บทที่ 1

นิวแมติกส์ Pneumatic

1.1 ประวัติความเป็นมาของนิวแมติกส์

นิวแมติกส์มาจากคำศัพท์ภาษากรีกว่า “Pneuma” หมายถึงหายใจหรือลม แต่ในปัจจุบัน หมายถึง การนำลมอัดไปใช้กับเครื่องจักรกลในงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการนำมาใช้ขับเคลื่อนและควบคุมอุปกรณ์ หรือเครื่องจักรกลต่าง ๆ ที่ใช้ลมเป็นต้นกำเนิดกำลังในการทำงาน โดยประวัติความเป็นมาของนิวแมติกส์นั้นมีมาพอสังเขปดังนี้

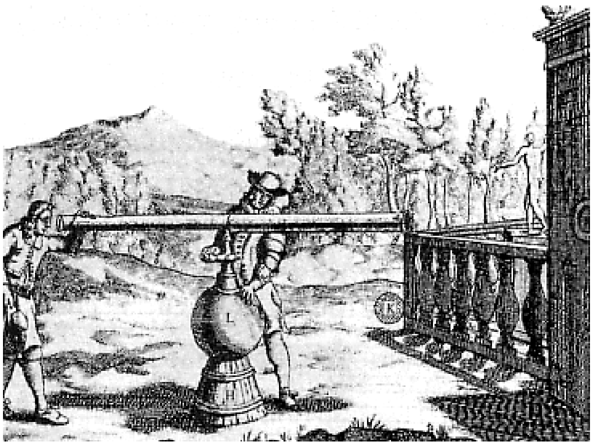
ศตวรรษที่ 8 - 9 แบลส์ ปาสคาล(Blasise Pascal) , ออตโต วอน เกอร์ริก (Otto von Guericke) และ เดนนิส พาพิน(Denis Papin) เป็นผู้ปูทางในสาขานิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์ และมีผู้นิยมใช้กังหันน้ำกันอย่างแพร่หลาย นอกจากนั้นยังใช้ขับเคลื่อนกลไกในลักษณะการหมุนแขนแบบโรตารี่ เพื่อเป็นคันส่งบังคับการเคลื่อนที่ไปมาด้วย

ศตวรรษที่ 12 ในยุโรปนิยมการใช้กังหันลมในโรงสี

ศตวรรษที่ 16 กาลิเลโอ กาลิเลอิ (Galileo Galilei) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างสุญญากาศ วิศวกรเหมืองแร่มีการใช้ปั๊มที่สามารถดูดน้ำได้สูงได้ประมาณ 10 เมตร

ปี ค.ศ. 1643 เอวันเยลิสตา ตอร์รีเซลลี (Evangelista Torricelli) และวินเซนซิโอ วิเวียนิ (Vincenzio Viviani) ได้ค้นพบว่าปรอทมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ 14 เท่า

ปี ค.ศ.1663 ปาสคาลได้ตีพิมพ์หนังสือ Traitez de l’ Eqilibre de liqueurs ในกรุงปารีส ซึ่งเป็นหลักการของเครื่องไฮดรอลิกส์ “ก็เหมือนการเอาน้ำบรรจุภาชนะที่ช่องเปิด 2 ทาง โดยช่องหนึ่งใหญ่กว่าอีกช่องหนึ่ง 100 เท่า ช่องเปิดใหญ่นี้มีลูกสูบที่ขนาดพอดีกับที่จะชักให้ผ่านได้ ส่วนลูกสูบตัวเล็กเป็นตัวที่ให้คนดึงได้ ในลักษณะนี้ผู้ชักจะมีแรงเทียบเท่ากับ 100 คน”



รูปที่ 1.1 แสดงกล่องลมของเกอร์ริกที่ใช้ในการยิ่งลูกทรงกลมด้วยลมอัดไหลผ่านท่อ

ปี ค.ศ.1672 เกอร์ริกเป็นวิศวกรชาวเยอรมนี ได้เขียนหนังสือเกี่ยวกับความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติและคุณสมบัติของอากาศ เขาได้กล่าวว่า “อากาศมีลักษณะเป็นกึ่งรูปร่าง จะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนและหดตัวเมื่อได้รับความเย็น ซึ่งสามารถถูกอัดได้ (ควบแน่น) การอัดอากาศให้หนาแน่นและเจือจางมีขอบเขตของมัน อากาศอัดจะออกแรงกดต่อทุกสิ่งรอบ ๆ ตัว แรงกดของอากาศเท่ากับแรงกดของลำน้ำที่สูง 20 Ellen (หน่วยวัดความยาวของยุโรปสมัยโบราณ = 45 นิ้ว)” ดังแสดงในรูปที่ 1.4 จากความรู้นี้เป็นแนวความคิดในการสร้างปั๊มลม

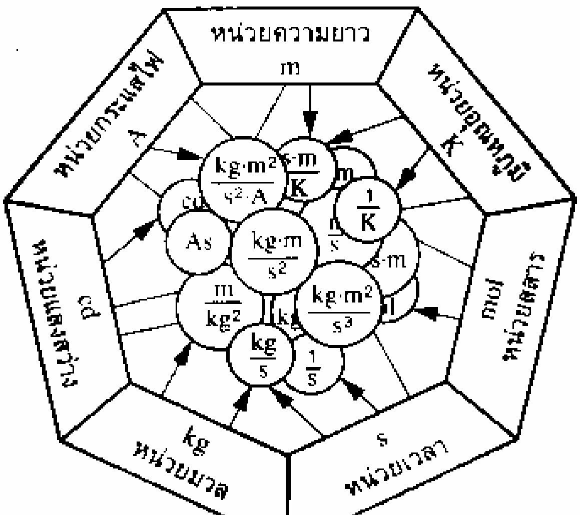
ศตวรรษที่ 17 มีนักค้นคว้าจำนวนมากเริ่มสนใจและค้นคว้าเกี่ยวกับนิวแมติกส์ และไฮดรอลิกส์ เกี่ยวกับสมมุติฐานการใช้ลมดูดและลมอัดเช่นเดียวกับการใช้น้ำอัด มีการเขียนรายงานทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบการขนส่งคนและสิ่งของด้วยนิวแมติกส์ ยังมีการคิดค้นเครื่องจักรกลที่ใช้ลม

ปี ค.ศ. 1709 อัฟเฟนบาชได้บรรยายเกี่ยวกับลิฟต์ใช้งานยืดออกได้ด้วยลมที่หอดูดาวคาร์ล ในเมืองคาสเซลประเทศเยอรมนี

ศตวรรษที่ 19 พาพินได้บรรยายสิ่งที่เขาค้นพบคือ เครื่องระบายอากาศด้วยแรงเหวี่ยง (Centrifugal ventilator) ซึ่งทำงานคล้ายกับเครื่องสูบน้ำโดยใช้แรงเหวี่ยง (Centrifugal pump)

1.2 หน่วยทางฟิสิกส์ที่ใช้ในนิวแมติกส์

หน่วยวัดในระบบ System International d’ Unites (SI) ประกอบด้วยหน่วยวัดพื้นฐานดังแสดงในรูปที่ 1.2



หน่วย	หน่วยวัด
มวล	กิโลกรัม (kg)
เวลา	วินาที (s)
อุณหภูมิ	องศาเคลวิน (K)
ความยาว	เมตร (m)
กระแสไฟ	แอมแปร์ (A)
แสงสว่าง	แคนเดลา (cd)
สสาร	โมล (mol)

รูปที่ 1.2 แสดงหน่วยวัดพื้นฐานของระบบ SI

- **หน่วยแรง** (Force)

แรง (F) = มวล(m) X อัตราเร่ง(a) หน่วยวัด นิวตัน ($N = kgm/s^2$)

ถ้ามวล 1 kg นำมาแทนแรงบนโลก = 1 kgf (กิโลกรัมแรง) = 9.81 N (kgm/s^2)

➢ หน่วยความดัน(pressure)

ความดัน (p) = แรง (F) / พื้นที่ (A) หน่วยวัด ปาสคาล (Pa)

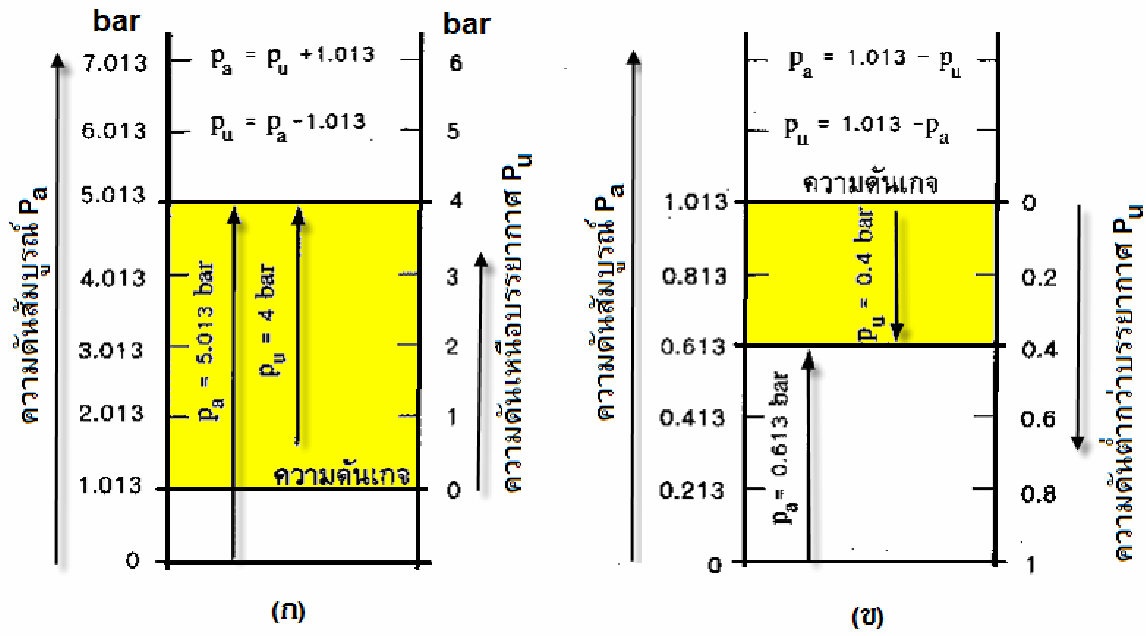
$$Pa = \frac{N}{m^2} = \frac{kg-m}{S^2 \bullet m^2}$$

Psi = pound per square inch (หน่วยวัดความดันของอังกฤษ)

1 psi = 7000 Pa = 0.06895 bar

Bar = หน่วยวัดความดันของ (SI)

1 bar = 10^5 Pa = 14.5 psi = 1.01972 kgf/cm^2



รูปที่ 1.3 แสดงแผนภูมิความดัน (DIN 1343 Pn = 1.01325 bar)

จากรูปที่ 1.3 - ความดัน ความดันสัมบูรณ์ (absolute pressure , Pabs) มีค่า 10^{-10} Pa

- ความดันบรรยากาศ (Pn) มีค่า 1.01325 bar

➢ หน่วยงาน (work)

งาน = แรง x ระยะทาง ตัวอย่างเช่น แรงบิด

หน่วยจูล (joule) 1 j = 1 N-m = 0.102 kgf-m

➢ หน่วยพลังงาน (Power)

หน่วย Watt 1 W = 1 N-m/S = 0.001359 mhp (metric horse power)

1 mhp = 735.49875 W

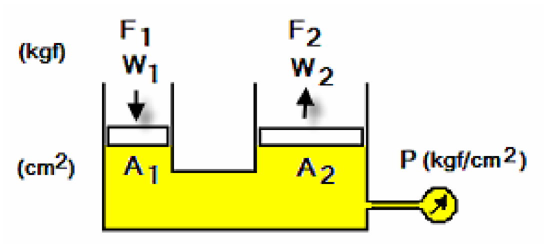
1.3 คุณสมบัติทางฟิสิกส์และกฎของลม

อากาศที่นำมาใช้ในระบบนิวแมติกส์ประกอบด้วย ไนโตรเจน (nitrogen) ประมาณ 78 % โดยปริมาตร ออกซิเจน ประมาณ 21 % โดยปริมาตร และส่วนประกอบอื่น ๆ ดังนี้ คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon-dioxide), อาร์กอน (argon) , ไฮดรอเจน (hydrogen) , นีออน (neon) , ฮีเลียม (helium) , ครีพตัน (krypton) และส่วนประกอบของไอน้ำ อากาศประกอบด้วยอณูเล็ก ๆ มีอะตอมเชื่องโยงกันเป็นคู่ ๆ คล้ายลูกบอล อากาศ 1 cm^3 ประกอบด้วย 27 x 10^{18} อณู

- **กฎของปาสคาล (กฎส่งผ่านความดัน)**

B. Pascal(ชาวฝรั่งเศส ระหว่างปี ค.ศ. 1623-1662) ได้ทำการทดลองพิสูจน์กฎปาสคาลซึ่งเกี่ยวกับการส่งผ่านความดันสถิต หรือความดันที่ไม่เคลื่อนที่ (Static pressure) กฎนี้กล่าวว่า

“ความดันที่กระทำต่อส่วนหนึ่งส่วนใดของของไหลที่อยู่นิ่งในภาชนะปิด จะกระทำต่อทุกส่วนของภาชนะในแนวตั้งฉาก”



$$\frac{W_1}{A_1} = \frac{W_2}{A_2} = P\ (kgf/cm^2)$$

$$W_2 = \frac{W_1 \bullet A_2}{A_1}\ (kgf)$$

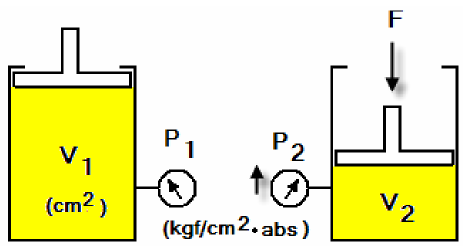
รูปที่ 1.4 กฎของปาสคาล

จากรูปที่ 1.4 ในกรณีที่ลูกสูบมีพื้นที่หน้าตัด A_1 (cm^2) และ A_2 (cm^2) ถ้ามีแรง F_1 หรือน้ำหนัก W_1 (kgf) กระทำบนลูกสูบ A_1 แล้วจะเกิดแรงถ่ายเท W_2 (kgf) หรือ F_2 ขึ้นที่ลูกสูบซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A_2 ดังแสดงในรูปที่ 1.4

- **กฎของบอยล์**

R. Boyle (ชาวอังกฤษ ระหว่างปี ค.ศ. 1627-1691) เป็นผู้คิดค้นกฎของบอยล์โดยกล่าวว่า

“ถ้ากดลูกสูบในกระบอกซึ่งมีก๊าซบรรจุอยู่ภายใน ปริมาตรก๊าซจะลดลงในขณะที่ความดันก๊าซเพิ่มขึ้น ” กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า “ ณ อุณหภูมิคงที่ ปริมาณก๊าซจะเปลี่ยนแปลงเป็นอัตราส่วนผกผันกับความดันก๊าซนั้นดังแสดงในรูปที่ 1.5

