บทที่2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบนิวแมติกส์

ระบบนิวแมติกส์ คือ ระบบการทำงานซึ่งใช้ลมอัดเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์การทำงานของกลไกต่างๆ [1]

ข้อดีของลมอัด

ก) ทนต่อการระเบิด ลมอัดไม่มีอันตรายจากการระเบิดหรือติดไฟ ดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ราคาแพงป้องกันการระเบิด

ข) รวดเร็ว ลมอัดมีความรวดเร็วในการทำงานสูง ลูกสูบลมมีความเร็วในการทำงาน 1 ถึง 2 เมตรต่อวินาที ถ้าเป็นลูกสูบแบบพิเศษสามารถให้ความเร็วในการทำงานถึง 10 เมตรต่อวินาที

ค) การส่งถ่ายง่าย การส่งลมอัดไปตามท่อในระยะทางไกลๆสามารถทำได้ง่ายและลมอัดที่ใช้แล้วไม่ต้องนำกลับ ปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศได้เลย

ง) เก็บรักษาได้ง่าย ลมอัดสามารถเก็บกักไว้ในถังเก็บลมได้ง่าย ดังนั้น อุปกรณ์ทำงานสามารถทำงานได้ต่อเนื่องจากการใช้ลมอัดนี้

จ) ความปลอดภัยจากงานเกินกำลัง อุปกรณ์ที่ใช้กับระบบลมอัด จะไม่เกิดการเสียหายถึงแม้ว่างานจะเกินกำลัง

ฉ) การควบคุมอัตราความเร็ว ความเร็วของลูกสูบ สามารถปรับได้ง่ายๆ ตามต้องการโดยใช้วาล์วควบคุม

ช) การควบคุมความดัน ความดันของลมที่ต้องการ สามารถควบคุมได้ง่ายๆโดยใช้วาล์วควบคุมความดัน

ซ) สะอาด ลมอัดมีความสะอาด ทำให้อุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้สะอาดหมดจด

ฌ) โครงสร้างง่ายๆ เช่น ลูกสูบลม จะมีโครงสร้างง่ายๆธรรมดา มีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง จะมีกลไกยุ่งยาก ส่วนอื่นๆเช่น แขนเหวี่ยง เยื้องศูนย์ เพลาเกลียวและอื่นๆ

ญ) การตั้งระยะช่วงชัก โดยการปรับระยะหยุดหรือช่วงชักของลูกสูบ ทำให้เราสามารถปรับระยะช่วงชักได้ทุกตำแหน่งจากน้อยสุดจนถึงมากสุดตามที่ต้องการ

ฎ) อุณหภูมิขณะใช้งาน ลมอัดที่สะอาด (ปราศจากความชื้น) สามารถทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง

ฎ) **ไม่ต้องใช้ท่อลมกลับ ลมอัดที่ใช้แล้วปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศได้เลย ไม่จำเป็นต้องมีท่อนำกลับ**

ฐ) **ข้อดีอื่นๆของอุปกรณ์นิวแมติกส์ กะทัดรัด ทนทาน น้ำหนักเบา และซ่อมแซมบำรุงรักษาง่าย**

ข้อเสียของลมอัด

ก) ลมอัดถูกอัดตัวได้ เหตุที่อากาศสามารถอัดตัวได้ ทำให้การเคลื่อนที่อุปกรณ์ทำงาน (ลูกสูบ) ไม่สม่ำเสมอ

ข) ลมอัดมีความชื้น ลมอัดจะถูกทำให้เย็นตัวลงหลังจากการถูกอัดเข้าในถังเก็บ ซึ่งจะทำให้เกิดการกลั่นตัวของหยดน้ำภายในถังเก็บลมและท่อลมในวงจร

ค) ลมอัดต้องการเนื้อที่มาก เนื่องจากความดันที่ใช้ในวงจรนิวแมติกส์ไม่สูงมาก (ประมาณ 6 บาร์) ทำให้กระบอกสูบลมต้องมีขนาดใหญ่มาก ถ้าต้องการใช้แรงมากๆ

ง) ลมอัดมีเสียงดัง เมื่อลมอัดออกจากอุปกรณ์ทำงาน (ลูกสูบ) ไอเสียที่คายออกมาจะทำให้เกิดเสียงดังมาก ดังนั้นจึงต้องใช้ตัวเก็บเสียง

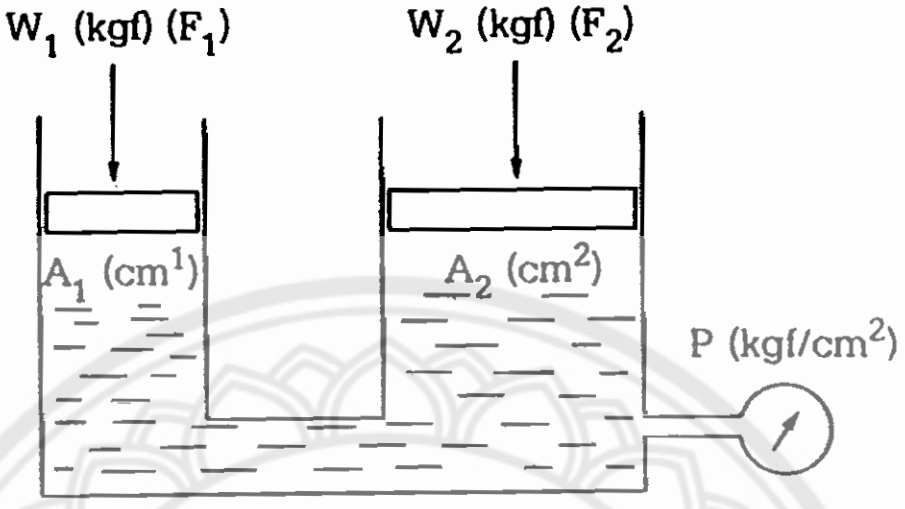
จ) ความดันของลมอัดเปลี่ยนแปลง ความดันของลมอัดเพิ่มขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นและความดันจะลดลงถ้าอุณหภูมิต่ำลง

2.1.1 **กฎเบื้องต้นของลมอัด**

กฎเบื้องต้นของลมอัด [2] ได้แก่ กฎการส่งผ่านความดันของปาสกาล , กฎปริมาตร และความดันลมของบอยล์

2.1.1.1 **กฎของปาสกาล (กฎส่งผ่านคามดัน)**

B. Pascal (ชาวฝรั่งเศส ระหว่างปี ค. ศ. 1623 – 1662) ได้ทำการทำลองพิสูจน์กฎของปาสกาลซึ่งเกี่ยวกับการส่งผ่านความดันสถิต คือความดันที่ไม่เคลื่อนที่ (static pressure) กฎนี้กล่าวว่า "ความดันที่กระทำต่อส่วนหนึ่งส่วนใดของของไหลที่อยู่นิ่งในภาชนะปิดจะกระทำกับทุกส่วนของภาชนะในแนวตั้งฉาก"



รูปที่ 2.1 กฎของปาสกาล

ในรูปที่ 2.1 ในกรณีที่ลูกสูบมีพื้นที่หน้าตัด A_1 (cm^2) และ A_2 (cm^2) ถ้ามี**แรง** F_1 หรือน้ำหนัก W_1 (kgf) กระทำบนกระบอกสูบ A_1 แล้วจะเกิดแรงถ่ายเท W_2 หรือ F_2 (kgf) **ขึ้น**ที่ลูกสูบซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A_2 ดังนี้

$$W_1/A_1 = W_2/A_2 = P\ (kgf/cm^2) \qquad (2.1)$$

ดังนั้น $W_2 = (W_1 * A_2)/A_1$ (kgf)

ถ้าพื้นที่หน้าตัด A_1 เล็กกว่า A_2 แรง W_2 จะมากกว่า W_1

2.1.1.2 **กฎของบอยล์**

กฎนี้คิดค้นขึ้นโดย R. Boyle (ชาวอังกฤษ ระหว่างปี ค.ศ. 1627 -1691) **ดัง**แสดงในรูปที่ 2.2 กฎนี้กล่าวว่า ถ้ากดลูกสูบในกระบอกสูบซึ่งมีก๊าซอยู่ภายใน ปริมาตรก๊าซ**จะ**ลดลงขณะที่ความดันก๊าซจะเพิ่มขึ้น หรือกล่าวอีกในหนึ่งว่า "ณ อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรก๊าซ**จะ**เปลี่ยนแปลงเป็นอัตราส่วนผกผันกับความดันก๊าซนั้น"

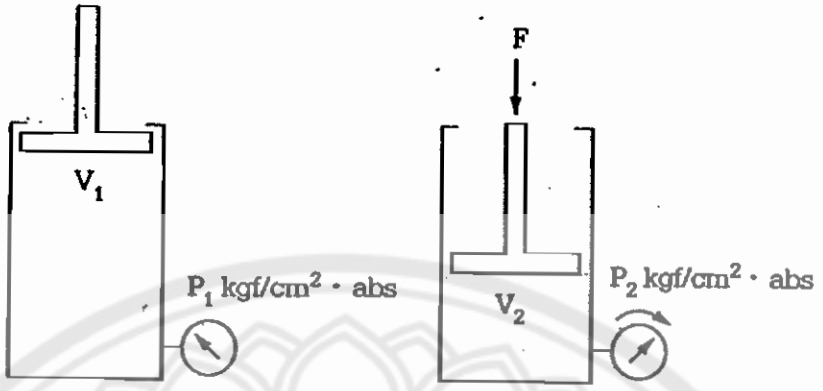
นั่นคือ $P_1 * V_1 = P_2 * V_2 =$ คงที่ (2.2)

เมื่อ P_1 **คือ ความดันสัมบูรณ์เบื้องต้น มีหน่วยเป็น** $kgf/cm^2 \cdot abs$

P_2 **คือ ความดันสัมบูรณ์เบื้องต้น มีหน่วยเป็น** $kgf/cm^2 \cdot abs$

V_1 **คือ ปริมาตรเริ่มต้น มีหน่วยเป็น 1 (ลิตร)**

V_2 **คือ ปริมาตรสุดท้าย มีหน่วยเป็น 1 (ลิตร)**



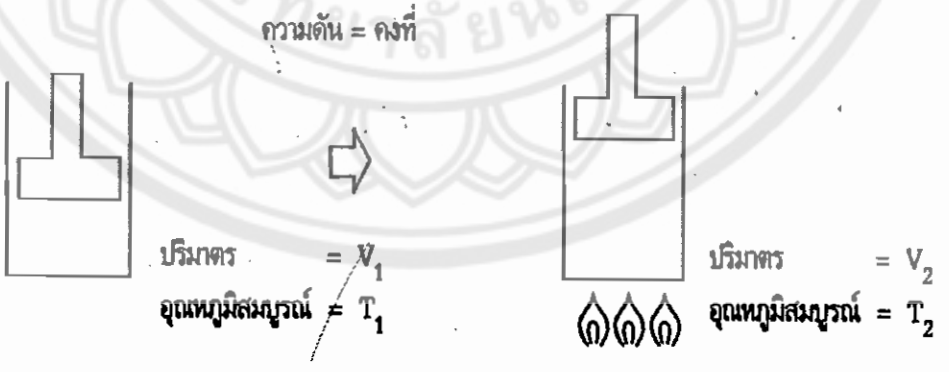
รูปที่ 2.2 ปริมาตรและความดันตามกฎของบอยล์

2.1.1.3 กฎของชาร์ลส์

เมื่ออากาศจำนวนหนึ่งซึ่งมีปริมาตร และอุณหภูมิ ถูกทำให้ร้อนหรือถูกทำให้เย็นเป็นอุณหภูมิ ภายใต้ความดันคงที่ จะได้ปริมาตรอากาศใหม่ คือ ตามความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$V_1 / T_1 = V_2 / T_2 = P \text{ (ค่าคงที่)} \qquad (2.3)$$

หมายความว่า ณ ค่าความดันอากาศที่ค่าหนึ่ง ปริมาตรของอากาศจำนวนหนึ่งแปรผันเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศ กฎนี้เรียกว่า "กฎของชาร์ลส์" (รูปที่ 2.3)



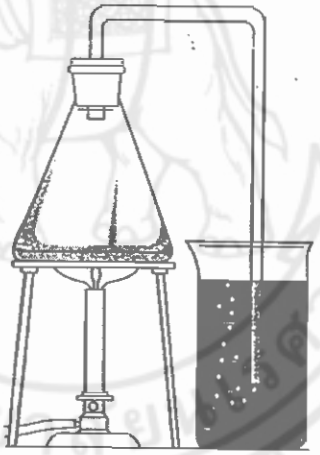
รูปที่ 2.3 กฎของชาร์ลส์

สำหรับสูตรที่ใช้คำนวณหาค่าความดัน อุณหภูมิ และปริมาตรของก๊าซที่มีการเปลี่ยนแปลงคือ

$$(P_1 * V_1) / T_1 = (P_2 * V_2) / T_2 \qquad (2.4)$$

2.1.2 ผลของความร้อนและความดันที่มีต่ออากาศ

อากาศจะขยายตัวภายใต้ผลของความร้อน จากรูปที่ 2.4 การทดลองเผาอากาศที่อยู่ภายในภาชนะทนไฟ มีท่อหลอดแก้วต่อจากภาชนะทนไฟนี้ไปยังแก้วน้ำ เมื่ออากาศภายในภาชนะทนไฟร้อนขึ้นจะขยายตัวและหนีออกมาทางท่อหลอดแก้ว เกิดเป็นฟองอากาศให้เห็นในน้ำ และเมื่อเอาไฟออกและปล่อยให้ภาชนะเย็นตัวลง จะเห็นน้ำในท่อหลอดแก้วสูงขึ้น เพราะว่าในขณะที่ภาชนะร้อนขึ้นนั้น อากาศบางส่วนหนีออกมาจากภาชนะทำให้ภาชนะมีความดันต่ำกว่าบรรยากาศ เมื่อเย็นตัวลงทำให้ความดันบรรยากาศเข้าไปแทนที่จึงดันน้ำให้สูงขันเรื่อยๆจนหยุดนิ่งเมื่อความดันในภาชนะนั้นมีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ



รูปที่ 2.4 ผลของความร้อนและความดันที่มีต่อบรรยากาศ

เมื่ออากาศที่ถูกอัดตัวไว้ขยายตัวออก ไม่ว่าจะเป็นทางกล (ยกกระบอกสูบ) หรือกระจายไปในบรรยากาศ มันจะเย็นลง ซึ่งตรงกันข้ามกับการอัดอากาศจะเกิดความร้อน ถ้าอากาศมีการขยายตัวมากเพียงพอ จะทำให้อุณหภูมิลดลงมากจนสามารถเกิดเป็นน้ำแข็งที่บริเวณชิ้นส่วนของเครื่องทดลองได้

