



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องล้างแบริ่ง

BEARING CLEANING MACHINE

นายคมกริช แหยมกระโทก

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2561



รายงานสหกิจศึกษาบับสมบูรณ์



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา	เครื่องล้างแปรง
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายคมกริช แหยมกระโทก
คณะ วิศวกรรมศาสตร์	ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
ชื่อ-สกุล อาจารย์ปรึกษา	ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน	นายพูนพิพัฒน์ ธีระแก้ว
สถานประกอบการ	บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน)

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องล้างแปรง เพื่อเพิ่มความสามารถและลดเวลาการทำงานในการล้างแปรงลูกกลิ้งของเครื่องอัดเม็ด จากการศึกษาค้นคว้าความรู้ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบเครื่องล้างแบบต่าง ๆ เครื่องล้างที่สร้างขึ้นนี้ใช้โปรแกรม Solid Works ในการเขียนแบบส่วนประกอบต่างๆ ซึ่งส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องมีดังนี้ โครงสร้างตัวถังของเครื่อง ชุดหัวฉีดทำความสะอาด ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อน ชุดมอเตอร์เกียร์บีบ ในการทำงานของเครื่องจะใช้ของเหลว 2 ชนิด คือสารทำความสะอาด SC-1000 และน้ำมันดีเซล ฉีดในขณะที่ชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนทำงานและหัวฉีดเคลื่อนที่ ผลการทดลองพบว่าการใช้น้ำมันดีเซล 30 ลิตร ได้คะแนนความสะอาด 84 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าการใช้สารทำความสะอาด SC-1000 2 ลิตร และ 4 ลิตร ต่อน้ำ 30 ลิตร ได้คะแนนความสะอาด 60 และ 68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเครื่องล้างแปรงที่ใช้ น้ำมันดีเซลสามารถล้างแปรงได้เปอร์เซ็นต์ความพึงพอใจจากผู้ใช้งานจริงดีที่สุด และยังสามารถนำน้ำมันดีเซลกลับมาใช้ได้อีกด้วย

คำสำคัญ : เครื่องล้างแปรง, สารทำความสะอาด SC-1000, น้ำมันดีเซล

Cooperative Title : BEARING CLEANING MACHINE

Student intern name : Mr. Komkrit Yaemkrathok

Faculty : Engineer Department : Agricultural

Advisor name : Asst.Prof.Dr. Teerapong Pholpho

Mentor name : Mr. Poonpipat Teerakeaw

Company : Betagro Public Co., Ltd

### ABSTRACT

This project aim is to the design, Build a bearing cleaning machine, increase ability and reduce the time to clean the roller bearings of pellet mill of Employees. Starting from research for learning about design cleaning machine. This cleaning machine uses the Solid Works to design complements. Which important components of the machine, body machine, cleaning nozzle, motor drive cleaning nozzle and motor gear pump. From the operation of the machine, it uses 2 types of liquid. Liquid is a SC-1000 and diesel. spray while the motor drive nozzle the working. The result of tests, In the case of using 30 liters of diesel get a clean score 84 percent. Which is higher than the case of using SC-1000 2 and 4 liters per water 30 liters get a clean score 60 and 68 percent respectively. Which the case of using diesel with bearing cleaning machine Can be best washed and Can also filter cleaning agents (recycled again).

**Keyword :** Bearing cleaning machine, SC-1000, diesel

## กิตติกรรมประกาศ

การที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ตั้งแต่วันที่ 1 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561 ถึง วันที่ 23 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ มากมาย สำหรับรายงานวิชาสหกิจศึกษาฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เกิดจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

1. นายปรีชาพล มาน้อย                      ผู้จัดการแผนกวิศวกรรม
2. นายพูนพิพัฒน์ อีระแก้ว                พนักงานที่ปรึกษา
3. ผศ.ดร.ธีรพงษ์ ผลโพธิ์                    อาจารย์ที่ปรึกษา

และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการทำ รายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตของการทำงานจริง ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ไว้ ณ ที่นี้

นายคมกริช แหม่มกระโทก

ผู้จัดทำ

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญตาราง .....	VI
สารบัญรูป .....	VII
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....	1
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย .....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
1.5.1 ทางตรง .....	2
1.5.2 ทางอ้อม .....	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	3
2.1.1 การออกแบบเครื่องล้าง .....	3
2.1.2 สิ่งที่ต้องศึกษาในการสร้างเครื่องล้างแปรง .....	4
1) ความหนาแน่น (Density) .....	4
2) น้ำหนักจำเพาะ (Specific weight) .....	5
3) ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) .....	5
4) ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) .....	6
5) พฤติกรรมของการไหลในท่อ (Behavior of flow in pipe) .....	6
6) ความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหล (Average speed and flow rate) .....	8
7) สมการ Bernoulli (Bernoulli's equation) .....	9
8) การสูญเสียเฮดของการไหลในท่อ (Head loss) .....	10
9) ปั๊ม (Pump) .....	15
2.1.3 ของเหลวที่ใช้ในการล้าง .....	16
1) สารทำความสะอาด SC-1000 .....	16
2) น้ำมันดีเซล (Diesel Fuel) .....	18

## สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	20
3.1 ศึกษาปัญหาเพื่อหาหัวข้อการทำโครงการ .....	20
3.2 กำหนดที่มาและความสำคัญ,วัตถุประสงค์, ขอบเขต, แผนการดำเนินงาน .....	20
3.3 ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหา .....	20
3.3.1 ศึกษาปัญหา .....	20
3.3.2 วิเคราะห์ปัญหา .....	21
3.4 ออกแบบเครื่องจักรหรือวิธีแก้ไขปัญหา .....	22
3.4.1 การออกแบบเครื่องล้างแปรงโดยใช้โปรแกรม .....	22
3.4.2 การคำนวณขนาดของหัวฉีด .....	23
3.4.2 การคำนวณขนาดของปั๊ม .....	25
3.4.2 การออกแบบวงจรไฟฟ้าของเครื่องล้างแปรง .....	30
3.5 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ .....	33
3.6 ตรวจสอบผลลัพธ์และปรับปรุงเครื่องจักร .....	34
บทที่ 4 ผลการวิจัย .....	35
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	37
5.1 สรุปผลการวิจัย .....	37
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	37
บรรณานุกรม .....	38

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ความหนาแน่นของน้ำและอากาศที่อุณหภูมิต่าง ๆ .....	5
ตารางที่ 2.2 ค่าความหยาบผิวของวัสดุชนิดต่างๆ.....	12
ตารางที่ 2.3 สัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงานรอง (Minor loss coefficient : k) .....	13
ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน .....	20
ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินการทดลองใช้สาร SC-1000 2 ลิตร ต่อ น้ำ 30 ลิตร .....	35
ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินการทดลองใช้สาร SC-1000 4 ลิตร ต่อ น้ำ 30 ลิตร .....	35
ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินการทดลองใช้น้ำมันดีเซล 30 ลิตร .....	36



## สารบัญญภาพ

รูปที่ 2.1 Dimensions Bearing SKF Explorer 23226 CC/W33.....	3
รูปที่ 2.2 Dimensions Bearing SKF Explorer 24126 CC/W33.....	4
รูปที่ 2.3 Dimensions Bearing Timken HH224300.....	4
รูปที่ 2.4 เครื่องมือทดสอบการไหล และพฤติกรรมการไหลของ เรย์โนลด์ .....6	
รูปที่ 2.5 การไหลภายในท่อ.....	8
รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของตัวแปรเทอมต่าง ๆ ในสมการ Bernoulli.....	10
รูปที่ 2.7 การสูญเสียเฮดของการไหลในท่อ .....	10
รูปที่ 2.8 Moody Diagram .....	11
รูปที่ 2.9 รูปแบบของทางเข้า และทางออกชนิดต่างๆ.....	14
รูปที่ 2.10 ท่อลด-ขยายขนาดแบบต่างๆ.....	14
รูปที่ 2.11 การเปลี่ยนแปลงเฮดพลังงานเมื่อของไหลไหลผ่านปั๊ม.....	15
รูปที่ 2.12 คุณสมบัติของสารทำความสะอาด SC-1000.....	17
รูปที่ 3.1 แผนภูมิทางปลาวิเคราะห์ปัญหา.....	21
รูปที่ 3.2 แบบเครื่องล้างแบรีจ.....	22
รูปที่ 3.3 หัวฉีดเครื่องล้างแบรีจ.....	23
รูปที่ 3.4 ความหนืดของของไหลที่อุณหภูมิต่าง ๆ .....	25
รูปที่ 3.5 วงจรกำลังของเครื่องล้างแบรีจ.....	30
รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมของเครื่องล้างแบรีจ.....	31
รูปที่ 3.7 Ladder Diagram ของอุปกรณ์ PLC.....	32
รูปที่ 3.8 การจัดทำโครงสร้างตัวถังของเครื่องล้างแบรีจ .....	33
รูปที่ 3.9 การจัดทำวงจรไฟฟ้าของเครื่องล้างแบรีจ.....	33
รูปที่ 3.10 เครื่องล้างแบรีจ.....	34
รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความสะอาดของแบรีจ.....	36

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

หลังจากได้เข้ามาฝึกงานสหกิจศึกษาที่ บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) โรงงานลพบุรี 4 ได้เข้าไปอยู่กับกลุ่มย่อยของแผนกวิศวกรรมของทางบริษัท กลุ่มย่อย EN07 ซึ่งมีหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้

1. ดูแลเครื่องจักร เครื่องมือ ในการรับพื้นที่โกดังวัตถุดิบและสำเร็จรูป Belt conveyor for bag loading , Big bag loading
2. เปลี่ยนเปลือกลูกกลิ้ง
3. ดูแล เบิกจ่าย เครื่องมือ
4. จัดเตรียมอะไหล่งานซ่อม
5. ตรวจสอบปริมาณสิ่งทำ
6. รถตัก รถไฟร์คลิฟท์

จากการได้เข้าไปร่วมงานกับกลุ่มย่อย EN07 พบว่าในการล้างและการเปลี่ยนแบริ่งลูกกลิ้งของเครื่องอัดเม็ด ซึ่งใช้เวลาในการล้างนานและต้องใช้คนจำนวน 2 คนต่อการล้างและการเปลี่ยนแบริ่งลูกกลิ้งของเครื่องอัดเม็ด ดังนั้นกระผมจึงมีแนวคิดในการสร้างเครื่องล้างแบริ่งลูกกลิ้ง ให้มีความรวดเร็วและใช้แรงงานคนน้อยลงในการล้าง

กิจกรรมการเปลี่ยนแบริ่งลูกกลิ้งมีกิจกรรมหลักๆ คือ การถอด การล้างทำความสะอาดแบริ่ง การประกอบและการอัดจารบี ซึ่งในการล้างทำความสะอาดใช้เวลาจนถึง 28 นาทีต่อแบริ่ง 2 แบริ่ง จึงเป็นที่มาของการจัดสร้างเครื่องล้างทำความสะอาดแบริ่ง โดยเครื่องล้างทำความสะอาดแบริ่ง จะใช้ปั๊ม และใช้สารทำความสะอาดเป็นตัวล้างจารบีให้ออกจากแบริ่ง และมีการกรองสารทำความสะอาด เพื่อนำกลับมาใช้ล้างอีกครั้ง (เป็นระบบหมุนเวียน)

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ลดเวลาในการล้างแบริ่งลูกกลิ้งของเครื่องอัดเม็ด
2. เพื่อลดการทำงานหนักของพนักงาน

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาและปรับปรุงการล้างแบริ่งลูกกลิ้งของเครื่องอัดเม็ดเครื่อง 1 2 และ 3 บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) โรงงานลพบุรี 4

2. ใช้ของเหลวในการล้างแบริ่งลูกกลิ้ง ได้แก่ สารทำความสะอาด SC-1000 และ น้ำมันดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาปัญหาเพื่อทำโครงการ
2. กำหนดที่มาและความสำคัญ, วัตถุประสงค์, ขอบเขต, แผนการดำเนินงาน
3. ศึกษาและวิเคราะห์ของปัญหา
4. ออกแบบเครื่องจักรหรือวิธีแก้ไขปัญหา
5. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้
6. ตรวจสอบผลลัพธ์และปรับปรุงเครื่องจักร
7. สรุปผลโครงการ

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

##### 1.5.1 ทางตรง

1. ลดเวลาในการล้างแบริงลูกกลิ้งของเครื่องอัดเม็ด
2. การล้างแบริงลูกกลิ้งของเครื่องอัดเม็ดสะดวกและปลอดภัย