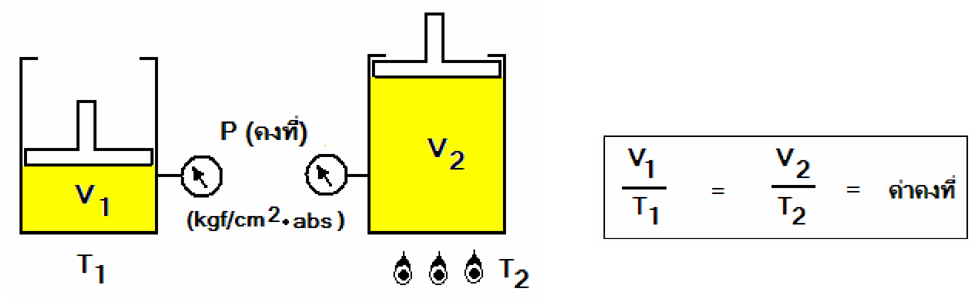


$$P_1 x\ V_1 = P_2 x\ V_2 = \text{ค่าคงที่}$$

รูปที่ 1.5 กฎของบอยล์

➢ กฎของชาร์ลส์

กฎของชาร์ลส์กล่าวว่า “ค่าความดันอากาศคงที่ค่าหนึ่ง ปริมาตรของอากาศจำนวนหนึ่งจะแปรผันเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศ” หมายความว่า เมื่ออากาศจำนวนหนึ่งซึ่งมีปริมาตร V_1 และอุณหภูมิ T_1 ถูกทำให้ร้อนขึ้นหรือถูกทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ T_2 ภายใต้ความดันคงที่ ปริมาตรอากาศจะเปลี่ยนแปลงเป็น V_2 ตามความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 1.6

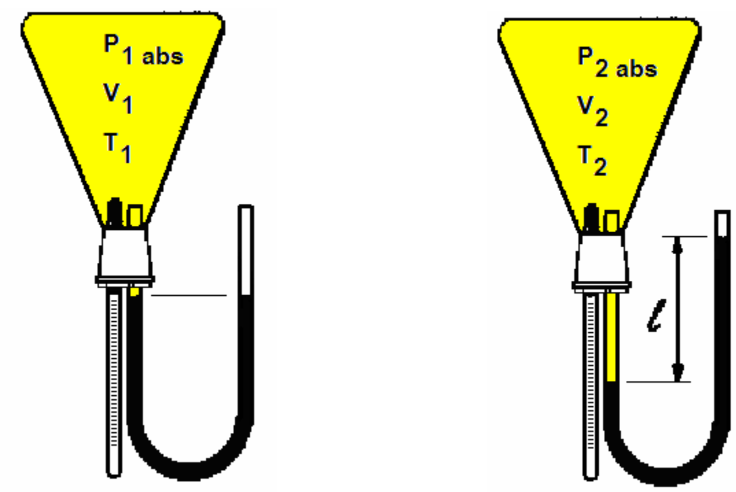


รูปที่ 1.6 กฎของชาร์ลส์

1.4 การเปลี่ยนแปลงของอากาศจากผลของความร้อนและความดัน

ความดัน(p) มีค่าแปรผันตามปริมาตร(V) และอุณหภูมิสัมบูรณ์(T) ดังแสดงในรูปที่ 1.7

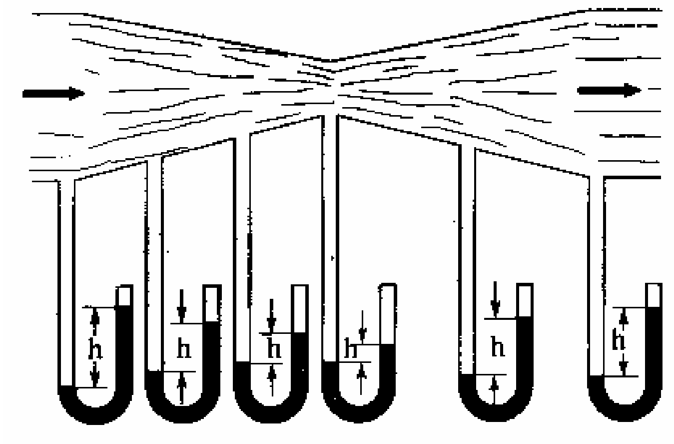
$$\frac{p_{abs}V}{T} = \frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} = \text{ค่าคงที่}$$



อุณหภูมิภายในขวดทดลองและอุณหภูมิภายนอกเท่ากัน

อุณหภูมิภายในขวดทดลองร้อนขึ้นและก๊าซภายในขยายตัวดันระดับน้ำให้สูงขึ้น

รูปที่ 1.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณอากาศ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (T2 > T1)



รูปที่ 1.8 แสดงความดันที่จุดต่าง ๆ ของท่อที่มีความเร็วไม่เท่ากัน

- **ความดันอากาศและการเปลี่ยนแปลงความเร็ว**

ความเร็วและความดันมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด สามารถแสดงให้เห็นได้จากการทดลองดังนี้ คือ เมื่ออากาศไหลผ่านหลอดแก้วที่มีลักษณะปากรูปกรวยทรงกลมเรียวและคอดที่กึ่งกลางดังรูปที่ 1.8 นำหลอดแก้วรูปตัวยูติดเข้ากับส่วนต่าง ๆ ของหลอดแก้วทดลอง ความดันน้อยที่สุดจะเกิดขึ้นที่บริเวณคอคอดที่เล็กที่สุด

พลังงานความดัน (pressure energy) แฝงอยู่ในรูปของความดันสัมบูรณ์ (P_{abs})

พลังงานจลน์ (kinetic energy) แฝงอยู่ในรูปของความเร็ว(V)

ดังนั้น พลังงานความดัน + พลังงานจลน์ = คงที่

1.5 การนำนิวแมติกส์มาประยุกต์ในอุตสาหกรรม

ในปัจจุบันระบบนิวแมติกส์ได้แพร่หลายในอุตสาหกรรมอย่างมาก เนื่องจากระบบที่ใช้อุปกรณ์นิวแมติกส์นั้นง่ายต่อการใช้งานและซ่อมบำรุง รวมทั้งมีราคาไม่แพงและยังนิยมนำมาใช้ในเครื่องจักรอัตโนมัติและเครื่องจักรกลทันสมัยมากมาย แสดงตัวอย่างการใช้งานนิวแมติกส์ในอุตสาหกรรมดังนี้

1. อุตสาหกรรมการผลิต (Industrial pneumatics for production)
2. เครื่องมือวัด (pneumatics for instrumentation)
3. งานก่อสร้าง (pneumatics for Building construction)
4. งานขนถ่ายอุตสาหกรรม (pneumatics for material handing)
5. สาขาอื่น เช่น อุปกรณ์ภายในรถยนต์และรถไฟ งานแพทย์ ของเล่น กีฬา เป็นต้น

- **ข้อดีของลมอัด**

1 ทนต่อการระเบิด ลมอัดไม่มีอันตรายจากการระเบิดหรือติดไฟ อุปกรณ์ราคาไม่แพง

2. รวดเร็ว ลูกสูบมีความเร็วในการทำงาน 1 ถึง 2 m/s ถ้าเป็นลูกสูบแบบพิเศษสามารถให้ความเร็วในการทำงานได้ถึง 10 m/s

3. การส่งถ่ายง่าย สามารถเดินท่อลมอัดในระยะทางไกลได้ และลมอัดที่ใช้แล้วไม่ต้องนำกลับ สามารถปล่อยทิ้งออกสู่บรรยากาศได้เลย (เป็นระบบเปิด)

4. การเตรียมและเก็บรักษาได้ง่าย สามารถอัดเก็บไว้ในถังลม เพื่อนำไปใช้งานได้ต่อเนื่อง

5. ความปลอดภัย อุปกรณ์ที่ใช้กับระบบลมอัดจะไม่เกิดการเสียหายจากงานที่เกินกำลัง

6. ควบคุมอัตราความเร็วได้ง่าย โดยใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลของลมอัด

7. การควบคุมความดัน ความดันของลมอัดที่ต้องการสามารถควบคุมได้ง่าย โดยใช้วาล์วควบคุมความดัน

8. สะอาด ลมอัดมีความสะอาดทำให้อุปกรณ์เครื่องใช้สะอาดหมดจด

9. โครงสร้างง่ายต่อการใช้งานและดูแล

- **ข้อเสียของลมอัด**

1. ลมอัดสามารถอัดตัวได้ ทำให้การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ไม่สม่ำเสมอ

2. ลมอัดมีความชื้น เมื่อเย็นตัวจะเกิดการกลั่นตัวของหยดน้ำในถังเก็บลมและท่อลม

3. ลมอัดต้องการเนื้อที่มาก เมื่อต้องการใช้แรงมากต้องใช้กระบอกสูบที่ขนาดใหญ่

4. ลมอัดมีเสียงดัง เมื่อมีการระบายลมออกจากอุปกรณ์ทำงาน จำเป็นต้องใช้ตัวเก็บเสียง (Silencer)

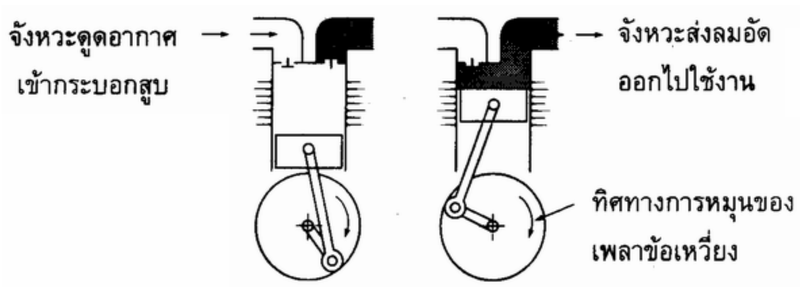
5. ความดันของลมอัดเปลี่ยนแปลงได้ โดยความดันของลมอัดจะเพิ่มขึ้นและลดลง เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

1.6 เครื่องอัดอากาศ

เครื่องอัดอากาศ (Compressor) มีหน้าที่อัดอากาศจากความดันปกติ หรือ ความดันบรรยากาศให้มีความดันสูงขึ้นตามความต้องการ การเลือกใช้เครื่องอัดอากาศชนิดต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน โดยพิจารณาจากความดันใช้งานและปริมาณการจ่ายลมอัดสำหรับอุปกรณ์ทั้งระบบ เครื่องอัดอากาศสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

1.6.1 **เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ** (Piston compressor)

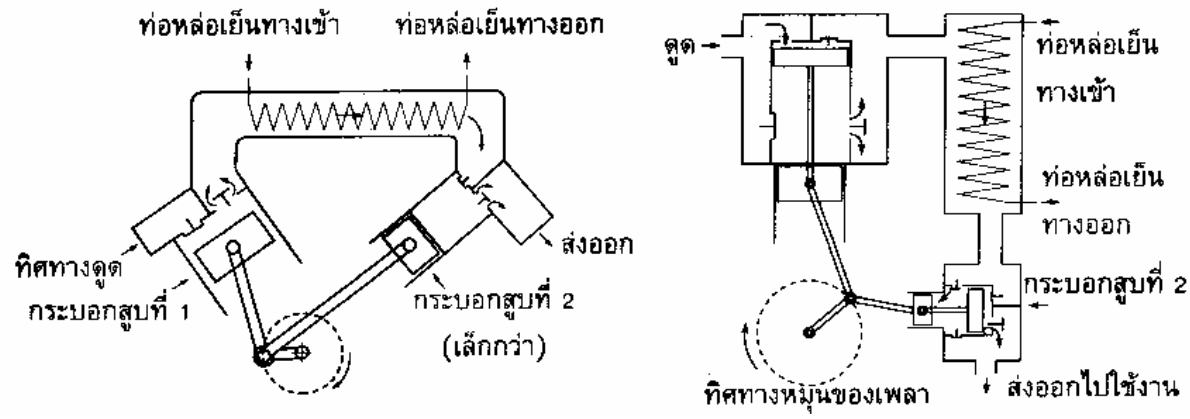
ทำงานโดยการอัดอากาศที่บรรจุในกระบอกสูบให้มีปริมาตรน้อยลงทำให้ความดันเพิ่มขึ้น ก่อนส่งไปเก็บภายในถังบรรจุความดัน ซึ่งสามารถผลิตความดันใช้ได้ตั้งแต่ความดันต่ำถึงความดันสูง และเป็นที่นิยมใช้กันในงานอุตสาหกรรมทั่วไป แสดงลักษณะการทำงานดังรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 แสดงเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบอัด

➢ **เครื่องอัดอากาศลูกสูบชักแบบอัดหลายขั้น** (multistage compressor)

เหมาะสำหรับงานที่ต้องการใช้ความดันสูง ๆ แสดงรูปหลักการทำงานของเครื่องอัดอากาศลูกสูบชักแบบอัดหลายชั้นดังรูปที่ 1.10 อากาศที่ถูกดูดเข้ากระบอกสูบที่ 1 ถูกอัดจากลูกสูบแรกจะถูกหล่อเย็นภายในก่อนที่จะถูกอัดในลูกสูบถัดไป ปริมาตรของกระบอกสูบตัวที่สองจะเล็กกว่าและอัตราส่วนการอัดสูงกว่าทำให้เกิดความร้อนสูงขึ้นในขณะทำงานจำเป็นต้องหล่อเย็นระบบ เพื่อลดความดัน



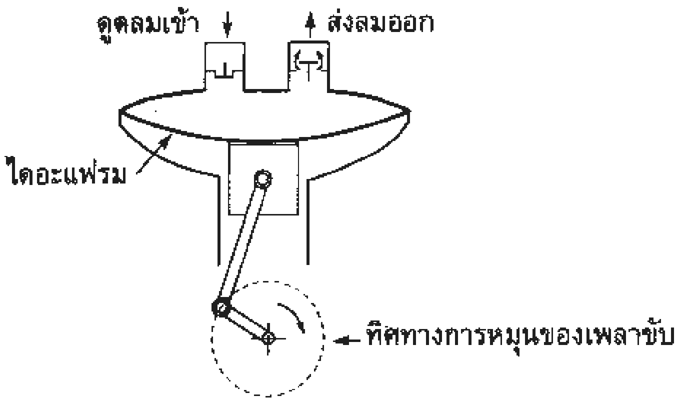
(ก) เครื่องอัดอากาศดูดหรือส่งเพียงครั้งเดียว ใน 1 กระบอกและอัด 2 ขั้น

(ข) เครื่องอัดอากาศดูดและส่งพร้อมกันในกระบอกเดียวกันและอัด 2 ขั้น

รูปที่ 1.10 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบชักชนิดอัด 2 ขั้น

➢ **เครื่องอัดอากาศแบบไดอะแฟรม** (diaphragm compressor)

เหมาะสำหรับการผลิตลมอัดที่มีความสะอาดสูงในงานอุตสาหกรรมประเภทการผลิตอาหาร เคมีภัณฑ์ และยารักษาโรค โดยระหว่างห้องอัดอากาศกับลูกสูบจะถูกกั้นโดยแผ่นไดอะแฟรม ดังรูปที่ 1.11 เพื่อป้องกันอากาศสัมผัสกับน้ำมันหล่อลื่นภายในกระบอกสูบ



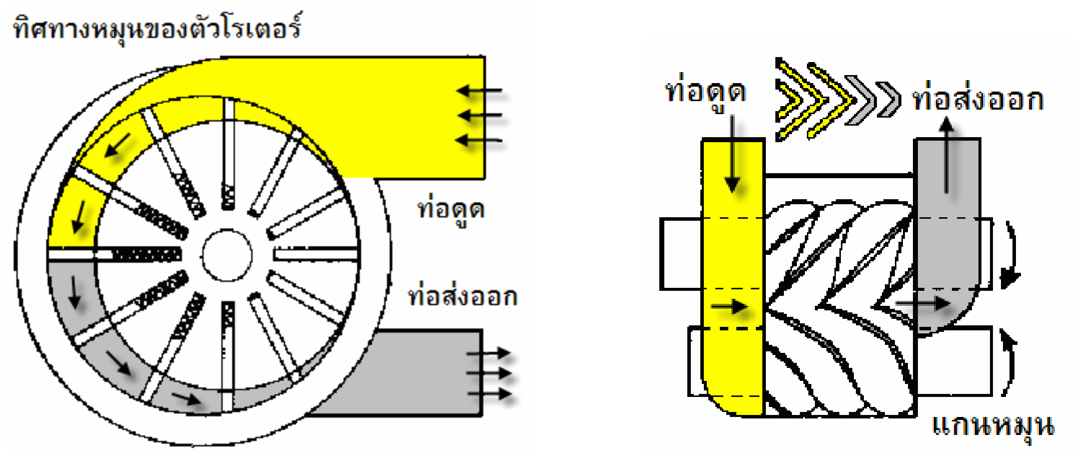
รูปที่ 1.11 แสดงเครื่องอัดอากาศแบบไดอะแฟรม

