บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 สบู่

สบู่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของไขมัน ด่าง และน้ำที่อุณหภูมิพอเหมาะ ผู้ผลิตต้องศึกษาคุณสมบัติของส่วนประกอบแต่ละชนิดก่อนเริ่มตั้งสูตร และลงมือผลิต นอกจากนี้ ผู้ผลิตยังสามารถเติมส่วนผสมเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มคุณภาพของสบู่ เช่น น้ำนมแพะ น้ำนมวัว หรือสมุนไพรส่วนใหญ่ สบู่ที่นำมาใช้ชำระล้างจะแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1. สบู่เหลว
2. สบู่ก้อน

2.1.1 คุณสมบัติและวัสดุที่ใช้ทำสบู่

2.1.1.1 ไขมัน

ไขมันที่ใช้มีหลายชนิด มีทั้งน้ำมันชนิดระเหยยาก (Fixed oil) และไขมัน (Fat and wax) ไขมันแต่ละชนิดประกอบด้วย กรดไขมัน มากกว่า 1 ชนิด ตามธรรมชาติกรดไขมันเหล่านี้จะไม่อยู่เดี่ยวๆ แต่รวมตัวกับสารอื่นในไขมันอยู่ในรูปกลีเซอไรด์ เมื่อด่างทำปฏิกิริยากับกรดไขมัน กรดไขมันจะหลุดออกจากกลีเซอไรด์รวมตัวเป็นสบู่ สารที่เกาะอยู่กับกรดไขมันก็จะหลุดออกมาเป็นกลีเซอรีน

กลีเซอไรด์ + ด่าง ⟶ สบู่ + กลีเซอรีน

กรดไขมันแต่ละชนิดเมื่อรวมตัวกับด่างแล้ว จะให้สบู่ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น กรดลอริก (Lauric acid) เป็นกรดไขมันที่ทำปฏิกิริยากับด่างแล้วให้สารที่มีฟองมาก เป็นต้น ดังนั้นจึงควรศึกษาคุณสมบัติของสบู่ที่ได้จากไขมันต่างชนิดกัน ดังนี้

1) ไขมันวัว

สบู่ที่ผลิตจากไขมันวัวจะแข็ง มีสีขาว อายุการใช้งานนาน มีฟองน้อยทนทานแต่นุ่มนวล มีคุณสมบัติชะล้างสิ่งสกปรกได้ดีส่วนใหญ่มักจะต้องผสมกับน้ำมันอื่น ๆ ด้วยเพื่อจะให้สบู่มีฟองมากขึ้น

2) น้ำมันมะพร้าว

สบู่ที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวจะมีเนื้อแข็ง กรอบ แตกง่าย สีขาวข้น มีฟองมาก เป็นครีมให้ฟองที่คงทนพอดวร แต่มักจะทำให้ผิวแห้ง จึงนิยมใช้ในส่วนผสมไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ ต้องใช้น้ำมันอื่นๆ ร่วมด้วย เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้น น้ำมันชนิดนี้ชุมชนสามารถผลิตได้เอง

3) น้ำมันปาล์ม

สบู่ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มจะแข็งเล็กน้อย ให้ฟองน้อยแต่ฟองคงทน อยู่นาน มีคุณสมบัติชะล้างได้ดี แต่ทำให้ผิวแห้งเหมือนกับน้ำมันมะพร้าว เป็นไขมันที่สามารถใช้ทดแทนไขมันสัตว์ได้ดี แต่ผลิตเองได้ยากเพราะต้องอาศัยเครื่องบีบคั้นเอาน้ำมัน น้ำมันที่ขายในท้องตลาดส่วนใหญ่ผลิตจากโรงงานในประเทศไทย

4) น้ำมันละหุ่ง

สกัดจากเมล็ดละหุ่ง ต้องใช้วิธีบีบโดยไม่ให้โดนความร้อน เพื่อหลีกเลี่ยงโปรตีนอันตรายที่จะออกมาพร้อมน้ำมันหากบีบโดยใช้ความร้อน เป็นน้ำมันที่ใช้เพิ่มคุณสมบัติความชุ่มชื้นและนุ่มผิวแก่สบู่ ช่วยให้ผิวนุ่ม น้ำมันละหุ่งทำให้สบู่มีฟองขนาดเล็กจำนวนมาก

5) น้ำมันมะกอก

น้ำมันมะกอกทำให้ได้สบู่ที่แข็งใช้ได้นาน มีฟองเป็นครีมนุ่มนวลมาก ให้ความชุ่มชื้นไม่ทำให้ผิวแห้ง เป็นน้ำมันที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ มีราคาแพง

6) น้ำมันรำข้าว

เป็นแหล่งที่ให้วิตามินอีมาก จึงผสมเพิ่มเติมให้สบู่มีความชุ่มชื้น

7) น้ำมันงา

เป็นน้ำมันที่ให้วิตามินอี และให้ความชุ่มชื้นรักษาผิว แต่มีกลิ่นเฉพาะตัวบางคนอาจไม่ชอบ

8) น้ำมันเมล็ดทานตะวัน

เป็นที่นิยมใช้ในเครื่องสำอางหลายชนิด ช่วยให้สบู่นุ่มขึ้น แต่ฟองน้อย

9) น้ำมันถั่วเหลือง

ให้วิตามินอี และทำให้ผิวหนังชุ่มชื้นแต่มักเกิดฟองมากขณะทำปฏิกิริยาและทำให้เนื้อสบู่เป็นรูพรุนไม่ค่อยสวย

2.1.1.2 ด่าง

ชนิดของด่างที่ใช้ มี 3 ชนิด คือ

1. โซดาไฟ (Sodium hydroxide,NaoH หรือ Lye หรือ Caustic Soda) ทำให้ได้สบู่ก้อนแข็ง

2. โปตัสเซียม ไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide,KOH) ทำให้ได้สบู่เหลว

3. น้ำขี้เถ้า ปัจจุบัน ยังไม่สามารถหาข้อมูลการทำสบู่จากน้ำด่าง ซึ่งทำกันมาก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้

2.1.1.3 ปริมาณด่างที่ใช้ทำปฏิกิริยา

ปกติ pH ของผิวหนังค่อนข้างมาทางกรดอ่อน pH ของสบู่ที่ดี ควรอยู่ระหว่าง 8-10 เพื่อให้ผิวหนังที่สัมผัสสบู่ ภายหลังล้างออก สามารถปรับสภาพกลับเช่นเดิมอย่างรวดเร็วไม่รู้สึกระคายเคือง ดังนั้นการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันและด่างจึงต้องทำให้ด่างและไขมันหมดพอดี หรือด่างทำปฏิกิริยาหมดและไขมันเหลือเล็กน้อย ห้ามมีด่างเหลือภายหลังทำปฏิกิริยา เพราะด่างที่เหลือจะทำอันตรายต่อผิวหนัง

จากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ เราสามารถคำนวณปริมาณด่างที่ใช้ให้พอดี แต่ในทางปฏิบัติมักนิยมคำนวณปริมาณด่างที่ใช้น้อยกว่าพอดี เพื่อทำให้เหลือไขมัน 5-8 เปอร์เซ็นต์ หลังทำปฏิกิริยา

จากตารางปริมาณด่าง (เป็นกรัม) ที่ใช้ไขมัน100 กรัม ภายหลังทำปฏิกิริยาจะมีไขมันเหลือ 8 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ดีความผิดพลาดที่อาจเกิดจากมาตราชั่ง ตวง วัด ปัจจัยการผลิตอื่น หรือวิธีการผลิตอื่นอาจทำให้ปริมาณด่างเหลือมากกว่าที่คำนวณไว้จึงจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพโดยการวัด pH ทุกครั้งที่ผลิต หลังจากสบู่แข็งตัวแล้ว

ตารางที่ 2.1 ปริมาณด่างที่ทำปฏิกิริยากับไขมัน จำนวน 100 กรัม สบู่ที่ได้มีไขมันเหลือประมาณ 5-8 เปอร์เซ็นต์

ชื่อน้ำมัน	ชื่อน้ำมันภาษาอังกฤษ	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัม)	โปตัสเซียมไฮดรอไซด์ (กรัม)
น้ำมันมะพร้าว	Coconut oil	16.92	23.74
น้ำมันปาล์ม	Palm oil	13.06	18.32
น้ำมันรำข้าว	Rice bran oil	12.33	17.30
น้ำมันถั่วเหลือง	Soybean oil	12.46	17.48
น้ำมันงา	Sesame oil	12.66	17.76
น้ำมันมะกอก	Olive oil	12.46	17.48
น้ำมันละหุ่ง	Castor oil	11.83	16.59
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	Sunflower oil	12.56	17.62
ขี้ผึ้ง	Beeswax	6.17	-
ไขมันวัว	Tallow	12.92	18.12
ไขมันหมู	Lard	12.76	17.90
ไขมันแพะ	Goat fat	12.72	17.85

(ที่มา:หนังสือเครื่องสำอางเพื่อความสะอาด,คมสัน หุตะแพทย์)

2.1.1.4 ส่วนผสมเพิ่มเติมในสบู่

1) น้ำหอม อาจทำเองโดยใช้กลีบดอกไม้หั่นแช่น้ำมัน 2-3 วัน กรองเอากากทิ้ง ทำซ้ำหลายครั้ง จนได้ไขมันที่มีกลิ่นดอกไม้หรือผลไม้ แล้วนำน้ำมันมาใช้วิธีนี้ได้ทดลองกับไขมันจำนวนเล็กน้อย ได้สบู่กลิ่นอ่อนๆ

2) สารกันหืน ใช้เฉพาะกรณีที่ต้องทิ้งไว้เป็นเวลานาน หากผลิตไว้ใช้เองในชุมชนน่าจะผลิตใช้ในระยะสั้น ไม่จำเป็นต้องใส่

3) สารเพิ่มคุณภาพสบู่ เช่น เติมกลีเซอรีนเพื่อให้ความชุ่มชื้น ดังที่ทราบแล้วว่าหลังทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันและด่าง จะได้สบู่และกลีเซอรีน ในการผลิตสบู่ระดับอุตสาหกรรมบริษัทผู้ผลิตจะแยกเนื้อสบู่มาทำเกล็ดสบู่ (Soap chip) และแยกขายกลีเซอรีน ฉะนั้นหากผลิตสบู่เองอาจไม่จำเป็นต้องเติมกลีเซอรีนเพราะเป็นผลพลอยได้อยู่แล้วในการทำปฏิกิริยา แต่หากต้องการคุณสมบัติเพิ่มขึ้นก็อาจเติมได้ 5-10 เปอร์เซ็นต์

2.2 ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatics System)

นับเป็นเวลานานมาแล้วที่มนุษย์รู้จักการนำเอาลมอัดมาใช้งานให้เป็นประโยชน์ โดยที่ใช้แรงดันนี้มาให้ลูกสูบเคลื่อนที่ในกระบอกสูบ ซึ่งได้ผลออกมาจะได้กำลังงานจากลูกสูบมากขึ้น หลักการนี้ได้มาจากการนำเอาความคิดจากการใช้ไม้ซางสำหรับเป่าลูกดอกเพื่อการล่าสัตว์ การต่อสู้ป้องกันตัว ในปัจจุบันได้พัฒนานำเอาลมอัดมาใช้งานด้านอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก เช่น เครื่องจักรในการประกอบการในงานอุตสาหกรรม เครื่องจักรในการบรรจุหีบห่อ เครื่องจักรผลิตอาหาร เครื่องจักรงานไม้ เครื่องจักรในการขนย้ายวัสดุ เครื่องพิมพ์ และเครื่องมือเครื่องจักรอื่นๆ อีกมากมาย

