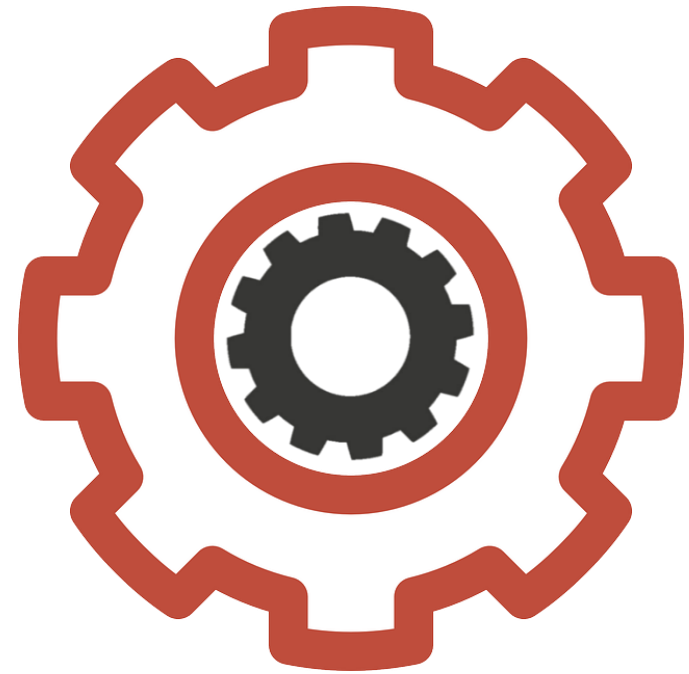


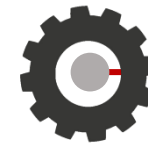


คุณสมบัติของการไหล (Properties of Fluids)





คุณสมบัติการไหลของของไหล จำเป็นอย่างยิ่งต้องศึกษาให้เข้าใจเกี่ยวกับคำจำกัดความต่างๆ เช่น ความหนาแน่น น้ำหนักจำเพาะ ปริมาตรจำเพาะ ความถ่วงจำเพาะ สมการบอกสถานะของก๊าซ อุดมคติ ความหนืด ความตึงผิว และความดันไอ ซึ่งเป็นพื้นฐานในวิชากลศาสตร์ของไหล เพื่อนำไปใช้ในหัวข้ออื่นๆ ได้เป็นอย่างดี



- | | | |
|----------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1. ของไหล | 5. น้ำหนักจำเพาะ | 9. ความหนืด |
| 2. องศาเอพ์ไอ | 6. ปริมาตรจำเพาะ | 10. ความตึงผิว |
| 3. ความหยุ่น | 7. ความถ่วงจำเพาะ | 11. ความดันไอ |
| 4. ความหนาแน่น | 8. สมการบอกสถานะของก๊าซอุดมคติ | 12. หน่วยที่ใช้ในกลศาสตร์ของไหล |



1. แสดงความรู้เบื้องต้นของคุณสมบัติของการไหล



1. อธิบายคำจำกัดความของคุณสมบัติต่างๆ ของการไหลให้ถูกต้อง
2. บอกหน่วยที่ใช้ในจำกัดความของคุณสมบัติต่างๆ ของของไหลได้ถูกต้อง
3. คำนวณหาค่าคุณสมบัติต่างๆ ของของไหลได้ถูกต้อง

กลศาสตร์ของไหล (Fluid Mechanics)

กลศาสตร์ของไหล (Fluid Mechanics) หมายถึง ของเหลวและก๊าซที่สามารถไหลได้โดยของเหลว ถ้าความดันเปลี่ยนไปจะทำให้ปริมาตร และความหนาแน่นเปลี่ยนไปเล็กน้อย เรียกของเหลวนี้ว่า ไม่ยุบตัว (Incompressible Fluid) ส่วนของก๊าซเมื่อความดันเปลี่ยนไป จะทำให้ปริมาตรและความหนาแน่นเปลี่ยนไปมาก เรียกของเหลวนี้ว่า ยุบตัวได้ (Compressible Fluid)

ของไหล (Fluid)