1.6.2 **เครื่องอัดอากาศแบบกังหัน** (Turbine compressor or flow compressor)

ทำงานโดยการดูดอากาศจากด้านหนึ่ง และอัดโดยการเร่งมวลให้ผ่านออกมาอีกด้านหนึ่งด้วยพัดลมอัดอากาศ ทำให้เกิดความดันสูงขึ้น

➢ **เครื่องอัดอากาศแบบใบพัดเลื่อน** (Sliding vane rotary compressor)

เครื่องอัดอากาศชนิดประกอบด้วยตัวใบพัดเลื่อนที่ติดอยู่กับชุดตัวหนุน (rotor) และวางเยื้องศูนย์กับเรือนสูบ ดังรูปที่ 1.12 (ก) เมื่อชุดตัวหมุนเริ่มทำงาน ตัวใบพัดเลื่อนสามารถเลื่อนขึ้นลงอยู่ในร่องของตัวหมุน โดยปลายอีกด้านหนึ่งจะสัมผัสกับตัวเรือน สามารถดูดอากาศจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้ ข้อดี คือ มีขนาดกะทัดรัดและไม่มีเสียงดัง การผลิตลมอัดคงที่ไม่ขาดเป็นห้วง ๆ เหมือนกับแบบลูกสูบชัก



(ก) เครื่องอัดอากาศแบบใบพัดเลือน (ข) เครื่องอัดอากาศแบบสกรู

รูปที่ 1.12 แสดงเครื่องอัดอากาศแบบใบพัดเลื่อน

➢ **เครื่องอัดอากาศแบบสกรู** (two-axle screw compressor)

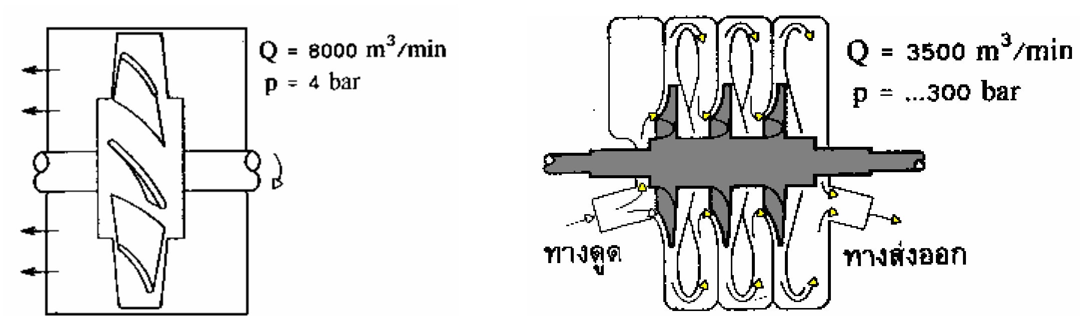
เครื่องอัดอากาศชนิดนี้มีเพลาอยู่สองแกน เพลาตัวหนึ่งมีสกรูซึ่งมีสันฟันนูน และเพลาอีกตัวจะมีสกรูที่มีฟันเว้า สกรูทั้งสองประกอบอยู่ภายในเรือนเดียวกันและวางขบกันอยู่ โดยมีทิศทางการหมุนเข้าหากันดังรูปที่ 1.12 (ข) ทำให้สามารถอัดอากาศจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้

➢ **เครื่องอัดอากาศแบบกังหัน**

ใช้หลักการอัดอากาศด้วยกังหันใบพัด นิยมใช้กับงานที่ต้องการอัดอากาศที่มีปริมาณมาก ๆ ความเร็วของลมที่ถูกดูดไหลผ่านใบพัดเปลี่ยนจากพลังงานจลน์เป็นพลังงานลมอัด แบ่งออกได้ตามลักษณะการสร้างดังนี้

แบบลมไหลตามแกนเพลา (axial – flow compressor) ดังรูปที่ 1.13 (ก)

แบบลมไหลวนรอบกังหัน (radial – flow compressor) ดังรูปที่ 1.13 (ข)



(ก) แบบลมไหลตามแกนเพลา (ข) แบบลมไหลวนรอบกังหัน

รูปที่ 1.13 แสดงเครื่องอัดอากาศแบบกังหัน

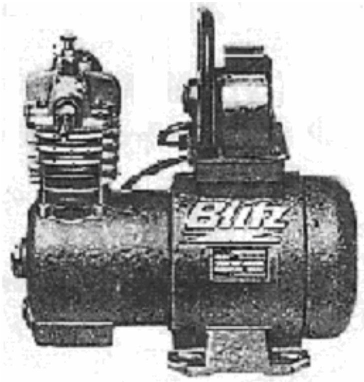
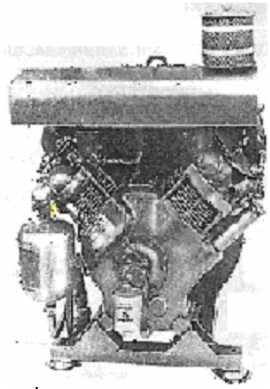
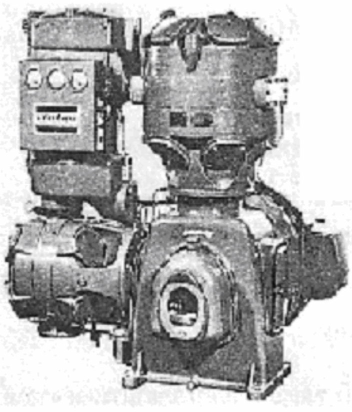
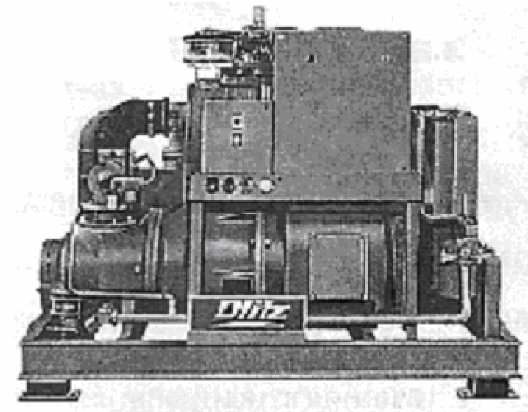
การผลิตลมอัด (Compressed air production) ทำได้โดยการใช้เครื่องอัดอากาศ อากาศปกติจะถูกอัดให้มีความดันสูงขึ้นตามความต้องการ โรงผลิตลมอัดจะเป็นจุดศูนย์กลางสำหรับการจ่ายลมอัดให้กับอุปกรณ์ต่างในระบบนิวแมติกส์ ค่าความดันลมอัดผลิตปกติประมาณ 10 bar ในอุตสาหกรรมจะแบ่งจากขนาดของความดันใช้งานออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

1. นิวแมติกส์ความดันต่ำ (Low pressure pneumatics) ค่าความดันไม่เกิด 150 kPa (1.5 bar , 21.75 psi) ใช้กับระบบฟลูอิดลอจิก (fluid logic) และระบบฟลูอิดิกส์(fluidics)

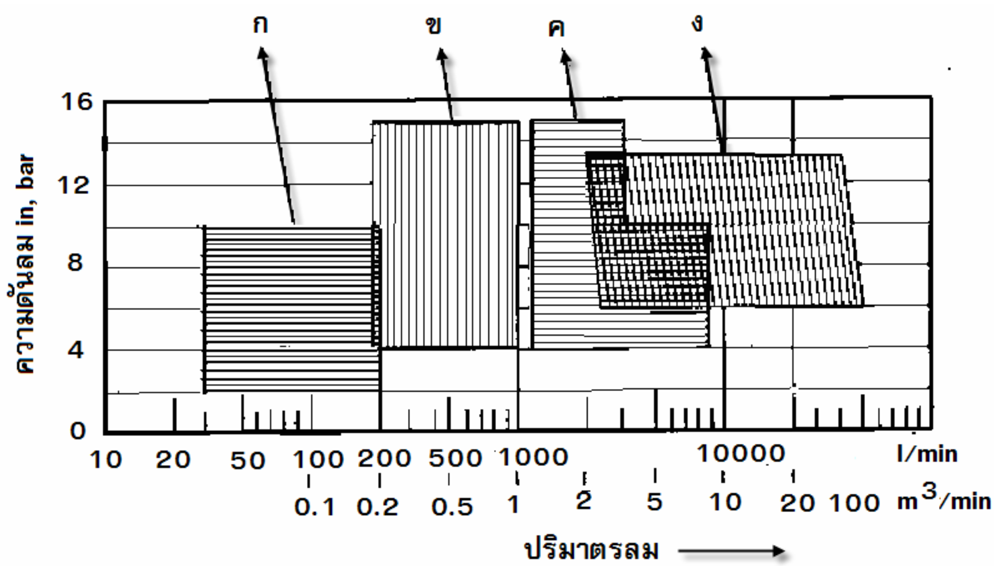
2. นิวแมติกส์ความดันปกติ (normal pressure pneumatics) ใช้ในอุปกรณ์นิวแมนิกส์อุตสาหกรรม มีค่าความดันอยู่ระหว่าง 150 – 1,600 kPa (1.5 – 16 bar)

3. นิวแมติกส์ความดันสูง (high pressure pneumatics) ความดันตั้งแต่ 1,600 kPa ขึ้นไป (16 bar , 132 psi) ใช้ในงานเฉพาะที่ต้องการความดันสูง ๆ ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตหนัก

จากรูปที่ 1.14 แสดงรูปตัวอย่างเครื่องอัดอากาศชนิดต่าง ๆ และแสดงความสามารถในผลิตลมอัดด้วยกราฟสมรรถนะดังรูปที่ 1.15

 (ก) เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบขนาดเล็ก ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 0.25 ถึง 1.5 kW	 (ข) เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ แบบอัด 2 ขั้นหล่อเย็นด้วยอากาศ
 (ค) เครื่องอัดอากาศหล่อเย็นด้วยอากาศ	 (ง) เครื่องอัดอากาศแบบสกรูหล่อเย็นด้วยน้ำ

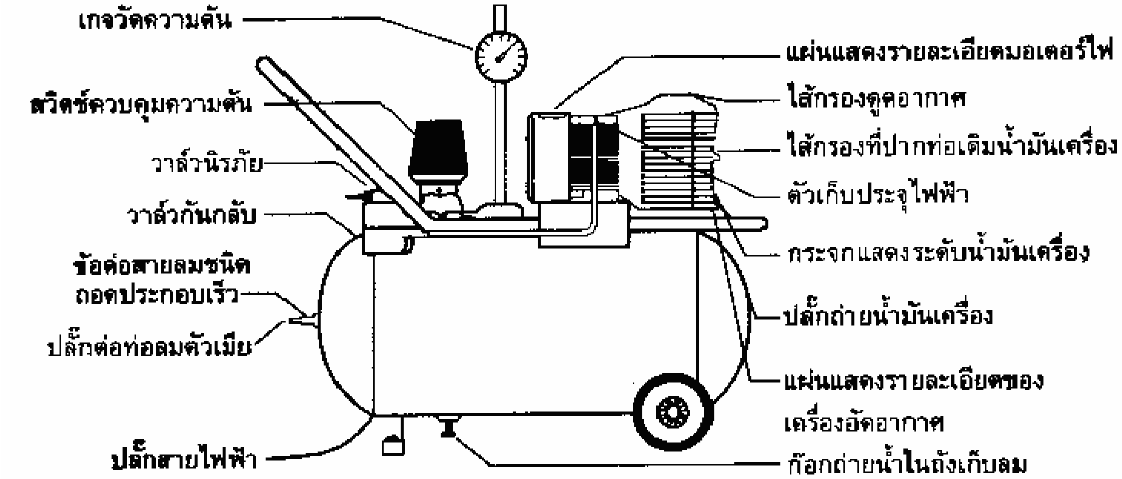
รูปที่ 1.14 แสดงลักษณะของเครื่องอัดอากาศแบบต่างที่มีใช้งานในอุตสาหกรรม



รูปที่ 1.15 กราฟแสดงสมรรถนะเครื่องอัดอากาศจากรูปที่ 1.14

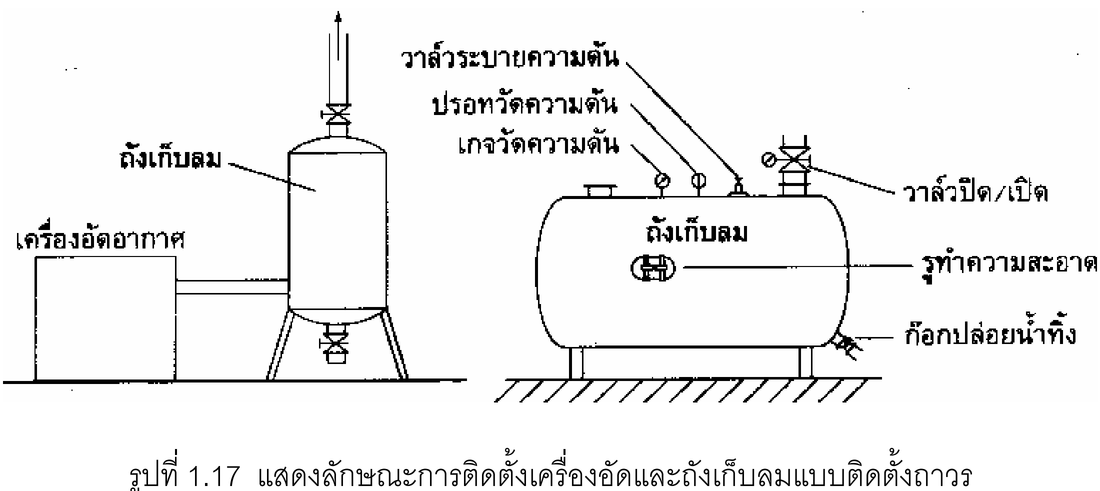
ในการเลือกเครื่องอัดอากาศและถังเก็บลมสำหรับใช้งานนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของลมอัดที่ต้องการและขึ้นอยู่กับชนิดของการติดตั้ง อาทิเช่น ลักษณะการติดตั้งแบบถาวรและแบบเคลื่อนย้ายได้ ดังแสดงในรูปที่ 1.16 และ 1.17 ความดันใช้งานปกติ(working pressure) สำหรับงานทั่วมีค่าประมาณ 6 bar

- **แบบเคลื่อนย้ายได้** เครื่องอัดอากาศและถังเก็บลมและอุปกรณ์ช่วยอื่น ๆ ถูกออกแบบรวมเป็นชุดเดียว หรือติดตั้งภายในเครื่องจักรที่มีสามารถเคลื่อนย้ายได้ ปริมาณการผลิตลมอัดมีขีดจำกัด เพื่อให้ขนาดชุดผลิตลมอัดมีขนาดเล็กและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกดังรูปที่ 1.16



รูปที่ 1.16 แสดงเครื่องอัดอากาศแบบเคลื่อนย้ายได้

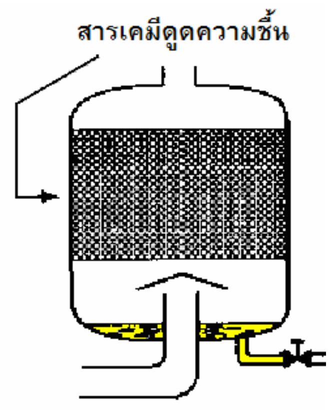
- **แบบติดตั้งถาวร** เมื่อต้องการปริมาณการจ่ายลมอัดปริมาณมากและคงที่ สำหรับใช้งานในจุดต่าง ๆ ของโรงงาน โรงงานผลิตลมอัดจะมีขนาดใหญ่พอและควรมีห้องต่างหากโดยเฉพาะที่มีอากาศแห้ง สะอาด ปราศจากฝุ่นละออง และมีการถ่ายเทอากาศที่ดีซึ่งจะช่วยให้เกิดการระบายความร้อนได้ดี นอกจากนั้นการเลือกถังเก็บลมอัดต้องมีขนาดเพียงพอที่จะสำรองลมอัดสำหรับการจ่ายให้กับอุปกรณ์ในโรงงาน เพื่อให้เครื่องอัดอากาศทำงานไม่บ่อยครั้งเกินไป แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 1.17



