สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แนวทางการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำที่หอกลั่นกลีเซอรีนในกระบวนการผลิตสบู่

สราวดี สันประเสริฐ
อกนิษฐ์ ธรรมพิทักษ์พงษ์

TP 332.26
ส52 ก

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....72265
วัน,เดือน,ปี.12 มิ.ย. 2550

.b.....11765926
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REPLACEMENT OF STEAM EJECTORS BY A VACUUM PUMP AT A GLYCERINE DISTILLATION COLUMN IN SOAP MAKING PLANT

SARAVADEE SANPRASERT

AKANIT THAMPITAKPONG

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	แนวทางการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำ ที่หอกลั่นกลีเซอรีนในกระบวนการผลิตสบู่
โดย	นางสาวสราวดี สันประเสริฐ
	นางสาวอกนิษฐ์ ธรรมพิทักษ์พงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	คุณสุรพล พัฒนพงศานนท์
	ผู้อำนวยการฝ่ายผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล
	บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ)

..... กรรมการ
(รศ.ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์)

..... กรรมการ
(อ.บุญชัย โชติวิริยวาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	แนวทางการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำ ที่หอกลั่นกลีเซอรีนในกระบวนการผลิตสบู่
โดย	นางสาวสราวดี สันประเสริฐ
	นางสาวอกนิษฐ์ ธรรมพิทักษ์พงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	คุณสุรพล พัฒนพงศานนท์
	ผู้อำนวยการฝ่ายผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล
	บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด
ปริญญานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำแทนหัวฉีดไอน้ำในการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนในกระบวนการผลิตสบู่เพื่อลดต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา พบว่าเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง ที่ใช้งานร่วมกับหัวฉีดไอน้ำแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง สามารถทำความดันสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนแทนระบบเดิมที่ใช้หัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง ร่วมกับหัวฉีดไอน้ำแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง ได้ จากการคำนวณเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง มีต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 3,175.20 บาทต่อกะการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ สำหรับหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง มีต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำเท่ากับ 5,610.42 บาทต่อกะการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ ดังนั้นจึงลดต้นทุนค่าพลังงานได้ 2,435.22 บาทต่อกะการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ ประมาณ 365,000 บาทต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Replacement of Steam Ejectors by a Vacuum Pump at a Glycerine Distillation Column in Soap Making Plant
By	Miss Saravadee Sanprasert
	Miss Akanit Thampitakpong
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Anchaleeporn Waritswat Lothongkum
Co-advisor	Mr. Surapol Patanaphongsanon
	Manufactoring Director – Personal Care
	Unilever Thai Holdings Limited
Report for	Bachelor Degree of Chemical Engineering
	Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

This case study seeks the possibility to replace the steam ejectors by a vacuum pump at a glycerine distillation column in a soap making plant of a case study company to decrease the energy cost. It was found that a single-stage water-ring vacuum pump with a two-stage steam ejector could make the vacuum pressure same as using two single-stage steam ejectors with a two-stage steam ejector. The calculated electricity cost for 1 batch glycerine production using the single-stage water-ring vacuum pump was 3,175 baht while the steam cost by the two single-stage steam ejectors was 5,610. The energy cost was reduced to 2,435 baht per batch, about 365,000 baht per year.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ดร. วิวรรธน์ กฤษฎาสิมะ รองประธานกรรมการฝ่ายซัพพลายเชน และผู้บริหารทุกท่านของบริษัท ที่ได้ให้โอกาสในการทำโครงงานที่บริษัท

ขอขอบพระคุณ คุณสมคิด วงศ์คำ ผู้จัดการฝ่ายผลิตสบู่ คุณมนตรี วงศ์ติณชาติ คุณประกิต รื่นรมย์ และทีมงานที่บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ที่ให้คำปรึกษาและให้ข้อมูลต่างๆ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขรายงาน คุณสุรพล พัฒนพงศานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และนาวาเอกพิชเยนทร์ ตันประเสริฐ ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา และดูแลการทำงานภายในโรงงาน

ขอขอบพระคุณโครงการ โครงงานอุตสาหกรรมและวิจัยสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี (Industrial and Research Projects for Undergraduate Students: IRPUS) ประจำปี 2549 ภายใต้สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่ายอุตสาหกรรม และบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย และผู้มีพระคุณอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม ถ้ามีสิ่งผิดพลาดประการใดในปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้

นางสาวสราวดี สันประเสริฐ
นางสาวอกนิษฐ์ ธรรมพิทักษ์พงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)..... I

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญรูป..... VII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 4

1.3 วิธีการดำเนินงาน..... 4

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ..... 5

บทที่ 2 ทฤษฎี..... 6

2.1 ประเภทของเครื่องสูบสุญญากาศ..... 6

2.1.1 หัวฉีดไอน้ำ..... 6

2.1.2 เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ..... 8

2.1.3 เครื่องสูบสุญญากาศแบบกันรั่วด้วยน้ำมัน..... 9

2.1.4 เครื่องสูบสุญญากาศแบบแห้ง..... 10

2.1.5 ระบบการสูบแบบผสม..... 10

2.2 การคำนวณค่าสูงสุดของอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำในการทำระบบสุญญากาศ..... 11

2.3 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์..... 13

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 15

บทที่ 3 กระบวนการผลิต..... 16

3.1 กระบวนการผลิตสบู่..... 16

3.1.1 กระบวนการผลิตเม็ดสบู่..... 22

3.1.2 กระบวนการทำกลีเซอรีนบริสุทธิ์..... 23

3.2 กระบวนการบรรจุสบู่..... 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การดำเนินงานและผลการดำเนินงาน 24

4.1 ต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต กลีเซอรีนบริสุทธิ์ก่อนดำเนินการ 24

4.2 การวิเคราะห์ทฤษฎีในการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำที่หอกลั่นกลีเซอรีนของกระบวนการผลิตสบู่ 25

4.3 การเปรียบเทียบต้นทุนค่าพลังงานในการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนระหว่างการใช้เครื่องสูบสุญญากาศกับการใช้หัวฉีดไอน้ำ 26

4.4 การใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง ในการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนแทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง 27

4.5 ระยะเวลาคืนทุนเมื่อใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง แทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง ที่หอกลั่นกลีเซอรีน 29

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน 30

5.1 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ 30

5.2 การเปลี่ยนระบบการทำความดันสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนจากการใช้หัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง เป็นเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง 30

5.3 การเปรียบเทียบต้นทุนค่าพลังงานในการทำความดันสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนระหว่างการใช้หัวฉีดไอน้ำกับการใช้เครื่องสูบสุญญากาศ 30

5.4 การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำ 31

เอกสารอ้างอิง 32

ภาคผนวก 34

ภาคผนวก ก ต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ก่อนดำเนินการ 35

ภาคผนวก ข ต้นทุนค่าพลังงานการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ระหว่างการใช้หัวฉีดไอน้ำกับเครื่องสูบสุญญากาศ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบต้นทุนค่าพลังงานในการทำความดันสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีน ระหว่างเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำกับหัวฉีดไอน้ำ..... 31
ตารางที่ ก.1 ต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตกลีเซอรีน บริสุทธิ์ก่อนดำเนินการ (ระหว่างเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2548 และ เดือนมกราคม ถึง กรกฎาคม 2549)..... 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 หัวฉีดไอน้ำ..... 7

รูปที่ 2.2 เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ..... 8

รูปที่ 2.3 เครื่องสูบสุญญากาศแบบกันรั่วด้วยน้ำมัน..... 9

รูปที่ 2.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำกับสัดส่วนของความดันภายในหัวฉีดไอน้ำต่อความดันของไอน้ำตามทิศทางการไหลของไอน้ำ (P / P_g)..... 12

รูปที่ 2.5 อัตราการไหลเชิงมวลสูงสุดของไอน้ำต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำกับความดันของไอน้ำ..... 13

รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตสบู่ก้อน..... 17

รูปที่ 3.2 การผลิตเกล็ดสบู่..... 18

รูปที่ 3.3 การผลิตเม็ดสบู่..... 19

รูปที่ 3.4 กระบวนการผลิตกลีเซอรีนดิบ..... 20

รูปที่ 3.5 กระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์..... 21

รูปที่ 4.1 ต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ระหว่างเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2548 และ เดือนมกราคม ถึง กรกฎาคม 2549..... 24

รูปที่ 4.2 ความดันที่หอกลั่นกลีเซอรีนในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์..... 26

รูปที่ 4.3 ระบบการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนที่ใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง (หมายเลข 26) แทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง (หมายเลข 23 และ 24) โดยทำงานร่วมกับหัวฉีดไอน้ำแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง (หมายเลข 17 และ 18)..... 27

รูปที่ 4.4 เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำที่นำมาใช้..... 28

รูปที่ 4.5 การติดตั้งระบบท่อสำหรับระบบการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนที่ใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง แทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง..... 28

รูปที่ 4.6 วาล์วที่ติดตั้งเพื่อเลือกใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง หรือหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง..... 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษา [1-6]

จากการสำรวจการนำเข้าและการใช้พลังงานของประเทศไทย พบว่าต้องพึ่งพาพลังงานจากการนำเข้าสูงถึงปีละกว่า 5 แสนล้านบาท และการใช้พลังงานโดยเฉพาะปิโตรเลียมและไฟฟ้าของประเทศไทยมีอัตราเพิ่มขึ้นสูงมากเฉลี่ยแล้วเกินร้อยละ 10 ในแต่ละปี ซึ่งประมาณร้อยละ 70 ของพลังงานต้องซื้อจากต่างประเทศในรูปของปิโตรเลียม ข้อมูลในปี พ.ศ. 2547 ประเทศไทยนำเข้าน้ำมันดิบเพื่อผลิตเชื้อเพลิงประมาณ 50,622 ล้านลิตร คิดเป็น 139 ล้านลิตรต่อวัน ทำให้ต้องสูญเสียเงินออกนอกประเทศเป็นจำนวนมาก [1]

รายงานของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม [2] ระบุว่าปัญหาหลักของการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ได้แก่

1. ปัญหาการพัฒนาการเกษตร เช่น ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดจากการเติบโตทางเศรษฐกิจที่ละเลยการดูแลสภาพแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ปัญหาพื้นที่ทางด้านการเกษตรมีจำกัด ปัญหาความแห้งแล้งและความแปรปรวนของสภาพดินฟ้าอากาศ เป็นต้น
2. ปัญหาการพัฒนาอุตสาหกรรม เช่น การผลิตสินค้าอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออกของไทยต้องพึ่งการลงทุนและเทคโนโลยีจากต่างประเทศ การเติบโตของอุตสาหกรรมส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น
3. ปัญหาการพัฒนาพลังงาน เช่น ยังไม่มีมาตรการการประหยัดพลังงานโดยการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างจริงจัง แหล่งพลังงานของประเทศมีจำกัด และการเตรียมจัดหาแหล่งพลังงานอื่นยังไม่เพียงพอ เป็นต้น
4. ปัญหาการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น การบุกรุกป่า การครอบครองที่ดินโดยมิชอบเพื่อธุรกิจและการขยายพื้นที่ทำการเกษตร การเกิดมลภาวะจากชุมชนเมืองและอุตสาหกรรม เป็นต้น
5. ปัญหาการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น ไม่ได้รับความสำคัญในการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเพียงพอ ภาคเอกชนยังไม่มีการลงทุนเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางเทคโนโลยีอย่างจริงจัง เป็นต้น
6. ปัญหาการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และบริการด้านโทรคมนาคม เช่น ปัญหาความขาดแคลนและคุณภาพของโครงสร้างพื้นฐาน และบริการด้านโทรคมนาคม การขาดแคลนบุคลากรรองรับการขยายตัวของโทรคมนาคมและเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ปัญหาการพัฒนาการแพทย์และสาธารณสุข เช่น ปัญหาสุขภาพอันเกิดจากการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม และจากมลพิษในสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น เป็นต้น

8. ปัญหาการพัฒนาคุณภาพชีวิตและสังคม เช่น การเติบโตของสังคมเมืองทำให้วิถีชีวิตเปลี่ยนไป ส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์และความอบอุ่นในครอบครัว เป็นต้น

9. ปัญหาการพัฒนาศักยภาพของคน และการศึกษา เช่น ระบบการผลิตกำลังคนไม่สามารถตอบสนองความต้องการในการผลิตวิศวกร นักวิทยาศาสตร์ในระดับปริญญา และช่างเทคนิคต่างๆ เป็นต้น

10. ปัญหาการพัฒนาการเมือง การปกครอง และกฎหมาย เช่น ความซับซ้อนของระบบงานและโครงสร้างองค์กร ทำให้ขาดประสิทธิภาพการทำงานและเกิดปัญหาการประสานงานระหว่างหน่วยงานของภาครัฐ และระหว่างภาครัฐและเอกชน กฎหมายไทยมีข้อจำกัดในการปกป้องสิทธิเสรีภาพและให้ความยุติธรรมแก่ประชาชนอย่างทั่วถึง เป็นต้น

