินแคทแคร็ก, เบนซินไฮโดรแคร็ก	ทำหน้าที่แยกส่วนกลั่นให้เป็นส่วนย่อย เช่นแยกส่วนผสมของเนฟทาและน้ำมันก๊าดออกเป็นผลิตภัณฑ์แต่ละตัว
5) หน่วยกลั่นหลักสำหรับกระบวนการ (Main Fractionator) มีชื่อตามกระบวนการ เช่น Thermal Cracked Fractionator, FCC Fractionator, Hydro Cracked Fractionator	สิ่งที่ผลิตได้จากกระบวนการ	<p>1) สำหรับหน่วยแตกตัวด้วยความร้อน แยกก๊าซ, เบนซิน เทอร์มอลแคร็ก, ก๊าซออยล์เทอร์มอลแคร็ก กาก TC Residue</p> <p>2) สำหรับหน่วยแตกตัวด้วยคาตาลิสต์ ได้ก๊าซ, ส่วนก๊าซออยล์ชนิด Cycle Oils กากชนิด Slurry Oil</p> <p>3) สำหรับหน่วยไฮโดรแคร็ก จะได้ก๊าซ, เบนซินไฮโดรแคร็ก, น้ำมันก๊าด, ก๊าซออยล์ ไฮโดรแคร็ก และส่วนย้อนกลับ (Recycle)</p>

### 3.4.2 หน่วยเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุลของน้ำมัน

ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการกลั่นส่วนใหญ่มักจะยังไม่สามารถนำมาใช้ได้ จำเป็นจะต้องนำส่วนที่กลั่นได้มาปรับปรุงคุณภาพต่อไปเพื่อให้ได้คุณภาพตามมาตรฐาน และในหลายกรณีเพื่อเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์บางอย่างที่มีราคาสูงให้เพียงพอต่อความต้องการ ในกรณีนี้จำเป็นต้องใช้หน่วยการเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุลของน้ำมัน ซึ่งอาศัยการเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้โมเลกุลเปลี่ยนแปลงไปในแนวต่างๆ เช่น ขนาดโมเลกุล หรือจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเปลี่ยนแปลงไป หรืออัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจนต่อคาร์บอนในโมเลกุลเปลี่ยนแปลงไป หรือทำให้โครงสร้างของโมเลกุลเปลี่ยนแปลง ในหน่วยเปลี่ยนสภาพโมเลกุลของน้ำมันแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1) ประเภทที่ขนาดของโมเลกุล (หรือจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล) เปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อยหรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย แต่มีการเปลี่ยนแปลงทางอัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจนต่อคาร์บอน และ/หรือ เปลี่ยนแปลงโครงสร้าง การเปลี่ยนแปลงประเภทนี้มีประโยชน์มากในการปรับปรุงคุณภาพ เช่น ให้ค่าออกเทนสูงขึ้น และปรับปรุงคุณภาพอื่นๆให้ดีขึ้น

ตารางที่ 3.2 กระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุลเพื่อปรับปรุงคุณภาพ

กระบวนการ	สารป้อน	หน้าที่และสารที่ผลิตได้
1) การรีฟอร์มมิงด้วยคาตาลิสต์ (Catalytic Reforming)	แนฟทา	เพิ่มค่าออกเทน โดยได้ 1) รีฟอร์มเมต 2) ไฮโดรเจน 3) ก๊าซ และ LPG
2) การเปลี่ยนไอโซเมอร์ (Isomerization)	ทอป	เพิ่มค่าออกเทน โดยการเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุล ซึ่งขนาดโมเลกุลไม่เปลี่ยนแปลง
3) การไฮโดรทรีตติง (Hydrotreating)	ทอป, แนฟทา, น้ำมันก๊าด	กำจัดกำมะถันและไนโตรเจน
4) การไฮโดรดีซัลเฟอร์ไรเซชัน (Hydrodesulphurization)	น้ำมันก๊าด, น้ำมัน	กำจัดกำมะถันและสิ่งสกปรกอื่นๆและทำให้น้ำมันอยู่ตัว

2) ประเภทที่มุ่งการเปลี่ยนขนาดโมเลกุล หรือจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเป็นหลัก จุดประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันที่มีราคาสูง โดยเฉพาะน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล เช่นการผลิตจากสารหนักๆเช่น ก๊าซออยล์สูญญากาศและกากน้ำมัน โดยการโมเลกุลให้เล็กลง หรือผลิตจากสารเบาๆ เช่นก๊าซโอเลฟินส์จากกระบวนการแตกตัวต่างๆ โดยวิธีรวมโมเลกุลให้ใหญ่ขึ้น

ตารางที่ 3.3 กระบวนการเปลี่ยนสภาพโมเลกุล เพื่อเพิ่มผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

กระบวนการ	สารป้อน	หน้าที่และสารที่ผลิตได้
1) การแตกตัวด้วยความร้อน (Thermal Cracking)	Long Residue, Short Residue และก๊าซออยล์สูญญากาศ	แตกโมเลกุลของสารป้อนออกเป็น 1) ก๊าซและ LPG 2) เบนซินเทอร์มอลแคร็ก 3) ก๊าซออยล์เทอร์มอลแคร็ก 4) Thermal Cracked Residue
2) การแตกตัวด้วยคาตาลิสต์ (Catalyst Cracking)	ก๊าซออยล์สูญญากาศ	แตกโมเลกุลสารป้อนเป็น 1) ก๊าซ และ LPG 2) เบนซินแคทแคร็ก 3) ก๊าซออยล์แคทแคร็ก (Light Cycle Oil) 4) ส่วนกาก Heavy Cycle Oil และ Slurry

ตารางที่ 3.3 กระบวนการเปลี่ยนสภาพโมเลกุล เพื่อเพิ่มผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (ต่อ)

3) กระบวนการไฮโดรแครกกิง (Hydrocracking)	ก๊าซออยล์สูญญากาศ	แตกโมเลกุลสารป้อนเป็น 1) ก๊าซ และ LPG 2) เบนซินไฮโดรแครกก 3) น้ำมันก๊าดไฮโดรแครกก 4) ก๊าซออยล์ไฮโดรแครกก
4) การรวมตัวเป็นโพลีเมอร์ (Polymerization)	โพรพีน, บิวเทน	ทำให้โมเลกุลรวมกันได้ ไฮโดรคาร์บอนขนาดของ เบนซินสิ่งที่ผลิตได้เรียกว่า เบนซินโพลี (Poly Gasoline)
5) การออลคิเลชัน (Alkylation)	ไอโซบิวเทน กับ โพรพีน และ/ หรือ บิวทีน	ทำให้โมเลกุลสองชนิดรวมกัน ได้ไฮโดรคาร์บอนขนาดของ เบนซิน สิ่งที่ผลิตได้เรียกว่า เบนซินออลคิเลต (Alkylate)

### 3.4.3 กระบวนการทรีตติง (Treating Process)

เป็นกระบวนการที่ใช้สารเคมีมาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อาจจะเป็นกระบวนการที่ใช้การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การละลายส่วนที่ไม่พึงประสงค์ออกโดยใช้สารละลาย (Extraction) หรือดูดซับสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ออก (Absorption and Adsorption) ส่วนใหญ่จะเป็นกระบวนการที่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นด้วย กระบวนการทรีตติงจัดเป็นกระบวนการขั้นสุดท้าย ก่อนจะได้ส่วนน้ำมันที่มีคุณภาพเหมาะสมมาทำการผสมเป็นน้ำมันสำเร็จรูปต่อไป

ตารางที่ 3.4 กระบวนการทรีตติ้งต่างๆ

กระบวนการ	สารป้อน	หน้าที่และสารที่ผลิตได้
1) Caustic Wash หรือการล้างด้วยด่าง	LPG, เบนซิน หรือส่วนน้ำมันอื่นๆที่มีสารกรด	สกัดสารกรดต่างๆออก เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์, กรดคาร์บอกซิลิก
2) Sweetening Process เช่น กระบวนการเมอรอกซ์	เบนซินหรือน้ำมันก๊าด	เปลี่ยนสารเมอร์แคปแทนให้เป็นสารไดซัลไฟด์ ซึ่งไม่เหม็นและไม่กัดกร่อน
3) การทรีตด้วยกรด (Acid Treatment)	น้ำมันเครื่อง	ปรับปรุงคุณภาพต่างๆ รวมทั้งสีให้ดีขึ้น
4) การแยกไข (Dewaxing)	น้ำมันเครื่อง	แยกไขออกเพื่อลดจุดไหลเท
5) การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction)	น้ำมันเครื่อง	ปรับปรุงดัชนีความหนืด

การเลือกกระบวนการต่างๆที่จะใช้ในโรงกลั่นน้ำมัน ทำโดยอาศัยการวิเคราะห์ผลคุณสมบัติโดยละเอียดของน้ำมันดิบและการวิเคราะห์สภาพตลาด ไปใช้ในการเลือกและการออกแบบกระบวนการต่างๆ ให้เหมาะสม เพื่อที่ให้ได้สามารถผลิตน้ำมันสำเร็จรูปให้ได้คุณภาพ และปริมาณตามความต้องการของตลาด

## บทที่ 4

### น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil)

การทำงานของเครื่องยนต์กลไกต่างๆ จะเกิดขึ้นไม่ได้เลย หากไม่มีสารหล่อลื่นมาช่วยหน้าที่หลักของสารหล่อลื่นคือ การแยกผิวของโลหะหรือชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ออกจากกันเพื่อไม่ให้เกิดการเสียดสี ลดความฝืดระหว่างผิวทำให้เคลื่อนที่ได้ง่ายและลดการสึกหรอ การที่ผิวของโลหะมีรอยขรุขระอยู่ทำผิวโลหะเมื่อมาเกาะติดกันทำให้เกิดความฝืดต้านทานการเคลื่อนไหว เมื่อมีสารหล่อลื่นมาอยู่ระหว่างผิวโลหะ จะทำให้ความฝืดของโลหะถูกแทนที่ด้วยความฝืดภายในของสารหล่อลื่นซึ่งน้อยลงมากเมื่อเทียบกับความฝืดระหว่างผิวโลหะ ทำให้เคลื่อนที่ได้ง่าย สารหล่อลื่นส่วนใหญ่จะอยู่ในลักษณะของเหลวเช่น น้ำมันหล่อลื่น หรือในลักษณะเหนียว เช่น จารบี ค่าความหนืดของสารหล่อลื่นจะต้องเหมาะสมและไม่เปลี่ยนแปลงมากเกินไปเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากทำหน้าที่หล่อลื่นลดความฝืดและความสึกหรอแล้ว สารหล่อลื่นยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางนำความร้อนออกจากจุดที่อุณหภูมิสูง เพื่อป้องกันความเสียหายจากความร้อนสูงเกินไป ทำหน้าที่ป้องกันการกัดกร่อนของชิ้นส่วน ทำหน้าที่พาเอาสิ่งปนเปื้อนที่เกิดขึ้นในเครื่องจักรยนต์ ซึ่งจะมีของแข็งและเศษโลหะเล็กๆ ที่เกิดจากการขัดสีของผิวโลหะรวมอยู่ด้วยออกมาตลอดเวลา สิ่งปนเปื้อนเหล่านี้อาจถูกแยกออกต่อไปได้โดยการกรอง หรือจะถูกแขวนลอยอยู่ในน้ำมันจนกว่าจะเปลี่ยนน้ำมันใหม่

#### 4.1 การแบ่งประเภทน้ำมันหล่อลื่น

โดยทั่วไปมีการแบ่งอยู่ 4 วิธี ได้แก่

##### 4.1.1 แบ่งตามการใช้งาน

มีวิธีแบ่งอีกหลายอย่างแต่วิธีง่ายคือ แบ่งออกเป็นสองจำพวกสำคัญคือ

- 1) น้ำมันเครื่องสำหรับใช้ในเครื่องยนต์ประเภทมีการเผาไหม้ภายใน กล่าวคือน้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซลนั่นเอง การทำงานของเครื่องยนต์เหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิค่อนข้างกว้าง ดังนั้นนอกจากน้ำมันหล่อลื่นจะต้องมีความหนืดเหมาะสมแล้ว ความหนืดจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงค่ามากเกินไปเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป หรือเรียกว่า มีดัชนีความหนืด (Viscosity Index) สูงนั่นเอง นอกจากนั้นจะต้องมีคุณสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อทำหน้าที่ให้ครบถ้วน

2) น้ำมันเครื่องสำหรับอุตสาหกรรม (Industrial Oils) ได้แก่ น้ำมันหล่อลื่นเบร็ง น้ำมันเครื่องอัดอากาศหรืออัดก๊าซ น้ำมันเกียร์และเฟือง น้ำมันเทอร์ไบน์ น้ำมันหล่อลื่นลูกสูบไอน้ำ และอื่นๆ ในกลุ่มนี้จะรวมถึงน้ำมันที่มีใช้ทำหน้าที่หล่อลื่นเป็นหลักด้วย เช่น น้ำมันที่ใช้ในงาน โลหะ (Heat Treating Oil) น้ำมันที่ใช้ในการทอผ้า และน้ำมันทรานสฟอร์เมอร์ เป็นต้น น้ำมันพวกนี้ไม่จำเป็นต้องมีค่าดัชนีความหนืดสูงนัก แต่ต้องมีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะตัวของมัน

#### 4.1.2 การแบ่งตามค่าดัชนีความหนืด (Viscosity Index หรือ VI)

ค่าดัชนีความหนืดเป็นตัวบอกระดับการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของน้ำมัน เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป โดยใช้ น้ำมันมาตรฐานซึ่งค่าความหนืดจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิแต่น้อย จัดให้มีค่า VI เป็น 100 ซึ่งได้แก่ น้ำมันพวก Paraffinic ส่วนน้ำมันที่มีคุณภาพตรงกันข้าม คือพวกที่มีอะโรแมติกอยู่มาก และความหนืดเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิได้มาก จัดให้มีค่า VI เป็น 0 ASTM ได้กำหนดน้ำมันมาตรฐานนี้ และคำนวณเปรียบเทียบ โดย

$$VI = \frac{L - U_{100}}{L - H}$$

เมื่อ  $U_{100}$  คือความหนืดที่ 100 องศาฟาเรนไฮน์ ของน้ำมันมาตรฐานที่ต้องการหาค่า VI

$L$  คือความหนืดที่ 100 องศาฟาเรนไฮน์ ของน้ำมันมาตรฐานที่มีค่า VI = 0 ซึ่งจะมีค่าความหนืดที่ 210 องศาฟาเรนไฮน์ เท่ากับน้ำมันที่ต้องการหาค่า VI (ที่ 210 องศาฟาเรนไฮน์เช่นกัน)

$H$  คือความหนืดที่ 100 องศาฟาเรนไฮน์ ของน้ำมันมาตรฐานที่มีค่า VI = 100 ซึ่งจะมีค่าความหนืดที่ 210 องศาฟาเรนไฮน์ เท่ากับน้ำมันที่ต้องการหาค่า VI (ที่ 210 องศาฟาเรนไฮน์เช่นกัน)

ค่า  $L$  และ  $H$  ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

สำหรับน้ำมันที่มี VI สูงกว่า 100 ใช้คำนวณโดย

$$VI = \left\{ \frac{\{(\text{Anti log } N) - 1\}}{0.00715} + 100 \right\}$$

เมื่อ  $N = (\log H - \log U_{100}) / \log U_{210}$

$U_{210}$  คือความหนืดที่ 210 องศาฟาเรนไฮน์ ของน้ำมันที่ต้องการหา VI

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับอุณหภูมิของน้ำมันมาตรฐานในการหา VI

ความหนืดที่ 210 °F	H	L
60	425	780
65	514	976
70	604	1,182
75	697	1,399
80	791	1,627
85	888	1,865
90	986	2,115
95	1,087	2,375
100	1,189	2,646
105	1,294	2,928
110	1,401	3,220
115	1,510	3,523
120	1,620	3,838
125	1,733	4,163
130	1,848	4,498
135	1,965	4,845
140	2,084	5,202
145	2,205	5,570
150	2,328	5,949
160	2,580	6,740
170	2,840	7,573
180	3,109	8,450
190	3,385	9,370
200	3,670	10,333
225	4,418	12,930
250	5,217	15,796
300	6,967	22,340



การแบ่งน้ำมันตามดัชนีความหนืดน้ำจะแบ่งออกเป็น 4 เกรด คือ

- 1) ประเภทดัชนีความหนืดสูง (High Viscosity Index) ได้แก่ น้ำมันที่มีค่า VI สูงกว่า 95
- 2) ประเภทดัชนีความหนืดปานกลางชนิดพาราฟิน (Medium Viscosity Index Paraffinic) จะมี VI ประมาณ 70
- 3) ประเภทดัชนีความหนืดปานกลางชนิดแนฟเทนิค (Medium Viscosity Index Naphthenic) จะมี VI ประมาณ 40
- 4) ประเภทดัชนีความหนืดต่ำ (Low Viscosity Index) จะมี VI ต่ำกว่า 30

#### 4.1.3 การแบ่งค่าตามความหนืด

สมาคมวิศวกรรมยานยนต์หรือ SAE (Society of Automotive Engineers) ได้ตั้งมาตรฐานของน้ำมันตามค่าความหนืด ซึ่งได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลาย

ตารางที่ 4.2 SAE Viscosity Number

SAE Visc. number	Viscosity unit	Viscosity Range			
		At 0°F		At 210°F	
		min	max	min	Max
5W	Centipoises	-	< 1,200	-	-
	Centistoke	-	1,300	-	-
	SSU	-	6,000	-	-
10W	Centipoises	1,200	< 2,400	-	-
	Centistoke	1,300	2,600	-	-
	SSU	6,000	12,000	-	-
20W	Centipoises	2,400	< 9,600	-	-
	Centistoke	2,600	10,500	-	-
	SSU	12,000	48,000	-	-
20	Centistoke	-	-	5.7	9.6
	SSU	-	-	45	58
30	Centistoke	-	-	9.6	12.9
	SSU	-	-	58	70

ตารางที่ 4.2 SAE Viscosity Number (ต่อ)

SAE Visc. number	Viscosity unit	Viscosity Range			
		At 0°F		At 0°F	
		min	min	min	Min
40	Centistoke	-	-	12.9	16.8
	SSU	-	-	70	85

#### 4.1.4 การแบ่งประเภทตามระดับสมรรถนะของน้ำมันเครื่อง (performance Level)

โดยอาศัยวิธีทดสอบสมัยใหม่ที่ได้พัฒนาขึ้นมา ทำให้สามารถหาระดับสมรรถนะของน้ำมันเครื่องในการใช้งานกับเครื่องยนต์แบบต่างๆ สถาบันที่สำคัญๆ จึงได้กำหนดมาตรฐานแบบใหม่สำหรับน้ำมันเครื่องขึ้น ได้แก่ API, SAE, ASTM, US, Military Classification (สถาบันทหารของสหรัฐอเมริกา) และ CCMC (Committee of Common Market Construction) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ ระดับสมรรถนะของ API ซึ่งมีมาตรฐานการทดสอบโดยใช้เครื่องยนต์นำมาทดลองได้ภาวะที่กำหนดเรียกว่า Engine Test เพื่อหาคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- 1) การกักคร่อนที่แบร์ริง
- 2) ความสึกหรอของเครื่องยนต์
- 3) การเกิดตะกอนตม
- 4) การเกิดคราบสกปรก
- 5) การเกิดสนิม
- 6) การสลายตัวเนื่องจากออกซิเจน
- 7) การเกิดคราบเขม่าที่ลูกสูบ

API ได้แบ่งการกำหนดระดับสมรรถนะออกเป็น 2 ประเภทคือ

1) น้ำมันเครื่องทางเครื่องยนต์เบนซิน แบ่งตามสภาพการทำงาน และรุ่นของเครื่องยนต์ตามศูนย์บริการ ใช้สัญลักษณ์ S (Station / Service) ซึ่งมี 7 ระดับคือ SC, SD, SE, SG, SF, SH และ SJ โดย SJ เป็นมาตรฐานสูงสุดของน้ำมันเครื่องในปัจจุบัน

2) น้ำมันเครื่องทางเครื่องยนต์ดีเซล แบ่งตามสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้ทางการพาณิชย์อุตสาหกรรม เกษตรกรรม ใช้สัญลักษณ์ C (Commercial Service) ซึ่งมี 5 ระดับคือ CC, CD, CE, CF-4 และ CG-4 โดยระดับ CG-4 เป็นน้ำมันเครื่องเกรดรวมที่มีมาตรฐานสูงสุด

## 4.2 การผลิตน้ำมันหล่อลื่นจากน้ำมันดิบ

เนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นมีหน้าที่ต่างๆมากมายหลายอย่าง การที่จะได้น้ำมันที่มีคุณภาพดี และเหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน จำเป็นต้องเลือกน้ำมันที่ถูกต้อง แล้วนำมาเติมสารเพิ่มคุณภาพต่างๆ ในปริมาณที่เหมาะสม

การผลิตน้ำมันหล่อลื่นจากปิโตรเลียม เริ่มต้นต้องเลือกน้ำมันดิบที่เหมาะสมก่อน ซึ่งจะต้องเป็นน้ำมันดิบประเภท Paraffinic Base Oil หรือ Naphthenic Base Oil เพราะว่าให้ปริมาณน้ำมันเครื่องที่มากและมีคุณภาพดี วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำมันเครื่อง คือ กากน้ำมันจากกันหอก ล้นน้ำมันดิบ ซึ่งจะนำมากลั่นแยกในหอกลั่นสุญญากาศออกเป็นส่วนๆ ตามความหนืดน้ำมันส่วนต่างๆ ที่กลั่นแยกได้แล้วนำมาปรับปรุงคุณภาพต่อไป

