ต้นแบบเครื่องกลั่นเอทานอลขนาดเล็ก

A PROTOTYPE OF SMALL ETHANOL DISTILLATION

นางสาวภัทราวดี สายบุญ
นายรัฐกร กล่ำสุข

โครงงานวิทยาศาสตร์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

ต้นแบบเครื่องกลั่นเอทานอลขนาดเล็ก

A PROTOTYPE OF SMALL ETHANOL DISTILLATION

นางสาวภัทราวดี สารบุญ

นายรัฐกร กล่ำสุข

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

A PROTOTYPE OF SMALL ETHANOL DISTILLATION

MISS. PATTRAWADEE SARABOON

MR. RATTAKORN KLAMSUKH

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2012

หัวข้อโครงงานพิเศษ ต้นแบบเครื่องกลั่นเอทานอลขนาดเล็ก

A PROTOTYPE OF SMALL ETHANOL DISTILLATION

ชื่อนักศึกษา นางสาวภัทราวดี สารบุญ

นายรัฐกร กล่ำสุข

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กาจปัญญา สุวรรณสุโข

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ประจำปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.สาหร่าย เล็กชะอุ่ม	
อ.ศ.ทิพวรรณ คล้ายบุญมี	
อ.ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์	
อ.กาจปัญญา สุวรรณสุโข	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ ต้นแบบเครื่องกลั่นเอทานอลขนาดเล็ก

ชื่อนักศึกษา นางสาวภัทราวดี สารบุญ

นายรัฐกร กล่ำสุข

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

ปีการศึกษา 2555

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กาจปัญญา สุวรรณสุโข

บทคัดย่อ

เพื่อสร้างต้นแบบหอกลั่นเอทานอลขนาดเล็ก ที่มีส่วนประกอบหลักๆ 4 ส่วน คือ Bubbler section Reflux section Separator Section และ Condenser section ซึ่งหอกลั่นมีขนาดความสูง 65 นิ้ว เมื่อทำการทดสอบการกลั่นพบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 30 50 70 ของสารละลายเอทานอลกับน้ำ เมื่อผ่านกระบวนการกลั่นแล้วจะได้เอทานอลที่มีความเข้มข้นเฉลี่ยร้อยละ 89.33 77.50 78.67 และ 81.33 ตามลำดับ โดยที่ความเข้มข้นเริ่มต้นร้อยละ 10 และ30 ใช้เวลาในการกลั่น 6 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 และ 70 ใช้เวลา 5 และ 4 ชั่วโมงตามลำดับ

คำสำคัญ : หอกลั่นเอทานอล

Title	A PROTOTYPE OF SMALL ETHANOL DISTILLATION
Students	Miss Pattrawadee Saraboon
	Mr. Rattakorn Klamsukh
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Applied Physics
Academic Year	2012
Advisor	Mr. Kajpanya Suwansukho

ABSTRACT

To build a prototype of small ethanol distillation which have 4 main sections, Bubbler Section, Reflex Section, Separator Section and Condenser Section. The distillatory is 65 inches height. After ditillation of water-ethanol solution concentrated by 10 30 50 and 70 percents, get an ethanol with concentration by 89.33 77.50 78.67 and 81.33 respectively, with 10 and 30 percent concentration spend 6 hours of distilating, 10 and 30 percent spend 5 and 4 hours respectively

Keywords : Ethanol Distillation

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งของอาจารย์กาจปัญญา สุวรรณสุโข อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ ให้คอยคำแนะนำ ชี้แนะแนวความคิดอันเป็นประโยชน์และแนวทางแก้ไขต่อการทำโครงงานพิเศษนี้ ตลอดจนทั้งให้ข้อคิด คติชีวิต มาตั้งแต่ต้นจนแล้วเสร็จ เราจะไม่ลืมปรัชญาผู้แพ้-ผู้ชนะ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณรศ.สาหร่าย เล็กชอุ่ม อ.ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์ อ.ศ.ทิพวรรณ คล้ายบุญมี อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่สละเวลาที่มีค่ามาเป็นคณะกรรมการสอบโปรเจค

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติๆ ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน และคอยเป็นกำลังใจที่สำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ หลังจากวันนี้เป็นต้นไปเราจะเป็นฝ่ายดูแลคุณเอง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ เป็นสติ เป็นพลัง เป็นกระจก เป็นแรงผลักดัน และเป็นส่วนหนึ่งของชีวิต

ขอขอบคุณหนังสืออ้างอิงหลายๆ เล่มที่เปรียบเสมือนเป็นอาจารย์ ที่คอยให้ความรู้ในส่วนที่เราเคยรู้แต่ลืมไปแล้ว และยังทำให้ได้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนที่เรายังไม่รู้

ขอบคุณ Google ที่คอยตอบคำถาม แม้จะถามบ่อยแค่ไหนก็ไม่บ่น

ขอบคุณ Facebook ที่ไม่เคยปล่อยให้เราเผชิญความทุกข์เพียงลำพัง

ขอบคุณชีวิต ที่ทำให้เราเรียนรู้ชีวิต เพื่อใช้ชีวิต

และ ขอบคุณ นายเจษฎา สุขสัมฤทธิ์ นายทำให้เรารู้จักคำว่าเพื่อนอย่างแท้จริง.

นางสาวภัทราวดี สารบุญ

นายรัฐกร กล่ำสุข

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	2
1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานของโครงงานพิเศษ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้พื้นฐานของเอทานอลและการกลั่นเอทานอล	3
2.1.1 เอทานอล	3
2.1.2 การกลั่นเอทานอล	4
2.1.3 การถ่ายเทความร้อน	5
2.1.4 การถ่ายเทมวลสาร (Mass Transfer)	6
2.2 ชนิดของการกลั่น	7
2.2.1.การกลั่นแบบธรรมดา (normal distillation)	7
2.2.2.การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation)	8
2.2.3. การกลั่นลำดับส่วน (fractional distillation)	8
2.3 ทฤษฎีพื้นทางวัสดุศาสตร์	9
2.3.1 ทองแดง (Copper: Cu)	9
2.2.2 ทองเหลือง	10
2.3.3 สเตนเลส	12
2.4 การหาเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในไวน์ โดยเครื่อง Ebulliometer	18

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การศึกษาระบบการกลั่นเอทานอล 19

3.2 การออกแบบต้นแบบหอกลั่นเอทานอลอย่างง่ายด้วยโปรแกรม SolidWork 20

3.3 การทดสอบระบบการทำงาน 26

3.4 การวัดค่าความเข้มข้นด้วยเครื่อง ebulliometer 27

3.4.1 การหาจุดเดือดของน้ำ (calibration) 27

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1. การเตรียมสารละลายเข้มข้นเอทานอลในหน่วยเปอร์เซ็นต์ต่อปริมาตร หรือปริมาตรต่อปริมาตร (%vol/vol) 29

4.2 ตารางแสดงปริมาตรเอทานอลที่วัดได้จากแต่ละส่วนของหอกลั่นเอทานอล โดยใช้กระบอกตวงในการวัด 30

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 32

5.2 ข้อเสนอแนะ 32

เอกสารอ้างอิง

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แสดงขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 ตารางขนาดมาตรฐานท่อทองแดงประเภท M

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการวัดค่าความเข้มข้น ณ ส่วนต่างๆของหอกลั่นเอทานอล

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการวัดปริมาตรของเอทานอล
ณ ส่วนต่างๆของหอกลั่นเอทานอล

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 การถ่ายเทความร้อน	5
รูปที่ 2.2 แสดงการกลั่นแบบธรรมดา	8
รูปที่ 2.3 การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ	8
รูปที่ 2.4 แสดงการกลั่นลำดับส่วน	9
รูปที่ 3.1 แสดงกระบวนการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย	20
รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างโดยรวมของต้นแบบหอกลั่นเอทานอลอย่างง่าย	21
รูปที่ 3.3 Bubbler Section	22
รูปที่ 3.4 Reflex Section	23
รูปที่ 3.5 Separator Section	24
รูปที่ 3.6 Condenser Section	25
รูปที่ 3.7 ชุดต้นแบบหอกลั่นเอทานอลอย่างง่าย	26
รูปที่ 3.8 แสดงทิศทางการทำงานของชุดทำความเย็นและระบบการกลั่นเอทานอล	27
รูปที่ 3.9 ชุดอุปกรณ์เครื่อง ebulliometer	28
รูปที่ 3.10 เครื่อง graduated glass	28
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความเข้มข้นของเอทานอลก่อน-หลังการทดลอง	30
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาตรของเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ	31

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงานพิเศษ

ในปัจจุบันน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นปัญหาสำคัญของประเทศไทยมาช้านาน เนื่องจากแหล่งผลิตในประเทศมีไม่เพียงพอกับความต้องการที่สูงขึ้นตามความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ พร้อมทั้งแนวโน้มราคาน้ำมันดิบในตลาดโลกสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งยังมีการประมาณการว่าเมื่อรวมปริมาณน้ำมันจากแหล่งผลิตใหญ่ๆของโลกแล้วจะมีน้ำมันสำรองใช้ได้อีกประมาณ 40 -50 ปี

การคิดค้นแหล่งพลังงานทดแทนใหม่ๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญ และที่มีความตื่นตัวกันมากในขณะนี้คือ เอทานอลซึ่งเป็นพลังงานทดแทนอย่างหนึ่งที่สำคัญ มีค่าออกเทนและความบริสุทธิ์สูง สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเบนซินได้โดยตรง หรือใช้เป็นสารเพิ่มค่าออกเทนของน้ำมันให้กับเครื่องยนต์ ทำให้การเผาไหม้สะอาด ไม่สร้างมลพิษที่ก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจก ประเทศไทยมีแหล่งวัตถุดิบทางการเกษตรที่ใช้ในการผลิตเอทานอลเพาะปลูกในเกือบทุกภูมิภาค เช่น มันสำปะหลัง อ้อย กากน้ำตาล ธัญพืชต่างๆ เป็นต้น ทำให้สามารถผลิตเอทานอลได้ตลอดทั้งปี แต่เนื่องจากกระบวนการผลิตเอทานอลยังผูกขาดอยู่กับกลุ่มอุตสาหกรรม ซึ่งมีกระบวนการผลิตที่ใช้เงินลงทุนสูงและเป็นผู้กำหนดกลไกราคาตลาด ทั้งที่แหล่งวัตถุดิบมาจากภาคการเกษตร ดังนั้นเพื่อให้เกษตรกรและประชาชนทั่วไปสามารถผลิตเอทานอลคุณภาพดีสำหรับการใช้งานในครัวเรือนได้เอง จึงได้เกิดโครงงานวิจัยนี้ขึ้นมา โดยเป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาต้นแบบหอกลั่นเอทานอลขนาดเล็กใช้หลักการควบแน่น และได้เอทานอลคุณภาพดี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.2.1 เพื่อเข้าใจหลักการผลิตเอทานอล

1.2.2 เพื่อพัฒนาต้นแบบหอกลั่นเอทานอลขนาดเล็กที่สามารถใช้งานได้จริง

1.2.3 เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษา สาขาฟิสิกส์-พลังงานทางเลือก

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

โครงงานนี้จะนำความรู้ทางด้านฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาต้นแบบหอกลั่นเอทานอลขนาดเล็กที่สามารถใช้งานได้จริง โดยศึกษาเกี่ยวกับหลักการกลั่นเอทานอลด้วยวิธีการควบแน่นจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันของเอทานอลกับน้ำ เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของเอทานอลมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานของโครงงานพิเศษ

ตารางที่ 1.1 แสดงขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

หัวข้องานวิจัย	ปี 2555									ปี 2556	
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. ศึกษากระบวนการผลิตเอทานอลในปัจจุบัน											
2. เขียนแบบหอกลั่นเอทานอลด้วยโปรแกรม Solid Works											
3. สร้างชิ้นส่วนหอกลั่นเอทานอล พร้อมประกอบเข้าด้วยกัน											
4. ทดสอบระบบการกลั่นเอทานอล											
5. สรุปผล											

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 มีความรู้ความเข้าใจในหลักการการกลั่นเอทานอลและทฤษฎีการควบแน่นของสาร

1.5.2 มีความรู้ความเข้าใจระบบโครงสร้างของหอกลั่นเอทานอล

1.5.3 สามารถพัฒนาต้นแบบหอกลั่นเอทานอลขนาดเล็กที่สามารถใช้งานได้จริง

1.5.4 สามารถสร้างอุปกรณ์การเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาฟิสิกส์-พลังงานทางเลือก

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานของเอทานอลและการกลั่นเอทานอล

2.1.1 เอทานอล

เอทานอล หรือ เอทิลแอลกอฮอล์ คือ แอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่มีสูตรเคมี C_2H_5OH มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ติดไฟง่าย มีความไวไฟและค่าออกเทนสูง (เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.8 จะมีค่าออกเทนสูงถึง 113) ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นอนุพันธ์ไฮดรอกซิลของไฮโดรคาร์บอน เกิดจากการแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมด้วย hydroxyl group (OH) มีน้ำหนักโมเลกุล 46.07 ความหนาแน่น 0.789 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว -114.1 องศาเซลเซียส จุดเดือด 78.5 องศาเซลเซียส สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย อาทิ ใช้ผลิตอาหาร และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรม ใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ใน 3 รูปแบบ คือ

