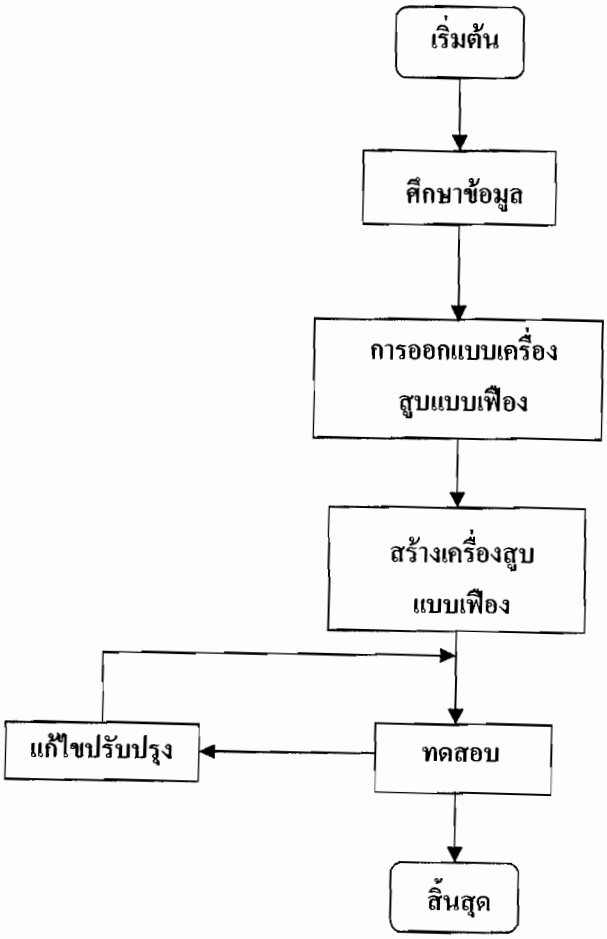
บทที่ 3

การออกแบบและขั้นตอนการดำเนินการ

เครื่องสูบแบบเฟืองมีการออกแบบและวิธีการดำเนินงานดังนี้ เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสามารถเรียงลำดับการออกแบบและขั้นตอนการดำเนินการดังแผนภูมิต่อไปนี้



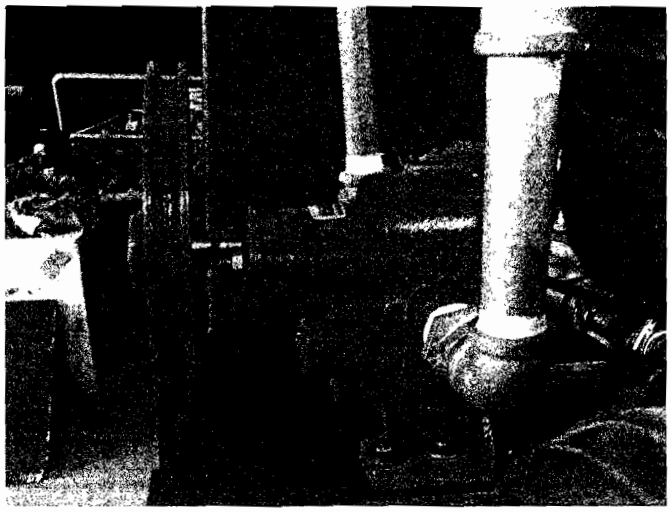
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงาน

3.1 การศึกษาหาข้อมูล

การศึกษาทฤษฎีและข้อมูลขั้นต้นที่เกี่ยวกับการทำโครงงาน เป็นข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องสูบแบบเฟือง ใช้หลักการหมุนขบกันของเฟืองสูบของเหลวเข้ามาแล้วอัดของเหลวในช่องว่างระหว่างเฟือง จากนั้นจึงดันของเหลวออกจากเครื่องสูบ เครื่องสูบแบบนี้ใช้มอเตอร์เพียงหนึ่งตัวหมุนเฟืองนอกซึ่งจะทำให้เฟืองนอกอีกตัวหนึ่งของเครื่องสูบแบบเฟืองนอกหมุนตาม หรือทำให้เฟืองในของเครื่องสูบแบบเฟืองในหมุนตาม การเคลื่อนที่ของกลไก จะสามารถนำไปหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบแบบเฟืองและมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 การเลือกเครื่องสูบแบบเฟือง