ปัญหาการพัฒนาพลังงานที่กล่าวมา ทำให้ประเทศไทยจำเป็นต้องมีการดำเนินการที่สำคัญ คือ วางแผนการพัฒนาพลังงานในระยะยาวอย่างเป็นระบบ รณรงค์และหาวิธีประหยัดพลังงานในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ทุกระดับ พัฒนาความสามารถทางเทคโนโลยีและสร้างกำลังคนรองรับการพัฒนาพลังงานในรูปแบบต่างๆ ตั้งแต่ความสามารถในการสร้างและออกแบบโรงไฟฟ้า การวิจัยด้านพลังงานทดแทน และสร้างกำลังคนเพื่อรองรับการใช้พลังงานนิวเคลียร์เมื่อจำเป็น

จากการใช้พลังงานทั้งหมดประมาณร้อยละ 67 ของพลังงานใช้ในกิจกรรมคมนาคมและการขนส่งและภาคอุตสาหกรรม ประเทศไทยมีอัตราการเพิ่มการใช้พลังงานต่ออัตราการเพิ่ม GDP 1.4:1 ในขณะที่ตัวเลขของญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกามีค่าต่ำกว่า 1:1 ซึ่งหมายความว่าการผลิตของประเทศไทยมีประสิทธิภาพเชิงพลังงานต่ำกว่า หรือประเทศไทยใช้พลังงานเกินควรในภาคที่ไม่เกี่ยวกับการผลิต [3] และในปี พ.ศ.2546 ได้มีมติคณะรัฐมนตรีภายใต้เป้าหมายลดการใช้พลังงานต่อค่า GDP ของประเทศจาก 1.4:1 เป็น 1:1 ภายในระยะเวลา 5 ปี โดยรณรงค์การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพทั้งในภาคขนส่งและภาคอุตสาหกรรม [4] ดังนั้นรัฐบาลจึงกำหนดมาตรการและข้อบังคับให้โรงงานอุตสาหกรรมดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ [5]

1. การปรับปรุงประสิทธิภาพของการเผาไหม้เชื้อเพลิง
2. การป้องกันการสูญเสียพลังงาน
3. การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่
4. การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง
5. การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า การลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบ การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระและวิธีการอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ตลอดจนใช้ระบบควบคุมการทำงานและวัสดุที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน

7. การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

ความจำเป็นที่โรงงานอุตสาหกรรมต้องหาวิธีใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ นักศึกษาผู้วิจัยและอาจารย์ที่ปรึกษาจึงเข้าร่วมโครงการประหยัดพลังงานกับบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด และได้ส่งโครงงาน "การลดการสูญเสียพลังงานในโรงงานผลิตสบู่ก้อน" เข้าแข่งขันในงานนิทรรศการแสดงผลงานพัฒนาเทคโนโลยีทุนปริญญาตรี สกว. ครั้งที่ 4 ระหว่างวันที่ 31 มีนาคม ถึง 2 เมษายน พ.ศ.2549 ภายใต้การประกวดข้อเสนอโครงการด้านการประหยัดพลังงาน IRPUS Spectrum Contest และได้รับรางวัลรองชนะเลิศอันดับ 2 สำหรับข้อเสนอโครงงานเรื่อง "แนวทางการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำที่หอกลั่นกลีเซอรีนในกระบวนการผลิตสบู่" นี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสบู่เพิ่มเติมและกำหนดเป็นหัวข้อในการทำปริญญานิพนธ์

บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด เป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคชั้นนำของประเทศ สินค้าที่ผลิตแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล (Personal care products) ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในครัวเรือน (Home care products) ที่เป็นของแข็งและของเหลว และผลิตภัณฑ์อาหารและไอศกรีม (Foods and ice cream products) ตามเกณฑ์ของพระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พุทธศักราช 2540 บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด จัดเป็นโรงงานควบคุมขนาดใหญ่ พบว่าประมาณครึ่งหนึ่งของพลังงานไอน้ำ และครึ่งหนึ่งของค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของค่าใช้จ่ายพลังงานทั้งหมดของบริษัทถูกใช้ในการผลิตเม็ดสบู่ (Soap chips) และการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ (Refined glycerine) และเนื่องจากกระบวนการและอุปกรณ์ส่วนใหญ่ของโรงงานผลิตสบู่ติดตั้งมากว่า 25 ปี และ 32 ปี สำหรับหน่วยผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ ดังนั้นบางส่วนมีการสูญเสียพลังงานหรือมีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง

จากการสำรวจการใช้พลังงานที่กระบวนการทำกลีเซอรีนบริสุทธิ์ (Refined glycerine process) พบว่ามีการใช้พลังงานไอน้ำมากประมาณเกือบ 4 ตันต่อตันกลีเซอรีนบริสุทธิ์ ในการให้ความร้อนและทำระบบสุญญากาศที่ใช้กลั่นกลีเซอรีน เพื่อทำให้อุณหภูมิของกลีเซอรีนเพิ่มขึ้นจนถึงจุดเดือดและกลายเป็นไอ การกลั่นแบบสุญญากาศ [6] คือ การกลั่นที่มีการลดความดัน ซึ่งจะทำให้จุดเดือดของกลีเซอรีนลดลงต่ำกว่าการกลั่นที่ความดันบรรยากาศ จึงไม่จำเป็นต้องให้ความร้อนกลีเซอรีนจนมีอุณหภูมิสูงเพื่อให้เดือด ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานกว่าการกลั่นแบบธรรมดา การกลั่นแบบสุญญากาศนี้มักใช้กลั่นสารประกอบที่มีจุดเดือดสูงหรือสารประกอบที่สลายตัวเมื่อได้รับความร้อนที่ความดันบรรยากาศ ปัจจุบันในการกลั่นกลีเซอรีนให้บริสุทธิ์ บริษัทใช้หัวฉีดไอน้ำ (Steam ejector) แบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง และแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง ลดความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในหอกลั่นเพื่อให้กลั่นกลีเซอรีนได้เร็วขึ้น แต่พบว่าหัวฉีดไอน้ำทั้งสองเครื่องเป็นตัวหลักที่ทำให้ต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำของบริษัทสูง อย่างไรก็ดีในการผลิตเม็ดสบู่ก็ต้องใช้ระบบสุญญากาศด้วยเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ (Water-ring vacuum pump) ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำให้เกล็ดสบู่ (Neat soap) แห้งเป็นเม็ดสบู่และมีเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำสำรองอีก 1 เครื่อง ดังนั้น โครงงานนี้จึงได้ทดลองนำเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำมาทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนแทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง ที่ใช้อยู่ และให้ทำงานร่วมกับหัวฉีดไอน้ำแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง เพราะจากการคำนวณเบื้องต้นพบว่าถ้าจะทำความดันสุญญากาศโดยใช้พลังงานไฟฟ้าแทนพลังงานไอน้ำจะสามารถลดต้นทุนพลังงานการผลิตกลีเซอรีนได้มาก อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำแทนหัวฉีดไอน้ำจะต้องมีการปรับปรุงระบบบางส่วน เช่น การวางแนวท่อเพื่อต่อเครื่องสูบสุญญากาศเข้ากับระบบหัวฉีดไอน้ำแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง ที่ใช้อยู่เดิม เป็นต้น และคำนวณค่าต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ ดังนั้นผลได้ของโครงงานนี้จะเป็นตัวอย่างของการเลือกใช้พลังงานที่เหมาะสมและตอบรับกับมาตรการของรัฐบาลต่อภาคอุตสาหกรรมในการลดการใช้พลังงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 วิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์

1.2.2 ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำในการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีน

1.3 วิธีการดำเนินงาน

1.3.1 ศึกษากระบวนการผลิตสบู่และรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานในกระบวนการ

1.3.2 ศึกษาทฤษฎีและวิเคราะห์การทำงานของเครื่องสูบสุญญากาศและหัวฉีดไอน้ำ

1.3.3 คำนวณเปรียบเทียบต้นทุนในการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ด้วยเครื่องสูบสุญญากาศกับหัวฉีดไอน้ำ

1.3.4 ประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์และวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายบูรณาการของการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำ

1.3.5 ศึกษาภาวะการทำงาน เก็บข้อมูลละเอียดและทดสอบการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำที่หอกลั่นกลีเซอรีน

1.3.6 สรุปการดำเนินโครงงาน และเขียนรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

สามารถลดค่าพลังงานที่ใช้ในการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนโดยใช้เครื่องสูบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการวิจัย พื้นฐาน ข้อดีและข้อด้อยของเครื่องสูบสุญญากาศแบบต่างๆ และการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับการศึกษาแนวทางการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำที่หอกลั่นกลีเซอรีนในกระบวนการผลิตสบู่ เพื่อหาความเหมาะสมในการเลือกใช้งานสำหรับการลดปริมาณการใช้พลังงาน

2.1 ประเภทของเครื่องสูบสุญญากาศ [7-10]

ระบบสุญญากาศมีใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมเคมี (Chemical Process Industry, CPI) โดยรวมอยู่ในหลายส่วนของกระบวนการผลิต เช่น การกลั่น การเคี่ยว การทำให้แห้ง การกรอง และการตกผลึก

เครื่องสูบสุญญากาศที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี มี 4 แบบหลัก คือ

1. หัวฉีดไอน้ำ
2. เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ
3. เครื่องสูบสุญญากาศแบบกันรั่วด้วยน้ำมัน (Oil-sealed pump)
4. เครื่องสูบสุญญากาศแบบแห้ง (Dry vacuum pump)

ซึ่งจะพิจารณาเครื่องสูบสุญญากาศแต่ละแบบโดยละเอียดดังนี้

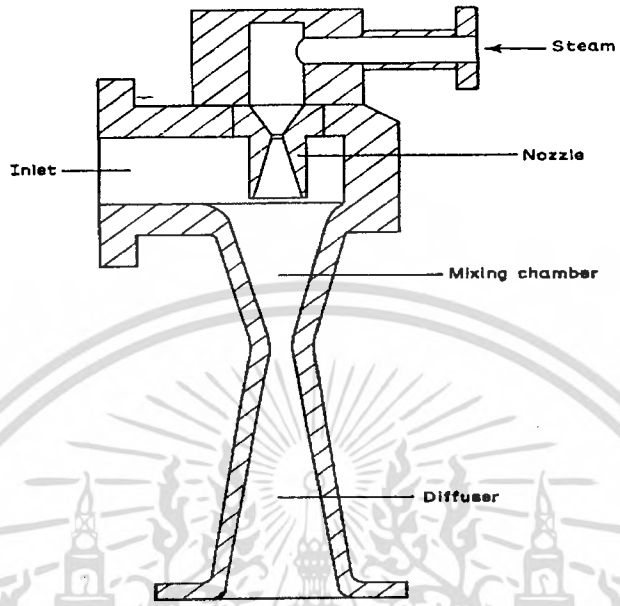
2.1.1 หัวฉีดไอน้ำ

หัวฉีดไอน้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญในระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศ การขจัดเกลือ การทำปิโตรเลียมให้บริสุทธิ์ อุตสาหกรรมเคมี และปิโตรเคมี หัวฉีดไอน้ำถูกนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของหอกลั่น เครื่องควบแน่น และกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนอื่นๆ

หัวฉีดไอน้ำใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่ต้องการลดความดันภายใน ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ หัวฉีด (Nozzle) ส่วนสำหรับการผสม (Mixing chamber) และดิฟฟิวเซอร์ (Diffuser) ดังรูปที่ 2.1 ไอน้ำความดันสูงจะถูกอัดผ่านหัวฉีดด้วยความเร็วสูงเข้าไปใน mixing chamber และขยายตัว ทำให้ความดันของไอน้ำลดลง ดังนั้นอากาศจากอุปกรณ์ที่ต้องการลดความดันจะถูกดูดเข้าผสมกับไอน้ำที่ mixing chamber และไหลออกที่ diffuser ทำให้อุปกรณ์ที่ต้องการลดความดันมีค่าความดันต่ำกว่าบรรยากาศและเกิดสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกการลดความดันด้วยหัวฉีดไอน้ำหัวเดียว เรียกว่า หัวฉีดไอน้ำ 1 จังหวะ ซึ่งสามารถลดความดันได้ในช่วง 0 ถึง -685 มิลลิเมตรปรอท หากใช้หัวฉีดไอน้ำเพิ่มอีก 1 หัว จะเรียกว่า หัวฉีดไอน้ำ 2 จังหวะ ซึ่งสามารถลดความดันได้ในช่วง -635 ถึง -740 มิลลิเมตรปรอท



รูปที่ 2.1 หัวฉีดไอน้ำ [8]

ข้อดีของหัวฉีดไอน้ำ คือ

- มีโครงสร้างภายนอกง่ายที่สุดเมื่อเทียบกับกระบวนการอื่นๆ
- ไม่มีวาล์ว ตัวหมุน (Rotor) หรือส่วนเคลื่อนที่อื่นๆ ทำให้ใช้เงินลงทุนและค่าบำรุงรักษาต่ำกว่าเครื่องสูบสุญญากาศชนิดอื่นๆ
- ในทางการค้ามีให้เลือกหลายขนาดและหลายการประยุกต์ใช้