แบบที่ 1 เป็นเอทานอล 95% ใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงทดแทนน้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซลใช้ได้กับเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดสูง บราซิลเป็นประเทศแรกที่มีการศึกษาวิจัยและเริ่มใช้เอทานอลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงตั้งแต่ปี 2516 โดยผลิตเอทานอลจากอ้อย และกากน้ำตาล ยานพาหนะที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงมีมากถึงประมาณร้อยละ 41 สำหรับในเครื่องยนต์ดีเซลสามารถใช้เอทานอลบริสุทธิ์ 95% ผสมในน้ำมันดีเซลเรียกว่า ดีโซฮอลล์ (Diesohol) ในอัตราส่วนร้อยละ15และเพิ่มสารปรับปรุงคุณสมบัติบางตัวในปริมาณร้อยละ 1-2

แบบที่ 2 เอทานอลบริสุทธิ์ 99.5% โดยปริมาตร ผสมในน้ำมันเบนซินซึ่งจะเรียกว่า แก๊สโซฮอลล์ (Gasohol) โดยทั่วไปใช้ผสมกับน้ำมันเบนซินอัตราส่วนร้อยละ 10 ในลักษณะของสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงค่าออกเทนของน้ำมันเบนซิน ซึ่งสามารถนำมาใช้งานกับเครื่องยนต์โดยทั่วไป ไม่ต้องดัดแปลงเครื่องยนต์แต่อย่างใด ซึ่งบราซิลก็ใช้เอทานอลผสมในน้ำมันเบนซินที่อัตราส่วนร้อยละ 22

แบบที่ 3 เป็นสารเคมีเพิ่มออกเทน (Octane) แก่เครื่องยนต์ โดยการเปลี่ยนรูปเอทานอลมาเป็นสาร ETBE (Ethyl Tertiary Butyl Ether) สามารถใช้ทดแทนสาร MTBE (Methyl Tertiary

Butyl Ether) ซึ่ง MTBE เป็นสารเติมแต่งในน้ำมันเบนซินที่หลายประเทศประกาศห้ามใช้เนื่องจากก่อให้เกิดมลภาวะในอากาศที่สูงกว่าสารเติมแต่งอื่นๆ

เอทานอล ผลิตได้ทั้งจากกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี โดยใช้เอทิลีนเป็นวัตถุดิบ และกระบวนการทางชีวเคมี โดยใช้พืชผลหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีแป้งและน้ำตาลสูงเป็นวัตถุดิบ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ได้รับความนิยมและมีวัตถุดิบที่สามารถเลือกใช้ได้หลาก หลายชนิดตามความเหมาะสมของแต่ละประเทศ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง อ้อย กากน้ำตาล สาหร่าย ฯลฯ นอกจากนั้นยังมีความพยายามพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบที่มีเซลลูโลสสูง เช่น ฟางข้าว ขี้เลื่อย หญ้า เป็นต้น

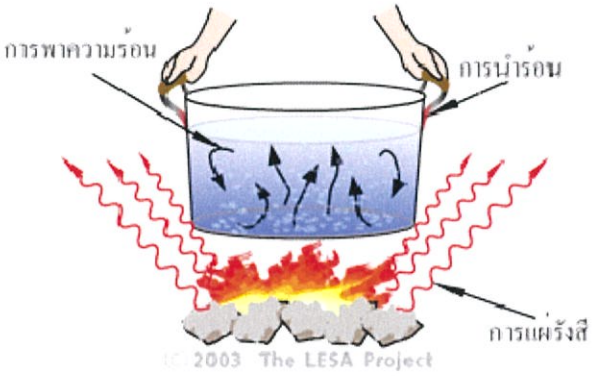
2.1.2 การกลั่นเอทานอล

กระบวนการกลั่น คือ กระบวนการแยกสารผสมโดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่จุดเดือดที่แตกต่างกันของสารต่างชนิดกันเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่จุดเดือด สามารถใช้ในการแยกสารผสมเพื่อให้สารที่กลั่นได้มีความบริสุทธิ์สูงขึ้นนี้ จึงมีการประยุกต์ใช้คุณสมบัตินี้และพัฒนาจนมาเป็นหอกลั่นในปัจจุบัน กล่าวคือ เมื่อเราให้ความร้อนแก่สารผสมจนสารที่เบากว่าซึ่งมีความหนาแน่นจำเพาะต่ำกว่า จุดเดือดต่ำกว่าสารอื่นในสารผสม สารเบานี้จะกลายเป็นไปร้อน ไอร้อนจะลอยขึ้นสู่ชั้นที่อยู่สูงขึ้นไปและถ่ายเทความร้อนให้แก่สารในชั้นบนต่อไป นอกจากนี้ของเหลวที่เป็นสารผสมในชั้นบนๆขึ้นไปถ้าอุณหภูมิไม่สูงพอที่จะระเหยได้ ก็จะไหลสวนทางกับไอร้อนเป็นการป้อนกลับภายใน (Internal Reflux) ลงสู่ชั้นล่างๆอีกด้วย ทำให้สารผสมชั้นบนๆจะมีความบริสุทธิ์ของสารเบาสูงขึ้น และสารที่ก้นหอก็จะมีสารหนักซึ่งมีความบริสุทธิ์สูงเช่นกัน โดยขนาดของหอ จำนวนชั้นของหอ อุณหภูมิของหอและอื่นๆที่ต้องการควบคุม จะถูกออกแบบให้เหมาะสมกับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการกลั่น พิจารณาภายในหม้อต้มซ้ำ การที่มีจุดเดือดสูงกว่าจะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หากต้องการให้เกิดการกลั่นแบบต่อเนื่องจำเป็นต้องมีการเพิ่มสารผสมเข้ามาในหอกลั่น โดยปกติการป้อนสารเข้าและความเข้มข้นของสารที่ป้อนเข้ามาจะมีค่าคงที่ ถ้าหากเกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนสารและการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของสารที่ป้อนเข้ามาในหอนี้ จะส่งผลกระทบของความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งโดยทั่วไปหากเกิดการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 10% อาจถือว่าเป็นการรบกวนระบบ ตัวควบคุมที่มีประสิทธิภาพควรสามารถควบคุมความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ให้อยู่ที่ค่าที่กำหนดได้แม้ว่าจะเกิดการรบกวนระบบขึ้น กระบวนการกลั่นยังต้องอาศัยกระบวนการ

อื่นๆซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในการควบคุมหอกลั่นอีก ได้แก่ หม้อต้มซ้ำ (Reboiler) เครื่องควบแน่น (Condenser) วาล์วป้อนกลับ (Reflux Valve) ปัมพ์ (Pump) และอุปกรณ์การวัดและควบคุม เป็นต้น ดังนั้นหลักการพื้นฐานสำหรับการออกแบบหอกลั่น ควรศึกษาทฤษฎีที่สำคัญทีค่าเกี่ยวข้องกับการระเหยของสาร

2.1.3 การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อน คือ การถ่ายเทพลังงานระหว่าง 2 บริเวณที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยความร้อนจะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงไปที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี



รูปที่ 2.1 การถ่ายเทความทมร้อน

1. การนำความร้อน(Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลไปสู่อีกโมเลกุลหนึ่งซึ่งอยู่ติดกันไป เรื่อยๆ จากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ ยกตัวอย่างเช่น หากเราจับทัพพีในหม้อหุงข้าว ความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านทัพพีมายังมือของเรา ทำให้เรารู้สึกร้อน โลหะเป็นตัวนำความร้อนที่ดี อโลหะและอากาศเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดี

2. การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนด้วยการเคลื่อนที่ของอะตอมและโมเลกุลของสสารซึ่งมี สถานะเป็นของเหลวและก๊าซ ส่วนของแข็งนั้นจะมีการถ่ายเทความร้อนด้วการนำความร้อน และการแผ่รังสีเท่านั้น การพาความร้อนจึงมากมักเกิดขึ้นในบรรยากาศและมหาสมุทร รวมทั้งภายในโลก และดวงอาทิตย์ จากรูปที่ 2.1 การถ่ายเทความทมร้อนแสดงให้เห็นถึงธรรมชาติของวัฏจักรการพาความร้อน การแผ่รังสีจากกองไฟทำให้เกิดความร้อนที่ก้นหม้อน้ำด้านนอก โลหะทำให้เกิดการนำความร้อนเข้าสู่ภายในหม้อ ทำให้น้ำที่อยู่เบื้องล่างร้อนและขยายตัว ความหนาแน่นต่ำจึงลอยขึ้นสู่ข้างบน ทำให้น้ำเย็นความหนาแน่นสูงซึ่งอยู่ด้านบนเคลื่อนตัวลงมา

แทนที่ เมื่อน้ำเย็นที่เคลื่อนลงมาได้รับความร้อนเบื้องล่าง ก็จะลอยขึ้นหมุนวนเป็นวัฏจักรต่อเนื่องกันไป ซึ่งเรียกว่า “วัฏจักรการพาความร้อน” (Convection circulation)

3. การแผ่รังสี (Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยมิต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน ดังเช่น การนำความร้อน และการพาความร้อน การแผ่รังสีสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอวกาศได้ วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า -273°C หรือ 0 K (เคลวิน) ย่อมมีการแผ่รังสี วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงแผ่รังสีคลื่นสั้น วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำแผ่รังสีคลื่นยาว

2.1.4 การถ่ายเทมวลสาร (Mass Transfer)

ในที่นี้หมายถึง การเคลื่อนย้าย (Migration) ขององค์ประกอบหนึ่งในของไหลชนิดหนึ่ง หรือการเคลื่อนย้ายขององค์ประกอบหนึ่งของของผสมหนึ่ง จากกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ “ระบบที่ไม่อยู่ในสภาวะสมดุลมีแนวโน้มจะเข้าสู่สมดุล เมื่อเวลาผ่านไป”

การถ่ายเทมวลสารจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการในการแยกสารที่มีองค์ประกอบมากกว่าหนึ่งชนิดออกจากกันวิธีการแยกโดยอาศัยการสัมผัสหรือการอยู่ร่วมกันของวัฏภาค (Phase) ต่างๆ เรียกว่า equilibrium separation processes ทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับสถานะของ phase นั้นการถ่ายเทมวลสารจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการในการแยกสารที่มีองค์ประกอบมากกว่าหนึ่งชนิดออกจากกันวิธีการแยกโดยอาศัยการสัมผัสหรือการอยู่ร่วมกันของวัฏภาค (phase) ต่างๆ เรียกว่า equilibrium separation processes ทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับสถานะของ phase นั้น

- **Gas – Liquid** เช่น
  - การกลั่น (Distrillation) การให้ความร้อนกับของเหลวเพื่อให้สารที่ระเหยง่าย เปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สออกจากของเหลว
  - การดูดซึมของก๊าซ (Gas absorption) การใช้ของเหลวแยกก๊าซผสมออกจากัน เช่นการใช้น้ำละลาย NH_3 ออกจากอากาศ
  - การคายของก๊าซ (Gas desorption หรือ stripping) ใช้ก๊าซเพื่อแยกเอาก๊าซในของเหลวออก
- **Gas-Solid** เช่น
  - การทำแห้ง (Drying) การทำให้ของเหลวที่อยู่ในของแข็งเปลี่ยนสภาพเป็นก๊าซ
  - การดูด (Adsorption) การใช้สารดูดความชื้นที่เป็นของแข็ง ดูดความชื้นออกจากสารต่างๆได้
  - การคาย (Desorption) คล้ายกับการทำแห้ง เป็นการดึงความชื้นออกจากของแข็ง ใช้ในการดึงความชื้นออกจากสารดูดความชื้นที่อิ่มตัวแล้ว

- **Liquid – Liquid** เช่น

- การสกัดด้วยของเหลว (liquid – liquid extraction) เป็นการแยกองค์ประกอบของสารละลายออกจากกัน โดยการเติมสารละลายอีกชนิดเข้าไป ซึ่งสารละลายที่เติมเข้าไปนี้ต้องมีคุณสมบัติการละลายในองค์ประกอบตัวใดตัวหนึ่งได้ดี

- **Liquid – Solid** เช่น

- การตกผลึก (Crystallization) แยกตัวทำละลายออกจากสารละลายอิ่มตัว เช่นการตกผลึกน้ำตาลจากน้ำอ้อย

- การสกัดแบบของเหลว-ของแข็ง (Solid-liquid extraction) เช่นการสกัดน้ำมันออกจากถั่วเหลืองโดยใช้ Hexane

- การดูด (adsorption) เช่น การใช้ activated carbon ดูดสีที่อยู่ในน้ำอ้อย

2.1.5 การควบแน่น (Condensation)

เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงวัฏภาคของไอเป็นของเหลว เมื่ออุณหภูมิของไอต่ำลงในขณะที่อุณหภูมิอากาศรอบๆนั้นสูงกว่า (การควบแน่นเกิดจากผิวหน้าของอากาศเย็นลง) จะได้เป็นไอน้ำบริสุทธิ์ ในทางตรงกันข้ามอาจจะเป็นสารผสมของไอน้ำกับสารอื่นก็เป็นได้ การควบแน่นแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

- **การควบแน่นแบบแผ่น** (Film-type condensation) คือ การควบแน่นที่ของเหลวที่ได้จากการควบแน่นมีลักษณะเป็นแผ่นบางอยู่บนผิวของผนัง การควบแน่นแบบนี้เกิดขึ้นมากในทางปฏิบัติ