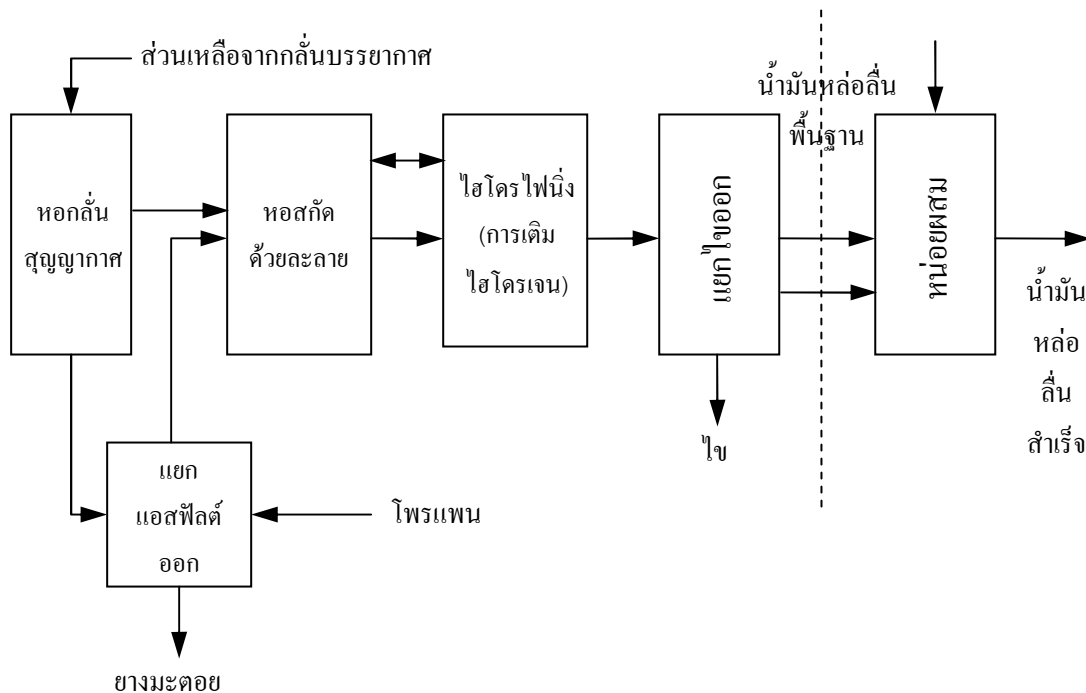
น้ำมันดิบบางชนิดมีส่วนกำซอออยล์สุญญากาศที่มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำมันเครื่องได้ วัตถุดิบสำหรับการผลิตน้ำมันเครื่องคือ Long Residue ของน้ำมันดิบที่เหมาะสมนี้ ซึ่งจะถูกนำมากลั่นในหอกลั่นสุญญากาศที่ออกแบบเป็นพิเศษในการแยกส่วนกำซอออยล์สุญญากาศ ที่ออกแบบเป็นส่วนๆ ที่เหมาะสมตามค่าความหนืดหรือความข้นใสและมักจะแบ่งออกเป็น 3 หรือ 4 เกรด ตั้งแต่ชนิดใสจนชนิดข้น สำหรับชนิดที่ข้นมากไม่อาจผลิตจากส่วนกำซอออยล์สุญญากาศได้ ต้องผลิตจากส่วนที่หนักว่าคือ กากสุญญากาศ หรือ Short Residue แต่จำต้องนำมาสกัดเอาส่วนยางมะตอยออกไปเสียก่อนจึงจะไปทำน้ำมันเครื่องได้ การสกัดนี้ใช้ตัวทำละลายเป็นโพรเพนซึ่งทำให้ยางมะตอยละลายออก เหลือน้ำมันชั้นที่เรียกว่า Bright Stock สำหรับนำไปทำน้ำมันเครื่องต่อไป

เมื่อกลั่นแยกออกเป็นส่วนต่างๆดังกล่าวแล้ว ก็นำมาปรับปรุงคุณภาพต่อ ขั้นแรกเป็นกระบวนการปรับปรุงดัชนีความหนืด เพื่อให้ค่าความหนืดของน้ำมันไม่ให้เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำโดยสกัดเอาส่วนที่เป็นอะโรแมติกในน้ำมันออก น้ำมันเครื่องที่มีอะโรแมติกน้อยลงจะสามารถรักษาระดับความหนืดไว้ได้ดีเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปเรียกว่ามีค่าดัชนีความหนืด (Viscosity Index) สูง นอกจากนั้นการสกัดยังทำให้น้ำมันเครื่องมีสีสดใส และมีความทนทานต่อการเติมออกซิเจนดีขึ้น การสกัดมักใช้ฟีนอล (Phenol), เฟอร์ฟูรัล (Furfural) หรือ N-Methyl-2-Pyrrolidone เป็นตัวทำละลาย

ขั้นตอนต่อไปคือการขจัดไขขี้ผึ้งออก (Dewaxing) เพื่อลดจุดไหลเทให้ต่ำ โดยใช้ เมททิลเอทิลคีโตน (Methyl Ethyl Ketone of MEK) เป็นตัวทำละลาย หรือใช้โพรเพนเป็นตัวทำไขขี้ผึ้งตกผลึกแล้วแยกออกด้วยวิธีการกรอง

ขั้นตอนสุดท้ายในการปรับปรุงคุณภาพคือการทรีตติงซึ่งอาจใช้ดินพิเศษ (Clay Treating) หรือไฮโดรฟินิชิง (Hydrofinishing) ก่อนที่จะนำไปผสมกับสารเพิ่มคุณภาพเป็นน้ำมันเครื่องสำเร็จรูปต่อไป

สำหรับน้ำมันเครื่องประเภทที่ชั้นมากๆ จะได้จากกากหอกลิ้นสุญญากาศซึ่งน้ำมันประเภทนี้มักจะผลิตมาจากน้ำมันประเภท Paraffinic น้ำมันกากนี้จะต้องนำมาแยกยางมะตอยออกโดยใช้กระบวนการ Propane Deasphalting น้ำมันที่ปราศจากยางมะตอยนี้จะถูกส่งไปปรับปรุงคุณภาพเพิ่มเติมซึ่งเป็นกระบวนการแบบเดียวกันกับการผลิตน้ำมันเครื่องที่เบา และได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า Bright Stock



รูปที่ 4.1 ไลอะแกรมแสดงการผลิตน้ำมันหล่อลื่น

### 4.3 สารเพิ่มคุณภาพน้ำมันหล่อลื่น

น้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูปผลิตขึ้นโดยการผสมเนื่อน้ำมัน หรือ Base Oil กับสารเพิ่มคุณภาพเข้าด้วยกันเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามที่ต้องการ สารเพิ่มคุณภาพมีด้วยกันหลายชนิดและใช้เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆกัน สารเพิ่มคุณภาพหลักได้แก่

4.3.1 สารเพิ่มค่าดัชนีความหนืด (Viscosity Index Improver) สารพวกนี้เป็นสารพวกโพลีเมอร์ โดยสารนี้จะเข้าไปรวมตัวกับส่วนปลาย (Open Chain) ของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอน และเกาะตัวเป็นโมเลกุลยาวมาก ทรายใดที่น้ำมันเครื่องมีอุณหภูมิลดลงโมเลกุลที่เป็นสายยาวนี้จะหดตัวรวมกันเป็นกลุ่มก้อน ซึ่งทำให้เครื่องมีความหนืดต่ำ แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นโมเลกุลที่เป็นสายนี้จะคลายตัวออกไปปนกับโมเลกุลของน้ำมันเครื่องซึ่งทำให้ความหนืดของน้ำมันเครื่องเพิ่มขึ้น และ

เมื่ออุณหภูมิยิ่งสูงขึ้นอีก โมเลกุลนี้ก็จะคลายออก ความหนืดจึงเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าน้ำมันเครื่องชนิดเกรดเดียว

4.3.2 สารเพิ่มคุณภาพการชะล้าง (Detergent) มีสารมากมายหลายชนิด เช่น พวกซัลโฟเนต ฟีนิต ฟอสเฟต และอื่นๆ ที่ช่วยขจัดเขม่า เถ้า และยางเหนียวที่เกาะอยู่ในส่วนต่างๆของห้องเผาออก ทำให้เครื่องยนต์สะอาด สารเหล่านี้จะช่วยกระจายสิ่งสกปรกออกไปทั่วเนื้อน้ำมันและถ่ายทิ้งไปเมื่อเปลี่ยนน้ำมันเครื่อง

4.3.3 สารป้องกันการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (Antioxidant) ปฏิกิริยานี้จะทำให้ น้ำมันเครื่องเสื่อมคุณภาพโดยเกิดยางเหนียว เกิดสารกรดและทำให้น้ำมันหนืดขึ้น จึงต้องเติมสารป้องกันปฏิกิริยานี้ ซึ่งเป็นสารพวกเอมีน และฟีนอล

4.3.4 สารลดอุณหภูมิจุดไหลเท สารนี้ใช้ในการปรับจุดไหลเทของน้ำมัน

4.3.5 สารรับแรงกดดันสูง (Extrame Pressure Agent) ในการหล่อลื่นบางอย่างภายใต้ภาวะรุนแรงเช่น ความเร็วสูง แรงดันสูง ฟิล์มน้ำมันจะไม่สามารถเกาะอยู่กับผิวโลหะหรือเกาะได้ก็บางเกินไป จึงจำเป็นต้องเติมสาร EP Agent ลงไปซึ่งจะช่วยเคลือบผิวทำให้การหล่อลื่นเพียงพอ

4.3.6 สารป้องกันการกัดกร่อน (Corrosion Inhibitors) มักเป็นสารจำพวกต่าง ซึ่งจะคอยป้องกันการกัดกร่อนของกรดที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้

## บทที่ 5

### หน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน

#### 5.1 หน้าที่ของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน

สารป้อนสำหรับหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศได้แก่ Reduce Crude หรือ ATB ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนล่างสุดของหอกลั่นบรรยากาศ ATB ประกอบด้วยน้ำมันหล่อลื่น, แวกซ์, สารอะโรมาติก, Asphalt (ยางมะตอย) และส่วนประกอบอื่นๆ ซึ่งไม่สามารถกลั่นแยกได้ที่ความดันบรรยากาศ ATB จะถูกกลั่นภายใต้ความดันสูญญากาศเพื่อแยกเป็นผลิตภัณฑ์โดยใช้ช่วงของการเดือด ความหนืด ความสามารถในการระเหย และจุดวาบไฟ เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน และได้สายที่ออกจากยอดหอกลั่นและก้นหอกลั่น

หอกลั่นความดันสูญญากาศเป็นกระบวนการแรกในการผลิตน้ำมันหล่อลื่น สารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหอกลั่นสูญญากาศจะใช้เป็นสารป้อนสำหรับกระบวนการอื่นต่อไป เนื่องจากผลิตภัณฑ์ได้จากหอ กลั่นความดันสูญญากาศ ยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาทำน้ำมันหล่อลื่นเพราะยังมีส่วนประกอบที่เราไม่ต้องการอยู่ ได้แก่ แวกซ์ และ สารอะโรมาติกอื่นๆ ซึ่งจะต้องผ่านไปยังกระบวนการในขั้นต่อไปได้แก่กระบวนการแยก Asphalt (Deasphalting) กระบวนการสกัดแยกด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction) ไฮโดรไฟน์นิง (Hydrofining) และการกำจัด Wax กระบวนการเหล่านี้เป็นกระบวนการที่จำเป็น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายที่ใช้ในการทำน้ำมันหล่อลื่น

หอกลั่นแบบสูญญากาศจะให้ผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด คือ D60, D150, Middle slop, D500 และ Heavy slop ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีสายที่ออกจากยอดหอกลั่นและสายที่ออกจากก้นหอกลั่นซึ่งได้แก่ VR (Vacuum Residue)

## 5.2 ส่วนประกอบกระบวนการกลั่นความดันสุญญากาศ

ในหน่วยการผลิตนี้ประกอบไปด้วย 4 ส่วน โดยมีหอกลั่นสุญญากาศเป็นส่วนหลักของกระบวนการคือ

- 1) ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน (Preheat train)
- 2) เตาเผา (Heater)
- 3) หอกลั่นสุญญากาศ (Vacuum Distillation Column)
- 4) ระบบสุญญากาศ (Vacuum system)

สารป้อนหรือ ATB จะถูกส่งจากถังเก็บโดยใช้ปั๊ม ผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อน และเตาเผา เพื่อให้สารป้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนกระทั่งได้อุณหภูมิตามต้องการ และผ่านเข้าสู่หอกลั่นสุญญากาศที่บริเวณ Flash zone โดยส่วนที่เป็นไอจะลอยขึ้นไปยังส่วนบน ส่วนที่เป็นของเหลวจะตกลงสู่ด้านล่างของหอกลั่นในส่วนของ Stripping section ในขณะที่ส่วนที่เป็นไอจะลอยขึ้นไปยังส่วนของ Fractionation zone (ส่วนที่เกิดการแยกเป็นส่วนต่างๆของผลิตภัณฑ์ในช่วงอุณหภูมิต่างๆ) ของหอกลั่น

ส่วนที่เป็นของเหลวจะไหลลงด้านล่างซึ่งจะใช้ไอน้ำเพื่อไล่สารส่วนที่เป็นน้ำมันหล่อลื่นที่อาจติดลงมา กลับขึ้นสู่ด้านบนในส่วนของ fractionation zone ของหอกลั่นสุญญากาศ ส่วนของเหลวที่เหลือจะไหลเข้ามาที่ stripping section และตกลงไปในส่วนของ tar pot การทำให้เย็น (quenching) จะช่วยลดการเกิดการแตกตัวเนื่องจากความร้อน (Thermal cracking) ของเหลวร้อนในส่วนของกันหอกลั่น ต่อจากนั้น Vacuum residue จะถูกปั๊มออกจากหอกลั่นสุญญากาศไปเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารป้อนที่ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิของ vacuum residue ก่อนที่จะส่งไปเก็บที่ถังเก็บและในขณะเดียวกันก็เป็นการทำให้สารป้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้นอีกด้วย

## หอกลิ้นสุญญากาศประกอบด้วย

1) Pumparound Bed ประกอบด้วย 2 beds คือ Top Pumparound Bed และ Middle Pumparound Bed

โดย Pumparound ทำหน้าที่ดึงความร้อนออกจากส่วนที่เป็นไอ ทำให้ไอเกิดการควบแน่นเป็นของเหลว ของเหลวนี้นำหน้าที่เป็นรีฟลักซ์ภายใน (Internal Reflux) โดยของเหลวที่ได้จะถูกดึงออกจากหอกลิ้นและทำให้เย็นโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับ ATB แล้วส่งย้อนกลับเข้าหอกลิ้นสุญญากาศอีกครั้งบริเวณด้านบนของ pumparound bed โดยที่ Top pumparound จะอยู่เหนือ D60 fractionation และ D150 bed fractionation bed และ Middle pumparound จะอยู่เหนือ Middle slop bed และ D500 fractionation bed มีความสำคัญต่อการทำงานของหอกลิ้น และส่งผลถึงคุณภาพและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหอกลิ้นด้วย

2) Fractionation Bed ส่วนคือ D60 fractionation bed, D150 fractionation bed, Middle slop bed และ D500 fractionation bed เป็นส่วนที่เกิดกลไกการแลกเปลี่ยนมวลสารและความร้อน การแลกเปลี่ยนนี้จะทำให้เกิดการกลายเป็นไอขององค์ประกอบที่เบาของของเหลวที่ตกลงมาและเกิดการควบแน่นเป็นของเหลวขององค์ประกอบที่หนักของไอที่ขึ้นมา และทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ต่างๆที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ



รูปที่ 5.1ก แสดง Process flow diagram ของหน่วยการกั้นความดันสูญญากาศหน้า 1

รูปที่ 5.1 ข แสดง Process flow diagram ของหน่วยการกั้นความดันสูญญากาศหน้า 2

### 5.3 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหน่วยกลั่นความดันสุญญากาศ

สารที่ผลิตได้จากหน่วยกลั่นความดันบรรยากาศประกอบไปด้วย D60, D150, Middle slop, D500, Heavy slop และ Vacuum residue แต่ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าและสามารถนำไปผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานได้แก่ D60, D150 และ D500 โดยที่ Middle slop และ Heavy slop จะถูกนำไปใช้ผสมเป็นน้ำมันเตา ส่วน Vacuum residue จะใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตยางมะตอยต่อไป

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ผลิตได้จากหน่วยกลั่นสุญญากาศ

ผลิตภัณฑ์	D60	D150	D500	VR
TBP cut point, °C	360~390	390~442	416~495	539+
Density, kg/m <sup>3</sup>	888	913	940	1,017
Pour point, °C	10	23	34	39
Volatility, LV%@ °C	TBP(5) @ 304°C	TBP(5) @ 375°C	-	-
Viscosity cSt @ °C	2.6~2.8	5.1~5.3	14.3~14.7	-
Distillation (TBP@760 MMHg),deg.C				
IBP	266	329	396	452
5%	300	365	434	522
10%	313	377	445	545
30%	342	399	465	596
50%	359	413	484	649
70%	375	426	504	715
90	395	442	530	815
95%	405	450	542	-
EBP	426	465	570	-

ตารางที่ 5.2 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากหน่วยความดันสูญญากาศ

ผลิตภัณฑ์	%Yields ปริมาณผลิตภัณฑ์
D60	12
D150	14
MS	6
D500	21
Heavy slop	1
Vacuum Residue	45

#### 5.4 การควบคุมคุณภาพสภาวะการดำเนินงานของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ

สภาวะการดำเนินงานของหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานมีความสำคัญมากเนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ได้ สภาวะดังกล่าวได้แก่

1) ความดันภายในหอกลั่นความดันสูญญากาศ ทำการควบคุมความดันของหอกลั่นด้วย Ejector ซึ่งถูกออกแบบให้สามารถทำให้ความดันภายในหอกลั่นความดันสูญญากาศเท่ากับ 70 มิลลิเมตรปรอท

2) อุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความดันสูญญากาศ มีความสำคัญมากและส่งผลอย่างมากต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสารที่ป้อนเข้าสู่หอกลั่นจะต้องมีสถานะเป็นทั้งไอและของเหลวผสมกันอยู่ เพื่อจะทำให้ประสิทธิภาพในการแยกที่เกิดขึ้นมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิก่อนเข้าให้เหมาะสมจึงมีความจำเป็น การควบคุมอุณหภูมิดังกล่าวจะทำการควบคุมโดยควบคุมปริมาณความร้อนที่ให้แก่สารป้อนที่เตาเผาซึ่งใช้น้ำมันเตาและก๊าซเชื้อเพลิงเป็นเชื้อเพลิง

3) อุณหภูมิบนยอดหอกลั่นความดันสูญญากาศ การควบคุมโพรไฟล์ของอุณหภูมิภายในหอกลั่นมีความจำเป็นเพราะส่งผลกระทบต่อคุณภาพและปริมาณของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการที่จะควบคุมทำให้โพรไฟล์ของอุณหภูมิภายในหอกลั่นได้ตามต้องการและเหมาะสมจะทำการดึงเอาปริมาณความร้อนออกจากหอกลั่น ซึ่งในการควบคุมอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิบนยอดหอกลั่นความดันสูญญากาศ จะควบคุมโดยการดึงความร้อนออกจากหอกลั่นด้วยการแลกเปลี่ยนความร้อนของ Top pumparound bed

4) อุณหภูมิตอนกลางของหอกลั่นสูญญากาศ การควบคุมอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิตอนกลางของหอกลั่นความดันสูญญากาศจะควบคุมโดยการดึงความร้อนออกจากหอกลั่นด้วยการแลกเปลี่ยนความร้อนของ Middle pumparound bed

5) ปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลิ้นความดันสูญญากาศ ใช้เป็นตัวช่วยในการแยกไฮโดรคาร์บอนตัวเบาออกจากผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพตามที่กำหนด

6) ปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลิ้นย่อยของหอกลิ้นความดันสูญญากาศ ทำหน้าที่ควบคุมคุณสมบัติการระเหย จุดวาบไฟ initial boiling point ของผลิตภัณฑ์ซึ่ง โดยสารป้อนของ Side stripper จะถูกดึงออกจากหอกลิ้นและเข้าสู่ Packed bad ของ side stripper ซึ่งเมื่อของเหลวสัมผัสกับไอน้ำจะทำให้เกิดการกลายเป็นไอ ไอของไฮโดรคาร์บอนและไอน้ำจะถูกนำกลับไปเข้าหอกลิ้นหลัก ส่วนของของเหลวก็จะเป็นผลิตภัณฑ์

### 5.5 การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ

ผลิตภัณฑ์ที่ออกจากหอกลิ้น จะมี LVGO (ผลิตภัณฑ์ D60), VAC-1(ผลิตภัณฑ์ D150) , VAC-2 (ผลิตภัณฑ์ Middle slop) และ VAC-3 (ผลิตภัณฑ์ D500) ซึ่งจะถูกทำให้มีค่าการระเหยตามความต้องการ โดย Side stripper

VAC-2 ก็จะทำหน้าที่ควบคุม Back-end ของผลิตภัณฑ์ VAC-1 และ Front-end ของผลิตภัณฑ์ VAC-3 ส่วน VAC-4 (ผลิตภัณฑ์ Heavy slop) จะไม่มี side stripper โดยจะทำหน้าที่ควบคุม Back-end ของ ผลิตภัณฑ์ VAC-3 และป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ LVGO, VAC-1, VAC-2 และ VAC-3 จาก Vacuum Residue

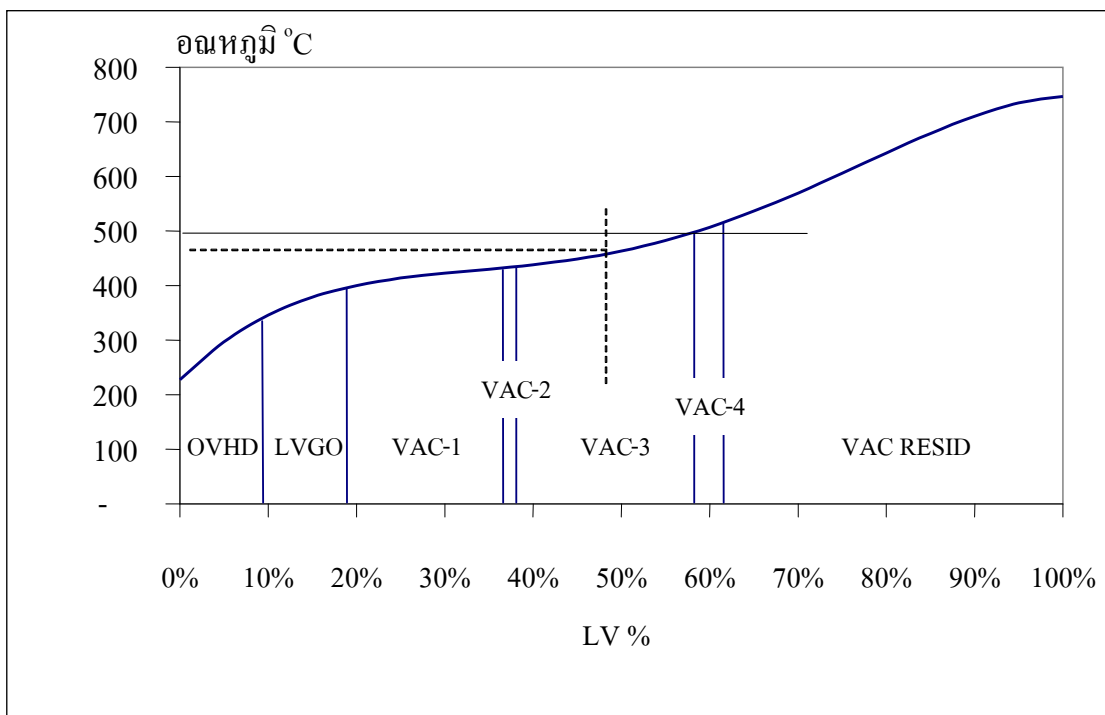
การควบคุมสมดุลมวลสาร สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนอัตราการไหลของสายการผลิตจนกระทั่งอุณหภูมิหรือกลไกการแลกเปลี่ยนมวลและพลังงานในหอกลิ้นเปลี่ยนไป การควบคุมคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์จากหอกลิ้นความดันสูญญากาศ รูปที่ 5.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลหรือช่วงการตัด %LV ของผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง จะส่งผลต่ออัตราการไหลหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ถัดไป ซึ่งการแสดงความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะแสดงโดยใช้พื้นที่ใต้กราฟ ความหนืดของแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ตัดกับกราฟการกลั่นที่จุดกึ่งกลาง (50% LV) ของแกนนอน