เหตุผลที่นำเอาลมอัดมาใช้งานอย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรมที่เป็นระบบอัตโนมัติ เนื่องจากการประหยัดแรงงาน โครงสร้างของอุปกรณ์ลมอัดแบบง่าย ๆ มีความปลอดภัยในการทำงานสูง เพราะมีอุณหภูมิในการทำงานต่ำ เครื่องจักรที่ใช้พลังงานลมอัดจะมีราคาถูกกว่าระบบอื่น ๆ มีการบำรุงรักษาและควบคุมง่าย นอกจากนั้นระบบลมอัดยังง่ายต่อการดัดแปลง เช่น สามารถใช้ร่วมกับไฟฟ้าในการบังคับในระยะห่างได้ เป็นที่นิยมในโรงงานอุตสาหกรรมที่ทันสมัย ในปัจจุบันระบบลมอัดที่ได้พัฒนามาใช้ในงานอุตสาหกรรมจึงได้ผลเป็นอย่างมาก ส่วนมากจะเรียกระบบลมอัดนี้ว่า "ระบบนิวแมติกส์"

2.2.1 สาเหตุสำคัญที่มีการนำเอาระบบนิวแมติกส์มาใช้ในงานอุตสาหกรรมเนื่องจาก

1) ระบบนิวแมติกส์ที่ใช้งานทั่วไปไม่มีการระเบิดลุกไหม้เป็นเปลวไฟ จึงประหยัดค่าใช้จ่ายในงานป้องกันความปลอดภัย

2) ความเร็วของเครื่องมือที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์ให้ความเร็วในการทำงานสูง 1-2 เมตรต่อวินาที แต่หากต้องการความเร็วสูงมากกว่านี้ จะต้องใช้กระบอกสูบชนิดพิเศษ ซึ่งมีความเร็วสูงถึง 10 เมตร ต่อวินาที

3) ระบบนิวแมติกส์เมื่อใช้งานแล้วระบายทิ้งปล่อยสู่บรรยากาศเลยไม่ต้องเดินท่อทางนำกลับมาใช้อีก ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

4) ระบบนิวแมติกส์สามารถนำลมที่อัดตัวแล้วไว้ในถังแล้วไปใช้งานได้เลย

5) อุปกรณ์ใช้งานในระบบนิวแมติกส์มีความปลอดภัยถ้าใช้งานเกินกำลัง

6) ระบบนิวแมติกส์สามารถปรับความเร็วในการทำงานได้โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วสามารถทำให้รอบการทำงานสูงถึง 800 รอบต่อนาที

7) สามารถปรับความดันลมอัดให้มีค่ามากน้อยได้ตามต้องการโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความดัน

8) ความสะอาดของระบบนิวแมติกส์ดีมาก เพราะมีชุดคุณภาพลมก่อนนำไปใช้

9) ระยะชักของก้านสูบสามารถปรับแต่งระยะชักให้สั้นหรือยาวได้ตามต้องการ

จะเห็นได้ว่าระบบนิวแมติกส์มีข้อดีอยู่หลายประการ แต่ในขณะเดียวกันระบบนิวแมติกส์มีข้อเสียอยู่ดังนี้

1) ในโรงงานอุตสาหกรรมบางครั้งมีการเพิ่มอุปกรณ์นิวแมติกส์เข้ามาใช้ในวงจร โดยไม่คำนึงถึงความสามารถของเครื่องอัดลม ซึ่งอาจจะทำให้เครื่องจักรทำงานคลาดเคลื่อนได้ และในบางครั้งถ้ากระบอกสูบอยู่ห่างจากอุปกรณ์ควบคุมเกินกว่า 5 เมตร จะทำให้เกิดปัญหาในการทำงานของกระบอกสูบ

2) ลมที่ได้จากการอัดตัวในระบบนิวแมติกส์จะมีความชื้นปนอยู่ และเมื่อความดันลดลงจะทำให้เกิดหยดน้ำขึ้นได้

3) การทำงานของระบบนิวแมติกส์มักจะมีเสียงดังเพราะจะมีการระบายลมทิ้งเนื่องจากลมที่ทิ้งปล่อยสู่บรรยากาศ จึงจำเป็นต้องมีท่อเก็บเสียง

4) ความดันของลมในระบบนิวแมติกส์จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงความดันก็จะสูง และถ้าอุณหภูมิต่ำความดันก็จะต่ำลงด้วย

5) ถ้าต้องการแรงในการใช้งานมาก เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบจะต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางโตขึ้นเพื่อที่จะให้ได้แรงตามที่ต้องการ ซึ่งกระบอกสูบในระบบนิวแมติกส์จะมีขีดจำกัดอยู่

2.2.2 คุณสมบัติของระบบนิวแมติกส์เมื่อเปรียบเทียบกับระบบไฮดรอลิก

เนื่องจากระบบนิวแมติกส์และระบบไฮดรอลิกมีความสัมพันธ์ซึ่งเป็นลักษณะของพลังงานของไหลเหมือนกัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันจะมีข้อแตกต่างดังนี้

1) ความดันใช้งานของลมอัดในระบบนิวแมติกส์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6 ถึง 0.7 MPa แต่ถ้าต้องการความดันใช้ในงานสูงกว่านี้ก็ได้แต่ไม่เกิน 10 MPa ซึ่งน้อยกว่าความดันใช้ในงานของระบบไฮดรอ ลิกมาก จึงเหมาะกับการใช้งานเบา ๆ เท่านั้น

2) ลมอัดมีการยุบตัวมากกว่าน้ำมันในระบบไฮดรอลิก ดังนั้นเมื่อมีการหยุดค้างตำแหน่งในระหว่างระยะชักจึงไม่ดีเท่าที่ควร

3) ความต้านทานการไหลลมอัดในท่อทางส่งมีค่าน้อยกว่าความต้านทานการไหลของน้ำมันในระบบไฮดรอลิก จึงสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า

4) ระบบนิวแมติกส์มีความสะอาดมากกว่าระบบไฮดรอลิกมาก เพราะระบบไฮดรอลิกมีการรั่วไหลของน้ำมันเกิดขึ้น และเกิดอันตรายจากการติดไฟของน้ำมันได้

5) โดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมมักจะใช้ลมอัดกับงานประเภทอื่นอยู่แล้ว ดังนั้นจึงนำเอาระบบนิวแมติกส์มาใช้ ซึ่งค่าใช้จ่ายในการเดินท่อส่งลมอัดมีราคาถูกกว่าไฮดรอลิก

6) ระบบนิวแมติกส์สามารถใช้งานในขณะที่อุณหภูมิของลมอัดสูงถึง 160 $^{\circ}C$ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและอุปกรณ์ ส่วนในระบบไฮดรอลิก น้ำมันที่ใช้จะมีอุณหภูมิสูง 70 $^{\circ}C$

2.2.3 การเปรียบเทียบระบบนิวแมติกส์กับระบบการทำงานอื่น ๆ

เนื่องจากในงานอุตสาหกรรม การบังคับการทำงานด้วยระบบกลไก ระบบไฟฟ้า ระบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบไฮดรอลิก และระบบนิวแมติกส์ ซึ่งแต่ละระบบก็มีข้อดีข้อเสียต่างกันไปดังรายละเอียดในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบการบังคับการทำงานด้วยระบบต่าง ๆ

รายละเอียดของระบบ		บังคับการทำงานด้วยระบบ			
		กลไก	ไฟฟ้า / อิเล็กทรอนิกส์	ไฮดรอลิก	นิวแมติกส์
ระบบขับเคลื่อน	โครงสร้าง	ค่อนข้างซับซ้อน	ค่อนข้างซับซ้อน	ค่อนข้างซับซ้อน	ง่าย
	ความสามารถ	ดีมาก	ดีมาก	ดี	ดีแต่ต้องระวัง
	เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง	ง่าย	ง่าย	ยาก	ง่าย
	เคลื่อนที่แบบหมุน	ง่าย	ง่าย	ค่อนข้างยาก	ค่อนข้างยาก
	กำลังขับ	น้อย-มาก	น้อย-มาก	กลาง-มากกว่า	น้อย-กลาง
	การปรับกำลังขับ	ยาก	ยาก	ง่าย	ง่าย
	การบำรุงรักษา	ง่าย	ต้องใช้เทคโนโลยี	ค่อนข้างง่าย	ง่าย
	ความเร็วคงที่	ดีมาก	ดี	ดี	ไม่คงที่ความดันต่ำ
	การรับภาระเกินกำหนด(over load)	ค่อนข้างยาก	ยาก	ค่อนข้างยาก	ง่าย
	การเลือกรูปแบบการติดตั้ง	น้อย	กลาง	มาก	มากกว่า
	การใช้อุปกรณ์ช่วยเมื่อขาดกระแสไฟฟ้า	ค่อนข้างจะเป็นไปได้	ยาก	เป็นไปได้	เป็นไปได้
ระบบการบังคับ	การส่งสัญญาณ	ยาก	ง่ายมาก	ค่อนข้างยาก	ง่าย
	การป้องกันการติดไฟ	ดี	ต้องใช้อุปกรณ์ช่วย	ดี	ดีมาก
	ความรู้สึกไวต่อความชื้น	น้อย	มาก	น้อย	ต้องระบายออก
	ความรู้สึกไวต่ออุณหภูมิ	น้อย	มาก	กลาง	น้อย
	การเลือกวิธีบังคับ	น้อย	มากกว่า	น้อย	มาก

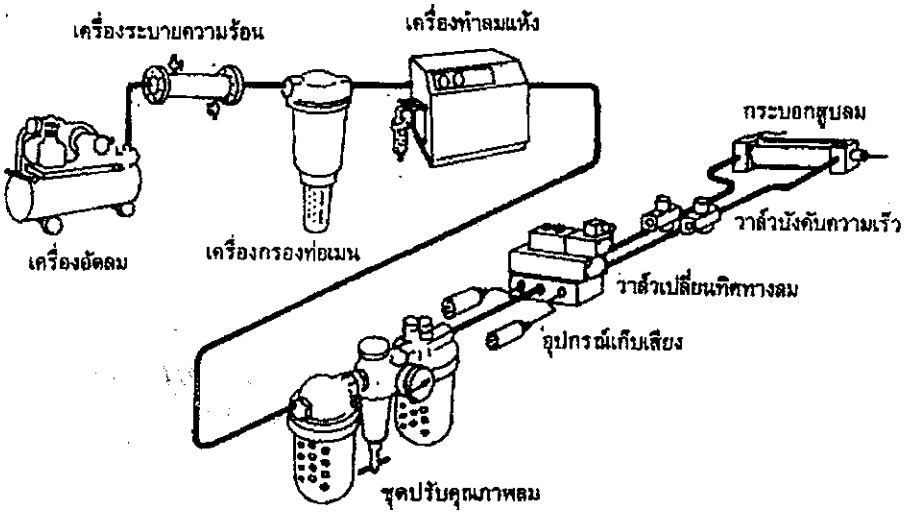
ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบการบังคับการทำงานด้วยระบบต่าง ๆ (ต่อ)