ข้อด้อยของหัวฉีดไอน้ำ คือ

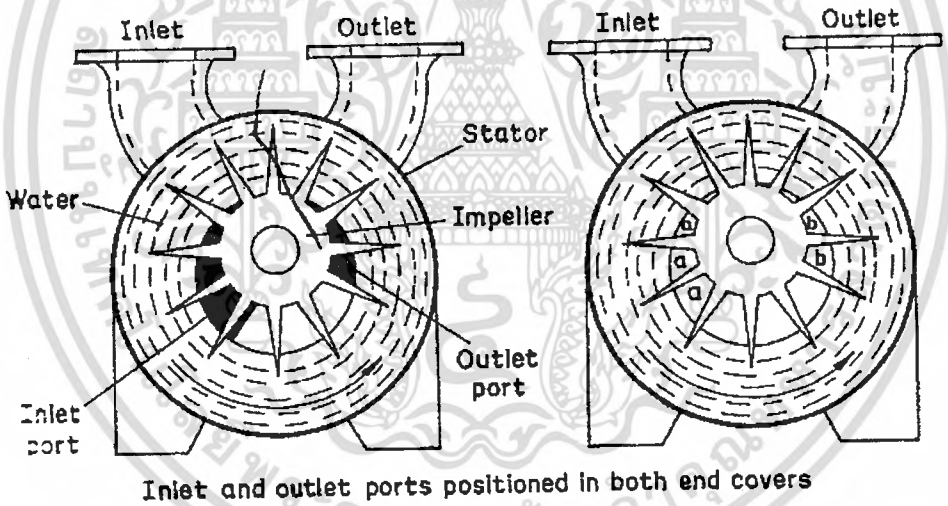
- ได้รับการออกแบบมาให้ปฏิบัติงานที่ค่าที่เหมาะสมเพียงค่าเดียว การเปลี่ยนแปลงไปจากค่านี้จะทำให้คุณสมบัติของหัวฉีดเสื่อมลงอย่างรวดเร็ว
- มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ต่ำมาก
- ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการสูงเนื่องจากใช้ไอน้ำ ทำให้ต้องการพลังงานมากโดยไม่เหมาะสมกับความดันที่ต้องการลด
- มีน้ำเสียที่ต้องกำจัดทิ้งจากไอน้ำที่ผสมกับสารจากกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ

รูปที่ 2.2 แสดงเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ ซึ่งจัดอยู่ในประเภท positive displacement จุดศูนย์กลางของใบพัดจะไม่ตรงกับจุดศูนย์กลางของเปลือกนอก ใบพัดของเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำจะหมุนด้วยความเร็วสูงและขับน้ำไปตามขอบของเปลือกนอก ทำให้เกิดวงน้ำที่มีความหนาเกือบคงที่ ขณะที่ใบพัดหมุนอากาศบริเวณ a จะขยายตัว ทำให้ความดันลดลงและดูดอากาศจากอุปกรณ์ที่ต้องการลดความดันเข้ามา แล้วเคลื่อนที่ไปบริเวณ b และถูกอัดให้ออกจากระบบด้วยความดันสูง ด้วยกลไกนี้จะทำให้อุปกรณ์ที่ต้องการลดความดันมีค่าความดันต่ำกว่าบรรยากาศและเกิดสุญญากาศ จากทฤษฎีเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง สามารถลดความดันจาก 0 เป็น -660 มิลลิเมตรปรอท สำหรับเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 2 จังหวะ 1 เครื่อง สามารถลดความดันจาก 0 เป็น -735 มิลลิเมตรปรอท โดยปกติเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำจะถูกนำมาใช้ร่วมกับหัวฉีดไอน้ำและหัวฉีดปรอท (Mercury ejector) ในการทำระบบสุญญากาศในอุตสาหกรรมเคมีอย่างแพร่หลาย

เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง ที่มีอยู่ในบริษัทสามารถลดความดันจาก 0 เป็น -720 มิลลิเมตรปรอท



รูปที่ 2.2 เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ [8]

ข้อดีของเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ คือ

- มีโครงสร้างที่ง่ายทำให้ใช้เงินลงทุนและค่าบำรุงรักษาต่ำ
- ใช้ได้กับไอที่มีการปนเปื้อนและไออิ่มตัว
- มีความทนทานต่อสารปนเปื้อนที่เป็นของแข็งหรือของเหลวได้ดีกว่าเครื่องสูบสุญญากาศแบบอื่นๆ และสามารถใช้ได้กับเหล็กกล้า เหล็กกล้าไร้สนิม และโลหะอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อด้อยของเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ คือ

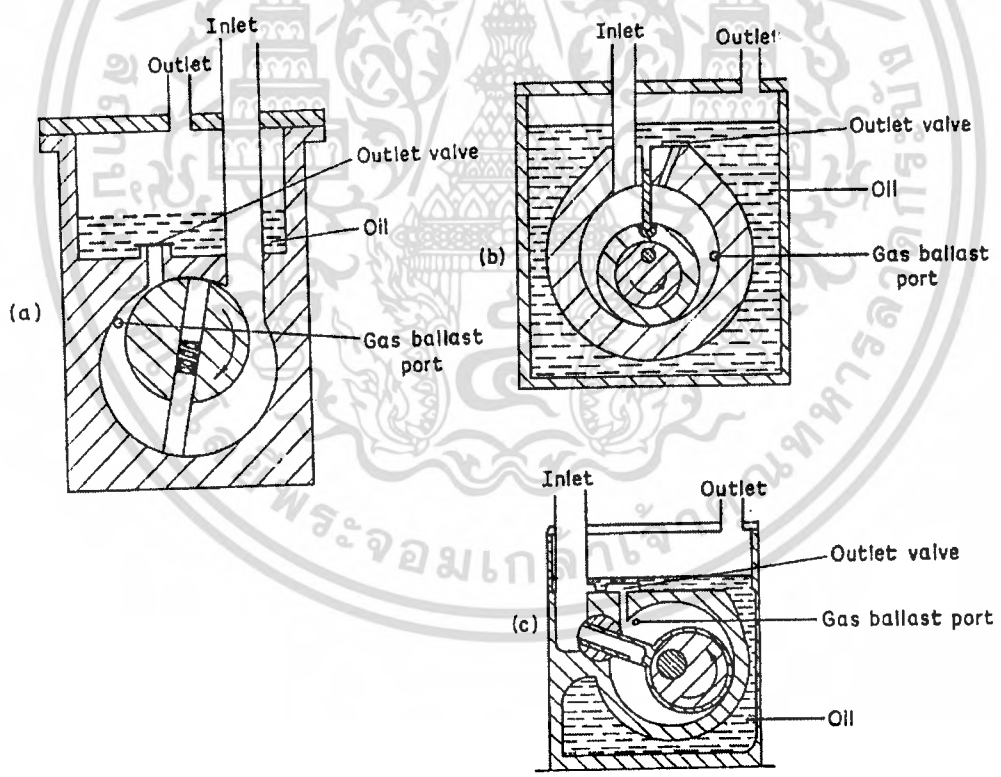
- ต้องป้องกันการเกิดโพรง (Cavitation) ในของเหลว เพราะจะทำให้เกิดการสึกกร่อนของเครื่องสูบ

- ต้องการผู้มีทักษะในการซ่อมบำรุง

โดยปัจจุบัน ได้มีการนำเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำมาใช้แทนหัวฉีดไอน้ำในอุตสาหกรรมเคมีอย่างแพร่หลาย

2.1.3 เครื่องสูบสุญญากาศแบบกันรั่วด้วยน้ำมัน

เครื่องสูบสุญญากาศแบบกันรั่วด้วยน้ำมัน แสดงดังรูปที่ 2.3 ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีมีอยู่ 2 ประเภท คือ ครีบโรทารีและลูกสูบโรทารี เครื่องสูบสุญญากาศแบบกันรั่วด้วยน้ำมันทั้งหมดใช้น้ำมันเป็นสารหล่อลื่นและป้องกันความเสียหายที่ผิว น้ำมันที่ใช้จะมีค่าความดันไอต่ำ และมีสมบัติการกันรั่วที่ดี สามารถใช้กับงานที่มีค่าความดันต่ำกว่า 1 มิลลิเมตรปรอท เครื่องสูบสุญญากาศเหล่านี้เป็นคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ที่มีประสิทธิภาพทางด้านพลังงานสูง และให้ความดันด้านดูดต่ำที่สุด



รูปที่ 2.3 เครื่องสูบสุญญากาศแบบกันรั่วด้วยน้ำมัน [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของเครื่องสูบสุญญากาศแบบกันรั่วด้วยน้ำมัน

- มีประสิทธิภาพทางพลังงานสูง

- สามารถลดความดันได้มากที่สุด

ข้อด้อยของเครื่องสูบสุญญากาศแบบกันรั่วด้วยน้ำมัน

- ต้องการการบำรุงรักษาและเปลี่ยนน้ำมันเครื่องบ่อย ดังนั้นราคาของค่าบำรุงรักษาจะเพิ่มขึ้น

- มีของเสียจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง

2.1.4 เครื่องสูบสุญญากาศแบบแห้ง

เครื่องสูบสุญญากาศแบบแห้ง ในรูปของเครื่องสูบลมชนิด rotary lobe blower และคอมเพรสเซอร์แบบปลอดน้ำมันมีการใช้งานมาเป็นเวลานาน เครื่องสูบสุญญากาศแบบแห้งแบบ 1 จังหวะสามารถทำสุญญากาศสำหรับใช้งานในช่วง -460 ถึง -54 มิลลิเมตรปรอท

ข้อดีของเครื่องสูบสุญญากาศแบบแห้ง

- ความทนทาน ลักษณะที่เรียบง่าย และไม่มีของเหลวทำงาน

ข้อด้อยของเครื่องสูบสุญญากาศแบบแห้ง

- อาจเกิดการสึกหรอและเกิดการปนเปื้อน

2.1.5 ระบบการสูบแบบผสม

ในการสร้างภาวะสุญญากาศที่ความดันต่ำกว่า 50-100 มิลลิเมตรปรอท สามารถใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบกันรั่วด้วยน้ำมันเพียงขั้นตอนเดียวได้ แต่ถ้าใช้เครื่องสูบสุญญากาศชนิดอื่นๆ จะต้องใช้มากกว่า 1 ขั้นตอนเพื่อให้ได้ภาวะสุญญากาศที่ความดันเดียวกัน

โครงสร้างปกติของระบบนี้ เช่น ใช้หัวฉีดไอน้ำแล้วต่อด้วยเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำเป็นต้น แต่ห้ามใช้หัวฉีดไอน้ำกับเครื่องสูบสุญญากาศแบบกันรั่วด้วยน้ำมัน เพราะน้ำจะเข้าไปปนกับน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การคำนวณค่าสูงสุดของอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำในการทำระบบสุญญากาศ [11]

การคำนวณอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำสูงสุดมีสมมติฐานว่าระบบการทำสุญญากาศเป็นแบบผันกลับได้ (Reversible) ไม่มีการสูญเสียความร้อน (Adiabatic) ดังนั้นค่าเอนโทรปีจึงคงที่ (Isentropic) ระยะทางผ่านหัวฉีดสั้น และผลของแรงเสียดทานระหว่างไอน้ำกับหัวฉีดไอน้ำน้อย

จากสมการความต่อเนื่อง (Continuity equations)

$$\dot{m}_g = \rho V A \tag{2.1}$$

เมื่อ $\dot{m}_g$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำ (กิโลกรัมต่อวินาที)

ρ คือ ความหนาแน่นของไอน้ำ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

V คือ ความเร็วของไอน้ำ (เมตรต่อวินาที)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำ (ตารางเมตร)

คำนวณอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำ ตามสมการที่ 2.2

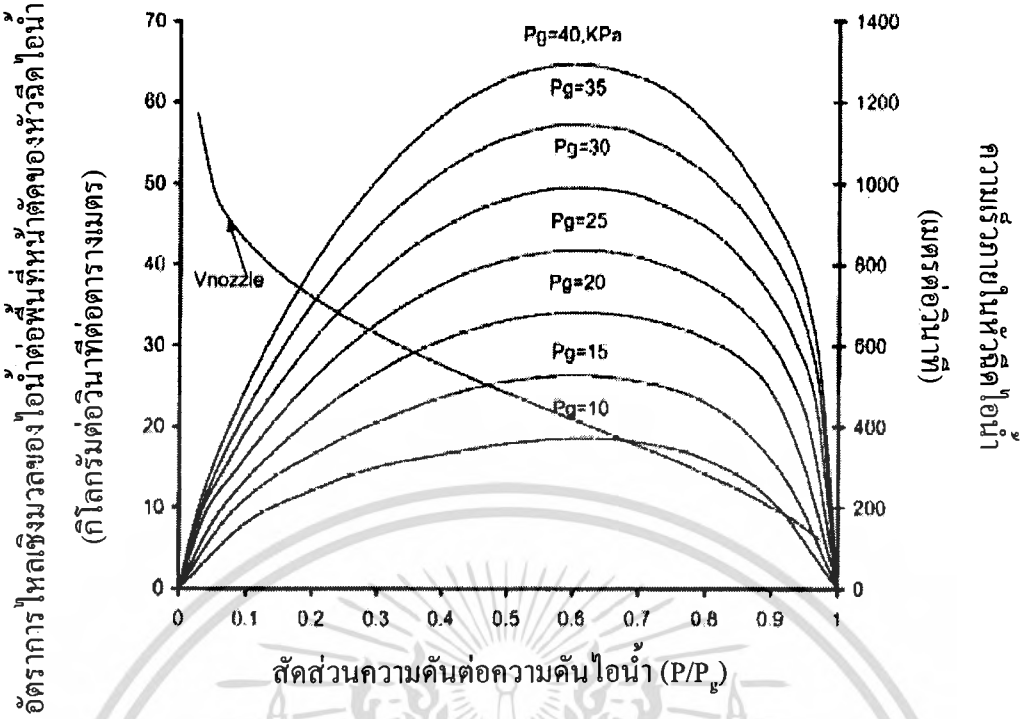
$$\mu = \dot{m}_g / A = \rho V \tag{2.2}$$