ตัวอย่าง จากกราฟกรณีการตัดแบบพื้นฐานในรูปที่ 5.2 ความหนืดของผลิตภัณฑ์ VAC-3 จะสัมพันธ์กับอุณหภูมิประมาณ 460 °C ดังแสดงในแนวนอน ซึ่งตัดกับกราฟการกลั่นที่จุดกึ่งกลางของความกว้างของผลิตภัณฑ์ VAC-3 การเปลี่ยนปริมาณของผลิตภัณฑ์ VAC-3 จะทำโดยเปลี่ยนพื้นที่ใต้กราฟของ VAC-3 และเพื่อที่จะรักษาสมดุลมวลสารพื้นที่ใต้กราฟของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ถัดไปก็จะเปลี่ยนไปด้วย โดยที่ความหนืดของผลิตภัณฑ์จะยังคงไม่เปลี่ยนแปลงถ้าอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางในแนวนอนของกราฟการกลั่นยังไม่เปลี่ยนแปลง

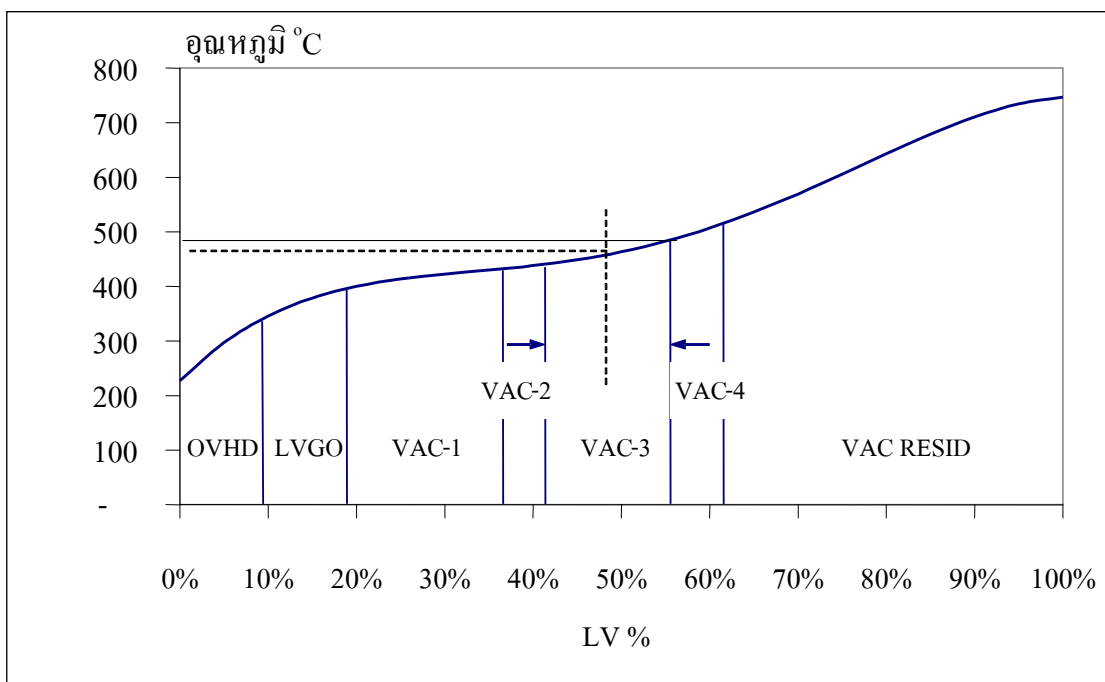
ในตัวอย่างนี้จะแสดงให้เห็นโดยสมมติว่าต้องการเปลี่ยนจุดสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ D500 ไปที่ 485°C จากรูปที่ 5.2 ภายใต้การตัดแบบพื้นฐานจุดสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ D500 อยู่ที่ 500 °C การเปลี่ยนแปลงจุดสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ D500 มีอยู่ 2 วิธีได้แก่

วิธีที่ 1 ปริมาณของผลิตภัณฑ์ VAC-4 จะเพิ่มขึ้น(พื้นที่ใต้กราฟเพิ่มขึ้น) เพื่อแยกไฮโดรคาร์บอนส่วนที่หนักกว่า 500°C ออกจาก VAC-3 ในขณะที่เดียวกันเพื่อต้องการให้ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ VAC-3 ยังคงอยู่ที่ 460°C ไฮโดรคาร์บอนตรงส่วน front-end ของผลิตภัณฑ์ VAC-3 จะต้องถูกแยกออกจาก VAC-3 จะเห็นว่าทางวิธีที่ 1 ผลิตภัณฑ์ LVGO และ VAC-1 ที่ได้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนปริมาณผลิตภัณฑ์ของ VAC-2 จะเพิ่มขึ้น(พื้นที่ใต้กราฟของผลิตภัณฑ์ VAC-2 เพิ่มขึ้น)

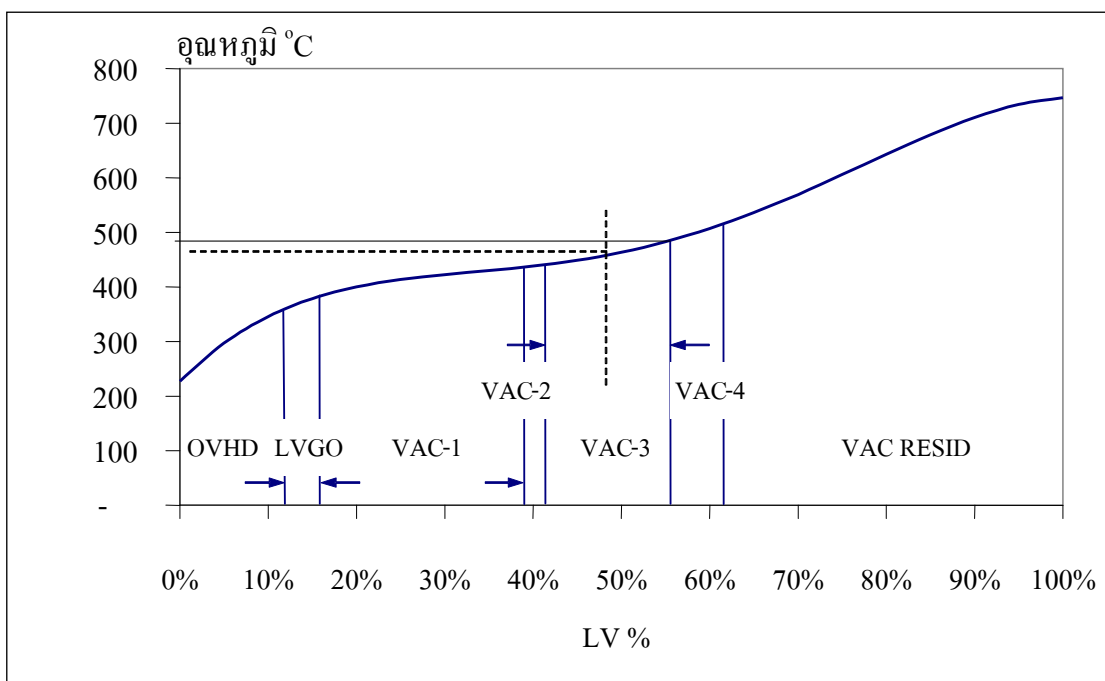
วิธีที่ 2 ปริมาณผลิตภัณฑ์ VAC-4 จะเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับวิธีที่ 1 แต่ front-end ของผลิตภัณฑ์ VAC-3 จะถูกแยกออกและปริมาณผลิตภัณฑ์ของ VAC-1 โดยไฮโดรคาร์บอนที่มีองค์ประกอบหนัก และเพื่อที่จะทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์ VAC-1 คงที่จะทำโดยลดปริมาณผลิตภัณฑ์ LVGO เพื่อให้ไฮโดรคาร์บอนที่มีองค์ประกอบเบาเข้าไปอยู่ในผลิตภัณฑ์ของ VAC-1 ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ LVGO ต้องแยกเอาไฮโดรคาร์บอนที่มีองค์ประกอบเบาออกไปเพื่อควบคุมความหนืดของ LVGO ให้คงที่ ซึ่งจะเห็นว่าวิธีนี้จะทำให้ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ VAC-2 เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟพื้นฐาน



รูปที่ 5.2 ตัวอย่างการตัดกราฟการกลั่นแบบมาตรฐาน



รูปที่ 5.3 ตัวอย่างการตัดกราฟการกลั่นวิธีที่ 1 เพื่อให้ได้ความหนักของผลิตภัณฑ์ VAC-3 คงที่ ผลิตภัณฑ์ VAC-2 และ VAC-4 เพิ่ม



รูปที่ 5.4 ตัวอย่างการตัดกราฟการกลั่นวิธีที่ 2 เพื่อให้ได้ความหนักของผลิตภัณฑ์ VAC-3 คงที่ ปริมาณผลิตภัณฑ์ LVGO ลดลง และปริมาณผลิตภัณฑ์ VAC-4 เพิ่มขึ้น

## บทที่ 6

### แบบจำลองของหน่วยการกั้นสุญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน

การศึกษาการทำงานและการออปติไมซ์หน่วยการกั้นความดันสุญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานโดยใช้แบบจำลองกระบวนการที่สร้างด้วยโปรแกรม PRO II แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง ขั้นตอนการศึกษาผลกระทบของสภาวะการดำเนินงาน และขั้นตอนสุดท้ายได้แก่ขั้นตอนการออปติไมเซชัน ซึ่งมีรายละเอียดในการศึกษาดังแสดงต่อไปนี้

#### 6.1 การสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PRO II

แบบจำลองกระบวนการของหน่วยการกั้นความดันสุญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานได้ถูกสร้าง โดยใช้โปรแกรม PROII Version 7.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมจำลองกระบวนการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมี การสร้างแบบจำลองกระบวนการ ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในกระบวนการที่ต้องการสร้างเป็นอย่างดี ต้องทราบถึงส่วนประกอบและรายละเอียดต่างๆของกระบวนการ เพื่อจะได้กำหนดรายละเอียดเหล่านั้นลงในแบบจำลองให้เหมือนกระบวนการผลิตจริงมากที่สุด และถูกต้องมากที่สุด เพื่อที่จะทำให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความถูกต้องและใกล้เคียงกับกระบวนการจริงมากที่สุด ซึ่งจะส่งผลทำให้ผลที่ได้จากแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือ และสามารถใช้เป็นตัวแทนกระบวนการจริงได้

##### 6.1.1 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองกระบวนการ

- 1) ศึกษาส่วนประกอบต่างๆ และกระบวนการผลิตของหน่วยกั้นความดันสุญญากาศ
- 2) ศึกษาข้อมูลและคุณสมบัติของสารป้อนต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในหน่วยกั้นความดันสุญญากาศ
- 3) ศึกษาข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในกระบวนการกั้น ความดันสุญญากาศ
- 4) สร้างแบบจำลองกระบวนการโดยใช้โปรแกรม PRO II
- 5) ใส่คุณสมบัติของสารป้อนต่างๆที่จำเป็นในกระบวนการกั้นที่ความดันสุญญากาศลงในแบบจำลอง
- 6) ใส่ข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆลงในแบบจำลอง
- 7) ทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลอง



- 8) ทำการปรับแบบจำลองกระบวนการ เพื่อให้ผลที่ได้จากแบบจำลองใกล้เคียงกับผลที่ได้จากกระบวนการผลิตจริงมากที่สุด

#### 6.1.2 ส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

##### 1) คุณสมบัติของสารป้อน

สารป้อนของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศคือ ATB (Atmospheric Tower Bottom) เป็นส่วนที่ได้จากก้นของหอกลั่นน้ำมันดิบที่ความดันบรรยากาศ คุณสมบัติของสารป้อนของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 คุณสมบัติของสารป้อนของหน่วยกลั่นที่ความดันสูญญากาศ

คุณสมบัติ	ค่า
1. ความถ่วงจำเพาะที่ 60/60 °F	0.9565
2. Distillation, TBP(°C)	
IBP	279
5% Volume	347
10% Volume	375
30% Volume	447
50% Volume	514
70% Volume	588
90% Volume	695
95% Volume	777
100% Volume	861

2) ข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆ ในแบบจำลองการกลั่นที่ความดันสุญญากาศ  
 อุปกรณ์ต่างๆภายในแบบจำลองหน่วยการกลั่นที่ความดันสุญญากาศ ได้  
 แสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.2 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ shell and Tube ในหน่วยกลั่นความดันสุญญากาศ

หมายเลข	อุปกรณ์
E001AB	Vacuum feed / D500 exchanger
E002	Vacuum feed / Top pumparound exchanger
E003	Vacuum feed / Middle pumparound exchanger
E004AB	Vacuum feed / Middle pumparound exchanger
E005	Vacuum feed / Middle slop exchanger
E006AB	Vacuum feed / D500 exchanger
E007	Vacuum feed / Vacuum residue exchanger
E008	Vacuum feed / Vacuum residue exchanger
E009	Vacuum feed / Vacuum residue exchanger

ตารางที่ 6.3 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบพัดลมในหน่วยกลั่นความดันสุญญากาศ

หมายเลข	อุปกรณ์
E013	Top pumparound cooler
E014	D60 product cooler
E015	D150 product cooler
E016	Middle slop product cooler
E017	D500 product cooler
E018	Heavy slop product cooler

ตารางที่ 6.4 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบน้ำหล่อเย็นในหน่วยกลั่นความดันสุญญากาศ

หมายเลข	อุปกรณ์
E012	Overhead condenser

ตารางที่ 6.5 ป้อนในหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ

หมายเลข	อุปกรณ์
P001	Top pumparound pump
P002	D60 product pump
P003	D150 product pump
P004	Middle pumparound pump
P005	Middle slop pump
P006	Heavy slop pump
P007	D500 product pump
P008	Vacuum residue pump

ตารางที่ 6.6 ถังในหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ

หมายเลข	อุปกรณ์
D001	Overhead condensate drum

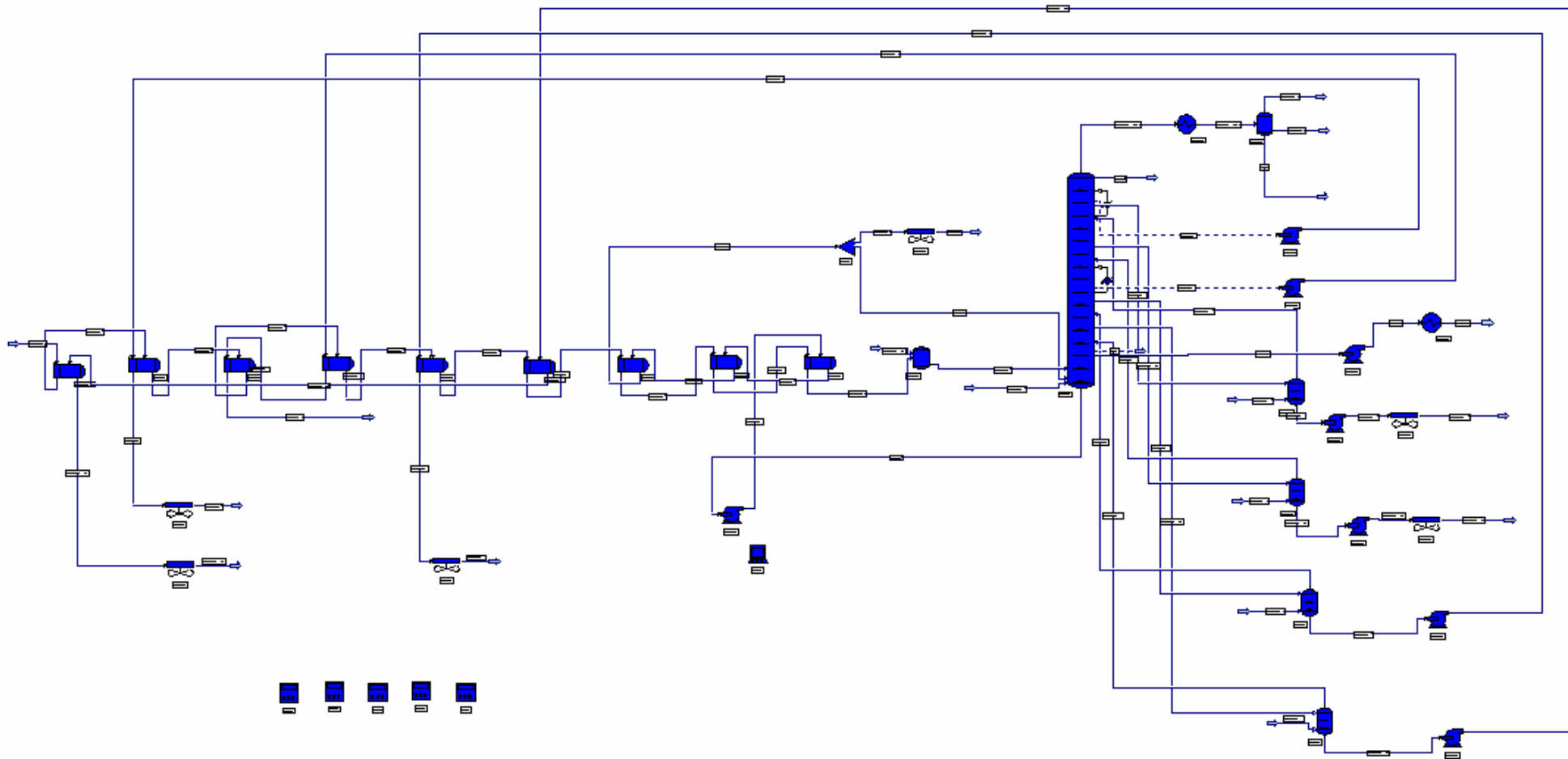
ตารางที่ 6.7 หอกกลั่นในหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ

หมายเลข	อุปกรณ์
C001	Vacuum distillation column
C002	D60 stripping column
C003	D150 stripping column
C004	Middle slop stripping column
C005	D500 stripping column

ตารางที่ 6.8 เตาเผาในหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ

หมายเลข	อุปกรณ์
B001	Vacuum charge heater

- 3) ทรัพยากรต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการกลั่นที่ความดันสูญญากาศ
- ไอน้ำ ใช้สำหรับกระบวนการกลั่น
  - เชื้อเพลิง ใช้ในการให้ความร้อนกับ ATB ที่เตาเผา
  - น้ำหล่อเย็นที่ใช้ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ shell and tube เพื่อลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะออกจากกระบวนการ
  - พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบพัดลม เพื่อลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะออกจากกระบวนการ



รูปที่ 6.1 แบบจำลองกระบวนการของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศที่สร้างโดยใช้โปรแกรม PRO II

6.1.3 การเปรียบเทียบผลที่ได้กระบวนการจริงกับผลที่ได้จากแบบจำลอง แสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.9 แสดงการเปรียบเทียบสภาวะการดำเนินงานที่ได้จากกระบวนการผลิตกับที่ได้จากแบบจำลอง

	ผลที่ได้จาก กระบวนการ ผลิต	ผลที่ได้จาก แบบจำลอง	% ความ แตกต่าง
อุณหภูมิก่อนเข้าหอกลิ้น (°C)	390	390	0.00%
อุณหภูมิตอนขอดหอกลิ้นสูญญากาศ (°C)	132	132	0.00%
อุณหภูมิเหนือ Packing Bed ที่ 2 (°C)	258	257	0.39%
อุณหภูมิตอนกลางหอกลิ้นสูญญากาศ (°C)	272	272	0.00%
อุณหภูมิเหนือ Packing Bed ที่ 4 (°C)	311	298	4.18%
อุณหภูมิเหนือ Packing Bed ที่ 5 (°C)	318	322	1.26%
อุณหภูมิเหนือ Packing Bed ที่ 6 (°C)	348	345	0.86%
อุณหภูมิเหนือ Packing Bed ที่ 7 (°C)	379	380	0.26%
อุณหภูมิที่เฟลชโซน (°C)	381	388	1.84%
ปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลิ้นสูญญากาศ(kg/h)	3,450	3,450	0.00%
ความดันบนขอดหอกลิ้นสูญญากาศ(mmHg)	70	70	0.00%
ความดันที่เฟลชโซนของหอกลิ้นสูญญากาศ (mmHg)	95	95	0.00%
Criteria Performance	-	-	0.73%

ตารางที่ 6.10 แสดงการเปรียบเทียบ % Yields ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตจริงกับผลที่ได้จากแบบจำลอง

ผลิตภัณฑ์	ผลที่ได้จากกระบวนการผลิต	ผลที่ได้จากแบบจำลอง	% ความแตกต่าง
D60	12.00%	12.00%	0.00%
D150	14.00%	14.00%	0.00%
Middle Slop	6.00%	6.00%	0.00%
D500	21.00%	21.00%	0.00%
Heavy Slop	1.00%	0.99%	1.00%
Vacuum Residue	46.00%	46.01%	0.02%
Criteria Performance	-	-	0.20%

ตารางที่ 6.11 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตจริงกับผลที่ได้จากแบบจำลอง

ผลิตภัณฑ์	ผลที่ได้จากกระบวนการผลิต	ผลที่ได้จากแบบจำลอง	% ความแตกต่าง
D60 Kinetic Viscosity @ 100°C	2.6	2.7	3.85%
D150 Kinetic Viscosity @ 100°C	5.1	5.2	1.96%
D500 Kinetic Viscosity @ 100°C	14.5	14.7	0.14%
Criteria Performance	-	-	1.98%