รายละเอียดของระบบ		บังคับการทำงานด้วยระบบ			
		กลไก	ไฟฟ้า / อิเล็กทรอนิกส์	ไฮดรอลิก	นิวแมติกส์
ระบบการบังคับ	การคำนวณในระบบ	น้อย	มาก	น้อย	กลาง
	การคำนวณความเร็ว	สูง	สูงมาก	กลาง	กลาง
	การคำนวณการบังคับ	อะนาลอก (ดิจิตอล)	ดิจิตอล (อะนาลอก)	อะนาลอก	ดิจิตอล (อะนาลอก)
	ข้อเสียเมื่อเกิดการสั่นสะเทือน	ปกติ	มีผลเสีย	ปกติ	ปกติ

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.4 อุปกรณ์ของระบบนิวแมติกส์

การทำงานของระบบนิวแมติกส์จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 2.1 อุปกรณ์และระบบนิวแมติกส์

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

1) เครื่องอัดลม (Air Compressor) คือเครื่องที่เปลี่ยนพลังงานจากพลังงานไฟฟ้าเป็นลมอัด ทำให้มีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ แบ่งขนาดความสามารถเครื่องอัดลมเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ความสามารถของเครื่องอัดลมในการสร้างความดันลมได้ถึง 1 MPa โครงสร้างของเครื่องอัดลมแบ่งออกเป็น แบบลูกสูบและแบบสกรู ฯลฯ

ตารางที่ 2.3 ขนาดและความสามารถของเครื่องอัดลม

ขนาด	ระบบระบายความร้อน	กำลังเครื่องอัดลม
เล็ก	อากาศ	0.2 ถึง 7.5 กิโลวัตต์
กลาง	อากาศและน้ำ	7.5 ถึง 75 กิโลวัตต์
ใหญ่	น้ำ	75 กิโลวัตต์

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2) เครื่องระบายความร้อนลมอัด (Heat Exchanger) เนื่องจากเครื่องอัดลมจะดูดเอาอากาศที่ความดันบรรยากาศด้วยปริมาตรประมาณ 8 ลูกบาศก์เมตร ไปอัดให้มีความดันสูงขึ้น 0.7 ถึง 1 MPa เหลือปริมาตรของอากาศประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นอากาศที่มีความดันสูงนี้จะมีอุณหภูมิสูง ถ้าใช้ลมอัดนี้ไปใช้งานโดยตรงจะสร้างความเสียหายให้แก่ซิล ป้องกันการรั่วของลม จึงจำเป็นต้องลดอุณหภูมิของลมอัดด้วยเครื่องระบายความร้อน

3) เครื่องกรองท่อเมน (Main Air Filter) จะเป็นตัวกรองฝุ่นละออง สนิม และน้ำที่มีปะปนมากับลมอัดให้สะอาดก่อนนำไปใช้งานและก่อนที่จะไปใช้กับเครื่องจักรในระบบนิวแมติกส์

4) เครื่องทำลมให้แห้ง (Air Dryer) ลมอัดที่ออกจากเครื่องอัดจะมีความชื้นปนอยู่มาก ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องทำลมอัดให้เย็นลงเพื่อดูดเอาความชื้นออกจากลมอัด หรืออาจจะใช้สารเคมีในการขับความชื้นออกจากลมอัดก็ได้ ความชื้นที่ถูกขับออกมาจะกลั่นตัวเป็นน้ำ และถูกนำมาทิ้งจากระบบด้วย กับดักน้ำ (Trap)

5) กรองลม (Air Filter) จะทำหน้าที่คล้ายเครื่องกรองลมในท่อเมนเพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ที่ใช้ลม ในกรณีไม่มีเครื่องทำลมให้แห้ง ตัวกรองลมนี้จะทำหน้าที่ดักน้ำที่ปนมากับลมด้วย

6) วาล์วความดัน (Preessure Reducing Valve) เครื่องอัดลมจะทำหน้าที่อัดลมไว้ในถังพักให้มีค่าความดันอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งค่าความดันนี้จะมีค่ามากกว่าค่าความดันใช้งานเล็กน้อย ดังนั้นในการใช้งานจึงจำเป็นต้องลดค่าความดันลงมาโดยใช้วาล์วความดันทำหน้าที่ดังกล่าว

7) อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น (Oil Lubricator) เนื่องจากอุปกรณ์นิวแมติกส์ส่วนใหญ่จะต้องมีการหล่อลื่นชิ้นส่วนภายในจึงจำเป็นที่จะต้องให้มีน้ำมันหล่อลื่นไปปนกับลมอัดเพื่อทำการหล่อลื่น แต่ในงานบางประเภทของระบบนิวแมติกส์ห้ามมีน้ำมันหล่อลื่นปนไปกับลมอัด เช่นงานด้านผลิตอาหาร หรืออุปกรณ์นิวแมติกส์บางประเภทก็ห้ามมีน้ำหล่อลื่นปนไปกับลมอัด

8) อุปกรณ์เก็บเสียง (Air Silencer) ลมอัดเมื่อถูกใช้งานแล้วจะระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศโดยออกมาทางรูระบาย ถ้าไม่มีตัวเก็บเสียงมาติดที่รูระบายแล้ว เมื่อลมอัดถูกระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศจะมีเสียงดัง

9) วาล์วเปลี่ยนทิศทางลม (Air Flow Change Valve) จะทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่อุปกรณ์การทำงานของระบบนิวแมติกส์ เช่น กระบอกสูบนิวแมติกส์เลื่อนออกหรือเลื่อนเข้า มอเตอร์นิวแมติกส์หมุนทางซ้ายหรือหมุนทางขวา วิธีการบังคับการเปลี่ยนทิศทางนั้นอาจจะใช้การป้อนสัญญาณไฟฟ้าหรือการป้อนลมอัด บังคับให้เคลื่อนที่เปลี่ยนทิศทางการไหลของลม

10) วาล์วบังคับทิศทางลม (Speed Control Valve) จะทำหน้าที่บังคับลมอัดให้เคลื่อนที่เร็วหรือช้าโดยการปรับปริมาตรลมอัดให้ได้มากน้อยตามต้องการ ซึ่งมีผลทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เร็วหรือช้า รวมทั้งการหมุนมอเตอร์นิวแมติกส์ด้วย บางครั้งเรียกวาล์วประเภทนี้ว่า วาล์วควบคุมการไหล (Flow Control Valve)

11) กระบอกสูบ (Air Cylinder) เป็นอุปกรณ์การทำงานของนิวแมติกส์ชนิดหนึ่งในจำนวนหลายแบบตัวกระบอกสูบลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปของพลังงานลมอัดให้อยู่ในรูปของพลังงานกล โดยทั่วไปกระบอกสูบลมนี้จะมีอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมใช้มักจะเป็นกระบอกสูบทำงานแบบ 2 ทาง

2.2.5 กฎเบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์

ในระบบนิวแมติกส์ที่กล่าวถึงนี้มีความสัมพันธ์กันระหว่าง แรง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ดังนั้นกฎเบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์จึงได้แก่กฎการถ่ายความดันของปาสคาล (Pascal's Law) กฎปริมาตรและกฎความดันของบอยส์ (Boyle's Law) ก่อนที่จะกล่าวถึงกฎต่าง ๆ ใคร่จะขอกล่าวถึงพื้นฐานทางฟิสิกส์ของระบบนิวแมติกส์เสียก่อน

2.2.5.1 ความดัน

ความดันบรรยากาศในแต่ละแห่งของพื้นผิวโลก มีค่าแตกต่างกันตามสภาพของระดับความสูงและสภาพภูมิอากาศแต่ละพื้นที่ แต่ปกติทั่วไปถือว่าความดันที่ระดับน้ำทะเลเป็นความดันบรรยากาศ การหาค่าความดันบรรยากาศเราสามารถหาได้จากเครื่องมือหลายชนิดเช่น เกจวัดความดัน บาโรมิเตอร์หรือแมนโนมิเตอร์

หน่วยวัดความดันในทางเทคนิคโดยทั่วไปคือ กิโลปอนด์/ตารางเซนติเมตร (kip/cm^2) หรือวัดเป็นบรรยากาศทางเทคนิค , atm

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

แต่หน่วยความดันที่นิยมใช้ในระบบ SI มีหน่วยดังนี้

1 Pa (ปาสคาล) = 1 N/m^2 = 10^{-5} bar

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

เนื่องจากความสูงของระดับพื้นโลกในแต่ละท้องที่มีค่าไม่เท่ากัน หากวัดความดันจาก 0 atm ไปจนถึงระดับความดันบรรยากาศ เรียกว่า *ความดันสูญญากาศ (vacuum)* และถ้าเหนือความดันบรรยากาศขึ้นไปเรียกว่าความดัน *เกจ (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 คือค่าความดันที่มีค่าเป็นศูนย์ที่ความดันบรรยากาศ ใช้ตัวย่อ P_g

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบหน่วยวัดค่าความดัน

Pa	bar	Kgf/cm^2	atm	mm : H_2O	mm : Hg
1	1×10^{-5}	1.01972×10^{-6}	9.86923×10^{-6}	1.01972×10^{-1}	7.50062×10^{-3}
1×10^{5}	1	1.01972	9.86923×10^{-1}	1.01972×10^{4}	7.50062×10^{2}
9.80665×10^{4}	9.80665×10^{-4}	1	9.67841×10^{1}	1.00000×10^{4}	7.35559×10^{2}
1.01325×10^{5}	1.01325	1.03323	1	1.03323×10^{4}	7.60000×10^{2}
9.80665	9.80665×10^{-5}	1×10^{4}	9.67841×10^{-5}	1	7.35559×10^{-2}
1.33222×10^{2}	1.33222×10^{5}	1.35951×10^{3}	1.31579×10^{3}	1.35951×10	1

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.5.2 ความชื้น

จำนวนปริมาณของน้ำที่มีปะปนอยู่ในอากาศ จะสามารถรวมตัวและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาวะของอากาศในขณะนั้น ๆ ค่าความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำลงและค่าความชื้นจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์ สามารถหาได้จากสมการ

ค่าความชื้นสัมพัทธ์ = ค่าความชื้นที่วัดได้/ค่าความชื้นสมบูรณ์ .....(2.1)

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

ค่าความชื้นสัมบูรณ์ คือ จำนวนสูงสุดของการกลายเป็นไอน้ำที่อากาศสามารถรับไว้ได้จนถึงจุดอิ่มตัว มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (g/m^3)

2.2.5.3 อุณหภูมิ

เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความร้อนของสารตัวกลางที่สภาวะต่างๆ หน่วยของอุณหภูมิที่ใช้กันทั่วไปคือ ในระบบ SI อุณหภูมิสมบูรณ์มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน (Kelvin ; K)

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

2.2.5.4 แรง

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันจะได้ความสัมพันธ์กันดังนี้

แรง = (ค่าคงที่) × (มวลสาร) ×(ความเร่ง)

ในระบบ SI ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 1

แรง = (มวลสาร) × (ความเร่ง)

ในระบบ SI หน่วยของแรงมีหน่วยเป็นนิวตัน ใช้ตัวย่อ N

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

ตารางที่ 2.5 หน่วยต่าง ๆ ในระบบนิวแมติกส์

หน่วย	สัญลักษณ์	หน่วยทาง SI
แรง	F	$1\ N = 1\ kgm\ /\ s^2$
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:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.6 กฎเบื้องต้นของลมอัด