##### 1.5.2 ทางอ้อม

1. พนักงานมีขวัญกำลังใจในการทำงานมากขึ้น
2. สามารถลดจำนวนคนที่ใช้ในการล้างแบริงลูกกลิ้งของเครื่องอัดเม็ด
3. ผู้ล้างไม่ต้องสัมผัสกับสารเคมีโดยตรง

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

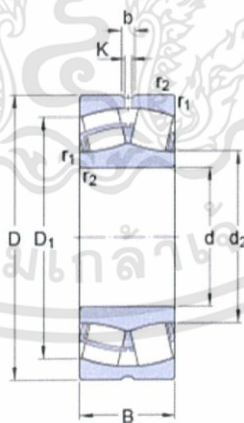
##### 2.1.1 การออกแบบเครื่องลำแรง

ในการออกแบบเครื่องลำแรงนี้ จะต้องศึกษาขนาดของแบริ่งที่ใช้กับลูกกลิ้งของเครื่องอัดเม็ด ซึ่งแบริ่งที่ใช้มีทั้งหมด 3 ขนาด ดังนี้

1) แบริ่ง SKF Explorer 23226 CC/W33 ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D) เท่ากับ 230 มิลลิเมตร , ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d) เท่ากับ 130 มิลลิเมตร และมีความกว้าง (B) เท่ากับ 80 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 2.1

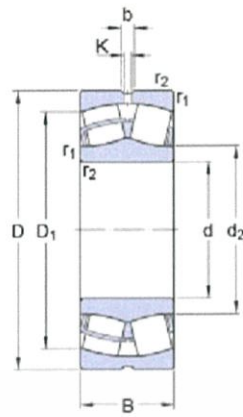
2) แบริ่ง SKF Explorer 24126 CC/W33 ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D) เท่ากับ 210 มิลลิเมตร , ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d) เท่ากับ 130 มิลลิเมตร และมีความกว้าง (B) เท่ากับ 80 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 2.2

3) แบริ่ง Timken HH224300 ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D) เท่ากับ 212.725 มิลลิเมตร , ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d) เท่ากับ 114.300 มิลลิเมตร และมีความกว้าง (B) เท่ากับ 152.400 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 2.3



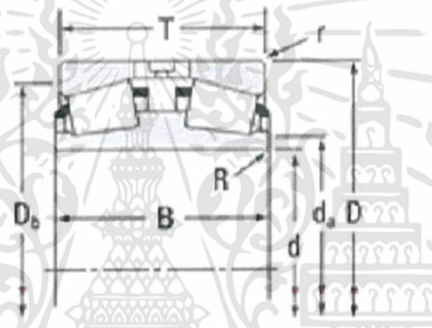
รูปที่ 2.1 Dimensions Bearing SKF Explorer 23226 CC/W33

d : 130 mm D : 230 mm B : 80 mm



รูปที่ 2.2 Dimensions Bearing SKF Explorer 24126 CC/W33

d : 130 mm D : 210 mm B : 80 mm



รูปที่ 2.3 Dimensions Bearing Timken HH224300

d : 114.300 mm D : 212.725 mm B : 152.400 mm

### 2.1.2 สิ่งที่ต้องศึกษาในการสร้างเครื่องล้างเบร้ง ซึ่งมีความสำคัญในการออกแบบ มีดังนี้

1) ความหนาแน่น (Density) คือ ปริมาณของมวลของของไหล ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของของไหล สัญลักษณ์ของความหนาแน่นเขียนแทนด้วย  $\rho$  (อ่านว่า rho) ความหนาแน่นมีหน่วยเป็น  $\text{kg/m}^3$  สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2.1 [2]

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.1)$$

เมื่อ  $\rho$  คือ ความหนาแน่นของของไหล ( $\text{kg/m}^3$ )

m คือ มวลของของไหล (kg)

v คือ ปริมาตรของของไหล ( $\text{m}^3$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) น้ำหนักจำเพาะ (Specific weight) คือ น้ำหนักของของไหลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร สัญลักษณ์ ของน้ำหนักจำเพาะเขียนแทนด้วย  $\gamma$  (อ่านว่า gamma) น้ำหนักจำเพาะมีหน่วยเป็น  $N/m^3$  สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2.2

$$\gamma = \frac{W}{v} = \frac{mg}{v} = \rho g \quad (2.2)$$

เมื่อ  $\gamma$  คือ น้ำหนักจำเพาะของของไหล ( $N/m^3$ )

$W$  คือ น้ำหนักของของไหล (N)

$v$  คือ ปริมาตรของของไหล ( $m^3$ )

3) ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) คือ อัตราส่วนของความหนาแน่นของของไหลนั้น ต่อ ความหนาแน่นของของไหลมาตรฐาน หรืออัตราส่วนของน้ำหนักจำเพาะของของไหลนั้น ต่อ น้ำหนักจำเพาะของของไหลมาตรฐานของไหลมาตรฐานจะใช้น้ำ โดยทำการวัดที่อุณหภูมิ  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  สัญลักษณ์ ของความถ่วงจำเพาะเขียนแทนด้วย  $S$  ความถ่วงจำเพาะจะไม่มีหน่วย สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2.3

$$S = \frac{\rho}{\rho_w} = \frac{\gamma}{\gamma_w} \quad (2.3)$$

เมื่อ  $S$  คือ ความถ่วงจำเพาะของของไหล

$\rho$  คือ ความหนาแน่นของของไหลนั้น ( $kg/m^3$ )

$\rho_w$  คือ ความหนาแน่นของน้ำ ( $kg/m^3$ )

$\gamma$  คือ น้ำหนักจำเพาะของของไหลนั้น ( $N/m^3$ )

$\gamma_w$  คือ น้ำหนักจำเพาะของน้ำ ( $N/m^3$ )

เนื่องจากค่าของน้ำหนักจำเพาะจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ดังนั้น เพื่อการคำนวณที่ละเอียด จึงต้องใช้ค่าความถ่วงจำเพาะที่ระบุด้วยว่าเป็นค่าที่อุณหภูมิเท่าไร สำหรับค่าความหนาแน่นของน้ำและอากาศที่อุณหภูมิต่าง ๆ จะแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความหนาแน่นของน้ำและอากาศที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ )	0	10	15	20	40	60	80	100
ความหนาแน่น (kg/m <sup>3</sup> )								
น้ำ (water)	999.8	999.7	999.1	998.2	992.2	983.2	971.8	958.4
อากาศ (air)	1.293	1.247	1.226	1.205	1.128	1.060	1.000	0.9464

ที่มา : Gordon et al., (1994).

4) ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) คือ จำนวนปริมาตรของของไหลต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล หรือเป็นส่วนกลับของความหนาแน่น ( $\rho$ ) สัญลักษณ์ของปริมาตรจำเพาะเขียนแทนด้วย  $v$  ปริมาตรจำเพาะมีหน่วยเป็น  $m^3/kg$  สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ ดังนี้

$$v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho} \quad (2.4)$$

เมื่อ  $v$  คือ ปริมาตรจำเพาะของของไหล ( $m^3/kg$ )

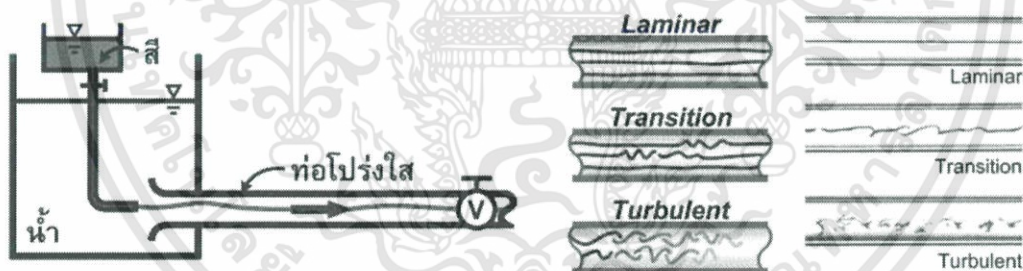
$V$  คือ ปริมาตรของของไหล ( $m^3$ )

$m$  คือ มวลของของไหล ( $kg$ )

$\rho$  คือ ความหนาแน่นของของไหล ( $kg/m^3$ )

#### 5) พฤติกรรมของการไหลในท่อ (Behavior of flow in pipe)

ในปี ค.ศ. 1883 ออสบอร์น เรย์โนลด์ (Osborne Reynolds) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของการไหลในท่อ โดยใช้เครื่องมือที่ประกอบด้วยถังน้ำขนาดใหญ่ เชื่อมต่อกับท่อโปร่งใสที่มีวาล์วควบคุมการไหลอยู่ที่ปลายท่อ และถังบรรจุสี ขนาดเล็กเชื่อมต่อกับท่อขนาดเล็ก ทำหน้าที่ปล่อยอนุภาคสีเข้าไปภายในท่อโปร่งใส ลักษณะดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เครื่องมือทดสอบการไหล และพฤติกรรมการไหลของ เรย์โนลด์

จากผลการทดลองพบว่า สามารถแบ่งพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อได้เป็น 3 ลักษณะคือ

**การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow)** จะเกิดกับการไหลของของไหลที่มีความหนืดสูงหรือความเร็ว ในการไหลต่ำ อนุภาคของของไหลจะเคลื่อนที่อย่างเป็นระเบียบขนานกับทิศทางของการไหล ซึ่งสังเกตได้จากแนวเส้นสีที่เกิดขึ้นจากการทดลอง จะมีลักษณะเป็นเส้นที่ค่อนข้างตรง และราบเรียบ

**การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow)** จะเกิดกับการไหลของของไหลที่มีความหนืดต่ำหรือความเร็ว ในการไหลมาก อนุภาคของของไหลเคลื่อนที่ไม่เป็นระเบียบ แนวเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ มีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแปรปรวนมาก โดยจะสังเกตได้จากแนวเส้นสีที่เกิดขึ้นจากการทดลอง จะกวัดแกว่งไปมาไม่เป็นระเบียบ และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

การไหลในช่วงแปรเปลี่ยน (Transition Flow) เป็นช่วงของการไหลที่กำลังจะพัฒนาพฤติกรรม จากการไหลแบบราบเรียบ ไปเป็นการไหลแบบปั่นป่วน เป็นช่วงที่ไม่สามารถคาดเดาพฤติกรรมของการไหล ได้อย่างแน่นอน เพราะในบางตำแหน่งหรือบางช่วงเวลาใดๆ พฤติกรรมของการไหลอาจเป็นไปได้ทั้งแบบ ราบเรียบและปั่นป่วน โดยจะสังเกตได้จากแนวเส้นสีที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ในบางตำแหน่งจะมีลักษณะ กวัดแกว่งไปมาในขณะที่ส่วนอื่นๆ มีลักษณะราบเรียบ หรือที่ตำแหน่งเดียวกัน ในบางเวลาอาจมีลักษณะ ราบเรียบ แต่เมื่อเวลาผ่านไปอาจมีลักษณะกวัดแกว่งไปมา ไม่สามารถคาดเดาได้

นอกจากนี้ การศึกษาของเรย์โนลด์ยังพบว่า พฤติกรรมทั้ง 3 ลักษณะ ยังสอดคล้องกับค่าของกลุ่มตัวแปรไร้มิติ กลุ่มหนึ่ง ซึ่งภายหลังเรียกว่า เรย์โนลด์ นัมเบอร์ (Reynolds Number ; Re) กล่าวคือ

ถ้า	$Re < 2000$	จะเป็นการไหลแบบราบเรียบ
	$2000 < Re < 4000$	จะเป็นการไหลในช่วงแปรเปลี่ยน
	$Re > 4000$	จะเป็นการไหลแบบปั่นป่วน

โดย Reynolds Number ของการไหลในท่อกลมคำนวณได้จากสมการที่ 2.5

$$R_e = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu} \quad (2.5)$$

เมื่อ  $V$  = ความเร็วเฉลี่ยของการไหลในท่อ

$D$  = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ

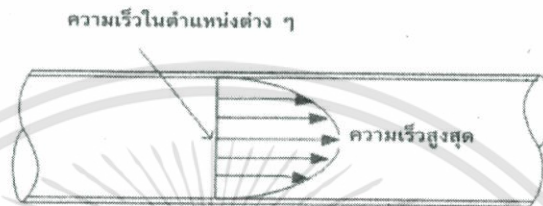
$\rho$  = ความหนาแน่นของของไหล

$\mu$  = ความหนืดสัมบูรณ์ (Absolute Viscosity)

