บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบนิวแมติกส์

ระบบนิวแมติกส์เป็นระบบที่มีลักษณะคล้ายระบบเครื่องกล แต่การทำงานจะมีชิ้นส่วนเฉพาะตัวแต่การทำงานต่อเนื่องกัน คือ กระบอกสูบลม มอเตอร์ลม การทำงานอาศัยความดันลมอัดเป็นต้นกำลัง การควบคุมใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

2.1.1 สาเหตุสำคัญที่มีการนำเอาระบบนิวแมติกส์มาใช้ในงานอุตสาหกรรม

1) ลมอัดสะอาดและมีความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินถึงแม้จะรั่ว หรือสามารถปล่อยสู่บรรยากาศได้เลยไม่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมหรือก่อให้เกิดอันตราย

2) มีปริมาณไม่จำกัด เพราะมีอยู่ทั่วๆ ไป

3) การเก็บลมอัดไว้ในถังเก็บ ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้ตามต้องการ และอุปกรณ์ทำงานต่อเนื่องตลอดเวลา

4) ไม่เกิดการระเบิดหรือติดไฟง่ายเมื่อรั่วซึม ทำให้ไม่ต้องมีอุปกรณ์ป้องกันราคาแพง

5) อุณหภูมิใช้งาน สามารถทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง

6) อุปกรณ์มีโครงสร้างง่ายๆ ทำให้ราคาถูก ทนทาน ซ่อมบำรุงและรักษาได้ง่าย

7) สามารถส่งถ่ายไปตามท่อได้ในระยะทางไกลๆ และไม่ต้องมีท่อลมกลับ เพราะใช้แล้วปล่อยทิ้ง

8) สามารถควบคุมความเร็ว ความดัน และแรงของลมอัดได้โดยใช้อุปกรณ์ที่ง่ายและราคาถูก

9) อุปกรณ์นิวแมติกส์สามารถใช้งานเกินกำลังได้โดยไม่เกิดความเสียหาย

10) ลมอัดมีความเร็วในการทำงานสูง สามารถทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วประมาณ 1-2 เมตรต่อวินาที ลูกสูบแบบพิเศษสามารถทำงานได้เร็วถึง 10 เมตรต่อวินาที

11) ความปลอดภัยจากงานเกินกำลัง อุปกรณ์ที่ใช้กับระบบลมอัดจะไม่เกิดการเสียหาย ถึงแม้ว่างานจะเกินกำลัง

12) การตั้งระยะช่วงชัก โดยการปรับระยะหยุดหรือช่วงชักของลูกสูบ ทำให้สามารถปรับระยะช่วงชักได้ทุกตำแหน่ง จากน้อยที่สุดจนถึงมากที่สุดตามที่ต้องการ

จะเห็นได้ว่าระบบนิวแมติกส์มีข้อดีอยู่หลายประการ แต่ในขณะเดียวกันระบบนิวแมติกส์มีข้อเสียอยู่ดังนี้

1) **ลมอัดมีความชื้นและฝุ่นละออง จึงต้องมีอุปกรณ์กรองความชื้นและฝุ่นละอองก่อนนำไปใช้งาน**

2) ลมอัดเมื่อละลายทิ้งมีเสียงดัง จึงต้องมีอุปกรณ์เก็บเสียงก่อนระบายออกสู่บรรยากาศ

3) ความดันของลมอัดสามารถอัดตัวและเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิได้ ถ้าอุณหภูมิสูง ความดันสูง ถ้าอุณหภูมิต่ำ ความดันลดลง ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ได้ไม่สม่ำเสมอ

4) ลมอัดจะสามารถทำงานได้ที่แรงขนาดหนึ่งเท่านั้น (งานเบาๆ) ที่ความดันใช้งานปกติ 7 บาร์ ขึ้นอยู่กับระยะทางและความเร็วที่จำกัด แรงอยู่ในช่วง 20,000 และ 30,000 นิวตัน ไม่สามารถที่จะทำงานหนักๆได้

5) ลมอัดเป็นตัวกลางที่มีราคาแพงเมื่อเทียบกับระบบการเปลี่ยนแปลงพลังงานอื่นๆ แต่ราคาของพลังงานที่แพงก็ได้รับการชดเชยจากราคาของอุปกรณ์บางชิ้นส่วนที่มีราคาถูกและมีสมรรถนะ (จำนวนรอบของการทำงาน) ที่สูงกว่า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบระบบนิวแมติกส์กับระบบไฮดรอลิก

ระบบนิวแมติกส์	ระบบไฮดรอลิก
1. ความดันใช้งานประมาณ 6 บาร์ ไม่เกิน 10 บาร์ ถ่ายทอดกำลังงานได้น้อย	1. ความดันใช้งาน 60 บาร์ ถ่ายทอดกำลังงานได้มาก
2. ลมอัดมีการยุบตัวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนหรือถูกแรงกด ทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ไม่สม่ำเสมอ	2. น้ำมันมีความหนาแน่นมากกว่า โอกาสยุบตัวมีน้อย
3. ลมอัดสะอาดและไม่ต้องมีท่อไหลกลับ	3. อาจมีการรั่วไหลของน้ำมัน ทำให้เกิดอันตรายได้ และมีท่อไหลกลับลงถัง
4. อุปกรณ์มีขนาดเล็ก ราคาถูก	4. อุปกรณ์มีขนาดใหญ่ ราคาแพง
5. ไม่เกิดอันตรายมากเมื่อเกิดอุบัติเหตุ เพราะลมอัดไม่ ติดไฟและไม่ระเบิด	**5. เมื่อเกิดอุบัติเหตุจากท่อแตกจะเกิดอันตรายมาก เพราะน้ำมันไฮดรอลิกติดไฟได้**
6. อุณหภูมิใช้งานสูงประมาณ 160 องศาเซลเซียส	**6. อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส**
7. ต้องมีอุปกรณ์ช่วยผสมน้ำมันหล่อลื่น	**7. อุปกรณ์หล่อลื่นด้วยตัวเอง**

(ที่มา : หนังสือนิวแมติกส์และนิวแมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น , ฐิฑารีย์ ถมยา , 2545 ,หน้า 7)

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบรูปแบบต่าง ๆ ของการทำงานโดยใช้เครื่องจักร

รายละเอียดของระบบ		ระบบการทำงาน			
		กลไก	ไฟฟ้า/อิเล็กทรอนิกส์	ไฮดรอริก	นิวแมติกส์
ระบบชิ้นเคลื่อน	การเคลื่อนที่แบบเส้นตรง	ง่าย	ยาก	ง่าย	ง่าย
	การเคลื่อนที่แบบหมุน	ง่าย	ง่าย	ค่อนข้างยาก	ค่อนข้างยาก
	กำลังขับ	ขนาดเล็ก - ใหญ่	ขนาดเล็ก - ใหญ่	ขนาดกลาง - เล็กมาก	ขนาดกลาง - เล็กมาก
	การปรับกำลังขับ	ยาก	ยาก	ง่าย	ง่าย
	ความเร็วที่ขับ	ต่ำ - สูง	กลาง - สูง	ต่ำ - กลาง	ต่ำ - สูง
	โครงสร้าง	ค่อนข้างขับซ้อน	ค่อนข้างขับซ้อน	ค่อนข้างขับซ้อน	ง่าย
	การรับภาระเกินพิกัด	ค่อนข้างยาก	ยาก	ค่อนข้างยาก	ง่าย
	การตอบสนอง	ดีมาก	ดีมาก	ดี	ดีแต่ขึ้นอยู่กับภาระ
	อิสระในการติดตั้ง	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากๆ
	มาตราการป้องกันเวลาไฟดับ	เป็นไปได้เล็กน้อย	ยาก	เป็นไปได้	เป็นไปได้
	การบำรุงรักษา	ง่าย	ต้องใช้เทคโนโลยี	ค่อนข้างยาก	ง่าย
ระบบบังคับ	การแปลงสัญญาณ	ยาก	ง่ายมาก	ค่อนข้างยาก	ง่าย
	ความหลากหลายในการคำนวณ	น้อย	มาก	น้อย	ปานกลาง
	ความเร็วในการคำนวณ	สูง	สูงมาก	ปานกลาง	ปานกลาง
	รูปแบบคำนวณ	แอนาล็อก (ดิจิตอล)	ดิจิตอล/แอนาล็อก	แอนาล็อก	ดิจิตอล (แอนาล็อก)
	ทนต่อการระเบิด	**ดี**	**ต้องอาศัยวิธีแก้ไขพิเศษ**	**ดี**	**ดีมาก**

