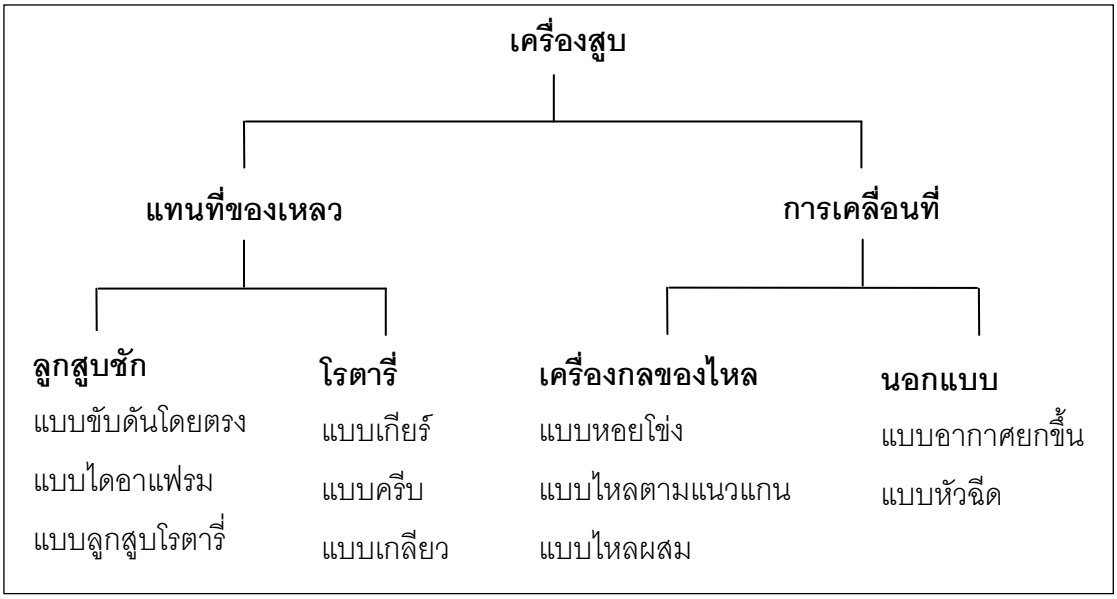
บทที่ 1

บทนำ

เครื่องสูบ (Pump) เป็นอุปกรณ์เครื่องกลที่เพิ่มพลังงานความดันให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลว ไหลผ่านระบบท่อปิด ไปยังจุดที่ต้องการได้ นับเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการสูบน้ำสะอาดเพื่ออุปโภคบริโภค การสูบเพื่อการเกษตร การสูบในโรงงานอุตสาหกรรม ฯลฯ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการผลิตเครื่องสูบออกมาใช้งานมากมายหลายชนิด เพื่อให้ง่ายแก่การจัดกลุ่ม สามารถจำแนกประเภทของเครื่องสูบ ได้ดังรูปที่ 1.1[1]



รูปที่ 1.1 การจำแนกประเภทของเครื่องสูบ

เครื่องสูบแบบหอยโข่ง (Centrifugal Pump) ได้รับความนิยมในการใช้งานสูงสุด เมื่อเทียบกับเครื่องสูบชนิดอื่น ๆ เนื่องจากเครื่องสูบ ประเภทนี้สามารถออกแบบให้มีเฮดสูงหรืออัตราการสูบสูง หรือทั้งสองอย่างโดยการเลือกขนาดใบพัดที่เหมาะสม จึงมีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง เหมาะสมกับการใช้งานหลายประเภท ประกอบกับการดูแลรักษาง่าย จึงได้รับความนิยมในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจเป็นอย่างมาก

เครื่องสูบแบบหอยโข่ง (Centrifugal Pump) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้การหมุนของใบพัด (impeller) เพื่อสร้างความดันของไหล และอัตราการไหลผ่านระบบท่อ ทำให้ของไหลเคลื่อนที่จาก

ระดับที่ต่ำไปยังระดับที่อยู่สูงกว่า หรือในระยะทางที่ไกลออกไป การทำงาน คือ ของไหลถูกดูดเข้าแกนกลางใบพัด และถูกเหวี่ยงออกในแนวรัศมี โดยการเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่ของไหลในเรือนเครื่องสูบ โดยมีส่วนประกอบดังแสดงในรูปที่ 1.2