เมื่อ μ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำ (กิโลกรัมต่อวินาทีต่อตารางเมตร)

เนื่องจากในระบบการทำสุญญากาศ ไอน้ำมี 2 สภาวะ คือ สภาวะอิ่มตัว และสภาวะร้อนยิ่งยวด ทำให้ไม่สามารถใช้สมการสภาวะ (Equation of state) หาสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของไอน้ำได้ แต่สามารถหาค่าได้โดยใช้ตาราง หรือโปรแกรมสำเร็จรูป

เมื่อแก้สมการของการไหลในระบบการทำสุญญากาศแบบผันกลับได้และไม่มีการสูญเสียความร้อนร่วมกับสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของไอน้ำ จะได้กราฟรูปที่ 2.4 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำกับสัดส่วนของความดันภายในหัวฉีดไอน้ำต่อความดันของไอน้ำตามทิศทางการไหลของไอน้ำ (P / P_g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำกับสัดส่วนของความดันภายในหัวฉีดไอน้ำต่อความดันของไอน้ำตามทิศทางการไหลของไอน้ำ (P/P_g) [11]

จากรูปที่ 2.4 อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำ จะมีค่าสูงสุดที่ P/P_g เท่ากับ 0.6 ซึ่งคือค่าสูงสุดของอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำ (μ_{max})

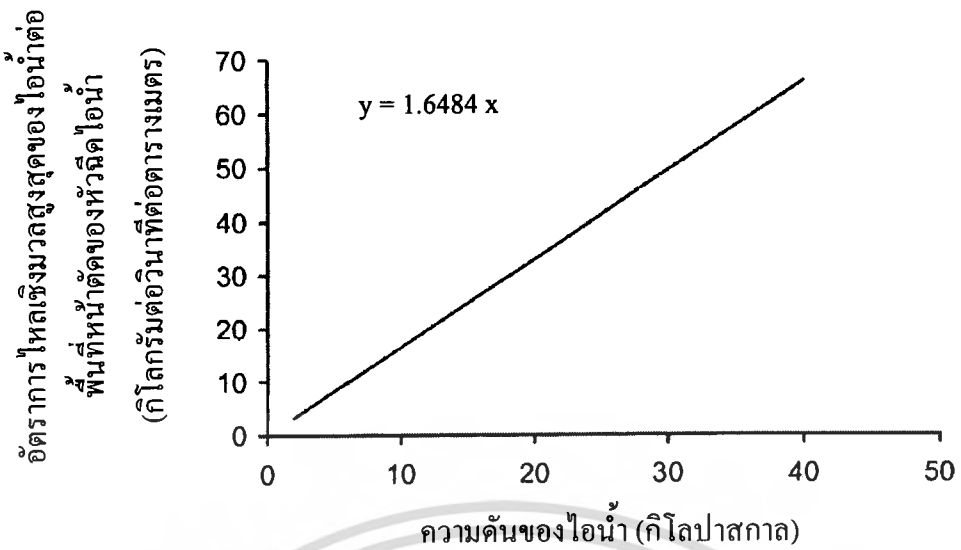
รูปที่ 2.5 แสดงค่า μ_{max} ที่ความดันของไอน้ำต่างๆ เขียนได้ดังสมการที่ 2.3 และใช้คำนวณปริมาณไอน้ำที่หัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง สำหรับการทำระบบสุญญากาศ

$$\mu_{max} = 1.6484\, P_g \qquad (2.3)$$

เมื่อ μ_{max} คือ ค่าสูงสุดของอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำ (กิโลกรัมต่อวินาทีต่อตารางเมตร)

P_g คือ ความดันของไอน้ำ (กิโลปาสกาล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 อัตราการไหลเชิงมวลสูงสุดของไอน้ำต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำกับความดันของไอน้ำ [11]

2.3 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ [12-14]

ในขณะที่อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรและสภาวะสังคมที่มีความซับซ้อนมากขึ้น และทรัพยากรธรรมชาติที่จำกัด ความจำเป็นที่ต้องใช้ทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดและสงวนทรัพยากรบางส่วนไว้เป็นเรื่องที่ทวีความสำคัญยิ่งขึ้น วิศวกรมีบทบาทและหน้าที่ในการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์สนองตรงความต้องการของมนุษยชาติ ในด้านการออกแบบและสร้างชิ้นงานที่อยู่ภายใต้ความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ใช้เปรียบเทียบและตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหาของระบบ โดยพิจารณาลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจสำหรับดำเนินการในปัจจุบันและสำหรับการดำเนินการในอนาคต ส่วนมากที่กล่าวถึงจะเป็นลักษณะที่สอง กล่าวคือ เป็นการคาดคะเนค่าใช้จ่าย ผลได้และผลเสียต่างๆ เพื่อกำหนดแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับอนาคต

ตัวอย่างหลักการและแนวความคิดต่างๆ ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ที่ควรทราบ เช่น

1. ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ควรแยกองค์ประกอบออกเป็นส่วนที่สามารถวิเคราะห์เป็นตัวเลข และส่วนที่ไม่สามารถวิเคราะห์เป็นตัวเลขที่แท้จริงได้

2. การลงทุนหรือส่วนอื่นๆ ของรายได้และรายจ่ายในอดีตเป็นส่วนซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ การตัดสินใจที่เป็นเรื่องของอนาคตไม่ต้องนำส่วนซึ่งได้ผ่านไปแล้วมาคิดรวม

3. รายละเอียดข้อมูลต่างๆ ควรพิจารณาจากช่วงระยะเวลาเดียวกัน ดังนั้นการเปรียบเทียบจะมาจากมาตรฐานการเปรียบเทียบเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความแตกต่างของแนวทางปฏิบัติ เป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับการตัดสินใจ การศึกษาความแตกต่างของแต่ละแนวทางเปรียบเทียบกับแนวทางอื่นจะช่วยให้ตัดสินใจได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

การคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback period analysis) [14] ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: n_p) เป็นการประมาณเวลาที่ได้รับผลรวมของกำไร หรือผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับค่าการลงทุนเริ่มต้น (Initial investment) การใช้ระยะเวลาคืนทุนในการวิเคราะห์โครงการมีหลักการคือ ไม่ควรใช้ระยะเวลาคืนทุนมาตัดสินใจว่าควรทำโครงการนั้นๆหรือไม่ แต่จะนำวิธีการนี้มาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตรวจสอบการลงทุนเบื้องต้นเท่านั้น ระยะเวลาคืนทุนหาได้ 2 กรณีคือ

1. การคำนวณที่อัตราผลตอบแทน (Rate of return: i) มากกว่าศูนย์ เรียกวิธีการนี้ว่า discounted payback period ระยะเวลาคืนทุนคำนวณได้จากสมการ

$$PW = \frac{\sum_{t=1}^{t=n_p} NCF_t}{(1+i)^t} \tag{2.4}$$

เมื่อ PW คือ ค่าการลงทุนเบื้องต้น

NCF คือ ค่ากระแสเงินสดสุทธิหรือกำไรสุทธิ

t คือ เวลา

ถ้าค่ากระแสเงินสดเท่ากันทุกปี สามารถหาระยะเวลาคืนทุนได้จากสมการ

$$PW = NCF\left(\frac{(1+i)^{n_p}-1}{i(1+i)^{n_p}}\right) \tag{2.5}$$

2. การคำนวณที่อัตราผลตอบแทนเท่ากับศูนย์ เรียกวิธีการนี้ว่า simple payback period โดยหาระยะเวลาคืนทุนได้โดยแทน i = 0% จะได้สมการดังนี้

$$PW = \sum_{t=1}^{t=n_p} NCF_t \tag{2.6}$$

สำหรับค่ากระแสเงินสดที่เท่ากันทุกช่วงเวลา หาระยะเวลาคืนทุนได้ดังนี้

$$n_p = \frac{PW}{NCF} \tag{2.7}$$

ในทางปฏิบัติมักใช้วิธีคำนวณที่อัตราผลตอบแทนเท่ากับศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [11, 15-17]

N.M.Khattab and M.H.Barakat [11] ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายคุณสมบัติของระบบทำความเย็นที่ใช้หัวฉีดไอน้ำรังสีอาทิตย์ชนิดความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ แบบจำลองนี้ได้จากการนำกลุ่มของสมการมาใช้ในการหาคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของไอน้ำ เพื่อกำหนดสูตรสำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่ใช้สร้างแบบจำลองจะวิเคราะห์ลักษณะของระบบทำความเย็นของหัวฉีดไอน้ำรังสีอาทิตย์ที่มีการออกแบบและการทำงานที่ต่างกัน ซึ่งข้อมูลการออกแบบดังกล่าวจะนำมาใช้เลือกขนาดของหัวฉีดที่จะนำมาใช้ สุดท้ายจะสรุปสิ่งที่ต้องพิจารณาและข้อจำกัดในการออกแบบ

Narmine H. Aly, Aly Karameldin and M.M. Shamloul [15] ศึกษาแบบจำลองคอมพิวเตอร์สำหรับหัวฉีดไอน้ำ แบบจำลองถูกพัฒนาจากการประยุกต์ใช้สมการความต่อเนื่อง สมการโมเมนตัม และสมการพลังงานในการทำงานของหัวฉีด ซึ่งจะได้แบบจำลอง 2 แบบที่ถูกพัฒนาด้วยวิธีที่ต่างกันเพื่อแสดงผลของความดันของไอน้ำ อุณหภูมิของเครื่องระเหย และความดันที่เพิ่มขึ้นภายในหัวฉีดต่อสัดส่วนของอัตราการไหลของไอน้ำและไอของสารที่ถูกดูด

นางสาวภูริสา ดิฐกมล และนางสาวรดีบูรณ์ ชินสุทธิ [16] ทำการตรวจสอบพลังงานที่โรงไฟฟ้าเขื่อนเขาแหลมและอธิบายมาตรการเบื้องต้นในการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานควบคุม รวมถึงการควบคุมทางด้านนโยบายและการปฏิบัติเพื่อวางแผนการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งคาดว่าถ้าได้ดำเนินการปรับปรุงตามมาตรการต่างๆ ที่นำเสนอจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณ 14 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นมูลค่าประมาณ 22 ล้านบาทต่อปี มีเงินลงทุนทั้งสิ้นประมาณ 20 ล้านบาท และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 1 ปี

Hisham El-Dessouky, Hisham Ettouney, Imad Alatiqi and Ghada Al-Nuwaibit [17] ศึกษาแบบจำลองอย่างง่ายสำหรับออกแบบและกำหนดขนาดของหัวฉีดไอน้ำ ความสัมพันธ์นี้อ้างอิงบนฐานข้อมูลขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยข้อมูลการออกแบบของผู้ผลิตและข้อมูลการทดลองแบบจำลองใช้กับความสัมพันธ์ของการไหลที่มีสัดส่วนการกดอัดสูงกว่า 1.8 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.85 นอกจากนี้ความสัมพันธ์ยังสามารถใช้กับการไหลที่มีสัดส่วนการกดอัดต่ำกว่า 1.8 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตสบู่ก้อน แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ กระบวนการผลิตสบู่ (Soap making process) และกระบวนการบรรจุสบู่ (Soap packing process) [18] ดังรูปที่ 3.1

3.1 กระบวนการผลิตสบู่

กระบวนการผลิตสบู่ประกอบด้วย 2 กระบวนการหลัก คือ

กระบวนการผลิตเม็ดสบู่ (Soap chip making process) ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการนี้ คือ เม็ดสบู่ เพื่อนำไปป้อนให้แก่กระบวนการบรรจุสบู่ต่อไป กระบวนการนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

