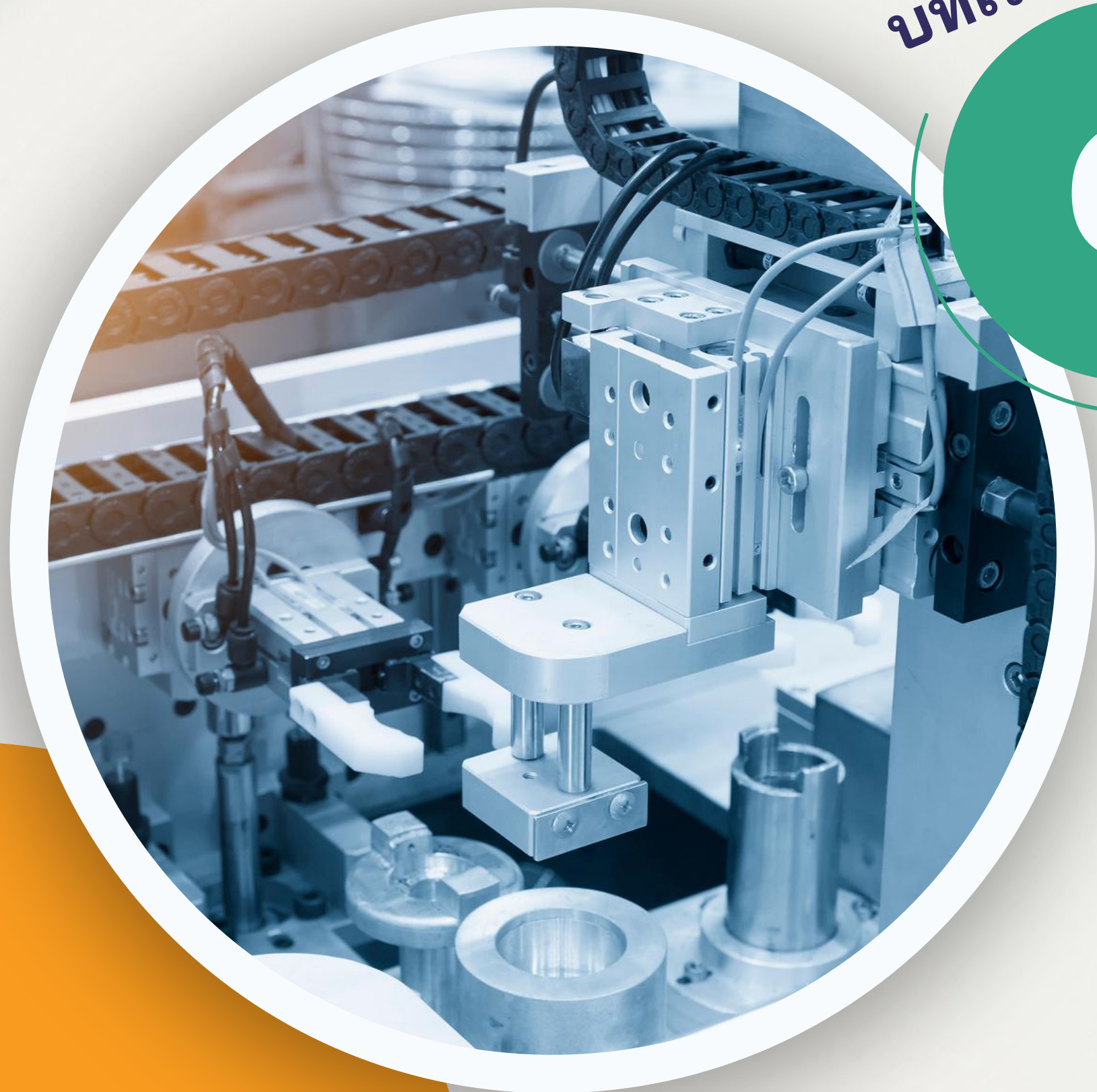


บทเรียนที่

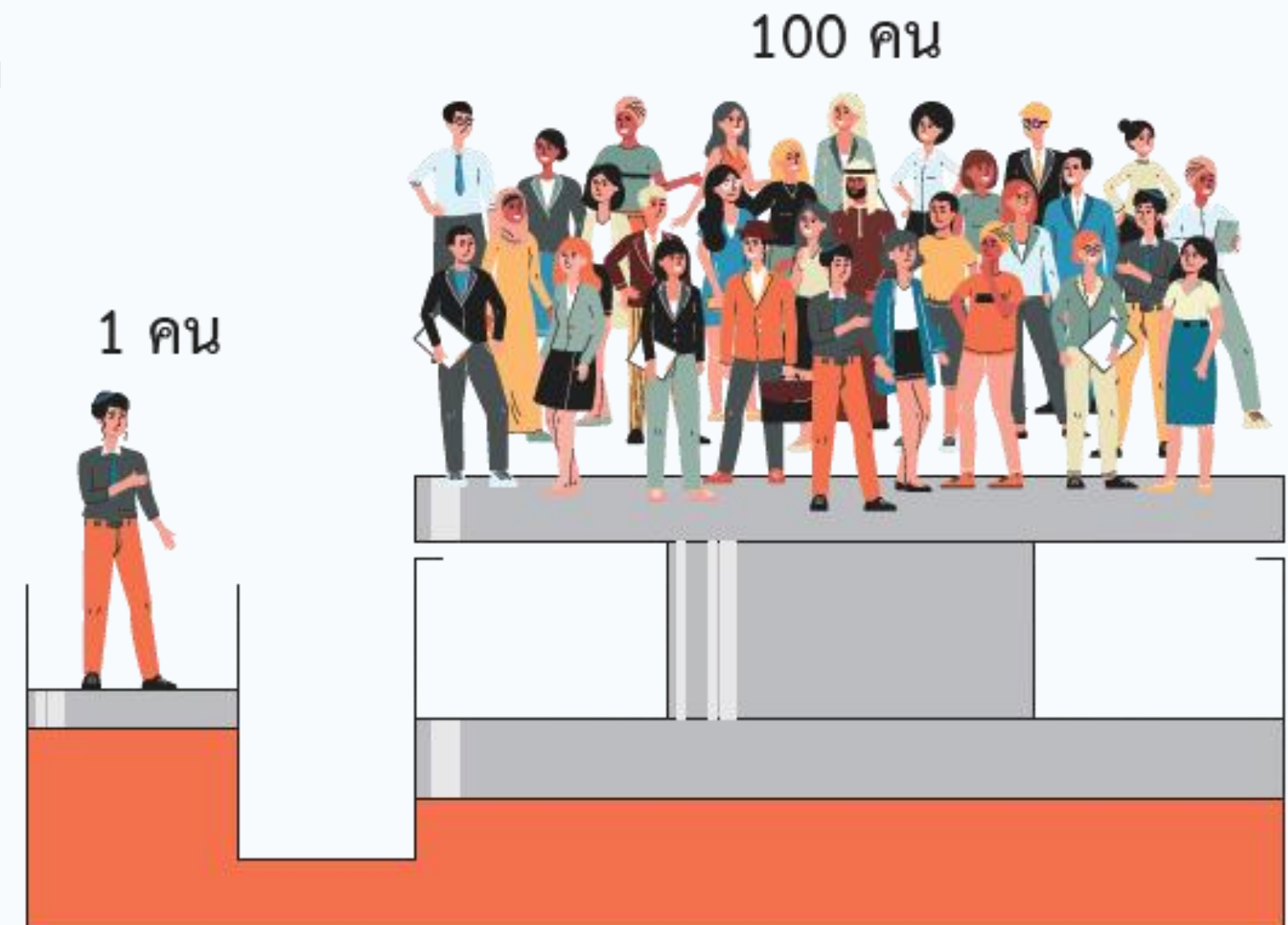
6

หลักการทำงาน ของระบบไฮดรอลิกส์





เบลส ปาสกาล (ค.ศ. 1623-1662)
นักคณิตศาสตร์และนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ได้ตั้งกฎของปาสกาล
ซึ่งเป็นหลักการทำงานของเครื่องอัดไฮดรอลิกส์
โดยอธิบายไว้ในหนังสือ *Traitez de l' Equilibre des liqueurs*
การทดลองของเขาสรุปได้ว่า เมื่อบรรจุน้ำในภาชนะ
ที่มีช่องเปิดสองช่องซึ่งมีขนาดต่างกันมาก
แรงเพียงเล็กน้อยที่กระทำต่อช่องขนาดเล็ก
จะสามารถสร้างแรงมหาศาลที่ช่องขนาดใหญ่ได้
ตัวอย่างเช่น แรงของคนเพียงคนเดียวที่กดลูกสูบเล็ก
จะสามารถยกวัตถุที่มีน้ำหนักมากกว่าถึง 100 เท่าได้
ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐานของเครื่องไฮดรอลิกส์





ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเอาระบบไฮดรอลิกส์มาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย โดยแบ่งตามของไหลที่นำมาเป็นตัวกลางในการส่งผ่านกำลังงานได้ 2 แบบ คือ

1

ไฮดรอลิกส์พลังน้ำ (Water Hydraulics)

การนำเอาพลังงานกลจากการไหล
ของน้ำมาใช้ประโยชน์
ซึ่งถือกำเนิดมาหลายศตวรรษแล้ว
เช่น การใช้พลังงานกล
จากเขื่อนเก็บน้ำ
การผลิตกระแสไฟฟ้า
การสูบน้ำจากกระหัดวิดน้ำ

2

ไฮดรอลิกส์น้ำมัน (Oil Hydraulics)

การนำเอาพลังงานกลจากการไหล
ของน้ำมันมาเป็น ตัวกลาง
ในการส่งถ่ายกำลังงาน
หรือใช้ประโยชน์ในการทำงาน
เช่น แม่แรงไฮดรอลิกส์ รถขุดตักดิน
รถยกของ ระบบเบรกในรถยนต์



จากระบบไฮดรอลิกส์ทั้ง 2 แบบที่กล่าวมา ไฮดรอลิกส์น้ำมันจะนิยมนำมาใช้ในระบบอุตสาหกรรมมากกว่า ดังนั้น ในบทเรียนนี้จะศึกษาเฉพาะแบบไฮดรอลิกส์น้ำมัน ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ 3 ระบบ คือ

1

**ระบบไฮดรอลิกส์
สำหรับงานอุตสาหกรรม
(Industrial Hydraulics
System)**

ตัวอย่างเช่น
เครื่องปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน
เครื่องกดอัด เครื่องฉีดพลาสติก

2

**ระบบไฮดรอลิกส์
สำหรับยานพาหนะ
(Mobile Hydraulics
System)**

ตัวอย่างเช่น
ระบบพวงมาลัย หรือบังคับเลี้ยว
ในรถยนต์ ระบบเบรกในรถยนต์

3

**ระบบไฮดรอลิกส์
สำหรับงานโยธาและขนส่ง
(Civil and Handling
Hydraulics System)**

ตัวอย่างเช่น
ระบบไฮดรอลิกส์ในรถดั้มพ์
รถขุดตักดิน รถยกของ รถบดอัดดิน



6.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบไฮดรอลิกส์

บล็อกไดอะแกรมนี้จะช่วยให้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบไฮดรอลิกส์ได้ง่ายยิ่งขึ้น เพราะระบบไฮดรอลิกส์ที่สมบูรณ์จะต้องมีองค์ประกอบที่ครบถ้วน ดังนี้

**ชุดต้นกำลังไฮดรอลิกส์
(Hydraulic
Power Unit)**

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ส่งจ่าย
ปริมาณน้ำมันและแรงดัน
น้ำมันให้กับอุปกรณ์ทำงาน

6.1.1

**การปรับค่าแรงบิด
ของอุปกรณ์ทำงาน
(Torque Force
Controller)**

ได้แก่
วาล์วควบคุมความดันน้ำมัน

6.1.2

**การควบคุมทิศทาง
ของอุปกรณ์ทำงาน
(Directional Control
Valve)**

ได้แก่
วาล์วควบคุมทิศทางน้ำมัน

6.1.3

**การควบคุมความเร็ว
ของอุปกรณ์ทำงาน
(Velocity Speed
Controller)**

ได้แก่
วาล์วปรับอัตราการไหล

6.1.4

**อุปกรณ์ทำงาน
(Actuator)**

อุปกรณ์ทำงาน
เพื่อให้ได้งานตามต้องการ
ได้แก่ กระบอกสูบไฮดรอลิกส์
มอเตอร์ไฮดรอลิกส์

