

สำนักหอสมุดและพระจอมเกล้าลาดกระบัง

การแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพ

SEPARATION OF METHANOL FROM BIODIESEL



**ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SEPARATION OF METHANOL FROM BIODIESEL



**A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN ENGINEERING (CHEMICAL ENGINEERING)**

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง
โดย

การแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพ
กฤตย์ ไทยธีระเสถียร
วิวัฒน์ นพรัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษา
ปริญญานิพนธ์

รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา)

กรรมการ

(รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ)

กรรมการ

(ดร.นริศรา ทองบุญชู)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพ
โดย	นายกฤตย์ ไทยธีระเสถียร นายวิวัฒน์ นพรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา
ปริญญานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โครงการนี้ทำการออกแบบและหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับการแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพจาก 2 วิธีการ คือ การดูดซึมด้วยอากาศ และการกลั่นแบบแฟลชโดยจำลองกระบวนการด้วยโปรแกรม HYSYS พบว่าวิธีที่เหมาะสม คือ การกลั่นแบบแฟลช จากนั้นได้ออกแบบและสร้างเครื่องแฟลชที่สามารถแยกเมทานอลจากน้ำมันดีเซลชีวภาพที่มีเมทานอลความเข้มข้น 1-3% โดยน้ำหนัก ให้เหลือความเข้มข้นไม่เกิน 0.5% โดยน้ำหนัก โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส ความดัน 40 และ 80 มิลลิเมตรปรอท ที่อัตราการป้อนน้ำมันดีเซลชีวภาพ 100 ลิตรต่อชั่วโมง พบว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความดัน 40 มิลลิเมตรปรอท สามารถควบแน่นเมทานอลได้ 64 % โดยน้ำหนักของเมทานอลในสารป้อน มีปริมาณเมทานอลเหลืออยู่ในน้ำมันดีเซลชีวภาพที่แฟลชได้ 0.33% โดยน้ำหนัก และมีการสูญเสียเมทานอลจากการแฟลชประมาณ 18%

Report Title Separation of Methanol from Biodiesel
By Mr. Krit Thaiteerasathean
 Mr. Wittawat Nopparat
Advisor Assoc.Dr. Prakob Kitchaiya
Report for Bachelor Degree of Chemical Engineering
 Department of Chemical Engineering
 Faculty of Engineering
 King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

This project is to design and determine an appropriate method to separate methanol from biodiesel by air stripping and flash distillation using the HYSYS program. From the simulation results, the flash distillation was turned out as the potential process. A flash distillation column, which could separate methanol from the biodiesel of which the methanol content was about 1-3 wt%, was constructed to have methanol left in the flashed biodiesel less than 0.5 wt%. The experiments were performed by varying flashing temperature of 70 and 80°C, and pressure of 40 and 80 mmHg at biodiesel a flow rate of 100 l/h. At 70°C and 40 mmHg, the yield of condensed methanol was 64%, the methanol left in the flashed biodiesel was 0.33%, and the methanol loss was 18%.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย
คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ทุน
สนับสนุนการทำวิจัยนี้

รศ. ดร.ประกอบ กิจไชยา อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหา
ต่างๆ และให้กำลังใจในการทำโครงการตลอดระยะเวลาที่ทำโครงการนี้ รศ.ดร.อัญชลีพร
วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ และ ดร.นริศรา ทองบุญชู กรรมการสอบที่ช่วยแก้ไขปริญญาานิพนธ์ให้
สมบูรณ์ขึ้น

อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ อบรมสั่งสอนและให้คำแนะนำตลอด
ระยะเวลาที่ศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คุณพิสันต์ ผล โพร้ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ที่ช่วยให้
คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในจัดหาเครื่องมือในการทำการทดลอง

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้ความรักและกำลังใจเสมอมา

หากมีสิ่งผิดพลาดประการใดในปริญญาานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้

กฤตย์ ไทยธีระเสถียร
วิวัฒน์ นพรัตน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สัญลักษณ์.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	3
2.1 การดูดซึม.....	3
2.2 การเฟลช.....	7
2.3 โปรแกรมที่ช่วยในการออกแบบ.....	9
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน.....	12
3.1 การออกแบบ.....	12
3.1.1 การใช้โปรแกรม HYSYS ประเมินวิธีการดำเนินงาน.....	12
3.1.2 การออกแบบเครื่องเฟลช.....	13
3.2 ขั้นตอนการทดสอบหามอดูลในน้ำมันดีเซลชีวภาพ.....	13
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและอภิปรายผล.....	16
4.1 ผลการดำเนินงานจากโปรแกรม HYSYS.....	16
4.1.1 แบบจำลองการดูดซึมด้วยอากาศ.....	16
4.1.2 แบบจำลองการเฟลช.....	17
4.2 การออกแบบส่วนประกอบของเครื่องเฟลช.....	20
4.3 การประกอบส่วนต่างๆ ของเครื่องเฟลช.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแฟลช.....	28
4.5 การทดสอบการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันดีเซลชีวภาพหลังการแฟลช.....	32
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	34
เอกสารอ้างอิง.....	36

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลจำเพาะของสารเคมี.....	38
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ.....	39



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	ลักษณะกระบวนการดูดซึมชนิดการไหลแบบทางเดียวกันและการไหลแบบสวนทางกัน	4
รูปที่ 2.2	แผ่นรองวัสดุบรรจุชนิด Multi-beam gas injection support plate	5
รูปที่ 2.3	แผ่นรองวัสดุบรรจุชนิด Grid-type support plate	5
รูปที่ 2.4	ตัวกระจายของเหลว	6
รูปที่ 2.5	ลักษณะอย่างง่ายของเครื่องแฟลช	8
รูปที่ 2.6	การเลือกองค์ประกอบของสารในกระบวนการ	10
รูปที่ 2.7	การเลือก Fluid package	10
รูปที่ 3.1	วิธีดำเนินงาน	12
รูปที่ 3.2	ถ้วยสแตนเลสหน้ากว้าง	14
รูปที่ 3.3	เครื่องวัดความหนืดแบบ Cannon fenske	15
รูปที่ 4.1	การออกแบบเบื้องต้นของหอดูดซึมแบบบรรจุ	16
รูปที่ 4.2	ภาวะขาออกของผลิตภัณฑ์	17
รูปที่ 4.3	การออกแบบเบื้องต้นของเครื่องแฟลช	18
รูปที่ 4.4	การกำหนดภาวะของน้ำมันดีเซลชีวภาพขาเข้า	18
รูปที่ 4.5	ภาวะของผลิตภัณฑ์เฟสของเหลวขาออก	19
รูปที่ 4.6	ภาวะของผลิตภัณฑ์เฟสไอขาออก	19
รูปที่ 4.7	ภาวะของเมทานอลที่ต้องการควบแน่น	20
รูปที่ 4.8	ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องแฟลช	24
รูปที่ 4.9	ถังบรรจุสารป้อน	25
รูปที่ 4.10	ถังเก็บผลิตภัณฑ์ (น้ำมันดีเซลชีวภาพที่แฟลชแล้ว)	25
รูปที่ 4.11	เครื่องแฟลช	26
รูปที่ 4.12	เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	26
รูปที่ 4.13	ปั๊มสุญญากาศ	27
รูปที่ 4.14	ถังเก็บผลิตภัณฑ์ (เมทานอล)	27
รูปที่ 4.15	เครื่องทำความเย็น	27

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.16	แผนภูมิเปรียบเทียบสัดส่วน โดยน้ำหนักของเมทานอลในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ เมทานอลที่อยู่ในน้ำมันและที่สูญเสียไปกับการเฟลชที่ภาวะต่างๆ: 1 และ 2 คืออุณหภูมิ 70 °ซ ความดัน 40 และ 80 มม.ปรอท ตามลำดับ 3 และ 4 คืออุณหภูมิ 80 °ซ ความดัน 40 และ 80 มม.ปรอท ตามลำดับ.....	31
รูปที่ ข.1	รูปแบบและภาวะการคำนวณของเครื่องควบแน่นไอเมทานอล.....	41
รูปที่ ข.2	รูปแบบและภาวะการคำนวณของเครื่องทำความเย็น.....	43
รูปที่ ข.3	รูปแบบของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่นำมาใช้งานจริง.....	47



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำกับอุณหภูมิของน้ำขาออก.....	21
ตารางที่ 4.2 การออกแบบเครื่องทำความเย็น.....	22
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเฟลชที่อุณหภูมิ 70 °ซ ความดัน 40 มม.ปรอท.....	28
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเฟลชที่อุณหภูมิ 70 °ซ ความดัน 80 มม.ปรอท.....	29
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองเฟลชที่อุณหภูมิ 80 °ซ ความดัน 40 มม.ปรอท.....	29
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองเฟลชที่อุณหภูมิ 80 °ซ ความดัน 80 มม.ปรอท.....	30
ตารางที่ 4.7 ตารางสรุปผลการทดลอง.....	30
ตารางที่ 4.8 ค่าความหนืดของน้ำมันดีเซลชีวภาพ.....	33
ตารางที่ 4.9 ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันดีเซลชีวภาพ.....	33
ตารางที่ ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนกับอัตราการไหลของน้ำ.....	43
ตารางที่ ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนกับพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน.....	44
ตารางที่ ข.3 ความสัมพันธ์ของพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนกับความยาวของท่อ	45

คำอธิบายสัญลักษณ์

A	=	พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)
C_p	=	ความจุความร้อนจำเพาะ ($kJ/kg\ ^\circ C$)
C_{NaOH}	=	ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (mol/L)
D	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (cm)
F	=	สารป้อน
K_f	=	ค่าคงที่การกระจาย
L	=	จำนวน โมลของของเหลวที่แยกได้
La	=	ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (kJ/kg)
l	=	ความยาวของท่อ (cm)
\dot{m}	=	อัตราการไหลของน้ำมันดีเซลชีวภาพ (kg/h)
\dot{m}_{H_2O}	=	อัตราการไหลของน้ำ (kg/h)
\dot{m}_M	=	อัตราการไหลของเมทานอล (kg/h)
n	=	จำนวนท่อ
Q	=	พลังงานความร้อน (kJ)
\dot{Q}	=	อัตราการถ่ายเทความร้อน (kJ/h)
R	=	ค่าคงที่ของแก๊ส ($J/mol\ K$)
t	=	เวลา (s)
T_{M1}	=	อุณหภูมิของเมทานอลขาเข้า ($^\circ C$)
T_{M2}	=	อุณหภูมิของเมทานอลขาออก ($^\circ C$)
T_{C1}	=	อุณหภูมิของสารทำความเย็นขาเข้า ($^\circ C$)
T_{C2}	=	อุณหภูมิของสารทำความเย็นขาออก ($^\circ C$)
T_{h1}	=	อุณหภูมิของน้ำขาเข้า ($^\circ C$)
T_{h2}	=	อุณหภูมิของน้ำขาออก ($^\circ C$)
T_{lm}	=	log mean temperature difference ($^\circ C$)
ΔT	=	ผลต่างของอุณหภูมิ ($^\circ C$)
U	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ($W / m^2\ ^\circ C$)
V	=	จำนวน โมลของไอเมทานอลที่แยกได้
V_{NaOH}	=	ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ml)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

W_{oil}	=	น้ำหนักของน้ำมันดีเซลชีวภาพ (g)
x_i	=	สัดส่วนโมลขององค์ประกอบ i ในของเหลว L
y_i	=	สัดส่วนโมลขององค์ประกอบ i ในไอ V
Z_i	=	สัดส่วนโมลขององค์ประกอบ i ในสารป้อน F
μ	=	ความหนืด (cSt)



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการวิจัย

ในปัจจุบันมีการนำน้ำมันดีเซลชีวภาพมาใช้เป็นพลังงานทดแทนกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งในกระบวนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพนั้นจะต้องใช้เมทานอลทำปฏิกิริยากับน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ในปริมาณมากเกินไป เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ คือ น้ำมันดีเซลชีวภาพและผลิตภัณฑ์พลอยได้คือ กลีเซอริน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะแบ่งชั้นออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนบนมีปริมาณของเมทิลเอสเทอร์หรือเอทิลเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบหลัก และส่วนล่างมีปริมาณของกลีเซอรินเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งในส่วนบนจะมีปริมาณมากกว่าส่วนล่าง แต่เนื่องจากมีการใช้เมทานอลที่มากเกินไปจึงมีเมทานอลเหลือจากการทำปฏิกิริยาคั่งค้างในน้ำมันดีเซลชีวภาพประมาณ 1-3 % โดยน้ำหนัก จึงจำเป็นต้องแยกเมทานอลออกจากผลิตภัณฑ์และนำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพอีกทางหนึ่ง สำหรับโครงการนี้สนใจศึกษาหาแนวทางในการแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพที่มีปริมาณเมทานอลละลายอยู่ 1-3% โดยน้ำหนัก ให้เหลือน้ำมันดีเซลชีวภาพที่มีปริมาณเมทานอลละลายอยู่น้อยกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก และสามารถนำเมทานอลที่แยกได้กลับมาเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพ

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจทฤษฎีที่เกี่ยวกับกระบวนการแยกสาร
- 1.2.2 เพื่อให้ได้น้ำมันดีเซลชีวภาพที่มีเมทานอลน้อยกว่า 0.5 % โดยน้ำหนัก
- 1.2.3 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกระบวนการแยกสาร
- 1.2.4 เพื่อให้ทราบสมรรถนะของกระบวนการแยกสารต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้จะทำการแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพเพื่อให้ได้น้ำมันดีเซลชีวภาพที่มีปริมาณเมทานอลน้อยกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก ซึ่งโครงการนี้พิจารณากระบวนการแยกสาร 2 วิธี คือ การดูดซึมและการเฟลซ เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับการแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.4.1 มีความรู้ความเข้าใจในทฤษฎีและหลักการแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพ
- 1.4.2 มีความรู้ความเข้าใจถึงหลักการของกระบวนการแยกสาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

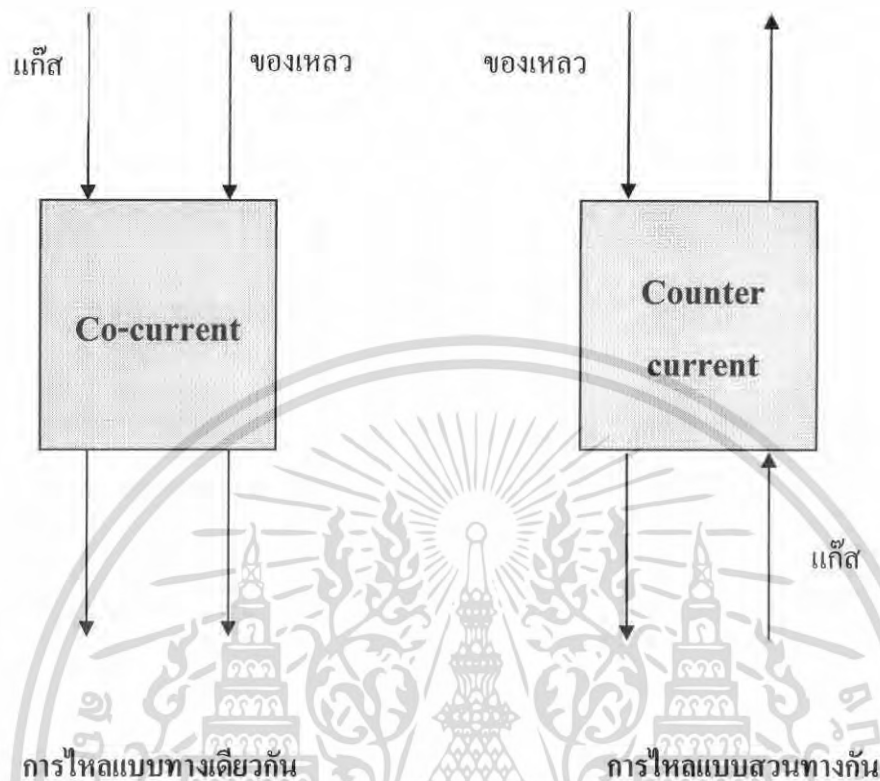
บทที่ 2

ทฤษฎี

กระบวนการแยกสารที่มีความสำคัญอย่างมากไม่เพียงแต่การแยกเมทานอล ออกจากน้ำมัน ดีเซลชีวภาพเท่านั้น สำหรับกระบวนการแยกทางอุตสาหกรรมก็มีความจำเป็นอย่างยิ่งเช่นกัน กระบวนการแยกสารแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือการแยกโดยอาศัยสมบัติทางกายภาพที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายจากรูปร่างลักษณะเช่น ขนาด สี รูปร่าง จุดเดือด จุดหลอมเหลว และโดยอาศัยสมบัติทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบภายในของสารและการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น มีขี้ไม่ขี้ จากสมบัติทั้งสองนี้ จึงทำให้เกิดวิธีการแยกสาร เช่น การกลั่น การสกัด การตกผลึก การดูดซับ การดูดซึม การแยกโดยใช้เยื่อเลือกผ่าน การแฟลช เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเน้นที่การดูดซึมและการแฟลช [1]

2.1 การดูดซึม [2-3]

กระบวนการดูดซึมที่พิจารณาเป็นทางเลือกนั้น จะเป็นลักษณะหอบบรรจุ (Packed column) ทรงกระบอก ภายในบรรจุวัสดุบรรจุชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเฟสไอและเฟสของเหลว โดยการดูดซึมมีหลักการสำคัญคือ แก๊สที่ต้องการแยกสามารถละลายเข้าไปในของเหลวได้ดีกว่าแก๊สผสมอื่น ลักษณะของหอดูดซึมมีทั้งแบบไหลสวนทางกัน (Counter current flow) และไหลแบบทางเดียวกัน (Co-current flow) แต่ส่วนมากนิยมใช้แบบไหลสวนทางกัน เพราะการไหลแบบสวนทางกันจะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าการไหลแบบทางเดียวกัน การไหลแบบสวนทางนั้นของเหลวจะไหลจากด้านบนของหอบบรรจุ โดยจะมีตัวกระจาย (Distributor) ทำหน้าที่กระจายให้ของเหลวไหลลงมาอย่างทั่วถึง และแก๊สจะถูกป้อนเข้าทางด้านล่างของหอ โดยทั้งของเหลวและแก๊สจะสัมผัสกันและทำให้เกิดการถ่ายเทมวลระหว่างกันดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะกระบวนการดูดซึมชนิดการไหลแบบทางเดียวกันและการไหลแบบสวนทางกัน

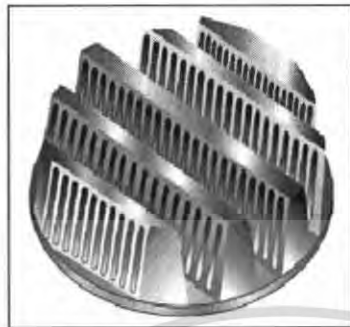
ส่วนประกอบภายในหอบรรจุ

1. แผ่นรองวัสดุบรรจุ (Packing support) [4]

ทำหน้าที่รับน้ำหนักของวัสดุบรรจุทั้งวัสดุชนิดบรรจุแบบสุ่ม (Random or dumped packing) และชนิดโครงสร้าง (Structured packing) แผ่นรองวัสดุบรรจุมีหลายชนิด เช่น

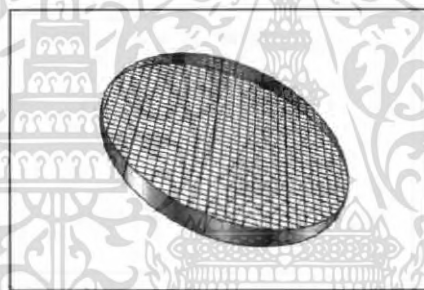
ก. Multi-beam gas injection support plate (APS-IS) เหมาะสำหรับวัสดุบรรจุชนิดบรรจุแบบสุ่ม มีลักษณะเป็นช่องนูนขึ้นมาหลายๆ ช่อง โดยที่ช่องทางการไหลของแก๊สและของเหลวแยกออกจากกันดังรูปที่ 2.2 ทำให้เกิดความดันลดต่ำและโอกาสเกิดการท่วมคอลัมน์น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แผ่นรองวัสดุบรรจุชนิด Multi-beam gas injection support plate (APS-IS) [4]

ข. Grid-type support plate (APS-GS) ช่วยป้องกันการเสียรูปและการเลื่อนไถลของวัสดุบรรจุ โดยที่ช่องทางการไหลของแก๊สและของเหลวเป็นช่องเดียวกันมีลักษณะดังรูปที่ 2.3

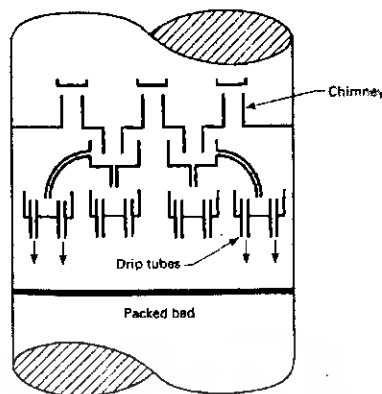


รูปที่ 2.3 แผ่นรองวัสดุบรรจุชนิด Grid-type support plate (APS-GS) [4]

2. ตัวกระจายของเหลว (Liquid distributor) [5]

ทำหน้าที่กระจายของเหลวบนวัสดุบรรจุอย่างทั่วถึงเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่สูงในหอบรรจุ ตัวกระจายของเหลวมีหลายแบบ มีหลักการทำงาน โดยของเหลวจะอยู่บนช่องกระจายของเหลวและจะไหลผ่านช่องการไหลดังรูปที่ 2.4 ส่วนแก๊สจะไหลสวนทางขึ้นมา ปัญหาที่มักพบบ่อยๆ คือการเพิ่มขึ้นของความดันลดซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มขนาดของช่องการไหล อย่างไรก็ตามการเพิ่มขนาดของช่องการไหลจะทำให้ประสิทธิภาพของถ่ายเทมวลระหว่างเฟสลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ตัวกระจายของเหลว [5]

3. ตัวกระจายของเหลวใหม่ (Liquid redistributor)

เมื่อมีการป้อนของเหลวเข้าหอบรรจุ ของเหลวจะไหลลงโดยแรงโน้มถ่วงของโลกในแนวตั้งผ่านวัสดุบรรจุลงสู่ก้นหอบรรจุ ลักษณะของหอบรรจุนั้นจะมีช่องว่างระหว่างวัสดุบรรจุกับผนังของหอบรรจุมากกว่าบริเวณที่เป็นวัสดุบรรจุอย่างเดียวนั้น ดังนั้นของเหลวส่วนใหญ่จะไหลผ่านวัสดุบรรจุไปได้ระยะหนึ่งก็จะไหลไปตามผนังท่อแทนการไหลผ่านวัสดุบรรจุที่อยู่ตรงกลาง จึงจำเป็นที่จะต้องมิตัวกระจายของเหลวใหม่เพื่อให้ของเหลวกลับมาไหลผ่านวัสดุบรรจุอีกครั้ง

4. แผ่นทับหน้า (Hold – down plate)

ที่ค่าอัตราการไหลของแก๊สสูงๆ พบว่าวัสดุบรรจุเกิดการลอยตัวขึ้นสู่ด้านบนของหอบรรจุในลักษณะฟลูอิดไอเซชัน (Fluidization) ภายใต้อาการเช่นนี้ วัสดุบรรจุประเภทเซรามิกอาจลอยขึ้นแล้วตกลงมาแตกได้ หรือวัสดุบรรจุประเภทโลหะหรือพลาสติกอาจลอยออกจากคอลัมน์จึงจำเป็นต้องมีแผ่นทับหน้าวางอยู่บนเบด

ลักษณะของวัสดุบรรจุที่ดี [3]

1. ควรมีพื้นที่ผิวสัมผัส (Interfacial area) สำหรับวัฏภาคที่สัมผัสกันมาก คือมีค่าพื้นที่ที่เปียกของของเหลวต่อปริมาตรของหอบรรจุมาก
2. ควรมีปริมาตรช่องว่าง (Void volume) มากพอสมควร คือให้ของไหลทั้งสองไหลผ่านกันได้สะดวกไม่เกิดความดันตกมากเกินไป
3. อายุการใช้งานนาน ไม่สึกหรอง่าย สามารถทนต่อภาวะการทำงานได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ควรมีราคาไม่แพง มีรูปร่างที่เหมาะสมต่อการใช้งาน
5. ควรมีความหนาแน่นต่ำ เพราะวุ้นในหอบรรจุที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักของวัสดุจะมากซึ่งมีผลต่อการค้าหอบรรจุ

วัตถุประสงค์ของการใช้วัสดุบรรจุ

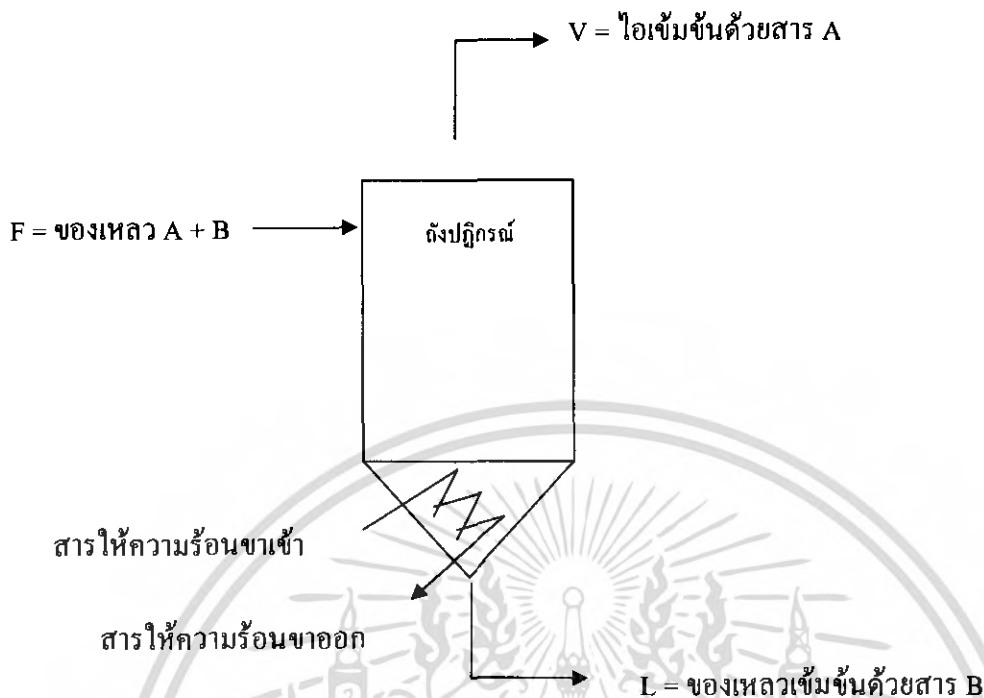
1. เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้มีค่ามากที่สุด โดยพบว่าประสิทธิภาพการแยกสารจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของวัสดุมีค่าลดลง
2. เพื่อช่วยให้ของเหลวและแก๊สมีการกระจายไปบนพื้นที่ผิวอย่างทั่วถึง
3. เพื่อช่วยให้ของเหลวและแก๊สมีพื้นที่ในการสัมผัสมากขึ้น จึงทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการถ่ายเทมวลสารของสองวัฏภาค