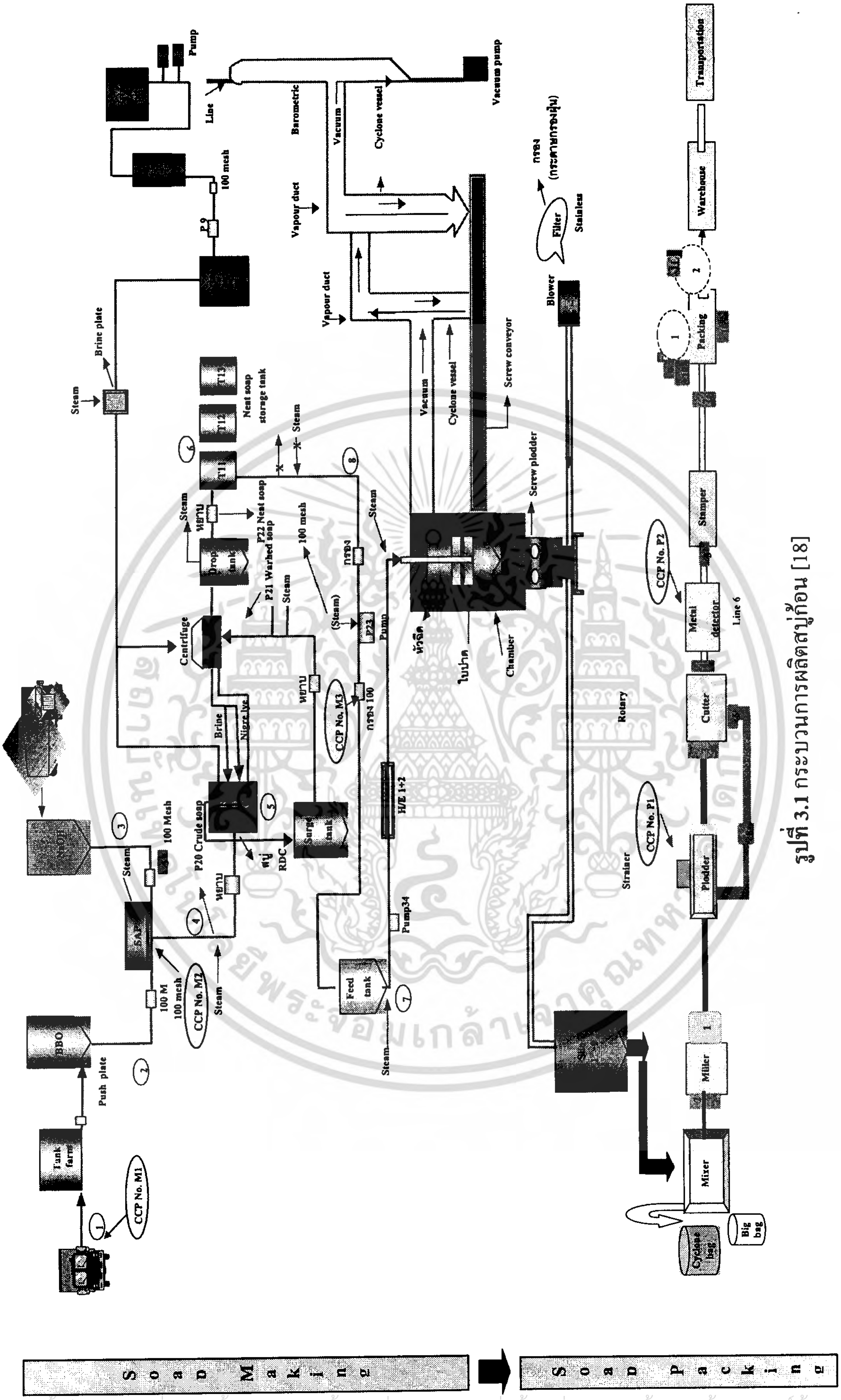
- การผลิตเกล็ดสบู่ (Neat soap making) ดังรูปที่ 3.2
- การผลิตเม็ดสบู่ (Soap chip making) ดังรูปที่ 3.3

กระบวนการทำกลีเซอรีนบริสุทธิ์ กลีเซอรีนเป็นผลพลอยได้ (By-product) ของกระบวนการผลิตสบู่ ซึ่งจะถูกส่งเข้ากระบวนการกลั่นเพื่อผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ ประกอบด้วย

- กระบวนการผลิตกลีเซอรีนดิบ (Crude glycerine process) ดังรูปที่ 3.4
- กระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ ดังรูปที่ 3.5 กลีเซอรีนบริสุทธิ์ที่ได้นี้บริษัทจะส่งออกขาย

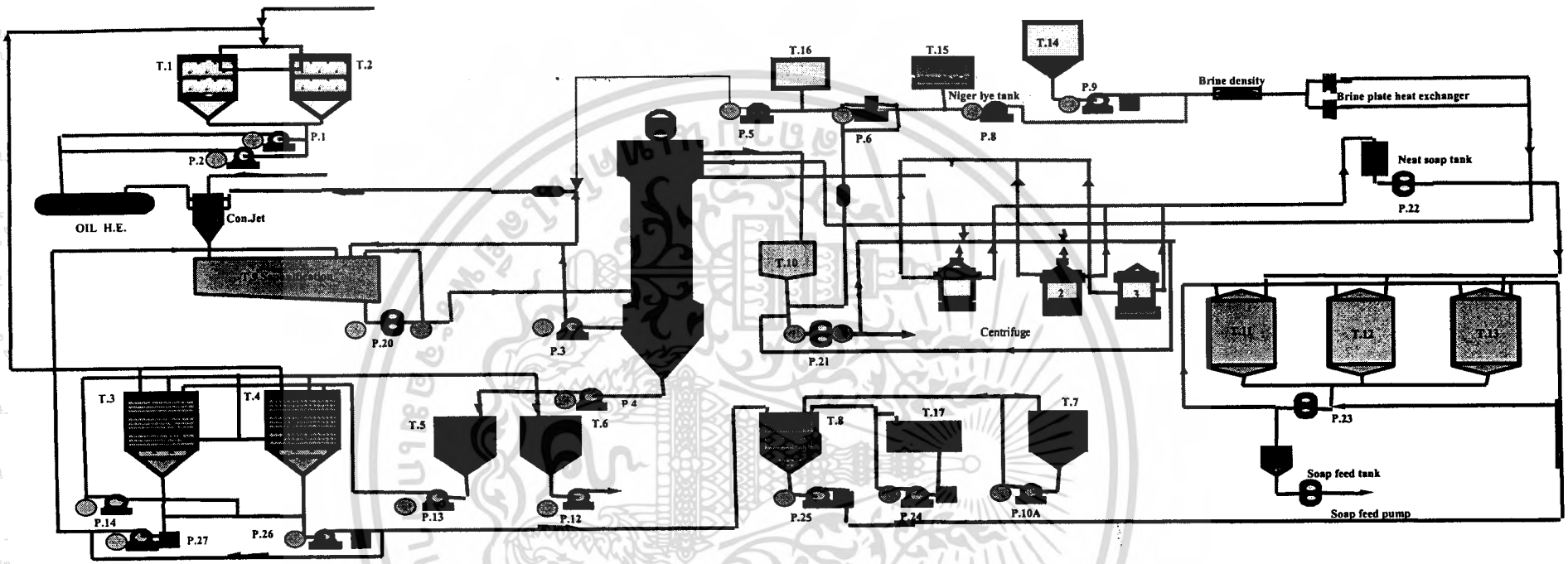
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตสบู่ก้อน [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
72265
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



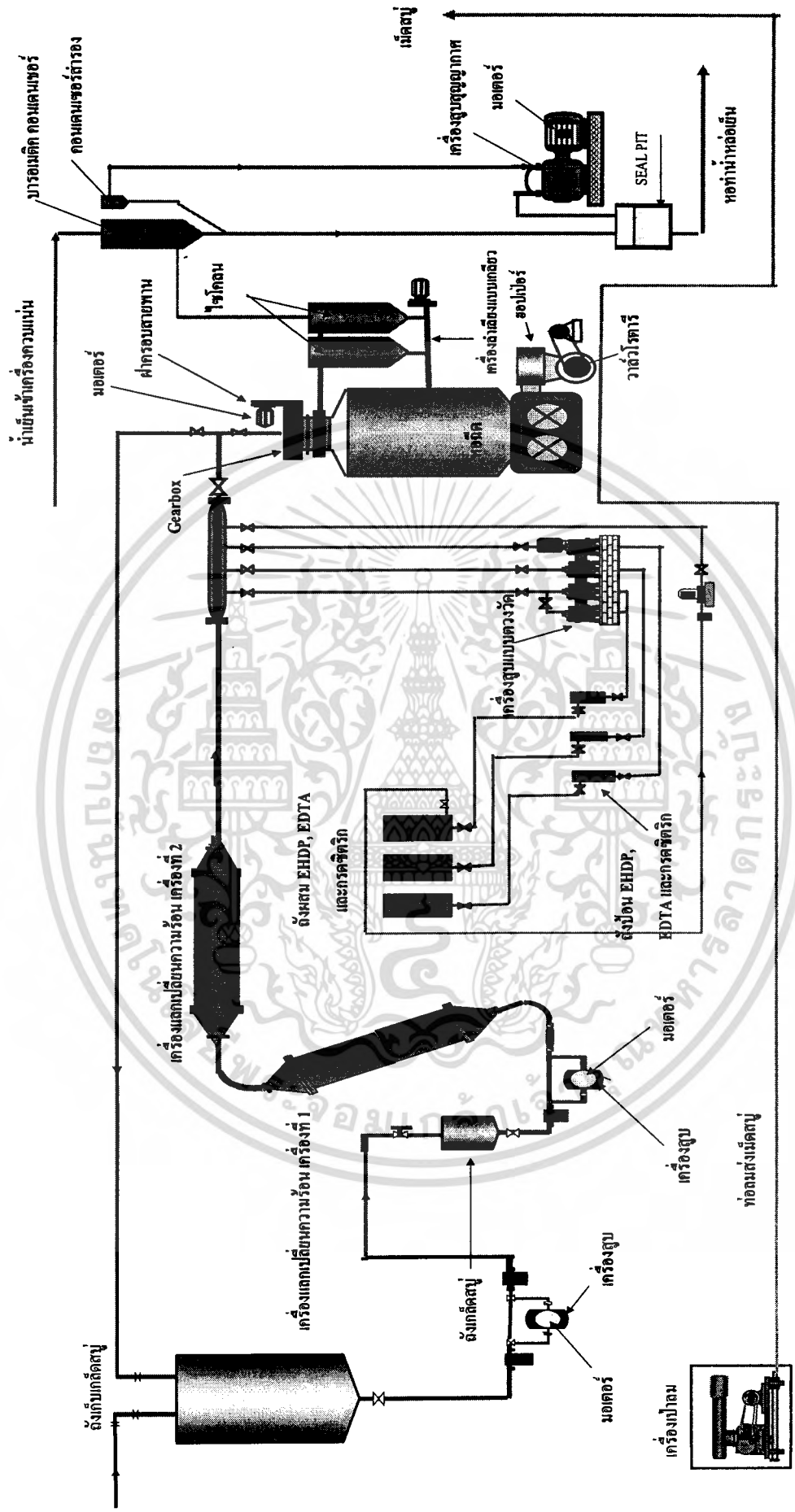
1. P.1 Oil feed pump
2. P.2 Oil transfer pump
3. P.3 Lye recycle pump
4. P.4 Spent lye
5. P.5 Caustic soda feed pump
6. P.6 Fitting pump
7. P.8 Softening water pump
8. P.9 Brine feed pump
9. P.10 Brine transfer pump
10. P.12 Lye setting pump
11. P.14 Lye transfer pump (T.6)
12. P.20 Crude soap pump
13. P.21 Washed soap pump
14. P.24 Soap transfer pump (T.17)
15. P.25 Soap transfer pump (T.8)
16. P.26 Soap transfer pump (T.4)
17. P.27 Soap transfer pump (T.3)
18. T.14 Brine tank
19. T.15 A Softening water tank
20. T.16 Caustic soda feed tank
21. T.17 Scrap melting tank
22. Oil heat exchanger
23. Brine density
24. Brine plate heat exchanger
25. T.1 Oil tank # 1
26. T.2 Oil tank # 2
27. T.3 Neutralization tank
28. T.4 Neutralization tank
29. T.5 Spent lye tank
30. T.6 Lye setting tank
31. T.7 Brine tank
32. T.8 Scrap fitting tank
33. T.9 Saponification tank
34. T.10 Surge tank
35. T.11 Neat soap storage tank
36. T.12 Neat soap storage tank
37. T.13 Neat soap storage tank
38. Con.jet
39. Neat soap tank
40. Centrifuge 1
41. Centrifuge 3
42. Niger lye tank
43. Rotating Disk Contractor