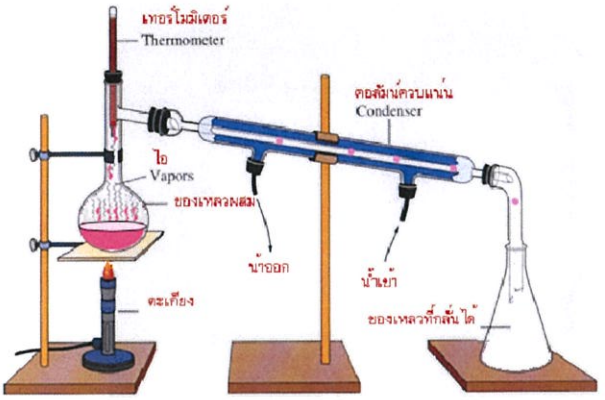
- **การควบแน่นแบบหยด** (Drop wise condensation) คือ การควบแน่นที่ของเหลวที่ได้จากการควบแน่นมีลักษณะเป็นหยดอยู่บนผิวของผนัง อัตราการถ่ายเทความร้อนของการควบแน่นแบบนี้มีค่าสูงมาก แต่การควบแน่นแบบนี้จะเกิดในระยะแรกของการควบแน่น

2.2 ชนิดของการกลั่น

การกลั่นเป็นการแยกของเหลวที่สามารถระเหยได้ ซึ่งมีองค์ประกอบตั้งแต่ 2 ขึ้นไป แบ่งเป็น 3 ชนิด ดังนี้

2.2.1.การกลั่นแบบธรรมดา (normal distillation)

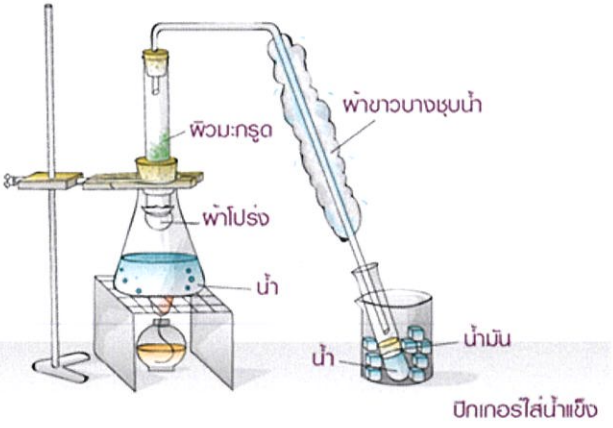
การกลั่นแบบธรรมดาเหมาะสำหรับใช้กลั่นของผสมในของเหลวที่มี จุดเดือด (Boiling point) แตกต่างกันกันตั้งแต่ 80 องศาเซลเซียส ขึ้นไป



รูปที่ 2.2 แสดงการกลั่นแบบธรรมดา

2.2.2.การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation)

นิยมใช้สกัดน้ำมันหอมระเหยออกจากส่วนต่างๆของพืช เช่น จากกาบใบตะไคร้หอม ดอกกุหลาบ ผิวมะกรูด ใบยูคาลิปตัส สารที่ต้องการแยกต้องไม่ละลายน้ำ ระเหยได้ง่าย ถ้ามีจุดเดือดต่ำจะแยกได้ดีกว่าสารที่มีจุดเดือดสูง หลักการในการสกัดคือไอน้ำช่วยทำให้น้ำมันหอมระเหยกลายเป็นไอปนออกมากับไอน้ำ และควบแน่นที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำมันหอมระเหย ของเหลวที่กลั่นได้เป็นของเหลวที่แยกเป็น 2 ชั้น โดยมีน้ำอยู่ชั้นล่างและน้ำมันหอมระเหยอยู่ชั้นบน

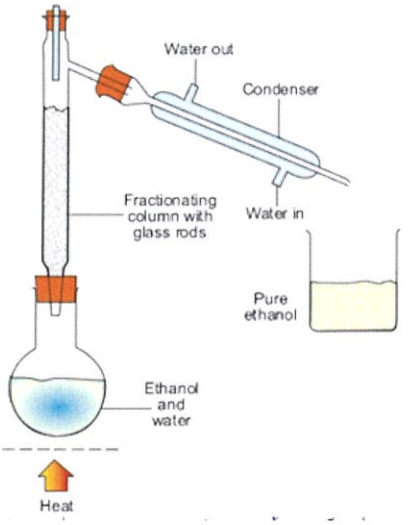


รูปที่ 2.3 การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ

2.2.3. การกลั่นลำดับส่วน (fractional distillation)

การกลั่นลำดับส่วนเป็นวิธีการแยกของเหลวที่สามารถระเหยได้ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป มีหลักการเช่นเดียวกันกับการกลั่นแบบธรรมดา คือเพื่อต้องการแยกองค์ประกอบในสารละลายให้ออกจากกัน แต่ก็จะมีส่วนที่แตกต่างจากการกลั่นแบบธรรมดา คือ การกลั่นแบบกลั่นลำดับส่วนเหมาะสำหรับใช้กลั่นของเหลวที่เป็นองค์ประกอบของสารละลายที่จุดเดือดต่างกันน้อยๆ ในขั้นตอนของกระบวนการกลั่นลำดับส่วน จะเป็นการนำไอของแต่ละส่วนไปควบแน่น แล้วนำไป

กลั่นซ้ำและควบแน่นไอเรื่อย ๆ ซึ่งเทียบได้กับเป็นการการกลั่นแบบธรรมดาหลาย ๆ ครั้งนั่นเอง ความแตกต่างของการกลั่นลำดับส่วนกับการกลั่นแบบธรรมดา จะอยู่ที่คอลัมน์ โดยคอลัมน์ของการกลั่นลำดับส่วนจะมีลักษณะเป็นชั้นซับซ้อน เป็นชั้นๆ ในขณะที่คอลัมน์แบบธรรมดาจะเป็นคอลัมน์ธรรมดา ไม่มีความซับซ้อนของคอลัมน์ ในการกลั่นแบบลำดับส่วน จะต้องมีการเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ ดังนั้น จำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์ที่ให้ความร้อน (Heater) และสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ เพราะของผสมที่กลั่นแบบลำดับส่วนมักจะมีจุดเดือดที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งตรงกันข้ามกับการกลั่นแบบธรรมดา ความร้อนที่ให้ไม่จำเป็นต้องควบคุมเหมือนการกลั่นลำดับส่วน แต่ก็ไม่ควรให้ความร้อนที่สูงเกินไป เพราะความร้อนที่สูงเกินไป อาจจะไปทำลายสารที่เราต้องการกลั่น เพราะฉะนั้น ประสิทธิภาพในการกลั่นลำดับส่วนจึงดีกว่าการกลั่นแบบธรรมดา



รูปที่ 2.4 แสดงการกลั่นลำดับส่วน

2.3 ทฤษฎีพื้นทางวัสดุศาสตร์

2.3.1 ทองแดง (Copper: Cu)

ในธรรมชาติทองแดงส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแร่ซัลไฟด์และออกไซด์ และแร่ทองแดงส่วนใหญ่จะมีทองแดงเป็นส่วนประกอบไม่มากนัก แร่ที่สำคัญของทองแดงคือแร่คาลโคไพไรต์ หรือคอปเปอร์ไพไรต์ นอกจากนี้มีในแร่อื่นๆ เช่น คาลโคไซต์ ,คิวไปรต์ ,มาลาไคต์ การสกัดโลหะ Cu ออกจากแร่โดยทั่วๆ ไปมักจะนำแร่มาเผาในอากาศให้เป็นออกไซด์และซัลไฟต์แล้วเผาต่อจนได้โลหะ Cu หรือนำมาเผากับคาร์บอน

สมบัติทั่วๆ ไปของทองแดง

1.ทองแดงเป็นโลหะค่อนข้างอ่อน มีสีน้ำตาลแดง สามารถตีแผ่เป็นแผ่น และดึงเป็นเส้นได้ หรือทำให้เป็นรูปต่างๆได้ง่ายเป็นธาตุที่นำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดีมากรองจาก Ag

2.มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดค่อนข้างสูง

3. เลขออกซิเดชันที่สำคัญคือ +1 และ +2 โดย ไม่เสถียรเมื่ออยู่ในน้ำ แต่สารประกอบเชิงซ้อนของเสถียรและละลายอยู่ในน้ำได้

4. Cu สามารถทำปฏิกิริยากับธาตุอโลหะบางชนิดเกิดเป็นสารประกอบได้

ประโยชน์และโทษโดยทั่วไปของทองแดง

1. เนื่องจากเป็นโลหะอ่อน จึงจัดเป็นรูปร่างต่างๆ ได้ง่าย นำไฟฟ้าได้ดี ประโยชน์ส่วนใหญ่จึงใช้ในแง่ของงานด้านไฟฟ้า เช่น ทำสายไฟฟ้า อุปกรณ์และเครื่องมือไฟฟ้าต่างๆ หม้อนำรถยนต์

2. โลหะผสมของ Cu มีส่วนสำคัญต่องานต่างๆ มากมาย เช่น โลหะผสม Cu-Zn เรียกว่า ทองเหลือง ใช้ประโยชน์สำหรับทำกลอนประตู ปลอกกระสุนปืน กุญแจ กระดุม และใบพัดเรือ เป็นต้น โลหะผสม Cu-Sn เรียกว่า ทองสัมฤทธิ์ ใช้ทำลานนาฬิกา ปืนใหญ่ ทำระฆังโลหะผสม Cu-Al ก็จัดว่าเป็นทองสัมฤทธิ์อีกประเภทหนึ่ง ถ้ามี Al 25% จะมีสีคล้ายทองจึงใช้ทำทองเทียมได้ โลหะผสม Co75%Ni 25% ใช้ทำเหรียญกษาปณ์

3. สารประกอบของทองแดง ถ้ามีปริมาณมากๆ จะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ดังนั้นจึงใช้สารประกอบของทองแดงบางชนิด เช่น คอปเปอร์(II)ออกไซด์ ทำยาฆ่าแมลง และฆ่าเชื้อรา

4. ร่างกายของคนก็ต้องการทองแดงเพื่อใช้ในกระบวนการทางชีวเคมีเฉพาะอย่าง ซึ่งถ้าขาดธาตุทองแดง อาจทำให้เกิดความบกพร่องในการสังเคราะห์ไขมันบางชนิด รวมทั้งทำให้เกิดโรคโลหิตจาก เพราะร่างกายดูดซึมเหล็กไม่ได้

2.3.2 ทองเหลือง

เป็นโลหะผสมที่มีทองแดงและสังกะสีเป็นส่วนประกอบหลัก ปริมาณของสังกะสีนั้นแปรเปลี่ยนไป ระหว่าง 5 - 45 เปอร์เซนต์ ทำให้ได้ทองเหลืองที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไป ทองเหลืองแตกต่างจากสำริดตรงที่ สำริดมีส่วนประกอบของทองแดงและดีบุกเป็นหลัก แต่ทองเหลืองบางชนิดก็ถูกเรียกว่า "สำริด" ก็มีทองเหลืองนั้นมีสีเหลือง จึงมีลักษณะบางส่วนคล้ายทองคำ มีความต้านทานต่อการเกิดสนิมได้ดีพอสมควร จึงนิยมนำมาทำเป็นเครื่องประดับตกแต่งภายในบ้านเรือน

ในอุตสาหกรรมผลิตทองเหลืองทั่วๆไป จะแยกมาตรฐานออกไปสองกลุ่ม คือ ประเภทรีดเป็น แท่ง หรือเป็นแผ่น (Wrough copper alloys) กับอีกกลุ่มหนึ่งจะเป็นประเภทหล่อ (Cast copper) การผลิตทองเหลืองนั้น อาศัยการหลอมละลายทองแดงกับแร่คาลาไมน์ ซึ่งเป็นสินแร่สังกะสีชนิดหนึ่ง ในกระบวนการนี้ สังกะสีจะถูกดูดออกมาจากคาลาไมน์ และผสมเข้ากับทองแดง

ทองเหลืองแบ่งเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

- Admiralty brass ประกอบด้วย สังกะสี 30% ดีบุก 1% ซึ่งยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา dezincification

- Alpha brasses (Prince's metal) ประกอบด้วยสังกะสีน้อยกว่า 35% ทองเหลือชนิดนี้สามารถตีเป็นแผ่นได้เหมาะกับการใช้งานอุณภูมิต่ำ

- Alpha-beta brass (Muntz metal หรือ called duplex brass) มีสังกะสี 35-45% เหมาะกับการใช้งานอุณหภูมิสูงประกอบด้วยαกับβ'phase

- Aluminium brass (Nordic gold) ประกอบด้วยอลูมิเนียม ทนทานการกัดกร่อน ใช้ทำเหรียญยูโร

- Arsenical brass มีส่วนผสมของสารหนู และมักจะใส่อลูมิเนียมด้วย ใช้ทำหม้อของห้องเผาไหม้

- Beta brasses มีสังกะสี 45-50% ใช้ในงานที่มีอุณหภูมิสูง มีความแข็งแรงทนทาน เหมาะกับการหล่อ

- Cartridge brass มีสังกะสี 30% มีคุณสมบัติในการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ

- Common brass (rivet brass) มีสังกะสี 37% ราคาถูกและใช้ในที่เย็นได้

- DZR brass มีส่วนผสมของสารหนูเล็กน้อย มีคุณสมบัติต่อต้านปฏิกิริยา Dezincification

- Gilding metal เป็นทองเหลืองที่อ่อนที่สุด มีทองแดง 95% และสังกะสี 5% มักใช้เป็นส่วนประกอบของกระสุน