(ที่มา : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น , ณรงค์ คันชีวะวงศ์ , 2542 , หน้า 9)

2.1.2 กฎเบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์

ในระบบนิวแมติกส์ที่กล่าวถึงนี้มีความสัมพันธ์กันระหว่าง แรง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ดังนั้นกฎเบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์จึงได้แก่กฎการถ่ายทอดความดันของปาสคาล (Pascal' Law) ก่อนที่จะกล่าวถึงกฎนี้ ใคร่จะขอกล่าวถึงพื้นฐานทางฟิสิกส์ของระบบนิวแมติกส์ ก่อนได้แก่

2.1.2.1 ความดัน

ความดันบรรยากาศในแต่ละแห่งของพื้นผิวโลก มีค่าแตกต่างกันตามสภาพของระดับความสูงและสภาพภูมิอากาศแต่ละพื้นที่ แต่ปกติทั่วไปถือว่าความดันที่ระดับน้ำทะเลเป็นความดันบรรยากาศ การหาค่าความดันบรรยากาศเราสามารถหาได้จากเครื่องมือหลายชนิดเช่น เกจวัดความดัน บาโรมิเตอร์หรือมาโนมิเตอร์

หน่วยวัดความดันในทางเทคนิคโดยทั่วไปคือ กิโลปอนด์/ตารางเซนติเมตร หรือวัดเป็นบรรยากาศทางเทคนิค , atm

1 atm = 1 kib/cm^2 = 10 m ความสูงของน้ำ

แต่หน่วยความดันที่นิยมใช้ในระบบ SI มีหน่วยดังนี้

1 Pa (ปาสคาล) = 1 N/m^2 = 10^{-5} bar

1 atm = 1 kib/cm^2 = 1 bar

เนื่องจากความสูงของระดับพื้นโลกในแต่ละท้องถิ่นที่มีค่าไม่เท่ากัน หากวัดความดันจาก 0 atm ไปจนถึงระดับความดันบรรยากาศ เรียกว่า *ความดันสุญญากาศ* (vacuum) และถ้าเหนือความดันบรรยากาศขึ้นไปเรียกว่า *ความดันเกจ* (gauge pressure)ความดันสัมบูรณ์ คือความดันที่มีค่าเป็นศูนย์ที่สุญญากาศสัมบูรณ์ ใช้ตัวย่อ P_{abs} ความดันบรรยากาศ คือค่าความดันที่บรรยากาศ มีค่า 1.013 บาร์ (ระบบ SI) 1.033 กิโลกรัม แรงต่อตารางเมตร (ระบบแมติกส์) และ 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (ระบบอังกฤษ) ใช้ตัวย่อ P_{atm} ความดันเกจ คือค่าความดันที่มีค่าเป็นศูนย์ที่ความดันบรรยากาศใช้ตัวย่อ P_g

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบหน่วยวัดค่าความดัน

Pa	bar	Kgf/cm^2	atm	$mm : H_2O$	mm : Hg
1	$1x10^{-5}$	$1.01972x10^{-6}$	$9.86923x10^{-6}$	$1.01972x10^{-1}$	$7.50062x10^{-3}$
$1x10^{5}$	1	1.01972	$9.86923x10^{-1}$	$1.01972x10^{4}$	$7.50062x10^{2}$
$9.80665x10^{4}$	$9.806x10^{-4}$	1	$9.67841x10^{1}$	$1.00000x10^{4}$	$7.35559x10^{2}$
$1.01325x10^{5}$	1.01325	1.03323	1	$1.03323x10^{4}$	$7.60000x10^{2}$
9.80665	$9.80665x10^{-5}$	$1x10^{4}$	$9.67841x10^{-5}$	1	$7.35559x10^{-2}$
$1.33222x10^{2}$	$1.33222x10^{5}$	$1.3595x10^{3}$	$1.31579x10^{3}$	$1.35951x10^{1}$	1

(**ที่มา** : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น , ณรงค์ คันชีวะวงศ์ , 2542 , หน้า 9)

2.1.2.2 ความชื้น

จำนวนปริมาณของน้ำที่มีปะปนอยู่ในอากาศ จะสามารถรวมตัวและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาวะของอากาศในขณะนั้นๆ ค่าความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำลงและค่าความชื้นจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ สามารถหาได้จากสมการ

ค่าความชื้นสัมพัทธ์ = ค่าความชื้นที่วัดได้/ ค่าความชื้นสัมบูรณ์ (2.1)

โดยที่ ค่าความชื้นที่วัดได้ คือ การกลายเป็นไอของน้ำในปริมาตรและอุณหภูมิขณะนั้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (g/m^3)

ค่าความชื้นสัมบูรณ์คือ จำนวนสูงสุดของการกลายเป็นไอน้ำที่อากาศสามารถรับไว้ได้จนถึงจุดอิ่มตัว มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (g/m^3)

2.1.2.3 อุณหภูมิ

เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความร้อนของสารตัวกลางที่สภาวะต่างๆหน่วยของอุณหภูมิที่ใช้กันทั่วไปคือ ในระบบ SI อุณหภูมิสัมบูรณ์มีหน่วยเป็น องศาเคลวิน (Kelvin; K)

$$K = ^{\circ}C + 273 \quad (2.2)$$

2.1.2.4 แรง

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันจะได้ความสัมพันธ์กันดังนี้

แรง = (ค่าคงที่) x (มวลสาร) x (ความเร่ง)

ในระบบ SI ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 1

แรง = (มวลสาร) x (ความเร่ง)

ในระบบ SI หน่วยของแรงมีหน่วยเป็นนิวตัน ใช้ตัวย่อ N

$N = 1\ kg.m/sec^2$

ตารางที่ 2.4 หน่วยต่างๆ ในระบบนิวแมติกส์

หน่วย	สัญลักษณ์	หน่วยทาง SI
แรง	F	$1\ N = 1\ kg.m/s^2$
พื้นที่	A	m^2
ปริมาตร	V	m^3
อัตราการไหล	Q	m^3/s
ความดัน	P	Pa (Pascal) 1 Pa = 1 N $1\ Pa = 10^5$ bar

(**ที่มา** : http://www.pte-cal.kmutt.ac.th/WBI-Pneum/part_1/basic_1.2.html)

2.1.3 **กฎเบื้องต้นของลมอัด**

กฎเบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์ที่จะกล่าวถึงได้แก่ กฎการถ่ายความดันของปาสคาล (Pascal's Law)

2.1.3.1 กฎของปาสคาล (กฎส่งผ่านความดัน)

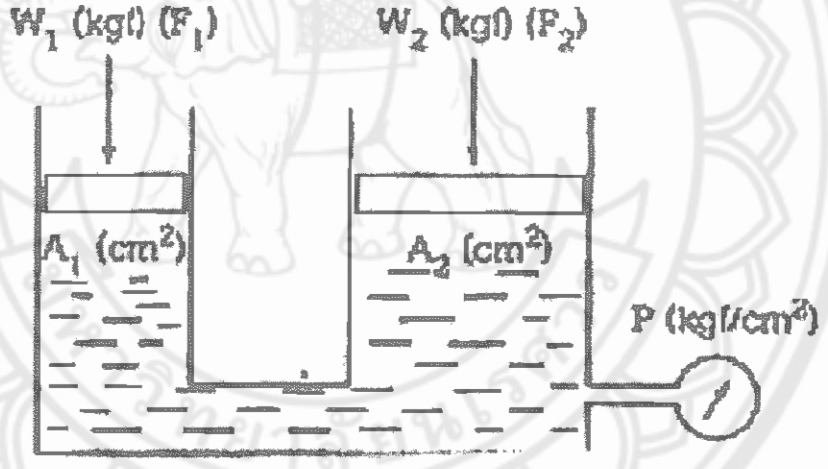
ณรงค์ ตันซีวะวงศ์ (2542,หน้า 16) กล่าวถึงกฎของปาสคาลซึ่งเกี่ยวกับการส่งผ่านความดันสถิต หรือความดันที่ไม่เคลื่อนที่ (static pressure) กฎนี้ได้กล่าวว่า " ความดันที่กระทำต่อส่วนหนึ่งส่วนใดของของไหลที่อยู่นิ่งในภาชนะปิด จะกระทำต่อทุกส่วนของภาชนะในแนวตั้งฉาก