โดยที่ % ความแตกต่าง  $(X_i) = \frac{(A - B)}{A} \times 100$

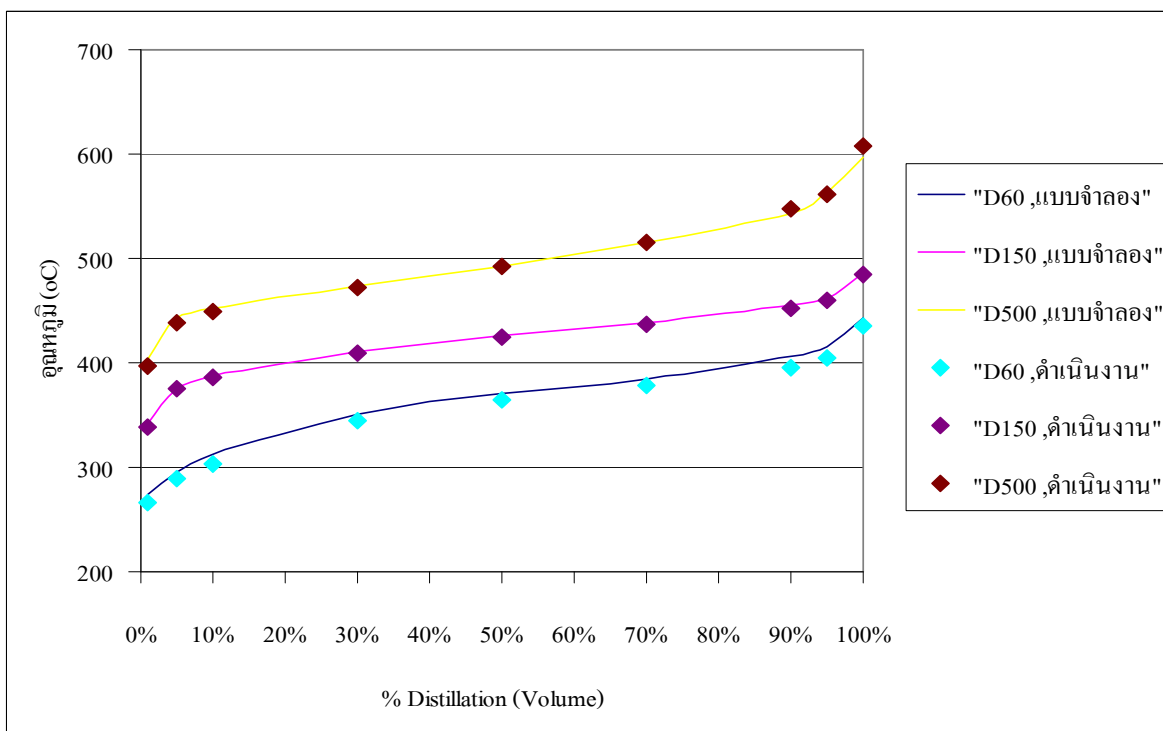
$$\text{Criteria Performance} = \sum_{i=1}^n X_i y_i$$

ซึ่ง  $A$  = ผลจากกระบวนการผลิต

$B$  = ผลที่ได้จากแบบจำลอง

$y_i$  = อัตราส่วนของตัวแปรที่พิจารณากับจำนวนตัวแปรที่พิจารณา

$n$  = จำนวนตัวแปรที่พิจารณา



รูปที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบ TBP distillation ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการดำเนินงานจริงกับที่ได้จากแบบจำลอง

จากผลการเปรียบเทียบสภาวะการดำเนินงาน ปริมาณผลิตภัณฑ์ และคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ของหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศ ระหว่างแบบจำลองกับการดำเนินงานจริงโดยใช้ % ความแตกต่าง และ Criteria Performance พบว่า จากการหาค่า Criteria Performance ความแตกต่าง ของสภาวะการดำเนินงาน ปริมาณผลิตภัณฑ์ และคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 0.73%, 0.20% และ 1.98 % ตามลำดับ ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถใช้จำลองกระบวนการกลั่นที่ความดันสูญญากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ



## 6.2 การออปติไมซ์หน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ

ในงานวิจัยนี้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ผลกำไรมากที่สุด

$$\text{Maximize กำไร} = \text{รายได้} - \text{ต้นทุนการผลิต}$$

ซึ่ง

$$\text{ราคาผลผลิต} = \sum (\text{ราคาผลิตภัณฑ์} \times \text{ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้})$$

$$\text{ต้นทุนการผลิต} = (\text{ราคาของสารป้อน} \times \text{ปริมาณสารป้อน}) + (\text{ราคาทรัพยากร} \times \text{ปริมาณทรัพยากรที่ใช้})$$

โดยที่

- 1) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศได้แก่ D50, D150, Middle Slop, D500, Heavy Slop และ Vacuum Residue
- 2) สารป้อนได้แก่ ATB (Atmospheric Tower Bottom)
- 3) ทรัพยากรได้แก่ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ที่เตาเผา ปริมาณน้ำหล่อเย็นที่ใช้ ปริมาณพลังงานไฟฟ้า ปริมาณไอน้ำ

ข้อจำกัดในการออปติไมซ์แบบจำลองหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศในงานวิจัยนี้ได้แก่

- 1) ปริมาณพลังงานที่ได้จากเตาเผา(B001)เท่ากับ 21 เมกะจูลต่อชั่วโมง
- 2) ปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลั่นความดันสูญญากาศเท่ากับ 0 – 5000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
- 3) อัตราการไหลของ Top Pumparound ปุ่ม(P001) เท่ากับ 0- 250 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- 4) อัตราการไหลของ Middle Pumparound ปุ่ม(P004) เท่ากับ 0-450 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

Transfer Price ของสารป้อน ผลิตภัณฑ์และทรัพยากรต่างๆที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.12 แสดง Transfer Price ของสารป้อน ผลิตภัณฑ์ และทรัพยากรต่างๆ ของหน่วยกั้นความดันสูญญากาศ

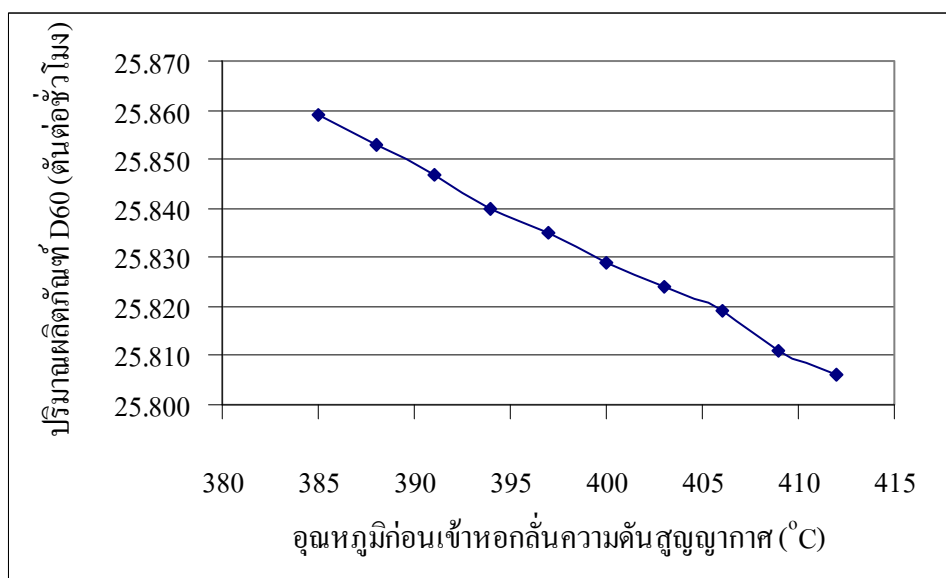
สารป้อน	Transfer Price
1. สารป้อน ATB (บาทต่อตัน)	12,700
2. ใอน้ำ (บาทต่อตัน)	950
3. น้ำมันเตา (บาทต่อตัน)	12,300
4. น้ำหล่อเย็น (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	1
5. พลังงานไฟฟ้า (บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)	2.5
6. ผลิตภัณฑ์ D60 (บาทต่อตัน)	16,100
7. ผลิตภัณฑ์ D150 (บาทต่อตัน)	16,000
8. ผลิตภัณฑ์ Middle slop (บาทต่อตัน)	12,300
9. ผลิตภัณฑ์ D500 (บาทต่อตัน)	16,200
10. ผลิตภัณฑ์ Heavy slop (บาทต่อตัน)	12,300
11. ผลิตภัณฑ์ Vacuum Residue (บาทต่อตัน)	10,500

### 6.3 ผลการศึกษาผลกระทบของสภาวะการดำเนินงาน

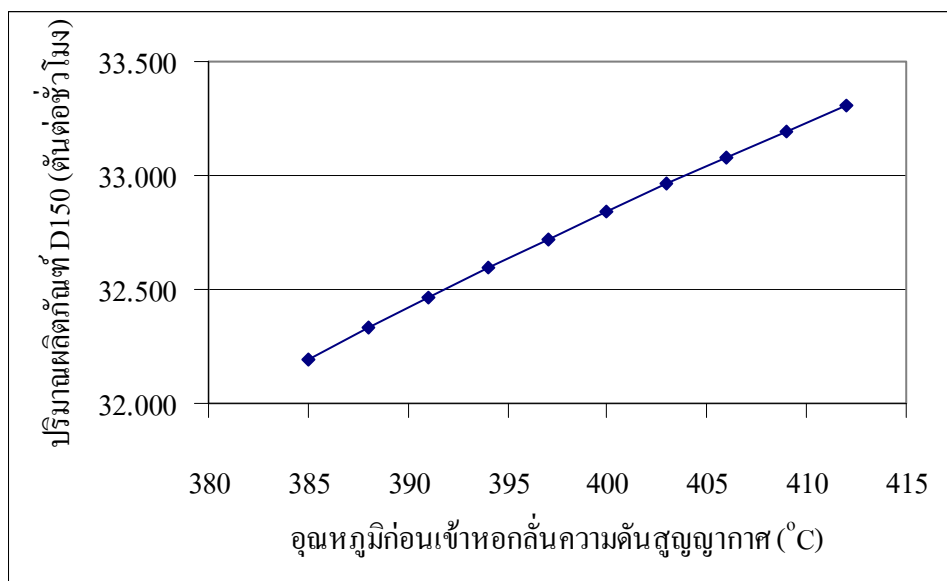
การศึกษาผลกระทบของสภาวะการดำเนินงานของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานต่อผลกำไรที่ได้โดยใช้แบบจำลองกระบวนการ สภาวะที่ใช้ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ได้แก่ อุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความสูญญากาศ อุณหภูมิบนยอดหอกลั่นความดันสูญญากาศ อุณหภูมิตอนกลางของหอกลั่นความดันสูญญากาศ และปริมาณ stripping steam ที่ใช้ที่หอกลั่นความดันสูญญากาศ

#### 6.3.1 ผลกระทบของอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นสูญญากาศ

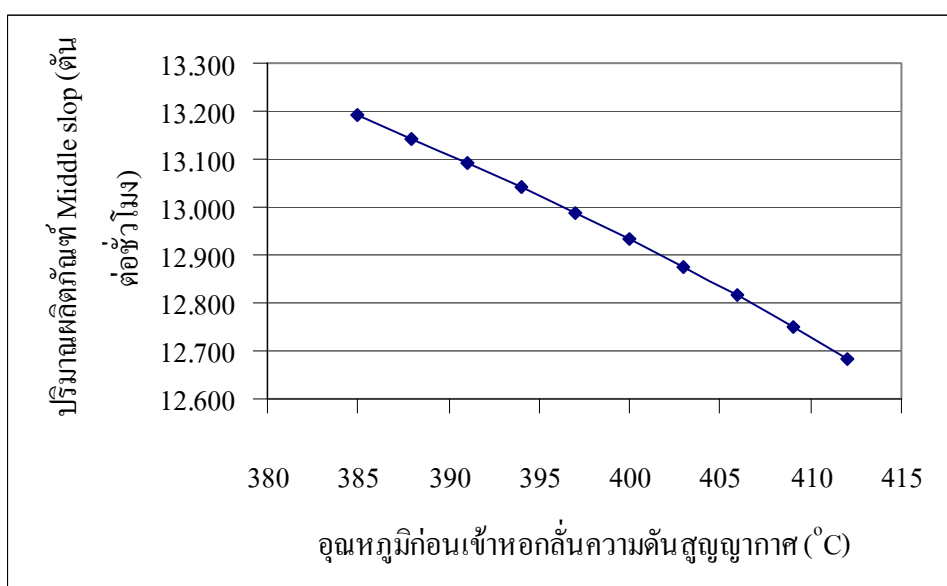
จากการศึกษาผลของอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นสูญญากาศต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ต่างๆ และผลกำไรที่ได้รับ ของหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศ ได้ผลการศึกษาดังที่แสดงในรูปที่ 6.3, รูปที่ 6.4, รูปที่ 6.5, รูปที่ 6.6, รูปที่ 6.7, รูปที่ 6.8, รูปที่ 6.9, รูปที่ 6.10 และ รูปที่ 6.11



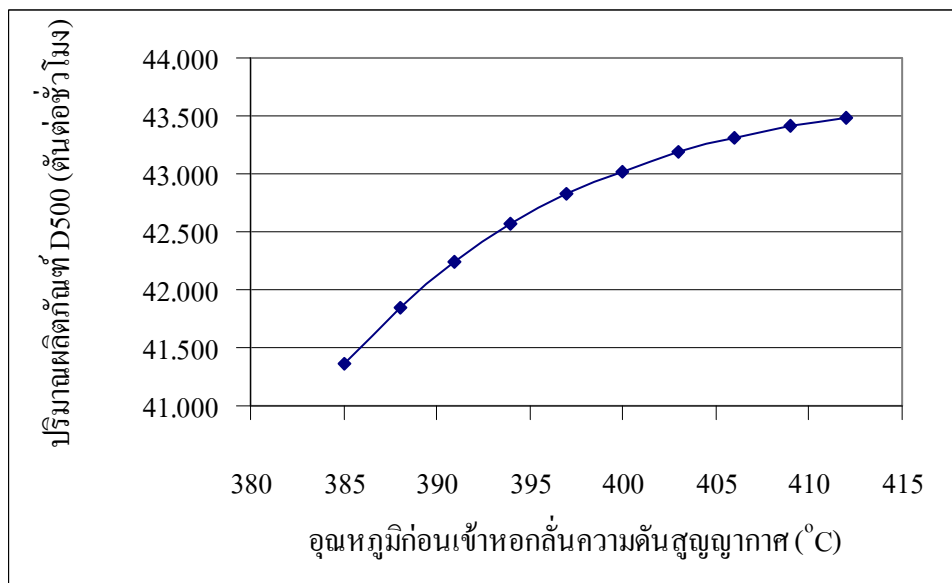
รูปที่ 6.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D60



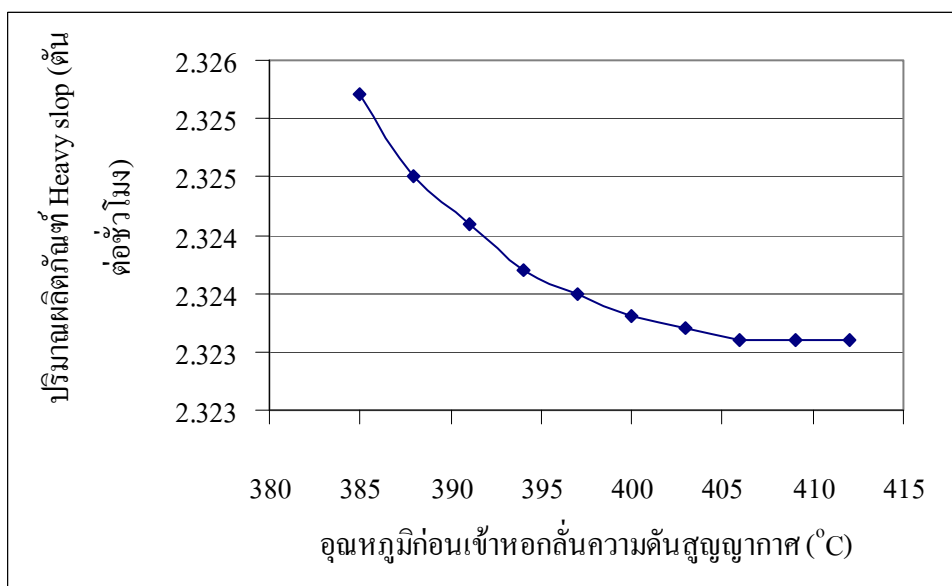
รูปที่ 6.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลับความดันสุญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D150



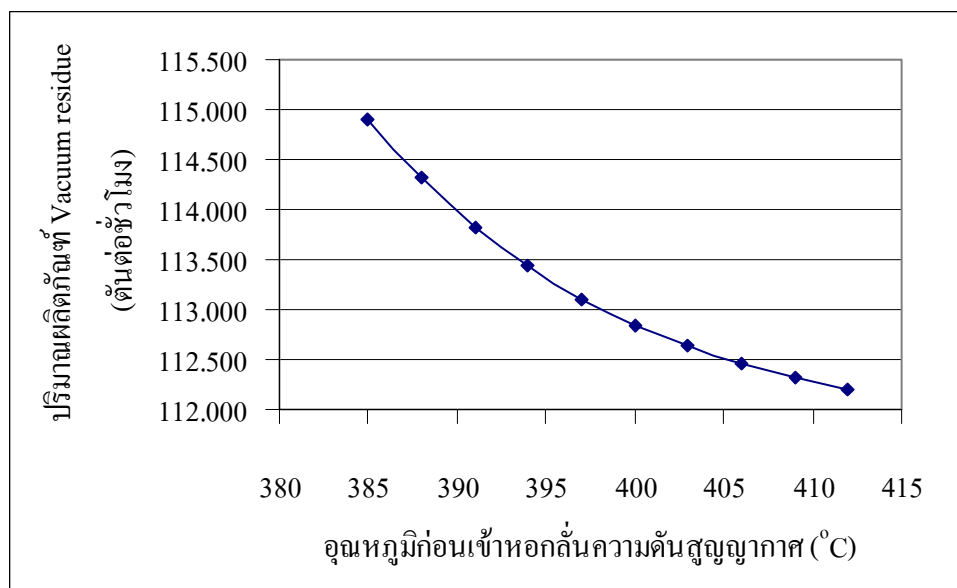
รูปที่ 6.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลับความดันสุญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Middle slop



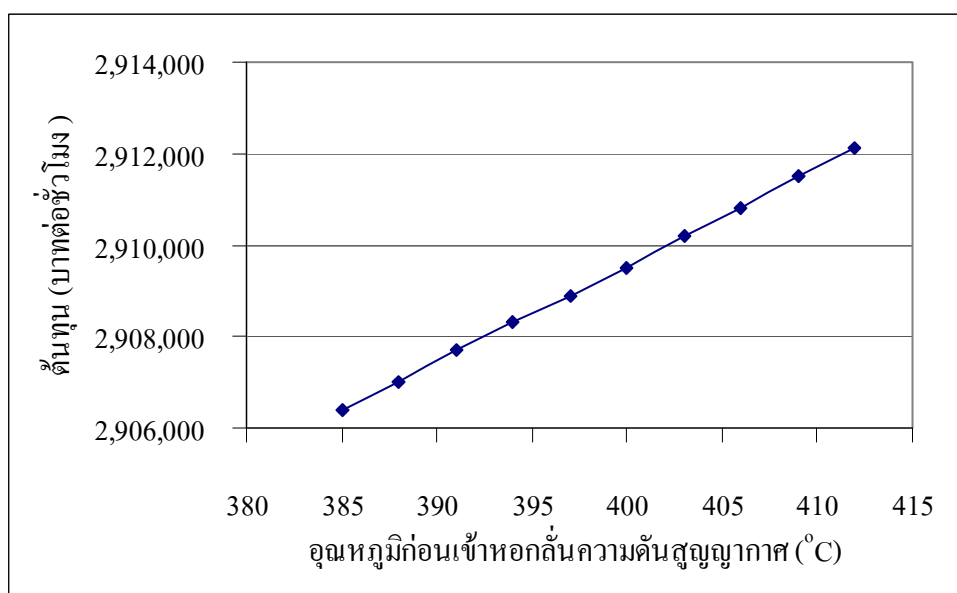
รูปที่ 6.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลิ้นความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D500



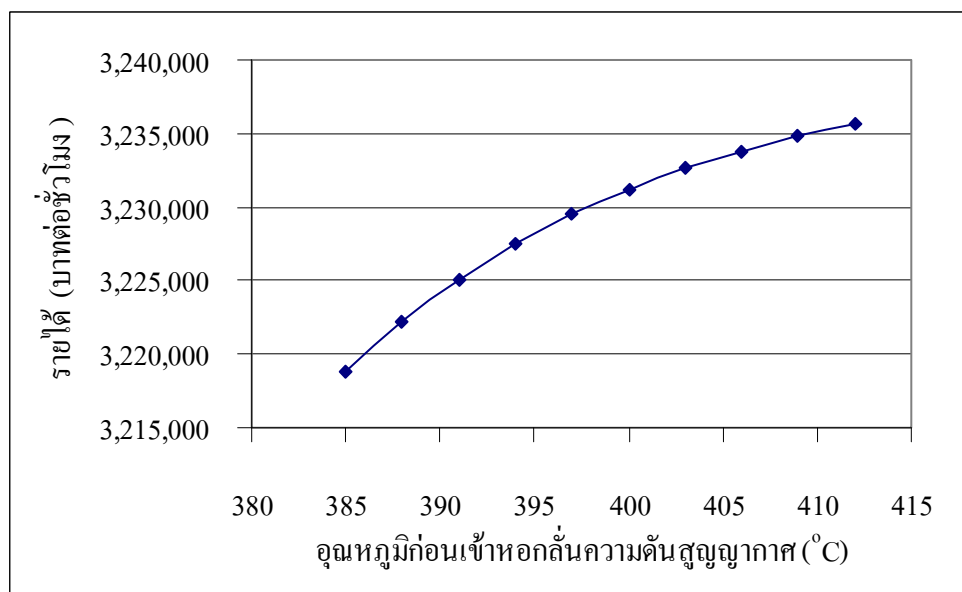
รูปที่ 6.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลิ้นความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Heavy slop



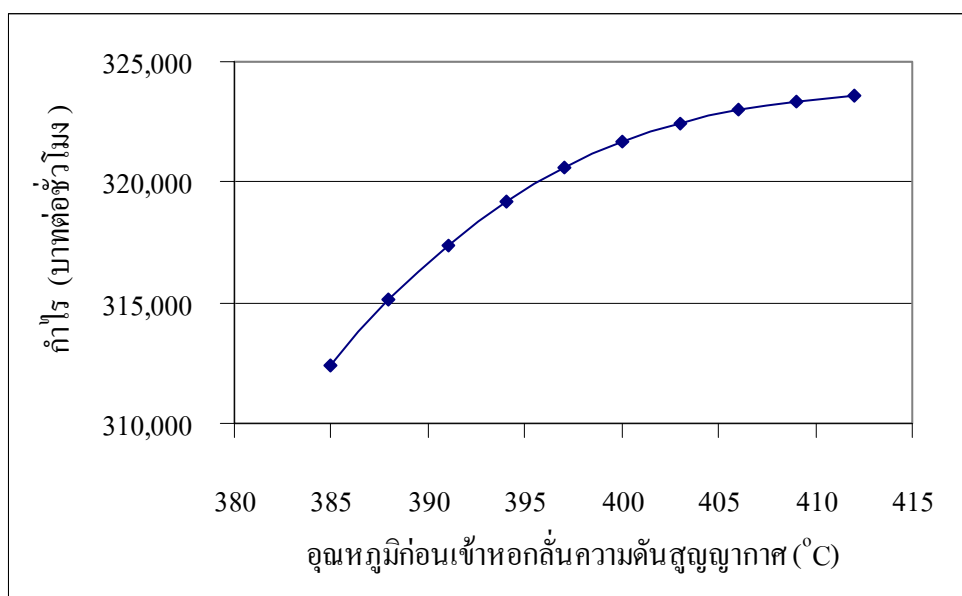
รูปที่ 6.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลิ้นความดันสุญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Vacuum Residue