$\nu$  = ความหนืดคิเนมาติก (Kinematic Viscosity)

6) ความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหล (Average speed and flow rate) [3]

**ความเร็ว (Velocity)** คือ ระยะทางของการเคลื่อนที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา ดังนั้นหน่วยของความเร็วในระบบ SI คือ m/s ซึ่งความเร็วในการเคลื่อนที่ของของไหลภายในท่อ จะไม่เท่ากันตลอดทั้งภาคตัดที่ของไหลผ่าน เนื่องจากมีความเสียดทานของผนังท่อ ซึ่งของไหลตำแหน่งที่ใกล้กับผนังท่อจะมีความเร็วต่ำกว่าของไหลที่มีตำแหน่งที่ห่างผนังออกมา และตำแหน่งกึ่งกลางท่อจะมีความเร็วสูงสุด แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การไหลภายในท่อ

ดังนั้นในการคำนวณค่าความเร็ว จึงคิดความเร็วเฉลี่ยจากสมการที่ 2.6

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2.6)$$

เมื่อ  $v$  คือ ความเร็วเฉลี่ยในการไหล (m/s)

$Q$  คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m<sup>3</sup>/s)

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัดของการไหล (m<sup>2</sup>)

**อัตราการไหล (Flow rate)**

อัตราการไหล หมายถึง “ปริมาตรของของไหลที่เคลื่อนที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา” ซึ่งปริมาณการไหลที่กำลังเคลื่อนที่อาจจะแสดงใน 3 รูปแบบ คือ

$Q$  = อัตราการไหลโดยปริมาตร (Volume flow rate) ซึ่งเป็นการไหลของของไหลโดยปริมาตรต่อหนึ่งหน่วยเวลา (m<sup>3</sup>/s) แสดงดังสมการที่ 2.7

$$Q = Av \quad (2.7)$$

เมื่อ  $Q$  คือ อัตราการไหลโดยปริมาตร (m<sup>3</sup>/s)

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัดซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการไหล (m<sup>2</sup>)

$v$  คือ ความเร็วในการไหล (m/s)

$W =$  อัตราการไหลโดยน้ำหนัก (Weight flow rate) ซึ่งเป็นการไหลของของไหลโดยน้ำหนัก ต่อหนึ่งหน่วยเวลา (N/s) แสดงดังสมการที่ 2.8

$$W = \gamma * A * v = \gamma * Q \quad (2.8)$$

เมื่อ  $W$  คือ อัตราการไหลโดยน้ำหนัก (N/s)  
 $\gamma$  คือ น้ำหนักจำเพาะของของไหล (N/m<sup>3</sup>)  
 $Q$  คือ อัตราการไหลโดยปริมาตร (m<sup>3</sup>/s)

$M =$  อัตราการไหลโดยมวล (Mass flow rate) ซึ่งเป็นการไหลของของไหลโดยมวลต่อหนึ่ง หน่วยเวลา (kg/s) โดยทั่วไปอัตราการไหลนิยมแสดงในรูปของการไหลโดยปริมาตร ซึ่งสามารถคำนวณหาได้จาก สมการ อัตราการไหลโดยปริมาตร ( $Q$ ) แสดงดังสมการที่ 2.9

$$M = \rho * A * v = \rho * Q \quad (2.9)$$

เมื่อ  $M$  คือ อัตราการไหลโดยมวล (kg/s)  
 $\rho$  คือ ความหนาแน่นของของไหล (kg/m<sup>3</sup>)  
 $Q$  คือ อัตราการไหลโดยปริมาตร (m<sup>3</sup>/s)

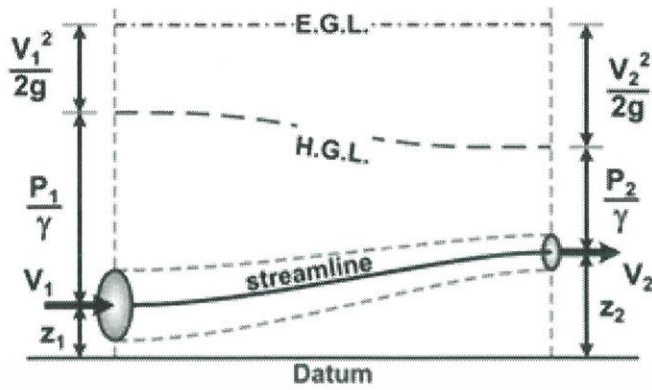
7) สมการ Bernoulli (Bernoulli's equation) แสดงดังสมการที่ 2.10 [1]

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (2.10)$$

โดยที่  $Z$  คือ เฮดของพลังงานศักย์ ซึ่งก็คือความสูงจากระดับอ้างอิงถึงแนวเส้นทางการไหล หรือเรียกว่า เฮดระดับ (Potential head or Elevation head)

$\frac{P}{\gamma}$  คือ เฮดของพลังงานอันเนื่องมาจากความดันสถิต หรือเรียกว่า เฮดความดัน (Pressure head)

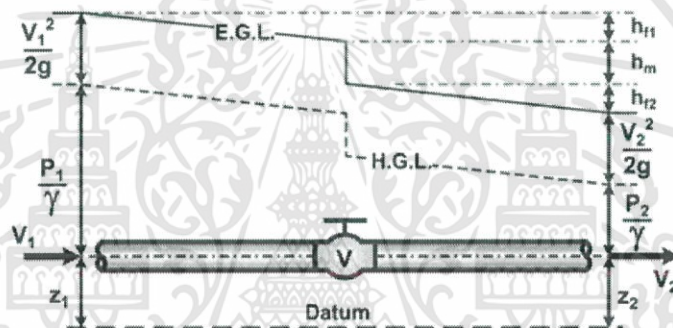
$\frac{V^2}{2g}$  คือ เฮดของพลังงานจล หรือเรียกว่า เฮดความเร็ว (Velocity head)



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของตัวแปรทอมต่างๆ ในสมการ Bernoulli

8) การสูญเสียเฮดของการไหลในท่อ (Head loss) สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทแสดงดัง

รูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การสูญเสียเฮดของการไหลในท่อ

การสูญเสียหลัก (Major loss) เป็นการสูญเสียเฮดที่เกิดจากแรงเสียดทานบริเวณผนังท่อ หรือเรียกอีก ชื่อหนึ่งว่า การสูญเสียเนื่องจากความฝืด (Friction head loss) ซึ่งการสูญเสียเฮดประเภทนี้ จะเกิดอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงความยาวของการไหล สัญลักษณ์ที่ใช้คือ  $h_f$  แสดงดังสมการ 2.11

$$\text{Major loss } (h_f) = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (2.11)$$

เมื่อ  $f$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของดาร์ซี (Darcy friction factor)

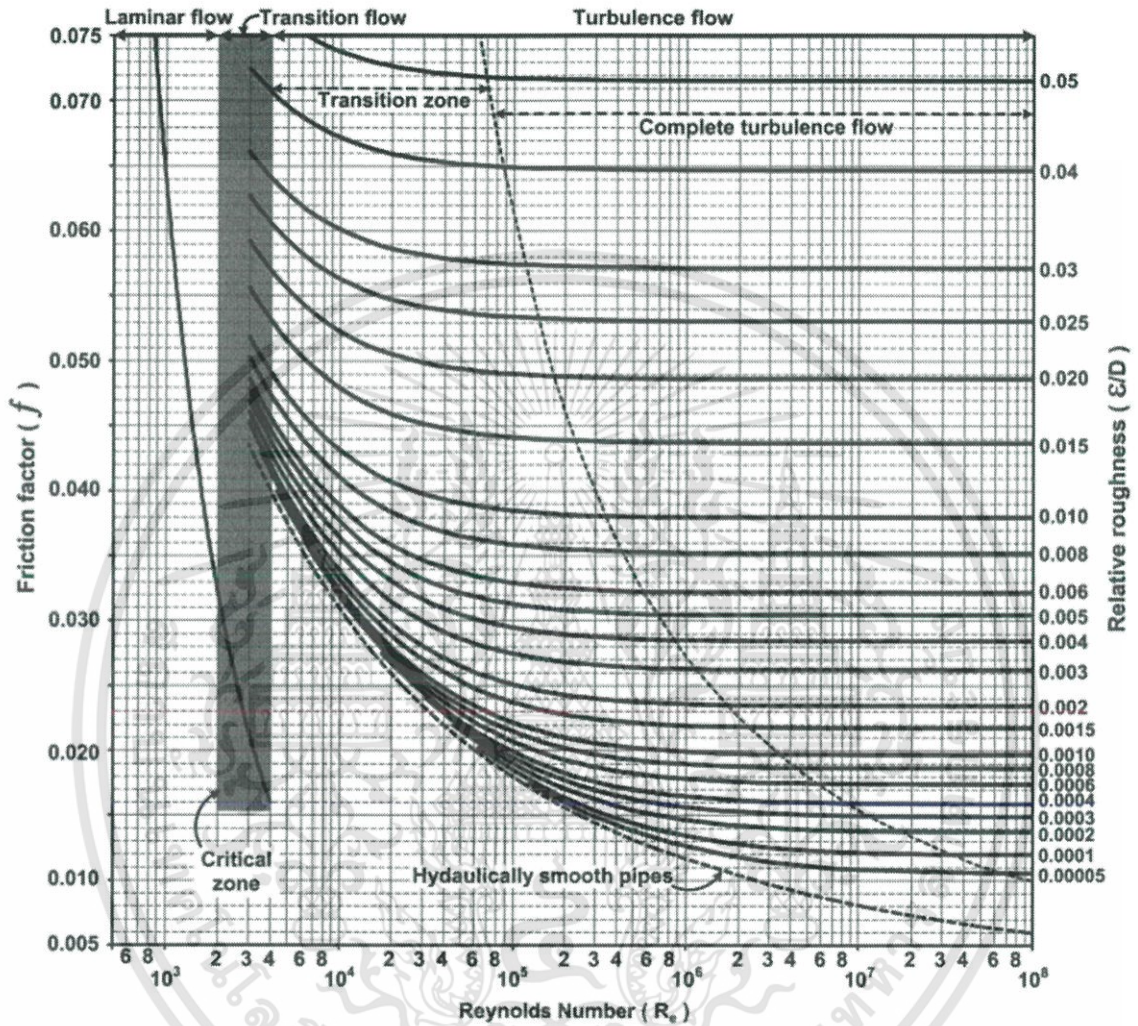
$L$  คือ ความยาวของท่อ (m)

$D$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของท่อ (m)

$V$  คือ ความเร็วของของไหลภายในท่อ (m/s)

$g$  คือ ความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก มีค่าเท่ากับ  $9.81 \text{ m/s}^2$

การหาค่าของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของดาร์ซี (Darcy friction factor) สามารถหาได้จาก Moody Diagram โดยการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Reynolds Number กับ Relative roughness แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 Moody Diagram

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของการไหลแบบปั่นป่วนในท่อผนังหยาบ (Friction factor for turbulent flow in rough pipe) Nikuradse ได้ทำการศึกษาผลกระทบของความขรุขระของผนังท่อหรือความหยาบผิวของผนังท่อ (roughness :  $\epsilon$ ) ที่มีต่อการไหล พบว่า ในกรณีที่การไหลมีพฤติกรรมแบบราบเรียบ ความขรุขระของผนังท่อจะไม่มีผลต่อการสูญเสียพลังงาน หรือค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าความหยาบผิวของวัสดุชนิดต่างๆ

Material	Absolute roughness, $\epsilon$ (mm)
Riveted steel	3
Concrete	0.3 – 3
Wood	0.3
Cast iron	0.25
Galvanized iron	0.15
Stainless steel	0.045
Rubber	0.025
Fiberglass	0.005
Carbon steel / Wrought iron	0.045
Drawn tubing - Glass, Plastic	0.0015
Copper	0.0015
Aluminium	0.0015
PVC	0.0015

การสูญเสียพลังงานรอง (Minor loss :  $h_m$ ) เป็นการสูญเสียเฮดในจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาด หรือทิศทางของความเร็วของการไหลโดยฉับพลัน ซึ่งจะเกิดขึ้นบริเวณที่ของไหลไหลผ่านอุปกรณ์ประกอบท่อต่างๆ เช่น วาล์ว ข้อต่อ ข้อลดขนาด ข้อขยายขนาด ข้องอชนิดต่างๆ เป็นต้น ซึ่งการสูญเสียรองนี้จะขึ้นอยู่กับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลในอุปกรณ์นั้นๆ และเฮดความเร็ว ดังนั้นการคำนวณค่าการสูญเสียพลังงานรอง จึงสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปของผลคูณระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงานรอง (Minor loss coefficient :  $k$ ) แสดงดังตารางที่ 2.3 กับ เฮดความเร็ว (Velocity Head) ดังสมการที่ 2.12

$$\text{Minor loss } (h_m) = k \frac{V^2}{2g} \quad (2.12)$$

โดยค่า  $k$  คือ สัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงานรอง (Minor loss coefficient :  $k$ )