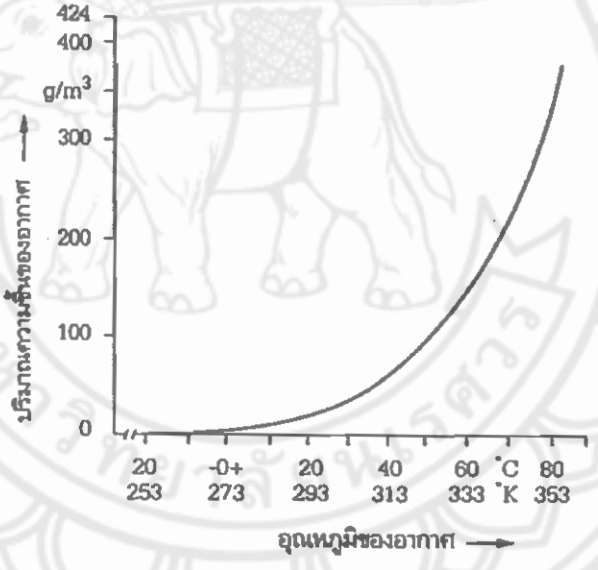
ทำไมการอัดอากาศทำให้อากาศร้อนขึ้น อากาศที่ถูกอัดตัวจะร้อนขึ้นด้วยพลังงานที่ได้มาจากเครื่องอัดลม อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนี้ก็เนื่องจากการที่โมเลกุลของอากาศมีการเคลื่อนที่ชน

กันมากขึ้น และการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของอากาศภายในถังเก็บลมอัดชนกันน้อยลง เมื่อมันถ่ายเทพลังงานจลน์ให้กับผนังของถังเก็บลมอัด ทำให้ถังเก็บลมอัดร้อนขึ้นแล้วถ่ายเทสู่บรรยากาศรอบๆถัง

ถ้าเปิดวาล์วของถังเก็บลมทำให้โมเลกุลของอากาศสามารถเคลื่อนไหวได้มากขึ้น จำนวนครั้งของการชนกันระหว่างโมเลกุลกับผนัง หรือโมเลกุลกับโมเลกุลก็ลดลง ระยะทางที่แต่ละโมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ได้โดยไม่ชนกันก็มีความยาวมากขึ้น เมื่อการชนกันมีน้อยจึงเป็นผลให้อุณหภูมิลดลง

2.1.3 **ความสามารถดูดซึมน้ำของอากาศ**

อากาศจะดูดซึมน้ำได้โดยอยู่ในรูปของละอองน้ำ อากาศยิ่งร้อนมากขึ้นเท่าไดก็จะดูดซึมน้ำหรือมีความชื้นได้มากเท่านั้น (ตามรูปที่ 2.5) แต่เมื่ออากาศที่อิ่มตัวไปด้วยความชื้นนี้เย็นตัวลงจะทำให้น้ำแยกตัวออกมาจากอากาศในลักษณะเป็นหยดน้ำ

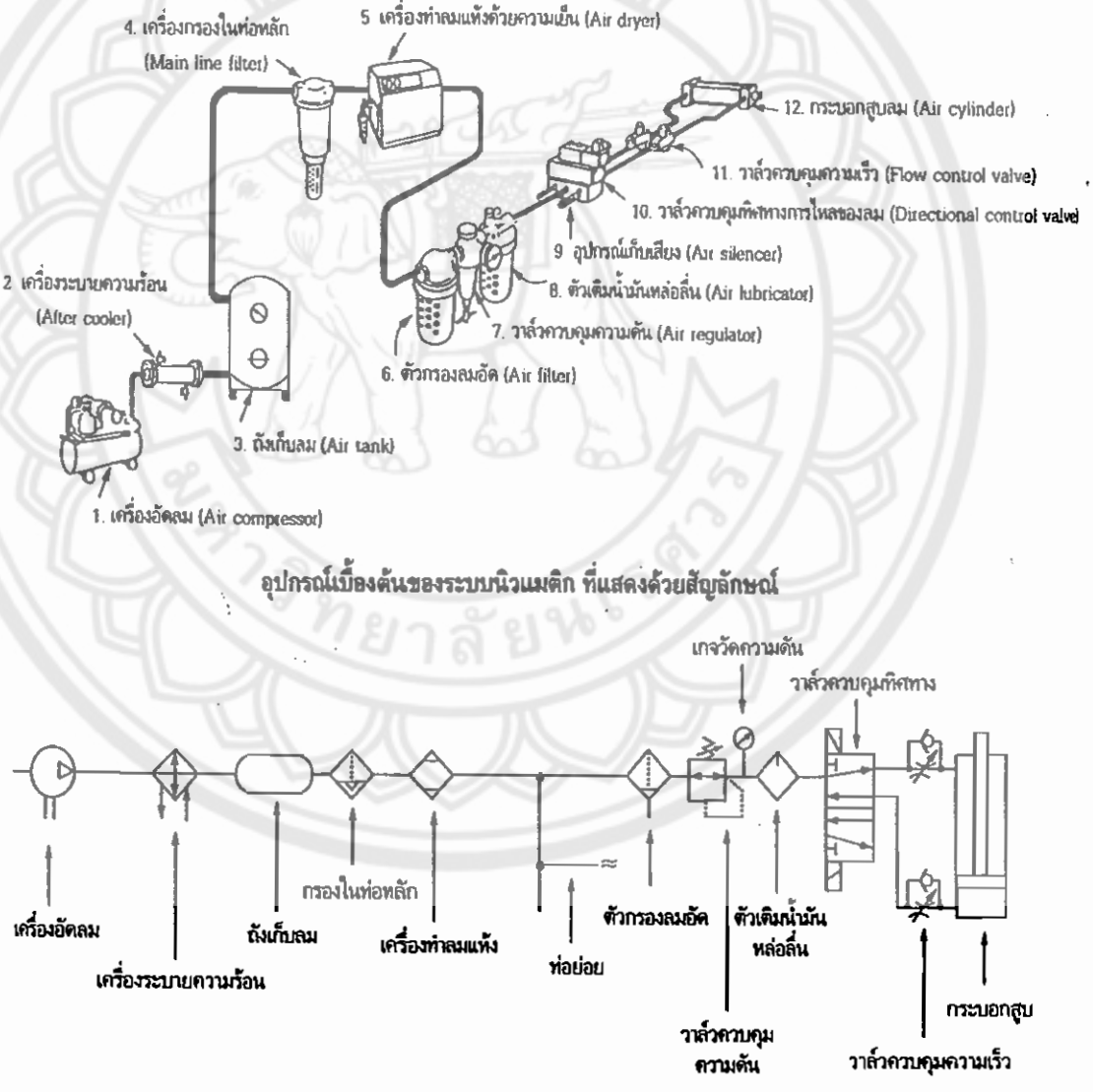


รูปที่ 2.5 กราฟแสดงความสามารถดูดซึมน้ำของอากาศ

หลักการดังกล่าวนี้จะถูกพบเห็นบ่อยๆ ตัวอย่างเช่น ในวันที่มีฝนตก ถ้าอยู่ในรถจะเห็นน้ำไหลผ่านที่แผ่นกระจกรถ เนื่องจากอากาศซึ่งอิ่มตัวด้วยความชื้นเย็นตัวลงทำให้น้ำแยกออกมาดังกล่าวแล้ว ดังนั้นระบบนิวแมติกส์จึงมีน้ำอยู่ในท่อและอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งต้องระบายทิ้งไม่เช่นนั้นแล้วน้ำจะเข้าไปทำให้อุปกรณ์เป็นสนิมทำให้เกิดความเสียหายแก่ระบบได้

2.2 อุปกรณ์การทำงานเบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์

อุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์ [2] สามารถแบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ๆได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่นอกวงจร และส่วนที่อยู่ในวงจร (เครื่องจักร) ส่วนที่อยู่นอกวงจรได้แก่ เครื่องอัดลม ถังเก็บลม เครื่องระบายความร้อน เครื่องกรองในท่อหลัก เครื่องทำลมแห้ง เป็นต้น สำหรับที่อยู่ในวงจรหรืออยู่ในเครื่องจักรได้แก่ กรองลมอัด วาล์วควบคุมความดัน อุปกรณ์เติมน้ำมันหล่อลื่น (ทั้ง 3 ตัวนี้รวมเรียกว่า ชุดบริการลมอัด (service unit) ตัวเก็บเสียง วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลม วาล์วควบคุมความเร็วหรือควบคุมการไหล และกระบอกสูบลม เป็นต้น



รูปที่ 2.6 อุปกรณ์เบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์

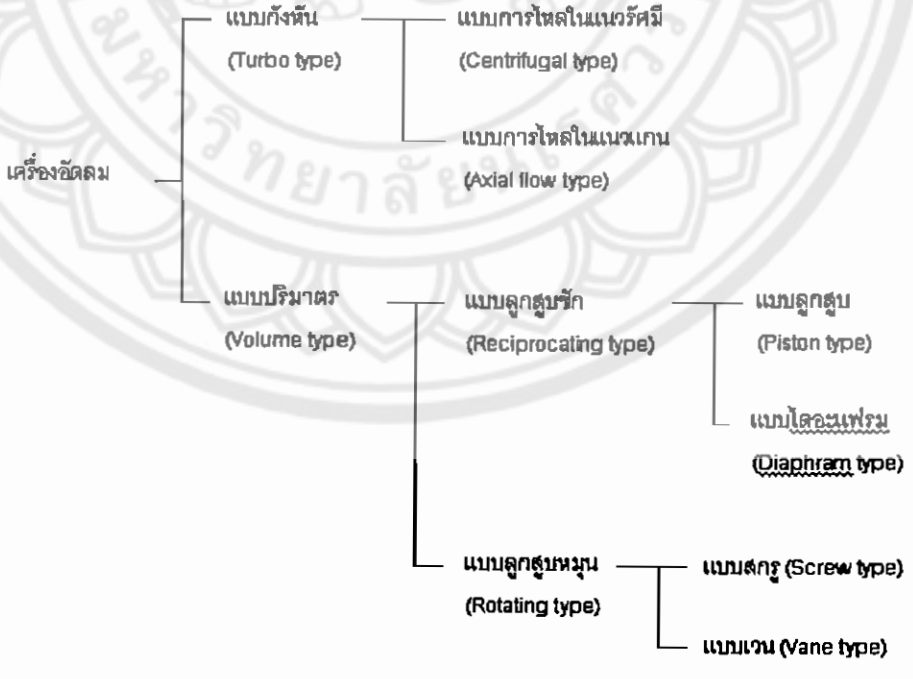
2.2.1 **เครื่องอัดลม** (Air Compressor)

เครื่องอัดลมหรือเรียกกันทั่วๆไปว่า ปั๊มลม (air compressor) **ซึ่งทำหน้าที่อัดอากาศที่อยู่ในบริเวณรอบๆ เข้าเก็บไว้ในถังลม จากนั้นจะนำเอาลมที่ถูกอัดตัวจนมีความดันเพิ่มสูงขึ้นนี้ไปใช้งาน ในระบบนิวแมติกส์ต้องการความดันของลมอัดที่ 4-8 บาร์เท่านั้น**

เครื่องอัดลมทำหน้าที่เป็นแหล่งผลิตพลังงานทางนิวแมติกส์โดยเพิ่มความดันให้อากาศ เครื่องอัดลมจะใช้พลังงานไฟฟ้าในการหมุนมอเตอร์ที่ใช้อัดลม เครื่องอัดลมถูกออกแบบเพื่อทำการอัดลมที่ความดันบรรยากาศให้ได้ 1 หรือมากกว่านั้น เครื่องอัดลมที่ให้ค่าความดันลมน้อย 1 แต่มากกว่า 0.1 เรียกว่า "โบลเวอร์" (blower) ส่วนเครื่องอัดลมที่ให้ความดันน้อยกว่า 0.1 นั้นเรียกว่า "พัดลม" (fan) โดยทั่วไประบบนิวแมติกส์จะใช้เครื่องอัดลมเป็นต้นกำลัง

ประเภทของเครื่องอัดลม

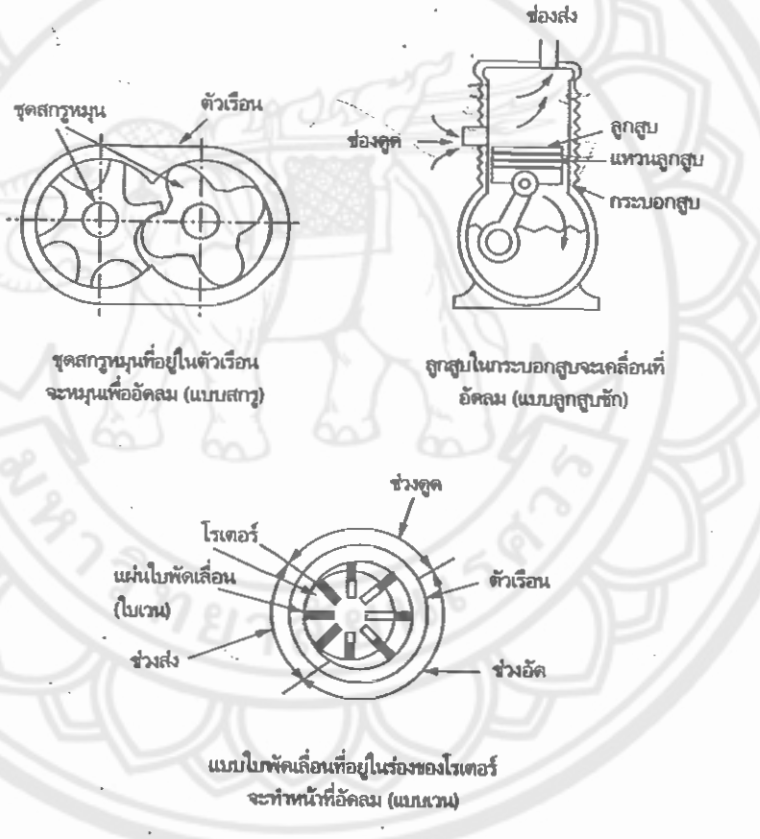
เครื่องอัดลมจำแนกตามหลักการของการอัดลมและโครงสร้างได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 เครื่องอัดลมแบบกังหัน (turbo type) จะให้พลังงานทางนิวแมติกส์โดยการหมุนของใบพัด ส่วนเครื่องอัดลมแบบปริมาตร (volume type) นั้นจะทำการอัดลมภายในภาชนะปิด ซึ่งยังแบ่งเป็นแบบลูกสูบชัก (reciprocating type) และลูกสูบหมุน (rotary type) เครื่องอัดลมแบบปริมาตรมีใช้กันอย่างกว้างขวางในโรงงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.7 การแบ่งประเภทของเครื่องอัดลม

นอกจากนี้เครื่องอัดลมยังสามารถจำแนกได้ตามกำลังที่ส่งออกมา ดังนี้คือ เครื่องอัดลมที่มีกำลังอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 14 กิโลวัตต์ (จัดเป็นขนาดเล็ก) ระหว่าง 15 ถึง 75 กิโลวัตต์ (จัดเป็นขนาดกลาง) และมากกว่า 75 กิโลวัตต์ (จัดเป็นขนาดใหญ่)

อีกประการหนึ่ง เครื่องอัดลมที่มีความดันจ่ายออกอยู่ระหว่าง 7 ถึง 8 กิโลกรัมแรงต่อเซนติเมตร (kgf/cm^2) จัดเป็นเครื่องอัดลมประเภทที่ให้ความดันต่ำ ถ้าระหว่าง 10 ถึง 15 (kgf/cm^2) จัดเป็นเครื่องอัดลมประเภทที่ให้ความดันกลาง ถ้ามากกว่า 15 (kgf/cm^2) จัดเป็นเครื่องอัดลมประเภทที่ให้ความดันสูง