6.1.5



6.2 ข้อดีและข้อด้อยของระบบไฮดรอลิกส์

6.2.1 ข้อดีของระบบไฮดรอลิกส์





6.2.2 ข้อดีของระบบไฮดรอลิกส์





6.3 หลักการทำงานพื้นฐานของระบบไฮดรอลิกส์

6.3.1 แรง, น้ำหนัก และสสาร (Force, Weight and Matter)

แรง คือ อำนาจอย่างหนึ่งซึ่งอาจเป็นการผลักหรือการดูดที่สามารถเปลี่ยนหรือพยายามที่จะเปลี่ยนสภาวะการหยุดนิ่งให้เกิดการเคลื่อนที่ หรือสภาวะการเคลื่อนที่ของวัตถุให้หยุดนิ่ง ถ้าวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่อยู่ แรงสามารถทำให้วัตถุนั้นเปลี่ยนความเร็วหรือทิศทางไปจากเดิมได้

น้ำหนักวัตถุหรือสสาร จะมีน้ำหนักตัวของมันเอง น้ำหนักที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลจากแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อสสารนั้น ดังนั้น วัตถุหรือสสารที่วางอยู่กับที่เสมือนหนึ่งว่าวัตถุนั้นถูกกระทำอยู่ตลอดเวลา แต่แรงที่มากกระทำนี้มีจำนวนน้อย วัตถุจึงคงรูปลักษณะเดิมอยู่ได้

ดังนั้น ของเหลวระบบไฮดรอลิกส์ที่อยู่ในถังน้ำมัน ในท่อทาง หรือส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบ จะมีน้ำหนักไม่ว่าของเหลวนั้นจะอยู่ในสภาวะนิ่งหรือเคลื่อนที่



6.3.2 งาน และกำลัง (Work and Power)

งาน คือ แรงที่ไปกระทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่แรงกระทำ
ดังนั้น จำนวนของงานจะแสดงอยู่ในรูปของแรงและระยะทาง ในระบบไฮดรอลิกส์
แรง คือ ความดันของของไหลที่กระทำกับพื้นที่หน้าตัด
ระยะทาง คือ ระยะที่ก้านสูบสามารถเคลื่อนที่ได้

งาน = แรง $\times$ ระยะทาง (มีหน่วยเป็น ฟุต $\cdot$ ปอนด์, กิโลกรัม $\cdot$ เมตร, นิวตัน $\cdot$ เมตร หรือจูล)

กำลัง คือ จำนวนของงานที่กระทำได้ในหน่วยของเวลา มีหน่วยเป็น ฟุต $\cdot$ ปอนด์/วินาที (ft $\cdot$ lbs/s),
กิโลกรัม $\cdot$ เมตร/วินาที (kg $\cdot$ m/s), นิวตัน $\cdot$ เมตร/วินาที (N $\cdot$ m/s) หรือวัตต์ (W)
โดยทั่วไปหน่วยของกำลังวัดเป็นแรงม้า (Horse Power: HP หรือวัตต์)



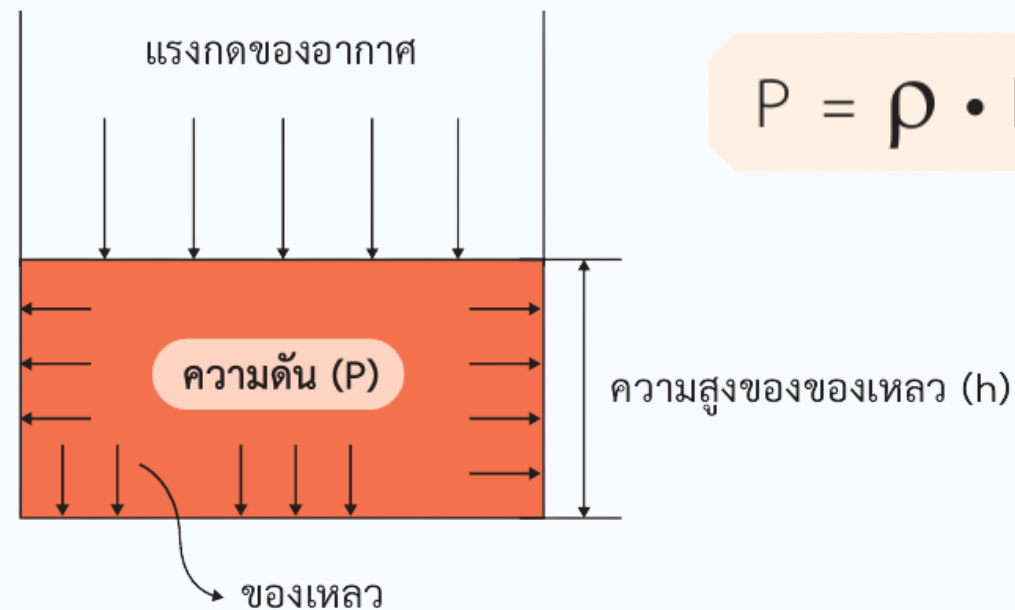
6.3.3 ความดัน (Pressure)