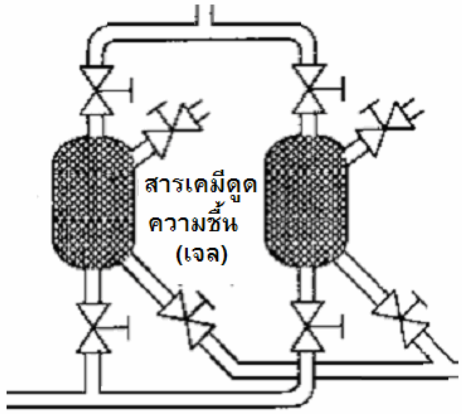
รูปที่ 1.17 แสดงลักษณะการติดตั้งเครื่องอัดและถังเก็บลมแบบติดตั้งถาวร

1.6.3 **วิธีการทำให้อากาศแห้ง**

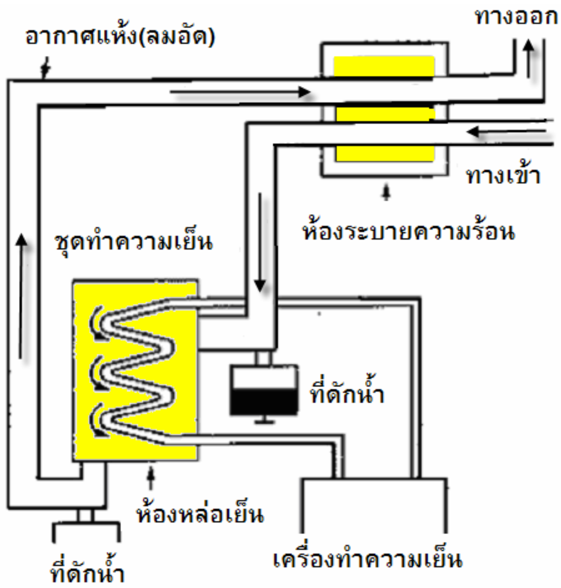
เนื่องจากอากาศที่ถูกเพิ่มความดันจากเครื่องอัดอากาศจะมีอุณหภูมิสูงและมีไอน้ำปะปนอยู่ เมื่อระยะเวลาผ่านไปไอน้ำจะเย็นตัวลงและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องกำจัดน้ำที่อยู่ในลมอัดก่อนการใช้งาน วิธีการที่นิยมใช้งานแสดงดังรูปที่ 1.18



(ก) การใช้สารเคมีดูดความชื้น



(ข) การใช้กระบวนการทางฟิสิกส์



(ค) ระบบทำความเย็นให้อากาศแห้ง

รูปที่ 1.18 แสดงวิธีทำให้อากาศแห้งแบบต่าง ๆ

- **สารเคมีดูดความชื้น** (chemical absorption drying)

จากรูปที่ 1.18 (ก) เมื่อลมอัดไหลเข้าด้านล่างของถังผ่านสารเคมีและไหลออกไปใช้งาน ความชื้นที่ปะปนกับอากาศจะถูกดูดเก็บเอาไว้ในสารเคมี เมื่ออากาศไหลผ่านสารเคมีเป็นเวลาหนึ่งจะเกิดการอิ่มตัวของไอน้ำและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำไหลลงส่วนล่างของถัง ที่ก้นถังมีก๊อกสำหรับระบายน้ำทิ้งจากถังเก็บ ลักษณะของถังเคมีเป็นแบบง่าย ๆ ติดตั้งอยู่กับที่

➢ **กระบวนการทางฟิสิกส์** (absorption drying)

สารที่บรรจุในถัง ดังรูปที่ 1.18 (ข) มี 2 ถังใช้งานสลับกัน สารดูดความชื้นส่วนมากใช้ซิลิคอนไดออกไซด์ มีรูปร่างเป็นเม็ดคล้ายลูกปัดและมีลักษณะเป็นเจล (gel) มีคุณสมบัติในการดูดความชื้น เมื่ออากาศจากเครื่องอัดอากาศไหลผ่านชั้นของเจล ความชื้นที่ปะปนกับอากาศจะถูกดูดเก็บเอาไว้ เมื่อสารดูดความชื้นอิ่มตัวจะสามารถทำให้แห้งโดยเป่าลมร้อน (heat energy) ให้สารดูดความชื้นแห้งและนำมาใช้งานใหม่ได้ ดังนั้นจึงต้องมี 2 ถังเพื่อทำงานสลับกัน

➢ **ระบบทำความเย็นให้อากาศแห้ง** (low temperature drying)

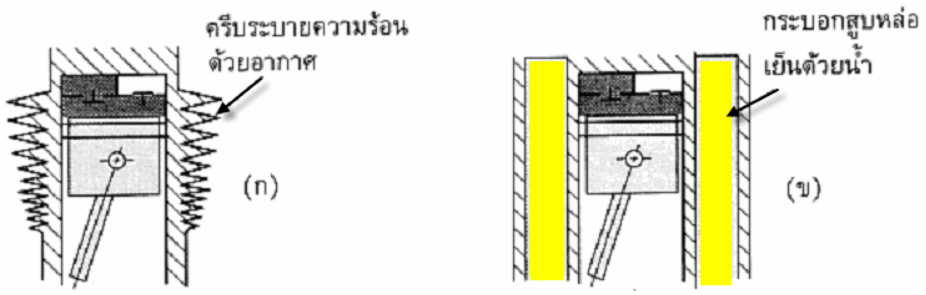
จากรูปที่ 1.8 (ค) เมื่อลมอัดไหลผ่านห้องระบายความร้อน (Air heat exchanger) อุณหภูมิลมอัดจะลดลงและไหลผ่านไปยังห้องหล่อเย็น (air cooling unit) ที่เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องทำความเย็น (refrigerating machine) เมื่ออากาศเย็นตัวลง ไอน้ำที่ปะปนในลมอัดจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำตกลงมาส่วนล่างของห้องหล่อเย็นและไหลออกไปที่ดักน้ำ (separator) ส่วนลมอัดที่แห้งจะไหลผ่านห้องระบายความร้อนอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นก่อนออกนำไปใช้งานต่อไป

1.6.4 **การหล่อเย็นเครื่องอัดอากาศ**

ในกระบวนการอัดอากาศจะก่อให้เกิดความร้อนสะสมขึ้นที่เครื่องอัดอากาศและจำเป็นต้องกำจัดให้หมดโดยเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยการใช้อุปกรณ์หล่อเย็น (Cooling) ที่เหมาะสมกับชนิดและขนาดของเครื่องอัดอากาศนั้น ๆ สำหรับเครื่องอัดอากาศขนาดเล็กนั้นปริมาณความร้อนสามารถระบายสู่อากาศด้วยครีบของเรือนสูบและฝาสูบดังแสดงในรูปที่ 1.19 (ก) ถ้าการถ่ายเทอากาศบริเวณที่ตั้งของเครื่องอัดอากาศมีไม่ดีพอ จำเป็นต้องใช้พัดลมช่วยเป่าระบายความร้อนเพิ่ม ในเครื่องอัดอากาศขนาดกลางถึงใหญ่จะนิยมใช้ระบบน้ำหล่อเย็นที่ด้านข้างฝาสูบดังรูปที่ 1.19 (ข)

รูปแบบการหล่อเย็นที่นิยมใช้ในเครื่องอัดอากาศขนาดต่าง ดังนี้

1. เครื่องอัดอากาศขนาดเล็ก กำลังขับมอเตอร์ไฟฟ้าไม่เกิน 7.5 Kw หล่อเย็นด้วยอากาศปกติ
2. เครื่องอัดอากาศขนาดกลาง กำลังขับมอเตอร์ไฟฟ้าไม่เกิน 75 Kw ใช้หล่อเย็นได้ทั้งอากาศและน้ำ ขึ้นกับชนิดและสถานที่ที่ติดตั้งของเครื่องอัดอากาศ
3. เครื่องอัดอากาศขนาดใหญ่ หล่อเย็นด้วยน้ำอย่างเดียว กำลังขับมอเตอร์มากกว่า 75 Kw



รูปที่ 1.19 การหล่อเย็นของเครื่องอัดอากาศด้วยอากาศและน้ำ

น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้กับเครื่องอัดอากาศนั้นควรมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้ คือ ต้องทนต่อการติดไฟ มีจุดวาบไฟสูง ทนต่อการระเบิด ป้องกันสนิท ไม่กัดกร่อนโลหะจากสารผสม ไม่รวมตัวกับอากาศได้ง่าย และควรมีอายุการใช้งานยาวนาน ดังนั้นน้ำมันหล่อลื่นที่ดีจึงผลิตมาจากน้ำมันสังเคราะห์แทนน้ำมันหล่อลื่นจากปิโตรเลียม ได้แก่ ฟอสเฟตเอสเตอร์ (phosphate ester) และไดเอสเตอร์ (di-ester) เพราะทนความร้อนได้สูงถึง 400 องศาเซลเซียส

1.6.5 การบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ

1. ก่อนที่จะให้เครื่องอัดอากาศทำงาน ควรถ่ายน้ำในถังออกทุกครั้ง
2. ตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่นให้อยู่ระดับปกติตามเกณฑ์เสมอ
3. ควรทำความสะอาดเป็นครั้งคราว และตรวจดูรอยรั่วทั่ว ๆ ไปของเครื่องอัดอากาศและสายไฟฟ้าให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ
4. ตรวจไส้กรองอากาศด้านดูดเข้าของตัวเครื่องอัดอากาศตามกำหนดเวลาที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำหรือถ้าอยู่ในบริเวณที่มีฝุ่นละอองมาก ควรทำความสะอาดเร็วกว่าปกติหรือเปลี่ยนใหม่

1.7 ระบบเดินท่อลมอัดภายในโรงงาน

ระบบเดินท่อลมจากเครื่องอัดอากาศภายในโรงงานมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังรูปที่ 1.20

1 เครื่องอัดอากาศ (compressor)

2. ชุดหล่อเย็น (after cooler)

3. จุดกลั่นตัวของไอน้ำ (discharge pulsation damper)

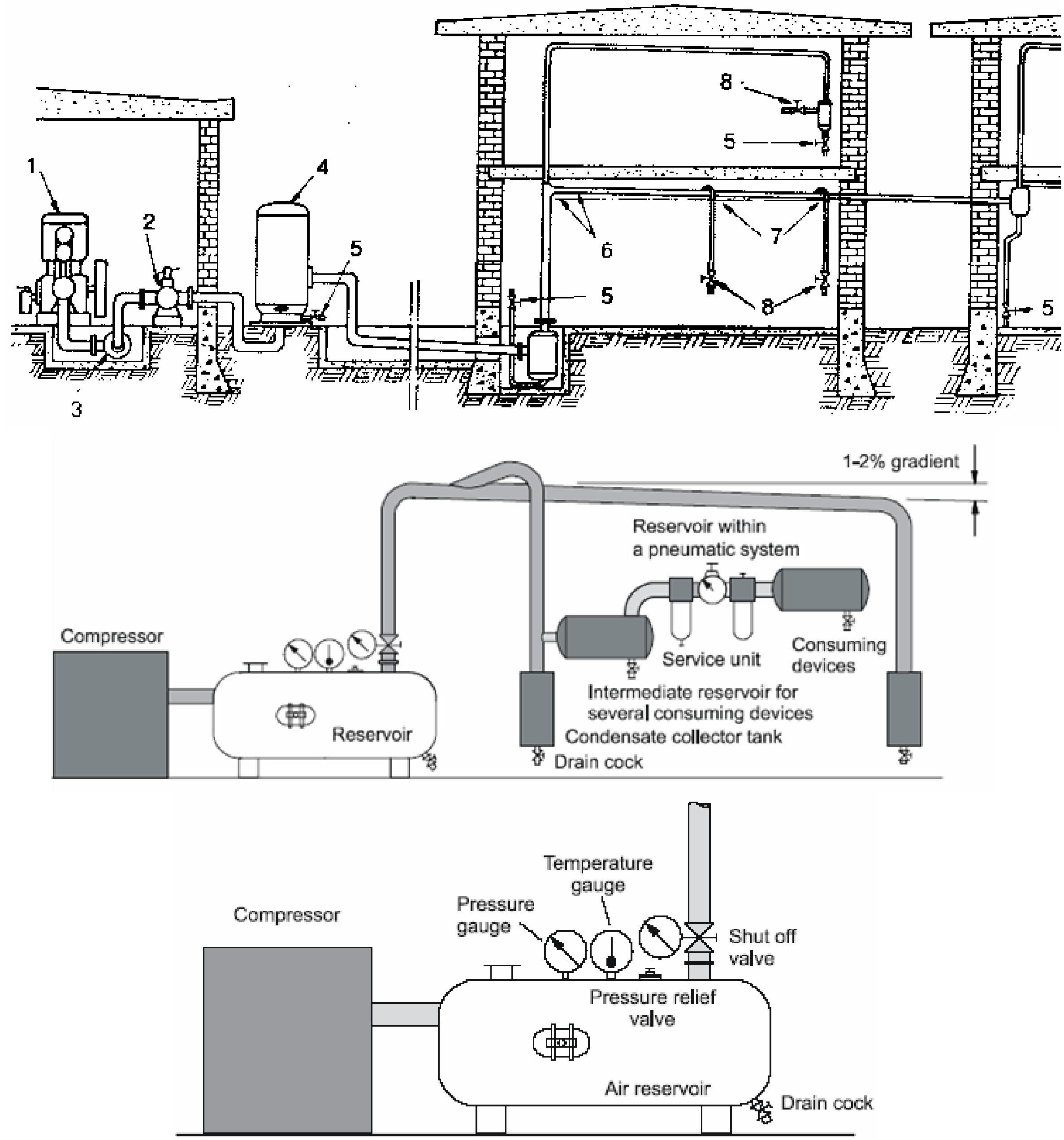
4. ถังเก็บลม (air receiver)

5. วาล์วปล่อยน้ำทิ้ง (condensate draining valve)

6. มุมเอียงท่อหลัก (inclination towards condensate drainer)

7. ท่อแยกออกจากท่อหลัก (branch pipe connections)

8. วาล์วต่อออกไปใช้งาน (outlet valve)



รูปที่ 1.20 แสดงการเดินท่อลมอัดภายในโรงงานอุตสาหกรรมและอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบต่าง ๆ

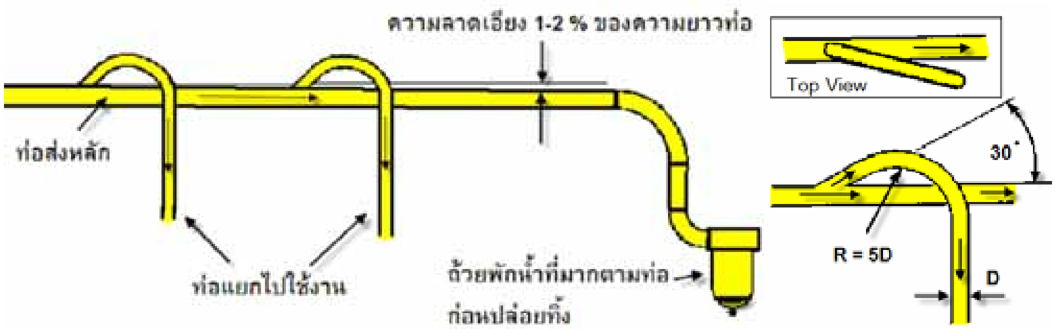
➢ **การติดตั้งท่อส่งลมอัด** (installation of pipe line)

