Module CP-1
สาระน่ารู้เกี่ยวกับปั๊ม
Basic of Centrifugal and Positive Displacement Pump

ในชีวิตประจำวันของเรามักเห็นการเคลื่อนที่ของของเหลวอย่างเป็นธรรมชาติ เช่น น้ำตก ไหลจากหุบเขาสูงลงสู่ที่ต่ำไหลไปรวมกับแม่น้ำลำธาร หรือแม้แต่การรินน้ำดื่มลงแก้ว ต้องอาศัยแรงที่กระทำกับของเหลว หรือพูดอย่างง่าย คือ*ของเหลวจะไหลจากที่สูงลงที่ต่ำและไหลจากจุดที่มีความดันสูงไปยังจุดที่มีความดันต่ำ* แต่ในทางกลับกันหากต้องการให้ของเหลวไหลจากที่ต่ำไปสู่ที่สูง หรือต้องการให้ของเหลวไหลจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งตามอัตราการไหลที่ต้องการจำเป็นต้องมีอุปกรณ์มาช่วย นั่นคือ *ปั๊ม (Pump) ซึ่งเป็นเครื่องมือกลที่ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลวนั้นไหลผ่านระบบท่อปิดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ตามต้องการ* โดยพลังงานที่นำมาเพิ่มให้แก่ของเหลว ได้มาจาก มอเตอร์ เครื่องยนต์ แรงลม แรงคน หรือพลังงานอื่น ๆ

การแยกประเภทปั๊ม สามารถแบ่งได้หลายประเภท ในที่นี้*แบ่งตามลักษณะการขับดันของเหลวในเครื่องสูบ* ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ *1. ปั๊มแบบไม่แทนที่ (Non- Positive Displacement Pump)* ทำงานโดยไม่อาศัยหลักการแทนที่ของเหลว ปกติใช้งานในความดันต่ำ อัตราไหลสูง เช่น ปั๊มประเภทอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Pump) และ 2. *ปั๊มแบบปริมาตรแทนที่ (Positive Displacement Pump)* ทำงานโดยอาศัยหลักการแทนที่ของของเหลวในห้องสูบด้วยการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนของเครื่องสูบ *โดยจะจ่ายของไหลด้วยปริมาตรที่แน่นอนค่าหนึ่ง ต่อการหมุนรอบหนึ่งของเพลา* สามารถรับความดันที่สูงขึ้นในระบบได้ดี โดยปั๊มประเภทนี้รวมแบบโรตารี่ (Rotary) เช่น Gear pump, Vane Pump, Lope Pump, Screw Pump และแบบลูกสูบชัก (Reciprocating) เช่น Diaphragm Pump, Piston Pump เข้าอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

ซึ่งในบทความนี้จะกล่าวหลักการทำงาน ข้อดี และข้อจำกัดของ ปั๊มหอยโข่ง (Centrifugal Pump) และปั๊มแบบปริมาตรแทนที่ (Positive displacement pump) รายละเอียด ดังนี้

ปั๊มหอยโข่ง (Centrifugal Pump) เป็นอุปกรณ์ทางกลที่ออกแบบมาเพื่อเคลื่อนย้ายของเหลวโดยการถ่ายโอนพลังงานหมุนเวียนจากโรเตอร์ (Rotor) หรือใบพัด (Impeller) ที่ขับเคลื่อนด้วยหนึ่งตัวหรือมากกว่า ของเหลวไหลเข้าสู่ใบพัดที่หมุนอย่างรวดเร็วตามแนวแกน และถูกเหวี่ยงออก โดยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) ตามเส้นรอบวง ผ่านปลายของใบพัด ใบพัดจะเพิ่มความเร็ว และแรงดันของของไหลพาไปยังทางส่งของปั๊ม *ตัวเรือนปั๊มได้รับการออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อบีบของเหลวจากทางเข้าของปั๊ม ส่งไปยังใบพัด จากนั้นชะลอความเร็วและควบคุมของเหลวก่อนส่งออกจากปั๊ม (ด้วยการออกแบบตัวเรือนปั๊มแบบนี้เราจึงเรียกปั๊มแบบนี้ว่าปั๊มหอยโข่งตามลักษณะตัวเรือนปั๊ม)*

หลักการทำงานของปั๊ม

ชิ้นส่วนที่หมุนอยู่ภายในเรือนปั๊มเรียกว่าโรเตอร์หรือใบพัด จะเป็นตัวทำให้เกิดการขับดันของไหล ตัวแพร่กระจายน้ำ (Diffuser) เป็นส่วนที่อยู่กับที่ ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนเฮดความเร็ว (Velocity head) เป็นความดันสถิตย์ (Static pressure) ของไหลที่ถูกสูบจะไหลผ่านเข้าสู่ช่องทางเข้าซึ่งขนานกับแกนเพลาแล้วถูกเหวี่ยงออกไปตามแนวรัศมีของใบพัดหรือโรเตอร์