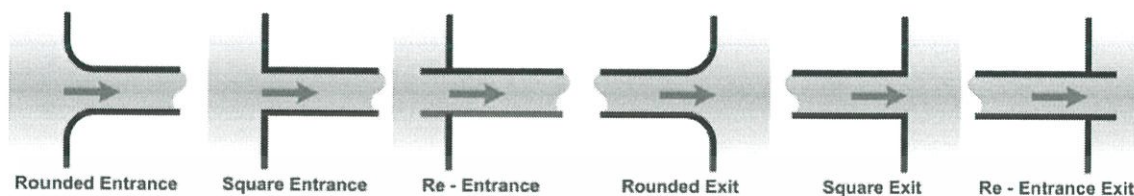
$V$  คือ ความเร็วของของไหลภายในท่อ (m/s)

$g$  คือ ความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก มีค่าเท่ากับ  $9.81 \text{ m/s}^2$

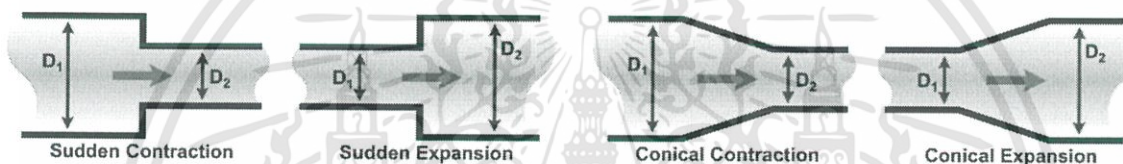
ตารางที่ 2.3 สัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงานรอง (Minor loss coefficient : k)

Type of component or Fitting : k	Type of component or Fitting : k	Type of component or Fitting : k
Pipe Entrance (Reservoir to Pipe)	Globe valve - fully open : 10.0	Cross
-Square Connection : 0.50	Gate valve	Line flow : 0.50
-Rounded Connection : 0.20	- fully open : 0.39	Branch flow : 0.75
-Re-entrant Connection : 1.00	- 3/4 open : 1.10	Mitered bend ( $\theta$ )
Pipe Exit (Pipe to Reservoir)	- 1/2 open : 4.80	15° : 0.05
-Square Connection : 1.00	- 1/4 open : 27.0	30° : 0.10
-Rounded Connection : 1.00	Ball Valve	45° : 0.20
-Re-entrant Connection : 1.00	- fully open : 0.05	60° : 0.35
Contraction – sudden	- 2/3 open : 5.50	90° : 0.85
$D_2/D_1 = 0.80$ : 0.18	- 1/3 open : 2.00	90° smooth bend
$D_2/D_1 = 0.50$ : 0.37	Angle valve - fully open : 4.30	Bend radius/D = 4 : 0.16 - 0.18
$D_2/D_1 = 0.20$ : 0.49	Check valve - conventional : 4.00	Bend radius/D = 2 : 0.19 - 0.25
Contraction - conical	Check valve - clearway : 1.50	Bend radius/D = 1 : 0.35 - 0.40
$D_2/D_1 = 0.80$ : 0.05	Check valve - ball : 4.50	Elbows
$D_2/D_1 = 0.50$ : 0.07	Butterfly valve - fully open : 1.20	Threaded Regular 90° : 1.50
$D_2/D_1 = 0.20$ : 0.08	Cock - straight through : 0.50	Threaded Regular 45° : 0.40
Expansion - sudden	Foot valve - hinged : 2.20	Threaded Long Radius 90° : 0.70
$D_2/D_1 = 0.80$ : 0.16	Foot valve - poppet : 12.5	Flanged Regular 90° : 0.30
$D_2/D_1 = 0.50$ : 0.57	Tee	Flanged Long Radius 90° : 0.20
$D_2/D_1 = 0.20$ : 0.92	Line flow : 0.30 - 0.40	Flanged Long Radius 45° : 0.20
Expansion - conical	Branch flow : 0.75 - 1.80	180° Return Bends
$D_2/D_1 = 0.80$ : 0.03	Flanged, Line Flow : 0.20	Flanged : 0.20
$D_2/D_1 = 0.50$ : 0.08	Flanged, Branch Flow : 1.00	Threaded : 1.50
$D_2/D_1 = 0.20$ : 0.13	Threaded, Line Flow : 0.90	
	Threaded, Branch Flow : 2.00	
	Threaded Union : 0.08	

รูปแบบของทางเข้าและทางออกของลักษณะท่อแบบต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.9 และรูปแบบของท่อลดและท่อขยายแบบต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.10 ซึ่งรูปที่ 2.9 และ 2.10 แสดงลักษณะต่างๆ เหล่านี้ เพื่อนำชื่อของรูปแบบต่างๆ สามารถอ่านค่า k ได้ในตารางที่ 2.3



รูปที่ 2.9 รูปแบบของทางเข้า และทางออกชนิดต่างๆ



รูปที่ 2.10 ท่อลด-ขยายขนาดแบบต่างๆ

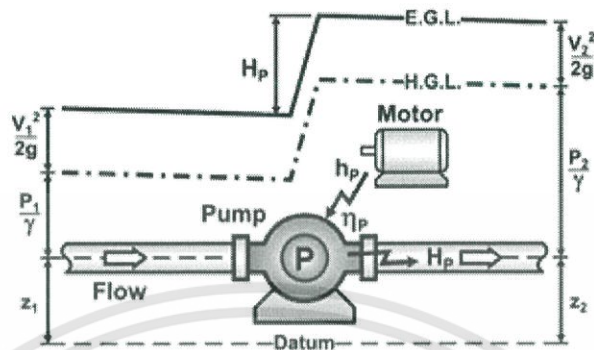
จากสมการของ Bernoulli หากพิจารณาการสูญเสียเฮดเข้าไปด้วย จะได้ตั้งสมการที่ 2.13

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + (\epsilon h_m + \epsilon h_f) \quad (2.13)$$

เมื่อ  $\epsilon h_f$  คือ ผลรวมของการสูญเสียหลัก (m)

$\epsilon h_m$  คือ ผลรวมของการสูญเสียรอง (m)

9) ปั๊ม (Pump) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกล ( $h_p$ ) ที่ได้รับมาจากแหล่งพลังงาน เช่น มอเตอร์ให้กลายเป็นพลังงานของของไหล ( $H_p$ ) ดังนั้น เมื่อของไหลหรือระบบไหลผ่านปั๊ม เหนือพลังงานรวมของระบบจะเพิ่มสูงขึ้น แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การเปลี่ยนแปลงเฮดพลังงานเมื่อของไหลไหลผ่านปั๊ม

จากสมการพลังงานของ Bernoulli หากพิจารณาการสูญเสียพลังงาน และพลังงานที่ของไหลได้รับจากปั๊ม แสดงดังสมการที่ 2.14

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + H_p = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + (\epsilon h_m + \epsilon h_f) \quad (2.14)$$

10) กำลังงานที่ของไหลได้รับ (Power ;  $P_w$ ) คือ พลังงานที่ของไหลได้รับจากเครื่องสูบลต่อหนึ่งหน่วยเวลา วิเคราะห์จากนิยามของกำลังงาน แสดงดังสมการที่ 2.15

$$P_w = \frac{\text{Work}}{t} = \left[ \frac{\text{Wight}}{\text{Volume}} \right] \left[ \frac{\text{Volume}}{t} \right] [H_p] \quad (2.15)$$

เมื่อ  $P_w$  คือ กำลังงานที่ของไหลได้รับ (Watt)

$H_p$  คือ พลังงานของของไหล (m)

t คือ เวลา (s)

ดังนั้นกำลังงานที่ของไหลได้รับจากเครื่องสูบล จะได้ดังสมการที่ 2.16

$$P_w = \gamma Q H_p \quad (2.16)$$

เมื่อ  $\gamma$  คือ น้ำหนักจำเพาะ Specific Weight ( $N/m^3$ )

Q คือ อัตราการไหล ( $m^3/s$ )

เมื่อพิจารณากำลังงานที่แหล่งพลังงานส่งให้กับปั๊ม ( $P_p$ ) เพื่อเปลี่ยนเป็นกำลังงานที่ให้กับของไหล แสดงดังสมการที่ 2.17

$$\eta_p P_p = (P_w) \quad (2.17)$$

เมื่อ  $\eta_p$  คือ ประสิทธิภาพของเครื่องสูบ

$P_p$  คือ กำลังงานที่แหล่งพลังงานส่งให้กับปั๊ม (Watt)

### 2.1.3 ของเหลวที่ใช้ในการล้าง

#### 1) สารทำความสะอาด SC-1000

สำหรับล้างความสกปรกจากไฮโดคาร์บอน เช่น น้ำมัน, จาระบี, ไขมัน, ซีลล์, น้ำมันเกียร์, น้ำมันพืช, โพรตีนและน้ำตาล SC-1000 ไม่ใช่สบู่หรือสารซักฟอกหรือโซลเวนท์ SC-1000 ไม่รวมตัวกับสารเคมีอื่นๆ ซึ่งจะทำให้เกิดสภาพที่เป็นอันตรายได้ ทั้งนี้เพราะ SC-1000 เป็นตัวต้านอนุมูลอิสระโดยตัวของมันเองและมีโครงสร้างพื้นฐานเป็นแอลกอฮอล์เอสเทอร์ ซึ่งมีไตรกลีเซอไรด์ที่มีประจุครบจึงไม่ทำปฏิกิริยากับสารทำความสะอาดอื่นจนกลายเป็นโพลีเมอร์ที่เป็นอันตรายหรือปล่อยแก๊สอันตรายออกมา

SC-1000 ใช้ทำความสะอาดในงานเกี่ยวกับเครื่องจักรทุกประเภท เช่น ถังแช่, การล้างอุปกรณ์ชิ้นส่วนระหว่างการผลิต, การล้างแบบฉีดน้ำแรงดันสูง, การล้างแบบไอน้ำสตีม, การล้างแบบเคลื่อนที่ผ่าน, การล้างแบบใส่ตะแกรงจุ่ม, การล้างแบบอัลตราโซนิก และ การล้างแบบปั่นนี้ศูนย์ (เซนตริฟิวส์) SC-1000 ใช้ทา ฟัน แช่ จุ่ม หรือขบวนการล้างด้วยเครื่องจักรทุกๆแบบโดยไม่ทำให้เกิดอันตราย

SC-1000 ช่วยลดกลิ่นและการเจริญเติบโตของแบคทีเรียด้วยการลดคราบของโปรตีนและน้ำตาลที่เป็นต้นเหตุของกลิ่นและจุลินทรีย์ SC-1000 จะยังคงสลายคราบจาระบี, น้ำมัน, ไขมัน และคราบสกปรกอย่างต่อเนื่องขณะที่สารทำความสะอาดอื่นๆ หมดยุติไปแล้ว

#### คุณสมบัติของ SC-100

- ไม่มีโซลเวนท์ประเภทคลอรีน, ฟอสเฟต, ซิลิโคน, อคลิลิค หรืออะซีโตรเป็นส่วนประกอบ
- ต้องการพื้นผิวของไฟเบอร์กลาส, โลหะต่างๆ, ผิวที่เคลือบสี, พลาสติก, ยางและไวไว
- เป็นตัวกระจายน้ำมันบนผิวของแม่น้ำลำคลอง ทะเลสาบและทะเล
- ควบคุมฝุ่น ทำให้ฟิลเตอร์กรองฝุ่นได้ดียิ่งขึ้น
- ใช้ได้ในงานหล่อสีการ ตัดโลหะ
- ไม่เป็นอันตรายกับเส้นใย, ผ้า, ผ้าใบ
- ไม่แยกตัวขณะที่เย็นจัดจนเป็นน้ำแข็งหรือขณะที่ร้อนจัด
- ไม่ยับยั้งขัดขวางการทำงานของระบบแยกน้ำมันออกจากน้ำ
- การอบแห้งชิ้นส่วนของงานไม่มีผลกระทบต่อโครงสร้างทางเคมีของ SC-1000