ของไหล (Fluid) หมายถึง สสารที่สามารถไหลได้โดยมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ ขณะอยู่ในสภาพสมดุลของไหลไม่สามารถรับแรงเฉือนได้ ของไหลทุกชนิดจะยุบตัวตามความกดดันได้เล็กน้อย แบ่งออกได้ดังนี้

- 1. ของไหลที่ยุบตัวตามความดัน (Compressible Fluid)

ของไหลที่ยุบตัวตามความดัน หมายถึง ของไหลชนิดที่เมื่อความดันเปลี่ยนแปลงปริมาตรของของไหลเปลี่ยนแปลงมาก และค่าความหนาแน่นเปลี่ยนแปลงมาก เช่น ก๊าซ จัดว่าเป็นของไหลยุบตัวตามความดัน

- 2. ของไหลที่ไม่ยุบตัวตามความดัน (Incompressible Fluid)

ของไหลที่ไม่ยุบตัวตามความดัน หมายถึง ของไหลชนิดที่เมื่อความดันเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไหลเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และค่าความหนาแน่นคงที่หรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เช่น ของเหลว จัดว่าเป็นของไหลที่ไม่ยุบตัวตามความดัน

องศาเอพีไอ (API)

องศาเอพีไอ (API) กำหนดขึ้นจากสถาบันปิโตรเลียมของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันปิโตรเลียมมีค่าเป็นจุดทศนิยมมาก ซึ่งมีความยุ่งยากจึงมีการตั้งค่าความถ่วงจำเพาะขึ้นในหน่วยใหม่ เรียกว่า องศาเอพีไอ โดยกำหนดว่าของไหลที่มีความถ่วงจำเพาะ 1.076 ที่ 60 °F มีค่า องศา API = 0 และน้ำมีความถ่วงจำเพาะ 1.000 ที่ 60 °F มีค่าองศา API = 10
จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างองศา API และค่าความถ่วงจำเพาะ ดังนี้

$$\text{องศา API} = \left[\frac{141.5}{\text{ความถ่วงจำเพาะของของไหลที่ 60 °F}} \right] - 131.5 \quad \dots 1.1$$

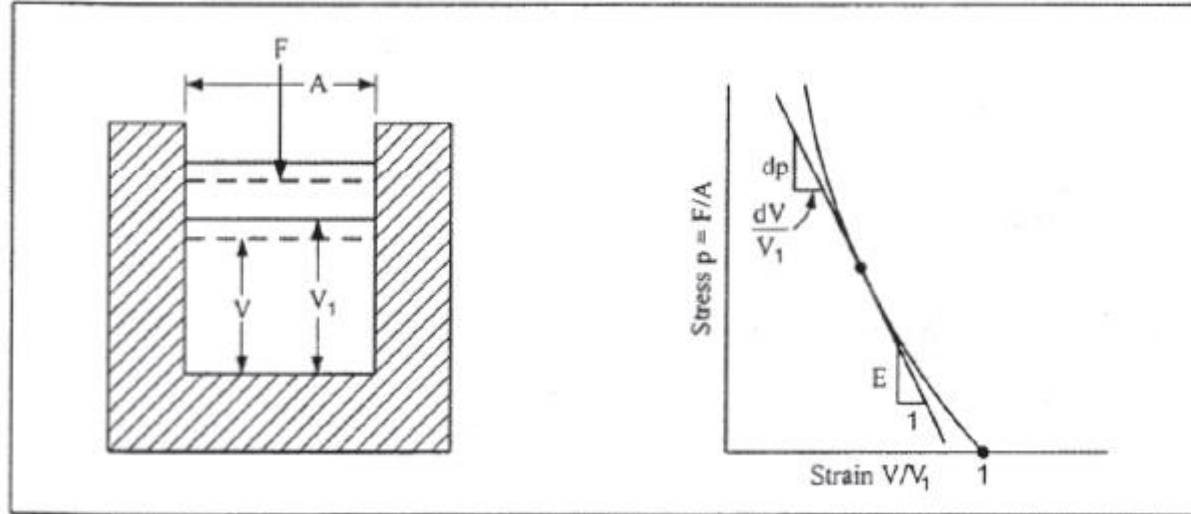
องศาเอพီไอ (API)