กลไกการส่งผ่านพลังงานในโรเตอร์หรือใบพัด เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของของไหล ก่อให้เกิดความแตกต่างความดันภายในระบบ ทำให้เกิดการไหลในแนวเส้นรอบวง (Tangentail flow) ซึ่งส่งผลให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugul force) ขึ้น และด้วยแรงนี้จะทำให้เกิดการไหลจากจุดศูนย์กลางของใบพัดออกไปสู่แนวเส้นรอบวงทุกทิศทางออกไปทางท่อส่ง ดังนั้น *ของไหลที่ถูกขับออกมาก็จะมีทิศทางการไหลที่เกิดจากผลรวมของแรงทั้งสอง*

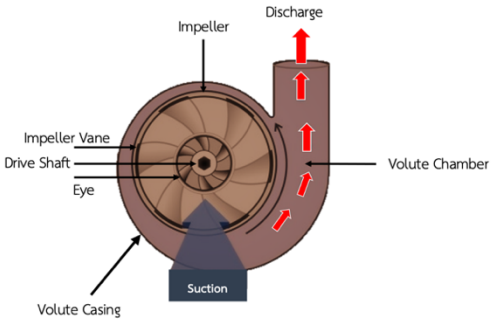
ใบพัด (Impeller) เป็นส่วนประกอบสำคัญของปั๊มหอยโข่ง ประกอบด้วยชุดใบพัดโค้ง ใบพัดจะเหมือนถูกประกบระหว่างแผ่นดิสก์ 2 แผ่น (ใบพัดแบบปิดหรือ Closed Impeller) และสำหรับของเหลวที่มีของแข็งควรใช้ใบพัดแบบเปิด (Open Impeller) หรือกึ่งเปิด (Semi-Open) ดังรูปที่ 1

(ก) ใบพัดแบบปิด

(ข) ใบพัดแบบกึ่งเปิด

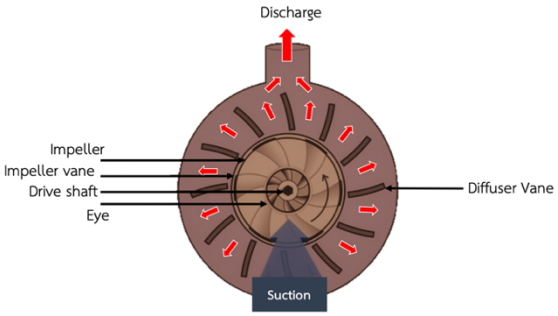
รูปที่ 1 ใบพัด (Impeller)

พื้นฐานของตัวเรือนปั๊มมีลักษณะการออกแบบได้ 2 แบบ ได้แก่ 1. แบบโวลูท (Volute) และ 2. แบบดิฟฟิวเซอร์ (Diffuser) จุดประสงค์ในการออกแบบของทั้ง 2 แบบคือ *สำหรับแปลงการไหลของของเหลวไปสู่การส่งแบบควบคุมความดัน* ในโครงรูปก้นหอยใบพัดจะถูกชดเชย ทำให้เกิดกรวยโค้งที่มีประสิทธิภาพพร้อมกับพื้นที่หน้าตัดที่เพิ่มขึ้นเมื่อถึงทางออกของปั๊ม การออกแบบนี้ทำให้แรงดันของเหลวเพิ่มขึ้นไปยังทางออก (รูปที่ 2)



รูปที่ 2

หลักการพื้นฐานเดียวกันนี้ใช้กับการออกแบบ diffuser แต่จะมีแผ่นกระจายของไหล (Guide vane) ติดอยู่รอบ ๆ เรือนของปั๊ม ยังทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการไหลของของไหล เพื่อที่จะทำให้เกิดความดันที่สูงขึ้น ในกรณีนี้ ความดันของของไหลจะเพิ่มขึ้น เมื่อของเหลวถูกส่งออกระหว่างชุดใบพัดที่อยู่นิ่งรอบ ๆ ใบพัด (รูปที่ 3) การออกแบบ diffuser สามารถปรับให้เหมาะกับการใช้งานเฉพาะ ดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพมากขึ้น กล่องก้นหอยเหมาะสำหรับการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับของแข็งหรือของเหลวที่มีความหนืดสูง เพื่อจะหลีกเลี่ยงข้อจำกัดของใบพัดแบบ diffuser ความไม่สมมาตรของการออกแบบก้นหอยอาจส่งผลให้ใบพัด และเพลาขับสึกหรอมากขึ้นอันเนื่องมาจากแรงกระทำตามแนวรัศมีที่กระทำต่อใบพัดมีค่ามากกว่าการออกแบบแบบ diffuser