กฎเบื้องต้นของลมอัดได้แก่ กฎการถ่ายความดันของปาสคาล และกฎปริมาตรและความดันลมของบอยส์

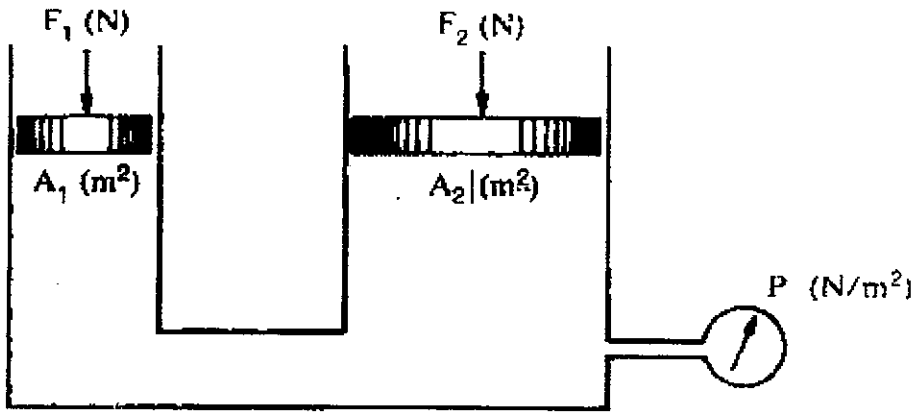
2.2.6.1 กฎของปาสคาล

ที่กล่าวถึงการถ่ายเทความดันแบบไม่เคลื่อนที่ ซึ่งปาสคาลได้ทดลองพิสูจน์ให้เห็นจริง และได้สรุปเป็นสูตรว่า เมื่อทำให้เกิดความดันต่อของไหลที่อยู่ภายในภาชนะปิด จะเกิดแรงกระทำจากของไหลต่อทุกๆ ส่วนของผิวภาชนะในแนวตั้งฉาก

กำหนดให้แรง F_1 กดลงบนลูกสูบซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A_1 จะเกิดการถ่ายแรง F_2 ขึ้นที่ลูกสูบซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A_2 จะได้ว่า

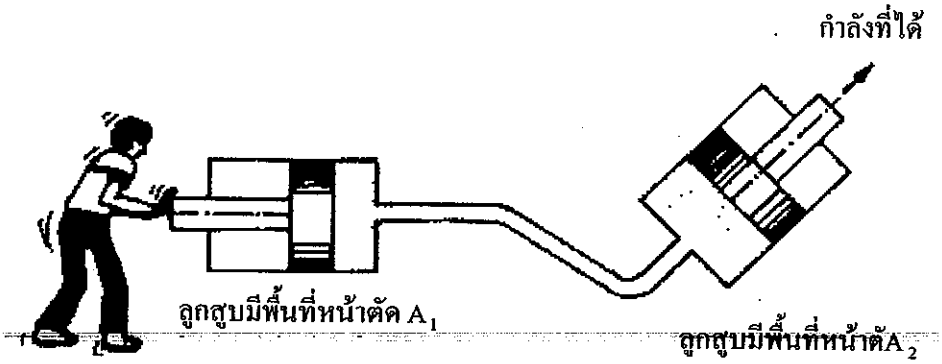
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} = P \quad N/m^2 \qquad \text{.....(2.3)}$$

ถ้าพื้นที่หน้าตัด A_1 น้อยกว่า A_2 แรง F_1 จะน้อยกว่า F_2 ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กฎของปาสคาล
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม,ปานเพชร ชินินทร)

จากกฎของปาสคาลแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2.3 เมื่อผลักลูกสูบที่มีพื้นที่หน้าตัด A_1 ทำให้ลูกสูบที่มีพื้นที่หน้าตัด A_2 เคลื่อนที่



รูปที่ 2.3 การถ่ายทอดแรง
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.6.2 กฎของบอยส์ กฎนี้ได้กล่าวว่า ณ อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรก๊าซจะเปลี่ยนแปลงเป็นอันตราส่วนผกผันกับความดันก๊าซนั้น ตามรูปที่ 2.4 แสดงถึงการกดลูกสูบของกระบอกสูบซึ่งมีก๊าซบรรจุภายปริมาตรก๊าซจะลดลงในขณะที่ความดันเพิ่มขึ้น

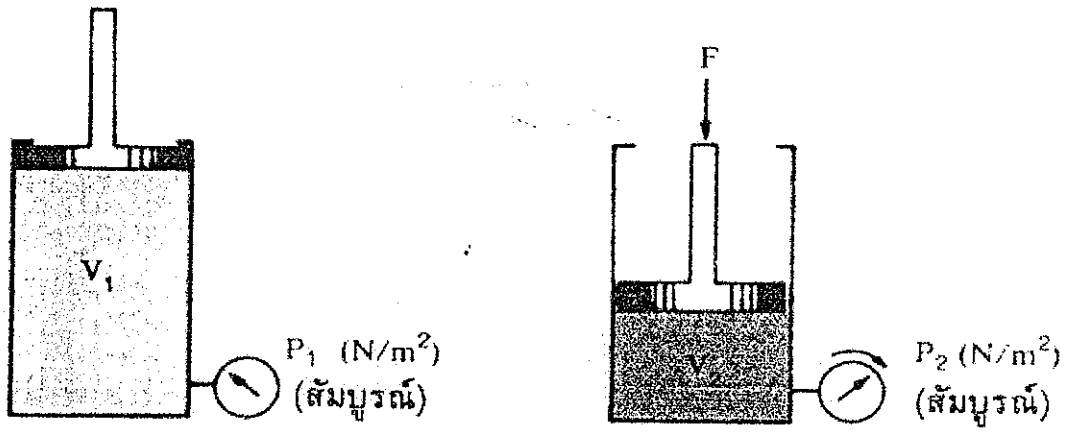
จะได้ $P_1V_1 = P_2V_2 =$ ค่าคงที่ .....(2.4)

โดยที่ P_1 คือ ความดันสัมบูรณ์เริ่มต้น (N/m^2)

P_2 คือ ความดันสัมบูรณ์สุดท้าย (N/m^2)

V_1 คือ ปริมาตรเริ่มต้น (m^3)

V_2 คือ ปริมาตรสุดท้าย (m^3)



รูปที่ 2.4 ปริมาตรและความดันตามกฎของบอยส์
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.6.3 กฎของเกย์ลูสแซก

กล่าวไว้ว่า ถ้าปริมาตรคงที่ก๊าซหรืออากาศจำนวนหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ ความดันจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ จะได้ } \Rightarrow \frac{T_1}{P_1} = \frac{T_2}{P_2}$$

ถ้านำกฎของบอยล์และกฎของเกย์ลูสแซกรวมเข้าด้วยกัน สภาพของก๊าซหรืออากาศนี้ เรียกว่า (Ideal gas) ซึ่งเป็นการรวมสูตรของก๊าซโดยทั่วไป เขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \quad \text{..... (2.5)}$$

$$\frac{PV}{T} = \text{ค่าคงที่}$$

$$\therefore PV = mRT$$

เมื่อ P คือความดันของอากาศ (bar)

V คือปริมาตรของอากาศ (m^3)

M คือมวลของอากาศ (kg)

R คือค่าคงที่ของก๊าซ (kJ / kg K)

T คืออุณหภูมิของอากาศ (K)

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำให้ปริมาตรของอากาศเปลี่ยนไปจากเดิม เช่น ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 K ปริมาตรของอากาศจะเปลี่ยนไป 1/273 เท่าของปริมาตรเดิม โดยมีเงื่อนไขว่าจะต้องมีความดันคงที่ สามารถสรุปเป็นสูตรได้ดังนี้

$$V_2 = V_1 + V_1 (T_2 - T_1)/273 \quad \text{..... (2.6)}$$

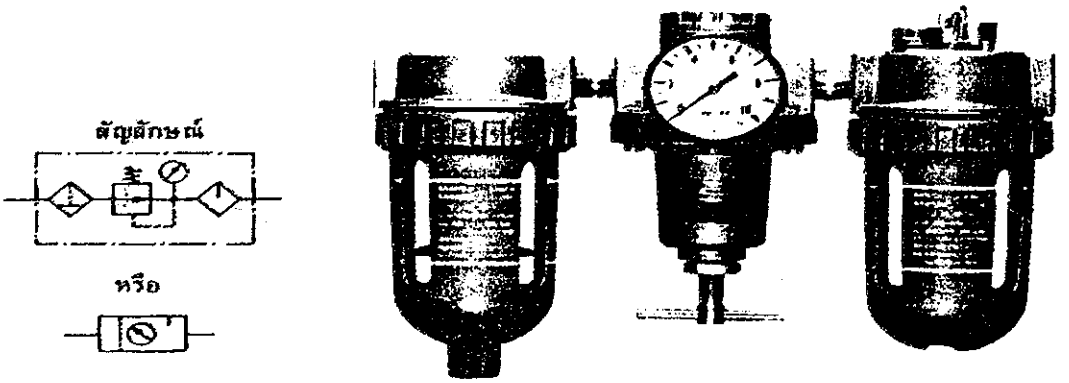
V_1 คือปริมาตรของอากาศที่อุณหภูมิ T_1

V_2 คือปริมาตรของอากาศที่อุณหภูมิ T_2

อากาศในบรรยากาศมีสภาวะเป็นก๊าซ ประกอบไปด้วยก๊าซไนโตเจนประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซออกซิเจน 20 เปอร์เซ็นต์ และอีก 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นพวกก๊าซเฉื่อย ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยปริมาตร อุณหภูมิแต่ละช่วงของบรรยากาศมีอิทธิพลต่อลมอัดมาก นอกจากนี้ความชื้นในบรรยากาศก็มีผลต่ออุปกรณ์ของลมอัดด้วยเช่นกัน