รูปที่ 2.8 ชนิดของเครื่องอัดลมและระบบการอัดลม

1. เครื่องอัดลมแบบลูกสูบชัก เครื่องอัดลมแบบลูกสูบชักถูกสร้างขึ้นเพื่อดูดอากาศเข้ามาในกระบอกสูบโดยลูกสูบ แล้วทำการอัดอากาศเพื่อทำการส่งต่อไป โดยทั่วไปเครื่องอัดลมประเภทนี้สามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ คือแบบมีหล่อลื่น ซึ่งมีลูกสูบในรูปแบบของแผ่นไดอะแฟรม

2. เครื่องอัดลมแบบสกรู เครื่องอัดลมแบบสกรูถูกสร้างขึ้นเพื่อดูดอากาศเข้ามาในช่องว่างภายในตัวเรือนลำการอัดอากาศด้วยชุดโรเตอร์ (rotor) ที่มีลักษณะเป็นเกลียวสกรู

3.เครื่องอัดลมแบบเวน เครื่องอัดลมแบบเวนเป็นเครื่องที่มีใบพัดแบบเลื่อน (ใบเวน) เครื่องอัดลมประเภทนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อดูดอากาศเข้ามาในช่องวางซึ่งถูกปิดโดยแผ่นใบพัดที่เคลื่อนที่ไปตามร่องภายในโรเตอร์และตัวเรือน อากาศจะถูกอัดโดยการหมุนของโรเตอร์ โดยปกติเครื่องอัดลมประเภทนี้จะใช้น้ำมันหล่อลื่นเพื่อระบายความร้อน และช่วยอุดช่องว่างระหว่างใบพัดเลื่อนและร่องของโรเตอร์

2.2.2 **เครื่องระบายความร้อน**

เครื่องระบายความร้อนมักจะติดตั้งอยู่ถัดจากเครื่องอัดลมเพื่อทำลมอัดให้เย็นลงและจำกัดไอน้ำที่ความร้อนจำนวนมากที่ผสมรวมอยู่กับลมอัดเพราะถ้าไอน้ำเหล่านี้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำในอุปกรณ์นิวแมติกส์ก็จะเกิดการกัดกร่อนหรือความเสียหายได้ เครื่องระบายความร้อนแบ่งได้เป็น ใช้น้ำหล่อเย็นและแบบใช้ลมเป่าระบายความร้อน เครื่องระบายความร้อนทั้งสองแบบนี้ควรลดอุณหภูมิของลมอัดให้เหลือประมาณ 40 องศาเซลเซียส

เครื่องระบายความร้อนแบบใช้ลมเป่าจะใช่ครีบระบายความร้อนซึ่งติดตั้งที่ท่อจ่ายลมอัด และใช้ใบพัดเป่าผ่านครีบเหล่านี้ ครีบเหล่านี้จะถูกติดตั้งห่างจากฝาผนังและโครงสร้างอื่นทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่ามีการระบายอากาศที่ดี ส่วนเครื่องระบายความร้อนแบบใช้น้ำหล่อเย็น จะใช้น้ำไหลหมุนเวียนในท่อเพื่อระบายความร้อนภายในภาชนะที่ลมอัดไหลผ่าน

2.2.3 **ถังเก็บลม** (Air Tanks) **หรือถังพักลมอัด** (Air Receivers)

ถังเก็บลมใช้เก็บลมที่ถูกอัดตัวไว้ และส่วนใหญ่มักจะติดตั้งที่ทางลมออกของเครื่องอัดลม อาจจะอยู่รวมกับเครื่องอัดลมหรือติดตั้งอีกตัวนอกเครื่องอัดลมก็ได้

ถังเก็บลมทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. ทำให้ความดันลมที่จ่ายออกไปจากเครื่องอัดลมมีค่าสม่ำเสมอ

2. ป้องกันการลดลงของความดันลมอัดอย่างรวดเร็ว เมื่อลมอัดถูกนำไปใช้ในปริมาณมาก ภายในระยะเวลาสั้นๆ

3. ให้ความดันลมอัดได้ในช่วงเวลาหนึ่งในกรณีฉุกเฉิน เช่น การหยุดทำงานของเครื่องอัดลมเนื่องจากไฟฟ้าดับ

4. ทำการแยกน้ำจากลมที่ถูกอัด โดยการทำให้ลมอัดเย็นตัวลงบ้างด้วยอากาศที่อยู่รอบๆถังเก็บลม

เป็นที่น่าสังเกตว่าถังเก็บลมจะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เกจวัดความดัน (pressure gauge) วาล์วนิรภัย (safety valve) และสวิตซ์ความดัน (pressure switch) ดังนั้นถังเก็บลมจะต้องเป็นไปตามกฎต่างๆ เหมือนกับภาชนะทนความดันอื่นๆ

2.2.4 **เครื่องกรองในท่อหลัก** (Main Line Air Filter)

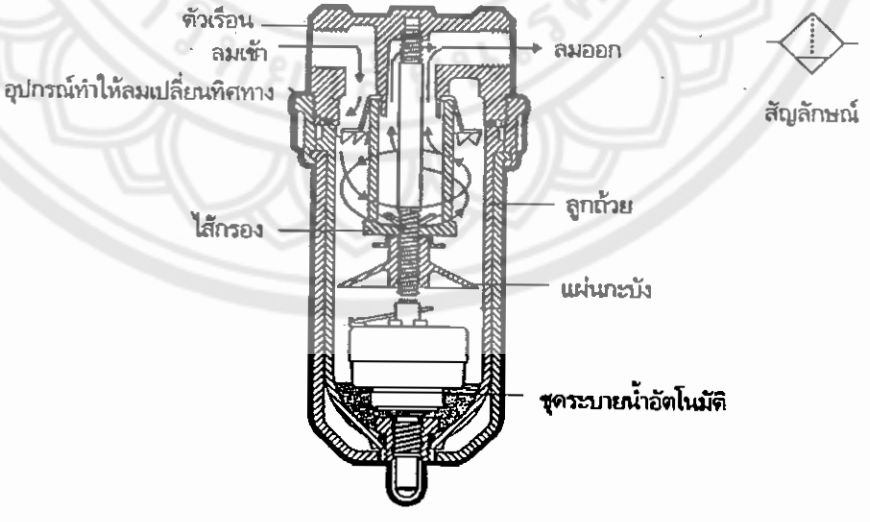
เครื่องกรองในท่อหลักจะทำการกำจัดฝุ่นละออง น้ำ และคราบน้ำมันที่ปะปนมากับลมอัดที่อยู่ในท่อหลัก ก่อนที่จะส่งลมอัดนี้ไปใช้งานหรือผ่านการกรองละเอียดอีกชั้นหนึ่ง

2.2.5 **เครื่องทำลมแห้งด้วยความเย็น** (Refrigerated Air dryer)

ลมที่ถูกอัดจะมีไอน้ำปะปนมาด้วยเมื่ออุณหภูมิของอน้ำลดลงถึงระดับอุณหภูมิห้องที่ตอนปลายท่อลมอัด ไอน้ำก็จะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำซึ่งบางครั้งจะไหลหยดออกทางช่องระบายของวาล์ว ดังนั้น เครื่องทำลมแห้งด้วยความเย็นนี้จะทำให้ลมอัดเย็นลงและจะควบแน่นไอน้ำที่ปะปนมากับอัดให้กลายเป็นหยดน้ำ ซึ่งหยดน้ำจะถูกแยกออกและลมแห้งเท่านั้นที่ไหลผ่านออกไปได้

2.2.6 **ตัวกรองลมอัด** (Air Filter)

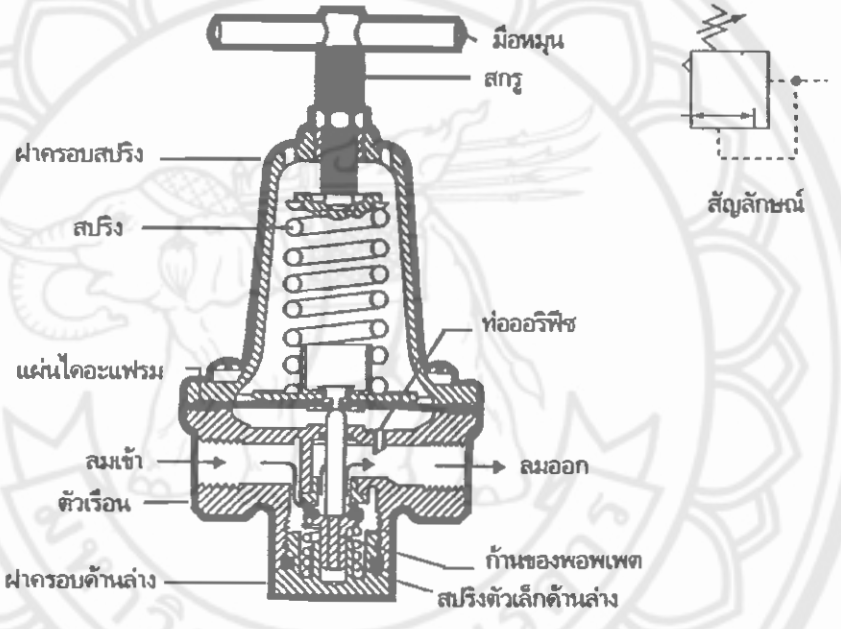
เมื่อเครื่องอัดลมทำการอัดลมเพื่อให้มีความดันเพิ่มขึ้นนั้น ลมที่ถูกเครื่องอัดลมดูดเข้าไปเพื่ออัดเก็บในถังเก็บลมนั้น จะมีส่วนผสมของมวลสารอื่นๆด้วย เช่น ไอน้ำ ฝุ่นผง หรือมวลสารที่ล่องลอยในบริเวณที่เครื่องอัดลมทำงานอยู่ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเอามวลสารที่ไม่ต้องการเหล่านี้ออกจากลมอัด เพราะว่ามวลสารและสิ่งสกปรกต่างๆ นี้จะเป็นตัวที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานของระบบนิวแมติกส์เสียหายหรือทำงานติดขัด หรืออายุการใช้งานสั้นลงได้



รูปที่ 2.9 ตัวกรองอัดลม (Air Filter)

เมื่อลมอัดเข้ามายังตังกรองลมอัด ก็ไหลลงด้านล่างและผ่านไส้กรองเข้าไปด้านใน จากนั้นก็ไหลออกในทิศทางออกเพื่อไปเข้าวาล์วควบคุมความดันต่อไป ในจังหวะที่ลมไหลลงด้านล่างนั้นจะทำให้น้ำ หรือสิ่งสกปรก หรือมวลสารที่มีขนาดใหญ่กว่ากรองลมอัดตกลงสะสมอยู่ด้านล่างเพื่อรอการระบายออกทิ้ง นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า แผ่นกะบัง (baffle plate) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกที่สะสมอยู่ด้านล่างของลูกถ้วยลอยขึ้นไปปะปนกับลมอัดที่ไหลเข้าไส้กรอง

2.2.7 **วาล์วควบคุมความดันของลมอัด** (Air Regulator)



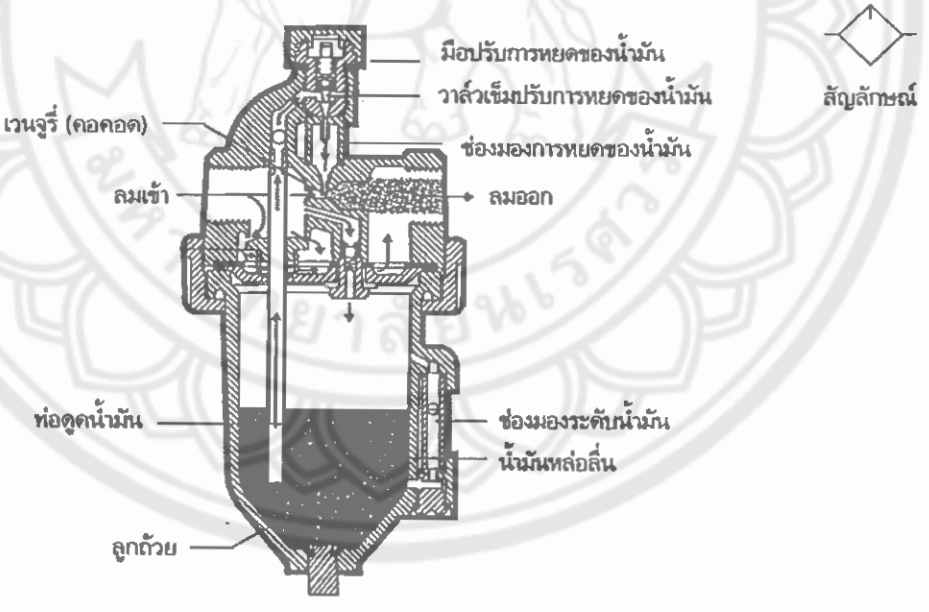
รูปที่ 2.10 วาล์วควบคุมความดันของลมอัด (Air Regulator)

เมื่อความดันลมออกมาจากตัวกรองลมอัด จะต่อมาเข้าวาล์วควบคุมความดันเพื่อที่จะปรับความดันให้มีค่าคงที่อยู่ที่ 6 บาร์ (ค่าเฉลี่ยของความดันลมที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์) ความดันลมจะผ่านบ่าวาล์วและไหลออกที่ทางออกเพื่อใช้งานต่อไป บริเวณช่องทางออกของลมอัดจะมีช่องออริฟิซ (orifice) ที่ต่อระหว่างช่องทางออกกับห้องใต้แผ่นไดอะแฟรม ถ้าความดันลมที่ออกมานี้มีความดันสูงกว่าค่าสปริง (ตัวบน) ก็จะดันแผ่นไดอะแฟรมให้ยกขึ้น เป็นผลให้ก้านของพอพเพตซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับชุดของแผ่นไดอะแฟรมถูกยกขึ้นไปด้วย ทำให้บ่าวาล์วปิดทางลมที่เข้าวาล์ว หมายความว่าค่าของสปริงจะเป็นตัวกำหนดค่าความดันลมที่ออกจากวาล์วนั้นเอง ดังนั้นถ้าต้องการความดันลมใช้งาน 6 บาร์ ก็ต้องปรับค่าสปริงด้วยมือหมุนให้สปริงมีค่าเท่ากับ

6 บาร์ ถ้าตั้งค่าสปริง 6 บาร์ แต่มีความดันลมเข้าเพียง 5 บาร์ ก็จะได้ความดันลมออกเพียง 5 บาร์ เพราะลม 5 บาร์ ไม่สามารถยกแผ่นไดอะแฟรมซึ่งถูกสปริงกดอยู่ที่ความดัน 6 บาร์ได้ สำหรับสปริงตัวเล็กจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้บ่าวาล์วสั่นเนื่องจากการปิด-เปิดของวาล์วที่ความถี่มากๆในขณะทำงาน

2.2.8 **ตัวเติมน้ำมันหล่อลื่นในลมอัด** (Air Lubricator)