2.2 การแฟลช [6-7]

การแฟลชเป็นการแยกสารที่ผสมกันอยู่ในวัฏภาคของเหลวโดยอาศัยความแตกต่างของความดันไอย่อยของสารแต่ละสารที่ผสมกันอยู่ ความดันไอย่อยที่ต่างกันนี้จะส่งผลให้อัตราการระเหยของสารไม่เท่ากันภายใต้ภาวะเดียวกัน โดยที่เครื่องแฟลชนั้นจะถูกควบคุมอุณหภูมิและความดันให้เหมาะสมกับภาวะที่ทำให้สารที่ต้องการแยกระเหยเป็นไอได้ง่าย และสารอีกตัวมีอัตราการระเหยเป็นไอได้น้อยๆ ลักษณะของเครื่องแฟลชแสดงดังรูปที่ 2.5

พลังงานจลน์ของการถ่ายเท (Kinetics energy of translation) เป็นพลังงานที่ทำให้แก๊สแพร่กระจายไปทั่วปริมาตร พลังงานนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ นอกจากนี้โมเลกุลของแก๊สยังมีแรงดึงดูดระหว่างกัน (Force of attraction) ซึ่งแรงนี้ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างโมเลกุล หากมีการเพิ่มอุณหภูมิให้กับของเหลวจนกระทั่งโมเลกุลของของเหลวมีพลังงานสูงพอที่จะเอาชนะพลังงานภายในมวลของของเหลวที่นั้น ระยะห่างระหว่างโมเลกุลจะเพิ่มขึ้น และโมเลกุลของของเหลวจะหลุดออกจากผิวของของเหลวเรียกว่า การระเหย ในทางกลับกันถ้าลดระยะห่างระหว่างโมเลกุลโดยการเพิ่มความดัน ทำให้โมเลกุลเข้ามารวมตัวกันอย่างหนาแน่นจะเกิดการควบแน่นขึ้นกลายเป็นวัฏภาคของเหลวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ลักษณะอย่างง่ายของเครื่องแฟลช

หลักการคำนวณการแฟลช (Flash calculation) มีดังนี้

กำหนดให้

- F = สารป้อน
- Z_i = สัดส่วนโมลขององค์ประกอบ i ในสารป้อน F
- V = จำนวนโมลของไอที่แยกได้
- L = จำนวนโมลของของเหลวที่แยกได้
- y_i = สัดส่วนโมลขององค์ประกอบ i ในไอ V
- x_i = สัดส่วนโมลขององค์ประกอบ i ในของเหลว L

เมื่อทำดุลมวลสารทั้งหมดจะได้ว่า

$$F = V + L \quad \text{----- (2.1)}$$

และเมื่อพิจารณาการดุลมวลขององค์ประกอบของสาร i

$$Z_i F = y_i V + x_i L \quad \text{----- (2.2)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนสมการที่ 2.1 ลงในสมการที่ 2.2 จะได้ว่า

$$Z_i F = x_i L \left[1 + \frac{y_i V}{x_i L} \right] \text{-----}(2.3)$$

และแทนค่าคงที่การกระจาย (Distribution factor, $K_i = \frac{y_i}{x_i}$) จะได้ว่า

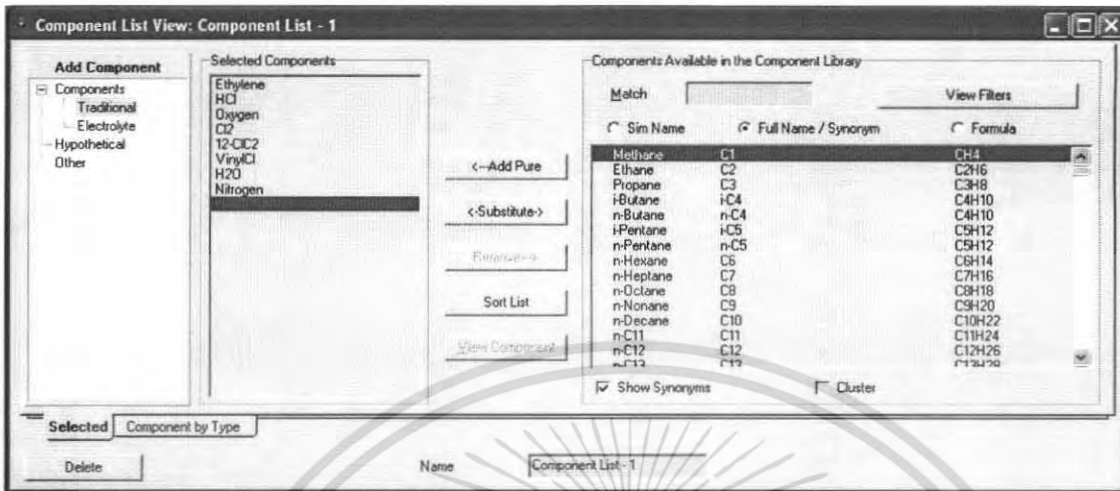
$$Z_i F = x_i L \left[1 + \frac{V}{L} K_i \right] \text{-----}(2.4)$$

$$x_i L = \frac{Z_i F}{1 + K_i \frac{V}{L}} \text{-----}(2.5)$$

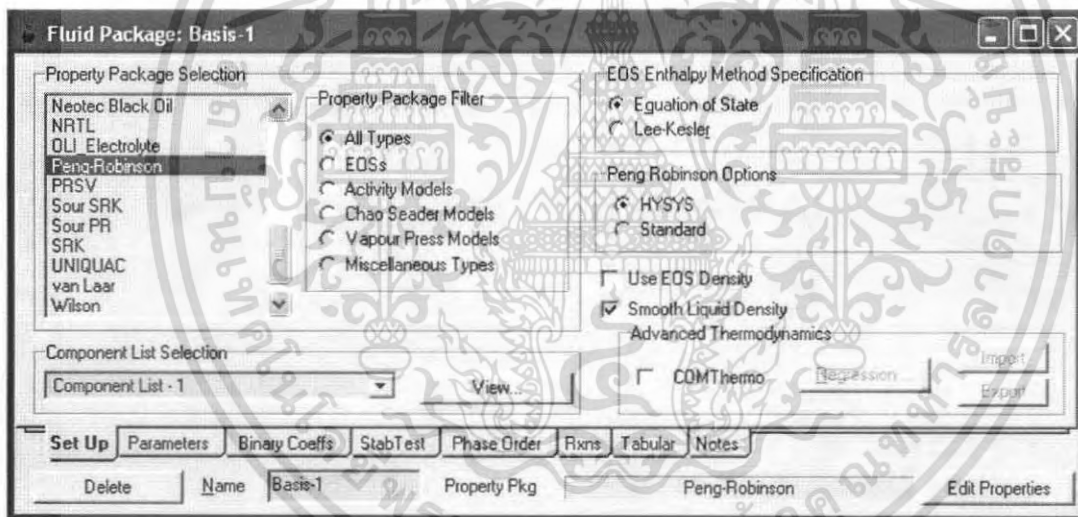
2.3 โปรแกรมที่ช่วยในการออกแบบ

ในการออกแบบกระบวนการทางเคมีต่างๆ นั้นไม่จำเป็นต้องใช้การคำนวณด้วยมือทั้งหมด เพราะในปัจจุบันมีวิธีที่สามารถช่วยให้วิศวกรทำการออกแบบและศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับกระบวนการได้อย่างสะดวกรวดเร็ว นั่นคือการใช้โปรแกรมจำลองกระบวนการเช่น Pro II, HYSYS เป็นต้น

HYSYS เป็นโปรแกรมจำลองกระบวนการที่ใช้งานง่าย มีรูปแบบการนำเสนอที่สวยงาม สามารถจำลองการทำงานของอุปกรณ์ได้หลากหลายตั้งแต่ระบบท่อ เครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบต่างๆ จนถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกสารต่างๆ เช่น หอกั่น หอดูดซึม เป็นต้น ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม HYSYS เริ่มจากการเลือกองค์ประกอบและชนิดของสารเคมีดังรูปที่ 2.6 การเลือก Fluid package ดังรูปที่ 2.7 ซึ่งคือชุดของสมการสถานะและสมการต่างๆ ใช้ในการหาสมบัติของสารเคมี ถ้าในกระบวนการที่ต้องการจำลองมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นต้องทำการกำหนดรายละเอียดของปฏิกิริยาเคมีด้วยหลังจากนั้นจึงค่อยทำการจำลองกระบวนการต่อไป



รูปที่ 2.6 การเลือกองค์ประกอบของสาร ในกระบวนการ



รูปที่ 2.7 การเลือก Fluid package

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [8]

การบำบัด MTBE ด้วยวิธีการดูดซึมด้วยอากาศ การดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์และการออกซิเดชัน

J. Sutherland และคณะ ได้ศึกษาการบำบัด MTBE จากแหล่งน้ำใต้ดิน 5 แหล่ง ด้วยวิธีการดูดซึมด้วยอากาศ การดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์ การออกซิเดชันด้วย O_3/H_2O_2 และการออกซิเดชันด้วย UV/H_2O_2 การดูดซึมด้วยอากาศมีค่าใช้จ่ายต่ำโดยทำที่อัตราการไหลของน้ำที่สูงประมาณ 3,800 l/min แต่ความสูงของหอดูดซึมก็มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดคือหอที่มีความสูงมากจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดมาก แต่ค่าใช้จ่ายในการสร้างหอยจะสูงตาม ที่อัตราการไหลต่ำประมาณ 38 l/min การบำบัดด้วยวิธีออกซิเดชันจะให้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำสำหรับการทดลองของน้ำจาก 4 ใน 5 แหล่ง ทั้งการออกซิเดชันด้วย O_3/H_2O_2 และการออกซิเดชันด้วย UV/H_2O_2 จะมีประสิทธิภาพมากในภาวะของน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 7 ถึง 9 ส่วนการดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์พบว่าประสิทธิภาพการดูดซับสูงที่ทุกๆ ภาวะ ผลการทดลองเป็นแนวทางในการเลือกวิธีบำบัด MTBE ออกจากน้ำในแหล่งน้ำใต้ดิน

บทที่ 3

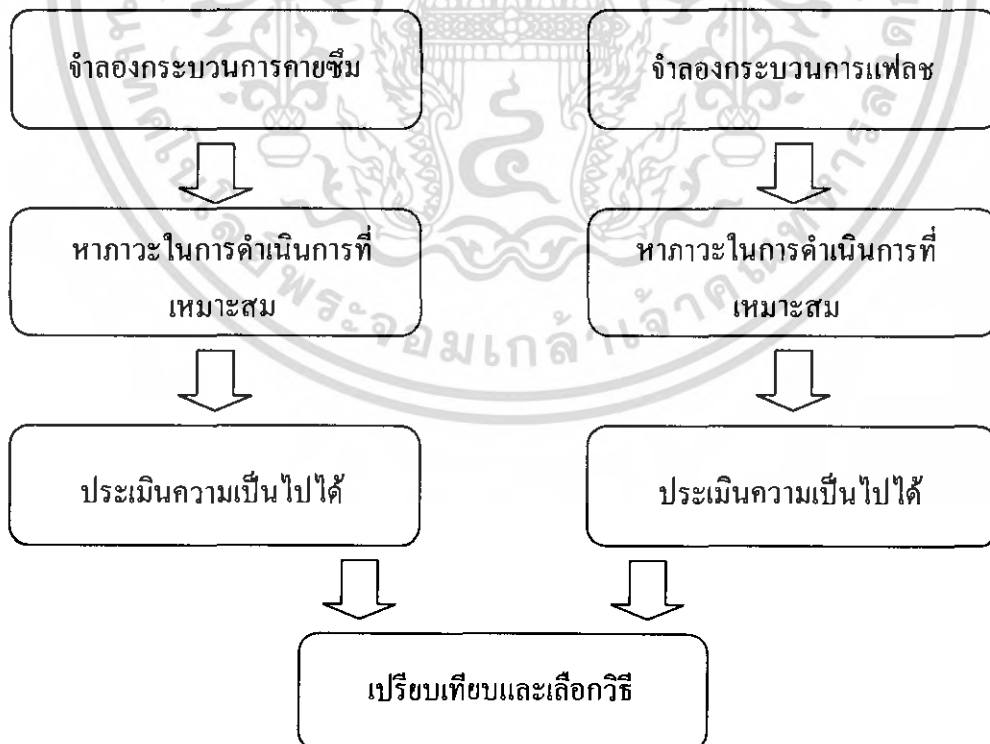
วิธีดำเนินงาน

3.1 การออกแบบ

ในการออกแบบเบื้องต้นจะจำลองกระบวนการดูดซึมและการแฟลชด้วยโปรแกรม HYSYS เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพให้เหลือเมทานอลความเข้มข้นน้อยกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก จากนั้นประเมินหาวิธีที่เหมาะสมแล้วทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องมือที่สร้าง