รูปที่ 1.2 ส่วนประกอบเครื่องสูบแบบหอยโข่ง

ในการพิจารณา หาขนาดของเครื่องสูบที่เหมาะสมกับการใช้งาน ต้องพิจารณา เฮดรวมของระบบทั้งหมด ตามสมการ $H_{system} = H_{static} + kQ^2$ จากนั้นมาหาจุดทำงานที่จุดตัดของกราฟสมรรถนะของเครื่องสูบ (Performance Curves) จากบริษัทผู้ผลิต จะสามารถหาขนาดของเครื่องสูบที่ต้องการได้ ในการออกแบบเครื่องสูบ โดยทั่วไปจะถือเอาค่าเฮด และอัตราการไหลของเครื่องสูบ เป็นข้อมูลในการออกแบบ แต่มีเหตุผลหลายประการที่ทำให้ผู้ออกแบบ นิยมออกแบบให้เครื่องสูบมีขนาดใหญ่เกินไป เช่น เพื่อการขยายงานในอนาคต, เครื่องสูบตัวใหญ่ประสิทธิภาพยิ่งสูง, การไหลในระบบเป็นแบบราบเรียบ ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์, การไหลของของเหลวสม่ำเสมอตลอดความยาวเส้นท่อ, ลดแรงดันตกในระยะทางยาว สิ่งเหล่านี้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อเลือกขนาดของเครื่องสูบ จึงทำให้ผู้ออกแบบทำการเผื่อขนาดของเครื่องสูบที่ใหญ่มากเกินไป ส่งผลให้อัตราการไหลมากกว่าที่ต้องการ เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ จึงจำเป็นต้องหาวิธีลดอัตราการไหลนี้ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้วิธีหรี่วาล์วที่ตำแหน่งท่อทางออกของเครื่องสูบ เป็นวิธีที่ง่าย แต่ไม่ประหยัดพลังงานเท่าที่ควร

วิธีที่ดีกว่าในการลดการใช้พลังงานของเครื่องสูบ

1.การติดตั้ง VSD (Variable Speed Drive) เพื่อลดความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับโหลด ข้อดี ลดการสูญเสียพลังงานในระบบเนื่องจากการหรี่วาล์ว ข้อเสีย ราคาแพง, ชำรุดเสียหายง่าย

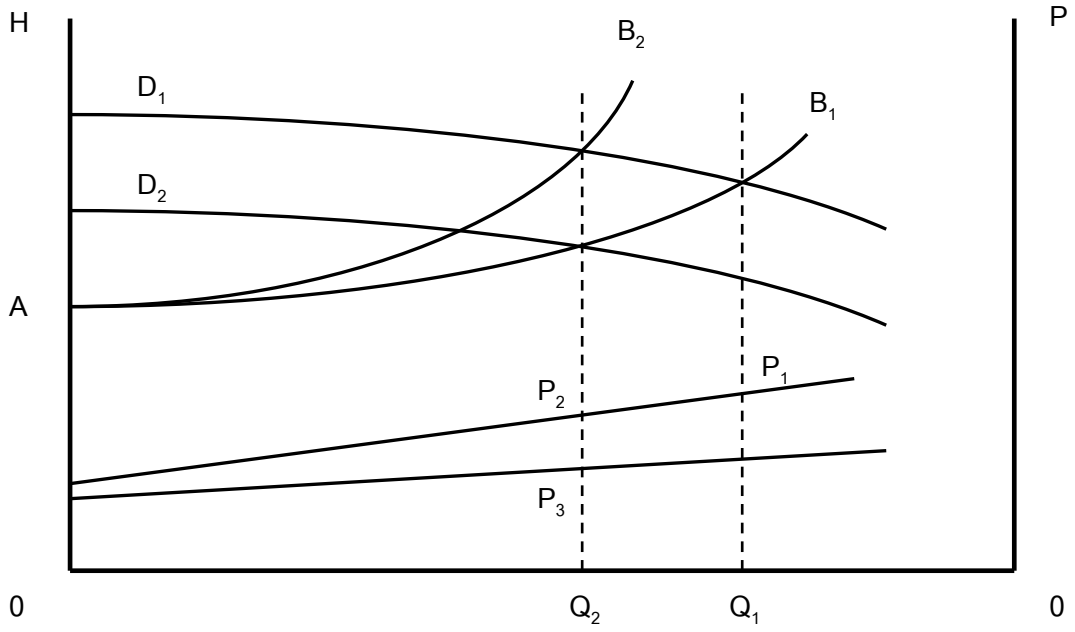
2. การลดขนาดของเครื่องสูบให้เหมาะสมกับโหลด ข้อดี อัตราการไหลตรงกับความต้องการ ข้อเสีย มีการลงทุนในการซื้อเครื่องสูบใหม่

3. การลดขนาดของมอเตอร์ ข้อดี มอเตอร์ใช้กระแสไฟน้อยลง ทำให้ประหยัดพลังงาน ข้อเสีย จุดคุ้มทุนในการเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่อาจนาน เมื่อเทียบกับผลประหยัด

4.การลดขนาดใบพัดเครื่องสูบ ข้อดี ลงทุนต่ำ ,ไม่ต้องเกี่ยวข้องกับระบบ ข้อเสีย อาจหาขนาดใบพัดที่ต้องการไม่ได้ จึงต้องมีการเจียรใบพัด ซึ่งหากทำไม่สมดุล เครื่องสูบจะสั่น และเกิดความเสียหายได้