ลมอัดที่ผ่านการควบคุมความดันมาแล้วจะไหลเข้าอุปกรณ์ตัวนี้ เพื่อที่จะให้มีฝอยน้ำมันหล่อลื่นผสมอยู่ด้วย เมื่อลมอัดที่มีน้ำมันหล่อเลื่อนนี้เข้าไปดันหรือทำให้อุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ในระบบทำงาน ก็จะทำให้มีฝอยน้ำมันเป็นตัวหล่อลื่นไม่ให้ชิ้นส่วนสัมผัสกันโดยตรง จะเห็นว่าลมอัดที่เข้ามาในช่องทางเข้าจะผ่านทางรูลมเข้ามาด้านล่างและตรงออกไปผ่านทางคอคอด ส่วนที่ไหลลงล่างนั้นจะดันให้น้ำมันเข้าไปในท่อดูดน้ำมัน แล้วไปหยดที่หัวฉีด เพื่อให้ลมอัดพัดให้แตกเป็นฝอยผสมไปกับลมอัด โดยมีวาล์วปรับขนาดการหยดของน้ำมันว่าให้หยดมากน้อยเพียงไร ปกติแล้วจะให้น้ำมันหยดที่ 5 หยดต่อนาที หรือใช้กระดาษขาวรองที่รูลม ถ้ามีน้ำมันไหลเป็นทางแสดงว่าปรับน้ำมันมากเกินไป



รูปที่ 2.11 ตัวเติมน้ำมันหล่อลื่นในลมอัด

เหตุผลที่ว่าทำไมน้ำมันจึงถูกดันให้ขึ้นไปตามท่อดูดน้ำมัน คำตอบคือ เมื่อลมอัดไหลผ่านคอคอดจะทำให้เกิดความดันบริเวณคอคอดนั้นลดลง ทำให้ความดันที่มีสูงกว่า (ความดันในลูกถ้วย) ดันน้ำมันไปตกลงในกระแสลมอัดและนำออกไปใช้งานในที่สุด

2.2.9 **ตัวเก็บเสียง** (Air Sileneer)

ลมอัดจะมีเสียงดดังเมื่อทิ้งออกที่รูระบายวาล์ว ดังนั้น ตัวเก็บเสียงจะช่วยลดเสียงที่เกิดขึ้นได้ระดับหนึ่ง

2.2.10 **วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลมอัด** (Directional control valve)

วาล์วชนิดนี้จะเปลี่ยนเส้นทางการไหลของการอัดโดยการเปิด-ปิดวาล์วให้สัมพันธ์กับสัญญาณไฟฟ้าหรือสัญญาณลม วาล์วเปลี่ยนทิศทางการไหลของลม ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ไปกลับของก้านสูบภายในกระบอกสูบ

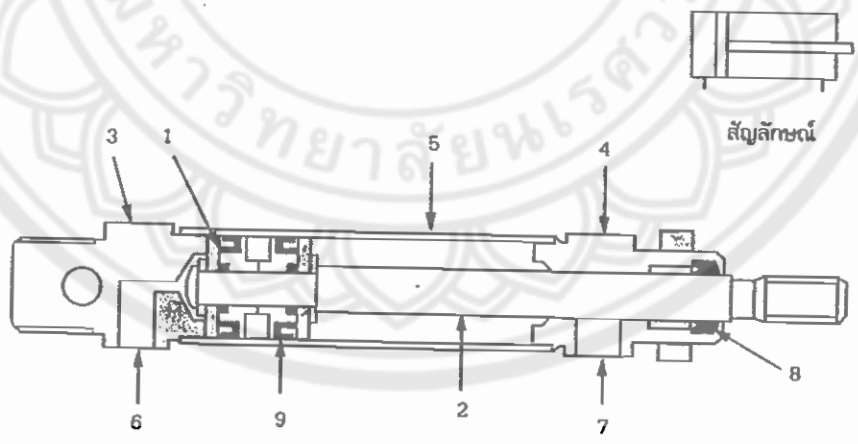
2.2.11 **วาล์วควบคุมความเร็ว** (Speed control valve)

วาล์วนี้จะควบคุมความเร็วของก้านสูบภายในกระบอกสูบ โดยการปรับปริมาตรการไหลของลมอัดที่เข้ากระบอกสูบ

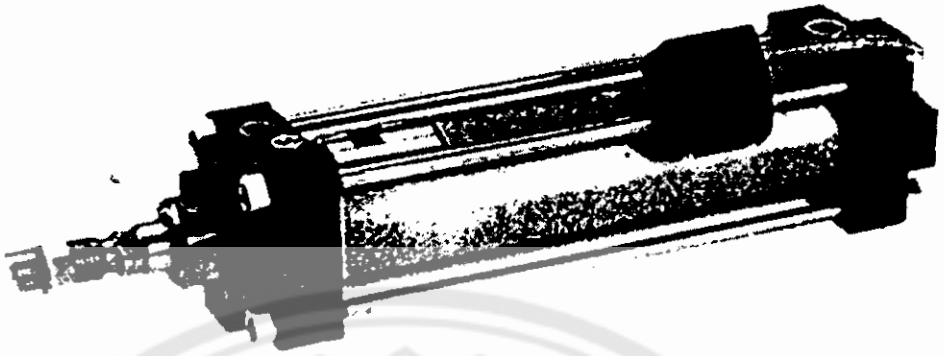
2.2.12 **กระบอกสูบ** (Air cylinder)

กระบอกสูบทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังลมอัดไปใช้ประโยชน์เป็นแรงที่มีการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง โดยปกติกระบอกสูบจะมีชนิดทำงานได้สองทิศทางและชนิดทำงานได้ทิศทางเดียว

2.2.12.1 **กระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง**
(Double Acting Air Cylinder)



รูปที่ 2.12 กระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง



รูปที่ 2.13 ภาพถ่ายของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทางชนิดหนึ่ง

กระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง คือ อุปกรณ์ทำงานชนิดหนึ่งที่ให้แรงในแนวเส้นตรงทั้งจังหวะวิ่งออกและวิ่งเข้า กระบอกสูบชนิดนี้จะไม่มีสปริงอยู่ภายในกระบอกสูบดังนั้น การให้ลูกสูบวิ่งออกต้องเอาลมอัดใส่เข้าไปทางด้านลูกสูบ และการให้ลูกสูบหดกลับตำแหน่งเดิมก็ต้องเอาลมอัดเข้าไปด้านก้านสูบ ความเร็วของลูกสูบอยู่ในเกณฑ์ 30 – 2000 มิลลิเมตรต่อวินาที ลักษณะการทำงานที่มักจะทำงานโดยทั่ว ๆ ไป

โครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงาน ส่วนใหญ่แล้วจะเหมือนกับชนิดกระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว คือ

จากรูปที่ 2.12 หมายเลข 1 ลูกสูบ (piston)

หมายเลข 2 ก้านสูบ (piston rod)

หมายเลข 3 ฝาครอบท้าย (bare end cover)

หมายเลข 4 ฝาครอบหัว (head end cover)

หมายเลข 5 กระบอกสูบ (cylinder tube)

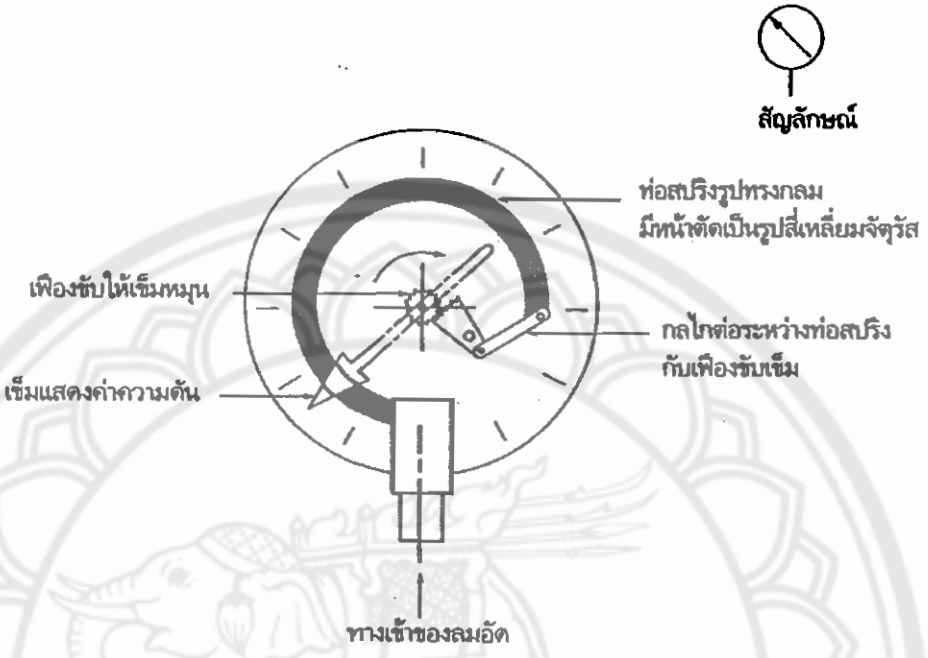
หมายเลข 6 รูต่อลมด้านลูกสูบ (pressure connection , base side)

หมายเลข 7 รูต่อลมด้านก้านสูบ (pressure connection , head side)

หมายเลข 8 ซีลก้านสูบ (bush and sealing element)

หมายเลข 9 ซีลลูกสูบ (piston seal)

2.2.13 เกจวัดความดันลมอัด (Pressure Gauge)

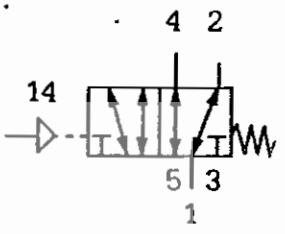


รูปที่ 2.14 เกจวัดความดันของลมอัด (Pressure Gauge)

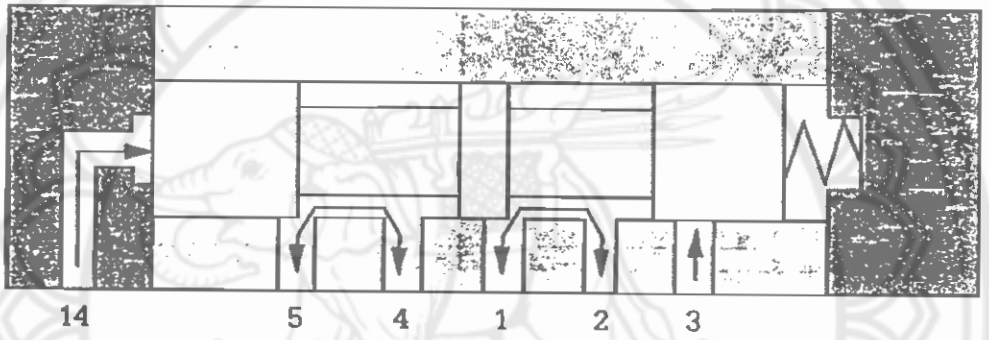
ความดันลมที่ออกจากวาล์วควบคุมความดันจะถูกแสดงค่าความดันด้วยเกจวัดความดัน ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้ ความดันที่เข้ามาในช่องทางเข้าจะมาสะสมอยู่ภายในท่อสปริงซึ่งโค้งเป็นวงกลม (มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส) อีกด้านหนึ่งอยู่ต่อกับชุดกลไกขับเฟืองให้เข็มหมุนเป็นผลให้ความดันลมพยายามจะทำให้ท่อสปริงยืดเป็นเส้นตรง (ตามหลักของเรื่องความแตกต่างของพื้นที่ระหว่างพื้นที่ด้านในและด้านนอกของวงกลม) จึงทำให้เข็มหมุนชี้ไปที่ตัวเลขตามค่าของความดันลมที่เข้าเกจวัดนี้ ทำให้ทราบค่าความดันลมเข้าได้.

2.3 ชนิดของวาล์ว

2.3.1 วาล์ว 5/2 ทำงานด้วยลม กลับด้วยสปริง



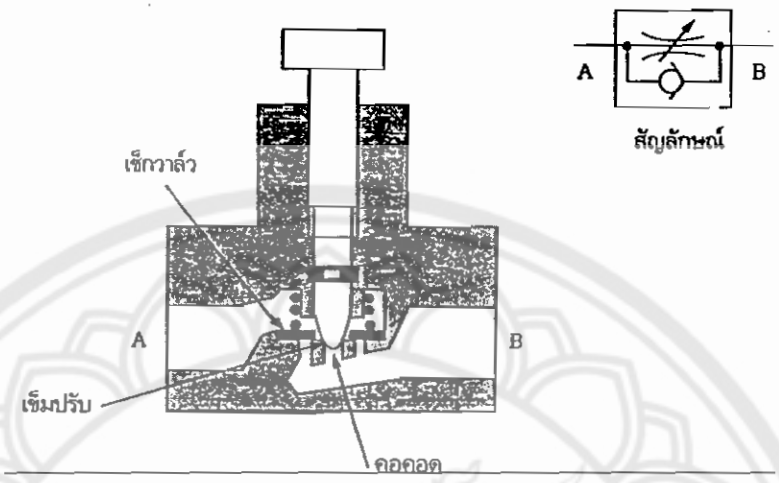
สัญลักษณ์



รูปที่ 2.15 วาล์ว 5/2 ทำงานด้วยลม กลับด้วยสปริง

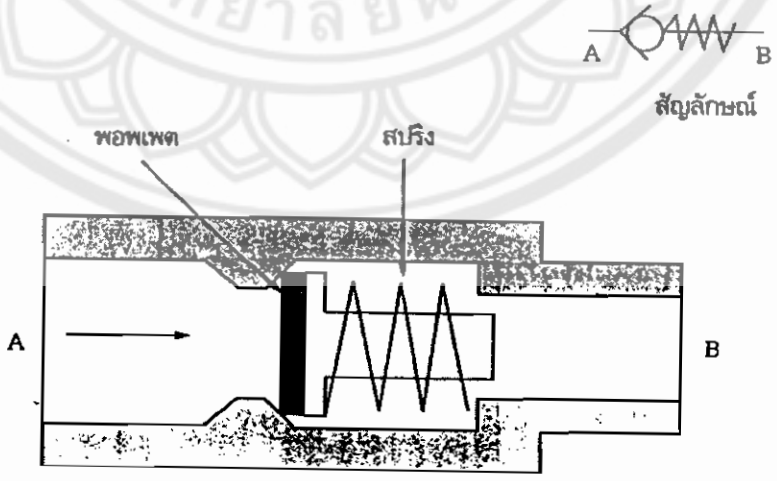
ลักษณะการทำงานของวาล์ว 5/2 จะเหมือนกับวาล์ว 3/2 คือเป็นวาล์วที่อนุญาตให้ลมไหลได้ 2 ทิศทาง ดังนั้นจังหวะปกติจึงสามารถเลือกได้ทั้งปกติปิดและปกติเปิด จังหวะกลับไปในตำแหน่งปกติใช้สปริงดัน เพียงแต่วาล์ว 5/2 ใช้กับกระบอกสูบชนิดสองทิศทาง ถ้าดูตามสัญลักษณ์ของวาล์ว 5/2 ตัวนี้แล้ว จะเห็นว่าเป็นวาล์วที่ให้ลมอัดไหลได้ทั้งสองทิศทาง เป็นตัวอย่างโครงสร้างของวาล์ว 5/2 ชนิดหนึ่ง ที่ให้รูลมทั้งหมดอยู่ด้านล่างของวาล์ว