ตามรูปที่ 2.1 ในกรณีที่ลูกสูบมีพื้นที่หน้าตัด $A_1(cm^2)$ และ $A_2(cm^2)$ ถ้ามีแรง F_1 หรือน้ำหนัก $W_1(kgf)$ กระทำบนลูกสูบ A_1 แล้ว จะเกิดแรงถ่ายเท W_2 หรือ F_2 (kgf) ขึ้นที่ลูกสูบซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A_2 ดังนี้

$$\frac{W_1}{A_1} = \frac{W_2}{A_2} = P(kgf/cm^2) \qquad (2.3)$$

$$W_2 = \frac{W_1}{A_1} xA_2(kgf) \qquad (2.4)$$

ถ้าพื้นที่หน้าตัด A_1 เล็กกว่า A_1 แรง W_2 จะมากกว่า W_2



รูปที่ 2.1 กฎปาสคาล

(**ที่มา** : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น, ณรงค์ ตันชีวะวงศ์,2542,หน้า 16)

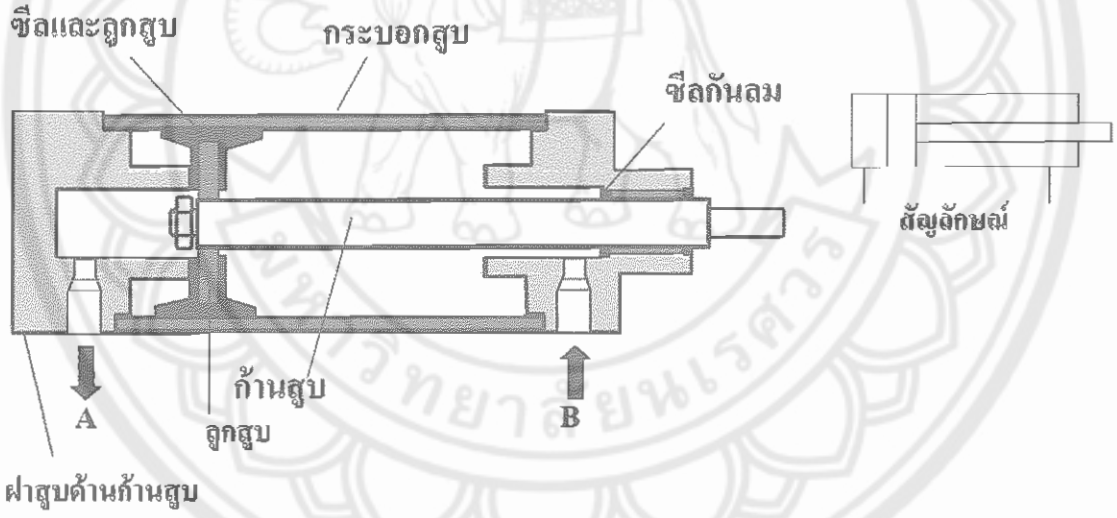
2.2 อุปกรณ์ของระบบนิวแมติกส์

2.2.1 กระบอกสูบ (Air Cylinder) กระบอกสูบจะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานลมอัดไปใช้ประโยชน์เป็นแรงให้มีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง โดยปกติกระบอกสูบจะมีชนิดทำงานได้สองทิศทางและชนิดทำงานได้ทิศทางเดียว

2.2.1.1 กระบอกสูบทำงาน 2 ทิศทาง (Double – acting cylinder)

กระบอกสูบประเภทนี้จะใช้แรงดันลมกระทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่สองทาง คือ ทั้งการเคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่เข้า แรงกระทำที่ได้จากกระบอกสูบชนิดนี้มากกว่ากระบอกสูบเดียวเพราะไม่มีแรงสปริงเป็นตัวต้าน จึงเหมาะสำหรับงานทุกประเภทที่ต้องการ กระบอกสูบสองทิศทางนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

- แบบมีก้านยึดกระบอกสูบ (Tie – rod mounting)
- แบบไม่มีก้านยึดกระบอกสูบ (Without tie – rod mounting)



รูปที่ 2.2 กระบอกสูบทำงาน 2 ทิศทาง (Double – acting cylinder)

(**ที่มา** : หนังสือนิวแมติกส์และนิวแมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น, ฐิฑารีย์ ถมยา, 2545, หน้า 187)

2.2.1.2 โครงสร้างของกระบอกสูบสองทิศทาง

สำหรับโครงสร้างของกระบอกสูบสองทิศทางประกอบด้วย

1. กระบอกสูบ ทำด้วยท่อโลหะไม่มีตะเข็บ วัสดุที่ใช้ เช่น เหล็ก เหล็กไร้สนิม อะลูมิเนียม และทองเหลือง เป็นต้น ผิวภายในต้องขัดให้เรียบ หรือชุบโครเมียมเพื่อ

(ก) ลดการสึกหรอของซีล

(ข) ลดการเสียดทานภายในกระบอกสูบ

(ค) ป้องกันการรั่วของซีลและลมอัด

2. ฝาสูบทั้งสองด้านทำด้วยโลหะโดยวิธีการอัดขึ้นรูปหรือหล่อ วัสดุที่ใช้ เช่น อะลูมิเนียม หรือเหล็กเหนียวหล่อ

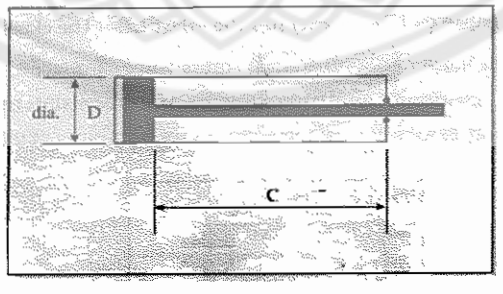
3. ก้านสูบ ทำด้วยเหล็กไร้สนิมหรือเหล็กชุบโครเมียม ผิวก้านสูบต้องขัดให้เรียบที่สุดเช่นเดียวกับกระบอกสูบ

4. ลูกสูบ ทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กเหนียวขัดมันหรือชุบโครเมียม มีร่องสำหรับใส่ซีลลูกสูบกันลมรั่ว

5. ซีลลูกสูบเป็นแหวนลูกสูบทำด้วยหนัง ยางสังเคราะห์ ยางธรรมชาติ หรือเทฟลอน ลักษณะของซีลลูกสูบแต่ละชนิดจะเหมาะสำหรับงานแต่ละงาน เช่น ซีลรูปถ้วยติดตั้งที่ลูกสูบ เป็นต้น

2.2.1.3 การเลือกขนาดของกระบอกสูบ (Choosing a cylinder)

จากการออกแบบเครื่องจักรที่นำเอากระบอกสูบนิวแมติกส์ใช้ร่วมนั้น ในการเลือกกระบอกสูบ จุดแรกที่คำนึงถึงในการเลือกก็คือ ขนาดของแรงที่กระทำกับปลายก้านสูบ และจุดที่สองก็คือระยะของกระบอกสูบที่ใช้งาน



รูปที่ 2.3 แสดงถึงจุดที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกกระบอกสูบ

(ที่มา : หนังสือนิวแมติกส์อุตสาหกรรม, ธนะรัตน์ แต้วัฒนา, 2541,**หน้า** 22)

ค่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมาตรฐาน ISO มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร เท่ากับ 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 และ 200

ส่วนระยะชักที่นิยมใช้กันทั่วไปที่เป็นมาตรฐานของผู้ผลิตส่วนมากคือ (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร) 50, 75, 100, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, ฯลฯ

จากการหาขนาดของกระบอกสูบ จะสามารถหาได้จากการคำนวณ หรือกราฟค่ามาตรฐานซึ่งทั้งสองอย่างจะได้ผลออกมาเท่ากัน ดังนี้