รูปที่ 6.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลิ้นความดันสุญญากาศกับต้นทุนการผลิต



รูปที่ 6.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลับความดันสุญญากาศกับรายได้

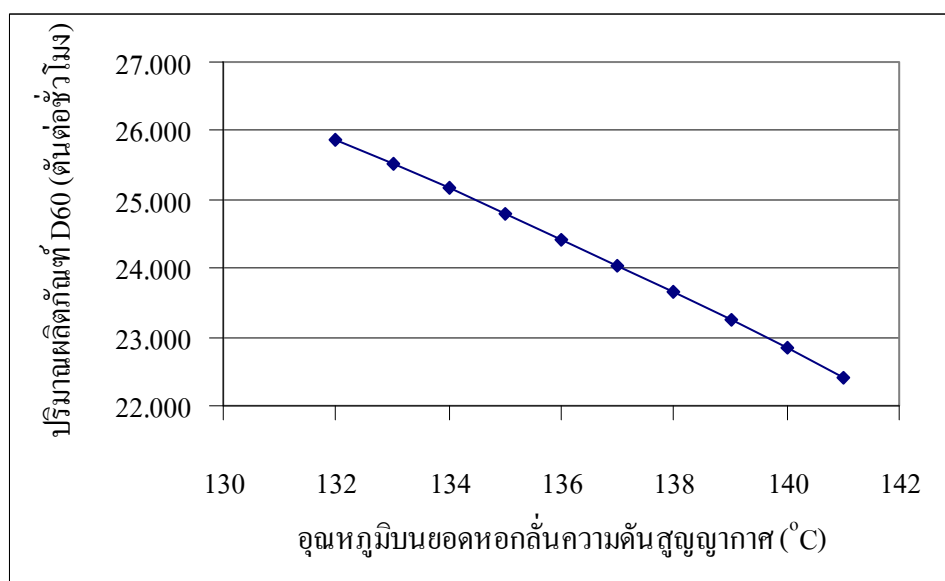


รูปที่ 6.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลับความดันสุญญากาศกับกำไร

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลับความดันสุญญากาศ จะพบว่าเมื่ออุณหภูมิ ก่อนเข้าหอกลับความดันสุญญากาศทำให้กำไรเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำให้ปริมาณ ผลิตภัณฑ์ของ D150 และ D500 มีปริมาณมากขึ้น โดยที่ในขณะที่เดียวกันผลิตภัณฑ์ D60 และ Middle slop มีปริมาณลดลง รายได้ที่ได้เพิ่มและขึ้นมีแนวโน้มคงที่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยที่ต้นทุน ที่เพิ่มขึ้นมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีความชันคงที่ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิก่อนเข้า เตาหอกลับความดันสุญญากาศเป็นสัดส่วนตรงกับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่การเพิ่มอุณหภูมิก่อนเข้า หอกลับความดันสุญญากาศจะมีข้อจำกัดอยู่ที่ปริมาณความร้อนที่ได้จากเตาเผา B001

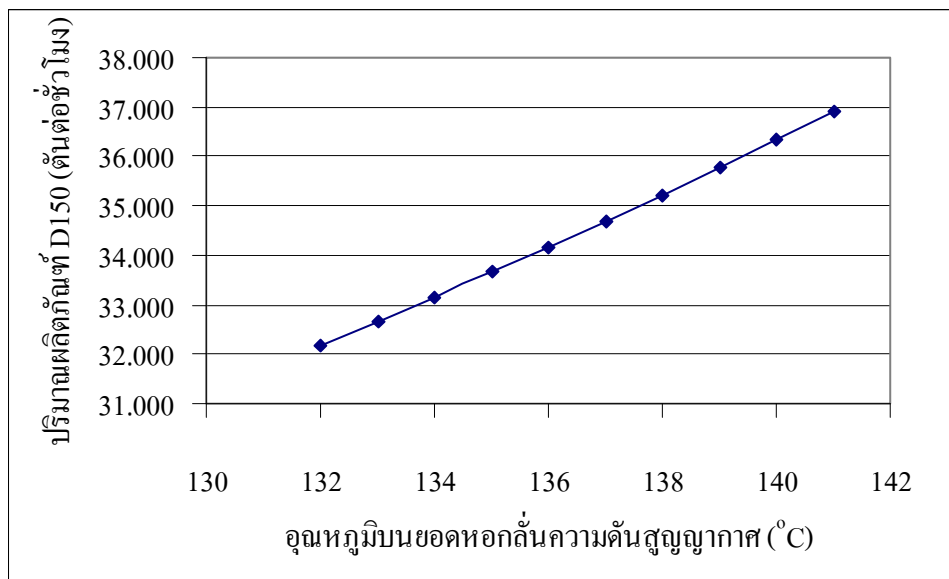
#### 6.5.2 ผลกระทบของอุณหภูมิบนยอดหอกลับสุญญากาศ

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิบนยอดหอกลับสุญญากาศต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ต่างๆ และผลกำไร ที่ได้รับของหน่วยการกลับความดันสุญญากาศ ได้ผลการศึกษาดังที่แสดงในรูปที่ 6.12, รูปที่ 6.13, รูปที่ 6.14, รูปที่ 6.15, รูปที่ 6.16, รูปที่ 6.17, รูปที่ 6.18, รูปที่ 6.19 และ รูปที่ 6.20

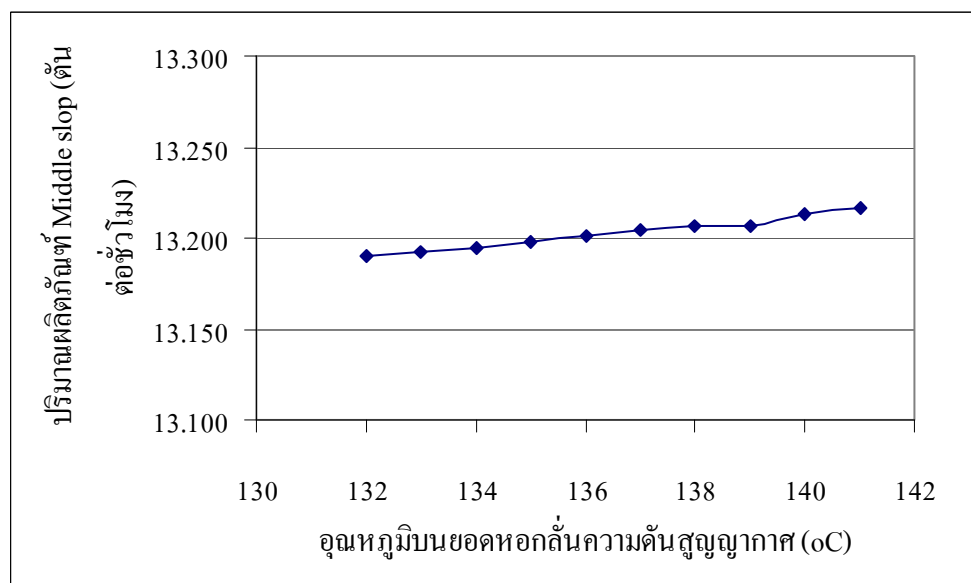


รูปที่ 6.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิบนยอดหอกลับความดันสุญญากาศกับปริมาณ ผลิตภัณฑ์ D60

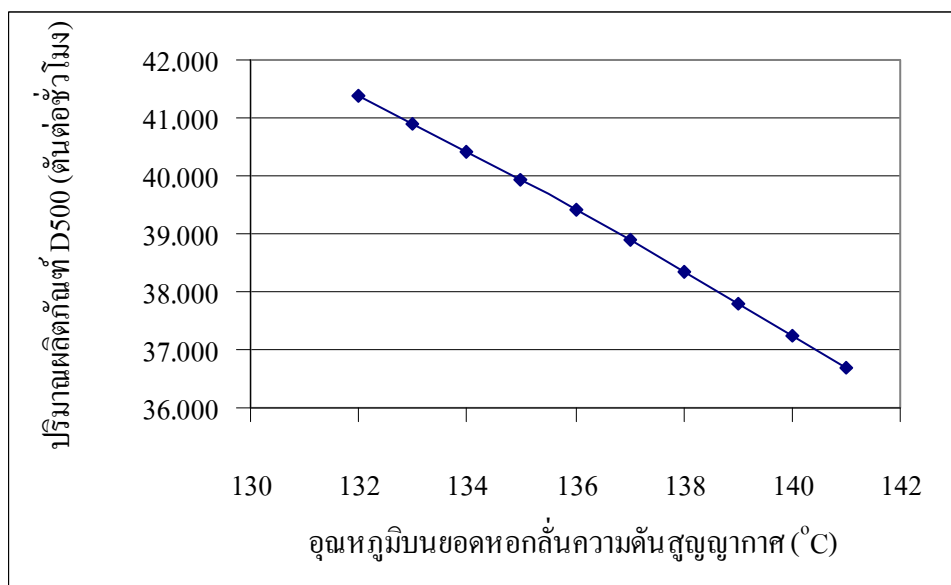




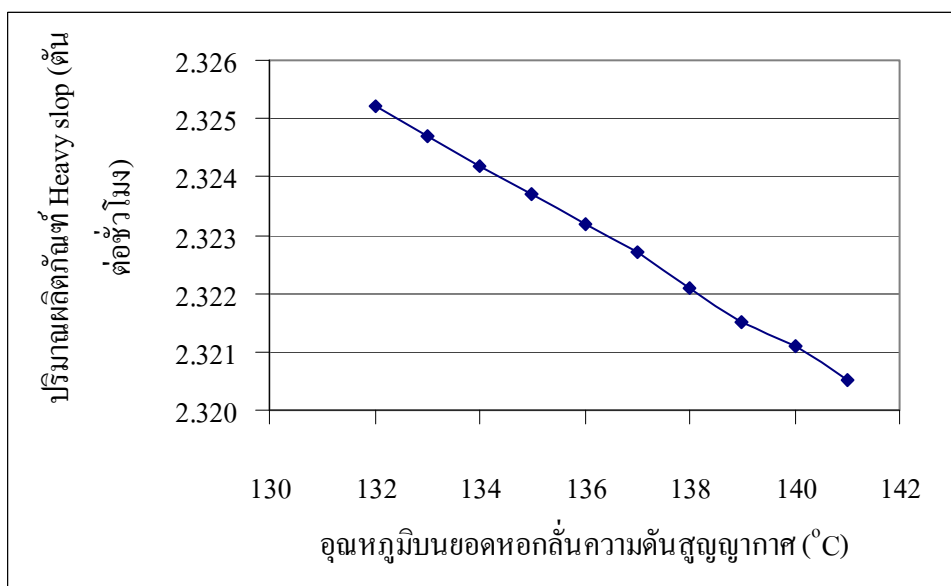
รูปที่ 6.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิบนยอดหอกกลับความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตรัทภัณฑ์ D150



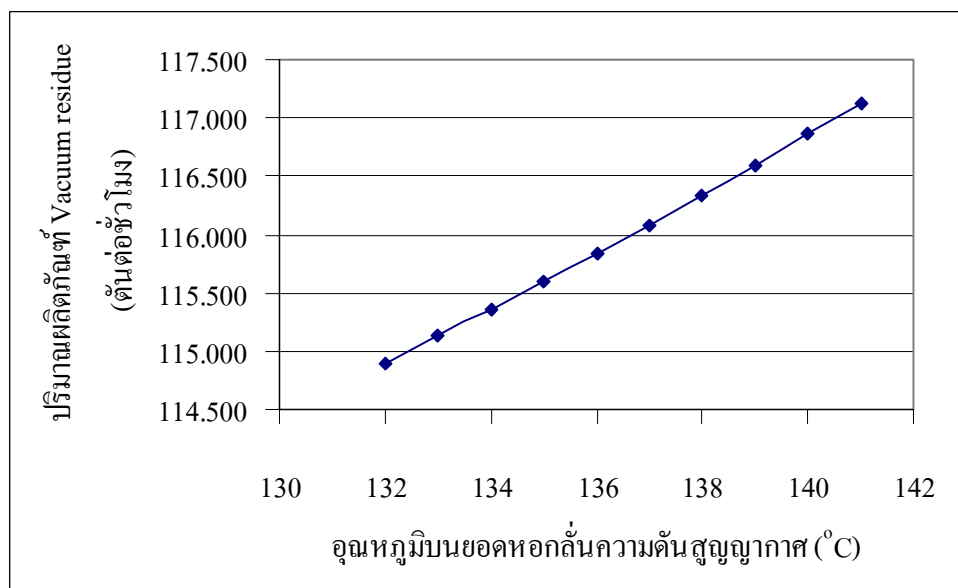
รูปที่ 6.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิบนยอดหอกกลับความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตรัทภัณฑ์ Middle slop



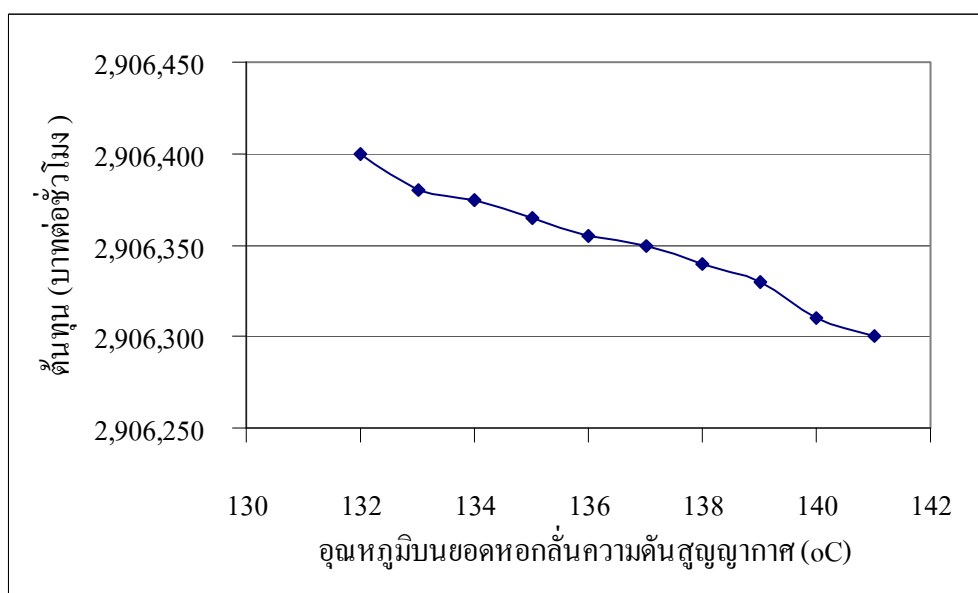
รูปที่ 6.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิบนยอดหอกกลับความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตรกัณฑ์ D500



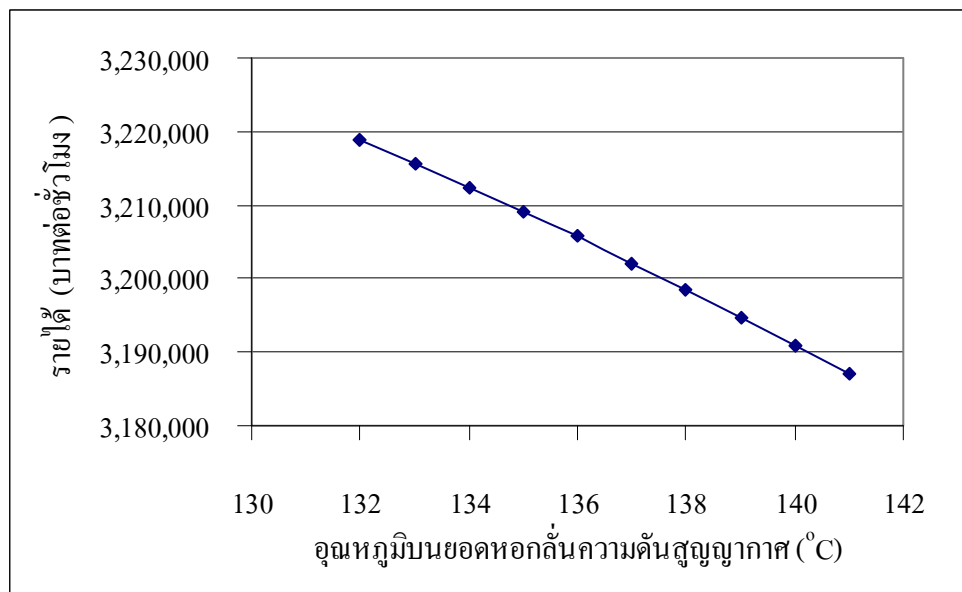
รูปที่ 6.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิบนยอดหอกกลับความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตรกัณฑ์ Heavy slop



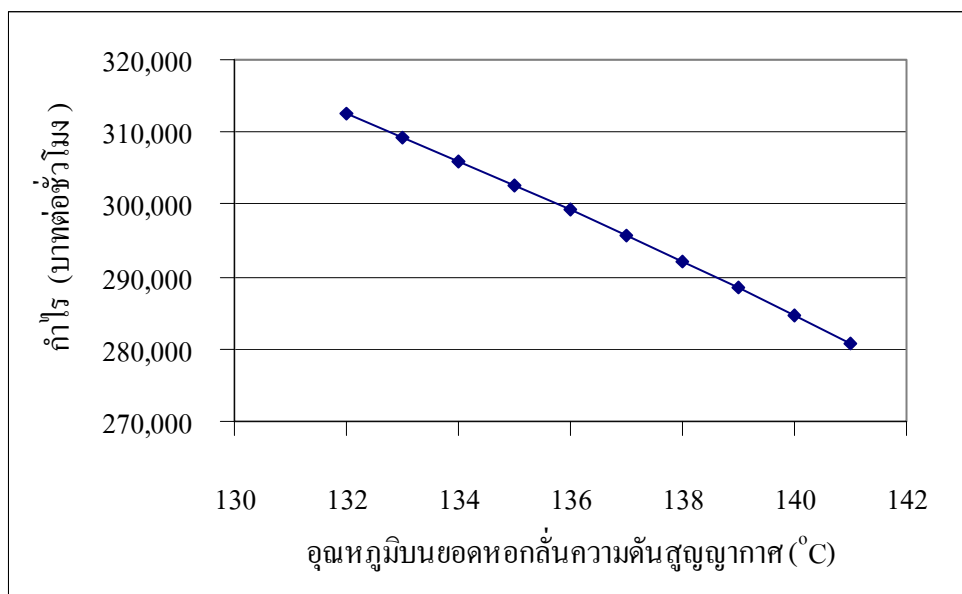
รูปที่ 6.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิบนยอดหอกกลับความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Vacuum Residue



รูปที่ 6.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิบนยอดหอกกลับความดันสูญญากาศกับต้นทุนการผลิต



รูปที่ 6.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิบนยอดดอกกลิ่นความดันสูญญากาศกับรายได้



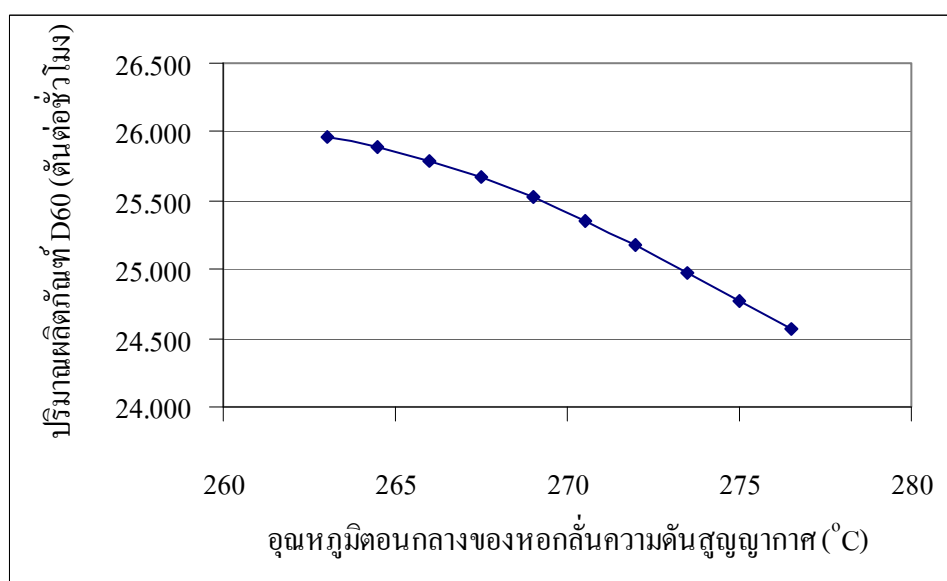
รูปที่ 6.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิบนยอดดอกกลิ่นความดันสูญญากาศกับกำไร

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิบนยอดดอกกลิ่นความดันสูญญากาศ จะพบว่าเมื่ออุณหภูมิบนยอดดอกกลิ่นความดันสูญญากาศเพิ่มขึ้นจะทำให้กำไรลดลงเนื่องจากการที่อุณหภูมิบนยอดดอกกลิ่นความดันสูญญากาศสูงขึ้นทำให้ได้ปริมาณ D150 เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณผลิตภัณฑ์ D60 และ D 500 ลดลง ทำให้มูลค่าของผลิตภัณฑ์รวมที่ได้ลดลงเพราะเมื่อเปรียบเทียบราคาของผลิตภัณฑ์ทั้งสองแล้วพบว่าผลิตภัณฑ์ D150 มีราคาต่ำกว่า D60 และ D500 จากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่าเมื่ออุณหภูมิบนยอดดอกกลิ่นความดันสูญญากาศต่ำจะทำให้ผลกำไรที่ได้มากขึ้น แต่การลดลงของ

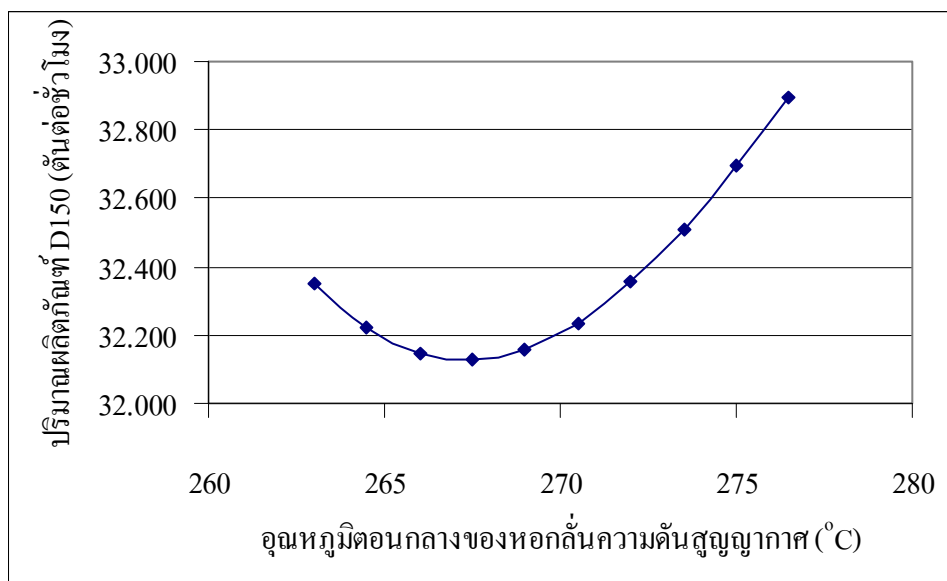
อุณหภูมิบนยอดหอกลั่นก็มีข้อจำกัดอยู่ตรงปริมาณความร้อนที่ถูกดึงออกจากหอกลั่นความดันสูญญากาศด้วยระบบ Top pumparound ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน E002 และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบพัคคลม E013 ซึ่งอยู่ในชุดแลกเปลี่ยนความร้อนของระบบ หน่วยการผลิต