- ทำความสะอาดท่อระบายและบ่อดักไขมัน
- ช่วยกำจัดกลิ่นแต่แบคทีเรียด้วยการลดคราบโปรตีน ทำให้ผิวงานสะอาดในทุกสภาพ
- ไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับโลหะ ยาง ไวนิลพลาสติก และกระจก
- ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีอื่นๆ เช่น สารฟอกขาว, คลอรีนที่ทำให้เกิดแก๊สพิษ

SC-1000 ทำให้สิ่งสกปรกประเภทสารออร์แกนิกและโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนถูกขับออกจาก พื้นผิวของสิ่งที่ต้องการทำความสะอาดให้ลอยเข้ามาแขวนตะกอนอยู่ในน้ำยา SC-1000 เพื่อที่จะได้ชะล้างออกไปด้วยน้ำ SC-1000 ใช้ทำความสะอาดพื้นผิวทุกชนิดที่สามารถใช้น้ำล้างได้

SC-1000 สามารถใช้ร่วมกับน้ำต่างๆ เช่น น้ำประปา น้ำทะเล น้ำบ่อ แม่น้ำ หรืออื่นๆ เพราะ การทำความสะอาดของ SC-1000 ไม่ได้เกี่ยวข้องกับค่าความเป็นกรดต่างของน้ำ [4]



**SAFE CARE.**  
Industrial Cleaners, Solvents & Specialty Products

**SAFE CARE<sup>®</sup> SC-1000™ Enhanced Degreaser Concentrate**

**DESCRIPTION:** *SC-1000™ Enhanced Degreaser Concentrate* is our most powerful degreaser used in a variety of industrial and transportation applications. Comprised of non-ionic surfactants and a powerful aqueous organic solvent, *SC-1000™ Enhanced* is a colloidal solution that creates a unique hydrocarbon release agent. The most difficult soils such as dust-laden oils, fuels and lubricants will be lifted and rinsed away without damaging or reacting with the cleaning surface. *SC-1000™ Enhanced* is appropriate for all types of ferrous metals, and will not harm mechanical parts including rubber hoses and gaskets. *SC-1000™ Enhanced* complies with:

- OSHA 29-CFR Ch. XVII 1910.1200 and 40 CFR Ch. 1, Subparts C & D
- USEPA 800, 4-60, 027 for aquatic toxicity
- USEPA 801 & 802 for VOC testing

**INSTRUCTIONS:** *SC-1000™ Enhanced* is a concentrate and may be used full-strength or diluted with water depending on the specific application. Less product may be necessary if factors such as increased temperature, dwell time and/or agitation are used. Rinse thoroughly with water to remove soil and residual product.

**Suggested dilutions:**

Difficult Cleaning	100% - 50%
Average Cleaning	50% - 20%
Light Cleaning	20% - 5%

**BASIC PROPERTIES:**

Appearance:	Clear, very light amber liquid
Odor:	Mild surfactant
Water Solubility:	100%
Boiling Point:	100°C (212°F)
Flash Point:	None
Specific Gravity:	1.004
Relative Density:	Greater than water
pH Range:	10.5 - 11.0

**SAFE CARE<sup>®</sup> PRODUCTS ARE:**

- Non-toxic
- Non-reactive
- Non-carcinogenic
- Readily biodegradable
- Derived from renewable resources
- Safe to use, store and dispose of

**SAFE CARE<sup>®</sup> PRODUCTS DO NOT CONTAIN:**

- Petroleum distillates
- Glycol ethers
- Terpenes
- Synthetics
- Builders & reagents
- Caustics

The information contained herein is believed to be correct including test data conducted under controlled laboratory conditions. Users of SAFE CARE products should perform their own test(s) to determine the suitability of the product for their specific application(s). For questions: techsupport@gemtek.com

A Division of **GEMTEK<sup>®</sup> Products**  
3808 North 28<sup>th</sup> Avenue • Phoenix, AZ 85017 • 602-265-8586 • FAX 602-265-7241 • www.gemtek.com

## รูปที่ 2.12 คุณสมบัติของสารทำความสะอาด SC-1000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) น้ำมันดีเซล (Diesel Fuel)

น้ำมันดีเซล เป็นน้ำมันที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ สำหรับใช้ในเฉพาะเครื่องยนต์ดีเซล มีลักษณะใสออกเหลืองเล็กน้อย มีความหนืดมากกว่าน้ำมันเบนซิน

### 2.1) ลักษณะจำเพาะน้ำมันดีเซล

- จุดเดือด 250-350 องศาเซลเซียส
- จำนวนอะตอม C13-C14
- ประกอบด้วยสายไฮโดรคาร์บอนที่มีแขนตรง
- องค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ กำมะถัน ออกซิเจน และไนโตรเจน

### 2.2) ข้อมูลความเป็นอันตราย

1. จุดวาบไฟ ( Flash Point ) ไม่น้อยกว่า 52 องศาเซลเซียส
2. ขีดจำกัดการติดไฟ ( Flammable limits )
  - ค่าต่ำสุด ( LEL ) 0.6
  - ค่าสูงสุด ( UEL ) 7.5
3. อุณหภูมิสามารถติดไฟได้เอง ( Autoignition Temperature ) ไม่น้อยกว่า 250 องศาเซลเซียส
4. การเกิดปฏิกิริยาเคมี ( Chemical Reactivity ) มีความคงตัวสูงขณะจัดเก็บ และการใช้งานในภาวะปกติ แต่ต้องหลีกเลี่ยงจากความร้อน เปลวไฟ และประกายไฟ
5. ควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับสารออกซิไดซ์ที่รุนแรง เช่น คลอเรต ไนเตรต และเปอร์ออกไซด์
6. สารที่เกิดจากการสลายตัว ( Hazardous Decomposition Products ) ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และผลิตภัณฑ์อื่นที่เกิดจากการเผาไหม้

### 2.3) ความเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

1. สามารถเข้าสู่ร่างกายทั้งทางผิวหนัง การสูดดม การดื่มน้ำ
2. อันตรายที่เกิดเฉพาะที่ เช่น ผิวหนัง ตา เยื่อบุ มักทำให้เกิดอาการระคายเคืองบริเวณที่สัมผัส
3. การสัมผัสในปริมาณมาก
  - กรณีหายใจเข้าจะทำให้การทำงานของระบบประสาทส่วนกลางลดลง เกิดอาการชัก และสูญเสียความรู้สึก
  - กรณีเข้าสู่กระเพาะอาหารจะทำให้รู้สึกคลื่นไส้ อาเจียน และมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง
  - การสัมผัสทางตา และผิวหนัง จะทำให้เกิดอาการคัน และระคายเคือง

4. การสัมผัสในปริมาณน้อย และยาวนาน จะทำให้เป็นโรคผิวหนัง โรคระบบประสาท โรคไต โรคตับ โรคโลหิตจาง โรคมะเร็งในเม็ดเลือดและโรคมะเร็งที่ไต

#### 2.4) ข้อมูลความปลอดภัย

1. ควรจัดเก็บในภาชนะปิดสนิท และห่างจากแสงแดด ความร้อน เปลวไฟ และประกายไฟ
2. อาคารจัดเก็บ ควรมียาระบายอากาศ
3. ควรสวมผ้าปิดจมูกหรือหน้ากากประเภทกรองสารอินทรีย์
4. ต้องใส่ถุงมือที่ทำจากยางชนิดที่ทำจากยาง นีโอพรีน ไนไตรล หรือโพลีเอทิลีนไฮดรอกซิด
5. เมื่อเกิดเพลิงไหม้ถึงดับเพลิงที่ใช้ได้ ได้แก่ ถังดับเพลิงประเภทคาร์บอนไดออกไซด์ ผงเคมีแห้ง และโฟม และไม่ควรรีใช้น้ำในการดับไฟเป็นอันขาด

#### 2.5) การปฐมพยาบาล

1. กรณีสัมผัสสารเคมีทางผิวหนัง ( Skinning Contacting ) ให้ล้างบริเวณที่สัมผัสด้วย สบู่และน้ำ
2. กรณีสัมผัสสารเคมีทางตา ( Eye Contacting ) ล้างตาด้วยน้ำอย่างน้อย 15 นาที แล้วจึงไปพบแพทย์
3. กรณีสัมผัสสารเคมีโดยการหายใจ ( Respiratory Contacting ) รีบเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปในที่มีอากาศบริสุทธิ์ แล้วจึงปรึกษาแพทย์ [5]

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงาน

#### 3.1 ศึกษาปัญหาเพื่อทำโครงการ

การศึกษาค้นคว้าเพื่อทำโครงการนั้น ศึกษาจากกระบวนการผลิตทั้งหมดว่า มีปัญหาในส่วนใดบ้าง เพื่อแก้ปัญหาในส่วนนั้น

#### 3.2 กำหนดที่มาและความสำคัญ,วัตถุประสงค์, ขอบเขต, แผนการดำเนินงาน

##### ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

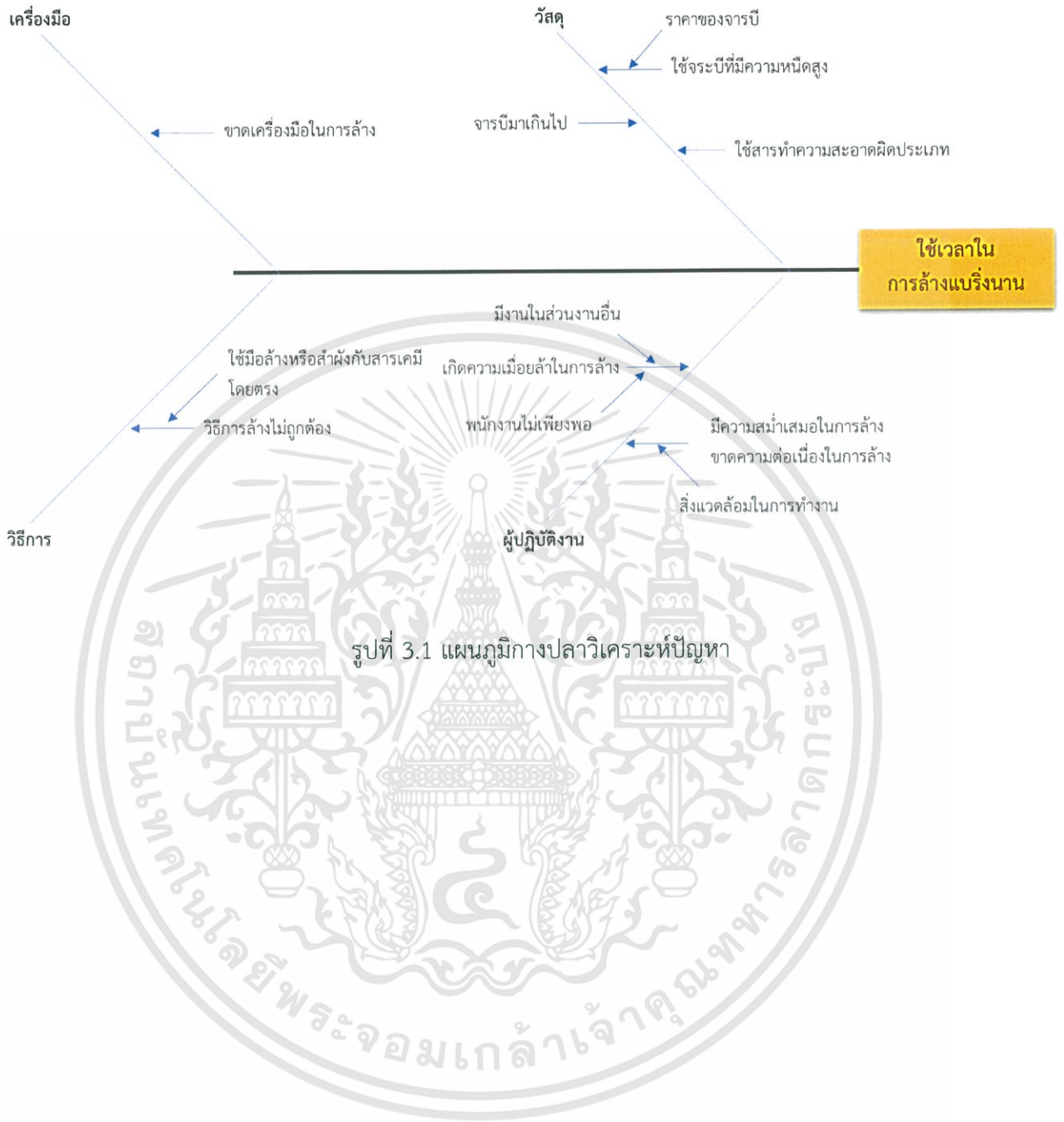
แผนการดำเนินงาน	2561																	
	สิงหาคม					กันยายน				ตุลาคม					พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4
ศึกษาปัญหาเพื่อหาหัวข้อการทำโครงการ	■																	
กำหนดที่มาและความสำคัญ,วัตถุประสงค์, ขอบเขต, แผนการดำเนินงาน		■																
ศึกษาและวิเคราะห์ของปัญหา			■															
ออกแบบเครื่องจักรหรือวิธีแก้ไขปัญหา				■														
ดำเนินการตามแผนที่วางไว้					■													
ตรวจสอบผลลัพธ์และปรับปรุงเครื่องจักร						■												
สรุปผลโครงการและทำรูปเล่มรายงาน																		■