3.1.1 การใช้โปรแกรม HYSYS ประเมินวิธีการดำเนินงาน

จากการศึกษาพบว่าวิธีที่จะทำการแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การดูดซึมโดยอากาศ และการแฟลช แล้วประเมินหาวิธีที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรม HYSYS จำลองกระบวนการ วิธีดำเนินงานเบื้องต้นแสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งจากผลการประเมินนั้นพบว่าการแฟลชเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกกว่าวิธีการดูดซึม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้การแฟลชแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพ



รูปที่ 3.1 วิธีดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบเครื่องแฟลช

การออกแบบเครื่องแฟลชจากแบบจำลองของโปรแกรม HYSYS โดยการคำนวณหาพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องทำความเย็นและเครื่องควบแน่น ไอเมทานอลเพื่อควบแน่นเมทานอลให้กลับมาเป็นของเหลวทั้งหมดก่อนจะนำกลับมาเป็นสารตั้งต้นใหม่

3.2 ขั้นตอนการทดสอบหามেথানอลในน้ำมันดีเซลชีวภาพ

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์

1. เครื่อง Flash drum
2. นาฬิกาจับเวลา
3. บีเปิด
4. บีกเกอร์
5. กระจกตวง
6. เทอร์โมมิเตอร์
7. ท่อน้ำและสายยาง
8. ถ้วยสเตนเลสหน้ากว้าง
9. ตู้อบ
10. เครื่องวัดความหนืดแบบ Cannon fenske

สารเคมี

11. น้ำมันดีเซลชีวภาพ
12. น้ำ
13. เมทานอล 1000 ppm
14. ซิลิกาเจล

ตอนที่ 1 การทดลองหาความเข้มข้นของเมทานอลหลังจากผ่านกระบวนการแฟลช

1. เตรียมน้ำมันดีเซลชีวภาพในหม้อต้มให้มีอุณหภูมิที่ต้องการแฟลชคือ 70 °ซ
2. ฉีดน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ต้มแล้วเข้าเครื่องแฟลช ด้วยอัตราการไหล 100 ลิตร/ชั่วโมง พร้อมทั้งลดความดันในเครื่องแฟลชให้เหลือ 40 มม.ปรอท เพื่อให้แฟลชได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เก็บตัวอย่างน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผ่านการแฟลชแล้วไปหาความเข้มข้นของเมทานอล
4. ทำการทดลองซ้ำโดยให้อุณหภูมิเข้าเท่าเดิมคือ 70°C แต่เปลี่ยนความดันในเครื่องแฟลช เป็น 80 มม.ปรอท
5. ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนอุณหภูมิเข้าเป็น 80°C แล้วทำการทดลองที่ความดัน 40 มม.ปรอท และ 80 มม.ปรอท สังเกตผล
6. เปรียบเทียบผลการทดลอง

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณเมทานอลที่ละลายอยู่ในน้ำมันดีเซลชีวภาพ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)

1. นำน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ได้จากการแฟลชเทไล่ด้วยสแตนเลสหน้ากว้างซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.2 ประมาณ 5 กรัม ชั่งน้ำหนัก จดบันทึกผล
2. นำไปอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. นำน้ำมันดีเซลชีวภาพ ที่อบแล้วมาทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้นที่บรรจุซิลิกาเจลเป็นเวลา 30 นาที
4. นำน้ำมันดีเซลชีวภาพ มาชั่งหาน้ำหนักที่หายไป ซึ่งน้ำหนักที่หายไปจะอนุมานว่าเป็น เมทานอล



รูปที่ 3.2 ถ้วยสแตนเลสหน้ากว้าง

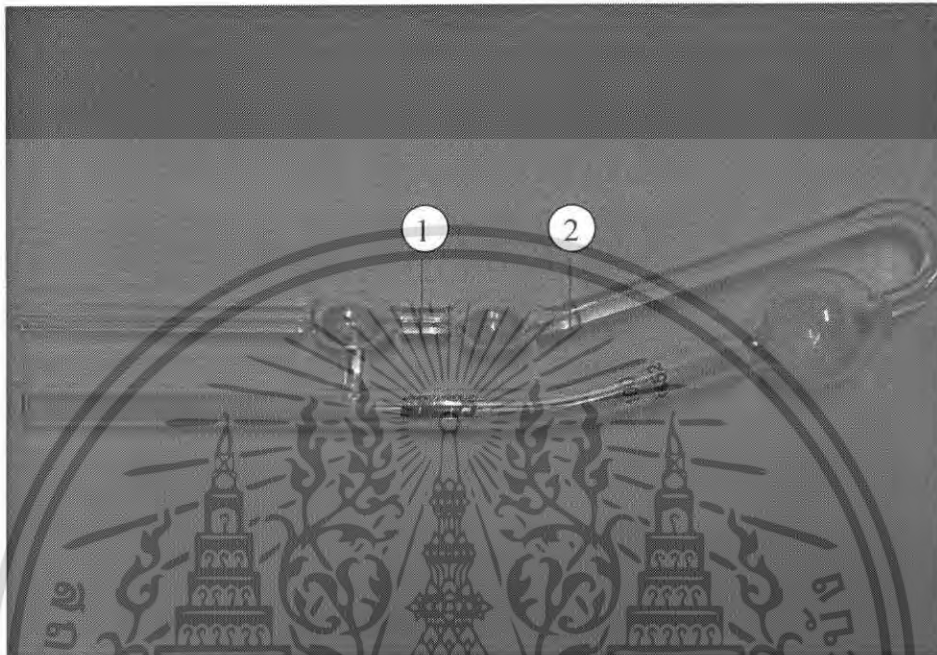
ตอนที่ 3 การทดสอบการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันดีเซลชีวภาพหลังการแฟลช ประกอบด้วย

ก. การหาค่าความหนืด

1. ใส่น้ำมันดีเซลชีวภาพลงในเครื่องวัดความหนืด
2. จับเวลาเมื่อน้ำมันดีเซลชีวภาพเริ่มผ่านจากตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 2 ดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำเวลาที่ได้ออกไปคูณกับค่าคงที่ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ข



รูปที่ 3.3 เครื่องวัดความหนืดแบบ Cannon fenske

- ข. การหาค่าครดไขมันอิสระในน้ำมันดีเซลชีวภาพ [9]
1. นำเอทานอลที่ทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสเป็นกลางมาผสมกับน้ำมันดีเซลชีวภาพ ตัวอย่างตามที่กำหนดแล้วเติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2 มิลลิลิตร
 2. นำมาไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.102 โมลาร์ ตามที่กำหนด สารละลายจะกลายเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต
 3. นำปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้ไปหาปริมาณกรดไขมันอิสระซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

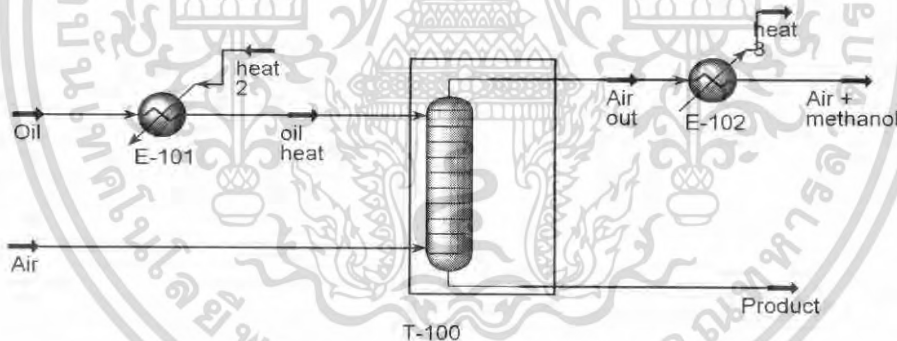
บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการอภิปรายผล

4.1. ผลการดำเนินงานจากโปรแกรม HYSYS

4.1.1 แบบจำลองการดูดซึมด้วยอากาศ

แบบจำลองการดูดซึมด้วยอากาศด้วยโปรแกรม HYSYS ทำให้ทราบหน่วยปฏิบัติการที่ต้องใช้ต่างๆ ดังนี้ คือ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 2 เครื่อง และหอดูดซึมแบบบรรจุ 1 หอ แบบจำลองของหอดูดซึมแสดงในรูปที่ 4.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเครื่องที่ 1 คือ E-101 ทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่น้ำมันดีเซลชีวภาพที่อุณหภูมิ 25°C ให้เป็น 50°C ก่อนเข้าสู่หอดูดซึม สำหรับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเครื่องที่ 2 คือ E-102 ทำหน้าที่ในการควบแน่นเมทานอลที่แยกออกมาจากน้ำมันดีเซลชีวภาพให้อยู่ในรูปของของเหลวเพื่อนำกลับมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพอีกครั้ง ภาพขาวอกของผลิตภัณฑ์แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 การออกแบบเบื้องต้นของหอดูดซึมแบบบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stream Name	Air + methanol
Vapour / Phase Fraction	0.9977
Temperature [C]	-50.00
Pressure [kPa]	100.0
Molar Flow [kgmole/h]	1.841
Mass Flow [kg/h]	53.66
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	6.144e-002
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-1.744e+004
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	137.2
Heat Flow [kJ/h]	-3.212e+004
Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	<empty>
Fluid Package	Basis-1

รูปที่ 4.2 ภาวะขาออกของผลิตภัณฑ์

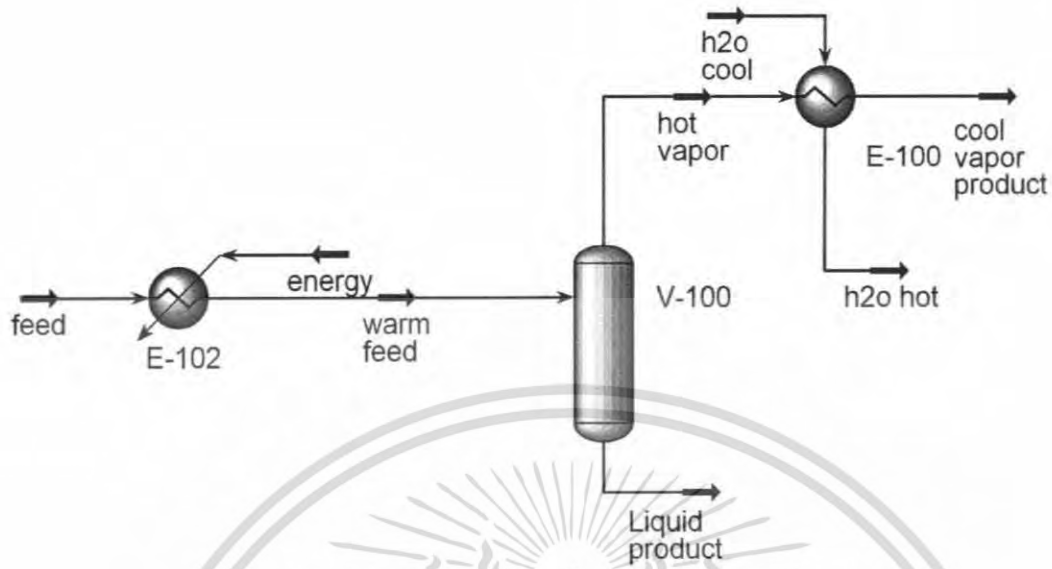
จากรูปที่ 4.2 สรุปเหตุผลที่ไม่ใช้หอดูดซึมด้วยอากาศในการแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพดังนี้

1. ภาวะที่ใช้ในการควบแน่นเมทานอลจะต้องมีอุณหภูมิต่ำกว่า -50°C ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากและต้องสร้างเครื่องควบแน่น
2. น้ำมันดีเซลชีวภาพที่ได้จากการแฟลชมีเมทานอลละลายอยู่เกิน 0.5% โดยน้ำหนัก

4.1.2 แบบจำลองการแฟลช

แบบจำลองการแฟลชด้วยโปรแกรม HYSYS ดังรูปที่ 4.3 เช่นเดียวกับแบบจำลองการดูดซึมด้วยอากาศทำให้ทราบหน่วยปฏิบัติการต่างๆ ของการแฟลชที่ต้องใช้ดังนี้ คือ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 2 เครื่อง และเครื่องแฟลช 1 เครื่อง โดยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเครื่องที่ 1 คือ E-102 ทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่น้ำมันดีเซลชีวภาพให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการก่อนเข้าสู่กระบวนการแฟลช สำหรับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเครื่องที่ 2 คือ E-100 ทำหน้าที่ในการควบแน่นเมทานอลที่ระเหยออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพให้กลับเป็นของเหลวเพื่อนำกลับมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพอีกครั้ง แบบจำลองการแฟลชแสดงได้ดังรูปที่ 4.3 – 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 การออกแบบเบื้องต้นของเครื่องแลกเปลี่ยน

Worksheet		Stream Name	feed
Conditions	Vapour / Phase Fraction		0.0000
	Temperature [C]		50.00
Properties	Pressure [kPa]		101.3
	Molar Flow [kgmole/h]		0.4283
Composition	Mass Flow [kg/h]		87.40
	Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]		0.1000
K Value	Molar Enthalpy [kJ/kgmole]		-5.857e+005
	Molar Entropy [kJ/kgmole-C]		340.8
User Variables	Heat Flow [kJ/h]		-2.508e+005
	Liq Vol Flow @ Std Cond [m3/h]		9.744e-002
Notes	Fluid Package		Basis-1
Cost Parameters			

Worksheet Attachments Dynamics

Delete Define from Other Stream...

