ใบงานที่ 10

วิชา เครื่องวัดอุตสาหกรรมและควบคุมเบื้องต้น **รหัสวิชา** 20104-2115

ชื่อหน่วย เครื่องวัดและควบคุมความดัน

- ความดันและหน่วยวัดความดัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. จุดประสงค์ทั่วไป /บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง

1.1 เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจความหมายของความดัน รู้จักหน่วยความดัน ความแตกต่างของความดันบรรยากาศกับความดันเกจ มีทักษะในการแปลงต่าตัวเลขของความดัน

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง

2.1 เขียนสมการของความดันได้

2.2 เขียนหน่วยของความดันระบบ เมตริก อังกฤษ และ S.I. ได้

2.3 แปลงค่าตัวเลขของความดันตามระบบมาตรฐาน เมตริก อังกฤษ และ S.I. ได้

เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ PC หรือ Note Book 1 เครื่อง

รายการสอน

แรงดันและความดัน

แรงดัน (Pressure, P) คือค่าที่บอกถึงจำนวนแรง (Force, F) หรือน้ำหนัก (Weight, W) ที่กดลงในทิศทางที่ตั้งฉากกับพื้นที่มีหน่วยเป็น

แรงต่อพื้นที่ เช่น นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2), กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm^2), ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (Psi) เป็นต้น

จากนิยามความดันโดยทั่วไป ความดัน หมายถึง แรงที่กระทำบนพื้นที่หนึ่งตารางหน่วยในแนวตั้งฉากกับพื้นที่นั้น หรือ แรงดันในหนึ่งหน่วยพื้นที่

ในระบบ SI ความดัน มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) ซึ่งมีชื่อเรียกว่า “ปาสคาล” (pascal) นั่นคือ 1 pascal = 1 Pa = 1 N/m^2

(บางครั้งเราอาจพบหน่วย ปอนด์ต่อตารางนิ้ว: lb/in^2) แต่ 1 Pa เป็นขนาดที่เล็กมาก โดยทั่วไปเรามักพบขนาด 10^{5} Pa ซึ่งเรียกว่า 1 bar

ดังนั้น 100 Pa คือ 1 millibar

กำหนดให้

F = แรงดันบนพื้นที่ทั้งหมด (หน่วยนิวตัน)

A = พื้นที่ที่รองรับแรงดัน (หน่วยตารางเมตร)

P = ความดัน (หน่วยนิวตัน / ตารางเมตร) N/m^2 หรือ (พาสคัล) Pa

เราอาจสรุปลักษณะความดันในของเหลว ได้ดังนี้

1. ของเหลวที่บรรจุอยู่ในภาชนะ จะออกแรงดันต่อผนังภาชนะที่สัมผัสกับของเหลวในทุกทิศทาง โดยจะตั้งฉากกับผนังภาชนะเสมอ

2. ทุก ๆ จุดในของเหลว จะมีแรงดันกระทำต่อจุดนั้นทุกทิศทุกทาง

จากนิยาม **ความดัน (P) = F/A**

ดังนั้นจะได้ว่า $P = \rho g h$

และจากการทดลอง p = krh จะได้ว่า k ก็คือ g นั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกัน ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า **"สำหรับของเหลวที่อยู่นิ่ง ณ อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ความดันของของเหลวจะแปรผันตรงกับความลึกและความหนาแน่นของของเหลวเสมอ"** (ไม่ขึ้นอยู่กับรูปร่างของภาชนะหรือปริมาตรของของเหลว)

ถ้าจะกล่าวให้ง่ายขึ้น หรือเปล่า นะ เมื่อความดันคือแรงที่กระทำบนพื้นที่ และแรงในที่นี้หมายถึงน้ำหนักของวัตถุล่ะ

ความดันที่เกิดจากน้ำหนักวัตถุ เช่น รองเท้าส้นสูงของผู้หญิงทำให้เกิดความดันกดบนพื้นมากกว่ารองเท้าพื้น แบน

เพราะน้ำหนักของผู้ที่สวมจะกดลงบนพื้นที่ที่เล็ก ทำให้เกิดความดันที่มากกว่ารองเท้าพื้นแบนซึ่งน้ำหนักจะกระจายไปเป็นที่ กว้างกว่า ทำให้มีความดันน้อยกว่า