จำนวนของแรงที่ส่งไปกระทำในทิศทางที่ตั้งฉากกับพื้นที่ของวัตถุที่ขีดขวาง
การไหลของของเหลว ความดันแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1

ความดันที่เกิดจากน้ำหนักของตัวมันเอง

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาความดัน
ที่เกิดจากน้ำหนักของตัวมันเอง



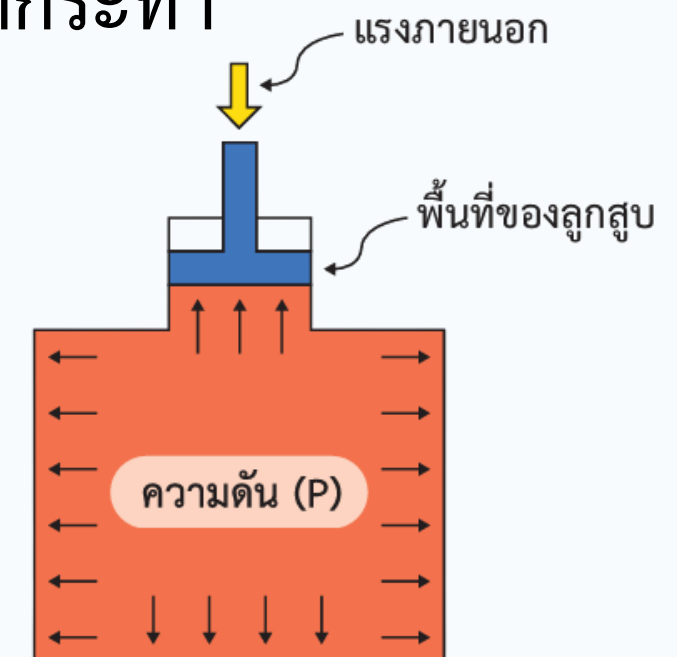
$$P = \rho \cdot h \cdot g$$

2

ความดันที่เกิดจากแรงภายนอกมากระทำ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาความดัน
ที่เกิดจากแรงภายนอกมากระทำ