ไม่เพียงแต่การเลือกขนาดท่อและชนิดให้เหมาะสมกับขนาดความดันใช้งานเท่านั้น รูปแบบติดตั้งท่อลมอัดก็เป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่จะต้องพิจารณา ได้แก่

1. การติดตั้งท่อลมอัดไม่ควรจะยึดกับผนังอิฐหรือในจุดที่คับแคบ เพราะจะทำให้ยุ่งยากในการตรวจสอบรอยรั่ว ดังรูปที่ 1.22

2. การวางท่อส่งหลักตามแนวนอนควรจะวางให้มีมุมลาดเอียงลงประมาณ 1- 2 เปอร์เซ็นต์ตามแนวความยาวของแนวท่อลมอัด และจุดปลายต่ำสุดของท่อควรติดวาล์วระบายน้ำทิ้งดังรูปที่ 1.21

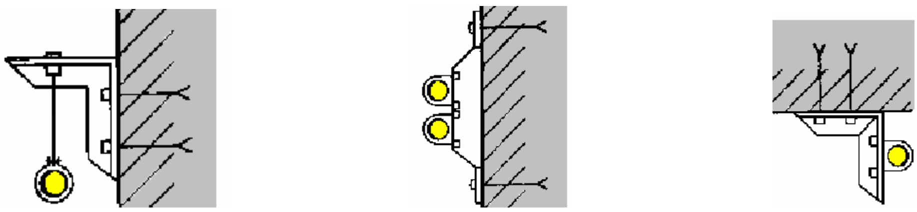
3. ท่อแยกที่ต่อออกจากท่อส่งหลัก(main line) ควรต่อออกด้านบนของท่อหลัก เพื่อป้องกันน้ำที่กลั่นตัวไหลเข้าสู่อุปกรณ์นิวแมติกส์ ควรทำมุมเอียงขึ้นด้านบนประมาณ 30 องศากับแนวระดับ แล้วงอโค้งลงด้วยรัศมีด้านในอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางท่อลมอัดดังรูปที่ 1.21



รูปที่ 1.21 แสดงข้อกำหนดในการต่อท่อแยกออกจากท่อส่งหลัก

➢ การยึดท่อส่งหลักในโรงงาน

การยึดท่อส่งหลักในโรงงานอุตสาหกรรมนิยมติดตั้งด้วยกัน 3 ลักษณะดังรูปที่ 1.22



(ก) แบบแขวน (Pendulum bracket)

(ข) แบบยึดข้างฝาผนัง (Wall bracket)

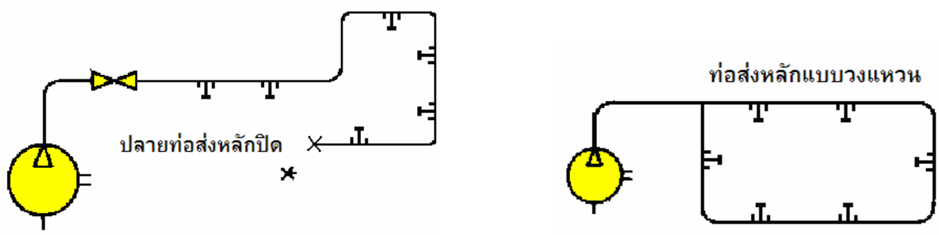
(ค) แบบยึดบนเพดาน (Roof bracket)

รูปที่ 1.22 แสดงการยึดท่อส่งหลักแบบต่าง ๆ ภายในโรงงาน

➢ รูปแบบการเดินท่อส่งหลักในโรงงานอุตสาหกรรม

1. แบบปลายท่อส่งหลักปิดด้านหนึ่งและเดินท่อแยกออกจากท่อส่งหลักเป็นจุด ๆ ที่ปลายท่อจะมีความดันตกคร่อมสูง ดังรูปที่ 1.23 (ก)

2. แบบวงแหวน หมายถึงท่อที่เดินมาบรรจบกันเป็นวงกลม ลมอัดสามารถไหลวนถึงกันได้ตลอดทั้งสองปลาย เพื่อลดความดันตกคร่อมและทำให้ความดันเฉลี่ยในท่อมีค่าใกล้เคียงกัน



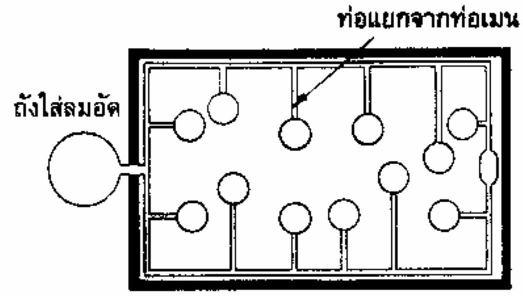
(ก) แบบปลายท่อหลักเปิด

(ข) แบบเดินท่อหลักเป็นวงแหวน

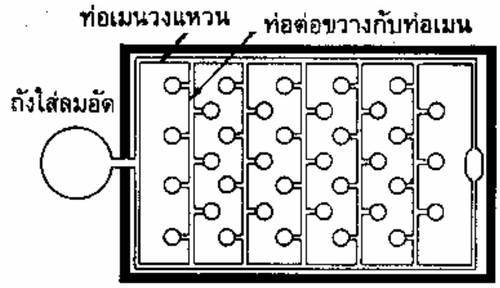
รูปที่ 1.23 แสดงการเดินท่อแบบปลายเปิดและแบบวงแหวน

➢ รูปแบบการวางท่อแยกในโรงงาน

สำหรับการวางท่อส่งหลักภายในโรงงาน นิยมวางในลักษณะเป็นวงแหวน (Ring main) คือ วางเป็นวงรอบโรงงาน การวางท่อแบบนี้จะทำให้การจ่ายลมกระจายออกไปทั้งสองด้านของวงแหวนไปรอบโรงงาน ซึ่งทำให้ไม่เกิดความดันตกคร่อมบริเวณปลายสุดของท่อ ถึงแม้ว่าจะใช้ลมอัดจำนวนมากการวางท่อแยกจากท่อส่งหลักเพื่อกระจายลมอัดไปใช้งานยังแบ่งเป็น 2 รูปแบบดังรูปที่ 1.22



(ก) แบบต่อแยกจากท่อหลักแบบวงแหวน



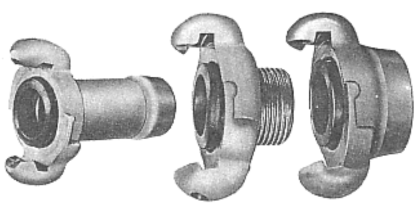
(ข) แบบต่อขวางกับท่อหลักแบบวงแหวน

รูปที่ 1.24 แสดงการเดินท่อแยกออกจากท่อหลัก

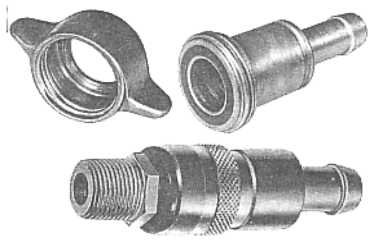
ข้อควรระวังในการเดินท่อส่งหลักพยายามให้มีข้อต่อน้อยที่สุด ควรเลือกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อให้เหมาะสมกับปริมาณลมอัดที่ใช้งาน ถ้ามีแผนการเพิ่มอุปกรณ์ภายหลังควรคำนึงถึงขนาดเครื่องอัดอากาศให้มีขนาดเพียงพอสำหรับการใช้งานในอนาคต

➢ ข้อต่อ และก๊อก

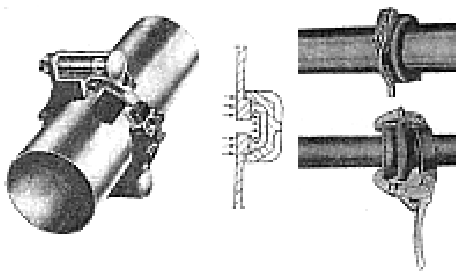
ข้อต่อมีหน้าที่ในการยึดและประกอบท่อยางหรือท่อเหล็กกับระบบท่อลมหลักดังรูปที่ 1.25 ส่วนก๊อกมีหน้าที่ในการควบคุมการปิดเปิดเพื่อจ่ายลมอัดให้อุปกรณ์ ดังรูปที่ 1.26



(ก) ข้อต่อแบบกรงเล็บ(Claw – type hose coupling)

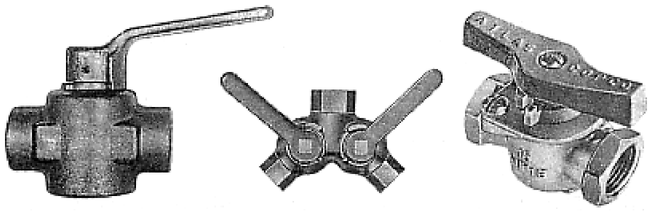


(ข) ข้อต่อแบบสกรู(Screw – type coupling)



(ค) ข้อต่อแบบถอดประกอบเร็ว(quick connection coupling)

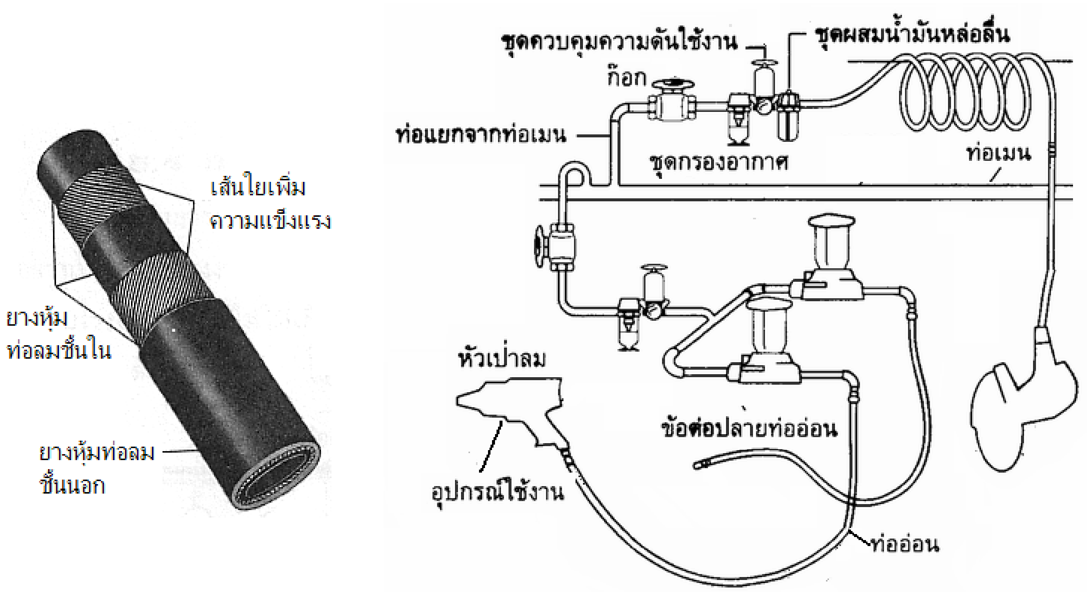
รูปที่ 1.25 ข้อต่อชนิดต่าง ๆ



รูปที่ 1.26 แสดงก๊อกปิดเปิดแบบต่าง ๆ

➢ ท่ออ่อนหรือท่อยาง

ท่ออ่อนหรือท่อย่าง (Air hose) มีหน้าที่เชื่อมต่ออุปกรณ์กับชุดปรับปรุงอากาศ ท่ออ่อนประกอบด้วยชั้นยางเป็นชั้น ๆ และเสริมเชือกหรือใยสังเคราะห์ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงดังรูปที่ 1.27



รูปที่ 1.27 แสดงองค์ประกอบของท่อยางและลักษณะการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ

1.8 การสูญเสียลมอัดจากรอยรั่ว

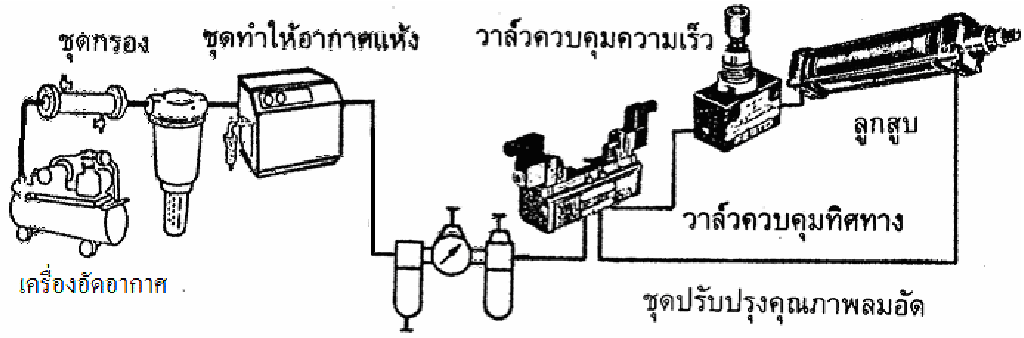
การรั่วของท่อลมหรืออุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์ จะก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานและเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก การสูญเสียจากรอยรั่วแสดงดังตารางที่ 1.1 ซึ่งสิ่งที่ต้องคำนึงถึงอย่างยิ่ง

ตารางที่ 1.1 แสดงขนาดรูรั่วกับค่าการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า

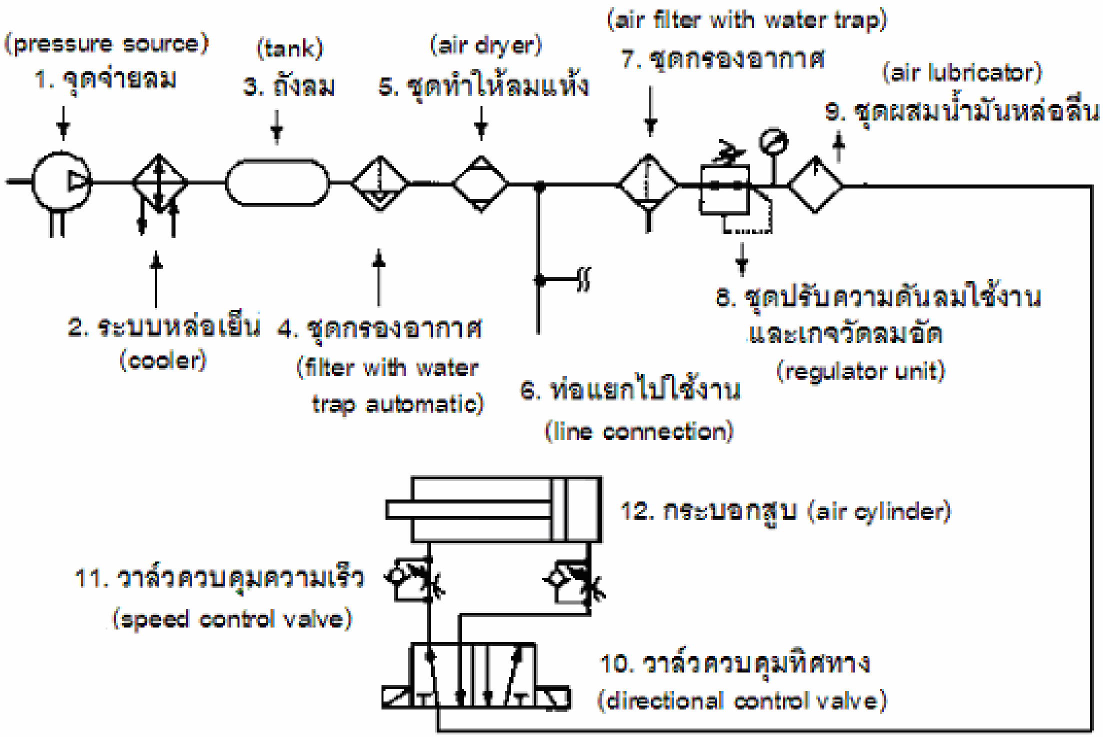
ขนาดรูรั่ว (mm)	1	3	5	10
ลมอัดรั่วที่ความดัน 7 bar (m3 /min)	0.06	0.6	1.6	6.3
การสูญเสียพลังงานไฟฟ้า (Kw)	0.3	3.1	3.3	8.3