P = F/A

P = mg/A

ข้อสังเกต ความดันที่เกิดจากแรงกดจะแปรผันตรงกับน้ำหนักวัตถุ แต่จะแปรผกผันกับพื้นที่ที่น้ำหนักกดลงไป

ความดันของของเหลว ความดันของเหลวจะขึ้นอยู่กับระดับความลึกและความหนาแน่น เช่น เมื่อผู้ที่ว่ายน้ำดำน้ำลงไปก้นสระน้ำ

ความดันก็คือน้ำหนักของน้ำที่อยู่เหนือผู้ดำน้ำทั้งหมด ยิ่งดำลึกเท่าไรก็ยิ่งมีความดันมากเท่านั้น และหากเปลี่ยนจากน้ำกลายเป็นของเหลวที่มีความหนาแน่นมากกว่า

เช่น น้ำทะเล ความดันก็จะเพิ่มมากขึ้น

สรุปได้ว่า

1. ของเหลวชนิดเดียวกัน ที่ความลึกเท่ากันจะมีความดันของของเหลวเท่ากัน

2. ความดันของของเหลวขึ้นอยู่กับความลึกและความหนาแน่นของของเหลว โดยมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรง

ความดันเกจและความดันสัมบูรณ์ของของเหลว

ปกติเราจะตั้งเครื่องมือให้อ่านความดันได้เป็นส่วนที่เกินจากความดันบรรยากาศ จึงเรียกว่า gauge pressure

ความดันบรรยากาศ (P_o) + ความดันเกจ (P_g) = ความดันสัมบูรณ์ (P)

atmospheric pressure + gauge pressure = absolute pressure

ส่วนความดันเนื่องจากน้ำหนักของของเหลว อาจเรียกว่า ความดันเกจ

ในการศึกษาความดันในของเหลว พบว่า เมื่อนำขวดน้ำพลาสติกมาเจาะรู ขนาดพอสมควร น้ำจะพุ่ง ออกมาจากรูที่เจาะไว้

สถานการณ์จำลองข้างล่าง แสดงว่ามีแรงกระทำต่อน้ำในภาชนะเมื่อภาชนะมีรูเปิด แรงนี้จะดันน้ำให้พุ่งออกมาซึ่งมีทิศตั้งฉากกับผนังภาชนะที่ตำแหน่งรูเปิดเสมอ

ไม่ว่าผนึกจะอยู่ในแนวใด เราเรียกขนาดของแรงในของเหลวที่กระทำตั้งฉากต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยของผนังภาชนะว่า ความดันในของเหลว

รูป แสดงการศึกษาความดันในของเหลว

การแบ่งประเภทของความดันในของเหลว แบ่งได้เป็นความดันเกจและความดันสมบูรณ์ของของเหลว

1. ความดันสมบูรณ์ของของเหลว ณ จุดใดๆ มีค่าเท่ากับผลรวมของความดันอากาศกับความดันเนื่องจากน้ำหนักของของเหลวที่จุดนั้น

ถ้ากำหนดให้

P_g = ความดันเนื่องจากน้ำหนักของของเหลว

P_0 = ความดันบรรยากาศที่ผิวหน้าของของเหลว

P = ความดันสมบูรณ์ของของเหลว

จะได้ว่า $P = P_o + P_g$

หรือ $P = P_o + \rho gh$

2. ความดันเกจ (P_g) หมายถึง ความดันที่เกิดจากน้ำหนักของของเหลว หรือหมายถึงความดันที่เป็นผลต่างของความดันสมบูรณ์ของของเหลวที่ตำแหน่งนั้น
กับความดันอากาศปกติ