### 6.5.3 ผลกระทบของอุณหภูมิตอนกลางของหอกลั่นความดันสูญญากาศ

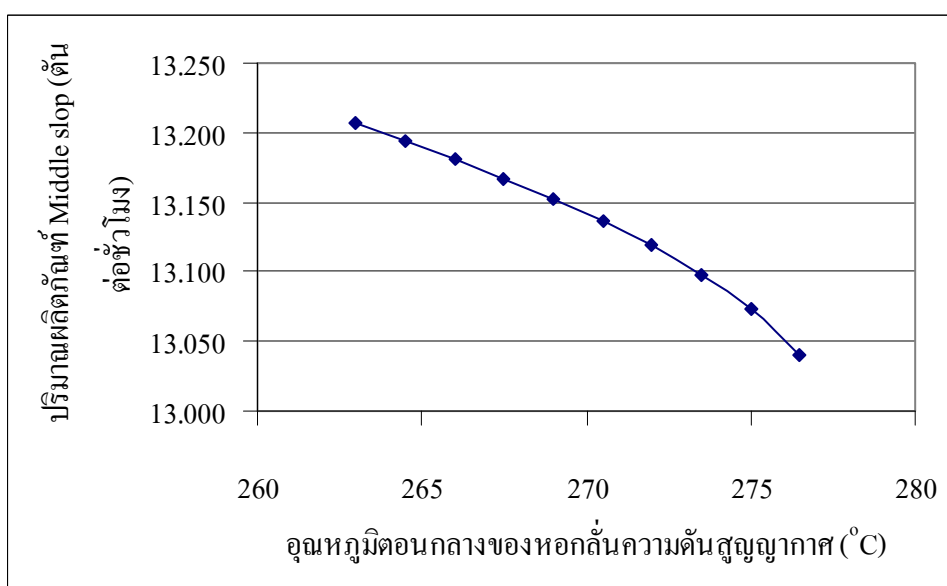
การศึกษาผลของอุณหภูมิตอนกลางของหอกลั่นความดันสูญญากาศต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ต่างๆ และผลกำไรที่ได้รับ ของหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศ ได้ผลการศึกษาดังที่แสดงในรูปที่ 6.21, รูปที่ 6.22, รูปที่ 6.23, รูปที่ 6.24, รูปที่ 6.25, รูปที่ 6.26, รูปที่ 6.27, รูปที่ 6.28 และ รูปที่ 6.29



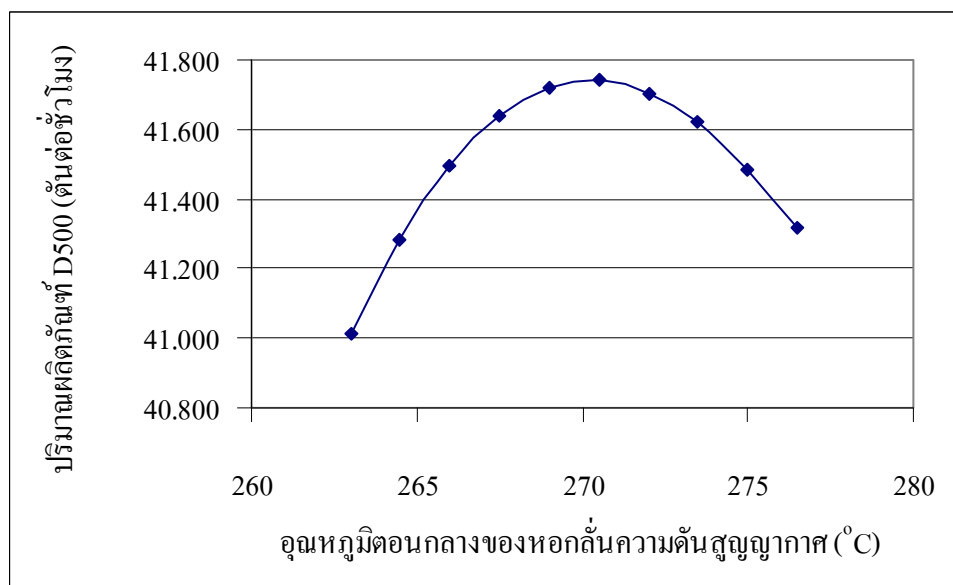
รูปที่ 6.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกลั่นความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D60



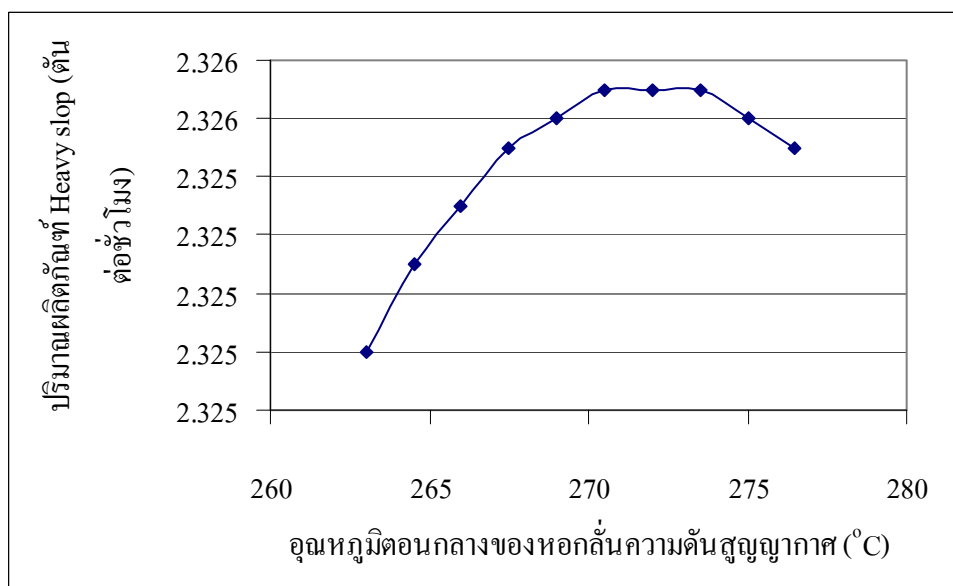
รูปที่ 6.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกั่นความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D150



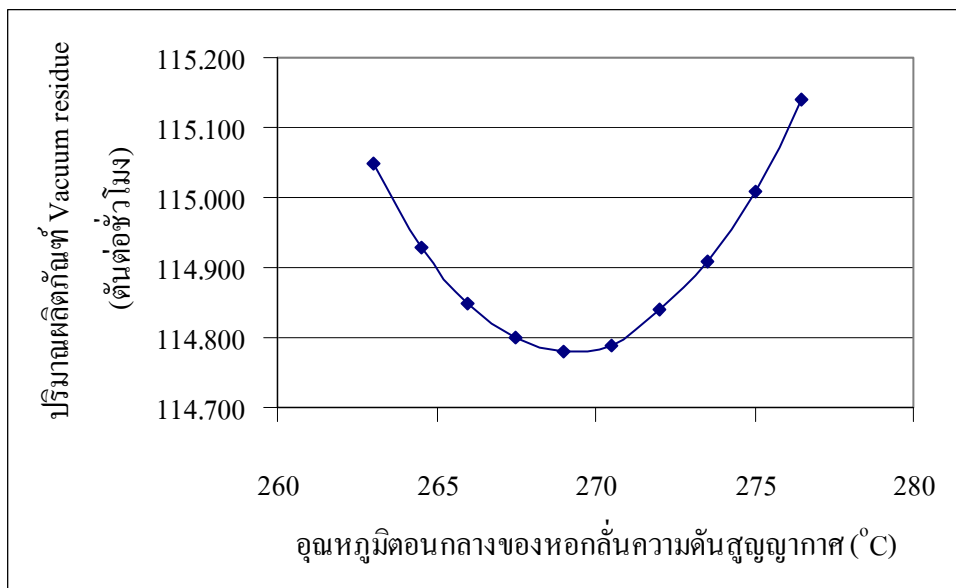
รูปที่ 6.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกั่นความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Middle stop



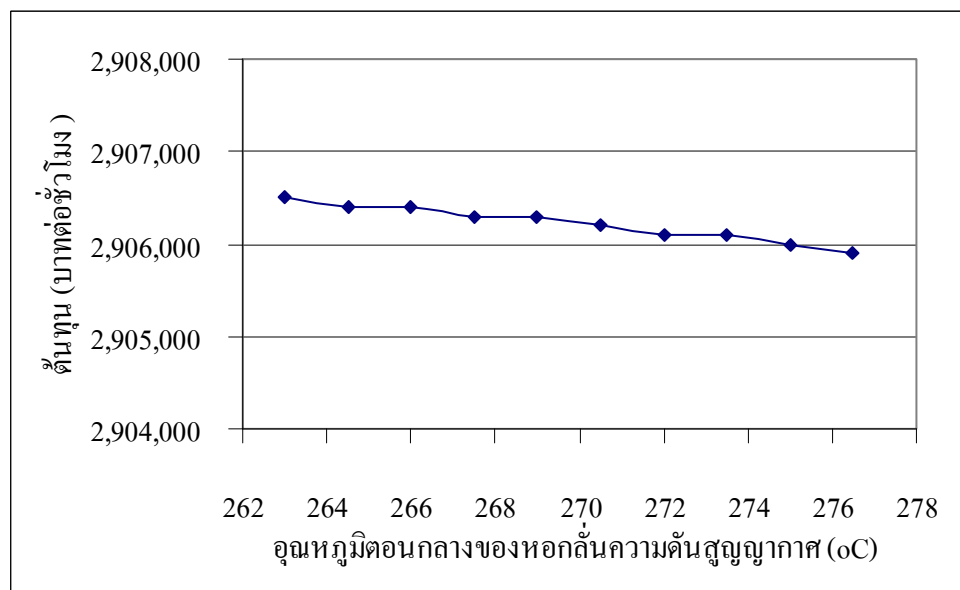
รูปที่ 6.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกั่นความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D500



รูปที่ 6.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกั่นความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Heavy slop

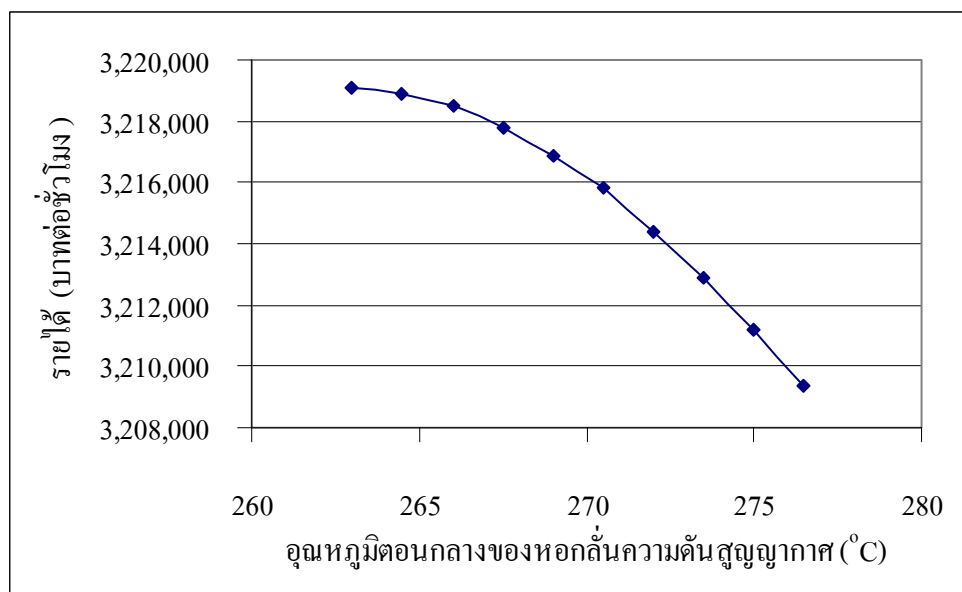


รูปที่ 6.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกั่นความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Vacuum Residue

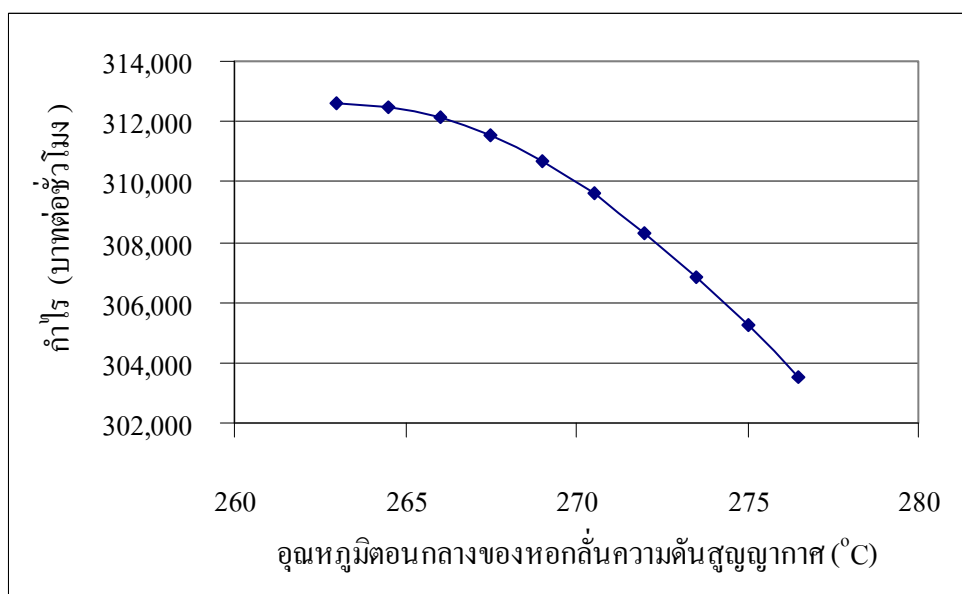


รูปที่ 6.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกั่นความดันสูญญากาศกับต้นทุนการผลิต





รูปที่ 6.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกลั่นความดันสูญญากาศกับรายได้



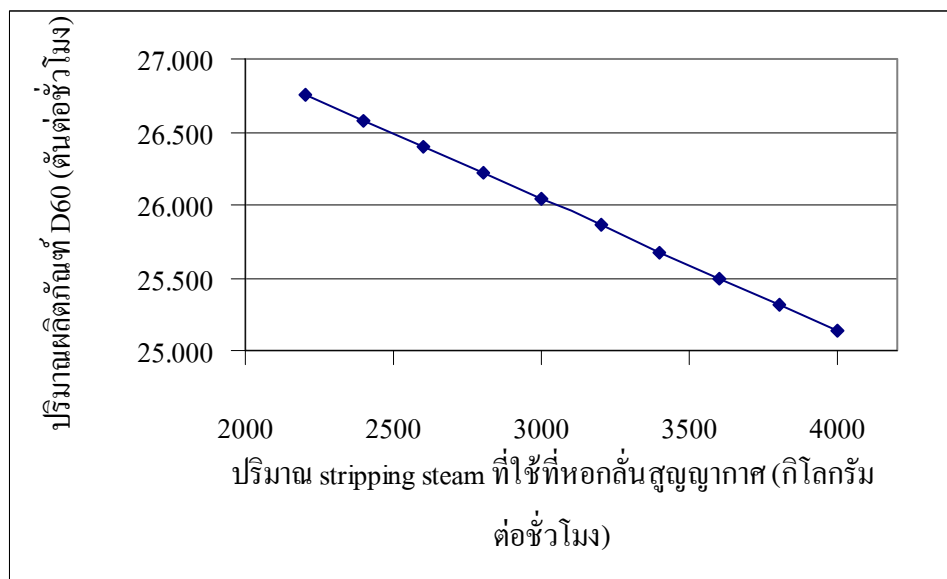
รูปที่ 6.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตอนกลางของหอกลั่นความดันสูญญากาศกับกำไร

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิตอนกลางของหอกลับความดันสูญญากาศ พบว่าอุณหภูมิตอนกลางหอกลับความดันสูญญากาศทำให้กำไรจะลดลงเมื่ออุณหภูมิตอนกลางของหอกลับเพิ่มขึ้นทั้งนี้เนื่องจากการที่อุณหภูมิตอนกลางของหอกลับความดันสูญญากาศสูงขึ้นทำให้ได้ปริมาณ D150 และเมื่อเปรียบเทียบราคาของผลิตภัณฑ์แล้วพบว่าผลิตภัณฑ์ D60 และ D500 มีราคาสูงกว่าผลิตภัณฑ์ D150 ซึ่งเมื่อปริมาณผลิตภัณฑ์ D150 เพิ่มขึ้นในขณะที่ผลิตภัณฑ์ D60 และ D500 ลดลง จะทำให้มูลค่าของผลิตภัณฑ์รวมที่ได้ลดลง

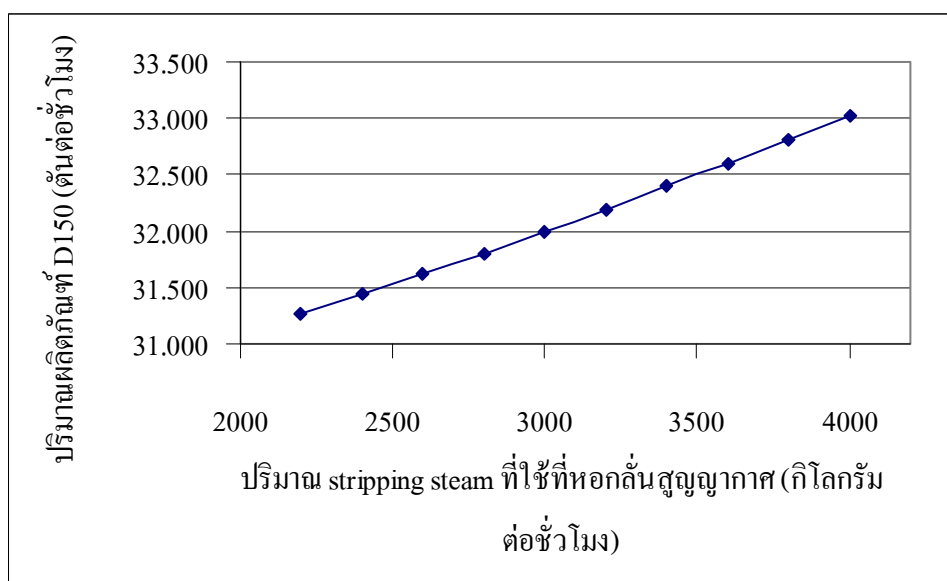
เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิตอนกลางของหอกลับความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D500 พบว่า ในช่วงแรกอุณหภูมิตั้งแต่ 260-269°C ปริมาณผลิตภัณฑ์ D500 เพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณองค์ประกอบที่เป็นผลิตภัณฑ์ D500 ภายใน Vacuum Residue ขึ้นระเหยเป็นไอและขึ้นไปอยู่ในผลิตภัณฑ์ D500 ได้มากขึ้นโดยสังเกตได้จากปริมาณ Vacuum residue ที่ลดลง แต่หลังจากนั้น จะเห็นว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ D500 จะลดลงส่วนผลิตภัณฑ์ D150จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอีกทำให้องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ D500 บางส่วนกลายเป็นไอระเหยขึ้นไปในชั้นของผลิตภัณฑ์ D150 ได้มากขึ้น และเปลี่ยนไปเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ D150 การควบคุมอุณหภูมิตอนกลางของหอกลับความดันสูญญากาศมีข้อจำกัดอยู่ปริมาณความร้อนที่ถูกดึงออกจากหอกลับความดันสูญญากาศด้วยระบบ Middle Pumparound ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน E003 และ E004 ซึ่งอยู่ในชุดแลกเปลี่ยนความร้อนของกระบวนการผลิต

#### 6.5.4 ผลกระทบของปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลับความดันสูญญากาศ

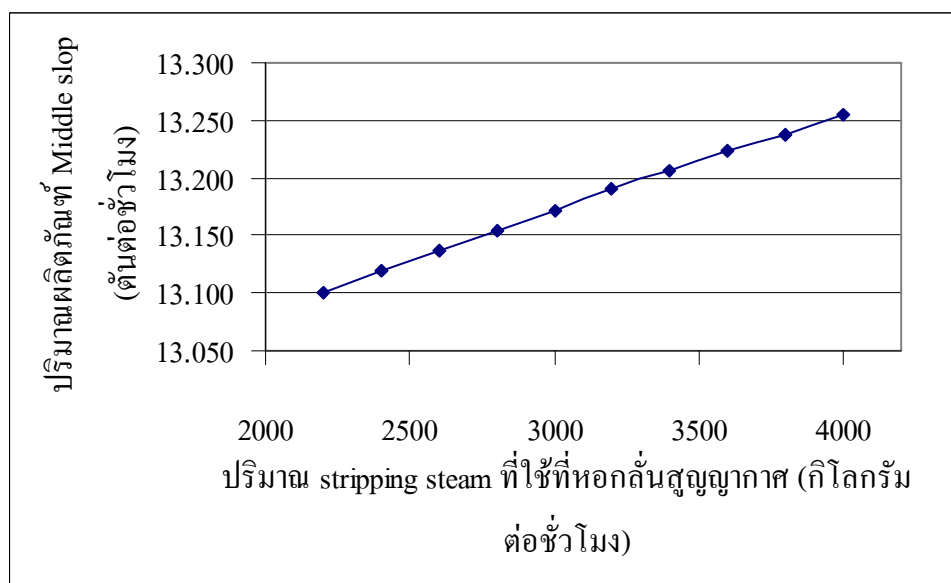
การศึกษาผลของปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลับสูญญากาศต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ต่างๆ และผลกำไรที่ได้รับ ของหน่วยการกักความดันสูญญากาศ ได้ผลการศึกษาดังที่แสดงในรูปที่ 6.30, รูปที่ 6.31, รูปที่ 6.32, รูปที่ 6.33, รูปที่ 6.34, รูปที่ 6.35, รูปที่ 6.36, รูปที่ 6.37 และ รูปที่ 6.38