2.2.7 ชุดปรับปรุงคุณภาพลมอัด

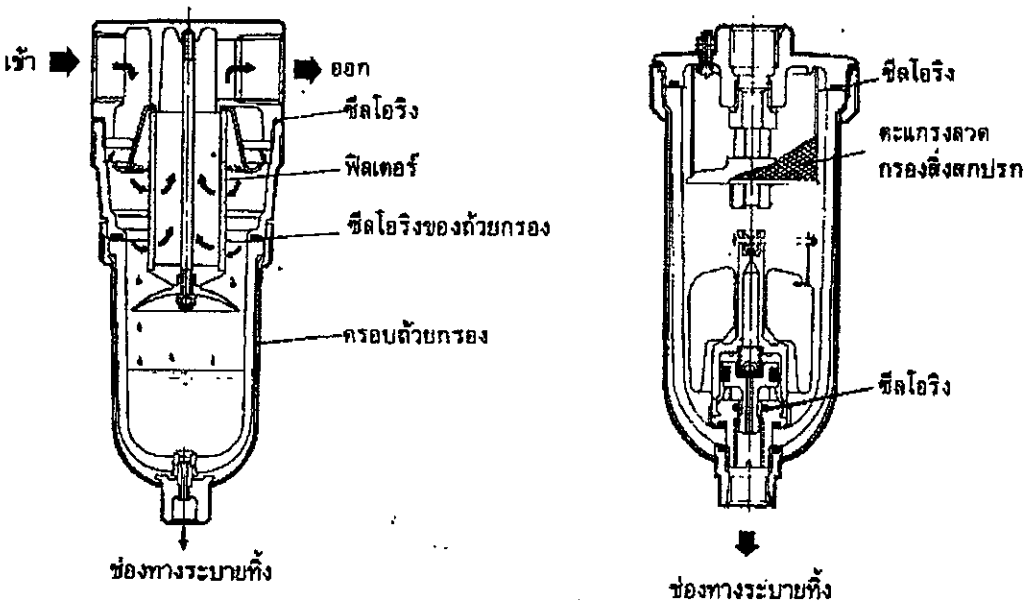
เนื่องจากในระบบนิวแมติกส์ลมอัดถือว่าเป็นสารดังกล่าวที่ต้องใช้ในการทำงานเพื่อไปดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ อากาศที่ส่งเข้าไปในระบบนิวแมติกส์จะต้องผ่านทางท่ออุปกรณ์และลิ้นควบคุมต่าง ๆ ลมอัดที่จะต้องนำไปใช้งานจะต้องปราศจากสิ่งสกปรกต่าง ๆ และปราศจากน้ำด้วย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่กรองฝุ่นและน้ำออกจากลมอัดก่อน ถึงแม้ว่าโรงงานในอุตสาหกรรมขนาดเล็กจะมีเครื่องกำจัดน้ำออกจากลมอัดแล้วก็ตามแต่ไม่กำจัดได้ร้อยเปอร์เซนต์ จึงจำเป็นที่จะต้องมีชุดปรับปรุงคุณภาพลมอัด (Service unit) ก่อนเข้าเครื่องจักรอีกทีหนึ่งก่อน สำหรับเครื่องจักรบางประเภทจำเป็นต้องมีการหล่อลื่น จะต้องติดอุปกรณ์ช่วยหล่อลื่นด้วย ซึ่งอุปกรณ์ชุดปรับปรุงคุณภาพประกอบด้วย อุปกรณ์ที่ใช้กรองเศษฝุ่นผง น้ำเรียกว่าฟิวเตอร์ (Filter) อุปกรณ์ที่ใช้ปรับและควบคุมความดันในระบบลม เรียกว่า เรกูเลเตอร์ (Regulator) อุปกรณ์ที่ช่วยการหล่อลื่นภายในระบบลมเรียกว่า ลูบริเคเตอร์ (Lubricator)



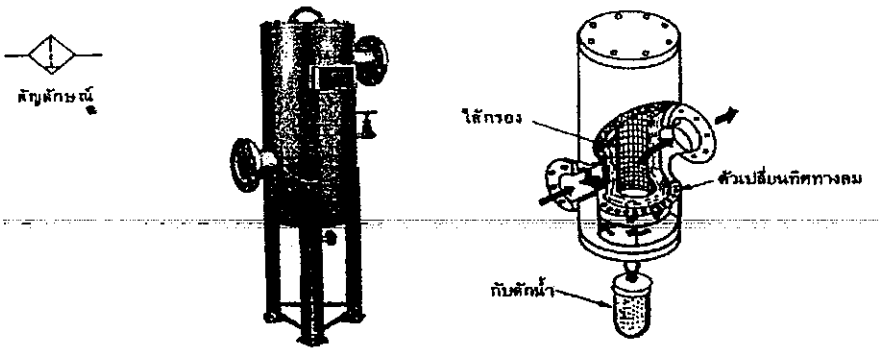
รูปที่ 2.5 ชุดปรับปรุงคุณภาพลมอัด
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.7.1 ฟิวเตอร์

หรือ ตัวกรองจะทำหน้าที่กรองเศษผงและน้ำ (ดังรูปที่ 2.6) ลมอัดจะผ่านเข้ามาทางซ้ายมือ (ตามลูกศร) ลมอัดที่เข้ามานี้จะมีความดัน และไหลผ่านลงไปในตัวกรองที่เป็นรูปกรวยทำให้ลมอัดวิ่งหมุนวนเพื่อเหวี่ยงฝุ่นละอองและน้ำที่ปนมากับลมอัดออก น้ำจะตกลงด้านล่างของถ้วย ส่วนฝุ่นละอองจะตกค้างอยู่ที่ไส้กรอง ปล่อยให้อากาศที่สะอาดไหลผ่านออกไปใช้งาน ด้านล่างจะมีแป้นเพื่อจะให้ลมมาปะทะ เป็นการดักสิ่งสกปรกที่ปนมากับลมอัดออก ตัวกรองที่ใช้ระบบนิวแมติกส์ในอุตสาหกรรมทั่วไป ยังจำแนกออกเป็น 3 ประเภท คือ ตัวกรองก่อนเข้าเครื่องจักร ตัวกรองเมน และตัวกรองชนิดกำจัดน้ำมันรวมทั้งน้ำมันดิบ

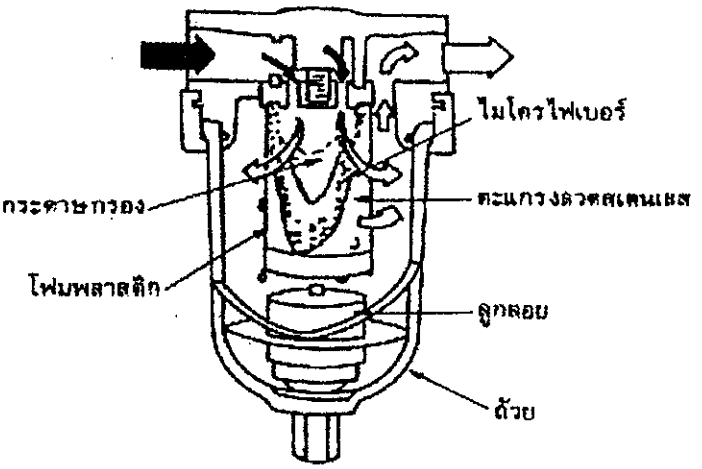


รูปที่ 2.6 รูปโครงสร้างของตัวกรองและตัวทิ้งอัตโนมัติ
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)



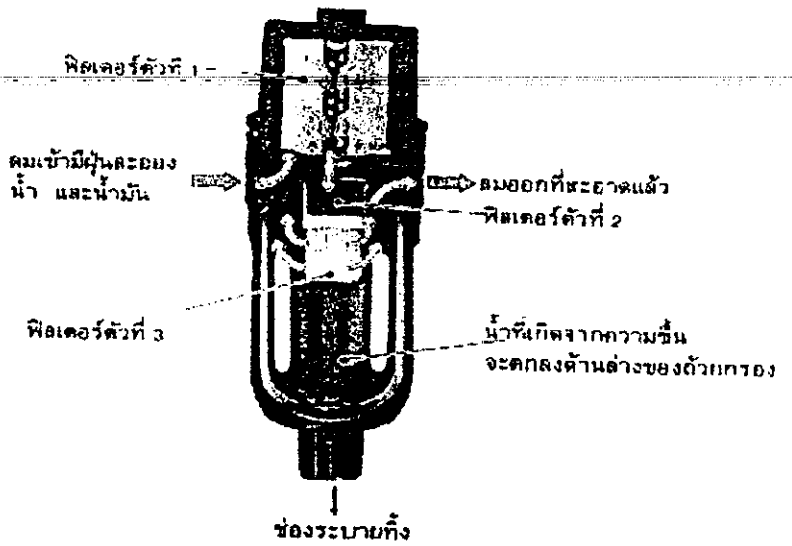
รูปที่ 2.7 โครงสร้างตัวกรองเมน
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

รายละเอียดตัวกรองก่อนเข้าเครื่องจักรนิวแมติกส์ได้กล่าวแล้วในขั้นต้น สำหรับตัวกรองเมนดังรูปที่ 2.7 ติดตั้งท่อเมนทางลมอัดเพื่อกรองลมอัดให้สะอาดทีหนึ่งก่อนที่จะไปเข้าตัวกรองเครื่องจักรสำหรับอุตสาหกรรมที่ไม่ต้องการให้มีละอองน้ำมันที่ปนมากับลมอัดไปทำปฏิกิริยาและสร้างความเสียหายให้แก่ผลิตภัณฑ์ จำเป็นจะต้องติดตั้งตัวกรองชนิดกำจัดน้ำมันและน้ำมันดิบดังรูปที่ 2.8

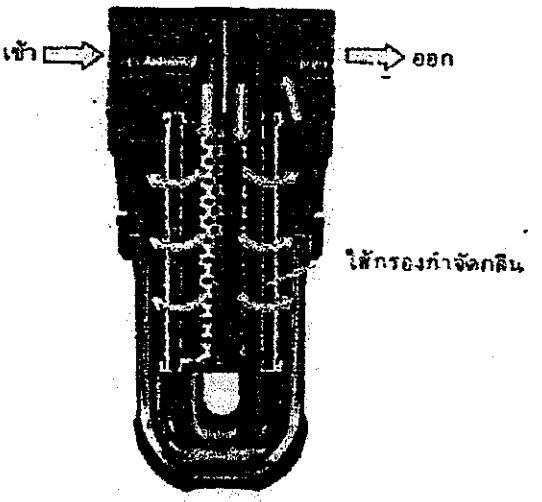


รูปที่ 2.8 โครงสร้างตัวกรองชนิดกำจัดน้ำมันและน้ำมันดิบ
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

นอกจากนี้ตัวกรองชนิดต่าง ๆ ที่กล่าวแล้ว ในงานอุตสาหกรรมบางประเภทยังมีความจำเป็นที่จะต้องกำจัดหมอกควัน และกลิ่น ดังนั้นจึงต้องติดตั้งตัวกรองประเภทนี้เข้าไปในระบบอีกด้วย (ดังรูปที่ 2.9 และรูปที่ 2.10)



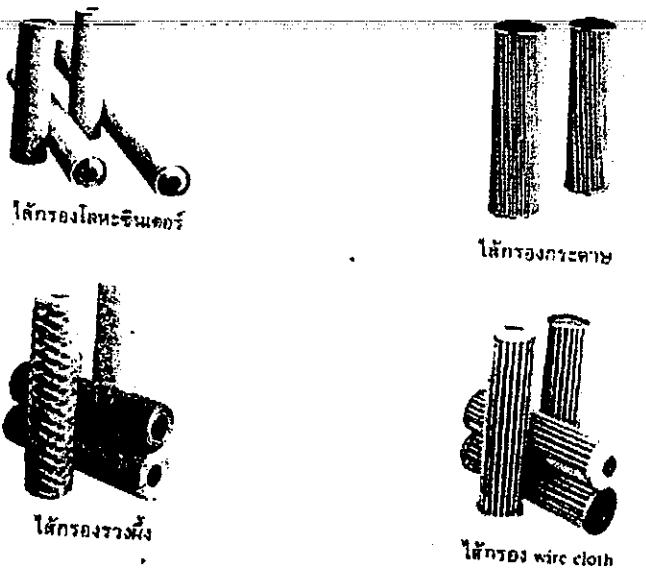
รูปที่ 2.9 ตัวกรองที่สามารถกำจัดควัน
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)



รูปที่ 2.10 ตัวกรองที่สามารถกำจัดกลิ่น
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.7.2 วัสดุและชนิดของไส้กรอง วัสดุที่ใช้ทำไส้กรองมีอยู่หลายชนิดดังรูปที่ 2.11