$$P = \frac{F}{A}$$



และได้ตั้งเป็น กฎของความดันขึ้น ดังนั้น ความดันจึงใช้หน่วยเป็น ปาสกาล

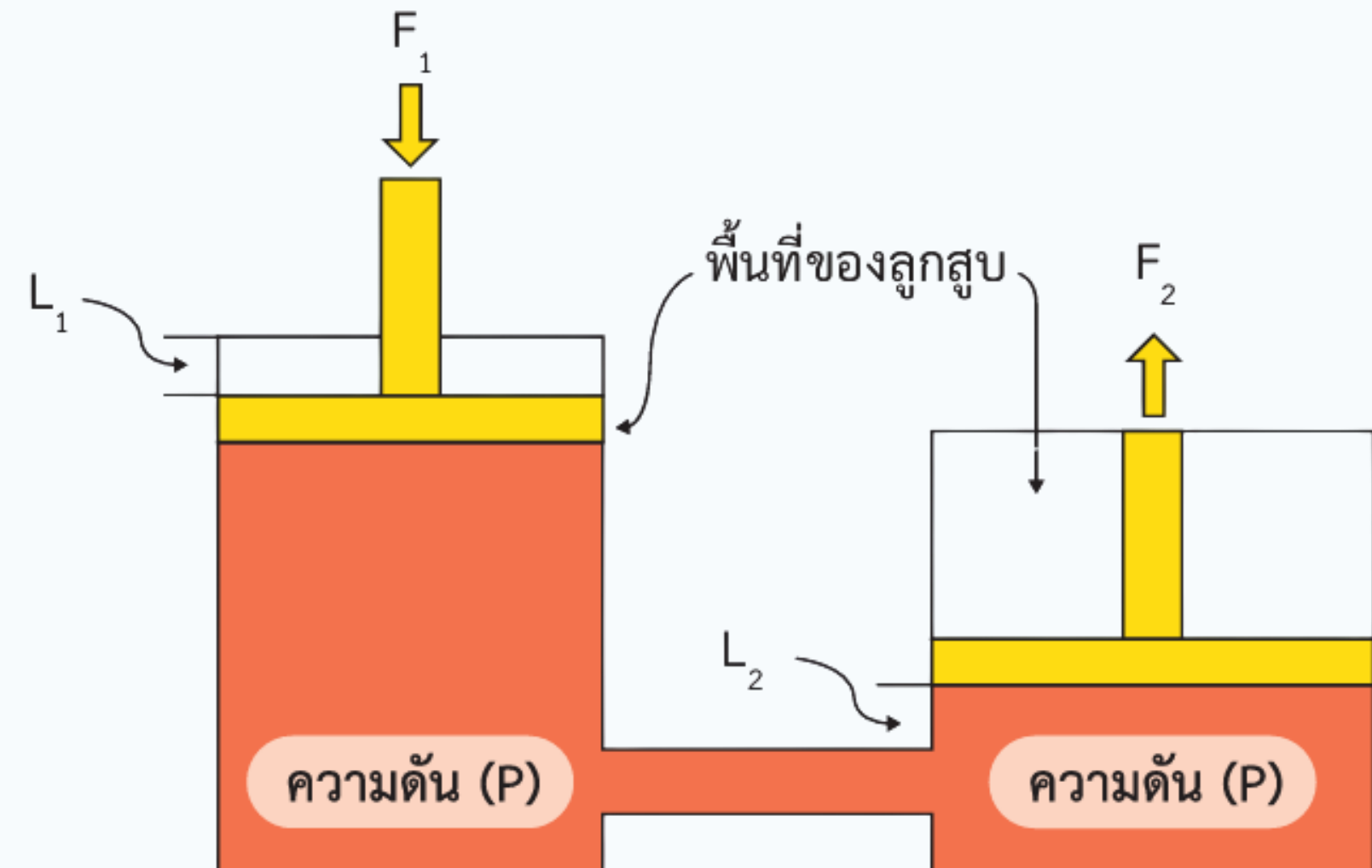
$$1 \text{ ปาสกาล (Pa)} = 1 \text{ N/m}^2$$



6.4 การคำนวณระยะทาง ความเร็ว และอัตราการไหลในระบบไฮดรอลิกส์

○ การส่งถ่ายกำลังและระยะทางการเคลื่อนที่

จากกฎของปาสกาลที่นิยามว่า
 “ความดันของของไหลที่อยู่นิ่ง ภายในภาชนะปิด
 จะมีค่าความดันที่กระทำ
 ต่อส่วนหนึ่งส่วนใดหรือทุกๆ ส่วนเท่ากัน”
 และรูปร่างของภาชนะจะไม่มีผลกับความดัน
 ซึ่งนำเอาหลักการมาใช้กับระบบไฮดรอลิกส์
 ที่มีกระบอกสูบสองชุดต่อถึงกัน
 โดยระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ
 จะแปรผกผันกับพื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ





6.5 การหาความเร็วของลูกสูบ

การคำนวณหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์ทำงาน โดยส่วนมากจะคำนวณหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกสูบในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ และความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ ซึ่งมีสมการในการคำนวณดังนี้ สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาความดันที่เกิดจากแรงภายนอกกระทำ

$$V_c = \frac{Q}{A}$$

เมื่อ	V_c	คือ	ความเร็วของลูกสูบ (cm/min (เซนติเมตรต่อนาที))
	Q	คือ	อัตราการไหลของน้ำมัน (l/min (ลิตรต่อนาที))
	A	คือ	พื้นที่หน้าตัดลูกสูบ (cm ² (ตารางเซนติเมตร))