การเปรียบเทียบวิธีหรี่วาล์วกับการลดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบพัด

จุดทำงานในตอนแรกของเครื่องสูบคือเส้นตัดกันระหว่างเส้นโค้งระบบ A-B_1 กับเส้นโค้งเครื่องสูบ D_1 ได้อัตราการไหลที่ Q_1 มีการใช้กำลังงาน P_1 ดังแสดงในรูปที่ 1.3 ถ้าหากต้องการลดอัตราการไหลมาที่ตำแหน่ง Q_2 ด้วยวิธีหรี่วาล์ว จะทำให้เส้นโค้งระบบเปลี่ยนเป็น A-B_2 มีการใช้กำลังงาน P_2 ซึ่งจะทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน แต่มีอีกวิธีหนึ่งที่ให้ผลการประหยัดพลังงานมากกว่าการหรี่วาล์ว คือ การลดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบพัดเครื่องสูบ ซึ่งจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเส้นโค้งระบบ แต่จะเปลี่ยนแปลงเส้นโค้งเครื่องสูบ มาที่ตำแหน่ง D_2 จุดตัดกันระหว่างเส้นโค้งระบบ A-B_1 กับเส้นโค้งเครื่องสูบที่ D_2 มีการใช้กำลังงาน P_3 โดยได้อัตราการไหลที่ Q_2 เหมือนกัน แต่ผลการใช้กำลังงานน้อยกว่า P_1 และ P_2 [2]



รูปที่ 1.3 การลดอัตราการไหลโดยการหรี่วาล์วกับการลดขนาดใบพัด

กฎความคล้ายของเครื่องสูบ (Pump Affinity Laws) เป็นการวิเคราะห์คุณลักษณะที่คล้ายกันภายใต้สภาวะที่เหมือนกัน เช่น รูปร่าง (Geometric Similarity), ลักษณะการเคลื่อนที่ (Kinetics Similarity), แรงที่กระทำ (Dynamic Similarity) สมมุติประสิทธิภาพเครื่องสูบเท่าเดิม การไหลในเครื่องสูบมีลักษณะคล้ายกัน โดยสามารถหาความสัมพันธ์ของเส้นผ่าศูนย์กลาง D อัตราการไหล Q เฮด H และกำลังงาน P ซึ่งค่าทั้งหมดคำนวณได้จากกฎความคล้ายของเครื่องสูบ โดยวิธีการหาขนาดใบพัดเครื่องสูบ D จะใช้ทฤษฎีกฎความคล้ายของเครื่องสูบ (Pump Affinity Laws) แต่เนื่องจากมีสมการกฎความคล้าย 3 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 [3] สมการที่ (1) – (3)

FLOWRATE $$\frac{Q'}{Q}=\left(\frac{D_2}{D_1}\right) \quad (1)$$

HEAD $$\frac{H'}{H}=\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 \quad (2)$$

POWER $$\frac{P'}{P}=\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3 \quad (3)$$

ชุดที่ 2 [4] สมการที่ (4) – (6)

FLOWRATE $$\frac{Q'}{Q}=\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3 \quad (4)$$

HEAD $$\frac{H'}{H}=\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 \quad (5)$$

POWER $$\frac{P'}{P}=\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^5 \quad (6)$$

ชุดที่ 3 [5] สมการที่ (7) – (9)

FLOWRATE $$\frac{Q'}{Q} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 \quad (7)$$

HEAD $$\frac{H'}{H} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 \quad (8)$$

POWER $$\frac{P'}{P} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4 \quad (9)$$

เมื่อ

D_1 = เส้นผ่าศูนย์กลางเดิม D_2 = เส้นผ่าศูนย์กลางใหม่

Q = อัตราการไหลเดิม Q' = อัตราการไหลใหม่

H = เฮดเดิม H' = เฮดใหม่

P = กำลังงานเดิม P' = กำลังงานใหม่

กำหนดให้

Affinity 1 คือ สมการที่ (1) - (3)

Affinity 2 คือ สมการที่ (4) - (6)

Affinity 3 คือ สมการที่ (7) - (9)

เนื่องจากยังไม่มีการพิสูจน์ว่าสมการชุดใดถูกต้อง ผลประหยัดพลังงานจากการลดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบพัด จึงยังไม่แน่ชัดว่าเป็นเท่าไร วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ การหาสมการที่ถูกต้อง โดยจะใช้วิธีคำนวณจากสมการกฎความคล้ายของเครื่องสูบทั้ง 3 ชุด และการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับสมการกฎความคล้ายของเครื่องสูบทั้ง 3 ชุด เปรียบเทียบกับค่าจริงที่ได้จากการทดสอบ