ถ้ากำหนดให้

P_g = ความดันเกจ

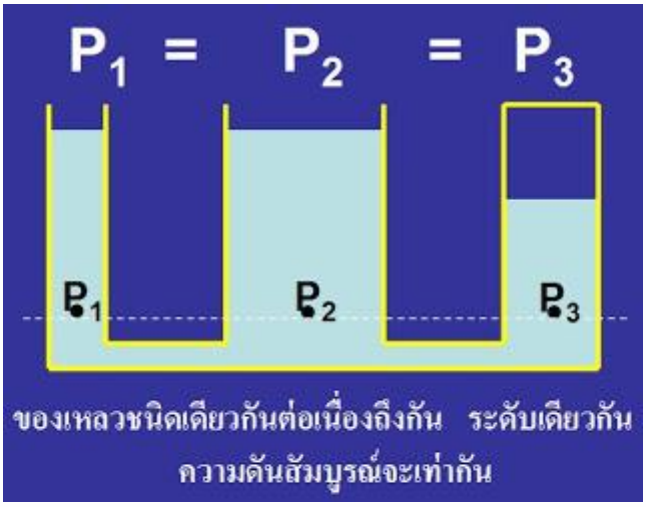
P = ความดันสมบูรณ์

P_a = ความดันบรรยากาศ หรือใช้ P0

จะได้ว่า $P_g = \rho gh = P - P_a$

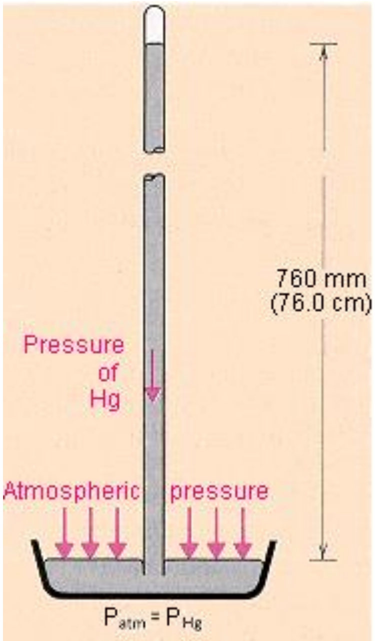
การพิจารณา 2 ตำแหน่งในของเหลวที่มีความดันสัมบูรณ์เท่ากัน

หลักการ 2 จุดใดๆ ในของเหลวชนิดเดียวกัน ที่เชื่อมต่อถึงกันและอยู่ในระดับเดียวกัน สรุปได้ว่า 2 จุดนี้มีความดันสัมบูรณ์เท่ากัน



ความดันบรรยากาศ (Atmosphere pressure)

ทอริเชลลิ (Torricelli) ใช้หลอดแก้ว บรรจุปรอทเต็มแล้วคว่ำลงในอ่างปรอท น้ำหนักของปรอทจะดึงตัวเองลงมาทำให้ส่วนบนหลอดเป็นที่ว่าง
แต่ยังคงมีลำปรอทค้างในหลอดได้เพราะ มีอากาศดันด้วยความดัน P_a แสดงว่า ความดันของอากาศเท่ากับความดันเนื่องจากน้ำหนักของปรอท สูง h



$P_{บรรยากาศ}$ = *ความหนาแน่นของปรอท* g h

จากการทดลอง เมื่อคว่ำปรอทในหลอดแก้วจะมีความสูงจากผิวปรอทในอ่างเท่ากับ 76 เซนติเตร ความหนาแน่นของปรอทเท่ากับ 13.6×10^3 kg/m^3

(เมื่อ ค่า g = 9.8 m/s^2) จะได้

P_a = 13.6 x 10^^{3} x 9.8 x 0.76

P_a = 1.01×10^^{5} N/m^2

การบอกความดันของบรรยากาศ บอกได้ 3 วิธี

1. บอกเป็นหน่วยความดัน เช่น วันนี้อากาศมีความดัน 1.01 x 10^^{5} N/m^2
2. บอกเป็นความสูงของปรอท เช่นวันนี้อากาศมีความดันของปรอทสูง 76 ซม.หรือ 760มม.ของปรอท
3. บอกเป็นความสูงของน้ำ เช่น วันนี้อากาศมีความดันเท่ากับน้ำสูง 10.3 ม.

ความหนาแน่น (density, สัญลักษณ์: ρ อักษรกรีก อ่านว่า *โร*) เป็นอัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรของสาร ในระบบ S.I. มีหน่วยเป็น
กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามสมการ

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

โดยที่

ρ คือความหนาแน่นของวัตถุ (หน่วย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

m คือมวลรวมของวัตถุ (หน่วย กิโลกรัม)

V คือปริมาตรรวมของวัตถุ (หน่วย ลูกบาศก์เมตร)

ความรู้เพิ่มเติม

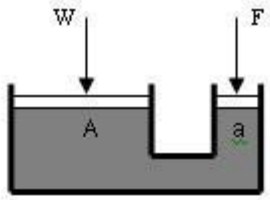
– น้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่น 1,000 kg/m3 หรือ 103 kg/m3 ใช้เป็นค่ามาตรฐานของความหนาแน่นน้ำ