= มีโรป้า ออยล์ # 220

= มีโรป้า ออยล์ # 460

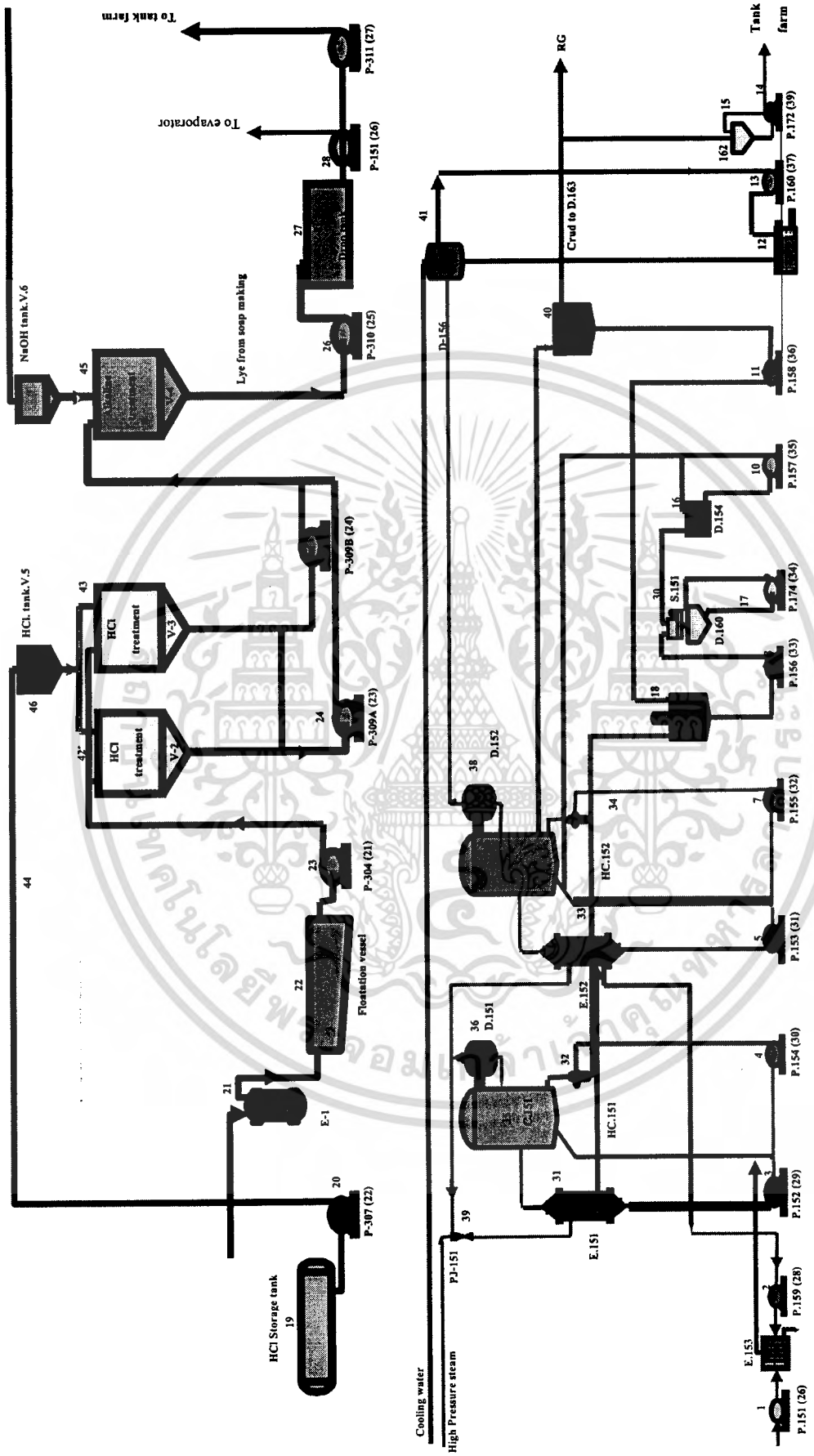
= จารบีโมรีเท็ก EP2

รูปที่ 3.2 การผลิตเกลือสบู่ [18]



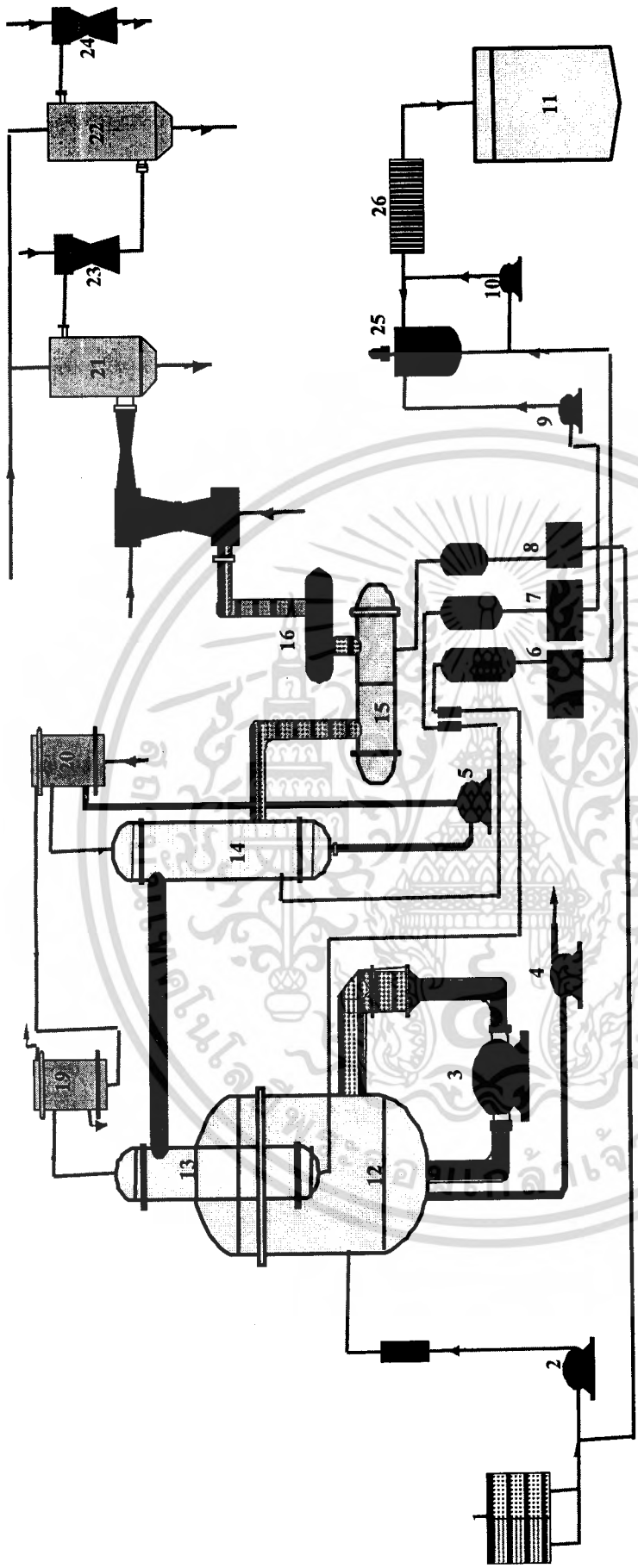
รูปที่ 3.3 การผลิตเม็ดสบู่ [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 กระบวนการผลิตกลีเซอรีนดิบ [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 กระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 กระบวนการผลิตเม็ดสบู่ ประกอบด้วย การผลิตเกล็ดสบู่ และการผลิตเม็ดสบู่

- การผลิตเกล็ดสบู่

จากรูปที่ 3.2 น้ำมันพืชถูกส่งเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ (Shell and tube heat exchanger) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิและผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เกิดปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชั่น (Saponification) ในถังผสม (Saponification tank) โดยใช้ไอน้ำให้ความร้อนจนได้สบู่เหลว (Crude soap)

สบู่เหลวจะถูกส่งเข้าด้านล่างของ rotating disk contractor (RDC) เพื่อสกัดกลีเซอรีนและโซเดียมไฮดรอกไซด์ออกโดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ไหลสวนทางจากด้านบนของหอ RDC สบู่ที่ผ่านการล้าง (Washed soap) จะลอยขึ้นและออกทางด้านบนของหอ RDC เข้าถังพักสบู่ (Surge tank) ที่หอ RDC นี้ใช้น้ำควบคุมสภาวะในการแยกชั้นของสบู่ที่ผ่านการล้างกับน้ำลีย์ (Lye water) จึงเกิดของเหลวผลควบแน่น (Condensate) น้ำลีย์ คือ ส่วนที่ออกจากด้านล่างของหอ RDC มีองค์ประกอบ คือ กลีเซอรีน สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ น้ำลีย์จะถูกนำไปรวมไว้ในถังเก็บน้ำลีย์ (Lye tank) และส่งไปกระบวนการทำกลีเซอรีนบริสุทธิ์เพื่อกลั่นแยกกลีเซอรีน และนำกลือโซเดียมคลอไรด์กลับมาใช้ใหม่

สบู่ที่ผ่านการล้างแล้วจะถูกส่งเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) เพื่อแยกเนื้อสบู่ออกจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ หลังจากผ่านเครื่องหมุนเหวี่ยง สบู่จะข้นขึ้นเป็น paste เรียกว่า เกล็ดสบู่ และจะถูกส่งไปถังเก็บเกล็ดสบู่ (Neat soap tank) ที่มีของเหลวผลควบแน่นเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อป้องกันการแข็งตัวของเกล็ดสบู่

- การผลิตเม็ดสบู่

จากรูปที่ 3.3 เกล็ดสบู่จาก neat soap tank จะถูกส่งเข้า feed tank และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ 2 เครื่อง และจะเติมสาร ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) และ ethane-1-hydroxy-1, 1-diphosphonate หรือ terpinal (EHDP) เพื่อจับโลหะที่อาจมีปนเปื้อน และเติมสารละลายกรดซิตริกเพื่อควบคุมความเป็นกรด-เบส หลังจากนั้นเกล็ดสบู่จะถูกส่งเข้าหอฉีด (Spray chamber) โดยใช้หัวฉีด (Nozzle) ภาวะภายใน spray chamber เป็นระบบสุญญากาศโดยใช้เครื่องสูบสุญญากาศ (Vacuum pump) ลดความดันในหอฉีดและทำให้ความชื้นออกจากเกล็ดสบู่เร็วขึ้น เนื้อสบู่ที่ได้นี้จะถูกส่งเข้าเครื่องอัดรีด (Plodder หรือ Extruder) เพื่อทำให้เป็นเส้น (Soap noodle) แล้วถูกตัดเป็นเม็ดสบู่ (Soap chip) ด้วยใบปาด และส่งต่อไปกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนและกระบวนการบรรจุสบู่ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 กระบวนการทำกลีเซอรีนบริสุทธิ์

จากรูปที่ 3.4 น้ำลีย์ที่ออกมาจากด้านล่างของหอ RDC จะถูกเก็บที่ถังและส่งไปถังตกตะกอนน้ำลีย์ (Lye settling tank) จากนั้นจะส่งเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิ และเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเพื่อแยกกรดไขมันออก เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-เบส จากนั้นจะถูกส่งเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ หลังจากนั้นจะถูกส่งเข้าเครื่องระเหยแบบ 2-effect evaporator เพื่อระเหยน้ำออกที่ความดันบรรยากาศและได้กลีเซอรีนดิบ (Crude glycerine) ส่วนที่ออกจากด้านล่างของเครื่องระเหยจะถูกส่งเข้าไฮโดรไซโคลนเพื่อแยกเกลือโซเดียมคลอไรด์ออกและนำกลับไปใช้เป็นสารสกัดที่หอ RDC

สารละลายกลีเซอรีนที่ได้จะถูกป้อนเข้าหอกลั่นในกระบวนการกลั่นกลีเซอรีนให้บริสุทธิ์ ดังรูปที่ 3.5 อุณหภูมิของสารละลายกลีเซอรีนจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดเดือดด้วยภาวะสุญญากาศภายในหอกลั่น กลีเซอรีนจะกลายเป็นไอลอยขึ้นด้านบนและเข้าเครื่องควบแน่นเครื่องที่ 1 สำหรับกลีเซอรีนที่ไม่ควบแน่นจะถูกส่งต่อเข้าเครื่องควบแน่นเครื่องที่ 2 และ 3 ตามลำดับ หอกลั่นและเครื่องควบแน่นทั้ง 3 เครื่อง ทำงานภายใต้ภาวะสุญญากาศด้วยพลังงานไอน้ำจากหัวฉีดไอน้ำในการลดความดันให้ได้ความดันประมาณ – 756 มิลลิเมตรปรอท กลีเซอรีนที่ได้จากเครื่องควบแน่นเครื่องที่ 2 และ 3 จะถูกส่งกลับเข้าหอกลั่นอีกครั้งเพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ ส่วนกลีเซอรีนที่ได้จากเครื่องควบแน่นเครื่องที่ 1 จะถูกนำเข้าถังฟอกสี (Bleacher) ที่มีคาร์บอนกัมมันต์ (Activated carbon) เพื่อกำจัดสีและกลิ่น จากนั้นจะถูกส่งเข้าเครื่องกรอง (Filter press) เพื่อกรองสิ่งปนเปื้อน กลีเซอรีนที่ได้มีความบริสุทธิ์มากกว่า 99.5 เปอร์เซ็นต์ และจะส่งขาย