1) ไส้กรองที่ทำมาจากโลหะซินเตอร์ ความสามารถในการกรองอยู่ระหว่าง 2 ถึง 120 μm แทนอุณหภูมิระหว่าง -180 $^{\circ}C$ ถึง 350 $^{\circ}C$ ใช้กับงานจำพวกก๊าซ โรงงานทางด้านนิวเคลียร์และพวกงานประเภทลมอัดที่มีอุณหภูมิสูงและเร็วสูง



รูปที่ 2.11 ลักษณะไส้กรองที่ใช้ระบบนิวแมติกส์
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2) ไส้กรองทำคล้ายกับรวงผึ้ง ความสามารถอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 50 μm ทนอุณหภูมิแล้วแต่วัสดุที่ใช้ทำ เช่นไหมเทียมและฝ้ายทนอุณหภูมิได้ระหว่าง -20 $^{\circ}C$ ถึง 100 $^{\circ}C$ ส่วน Polypropyleme ทนอุณหภูมิได้ระหว่าง 0 $^{\circ}C$ ถึง 50 $^{\circ}C$ และถ้าต้องการให้ทนความร้อนได้สูงมาก คือระหว่าง 0 $^{\circ}C$ ถึง 400 $^{\circ}C$ จะใช้วัสดุที่ทำด้วยไฟเบอร์กลาสส์ (Fiber Glass)

3) ไส้กรองที่ทำจากกระดาษ จะมีความละเอียดในการกรองอยู่ระหว่าง 5 ถึง 20 μm ทนอุณหภูมิระหว่าง 0 $^{\circ}C$ ถึง 80 $^{\circ}C$

4) ไส้กรองที่ทำจาก Wire Cloth Element จะมีความละเอียดในการกรองอยู่ระหว่าง 5 ถึง 105 μm ทนอุณหภูมิระหว่าง -180 $^{\circ}C$ ถึง 400 $^{\circ}C$

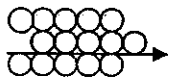
ไส้กรองแบ่งขนาดได้ตามความละเอียดของการกรองมีขนาดตั้งแต่ 0.01 ถึง 5 μm ขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน ดูตารางที่ 2.6 และตารางที่ 2.7 โดยทั่วไปไส้กรองในงานด้านนิวแมติกส์ จะมีความสามารถการกรอง 5 μm

ตารางที่ 2.6 การแบ่งลำดับของการกรอง

ชนิด	ขนาดการกรอง	ความสามารถ
ไส้กรองลมมาตรฐาน	5 μm	ติดตั้งใช้กับระบบลมทั่วไปกำจัดฝุ่นละอองและน้ำภายในท่อ
ไส้กรองไฟเบอร์(ไส้กรอง X)	3 μm	กำจัดน้ำมัน
ไส้กรองลม Submicron(ไส้กรอง Y)	0.3 μM	กำจัดคาร์บอนและน้ำมันดินในลมอัด
ไส้กรองแยกละอองน้ำมัน (ไส้กรอง Micronaught)	0.01 μm	กำจัดฝุ่น น้ำมัน ความชื้นในลมอัด
ไส้กรองแยกละอองน้ำมัน (ไส้กรอง Odornaugth)	-	กำจัดกลิ่นในลมอัด

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

ตารางที่ 2.7 ความละเอียดของไส้กรองลักษณะต่าง ๆ

ชนิดไส้กรอง	การกรอง	ขนาดไส้กรอง
สักหลาด กระดาษ	กรองภายในกรองภายนอก	หยาบ (5 μ m)
โลหะ	กรองภายใน 	ละเอียดปานกลาง
ตาข่าย	กรองภายนอก	หยาบยัง (ไม่มีการผลิต)

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

ไส้กรองละอองน้ำมัน คาร์บอน น้ำมันดิน ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 3 μm จะใช้ไส้กรองชนิดธรรมดาไม่ได้ จะต้องใช้ไส้กรองขนาด 0.01 ถึง 3 μm แต่ไส้กรองชนิดนี้ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก

การทำความสะอาดไส้กรองสำหรับไส้กรองที่ทำด้วยสักหลาดหรือกระดาษ เมื่อเกิดการอุดตันจะทำความสะอาดโดยการใช้ลมเป่าย้อนทางลมอัดที่เข้ามา แต่ถ้าเป็นไส้กรองประเภทโลหะซินเตอร์ จะใช้วิธีการต้มในน้ำและล้างทำความสะอาด จากนั้นจะใช้ลมเป่าไล่น้ำออกให้หมด

2.2.7.3 หลักการในการเลือกไส้กรอง

จะต้องให้เหมาะสมกับปริมาณลมและความดันลมอัด เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของระบบอัดดียิ่งขึ้น ซึ่งจะต้องพิจารณาดังนี้

1) จะต้องให้มีการสูญเสียความดันน้อยที่สุด โดยปกติทั่วไปไม่เกิน 1 kgf/cm^2 ถ้าเกินกว่านี้ควรจะเปลี่ยนไส้กรองใหม่

2) มีอายุการใช้งานนาน และไม่เกิดการอุดตัน โดยทั่วไปอายุการใช้งานของไส้กรองควรมีอายุประมาณ 1 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพสิ่งแวดล้อม

3) มีพื้นที่การกรองกว้างขวางพอ เพื่อที่จะให้ปริมาณการไหลของอากาศเป็นไปอย่างรวดเร็ว

4) มีความสามารถกำจัดความชื้นได้สูง

5) สามารถเปลี่ยนไส้กรองได้สะดวก

2.2.7.4 การระบายน้ำ

มีวิธีการระบายออกได้ 2 วิธีคือ การระบายด้วยมือ คือใช้มือเปิดวาล์วระบายทิ้ง และการระบายทิ้งโดยอัตโนมัติ ซึ่งมีอยู่ 3 ชนิดคือ

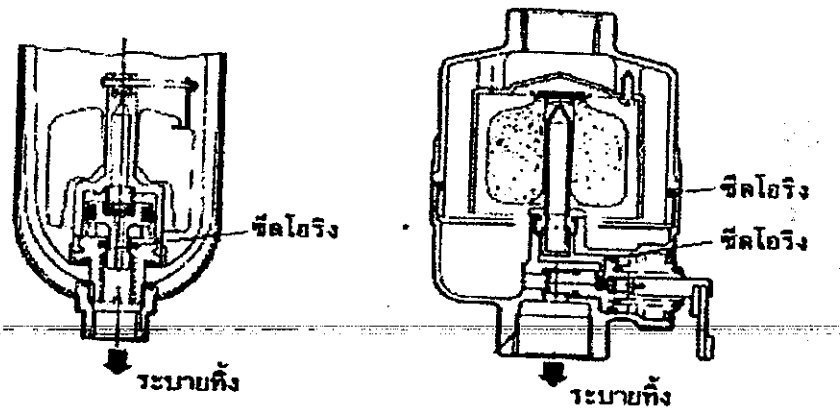
1) ชนิดลูกลอย การระบายน้ำทิ้ง ชนิดนี้จะระบายออกอัตโนมัติ เมื่อระดับน้ำถึงที่ตั้งไว้ดังรูปที่ 2.12

2) ชนิดไฟฟ้า แบบนี้ขึ้นอยู่กับการตั้งเวลาในการระบายทิ้ง ปกติทั่วไปในเวลา 1 นาที จะมีการระบายน้ำทิ้ง 2 วินาที ดังรูปที่ 2.13 แบบนี้นิยมติดที่ถังพักลม เครื่องระบายความร้อน และเครื่องทำให้อากาศแห้ง

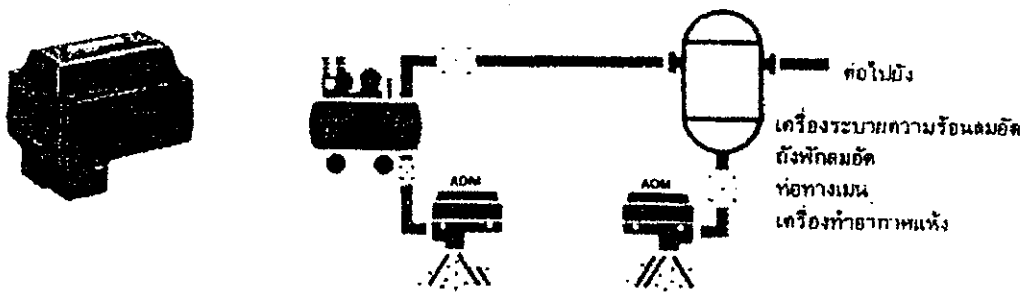
3) ชนิดใช้ความแตกต่างของความดัน ความแตกต่างของระดับการไหลในท่อเป็นตัวกำหนดการเปิด-ปิดวาล์วระบายโดยไม่ขึ้นกับระดับน้ำ

ป
TJ
950
.ว๓๗๓
2544

สำนักหอสมุด
24 ก.ย. 2547
4740525



รูที่ 2.12 การระบายน้ำทิ้งอัตโนมัติโดยใช้ลูกลอย
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

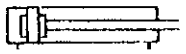
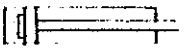
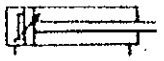
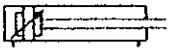


รูปที่ 2.13 การระบายน้ำทิ้งแบบใช้ไฟฟ้า
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

วาล์วความดันลมอัดในบางครั้งเรียกว่าเรกูเลเตอร์ โดยปกติเครื่องอัดลมจะป้อนลมอัดให้มีค่าความดันสูงกว่าระดับของความดันใช้งาน ดังนั้นวาล์วลดความดันจึงทำหน้าที่ปรับความดันให้ค่าความดันของลมอัดมีความดันเท่ากับความดันใช้งานในระบบนิวแมติกส์ เพราะถ้าไม่ลดความดันก่อนนำไปใช้งาน อุปกรณ์ต่าง ๆ จะเกิดปัญหาในการทำงาน เช่น การทำงานของวงจรเกิดการพลาด อุปกรณ์นิวแมติกส์อาจเกิดการชำรุดเสียหาย หรืออาจจะทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์นิวแมติกส์มีอายุการใช้งานสั้นลง จากเหตุผลดังกล่าวจึงจำเป็นที่จะต้องเลือกวาล์วปรับลดความดันให้เหมาะสมกับการใช้งาน

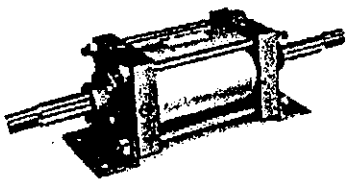
ลักษณะของกระบอกสูบลมชนิดที่มีเบาะลมกันกระแทกที่ใช้ในงานจริงก็ยังจำแนกออกเป็นอีกหลายแบบ โดยดูได้จากสัญลักษณ์ในตารางที่ 2.8

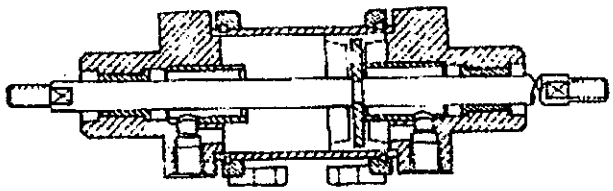
ตารางที่ 2.8 สัญลักษณ์ของกระบอกลมชนิดมีกันกระแทกลักษณะต่าง ๆ