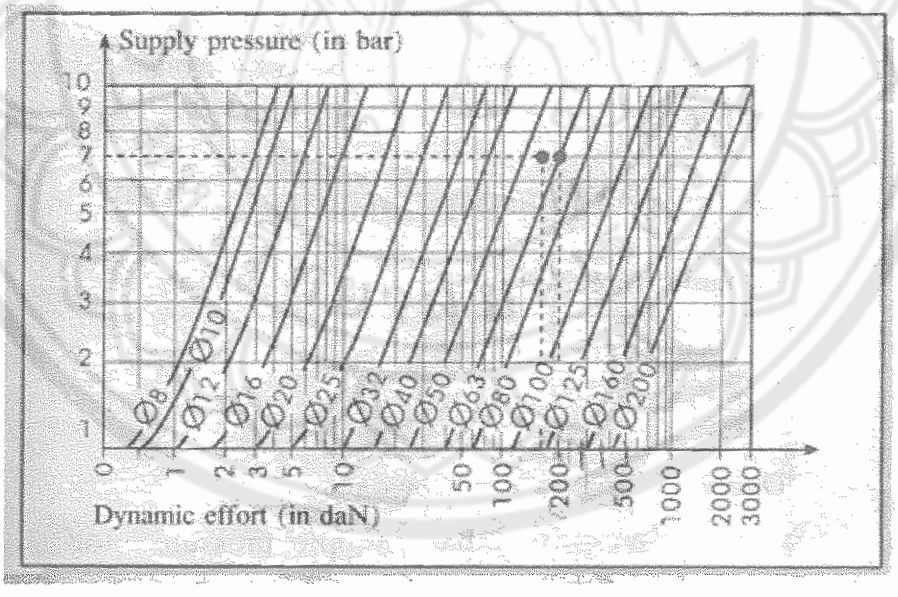
เมื่อ $F = P \times S \times R$ (2.5)

F = แรงที่ปลายก้านสูบ

P = ความดันใช้งานในระบบ (ส่วนมากนิยมใช้ช่วง 4-6 bar)

S = พื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ cm^2

R = ประสิทธิภาพโดยคิดจากการสูญเสียของแรงเสียดทานโดยทั่วไปนิยมใช้ 80 %



รูปที่ 2.4 แสดงกราฟใช้เลือกขนาดกระบอกสูบ

(ที่มา : หนังสือนิวแมติกส์อุตสาหกรรม,ธนะรัตน์ แต้วัฒนา,2541,หน้า 23)

จากการคำนวณหาแรงของปลายก้านกระบอกสูบที่ได้ จะต้องคำนึงถึงแรงต้านอีกด้านหนึ่งซึ่งแรงต้านนี้เกิดจากการลดพื้นที่ของรูทางระบายออกและการลดพื้นที่รูระบายออกและการลดพื้นที่รูระบายเพื่อปรับความเร็วของลูกสูบดังรูปที่ 2.5

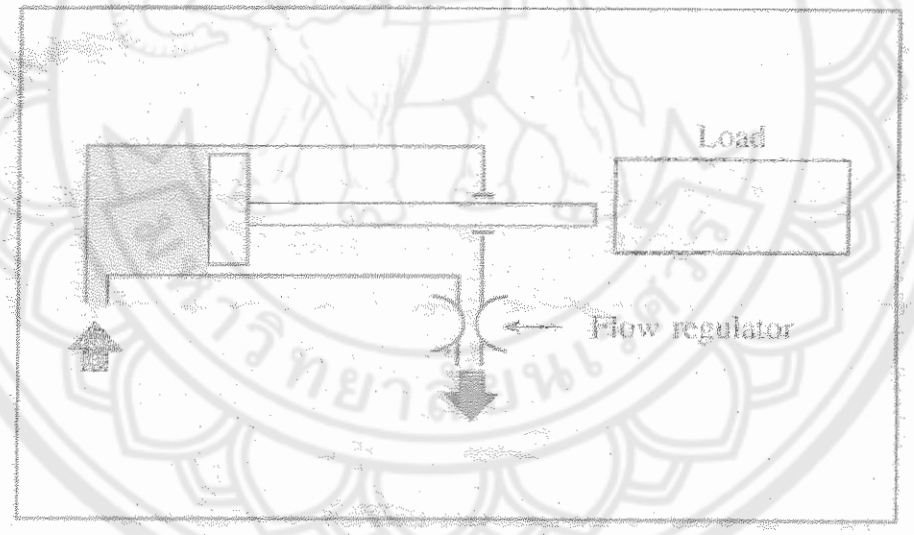
จากอัตราส่วนของแรงคือ เปอร์เซ็นต์ที่จะใช้ในการคำนวณหาค่าของโหลด (Load) ที่ใช้งานจริงซึ่งโดยทั่วไปจะใช้โหลดแฟคเตอร์ (Load factor) ซึ่งน้อยกว่าหรือเท่ากับ 75%

$$\text{Load factor} = \frac{\text{Real load}}{\text{Dynamic force}} \times 100 \qquad (2.6)$$

Load factor = เปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนที่เกิดจากแรงที่คำนวณได้และงาน

Real load = งานที่คำนวณได้จริง N

Dynamic force = แรงที่คำนวณได้จากกระบอกสูบ N

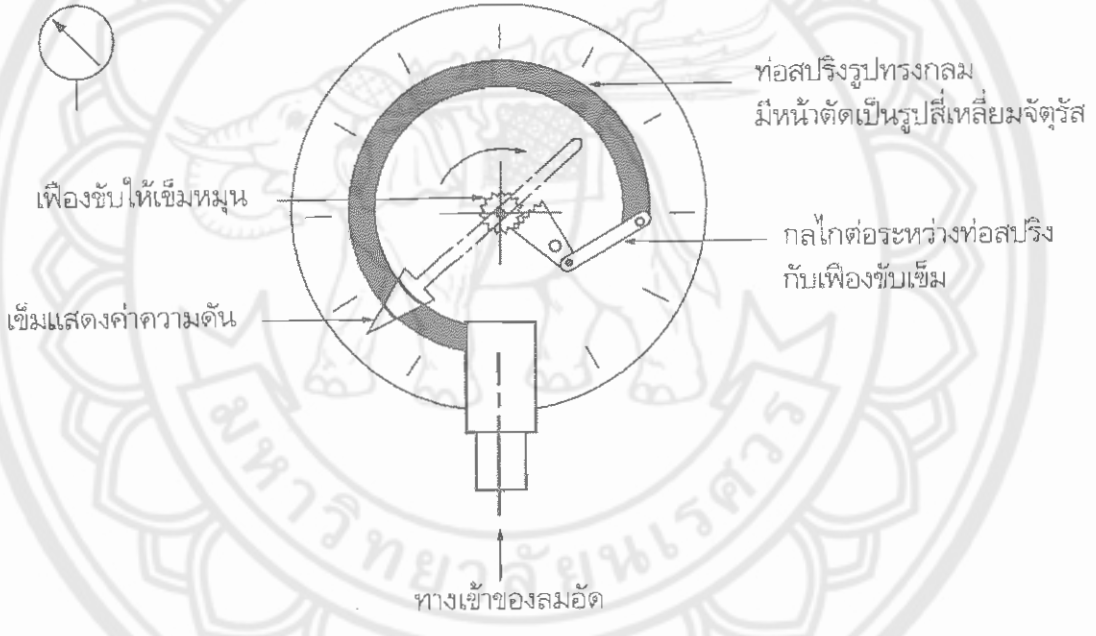


รูปที่ 2.5 แสดงถึงการเกิดแรงต้านในกระบอกสูบ

(ที่มา : หนังสือนิวแมติกส์อุตสาหกรรม, ธนะรัตน์ แต้วัฒนา, 2541, หน้า 24)

2.2.2 เกจวัดความดันลมอัด (Pressure Gauge)

ความดันลมที่ออกจากวาล์วควบคุมความดันจะถูกแสดงค่าความดันด้วยเกจวัดความดัน ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อลมอัดไหลเข้ามาในช่องทางเข้าจะสะสมอยู่ภายในท่อสปริง ซึ่งโค้งเป็นวงกลมและมีหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส อีกด้านหนึ่งต่ออยู่กับชุดกลไกขับเฟืองให้เข็มหมุน เป็นผลให้ความดันของลมอัดทำให้ท่อสปริงยืดเป็นเส้นตรง ซึ่งทำให้เข็มหมุนชี้ไปที่ตัวเลขตามค่าของความดันลมที่เข้าดังรูปที่ 2.6

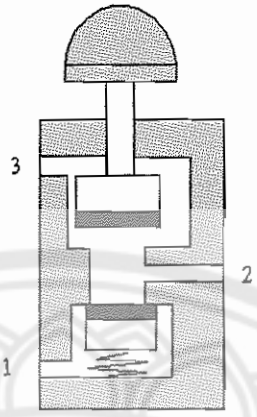


รูปที่ 2.6 แสดงส่วนประกอบของเกจวัดความดัน

(**ที่มา** : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น , ณรงค์ คันชีวะวงศ์ , 2542 , หน้า 29)