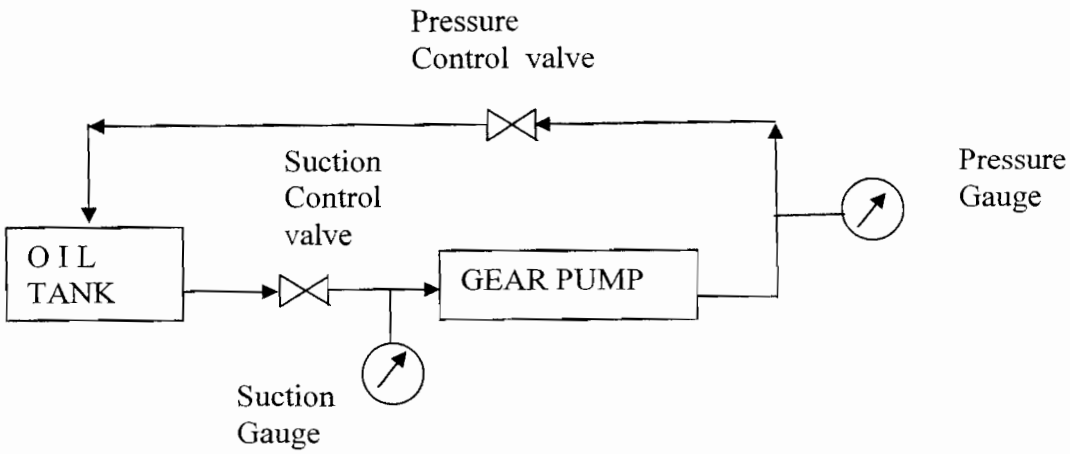
การเลือกใช้ที่เครื่องสูบแบบเฟืองเพื่อนำมาสร้างเป็นชุดทดลองได้มีการพัฒนามาจากเครื่องสูบขนาดใหญ่ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาและออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานในปัจจุบัน ดังนั้นจึงได้มีการสร้างชุดทดลองโดยใช้เครื่องสูบแบบเฟือง