รูปที่ 4.4 การกำหนดภาวะของน้ำมันดีเซลซีวภาพขาเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Liquid product	
Worksheet	Stream Name Liquid product
Conditions	Vapour / Phase Fraction 0.0000
Properties	Temperature [C] 106.6
Composition	Pressure [kPa] 17.32
K Value	Molar Flow [kgmole/h] 0.3059
User Variables	Mass Flow [kg/h] 83.45
Notes	Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h] 9.505e-002
Cost Parameters	Molar Enthalpy [kJ/kgmole] -6.929e+005
	Molar Entropy [kJ/kgmole-C] 559.6
	Heat Flow [kJ/h] -2.119e+005
	Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h] 9.468e-002
	Fluid Package Basis-1

Worksheet Attachments Dynamics

Delete Define from Other Stream...

รูปที่ 4.5 ภาวะของผลิตภัณฑ์เฟสของเหลวขาออก

hot vapor	
Worksheet	Stream Name hot vapor
Conditions	Vapour / Phase Fraction 1.0000
Properties	Temperature [C] 106.6
Composition	Pressure [kPa] 16.32
K Value	Molar Flow [kgmole/h] 0.1224
User Variables	Mass Flow [kg/h] 3.944
Notes	Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h] 4.954e-003
Cost Parameters	Molar Enthalpy [kJ/kgmole] -1.978e+005
	Molar Entropy [kJ/kgmole-C] 201.7
	Heat Flow [kJ/h] -2.421e+004
	Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h] 4.948e-003
	Fluid Package Basis-1

Worksheet Attachments Dynamics

Delete Define from Other Stream...

รูปที่ 4.6 ภาวะของผลิตภัณฑ์เฟสไอขาออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Worksheet		Stream Name	cool vapor product
Conditions	Vapour / Phase Fraction		0.0000
	Temperature [C]		23.07
	Pressure [kPa]		15.32
	Molar Flow [kgmole/h]		0.1224
	Mass Flow [kg/h]		3.944
	Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]		4.954e-003
	Molar Enthalpy [kJ/kgmole]		-2.401e+005
	Molar Entropy [kJ/kgmole-C]		29.77
	Heat Flow [kJ/h]		-2.939e+004
	Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]		4.948e-003
	Fluid Package		Basis-1

รูปที่ 4.7 ภาวะของเมทานอลที่ต้องการควบแน่น

จากรูปที่ 4.4-4.7 เหตุผลที่เลือกการแฟลชเพราะ

1. ภาวะในการทำการทดลองสามารถปฏิบัติได้จริง
2. ผลิตภัณฑ์มีเมทานอลละลายอยู่น้อยกว่า 0.5 % โดยน้ำหนักตามต้องการ

4.2. การออกแบบส่วนประกอบของเครื่องแฟลช [10]

จากการออกแบบการทดลองโดย HYSYS ดังรูปที่ 4.3 และเลือกแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพด้วยกระบวนการแฟลช ดังนั้นต้องกำหนดตัวแปรและออกแบบหน่วยปฏิบัติการต่างๆ ในกระบวนการแฟลชดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ (\dot{m}_{H_2O}) กับอุณหภูมิของน้ำขาออก (T_{h2})

จากความสัมพันธ์นี้จะทำให้ทราบอัตราการไหลของน้ำที่มีผลต่ออุณหภูมิของน้ำขาออก เพื่อตรวจสอบว่าอุณหภูมิของน้ำขาออกจะได้ตามมาตรฐานควบคุมหรือไม่ โดยทำการคูณมวลและพลังงาน โดยใช้ภาวะจาก HYSYS หาปริมาณอัตราการไหลของน้ำที่อุณหภูมิ 10°C ที่ทำการควบแน่นเมทานอลให้กลับมาเป็นของเหลวในรูปความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ (\dot{m}_{H_2O}) กับอุณหภูมิของน้ำขาออก (T_{h2}) ดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำกับอุณหภูมิของน้ำขาออก

อัตราการไหลของน้ำ (kg/h)	อุณหภูมิของน้ำขาออก (°C)
20	76.9
30	54.6
40	43.5
50	36.8
60	32.3
70	29.1
80	26.7

2. การออกแบบเครื่องควบแน่นไอเมทานอล

เริ่มจากการหาพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องควบแน่นไอเมทานอล โดยมีข้อมูลพื้นฐานที่ได้จาก HYSYS ดังนี้

- อุณหภูมิขาเข้าของน้ำหล่อเย็น (T_{h1}) 10 °C
- อุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็น (T_{h2}) 44 °C
- อุณหภูมิขาเข้าของเมทานอล (T_{M1}) 106.6 °C
- อุณหภูมิขาออกของเมทานอล (T_{M2}) 23 °C
- อัตราการถ่ายเทความร้อน (\dot{Q}) 1.5 kW
- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) 300 W/m² °C

สามารถคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนได้จาก

$$\dot{Q} = UA\Delta T_{lm}$$

จึงสามารถหาพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนจาก

$$A = \frac{\dot{Q}}{U\Delta T_{lm}} = 0.158 \text{ m}^2$$

จากพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนทั้งหมดที่ได้เมื่อนำมาคำนวณหาความยาวของท่อ โดยใช้ท่อขนาดมาตรฐาน $\frac{1}{4}$ นิ้ว จะได้ว่า

$$A = \pi D l$$

$$l = 7.92 \text{ m}$$

ดังนั้นเมื่อใช้ท่อขนาดมาตรฐาน $\frac{1}{4}$ นิ้ว จะต้องใช้ท่อยาว 7.92 m

4.2.1 การออกแบบเครื่องทำความเย็น

ในการออกแบบเครื่องทำความเย็นจำเป็นต้องทราบความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำ (\dot{m}_{H_2O}) อัตราการถ่ายเทความร้อน (\dot{Q}) พื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อน (A) และความยาวของท่อ (L) ดังที่ได้แสดงการคำนวณไว้ในภาคผนวก ข จะได้ตารางการออกแบบเครื่องทำความเย็นดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การออกแบบเครื่องทำความเย็น

อัตราการไหลของน้ำ (kg / h)	อัตราการถ่ายเท ความร้อน (kW)	พื้นที่ผิวแลกเปลี่ยน ความร้อน (m ²)	ความยาวของท่อ (m)
20	0.46	0.09	4.64
30	0.70	0.14	7.06
40	0.93	0.19	9.39
50	1.16	0.23	11.70
60	1.39	0.28	14.03
70	1.63	0.33	16.44
80	1.86	0.37	18.77

1. การคำนวณกำลังของคอมเพรสเซอร์

การคำนวณกำลังของคอมเพรสเซอร์แสดงในภาคผนวก ข โดยมีข้อมูลพื้นฐานที่ได้จาก

HYSYS ดังนี้

- อัตราการไหลของเมทานอลจากการเฟลชน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ = 100 l/h
= 0.1224 kmol/h
- อุณหภูมิของเมทานอลขาเข้า (T_{M1}) = 106.6 °C
= 379.6 K
- อุณหภูมิของเมทานอลขาออก (T_{M2}) = 23 °C
= 296 K
- ความจุความร้อนจำเพาะเฉลี่ย (C_p เฉลี่ย) = 49.37 J/mol K
- ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (La) = 38,000 kJ/kmol

จากสมการ

$$\begin{aligned}\dot{Q} &= \dot{m}_M C_p \Delta T + \dot{m}_M La \\ &= 1.29 \text{ kW}\end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

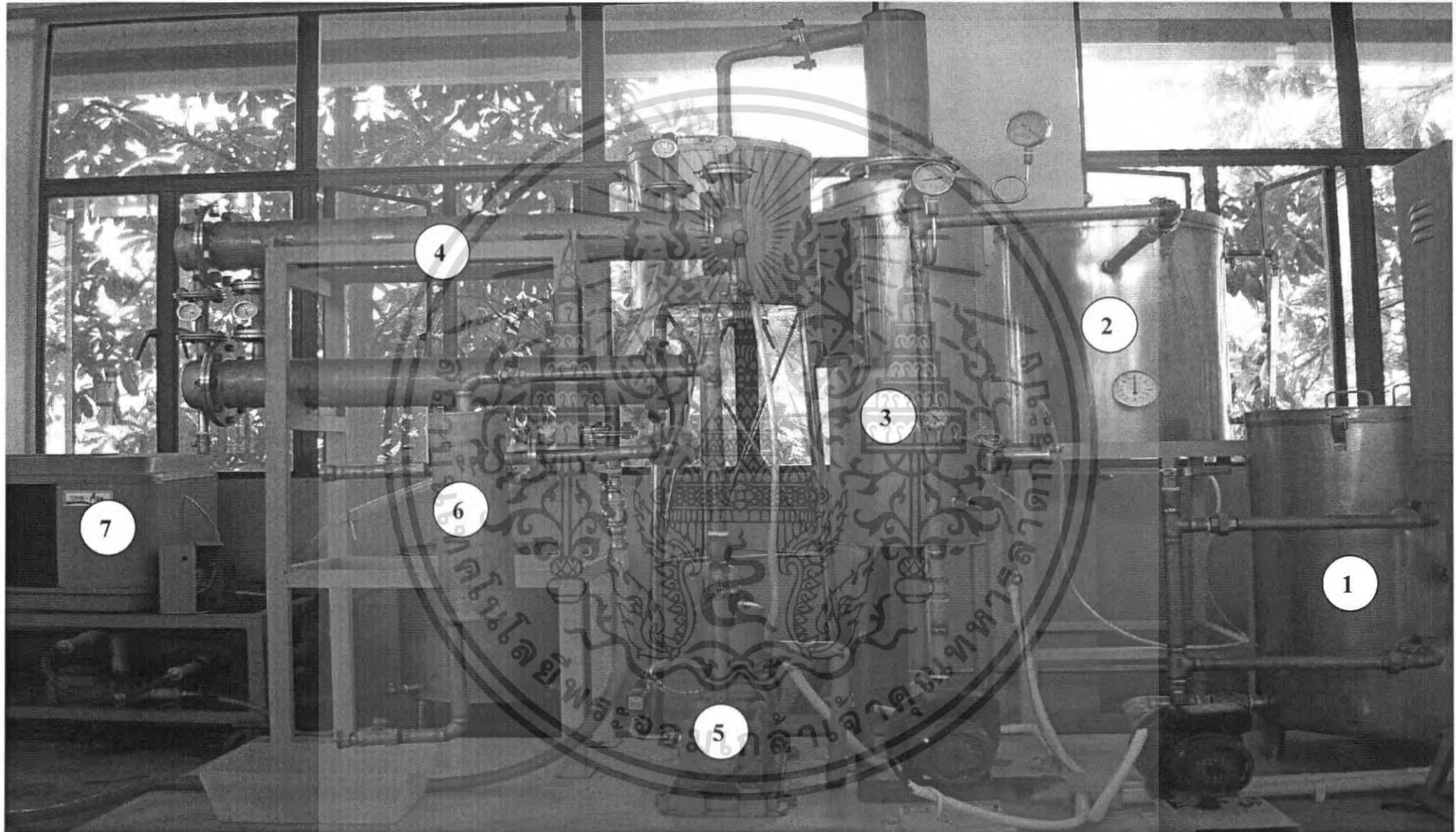
ดังนั้น ต้องใช้คอมเพรสเซอร์ขนาด 1.29 kW

4.3. การประกอบส่วนต่างๆ ของเครื่องแฟลช

จากที่ได้ทำการออกแบบส่วนต่างๆ ของเครื่องแฟลชแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการประกอบส่วนต่างๆ ของเครื่องแฟลชโดยมีต้นแบบ ดังรูปที่ 4.3 จากการจำลองแบบใน HYSYS จะได้เครื่องแฟลชดังรูปที่ 4.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

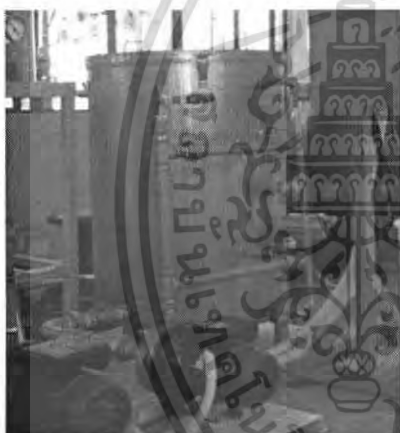


รูปที่ 4.8 ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องฟแลช

ส่วนประกอบของเครื่องแฟลช

- หมายเลข 1 ถังบรรจุสารป้อน
- หมายเลข 2 ถังเก็บผลิตภัณฑ์ (น้ำมันดีเซลชีวภาพที่แฟลชแล้ว)
- หมายเลข 3 เครื่องแฟลช
- หมายเลข 4 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
- หมายเลข 5 ป้อนสูญญากาศ
- หมายเลข 6 ถังเก็บผลิตภัณฑ์ (เมทานอล)
- หมายเลข 7 เครื่องทำความเย็น

หน้าที่ของส่วนประกอบของเครื่องแฟลช



หมายเลข 1 ถังบรรจุสารป้อน

ถังบรรจุสารป้อน ประกอบด้วยเครื่องให้ความร้อนแก่น้ำมันดีเซลชีวภาพ และมีปั๊มเพื่อป้อนเป็นการกระจายความร้อนให้แก่ น้ำมันดีเซลชีวภาพ