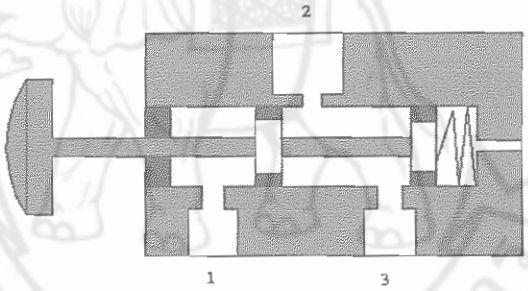
2.2.3 โครงสร้างของวาล์วนิวแมติกส์

โครงสร้างของวาล์ว ขนาดของวาล์ว ขนาดของแรงที่ใช้ปิด-เปิดวาล์ว ขนาดของรูวาล์ว จะมีผลต่อการใช้งาน โครงสร้างของวาล์วแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ โครงสร้างแบบพอพเพต (poppet valves) และโครงสร้างแบบสปูล (spool valves)



รูปที่ 2.7 โครงสร้างวาล์วพอพเพต (Poppet Valve)

(**ที่มา** : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น , ณรงค์ คันซีวะวงศ์ , 2542 , หน้า 42)

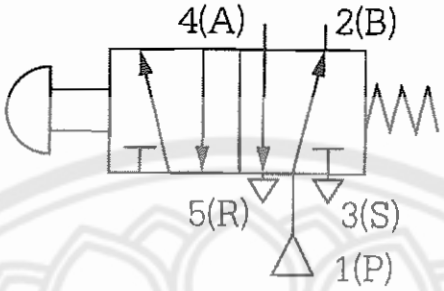


รูปที่ 2.8 โครงสร้างวาล์วแบบสปูล (Spool Valve)

(**ที่มา** : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น , ณรงค์ คันซีวะวงศ์ , 2542 , หน้า 42)

การทำงานของวาล์วแบบพอพเพตตามรูปที่ 2.7 คือจังหวะปกติถ้ามีลมต่อเข้าที่ช่อง 1 ซึ่งขณะนี้มีสปริงดันให้พอพเพตปิดทางออกของลมเอาไว้ ทำให้ลมจากช่อง 1 ออกไม่ได้ (ปิด) แต่ช่อง 2 และ 3 ต่อถึงกันได้ เมื่อกดวาล์วให้พอพเพตเคลื่อนที่จะทำให้พอพเพตตัวล่างที่ปิดทางลมอยู่นั้นเปิดให้ลมจากช่องที่ 1 ออกทางช่องที่ 2 ได้ เพราะพอพเพตตัวบนจะปิดช่องทางระหว่าง 2 และ 3 (ช่อง 3 ถูกปิด) แต่เมื่อปล่อยมือจากการกดวาล์วก็ทำให้สปริงดันให้พอพเพตปิดทางออกของช่อง 1 และต่อช่อง 2 และ 3 อีกครั้งหนึ่ง สำหรับการทำงานของวาล์วแบบสปูล รูปที่ 2.8 ก็มีลักษณะเช่นเดียวกันคือ จังหวะปกติ ช่อง 1 ถูกปิด ส่วนช่อง 2 และ 3 ต่อถึงกัน เมื่อกดวาล์วก็ทำให้ช่อง 1 ต่อกับช่อง 2 และปิดช่อง 3 เมื่อปล่อยมือจากการกวาล์ว ทำให้วาล์วกลับไปอยู่ในตำแหน่งปกติอีกครั้งหนึ่ง (ตำแหน่งปกติปิด)

2.2.3.1 วาล์ว 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง (5/2)

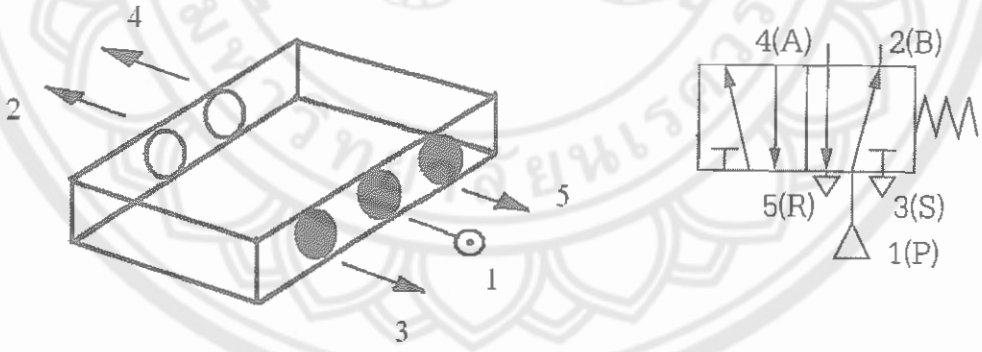


รูปที่ 2.9 วาล์ว 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง

(ที่มา : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น , ณรงค์ คันชีวะวงศ์ , 2542 , หน้า 43)

ลักษณะการใช้งานของวาล์วชนิด 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง จะเหมือนกับวาล์ว 4 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง เพียงแต่วาล์ว 5 ทิศทาง จะมีรูระบายลมทิ้งสู่บรรยากาศเพิ่มขึ้นมาอีก 1 รูคือ ช่อง 5 และตามสัญลักษณ์นี้แสดงว่าลมสามารถไหลได้ทั้งสองทิศทาง

2.2.3.2 วาล์ว 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง (5/2)

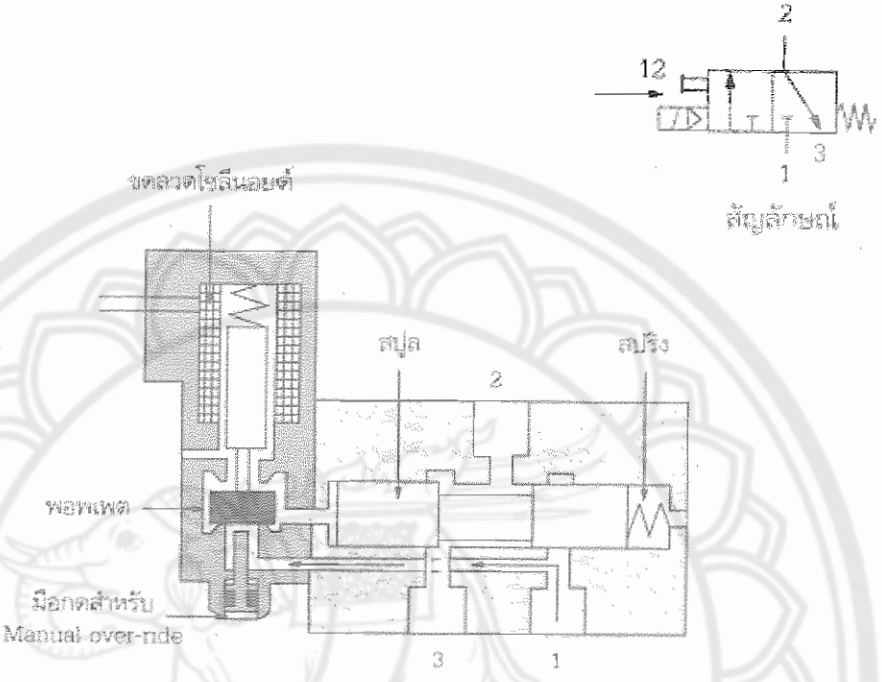


รูปที่ 2.10 วาล์ว 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง (5/2) ทำงานด้วยลมกลับด้วยสปริง

(ที่มา : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น , ณรงค์ คันชีวะวงศ์ , 2542 ,หน้า 46)

จากรูปที่ 2.10 ลักษณะการทำงานของวาล์ว 5/2 จะเหมือนกับวาล์ว 3/2 หลักการทำงานงาน ลมเข้า 1 ออกใช้งาน 2และ 4 ลมระบายออก 3 และ 5 ซึ่งใช้กับกระบอกสูบสองทิศทาง