3.2 กระบวนการบรรจุสบู่

แสดงในรูปที่ 3.1

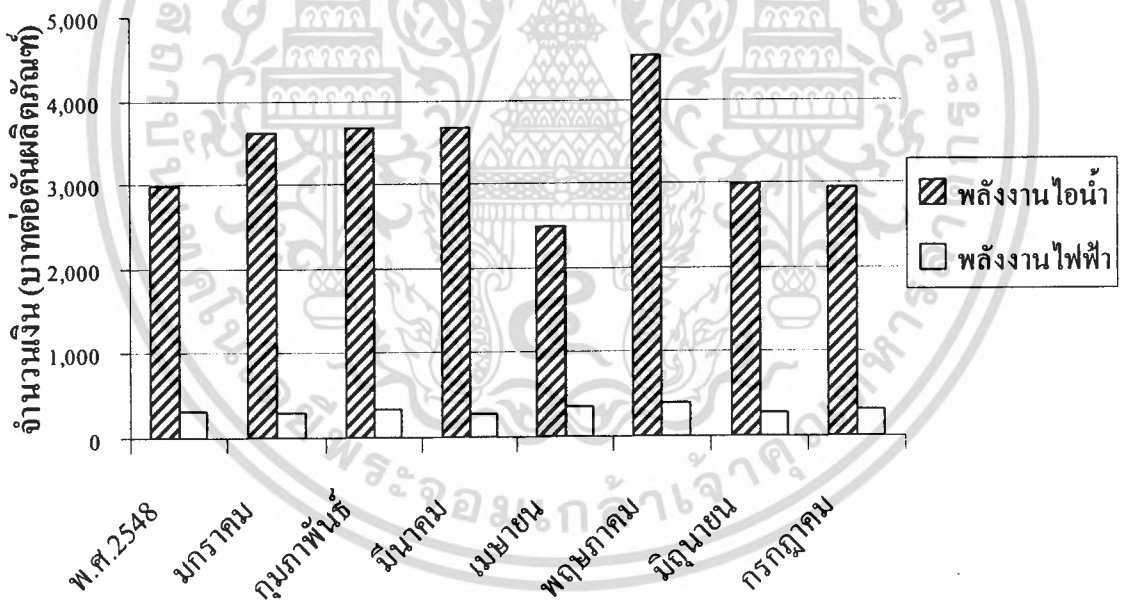
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การดำเนินงานและผลการดำเนินงาน

4.1 ต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ก่อนดำเนินการ

จากการสำรวจการใช้พลังงานไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าที่กระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ พบว่า มีการใช้พลังงานไอน้ำจากการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติสูงกว่าพลังงานไฟฟ้าประมาณ 10 เท่า ดังรูปที่ 4.1 ราคาค่าพลังงานไอน้ำประมาณ 3,300 บาทต่อตันผลิตภัณฑ์ และราคาค่าพลังงานไฟฟ้าประมาณ 320 บาทต่อตันผลิตภัณฑ์ (ข้อมูลในตารางที่ ก.1 ภาคผนวก ก)

จากข้อมูลดังกล่าว จำเป็นต้องการลดค่าพลังงานไอน้ำที่ใช้ในปัจจุบัน ได้เลือกศึกษาแนวทางการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำในการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีน ด้วยคาดว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากเครื่องสูบสุญญากาศจะน้อยกว่าค่าพลังงานไอน้ำที่ใช้โดยหัวฉีดไอน้ำ



รูปที่ 4.1 ต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ ระหว่างเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2548 และ เดือนมกราคม ถึง กรกฎาคม 2549

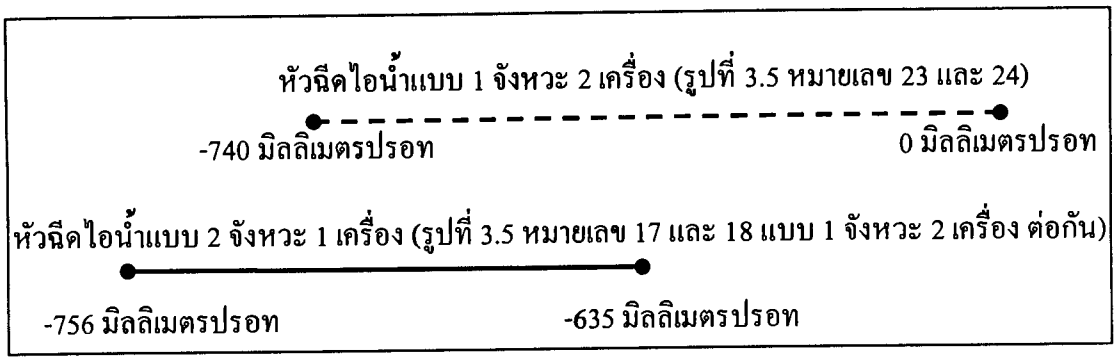
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์ทฤษฎีในการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำที่หอกลั่นกลีเซอรีนของกระบวนการผลิตสบู่

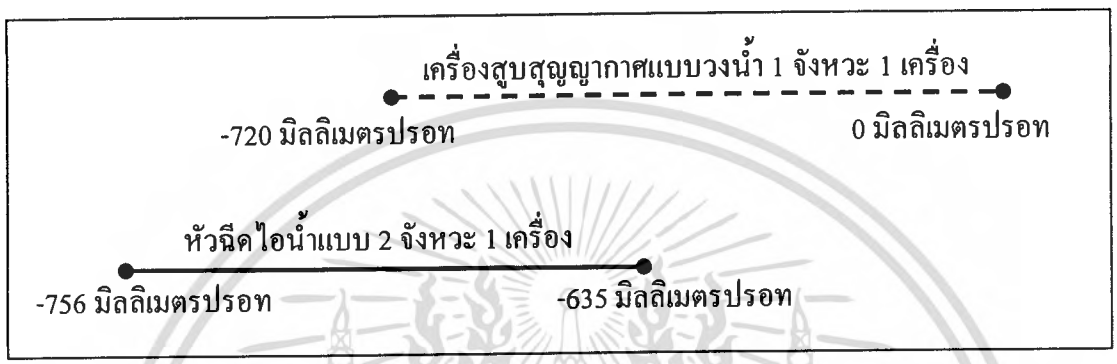
จากทฤษฎีพบว่าเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำสามารถนำมาใช้งานร่วมกับหัวฉีดไอน้ำได้ ซึ่งการแทนหัวฉีดไอน้ำ 1 หรือ 2 เครื่องของระบบหัวฉีดไอน้ำด้วยเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำจะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน [10] ในขณะที่เครื่องสูบสุญญากาศแบบกันรั่วด้วยน้ำมันไม่ควรใช้ร่วมกับหัวฉีดไอน้ำเพราะน้ำจะเข้าไปปนกับน้ำมัน ซึ่งอาจทำให้เครื่องสูบสุญญากาศเสียหายได้ สำหรับเครื่องสูบสุญญากาศแบบแห้งทำความดันสุญญากาศได้ประมาณ -460 มิลลิเมตรปรอท

จากรูปที่ 3.5 แสดงการทำระบบสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนเพื่อให้กลั่นกลีเซอรีนได้เร็วขึ้น รูปที่ 4.2 แสดงความดันที่หอกลั่นกลีเซอรีน ในการทำระบบสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนก่อนดำเนินการ (รูปที่ 4.2 ก) คือ จะใช้หัวฉีดไอน้ำ 3 เครื่อง คือ แบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง (รูปที่ 3.5 หมายเลข 17 และ 18) ต่อกันเป็นหัวฉีดไอน้ำแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง ทำงานร่วมกับหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง (รูปที่ 3.5 หมายเลข 23 และ 24) โดยมีขั้นตอนการทำงาน คือ ใช้หัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง ดูดอากาศเพื่อลดความดันให้เป็น -740 มิลลิเมตรปรอท จากนั้นใช้หัวฉีดไอน้ำแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง ลดความดันภายในหอกลั่นต่อเนื่องให้มีค่า -756 มิลลิเมตรปรอท รูปที่ 4.2 ข แสดงระบบที่นำเสนอในโครงงานนี้ ตามทฤษฎีมีความเป็นไปได้ที่จะนำเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง มาทำระบบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง เพื่อลดค่าพลังงานไอน้ำที่ใช้ในปัจจุบัน และให้ทำงานร่วมกับหัวฉีดไอน้ำแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง ซึ่งใช้อยู่ในระบบเดิม เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง นี้สามารถลดความดันเป็น -720 มิลลิเมตรปรอท จากนั้นใช้หัวฉีดไอน้ำแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง ลดความดันภายในหอกลั่นต่อเนื่องให้มีค่า -756 มิลลิเมตรปรอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก



ข

รูปที่ 4.2 ความดันที่หอกลั่นกลีเซอรีนในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์

ก. ความดันจากหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง และแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง

ข. ความดันจากเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง และหัวฉีดไอน้ำแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง

4.3 การเปรียบเทียบต้นทุนค่าพลังงานในการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนระหว่างการใช้เครื่องสูบสุญญากาศกับการใช้หัวฉีดไอน้ำ

จากการคำนวณต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำจากหัวฉีดไอน้ำ 1 จังหวะ 2 เครื่อง และต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าจากการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ ดังแสดงในภาคผนวก ข. พบว่า

4.3.1 เมื่อใช้หัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง ต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำเท่ากับ 5,610.42 บาทต่อกะการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ (ภาคผนวก ข.1)

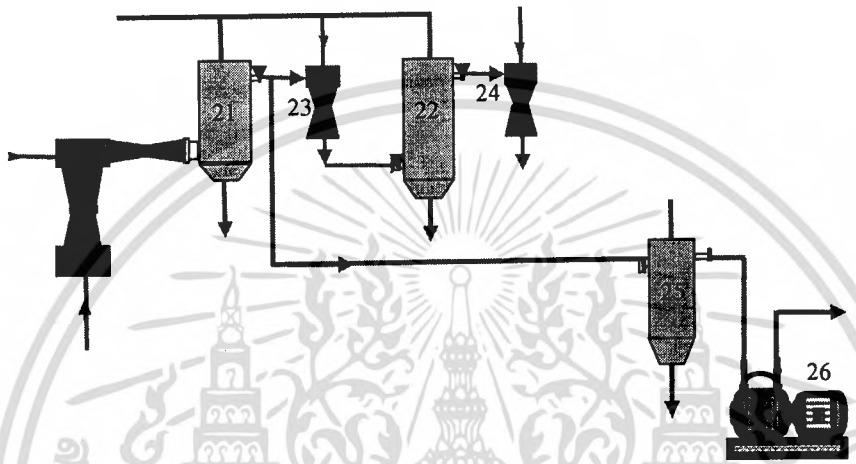
4.3.2 เมื่อใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 3,175.20 บาทต่อกะการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ (ภาคผนวก ข.2)

ดังนั้นจากทฤษฎีการทำระบบสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีน สามารถใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำแบบ 1 จังหวะ 1 เครื่อง แทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง ได้ และลดต้นทุนค่าพลังงานเป็นเงิน5,610.42 – 3,175.20 = 2,435.22 บาทต่อกะ ประมาณ 365,000 บาทต่อปี (การผลิตกลีเซอรีน 1 กะ ประมาณ 36 ชั่วโมง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง ในการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนแทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง

รูปที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงระบบการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีน ซึ่งใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง แทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง และทำงานร่วมกับหัวฉีดไอน้ำแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง โดยระบบสามารถทำความดันรวมได้ -756 มิลลิเมตรปรอท ตามที่ต้องการ และได้กลีเซอรีนตามมาตรฐานคือมีความบริสุทธิ์มากกว่า 99.5 เปอร์เซ็นต์

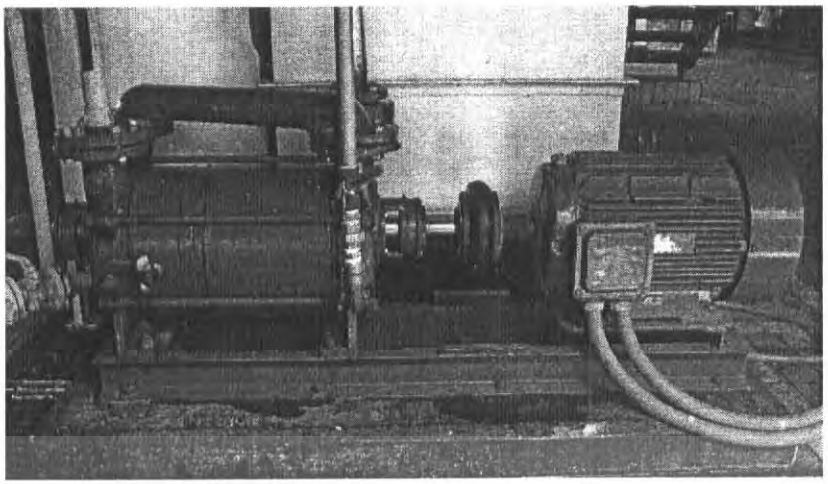


รูปที่ 4.3 ระบบการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนที่ใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง (หมายเลข 26) แทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง (หมายเลข 23 และ 24) และทำงานร่วมกับหัวฉีดไอน้ำแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง (หมายเลข 17 และ 18)