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบความถ่วงจำเพาะ และ องศาเอพီไอ

ชนิดของเหลว	ความถ่วงจำเพาะ	องศา API
น้ำกลั่น	1.00	10
น้ำมันก๊าด	0.840-0.820	36-40
น้ำมันหล่อลื่น	0.882-0.865	29-32

ความหยุ่น (Elasticity)

ความหยุ่น (Elasticity) หมายถึงของไหลทุกชนิดถูกอัดตัวจะทำให้เกิดพลังงานหยุ่น (Elastic Energy) ขึ้นภายในตัว ถ้าการเปลี่ยนรูปของพลังงานเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ของไหลที่ยุบจะขยายตัวกลับไปที่ปริมาตรดั้งเดิม เรียกว่า Modulus of Elasticity



ความหยุ่น (Elasticity)

พิจารณากระบอกสูบที่ทำด้วยของแข็ง ไม่มีการยืดหรือหดตัว ภายในบรรจุด้วยของไหล ปริมาตร V_1 ภายหลังมีการอัดลูกสูบด้วยแรง F ทำให้เกิดความดัน P ละทำให้ปริมาตรของของไหลในกระบอกสูบลดลง เขียนเป็นกราฟอยู่ในรูปความดันและอัตราการยุบตัว V/V_1 จะได้กราฟ Modulus of Elasticity

$$E = \frac{-dP}{dV/V}$$

$$E = \frac{-VdP}{dV}$$

... 1.2

ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นของสารใดๆ หมายถึง มวลสารนั้นต่อหน่วยปริมาตรของสารนั้น

$$\text{ความหนาแน่นของสารใด ๆ} = \frac{\text{มวลสารนั้น}}{\text{ปริมาตรของสารนั้น}}$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

... 1.3

โดย

ρ = ความหนาแน่นของสาร (kg/m^3)

m = มวลของสารนั้น (kg)

v = ปริมาตรของสารนั้น (m^3)

น้ำหนักจำเพาะ (Specific Weight)

น้ำหนักจำเพาะของสารใด ๆ หมายถึง แรงที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก ซึ่งกระทำกับของไหลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร

$$\text{น้ำหนักจำเพาะของสารใด ๆ} = \frac{\text{แรงที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก}}{\text{ปริมาตรของสารนั้น}}$$

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

... 1.4

โดย

γ = น้ำหนักจำเพาะของสาร (N/m^3)

W = แรงที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก (N)

V = ปริมาตรของสารนั้น (m^3)

ปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume)

ปริมาตรจำเพาะของสารใด ๆ หมายถึง ปริมาตรของสารนั้นต่อหนึ่งหน่วยของมวลสาร

$$v = \frac{V}{m}$$

... 1.5

โดย

v = ปริมาตรจำเพาะของสาร (m^3/kg)

V = ปริมาตรของสารนั้น (m^3)

m = มวลของสารนั้น (kg)

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

ความถ่วงจำเพาะของสารใดๆ หมายถึง อัตราส่วนของมวลสารของสารนั้น ต่อมวลของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน หรือ อัตราส่วนของความหนาแน่นของสารนั้นต่อความหนาแน่นของน้ำหรืออัตราส่วนของน้ำหนักจำเพาะของสารนั้นต่อน้ำหนักจำเพาะของน้ำ

$$S = \frac{m_{\text{สาร}}}{m_{\text{น้ำ}}} = \frac{\rho_{\text{สาร}}}{\rho_{\text{น้ำ}}} = \frac{\gamma_{\text{สาร}}}{\gamma_{\text{น้ำ}}} \quad \dots 1.6$$

โดย

S	=	ความถ่วงจำเพาะของสาร	$\rho_{\text{สาร}}$	=	ความหนาแน่นของสาร (kg/m^3)
$m_{\text{สาร}}$	=	มวลของสาร (kg)	$\rho_{\text{น้ำ}}$	=	ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)
$m_{\text{น้ำ}}$	=	มวลของน้ำ (kg)	$\gamma_{\text{สาร}}$	=	น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (N/m^3)
			$\gamma_{\text{น้ำ}}$	=	น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (N/m^3)