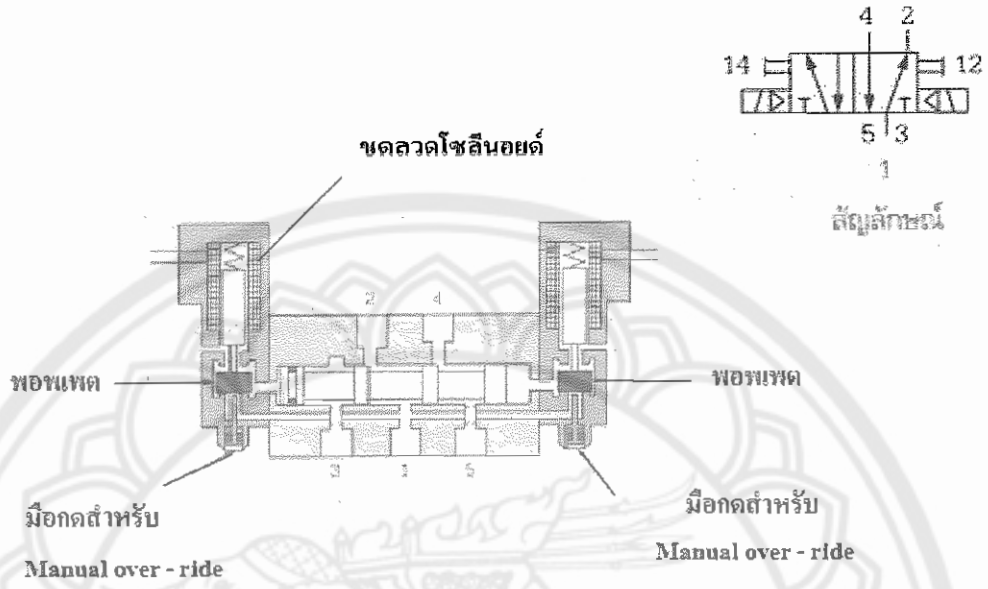
2.2.3.3 วาล์ว 3/2 ทำงานด้วยโซลีนอยด์ กลับด้วยสปริง



รูปที่ 2.11 วาล์ว 3/2 ทำงานด้วยโซลีนอยด์ กลับด้วยสปริง
(**ที่มา** : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น , ณรงค์ คันชีวะวงศ์ , 2542 , หน้า 47)

หลักการทำงานของโซลีนอยด์วาล์วชนิด 3/2 นี้ ในตำแหน่งปกติ ลมช่องที่ 1 จะเข้าไปในชุดโซลีนอยด์ด้านซ้ายมือ เมื่อขดลวดโซลีนอยด์ได้รับสัญญาณไฟฟ้าจะทำให้แกนเหล็กอ่อนกลายเป็นแม่เหล็กและดูดพอพเพตให้ยกขึ้น เมื่อพอพเพตยกขึ้นก็ทำให้ลมจากช่องที่ 1 ผ่านออกไปดันให้สปูลเคลื่อนที่โดยเปิดให้ลมจากช่องที่ 1 ออกที่ช่อง 2 ส่วนของช่อง 3 จะถูกปิด ถ้าดูตามสัญลักษณ์จะเห็นเครื่องหมายของโซลีนอยด์และลมเพื่อเปิดวาล์ว ส่วนเครื่องหมายที่อยู่ด้านบน คือ เครื่องหมายมือกด (Manual over-ride) ใช้สำหรับกดให้วาล์วเปลี่ยนตำแหน่งได้ เมื่อ**โซลีนอยด์ไม่ทำงานหรือเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้า**

2.2.3.4 วาล์ว 5/2 ทำงานด้วยโซลีนอยด์ทั้งสองด้าน

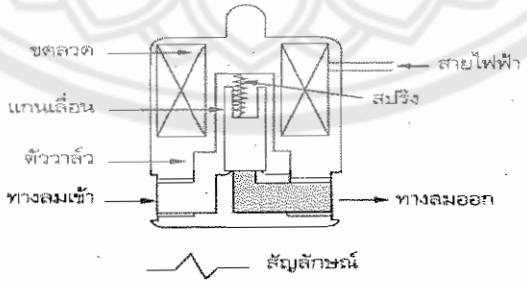


รูปที่ 2.12 วาล์ว 5/2 ทำงานด้วยโซลีนอยด์ทั้งสองด้าน

(ที่มา : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น , ณรงค์ คันชีวะวงศ์ , 2542 ,หน้า 48)

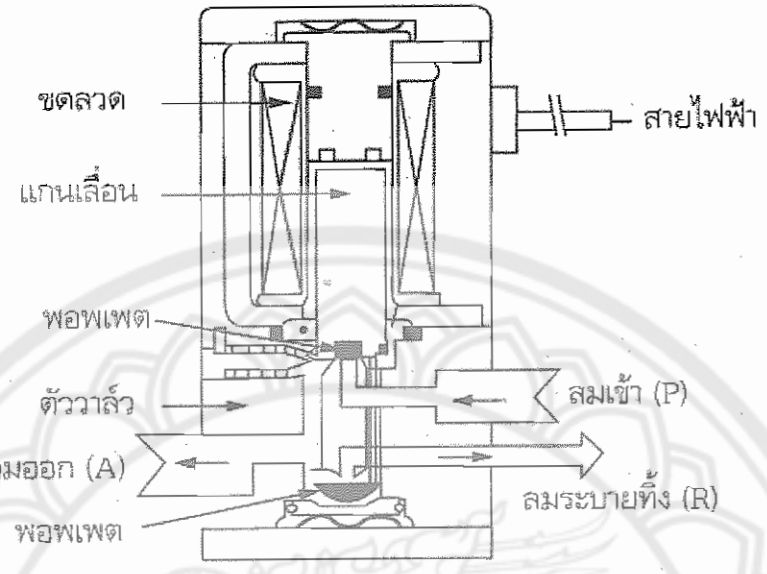
หลักการทำงานของโซลีนอยด์วาล์วตัวนี้จะเหมือนกับรูปที่ 2.11 เพียงแต่การถอยกลับของวาล์วจะต้องใช้โซลีนอยด์ซึ่งต่างกับรูปที่ 2.11 ที่ใช้สปริง สำหรับอุปกรณ์มือกด (manual over-ride) ก็ใช้ประโยชน์เช่นเดียวกับกรณีของวาล์วในรูปที่ 2.11

2.2.3.5 โซลีนอยด์วาล์ว (Solenoid Valves)



รูปที่ 2.13 โซลีนอยด์วาล์วชนิด 2 รู

(ที่มา : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น , ณรงค์ คันชีวะวงศ์ , 2542 , หน้า 92)



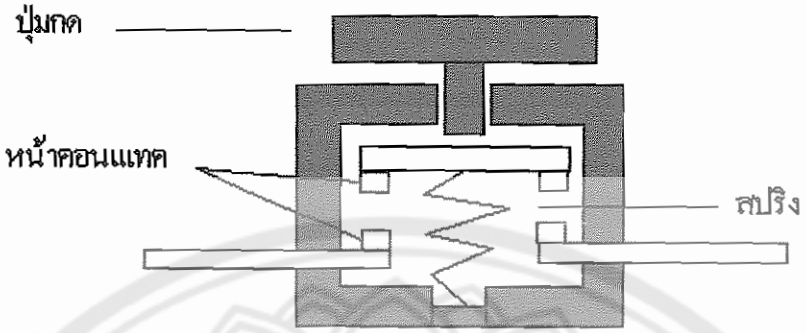
รูปที่ 2.14 โซลีนอยด์วาล์วชนิด 3 รู

(ที่มา : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น , ณรงค์ คันชีวะวงศ์ , 2542 , หน้า 92)

หลักการทำงานของโซลีนอยด์วาล์ว จะใช้หลักการของการเกิดสนามแม่เหล็กที่แกนเหล็กอ่อนเช่นเดียวกับรีเลย์ แล้วนำมาต่อเข้ากับวาล์ว จากรูปที่ 2.13 เมื่อแกนเลื่อนถูกแม่เหล็กยกขึ้น ก็จะเปิดให้ลมเข้ามาในวาล์วและผ่านช่องภายในของวาล์วออกในทิศทางออกต่อไป แต่เมื่อตัดสัญญาณไฟฟ้าที่เข้าขดลวด ทำให้สนามแม่เหล็กหมดไป สปริงที่อยู่ในวาล์วก็จะดันให้วาล์วปิดอีกครั้งหนึ่ง สำหรับรูปที่ 2.14 จะเป็นวาล์วชนิดมี 3 รู คือ รูลมเข้า (P) รูลมออก (A) และรูระบาย (R) ตามปกติแล้วรู A กับ R จะต่อถึงกัน แต่เมื่อแกนเลื่อนถูกดูดด้วยแม่เหล็กให้ยกขึ้นก็จะเปิดให้ลมจากรู P ต่อกับรู A ส่วนรู R จะถูกปิดด้วยพอพเพต แต่เมื่อตัดสัญญาณไฟฟ้าที่เข้าขดลวดออก จะทำให้วาล์วกลับไปอยู่ในตำแหน่งปกติอีกครั้งหนึ่ง