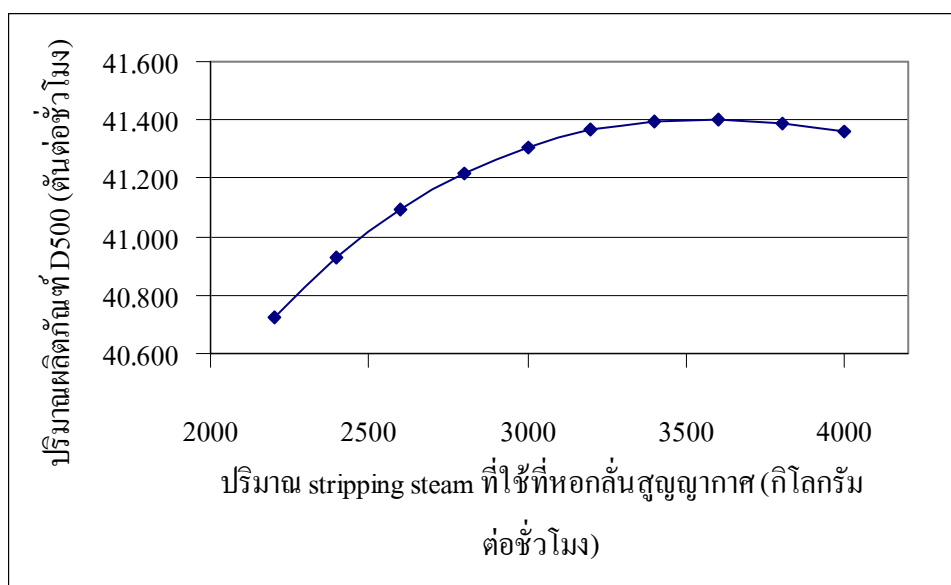
รูปที่ 6.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลับความดันสูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D60



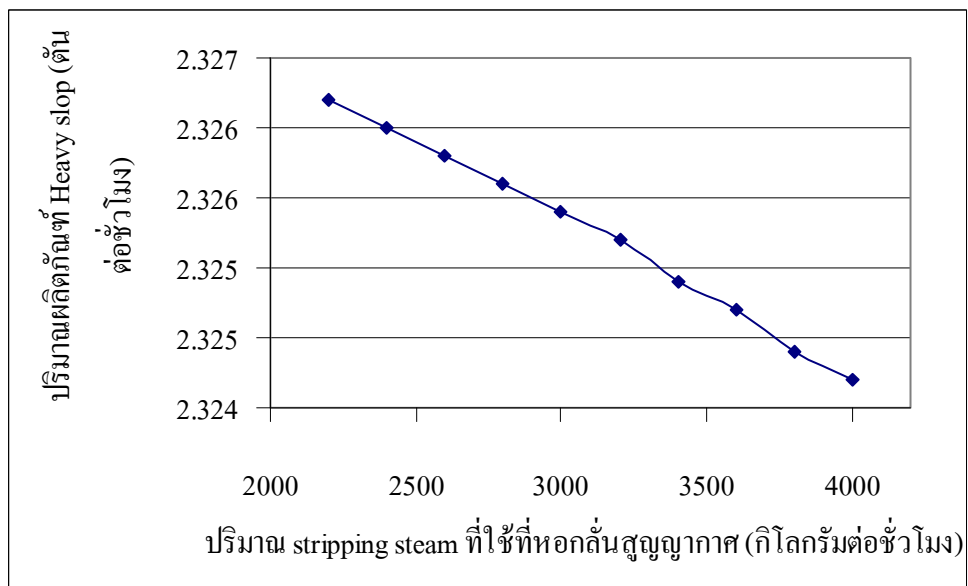
รูปที่ 6.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลับความดัน สูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D150



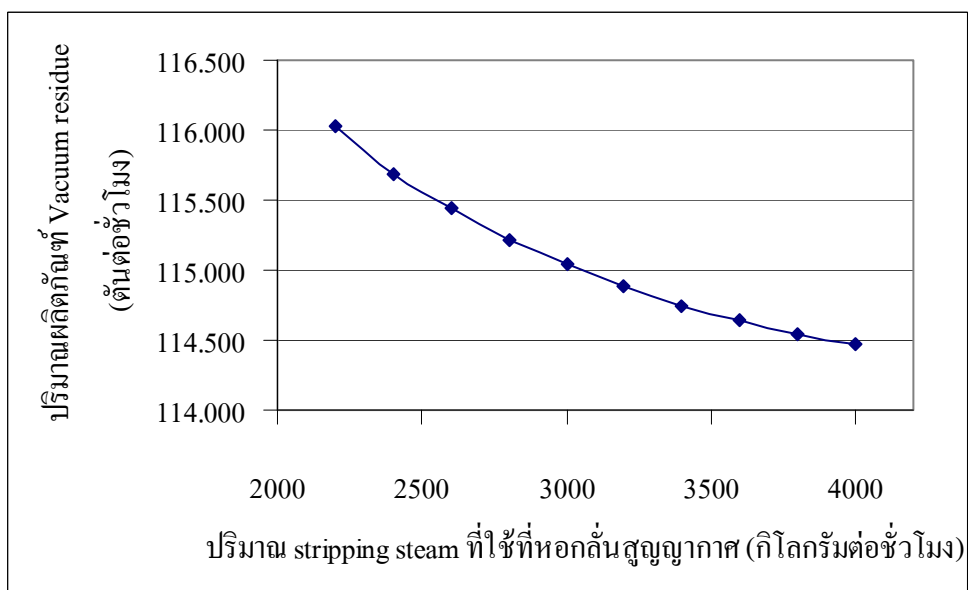
รูปที่ 6.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่ขอดหอกลับความดัน สูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Middle slop



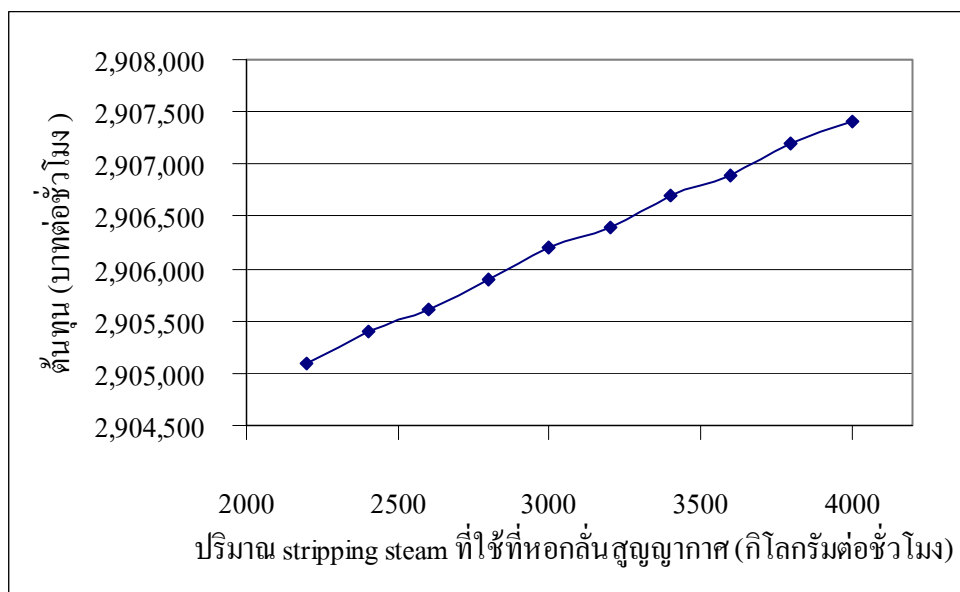
รูปที่ 6.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลับความดัน สูญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ D500



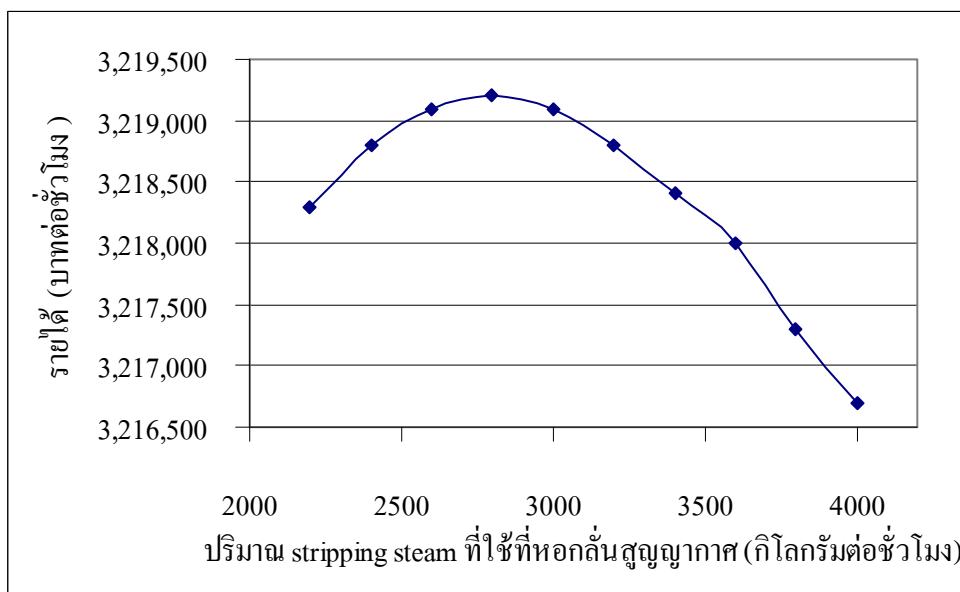
รูปที่ 6.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลั่นความดันสุญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Heavy slop



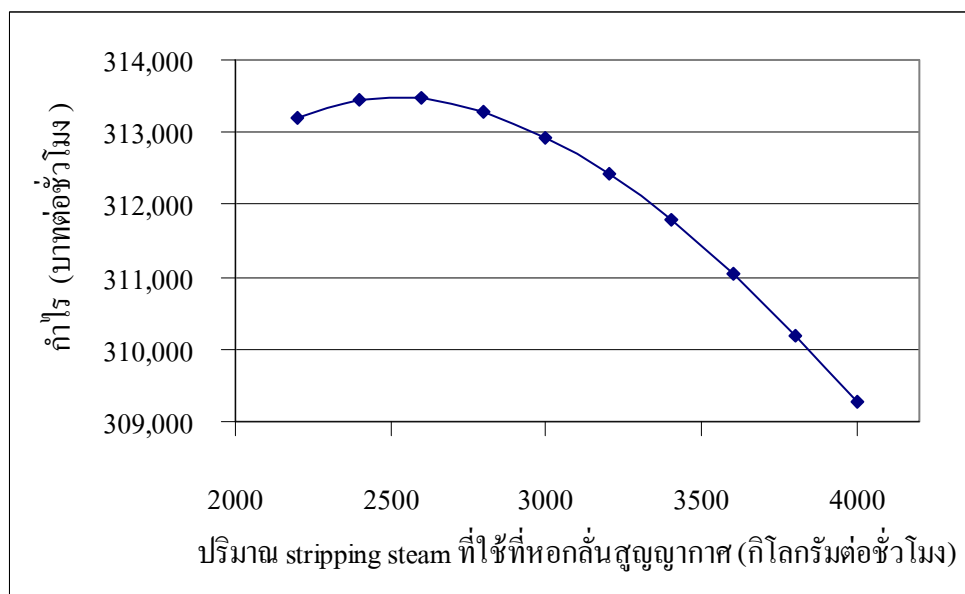
รูปที่ 6.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลั่นความดันสุญญากาศกับปริมาณผลิตภัณฑ์ Vacuum Residue



รูปที่ 6.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลั่นกับความต้นทุนการผลิต



รูปที่ 6.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลั่นกับความต้นทุนการผลิต



รูปที่ 6.38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลั่นความดันสูญญากาศกับกำไร

จากการศึกษาผลกระทบของปริมาณ stripping steam ที่ใช้ที่หอกลั่นความดันสูญญากาศ พบว่าเมื่อปริมาณการใช้ stripping steam เพิ่มขึ้น พบว่าในช่วงแรกกำไรที่ได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณผลิตภัณฑ์ D150 และ D500 เพิ่มขึ้น แต่ในช่วงหลังกำไรที่ได้ลดลงสาเหตุเนื่องมาจากต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเพราะปริมาณการใช้ stripping Steam ที่มากขึ้น ในขณะที่ปริมาณผลิตภัณฑ์ D150 ซึ่งมีราคาต่ำมีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูงกว่าอย่าง ผลิตภัณฑ์ D60 และผลิตภัณฑ์ D500 กลับลดลง ทำให้มูลค่ารวมของผลิตภัณฑ์ที่ได้ลดลง

## บทที่ 7

### สรุปผลการวิจัย

จากผลงานวิจัยพบว่า การจำลองหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน โดยใช้โปรแกรมเลียนแบบกระบวนการ PRO II สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการจำลองการปฏิบัติงานของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานได้

จากการศึกษาถึงผลกระทบของสภาวะการดำเนินงานของหน่วยกลั่นความดันบรรยากาศสำหรับผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน โดยใช้แบบจำลองพบว่า สภาวะการดำเนินงานต่างๆ ที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความดันสูญญากาศ อุณหภูมิบนยอดหอกลั่นความดันสูญญากาศ อุณหภูมิตอนกลางของหอกลั่นความดันสูญญากาศ และปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกลั่นความดันสูญญากาศจะมีผลทำให้ปริมาณและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์และปริมาณการใช้ทรัพยากรแตกต่างกัน ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของต้นทุนและรายได้เนื่องจากสภาวะการดำเนินงานมีความแตกต่างกันของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของผลกำไรที่ได้รับ

#### 7.1 ผลการออปติไมซ์แบบจำลอง

การออปติไมซ์เพื่อหาสภาวะการดำเนินงานของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน โดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ได้กำไรมากที่สุด โดยแบ่งการออปติไมซ์ออกเป็น 2 ระดับได้แก่

7.1.1 ออปติไมซ์หน่วยกลั่นความดันสูญญากาศโดยแยกพิจารณาสภาวะการดำเนินงาน ผลการออปติไมซ์ที่ได้แสดงในตารางที่ 6.9



ตารางที่ 7.1 แสดงผลการอบตีไมซ์ของแต่ละสภาวะการดำเนินงาน

สภาวะการดำเนินงานที่ศึกษา	สภาวะการดำเนินงาน	ผลกำไรที่ได้ก่อนการอบตีไมซ์ (บาทต่อชั่วโมง)	ผลกำไรที่ได้หลังการอบตีไมซ์ (บาทต่อวัน)
1. อุณหภูมิก่อนเข้าหอกลิ้น ความสูญญากาศ (°C)	399.6	7,440,000	7,720,000
2. อุณหภูมิบนยอดหอกลิ้น ความสูญญากาศ(°C)	130.1	7,440,000	7,637,000
3. อุณหภูมิตอนกลางของหอกลิ้น ความดันสูญญากาศ(°C)	264.7	7,440,000	7,639,000
4. ปริมาณ stripping steam ที่ใช้ที่หอกลิ้นความดันสูญญากาศ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	2, 685	7,440,000	7,650,000

จากตารางพบว่าเมื่อทำการอบตีไมซ์โดยแยกสภาวะการดำเนินงานพบว่าที่สภาวะการเนินที่ได้จากการอบตีไมซ์ทำให้ผลกำไรที่ได้มากกว่าผลกำไรที่ได้ก่อนทำการอบตีไมซ์ และจากการเปรียบเทียบสภาวะการดำเนินงานทั้ง 4 พบว่าสภาวะการทำงานที่มีผลทำให้กำไรที่ได้รับมากที่สุดได้แก่อุณหภูมิก่อนเข้าหอกลิ้นความดันสูญญากาศ

7.1.2 ออบตีไมซ์หน่วยกลั่นความดันสูญญากาศโดยพิจารณาทุกสภาวะการดำเนินงานร่วมกัน พบว่าสภาวะการดำเนินงานที่ทำให้ได้กำไรมากที่สุดได้แสดงดังในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7.2 แสดงสภาวะการดำเนินงานของหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศที่ได้จากการออปติไมซ์โดยพิจารณาทุกสภาวะการดำเนินงานร่วมกัน

สภาวะการดำเนินงานที่ศึกษา	สภาวะการดำเนินงาน
1. อุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความสูญญากาศ (°C)	399.7
2. อุณหภูมิบนยอดหอกลั่นความสูญญากาศ(°C)	130.0
3. อุณหภูมิตอนกลางของหอกลั่นความดันสูญญากาศ(°C)	266.0
4. ปริมาณ stripping steam ที่ใช้ที่หอกลั่นความดันสูญญากาศ(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	2,828

จากสภาวะการดำเนินงานที่ได้จากการออปติไมซ์แบบจำลองโดยพิจารณาทุกสภาวะการดำเนินงานร่วมกันพบว่ากำไรที่ได้เท่ากับ 7,780,000 บาทต่อวัน

## 7.2 การตรวจสอบผลที่ได้จากการออปติไมซ์แบบจำลอง

การตรวจสอบผลที่ได้จากการออปติไมซ์แบบจำลองหน่วยการกลั่นที่ความดันสูญญากาศสำหรับการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานทำโดยการเปลี่ยนแปลงสภาวะการดำเนินงานที่ได้จากการออปติไมซ์ จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลกำไรที่ได้กับผลกำไรที่ได้จากสภาวะที่ได้จากการออปติไมซ์ ซึ่งการเปรียบเทียบแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7.3 แสดงการตรวจสอบผลที่ได้จากการออปติไมซ์ที่พิจารณาอุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความดันสูญญากาศ

อุณหภูมิก่อนเข้าหอกลั่นความสูญญากาศ (°C)	สภาวะการดำเนินงาน	ผลการเปรียบเทียบผลกำไรกับผลที่ได้จากการออปติไมซ์
1 สภาวะที่ได้จากการออปติไมซ์ - 3.0 °C	396.6	- 0.33 %
2. สภาวะที่ได้จากการออปติไมซ์ - 6.0 °C	393.6	- 0.77 %

ตารางที่ 7.4 แสดงการตรวจสอบผลที่ได้จากการอบดีไมซ์ที่พิจารณาอุณหภูมิบนยอดหอกกลิ่น ความดันสูญญากาศ

อุณหภูมิบนยอดหอกกลิ่นความสูญญากาศ (°C)	สถานะการดำเนินงาน	ผลการเปรียบเทียบผลกำไรกับผลที่ได้จากการอบดีไมซ์
1. สถานะที่ได้จากการอบดีไมซ์ + 2 °C	132	- 2.5 %
2. สถานะที่ได้จากการอบดีไมซ์ + 4 °C	134	- 4.8 %

ตารางที่ 7.5 แสดงการตรวจสอบผลที่ได้จากการอบดีไมซ์ที่พิจารณาอุณหภูมิตอนกลางของหอกกลิ่นความดันสูญญากาศ

อุณหภูมิตอนกลางของหอกกลิ่นความสูญญากาศ (°C)	สถานะการดำเนินงาน	ผลการเปรียบเทียบผลกำไรกับผลที่ได้จากการอบดีไมซ์
1. สถานะที่ได้จากการอบดีไมซ์ + 2 °C	266.7	-0.27 %
2. สถานะที่ได้จากการอบดีไมซ์ + 4 °C	268.7	-0.67%

ตารางที่ 7.6 แสดงการตรวจสอบผลที่ได้จากการอบดีไมซ์ที่พิจารณาปริมาณการใช้ Stripping steam ที่ใช้หอกกลิ่นความดันสูญญากาศ

ปริมาณ Stripping steam ที่ใช้ที่หอกกลิ่นความสูญญากาศ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	สถานะการดำเนินงาน	ผลการเปรียบเทียบผลกำไรกับผลที่ได้จากการอบดีไมซ์
1. สถานะที่ได้จากการอบดีไมซ์ - 100 (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	2,585	-0.15 %
2. สถานะที่ได้จากการอบดีไมซ์ + 100 (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	2,785	- 0.07%

จากการตรวจสอบผลการอบดีไมซ์แบบจำลองโดยที่แยกพิจารณาแต่ละสถานะการดำเนินงานจากผลที่ได้ในตารางที่ 7.3, ตารางที่ 7.4, ตารางที่ 7.5 และตารางที่ 7.6 พบว่าสถานะการดำเนินงานที่ได้จากการอบดีไมซ์ที่แยกพิจารณาที่สถานะการดำเนินงานเป็นสถานะที่ได้ผลกำไรมากกว่าสถานะการดำเนินงานอื่นๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสถานะการดำเนินงานที่ได้จากการอบดีไมซ์เป็นสถานะที่ทำให้ได้ผลกำไรมากที่สุด

ตารางที่ 7.7 แสดงการตรวจสอบผลที่ได้จากการอบดีไมซ์ที่พิจารณาทุกสภาวะการดำเนินงาน

ลำดับ ที่	อุณหภูมิก่อน เข้าหอกลั่น ความ สูงอุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิตน ยอดหอกลั่น ความ สูงอุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิ ตอนกลางของ หอกลั่นความ สูงอุณหภูมิ (°C)	ปริมาณ Striping steam ที่ใช้ (กิโลกรัม ต่อชั่วโมง)	ผลการ เปรียบเทียบผล กำไรกับผลที่ได้ จากการอบดี ไมซ์
1.	392	130.0	266.0	2738	-2.01%
2.	408	130.0	266.0	2738	-
3.	399.7	127.0	266.0	2738	-
4.	399.7	132.0	266.0	2738	-1.72%
5.	399.7	130.0	261	2738	-
6.	399.7	130.0	271	2738	-0.36%
7.	399.7	130.0	266.0	2601	-0.05%
8.	399.7	130.0	266.0	2875	-0.06%

จากการตรวจสอบผลการอบดีไมซ์แบบจำลองที่พิจารณาทุกสภาวะการดำเนินงานตาม ตารางที่ 7.7 พบว่าผลกำไรที่ได้จากการอบดีไมซ์มีค่ามากกว่าสภาวะการดำเนินงานอื่นๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่สภาวะการดำเนินงานที่ได้จากการอบดีไมซ์เป็นสภาวะที่ทำให้ได้ผลกำไรมากที่สุด และเมื่อพิจารณาที่สภาวะการดำเนินงานลำดับที่ 2, ลำดับที่ 3 และ ลำดับที่ 4 พบว่าไม่มีผลการเปรียบเทียบเนื่องจากที่สภาวะการดำเนินงานดังกล่าวผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่ได้คุณภาพตามต้องการ

จากผลของงานวิจัยนี้พบว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบกำไรหลังจากการทำการอบดีไมซ์แล้วเพิ่มขึ้นเป็นจาก 7,440,000 บาทต่อวัน เป็น 7,780,000 บาทต่อวัน คิดเป็นกำไรที่เพิ่มขึ้นได้เท่ากับ 4.57% เทียบกับกำไรก่อนทำการอบดีไมซ์ เนื่องจากเราสามารถเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่ามากให้สามารถผลิตได้มากขึ้น และยังสามารถใช้ปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดผลประโยชน์สูงสุด

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- ปราโมทย์ ไชยเวช และ นุรักษ์ กฤษดานุรักษ์. ปิโตรเลียมเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1: ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
- วีระวัฒน์ แซ่จู . การสร้างแบบจำลองและการออกแบบชิ้นหน่วยสกัดและหน่วยนำสารมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
- หทัยกาญจน์ ศรีสมาน . สภาวะการดำเนินการที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติเหลว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
- พลชม จันทร์อุไร . การสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์และทำออปติไมเซชันของหอกลั่นหลักที่มีอยู่ในโรงกลั่นน้ำมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.
- วชิระ เสาวภาคย์. การสร้างแบบจำลองและการออกแบบชิ้นหน่วยการกลั่นความดันบรรยากาศและสุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

### ภาษาอังกฤษ

- LG Engineering Co.,Ltd Seoul Korea Basic design package for unit 21 Vacuum distillation unit of plant No.61 TPI lube base oil plant , Volume 1 of 4, 1994.
- Thomas F.Edgar and Devid M.Himmelblau. Optimization of chemical process. Second edition. McGraw-Hill, 2001.
- Beveridge,G.S.G., and R.S.Schechter. Optimization theory and practice. New York: McGraw-Hill, 1970.
- Simsci. Process Engineering Suit Tutorial Guide. USA: Simulation science Inc, 2003.
- Simsci. Pro/II component and thermophysical properties reference manual. USA: Simulation science., 1994.
- A.W.Sloley. Consider modeling tools to revamp existing process unit. Hydrocarbon processing June 2000 : 57-63.
- E.O.Okeke and A.A.Osakwe-Akofe. Optimization of a refinery crude unit in the context of total energy requirement, Nigeria : NNPC R&D Division, APACT03, York, 28-30 April 2003.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก.