สัญลักษณ์	ความหมาย
	**กระบอกสูบลมที่มีกันกระแทกทั้งสองข้างแต่ไม่สามารถปรับความเร็วกันกระแทกได้**
	**กระบอกสูบลมที่มีกันกระแทกด้านเดียวคือตอนลูกสูบกลับสุด แต่ไม่สามารถปรับความเร็วกันกระแทกได้**
	**กระบอกสูบลมที่มีกันกระแทกด้านเดียวหรือตอนลูกสูบกลับสุด และสามารุปรับความเร็วกันกระแทกได้**
	**กระบอกสูบลมที่มีกันกระแทกทั้งสองข้าง และสามารถปรับความเร็วกันกระแทกได้**

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางแบบมีก้านสูบสองข้าง กระบอกสูบแบบนี้ไม่ว่าจะเคลื่อนที่ไปหรือกลับ แรงที่ได้ทั้งสองค่าจะมีค่าเท่ากัน เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดทั้งสองข้างจะมี แบริ่งรองรับก้านสูบอยู่ ดังนั้นปัญหาที่จะเกิดเนื่องจากแรงกระทำด้านข้างของก้านสูบจึงน้อยมาก ไม่เหมือนกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง ลักษณะกระบอกสูบนี้ดูได้จากรูปที่ 2.14

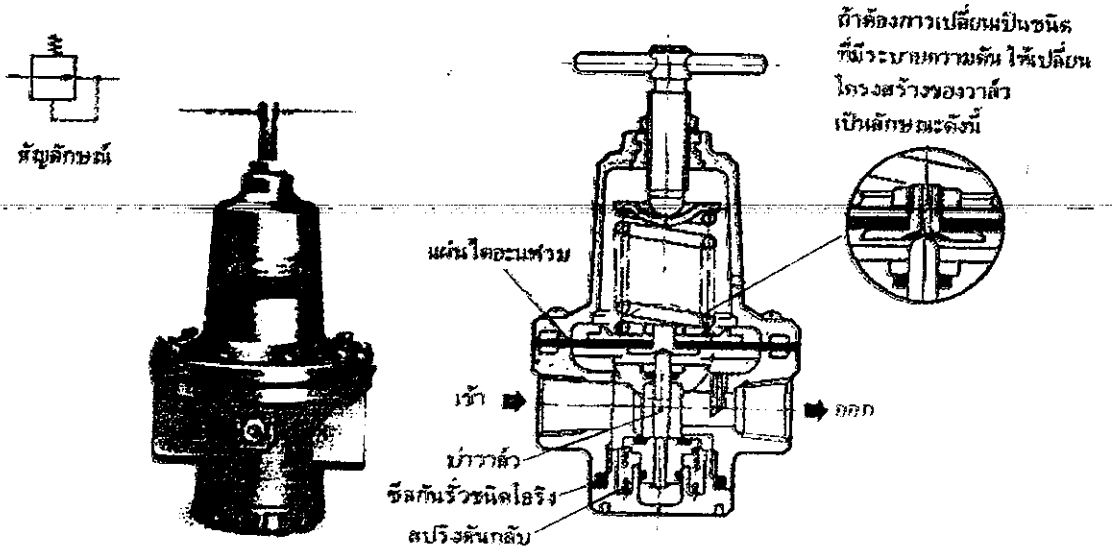




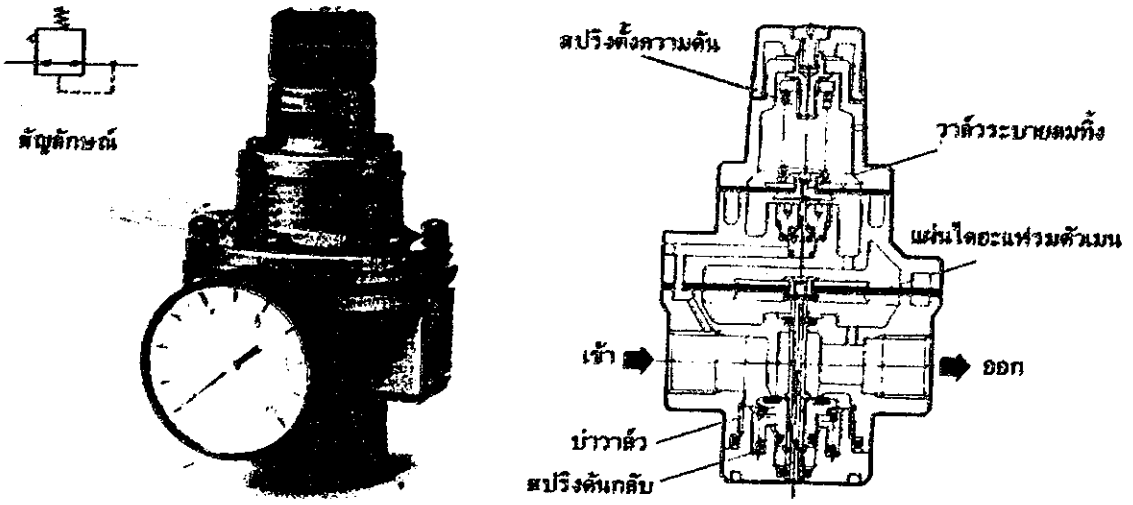
รูปที่ 2.14 ลักษณะของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทางแบบสองตอน

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

การทำงานของวาล์วลดความดันแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ชนิดที่ใช้แรงดันของสปริงสมดุลกับแรงดันให้ระบบ (รูปที่ 2.15) และชนิดที่ใช้ความดันสมดุลทั้งสองข้าง (รูปที่ 2.16)



รูปที่ 2.15 วาล์วลดความดันชนิดใช้แรงดันของสปริงสมดุลกับแรงดันในระบบ
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)



รูปที่ 2.16 วาล์วลดความดันชนิดใช้แรงดันสมดุลทั้งสองข้าง
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

ชนิดที่ใช้แรงดันของสปริงสมดุลกับแรงดันในระบบ การทำงานเมื่อหมุนมือหมุนจะกดสปริงปรับความดันและจะส่งแรงถ่ายทอดไปเปิดวาล์วให้ลมจากทางไหลเข้า ไหลผ่านห้องลมใต้แผ่นไดอะแฟรมออกไปทางด้านใช้งาน เมื่อความดันสูงถึงระดับที่ตั้งลมอัดทางด้านส่งออกไปใช้งานจะมีความดันย้อนกลับมากระทำกับแผ่นไดอะแฟรม ทำให้เกิดแรงยกจนกระทั่งแรงที่เกิดขึ้นสูงพอชนะแรงดันของสปริง แผ่นไดอะแฟรมจะเลื่อนขึ้นจากระดับเดิมทำให้วาล์วไม่ให้ลมไหลผ่านวาล์วไปได้ จนกระทั่งความดันใช้งานในระบบต่ำกว่าความดันที่กำหนด แผ่นไดอะแฟรมจะเลื่อนลงมาอีกครั้ง ทำให้วาล์วปิดบ่าวาล์วให้ลมไหลผ่านไปอีก จะทำงานเช่นนี้สลับไปสลับมา วาล์วลดความดันชนิดใช้แรงดันในระบบยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดไม่ระบายลมทิ้ง (รูปที่ 2.15) เหมาะกับงานที่ใช้วาล์วลดความดันกับก๊าซอะเซทิลีน เป็นต้น ส่วนอีกชนิดหนึ่งเป็นแบบระบายลมทิ้ง ลักษณะดังรูปที่ 2.16 แต่เปลี่ยนโครงสร้างของวาล์ววงกลมไปใส่แทน ซึ่งเหมาะสมกับงานที่ใช้ระบบลมอัดทั่วไป

ชนิดที่ใช้ความดันสมดุลทั้งสองข้าง วาล์วชนิดนี้การทำงานจะไม่ใช้แรงดันของสปริงไปเปิดทางลมให้ลมที่ไหลจากทางเข้าผ่านไปทางด้านออกโดยตรง แต่จะใช้ลมทางด้านเข้าไปกดแผ่นไดอะแฟรมด้านออก โดยผ่านวาล์วชนิดปอปเป่ตที่แรงสปริงปรับความดันกดให้เปิดอยู่ เมื่อปริมาณลมไหลเข้ามาเต็มห้องไดอะแฟรมจนกระทั่งมีแรงกระทำเกิดขึ้นพอที่จะกดให้แผ่นไดอะแฟรมเคลื่อนลง ลมจากทางด้านเข้าก็จะไหลออกไปยังทางออกได้ เมื่อเกิดความดันย้อนกลับ ลมจะไหลผ่านรูด้านล่างของแผ่นไดอะแฟรมข้างออกไปใช้งานทำให้เกิดมีแรงกระทำกับแผ่นไดอะแฟรมด้านล่างขึ้น ถ้าแรงของแผ่นไดอะแฟรมด้านล่างมีแรงกระทำสูงกว่าแรงด้านบน ก็สามารถยกแผ่นไดอะแฟรมขึ้นทำให้บ่าวาล์วที่จ่ายลมปิดไม่ยอมให้ลมไหลผ่านไปได้ ซึ่งจะทำงานเช่นนี้สลับกันไปมาวาล์วชนิดนี้มีข้อดีที่ความดันในระบบจะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งจะให้ค่าความดันค่อนข้างละเอียดกว่าแบบแรก

นอกจากนี้ยังมีการทำงานของวาล์วความดันแบบต่าง ๆ อีก แต่ไม่นิยมใช้ในระบบนิวแมติกส์มากนัก เช่น วาล์วลดความดันชนิดบังคับระยะห่าง วาล์วระบายความดัน และวาล์วลดความดันพร้อมวาล์วกันกลับ

การแบ่งช่วงระดับการปรับของวาล์วลดความดัน การเลือกใช้วาล์วระบายลดความดันต้องเลือกตามข้อกำหนดในการใช้งาน เช่น ช่วงของความดันที่ต้องการใช้งาน และความระเอียดเที่ยงตรงในการปรับของวาล์วลดความดันขนาดนั้น ๆ โดยทั่วไปแบ่งออกตามช่วงระดับการปรับและความละเอียดในการปรับดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 การแบ่งช่วงระดับการปรับวาล์วของวาล์วลดความดัน

ชนิด	ช่วงการปรับ (kgf/cm^2)	ความละเอียด(kgf/cm^2)
ความดันสูง	0.7-17.5	± 0.4
ความดันปานกลาง	0.5-8.5	± 0.2
ความดันต่ำ	0.2-3.5	± 0.1
ปรับละเอียดปานกลาง	0.11-2.5	± 0.05
ละเอียด	0.05-2.0	± 0.005

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

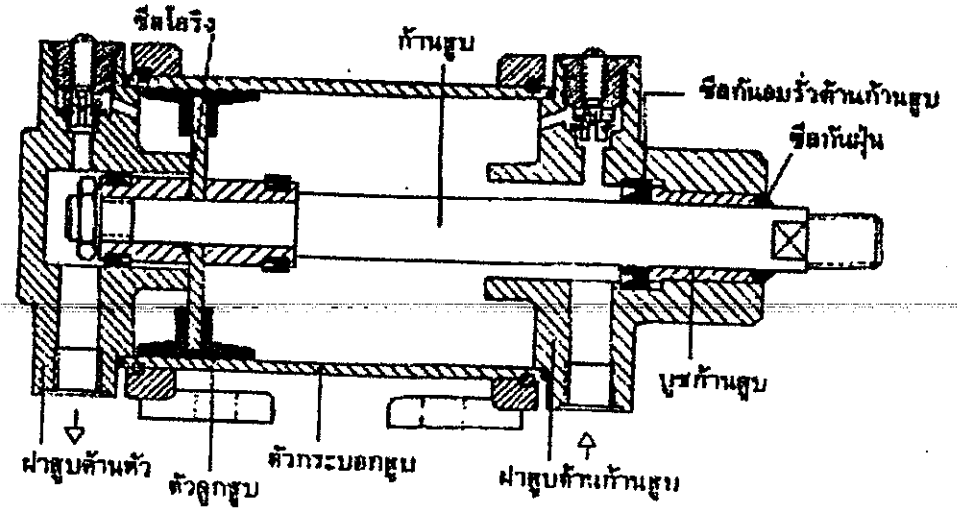
ความละเอียดในการตั้งความดันของวาล์วลดความดันชนิดละเอียดและชนิดละเอียดปานกลางจะเพิ่มขึ้นเมื่อการไหลคงที่ ปริมาณการไหลของวาล์วเหล่านี้ต่ำกว่า 400 ลิตรต่อนาที