2.2.4 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switches)

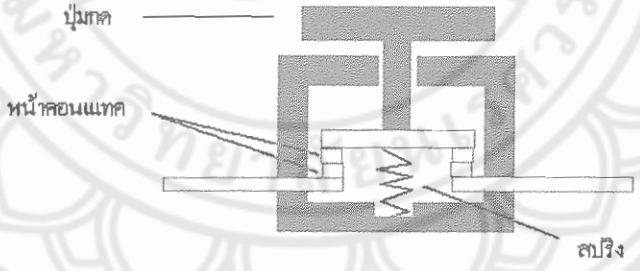
2.2.4.1 สวิตช์กดปุ่มชนิดปกติเปิด (NO) ตำแหน่งปกติหน้าคอนแทคจะไม่ติดกัน ถ้ากดปุ่มกดจะทำให้หน้าคอนแทคติดกัน เมื่อปล่อยมือจากการกดปุ่มทำให้สปริงภายในสวิตช์ดันให้หน้าคอนแทคแยกออกจากกันให้อยู่ในตำแหน่งปกติอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.15 สวิตช์กดปุ่มชนิดปกติเปิด (NO)

(ที่มา : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น , ณรงค์ คันชีวะวงศ์ , 2542 , หน้า 89)

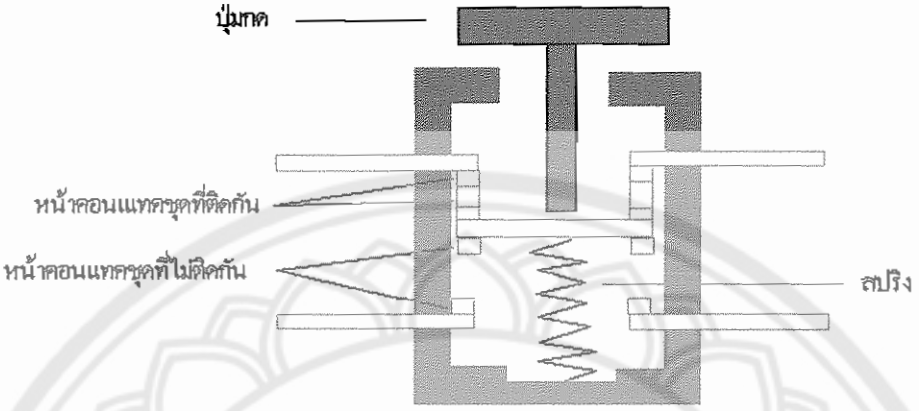
2.2.4.2 สวิตช์กดปุ่มชนิดปกติปิด (NC) ตำแหน่งปกติของหน้าคอนแทคจะติดกัน แต่เมื่อกดปุ่มกดจะทำให้คอนแทคแยกออกจากกัน เมื่อปล่อยจากการกดก็ทำให้สปริงดันให้หน้าคอนแทคติดกันเหมือนเดิมอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.16 สวิตช์กดปุ่มชนิดปกติปิด (NC)

(ที่มา : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น , ณรงค์ คันชีวะวงศ์ , 2542 , หน้า 90)

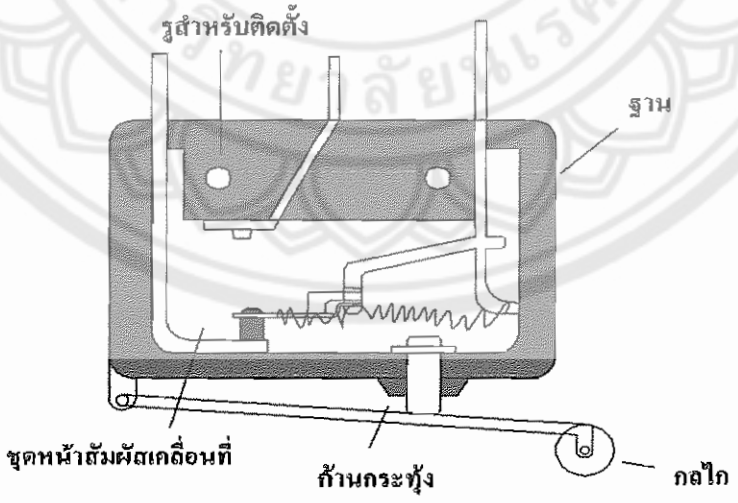
2.2.4.3 สวิตช์กดปุ่มชนิดที่มีหน้าคอนแทคติดกันชุดหนึ่งและไม่ติดกันชุดหนึ่ง อยู่รวมกันเป็นตัวเดียวกัน เมื่อกดปุ่มกดจะทำให้หน้าคอนแทคชุดที่ไม่ติดกันจะติดกัน และชุดที่ติดกันจะไม่ติดกัน และเมื่อปล่อยมือจากการกดปุ่มจะทำให้หน้าคอนแทคกลับไปอยู่ในตำแหน่งปกติอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.17 สวิตช์กดปุ่มชนิดที่มีหน้าคอนแทคติดกันชุดหนึ่งและไม่ติดกันชุดหนึ่ง
(**ที่มา** : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น, ณรงค์ คันชีวะวงศ์, 2542, หน้า 90)

2.2.5 **ลิมิตสวิตช์ หรือสวิตช์จำกัดระยะ** (limit switch)

ส่วนประกอบคือ มีปุ่มหน้าสัมผัสเหมือนสวิตช์ปุ่มกด ต่างกันที่แรงที่ทำให้สวิตช์ทำงาน คือใช้อุปกรณ์ทางกล เช่น ก้านสูบ ประตูเปิด-ปิด เป็นต้น

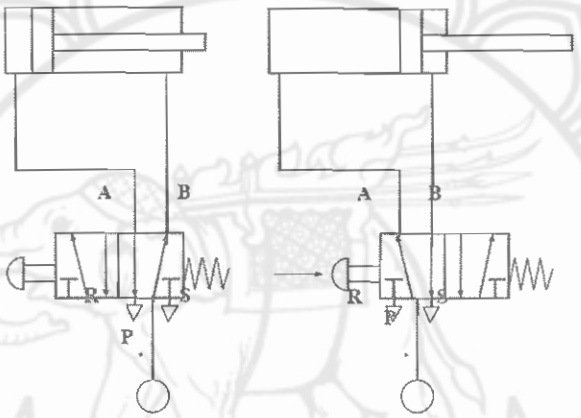


รูปที่ 2.18 **ลิมิตสวิตช์ หรือสวิตช์จำกัดระยะ** (limit switch)
(**ที่มา** : หนังสือนิวแมติกส์และนิวแมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น, ฐิฑารีย์ ถมยา,2545 ,หน้า 295)

หลักการทำงานเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ เช่น ก้านสูบเคลื่อนที่มากด ทำให้ก้านกระทุ้งเลื่อน ปุ่มหน้าสัมผัสเลื่อน (ถ้าปกติเปิดจะเปลี่ยนเป็นปิด ถ้าปกติปิดจะเปลี่ยนเป็นเปิด) และค้างตำแหน่งจนกว่าก้านสูบจะเคลื่อนที่กลับ ก้านกระทุ้งจะเลื่อนกลับ ปุ่มหน้าสัมผัสกลับตำแหน่งปกติ