#### 3.3 ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหา

##### 3.3.1 ศึกษาปัญหา

โดยเริ่มจากการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องจักรแบบต่างๆ และการฝึกใช้โปรแกรม Solid works ขั้นตอนการเขียนแบบด้วยโปรแกรม Solid works ก่อนการสร้างชิ้นงานจากแบบที่เราได้ทำการออกแบบไว้ ขั้นตอนการทดสอบชิ้นงาน

### 3.3.2 วิเคราะห์ปัญหา

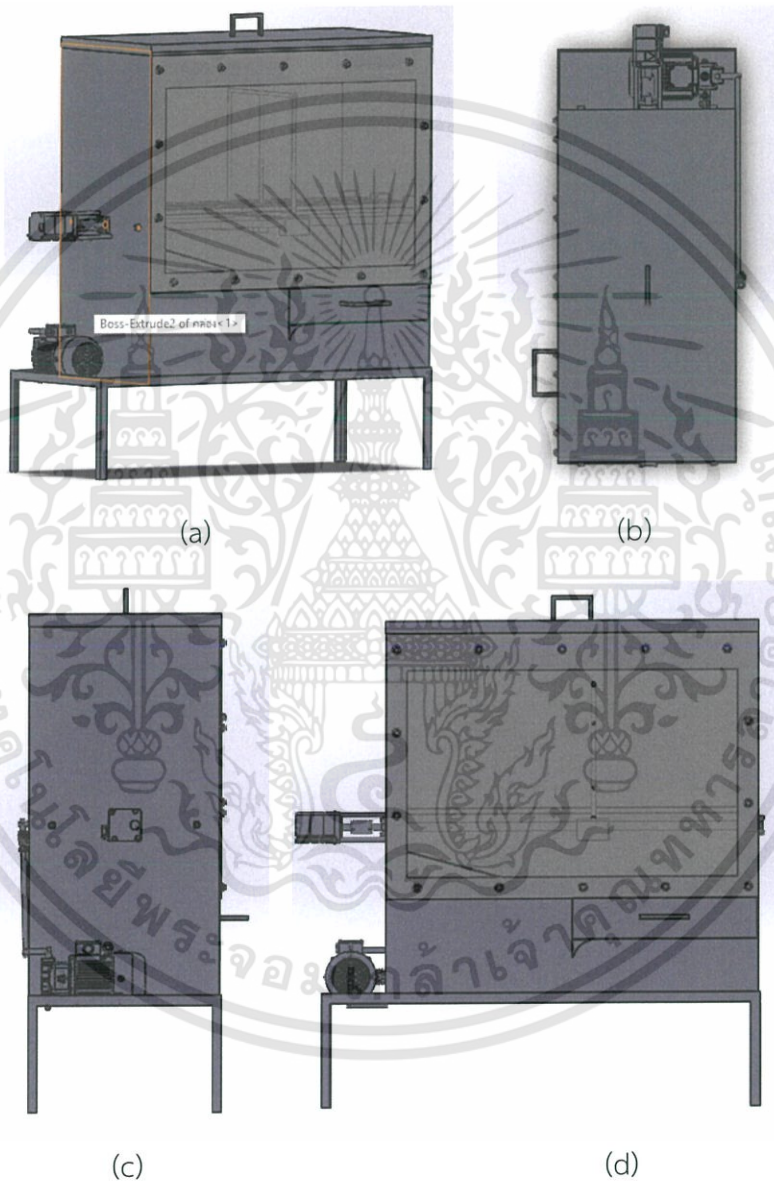


รูปที่ 3.1 แผนภูมิทางปลาวิเคราะห์ปัญหา

### 3.4 ออกแบบเครื่องจักรหรือวิธีแก้ไขปัญหา

#### 3.4.1 การออกแบบเครื่องล้างเบร้งโดยใช้โปรแกรม

การออกแบบเครื่องล้างเบร้งโดยใช้โปรแกรม Solid Work ใช้หลักการคือการนำเอาขนาดของเบร้งลูกกลิ้งของเครื่องอัดเม็ด ทั้ง 3 แบบมาออกแบบ ซึ่งเครื่องล้างเบร้งมีความกว้าง เท่ากับ 450 มิลลิเมตร, มีความยาว เท่ากับ 900 มิลลิเมตร และมีความสูงเท่ากับ 1200 มิลลิเมตร



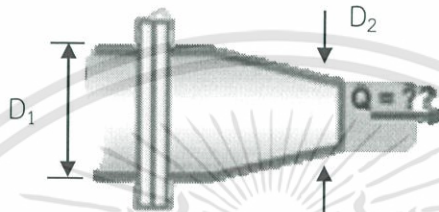
รูปที่ 3.2 แบบเครื่องล้างเบร้ง (a) สามมิติ 3D (b) ด้านบน Top

(c) ด้านข้าง Side (d) ด้านหน้า Front

### 3.4.2 การคำนวณขนาดของหัวฉีด

การคำนวณขนาดของหัวฉีด โดยกำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

- ความดันก่อนออกหัวฉีด ( $P_2$ ) 4 bar =  $0.4 \cdot 10^6$  Pa
- น้ำหนักจำเพาะสารทำความสะอาด SC-1000 (Specific Weight :  $\gamma$ ) = 9849.24 N/m<sup>3</sup>
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทางเข้าหัวฉีด ( $D_1$ ) =  $6.35 \cdot 10^{-3}$  m
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทางออกหัวฉีด ( $D_2$ ) =  $1.50 \cdot 10^{-3}$  m



รูปที่ 3.3 หัวฉีดเครื่องล้างแปรง

พิจารณาจาก Bernoulli's Equation จาก 1 ไป 2 ดังสมการที่ 2.10

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma_{SC-1000}} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma_{SC-1000}} + \frac{V_2^2}{2g}$$

กำหนดให้กึ่งกลางท่อ คือ ระดับอ้างอิง (Datum) และความดันอากาศเท่ากับ 0

ที่จุด 1 :  $Z_1 = 0$       and       $P_1 = 0.4 \cdot 10^6$       Pa

ที่จุด 2 :  $Z_2 = 0$       and       $P_2 = 0$       Pa

แทนค่าในสมการ Bernoulli's Equation

$$V_2^2 - V_1^2 = 796.813$$

จากสมการ

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$V_1 = A_2 V_2 / A_1 = (D_2 / D_1)^2 * V_2$$

$$= \left( \frac{6.35 \cdot 10^{-3}}{1.50 \cdot 10^{-3}} \right)^2 * V_2$$

$$= 0.056 V_2$$

แทนค่า  $V_1$  ในสมการ

$$V_2^2 = V_1^2 + 796.813$$

$$= 0.0562 V_2 + 796.813$$

$$V_2 = 28.228 \quad \text{m/s}$$

หาอัตราการไหล Q จากสมการ

$$\begin{aligned} Q_2 &= A_2 V_2 \\ &= \left( \frac{\pi}{4} D_2^2 \right) * V_2 \\ &= \left( \frac{\pi}{4} * 1.50 * 10^{-3} \right) * 28.228 \\ &= 4.988 * 10^{-5} \quad \text{m}^3/\text{s} \\ &= 2.993 \quad \text{liter}/\text{min} \end{aligned}$$

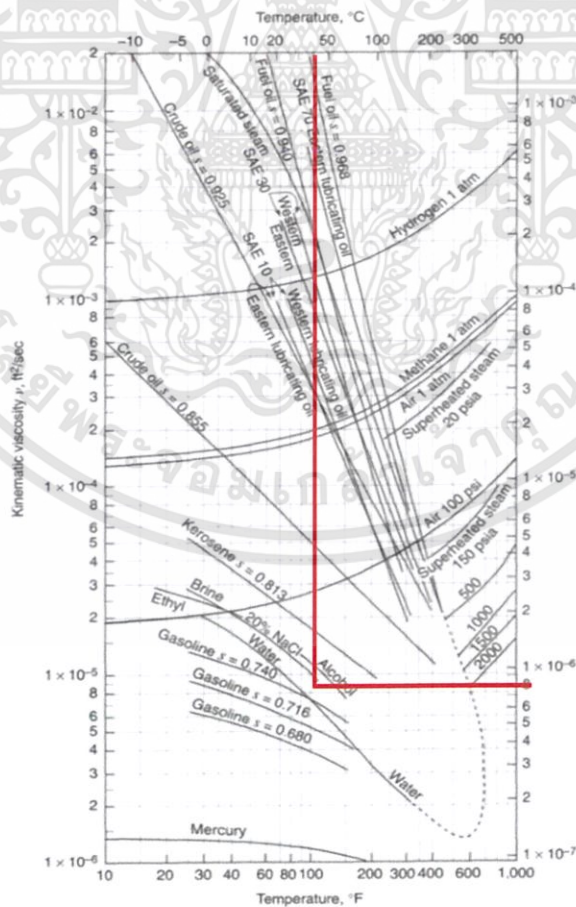


### 3.4.3 การคำนวณขนาดของปั๊ม

การคำนวณขนาดของปั๊ม โดยกำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

- อัตราการไหลของหัวฉีดที่ต้องการ (Q) = 30 lit/min  
= 30/(1000\*60) m<sup>3</sup>/s  
= 0.0005 m<sup>3</sup>/s
- ความหนาแน่นของสารทำความสะอาด SC-1000 (Density : ρ) = 1004 kg/m<sup>3</sup>
- น้ำหนักจำเพาะสารทำความสะอาด SC-1000 (Specific Weight : γ) = 9849.24 N/m<sup>3</sup>
- ความถ่วงจำเพาะสารทำความสะอาด SC-1000 (Specific Gravity : SG) = 1.004
- ความหนืดของสารทำความสะอาด SC-1000 (Viscosity : ν) = 8\*10<sup>-7</sup> m<sup>2</sup>/s

(ค่าความหนืดของสารทำความสะอาด SC-1000 คุณสมบัติต่าง ๆ ใกล้เคียงกับน้ำจึงใช้ความหนืดของน้ำ) ดูได้จากรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ความหนืดของของไหลที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความยาวของท่อฝังขาเข้าป๊ิม = 0.1 m
- ความยาวของท่อฝังขาออกป๊ิม = 2.97 m
- เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ฝังขาเข้าป๊ิม = 0.0254 m
- เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ฝังขาออกป๊ิม = 0.0127 m
- พื้นที่หน้าตัดของท่อ ฝังขาเข้าป๊ิม =  $\frac{\pi D^2}{4}$  = 0.000506707 m<sup>2</sup>
- พื้นที่หน้าตัดของท่อ ฝังขาออกป๊ิม =  $\frac{\pi D^2}{4}$  = 0.000126677 m<sup>2</sup>
- เติระดับ 1 (Potential head or Elevation head : Z<sub>1</sub>) = 0.15 m
- เติระดับ 2 (Potential head or Elevation head : Z<sub>2</sub>) = 0.77 m

การคำนวณหาความเร็วที่ของของเหลวที่ใช้ สามารถคำนวณได้ตั้งสมการที่ 2.6

หาความเร็วขาเข้าจาก  $V_1 = Q/A$   
 $= 0.0005 / 0.000506707$   
 $= 0.987 \quad (\text{m/s})$

หาความเร็วขาเข้าจาก  $V_2 = Q/A$   
 $= 0.0005 / 0.000126677$   
 $= 3.947 \quad (\text{m/s})$