2.3.2 วาล์วควบคุมการไหลที่มีเช็ควาล์ว (Throttle Valve with Check Valve)



รูปที่ 2.16 วาล์วควบคุมการไหลที่มีเช็ควาล์ว

การทำงานของวาล์วควบคุมการไหลที่มีเช็ควาล์ว จะอนุญาตให้ลมไหลผ่านได้อย่างอิสระได้ในทิศทางเดียวเท่านั้น คือ ถ้าลมอัดไหลจาก B ไป A ลมอัดนี้จะไม่ถูกควบคุม เพราะลมอัดผ่านทางเช็ควาล์วได้ แต่ถ้าลมอัดไหลจากทาง A ไป B ลมอัดจะถูกควบคุม เนื่องจากผ่านทางเช็ควาล์วไม่ได้จึงต้องผ่านทางคอคอด (restriction) ถ้าปรับคอคอดให้กว้างลมอัดก็ไหลได้มาก ถ้าปรับคอคอดให้แคบลมอัดก็ไหลผ่านได้น้อย



รูปที่ 2.17 เช็ควาล์ว

เช็ควาล์วทำหน้าที่ป้องกันการไหลของลมอัดไม่ให้ไหลย้อนทิศทาง หรือทำหน้าที่ให้ลมอัดไหลเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น ในรูปนี้ลมอัดจาก B ไหลไปยัง A เมื่อลมอัดเข้าทาง A นั้น จะดันให้พอพเพตเปิดโดยชนะแรงสปริงที่ด้านอยู่ จากนั้นก็ออกทางช่อง B ไปได้ แต่ในทางกลับกันเมื่อลมจาก B ไหลเข้าวาล์วนั้นจะยิ่งทำให้พอพเพตปิดสนิทมากยิ่งขึ้น จึงออกทางด้าน A ไม่ได้

2.4 วงจรควบคุมกระบอกสูบโดยใช้สัญญาณไฟฟ้า

วาล์วนิวแมติกส์สามารถเปลี่ยนตำแหน่งโดยใช้สัญญาณไฟฟ้า หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "โซลีนอยด์วาล์ว"

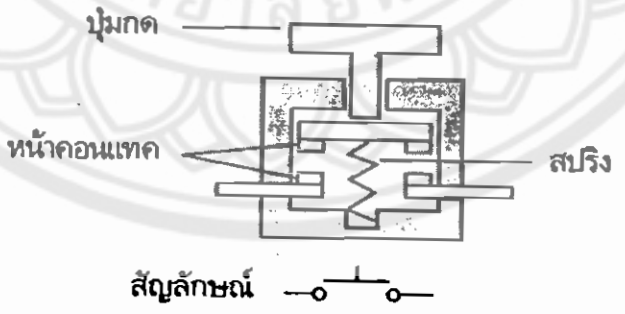
แต่ก่อนที่จะเข้าถึงเรื่องของวงจรควบคุมไฟฟ้านั้น จะขอกล่าวถึงอุปกรณ์ของระบบไฟฟ้าควบคุมที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์ [2] เสียก่อนดังต่อไปนี้

2.4.1 อุปกรณ์ของระบบไฟฟ้าควบคุมในระบบนิวแมติกส์

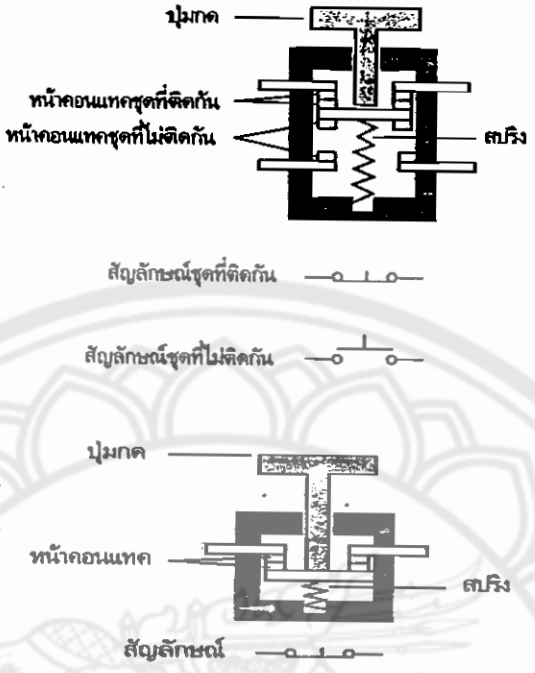
2.4.1.1 สวิตช์กดปุ่ม (Push Button Switches)

สวิตช์กดปุ่มชนิดปกติเปิด (NO) ตำแหน่งปกติหน้าคอนแทคจะไม่ติดกัน ถ้ากดปุ่มกดจะทำให้หน้าคอนแทคติดกัน เมื่อปล่อยมือจากการกดปุ่มทำให้สปริงภายในสวิตช์ดันให้หน้าคอนแทคแยกออกจากกันให้อยู่ในตำแหน่งปกติอีกครั้งหนึ่ง

สวิตช์กดปุ่มชนิดปกติปิด (NC) ตำแหน่งปกติของหน้าคอนแทคจะติดกัน แต่เมื่อกดปุ่มกดจะทำให้คอนแทคแยกออกจากกัน เมื่อปล่อยจากการกดก็ทำให้สปริงดันให้หน้าคอนแทคติดกันเหมือนเดิมอีกครั้งหนึ่ง



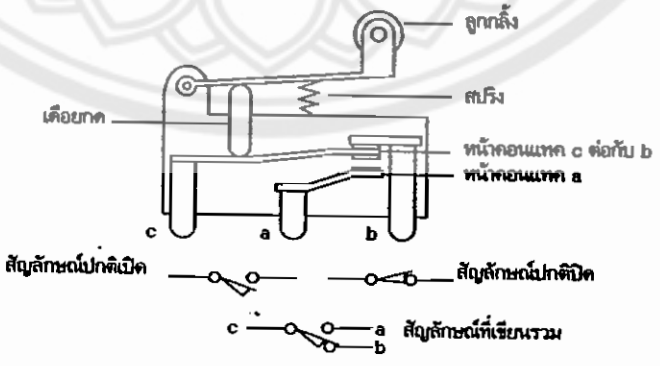
รูปที่ 2.18 สวิตช์กดปุ่มชนิดต่างๆ



รูปที่ 2.18 สวิตช์กดปุ่มชนิดต่างๆ (ต่อ)

สวิตช์กดปุ่มชนิดที่มีหน้าคอนแทคติดกันชุดหนึ่งและไม่ติดกันชุดหนึ่ง อยู่รวมกันเป็นตัวเดียวกัน เมื่อกดปุ่มกดจะทำให้หน้าคอนแทคชุดที่ไม่ติดกันจะติดกัน และชุดที่ติดกันจะไม่ติดกัน และเมื่อปล่อยมือจากการกดปุ่มจะทำให้หน้าคอนแทคกลับไปอยู่หน้าปกติอีกครั้งหนึ่ง

2.4.1.2 ลิมิตสวิตช์ (Limit Switches)

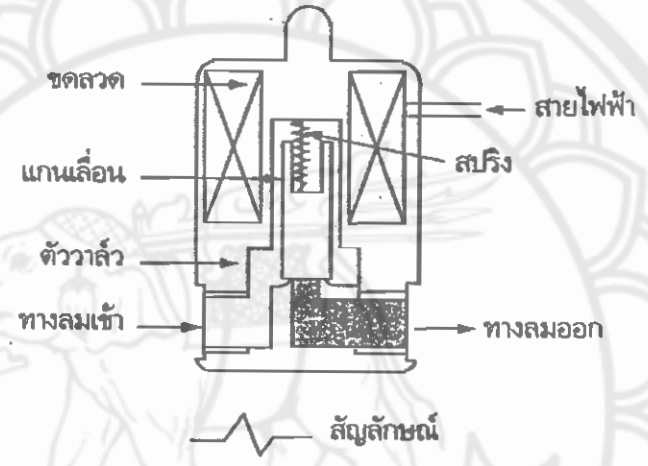


รูปที่ 2.19 ลิมิตสวิตช์

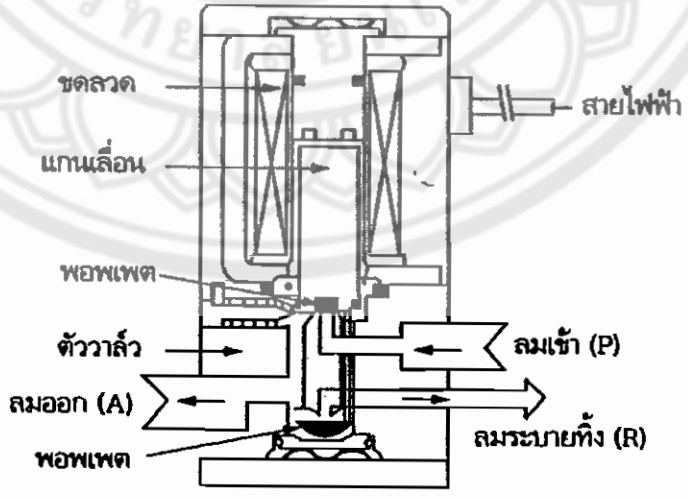
ป ๖๖
236
ร๖๖๒
2541

หลักการทำงานของลิมิตสวิตช์ ในจังหวะปกติของลิมิตสวิตช์ จะมีชุดของหน้าคอนแทคติดกันชุดหนึ่งและอีกชุดหนึ่งไม่ติดกัน ชุดที่ติดกันคือ หน้าคอนแทค c และ b ส่วนชุดที่ไม่ติดกันคือ c และ a เมื่อลูกกลิ้งถูกกดให้เดือยกดให้หน้าคอนแทค c ไปติดกับ a เมื่อลูกกลิ้งไม่ถูกกดจะทำให้สปริงภายในยกให้เดือยยกหน้าคอนแทค c ให้ติดกับ b อีกครั้งหนึ่ง สังเกตว่าจุด c จะเป็นจุดกลางเพื่อให้หน้าคอนแทคไปต่อกับ b หรือ a

2.4.1.3 โซลินอยด์วาล์ว (solenoid valve)



รูปที่ 2.20 โซลีนอยด์วาล์วชนิด 2 รู



รูปที่ 2.21 โซลีนอยด์วาล์วชนิด 3 รู

4840125
สำนักหอสมุด
15 ก.ค. 2546

หลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว จะใช้หลักการของการเกิดสนามแม่เหล็กที่แกนแม่เหล็กอ่อนเช่นเดียวกับรีเลย์ แล้วนำมาต่อเข้ากับวาล์วจากรูปที่ 2.20 เมื่อแกนเลื่อนถูกแม่เหล็กยกขึ้น ก็จะเปิดให้ลมเข้ามาในวาล์วและผ่านช่องภายในวาล์วออกในทิศทางออกต่อไป แต่เมื่อตัดสัญญาณไฟที่เข้าขดลวด ทำให้สนามแม่เหล็กหมดไป สปริงที่อยู่ภายในวาล์วก็จะดันให้วาล์วปิดอีกครั้งหนึ่ง สำหรับรูปที่ 2.21 จะเป็นวาล์วชนิดมี 3 รู คือ รูลมเข้า (P) รูลมออก (A) และรูระบาย (R) ตามปกติรู A กับ R จะต่อถึงกัน แต่เมื่อแกนเลื่อนถูกดูดด้วยแม่เหล็กให้ยกขึ้นก็จะปิดให้ลมจากรู P ต่อกับรู A ส่วนรู R ก็จะปิดด้วยพอพเพต แต่เมื่อตัดสัญญาณไฟฟ้าที่เข้าขดลวดออก จะทำให้วาล์วกลับไปอยู่ตำแหน่งปกติอีกครั้ง

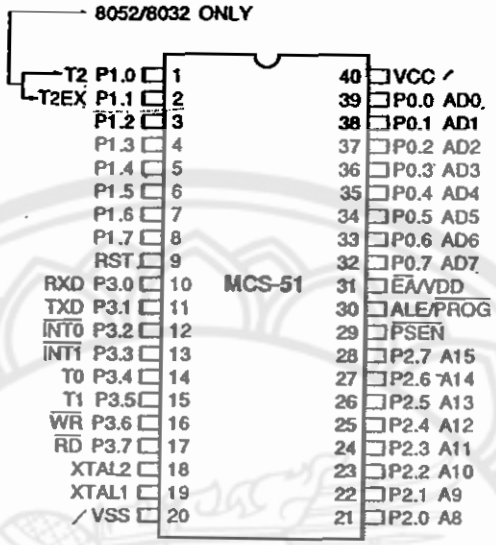
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ [3] มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับไมโครโปรเซสเซอร์ คือ จะเป็นดังประมวลผลกลางหรือซีพียูของระบบ เมื่อมีการนำไปใช้งาน จำเป็นต้องมีไอซีประกอบภายนอกเพิ่มเติมเข้าไปในระบบให้สมบูรณ์ เช่น หน่วยความจำและพอร์ตควบคุมเป็นต้น

2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

- เป็นหน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- สามารถเชื่อมตำแหน่งความจำข้อมูลภายนอก (External data memory) โดยอ้างตำแหย่งแอดเดรสได้ถึง 64 กิโลไบต์
- สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External program memory) โดยอ้างตำแหย่งแอดเดรสได้ถึง 64 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลภายในบางส่วนสามารถนำเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วยทำให้การควบคุมหรือการตรวจสอบสถานะบิตทำได้ง่ายทำให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่าย
- มีวงจรนับเวลา/วงจรจับเวลา (Timer/counters) ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว
- การควบคุมการอินเตอร์รัปจากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท และสามารถจัดระดับความสำคัญได้ 2 ระดับ
- มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมภายในตัวเอง ซึ่งทำงานแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full duplex)

2.5.2 โครงสร้างภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.22 แสดงการจัดตำแหน่งขาต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.22 สำหรับหน้าที่การใช้งานของแต่ละขาดังนี้

- ขา Vcc เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์
- ขา Vss เป็นขากราวด์
- ขาพอร์ต 0 (Port 0) มี 8 ขาได้แก่ $P_{0.0} - P_{0.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบสองทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิต เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ตเหล่านั้นอยู่ในสภาพปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพีแดนซ์สูงได้ นอกจากพอร์ตนี้จะถูกใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ ($A_0 - A_7$) ซึ่งจะใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์กับการส่งข้อมูลขนาด 8 บิต ($D_0 - D_7$)
- ขาพอร์ต 1 (Port 1) มี 8 ขา ได้แก่ $P_{1.0} - P_{1.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้

สำหรับเบอร์ 8032 และ 8052 ขาพอร์ต $P_{1.0}$ และ $P_{1.1}$ จะถูกนำมาใช้งานเป็นขา T2 และ T2EX ตามลำดับด้วย