2.3 วงจรกระบอกสูบในระบบนิวแมติกส์

2.3.1 วงจรกระบอกสูบทำงานสองทาง



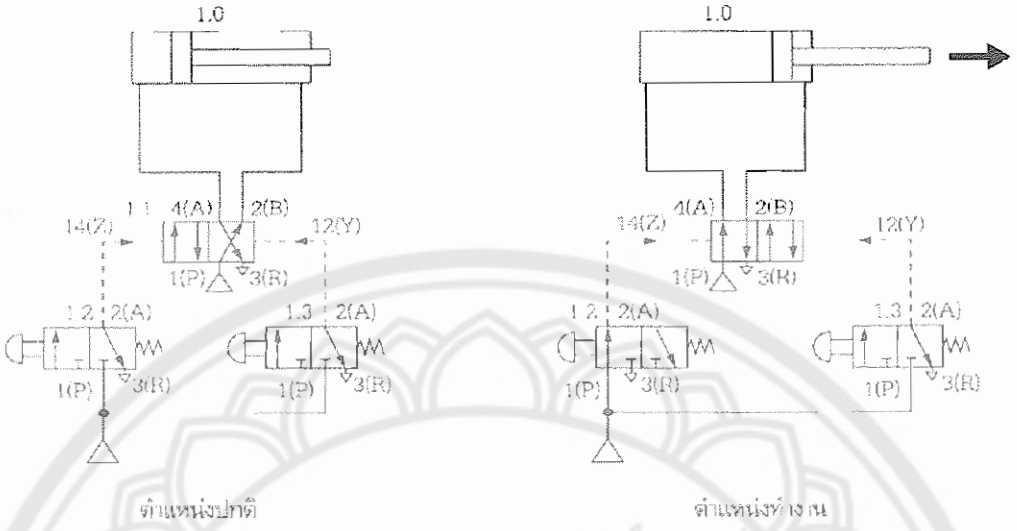
รูปที่ 2.19 วงจรกระบอกสูบทำงานสองทาง

(**ที่มา** : www.ctc.ac.th/electric/public_html/e-learning/e-learning_Ve/e-,สไลด์ที่ 28)

ตำแหน่งปกติ ลมอัดจากรู P จะออกไปรู B ดันลูกสูบให้อยู่ในตำแหน่งเข้าสุด ส่วนรู A และรู R จะต่อถึงกัน เมื่อกดวาล์ว 5/2 ลมจากรู P จะไหลผ่านรู A ดันด้านหัวสูบทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกส่วนลมด้านก้านสูบจะระบายออกสู่บรรยากาศโดยผ่านรู B ไปยังรู S เมื่อปล่อยมือสปริงจะดันให้วาล์ว 5/2กลับสู่ตำแหน่งปกติเป็นผลให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า

2.3.2 วงจรควบคุมกระบอกสูบทำงานสองทาง

กระบอกสูบทำงานสองทางใช้วาล์ว 3/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยมือ 2 ตัว และวาล์ว 4/2 เลื่อนลิ้นไปและเลื่อนลิ้นกลับด้วยลมแสดงได้ดังรูปที่ 2.20



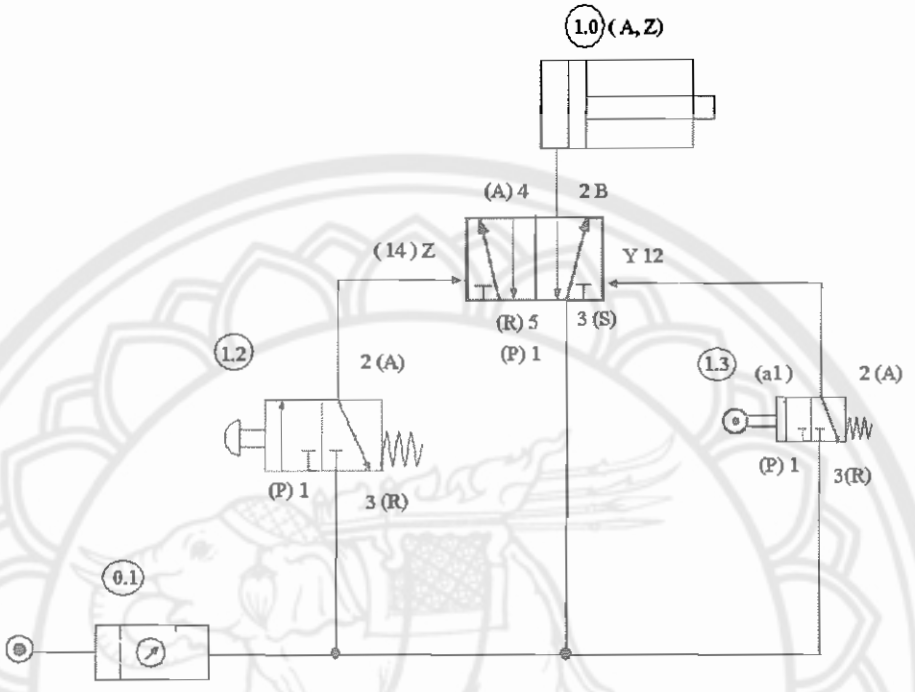
รูปที่ 2.20 กระบอกสูบทำงานสองทางใช้วาล์ว 3/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยมือ 2 ตัว และวาล์ว4/2 เลื่อนลิ้นไปและเลื่อนลิ้นกลับด้วยลม

(ที่มา : หนังสือนิวแมติกส์และนิวแมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น,ฐิฑารีย์ ถมยา , 2546 ,หน้า 140)

หลักการทำงานตำแหน่งปกติ ลูกสูบจะอยู่ภายในกระบอกสูบโดยลมจากแหล่งจ่ายผ่านวาล์วหลัก1(P) ไป 2(B) เข้ากระบอกสูบ ส่วนลมจากท่อ 4(A) ระบายไป 3(R)

ตำแหน่งการทำงาน เมื่อกดวาล์ว 3/2(1.2) ทำให้ลมไหลจาก 1(P) ไป 2(A) เข้า 4(Z) ทำให้วาล์วหลัก 4/2(1.1) เลื่อนลมไหลจาก 1(P) ไป 4(A) เข้ากระบอกสูบด้านลูกสูบ และลมจากด้านก้านระบายทิ้งผ่าน 2(B) ไป 3(R) ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออก เมื่อปล่อยมือวาล์ว 3/2(1.2) เลื่อนกลับด้วยสปริง แต่ลูกสูบยังคงค้างอยู่เพราะวาล์ว 4/2(1.1) ไม่มีความดันให้เลื่อนกลับต้องกดวาล์ว 3/2(1.3) อีกตัว ทำให้ลมไหลจาก 1(P) ไป 2(A) เข้า 12(Y) ทำให้วาล์วหลัก 4/2(1.1) เลื่อนกลับลมเข้ากระบอกสูบด้านก้านสูบ ลมด้านลูกสูบระบายทิ้ง ลูกสูบจึงเคลื่อนที่กลับ

2.3.3 วงจรควบคุมกระบอกสูบชนิดสองทิศทาง "วงจรกระบอกสูบถอยกลับอัตโนมัติ"



รูปที่ 2.21 วงจรควบคุมกระบอกสูบชนิดสองทิศทาง"วงจรกระบอกสูบถอยกลับอัตโนมัติ" (**ที่มา** : หนังสือนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น , ณรงค์ คันชีวะวงศ์ , 2542 , หน้า 87)

หลักการทำงาน จากรูปที่ 2.21 เริ่มจากการกดวาล์ว 1.2 หรืออาจจะเรียกว่า "วาล์ว สตาร์ท" ก็ได้ ทำให้มีลมออกไปเปลี่ยนตำแหน่งวาล์ว 1.1 เป็นผลให้กระบอกสูบ 1.0 วิ่งออก แต่เมื่อปล่อยมือจากการกดวาล์ว 1.2 ก็ตาม กระบอกสูบ 1.0 ก็ยังคงวิ่งออกอยู่ต่อไปเพราะว่าวาล์ว 1.1 เป็นชนิดค้างตำแหน่งได้ เมื่อก้านสูบของกระบอกสูบ 1.0 วิ่งออกจนสุดช่วงชักนั้นจะไปกดวาล์ว 1.3 ซึ่งเป็นวาล์วที่ทำงานด้วยลูกกลิ้ง เมื่อลูกกลิ้งถูกกดจึงทำให้มีลมออกไปดันให้วาล์ว 1.4 ถอยกลับตำแหน่งเดิมโดยอัตโนมิติ

ตำแหน่งของวาล์ว 1.3 จะต้องติดตั้งอยู่ในตำแหน่งจริงที่ให้ก้านสูบกดได้ แต่การเขียนวงจรแล้วให้เขียนในตำแหน่งตามรูปนี้เพื่อความสะดวกในการค้นหาวงจร และต้องเขียนหมายเลขกำกับไว้ชัดเจน