- High brass มีทองแดง 65% และสังกะสี 35% มีความยืดหยุ่นสูง ใช้ทำสปริง สกรู หมุด

- Leaded brass คล้ายกับชนิด alpha-beta brass แต่ใส่ตะกั่วเพิ่ม มีความสามารถในการขึ้นรูปโลหะสูง

- Low brass เป็นโลหะผสมของทองแดงกับสังกะสี มีสังกะสี 20% มีสีทองอ่อนๆ สามารถทำให้เป็นเส้นบางๆได้ดีเยี่ยม ใช้ทำท่อส่งน้ำ/แก๊สที่ยืดหยุ่นสูง

- Naval brass คล้ายกับ admiralty brass มีสังกะสี 40% และดีบุก 1%

- Red brass สูตรคือ CuZnSn มักเรียกว่า gunmetal

- Rich low brass มีทองแดง 85% สังกะสี 15% ใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องประดับ

- White brass มีสังกะสีมากกว่า 50% เปราะบาง

- Yellow brass มีสังกะสี 33%

*แมงกานีสจะให้ผลในการเพิ่มกำลังวัสดุของทองเหลืองได้มาก จึงเรียกทองเหลืองที่มีแมงกานีสผสมอยู่นี้ว่าบรอนซ์แมงกานีส (Manganese Bronze)

คุณสมบัติเชิงกลของทองเหลือง

สังกะสีมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกลของทองเหลือง โดยเพิ่มทั้งความ แข็ง ความเหนียว และความเข็งให้กับทองแดง ในช่วงที่สังกะสีสามารถละลายให้สารละลายของแข็งในทองแดง แต่เมื่อเลยพิกัดการเป็นสารละลายของแข็งไปแล้ว สังกะสีจะให้สารประกอบเชิงโลหะกับทองแดง ซึ่งจะมีความแข็งและเปราะ ในช่วงนี้ความแข็งแรงกับความเหนียวจะค่อยๆ ลดลง

2.3.3 สเตนเลส

สเตนเลสหรือเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) นั้น ในทางโลหกรรมถือว่าเป็นโลหะผสมเหล็ก ที่มีโครเมียมอย่างน้อยที่สุด 10.5% ชื่อในภาษาไทย แปลจากภาษาอังกฤษว่า stainless steel เนื่องจากโลหะผสมดังกล่าวไม่เป็นสนิมที่มีสาเหตุจากการทำปฏิกิริยากันระหว่าง ออกซิเจนในอากาศกับโครเมียมในเนื้อสเตนเลส เกิดเป็นฟิล์มบางๆเคลือบผิวไว้ ทำหน้าที่ปกป้องการเกิดความเสียหายให้กับตัวเนื้อสเตนเลสได้เป็นอย่างดี ปกป้องการกัดกร่อน และไม่ชำรุดหรือสึกกร่อนง่ายอย่างโลหะทั่วไป สำหรับในสหรัฐอเมริกาและในหลายประเทศ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการบิน นิยมเรียกโลหะนี้ว่า corrosion resistant steel เมื่อไม่ได้ระบุชัดว่าเป็นโลหะผสมชนิดใด และคุณภาพระดับใด แต่ในท้องตลาดเราสามารถพบเห็น สเตนเลสเกรด 18-8 มากที่สุด ซึ่งเป็นการระบุถึง ธาตุที่เจือลงในในเนื้อเหล็กคือ โครเมียมและนิเกิล ตามลำดับ สแตนเลสประเภทนี้จัดเป็น Commercial Grade คือมีใช้ทั่วไปหาซื้อได้ง่าย มักใช้ทำเครื่องใช้ทั่วไป ซึ่งเราสามารถจำแนกประเภทของสเตนเลสได้จากเลขรหัสที่กำหนดขึ้นตามมาตรฐาน AISI เช่น 304 304L 316 316L

เป็นต้น ซึ่งส่วนผสมจะเป็นตัวกำหนดเกรดของสเตนเลส ซึ่งมีความต้องการในการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป สเตนเลสกับการเกิดสนิม ปกติ Stainless steel จะไม่เป็นสนิมเพราะที่ผิวของมันจะมีฟิล์มโครเมียมออกไซด์ บางๆเคลือบผิวอยู่อันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยากันระหว่าง Cr ใน Stainless steel กับ ออกซิเจนในอากาศ การทำให้ Stainless steel เป็นสนิมคือการถูกทำลายฟิล์มโครเมียมออกไซด์ ที่เคลือบผิวออกไปในสภาวะที่ Stainless steel สามารถเกิดสนิมได้ ก่อนที่ฟิล์มโครเมียมออกไซด์จะก่อตัวขึ้นมาอีกครั้งเช่น ถ้าสเตนเลสถูกทำให้เกิดรอยขีดข่วน แล้วบริเวณรอยนั้นมีความชื้น ซึ่งสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยากับธาตุเหล็กก่อนที่ฟิล์มโครเมียมออกไซด์จะก่อตัวขึ้นมา ก็จะเป็นสาเหตุให้เกิดสนิมขึ้นได้

ประเภทของสเตนเลส

สเตนเลสแบ่งออกเป็นกลุ่มพื้นฐาน ได้ 5 กลุ่มคือ ออสเทนนิติค, เฟอริติค, ดูเพล็กซ์, มาร์เทนซิติค และ กลุ่มเพิ่มความแข็งโดยวิธีการตกผลึก

1. กลุ่มออสเทนนิติค (Austenitic) หรือสเตนเลสตระกูล 300 เป็นเกรดที่ใช้งานแพร่หลายมากที่สุดถึง 70% มีคุณสมบัติที่แม่เหล็กดูดไม่ติด (non – magnetic) มีส่วนผสมของโครเมียม 16% คาร์บอนอย่างมากที่สุด 0.15% มีส่วนผสมของธาตุนิกเกิล 8% เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในการทำการประกอบ(Fabrication)และเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อน เกรดที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายและนิยมเรียก 18/10 คือการที่มีส่วนผสมของโครเมียม 18% และนิกเกิล 10%

2. กลุ่มเฟอริติค (Ferritic) แม่เหล็กดูดติด(magnetic) มีธาตุคาร์บอนผสมปริมาณที่ต่ำ และมีโครเมียมเป็นธาตุผสมหลักที่สำคัญอาจอยู่ระหว่าง 10.5%-27% และมีนิกเกิ้ลเป็นส่วนผสมอยู่น้อยมากหรือไม่มีเลย

3. กลุ่มดูเพล็กซ์ (Duplex) มีโครงสร้างผสมระหว่าง โครงสร้างเฟอริติค และออสเทนนิติค มีโครเมียมเป็นธาตุผสมอยู่ระหว่าง 19-28% และโมลิบดินัมสูงกว่า 5% และมีนิกเกิลน้อยกว่าตระกูลออสเทนนิติค พบว่ามีการใช้งานมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบรรยากาศแวดล้อมของคลอไรด์

4. กลุ่มมาร์เทนซิติค (Martensitic) แม่เหล็กดูดติด(magnetic) มีส่วนผสมของโครเมียม 12-14% และมีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ปานกลาง มีโมลิบดีนัมเป็นส่วนผสมอยู่ประมาณ 0.2-1% ไม่มีนิกเกิล สเตนเลสตระกูลนี้สามารถปรับความแข็งได้โดยการให้ความร้อนแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว (Quenching)และอบคืนตัว (Tempering) สามารถลดความแข็งได้ คล้ายกับเหล็กกล้า

คาร์บอน และพบการใช้งานที่สำคัญในการผลิตเครื่องตัด, อุตสาหกรรมเครื่องบินและงานวิศวกรรมทั่วไป

5. กลุ่มเพิ่มความแข็งโดยการตกผลึก (Precipitation hardening)เกรดที่เป็นที่รู้จักในตระกูลนี้ คือ 17-4H ซึ่งมีส่วนผสมของโครเมียม 17% และนิกเกิล 4% สามารถเพิ่มความแข็งแรงได้โดยกลไกเพิ่มความแข็งจากการตกผลึก (Precipitation hardening mechanism) โดยสามารถเพิ่มความแข็งแรงสูงมาก มีค่าความเค้นพิสูจน์ (Proof stress) อยู่ระหว่าง 1,000 ถึง 1,500 เมกาปาสคาล (MPa) ขึ้นอยู่กับชนิดและกรรมวิธีปรับปรุงคุณสมบัติด้วยความร้อน (Heat treatment)

ผิวของสเตนเลส

No.1- รีดร้อนหรือรีดเย็น / อบอ่อน หรือปรับปรุงด้วยความร้อน คราบออกไซด์ไม่ได้ขจัดออก / ใช้งานในสภาพที่รีดออกมาโดยทั่วไปจะใช้งานที่ทนความร้อน

2D- สภาพผิว 2D หลังจากการรีดเย็นโดยลดความหนาลง ผ่านการอบอ่อนและการกัดผิวโดยกรดลักษณะผิวสีเทาเงินเรียบ

2B- ผิว 2D ที่ผ่านลูกรีดขนาดใหญ่กดทับปรับความเรียบ เพิ่มความเงาผิวเงาสะท้อนปานกลาง ผลิตโดยวิธีการรีดเย็น ตามด้วยการอบนำอ่อนขจัดคราบออกไซด์ และนำไปรีดเบาๆ ผ่านไปยังลูกกลิ้งขัด ซึ่งเป็นวิธีการทั่วไปของการรีดเย็น ผิวที่ได้ส่วนมากจะอยู่ในระดับ 2B

BA-ผ่านกระบวนการรีดเย็นโดยความหนาลดลงทีละน้อยๆ ผ่านการอบอ่อนด้วยก๊าซไฮโดรเจน เพื่อป้องกันกันการออกซิเดชั่นกับออกซิเจนในอากาศ ผิวมันเงา สะท้อนความเงาได้ดี ผิวผลิตภัณฑ์สเตนเลสจะกระทำด้วยวิธีนี้ ซึ่งจะมีเครื่องหมาย BA หรือ No.2BA, A ซึ่งผิวอบอ่อนเงา จะมีลักษณะเงากระจก ซึ่งเริ่มต้นจากการรีดเย็น อบอ่อนในเตาควบคุมบรรยากาศ ผิวเงาที่เห็นจะเป็นการขัดผิวด้วยลูกกลิ้งขัดผิว หรือเจียรนัยผิวตามเกรดที่ต้องการ ผิวอบอ่อนเงาส่วนมากจะใช้กับงานสถาปัตยกรรม ที่ต้องการผิวสะท้อน ผิวอบอ่อนสีน้ำนมจะไม่สะท้อนแสงเหมือนกับ No.8 จะใช้กับงานที่เป็นขอบ ชิ้นส่วนทางสถาปัตยกรรม ภาชนะในครัว อุปกรณ์ในกระบวนการผลิตอาหาร

No.4, Hair Line- สภาพผิว 2B ที่ผ่านการจัดถูด้วยกระดาษทรายเบอร์ 120-220 โดยค่าความหยาบขึ้นอยู่กับแรงกด, ขนาดของอนุภาคเม็ดทราย และระยะเวลาการใช้งานของกระดาษทราย ผิว

No.4 เป็นสภาพผิวที่สนองต่อการนำไปใช้งานทั่วไป เช่นร้านอาหาร อุปกรณ์เครื่องใช้ในครัว อุปกรณ์รีดนม

No.8- สภาพผิว 2B, BA ขัดด้วยผ้าขัดอย่างละเอียดมากขั้นตามลำดับ เช่น #1000, ผ้าขนสัตว์ โดยมีผงขัดอะลูมิเนียมและโครเมียมออกไซด์ ผิว No.8 ส่วนมากจะเป็นผิวเงาสะท้อนคล้ายกระจกเงา ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็นสเตนเลสชนิดแผ่นโดยผิวจะถูกขัดด้วยเครื่องขัดละเอียดนำไปใช้กับงานตกแต่งทางด้านสถาปัตยกรรม และงานที่เน้นความสวยงาม

การกัดกร่อน

สเตนเลสเป็นวัสดุที่ทนและต้านทานการกัดกร่อน อย่างไรก็ตามมีสเตนเลสหลายตระกูลที่สามารถต้านทานการกัดกร่อนได้ดีเลิศ ในประเด็นการใช้งานที่ต่างกัน ซึ่งต้องเลือกไปใช้ในงานผลิตหรืองานประกอบโครงสร้าง ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างระมัดระวัง

1. การกัดกร่อนทั่วไป (General corrosion)

เป็นการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นตลอดทั่วผิวหน้า (Uniform attack) การกัดกร่อนแบบนี้มีอันตรายน้อย เพราะว่าสามารถวัด และทำนายการกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าได้ การกัดกร่อนแบบนี้จะเกิดขึ้นกับสเตนเลสในสิ่งที่แวดล้อมที่มีผลต่อการกัดกร่อนในอัตราที่ต่ำมาก

2.การกัดกร่อนเนื่องจากความต่างศักย์ไฟฟ้า (Galvanic corrosion)

เป็นการกัดกร่อนที่เกิดจากโลหะ 2 ชนิดที่มีศักย์ทางไฟฟ้าแตกต่างกันมาอยู่ติดกัน จุ่มอยู่ในสารละลายที่มีฤทธิ์กัดกร่อนเดียวกัน สเตนเลสจะเป็นโลหะที่มีศักย์สูงกว่า ดังนั้นอัตราการกัดกร่อนแบบกัลวานิคมักจะไม่ค่อยเพิ่มขึ้นในสเตนเลส