สมการบอกสถานะของก๊าซอุดมคติ (Characteristic Equation of Perfect Gas)

จากการทดลองของบอยล์และชาร์ลได้จัดเงื่อนไขของสถานะตัวหนึ่งในสามตัว คือ ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ มีค่าคงที่ ในขณะเดียวกันก็จะได้กฎแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอีกสองตัว จะพิจารณาในลักษณะที่ก๊าซเปลี่ยนสถานะโดยไม่มีตัวใด คือ ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ มีค่าคงที่ โดยก๊าซมีความดัน P_1 ปริมาตร V_1 และอุณหภูมิ T_1 แล้วปล่อยให้ก๊าซเปลี่ยนสถานะสุดท้ายเป็น P_2 V_2 และ T_2 จากกฎของบอยล์และกฎของชาร์ลจะบอกความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ คือ

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

สมการบอกสถานะของก๊าซอุดมคติ

(Characteristic Equation of Perfect Gas)

เมื่อเลข 1,2 ... แทนสมการใหม่ของก๊าซมวลเดียวกัน สำหรับมวลคงที่ของก๊าซใดๆ การเปลี่ยนแปลงสถานะเป็นไปตามสมการ

$$PV/T = \text{ตัวคงที่}$$

เมื่อใช้ก๊าซ 1 kg ตัวคงที่นิยมเขียนด้วยอักษร R ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Gas Constant สำหรับก๊าซ 1 kg จะได้

$$PV/T = R$$

ถ้ามีก๊าซ m กิโลกรัม ให้คูณตลอดในสมการ $PV/T = R$ จะได้

$$P(mV)/T = mR$$

แต่ mV คือ ปริมาตรของก๊าซทั้งหมดที่ใช้ =V เพราะฉะนั้น ก๊าซ m กิโลกรัม จะได้

$$PV/T = mR$$

$$PV = mRT$$

... 1.7

สมการนี้เรียกว่า สมการสถานะของก๊าซอุดมคติ

โดย R เป็นค่าคงที่ของก๊าซ (Gas Constant) R ของอากาศมีค่าเท่ากับ 267 J/kg.K

ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของของเหลวใดๆ หมายถึง ค่าความต้านทานต่อการเฉือนในเนื้อของของไหล

$$F = \frac{\mu A v}{y}$$

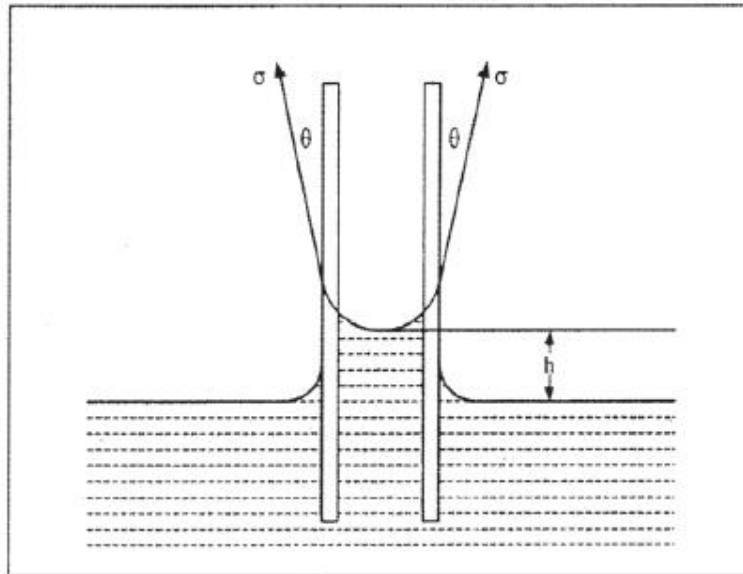
... 1.8

โดย	F	=	แรงกระทำภายนอก (N)
	μ	=	สัมประสิทธิ์ความหนืด $\text{N/m}^2 \cdot \text{s} = \text{Pa} \cdot \text{s}$
	A	=	พื้นที่ผิว (m^2)
	v	=	ความเร็วของการเคลื่อนที่ (m/s)
	y	=	ระยะห่างระหว่างชั้นงานที่จะสัมผัสกัน (m)