- ขาพอร์ต 2 (Port 2) มี 8 ขาได้แก่ขา $P_{2.0}$-$P_{2.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยงานความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูง (A_8-A_{15})
- ขาพอร์ต 3 (Port 3) มี 8 ขาได้แก่ขา $P_{3.0}$-$P_{3.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในหน้าที่พิเศษต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1
- ขารีเซต (RST) ใช้สำหรับการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซตต้องคงสถานะเป็น 1 อย่างน้อยนาน 2 แมชีนไซเกิล ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่

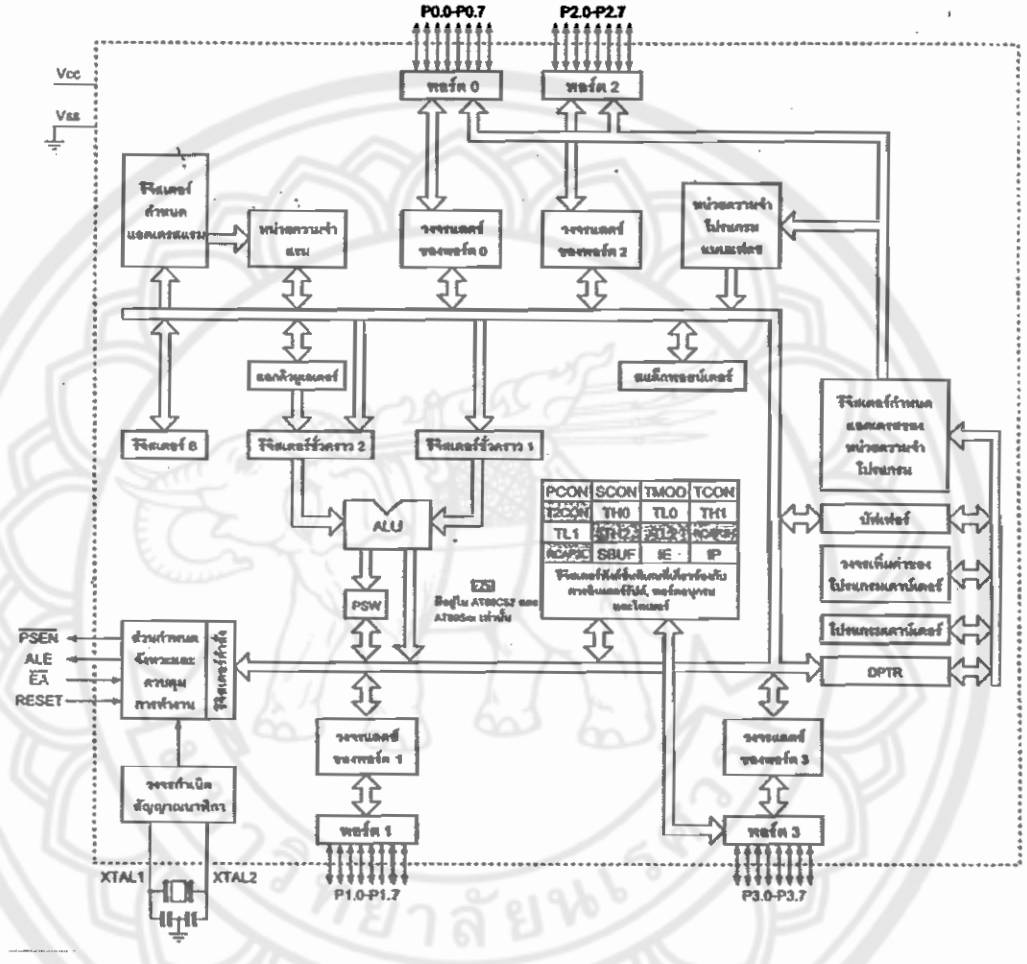
ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P_3

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
$P_{3.0}$	RXD (serial input port)
$P_{3.1}$	TXD (serial output port)
$P_{3.2}$	INT0 (external interrupt 0)
$P_{3.3}$	INT1 (external interrupt 1)
$P_{3.4}$	T0 (Time 0 external input)
$P_{3.5}$	T1 (Time 1 external input)
$P_{3.6}$	WR (external data memory write strobe)
$P_{3.7}$	RD (external data memory read strobe)

- ขา ALE/PROG เป็นขาสัญญาณเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (Address Latch Enable) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นอินพุตรับพัลส์ในการโปรแกรม (program pulse input) ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็น EPROM
- ขา PSEN (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบจำนวน 2 ครั้งในแต่ละซีลไซเกิลแต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะไม่มีการส่งสัญญาณสโตรบแต่อย่างใด
- ขา EA / VPP (External Access enable / VPP) เป็นขาสำหรับการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือจากภายนอก โดยถ้ามีสถานะเป็น 0 จะหมายให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกที่ตำแหน่งแอดเดรส 0-0FFFH (0-1FFFH ถ้าเป็นเบอร์ 8052) อย่างไรก็ตามถ้าบิตป้องกัน (security bit) ในหน่วยความจำ EPROM ถูกโปรแกรมไว้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกเลย นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (VPP) ขนาด 21 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรม EPROM
- ขา $XTAL_1$ และขา $XTAL_2$ เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตของวงจรอินเวอร์ติ้งออสซิลเลเตอร์แอมปลิไฟเออร์ (inverting oscillator amplifier) สำหรับใช้ต่อร่วมกับคริสตอลภายนอก

2.5.3 โครงสร้างภายในของ MCS-51

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แสดงดังรูปที่ 2.23 โดยส่วนที่มีเครื่องหมายดอกจัน (*) จะมีเฉพาะในเบอร์ 8032 และ 8052 เท่านั้น

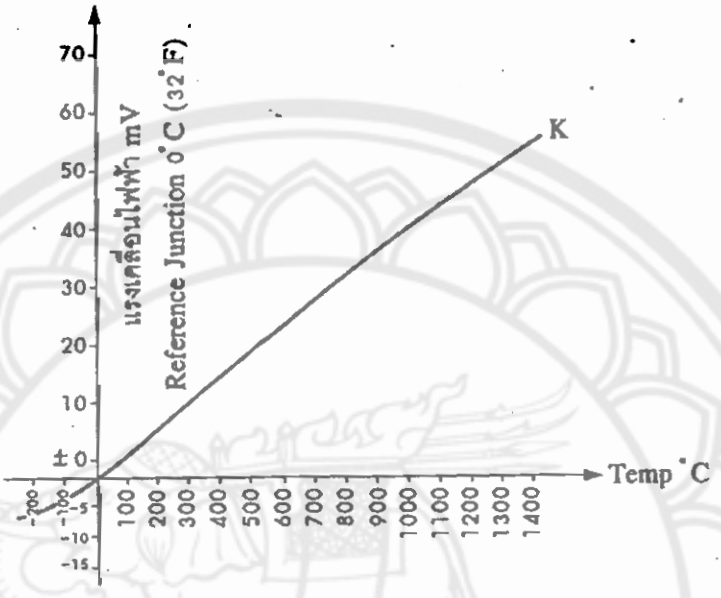


รูปที่ 2.23 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

2.6 เทอร์โมคัปเปิลแบบ K (Type K Chromel V.S. Alumel)

เพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลสามารถวัดอุณหภูมิได้สูงกว่าแบบ J และมีราคาถูกกว่าจึงได้มีผู้ประดิษฐ์เทอร์โมคัปเปิลแบบใหม่ที่สายบวกทำจากโลหะผสมระหว่างนิกเกิล 90% + โครเมียม 10% และสายลบทำจากโลหะผสมระหว่างนิกเกิล 95% + 5% ของส่วนผสมระหว่างอะลูมิเนียม แมงกานีส และซิลิคอน ซึ่งต่อมาได้กลายเป็นมาตรฐานแบบ K เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายมากที่สุดสามารถวัดงานที่เป็น Oxidizingหรือ Inert ได้ดีกว่าแบบอื่น สามารถทน

อุณหภูมิได้ถึง 1260 °C (2300 °F) **และอุณหภูมิต่ำถึง** -250 °C (-420 °F) **ในสภาพงานที่ต้องรับการแผ่รังสีโดยตรงจากแหล่งกำเนิดความร้อนแบบ** K **ก็สามารถใช้งานได้ดีเช่นกัน**



รูปที่ 2.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K

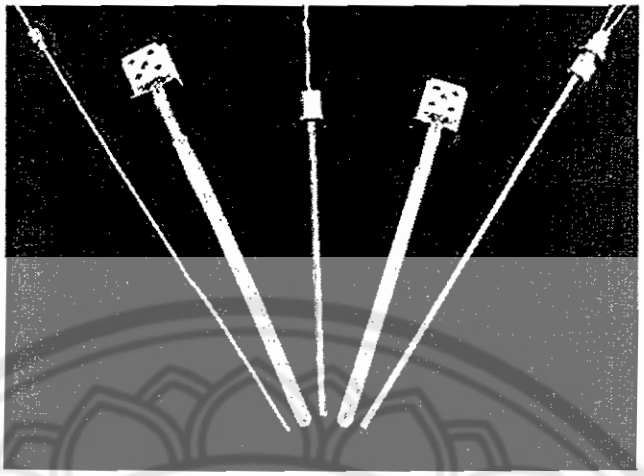
คุณสมบัติที่เด่นมากของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K [4] คือให้แรงเคลื่อนเอาต์พุตสูง ข้อควรระวัง ไม่ควรใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบ K สัมผัสโดยตรงกับ

ก.) ในงานสภาวะที่เป็น Reducing หรือเป็นการใช้งานสลับกันระหว่าง Oxidizing และ Reducing

ข.) สภาวะงานที่ไอของซัลเฟอร์เพราะซัลเฟอร์จะทำลายโลหะทั้งคู่ของเทอร์โมคัปเปิล โดยเฉพาะสายลบจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

ค.) สภาวะงานที่เป็น Vacuum ยกเว้นในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ

ถ้าจำเป็นต้องใช้งานเทอร์โมคัปเปิลกับสภาพดังกล่าวนี้จะต้องใช้ Protecting Tube **ป้องกันเสียก่อน อายุการใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลแบบ** K **นี้ประมาณ** 20 **ปี เพราะหลังจากนั้นส่วนผสมจะเปลี่ยนไปโดยจะมีเหล็กเพิ่มขึ้นประมาณ** 2% **และส่วนผสมบางอย่าง เช่น แมงกานีส จะลดปริมาณลง**



รูปที่ 2.25 เทอร์โมคัปเปิลแบบ K

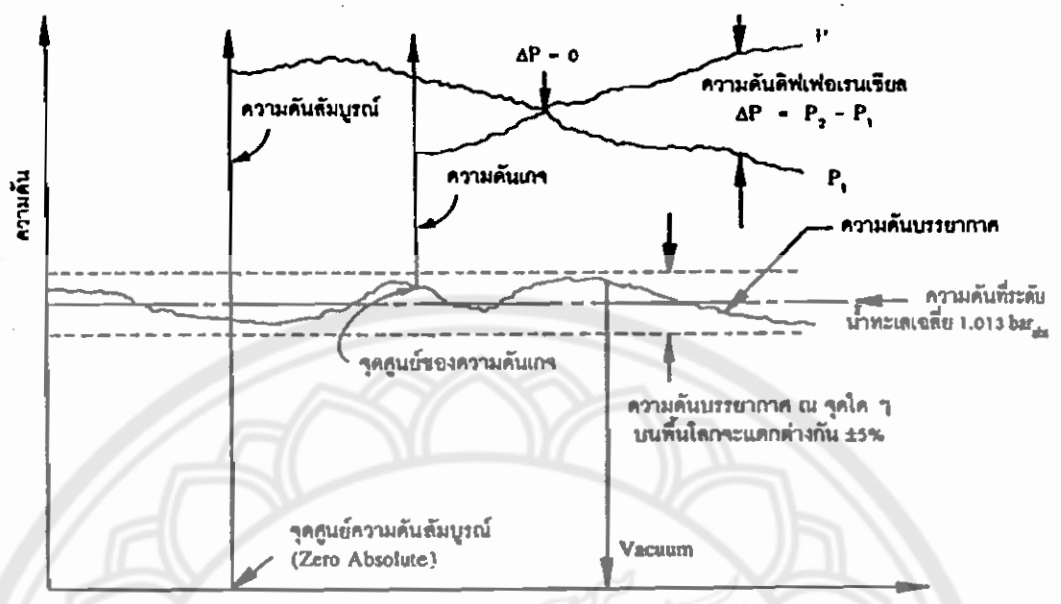
2.7 **ระบบสุญญากาศ** (Vacuum System)

สุญญากาศ (Vacuum) [4] คือ สภาพหรือตำแหน่งที่ไม่มีอากาศ ถ้ามีก็มีอยู่น้อยน้อยมาก แต่โดยทั่ว ๆ ไป การทำให้อยู่ในสภาวะสุญญากาศได้นั้น โดยใช้เครื่องสูบอากาศออกจากภาชนะ ก็มักจะไม่สามารถทำให้เป็นสุญญากาศได้อย่างสมบูรณ์ หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าเป็นความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ จะอ้างอิงจุดศูนย์ที่ความดันบรรยากาศและค่าจะมากขึ้นเมื่อความดันลดลง ค่าที่ได้สูงสุดที่จุดศูนย์ความดันสัมบูรณ์ (Zero Absolute) Vacuum นี้บางทีอาจเรียกความดันลบ (Negative Pressure) นิยมกำหนดหน่วยที่เป็นค่าของความสูงของของเหลว เช่น mmHg , inHg หรือถ้ามีค่าน้อย ๆ อาจกำหนดเป็น mmH_2O ,inH_2O และจะมีตัวย่อต่อท้ายด้วย Vac เช่น 758 $mmHg_{Vac}$ซึ่งหมายถึงมีค่าความดันต่ำกว่าบรรยากาศลงไป

โดยปกติช่วงการวัดระดับ Vacuum แบ่งเป็น 4 ระดับคือ

1. ระดับกลาง (Medium) ตั้งแต่ 25 $mmHg_{Vac}$ ถึง 736 mmHg
2. ระดับค่อนข้างสูง (Medium High) ตั้งแต่ 1 ถึง 10^{-3} torr
3. ระดับสูง (High) 10^{-3} ถึง 10^{-7} torr
4. ระดับสูงสุด (Ultrahigh) น้อยกว่า 10^{-7} torr

ในช่วงที่เป็น Vacuum สูง หน่วยที่ใช้จะเรียกเป็น torr " 1 torr หมายถึง 1 mmHg "จุดศูนย์อยู่ที่จุดความดันศูนย์สัมบูรณ์ ซึ่งหน่วยนี้ตั้งขึ้นเป็นเกียรติแก่ "torricelli" นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี ที่เป็นผู้พบว่าความดัน 1 บรรยากาศมีค่า 760 mmHg



รูปที่ 2.26 แสดงการเปรียบเทียบความดันทั้ง 4 รูปแบบ

ถ้าพิจารณาอย่างละเอียดแล้วจะเห็นว่า จุดศูนย์ของความดันเกจและค่า Vacuum เป็นจุดเดียวกันมีค่าไม่แน่นอนแล้วแต่การเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ แต่ค่าศูนย์ของความดันสัมบูรณ์จะมีค่าแน่นอน