1.9 ระบบนิวแมติกส์พื้นฐาน

ระบบนิวแมติกส์มีองค์ประกอบในการใช้งานดังรูปที่ 1.28 และแสดงสัญลักษณ์ดังรูปที่ 1.29



รูปที่ 1.28 แสดงองค์ประกอบพื้นฐานในระบบนิวแมติกส์ทั่วไป



รูปที่ 1.29 แสดงสัญลักษณ์ของระบบนิวแมติกส์จากรูปที่ 1.28

1. จุดจ่ายลม หมายถึงต้นกำหนดลมหรือเครื่องอัดอากาศ ในการใช้งานต้องคำนึงถึงปริมาณลมอัดที่ต้องการใช้ที่พอเพียงต่อการใช้งานอย่างเหมาะสม

2. ระบบหล่อเย็น หรือเครื่องระบายความร้อน มักจะติดตั้งอยู่ถัดจากเครื่องอากาศเพื่อทำให้ลมอัดมีอุณหภูมิลดลง และจำกัดไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงในลมอัด ถ้าไอน้ำเหล่านี้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำในอุปกรณ์นิวแมติกส์จะเกิดการกัดกร่อนหรือความเสียหายได้ เครื่องระบายความร้อนแบ่งได้เป็นแบบใช้น้ำหล่อเย็นและแบบใช้ลมเป่าระบายความร้อน โดยอากาศที่ผ่านระบบหล่อเย็นแล้วควรอยู่ที่ 40 องศาเซลเซียส

3. <u>ถังลม</u> ควรมีขนาดใหม่เพียงพอจากลมอัดให้กับอุปกรณ์ทุกตัว เพื่อป้องกันการที่เครื่องอัดอากาศทำงานหนักมากเกินไป

4. <u>ชุดกรองอากาศ</u> หรือเครื่องกรองอากาศในท่อหลัก (Main Line Air Filter) จะทำหน้าที่กำจัดฝุ่นละออง น้ำ และคราบน้ำมันที่ปะปนมากับลมอัดที่อยู่ในท่อส่งหลัก ก่อนที่จะส่งลมอัดนี้ไปใช้งานหรือผ่านการกรองอีกครั้งหนึ่ง

5. <u>ชุดทำให้อากาศแห้ง</u> มีหน้าที่ในการทำให้ไอน้ำในลมอัดกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ โดยการลดอุณหภูมิของไอน้ำลงจนถึงอุณหภูมิห้อง ไอน้ำเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดและไหลออกทางช่องระบายทิ้ง

6. <u>ท่อแยกไปใช้งาน</u> เป็นท่อที่ต่อแยกจากท่อส่งหลักไปใช้งานในตำแหน่งที่ต้องการ

7. <u>ชุดกรองอากาศ</u> จะทำการกำจัดฝุ่นละออง สนิมภายในท่อหรือสิ่งสกปรกอื่น ๆ ที่ติดมากับลมอัด เพื่อป้องกันความเสียต่ออุปกรณ์ และยังช่วยในการกรองน้ำออกจากลมอัดด้วย

8. <u>ชุดปรับความดันใช้งานและเกจวัดความดัน</u> มีหน้าที่ในการรักษาระดับความดันให้อยู่ในระดับที่ต้องการและคงที่ เนื่องจากลมอัดที่เกิดจากเครื่องอัดอากาศจะมีค่าสูงกว่าความดันที่ต้องการใช้งานเล็กน้อย

9. <u>ชุดผสมน้ำมันหล่อลื่น</u> มีหน้าที่ในการเติมน้ำมันให้ผสมกับลมอัด เพื่อช่วยหล่อลื่นให้กับอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ เพื่อให้มีการทำงานที่ราบรื่นและช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์

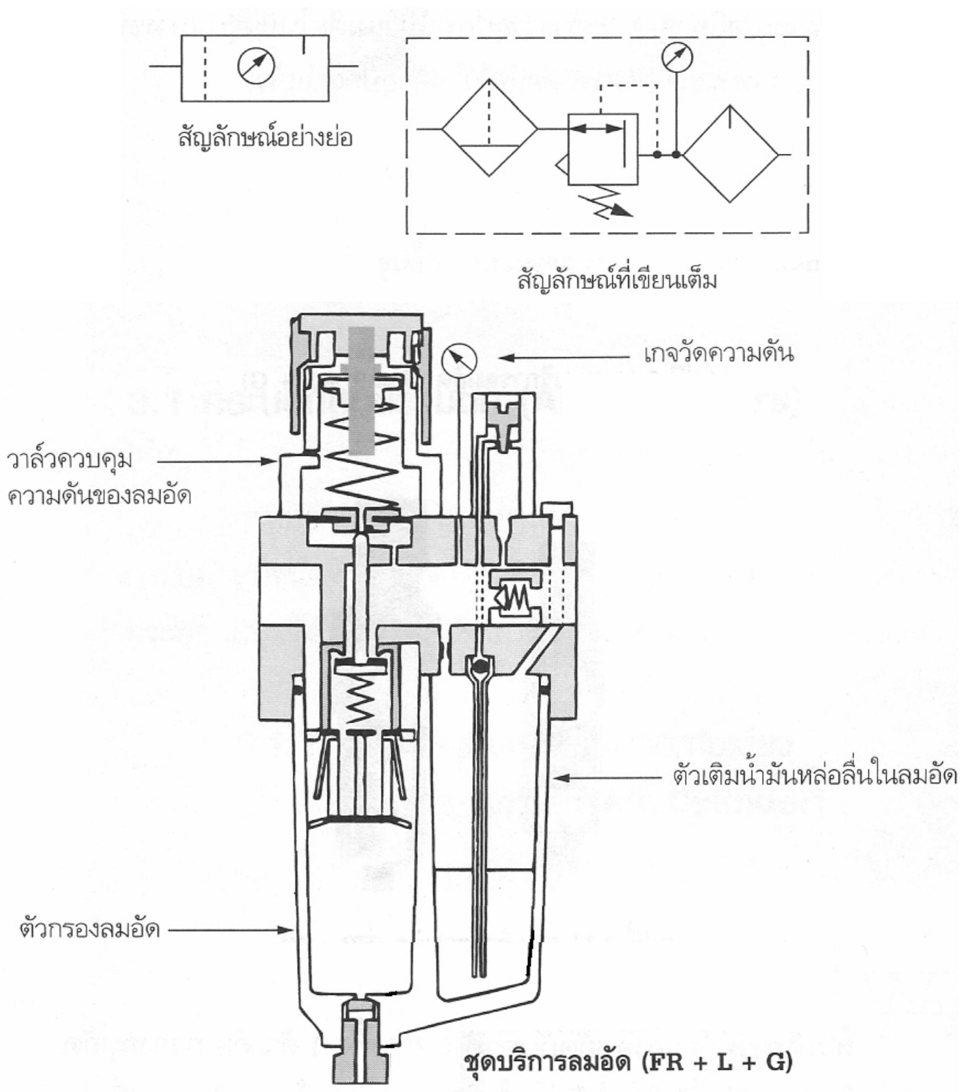
10 <u>วาล์วควบคุมทิศทาง</u> เป็นวาล์วที่ใช้ในการจ่ายลมอัดให้กับกระบอกสูบ เพื่อควบคุมให้เกิดการเคลื่อนที่ในทิศทางที่ต้องการ

11. <u>กระบอกสูบ</u> เป็นอุปกรณ์กำลังที่ใช้ลมอัดเป็นต้นกำลังในการเคลื่อนที่เชิงเส้น

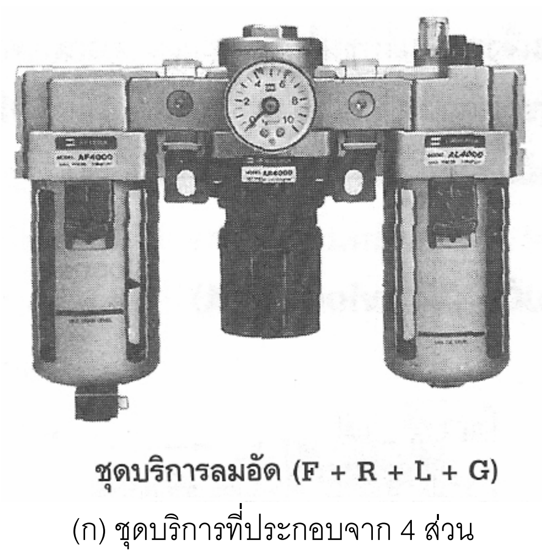
12. <u>วาล์วควบคุมความเร็ว</u> มีหน้าที่ในการปรับแรงดันของลมอัดที่จ่ายให้แก่กระบอกสูบตามที่ต้อง เพื่อควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ของก้านสูบ

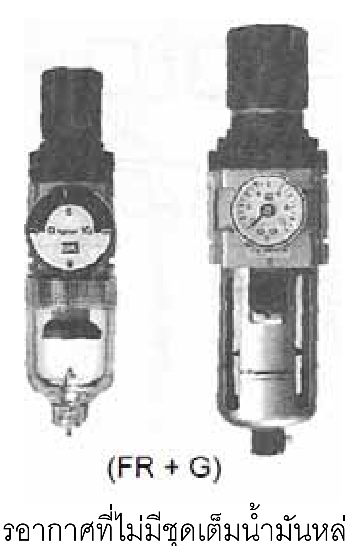
- **ชุดปรับปรุงคุณภาพลมอัด หรือ ชุดบริการลมอัด** (Air Service)

มีหน้าที่ในการทำให้ลมอัดสะอาดก่อนการใช้งาน รวมทั้งมีความดันคงที่ตามที่ต้องการและมีสัดส่วนน้ำมันหล่อลื่นที่เหมาะสม ชุดปรับปรุงคุณภาพจะประกอบด้วย ชุดกรองลมอัด(Air Filter) ชุดควบคุมความดัน (Air Regulator) เกจวัดความดัน (pressure gate) และชุดผสมน้ำมันหล่อลื่น (air lubricator) โดยปกติแล้วชุดบริการหนึ่งจะมีอุปกรณ์ทั้ง 4 ส่วนดังรูปที่ 1.30 ความหมายของการกำหนดรหัสตัวอักษร เช่น “FR+L+G” มีหมายความว่า ชุดบริการนี้มีชุดกรองลมอัดกับชุดควบคุมลมอัดอยู่ในชุดเดียวกัน(FR) แล้วเพิ่มชุดเติมน้ำมัน(L) และเกจวัดความดัน (G) เพิ่มเติม จากรูปที่ 1.3 (ข) เป็นชุดบริการอากาศที่ไม่มีชุดเติมน้ำมันหล่อลื่น เนื่องมาจากอุปกรณ์นิวแมติกส์ในปัจจุบันบางชนิดไม่จำเป็นต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นจากภายนอก เพราะได้อัดสารหล่อลื่นไว้ในตัวอุปกรณ์แล้ว



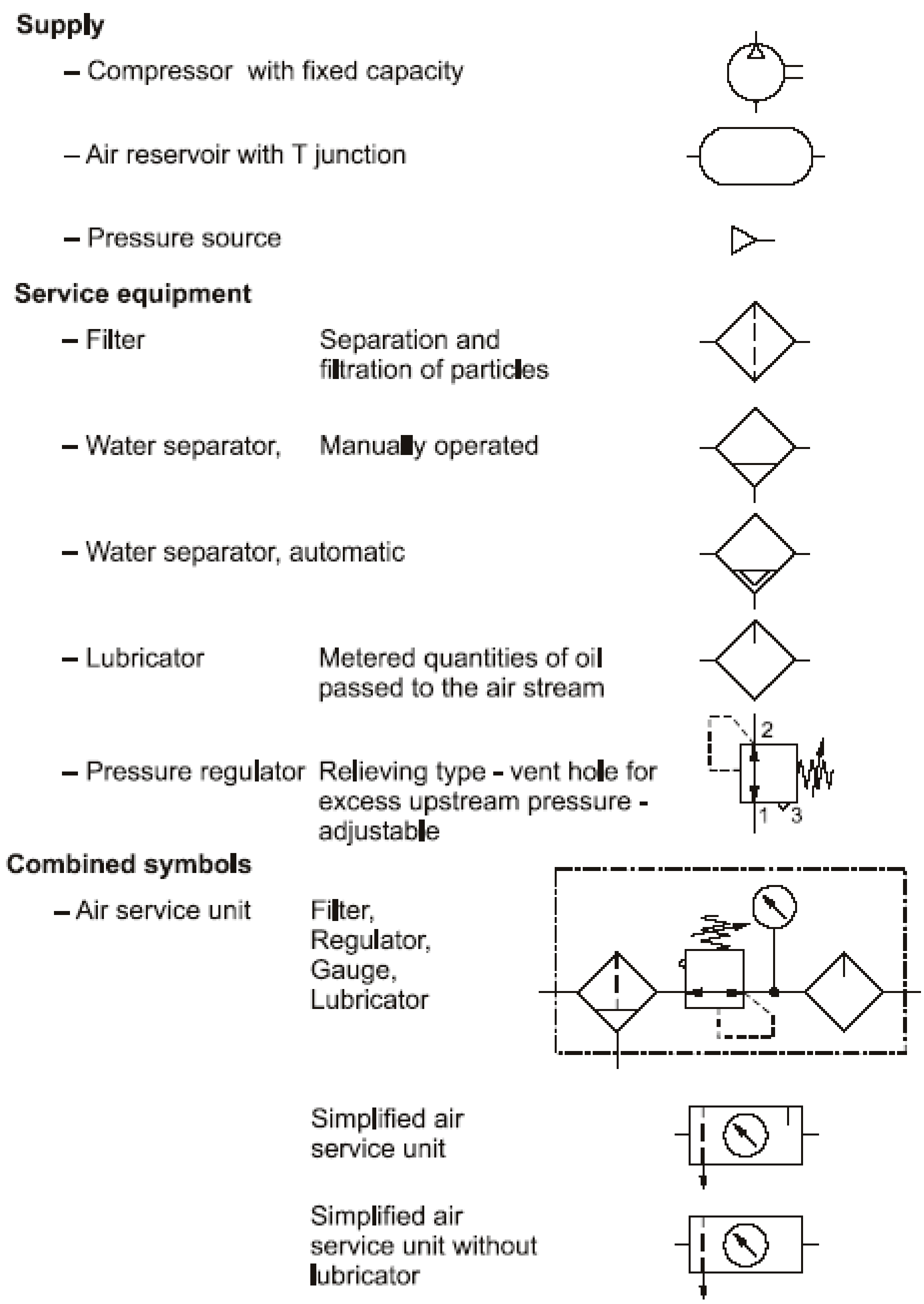
รูปที่ 1.30 แสดงชุดบริการลมอัด





(ก) ชุดบริการที่ประกอบจาก 4 ส่วน (ข) ชุดบริการอากาศที่ไม่มีชุดเต็มน้ำมันหล่อลื่น

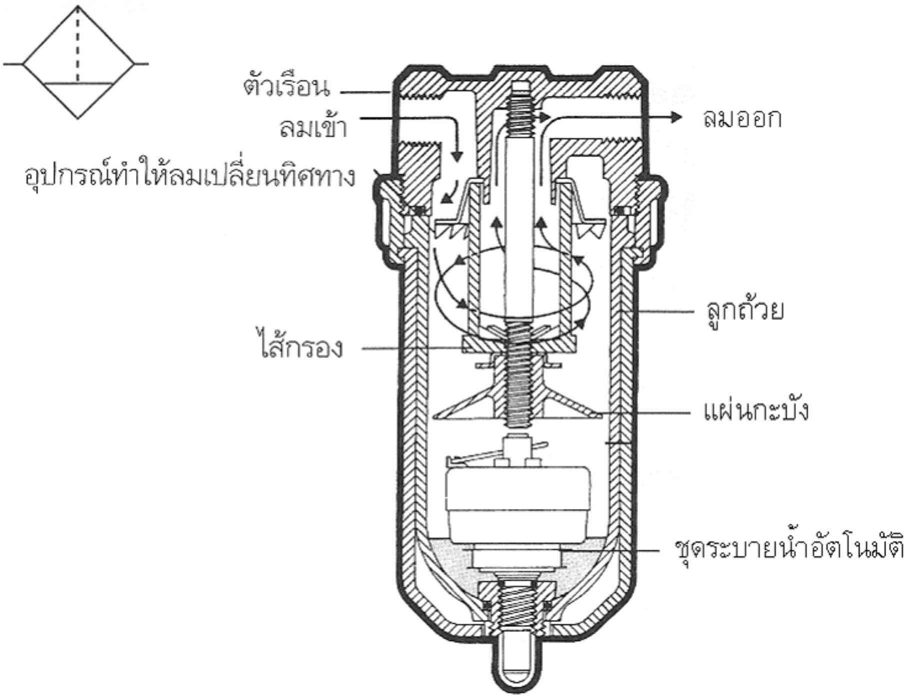
รูปที่ 1.31 แสดงชุดบริการที่แบบแยกส่วนที่นำมาประกอบกัน