รูปที่ 3.2 เครื่องสูบแบบเฟือง

3.3 โครงสร้างการทำงานของชุดทดลอง

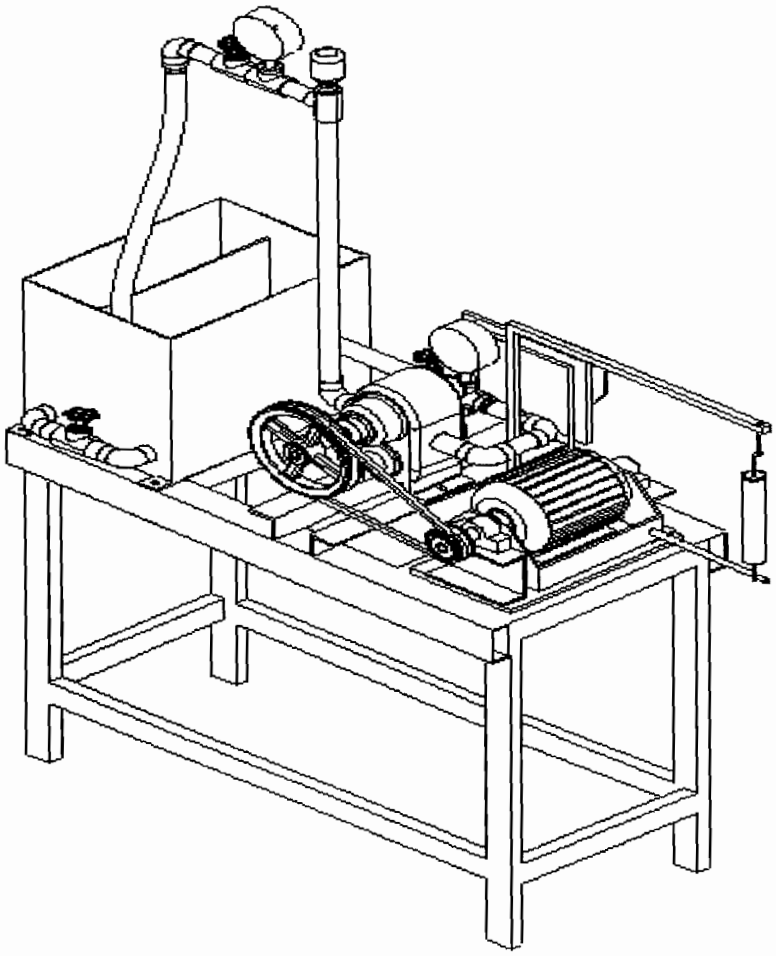
ในส่วนของโครงสร้างการทำงานของชุดทดลองนี้จะใช้หลักการหมุนขบกันของเฟืองสูบของเหลวเข้ามาแล้วอัดของเหลวในช่องว่างระหว่างเฟืองจากนั้นจึงดันของเหลวออกจากเครื่องสูบ เครื่องสูบแบบนี้ใช้มอเตอร์เพียงหนึ่งตัวหมุนเฟืองนอกซึ่งจะทำให้เฟืองนอกอีกตัวหนึ่งของเครื่องสูบแบบเฟืองนอกหมุนตาม หรือทำให้เฟืองในของแบบเฟืองในหมุนตาม



รูปที่ 3.3 แสดงอุปกรณ์การทำงานของชุดทดลองเครื่องสูบแบบเฟือง

3.4 การออกแบบชุดทดลองเครื่องสูบแบบเฟือง

ในการออกแบบชุดทดลองเครื่องสูบแบบเฟืองนั้น เพื่อที่จะนำชุดทดลองไปใช้ในด้านการศึกษาหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบแบบเฟือง และทำให้สามารถเลือกเครื่องสูบแบบเฟืองไปใช้งานได้ตรงตามความต้องการและมีประสิทธิภาพ และสำหรับแบบของเครื่องสูบแบบเฟืองจะอยู่ในภาคผนวก ก.



รูปที่ 3.4 โครงสร้างชุดทดลองเครื่องสูบแบบเฟือง

3.4.1 การหาขนาดของเครื่องมอเตอร์

ในการหาขนาดแรงของมอเตอร์ที่มาขับเครื่องสูบแบบเฟืองซึ่งมีการคำนวณหาค่าดังนี้

การคำนวณเกี่ยวกับอัตราส่วนความเร็ว

เพลาขับหมุนล้อขับด้วยความเร็วรอบ 1,400 (rpm) ซึ่งล้อขับมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว (50.8 มม.) และล้อตามมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว (203.2 มม.) ซึ่งมีขนาดเป็น 4 เท่าของล้อขับ ถ้าความเร็วรอบของล้อขับเท่ากับ 1,400 (rpm)

$$\frac{\text{ความเร็วรอบของล้อขับ}}{\text{ความเร็วรอบของล้อตาม}} = \frac{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อตาม}}{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อขับ}}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \frac{1{,}400 \text{ (rpm)}}{X \text{ rpm}} = \frac{8 \text{ in}}{2 \text{ in}}$$

$$X = 350 \text{ (rpm)}$$

$$\text{อัตราส่วนความเร็ว} = \frac{\text{ความเร็วรอบของล้อขับ}}{\text{ความเร็วรอบของล้อตาม}}$$

$$= \frac{1{,}400 \text{ (rpm)}}{350 \text{ (rpm)}}$$

$$= 4:1$$

จากสูตร $P = \frac{2\pi\tau n}{60}$

P = กำลังของมอเตอร์, (Watt)

τ = โมเมนต์บิด, (N.m)

n = ความเร็วรอบที่ใช้, (rpm)

กำหนดให้ รัศมีของมือหมุน $r = 0.2$ (m)