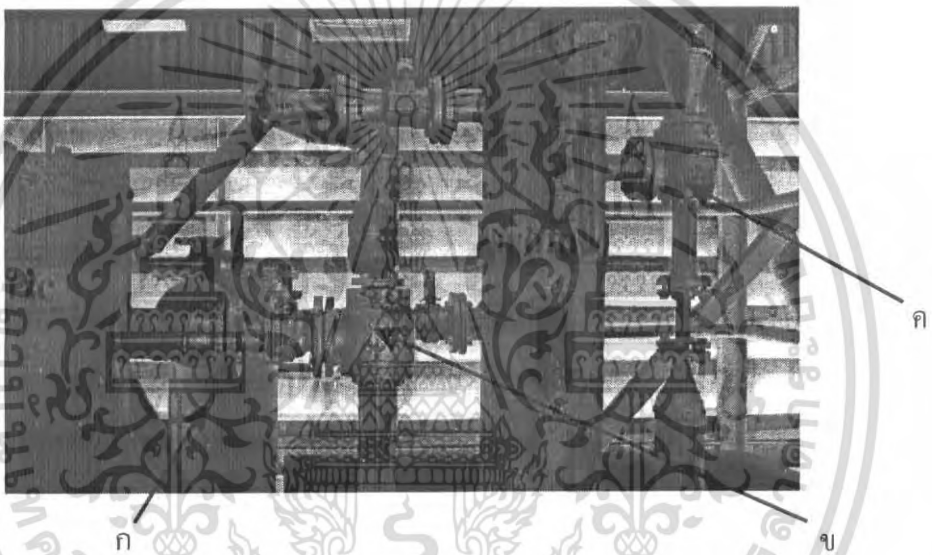
ทั้งนี้ในกรณีที่ไฟฟ้าดับและไม่สามารถใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำได้ ระบบการทำความดันสุญญากาศนี้ก็ยังสามารถทำงานได้โดยใช้หัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง ที่เคยใช้อยู่

รูปที่ 4.4 แสดงเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำที่นำมาติดตั้ง รูปที่ 4.5 และ 4.6 แสดงการติดตั้งระบบท่อที่จะสามารถเลือกใช้ได้ทั้งเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง หรือหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง ให้ทำงานร่วมกับหัวฉีดไอน้ำแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง เพื่อทำความดันรวม -756 มิลลิเมตรปรอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำที่นำมาใช้



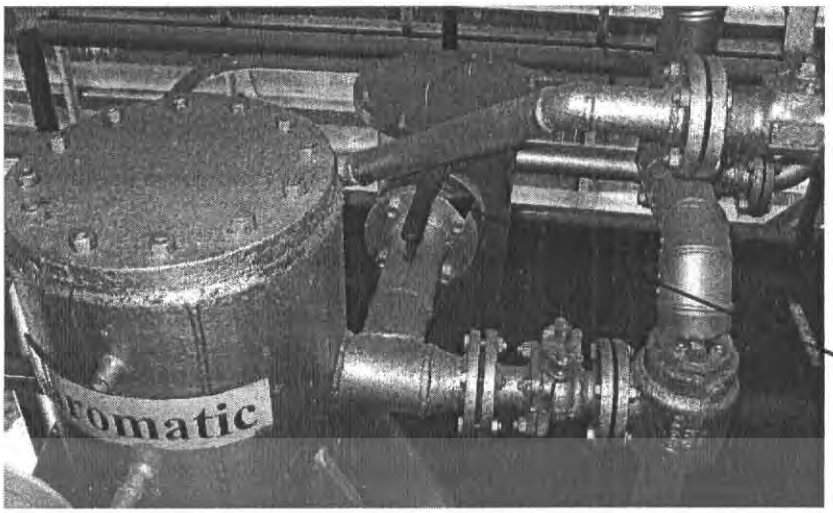
รูปที่ 4.5 การติดตั้งระบบท่อสำหรับระบบการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนที่ใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง แทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง

ก. บารอเมตริกที่ต่อกับเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ

ข. หัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ (รูปที่ 3.5 หมายเลข 23)

ค. หัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ (รูปที่ 3.5 หมายเลข 24)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 วาล์วที่ติดตั้งเพื่อเลือกใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง หรือหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง

ก. วาล์วที่ใช้เปลี่ยนระบบระหว่างการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง หรือหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง

4.5 ระยะเวลาคืนทุนเมื่อใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง แทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง ที่หอกลั่นกลีเซอรีน

จากการคำนวณระยะเวลาคืนทุนในภาคผนวก ข เมื่อเปลี่ยนใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง แทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง ที่หอกลั่นกลีเซอรีนรวมค่าติดตั้ง มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 ปี 10 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์

กระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์มีการใช้พลังงานไอน้ำจากเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในการให้ความร้อนและทำระบบความดันสุญญากาศสูงกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 10 เท่า พลังงานไอน้ำมีราคาประมาณ 3,300 บาทต่อตันผลิตภัณฑ์ และพลังงานไฟฟ้ามีราคาประมาณ 320 บาทต่อตันผลิตภัณฑ์

5.2 การเปลี่ยนระบบการทำความดันสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนจากการใช้หัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง เป็นเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง

5.2.1 สามารถนำเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง มาทำระบบสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนแทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง และทำงานร่วมกับหัวฉีดไอน้ำแบบ 2 จังหวะ 1 เครื่อง ซึ่งใช้อยู่ได้

5.2.2 การเปลี่ยนแปลงระบบการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีน พบว่าสามารถทำความดันได้ -756 มิลลิเมตรปรอท ตามต้องการ และได้กลีเซอรีนตามมาตรฐานคือมีความบริสุทธิ์มากกว่า 99.5 เปอร์เซ็นต์

5.2.3 ในกรณีที่ไฟฟ้าดับและไม่สามารถใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำได้ ระบบการทำสุญญากาศนี้ก็ยังสามารถทำงานได้โดยสลับวาล์วกลับมาใช้หัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง ที่เคยใช้อยู่

5.3 การเปรียบเทียบต้นทุนค่าพลังงานในการทำความดันสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนระหว่างการใช้หัวฉีดไอน้ำกับการใช้เครื่องสูบสุญญากาศ

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบต้นทุนค่าพลังงานระหว่างค่าพลังงานไอน้ำจากหัวฉีดไอน้ำและค่าพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำในการทำความดันสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบต้นทุนค่าพลังงานในการทำความดันสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีน ระหว่างเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำกับหัวฉีดไอน้ำ

ประเภทพลังงาน	ต้นทุนค่าพลังงาน (บาทต่อกะการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์)
พลังงานไอน้ำ	5,610.42
พลังงานไฟฟ้า	3,175.20
พลังงานที่ลดได้	2,435.22

5.4 การประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแทนหัวฉีดไอน้ำ

ต้นทุนค่าเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำและต้นทุนค่าปรับปรุงระบบท่อที่บริษัทผู้ส่งมอบเสนอราคาประมาณ 1,400,000.00 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 10 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ก่อนดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ก่อนดำเนินการ (ระหว่างเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม 2548 และ เดือนมกราคม ถึง กรกฎาคม 2549)

ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล	ไอน้ำ		ไฟฟ้า	
	ตันต่อตันผลิตภัณฑ์	บาทต่อตันผลิตภัณฑ์	กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตันผลิตภัณฑ์	บาทต่อตันผลิตภัณฑ์
พ.ศ. 2548	3.99	2,988.75	109.36	321.52
มกราคม	4.27	3,610.38	107.82	302.48
กุมภาพันธ์	4.34	3,672.01	121.30	340.31
มีนาคม	3.76	3,178.20	96.25	270.03
เมษายน	2.94	2,487.85	128.90	361.63
พฤษภาคม	5.36	4,528.84	142.69	400.32
มิถุนายน	3.53	2,981.74	98.83	277.27
กรกฎาคม	3.48	2,940.67	113.74	319.08
เฉลี่ย	3.96	3,348.50	114.86	322.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ต้นทุนค่าพลังงานการทำสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนในกระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ระหว่างการใช้หัวฉีดไอน้ำกับเครื่องสูบสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 การคำนวณต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำที่หัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง ใช้ในการทำความดันสุญญากาศ -740 มิลลิเมตรปรอท

จากข้อมูลของบริษัท ยูนิลิเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด

- ค่าพลังงานไอน้ำความดัน 14 บาร์ = 845.58 บาทต่อตันไอน้ำ
- หัวฉีดไอน้ำ 1 จังหวะ 2 เครื่อง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 มิลลิเมตร (รูปที่ 3.5 หมายเลข 23) และ 4.0 มิลลิเมตร (รูปที่ 3.5 หมายเลข 24)

1. เปลี่ยนหน่วยความดันของไอน้ำที่ใช้กับหัวฉีดไอน้ำ เพื่อใช้ในสมการ

$$\mu_{max} = 1.6484\ P_g \tag{2.3}$$

ดังนี้

$$P_g = \frac{14\ bar \left| \frac{10^5\ Pa}{1\ bar} \right| \frac{1\ kPa}{10^3\ Pa}}{}$$

$$= 1{,}400\ kPa$$

2. คำนวณอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำต่อพื้นที่หน้าตัดของหัวฉีดไอน้ำสูงสุด จากสมการที่ 2.3

$$\mu_{max} = 1.6484\ P_g$$

$$= 1.6484\ x\ 1{,}400$$

$$= 2{,}307.76\ kg/s \cdot m^2$$

3. คำนวณอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำที่หัวฉีดไอน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 และ 4.0 มิลลิเมตร จาก

$$\dot{m}_{g,\ max} = \mu_{max} A$$

เมื่อ

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดไอน้ำ (m)

ดังนั้นอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำที่หัวฉีดไอน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 มิลลิเมตรเท่ากับ

$$\dot{m}_{g,\ max} = 2{,}307.76\ kg/s \cdot m^2 \left| \frac{\pi(0.0035)^2\ m^2}{4} \right.$$

$$= 0.0222\ kg/s$$

และอัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำที่หัวฉีดไอน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.0 มิลลิเมตรเท่ากับ

$$\dot{m}_{g,\ max} = 2{,}307.76\ kg/s \cdot m^2 \left| \frac{\pi(0.0040)^2\ m^2}{4} \right.$$

$$= 0.0290\ kg/s$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำจากหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง รวม

$$\dot{m}_{g,\ \max} = 0.0222 + 0.0290 = 0.0512\ \ kg/s$$

กระบวนการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ 1 กะ ใช้เวลาเฉลี่ย 36 ชั่วโมง ดังนั้นหัวฉีดไอน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 และ 4 มิลลิเมตร ใช้ไอน้ำในการทำระบบสุญญากาศ

$$= 0.0512\ \ kg/s \left| \frac{36\ \ h}{batch} \right| \frac{60\ \ \min}{1\ \ h} \left| \frac{60\ \ s}{\min} \right.$$

$$= 6{,}635.52\ \ kg/batch$$

$$= 6.635\ \ ton/batch$$

ราคาพลังงานไอน้ำที่ใช้ต่อการผลิต

$$\frac{6.635\ \ ton}{batch} \left| \frac{845.58\ \ baht}{ton} \right. = 5{,}610.42\ \ baht/batch$$

ข.2 การคำนวณต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง ในการทำความดันสุญญากาศ -720 มิลลิเมตรปรอท

จากข้อมูลของบริษัท ยูนิลิเวอร์ ไทยโฮลดิ้งส์ จำกัด

- เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง
- กำลัง 30 กิโลวัตต์
- ค่าไฟฟ้า 2.94 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (ราคาที่บริษัทจ่าย)

ดังนั้น ค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อการผลิต 1 กะการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์

$$= 30\ \ kW \left| \frac{2.94\ \ baht}{kW \cdot h} \right| \frac{36\ \ h}{batch}$$

$$= 3{,}175.20\ \ baht/batch$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 เปรียบเทียบต้นทุนในการทำระบบสุญญากาศที่หอกลั่นกลีเซอรีนระหว่างการใช้หัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่องกับการใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง

ต้นทุนค่าพลังงานไอน้ำที่คำนวณจากสูตรโดยใช้ค่าความดันของไอน้ำที่ใช้กับหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง (ข.1) สูงกว่าต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสูตรตามค่ากำลังของเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง (ข.2)

= 5,610.42 – 3,175.20 บาทต่อกะการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์

= 2,435.22 บาทต่อกะการผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์

1 ปี บริษัทผลิตกลีเซอรีนบริสุทธิ์ประมาณ 150 กะ ดังนั้นคิดเป็นต้นทุนที่ลดลงประมาณ

= 365,283.50 บาทต่อปี

ข.4 ระยะเวลาในการคืนทุน

การคำนวณระยะเวลาคืนทุนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.7

$$n_p = \frac{PW}{NCF} \tag{2.7}$$

เมื่อ PW คือ ผลรวมของค่าเครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำและค่าติดตั้ง เท่ากับ 1,400,000.00 บาท

NCF คือ ต้นทุนค่าพลังงานที่สามารถลดได้ เท่ากับ 365,283.50 บาทต่อปี

ดังนั้น

$$n_p = \frac{1{,}400{,}000.00}{365{,}283.50}$$

= 3 ปี 10 เดือน

เมื่อใช้เครื่องสูบสุญญากาศแบบวงน้ำ 1 จังหวะ 1 เครื่อง แทนหัวฉีดไอน้ำแบบ 1 จังหวะ 2 เครื่อง ที่หอกลั่นกลีเซอรีน จะมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 ปี 10 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้