รูปที่ 1.31 ต่อ แสดงสัญลักษณ์ของแหล่งกำเนิดลมอัดและชุดบริการ

➢ **ชุดกรองลมอัด**(Air Filter)

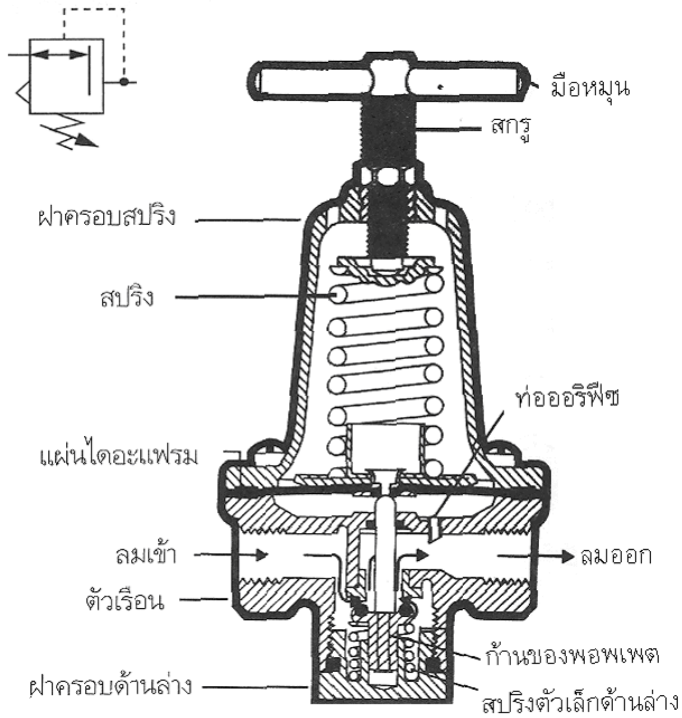
เนื่องจากลมอัดที่อยู่ภายในถังเก็บลมนั้นจะมีสิ่งสกปรกรวมอยู่ เช่น ไอน้ำ ฝุ่นผง หรือมวลสารที่ล่องลอยในบริเวณที่เครื่องอัดอากาศทำงาน เมื่อลมอัดไหลผ่านตัวกรอง ลมอัดก็จะไหลลงด้านล่างและผ่านไส้กรองเข้าไปด้านใน จากนั้นจะไหลออกในช่องทางออกไปสู่วาล์วควบคุมความดันต่อไป ในจังหวะที่ลมอัดไหลผ่านด้านล่างนั้นจะทำให้น้ำ หรือสิ่งสกปรก หรือมวลสารที่มีขนาดใหญ่กว่าตัวกรองอากาศตกลงสะสมอยู่ด้านล่าง เพื่อรอการระบายทิ้ง นอกจากนั้นยังมีแผ่นกะบัง (baffle plate) เป็นตัวป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกที่สะสมอยู่ด้านล่างลอยขึ้นไปปะปนกับลมอัดที่ไหลเข้าไส้กรอง ดังแสดงในรูปที่ 1.32



รูปที่ 1.32 แสดงองค์ประกอบของชุดกรองลมอัด

- **ชุดควบคุมความดัน** (Air Regulator)

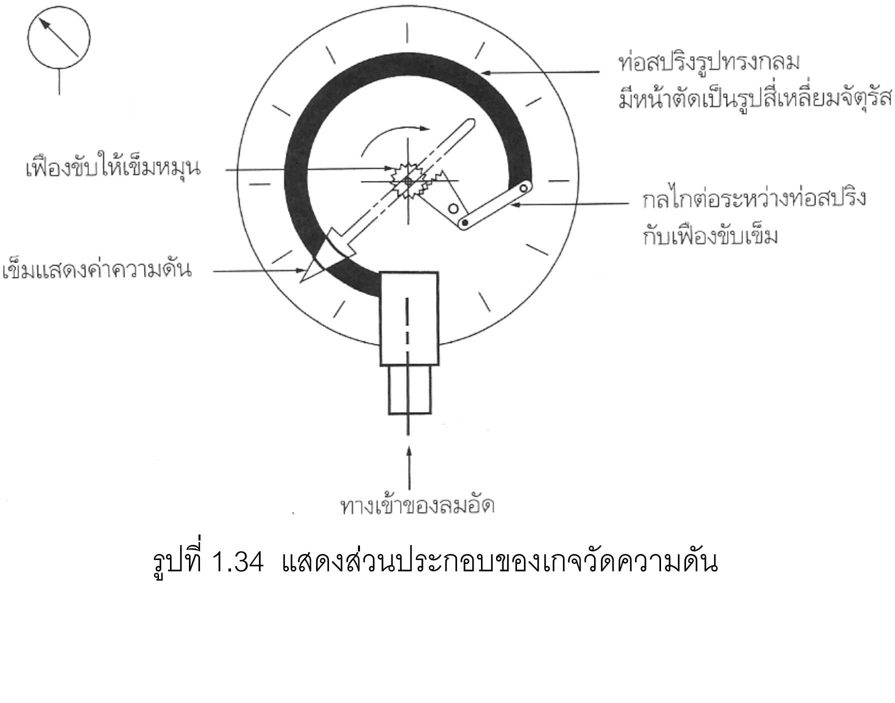
เมื่อลมอัดผ่านชุดกรองลมอัดแล้วจะผ่านเข้ามาสู่ชุดควบคุมความดัน เพื่อที่จะปรับให้ความดันจ่ายออกมีค่าคงที่ (ค่าเฉลี่ยของความดันลมอัดที่ใช้งานทั่วไปมีค่าประมาณ 6 bar) ลมอัดจะผ่านบ่าวาล์วและไหลออกที่ทางออกเพื่อนำไปใช้งานต่อไป บริเวณช่องทางออกของวาล์วจะมีช่องออริฟีซ (orifice) ที่ต่อระหว่างช่องทางออกกับห้องใต้แผ่นไดอะแฟรม ถ้าความดันลมที่ออกนี้มีความดันสูงกว่าค่าของสปริงตัวบน ก็จะดันแผ่นไดอะแฟรมให้ยกขึ้น เป็นผลให้ก้านของพอพเพตซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับชุดของแผ่นไดอะแฟรมจะถูกยกขึ้นตามไปด้วย ทำให้บ่าวาล์วปิดทางลมที่เข้าวาล์ว ค่าของแรงดันสปริงจะเป็นตัวกำหนดค่าความดันที่ลมอัดที่ผ่านวาล์ว สามารถปรับแรงดันสปริงได้ตามที่ต้องการ ส่วนสปริงตัวเล็กด้านล่างจากรูปที่ 1.33 มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้บ่าวาล์วสั่นเนื่องจากการปิด-เปิดของบ่าวาล์วที่ความถี่มากๆ ในขณะทำงาน



รูปที่ 1.33 แสดงส่วนประกอบของชุดควบคุมความดัน

- **เกจวัดความดันลมอัด** (Pressure Gauge)

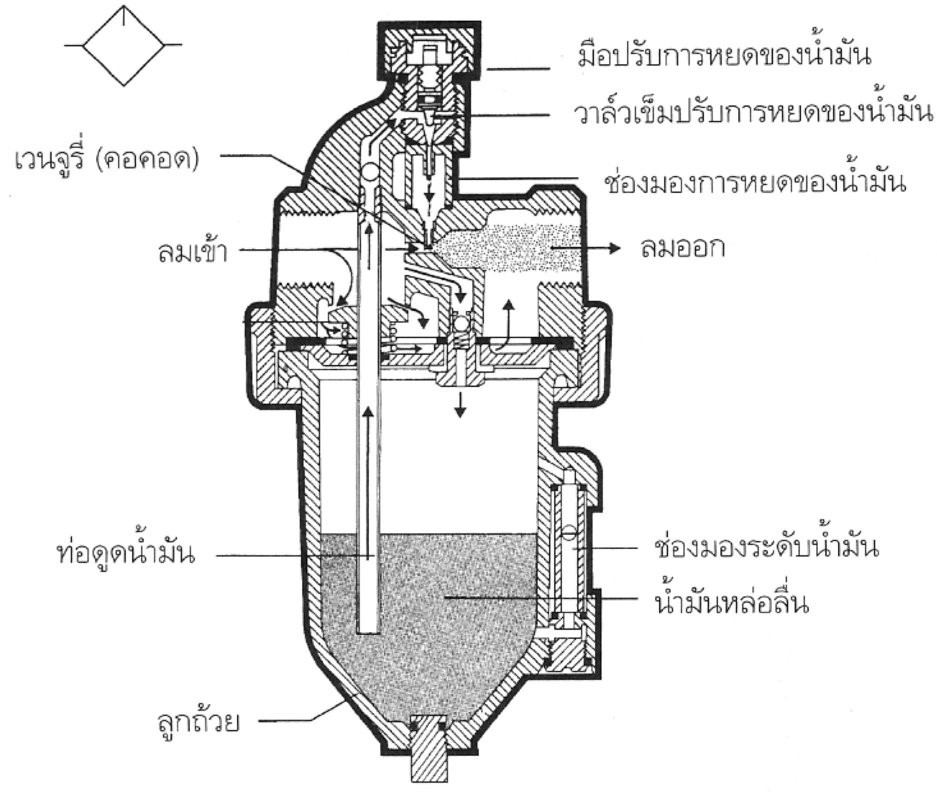
ความดันลมที่ออกจากวาล์วควบคุมความดันจะถูกแสดงค่าความดันด้วยเกจวัดความดัน ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อลมอัดไหลเข้ามาในช่องทางเข้าจะสะสมอยู่ภายในท่อสปริงซึ่งโค้งเป็นวงกลมและมีหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส อีกด้านหนึ่งต่ออยู่กับชุดกลไกขับเฟืองให้เข็มหมุน เป็นผลให้ความดันของลมอัดทำให้ท่อสปริงยืดเป็นเส้นตรง ซึ่งทำให้เข็มหมุนชี้ไปที่ตัวเลขตามค่าของความดันลมที่เข้าดังรูปที่ 1.34



รูปที่ 1.34 แสดงส่วนประกอบของเกจวัดความดัน

➤ **ตัวผสมน้ำมันหล่อลื่น** (Air lubricator)

มีหน้าที่ในการเต็มน้ำมันหล่อลื่นให้กับลมอัด เพื่อเป็นตัวหล่อลื่นและป้องกันอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่สัมผัสกันโดยตรง โดยลมอัดที่ผ่านรูทางเข้าจะไหลผ่านด้านล่างและตรงออกไปสู่บริเวณคอคอด ส่วนที่ไหลลงด้านล่างนั้นจะดันให้น้ำมันเข้าไปในท่อดูดน้ำมันและเกิดหยดลงที่หัวฉีด เมื่อหยดน้ำมันถูกลมอัดพัดให้แตกเป็นฝอยผสมกับลมอัด โดยมีวาล์วปรับขนาดการหยดของน้ำมันว่าให้หยดมากน้อยเพียงไร ปกติแล้วควรเติมน้ำมันหล่อลื่น 5 หยดต่อนาที หรือตรวจสอบโดยการใช้กระดาษขาวอังที่รูระบายลมออก ถ้ามีน้ำมันไหลเป็นทางแสดงว่า จำนวนที่เติมน้ำมันมากเกินไป หลักการในการทำให้น้ำมันถูกดูดขึ้นตามท่อดูด เนื่องมาจากเมื่อลมอัดไหลผ่านคอคอดจะทำให้ความดันในบริเวณคอคอดนั้นลดลง ทำให้ความดันที่มีค่าสูงกว่าบริเวณด้านล่าง ดันให้น้ำมันไหลขึ้นมาผ่านหัวหยดได้ดังรูปที่ 1.35



รูปที่ 1.35 แสดงสวนประกอบของชุดเติมน้ำมัน

1.10 เปรียบเทียบระบบนิวแมติกส์และระบบไฮดรอลิกส์

➢ **ระบบอากาศอัด หรือระบบนิวแมติกส์** (Compressed air system) (**ดูรูปที่** 1.36)

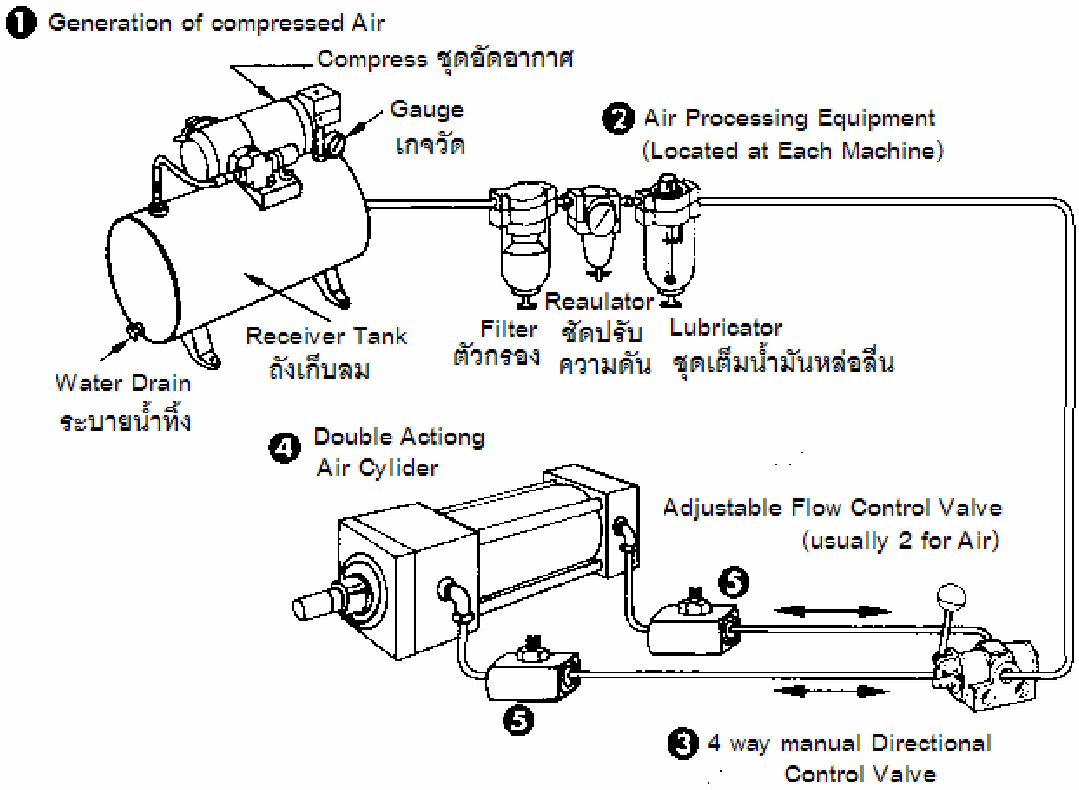
1. อากาศจะถูกอัดโดยเครื่องอัดอากาศ(compressor) และถูกกักไว้ภายในถังเก็บที่เรียกว่า Receiver และเตรียมไว้รอใช้งานต่อไป ความดันที่จัดเก็บภายในถังมีค่าประมาณ 100-150 psi โดยสังเกตได้จากหน้าปัดของเกจวัดความดันที่ถังเก็บ ลมจากถังเก็บลมจะถูกจ่ายออกไปตามท่อลมไปสู่อุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในระบบ โดยมีความดันที่เท่ากับค่าความดันภายในถัง แต่เมื่อลมอัดไหลผ่านท่อส่งไปยังอุปกรณ์จะมีการสูญเสียความดันตามระยะทางและจำนวนอุปกรณ์ที่ต่อใช้ในระบบ