ความตึงผิว (Surface Tension)

ความตึงผิวของของเหลว หมายถึง การเกิดปรากฏการณ์ขึ้นที่ผิวของของเหลว ผิวอิสระ ของเหลวกับอากาศ แรงดึงขึ้นกับแรงดึงดูดในของเหลวมีค่าไม่เท่ากัน มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ แรงตึงผิวมีค่าน้อยลง เมื่ออุณหภูมิของเหลวนั้นสูงขึ้น

จากการทดลองโดยใช้หลอดแก้วปลายเปิดรูปทรงกระบอกจุ่มลงในของเหลวใด ๆ โดยของเหลวภายในหลอดแก้ว ปลายเปิดเป็นอิสระและอยู่ในสมดุล



ความตึงผิว (Surface Tension)

จะได้ว่า

แรงที่ดึงของเหลวขึ้นในหลอดแก้วปลายเปิด = น้ำหนักของของเหลวภายในหลอดแก้วปลายเปิด

$$(2\pi r\sigma) \cos\theta = \pi r^2 h \gamma$$

$$\sigma \pi d (\cos\theta) = \gamma \frac{\pi d^2}{4} \cdot h$$

$$h = \frac{4\sigma \cos\theta}{\gamma d}$$

... 1.9

โดย

h = ความสูงของของเหลวภายในหลอดแก้วที่สูงหรือต่ำกว่าระดับของของเหลวภายนอกหลอดแก้ว (mm)

σ = แรงตึงผิว มีหน่วยเป็น แรงต่อหน่วยความยาว (N/m)

γ = น้ำหนักจำเพาะของของเหลว (N/m²)

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดแก้ว

θ = มุมที่ของเหลวสัมผัสกับหลอดแก้ว เนื่องจากแรงตึงผิว (เป็นองศา)

ความตึงผิว (Surface Tension)

ตารางที่ 1.2 แรงตึงผิวของน้ำ

อุณหภูมิ °C	แรงตึงผิว (mN/m)
0	75.6
10	74.2
20	72.8
30	71.2
40	69.6
60	66.2
80	62.6
100	58.9

ความดันไอ (Vapor Pressure)

ความดันไอ หมายถึง ของเหลวที่กลายเป็นไอได้โดยการให้ความร้อนแก่ของเหลวนั้น และมีความดันเกิดขึ้นได้ ณ อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ถ้าความดันเหนือผิวของของเหลวมีค่าต่ำกว่าความดันไออิ่มตัวของเหลวจะกลายเป็นไอ

ตารางที่ 1.3 ค่าความดันไออิ่มตัวของของเหลวที่อุณหภูมิ 20 °C

ของเหลว	ความดันไอ Pa,abs.
น้ำ	2,340
น้ำมันก๊าด	3,200
น้ำมันเบนซิน	55,000
ปรอท	0.17

หน่วยที่ใช้ในกลศาสตร์ของไหล

(Units used in Fluid Mechanics)

คุณสมบัติของของไหล	หน่วย SI/UNITS
ความหนาแน่น, ρ	Kg/m^3
น้ำหนักจำเพาะ, γ	N/m^3
ปริมาตรจำเพาะ, v	m^3/kg
ความถ่วงจำเพาะ, s	-
ค่าคงที่ของก๊าซ, R	J/kgK
สัมประสิทธิ์ความหนืด, μ	$\frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2} = \text{Pa}\cdot\text{s}$
แรงตึงผิว, σ	N/m
ความเร็ว, V	m/s
อัตราเร่ง, a	m/s^2

ตัวอย่าง

วิธีทำ สารชนิดหนึ่งมีแรงที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก 70 N มีปริมาตร 25 m³ จงหาน้ำหนักจำเพาะของสารนั้น

จากสูตร $\gamma = \frac{W}{V}$

โดย $\gamma =$ น้ำหนักจำเพาะของสารนั้น

$W =$ แรงที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก = 70 N

$V =$ ปริมาตรของสาร = 25 m³

ดังนั้น $\gamma = \frac{70 \text{ N}}{25 \text{ m}^3}$

$\gamma = 2.8 \text{ N/m}^3$

ตอบ