การคำนวณหาความสูญเสียหลักของระบบจากสมการที่ 2.11

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

$$Re_1 = \frac{0.987 * 0.0254}{8 * 10^{-7}} = 31290.599$$

$$Re_2 = \frac{3.947 * 0.0127}{8 * 10^{-7}} = 62581.199$$

$$\epsilon / D_1 = 0.045/0.0254 = 0.001771654$$

$$\epsilon / D_2 = 0.045/ 0.0127 = 0.003543307$$

คำนวณค่า Friction factor จาก Moody Chart Calculator [6]

ได้ Friction factor 1 ( $f_1$ ) จาก Moody Diagram = 0.027475

ได้ Friction factor 2 ( $f_2$ ) จาก Moody Diagram = 0.029247

$$\begin{aligned} \text{Major loss (} h_f \text{)} &= f \frac{L V^2}{D 2g} \\ h_f &= f_1 \frac{L_1 V_1^2}{D_1 2g} + f_2 \frac{L_2 V_2^2}{D_2 2g} \\ &= 0.027 \frac{0.1}{0.025} \frac{0.987^2}{2 * 9.810} + 0.029 \frac{2.970}{0.013} \frac{3.947^2}{2 * 9.810} \\ &= 5.368 * 10^{-3} + 5.431 \\ &= 5.436 \quad \text{m} \end{aligned}$$

การคำนวณหาความสูญเสียรองของระบบจากสมการที่ 2.12

$$\text{Minor loss (} h_m \text{)} = k \frac{V^2}{2g}$$

$$\begin{aligned} \text{Elbows Threaded Regular } 90^\circ \text{ 5 Pieces ( } k = 1.5 \text{ )} &= 5 * (1.5 \frac{3.947^2}{2 * 9.810}) \\ &= 5.955 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Basket Strainer} \quad 1 \text{ Pieces ( } k = 1.3 \text{ )} &= 1 * (1.3 \frac{3.947^2}{2 * 9.810}) \\ &= 1.032 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tee Theraded Tee joint} \quad 3 \text{ Pieces ( } k = 2.7 \text{ )} &= 3 * (0.9 \frac{3.947^2}{2 * 9.810}) \\ &= 2.144 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pipe Enter Square Connection 1 Pieces ( } k = 0.5 \text{ )} &= 1 * (0.5 \frac{0.988^2}{2 * 9.810}) \\ &= 0.025 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\text{Total Minor loss} = 5.955 + 1.032 + 2.144 + 0.025 = 9.156 \quad \text{m}$$

การคำนวณหาเสดป้้ม สามารถคำนวณได้จาก Bernoulli's Equation (สมการที่ 2.14)

$$\begin{aligned} Z_1 + \frac{P_1}{\gamma_{SC-1000}} + \frac{V_1^2}{2g} + H_p &= Z_2 + \frac{P_2}{\gamma_{SC-1000}} + \frac{V_2^2}{2g} + \epsilon h_m + \epsilon h_f \\ H_p &= (Z_2 - Z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\gamma_{SC-1000}} + \epsilon h_m + \epsilon h_f \\ &= (0.15 - 0.77) + \frac{6 * 10^5 - 1 * 10^5}{9849.24} - 9.156 + 5.436 \\ &= 64.738 \quad \text{m} \end{aligned}$$

การคำนวณหากำลังที่ใช้กับสาร SC-1000 จากสมการที่ 2.16

$$\begin{aligned} P_w &= \gamma Q H_p \\ &= 9849.240 * 5 * 10^{-4} * 64.738 \\ &= 381.811 \quad \text{W} \end{aligned}$$

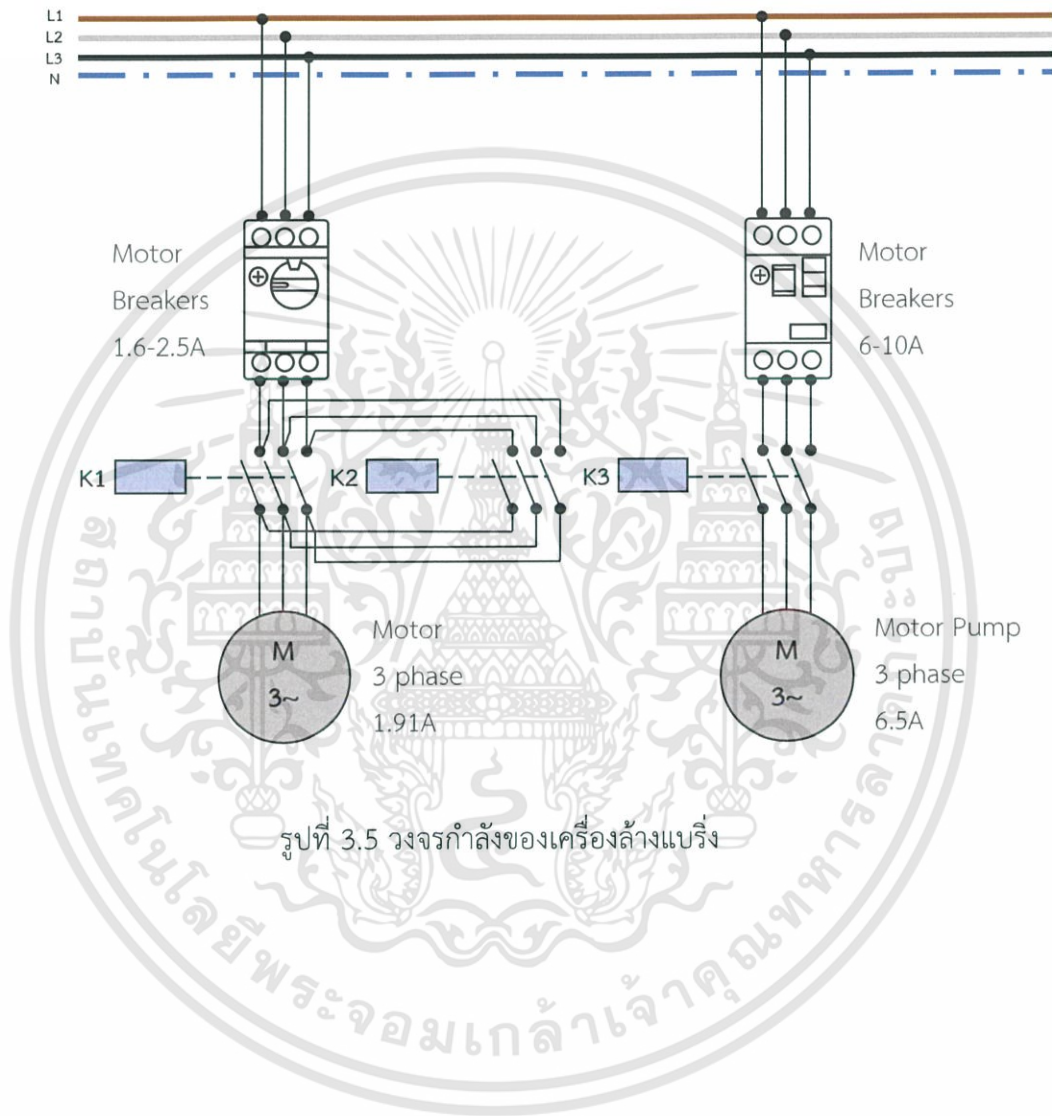
การคำนวณกำลังของปั๊มที่ใช้กับของเหลว จากสมการที่ 2.17

$$\begin{aligned} P_p &= \frac{P_w}{\eta_p} \\ &= \frac{381.811}{0.650} \\ &= 490.478 \quad W \end{aligned}$$



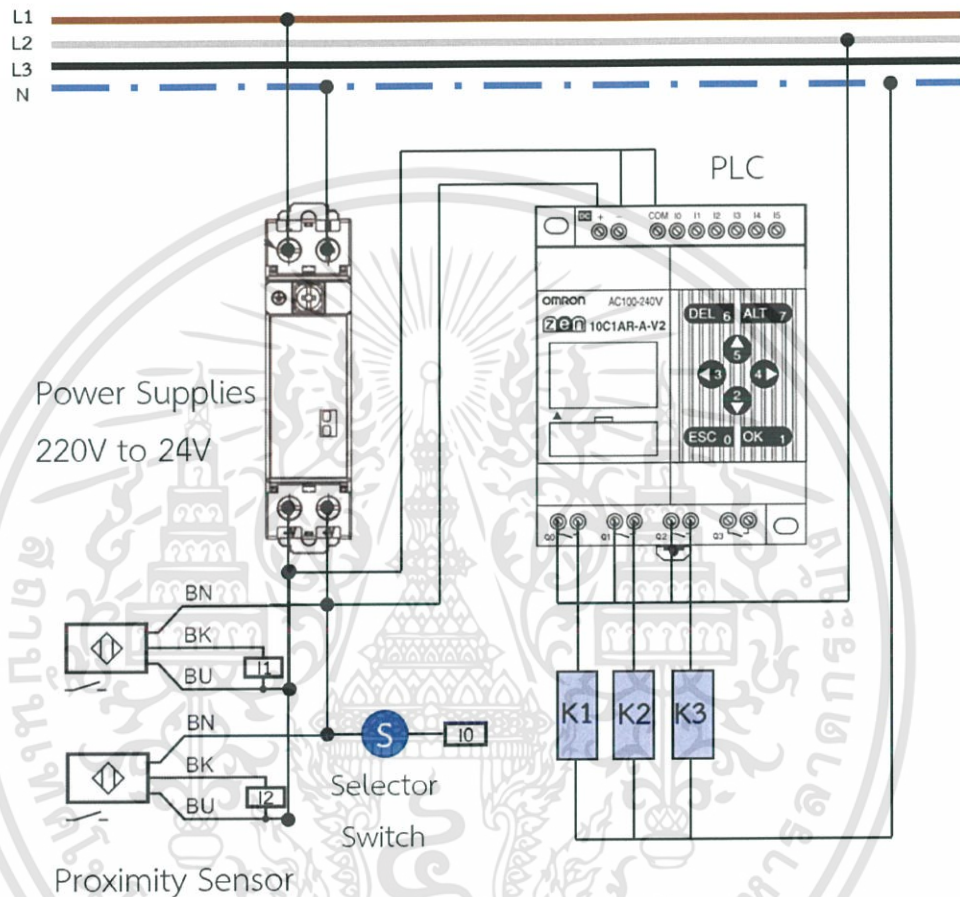
### 3.4.4 การออกแบบวงจรไฟฟ้าของเครื่องล้างแปรง

วงจรกำลัง (Power Circuit) เป็นวงจรไฟฟ้าที่รับกำลังไฟฟ้ามาจากของแหล่งจ่ายไฟ และจ่ายกำลังไฟฟ้านั้นไปให้โหลดต่างๆ ในที่นี้คือจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เพื่อขับเคลื่อน และมอเตอร์เกียร์ปั๊ม ที่ออกแบบแสดงดังรูปที่ 3.5