รูปที่ 3

ปั๊มหอยโข่งทำงานโดยการถ่ายโอนพลังงานหมุนเวียนจากโรเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยหนึ่งตัวหรือมากกว่า เรียกว่าใบพัด โดยใบพัดจะเพิ่มความเร็ว และแรงดันของของเหลวแล้วพาไปยังทางออกของปั๊ม ด้วยการออกแบบที่เรียบง่าย ปั๊มหอยโข่งจึงเป็นที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายรวมไปถึงการบำรุงรักษาได้ง่าย

การออกแบบปั๊มแบบแรงเหวี่ยงเป็นวิธีการที่เรียบง่าย เหมาะสำหรับการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับของเหลวที่มีความหนืดต่ำ เช่น น้ำ ตัวทำละลาย หรือสารเคมี รวมไปถึงการใช้งานทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายน้ำ การหมุนเวียน การชลประทาน หรือการถ่ายโอนสารเคมีในโรงงานปิโตรเคมี และสำหรับการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับของเหลวที่มีความหนืดสูงควรใช้ปั๊มแบบปริมาตรแทนที่เชิงบวก เช่น น้ำมันที่มีความหนา และสารละลายที่มีเหนียวข้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่แรงดันสูง แต่ต้องการอัตราการไหลที่คงที่ตลอด

ปั๊มแบบปริมาตรแทนที่ (Positive displacement pump) ทำงานโดยอาศัยหลักการแทนที่ของเหลวในห้องสูบด้วยการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนของเครื่องสูบ ปั๊มชนิดนี้จ่ายของไหลด้วยปริมาตรที่แน่นอนค่าหนึ่ง ต่อการหมุนหนึ่งรอบของเพลา โดยสามารถรับความดันที่เพิ่มขึ้นในระบบได้ดี การทำงานของปั๊มชนิดนี้ใช้หลักการอัด และบีบตัวของเหลวไปเรื่อย ๆ *โดยอัตราการไหลจะคงที่ตลอด ถึงแม้ว่าความดันด้านขาออก (Discharge) จะมีการแปรผัน*

ปั๊มแบบปริมาตรแทนที่เชิงบวกสามารถแบ่งประเภทได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ โรตารี (Rotary) และลูบสูบชัก (Reciprocating)

1.) ปั๊มโรตารี (Rotary pump) *ปั๊มโรตารีทำงานโดยอาศัยหลักการแทนที่ของเหลวภายในห้องของตัวปั๊ม ด้วยการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วน ซึ่งหมุนเพื่อทำให้เกิดความแตกต่างของความดันภายในระบบ* ของเหลวจะถูกดูดเข้าและอัดทำให้เกิดแรงดันสูงขึ้นแล้วปล่อยออกมาทางด้านปล่อย ชิ้นส่วนที่หมุนดังกล่าวเรียกว่า โรเตอร์ การหมุนของโรเตอร์ จะก่อให้เกิดการแทนที่ของของเหลวขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ของไหลที่ไหลผ่านปั๊มมีอัตราการไหลอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา *ปั๊มชนิดนี้จะมีอัตราการสูบต่ำกว่าปั๊มประเภทอื่น ๆ* เนื่องจากอัตราการแทนที่ของเหลวมีค่าต่ำโดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพประมาณ 80-85 % ขึ้นอยู่กับการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน และคุณลักษณะของของไหลที่ใช้สูบ โดยปั๊มโรตารีสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้แก่ แบบเกียร์ (Gear pump) และแบบเกลียว (Screw pump)

1.1) ปั๊มโรตารีแบบเกียร์ (Gear pump) นิยมใช้กันแพร่หลาย ของเหลวจะถูกสูบด้วยอัตราคงที่ ทำให้การไหลเป็นไปอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เหมาะกับงานที่ต้องการสูบของเหลวที่มีความหนืดสูง ภายในตัวเรือนประกอบด้วยเฟืองเกียร์ 2 ตัว หมุนขบกันอยู่ซึ่งง่ายต่อการซ่อมแซม ทำความสะอาด และสามารถถอดประกอบได้ง่าย ประสิทธิภาพการทำงานของปั๊มประเภทนี้ค่อนข้างสูงเมื่อทำงานกับของไหลที่มีคุณสมบัติเป็นสารหล่อลื่น