รูปที่ 4.9 ถังบรรจุสารป้อน



หมายเลข 2 ถังเก็บผลิตภัณฑ์

(น้ำมันดีเซลชีวภาพที่แฟลชแล้ว)

ประกอบด้วยอุปกรณ์บอกระดับเพื่อใช้ในการคำนวณอัตราการไหลขาเข้าเครื่องแฟลชของน้ำมันดีเซลชีวภาพ

รูปที่ 4.10 ถังเก็บผลิตภัณฑ์ (น้ำมันดีเซลชีวภาพที่แฟลชแล้ว)

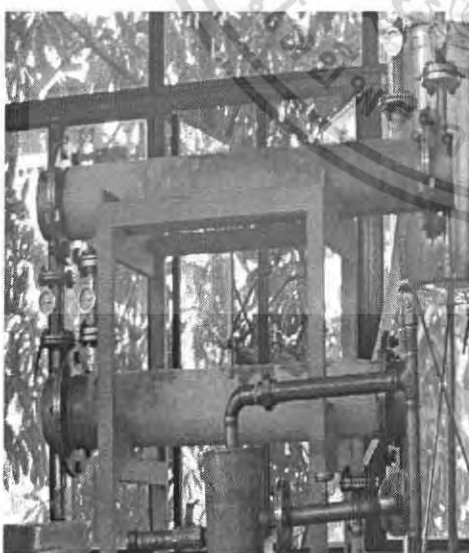
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 เครื่องแฟลช

หมายเลข 3 เครื่องแฟลช

เครื่องแฟลช ประกอบด้วย เครื่องทำความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในเครื่องแฟลช และมีปั๊มเพื่อนำมันดีเซลชีวภาพในเครื่องแฟลชและส่งน้ำมันดีเซลชีวภาพที่แฟลชแล้วไปเก็บที่ถังเก็บผลิตภัณฑ์ (หมายเลข 2) หน้าที่ของเครื่องแฟลช คือ เมื่อน้ำมันดีเซลชีวภาพถูกฉีดมาในเครื่องแฟลชที่มีความดันและอุณหภูมิที่กำหนด เมทานอลจะระเหยกลายเป็น ไอและถูกแยกออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพ เมทานอลจะลอยตัวไปด้านบน เมทานอลที่แยกได้คือผลิตภัณฑ์ส่วนบนของการแฟลช น้ำมันดีเซลชีวภาพที่แฟลชแล้วคือ ผลิตภัณฑ์ส่วนล่างของการแฟลช



รูปที่ 4.12 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

หมายเลข 4 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

หน้าที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน คือ ควบแน่นเมทานอลที่อยู่ในสถานะไอจากเครื่องแฟลชให้กลายเป็นของเหลวแล้วส่ง ไปเก็บที่ถังเก็บผลิตภัณฑ์ (เมทานอล) หมายเลข 6 แต่เนื่องจากในการทำงานจริง เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนี้สามารถทำน้ำให้เย็นได้ถึง -5°C จึงต้องมีการเติมสารละลายของเอทิลีน ไกลคอลกับน้ำเพื่อป้องกันการแข็งตัวในอัตราส่วน 20% โดยปริมาตร เพราะจะทำให้ น้ำมีจุดเยือกแข็งที่ -8°C [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ปีมสุญญากาศ

หมายเลข 5 ปีมสุญญากาศ

หน้าที่ของปีมสุญญากาศ คือ ลดความดันภายในเครื่องแฟลชให้ได้ตามต้องการ เพื่อลดจุดเดือดของเมทานอลให้เดือดกลายเป็นไอเร็วขึ้น



รูปที่ 4.14 ถังเก็บผลิตภัณฑ์ (เมทานอล)

หมายเลข 6 ถังเก็บผลิตภัณฑ์ (เมทานอล)

ทำหน้าที่เก็บเมทานอลที่ควบแน่นเป็นของเหลว และแยกแก๊สที่ควบแน่นไม่หมดออกจากเมทานอลเหลวด้วย



รูปที่ 4.15 เครื่องทำความเย็น

หมายเลข 7 เครื่องทำความเย็น

ทำหน้าที่ผลิตน้ำเย็นเพื่อใช้ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับควบแน่นเมทานอล สารทำความเย็นที่ใช้ คือ R-22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4. การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแฟลช

หลังจากประกอบเครื่องแฟลชตามที่ได้ออกแบบ ขั้นตอนต่อมาคือการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแฟลชด้วยผลจากการทดลองจริงว่าจะได้ตามวัตถุประสงค์การทำงานหรือไม่ คือน้ำมันดีเซลชีวภาพหลังการแฟลชต้องมีเมทานอลละลายอยู่น้อยกว่า 0.5 % โดยน้ำหนัก และต้องสามารถควมแน่นเมทานอลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ผลการทดลองแฟลชแยกเมทานอลออกจากร้าน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ภาวะต่างๆ คือ ที่อุณหภูมิ 70 และ 80 °ซ และความดัน 40 และ 80 มม.ปรอท แสดงในตารางที่ 4.3 ถึง 4.6 และสรุปผลการดำเนินงานในตารางที่ 4.7 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองแฟลชที่อุณหภูมิ 70 °ซ ความดัน 40 มม.ปรอท

ตัวอย่างน้ำมันดีเซลชีวภาพ	ถ้วยที่	น้ำหนักสาร (กรัม)	น้ำหนักสารที่หายไป (กรัม)	สารที่ระเหยไป (%)
ก่อนแฟลช	1	4.50	0.086	1.90
	2	5.40	0.100	1.85
	3	4.00	0.072	1.79
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของสารที่ระเหยไป			=	1.85
ในเครื่องแฟลช	4	4.24	0.014	0.34
	5	5.01	0.020	0.39
	6	5.29	0.015	0.28
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของสารที่ระเหยไป			=	0.34
ถึงผลิตภัณฑ์	7	4.08	0.014	0.35
	8	5.70	0.015	0.26
	9	6.62	0.024	0.36
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของสารที่ระเหยไป			=	0.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองแฟลชที่อุณหภูมิ 70 °ซ ความดัน 80 มม.ปรอท

ตัวอย่างน้ำมันดีเซล ชีวภาพ	ถ้วยที่	น้ำหนักสาร (กรัม)	น้ำหนักสารที่หายไป (กรัม)	สารที่ระเหยไป (%)
ก่อนแฟลช	1	5.29	0.098	1.86
	2	6.75	0.129	1.91
	3	5.83	0.109	1.87
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของสารที่ระเหยไป			=	1.88
ในเครื่องแฟลช	4	5.14	0.029	0.56
	5	6.79	0.037	0.54
	6	5.85	0.029	0.49
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของสารที่ระเหยไป			=	0.53
ถึงผลิตภัณฑ์	7	6.35	0.032	0.50
	8	5.36	0.024	0.44
	9	5.09	0.024	0.42
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของสารที่ระเหยไป			=	0.45

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองแฟลชที่อุณหภูมิ 80 °ซ ความดัน 40 มม.ปรอท

ตัวอย่างน้ำมันดีเซล ชีวภาพ	ถ้วยที่	น้ำหนักสาร (กรัม)	น้ำหนักสารที่หายไป (กรัม)	สารที่ระเหยไป (%)
ก่อนแฟลช	1	5.17	0.111	2.16
	2	5.90	0.127	2.16
	3	4.96	0.101	2.03
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของสารที่ระเหยไป			=	2.12
ในเครื่องแฟลช	4	6.35	0.018	0.28
	5	5.89	0.015	0.25
	6	4.51	0.010	0.22
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของสารที่ระเหยไป			=	0.25
ถึงผลิตภัณฑ์	7	4.93	0.013	0.27
	8	6.38	0.012	0.19
	9	5.93	0.013	0.23
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของสารที่ระเหยไป			=	0.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองแฟลชที่อุณหภูมิ 80 °ซ ความดัน 80 มม.ปรอท

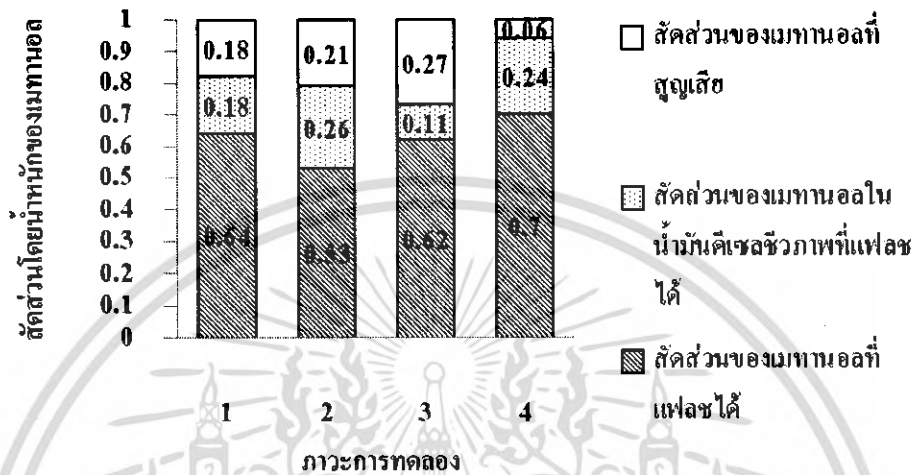
ตัวอย่างน้ำมันดีเซล ชีวภาพ	ถ้วยที่	น้ำหนักสาร (กรัม)	น้ำหนักสารที่หายไป (กรัม)	สารที่ระเหยไป (%)
ก่อนแฟลช	1	6.11	0.117	1.92
	2	4.32	0.079	1.82
	3	4.53	0.086	1.89
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของสารที่ระเหยไป =				1.88
ในเครื่องแฟลช	4	4.86	0.024	0.50
	5	5.78	0.026	0.44
	6	5.63	0.026	0.46
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของสารที่ระเหยไป =				0.47
ถึงผลิตภัณฑ์	7	5.59	0.030	0.54
	8	6.17	0.024	0.39
	9	6.49	0.027	0.42
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของสารที่ระเหยไป =				0.45

ตารางที่ 4.7 ตารางสรุปผลการทดลอง

ผลการทดลอง	ภาวะ	อุณหภูมิ = 70 °ซ		อุณหภูมิ = 80 °ซ	
		P = 40 มม.ปรอท	P = 80 มม.ปรอท	P = 40 มม.ปรอท	P = 80 มม.ปรอท
เมทานอลในน้ำมันดีเซล ชีวภาพที่ป้อน (กิโลกรัม)		2.3	2.34	2.63	2.34
เมทานอลที่แฟลชได้จากการ ทดลอง (กิโลกรัม)		1.48	1.25	1.64	1.64
เมทานอลที่สูญเสียจากการ แฟลช (กิโลกรัม)		0.41	0.48	0.69	0.13
เมทานอลในน้ำมันดีเซล ชีวภาพหลังแฟลช (กิโลกรัม)		0.41	0.61	0.30	0.57
เมทานอลในน้ำมันดีเซล ชีวภาพหลังแฟลช (%)		0.33	0.49	0.24	0.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบสัดส่วนโดยน้ำหนักของเมทานอลจากผลิตภัณฑ์ที่เฟลชได้ เมทานอลที่อยู่ในน้ำมันและที่สูญเสียเมื่อเทียบกับเมทานอลในน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ป้อน โดยแสดงให้อยู่ในรูปแบบแผนภูมิแท่ง



รูปที่ 4.16 แผนภูมิเปรียบเทียบสัดส่วนโดยน้ำหนักของเมทานอลในผลิตภัณฑ์ที่เฟลชได้ เมทานอลที่อยู่ในน้ำมันและที่สูญเสียไปกับการเฟลชที่ภาวะต่างๆ: 1 และ 2 คือ อุณหภูมิ 70 °ซ ความดัน 40 และ 80 มม.ปรอท ตามลำดับ 3 และ 4 คืออุณหภูมิ 80 °ซ ความดัน 40 และ 80 มม.ปรอท ตามลำดับ

จากผลการดำเนินงานภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือภาวะที่ 1 ซึ่งมีอุณหภูมิ 70 °ซ ความดัน 40 มม.ปรอท เพราะน้ำมันที่ผ่านการเฟลชมีปริมาณเมทานอลละลายอยู่ 0.33 % โดยน้ำหนักของน้ำมันดีเซลชีวภาพทั้งหมดที่เฟลชได้ และสามารถควมแน่นเมทานอลได้ 64 % โดยน้ำหนักของน้ำหนักของเมทานอลที่มีอยู่ในสารป้อน สำหรับน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผ่านการเฟลชจากภาวะที่ 2 และ 4 นั้นมีปริมาณเมทานอลใกล้ 0.5 % โดยน้ำหนักเกินไป ส่วนภาวะที่ 3 ถึงแม้ว่าน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ผ่านการเฟลชจะมีปริมาณเมทานอลละลายอยู่ 0.24 % แต่มีปริมาณเมทานอลที่สูญเสียถึง 27 %

เมื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิพบว่า ภาวะที่ 1 ที่อุณหภูมิ 70 °ซ ปริมาณเมทานอลที่ตกค้างอยู่ในน้ำมันดีเซลชีวภาพมีมากกว่าภาวะที่ 3 ที่อุณหภูมิ 80 °ซ ภาวะที่ 2 ก็มีปริมาณเมทานอลที่ตกค้างอยู่ในน้ำมันดีเซลชีวภาพมากกว่าภาวะที่ 4 เช่นกัน แสดงว่าการเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้พลังงานจลน์เพิ่มขึ้นจึงทำให้เมทานอลในน้ำมันระเหยได้ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