2. ก่อนการใช้งานกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ ลมอัดจะถูกกรองให้สะอาดเสียก่อน ด้วยตัวกรองอากาศ (Filter) และปรับความดันลมอัดลดลงเท่ากับค่าที่ใช้งาน พร้อมทั้งเติมน้ำมันหล่อลื่น เพื่อหล่อลื่นชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์ เช่น วาล์ว กระบอกสูบ เป็นต้น

3. วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional control valve) เป็นอุปกรณ์ที่บังคับให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าและออก โดยการควบคุมทิศทางลมอัดที่จ่ายให้กระบอกสูบ

4. อากาศอัดที่ไหลผ่านกระบอกสูบจะดันให้ก้านสูบเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง หรือเคลื่อนที่เชิงมุมเป็นวงกลมเมื่อเป็นกระบอกสูบชนิดโรตารี

5. ตัวควบคุมความเร็วของก้านสูบ (Flow control valve) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมความดันที่จ่ายให้กระบอกสูบ เพื่อกำหนดความเร็วที่ก้านสูบเคลื่อนที่



รูปที่ 1.36 แสดงองค์ประกอบในระบบอากาศอัดพื้นฐาน (ระบบนิวแมติกส์)

➢ **ระบบไฮดรอลิกส์** (Hydraulic Fluid Power System) (**ดูรูปที่** 1.37)

1. ปั๊มไฮดรอลิกส์ถูกขับด้วยมอเตอร์ หรือเครื่องยนต์ ตามปกติแล้ว ปริมาตรการดูดของปั๊มขึ้นอยู่กับอัตราความเร็วของกระบอกสูบที่ใช้งาน โดยปั๊มจะทำงานตลอดเวลาเพื่อสร้างความดันให้น้ำมันมีค่าคงที่ตลอดเวลาในขณะใช้งาน น้ำมันที่มีความดันสูงไม่สามารถจัดเก็บไว้ภายในถังเก็บได้เช่นเดียวกับถังเก็บลม โดยมีความดันใช้งานปกติมีค่าประมาณ 1,000 – 3,000 1psi

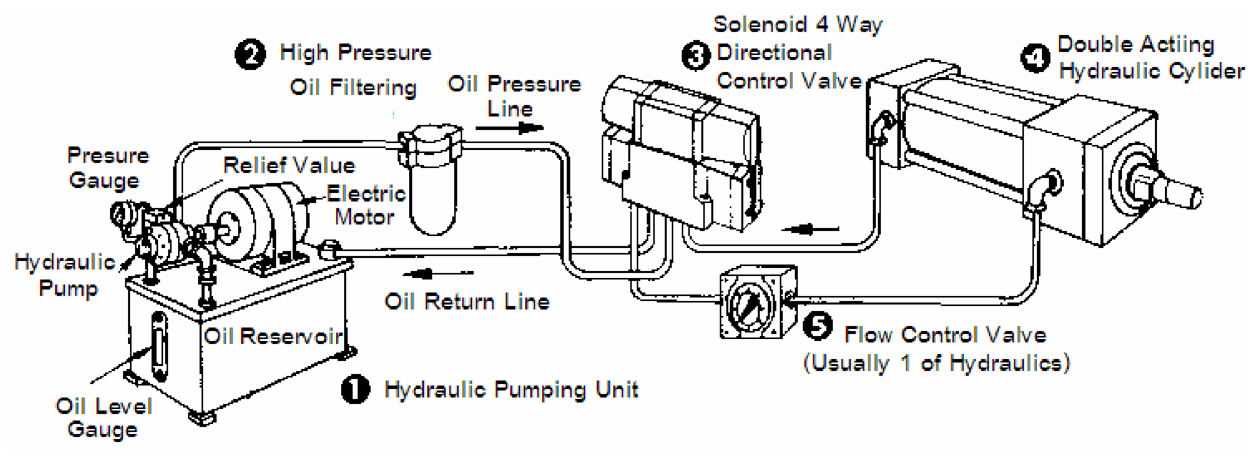
น้ำมันไฮดรอลิกส์ที่ถูกเพิ่มความดันและผ่านการใช้งานในระบบแล้ว จะไหลผ่านท่อน้ำมันกลับและถูกกรองก่อนเข้าสู่ถังเก็บน้ำมัน เพื่อปั๊มเข้าสู่ระบบใหม่อีกครั้งหนึ่งเป็นวงรอบปิด ระบบไฮดรอลิกส์ขนาดเล็กหรือขนาดกลางจะวางปั๊ม , Relief valve หรือวาล์วอื่น ๆ อยู่บนถังน้ำ และเรียกรวมว่าชุดปั๊มไฮโดรลิกส์ (Hydraulic pumping unit , Hydraulic power unit)

2. น้ำมันไฮดรอลิกส์จะถูกกรองให้สะอาดเสียก่อน ด้วย Filter เพื่อป้องกันอันตรายจากฝุ่นหรือสิ่งสกปรกที่ติดมากับน้ำมันเข้าไปทำลายอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งอาจติดตั้งไว้ในตำแหน่งน้ำมันวิ่งเข้าระบบหรือก่อนกลับเข้าถัง แต่ส่วนใหญ่นิยมวางไว้ก่อนเข้าระบบ

3. วาล์วควบคุมทิศทาง ที่ควบคุมการทำงานด้วย Solenoid หรือบังคับด้วยมือ ในการจ่ายน้ำมันให้กับกระบอกสูบให้เกิดการเคลื่อนที่ มีลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับวาล์วระบบนิวแมติกส์

4. กระบอกสูบไฮดรอลิกส์ หรือมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานของของไหลให้เป็นพลังงานกลในการเคลื่อนที่เชิงเส้น หรือเชิงมุม โดยการติดตั้งกลไกไว้ที่ก้านสูบ มีลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับกระบอกสูบระบบนิวแมติกส์แตกเฉพาะขนาดและต้นกำลังงานที่ใช้

5. วงจรไฮดรอลิกส์บางวงจรจะลดความเร็วของก้านสูบ โดยติดตั้ง Flow control ไว้ในทิศทางหนึ่ง เพื่อควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่เข้าและออกที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น การส่งชิ้นงานหรือการอัดชิ้นงานด้วยกำลังแรงดันสูงแล้ว จะเคลื่อนที่กลับด้วยความเร็วสูง มีลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับกระบอกสูบระบบนิวแมติกส์



รูปที่ 1.37 แสดงองค์ประกอบในระบบไฮดรอลิกส์พื้นฐาน

➢ ปัจจัยที่คำนึงถึงในการเลือกใช้งานระบบนิวแมติกส์และระบบไฮดรอลิกส์

1. ระดับของกำลัง (Power level) ระบบนิวแมติกส์ปกติแล้วให้กำลังทำงานอยู่ระหว่าง 0.25 ถึง 1.5 แรงม้า ในขณะที่ระบบไฮดรอลิกส์ให้กำลังทำงานที่สูงกว่า คือ ตั้งแต่ 1.5 แรงม้าขึ้นไป กำลังทำงาน 100 แรงม้าที่ได้จากลมอัดสามารถกระจายให้อุปกรณ์ทำงานได้พร้อมกันหลายชุด แต่ระบบไฮดรอลิกส์ใช้งานได้เพียงชุดเดียวเนื่องจากเป็นระบบปิด

2. ระดับเสียง (Noise Level) ระบบนิวแมติกส์จะมีที่เก็บเสียง (Muffled) จึงเงียบกว่าระบบไฮดรอลิกส์ ที่แรงม้าเท่ากัน เนื่องจากปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกส์จะต้องทำงานอยู่ตลอดเวลาทำงาน

3. ความสะอาด (Cleanliness) ระบบนิวแมติกส์จะสะอาดกว่าระบบไฮดรอลิกส์ แม้ภายในลมที่จ่ายให้กับอุปกรณ์จะมีน้ำมันหล่อลื่นผสมอยู่ แต่ก็มีปริมาณน้อยมากที่พ่นออกจากวาล์ว แต่ในระบบไฮดรอลิกส์มีโอกาสที่น้ำมันไฮดรอลิกส์จะรั่วออกตามซีลกระบอกสูบ สายน้ำมัน หรือจากการเปลี่ยนชิ้นส่วนต่าง ๆ หรือซ่อมบำรุ่งจะมีน้ำมันตกค้างอยู่ภายในท่อส่ง เป็นต้น ทำให้เกิดน้ำมันรั่วบนเครื่องจักรได้ทั้งสิ้น

4. ความเร็ว (Speed) เมื่อใช้กำลังน้อยระบบลมจะทำงานได้เร็วกว่าระบบไฮดรอลิกส์ ถ้าต้องการให้ความเร็วในการเคลื่อนที่เท่ากันแล้วระบบไฮดรอลิกส์จำเป็นต้องเพิ่มขนาดของปั๊ม ขนาดของวาล์ว และปริมาตรการอัดที่สูงมากกว่า เนื่องจากระบบไฮดรอลิกส์ไม่สามารถสำรองน้ำมันที่มีความดันสูงได้เหมือนระบบลม และน้ำมันมีความหนืดมากกว่าลมอัดทำให้เกิดแรงต้านการเคลื่อนที่

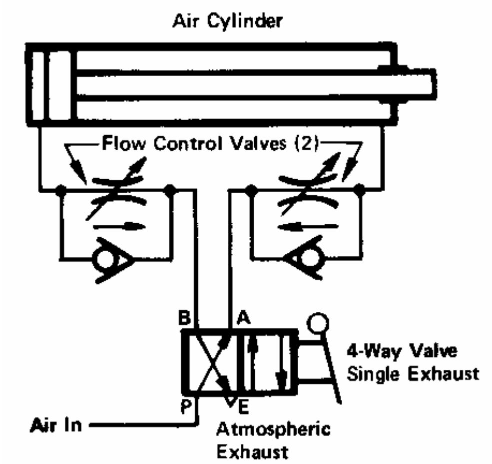
5. ต้นทุนการทำงาน (Operating Cost) ระบบไฮดรอลิกส์จะมีต้นทุนการสร้างความดันเพื่อใช้งานในระบบต่ำกว่าระบบลม เนื่องจากปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกส์ไม่จำเป็นต้องระบบระบายความร้อน (Cooler)เหมือนระบบลม ซึ่งเป็นอุปกรณ์จำเป็นในการกำจัดความร้อนของลมอัด จึงใช้พลังงานสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการสร้างความดัน

6. ต้นทุนขั้นแรก (First Cost) แม้ค่าใช้จ่ายในการสร้างแรงดันในระบบไฮดรอลิกส์จะต่ำกว่า แต่ในระบบที่ใช้กำลังน้อยระบบนิวแมติกส์สามารถสำรองลมอัดได้และนำลมอัดไปใช้งานโดยเครื่องอัดอากาศไม่ต้องทำงาน รวมทั้งอุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์มีราคาถูกกว่าระบบไฮดรอลิกส์

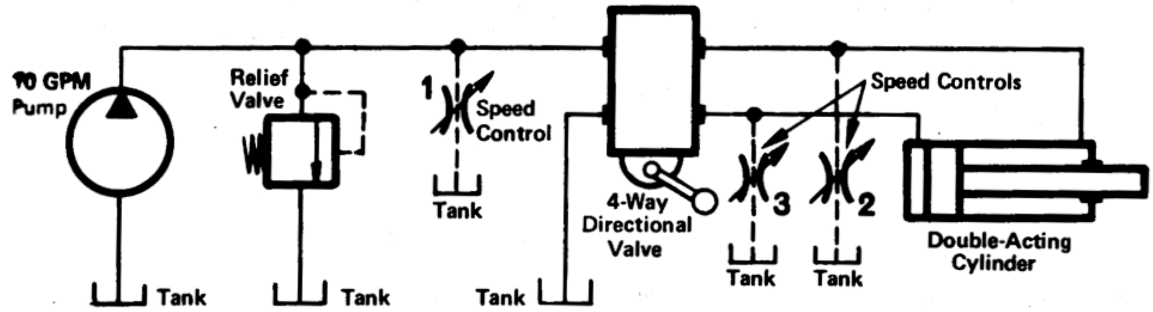
7. ความแข็งแรง (Rigidity) ถ้าต้องการความแข็งแรงแล้ว ระบบไฮดรอลิกส์จะแข็งแรงกว่า

8. การควบคุมตำแหน่งทำงาน (Position control) แม้ระบบไฮดรอลิกส์จะมีความเร็วในการทำงานช้ากว่าระบบนิวแมติกส์ แต่การควบคุมการหยุดนั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่า สามารถหยุดได้ทันทีในตำแหน่งกึ่งกลางกระบอกสูบไม่ว่าจะใช้กำลังสูงหรือต่ำ กระบอกสูบที่ใช้ลมอัดจะไม่สามารถหยุดได้อย่างแม่นย่ำ เนื่องจากแรงเฉื่อยจากการหยุดการเคลื่อนของก้านสูบนั้นสามารถอัดอากาศภายในกระบอกสูบได้ ตัวอย่างงานระบบไฮดรอลิกส์ ได้แก่ ลิฟท์ การป้อนชิ้นงานหลายตำแหน่ง การอัดรูปชิ้นงาน

จากรูปที่ 1.38 จะพบว่าอุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบนิวแมติกส์และระบบไฮดรอลิกส์นั้น นั้นมีหลักการทำงานเหมือนกัน สังเกตได้จากสัญลักษณ์จากรูป 1.38 (ก) และ (ข) จะเหมือนกันแตกต่างที่ต้นกำลังที่เป็นลมอัดหรือน้ำมันไฮดรอลิกส์ ในระบบไฮดรอลิกส์มีความยุ่งยากในการออกแบบมากกว่าระบบนิวแมติกส์เล็กน้อย เนื่องจากน้ำมันไฮดรอลิกส์ที่ใช้ในระบบไม่สามารถทิ้งสู่บรรยากาศได้เช่นเดียวกับลมอัด ดังนั้นน้ำมันที่ไหลผ่านอุปกรณ์ทุกตัวในระบบไฮดรอลิกส์แล้วจะต้องถูกกรองและไหลกลับสู่ถังเก็บเพื่อใช้งานใหม่เสมอ ดังนั้นภายในหนังสือเล่มนี้จะกล่าวถึงการออกแบบด้วยระบบนิวแมติกส์เป็นหลัก เนื่องจากทางสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย มีเฉพาะอุปกรณ์ระบบนิวแมติกส์ หากผู้ศึกษามีความจำเป็นในการใช้งานระบบไฮดรอลิกส์ก็สามารถออกแบบวงจรควบคุมได้เช่นกัน เพียงแต่ต้องไปศึกษาถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ในระบบไฮดรอลิกส์ที่ต้องการใช้งานเพิ่มอีกเล็กน้อย



(ก) ระบบนิวแมติกส์



(ข) ระบบไฮดรอลิกส์

รูปที่ 1.38 เปรียบเทียบวงจรควบคุมด้วยระบบนิวแมติกส์และระบบไฮดรอลิกส์