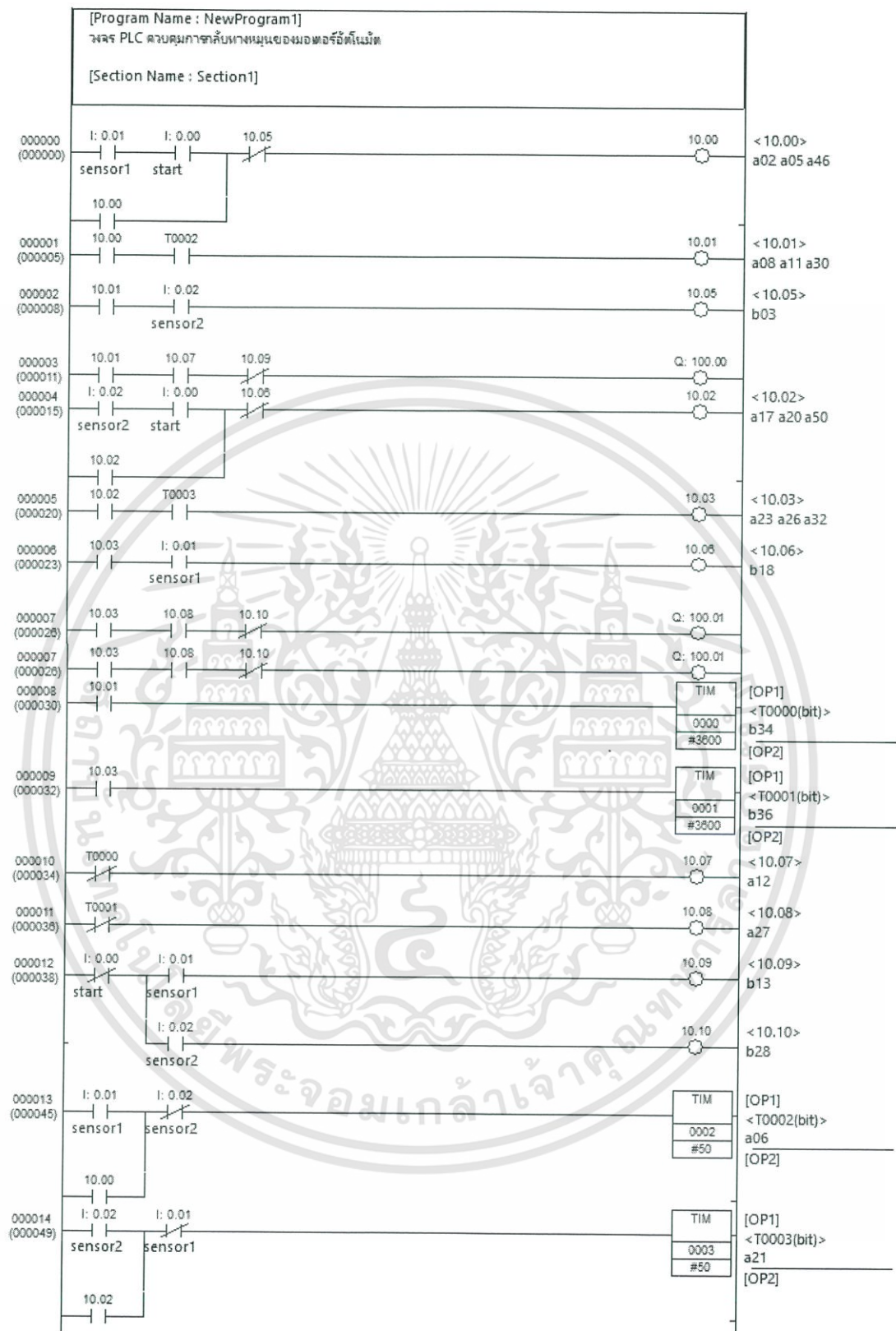
รูปที่ 3.5 วงจรกำลังของเครื่องล้างแปรง

วงจรควบคุม (Control Circuit) เป็นวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรกำลัง หรือเรียกว่าเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ควบคุมวงจรกำลังนั่นเอง ซึ่งวงจรควบคุมจะทำงานร่วมกับวงจร PLC และวงจร PLC นี้จะรับค่าอินพุตจาก Proximity sensor ผ่านวงจร PLC เพื่อควบคุมคอยล์หน้าแมกเนติก คอนแทคเตอร์ เพื่อกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของหัวฉีด แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมของเครื่องล้างแปรง

การเขียน Ladder Diagram สำหรับควบคุมเครื่องล้างแปรง เพื่อให้เครื่องล้างแปรงทำงานอัตโนมัติ โดยที่การเปิดสวิตช์เครื่องจะทำงานคือ มอเตอร์เกียร์บีบจะทำงาน โดยการบีบของของเหลวที่ใช้ในการล้างขึ้นไปหัวฉีด มอเตอร์ขับหัวฉีดจะทำงานโดยที่จะเลื่อนไปมา ซ้ายขวา โดยการกำหนดทิศทางจาก Proximity sensor และมีระบบรักษาความปลอดภัย โดยการตั้งเวลาในการตัดวงจรทั้งหมด ในกรณี Proximity sensor ไม่ทำงาน แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 Ladder Diagram ของอุปกรณ์ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

การสร้างเครื่องล้างแบริ่งนั้น ทางกระผมได้ร่วมมือกับทีมงานของบริษัท ได้ทำการจัดสร้างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างเครื่องล้างแบริ่งตามทีออกแบบไว้ แสดงดังรูปที่ 3.8, 3.9 และ 3.10



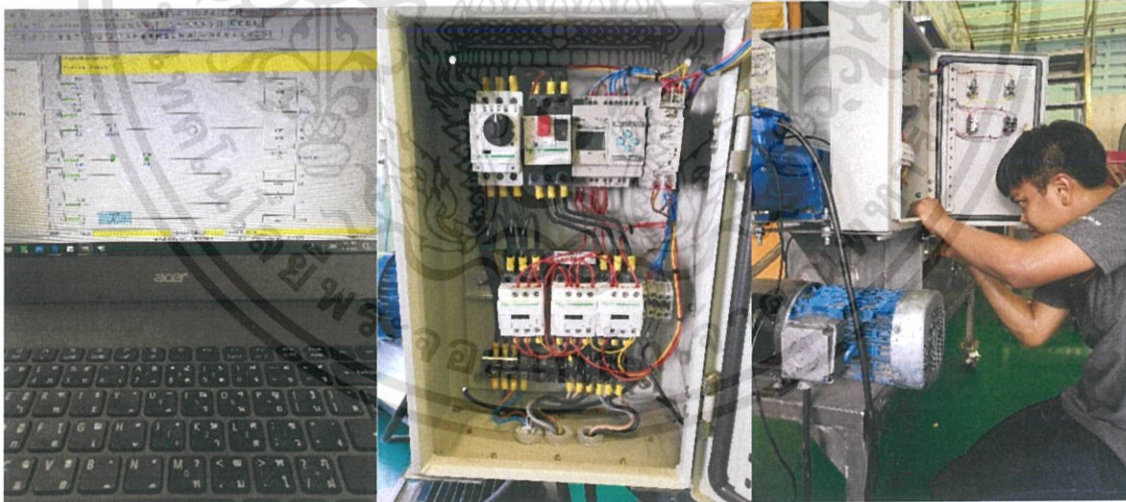
(a)

(b)

รูปที่ 3.8 การจัดทำโครงสร้างตัวถังของเครื่องล้างแบริ่ง

(a) โครงสร้างตัวถังของเครื่องเมื่อทำการสร้าง 3 สัปดาห์แรก

(b) โครงสร้างตัวถังของเครื่องเสร็จสมบูรณ์



(a)

(b)

(c)

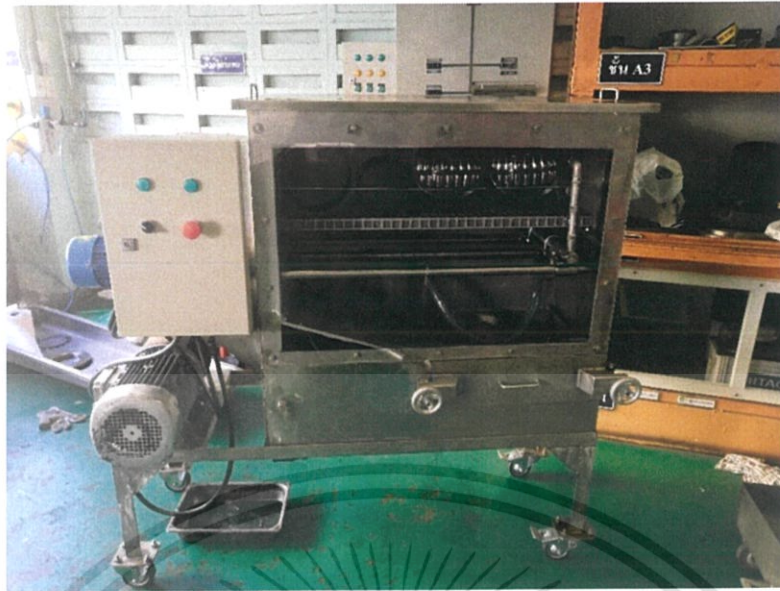
รูปที่ 3.9 การจัดทำวงจรไฟฟ้าของเครื่องล้างแบริ่ง

(a) การออกเขียน Ladder Diagram ของอุปกรณ์ PLC

(b) การต่อวงจรไฟฟ้าของตู้ควบคุมเครื่องล้างแบริ่ง

(c) ติดตั้งตู้ควบคุมเครื่องล้างแบริ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 เครื่องล้างแบร็ง

### 3.6 ตรวจสอบโดยการประเมินด้วยแบบสอบถาม

การตรวจสอบจะตรวจสอบ โดยแบ่งชุดการตรวจสอบออกเป็น 3 ชุด คือ

1. ใช้สาร SC-1000 2 ลิตร ต่อน้ำ 30 ลิตร ล้างแบร็ง
2. ใช้สาร SC-1000 4 ลิตร ต่อน้ำ 30 ลิตร ล้างแบร็ง
3. ใช้น้ำมันดีเซล 30 ลิตร ล้างแบร็ง

การประเมินความสะอาดจากผู้ใช้งานจริงด้วยแบบสอบถาม โดยการให้คะแนนเปอร์เซ็นต์

ความสะอาด ดังนี้

- 0 คะแนน เท่ากับ แบร็งไม่สะอาดขึ้นเลย
- 1 คะแนน เท่ากับ แบร็งสะอาดขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์
- 2 คะแนน เท่ากับ แบร็งสะอาดขึ้น 40 เปอร์เซ็นต์
- 3 คะแนน เท่ากับ แบร็งสะอาดขึ้น 60 เปอร์เซ็นต์
- 4 คะแนน เท่ากับ แบร็งสะอาดขึ้น 80 เปอร์เซ็นต์
- 5 คะแนน เท่ากับ แบร็งสะอาดขึ้น 100 เปอร์เซ็นต์

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการสร้างเครื่องล้างแปรง ได้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความสะอาดจากความพึงพอใจของผู้ใช้งานจริง โดยใช้แบบสอบถาม ผลจากการทดลองของเครื่องล้างแปรงทำงาน 20 นาที โดย 1) การใช้สารทำความสะอาด SC-1000 2 ลิตร ต่อน้ำ 30 ลิตร ได้คะแนนความสะอาด 60 เปอร์เซ็นต์ , 2) การใช้สารทำความสะอาด SC-1000 4 ลิตร ต่อน้ำ 30 ลิตร ได้คะแนนความสะอาด 68 เปอร์เซ็นต์ และ 3) การใช้ น้ำมันดีเซล 30 ลิตร ได้คะแนนความสะอาด 84 เปอร์เซ็นต์ พบว่าที่ใช้ใช้น้ำมันดีเซลในการล้างมีความสะอาดมากที่สุด และสามารถลดเวลาการล้างแปรงของพนักงาน จาก 28 นาทีต่อแปรง 1 คู่ เหลือ 2 นาที ต่อแปรง 1 คู่ ทำให้ลดพนักงานจาก 2 คน เหลือ 1 คน ทำให้พนักงานมีเวลาในการทำงานอื่นๆ มากขึ้น มีความปลอดภัยมากขึ้น โดยที่ผู้ล้างไม่ต้องสัมผัสกับสารเคมีโดยตรง

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. หัวฉีดของเครื่องล้างแปรง ให้ปรับตำแหน่งหัวฉีดให้สามารถทำความสะอาดแปรงได้ทั่ว เนื่องจากการวางตำแหน่งของหัวฉีดในปัจจุบันยังไม่สามารถทำความสะอาดแปรงได้ทุกส่วน
2. เพิ่มแรงดันของปั๊ม เนื่องจากปั๊มที่ได้มาจัดสร้างเครื่องล้างแปรง เป็นปั๊มเก่าผ่านการใช้งานมาแล้วและมีการชำรุดบางส่วนของปั๊ม ทำให้สร้างแรงดันไม่ถึงเท่าที่คำนวณไว้

## บรรณานุกรม

- [1] ธัญธร ออกะลา ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน พ.ศ. 2553 “กลศาสตร์ของไหล (Fluid Mechanics)”  
Available : <http://irre.ku.ac.th/books/pdf/19.pdf>
- [2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิบาท ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี 2558 “กลศาสตร์ของไหล (Fluid Mechanics)”  
Available : <http://portal5.udru.ac.th/ebook/pdf/upload/172k124AxIQ32XG2AQ17.pdf>
- [3] “การเคลื่อนที่ของของไหล ความเร็วเฉลี่ยและอัตราการไหล”  
Available : [http://www.pattayatech.ac.th/files/150511088485246\\_15110614142222.pdf](http://www.pattayatech.ac.th/files/150511088485246_15110614142222.pdf)
- [4] “SAFE CARE® SC-1000 Aqueous Cleaner Concentrate”  
Available : <https://www.futuresafesolutions.com/pdf/Gemtek%20SC-1000.pdf>
- [5] “น้ำมันดีเซล”  
Available : <https://www.siamchemi.com/น้ำมันดีเซล/>
- [6] “Moody Chart Calculator”  
Available : [http://www.advdelphisys.com/michael\\_maley/moody\\_chart/](http://www.advdelphisys.com/michael_maley/moody_chart/)