พื้นที่ตอนลูกสูบเลื่อนออก

สูตร $A = \frac{\pi D^2}{4}$

พื้นที่ตอนลูกสูบเลื่อนเข้า

สูตร $A' = \frac{\pi(D - d)^2}{4}$



6.6 กฎของอัตราการไหล

อัตราการไหลหรือปริมาตรการไหล (Flow Rate) ของไหลที่กระทำได้ในหน่วยเวลา โดยทั่วไป อัตราการไหลใช้อักษรย่อ Q มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (m^3/s) หรือลิตรต่อนาที (l/min) และเมื่อมีปริมาตรการไหลของน้ำมันด้วยความเร็ว (v) ผ่านในท่อซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด (A)



$$Q = A \cdot V$$

อัตราการไหลของน้ำมันที่ไหลผ่านท่อ
เท่ากับความเร็วของน้ำมันคูณ
ด้วยพื้นที่หน้าตัดของท่อที่น้ำมันไหลผ่าน ดังสูตร

เมื่อ	Q	คือ	อัตราการไหลของน้ำมัน (m^3/min)
	V	คือ	ความเร็วในการไหล (m/s)
	A	คือ	พื้นที่หน้าตัดของท่อ (m^2)
เมื่อ	1 ลูกบาศก์เมตร	เท่ากับ	1,000 ลิตร



6.7 อัตราการไหลในมอเตอร์และปั๊มไฮดรอลิกส์

อัตราการไหลหรือปริมาตรการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกส์ที่กระทำได้ในหน่วยเวลา เมื่อนำมาประยุกต์ใช้สำหรับมอเตอร์ไฮดรอลิกส์หรือปั๊มไฮดรอลิกส์ (Flow Rate in Motor & Pump Hydraulics) จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่าง ๆ เช่นเดียวกับการไหลของของไหล แต่จะมีข้อแตกต่างกันดังนี้

พื้นที่หน้าตัด (A) เปลี่ยนเป็น ปริมาตร (V) ซึ่งมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อรอบ (m^3/rev)
เมื่อ rev ย่อมาจาก Revolution หมายถึง การหมุนครบหนึ่งรอบหรือตำแหน่งเริ่มรอบใหม่
ความเร็ว (V) เปลี่ยนเป็น ความเร็วรอบ (n) ซึ่งมีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที (rev/s)

ดังนั้น จากสมการ

$$Q = V \cdot A$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหลของน้ำมัน (l/min (ลิตรต่อนาที))

V คือ ปริมาตร (m^3/rev)

จะได้สมการใหม่นี้

$$Q = V \cdot n$$

n คือ ความเร็วรอบ (rev/s)



6.8 การคำนวณหาต้นกำลังของปั๊มไฮดรอลิกส์

ต้นกำลังของปั๊มไฮดรอลิกส์ (Input Power to Hydraulics Pump) ได้มาจากเครื่องยนต์ หรือมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อเปลี่ยนเป็นกำลังความดันของน้ำมันของปั๊มไฮดรอลิกส์ แล้วทำการควบคุมน้ำมันไฮดรอลิกส์ไปบังคับการทำงานของอุปกรณ์ทำงานต่างๆ ให้เป็นกำลังทางกลอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งกำลังงานที่ใช้ขับปั๊มไฮดรอลิกส์ในทางทฤษฎีสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Power}_{th} = Q \cdot P$$

เมื่อ	Power_{th}	คือ	กำลังงานที่ใช้ในการขับปั๊มในทางทฤษฎี (N • m/min, kW, hp)
	Q	คือ	ปริมาณการส่งจ่ายน้ำมันของปั๊ม (l/min)
	P	คือ	ความดันของน้ำมันที่ใช้งาน (N/m ² , bar)



แต่ในทางปฏิบัติ ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า (η_m)
และประสิทธิภาพของปั๊ม (η_p) ด้วย
โดยกำหนดค่าดังต่อไปนี้ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า (η_m)
มีค่า 80 เปอร์เซ็นต์
ประสิทธิภาพของปั๊ม (η_p) แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ
คือ ปั๊มใหม่มีค่า 80 เปอร์เซ็นต์ และปั๊มเก่ามีค่า 60 เปอร์เซ็นต์
ดังนั้น สูตรที่ใช้ในการคำนวณหา กำลังงานจริง
ที่ใช้ในการขับปั๊ม สามารถหาได้ดังนี้

$$\text{Power} = \frac{Q \cdot P}{\eta_m \cdot \eta_p}$$