3.การกัดกร่อนแบบสึกกร่อนเนื่องจากการไหลของสารละลายที่มีฤทธิ์กัดกร่อนสูง (Erosion corrosion)/การกัดกร่อนเนื่องจากการขัดถู (Abrasion corrosion) การกัดกร่อนแบบ

4.Erosion/abrasion เป็นปฏิกิริยาที่เกิดร่วมกันระหว่างการสึกหรอทางกลกับการกัดกร่อนจากสารละลาย , ผงหรือเศษที่หลุดมาจากการขัดถู จะแขวนลอยอยู่ในสารละลาย และไหลด้วยความเร็วสูงจะทำให้ผิวหน้าสัมผัสมีอัตราการกัดกร่อนสูง สเตนเลสจะมีความต้านทานการกัดกร่อนแบบสึกกร่อนฯ หรือแบบขัดถูสูงเนื่องจากมีฟิล์มถาวรที่ยึดแน่น และสร้างทดแทนขึ้นที่ผิวหน้าสม่ำเสมอ

5.การกัดกร่อนตามขอบเกรน (Intergranular corrosion) ทำให้ขอบเกรนมีปริมาณโครเมียมลดลง มีความต้านทานการกัดกร่อนตามแนวขอบเกรนต่ำ แก้ไขโดยการเลือกใช้วัสดุเกรด “L” หรือเกรดที่ช่วยให้โครงสร้างสถียร (Stabilized grade) และต้องระวังไม่ให้เกิดการกัดกร่อนตามขอบ

เกรนระหว่างการเชื่อมประกอบโครงสร้าง 850°การกัดกร่อนตามขอบเกรนเกิดขึ้นเนื่องจากเกิดการตกผลึกของโครเมียมคาร์ไบด์บริเวณขอบเกรน ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 450

6. การกัดกร่อนแบบสนิมขุม (Pitting corrosion) การกัดแบบเป็นจุดหรือแบบสนิมขุมเป็นการกัดกร่อนเฉพาะที่เป็นอันตรายมาก ซึ่งมีผลทำให้เกิดการกัดกร่อนที่ผิวหน้าเป็นรูเล็กๆ หรือเป็นรูทะลุตลอดเนื้อวัสดุ แต่สามารถวัดการสูญเสียเนื้อวัสดุได้น้อย สิ่งแวดล้อมที่มีการกัดกร่อนแบบสนิมขุม ส่วนมากจะเป็นสารละลายที่มีอิออนคลอไรด์ (Chloride ion) จะเป็นตำแหน่งที่ฟิล์มถาวรจะถูกทำลายได้ง่ายที่สุดในสิ่งแวดล้อมเช่นนี้ ควรจะเลือกใช้วัสดุด้วยความระมัดระวัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสารละลายของกรดที่มีอุณหภูมิสูง ถ้าเงื่อนไขที่จะทำให้เกิดการกัดกร่อนแบบสนิมขุมไม่สามารถแก้ไขได้ ให้แก้โดยการเลือกใช้โลหะผสมที่ต้านทานการกัดกร่อนสูงกว่า เช่น สเตนเลสเกรดดูเพล็กซ์ และเกรดอื่นๆ ที่สามารถแก้ไขปัญหาได้

7. การกัดกร่อนในพื้นที่อับหรือถูกปกปิด (Crevice corrosion) การกัดแบบนี้เกิดขึ้นที่ผิวหน้าส่วนที่ถูกปิด หรือกดทับของสเตนเลส มีผลทำให้ปิดกั้นออกซิเจนไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสร้างฟิล์มออกไซด์ได้ ทำให้ฟิล์มป้องกันมีแนวโน้มที่จะแตกหรือถูกทำลายลงในพื้นที่อับนี้ ดังนั้นในสภาวะการใช้งานต้องหลีกเลี่ยงการมีพื้นที่อับ

8. การกัดกร่อนในสภาพแวดล้อมที่มีจุลชีพ (Microbiologically Induced Corrosion : MIC) การกัดกร่อนที่เป็นผลมาจากจุลชีพ เกิดจากแบคทีเรียที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมเกาะติดที่ผิวหน้าของสเตนเลสทำให้บริเวณนั้น ปิดกั้นออกซิเจน ดังนั้นเงื่อนไขในการกัดกร่อนจึงคล้ายกับแบบ Crevice แบคทีเรียจึงทำให้สถานการณ์ การกัดกร่อนเลวร้ายลง

9. การแตกร้าวเนื่องจากการกัดกร่อนภายใต้แรงเค้น (Stress Corrosion Cracking : SCC) SCC คือการแตกเปราะที่เริ่มต้นจากการกัดกร่อนในวัสดุที่มีความเหนียว สเตนเลสเกรดออสเทนนิติกจะมีแนวโน้มที่จะเกิด SCC สูงกว่าเกรดเฟอร์ริติก, สเตนเลสเกรดเฟอร์ริติกจึงสามารถต้านทานการกัดกร่อนแบบ SCC ได้สูงกว่าเกรดออสเทนนิติก

เกร็ดความรู้ในการใช้สเตนเลส

- ค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity) สเตนเลสทุกชนิดจะมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนมาก สเตนเลสเกรดที่มีส่วนผสมโครเมียมอย่างเดียว (plain chromium steel) มีค่าการนำความร้อน +_1/3 และเกรดออสเทนนิติกมีค่าการนำความร้อน +_1/4 ของเหล็กกล้า

คาร์บอน ทำให้มีผลต่อการใช้งานที่อุณหภูมิสูง เช่นมีผลต่อการควบคุมปริมาณความร้อนเข้าระหว่างการเชื่อม, ต้องให้ความร้อนเป็นระยะเวลานานขึ้น เมื่อต้องทำงานขึ้นรูปร้อน

- สัมประสิทธิ์การขยายตัว(Expansion coefficient) สเตนเลสเกรดที่มีส่วนผสมโครเมียมอย่างเดียวมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวคล้ายกับเหล็กกล้าคาร์บอน แต่เกรดออสเทนนิติกจะมีสัมประสิทธ์การขยายตัวสูงกว่าเหล็กกล้าคาร์บอน 1½ เท่า การที่สเตนเลสมีการขยายตัวสูงแต่มีค่าการนำความร้อนต่ำทำให้ต้องหามาตรการป้องกันเพื่อหลีกเลี่ยงผลเสียหายที่ตามมาเช่น ใช้ปริมาณความร้อนในการเชื่อมต่ำ, กระจายความร้อนออกโดยใช้แท่งทองแดงรองหลัง, การจับยึดป้องกันการบิดงอ ปัจจัยเหล่านี้ต้องพิจารณาการใช้งานร่วมกันของวัสดุ เช่นท่อแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) ระหว่างเปลือกโครงสร้างเหล็กกล้าคาร์บอน และท่อออสเทนนิติคเป็นต้น

- ฟิล์มป้องกันและการสร้างฟิล์ม (Passive film) สเตนเลสจะมีฟิล์มบางๆ ต้านทานการกัดกร่อน จำเป็นต้องรักษาความสมบูรณ์ของฟิล์มป้องกัน ดังนี้

- หลีกเลี่ยงความเสียหายหรือการสัมผัสรุนแรงทางกล

- ซ่อมปรับปรุงพื้นที่ที่มีผลต่อการเสียหายเช่น บริเวณที่เกิดสะเก็ดหรือคราบออกไซด์เนื่องจากอุณหภูมิสูงใกล้ๆ แนวเชื่อม, บริเวณที่เกิดความเสียหายทางกลหรือมีการเจียระไน, มีการปนเปื้อนโดยวิธีการสร้างฟิล์มป้องกัน (passivation) อย่างเดียวหรือใช้ทั้งวิธีการแช่กรดเพื่อกำจัดคราบจากออกไซด์ (pickling) หรือ การแช่กรดหรือทาน้ำยาสร้างฟิล์มออกไซด์ (passivation) ที่ผิวเหล็กกล้าสเตนเลส

- แน่ใจว่ามีออกซิเจนเพียงพอและสม่ำเสมอที่สร้างออกไซด์ที่ผิวของ เหล็กกล้าสเตนเลสได้

- การเสียหายที่ผิวเนื่องจากการเสียดสีที่ผิวโลหะกับโลหะอย่างรุนแรง (Galling /pick up / seizing)

- ผิวหน้าสเตนเลสมีแนวโน้มที่จะเกิดการเสียหายเนื่องจากการเสียดสีอย่างรุนแรง ต้องหลีกเลี่ยงและระมัดระมัดระวัง ความเสียหายที่จะเกิดขึ้นดังกล่าวโดยสำหรับผิวหน้าที่มีการเสียดสีกันตลอดเวลา ควรใช้ Load หรือแรงเสียดสีต่ำสุด และต้องแน่ใจว่าการเสียดสีไม่สร้างความร้อนเกิดขึ้น ควรรักษาผิวสัมผัสไม่ให้มีการบดกับผงฝุ่น เม็ด ทรายฯลฯ และใช้น้ำมันหล่อลื่นหรือเคลือบผิว

ประโยชน์ของการใช้งานสเตนเลส

- ใช้ในสิ่งแวดล้อมที่กัดกร่อน (Corrosive Environment)

- งานอุณหภูมิเย็นจัด ป้องกันการแตกเปราะ

- ใช้งานอุณหภูมิสูง (High temperature)ป้องกันการเกิดคราบออกไซด์ (scale) และยังคงความแข็งแรง

- มีความแข็งแรงสูงเมื่อเทียบกับมวล (High strength vs. mass)

- งานที่ต้องการสุขอนามัย(Hygienic condition) ต้องการความสะอาดสูง

- งานด้านสถาปัตยกรรม (Aesthetic appearance) ไม่เป็นสนิม ไม่ต้องทาสี

- ไม่ปนเปื้อน (No contamiation) ป้องกันการทำ ปฏิกิริยากับสารเร่งปฏิกิริยา

- ต้านทานการขัดถูแบบเปียก (Wet abrasion resistance)

2.4 การหาเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในไวน์ โดยเครื่อง Ebulliometer

โดยเปรียบเทียบจากค่าความแตกของจุดเดือดและสารที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ ซึ่งจะมีวิธีการต่างๆดังนี้

1. ทดสอบดังนี้หาค่าจุดเดือดของน้ำ เพราะบริเวณที่เราทดสอบแต่ละที่จะสูงกว่าระดับน้ำทะเลไม่เท่ากันและจะส่งผลต่อจุดเดือดของน้ำ พื้นสูงกว่าระดับน้ำทะเลมากๆ เช่นตามเทือกเขาสูงๆ จุดเดือดของน้ำจะลดลงจากนั้นตั้งค่าที่ได้ลงในแผ่นดิสก์สเกลที่มาพร้อมกับชุดทดสอบ

2. ทดสอบหาค่าจุดเดือดของสารที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ ซึ่งจะสามารถทราบผลเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ได้ทันที โดยดูจากแผ่นดิสก์สเกลที่มาพร้อมกับชุดทดสอบ

บทที่ 3
การออกแบบและวิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยในการสร้างต้นแบบหอกลั่นเอทานอลอย่างง่าย มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาระบบการกลั่นเอทานอลและการสร้างหอกลั่นเอทานอลทั่วไป

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบด้วยโปรแกรม SolidWork การสร้างและประกอบชิ้นส่วนต้นแบบหอกลั่นเอทานอลอย่างง่าย

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบระบบการทำงาน

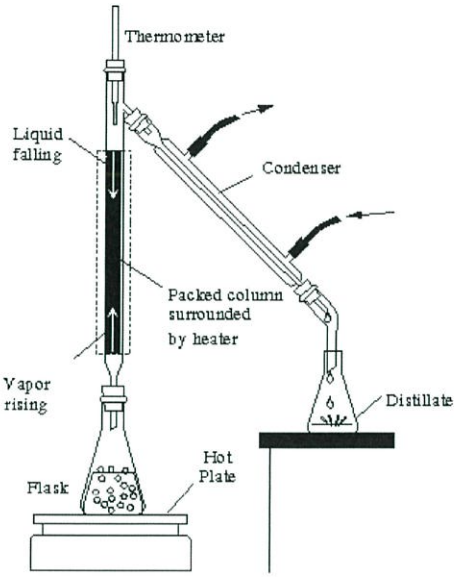
ขั้นตอนที่ 4 การวัดค่าความเข้มข้นด้วยเครื่อง ebulliometer

3.1 การศึกษาระบบการกลั่นเอทานอล

การกลั่นเอทานอลประกอบด้วยกระบวนการเตรียมวัตถุดิบสำหรับกลั่นเอทานอล กระบวนการหมักและการแยกผลิตภัณฑ์เอทานอลและการทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบนั้นถ้าเป็นประเภทแป้งหรือเซลลูโลส เช่นมันสำปะหลัง และธัญพืชจะต้องนำไปผ่านกระบวนการย่อยแป้งหรือเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลก่อน ด้วยการใช้กรดหรือเอนไซม์ ส่วนวัตถุดิบประเภทน้ำตาล เช่น กากน้ำตาลหรือน้ำอ้อย เมื่อปรับความเข้มข้นให้เหมาะสมแล้วสามารถนำไปหมักได้ ในกระบวนการหมักจะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ยีสต์ การเลือกใช้ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมกับวัตถุดิบที่นำมาหมักจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหมัก ซึ่งน้ำหมักที่เหมาะสมต่อการนำไปกลั่นเอทานอลจะมีความเข้มข้นของเอทานอลประมาณร้อยละ 8-12 โดยปริมาตร

การกลั่นลำดับส่วนเป็นวิธีการกลั่นที่สามารถแยกน้ำออกจากเอทานอลได้บริสุทธิ์ถึงร้อยละ 95.6 โดยปริมาตร มีหลักการอย่างง่ายคือ การแยกของเหลวผสมที่มีสารองค์ประกอบตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป โดยสารแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการระเหยเป็นไอได้ไม่เท่ากัน ณ อุณหภูมิและความดันเดียวกัน เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายที่มีส่วนผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำ จนกระทั่งกลายเป็นไอแล้วลอยขึ้นไปที่คอลัมน์ลำดับส่วนที่มีลักษณะเป็นชั้นซับซ้อน หรือภายในอาจบรรจุวัสดุกลั่นที่เรียกว่า packing ทำหน้าที่เป็นตัวดักชะลอการเคลื่อนที่ของไอ ก่อนที่ไอจะเคลื่อนที่ไปยัง

ชุดควบแน่นที่มีน้ำเย็น โดยเมื่อไอร้อนเคลื่อนที่ผ่านน้ำเย็นจะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากไอสู่น้ำ แล้วไอดังกล่าวจะควบแน่นกลั่นตัวกลับเป็นของเหลวที่มีความบริสุทธิ์ขึ้น ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงกระบวนการกลั่นลำดับส่วนอย่างง่าย

3.2 การออกแบบต้นแบบหอกลั่นเอทานอลอย่างง่ายด้วยโปรแกรม SolidWork

เนื่องจากทองแดงเป็นโลหะที่นำความร้อนและทนต่อสภาพการกัดกร่อนได้ดีที่สุด จึงถูกนำมาใช้ในงานกลั่นเอทานอลทั่วไป ดังนั้นสิ่งสำคัญในการออกแบบหอกลั่นเอทานอลที่จะต้องคำนึงถึง ณ ที่นี้ คือการเลือกใช้ทองแดงให้เหมาะสมกับประเภทของงาน เพราะทองแดงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน ก็จะมีความหนาของผนังท่อต่างกันด้วย ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ท่อทองแดงขนาดมาตรฐานประเภท Mดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางขนาดมาตรฐานท่อทองแดงประเภท M

TYPE 'M'

Nominal Size (inch)	ACTUAL (inch) o.d.	w.t.	ACTUAL (mm) o.d.	w.t.	Mass** kg / 5.8m	Safe Working Pressure*(kPa)	Lengths per Bundle
1/4	3/8	0.025	9.52	0.64	0.93	5,233	100
3/8	1/2	0.025	12.70	0.64	1.26	3,859	100
1/2	5/8	0.028	15.88	0.71	1.76	3,409	100
5/8	3/4	0.030	19.05	0.76	2.27	3,026	100
3/4	7/8	0.032	22.22	0.81	2.82	2,763	100
1	1 1/8	0.035	28.58	0.89	4.02	2,351	100
1-1/4	1 3/8	0.042	34.92	1.07	5.90	2,312	50
1-1/2	1 5/8	0.049	41.28	1.24	8.10	2,266	30
2	2 1/8	0.058	53.98	1.47	12.59	2,050	30
2-1/2	2 5/8	0.065	66.68	1.65	17.49	1,859	30
3	3 1/8	0.072	79.38	1.83	23.14	1,730	20
3-1/2	3 5/8	0.083	92.08	2.11	30.95	1,719	20
4	4 1/8	0.095	104.78	2.41	40.22	1,726	10
5	4 1/8	0.109	130.18	2.77	57.54	1,595	8
6	6 1/8	0.122	155.58	3.10	77.06	1,492	5

* Safe Working Pressures are based on annealed temper for temperaturs up to 50°c

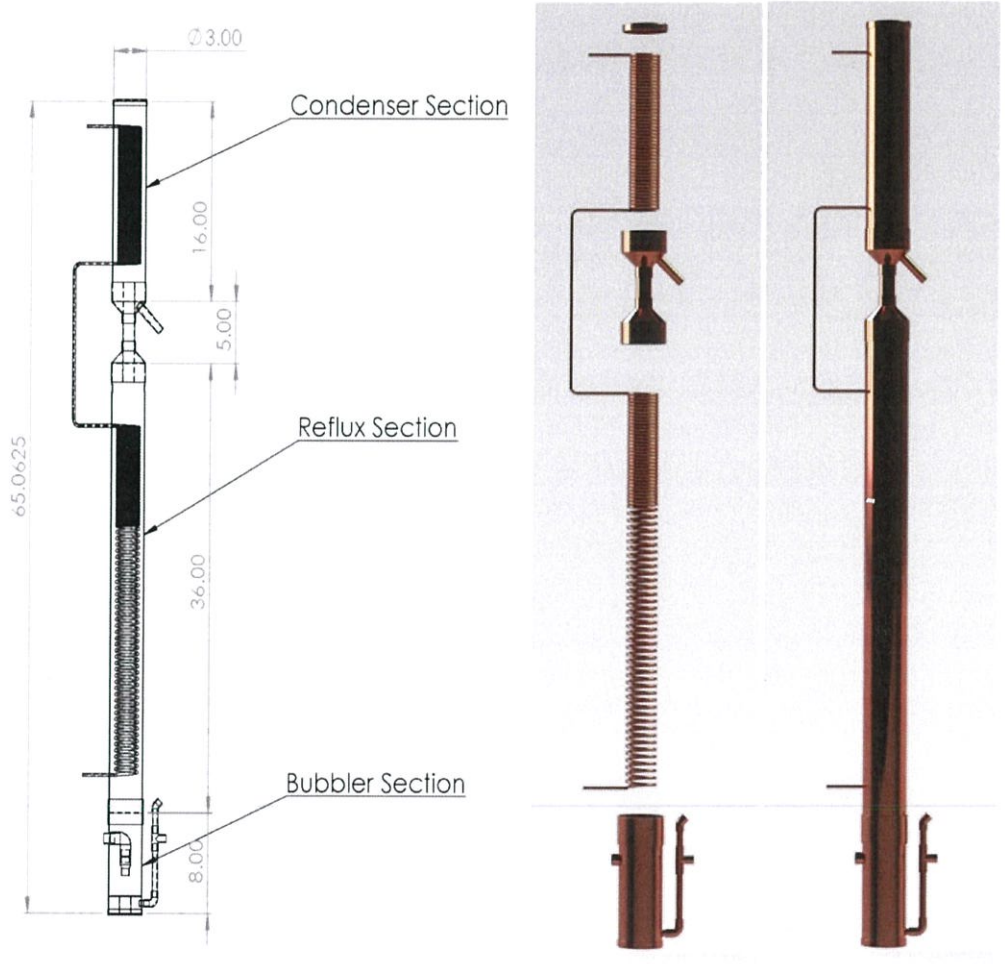
** Mass are based on maximum tolerance wall thickness

หมายเหตุ

1. Nominal Size (นิ้ว) คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

2. O.D. (Outside Diameter: นิ้ว) คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก

3. การเรียกขนาดท่อทองแดงจะเรียกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน การออกแบบหอกลั่นเอทานอลโดยใช้โปรแกรม Solid Work จะแบ่งส่วนประกอบหลักออกเป็น 4 ส่วน คือ Bubbler Section, Reflex Section, Separator Section และ Condenser Section ดังรูปที่ 3.1



(ก) (ข) (ค)

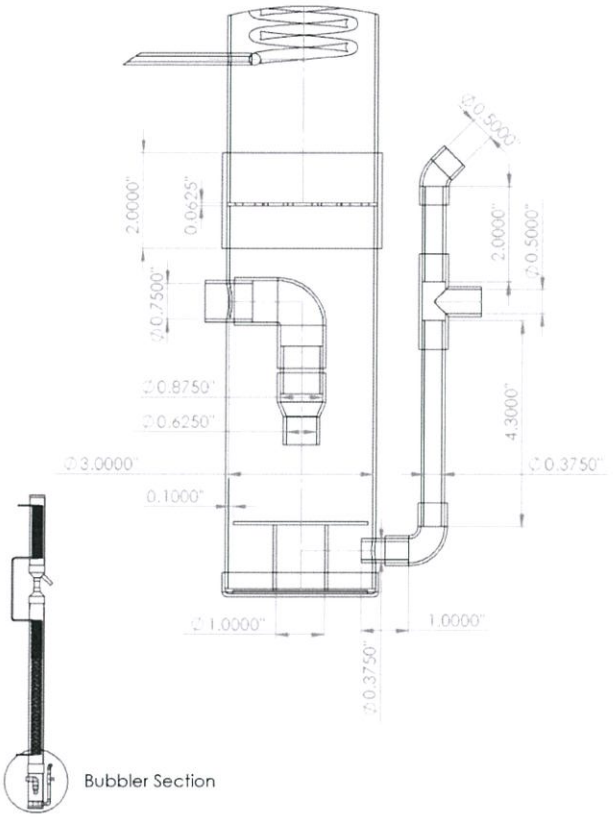
รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างโดยรวมของต้นแบบหอกลั่นเอทานอลอย่างง่าย

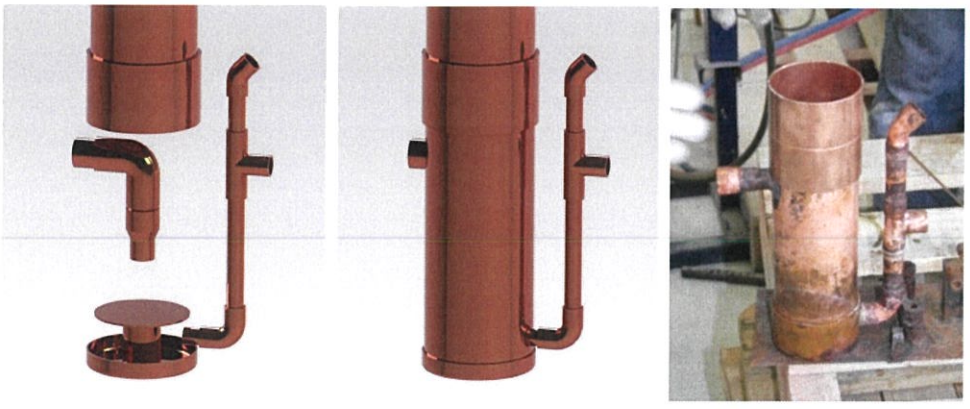
ก.ภาพร่างสองมิติ

ข.ภาพสามมิติภายใน

ค.ภาพสามมิติภายนอก

1.Bubbler Section

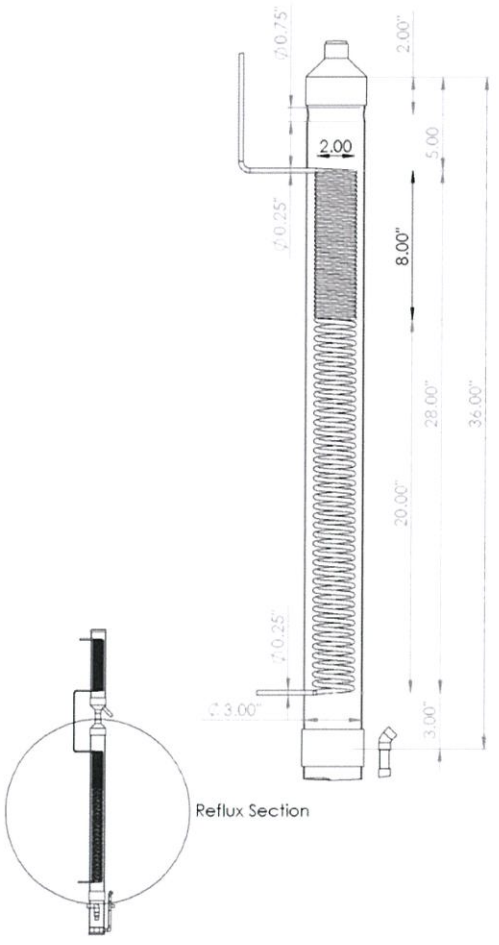


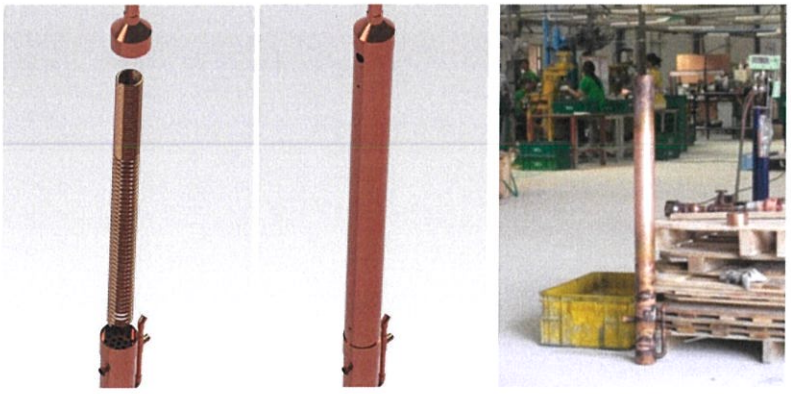


รูปที่ 3.3 Bubbler Section

Bubbler Section จะเป็นส่วนรับไอของสารละลายเอทานอลกับน้ำ ที่เข้ามาจากหมอต้ม ไอที่เข้ามาจะลอยขึ้นไปควบแน่นกลั่นเป็นของเหลวอีกครั้งในส่วน Reflex Section และ Condenser Section

2.Reflex Section

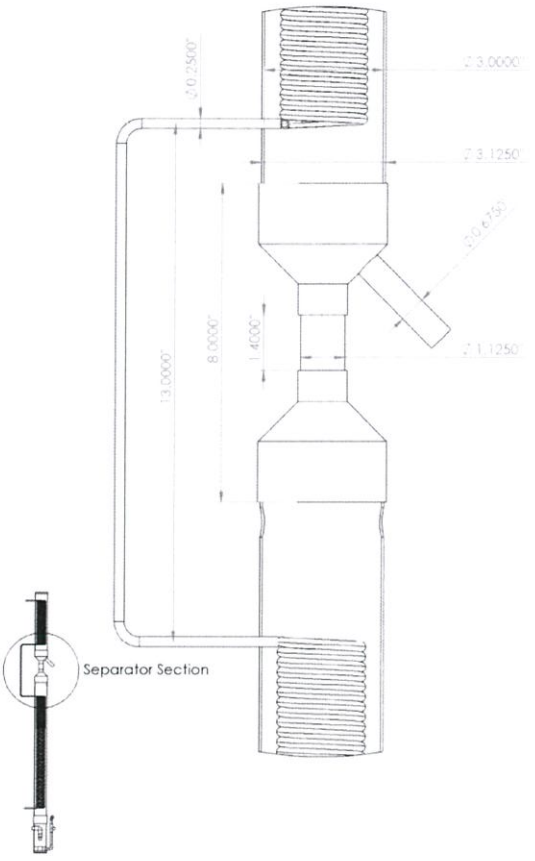


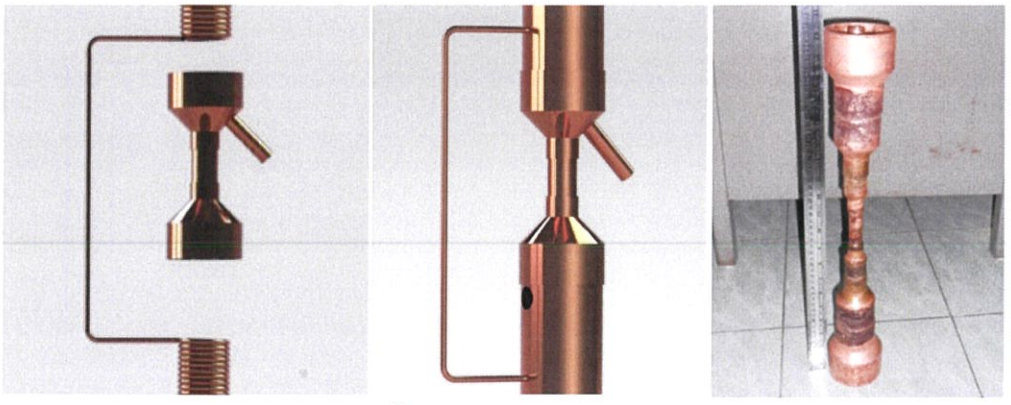


รูปที่ 3.4 Reflex Section

Reflex Section เป็นส่วนที่สะสมและชะลอการควบแน่นของเอทานอลไม่ให้เกิดขึ้นเร็วเกินไป เพราะหากเราสามารถชะลอการควบแน่นได้นานก็จะทำให้ไอมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เอทานอลหลังผ่านกระบวนการกลั่นมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และความสูงของส่วนนี้จะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของเอทานอลหลังผ่านกระบวนการกลั่น

3.Separator Section

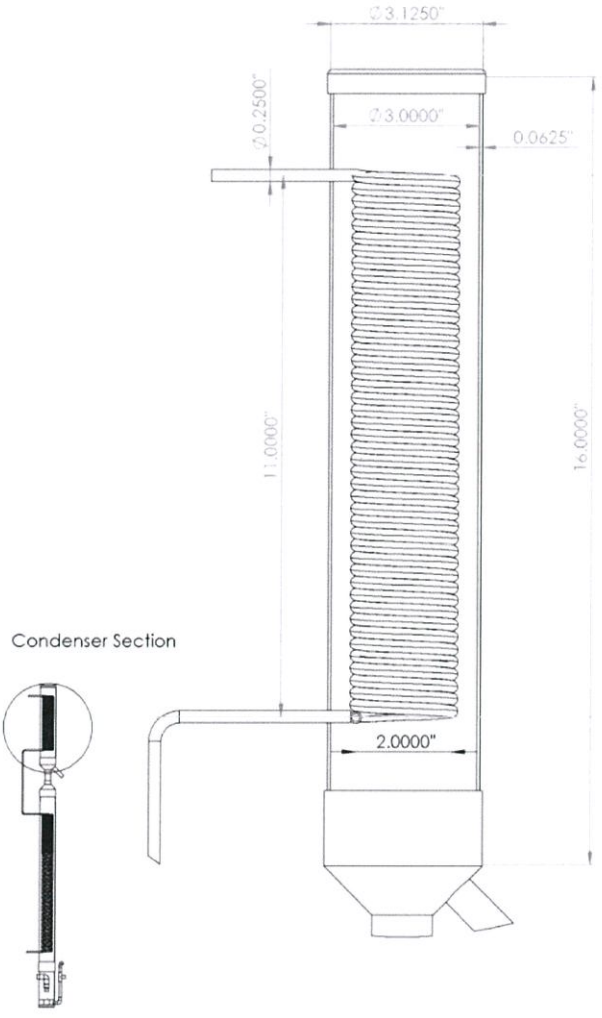


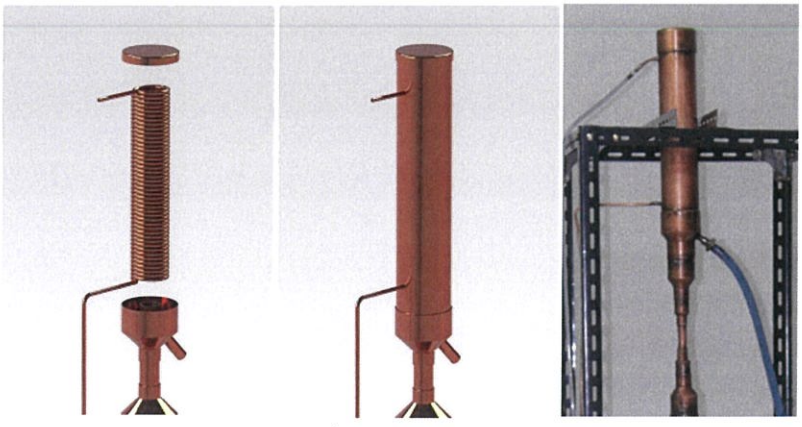


รูปที่ 3.5 Separator Section

Separator Section เป็นส่วนที่แบ่งระหว่าง Reflux Section และ Condenser Section โดยไอของสารละลายที่มีความเข้มข้นของเอทานอลสูงกว่าจะลอยผ่านจุดนี้ ขึ้นไปยังส่วน Condenser Section ส่วนไอที่มีความเข้มข้นของเอทานอลต่ำกว่าจะ ถูกควบแน่นที่ส่วน Reflux Section

4.Condenser Section

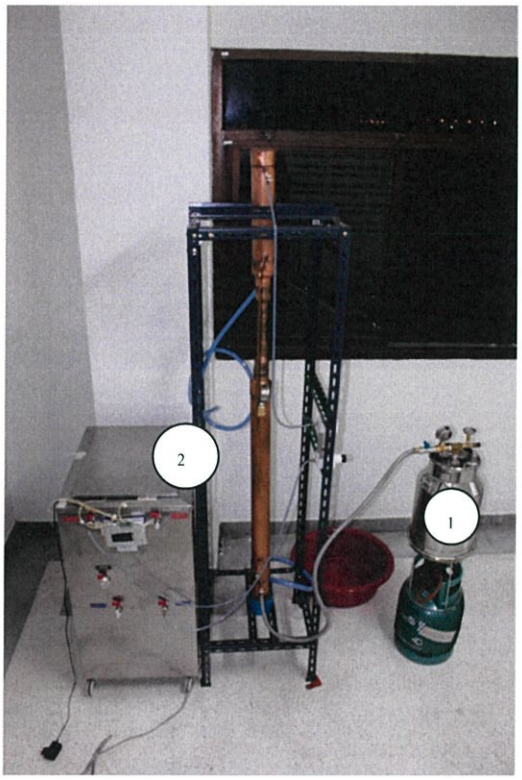




รูปที่ 3.6 Condenser Section

เป็นส่วนที่ไอของสารละลายเอทานอลเข้มข้นจะลอยขึ้นมาจนถึงส่วนนี้ และจะถูกควบแน่นด้วยชุดทำความเย็นที่ผ่านขดลวดทองแดง โดยจะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากไอสู่ขดลวดเย็นจนกระทั่งไอของสารละลายเอทานอลเข้มข้นกลั่นตัวเป็นของเหลวอีกครั้ง

3.3 การทดสอบระบบการทำงาน

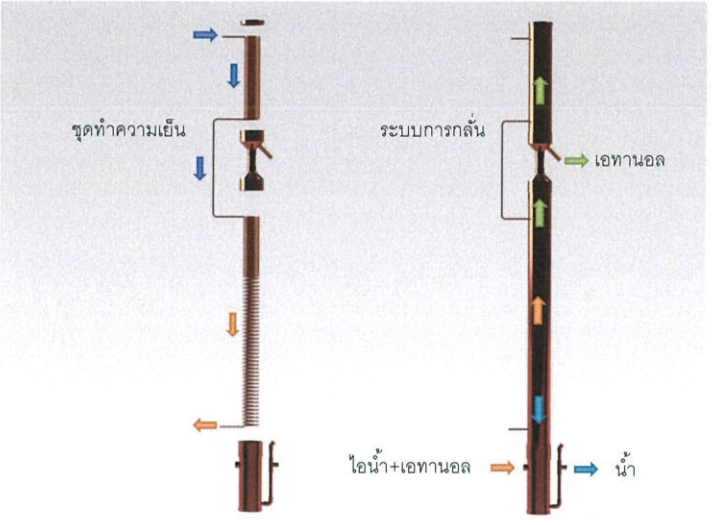


รูปที่ 3.7 ชุดต้นแบบหอกลั่นเอทานอลอย่างง่าย

การทดสอบระบบการทำงาน เราจะติดตั้ง ถังต้มสารละลาย (1) เพื่อทำให้สารละลายกลายเป็นไอ และชุดทำความเย็น (2) เพื่อใช้ในการควบแน่นไอของสารละลายดังรูปที่ 3.7

การทำงานของต้นแบบหอกลั่นเอทานอลอย่างง่ายเริ่มต้นโดย ต้มสารละลายในถังต้มจนกระทั่งไอไหลเข้าสู่หอกลั่นที่ส่วน Bubbler Section จากนั้นจะลอยไปสะสมที่ส่วน Reflux Section ณ ส่วนนี้ จะมีท่อขดลวดของชุดทำความเย็นซึ่งน้ำจะไหลเข้าจากส่วนบนของหอกลั่น และลูกแก้วบรรจุอยู่ โดยลูกแก้วและส่วน Separator Section จะเป็นตัวช่วยชะลอไม่ให้ไอของสารละลายทั้งหมดลอยขึ้นไปกลั่นตัวที่ส่วน Condenser Section แต่เฉพาะไอที่มีความเข้มข้นสูงกว่าเท่านั้นที่จะลอยขึ้นมายังส่วนนี้ได้ เพราะที่ส่วนนี้ชุดทำความเย็นจะมีอุณหภูมิต่ำกว่า เหมาะแก่การกลั่นควบแน่นไอที่มีความเข้มข้นสูงกว่า ก็คือไอของเอทานอลนั่นเอง ส่วนไอของน้ำและไอที่มีความเข้มข้นของเอทานอลปริมาณน้อยจะสามารถกลั่นตัวได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า จึงถูกกลั่นควบแน่นไปแล้วที่ส่วน Reflux Section

การทำงานของชุดทำความเย็นคือ น้ำเย็นจะเข้าสู่ขดลวดทองแดงทางด้านบนของหอกลั่นเอทานอลและจะไหลลงมาด้านล่างเรื่อยๆ ทำให้อุณหภูมิของน้ำที่อยู่ภายในขดลวดทองแดงด้านบนต่ำกว่าด้านล่าง



รูปที่ 3.8 แสดงทิศทางการทำงานของชุดทำความเย็นและระบบการกลั่นเอทานอล

3.4 การวัดค่าความเข้มข้นด้วยเครื่อง ebulliometer

โดยเปรียบเทียบจากค่าความแตกของจุดเดือดและสารที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอลล์ ซึ่งจะมีวิธีการดังนี้

1. ทดสอบหาค่าจุดเดือดของน้ำ เพราะบริเวณที่เราทดสอบแต่ละที่จะสูงกว่าระดับน้ำทะเลไม่เท่ากันและจะส่งผลต่อจุดเดือดของน้ำ พื้นสูงกว่าระดับน้ำทะเลมากๆ เช่นตามเทือกเขาสูงๆ จุดเดือดของน้ำจะลดลงจากนั้นตั้งค่าที่ได้ลงในแผ่นดิสท์สเกลที่มาพร้อมกับชุดทดสอบ

2. ทดสอบหาค่าจุดเดือดของสารที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอลล์ ซึ่งจะสามารถทราบผลเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ได้ทันที โดยดูจากแผ่นดิสท์สเกลที่มาพร้อมกับชุดทดสอบ