แรงที่ใช้ขับสายพาน $F = 7.848$ (N)

ดังนั้น $P = \frac{2\pi (0.2 \times 7.848)\, 350}{60}$

$= 57.53$ (Watt)

$= 57.53 / 745.7$

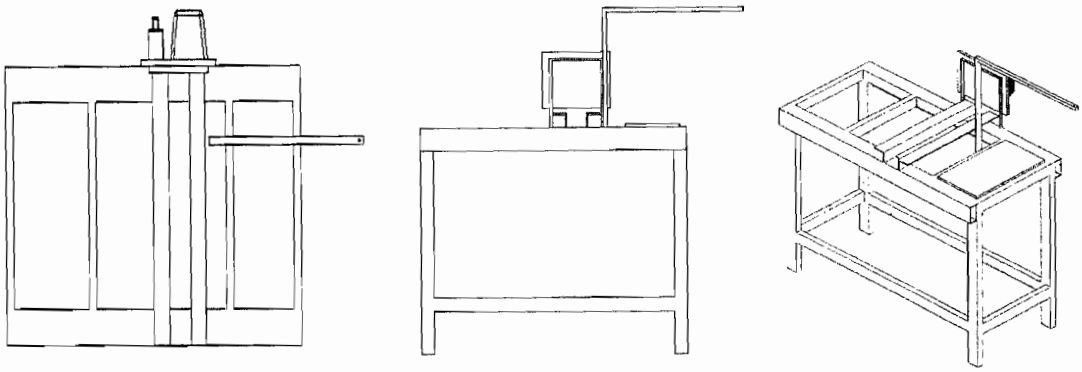
$= 0.771$ แรงม้า

แต่ในเชิงพาณิชย์ มอเตอร์ไม่มีขนาด 0.7 แรงม้า จึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าแทน

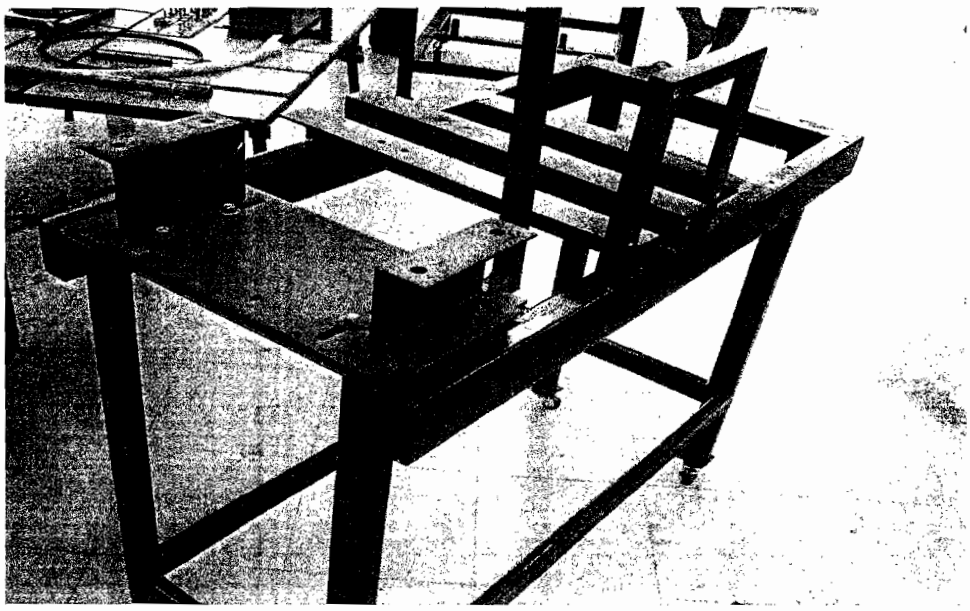
3.4.2 การออกแบบโครงสร้างของชุดทดลองเครื่องสูบแบบเฟือง