ความหนาแน่นสัมพัทธ์ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของสารนั้นกับความหนาแน่นของสารอ้างอิง ในอดีตเคยเรียกว่า ความถ่วงจำเพาะ

หลักของปาสคาล

กฎของพาสคัล มีใจความสำคัญว่า “ถ้าเพิ่มแรงดัน(ความดัน)ให้กับของไหล ที่บรรจุในภาชนะปิด ณ จุดใดๆ ความดัน นั้น จะส่งกระจายกันต่อไป
ทำให้ทุกๆส่วนของของไหลได้รับความดันที่เพิ่มขึ้นเท่ากันหมด”

ตัวอย่างในการพิจารณานำกฎของพาสคัลไปใช้ คือ แม่แรงหรือเครื่องอัดไฮดรอลิก
นั่นเอง



ความรู้เดิม ความดันในของเหลวที่ระดับเดียวกัน มีค่าเท่ากัน

จากรูป จะได้ว่า $P_A = P_a$

$$\frac{W}{A} = \frac{F}{a}$$

หรือ $$\frac{W}{F} = \frac{A}{a}$$

หรือ $$\frac{W}{F} = \frac{R^2}{r^2}$$

เมื่อ W คือ แรงที่กระทำต่อแป้น/ลูกสูบใหญ่, F คือ แรงที่กระทำต่อแป้น/ลูกสูบเล็ก, A คือพื้นที่หน้าตัดของแป้น/ลูกสูบใหญ่, a คือพื้นที่หน้าตัดของแป้น/ลูกสูบเล็ก, R คือ รัศมีของแป้น/ลูกสูบใหญ่ r คือ รัศมีของแป้น/ลูกสูบเล็ก

ความดันเกจ

ความดันเกจและความดันสมบูรณ์ของของเหลว

1. ความดันสมบูรณ์ของของเหลว ณ จุดใดๆ ย่อมมีค่าเท่ากับผลรวมของความดันอากาศกับความดันเนื่องจากน้ำหนัก

ของของเหลวที่จุดนั้น

ถ้ากำหนดให้ P_W = ความดันเนื่องจากน้ำหนักของของเหลว

P_a = ความดันบรรยากาศที่ผิวหน้าของของเหลว

P = ความดันสมบูรณ์ของของเหลว

จะได้ว่า $P = P_a + P_W$

หรือ $P = P_a + \rho gh$

2. ความดันเกจ (P_G) หมายถึง ความดันที่เกิดจากน้ำหนักของของเหลว หรือหมายถึงความดันที่เป็นผลต่างของความดันสมบูรณ์ของของเหลวที่ตำแหน่งนั้นกับความดันอากาศปกติ

ถ้ากำหนดให้ P_G = ความดันเกจ

P = ความดันสมบูรณ์

P_a = ความดันบรรยากาศ

จะได้ว่า $P_G = \rho gh = P - P_a$

ข้อสังเกต ! 1. ความดันเกจ (P_G) ณ จุดใดๆ คือ ความดันที่ไม่คิดความดันบรรยากาศ ส่วนใหญ่คือค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดความดัน

2. ความดันสมบูรณ์ (P) ณ จุดใดๆ คือ ความดันที่คิดความดันบรรยากาศด้วย

3. ค่าความดันที่คำนวณในสมการของก๊าซทุกสมการเป็นความดันสมบูรณ์ทั้งนั้น

แรงตึงผิว

แรงตึงผิว (Surface tension) คือคุณสมบัติของพื้นผิวของของเหลว เป็นสิ่งทำให้เกิดบางส่วนของพื้นผิวของเหลวถูกดึงดูด (ยึดเข้าไว้ด้วยกัน) สู่พื้นผิวอื่น เช่น พื้นผิวของเหลวส่วนอื่น (การรวมตัวของหยดน้ำหรือหยดปรอทที่แกะกันเป็นลูกกลม)

แรงตึงผิวถูกทำให้เกิดขึ้นด้วยการดึงดูด (การดึงดูดของโมเลกุลกับโมเลกุลที่เหมือนกัน) เมื่อโมเลกุลบนพื้นผิวของของเหลวไม่ได้ล้อมรอบไปด้วย