ในขณะที่ความดันจะมีผลต่อปริมาณเมทานอลที่เฟลซ ภาวะที่ 1 ซึ่งมีความดัน 40 มม.ปรอท จะมีปริมาณเมทานอลที่ตกค้างอยู่ในน้ำมันดีเซลชีวภาพน้อยกว่าภาวะที่ 2 ซึ่งมีความดัน 80 มม.ปรอท ส่วนที่ภาวะที่ 3 ก็มีปริมาณเมทานอลที่ตกค้างอยู่ในน้ำมันดีเซลชีวภาพน้อยกว่าภาวะที่ 4 เช่นกัน เพราะเมื่อความดันลดลงจุดเดือดของเมทานอลจะลดลง จึงทำให้ที่ความดันต่ำกว่า เมทานอลจะระเหยได้ดีกว่าที่ความดันสูง

4.5. การทดสอบการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันดีเซลชีวภาพหลังการเฟลซ

การทดสอบว่าน้ำมันดีเซลชีวภาพหลังการเฟลซจะมีสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิมหรือไม่ทำได้จากการทดสอบค่าความหนืดและปริมาณคราบน้ำมันอิสระ [9]

ผลการทดลองดังแสดงได้ดังตารางที่ 4.8 และ 4.9 พบว่าค่าเฉลี่ยของความหนืดของน้ำมันดีเซลชีวภาพก่อนเฟลซและหลังเฟลซเท่ากับ 6.28 เซนติสโตก และ 6.07 เซนติสโตก ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณคราบน้ำมันอิสระในน้ำมันดีเซลชีวภาพก่อนเฟลซและหลังเฟลซประมาณ 0.20% และ 0.21% ตามลำดับ จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเฟลซไม่ได้ทำให้น้ำมันดีเซลชีวภาพเสื่อมสภาพ

ตารางที่ 4.8 ค่าความหนืดของน้ำมันดีเซลชีวภาพ

น้ำมันดีเซลชีวภาพ	ครั้งที่	เวลา (วินาที)	ความหนืด (เซนติสโตก)
ก่อนแฟลช	1	474	6.30
	2	470	6.25
ค่าเฉลี่ย =			6.28
หลังแฟลช	1	458	6.09
	2	455	6.05
ค่าเฉลี่ย =			6.07

ตารางที่ 4.9 ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันดีเซลชีวภาพ

น้ำมันดีเซลชีวภาพ	ปริมาณ NaOH (มิลลิลิตร)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	ปริมาณกรดไขมันอิสระ (%)
ก่อนแฟลช	1.5	20.12	0.20
	1.5	20.23	0.20
หลังแฟลช	1.5	20.21	0.21
	1.5	20.08	0.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการจำลองกระบวนการด้วยโปรแกรม HYSYS พบว่าวิธีที่เหมาะสมในการแยกเมทานอลจากน้ำมันดีเซลชีวภาพคือ การแฟลช เพราะไม่ยุ่งยากและได้น้ำมันดีเซลชีวภาพหลังการแฟลชมีเมทานอลละลายอยู่น้อยกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก

5.1 การจำลองกระบวนการดูดซึม

จากการจำลองกระบวนการดูดซึม โดยอากาศพบว่าภาวะที่ใช้ความดันเมทานอลอยู่ที่ -50°C ความดัน 1 บรรยากาศ ซึ่งยากต่อการดำเนินงานและน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ได้จากการแฟลชมีเมทานอลละลายอยู่เกิน 0.5% โดยน้ำหนัก

5.2 การแฟลช

กระบวนการแฟลชสามารถแยกเมทานอลจากน้ำมันดีเซลชีวภาพให้เหลือความเข้มข้นน้อยกว่า 0.5% โดยน้ำหนักได้ ภาวะที่เหมาะสมในการแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพที่อัตราการไหล 100 ลิตร/ชั่วโมง คือ อุณหภูมิ 70°C ความดัน 40 มม.ปรอท ซึ่งสามารถแยกเมทานอลจากความเข้มข้น 1-3 % โดยน้ำหนัก ให้เหลือปริมาณเมทานอล 0.33% โดยมีการสูญเสียเมทานอลเพียง 18% โดยน้ำหนัก แม้ว่าที่อุณหภูมิ 80°C ความดัน 40 มม.ปรอท ปริมาณความเข้มข้นของเมทานอลที่เหลือในน้ำมันดีเซลชีวภาพจะน้อย คือประมาณ 0.24% แต่ที่ภาวะนี้มีการสูญเสียเมทานอลถึง 27% โดยน้ำหนัก และภาวะนี้ยังสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่า

เมื่อศึกษาถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการแฟลชแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพในอัตราการป้อน 100 ลิตร/ชั่วโมง พบว่าที่อุณหภูมิสูงเมทานอลสามารถแยกออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

เมื่อศึกษาถึงความดันที่เหมาะสมสำหรับการแฟลชแยกเมทานอลออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพในอัตราการป้อน 100 ลิตร/ชั่วโมง พบว่าที่ความดันต่ำเมทานอลสามารถแยกออกจากน้ำมันดีเซลชีวภาพได้มากกว่าที่ความดันสูง

เมื่อเปรียบเทียบความหนืดและค่าครดไขมันอิสระของน้ำมันดีเซลชีวภาพก่อนและหลังการ
แฟลชพบว่า การแฟลชไม่ได้ทำให้สมบัติของน้ำมันดีเซลชีวภาพเสียดสภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมบัติของสารและการจำแนก [online]. Available:
<http://www.school.net.th/library/create-web/10000/science/10000-4849.html>, 2008
- [2] ปิยะสาร ประเสริฐธรรม, หลักการออกแบบเครื่องมือแยกสาร, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 1987
- [3] เบ็ญจมาพร สัมฤทธิ์ และ มงคล ตันติวิวัฒน์วงศา “ความสัมพันธ์ทางด้านพลศาสตร์ของการดูดซึมโดยใช้หอดูดซึมแบบบรรจุ” ปรินญาณีพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547
- [4] AMISTCO Separation Products, Inc. [online]. Available: <http://www.amistco.com>, 2007
- [5] Norman P. Lieberman, Elizabeth T. Lieberman, **A Working Guide to Process Equipment**, McGraw – Hill, USA. pp 75-79
- [6] J.M. Smith, H.C. Van Ness and M.M. Abbott, **Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics**, Seventh Edition, International Edition 2003, Singapore. pp 350-368
- [7] กัญญา บุญเกียรติ, การคำนวณขั้นต้นในวิชาวิศวกรรมเคมี, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 6, 2004. pp 87 – 89
- [8] J. Sutherland, C. Adams, J. Kekobad. **Treatment of MTBE by air stripping, carbon adsorption, and advanced oxidation: technical and economic comparison for five groundwaters**. University of Missouri, USA., 2003
- [9] AOCS , Ca 5a-40 : **Free Fatty Acids** . In: **Official Methods and Recommended Practice of the AOCS** , 5th ed , Illinois , 1997
- [10] Yunus A. Cengel, **Heat Transfer**, McGraw – Hill, Second Edition, International Edition 2003, Singapore.
- [11] Ethylene Glycol Heat – Transfer Fluid [online]. Available:
http://www.engineeringtoolbox.com/ethylene-glycol-d_146.html, 2008
- [12] ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์ [online]. Available:
<http://msds.pcd.go.th/name.asp>, 2008



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลจำเพาะของสารเคมี

เมทานอล [12]

- สูตรโมเลกุล CH_3OH
- น้ำหนักโมเลกุล 32 กรัม
- จุดเดือด $64.6\text{ }^{\circ}\text{C}$
- จุดหลอมเหลว $-97.8\text{ }^{\circ}\text{C}$
- จุดวาบไฟ $12.2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- อุณหภูมิติดไฟ $464\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ค่า LEL 5.5%
- ค่า UEL 36.5%
- เป็นของเหลวใสไม่มีสี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณ

ข.1 การหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ (\dot{m}_{H_2O}) กับอุณหภูมิของน้ำขาออก (T_2)

สามารถหาได้จากสมการดุลพลังงานดังนี้

จากการจำลองโปรแกรม HYSYS จะทราบค่า

$$\dot{Q}_{\text{เมทานอล}} = 5,600 \text{ kJ/h}$$

$$C_{p, H_2O} = 4.184 \text{ kJ/kg K}$$

$$T_{h1} \text{ ของน้ำ} = 10^\circ\text{C} = 283 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{\text{เมทานอล}} &= \dot{Q}_{\text{น้ำ}} \\ \dot{Q}_{\text{เมทานอล}} &= \dot{Q}_{\text{จากการเปลี่ยนอุณหภูมิ}} + \dot{Q}_{\text{จากการเปลี่ยนสถานะ}} \\ 5,600 \text{ kJ/h} &= \dot{m}_{H_2O} C_{p, H_2O} (T_{h2} - T_{h1}) \\ 5,600 \text{ kJ/h} &= \dot{m}_{H_2O} (4.184 \text{ kJ/kg K}) (T_{h2} - 283) \\ 1,338.43 \text{ kg K/h} &= \dot{m}_{H_2O} (T_{h2} - 283) \end{aligned}$$

ที่อัตราการไหลของน้ำ (\dot{m}_{H_2O}) 50 kg/h เพื่อให้ น้ำขาออกมีอุณหภูมิตามมาตรฐานกำหนด

$$1,338.43 \text{ kg K/h} = 50 \text{ kg/h} (T_{h2} - 283)$$

$$T_{h2} = 309.78 \text{ K}$$

$$T_{h2} = 36.78^\circ\text{C}$$

ข.2 การออกแบบเครื่องควบแน่นไอเมทานอล

พื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องควบแน่นไอเมทานอลเป็นดังรูปที่ ข.1 โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

จากการจำลองโปรแกรม HYSYS โดยที่กำหนดอัตราการไหลของน้ำที่ 40 kg/h เพื่อให้สามารถควบแน่นไอเมทานอลได้ทั้งหมด

$$\dot{m}_{H_2O} = 40 \text{ kg/h}$$

$$\dot{m}_{MeOH} = 4 \text{ kg/h}$$

$$T_{h1} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

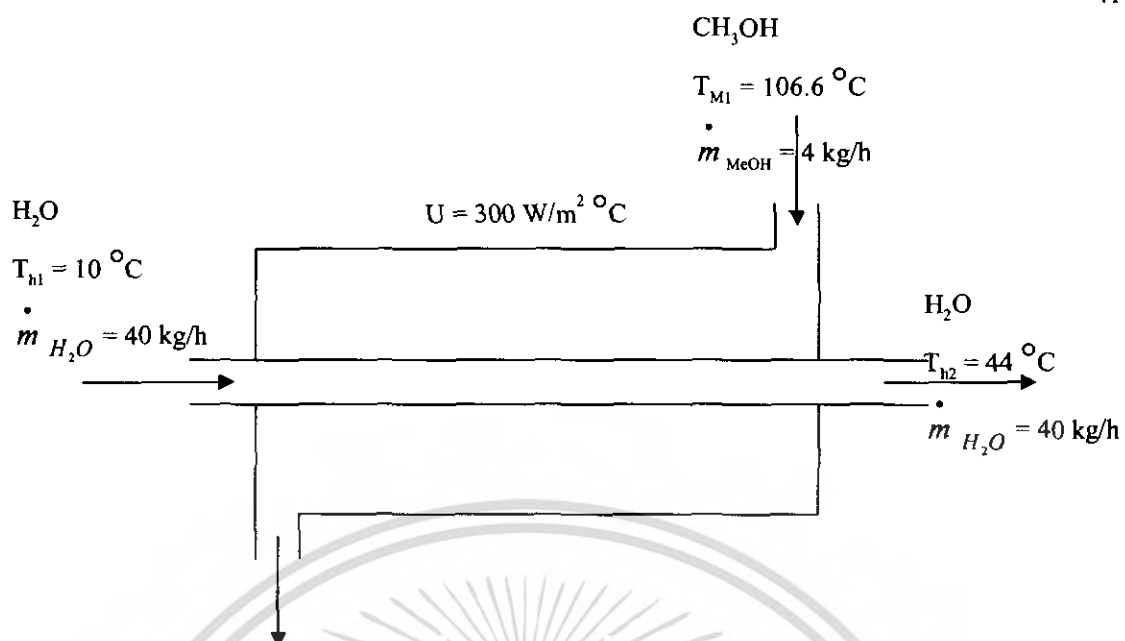
$$T_{h2} = 44 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{M1} = 106.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{M2} = 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ที่คิดรวมแฟกเตอร์ความปลอดภัย [10]

$$U = 300 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



รูปที่ ข.1 รูปแบบและภาวะการคำนวณของเครื่องควบแน่นไอเมทานอล

$$\begin{aligned}\Delta T_1 &= T_{M2} - T_{h1} = 23 - 10 \text{ }^\circ\text{C} = 13 \text{ }^\circ\text{C} \\ \Delta T_2 &= T_{M1} - T_{h2} = 106.6 - 44 \text{ }^\circ\text{C} = 62.6 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

คำนวณหาค่า log mean temperature difference ได้จาก

$$\begin{aligned}\Delta T_{lm} &= \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)} \\ &= \frac{13 - 62.6}{\ln(13/62.6)} \\ &= 31.6\end{aligned}$$

สามารถคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนได้จาก

$$\dot{Q} = UA \Delta T_{lm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงสามารถหาพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนจากสมการ

$$A = \frac{\dot{Q}}{U\Delta T_{lm}}$$

$\dot{Q} = 1.5 \text{ kw}$ เป็นตัวเลขที่ประมาณเพื่อเอาไว้ 10% ซึ่งค่าจริงนั้นได้มาจากโปรแกรม HYSYS คือ $\dot{Q} = 1.34 \text{ kw}$

$$A = \frac{(1.5 \text{ kW}) \left(\frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{300 \text{ W}} \right) \left(\frac{1}{31.6^\circ\text{C}} \right) \left(\frac{1000 \text{ W}}{1 \text{ kW}} \right)}{1} = 0.158 \text{ m}^2$$

จากพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนทั้งหมดที่ได้เมื่อนำมาคำนวณหาความยาวของท่อโดยใช้ท่อขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว จะได้ว่า

$$= (0.25 \text{ in}) \left(\frac{\text{m}}{39.37 \text{ in}} \right) = 0.00635 \text{ m}$$

$$A = \pi D l$$

$$l = \frac{(0.158 \text{ m}^2)}{\pi (0.00635 \text{ m})}$$

$$= 7.92 \text{ m}$$

ดังนั้นต้องใช้ท่อขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว ยาว

$$7.92 \text{ m}$$

ข.3 การออกแบบเครื่องทำความเย็น

อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ใช้ลดอุณหภูมิของน้ำจากอุณหภูมิห้อง (30°C) ไปเป็น 10°C

$$\dot{Q} = \dot{m}_{H_2O} C_p \Delta T$$

$$= \dot{m}_{H_2O} (4.184 \text{ kJ / kg K}) (20 \text{ K})$$

ตัวอย่างเช่น อัตราการไหลของน้ำ (\dot{m}) ที่ 50 kg / h

$$\dot{Q} = (50 \text{ kg / h}) (4.184 \text{ kJ / kg K}) (20 \text{ K})$$

$$= 4,184 \text{ kJ / h}$$

$$= 1.16 \text{ kW}$$

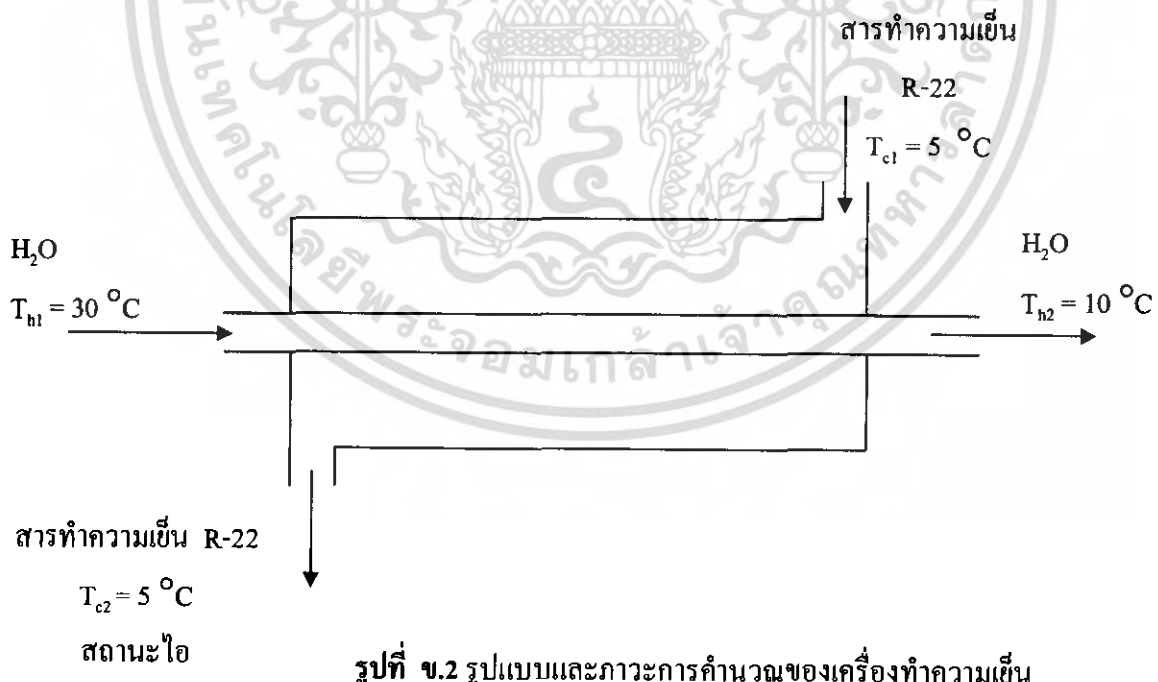
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำ (\dot{m}_{H_2O}) กับ อัตราการถ่ายเทความร้อน (\dot{Q}) แสดงได้ดังตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนกับอัตราการไหลของน้ำ

อัตราการไหลของน้ำ (kg/h)	อัตราการถ่ายเทความร้อน (kW)
20	0.46
30	0.70
40	0.93
50	1.16
60	1.39
70	1.63
80	1.86

จากนั้นจะสามารถหาพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (A) ของเครื่องทำความเย็นได้ดังรูป ข.2 และมีวิธีคำนวณดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \Delta T_1 &= T_{h1} - T_{c2} = 30 - 5 = 25 \text{ }^\circ\text{C} \\ \Delta T_2 &= T_{h2} - T_{c1} = 10 - 5 = 5 \text{ }^\circ\text{C} \\ \Delta T_{lm} &= \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)} \\ &= \frac{25 - 5}{\ln\left(\frac{25}{5}\right)} \\ &= 12.43 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\dot{Q} = UA \Delta T_{lm}$$

กำหนดให้ $U = 400 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ โดยคิดรวมแฟกเตอร์ความปลอดภัย [10]

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= (400 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C})(A)(12.43 \text{ }^\circ\text{C}) \\ &= (4,972 \text{ W/m}^2)(A) \end{aligned}$$

ตั้งตัวอย่างเช่น ที่อัตราการถ่ายเทความร้อน 1.16 kW

$$\begin{aligned} 1.16 \text{ kW} &= (4,972 \text{ W/m}^2)(A) \\ A &= 0.2333 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

จะหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อน (\dot{Q}) กับพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (A) ได้ดังตารางที่ ข.2

ตารางที่ ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อนกับพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน

อัตราการถ่ายเทความร้อน (kW)	พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (m ²)
0.46	0.0925
0.70	0.1408
0.93	0.1871
1.16	0.2333
1.39	0.2796
1.63	0.3278
1.86	0.3741

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาความยาวของท่อหากใช้ท่อขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว

$$= (0.25 \text{ in}) \left(\frac{m}{39.37 \text{ in}} \right) = 0.00635 \text{ m}$$

$$A = \pi D l$$

$$= \pi (0.00635 \text{ m}) l$$

$$A = \pi (0.00635 \text{ m}) (l)$$

ดังตัวอย่างเช่น ที่พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (A) 0.23 m^2

$$0.233 \text{ m}^2 = 0.02 (l)$$

$$l = 11.7 \text{ m}$$

จะหาความสัมพันธ์ของพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (A) กับความยาวของท่อ (l) ได้ดังตารางที่ ข.3

ตารางที่ ข.3 ความสัมพันธ์ของพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนกับความยาวของท่อ

พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)	ความยาวท่อ (m)
0.09	4.64
0.14	7.06
0.19	9.39
0.23	11.70
0.28	14.03
0.33	16.44
0.37	18.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.4 การคำนวณกำลังของคอมเพรสเซอร์

จากโปรแกรม HYSYS

อัตราการไหลของเมทานอลจากการแฟลชน้ำมันดีเซลชีวภาพที่ 100 l/h = 0.1224 kmol/h

$$\text{อุณหภูมิของเมทานอลขาเข้า } (T_1) = 106.6 \text{ }^{\circ}\text{C} = 379.6 \text{ K}$$

$$\text{อุณหภูมิของเมทานอลขาออก } (T_2) = 23 \text{ }^{\circ}\text{C} = 296 \text{ K}$$

คำนวณหา C_p เฉลี่ย

จากสูตร

$$C_p / R = A + BT + CT^2$$

ค่าคงที่ของเมทานอล [6]

$$A = 2.211, B = 12.216 \times 10^{-3}, C = 3.45 \times 10^{-6}$$

ที่ $T_1 = 379.6 \text{ K}$:

$$C_p / R = 2.211 + 12.216 \times 10^{-3} (379.6 \text{ K}) - 3.45 \times 10^{-6} (379.6 \text{ K})^2$$

$$C_p = 52.83 \text{ J/mol K}$$

ที่ $T_2 = 296 \text{ K}$:

$$C_p / R = 2.211 + 12.216 \times 10^{-3} (296 \text{ K}) - 3.45 \times 10^{-6} (296 \text{ K})^2$$

$$= 45.90 \text{ J/mol K}$$

$$\text{คิด } C_p \text{ เฉลี่ย} = (52.83 + 45.90) / 2$$

$$= 49.37 \text{ J/mol K}$$

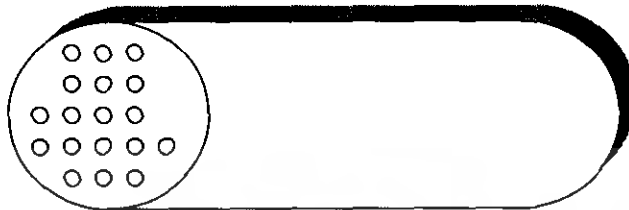
อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ทำให้เมทานอลควบแน่นสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= \dot{m} C_p \Delta T + \dot{m} \Delta h_{\text{cond}} \\ &= (0.1224 \frac{\text{kmol}}{\text{h}}) (49.37 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}) (85.53 \text{ K}) + (0.1224 \frac{\text{kmol}}{\text{h}}) (38,000 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}) \\ &= (4,651.2 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}) (\frac{\text{h}}{3,600 \text{ s}}) \\ &= (1.29 \text{ kW}) \end{aligned}$$

ดังนั้น ต้องใช้คอมเพรสเซอร์ขนาด 1.29 kW

ข.5 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่นำมาใช้งานจริง

มีลักษณะดังรูปที่ ข.3 .



รูปที่ ข.3 รูปแบบของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่นำมาใช้งานจริง

จากการวัดขนาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (เครื่องที่ 1) พบว่า

จำนวนท่อ (n)	18	ท่อ
ความยาวท่อ (l)	95	cm
เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (D)	1.6	cm
พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (A)	=	$\pi D l n$
	=	$(3.142)(1.6 \text{ cm})(95 \text{ cm})(18)$
	=	$8,596 \text{ cm}^2$
	=	0.86 m^2

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (เครื่องที่ 2) พบว่า

จำนวนท่อ (n)	18	ท่อ
ความยาวท่อ (l)	109	cm
เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (D)	1.6	cm
พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (A)	=	$\pi D l n$
	=	$(3.142)(1.6 \text{ cm})(109 \text{ cm})(18)$
	=	$9,863 \text{ cm}^2$
	=	0.99 m^2

รวมพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทั้งหมด = $0.86 + 0.99 \text{ m}^2 = 1.85 \text{ m}^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.6 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของเมทานอลที่เหลือในน้ำมันดีเซลชีวภาพหลังการฟเลช

จากตารางที่ 4.3 ถึง 4.6 ทราบค่าน้ำหนักสารที่หายไปจากการอบ และน้ำหนักสารก่อนการอบ สามารถคำนวณเมทานอลที่เหลือในน้ำมันดีเซลชีวภาพหลังการฟเลชได้ดังนี้

$$\text{น้ำหนักสารที่หายไปจากการอบ} = 0.014 \text{ กรัม}$$

$$\text{น้ำหนักสารก่อนการอบ} = 4.24 \text{ กรัม}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น เมทานอลที่เหลือในน้ำมันดีเซลชีวภาพหลังการฟเลช (\%)} &= \frac{0.014 \text{ g}}{4.24 \text{ g}} (100) \\ &= 0.34 \% \text{ โดยน้ำหนัก} \end{aligned}$$

ข.7 การทดสอบการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันดีเซลชีวภาพหลังฟเลช

การคำนวณค่าความหนืด (จากมาตรฐาน ASTM D 2162)

ตัวอย่างการคำนวณ ที่เวลา 474 วินาที

จากสมการ

$$\mu = 0.01330 \text{ t}$$

โดย μ = ความหนืด (cSt)

t = เวลา (s)

$$\text{ค่าคงที่} = 0.01330$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \mu = (0.01330) (474 \text{ s})$$

$$= 6.30 \text{ cSt}$$

การคำนวณปริมาณกรดไขมันอิสระ (%) [9]

สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ปริมาณกรดไขมันอิสระ (\%)} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times C_{\text{NaOH}} \times 27.11}{W_{\text{oil}}}$$

โดย V_{NaOH} คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ml)

C_{NaOH} คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (mol/L)

W_{oil} คือ น้ำหนักของน้ำมันดีเซลชีวภาพ (g)

$$\text{ดังนั้นปริมาณกรดไขมันอิสระ (\%)} = \frac{1.5 \text{ ml} \times 0.102 \text{ M} \times 27.11}{20.12 \text{ g}}$$

$$= 0.20 \%$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้