2.7.1 Vacuum Pump

2.7.1.1 **หลักการในการปั๊ม**

จากกฎพื้นฐาน

$$P=n*k*T \qquad (2.5)$$

พิจารณาจากสมการนี้จะเห็นว่าการที่จะทำให้ความดัน P ลดลงนั้น จะมีตัวแปรอยู่ 2 ตัว คือ ความหนาแน่นของโมเลกุล n และอุณหภูมิ T ถ้าให้อุณหภูมิคงที่ ความดัน P ลดลง เมื่อความหนาแน่นโมเลกุล n ลดลง ถ้าให้ความหนาแน่นโมเลกุล n คงที่อุณหภูมิจะต้องลดลง หรือ ทั้งความหนาแน่นโมเลกุลและอุณหภูมิลดลงพร้อมกัน

ในกรณีที่ให้ความหนาแน่นโมเลกุล n ลดลงจะทำได้โดยใช้หลักการ

- **การอัดและขยาย** (Compression-Expansion) **เช่น** Rotary Pumps Root's Pumps

- **การพาไปโดยอาศัยแรงหนืด** (Drag by Viscosity Effect) **เช่น** Vapor Ejector Pumps

- การพาไปโดยอาศัยการแพร่ (Drag by Diffusion Effect) เช่น Vapor Ejector Pumps

- การพาไปโดยอาศัยพฤติกรรมของโมเลกุลในขณะจับตัวเป็น monolayer (Molecular Drag) เช่น Terbomolecular Pumps

- การทำให้ความหนาแน่นของโมเลกุลลดลงโดยใช้พฤติกรรมของอิออน (Ionization Effect) เช่น Sputtering Ion Pumps

- การทำให้ความหนาแน่นของโมเลกุลลดลงโดยใช้พฤติกรรมของการ Sorption เช่น Sorption Pumps , Gettering Pumps ในกรณีที่อุณหภูมิลดลง

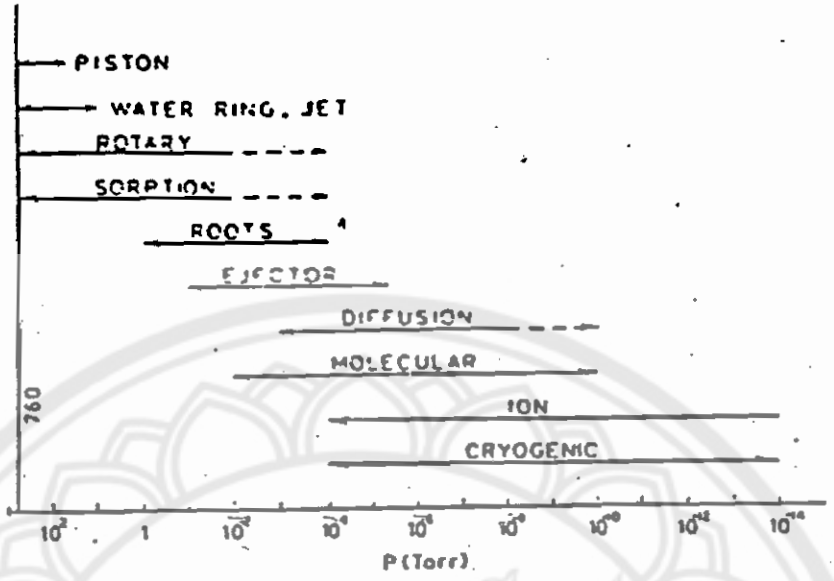
- ใช้หลักการเปลี่ยนสถานะเมื่ออุณหภูมิลดลง เช่น 8-12 Kelvin เช่น Gryogenic Pumps และอาจจะใช้ Gryogenic Pumps ร่วมกับ Sorption Pumps โดยที่ความสามารถในการดูดซับ (Physisorption) จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง

2.7.1.2 **การเลือกชนิดของปั๊มไปใช้งาน**

การเลือกชนิดของปั๊ม [5] ไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

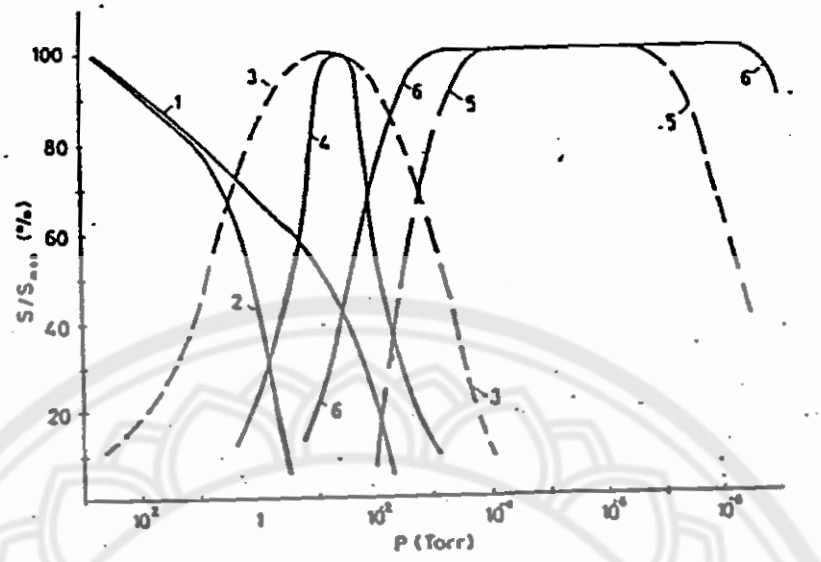
- ความดันต่ำสุด (Ultramate Pressure)
- ช่วงความดัน (Pressure Range)
- ความดันหลัง (Backing Pressure)
- ก๊าซที่จะถูกปั๊ม (Gas Type)
- และความเร็วในการปั๊ม (Pumping Speed)

ความดันต่ำสุด จะเกิดขึ้นที่ส่วนดูดของปั๊มแต่ละชนิด ซึ่งจะขึ้นกับชนิดของปั๊มอาจจะมีสาเหตุมาจากการรั่วกลับของปั๊มหรือความดันไอของวัสดุในปั๊มเอง



รูปที่ 2.27 Pressure ranges of vacuum pumps.

ช่วงความดันของปั๊ม แต่ละชนิดไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับวิธีการในการปั๊มดังแสดงในรูปที่ 2.28



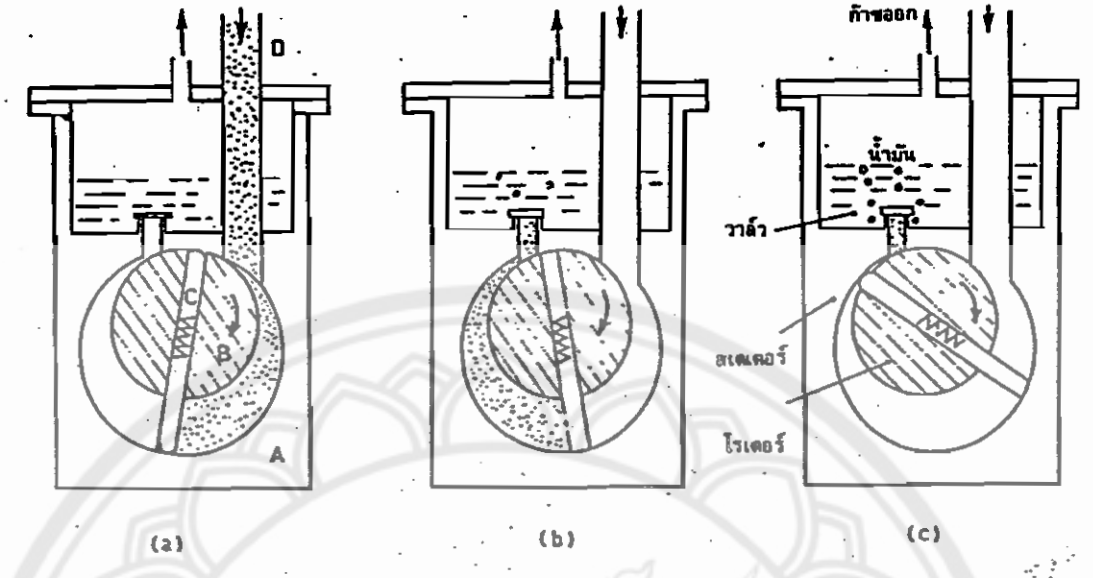
รูปที่ 2.28 The pumping speed range S of several pumps. In terms of their maximum pumping speed Smax. 1. Single stage rotating-vane pump (without gas ballast) ; 2. Single stage gas ballast pump ; 3. Root's pump ; 4. Fjector pump ; 5. Diffusion pump ; 6. Molecular pump.

จะเห็นว่าจะมีปั๊มบางชนิดที่สามารถปล่อยก๊าซออกสู่ความดันบรรยากาศได้ เช่น Rotary Pumps จึงใช้ปั๊มชนิดนี้เป็นปั๊มขั้นต้น (Roughing Pump หรือ Backing pump) ปั๊มส่วนหนึ่งไม่สามารถที่จะปล่อยก๊าซออกสู่บรรยากาศได้ แต่มีการพาโมเลกุลของก๊าซไปและปั๊มอีกส่วนหนึ่งไม่มีการพาโมเลกุลของก๊าซไปแต่ละเปลี่ยนสถานะโมเลกุล เช่น Sorption Pumps , Cryogenic pumps

2.7.1.3 **ปั๊มกลโรตารี่** (Rotary Pumps)

เป็นปั๊มขั้นต้นที่ใช้ในการสร้างสุญญากาศที่ไม่ต่ำกว่า 10-3 torr

หลักการ คือ ก๊าซจะถูกดูดเข้าไปในห้องลูกสูบ หรือใบพัด และดูดขับออกมาสู่บรรยากาศ จะมีซีล (Seal) รอยต่อทั้งหมดด้วยน้ำมัน ในที่นี้จะขอกล่าวถึงปั๊มกลแบบ**ใบพัด ปั๊มกลแบบใบพัดจะประกอบด้วยโลหะรูปทรงกระบอกกลวง** (Stator A) **และแท่งโลหะที่หมุนภายในทรงกระบอกกลวง** (Rotor B) **ซึ่งประกอบด้วยใบพัด** C 2 **ใบ ดังในรูปที่** 2.29

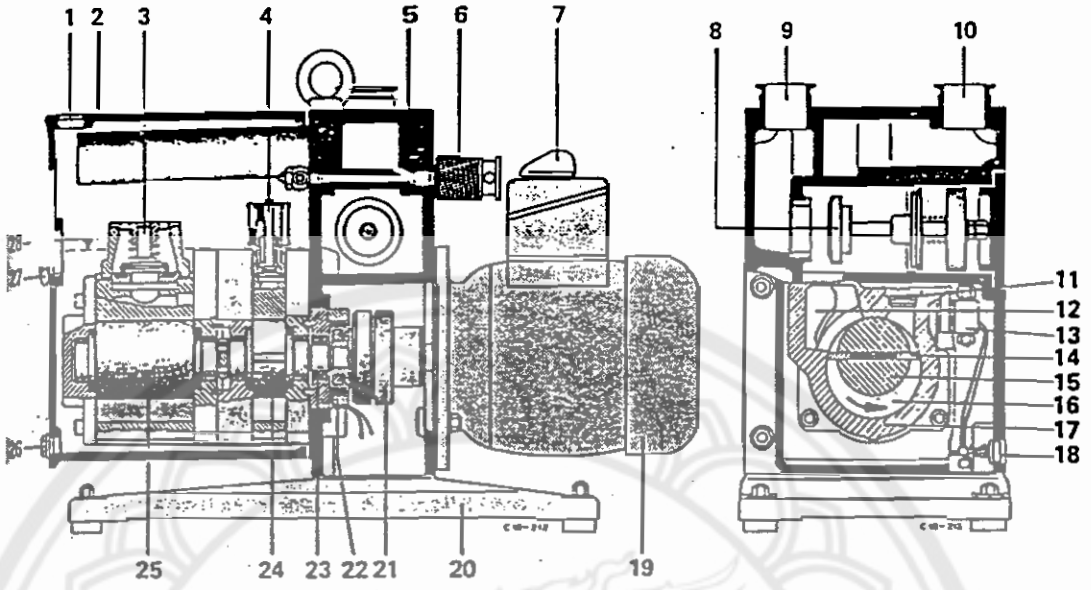


รูปที่ 2.29 ปั๊มกลโรตารี่แบบเวน

a. โรเตอร์จะหมุนตามเข็มนาฬิกา ทำให้ก๊าซถูกดูดออกจากภาชนะสุญญากาศ เข้าสู่ตัวปั๊มทางช่อง D

b. เมื่อโรเตอร์หมุนไปเกือบ 180 จะอัดก๊าซให้มีความดันสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนสามารถยกลิ้น E ขึ้น และถูกขับออกสู่บรรยากาศ

c. ก๊าซจะถูกขับออกจนเกือบหมด และใบพัดอีกใบหนึ่งก็จะเริ่มดูดก๊าซอีกครั้งหนึ่ง



1.Oil filler plug	8.High vacuum safety valve	15.Rotor	22.Dynamo
2.Cap	9.Vacuum socket	16.Working chamber	23.Radial shaft seal
3.Pressure relief valve	10.Exhaust socket	17.Pump cylinder	24.Pump state II
4.Pump valve	11.Pump valve (same as 4)	18.Monitoring connection	25. Pump state I
5.Pump support	12.Intake channel	19.Motor	26.Oil drain plug
6.Gas ballast valve	13.Solenoil valve	20.Baseplate	27.Oil level sight glass
7.On/Off Switch with motor protection switch	14.Vane	21.Coupling	28.oil level

รูปที่ 2.30 Sectional drawing of a DUO 030 A

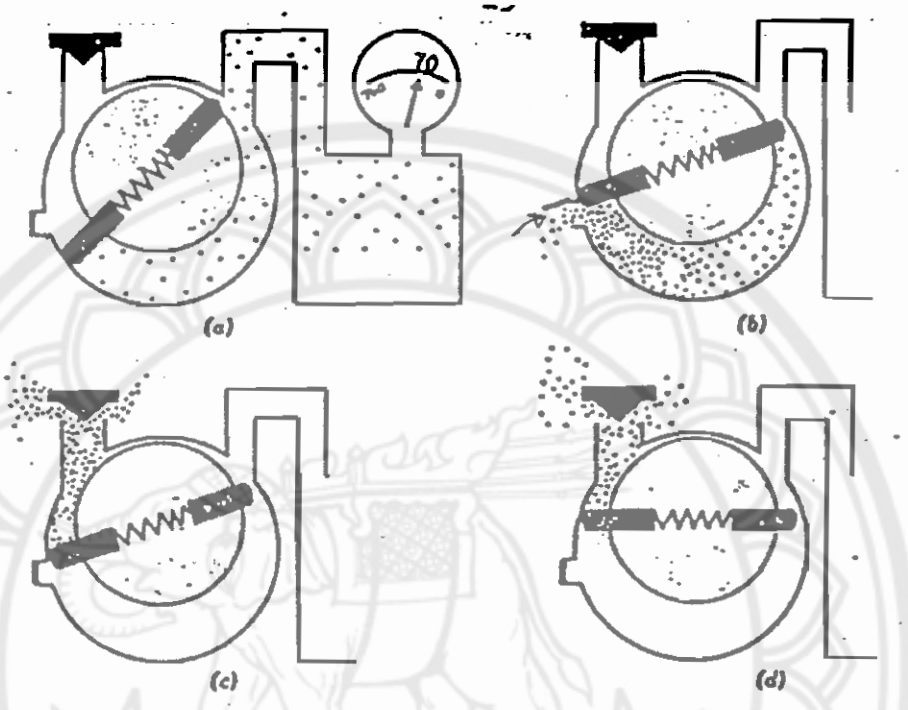
ประสิทธิภาพในการปั๊มขึ้นอยู่กับ

1. ผิวของสเตเตอร์ และโรเตอร์ ต้องสะอาดไม่มีการสึกกร่อน ดังนั้นในการใช้ควรมีการกรองฝุ่นก่อนเข้าเครื่องปั๊ม (Inlet Dust Filters) เพื่อป้องกันไม่ให้ผิวภายในเสียหาย