1.2) ปั๊มโรตารีแบบเกลียว (Screw pump) ภายในปั๊มโรตารีแบบเกลียว (Screw) นี้ ภายในจะมีลักษณะเป็นเกลียวหมุนขบกัน การหมุนขบกันของเกลียวจะทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันขึ้นภายในระบบ ทำให้สามารถขับดันให้ของไหลเกิดการเคลื่อนที่ได้

2.) ปั๊มแบบเลื่อนชักหรือแบบลูกสูบ (Reciprocating pump) ปั๊มแบบเลื่อนชักจะมีลักษณะการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา โดยมีลูกสูบทำหน้าที่ในการอัดของไหลภายในกระบอกสูบให้มีความดันสูงขึ้น ด้วยการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาเหมาะสำหรับสูบของไหลในปริมาณที่ไม่มากนัก แต่ต้องการเฮดในระบบที่สูง ของเหลวที่ใช้ปั๊มประเภทนี้จะต้องมีความสะอาดเพียงพอที่ไม่ทำให้ชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ภายในกระบอกสูบเกิดการสึกหรอที่เร็วขึ้น การอัดตัวของของไหลแต่ละครั้งจะเป็นจังหวะ ตามการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของลูกสูบที่มีการเคลื่อนที่ไม่ต่อเนื่องกัน จึงทำให้การไหลของของไหลมีลักษณะเป็นห้วง ๆ (Pulsation)

สำหรับตัวอย่างของปั๊มชนิดนี้ได้แก่ ปั๊มเลื่อนชักแบบไดอะแฟรม (Diaphragm pump) ปั๊มชนิดนี้จะมีแผ่นไดอะแฟรมทำด้วยอโลหะซึ่งมีความหยุ่นตัว และแข็งแรงจะทำหน้าที่ในการดูด และอัดของไหลให้มีความดันสูงขึ้น แผ่นไดอะแฟรมจะถูกยึดติดอยู่กับที่ นิยมใช้กับงานที่อัตราการสูบไม่มากนัก และของไหลมีสารแขวนลอยปะปนมาด้วย

โดยทั่วไปแล้วการเลือกใช้ปั๊ม จะแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก สืบเนื่องมาจากความหนืดของของเหลวที่จะเป็นตัวกำหนด ได้แก่ ปั๊มหอยโข่ง (Centrifugal Pump) และปั๊มแบบปริมาตรแทนที่เชิงบวก (Positive Displacement)

โดยปั๊มหอยโข่งมักจะถูกระบุให้ใช้ สำหรับการสูบของเหลวที่มีความหนืดต่ำโดยอยู่ระหว่าง 0.1 - 200 cP และพบว่าเมื่อนำปั๊มหอยโข่งไปใช้งานกับของเหลวที่มีความหนืดสูง ๆ ปั๊มหอยโข่งจะมีประสิทธิภาพลดลงอย่างมาก อันเนื่องมาจากความต้านทานต่อการไหลที่มากขึ้นภายในตัวปั๊มเอง ซึ่งพบว่าพบว่าในโรงงานทั่วไป 90% ของปั๊มที่ใช้จะเป็นปั๊มหอยโข่ง อย่างไรก็ตามมีการใช้งานหลายประเภทที่ต้องการปั๊มแบบปริมาตรแทนที่เชิงบวก

ข้อจำกัดเพิ่มเติมของปั๊มหอยโข่งคือ ปั๊มแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางไม่สามารถสร้างแรงดูดได้เมื่อไม่มีของเหลวอยู่เต็มในเรือนปั๊ม (Run dry) ซึ่งต่างจากปั๊มแบบปริมาตรแทนที่เชิงบวก (Positive displacement) ที่สามารถทำได้ ดังนั้นการใช้งานปั๊มหอยโข่งจะต้องเตรียมการเบื้องต้น ด้วยการบรรจุของเหลวที่ต้องการสูบเข้าไปให้เต็มในเรือนปั๊มก่อนทำการสูบ ด้วยเหตุนี้ปั๊มหอยโข่งจึงไม่เหมาะกับการใช้งานใด ๆ ที่มีการจ่ายของเหลวแบบขาดช่วงเช่นกัน นอกจากนี้แล้วหากแรงดันที่ต้องการของระบบมีการแปรผัน ปั๊มหอยโข่งจะไม่สามารถสร้างความดันผันแปรได้ตามโดยรักษาอัตราการไหลให้คงที่ได้ ดังนั้น ในการใช้งานที่ต้องการความแม่นยำของอัตราการไหล ควรใช้ปั๊มแบบปริมาตรแทนที่เชิงบวก