### การจำลองกระบวนการกลั่นที่ความดันสูญญากาศโดยโปรแกรม PRO II

โปรแกรม PRO II เป็นโปรแกรมจำลองกระบวนการผลิตแบบสถานะคงตัว ซึ่งเป็นโปรแกรมการจำลองกระบวนการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมี เป็นโปรแกรมหนึ่งซึ่งประกอบอยู่ใน Process Engineering Suite ของบริษัท SIMSCI-ESSCOR

#### ก1. การสร้างแบบจำลองของหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศ

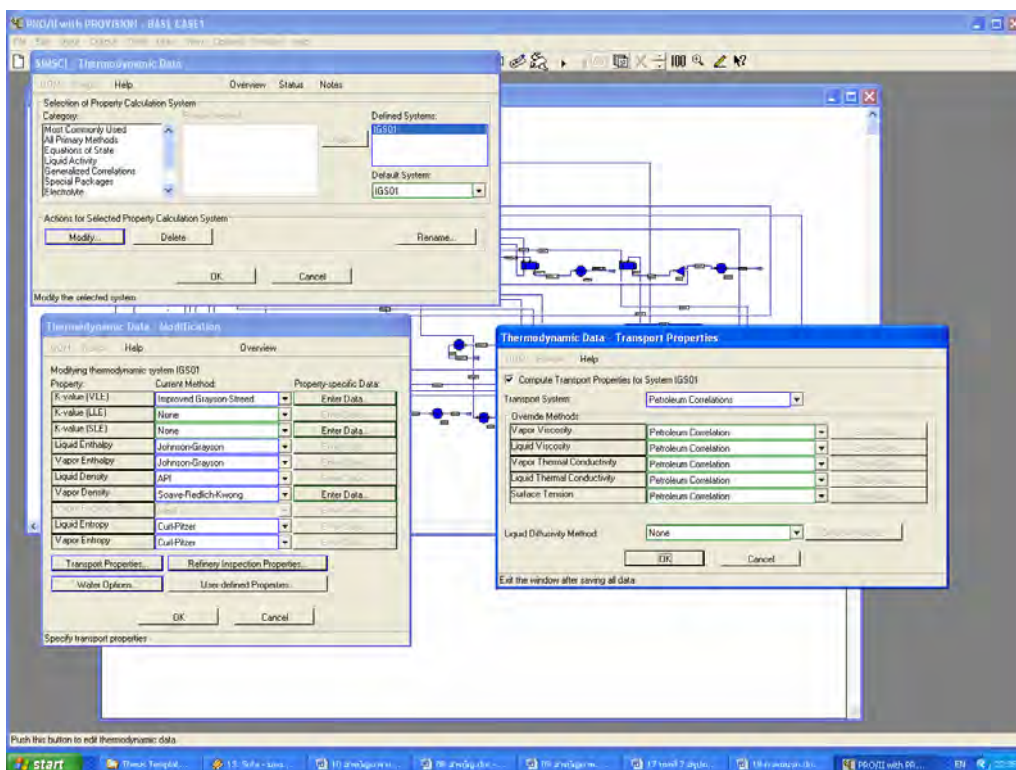
ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศสำหรับงานวิจัยนี้มีดังนี้

1. ทำการศึกษาการทำงานของกระบวนการกลั่นที่ความดันสูญญากาศ
2. หาข้อมูลของกระบวนการกลั่นด้วยความดันบรรยากาศ ซึ่งได้แก่
  - องค์ประกอบทั้งหมดของกระบวนการ เช่น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หอกกลั่น ป้อน เตาเผา
  - สถานะการดำเนินงาน ได้แก่ อัตราการไหล, อุณหภูมิ และความดัน
  - องค์ประกอบและคุณสมบัติของสารที่ป้อนเข้ากระบวนการ รวมไปถึง ทรัพยากรต่างที่ต้องใช้ในกระบวนการ ได้แก่ ไอน้ำ
  - คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

3) ทำการสร้างแบบจำลองกระบวนการตามแผนภูมิกระบวนการผลิต ป้อนข้อมูลของสารป้อนและข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆในกระบวนการ จากนั้นทำการกำหนดสถานะการดำเนินงานให้กับกระบวนการพิจารณาเปรียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากการดำเนินงานจริง ทำการปรับแบบจำลองเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองให้ได้ผลลัพธ์ตรงตามข้อมูลที่ได้จากกระบวนการจริง

## ก2. ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองของหน่วยการกลั่นความดันสูญญากาศโดยใช้โปรแกรม PRO II

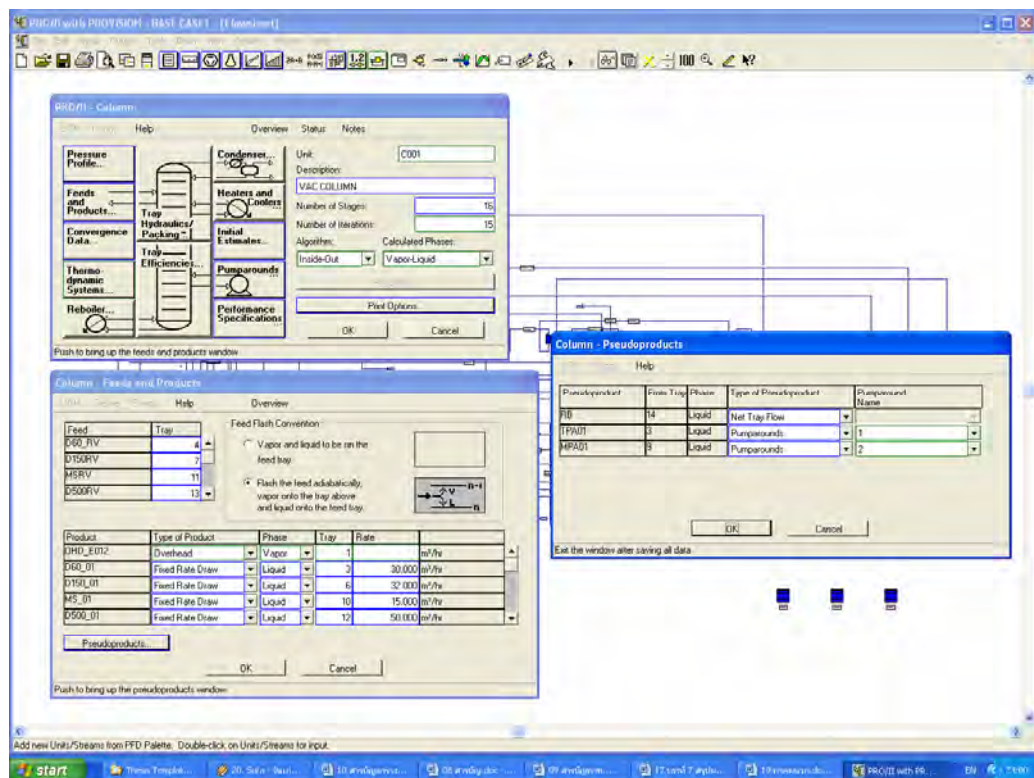
1) เลือก Thermodynamic Method ที่จะใช้กับแบบจำลอง



รูปที่ ก1. แสดงตัวอย่างการกำหนดวิธีการคำนวณคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศโดยใช้โปรแกรม PRO II

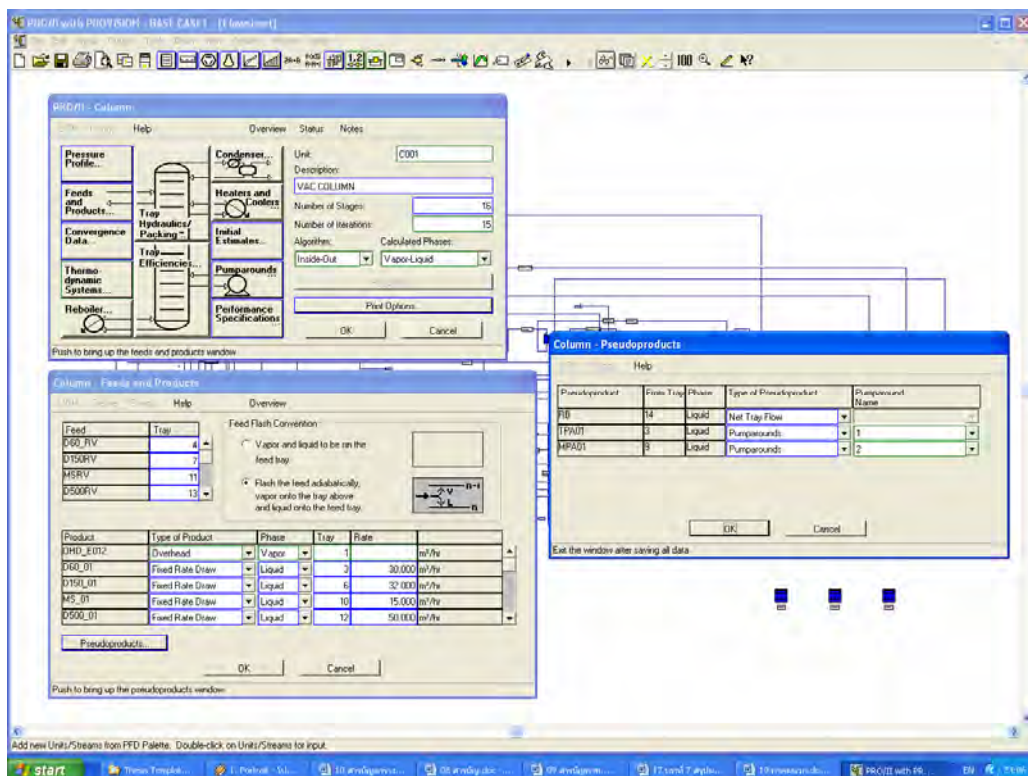


- 2) ป้อนข้อมูลของ ป้อนข้อมูลของสารป้อนและสารที่หมุนเวียน โดยข้อมูลที่ป้อนได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน องค์ประกอบของสารป้อน และ อัตราการไหล

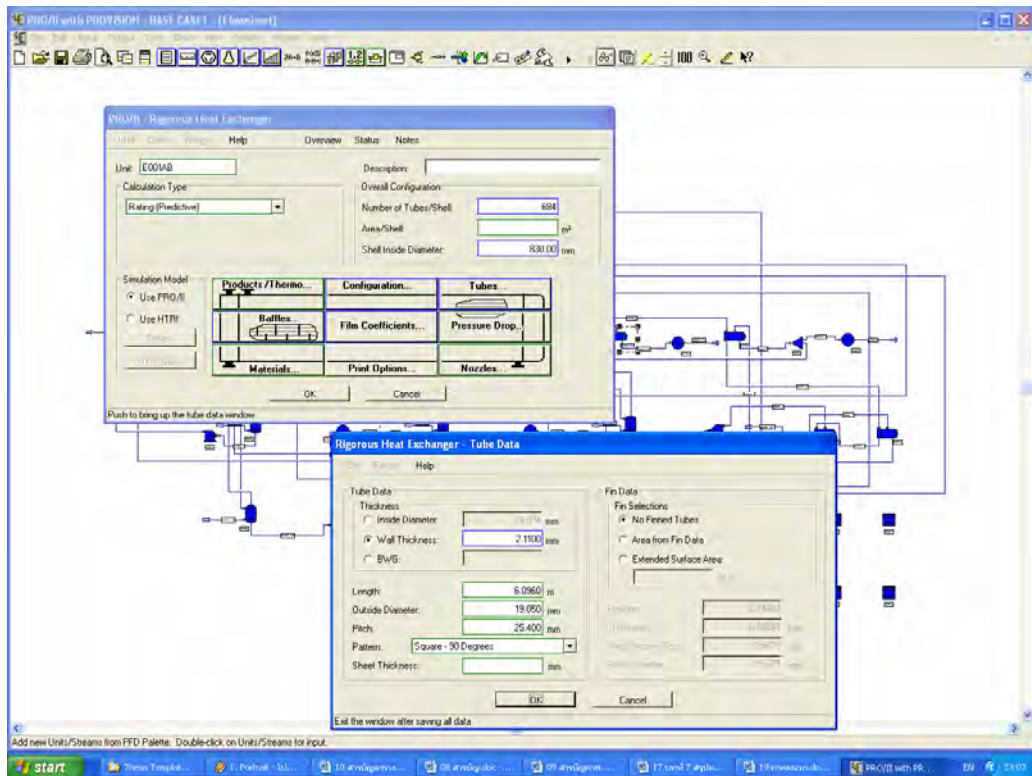


รูปที่ ก2. แสดงตัวอย่างการป้อนข้อมูลสารป้อนของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศโดยใช้โปรแกรม PRO II

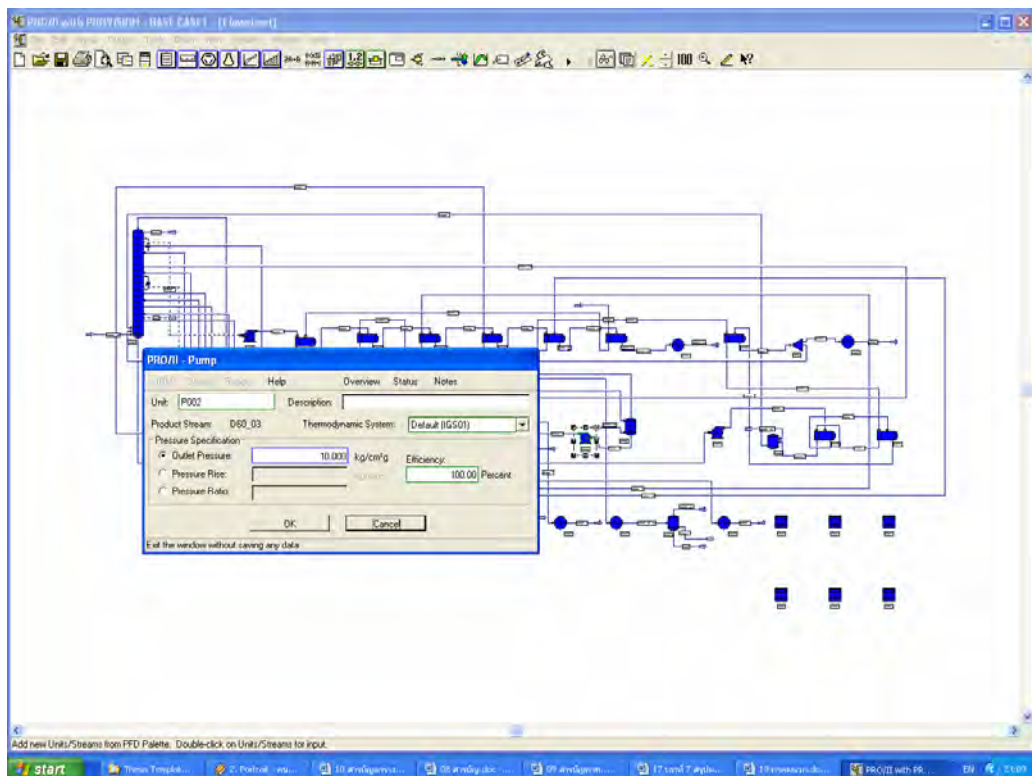
- 3) ป้อนข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆที่มีอยู่ในกระบวนการ รวมทั้งกำหนดสภาวะการดำเนินงานให้กับอุปกรณ์



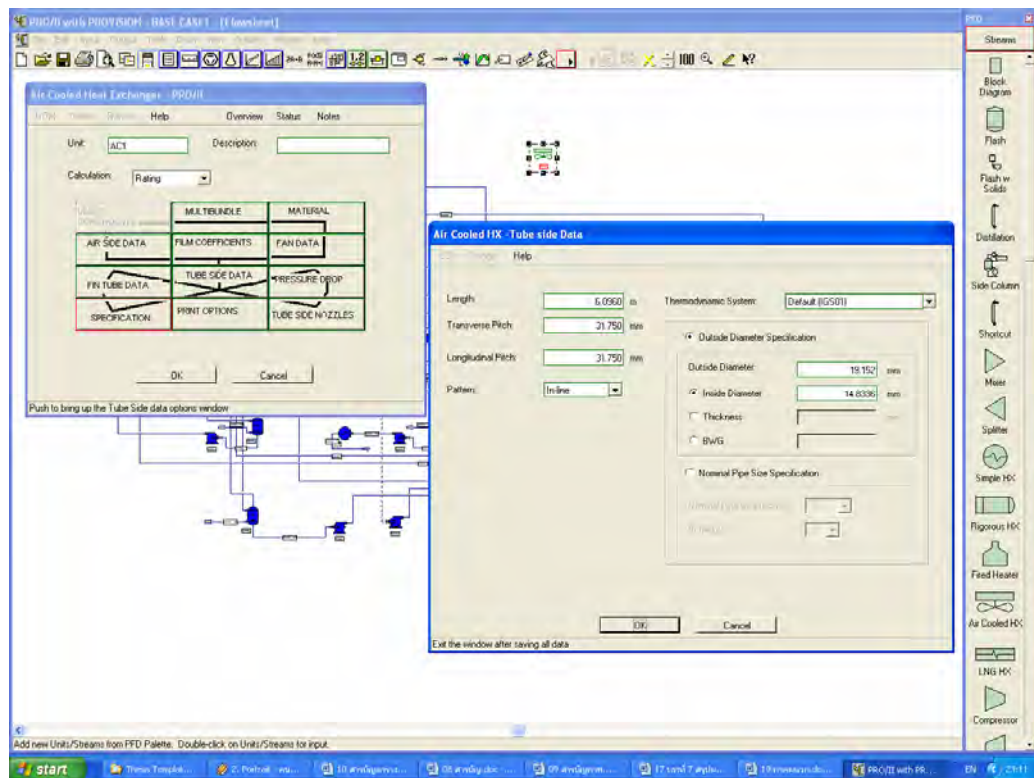
รูปที่ ก3. แสดงตัวอย่างการป้อนข้อมูลของหอกั่นความดันสูญญากาศโดยใช้โปรแกรม PRO II



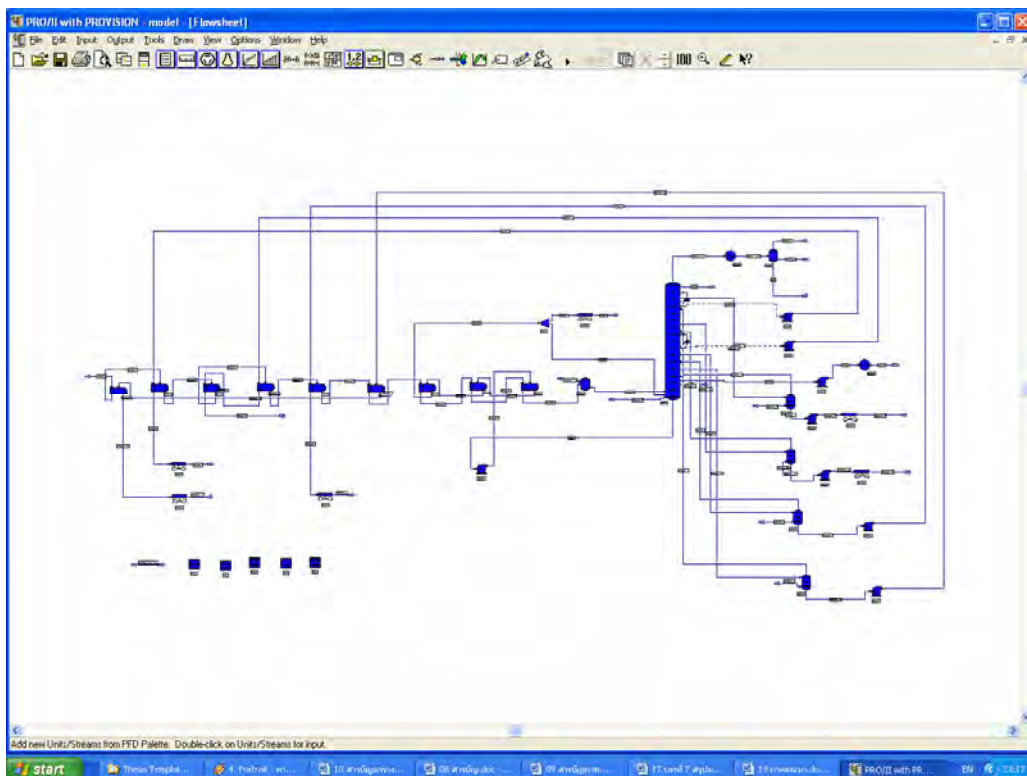
รูปที่ ก4. แสดงตัวอย่างการป้อนข้อมูลของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell and Tube โดยใช้โปรแกรม PRO II



รูปที่ ก5. แสดงตัวอย่างการป้อนข้อมูลของปั๊ม โดยใช้โปรแกรม PRO II



รูปที่ 6. แสดงตัวอย่างการป้อนข้อมูลของเครื่องและเปลี่ยนความร้อนแบบพัดลมโดยใช้โปรแกรม PRO II



รูปที่ 7. แสดงแบบจำลองของหน่วยกลั่นความดันสูญญากาศที่สร้างโดยใช้โปรแกรม PRO II

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสมัครเกษมมงคล สถานที่เกิด จังหวัดฉะเชิงเทรา ประเทศไทย เมื่อวันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2521 สำเร็จการศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2543 และศึกษาต่อหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย