การนำน้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำกลั่นกลับมาใช้ใหม่

นงนุช ศศิธร

กาญจนา ลือพงษ์

วิโรจน์ ผดุงทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากเงินงบประมาณเงินผลประโยชน์ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๑

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น

Cooling Water Recovery from Water Distillation Equipment

Nongnut Sasithorn

Kanchana Luepong

Wiroj Padungtos

This Report is Funded by Rajamangala University of Technology Phra Nakhon,

Fiscal Year 2008

ชื่อเรื่อง : การนำน้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำกลั่นกลับมาใช้ใหม่

ผู้วิจัย : นงนุช ศศิธร
กาญจนา ลือพงษ์
วิโรจน์ ผดุงทศ

พ.ศ. ๒๕๕๑

บทคัดย่อ

การนำน้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำกลั่นกลับมาใช้ใหม่ เป็นงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อนำน้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำกลั่นในห้องปฏิบัติการเคมีสิ่งทอ สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการสูญเสียทรัพยากรน้ำ รูปแบบการวิจัยเป็นการออกแบบพัฒนาระบบการนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้จากเครื่องกลั่นน้ำแบบ Cyclon Ultrapure Water Stills รุ่น WSC008 บริษัท Fistreem ผลการวิจัยพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถประหยัดน้ำได้ 3,462.72 ลูกบาศก์เมตรต่อปี คิดค่าน้ำลูกบาศก์เมตรละ 2.22 บาท สามารถประหยัดค่าน้ำประปาได้ 7,617.64 บาทต่อปี มีระยะเวลาการคืนทุน 3.33 ปี และความคุ้มค่าการลงทุนพิจารณาจากอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน อยู่ที่ 1.26 (มีค่ามากกว่า 1) แสดงว่าโครงการนี้สามารถประหยัดการใช้น้ำ และมีความคุ้มค่าในการลงทุน

คำสำคัญ : การนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้ ระยะเวลาการคืนทุน อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน

Title : Cooling Water Recovery from Water Distillation Equipment

Reseacher : Nongnut Sasithorn

Kanchana Luepong

Wiroj Padungtos

Year : 2008

Abstract

Cooling water recovery from water distillation equipment was a research that has the objective to restore the cooling water from distillation equipment, which installed at textile chemistry technology department laboratory at Textile industrial and fashion design in Rajamangala University of Phra Nakorn. The research plan was designing and developing the water distillation equipment type cyclon ultrapure water stills, model WSC008 of Fistreem company. The outcomes found, the designed system could save the tap water consumption 3,462.72 square meters per year. That was implied 7,617.64 Bath per year of tap water consumption could be save, what the tap water consumption rate was 2.22 Bath per square meters. This system was paid back in 3.33 years, and the benefit-cost ratio for single project (B/C ratio) was 1.26 (>1). Finally, this project was successfully to save the tap water consumption and great benefit investment.

Keywords : Cooling water recovery, Pay back period, Benefit-cost ratio

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการวิจัย เรื่อง การนำน้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำกลั่นกลับมาใช้ใหม่ ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์ในด้านต่างๆ มากมาย ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านดังรายนามต่อไปนี้

1. คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2. คุณสุพจนา สุขสำราญ และ คุณกำพล สายลุน

3. นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

4. บิดา มารดา และบุคคลอีกหลายท่านที่มีส่วนช่วยผลักดันให้โครงการนี้สำเร็จ

นงนุช ศศิธร
กาญจนา ลือพงษ์
วิโรจน์ ผดุงทศ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	1
1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์	2
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การกลั่น (Distillation)	3
2.2 ประเภทของการกลั่น	4
2.3 เครื่องกลั่นน้ำ	8
2.4 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break Even Analysis)	11
2.5 การวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost Ratio Analysis)	20
3 วิธีดำเนินการ	23
3.1 การศึกษาระบบและการออกแบบระบบการนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้	24
3.2 การจัดซื้อวัสดุและสร้างระบบการนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้ใหม่	24
3.3 การทดลองใช้งาน และปรับปรุงแก้ไข	25
3.4 ประเมินผลการทำงานของระบบ	25
4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	27
4.1 การออกแบบระบบการนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ส่วนประกอบของระบบที่จัดสร้างขึ้น	28
4.3 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการพัฒนาระบบ	31
4.4 ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period)	33
4.5 การพิจารณาโครงการโดยใช้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost Ratio for Single Project)	33
5 สรุปผลการทดลอง	35
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	38

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

4.1 ลักษณะ (Specification) เครื่องกลั่นน้ำ 27

4.2 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเครื่องกลั่นน้ำระบบเดิมและระบบที่พัฒนาขึ้น 33

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

2.1 ลักษณะการจัดอุปกรณ์ในการกลั่นอย่างง่าย 4
2.2 การกลั่นลำดับส่วนเพื่อแยกของผสม 6
2.3 การกลั่นน้ำมันดิบ 7
2.4 การกลั่นด้วยไอน้ำ 8
2.5 Spinning Band Distillation 10
2.6 เครื่องกลั่นน้ำที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ 11
2.7 แผนภูมิแสดงต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน 17
2.8 แผนภูมิแสดงรายรับ 17
2.9 แผนภูมิของจุดคุ้มทุน 18
2.10 แผนภูมิแสดงส่วนผลให้ 19
3.1 ผังการทำงาน 23
3.2 แบบของระบบที่ทำการติดตั้ง 24
4.1 ระบบเครื่องทำน้ำกลั่นเดิมในห้องปฏิบัติการเคมีสิ่งทอ 29
4.2 อุปกรณ์เครื่องกลั่นน้ำ 29
4.3 ระบบนำน้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำกลั่นกลับมาใช้ใหม่ที่จัดสร้างขึ้น 30
4.4 ปั๊มน้ำและระบบท่อหมุนเวียนน้ำ 30
4.5 ถังเก็บน้ำสำหรับเก็บน้ำหล่อเย็นที่ออกจากระบบ 31

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เครื่องกลั่นน้ำเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ใช้ในการเตรียมน้ำให้บริสุทธิ์ เพื่อใช้งานในห้องปฏิบัติการเคมี ในการเตรียมสารเคมีในห้องปฏิบัติการเพื่อให้การเตรียมสารเคมีเป็นไปตามมาตรฐาน การใช้งานในปัจจุบัน ห้องปฏิบัติการเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มีเครื่องกลั่นน้ำที่พร้อมใช้งาน แต่มีข้อจำกัด คือ ไม่มีการไหลเวียนกลับของน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้ใหม่ ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองในการใช้งาน จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่าในการกลั่นน้ำปริมาณ 1 ลิตร มีการสูญเสียน้ำหล่อเย็นในกระบวนการถึง 26.5 ลิตร

จากปัญหานี้ทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม เพื่อลดการสูญเสียทรัพยากรน้ำ โดยการนำน้ำหล่อเย็นที่สูญเสียไปกลับมาใช้ในกระบวนการ เป็นการพัฒนาระบบการทำงานและช่วยประหยัดค่าน้ำให้แก่ทางคณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น

1.2 วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย

เพื่อนำน้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำกลั่นในห้องปฏิบัติการเคมี สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอกลับมาใช้ใหม่

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่สามารถลดลงได้จากกระบวนการ ระยะเวลาการคืนทุน และ การประเมินความเหมาะสมของโครงการโดยใช้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดค่าใช้จ่ายจากการสูญเสียน้ำจากการกลั่น
2. ระบบที่ปรับปรุงสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง
3. ทราบระยะเวลาการคืนทุน และการลดน้ำทิ้งในระบบ

1.5 นิยามคำศัพท์

- น้ำหล่อเย็น : น้ำที่ใช้ในระบบเครื่องกลั่นโดยอาศัยหลักการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับระบบการกลั่น

- การกลั่น : การคัดเอาแต่ส่วนหรือสิ่งที่สำคัญหรือที่เป็นเนื้อแท้ด้วยวิธี ต้มให้ออกเป็นไอแล้วใช้ความเย็นบังคับให้เป็นของเหลว

- น้ำกลั่น : น้ำจากเครื่องกลั่นเป็นไอ เมื่อลอยกระทบหลอดเย็น ก็กลับเป็นน้ำอีก

- ระยะเวลาคืนทุน : ระยะเวลาที่กิจการจะได้รับเงินลงทุนคืนจากเงินสดที่โครงการได้รับเป็นวิธีประเมินโครงการ โดยไม่คำนึงถึงมูลค่าของเงินตามเวลา

- อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน : การวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในโครงการ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การกลั่น (Distillation)

การกลั่นเป็นกระบวนการหนึ่งในการทำให้ของเหลวบริสุทธิ์ หรือใช้สำหรับแยกของเหลวที่ผสมรวมกับของแข็ง หรือแยกของเหลว 2 ชนิดขึ้นไปที่ผสมจนกลายเป็นสารละลายเนื้อเดียวกันออกจากกัน โดยใช้หลักการเรื่องความแตกต่างของจุดเดือด หลักการระเหยกลายเป็นไอและควบแน่น ในกระบวนการกลั่น ให้ความร้อนแก่ของเหลวจนกลายเป็นไอ แล้วทำให้ให้ไอของสารมีอุณหภูมิต่ำลงจะควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง ในขณะที่กลั่นของเหลวผสม ของเหลวที่มีจุดเดือดต่ำจะกลายเป็นไอแยกออกมาก่อน แล้วของเหลวที่ที่มีจุดเดือดสูงกว่าจะแยกออกมาภายหลัง ซึ่งของเหลวเหล่านั้นจะต้องมีสมบัติทางกายภาพที่เรียกว่า การระเหย แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วสารที่ระเหยง่ายจะมีความดันไอสูงที่อุณหภูมิห้อง ส่วนสารที่ไม่ระเหยจะมีความดันไอต่ำ นั่นคือสารที่ระเหยได้ง่ายจะมีความดันไอสูงกว่าแต่จุดเดือดต่ำกว่าสารที่ไม่ระเหย

ของแข็งและของเหลวมีแนวโน้มที่จะระเหยกลายเป็นไอได้ทุกๆ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งการระเหยกลายเป็นไอจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดันภายนอก เช่น เมื่อบรรจุของเหลวชนิดหนึ่งในภาชนะปิด ของเหลวนั้นจะกลายเป็นไอจนกระทั่งมีความดันไอคงที่ซึ่งเป็นความดันไอของของเหลวที่อุณหภูมินั้น ถ้าต้องการให้ของเหลวระเหยได้ตลอดเวลา หรือเกิดดีขึ้นจำเป็นจะต้องให้ไอเหนือของเหลวนั้นออกไป ซึ่งเป็นการลดความดันไอเหนือของเหลวนั้นนั่นเอง การกลั่นก็ใช้หลักการนี้ คือปล่อยให้ไอของสารที่ระเหยออกมา ออกไปแล้วควบแน่นเป็นของเหลว ทำให้การกลั่นดำเนินต่อไปได้ตลอดเวลา

การกลั่นเป็นวิธีการทำน้ำให้บริสุทธิ์ทางกายภาพวิธีหนึ่งซึ่งใช้กันมานาน ทำโดยการต้มน้ำจนเดือด แล้วให้ไอน้ำกลั่นตัวที่คอนเดนเซอร์ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำมาก ไอน้ำจะกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำซึ่งเป็นน้ำที่บริสุทธิ์ วิธีนี้สามารถกำจัดสารปนเปื้อนและเชื้อโรคต่างๆ ได้หลายชนิด เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส สำหรับในห้องปฏิบัติการน้ำกลั่นเป็นสิ่งสำคัญเพราะเป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำปฏิกิริยาทางเคมี โดยมีเครื่องกลั่นน้ำ (Water distillation equipment) เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้สำหรับผลิตน้ำกลั่น ซึ่งเครื่องมือนี้นอกจากจะใช้สำหรับกลั่นน้ำแล้วยังสามารถใช้ร่วมในปฏิกิริยาการวิเคราะห์หลายอย่าง เช่นการไทเทรต และ การทำปฏิกิริยา Kjeldahl

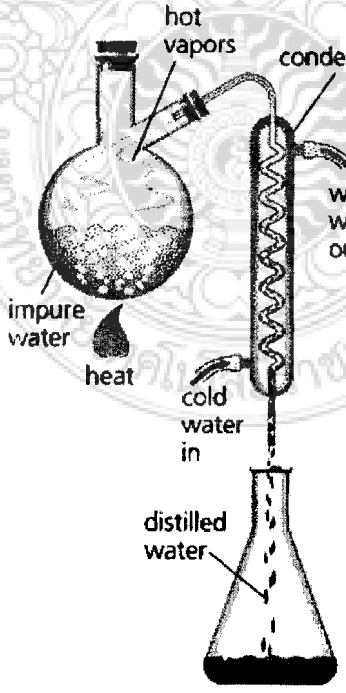
2.2 ประเภทของการกลั่น

การกลั่นมีหลายประเภท ได้แก่ การกลั่นแบบธรรมดา การกลั่นลำดับส่วน และการกลั่นด้วยไอน้ำ

2.2.1 การกลั่นแบบธรรมดา (Simple distillation)

การกลั่นแบบธรรมดาเหมาะสำหรับการแยกสารละลายที่ตัวถูกละลายเป็นสารที่ระเหยยาก มีจุดเดือดสูงกว่าตัวทำละลายมาก มีความแตกต่างกันมากกว่า 80 องศาเซลเซียส เช่น น้ำเชื่อม น้ำเกลือ นอกจากนี้ ยังใช้แยกของเหลว 2 ชนิด ที่มีจุดเดือดต่างกันมากๆ ออกจากกันได้ โดยในขณะกลั่น ตัวทำละลายจะถูกแยกออกมาแต่ตัวถูกละลายจะยังคงอยู่ในขวดกลั่น จึงทำให้สามารถแยกตัวทำละลายบริสุทธิ์ออกจากสารละลายได้

ตัวอย่างของการกลั่นแบบธรรมดา ได้แก่ การกลั่นน้ำเกลือ ซึ่งประกอบไปด้วย น้ำ จุดเดือด 100 องศาเซลเซียส) และเกลือโซเดียมคลอไรด์ จุดเดือด 1,413 องศาเซลเซียส เมื่อสารละลายได้รับความร้อน จะมีแต่น้ำเท่านั้นที่กลายเป็นไอ เมื่อไอน้ำผ่านเข้าไปในคอนเดนเซอร์ ซึ่งมีน้ำเย็นไหลเวียนตลอดเวลาไอน้ำจะควบแน่นกลายเป็นน้ำบริสุทธิ์ออกมา ในขณะที่เกลือยังคงอยู่ในสารละลายในขวดกลั่น ถ้ายังคงกลั่นต่อไปจนแห้งจะเหลือแต่เกลืออยู่ในขวดกลั่น จึงทำให้สามารถแยกน้ำกับเกลือออกจากกันได้



ภาพที่ 2.1 ลักษณะการจัดอุปกรณ์ในการกลั่นอย่างง่าย

ที่มา : http://www.thaiscience.com/lab_vol/p31/water%20distillation.asp,2551

การกลั่นสามารถนำมาใช้ทดสอบความบริสุทธิ์ของของเหลวได้ ซึ่งของเหลวที่บริสุทธิ์จะมีลักษณะดังนี้

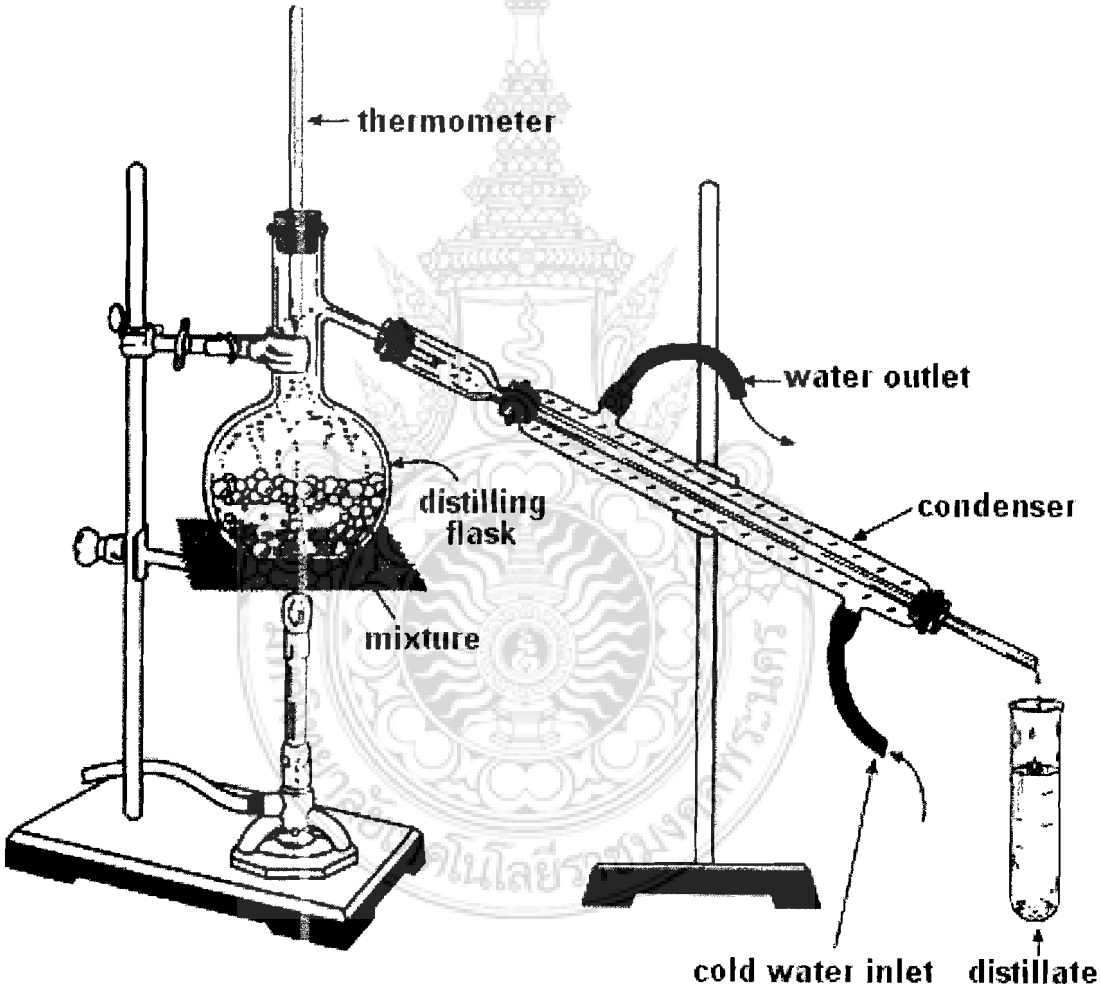
- ส่วนประกอบของสารที่กลั่นได้ จะมีลักษณะเหมือนกับส่วนประกอบของของเหลว
- ส่วนประกอบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- อุณหภูมิของจุดเดือดในขณะกลั่นจะคงที่ตลอดเวลา
- การกลั่นจะทำให้ทราบจุดเดือดของของเหลวบริสุทธิ์ได้

การกลั่นนอกจากจะนำมาใช้ตรวจสอบความบริสุทธิ์ของของเหลวแล้ว ยังสามารถใช้กลั่น สารละลายได้อีกด้วย การกลั่นสารละลายเป็นกระบวนการแยกของแข็งที่ไม่ระเหยออกจากตัวทำละลายหรือของเหลวที่ระเหยง่าย โดยของแข็งที่ไม่ระเหยหรือตัวละลายจะอยู่ในขวดกลั่น ส่วนของเหลวที่ระเหยง่ายจะถูกกลั่นออกมา เมื่อการกลั่นดำเนินไปจนกระทั่งอุณหภูมิของการกลั่นคงที่แสดงว่าสารที่เหลือนั้นเป็นสารบริสุทธิ์ ในขณะกลั่นจะสังเกตเห็นว่าอุณหภูมิของสารละลายจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เพราะสารละลายเข้มข้นขึ้น เนื่องจากตัวทำละลายระเหยออกไปและได้ของแข็งที่บริสุทธิ์

2.2.2 การกลั่นลำดับส่วน (Fractional distillation)

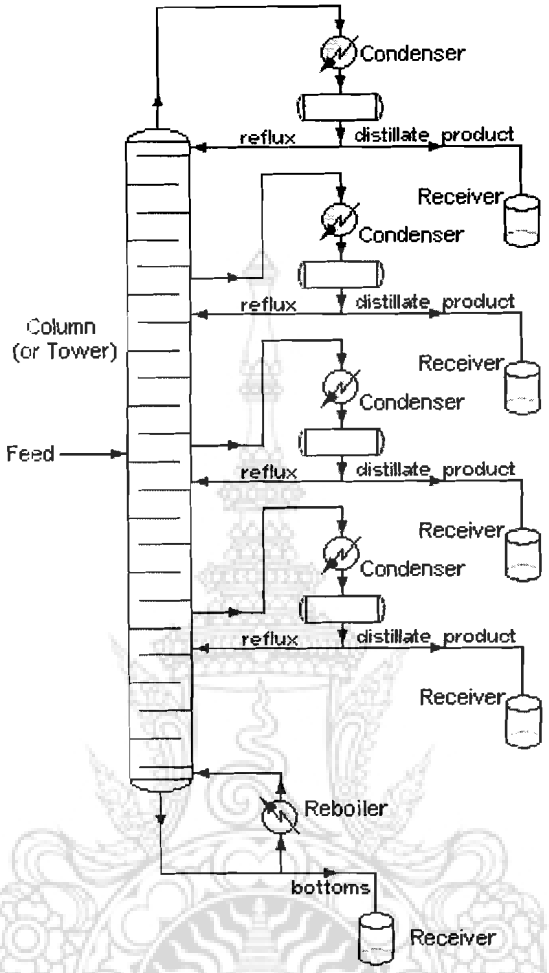
การกลั่นลำดับส่วนเป็นวิธีการแยกของเหลวที่สามารถระเหยได้ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป มีหลักการเช่นเดียวกันกับการกลั่นแบบธรรมดา คือเพื่อต้องการแยกองค์ประกอบในสารละลายให้ออกจากกัน แต่การกลั่นลำดับส่วนเหมาะสำหรับกลั่นแยกของเหลวที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกัน มีจุดเดือต่างกันน้อยกว่า 80 องศาเซลเซียส หรือแยกสารละลายที่มีตัวทำละลายและตัวถูกละลายเป็นสารที่ระเหยง่ายทั้งคู่ การกลั่นแบบธรรมดาครั้งเดียวไม่สามารถแยกสารออกมาให้บริสุทธิ์ได้จะต้องทำการกลั่นซ้ำหลายครั้งจึงจะแยกสารทั้ง 2 ชนิดให้บริสุทธิ์ได้ เช่น การกลั่นน้ำผสมเอทานอล ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและใช้เวลามาก จึงได้มีการทำการกลั่นในคอลัมน์ลำดับส่วนหรือหอกลั่น ในขั้นตอนของกระบวนการกลั่นลำดับส่วน จะเป็นการนำไอของแต่ละส่วนไปควบแน่น แล้วนำไปกลั่นซ้ำและควบแน่นไอเรื่อยๆ ซึ่งเทียบได้กับเป็นการการกลั่นแบบธรรมดาหลายๆ ครั้งนั่นเอง โดยคอลัมน์ของการกลั่นลำดับส่วนจะมีลักษณะเป็นชั้นซับซ้อน เป็นชั้นๆ ในขณะที่คอลัมน์แบบธรรมดาจะเป็นคอลัมน์ธรรมดาไม่มีความซับซ้อนของคอลัมน์ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกับการกลั่นซ้ำหลายๆ ครั้ง โดยหอกลั่นยิ่งสูงเท่าไหร่ สารที่ได้จากการกลั่นก็จะยิ่งมีความบริสุทธิ์มากขึ้น แต่จะทำให้ใช้พลังงานมากขึ้นด้วย การกลั่นในหอกลั่นนี้เรียกว่า การกลั่นลำดับส่วน

ในการกลั่นแบบลำดับส่วน จะต้องมีการเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้าๆ ดังนั้น จำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์ที่ให้ความร้อน (Heater) และสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ เพราะของผสมที่กลั่นแบบลำดับส่วนมักจะมีจุดเดือดที่ใกล้เคียงกัน ตรงกันข้ามกับการกลั่นแบบธรรมดา ความร้อนที่ให้ไม่จำเป็นต้องควบคุมเหมือนการกลั่นลำดับส่วน แต่ไม่ควรให้ความร้อนที่สูงเกินไป เพราะความร้อนที่สูงเกินไป อาจจะไปทำลายสารที่ต้องการกลั่น ประสิทธิภาพในการกลั่นลำดับส่วนจึงดีกว่าการกลั่นแบบธรรมดา ตัวอย่างของการกลั่นลำดับส่วน ได้แก่ การกลั่นน้ำมันดิบหรือน้ำมันปิโตรเลียม



ภาพที่ 2.2 การกลั่นลำดับส่วนเพื่อแยกของผสม

ที่มา : http://www.chemheritage.org/EducationalServices/ pharm/antibiot/ activity/distil/distil07.gif,2551



ภาพที่ 2.3 การกลั่นน้ำมันดิบ

ที่มา : http://www.answers.com/topic/continuous-distillation,2551

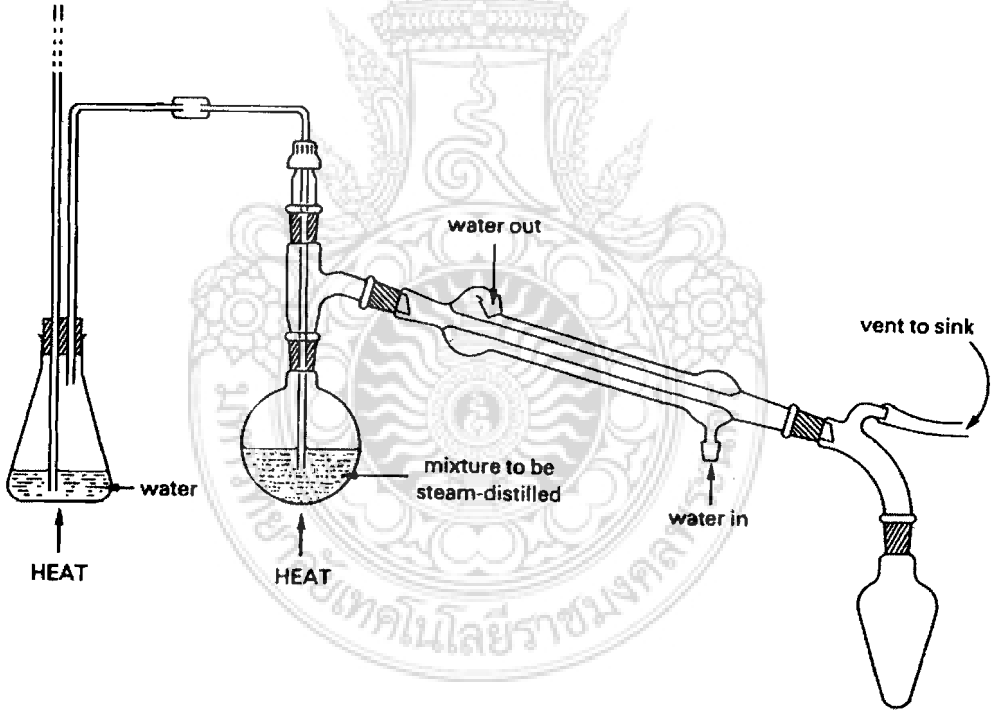
2.2.3 การกลั่นด้วยไอน้ำ (Steam distillation)

การกลั่นด้วยไอน้ำเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งของการสกัดสารออกจากของผสม โดยใช้ไอน้ำเป็นตัวทำละลาย ซึ่งจะละลายและพาสารที่ต้องการออกจากของผสมได้ วิธีนี้ใช้สำหรับแยกสารที่ระเหยง่าย ไม่ละลายน้ำ และไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ ออกจากสารที่ระเหยยาก ส่วนใหญ่การกลั่นด้วยไอน้ำมักจะใช้สำหรับสกัดสารอินทรีย์ออกจากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ การแยกน้ำมันยูคาลิปตัสออกจากใบยูคาลิปตัส การแยกน้ำมันมะกรูดออกจากผิวมะกรูด การแยกน้ำมันอบเชยจากเปลือกต้นอบเชย เป็นต้นใน

การกลั่นไอน้ำจะไปทำให้น้ำมันหอมระเหยกลายเป็นไอแยกออกมาพร้อมกับไอน้ำเมื่อทำให้ไอของของผสมควบแน่นโดยผ่านเครื่องควบแน่นก็จะได้น้ำและน้ำมันหอมระเหยปนกัน แต่แยกชั้นกันอยู่ทำให้สามารถแยกเอาน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำได้ง่าย

การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ นอกจากใช้สกัดสารระเหยง่ายออกจากสารระเหยยากแล้วยังสามารถใช้แยกสารที่มีจุดเดือดสูงและสลายตัวที่จุดเดือดของมันได้อีก เพราะการกลั่นโดยวิธีนี้ความดันไอเป็นความดันไอของไอน้ำบวกความดันไอของของเหลวที่ต้องการแยก จึงทำให้ความดันไอเท่ากับความดันของบรรยากาศก่อนที่อุณหภูมิจะถึงจุดเดือดของของเหลวที่ต้องการแยก ของผสมจึงกลั่นออกมาที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของของเหลวที่ต้องการแยก

หลักการที่สำคัญของการสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ คือ สารที่ต้องการสกัดจะต้องระเหยได้ง่าย สามารถให้ไอน้ำพาออกมาจากของผสมได้ และสารที่สกัดได้จะต้องไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำหรือไม่ละลายน้ำ เพราะถ้าของเหลวที่ได้จากการกลั่นสามารถละลาย ในน้ำได้จะต้องนำของเหลวนั้นไปกลั่นแยกอีกครั้งเพื่อให้ได้ของเหลวบริสุทธิ์ออกมา หลังจากของเหลวที่สกัดด้วยไอน้ำถูกแยกออกมาจากของผสมแล้ว ของเหลวจะแยกเป็น 2 ชั้น โดยชั้นหนึ่งเป็นน้ำส่วนอีกชั้นหนึ่งเป็นของเหลวที่ต้องการ ซึ่งสามารถใช้กรวยแยกเพื่อแยกออกจากกันได้



ภาพที่ 2.4 การกลั่นด้วยไอน้ำ

ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Steam_Distillation.JPG,2551

2.3 เครื่องกลั่นน้ำ

เครื่องกลั่นน้ำ (Water Distillation Equipment) เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้กลั่นน้ำเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนกลั่น (Distillation Chamber) และส่วนควบคุม (Control Panel)

- ส่วนกลั่น (Distillation Chamber)

ส่วนกลั่นประกอบไปด้วยชุดกลั่น คือมี ภาชนะใส่ของเหลว เริ่มต้นหรือขวดกลั่น ส่วนทำความร้อน Distillation column คอนเดนเซอร์ และภาชนะรองรับของเหลวจากการกลั่น ซึ่งภาชนะในส่วนกลั่นนี้ส่วนใหญ่จะทำมาจากแก้วชนิด Borosilicate หรือ Fused quartz Tin และ Titanium ส่วนกลั่นสามารถมองเห็นได้จากภายนอก ทำให้สังเกตกระบวนการกลั่นได้ชัดเจน ผ่านกระจกกันความร้อน (Plexiglas) ซึ่งปิดส่วนกลั่นเอาไว้ เครื่องกลั่นบางรุ่นจะสามารถใช้ภาชนะแก้วทั่วไป เช่น ขวดลูกชมพู่ หรือ บีกเกอร์ มาทำเป็นขวดกลั่นและภาชนะรองรับได้ แต่บางรุ่นจะต้องใช้ภาชนะเฉพาะที่มากับเครื่องเท่านั้น นอกจากนี้ในเครื่องกลั่นบางชนิด อาจจะมีส่วนประกอบที่ใช้ในงานวิเคราะห์โดยเฉพาะ เช่น การไทเทรต และการทำปฏิกิริยา Kjeldahl

ส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของส่วนกลั่น คือ คอนเดนเซอร์ เพราะเป็นส่วนที่ทำให้ไอน้ำที่ระเหยออกมาจากการให้ความร้อน เกิดการควบแน่นและกลั่นตัวกลับมาเป็นหยดน้ำอีกครั้ง อุณหภูมิบริเวณคอนเดนเซอร์จึงควรมีอุณหภูมิที่ต่ำมากๆ เพื่อให้มีอัตราการควบแน่นสูง โดยทั่วไปจะใช้น้ำเย็นหล่อเลี้ยงอยู่รอบคอนเดนเซอร์ และต้องมีการหมุนเวียนน้ำเย็นอยู่ตลอดเวลาเพื่อไม่ให้เกิดความร้อนสะสมอยู่ในคอนเดนเซอร์

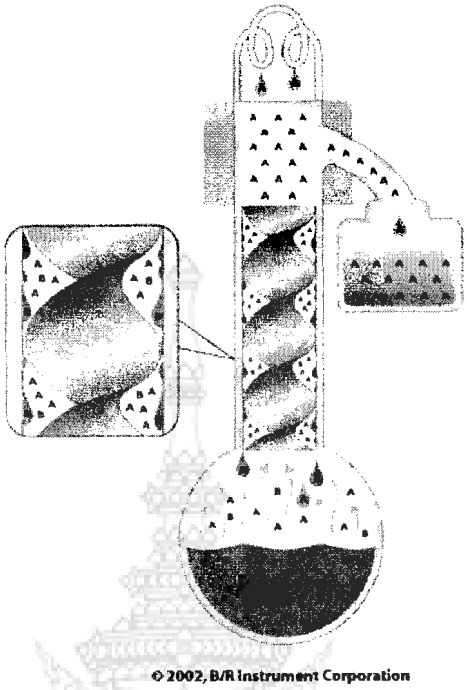
- ส่วนควบคุม (Control Panel)

ส่วนควบคุมใช้สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่อง เช่น เปิด-ปิด และล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ ตั้งโปรแกรมการทำงาน อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการกลั่น กำหนดการทำงานในการวิเคราะห์ เช่น การปล่อยสารละลายในการไทเทรต และยังสามารถคำนวณผล การวิเคราะห์ได้

2.3.1 เทคโนโลยีของเครื่องกลั่นน้ำในปัจจุบัน

- Spinning Band Distillation

เทคโนโลยีนี้เป็นการใช้เทคนิคการบิดเกลียวของ Band ภายใน Distillation column เพื่อสร้างให้เกิด Plate จำนวนมาก โดย Band เกลียวนี้จะทำมาจากเทฟลอนหรือโลหะ โดยชนิดเทฟลอนจะใช้สำหรับการกลั่นภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 225 องศาเซลเซียส ส่วนแบบโลหะจะใช้กับการกลั่นที่อุณหภูมิสูงกว่า ซึ่งเทฟลอนไม่สามารถทนได้ โดยปกติแล้วการกลั่นจะใช้สำหรับแยกสารที่มีจุดเดือดต่างกัน 2 ชนิด สำหรับเครื่องกลั่นชนิด Spinning band นี้ จะใช้ส่วนของ Band เพื่อเพิ่มแรงดันบรรยากาศภายใน ซึ่งจะทำให้สารที่มีจุดเดือดสูงกว่ากลั่นตัวย้อนกลับไปที่ภาชนะเริ่มต้น ในขณะที่สารที่มีจุดเดือดต่ำกว่าจะระเหยและลอยตัวออกมาจาก Band แล้วกลั่นตัวเป็นหยดน้ำภายในภาชนะรองรับ ภาพที่ 2.5 ทำให้สามารถแยกสารละลายที่เป็นสารผสม 2 ชนิด ได้ดีกว่าการใช้ Distillation column แบบเดิม



ภาพที่ 2.5 Spinning Band Distillation

ที่มา : http://www.brinstrument.com/fractional-distillation/spinning_band_distillation.html.2551

- Distillation systems with integrated titration

ปัจจุบันเครื่องกลั่นมีการเชื่อมต่อกับระบบดูด-จ่ายสารละลายและหัววัด pH ทำให้สามารถทำการไทเทรตได้ โดยเมื่อนำสารละลายตั้งต้นมากลั่น ไอน้ำที่กลั่นตัวออกมาจะหยดลงสู่ภาชนะรองรับ ซึ่งใช้เป็นภาชนะสำหรับการไทเทรตทันที โดยมีส่วนควบคุมที่สามารถกำหนดการจ่ายสารละลายและควบคุมค่า pH ทำให้สามารถหาค่าจุดยุติของการไทเทรตได้ มักจะใช้เครื่องกลั่นชนิดนี้กับการวิเคราะห์ในปฏิกิริยา Kjeldahl

2.3.2 ประโยชน์ของเครื่องกลั่นน้ำ

- การกลั่น

การใช้งานหลักของเครื่องกลั่น คือ การกลั่นน้ำ ซึ่งเป็นการทำให้น้ำมีความบริสุทธิ์มากขึ้น หรืออาจใช้สำหรับกลั่นแยกสาร ถ้าน้ำที่จะนำมากลั่นมีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และไบคาร์บอเนตอิออนสูง จำเป็นต้องกำจัดแร่ธาตุต่างๆ ก่อน เพื่อป้องกันการเกิดตะกรัน โดยใช้การทำ Reverse osmosis หรือ Deionization ก่อน และในการกลั่นควรเติมกรดแร่ เช่น กรดซัลฟุริก ลงในขวดกลั่นเล็กน้อย เพื่อกำจัดก๊าซแอมโมเนีย หรืออาจนำน้ำที่กลั่นได้มาต้มเพิ่มอีก 15 นาที แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว และปิดด้วยหลอดแก้วที่บรรจุโซดาไลม์หรือแอสคาไรด์เพื่อป้องกันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

- การไทเทรตและการใช้งานในปฏิกิริยา Kjeldahl

เครื่องกลั่นสามารถนำมาใช้ร่วมในปฏิกิริยาการไทเทรตและการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในปฏิกิริยา Kjeldahl ได้ โดยในปฏิกิริยาจะมีขั้นตอนการกลั่นเพื่อระเหยก๊าซแอมโมเนียออกจากสารละลายผสม แล้วจับก๊าซแอมโมเนียที่ได้ด้วยสารละลายกรด จากนั้นจึงทำการไทเทรตกลับเพื่อหาปริมาณกรดที่เหลือ

ภาพที่ 2.6 เครื่องกลั่นน้ำที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

ที่มา : http://www.lks.ac.th/student/kroo_su/chem11/sub07.html,2551

2.4 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break Even Analysis)

2.4.1 จุดคุ้มทุน

จุดคุ้มทุนหรือจุดเท่าทุน คือ จุดซึ่งรายได้จากการลงทุนคุ้มกับค่าลงทุน หรือหมายถึงจุดที่แสดงค่าใช้จ่ายกับรายรับเท่ากัน ซึ่งมีความหมายว่าเป็นจุดซึ่งมีกำไรเป็นศูนย์นั้นเอง

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ ต้นทุน (Cost) รายได้ (Revenue) และผลกำไร (Profit) ซึ่งผันแปรไปตามความเปลี่ยนแปลงของปริมาณการผลิต (Volume) บางทีเรียกว่าการวิเคราะห์ ต้นทุน-ปริมาณผลิต-ผลกำไร (Cost-Volume-Profit Analysis)

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางเศรษฐศาสตร์ของสถานะต่างๆ ในระยะสั้น และข้อมูลต้องค่อนข้างแน่นอนเพื่อการตัดสินใจที่ถูกต้อง ผลของการวิเคราะห์

จะใช้ได้เมื่อเงื่อนไขและสภาพการณ์ต่างๆ ยังไม่เปลี่ยนแปลง การสร้างแผนภูมิสำหรับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจะสามารถทำให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของกำไรและปริมาณการผลิตอย่างชัดเจน และเป็นประโยชน์สำหรับการกำหนดนโยบายการผลิต การลงทุน และการควบคุมค่าใช้จ่าย

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นทุน รายได้ และผลกำไรที่ปริมาณการผลิตต่างๆ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเหมาะกับโครงการระยะสั้น เงื่อนไขต่างๆ ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดโครงการ เพราะถ้ามีการเปลี่ยนแปลง จะมีผลทำให้การตัดสินใจคลาดเคลื่อนได้ บางครั้งก็ใช้ในการพยากรณ์การผลิตในอนาคตได้

2.4.2 ต้นทุน

ต้นทุนเป็นส่วนหนึ่งของการลงทุน โดยจ่ายเป็นจำนวนเงิน หรือสิ่งแลกเปลี่ยนอย่างอื่นไป เพื่อให้ได้มาซึ่งทรัพย์สินหรือบริการใดๆ ต้นทุนมีความหมายที่แตกต่างกันไป โดยมีรูปแบบและลักษณะการประเมินต่างๆ กัน รวมทั้งเวลาที่ต้นทุนนั้นเกี่ยวข้อง การใช้ต้นทุนสำหรับการวิเคราะห์โครงการต่างๆ จึงมีความหมายที่แตกต่างกันออกไป

โดยทั่วไปต้นทุนสามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ตามความเหมาะสมในการใช้งานและลักษณะปัญหาที่จะวิเคราะห์

1. ต้นทุนอนาคต (Future Cost)

ในการตัดสินในเกี่ยวกับอนาคต การประเมินค่าใช้จ่ายเป็นการประเมินต้นทุนสำหรับอนาคต ต้นทุนที่ประเมินถือเป็นต้นทุนอนาคต

2. ต้นทุนเสียโอกาส (Opportunity Cost)

การเสียโอกาสหรือเสียผลประโยชน์ที่พึงจะได้ ถือเป็นต้นทุนในลักษณะหนึ่ง ต้นทุนเสียโอกาสจึงเป็นต้นทุนในลักษณะขาดทุนกำไรที่ควรจะได้

3. ต้นทุนจม (Sunk Cost)

ต้นทุนที่ได้ชำระไปหมดแล้วถือเป็นต้นทุนจม นับเป็นต้นทุนของอดีตซึ่งจะไม่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในอนาคต

4. ต้นทุนตามบัญชี (Book Cost)

ต้นทุนตามบัญชีเป็นเพียงตัวเลขที่บันทึกไว้ เช่น การคิดต้นทุนเครื่องจักรเมื่อหักค่าเสื่อมราคาแล้ว เครื่องจักรนั้นจะมีต้นทุนที่บันทึกเป็นตัวเลข โดยวิธีการของการคิดค่าเสื่อมราคาเป็นต้นทุนตามบัญชีในขณะนั้น

5. ต้นทุนเงินสด (Cash Cost)

ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่ชำระเป็นเงินสด

6. ต้นทุนการทดแทนทรัพย์สิน (Replacement Cost)

ทรัพย์สินเมื่อมีอายุการใช้งานมากขึ้นจะมีประสิทธิภาพลดลง ทำให้ค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องสูงขึ้น การทดแทนด้วยเครื่องจักรที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพสูงกว่า จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย ต้นทุนเพื่อการทดแทนทรัพย์สินจะรวมถึงค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่ต้องชำระเพื่อการได้มาซึ่งทรัพย์สินเพื่อการผลิตหรือการบริการซึ่งจะนำมาทดแทนทรัพย์สินที่มีอยู่ เช่นค่าเครื่องจักร ค่าอุปกรณ์ ค่าติดตั้ง คิดรวมกัน

7. ต้นทุนเปลี่ยนย้าย (Postponable Cost)

ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่สามารถกำหนดลด หรือ เพิ่ม และเปลี่ยนไปตามความจำเป็นในช่วงเวลาต่างๆ ได้ เช่น ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องจักร

8. ต้นทุนแยกได้และต้นทุนร่วม (Tracable and Common Cost)

ต้นทุนที่สามารถจัดสรรและประเมินต้นทุนได้ชัดเจนว่าเป็น ต้นทุนของผลิตภัณฑ์หรือต้นทุนการดำเนินการ หรือค่าใช้จ่ายสำหรับการบริการใดๆ เช่นต้นทุนวัสดุโดยตรง หรือค่าแรงงานโดยตรง โดยจะสามารถจัดสรรและประเมินได้ง่าย

9. ต้นทุนควบคุมได้และต้นทุนลดได้ (Controllable and Reducible Cost)

ต้นทุนที่สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายในการผลิต หรือการให้บริการได้

10. ต้นทุนโดยตรงและต้นทุนทางอ้อม (Direct and Indirect Cost)

ต้นทุนโดยตรง คือ ค่าใช้จ่ายที่คิดโดยตรงกับทรัพย์สิน หรือผลิตภัณฑ์ เช่น ค่าแรง ค่าวัสดุ จ่ายเป็นจำนวนเงินหรือสิ่งทดแทนอื่น โดยตรงตามจำนวนการผลิตที่เกิดขึ้น ส่วนต้นทุนทางอ้อม เป็นต้นทุนที่อยู่ในลักษณะร่วม ที่ไม่สามารถแยกแสดงเป็นรายการของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้ เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายบริหาร (จัดว่าเป็นต้นทุนที่ช่วยให้เกิดการผลิต)

11. ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

ต้นทุนที่คิดสำหรับทรัพย์สินที่ให้บริการหรือผลผลิตได้ ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นแน่นอนในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ต้นทุนประเภทนี้จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนหน่วยที่ให้บริการ หรือที่ผลิตได้ แต่ต้นทุนคงที่ต่อหน่วยจะลดลง ถ้าปริมาณการผลิตหรือขายสูงขึ้น เช่น ต้นทุนเครื่องจักรและตัวอาคาร ค่าเสื่อมราคา ค่าเช่า ค่าเบี้ยประกันภัย เป็นต้น

12. ต้นทุนผันแปร (Variable cost)

ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกิจกรรมที่ทำ โดยแปรผันไปตามจำนวนหน่วยผลิตที่เพิ่มขึ้น ต้นทุนผันแปรรวมจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการผลิตหรือขาย แต่ต้นทุนผันแปรต่อหน่วยจะคงที่เช่น ค่าวัสดุ ค่าคอมมิชชั่น ต้นทุนนี้เป็นต้นทุนที่สามารถควบคุมได้

13. ต้นทุนกึ่งแปรผัน (Semi-FixedCost)

ต้นทุนที่ไม่สามารถจัดไว้เป็นประเภทต้นทุนคงที่ หรือต้นทุนแปรผัน ต้นทุนชนิดนี้ค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงจะไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับกิจกรรมการทำงานที่เกิดขึ้น บางส่วนเป็นต้นทุนคงที่ บางส่วนเป็นต้นทุนผันแปร เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าตอบแทนให้กับพนักงานขาย ซึ่งมีทั้งค่านายหน้าและเงินเดือน เป็นต้น

14. ต้นทุนแรกเริ่ม (First Cost)

ค่าใช้จ่ายที่ใช้สำหรับการลงทุน เช่น ต้นทุนของทรัพย์สินต่างๆ เพื่อการผลิตหรือการให้บริการ บางครั้งเรียก ต้นทุนทุนทรัพย์ (Capital Cost)

15. ต้นทุนดำเนินการ (Operating Cost)

ค่าใช้จ่ายที่ต้องเตรียมไว้เพื่อการดำเนินการทรัพย์สินที่ลงทุนไป เพื่อให้สามารถเกิดผลผลิตหรือบริการได้

16. ต้นทุนเพื่อการตัดสินใจ (Decision Making Cost)

ต้นทุนในอนาคต ซึ่งใช้กำหนดแนวปฏิบัติสำหรับอนาคตภายใต้เงื่อนไขหรือขอบข่ายที่ตั้งขึ้น

ต้นทุนเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน คือ ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน การจัดแบ่งชนิดของต้นทุนที่ไม่ถูกต้องจะทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อน และการตัดสินใจอื่นๆ ผิดพลาดไปด้วย

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของต้นทุน

1. การผันแปรต้นทุนกับปริมาณการผลิต ต้นทุนบางชนิดจะแปรผันตามปริมาณการผลิต โดยปกติปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นหมายถึงวัสดุและแรงงานที่เพิ่มขึ้น แต่บางครั้งต้นทุนไม่จำเป็นต้องสูงขึ้นตามสัดส่วนของการผลิตที่เพิ่มขึ้น

2. ลักษณะการใช้จ่ายของต้นทุน ต้นทุนมีลักษณะการใช้จ่าย บางอย่างจะแปรผันไปตามปริมาณการผลิต เช่นค่าแรงที่จ่ายเป็นรายชิ้น ค่าวัสดุต่อหน่วย แต่บางอย่างมีลักษณะการจ่ายที่ไม่ได้แปรผันตามการผลิต เช่น ภาษี

3. การกำหนดปริมาณการผลิตเต็มตามสมรรถภาพการกำหนดแบบนี้จะกำหนดโดยอาศัยแรงงาน มีผลทำให้ต้นทุนมีพฤติกรรมเป็นต้นทุนแปรผัน แต่ถ้าอาศัยเครื่องจักรมีผลทำให้เป็นต้นทุนคงที่

4. นโยบายของฝ่ายบริหาร การตัดสินใจของฝ่ายบริหารในการกำหนดลักษณะการใช้จ่ายของต้นทุนมีผลต่อการแสดงพฤติกรรมของต้นทุน เช่น การกำหนดจ่ายค่าแรงเป็นรายเดือน

หรือรายชิ้น ค่าใช้จ่ายสำหรับวิจัย โดยมากจะกำหนดค่าใช้จ่ายเป็นแบบตั้งงบประมาณ ซึ่งมีลักษณะเป็นต้นทุนชนิดคงที่

5. การควบคุมรายจ่าย การกำหนดวิธีการควบคุมรายจ่ายมีผลต่อพฤติกรรมของต้นทุนด้วย เช่น การควบคุมค้นทุนแรงงานโดยวิธีการควบคุมรายจ่าย จะมีผลทำให้ต้นทุนมีลักษณะเป็นตันทุนคงที่หรือต้นทุนแปรผันได้

6. การเปลี่ยนแปลงต้นทุนของผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงต้นทุนเป็นสาเหตุการตัดสินใจของฝ่ายบริหารในการกำหนดพฤติกรรมของต้นทุน เช่น ค่าแรงที่สูงขึ้นเป็นสาเหตุให้มีการติดตั้งเครื่องจักรอัตโนมัติแทนการใช้แรงงาน

2.4.3 การหาจุดคุ้มทุนด้วยวิธีพีชคณิต

ขั้นตอนในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนพอสรุปได้ดังนี้

1.วิเคราะห์ลักษณะพฤติกรรมของต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่างๆ เพื่อจะได้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายซึ่งแปรผันไปตามปริมาณเพิ่มขึ้นหรือลดลงของผลผลิต การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเพื่อแสดงความสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตนี้เอง ทำให้เกิดความจำเป็นต้องแยกชนิดของค่าใช้จ่ายเป็นค่าใช้จ่ายคงที่หรือต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) และค่าใช้จ่าย แปรตาม (Variable Cost) การเข้าใจพฤติกรรมของต้นทุนในลักษณะนี้จึงมีความสำคัญไม่น้อย

2. ศึกษารายได้ (Revenue) ที่เกิดจาการขายผลิตภัณฑ์ ซึ่งโดยมากจะผันแปรกับปริมาณการขาย ถ้าจำนวนที่ผลิตได้ทั้งหมด รายได้ก็จะผันแปรโดยตรงกับปริมาณการผลิตเช่นกัน อย่างไรก็ตาม รายได้ก็ไม่จำเป็นจะต้องแปรผันโดยกับจำนวนการผลิตหรือปริมาณการขายเสมอไป เพราะว่าราคา ของผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องคงที่เสมอไป บางครั้งราคาก็แปรผันตามจำนวนการขายได้ เช่น ถ้าขายได้จำนวนมากขึ้น ราคาอาจจะลดลง ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนใดๆ จึงอาจมีราคาได้หลายๆ ค่า

3. เมื่อได้รายละเอียดของค่าใช้จ่ายและรายได้ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตแล้ว นำมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อคำนวณหาผลกำไรจากค่าของรายได้ลบค่าใช้จ่าย

4. สร้างแผนภูมิแสดงจุดคุ้มทุนซึ่งทำให้สามารถวิเคราะห์ผลที่ได้จากการคำนวณ

การคำนวณหาจุดคุ้มทุนโครงการเดี่ยว

กำหนดให้ C คือ ต้นทุนรวมในการผลิต

F คือ ต้นทุนคงที่

V คือ ต้นทุนแปรผัน

N* คือ จำนวนที่ผลิตที่จุดคุ้มทุน

N คือ จำนวนการผลิตที่จุดใดๆ

v คือ ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

R คือ รายได้

P คือ กำไร

p คือ ราคาขายต่อหน่วย

ต้นทุนรวมในการผลิต (C) = F + V

แต่ V = v N

C = F + v N

รายได้ (R) = p N

กำไร (P) = รายได้ (R) – ต้นทุนรวม (C)

= pN – (F + v N)

ให้กำไร (P) เท่ากับศูนย์ จะได้ต้นทุนเท่ากับรายได้

0 = p N - (F + v N)

= p N – F - v N

p N – v N = F

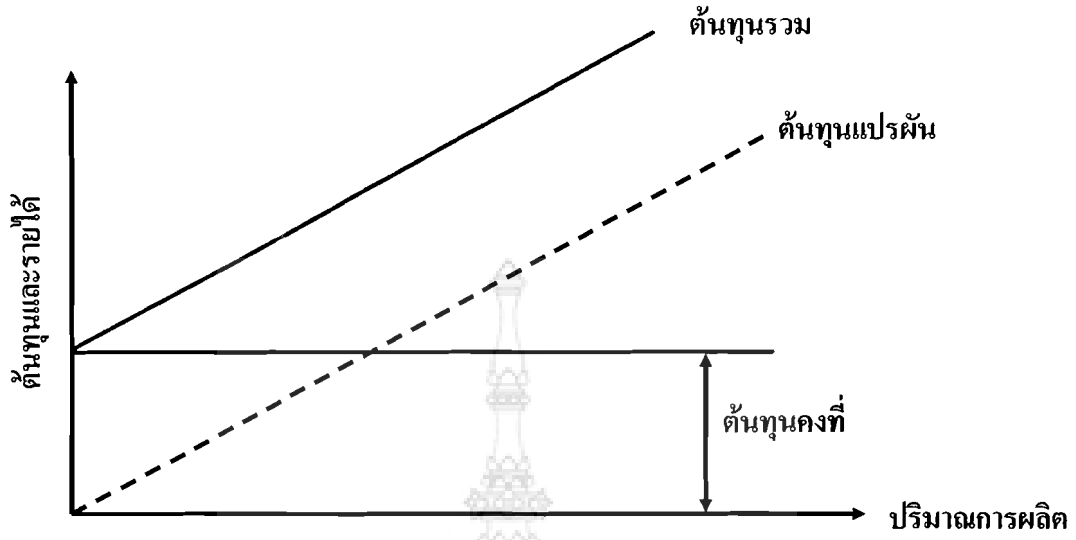
N (p – v) = F

$$N^{*} = \frac{F}{(p - v)}$$

เมื่อ N* เป็นปริมาณที่จุดผลิตคุ้มทุนพอดี

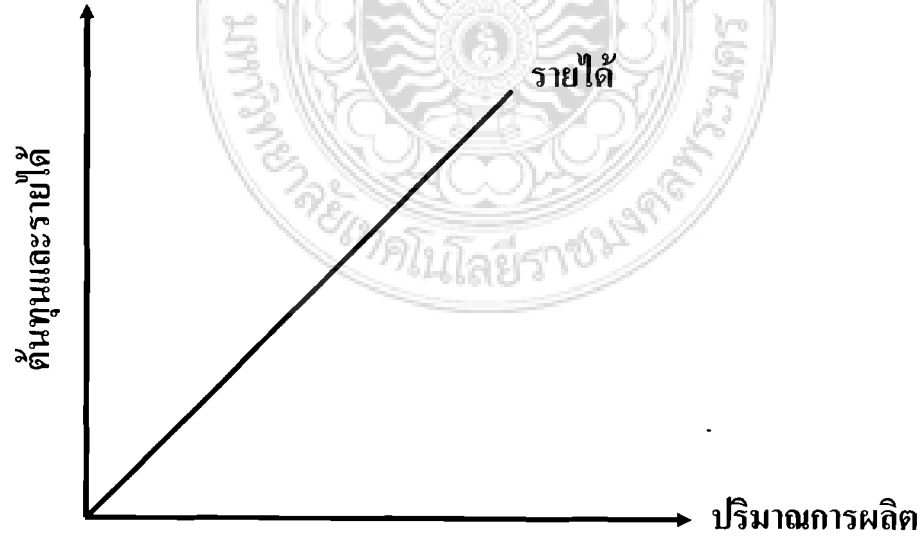
2.4.4 แผนภูมิของจุดคุ้มทุน (Break-even Chart)

ในการเขียนแผนภูมิของจุดคุ้มทุน จะใช้ระนาบที่ประกอบด้วยแกนในแนวนอนแทนปริมาณการผลิต และแกนในแนวตั้งแทนค่าใช้จ่ายและรายได้ จำนวนที่เป็นค่าใช้จ่ายสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนคงที่กับส่วนที่เป็นต้นทุนแปรผัน ตัวอย่างของส่วนที่เป็นต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร ค่าดอกเบี้ยของการลงทุน ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่แปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการผลิต หมายความว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายซึ่งยังคงมีอยู่ไม่ว่าจะผลิตมากน้อยเพียงใด โดยมากจะเขียนเป็นเส้นตรงในแนวนอนเหนือแกนนอนขึ้นมาตามจำนวนเงินต้นทุนคงที่ ส่วนค่าใช้จ่ายแปรผันได้แก่พวกค่าแรงงานโดยตรงและค่าวัสดุโดยตรง ซึ่งจะแปรผันเป็นสัดส่วนโดยตรงตามปริมาณการผลิตและจะเขียนเส้นตรงมีแนวสูงขึ้นตามปริมาณที่มากขึ้นในแนวนอน ดังแสดงในภาพที่ 2.7

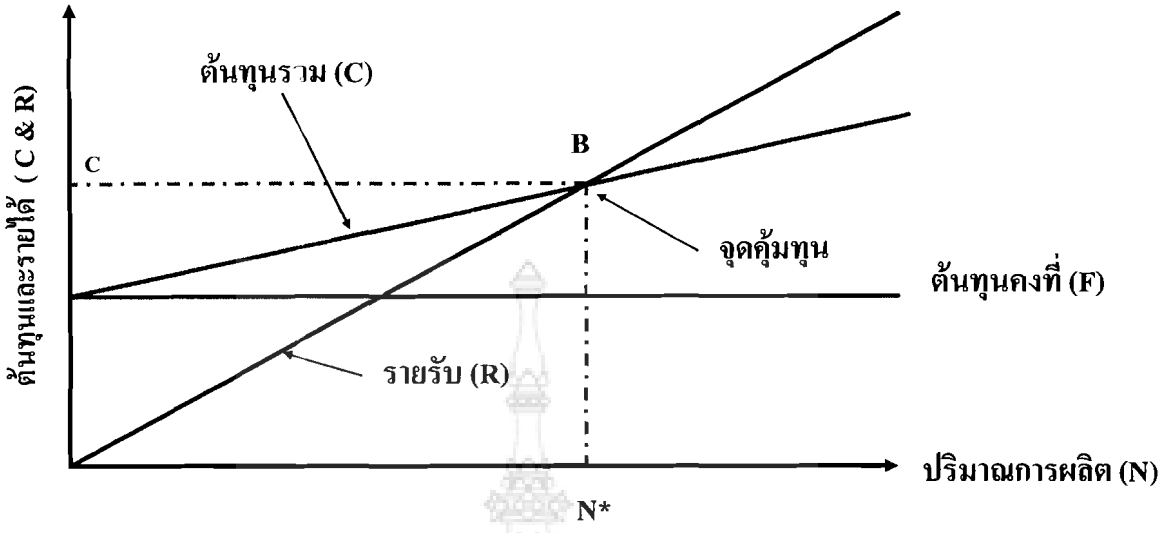


ภาพที่ 2.7 แผนภูมิแสดงต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน

ส่วนเส้นรายได้จะแปรผันตามสัดส่วนกับปริมาณการขาย โดยจะเขียนเป็นเส้นตรงมีแนวสูงขึ้นตามปริมาณการผลิตที่มากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.8 เมื่อจัดเส้นทั้งสองชนิดเข้าในแผนภูมิเดียวกันจะเกิดจุดคุ้มทุนตรง จุดตัดระหว่างเส้นตรงของรายได้และเส้นตรงของค่าใช้จ่ายรวม ดังแสดงในภาพที่ 2.9 แผนภูมิของจุดคุ้มทุนแสดงเส้นตัดของรายได้และต้นทุนซึ่งสามารถอ่านค่า N* เป็นปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน โดยมีสมการค่าใช้จ่ายและรายรับดังนี้



ภาพที่ 2.8 แผนภูมิแสดงรายรับ



ภาพที่ 2.9 แผนภูมิของจุดคุ้มทุน

จุด B เป็นจุดคุ้มทุนที่ต้องผลิต ปริมาณ N* หน่วย ต้นทุนรวม C บาท ซึ่งเกิดจากเส้นของรายได้ตัดกับเส้นของต้นทุนรวม และบริเวณที่อยู่ระหว่างเส้นรายได้กับเส้นต้นทุนนั้น ถ้าด้านบนเป็นกำไร ด้านล่างเป็นการขาดทุน

$$C = F + (N^* \times V)$$

โดยที่ F คือ ต้นทุนคงที่

V คือ ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

$$R = (N^* \times p)$$

ณ จุดคุ้มทุน R เท่ากับ C

$$(N^* \times p) = F + (N^* \times V)$$

$$N^* = F$$

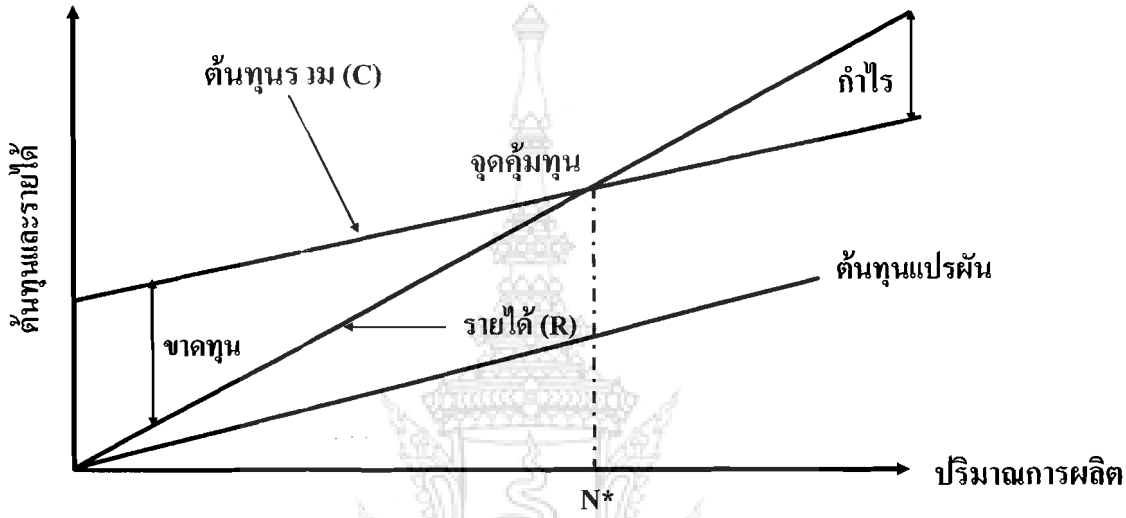
ปริมาณ N* แสดงระดับปริมาณ ณ จุดคุ้มทุนซึ่งแทนความหมายได้ดังนี้

1. จำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตหรือขาย
2. ปริมาณการขายที่คิดเป็นจำนวนเงิน
3. ปริมาณเป็นอัตราร้อยละของการผลิตเต็มตามสมรรถภาพ

ค่า p-V เรียกว่า *ส่วนผลให้ต่อหน่วย (Marginal Contribution)* เป็นผลต่างของราคาผลิตภัณฑ์และต้นทุนแปรผันต่อหน่วย ส่วนปริมาณการผลิตที่มากกว่า N* จะแสดงในแผนภูมิซึ่งมี

ค่า R มากกว่า C แสดงว่าเป็นส่วนซึ่งกำไร และส่วนปริมาณการผลิตที่น้อยกว่า N* จะแสดงการขาดทุนเพราะ R น้อยกว่า C

ภาพที่ 2.10 เป็นแผนภูมิแสดงส่วนผลให้ (Contribution) = (p-V) N คือ พื้นที่ใต้เส้นรายได้ (p. N) ลบด้วยพื้นที่ใต้เส้นต้นทุนแปรผัน (N.V) ซึ่งมีค่ามากขึ้น เมื่อปริมาณการผลิตสูงขึ้น



ภาพที่ 2.10 แผนภูมิแสดงส่วนผลให้

การสร้างแผนภูมิแสดงจุดคุ้มทุนทำให้สามารถวิเคราะห์ผลที่ได้จากการคำนวณ โดยเกิดประโยชน์ต่างๆ เช่น

- ช่วยให้สามารถกำหนดเงื่อนไขในการควบคุมค่าใช้จ่าย
- ช่วยให้สามารถลดค่าใช้จ่ายบางอย่างได้ เช่น สามารถพิจารณาลดค่าใช้จ่ายจากส่วนของค่าใช้จ่ายคงที่หรือจากส่วนของค่าใช้จ่ายแปรผัน
- ช่วยให้สามารถกำหนดจำนวนขายหรือราคาที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลตามเป้าหมาย
- ช่วยให้สามารถวางแผนการผลิตได้อย่างเหมาะสม
- ช่วยให้สามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้องยิ่งขึ้น

2.4.4 ข้อที่ควรพิจารณาในการใช้จุดคุ้มทุน

ในการนำเอาจุดคุ้มทุนไปใช้ในการวิเคราะห์ตัดสินใจโครงการต่างๆ มีดังต่อไปนี้

1. ต้นทุนของผลิตภัณฑ์จะต้องแยกเป็น ต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผันได้ชัดเจน และต้นทุนคงที่จะต้องคงที่เท่ากันตลอด ไม่ว่าจะผลิตมากหรือน้อย
2. ปริมาณการผลิต และปริมาณการขายสมมติว่าเท่ากันไม่มีการเก็บไว้
3. ข้อมูลต่างๆ ได้แก่ การประเมินต้นทุนต่างๆ จะต้องถูกต้อง

4. เหมาะสำหรับโครงการที่มีอายุสั้น เพราะถ้าระยะเวลานานจะเกิดความไม่แน่นอนเกิดขึ้น

5. การพิจารณาตัดสินใจเลือกโครงการ จะมองแค่จุดคุ้มทุนอย่างเดียวคงไม่ได้ จะต้องไปดูสิ่งอื่นที่เป็นปัจจัยต่อการตัดสินใจประกอบด้วย

2.4.5 ข้อควรระวังเกี่ยวกับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนมีสมมุติฐานและข้อจำกัดดังกล่าวมา จึงมีข้อควรระวังในการใช้งานโดยสรุปดังนี้

1. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน จะใช้ได้เป็นประโยชน์ก็ต่อเมื่อรายละเอียดของต้นทุนถูกต้องตามระบบบัญชีและสามารถแยกพฤติกรรมของต้นทุนเป็นต้นทุนคงที่และเป็นต้นทุนแปรผันได้อย่างแม่นยำ

2. ราคาของผลิตภัณฑ์กำหนดด้วยองค์กรประกอบหลายๆ ประการ การกำหนดให้ราคาคงที่จะถูกต้องเฉพาะช่วงระยะเวลาที่เงื่อนไขต่างๆ ไม่เปลี่ยนแปลงถ้าราคาผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปจะมีผลทำให้การวิเคราะห์และควรใช้งานผิดพลาดได้

3. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน เป็นวิธีการที่เป็นประโยชน์เฉพาะในระยะเวลาช่วงสั้นๆ ซึ่งมีเงื่อนไขเดียวกันการใช้การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนอันเดียวกัน สำหรับการตัดสินใจในช่วงเวลาที่ต่างกันจะไม่เกิดประโยชน์เท่าที่ควร จึงจำเป็นต้องพิจารณาเงื่อนไขก่อนที่จะใช้งาน

4. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเพียงอย่างเดียวจะใช้เป็นส่วนประกอบช่วยการตัดสินใจในการวางแผนและควบคุมได้ไม่สมบูรณ์นัก เพราะว่าจะมีองค์ประกอบหลายๆ ประการที่อิทธิพลต่อการตัดสินใจ จึงจำเป็นต้องพิจารณารายละเอียดอื่นๆ ประกอบกับการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในการตัดสินใจใดๆ

2.5 การวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost Ratio Analysis)

โครงการที่เป็นสาธารณประโยชน์ เช่น โครงการของภาครัฐบาล มักถือว่าเป็นโครงการที่ไร้ผลกำไร หรืออีกนัยหนึ่ง คือ ผลตอบแทนของโครงการไม่สามารถคิดเทียบเป็นจำนวนเงินได้โดยตรงเหมือนผลกำไรที่ได้จากการค้า เช่น การสร้างเขื่อนเก็บน้ำเพื่อป้องกันน้ำท่วมทำให้สามารถลดปริมาณของความเสียหายที่เกิดขึ้นในทุกๆ ปีได้ โดยจำนวนความเสียหายที่ลดลงมิได้เป็นจำนวนเงินตอบแทนแก่รัฐบาลซึ่งเป็นผู้ลงทุนสร้างเขื่อน แต่ผลตอบแทนที่ได้เป็นผลประโยชน์โดยเฉลี่ยที่ตกอยู่กับประชากรที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่เคยได้รับภัยจากน้ำท่วม ซึ่งผลประโยชน์ดังกล่าวสามารถ

วัดเปรียบเทียบด้วยอัตราผลประโยชน์ต่อการลงทุน (Benefit-cost Ratio) โดยผู้วิเคราะห์ต้องพยายามแปลงส่วนที่เป็นผลประโยชน์ต่อสาธารณชนให้ออกมาเป็นมูลค่าของเงิน

การวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน คือ การการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในโครงการ

2.5.1 การพิจารณาโครงการเดี่ยวโดยใช้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost Ratio for Single Project)

การวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนสำหรับ 1 โครงการ มีขั้นตอนต่างๆ สรุปได้ดังนี้

1. คำนวณค่าผลประโยชน์ เสียประโยชน์ และเงินลงทุนให้อยู่ในรูปมูลค่าเทียบเท่าปีปัจจุบัน (Present-Worth) หรือ มูลค่าเทียบเท่ารายปี (Annual-Worth)

2. คำนวณหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน จากสมการ

$$B/C = \frac{B - D}{C}$$

โดยที่ B (Benefit) คือ ผลประโยชน์ (ส่วนที่เป็นประโยชน์แก่เจ้าของ)
D (Debenefit) คือ เสียประโยชน์ (ส่วนที่เจ้าของเสียประโยชน์)
C (Cost) คือ ต้นทุน (ค่าการลงทุน เช่น ค่าก่อสร้าง ค่าใช้จ่าย)

3. วิเคราะห์ผล โดยโครงการจะได้รับการพิจารณาอนุมัติเมื่อ B/C มีค่ามากกว่า 1.0

2.5.2 การพิจารณาหลายโครงการโดยใช้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost Ratio for Multiple Projects)

ในการเปรียบเทียบโครงการหลายๆ โครงการด้วยวิธีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน ต้องพิจารณาเปรียบเทียบกับส่วนเพิ่มของการลงทุน ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คำนวณต้นทุนรวม (net C) และผลประโยชน์รวม (net B-D) ของแต่ละโครงการโดย คำนวณให้อยู่ในรูปของมูลค่าเทียบเท่าปีปัจจุบัน (PW) หรือมูลค่าเทียบเท่ารายปี (AW)

2. จัดเรียงโครงการ/ทางเลือกโดยเรียงลำดับจากผลรวมเงินลงทุนจากน้อยไปหามาก

3. หาค่า B/C ของแต่ละโครงการ ถ้าโครงการไหนมีค่า B/C น้อยกว่า 1.0 ให้ตัดทิ้ง

4. ให้โครงการแรก (ที่เหลือจากข้อ 3.) ตัวหลัก (defender)

5. เลือกโครงการถัดไปมาในการพิจารณา (challenger)

6. หา ΔC โดย $\Delta C = C_{challenger} - Cd_{efender}$

7. หา ΔB โดย $\Delta B = B_{challenger} - B_{defender}$

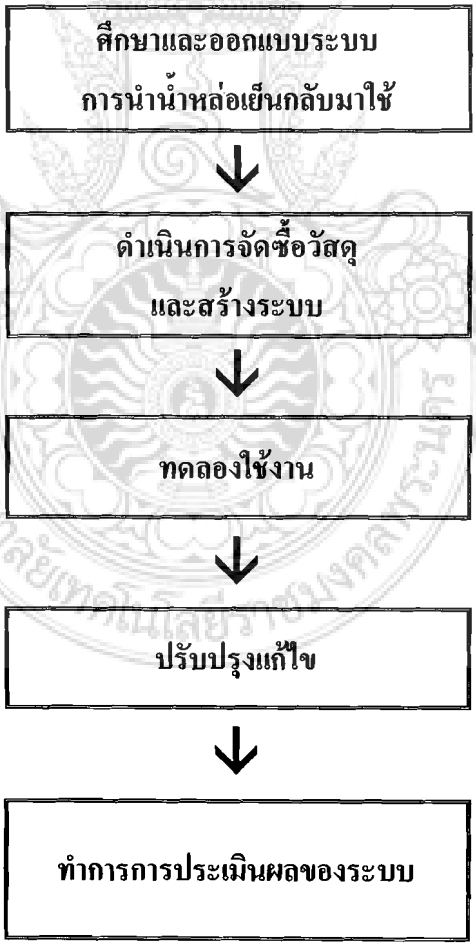
8. นำผลจากข้อ 6-7 คำนวณหา $\Delta B/C$ โดย $\Delta B/C = \Delta B / \Delta C$

9. ถ้าค่า $\Delta B/C > 1.0$ แสดงว่าโครงการตั้งต้นที่นำมาพิจารณา มีความเหมาะสมน้อยกว่าโครงการที่นำมาเปรียบเทียบ แต่ถ้า $\Delta B/C < 1.0$ แสดงว่าโครงการตั้งต้นมีความเหมาะสมกว่าโครงการที่นำมาเปรียบเทียบ

10. ทำการเปรียบเทียบไปเรื่อยๆ จนครบหมดทุกโครงการ จนได้โครงการที่เหมาะสมที่สุด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

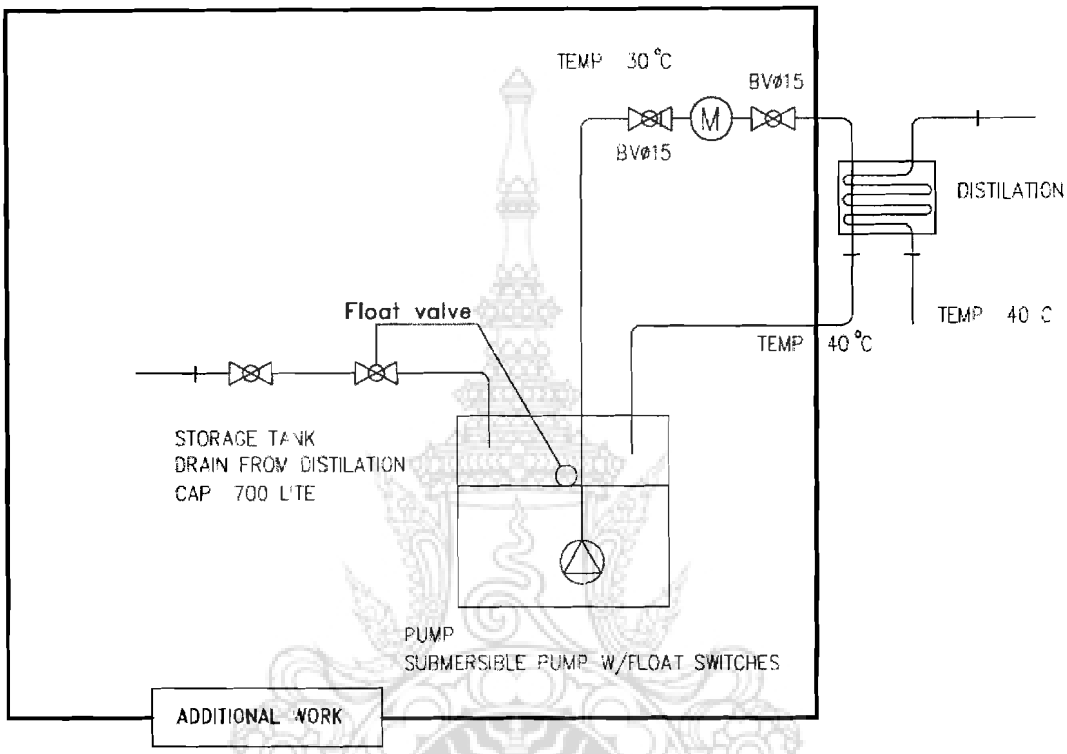
ในงานวิจัยนี้ดำเนินการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อนำน้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำกลั่นในห้องปฏิบัติการเคมี สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครกลับมาใช้ใหม่ เป็นการลดการสูญเสียน้ำ และทำให้การทำงานของระบบที่จัดเตรียมขึ้นสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง แผนผังการทำงานแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3.1 ผังการทำงาน

3.1 การศึกษาระบบและการออกแบบระบบการนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้

จากการศึกษาโดยการทดลองกลั่นน้ำจากเครื่องในห้องปฏิบัติการพบว่าในการกลั่นน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้องใช้น้ำหล่อเย็นในระบบ 26.5 ลิตร



ภาพที่ 3.2 แบบของระบบที่ทำการติดตั้ง

3.2 การจัดซื้อวัสดุและสร้างระบบการนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้ใหม่

ค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าการลงทุนครั้งแรกของระบบ ถือว่าเป็นต้นทุนคงที่ (Fixed cost) จากการซื้อวัสดุและอุปกรณ์สำหรับการพัฒนาระบบมีมูลค่า 17,503.49 บาท โดยมีรายละเอียดของวัสดุดังนี้

- ถังน้ำไฟเบอร์กลาสทรงกระบอก 700 ลิตร พร้อมฝา
- ขาตั้งเหล็กสำหรับถังน้ำขนาด 700 ลิตร
- ปั๊มน้ำ
- Check valve ขนาด ½ นิ้ว
- ข้องอ 90 องศา
- สามทาง PVC ขนาด ½ นิ้ว
- หางปลาไหล ½ นิ้ว
- เข็มขัดรัดท่อ

- ท่อ PVC ขนาด ½ นิ้ว
- ท่อ PVC ขนาด 1 นิ้ว
- Ball valve ขนาด 1 นิ้ว
- Ball valve ขนาด ½ นิ้ว
- ท่อต่อตรง ขนาด ½ นิ้ว
- แคมพ์รัดท่อ ขนาด ½ นิ้ว
- แคมพ์รัดท่อ ขนาด 1 นิ้ว
- สายยางขนาด ½ นิ้ว
- กาว PVC สำหรับทาท่อ
- เทปพันเกลียว

3.3 การทดลองใช้งานและปรับปรุงแก้ไข

เมื่อสร้างระบบการทำงานจากการคำนวณค่าต่างๆ ตามหลักการทางวิศวกรรมแล้ว นำมาทดลองใช้งานที่ห้องปฏิบัติการ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เพื่อดูผลการทำงานของเครื่องกลั่นน้ำ แบบ Cyclon Ultrapure Water Stills รุ่น WSC008 บริษัท Fistreem ทำการกลั่นน้ำด้วยอัตรา 8 ลิตรต่อชั่วโมง

ในการทดลองใช้งานนี้ทำการทดลองแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ในช่วงแรกทำการกลั่นน้ำด้วยอัตราเพียง 4 ลิตรต่อชั่วโมง เนื่องจากการต่อของระบบไฟฟ้าของสถานที่ทำการทดลอง ณ อาคาร 3 ห้อง 343 ไม่เอื้ออำนวยต่อการทดสอบ จึงทำการแก้ไขด้วยการเปลี่ยนพื้นที่การทดลองเป็นอาคาร 1 ห้อง 111 แทน ทำให้สามารถทดสอบการทำงานเครื่องกลั่นได้เต็มความประสิทธิภาพ

3.4 ประเมินผลการทำงานของระบบ

การประเมินการทำงานของระบบออกเป็นหัวข้อต่างๆ ได้ดังนี้

1. การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากระบบที่พัฒนาขึ้นมาเทียบกับค่าใช้จ่ายเดิมในระบบเดิม โดยทำการเปรียบเทียบทั้งในส่วนของต้นทุนคงที่ (Fixed Costs) ได้แก่ ค่าวัสดุของระบบ และ ต้นทุนแปรผัน (Available costs) ได้แก่ ค่าน้ำ และ ค่าไฟฟ้า

2. ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) เมื่อทำการติดตั้งระบบกลั่นน้ำแล้ว และทำการใช้งานระบบอย่างต่อเนื่อง จะต้องใช้เวลานานเท่าใด เพื่อให้ทราบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มีค่าใช้จ่ายที่ลดลงเทียบกับต้นทุนในการดำเนินงาน

3. การพิจารณาโครงการโดยใช้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost Ratio for Single Project: B/C ratio) เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของ

ผลตอบแทนกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในโครงการ การวิเคราะห์อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนสำหรับ 1 โครงการ มีขั้นตอนต่างๆ สรุปได้ดังนี้

- คำนวณค่าผลประโยชน์ เสียประโยชน์ และเงินลงทุน ให้อยู่ในรูปมูลค่าเทียบเท่าปีปัจจุบัน (Present-Worth) หรือ มูลค่าเทียบเท่ารายปี (Annual-Worth)

- คำนวณหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน จาก

$$\text{B/C ratio} = \frac{\text{มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน}}{\text{มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย}}$$

- วิเคราะห์ผล โดยโครงการจะได้รับการพิจารณาอนุมัติเมื่อ B/C > 1.0

ถ้า B/C ratio มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับที่ลงทุนไป แต่ถ้าค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า ผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการไม่คุ้มกับเงินลงทุนที่เสียไป

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ผลจากการพัฒนาและออกแบบระบบการนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้ ทำการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายเปรียบเทียบที่เกิดขึ้นในการปรับแต่งระบบเทียบกับค่าใช้จ่ายเดิม ในระบบเดิม ระยะเวลาการคืนทุน อัตราผลตอบแทนของโครงการ และอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 การออกแบบระบบการนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้

การออกแบบอ้างอิงจากคุณลักษณะ (Specification) เครื่องกลั่นน้ำ แบบ Cyclon Ultrapure Water Stills รุ่น WSC008 บริษัท Fistreem ทำการกลั่นน้ำด้วยอัตรา 8 ลิตรต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.1 ลักษณะ (Specification) เครื่องกลั่นน้ำ

Model	**WSC008**
Output Capacity	8 liters. hr^{-1} Single distilled
pH	5.6 - 6.0
Conductivity	1μS. cm^{-1}
Power Rating	6 kW
Tap Water Pressure (min-max)*	70 - 560 kPa 10 - 80 $lbf.in^{-2}$
Tap Water Flow (min)	2 liters . min^{-1}

4.1.1 รายการคำนวณเพื่อเลือกขนาดถังน้ำ

มีการกำหนดตัวแปรต่างๆ ดังนี้

- การทำงานเป็น 6 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็น 360 นาทีต่อวัน
- อัตราการใช้น้ำจากตาราง 4.1 2 ลิตรต่อนาที

แสดงว่าต้องใช้ถังน้ำเก็บน้ำหล่อเย็นในแต่ละวัน เพื่อลดการทิ้งน้ำ และส่งเข้าสู่ระบบในครั้งต่อไปขนาด 360 x 2 = 720 ลิตร แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องสถานที่ และขนาดอุปกรณ์ ทำให้ต้องเลือกซื้อถังให้เหมาะกับการพื้นที่ใช้งาน จึงเลือกขนาดถังน้ำไฟเบอร์กลาสทรงกระบอก 700 ลิตร พร้อมฝาสำหรับใส่น้ำหล่อเย็นและปล่อยให้เย็นด้วยการถ่ายเทความร้อนในบรรยากาศปกติ

4.1.2 รายการคำนวณเพื่อเลือกขนาดปั๊มน้ำ

การเลือกขนาดปั๊มน้ำ ทำการเลือกจากสมบัติของปั๊มน้ำที่มีในอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากมีการกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำเป็นแบบมากเกินพอ (Excess flow) เพื่อป้องกันการไหลของน้ำย้อนกลับไปในระบบ ปั๊มน้ำที่เลือกใช้มีอัตราการไหลเป็น 10 - 36 ลิตรต่อนาที ใช้ไฟขนาด 200 วัตต์

4.2 ส่วนประกอบของระบบที่จัดสร้างขึ้น

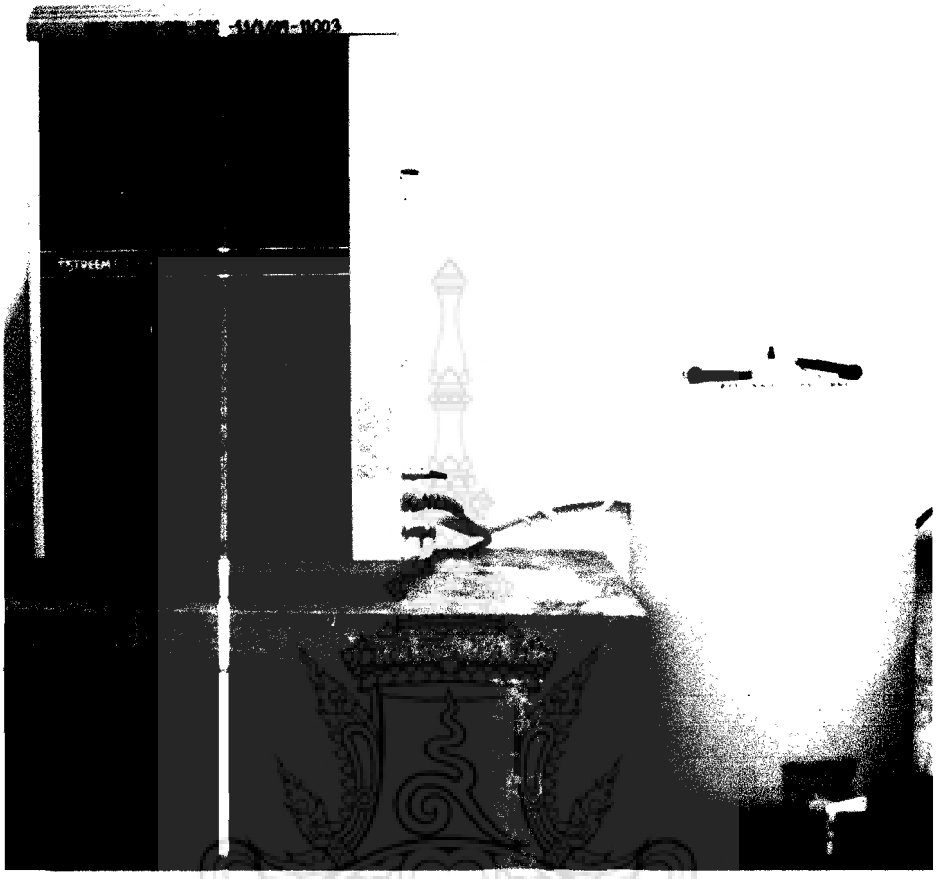
ระบบที่จัดสร้างขึ้นประกอบไปด้วย ส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ

1. ส่วนของเครื่องกลั่นน้ำ : ส่วนเดิมของระบบ ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ

- เครื่องกรองน้ำ สำหรับปรับสภาพของน้ำ ก่อนที่จะนำเข้าสู่ระบบการกลั่น
- เครื่องกลั่นน้ำ
- ถังเก็บน้ำกลั่นที่ได้จากการกลั่น

2. ส่วนของระบบจ่ายน้ำหล่อเย็น : ส่วนของระบบที่จัดสร้างขึ้นเพิ่มเติม เพื่อทำหน้าที่ในการจ่ายน้ำหล่อเย็นเข้าสู่ระบบการกลั่น และนำน้ำหล่อเย็นที่ออกจากระบบวนกลับมาใช้ใหม่ ส่วนนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

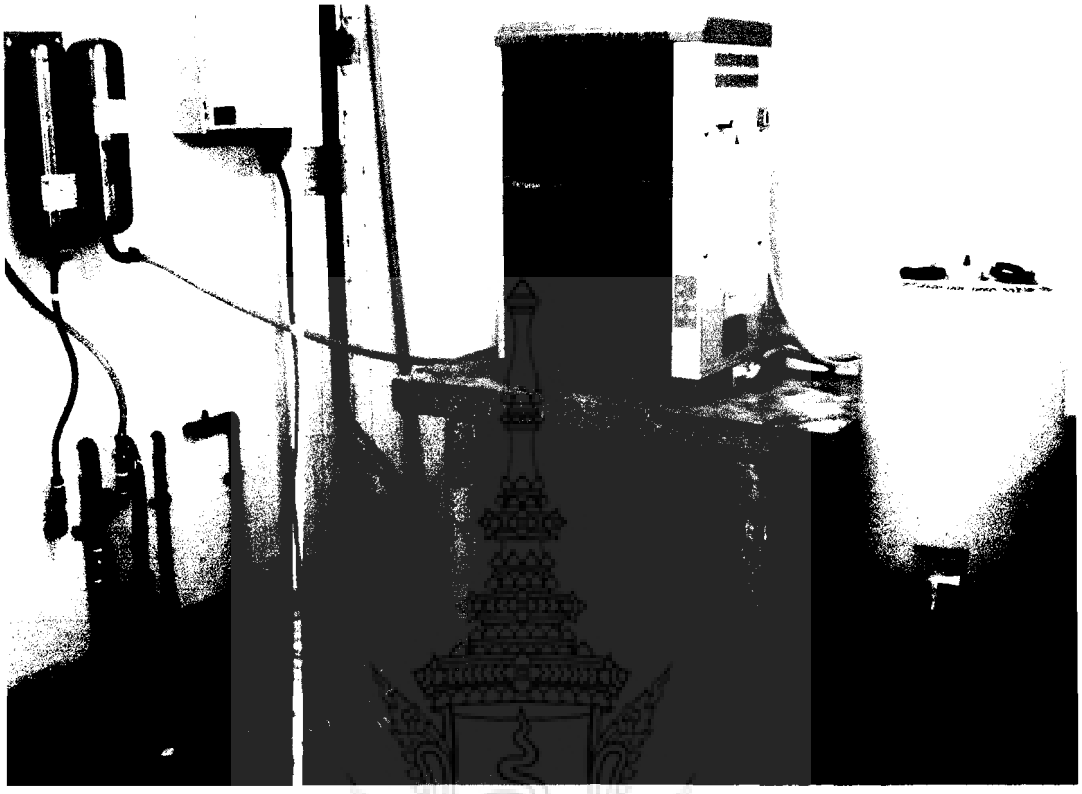
- ระบบท่อสำหรับน้ำหมุนเวียนในระบบ เป็นที่ต่อกับระบบน้ำภายนอกเพื่อนำน้ำเข้าสู่ระบบการหล่อเย็น
- ปั๊มน้ำ สำหรับนำน้ำหล่อเย็นที่พักเก็บไว้ในถังเก็บกลับมาใช้ใหม่



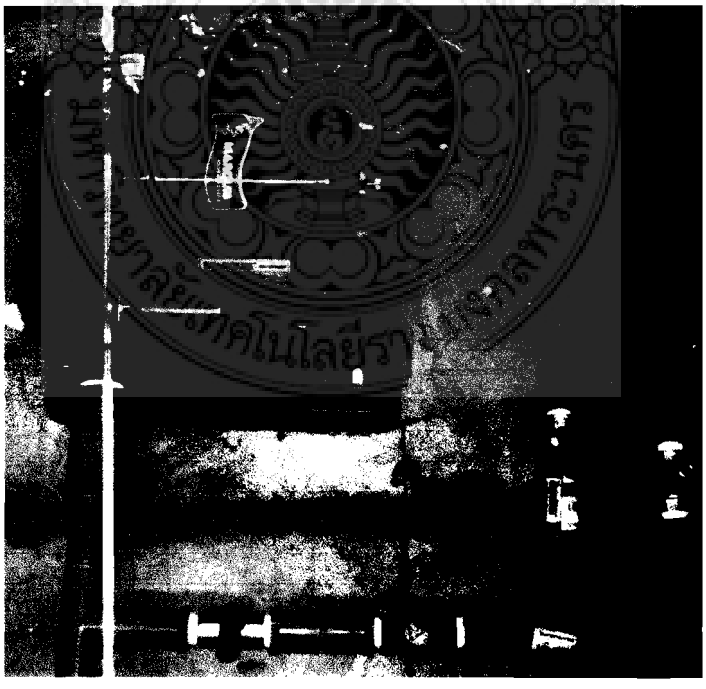
ภาพที่ 4.1 ระบบเครื่องทำน้ำกลั่นเดิมในห้องปฏิบัติการเคมีสิ่งทอ

ก. เครื่องทำน้ำกลั่น ข. ถังเก็บน้ำกลั่น ค. เครื่องกรองน้ำ

ภาพที่ 4.2 อุปกรณ์เครื่องกลั่นน้ำ



ภาพที่ 4.3 ระบบนำน้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำกลั่นกลับมาใช้ใหม่ที่จัดสร้างขึ้น



ภาพที่ 4.4 ปั๊มน้ำและระบบท่อหมุนเวียนน้ำ

3. ถังเก็บน้ำ สำหรับเก็บน้ำหล่อเย็นที่ออกจากระบบ เพื่อพักไว้จนอุณหภูมิของน้ำลดลงจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วจึงมีการนำกลับไปใช้ใหม่โดยผ่านระบบปั๊มน้ำ

ภาพที่ 4.5 ถังเก็บน้ำสำหรับเก็บน้ำหล่อเย็นที่ออกจากระบบ

4.3 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการพัฒนาระบบ

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระบบแบ่งออกเป็นสองส่วนสำคัญ คือ ค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าการลงทุนครั้งแรกของระบบ ถือว่าเป็นต้นทุนคงที่ (Fixed cost) จากการซื้อวัสดุและอุปกรณ์สำหรับการพัฒนาระบบมีค่าเท่ากับ 17,503.49 บาท (หนึ่งหมื่นเจ็ดพันห้าร้อยสามบาทสี่สิบเก้าสตางค์) และค่าใช้จ่ายแปรผัน (Available cost) จากค่าน้ำประปาและค่าไฟฟ้าในการทำงานของระบบ แสดงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

4.3.1 ค่าน้ำประปา

ระบบการทำงานเครื่องกลั่นน้ำมีการใช้น้ำประปาแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ น้ำที่ผ่านเครื่องกรองน้ำเพื่อนำมาใช้ในการผลิตเป็นน้ำกลั่นจำนวน 48 ลิตรต่อวัน (8 ลิตรต่อชั่วโมง x 6 ชั่วโมงต่อวัน) คิดเป็น 17,280 ลิตรต่อปี (48 ลิตรต่อวัน x 5 วันต่อสัปดาห์ x 72 สัปดาห์ต่อปี) และน้ำหล่อเย็นในระบบ ในเครื่องกลั่นระบบเดิมน้ำหล่อเย็นในส่วนนี้ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ จาก

การทดลองพบว่าเครื่องกลั่นน้ำแบบเดิมกลั่นน้ำได้ปริมาตร 1 ลิตร แต่มีการปล่อยน้ำหล่อเย็นออกจากระบบจำนวน 26.5 ลิตร ดังนั้นใน 1 วัน มีการปล่อยน้ำหล่อเย็นออกจากระบบจำนวน 1,272 ลิตร (น้ำหล่อเย็น 26.5 ลิตรต่อน้ำกลั่น 1 ลิตรที่ผลิตได้ x 8 ลิตรต่อชั่วโมง x 6 ชั่วโมงต่อวัน)

ระบบกลั่นน้ำทำงานสัปดาห์ละ 5 วัน มีการปล่อยน้ำหล่อเย็นจำนวน 6,360 ลิตรต่อสัปดาห์ คิดเป็น 330,720 ลิตรต่อปี (1 ปี จำนวน 52 สัปดาห์)

ค่าน้ำประปาราคา 2.22 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ระบบเดิมมีการใช้น้ำประปา 348,000 ลิตรต่อปี (17,280 + 330,720) หรือ 3,480 ลูกบาศก์เมตรต่อปี (1,000 ลิตร = 1 ลูกบาศก์เมตร) คิดเป็น 7,656 บาทต่อปี

ระบบพัฒนามีการใช้น้ำประปา 17,280 ลิตรต่อปี หรือ 17.28 ลูกบาศก์เมตรต่อปี คิดเป็น 38.36 บาทต่อปี

ดังนั้นระบบพัฒนาสามารถประหยัดน้ำได้ 7,617.64 บาทต่อปี

4.3.2 ค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าในการศึกษานี้แบ่งเป็นสองส่วน คือ ค่าไฟฟ้าจากเครื่องกลั่นน้ำ และค่าไฟฟ้าจากปั๊มน้ำในระบบที่พัฒนาขึ้นมา (ค่าไฟฟ้าราคา 5.50 บาทต่อยูนิต)

- *ค่าไฟฟ้าของเครื่องกลั่นน้ำ*

เครื่องกลั่นน้ำ 6 กิโลวัตต์ ทำงานวันละ 6 ชั่วโมง คิดเป็น 36 ยูนิตต่อวัน (6,000 วัตต์ x 6 ชั่วโมง x 10^{-3}) ในเวลา 1 ปี มีการใช้ไฟฟ้าจำนวน 12,960 ยูนิต (36 ยูนิตต่อวัน x 5 วันต่อสัปดาห์ x 72 สัปดาห์ต่อปี) คิดเป็นค่าไฟฟ้าเครื่องกลั่นน้ำ 71,280 บาทต่อปี

- *ค่าไฟฟ้าของปั๊มน้ำ*

ปั๊มน้ำ 200 วัตต์ ทำงานวันละ 6 ชั่วโมง คิดเป็น 1.2 ยูนิตต่อวัน (200 วัตต์ x 6 ชั่วโมง x 10^{-3}) ในเวลา 1 ปี มีการใช้ไฟฟ้าจำนวน 432 ยูนิต (1.2 ยูนิตต่อวัน x 5 วันต่อสัปดาห์ x 72 สัปดาห์ต่อปี) คิดเป็นค่าไฟฟ้าปั๊มน้ำ 2,376 บาทต่อปี

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเครื่องกลั่นน้ำระบบเดิมและระบบที่พัฒนาขึ้น

ค่าใช้จ่าย	ระบบเดิม (บาท)	ระบบที่พัฒนาขึ้น (บาท)
ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)		
- ค่าพัฒนาระบบ	-	32,503.49
ต้นทุนแปรผัน (Available cost)		
- ค่าน้ำประปา/ปี	7,656.00	38.36
- ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้ต่อปี (จากระบบพัฒนา)	-	7,617.64
- ค่าไฟฟ้าของปั๊มน้ำต่อปี (เพิ่มเติมจากระบบพัฒนา)	-	2,376 .00
ค่าใช้จ่ายรวมต่อปี	7,656.00	2,414.36
ค่าใช้จ่ายประหยัดได้ต่อปี	-	5,241.64

หมายเหตุ :

1. ค่าใช้จ่ายรวมระบบพัฒนาคิดจาก ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้ต่อปี – ค่าน้ำประปาต่อปี - ค่าไฟฟ้าปั๊มน้ำต่อปี

2. ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ทำการเทียบจากค่าใช้จ่ายรวมระบบเดิม - ค่าใช้จ่ายรวมระบบพัฒนา

4.4 ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period)

เวลาการจ่ายคืนทุนเป็นการคำนวณหาระยะเวลาที่ทำให้รายจ่ายเท่ากับรายรับ โดยจะต้องแปลงมูลค่าเงินเป็นมูลค่าปัจจุบันรายปี กล่าวคือในการออกแบบพัฒนาระบบโดยมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจำนวน 17,503.49 บาท แต่ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้ปีละ 5,241.64 บาท มีระยะเวลาการคืนทุน 3.33 ปี

4.4 การพิจารณาโครงการโดยใช้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost Ratio for Single Project)

ระบบพัฒนาขึ้นโดยลงทุน 17,503.49 บาท คาดว่าจะมีการใช้งานระบบอย่างต่อเนื่องประมาณ 10 ปี ระบบนี้สามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆ ได้ปีละ 5,241.64 บาท โครงการนี้มี

ค่าใช้จ่ายต่างๆ ปีละ 2,414.36 บาท ถ้าคิดดอเบี้ยอัตรา (i) 0.25 % ต่อปี (อัตราดอกเบี้ยออมทรัพย์ของธนาคารแห่งประเทศไทย, 2551) ทำการประเมินโครงการได้ดังนี้

B คือ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ปีละ 5,241.64 บาท

C คือ ผลรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในโครงการ แบ่งได้เป็น

C_1 คือ ค่าใช้จ่ายจากระบบที่พัฒนาเมื่อคาดการณ์ว่าจะมีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง 10 ปี หาได้จาก 17,503.49(A/P, 0.25%, 10) = 17,503.49 (0.10) = 1,750.35 บาทต่อปี

C_2 คือค่าใช้จ่ายต่างๆ ในแต่ละปีมีค่าเป็น 2,414.36 บาท

ดังนั้น B/C ratio มีค่าเท่ากับ

$$\text{B/C ratio} = \frac{\text{มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน}}{\text{มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย}}$$

$$= \frac{5,241.64}{(1,750.35 + 2,414.36)}$$

$$= 1.26$$

แสดงว่า ระบบนี้มีความคุ้มค่ากับการลงทุน

ในการวิเคราะห์และตัดสินใจในโครงการต่างๆ จะใช้มีการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริง รายจ่ายรายปี การหาระยะเวลาคืนทุน ผลตอบแทนการลงทุนรายปี เพื่อประกอบการพิจารณาในการตัดสินใจว่าโครงการที่จัดทำขึ้นมีความคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยเรื่องการนำน้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำกลั่นกลับมาใช้ใหม่ มีวัตถุประสงค์หลักในการนำน้ำหล่อเย็นจากเครื่องทำน้ำกลั่นในห้องปฏิบัติการเคมี สาขาวิชาเทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กลับมาใช้ใหม่ เป็นการลดความสิ้นเปลืองที่เกิดขึ้นจากการทำงานของระบบ ทำให้เกิดการประหยัดทรัพยากรน้ำ ในการวิจัยทำโดยการออกแบบพัฒนาระบบจากระบบเดิมที่เป็นอยู่ จากนั้นทำการทดลองและปรับปรุงแก้ไขระบบ เพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ ในขั้นตอนสุดท้ายจึงทำการประเมินการทำงานของระบบในด้านการค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการพัฒนาระบบเทียบกับค่าใช้จ่ายในระบบเดิม ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) และการพิจารณาโครงการโดยใช้อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-Cost Ratio for Single Project: B/C ratio) ทำการวิจัยด้วยเครื่องกลั่นน้ำแบบ Cyclon Ultrapure Water Stills รุ่น WSC008 บริษัท Fistreem ทำการกลั่นน้ำด้วยอัตรา 8 ลิตรต่อชั่วโมง

ในการออกแบบและพัฒนาเลือกใช้ถังน้ำเก็บน้ำหล่อเย็นทำจากไฟเบอร์กลาสทรงกระบอก 700 ลิตร พร้อมฝาสำหรับใส่น้ำหล่อเย็น และปล่อยให้เย็นด้วยการถ่ายเทความร้อนในบรรยากาศปกติขนาด เพื่อลดการทิ้งน้ำ และส่งเข้าสู่ระบบในครั้งต่อไป ปั๊มน้ำที่เลือกใช้มีอัตราการไหลเป็น 10 - 36 ลิตรต่อนาที ใช้ไฟขนาด 200 วัตต์ เพื่อป้องกันการไหลของน้ำย้อนกลับไปในระบบ และส่งน้ำขึ้นไปพักบนถังเก็บ เมื่อทำการประเมินระบบที่พัฒนาขึ้นในด้านค่าใช้จ่ายเปรียบเทียบกับระบบเดิมพบว่าระบบเดิมมีการใช้น้ำประปา 3,480 ลูกบาศก์เมตรต่อปี แต่ระบบพัฒนามีการใช้น้ำประปาเพียง 17.28 ลูกบาศก์เมตรต่อปี คิดราค่าค่าน้ำประปาที่ 2.20 บาทต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าระบบพัฒนาสามารถประหยัดน้ำได้ 7,617.64 บาทต่อปี แต่ต้องมีการติดตั้งระบบปั๊มน้ำทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในส่วนค่าไฟฟ้าเป็นจำนวน 2,376 บาทต่อปี เมื่อนำมาคิดค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้น สามารถสรุปได้ว่าระบบพัฒนาสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายรวมได้ 5,241.64 บาทต่อปี มีระยะเวลาการคืนทุนจากการใช้งานอยู่ที่ 3.33 ปี

จากผลการประเมินข้างต้นนำมาพิจารณาความคุ้มค่าการลงทุนพิจารณาจากอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit-cost Ratio for Single Project : B/C ratio) คาดการณ์การใช้งาน

ระบบนี้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ปี พบว่า การพัฒนาระบบมีค่า B/C ratio อยู่ที่ 1.26 ค่าที่ได้มากกว่า 1 แสดงว่า โครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุน

เอกสารอ้างอิง

1. _____, 2008. **Continuous distillation.** Sc-Tech Dictionary. แหล่งที่มา: http://www.answer.com/topic/continuous-distillation, 2 สิงหาคม 2551.
2. วันชัย ริจิรวนิช และชอุ่ม พลอยมีค่า, **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.** โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , พิมพ์ครั้งที่ 7 พ.ศ. 2545
3. สุชาดา สุวรรณศิริ. 2550. **การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ.** แหล่งที่มา: http://www.lks. ac.th/student/kroo_su/chem11/sub07.html, 3 เมษายน 2551.
4. อังสนา ฉั่วสุวรรณ. 2546. **น้ำสำหรับห้องปฏิบัติการ.** แหล่งที่มา: http://www.dss.go.th / dssweb/st-articles/files/cp_10_2546_reagent_water.pdf, 6 พฤษภาคม 2551.
5. เอกดนัย กอกิมพงษ์. 2547. **การทำน้ำให้บริสุทธิ์โดยการกลั่น.** แหล่งที่มา: http://www.thai - science.com/lab_vol/p31/water%20distillation.asp, 18 สิงหาคม 2551.
6. B/R Instrument Corporation. 2007. **Spinning Band Distillation.** Laboratory distrillation equipment. แหล่งที่มา: http://www.brinstrument.com/fractional-distillation/spinning_band_distillation.html, 3 มีนาคม 2551.
7. Wikipedia. 2008. **Steam Distillation.** แหล่งที่มา: http://en.wikipedia.org /wiki/ Image: Steam_Distillation, 23 มิถุนายน 2551.

ภาคผนวก

ก. ตารางเศรษฐศาสตรวิศวกรรม เมื่อ i = 0.25%

n	Uniform-Series Payments			
	(A/F,i%,n)	(F/A,i%,n)	(A/P,i%,n)	(P/A,i%,n)
1	1.0000	1.0000	1.0025	0.9975
2	0.4994	2.0025	0.5019	1.9925
3	0.3325	3.0075	0.3350	2.9851
4	0.2491	4.0150	0.2516	3.9751
5	0.1990	5.0251	0.2015	4.9627
6	0.1656	6.0376	0.1681	5.9478
7	0.1418	7.0527	0.1443	6.9305
8	0.1239	8.0704	0.1264	7.9107
9	0.1100	9.0905	0.1125	8.8885
10	0.0989	10.1133	0.1014	9.8639
11	0.0898	11.1385	0.0923	10.8368
12	0.0822	12.1664	0.0847	11.8073
13	0.0758	13.1968	0.0783	12.7753
14	0.0703	14.2298	0.0728	13.7410
15	0.0655	15.2654	0.0680	14.7042
16	0.0613	16.3035	0.0638	15.6650
17	0.0577	17.3443	0.0602	16.6235
18	0.0544	18.3876	0.0569	17.5795
19	0.0515	19.4336	0.0540	18.5332
20	0.0488	20.4822	0.0513	19.4845
21	0.0464	21.5334	0.0489	20.4334
22	0.0443	22.5872	0.0468	21.3800
23	0.0423	23.6437	0.0448	22.3241
24	0.0405	24.7028	0.0430	23.2660
25	0.0388	25.7646	0.0413	24.2055

n	Uniform-Series Payments			
	(A/F,i%,n)	(F/A,i%,n)	(A/P,i%,n)	(P/A,i%,n)
26	0.0373	26.8290	0.0398	25.1426
27	0.0358	27.8961	0.0383	26.0774
28	0.0345	28.9658	0.0370	27.0099
29	0.0333	30.0382	0.0358	27.9400
30	0.0321	31.1133	0.0346	28.8679
36	0.0266	37.6206	0.0291	34.3865
40	0.0238	42.0132	0.0263	38.0199
48	0.0196	50.9312	0.0221	45.1787
50	0.0188	53.1887	0.0213	46.9462
52	0.0180	55.4575	0.0205	48.7048
55	0.0170	58.8819	0.0195	51.3264
60	0.0155	64.6467	0.0180	55.6524
72	0.0127	78.7794	0.0152	65.8169
75	0.0121	82.3792	0.0146	68.3108
84	0.0107	93.3419	0.0132	75.6813
90	0.0099	100.7885	0.0124	80.5038
96	0.0092	108.3474	0.0117	85.2546
100	0.0088	113.4500	0.0113	88.3825
108	0.0081	123.8093	0.0106	94.5453
120	0.0072	139.7414	0.0097	103.5618
132	0.0064	156.1582	0.0089	112.3121
144	0.0058	173.0743	0.0083	120.8041
240	0.0030	328.3020	0.0055	180.3109
360	0.0017	582.7369	0.0042	237.1894

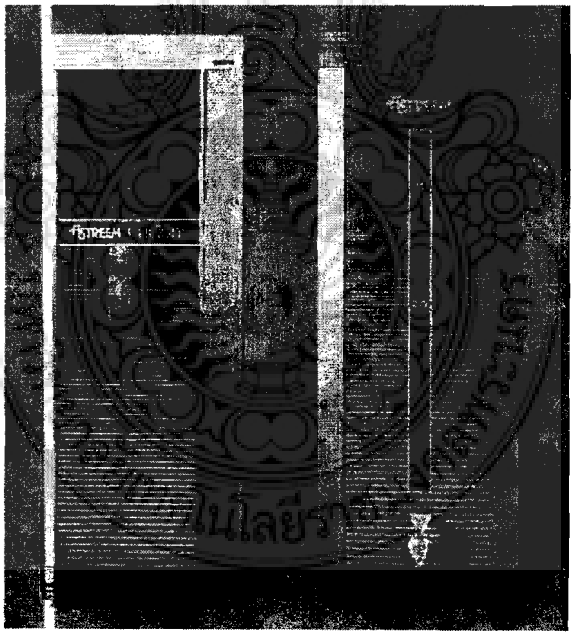
ข. Cyclon Ultrapure Water Stills

Fistreem have been the leaders in water still innovation for many years with a reputation for design, quality and reliability.

Distillation is recognised as offering considerable advantages being fail safe in concept and consistently free from impurities including inorganics, organics, micro-organisms and pyrogens.

Fistreem Ultrapure Water stills improve on this concept through a unique patented vapour trap which creates a 'cyclonic' effect eliminating all vapour borne droplets, ensuring that there is no carry over of impurities in the distillate. The resultant pyrogen free water is therefore at the highest purity - at all times.

Cyclon Stills embody modern electronics and include dual safety systems, auto reservoir control, easy cleaning, matching storage reservoir and optional pre-Deioniser



Outputs of 4 and 8 litre/hour single distillers and 4 litre/hour double (Bi) distiller are offered. They are factory supplied for tap feed use. A pretreated feed option is supplied with the still which allows a variety of treated feed sources to be fed in a controlled way for further polishing by distillation.

The quality of the pyrogen free distillate make these stills highly suitable for life science applications.

Cyclon: An Integrated Water Purification System.

The Cyclon is available in 4 or 8 l.hr $^{-1}$ single distilled or 4 l.hr $^{-1}$ double distilled formats and as a complete water purification system with matching pre-deioniser and distillate reservoir. To eliminate the need for routine cleaning in hard water areas, the Stills are also able to be adapted to accept pre-treated water.

All systems can be wall or bench mounted while tap feed models can easily be upgraded to use pre-treated water.

Purity

The patented 'cyclonic' vapour trap eliminates all carry over while the advanced borosilicate glassware design removes the risk of foaming and improves purity levels. The distillate leaves the condenser at the optimum temperature to guarantee product quality. Additionally quartz sheathed heating elements ensure distillate purity is not compromised.

Safety in Operation

The thermistor protects the still against interruptions in the water supply by controlling heater operation. Additional protection is provided by a thermal cut-out fuse to prevent overheating.

Operator protection is assured through totally enclosed glassware and a built-in spillage tray.

Reliability and Ease of Use

Combined with the microprocessor, the thermistor sensor provides precise control of the still and simplifies operation and cleaning procedures.

A vertical boiler configuration minimises stress on the durable silica sheathed heating elements. Along with an auto-drain function this design also helps to reduce the build-up of scale.

The Cyclon is supplied with an electronic float switch which will shut off the still automatically when the storage reservoir is full enabling safe, unattended operation.

Economy

The flow of cooling water is automatically controlled to minimise water usage.

Cyclon Pre-treated Feed Option

Feeding the still with pre-treated water can eliminate the need for descaling of the still's boiler in hard tap water areas.

All Cyclon Stills are supplied with accessories which enable the user to adapt from tap feed to treated feed supply. In this configuration, for economy, the treated water for the boiler and the tap water for the condenser are separated.

The stills can be fed from the matching Cyclon Deioniser which is specially designed to provide quality pre-treated water. The deioniser is electronically controlled by the still's microprocessor to ensure optimum use is made of the deioniser's ion exchange capacity.

Alternatively, the Cyclon can be used with pre-treated water from the user's own source. Suitable quality water includes reverse osmosis, deionised or purified water from a central piped supply.

Cleaning

Descaling is simplified by an automated cleaning facility requiring no dismantling of glassware. The highly efficient process requires little operator time. The microprocessor and thermistor controlled operation incorporates a dual flush program to ensure the Still is ready to return to normal service on completion.

Cyclon Deioniser

The Cyclon pre-Deioniser features a simple to read conductivity meter which indicates resin exhaustion and a separate outlet tap allowing users to draw off deionised water at any time. The Still's microprocessor controls the operation of the Deioniser to ensure the optimum use of purified water.

The deioniser will typically provide up to 700 litres of purified water on 200ppm tds water. On exhaustion the resin can either be regenerated or replaced by new resin. Replacement resin packs are offered to users should a local regeneration service be unavailable.

Cyclon Reservoir Tank

The 30 litre matching Cyclon reservoir tank incorporates a fast flow tap and a sight tube showing the contents of the reservoir. Distillate access ports are fitted on both sides allowing the reservoir to be sited either side of the still.

To ensure the highest purity levels are maintained, the reservoir features a polyethylene liner, vent filter and a cleaning access port. The electronic float switch shuts off the still on a full reservoir.

All models are wall or bench mountable and are supplied with all necessary connection hoses.

Specifications			
Model	**WSC004**	**WSC044**	**WSC008**
Output Capacity	4 litres. hr^{-1} Single distilled	4 litres. hr^{-1} Double distilled	8 litres. hr^{-1} Single distilled
Pyrogen Free	Yes	Yes	Yes
pH	5.6 -6.0	5.6 -6.0	5.6 -6.0
Conductivity	1μS. cm^{-1}	<1μS. cm^{-1}	1μS. cm^{-1}
Power Rating	3kW	6kW	6kW
Tap Water Pressure (min-max)*	70-560 kPa 10-80 $lbf.in^{-2}$	70-560 kPa 10-80 $lbf.in^{-2}$	70-560 kPa 10-80 $lbf.in^{-2}$
Tap Water Flow (min)	1 litre. min^{-1}	2 litres. min^{-1}	2 litres. min^{-1}
Dimensions (HxWxD)mm	750 x 300 x 380	750 x 490 x 380	750 x 490 x 380
Weight	25kg	29kg	29kg

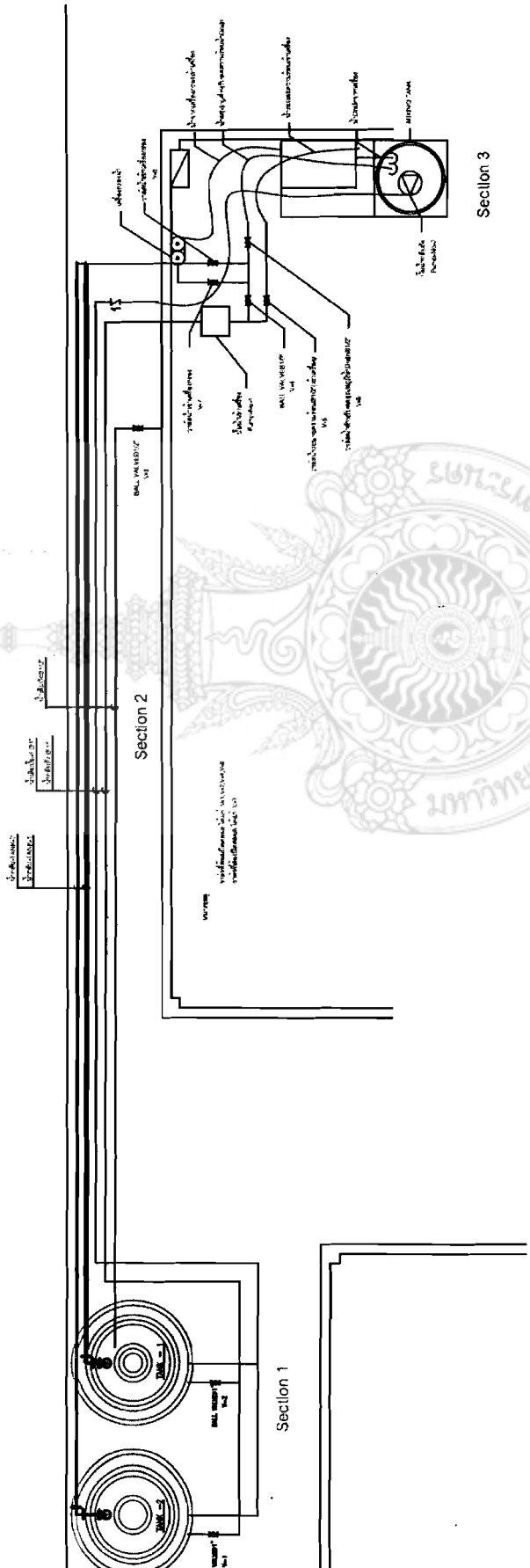
* Specifications are subject to change without notice.

Ordering Information			
Catalogue No	**Output**	**Power**	**Dimensions WxDxH (mm)**
WSC004.MH3.4	4 L/hr Single	220V 3kW	300 x 380 x 750
WSC004.MH3.7	4 L/hr Single	240V 3kW	300 x 380 x 750
WSC008.MH3.4	8 L/hr Single	220V 6kW	490 x 380 x 750
WSC008.MH3.7	8 L/hr Single	240V 6kW	490 x 380 x 750
WSC044.MH3.4	4 L/hr Double (Bi)	220V 6kW	490 x 380 x 750
WSC044.MH3.7	4 L/hr Double (Bi)	240V 6kW	490 x 380 x 750

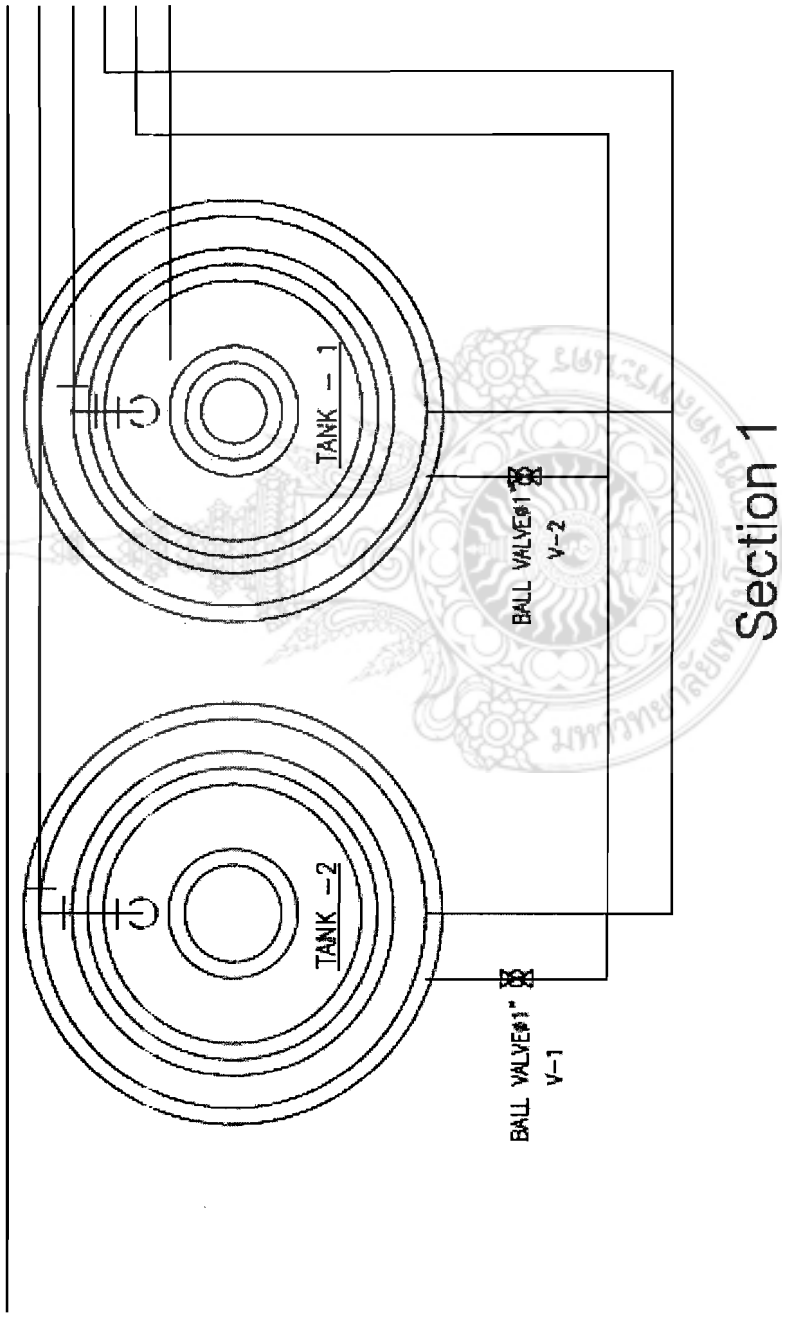
Accessories			
Catalogue No	**Description**	**Capacity**	**Dimensions WxDxH (mm)**
WSC900.RTB.9	Storage Reservoir	30 litre	300 x 380 x 750
WSC901.PDC.5	Cyclon Pre-Deioniser	-	300 x 380 x 750

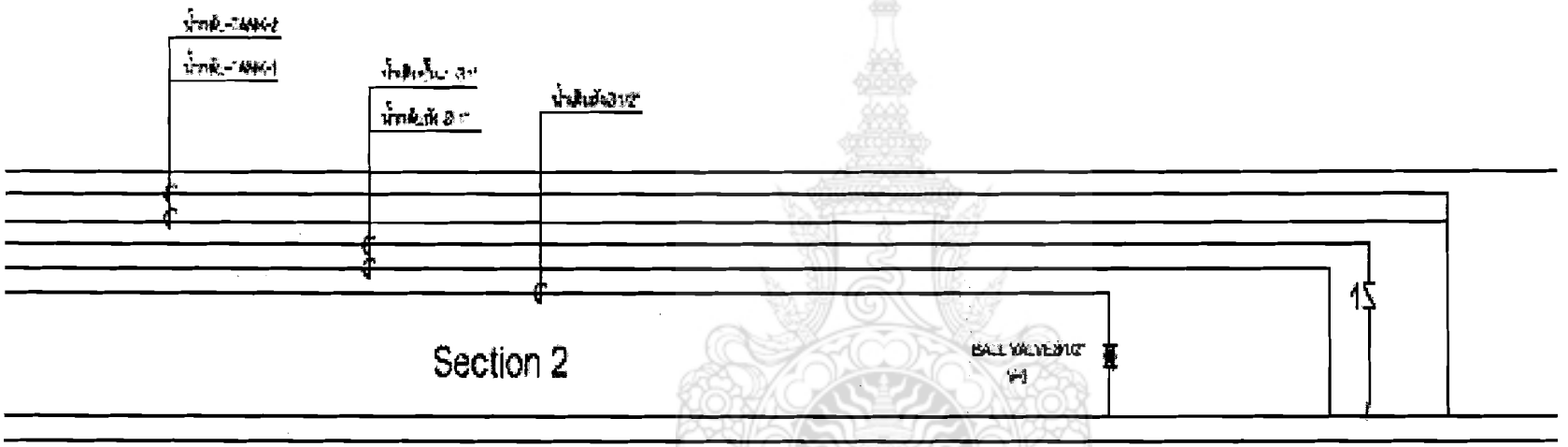
Available from : www.fistreeminternational.com

ค. แบบของระบบ

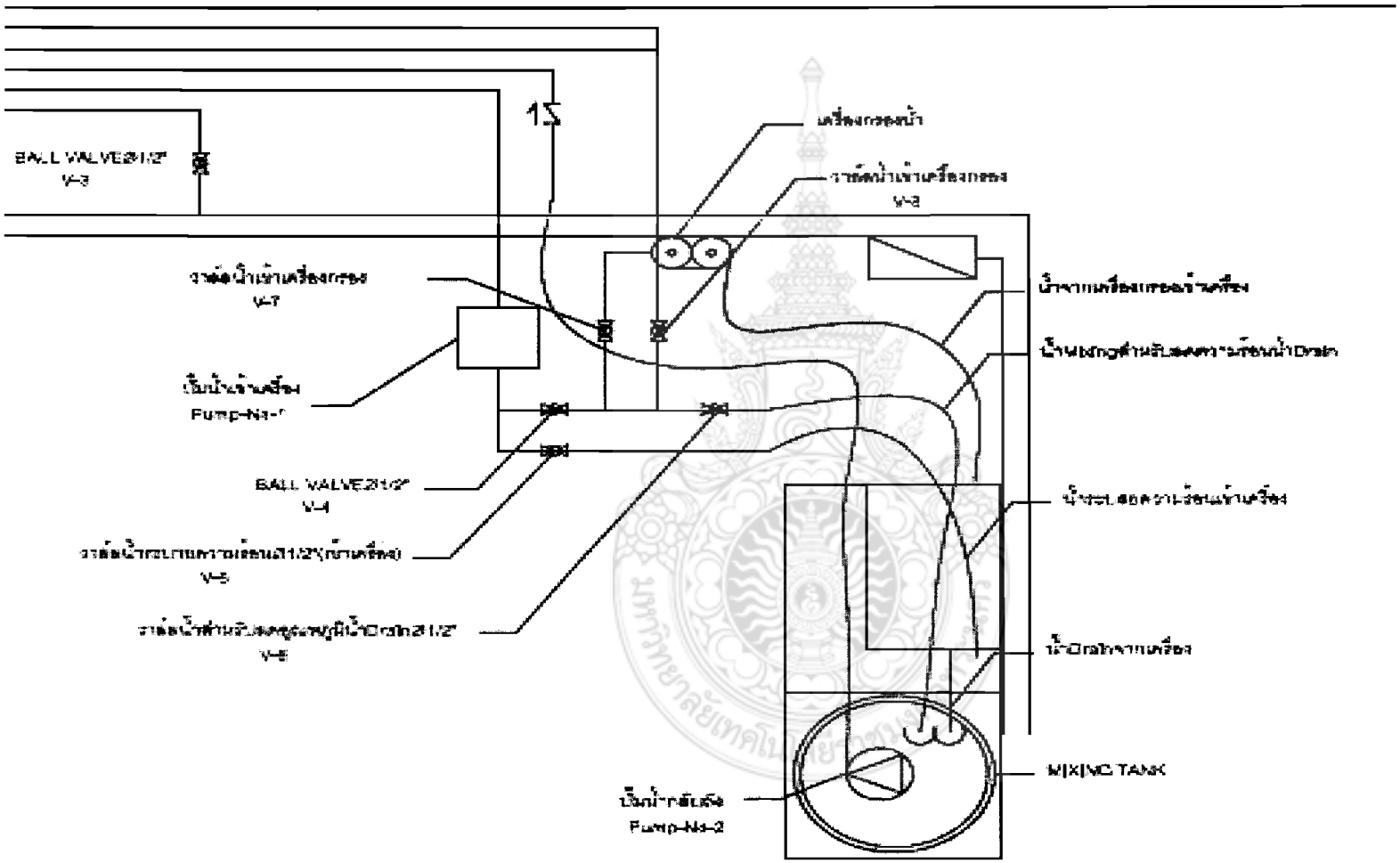


Section 1





Section 2


BALL VALVE21/2"
V-3
เครื่องกรองน้ำ
V-2
V-7
ปั๊มน้ำล้างเครื่อง
Pump-No-1
BALL VALVE21/2"
V-4
V-5
V-6
MIXING TANK
ปั๊มน้ำกลับถัง
Pump-No-2

Section 3