เมื่อประกอบชุดทดลองได้เสร็จสมบูรณ์แล้วดังนั้นออกแบบโครงสร้างของเครื่องสูบแล้วเลือกขนาดของเหล็กที่จะมาทำเป็นฐานหรือโครงที่จะนำเอาชุดทดลองไปยึดติด ชนิดและขนาดของเหล็กที่เลือกมาทำเป็นฐานเป็นเหล็กกล่องที่มีขนาด 2 ×1 นิ้ว จำนวน 2 เส้น แล้วทำการวัด

ขนาดและตัดเหล็กกล่องตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ เมื่อตัดเหล็กเสร็จแล้วนำเหล็กที่ตัดมาเชื่อมขึ้นรูปตามแบบที่ต้องการและทาสีเพื่อความสวมงาม



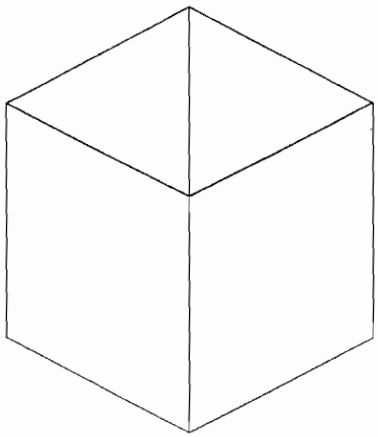
รูปที่ 3.5 การออกแบบโครงสร้างชุดทดลองเครื่องสูบแบบเฟือง



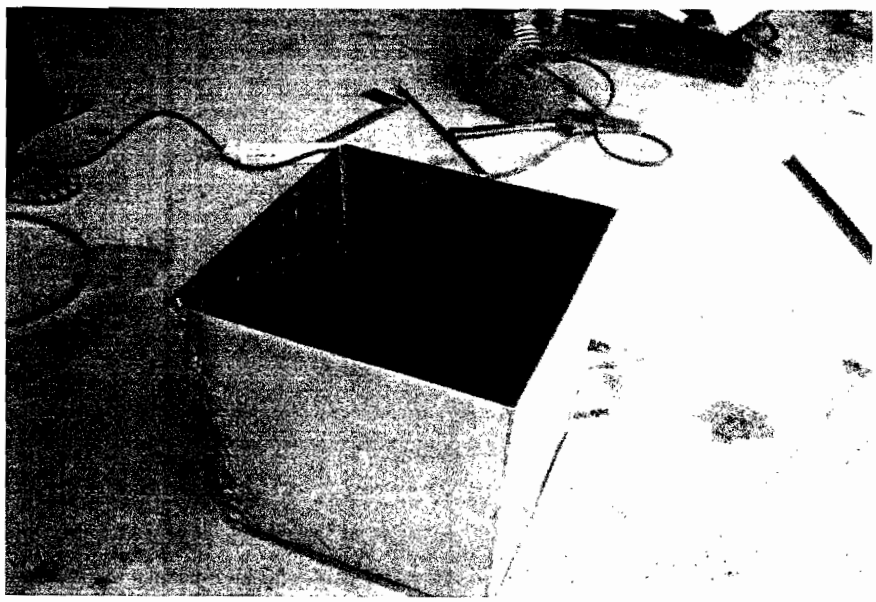
รูปที่ 3.6 โครงสร้างชุดทดลองเครื่องสูบแบบเฟือง

3.4.3 การออกแบบโครงสร้างถังน้ำ

เมื่อได้โครงสร้างของชุดทดลองตามแบบได้แล้วต้องทำการเลือกขนาดของแผ่นเหล็กที่มีความหนา 1 มม. แล้วทำการวาดแบบของส่วนที่ต้องการตัดลงบนแผ่นเหล็กหลังจากนั้น ทำการตัดแผ่นเหล็กตามแบบที่ได้วาดไว้เมื่อตัดแผ่นเหล็กออกมาแล้วก็จะได้แผ่นเหล็กตามขนาดที่ต้องการแล้วนำไปพับตามแบบที่ได้กำหนด เมื่อทำการพับแล้วจะต้องนำชิ้นส่วนมาประกอบและเชื่อมติดกัน