โมเลกุลที่เหมือนกันในทุกๆด้านแล้ว โมเลกุลจะมีแรงดึงดูดกับโมเลกุลใกล้เคียงบนพื้นผิวมากขึ้น แรงตึงผิวมีมิติของแรงต่อความยาวหนึ่งหน่วย
หรือของพลังงานต่อพื้นที่หนึ่งหน่วย ซึ่งทั้งสองมีค่าเท่ากัน แต่พลังงานต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยอยู่ในพจน์พลังงานพื้นผิว ซึ่งเป็นพจน์ทั่วไปในนัยที่ใช้กับของแข็ง
ไม่ค่อยใช้ในของเหลว ในวัสดุศาสตร์ แรงตึงผิวใช้อยู่ในความเค้นพื้นผิว (surface stress) หรือ พลังงานอิสระพื้นผิว (surface free energy)
ความตึงผิว คือ แรงต่อความยาวของผิวสัมผัส (ความพยายามในการยึดผิวของของเหลว) แรงดึงผิวของของเหลว คือ แรงที่เกิดขึ้นบริเวณที่ผิวของของเหลวสัมผัสกับของเหลวอื่นหรือกับผิวของแข็งโดยมีพลังงานเพียงพอต่อการยึดเหนี่ยวระหว่าง
โมเลกุล ซึ่งมีขนาดสัมพันธ์กับแรงยึดติดและแรงเชื่อมแน่นทำให้เกิดเป็นลักษณะคล้ายๆ กับแผ่นบางๆ ที่สามารถต้านแรงดึงได้เล็กน้อย
มีทิศขนานกับผิวของเหลวและตั้งฉากกับเส้นขอบที่ของเหลวสัมผัส เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความตึงผิวของเหลวจะมีค่าลดลง
ในของไหลทุกชนิดจะมีคุณสมบัติของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล 2 ชนิด คือ

1. แรงยึดติด (Cohesive Forces) คือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของของเหลวชนิดเดียวกันแรงนี้สามารถรับความเค้นดึง (tensile stress)
ได้เล็กน้อย

2. แรงเชื่อมแน่น (Adhesive force) คือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของของเหลวกับสารชนิดอื่น เช่น น้ำกับแก้ว ปรอทกับแก้ว เป็นต้น

ปรากฏการณ์ของความตึงผิว

1. การเกิดหยดของเหลว (droplet) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นกับของเหลวที่มีขนาดเล็กและอยู่อย่างอิสระ เช่น
เม็ดของของเหลวในบรรยากาศ หรือเม็ดของของเหลวที่เกิดจากหัวฉีดที่ฉีดของเหลวออกมาเป็นฝอยหรือละอองเล็กๆ
หรือเม็ดของของเหลวที่เกาะตามใบไม้ ซึ่งอิทธิพลของแรงตึงผิวจะพยายามปรับรูปร่างให้เม็ดของของเหลวมีลักษณะเป็นรูปทรงกลม
ทำให้แรงดันในหยดของเหลวมากขึ้น เพื่อให้เกิดแรงต้านแรงตึงผิว เป็นผลให้หยดของเหลวคงสภาพอยู่ได้อย่างสมดุล

2. คาพิลลาริตี้ (capillarity) คือปรากฏการณ์ที่ของไหลที่สัมผัสกับวัตถุแล้วมีลักษณะสูงขึ้นหรือต่ำลง
เนื่องมาจากอิทธิพลของแรงยึดติดและแรงเชื่อมแน่น เช่น บริเวณที่น้ำสัมผัสกับผิวแก้ว จะมีระดับน้ำสูงขึ้นเล็กน้อย
เพราะแรงยึดติดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับโมเลกุลของแก้วมีมากกว่าแรงเชื่อมแน่นระหว่างโมเลกุลของน้ำ

แต่ถ้าเป็นบริเวณที่ปรอทสัมผัสกับผิวแก้ว ระดับปรอทจะต่ำลงเล็กน้อย เนื่องจากเชื่อมแน่นระหว่างโมเลกุลของปรอทมีมากกว่าแรงยึดติดระหว่างโมเลกุลของปรอทกับโมเลกุลของแก้ว

ลำดับขั้นการทดลอง

1.ให้นักเรียนหาข้อมูลตารางการแปลงหน่วยของระบบ SI เป็นระบบอื่นๆ

ผลการทดลอง

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

สรุปผลการทดลอง

....
....
....
....

การประเมินผล.................................

เอกสารอ้างอิง.................................

ชื่อ-สกุล..ชั้น.............................เลขที่................................