3.4.1 การหาจุดเดือดของน้ำ (calibration)

1. เติมแอลกอฮอล์ลงในตะเกียง

2. ล้าง (rinse) boiler ด้วยน้ำโดยการเทน้ำลงในท่อ Aและปล่อยน้ำออกโดยการหมุนเปิดวาล์ว F

3. เทน้ำลงใน graduated glass จนให้ถึงขีดที่มีตัวอักษร *Eau*

4. ใส่เทอร์โมมิเตอร์ลงในท่อ A

5. เติมน้ำเย็นลงใน cooling tank

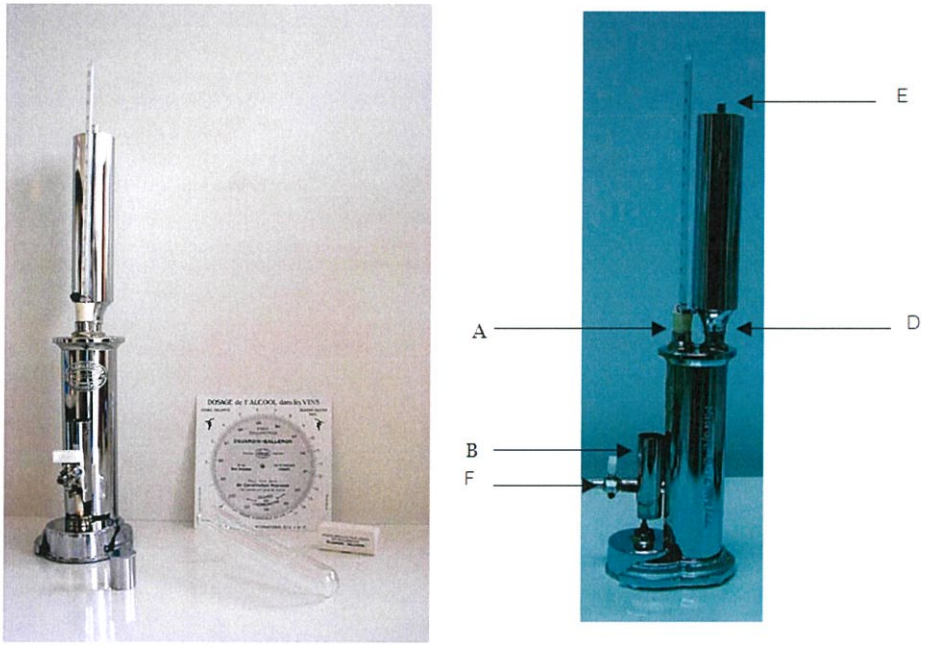
6. จุดตะเกียงแล้ววางไว้ที่ใต้ท่อ B เพื่อให้ความร้อน

7. ปรอทในเทอร์โมมิเตอร์จะเริ่มสูงขึ้นจนกระทั่งคงที่ อ่านค่าอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ

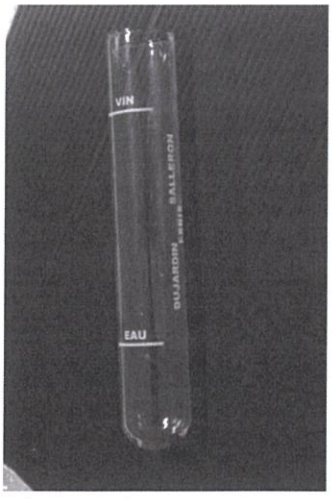
8. หมุน plastic calculating scale จนกระทั่งอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำที่อ่านได้ตรงกับตำแหน่ง 0 บน scale ของ % แอลกอฮอล์ (scale ด้านนอก) และใช้ตำแหน่งของ scale ที่ตั้งไว้นี้

ในการหาปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์

หมายเหตุ : การวัดแอลกอฮอล์จากตัวอย่างทำวิธีการเดียวกัน แต่ใส่ปริมาณตัวอย่างลงใน graduated glass ให้ถึงขีดที่กำหนด **คือ** ขีดที่มีตัวอักษร VIN



รูปที่ 3.9 ชุดอุปกรณ์เครื่อง ebulliometer



รูปที่ 3.10 เครื่อง graduated glass

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1. การเตรียมสารละลายเข้มข้นเอทานอลในหน่วยเปอร์เซ็นต์ต่อปริมาตร หรือปริมาตรต่อปริมาตร (%vol/vol)

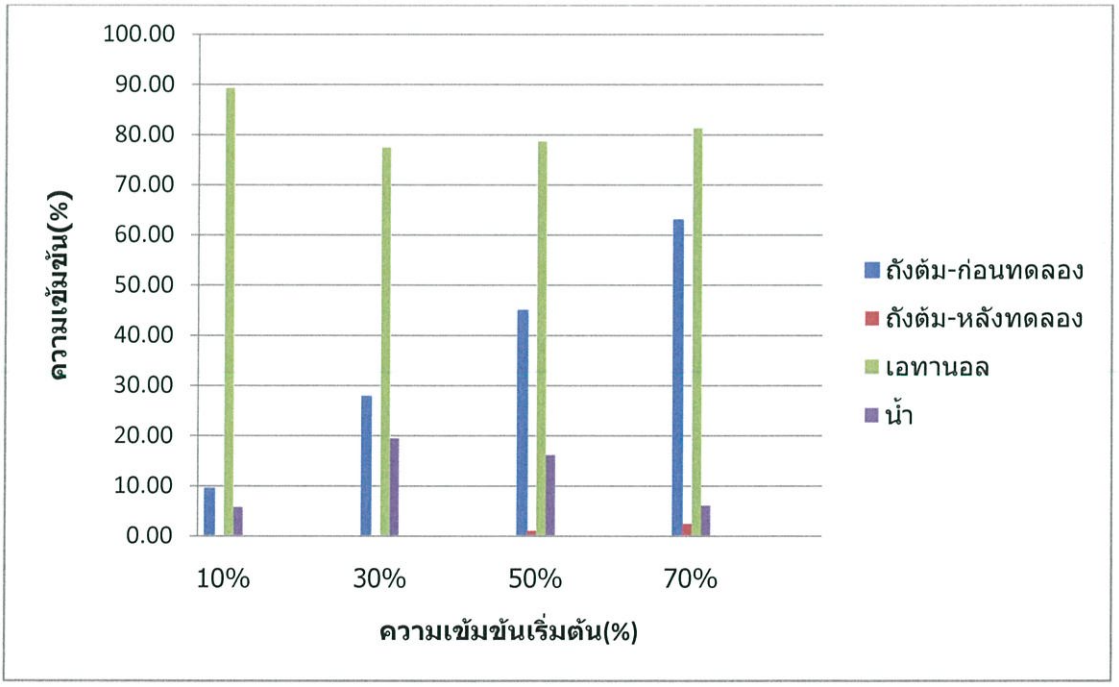
คือ ปริมาตรตัวถูกละลายต่อปริมาตรของสารละลายใน 100 หน่วย เช่น เอทานอล 3% โดยปริมาตร หมายความว่า ในสารละลายเอทานอลกับน้ำกลั่น 100 ml. จะมีเอทานอล 3 ml. และน้ำกลั่น 97 ml. บางครั้งจะบอกความเข้มข้นของสารละลายเป็น Additive volume (a+b) เช่น (1+9) เอทานอล หมายถึง เอทานอล 1 หน่วย จะถูกทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่น 9 หน่วย

เมื่อวัดจุดเดือดของตัวอย่างที่เจือจาง 10 เท่า เทียบกับจุดเดือดของน้ำกลั่นด้วย Ebulliometer แล้ว เทียบผลจากแผ่นดิสก์ได้ผลเป็นความเข้มข้นของเอทานอล แล้วคูณด้วยจำนวนเท่าที่เจือจาง ในที่นี้คือ 10 ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการวัดค่าความเข้มข้น ณ ส่วนต่างๆของหอกลั่นเอทานอล

ความเข้มข้น (%v/v)	ครั้งที่	ถังต้ม						หอกลั่น					
		ก่อนทำการทดลอง			หลังทำการทดลอง			เอทานอล			น้ำ		
		T(□c)	%	% เฉลี่ย	T(□c)	%	% เฉลี่ย	T(□c)	%	% เฉลี่ย	T(□c)	%	% เฉลี่ย
10%	1	99	9.5	9.50	100	0	0.00	93.1	87	89.33	99.4	5.5	5.83
	2	99	9.5		100	0		93	89		99.4	5.5	
	3	99	9.5		100	0		92.8	92		99.3	6.5	
30%	1	97.2	29.5	27.83	100	0	0.00	93.6	79	77.50	98.1	19.5	19.50
	2	97.4	27		100	0		93.8	76		98.2	18.5	

	3	97.4	27		100	0		93.7	77.5		98	20.5	
50%	1	95.9	46	45.00	99.6	3.25	1.08	93.7	77.5	78.67	98.4	16	16.17
	2	95.9	46		100	0		93.5	81		98.35	16.5	
	3	96.1	43		100	0		93.7	77.5		98.4	16	
70%	1	94.8	61	63.00	99.2	7.5	2.50	93	89	81.33	99.4	5.5	6.17
	2	94.7	62.5		99.9	0		93.7	77.5		99.4	5.5	
	3	94.5	65.5		99.9	0		93.7	77.5		99.2	7.5	

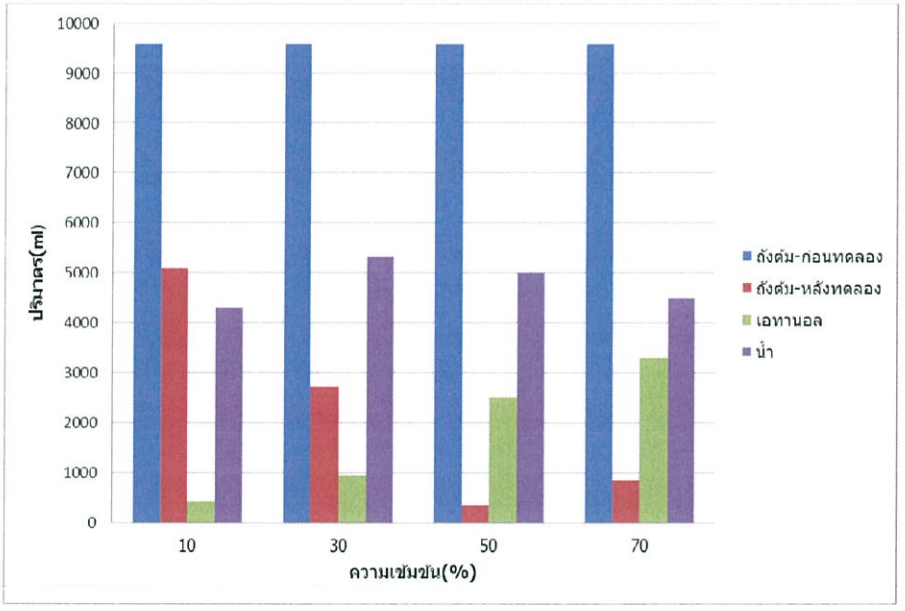


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความเข้มข้นของเอทานอลก่อน-หลังการทดลอง

4.2 ตารางแสดงปริมาตรเอทานอลที่วัดได้จากแต่ละส่วนของหอกลั่นเอทานอล โดยใช้กระบอกตวงในการวัด

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการวัดปริมาตรของเอทานอล ณ ส่วนต่างๆของหอกลั่นเอทานอล

ถังต้ม					หอกลั่น			
ก่อนทำการรทดลอง			หลังทำการทดลอง		เอทานอล		น้ำ	
ปริมาตร (ml)	ความเข้มข้น (%)		ปริมาตร (ml)	ความเข้มข้น (%)	ปริมาตร (ml)	ความเข้มข้น (%)	ปริมาตร (ml)	ความเข้มข้น (%)
9600	10	9.5	5100	0	420	89.33	4300	5.83
9600	30	27.83	2720	0	960	77.5	5310	19.5
9600	50	45.00	350	1.08	2520	78.67	5000	16.17
9600	70	63	850	2.5	3300	81.33	4500	6.17



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาตรของเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ที่ความเข้มข้น 10% กลั่นได้เอทานอลความเข้มข้น 89.33% ปริมาตร 4300 ml . ขาดไป 286 ml . ใช้เวลาในการกลั่น 6 ช.ม.

ที่ความเข้มข้น 30% กลั่นได้เอทานอลความเข้มข้น 77.5% ปริมาตร 5310 ml. ขาดไป 893 ml . ใช้เวลาในการกลั่น 6 ช.ม.

ที่ความเข้มข้น 50% กลั่นได้เอทานอลความเข้มข้น 78.67% ปริมาตร 5000 ml. ขาดไป 1,525 ml. ใช้เวลาในการกลั่น 5 ช.ม.

ที่ความเข้มข้น 70% กลั่นได้เอทานอลความเข้มข้น 81.33% ปริมาตร 4500 ml . ขาดไป 3065 ml. ใช้เวลาในการกลั่น 4 ช.ม.

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรเพิ่มระบบควบคุมอัตราการไหลและอุณหภูมิของระบบหล่อเย็นที่แน่นอนได้
- หาภาชนะปิดสำหรับเก็บตัวอย่างเอทานอลโดยเฉพาะ
- ติดตั้งระบบวัดปริมาตรสารละลายในถังต้ม
- พัฒนาหอกลั่นให้เหมาะสมต่อการกลั่นสารละลายเอทานอลที่ได้จากการหมักโดยตรง