2. การซีลระหว่างโรเตอร์ และสเตเตอร์ จะต้องอาศัยน้ำมันซึ่งจะทำหน้าที่หล่อลื่น และระบายความร้อนด้วย ดังนั้นน้ำมันต้องมีความหนืดพอเหมาะกับความเร็วรอบของปั๊ม และไม่ดูดซับไอของก๊าซที่ไหลผ่านปั๊มซึ่งจะทำให้ความดันต่ำสุดของปั๊มลดลง

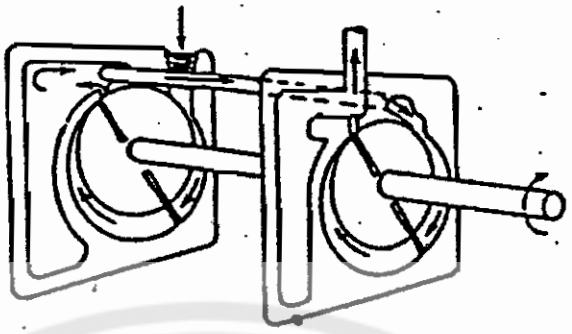
3. การอัดของปั๊มจะทำให้ก๊าซบางชนิดกลั่นตัวลงมา และระเหยใหม่ในช่วงดูดวนไปมาอยู่ภายในปั๊ม ความดันต่ำสุดของปั๊มจะลดลง ซึ่งจะแก้ไขโดยใช้ ก๊าซบัลลาสต์ (Gas

Ballast) โดยใส่ก๊าซบัลลาสต์วาล์วไว้ในช่องก่อนอัดเพื่อช่วยยกวาล์ว ในช่วงอัดก่อนที่ก๊าซจะกลั่นตัว

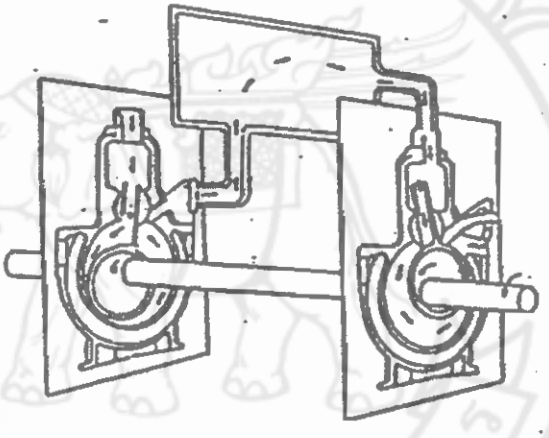


รูปที่ 2.31 Schematic of gas-ballast operation. (a) Without ballast. (b) The pump chamber is shut off and the ballast valve opens, admitting air to the pump chamber. (c) The exhaust valve opens; air and uncondensed vapor are released. (The exhaust valve opens before it ordinarily would.) (d) The pump continues to eject air and vapor; ordinarily the exhaust would not open till (d)

Rotary Pumps ที่สามารถทำสุญญากาศได้ต่ำจะเป็นแบบ 2 ช่วง (Two stage) โดยจังหวะอัดในช่วงที่ 1 จะเข้าสู่จังหวะดูดในช่วงที่ 2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการซีล ดังรูปที่ 2.32 และรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.32 Vane type of pump in which vanea are mounted in a balanced. Rotating member.



รูปที่ 2.33 Schematic drawing of a compound. Or double-stage. Kinney KC pump.

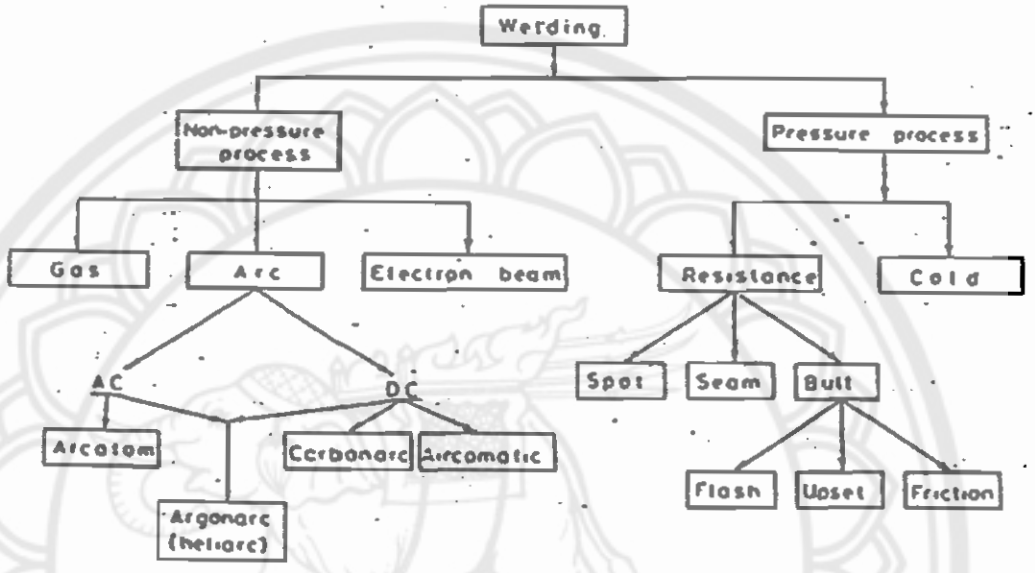
การเลือก Rotary Pumps จะต้องคำนึงถึงความดันต่ำสุด ความเร็วในการปั๊มและชนิดของก๊าซที่ต้องการดูด ถ้าเป็นก๊าซที่เป็นอันตรายจะต้องมีระบบป้องกัน ถ้าเป็นก๊าซที่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันจะต้องมีตัวดักจับก๊าซ (Condenser Trap) หรือใช้น้ำมันชนิดที่ไม่ทำปฏิกิริยากับก๊าซนั้น เช่น จะใช้ปั๊มดูดไอที่เป็นกรด ควรจะใช้น้ำมันที่เป็นพวก Silicone และตัวปั๊มจะต้องไม่ถูกกรดกัดจะต้องเป็น Stainless เป็นต้น

2.7.2 Seal

การซีลในระบบสุญญากาศ [5] นับว่าสำคัญมาก เป็นปัญหาส่วนใหญ่ของระบบสุญญากาศในปัจจุบัน เนื่องจากรอยรั่วจากการซีลในขณะที่การใช้งานไปนาน ๆ การซีลจะเสื่อมลงจำเป็นต้องมีการตรวจ และเปลี่ยนการซีลกันใหม่

ชนิดของการซีลแบ่งเป็น

1. Permanent Seal ได้แก่ การเชื่อม (Welding) การซีลแก้วกับแก้ว แก้วกับโลหะและแก้วกับเซรามิค เป็นต้น

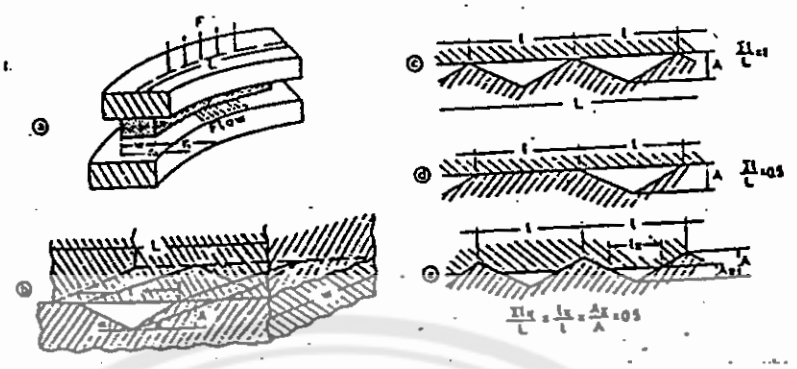


รูปที่ 2.34 Welding methods for vacuum sealing.

สำหรับการซีลแก้วกับแก้ว แก้วกับโลหะนั้น แก้วและโลหะจะต้องมีอัตราการขยายตัวตามเส้นที่ใกล้เคียงกัน เช่น การซีลแก้ว Pyrex 7440 กับทังสเตน เป็นต้น

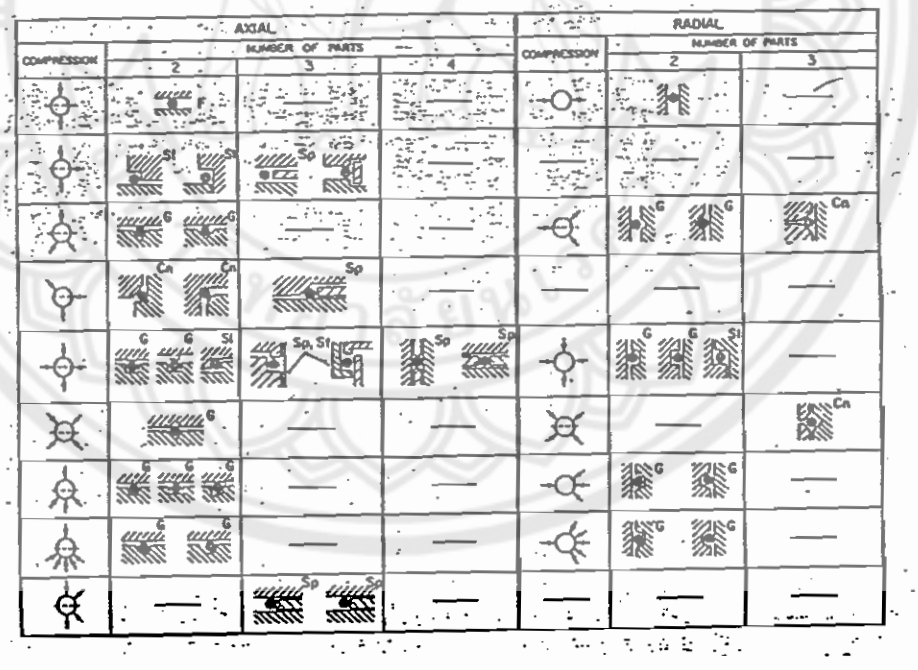
2. Semipermanent Seal เป็นการซีลที่ใช้ Wax , กาว สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ ความดันไอ การซึมผ่านของก๊าซและลักษณะของการใช้ เช่น Silicon Rubber Sealant , กาว Epoxy (Torr Seal ของ Varain มีความดันไอ 10-8 torr ที่ 100 C)

3. Gasket และ O-ring การซีลด้วย Gasket คือการใช้ flang 2 อันบีบลงบน Gasket ดังในรูปที่ 2.35

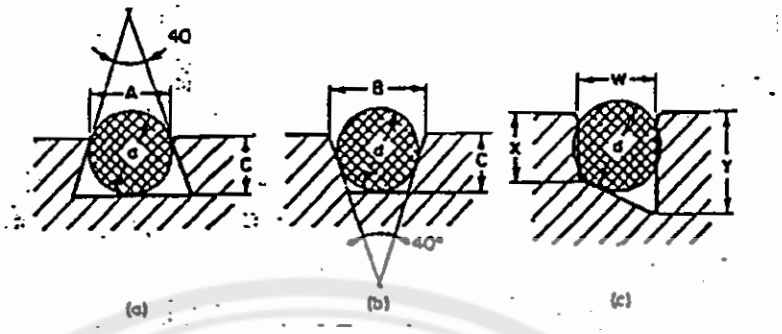


รูปที่ 2.35 Dimensions of a seal ; (a) the interface-contact annulus ; (b) a typical leak , path ; (c) the surface contact (machined surface) ; (d) single path on a surface ; (e) loaded interface-contact.

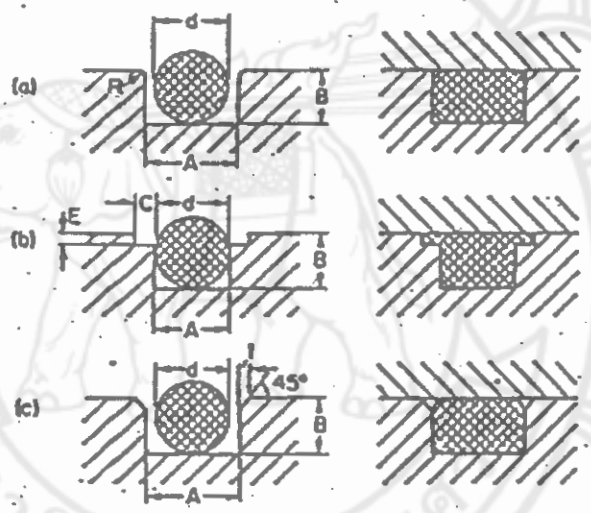
วัสดุที่ใช้ทำ Gasket ได้แก่ ทองแดง , นิเกิล , อลูมิเนียม , ตะกั่ว , เป็นต้น การซีลด้วย O-ring จะมีลักษณะการซีลดังรูป



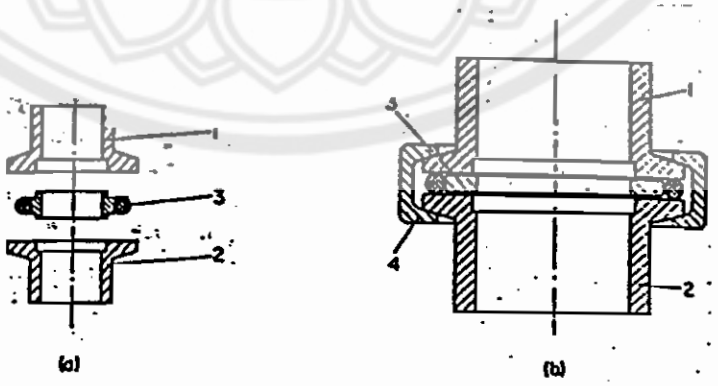
รูปที่ 2.36 O-ring seals. The axis of the seal is vertical and on the right side of the seal. F-flange seal ; G-groove seal ; Sp-spacer seal ; Cn-conical seal ; St-step seal.



รูปที่ 2.37 Trapezium grooves.



รูปที่ 2.38 Rectangular grooves for O-ring.



รูปที่ 2.39 Spacer seal with retaining ring (Leybold-Heracus)