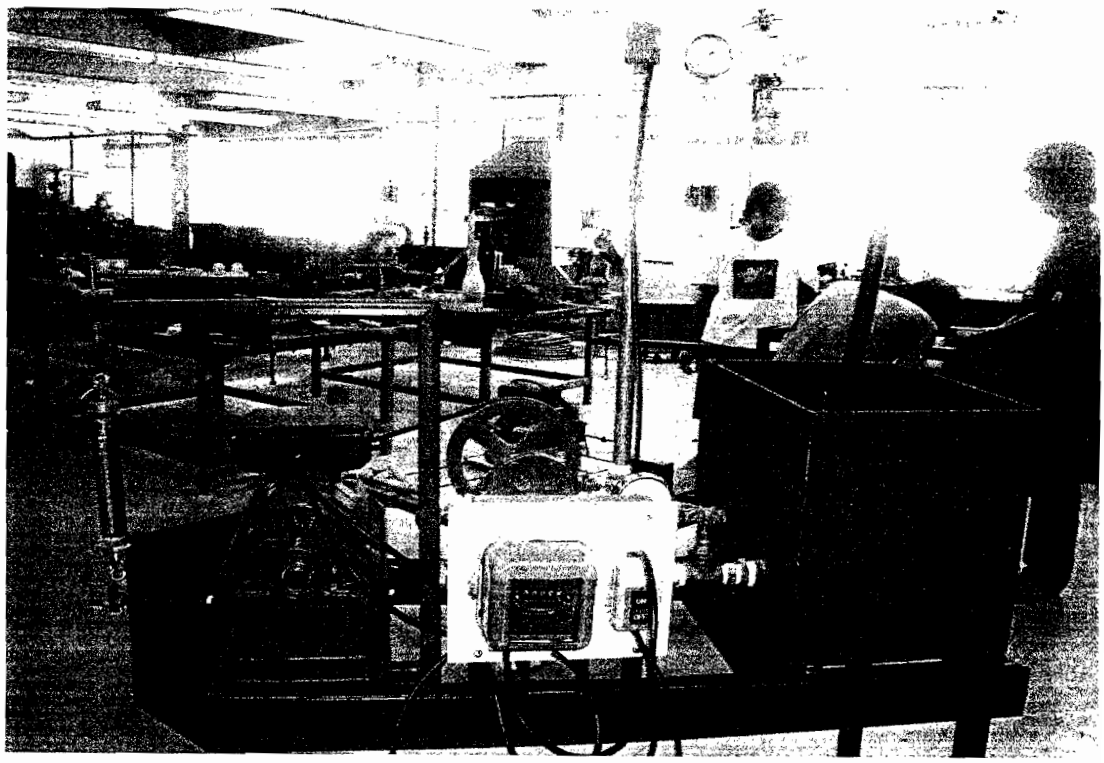
รูปที่ 3.7 การออกแบบโครงสร้างถังน้ำ



รูปที่ 3.8 โครงสร้างถังน้ำ

3.4.4 การประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน

1. ติดตั้งมอเตอร์ยึดติดเข้ากับโครงสร้าง
2. ติดตั้งถังน้ำมันยึดติดกับโครงสร้าง
3. ติดตั้งเครื่องสูบยึดติดกับโครงสร้าง
4. ติดตั้งท่อทางเข้าพร้อมวาล์วปรับแรงดันและเกจวัดแรงดัน
5. ติดตั้งข้อต่อเข้ากับท่อเข้าเครื่องสูบที่ทางเข้า
6. ประกอบวาล์วปรับแรงดันและ Swich Presser กับเกจที่ทางออก
7. ติดตั้งท่อทางออกจากเครื่องสูบเข้าถังน้ำมัน
8. ติดตั้งชุดเครื่องวัดงานไฟฟ้าเข้ากับโครงสร้าง
9. ติดตั้งชุดสายพานมอเตอร์เข้ากับเครื่องสูบ
10. ติดตั้งตราชั่งสปริงเข้ากับแขนของมอเตอร์



รูปที่ 3.9 ชุดทดลองเครื่องสูบแบบเฟืองที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว

3.5 วิธีการทดลอง

1. เปิดวาล์วควบคุมที่ทางออกเครื่องสูบจนสุด (ความดันที่เกจทางออกจะน้อยสุด) อ่านค่าความดันที่ได้ในหน่วย (kg_f/cm^2)

2. วัดอัตราการไหลของน้ำมันโดยการจับเวลาและเช็คปริมาตรน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในช่วงการจับเวลา คำนวณเป็นอัตราการไหล, (Q)

3. วัดแรงที่อ่านค่าได้จากตาชั่งสปริงวัดแรงบิด

4. วัดปริมาตรการไหลของน้ำมันที่อ่านค่าได้จากปริมาตรน้ำมันในถัง

5. ค่อย ๆ ปิดวาล์ววาล์วปรับความดันทางออกเพิ่มขึ้นเพื่อให้ความดันน้ำมันที่ทางออกเครื่องสูบมากขึ้น เพื่อวัดอัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลงไป (อัตราการไหลควรจะลดลงเล็กน้อย) ทำซ้ำโดยปิดวาล์วทางออกเพื่อวัดอัตราการไหลประมาณ 5-10 จุดเป็นอย่างน้อย

6. คำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบ และสร้างกราฟ

7. สรุปผลการทดลอง

3.6 การคำนวณกำลังงานและประสิทธิภาพของเครื่องสูบ

1. คำนวณกำลังงานที่เครื่องสูบให้แก่น้ำ หรือกำลังงานของน้ำ, (W_O)

2. คำนวณกำลังมอเตอร์ที่ให้แก่เครื่องสูบ, (W_i)

3. คำนวณประสิทธิภาพของเครื่องสูบ, (η)

1.1 กำลังงานที่เครื่องสูบให้แก่น้ำ หรือกำลังงานของน้ำ (W_O) หาได้จากอัตราการไหลของน้ำ และความดันที่เพิ่มขึ้น

$$W_O = Q \times P \quad \text{..... (3.1)}$$

$$W_O = Q\left[\frac{L}{\min} \times \frac{1\ \min}{60\ \sec} \times \frac{1\ m^3}{1000\ L}\right] \times P\left[\frac{kg_f}{cm^2} \times \frac{10^4\ cm^2}{m^2} \times \frac{9.81N}{1kg}\right]$$

โดย

W_O = กำลังงานมอเตอร์ที่ให้กับน้ำ, ($N.m/\sec$)

Q = อัตราการไหลของน้ำ, (L / min)

P = ความดันพื้นที่เพิ่มขึ้น

= ความดันท่อส่ง - ความดันท่อดูด, (kg_f/cm^2)

1.2 กำลังงานมอเตอร์ที่ให้แก่เครื่องสูบ (W_i) วัดได้จากแรงบิดของมอเตอร์ และความเร็วรอบของมอเตอร์

$$W_i = \frac{Fr \times 2\pi n}{60} \quad \text{..... (3.2)}$$

โดย

W_i = กำลังงานที่มอเตอร์ให้แก่เครื่องสูบ, ($N.m$ / sec)

n = ความเร็วรอบต่อนาที, (rpm)

F = แรงบิดวัดที่ปลายแขนหมุนของมอเตอร์ไดนาโมมิเตอร์, (N)

r = ความยาวของแขนหมุนของไดนาโมมิเตอร์, (m)

ในกรณีที่ ค่าแรงบิด τ = Fr สามารถอ่านค่าได้โดยตรง และมีหน่วย (N.m)

$$W_i = [N \times m] \times n\left[\frac{rev}{\min} \times \frac{2\pi}{rec} \times \frac{1 \min}{60 \sec}\right]$$

1.3 ประสิทธิภาพของเครื่องสูบ, η

ประสิทธิภาพของเครื่องสูบ = $\frac{\text{กำลังงานที่ป้อนให้แก่น้ำ}}{\text{กำลังงานที่มอเตอร์ให้แก่เครื่องสูบ}}$

$$= \frac{W_O}{W_i} \quad \text{..... (3.3)}$$