การพิจารณาเลือกคุณภาพของวาล์วลดความดันสามารถดูได้จากแคตาล็อกของบริษัทผู้ผลิตวาล์วชนิดนั้น โดยใช้ความสัมพันธ์ของความดันลมอัดเข้ากับความดันลมอัดออก สังเกตดูจากค่าความดันแตกต่างเมื่อปรับความดันลมอัดเข้า ความดันลมอัดทางออกจะเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใด ถ้าความดันทางออกเปลี่ยนแปลงมาก แสดงว่าวาล์วปรับลดความดันนั้นมีคุณภาพต่ำ

2.2.7.5 กระบอกสูบ

กระบอกสูบลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกลลักษณะการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง ในสมัยก่อนที่ลูกสูบลมจะเข้ามามีบทบาทในงานอุตสาหกรรมยังใช้กลไกทางกลและทางไฟฟ้า มีความยุ่งยากในการควบคุม และปัญหาของช่วงชักจำกัด ดังนั้นในอุตสาหกรรมสมัยใหม่จึงพัฒนาลูกสูบมาใช้ในงานจนถึงปัจจุบัน

ตัวกระบอกสูบลมมักจะทำด้วยท่อชนิดไม่มีตะเข็บ เช่น เหล็ก อลูมิเนียม ทองเหลือง สแตนเลส ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ใช้ ภายในท่อจะต้องเจียระไนให้เรียบ เพื่อลดการสึกหรอของซีลที่จะเกิดขึ้น และยังลดแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบอีกด้วย ตัวฝาสูบทั้งสองด้านส่วนใหญ่นิยมการหล่อขึ้นรูป บางแบบอาจใช้การอัดขึ้นรูปการยึดตัวกระบอกสูบลมเข้ากับฝาอาจใช้เกลียวขัน เหมาะสำหรับกระบอกสูบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 25 มิลลิเมตรลงมา ถ้าโตกว่านี้นิยมใช้สกรูร้อยขันรัดหัวท้ายไว้ สำหรับก้านสูบอาจทำด้วยสแตนเลสหรือเหล็กชุบผิวโครเมียม ที่เกลียวปลายก้านสูบจะทำด้วยกรรมวิธีรีดขึ้นรูป



รูปที่ 2.17 ลักษณะโครงสร้างของกระบอกสูบลม
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

การทำงานของกระบอกสูบลมตามรูปที่ 2.17 เป็นกระบอกสูบแบบที่ระบบลมกันกระแทก ซึ่งส่วนใหญ่จะนิยมใช้กระบอกสูบลมแบบดังกล่าวในงานอุตสาหกรรมอย่างมาก อาจจะมีด้านเดียวหรือสองด้าน เพื่อช่วยลดความเร็วหรือลดอัตราหน่วยของลูกสูบเมื่อสุดระยะชัก เป็นการป้องกันการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างลูกสูบกับฝากระบอกลูกสูบ โดยการใช้วาล์วเข็ม (Needle valve) กับวาล์วกันกลับ (Check valve) ทำให้เกิดเบาะลมขึ้นระหว่างลูกสูบกับฝากระบอกลูกสูบลม ลมที่มีความดันสูงก็จะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความลำบาก และจะเป็นการหน่วงความเร็วของลูกสูบลงตอนใกล้สุดระยะชัก ทำให้ไม่เกิดการกระแทก โดยทั่วไประยะกันกระแทกจะอยู่ระหว่าง 15 ถึง 40 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบตามตารางที่ 2.10 ที่ตัวกระบอกสูบจะมีวาล์วเข็ม เมื่อก้านสูบเลื่อนไปถึงช่องกันกระแทกลมที่อยู่หน้าลูกสูบไม่สามารถผ่านออกไปได้อิสระ จะต้องผ่านออกไปทางวาล์วเข็มเท่านั้น ความเร็วของลูกสูบก็จะถูกหน่วงให้ลดลงตอนใกล้สุดระยะชัก ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ออกลมส่วนหนึ่งจะผ่านวาล์วกันกลับเข้ามาได้ ทำให้ลมไปกระทำกับหน้าตัดของลูกสูบได้เต็มที่ ลูกสูบจะเคลื่อนที่ไปอย่างรวดเร็ว แต่พอจะใกล้จะสุดระยะชักคือเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ไปถึงเบาะลม ลูกสูบก็จะเคลื่อนที่ช้าเช่นเคย การทำให้เกิดแรงการกระแทกได้มากน้อย สามารถทำได้โดยการปรับวาล์วเข็มที่อยู่ตรงปลายของกระบอกสูบลมนั้นเอง

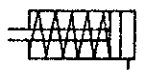
ตารางที่ 2.10 ระยะกันกระแทกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (mm)	ระยะกันกระแทก (mm)
10 50 63	15 ~20
80 100 125	20~30
140 160 180	25~40

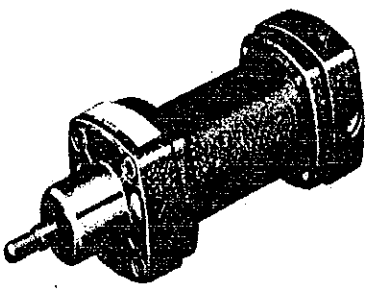
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

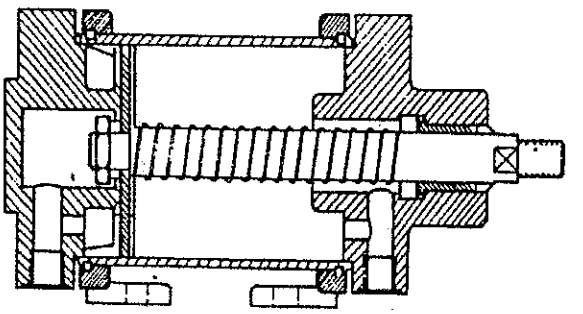
ในปัจจุบันได้มีการนำกระบอกสูบลมแบบต่าง ๆ เข้ามาใช้ในงานอุตสาหกรรม ซึ่งแต่ละแบบก็มีลักษณะการทำงาน และการนำไปใช้งานแตกต่างกันไปดังต่อไปนี้

กระบอกสูบลมทำงานทางเดียว จะใช้ลมดันทางด้านหัวของลูกสูบ เพื่อดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออก ส่วนในจังหวะลูกสูบลมเคลื่อนที่กลับนั้น เมื่อปล่อยลมทางด้านหัวลูกสูบระบายทิ้ง สปริงที่อยู่ภายในกระบอกสูบจะดันให้ก้านสูบเคลื่อนที่กลับมาเอง ดูรูปที่ 2.18



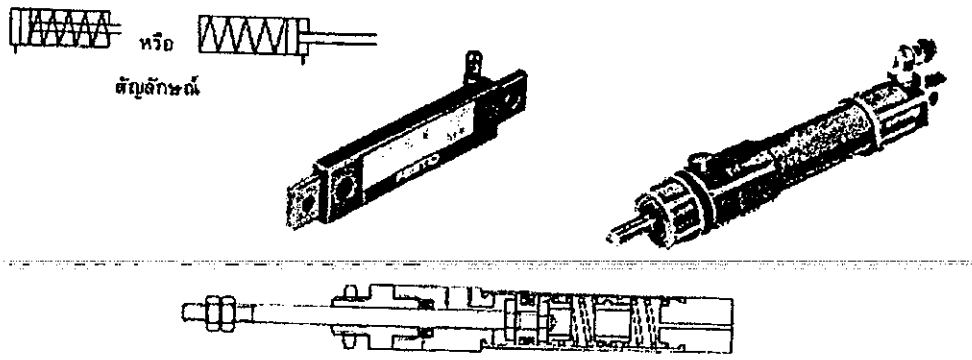
สัญลักษณ์





รูปที่ 2.18 ลักษณะของกระบอกสูบแบบทำงานทางเดียว

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)



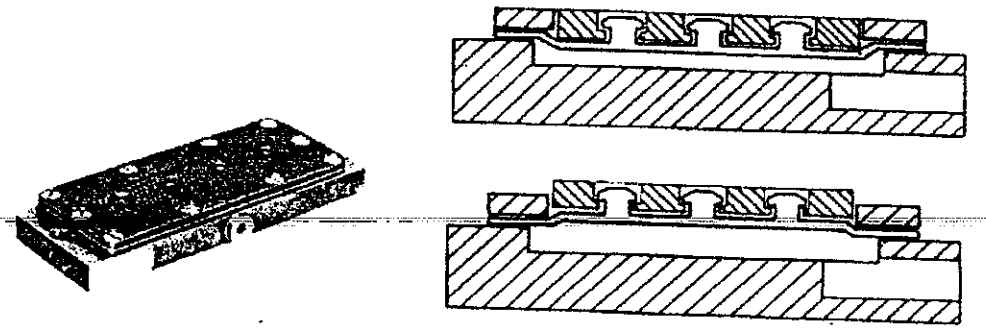
รูปที่ 2.19 ลักษณะของกระบอกสูบแบบทางเดียวที่มีใช้ในการทำงานทั่วไป
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

ภายในกระบอกสูบลมจะมีสปริงเพื่อคอยดันให้ก้านลูกสูบกลับ ดังนั้นความยาวของระยะชักจึงมีขอบเขตจำกัด โดยทั่วไประยะชักของกระบอกสูบประเภทนี้ยาวสุดอยู่ระหว่าง 80 ถึง 100 มิลลิเมตร ลักษณะการนำไปใช้งานจะใช้ดันหรือดึงเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะการติดตั้งสปริงดันภายในกระบอกสูบลม ตัวอย่างงานที่ใช้เช่น งานจับยึด งานป้อนหรือผลักชิ้นงาน

การเลือกใช้กระบอกสูบควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานและการจับยึด กระบอกสูบแบบทางเดียวนี้มีทั้งก้านสูบเป็นแท่งกลมและแท่งเหลี่ยม ตามรูปที่ 2.19 นอกจากนั้นยังมีกระบอกสูบลมทำงานโดยใช้จังหวะเลื่อนออกดันด้วยสปริง การเลื่อนออกในลักษณะดังกล่าวไม่สามารถไปดันโหลดในการทำงานได้ แต่กระบอกสูบแบบนี้จะทำงานโดยใช้ลมอัดดันให้หัวลูกสูบเคลื่อนเข้า ซึ่งจะให้ช่วงการทำงานไปดึงโหลด เช่น หม้อลมเบรกในรถยนต์บรรทุกขนาดใหญ่

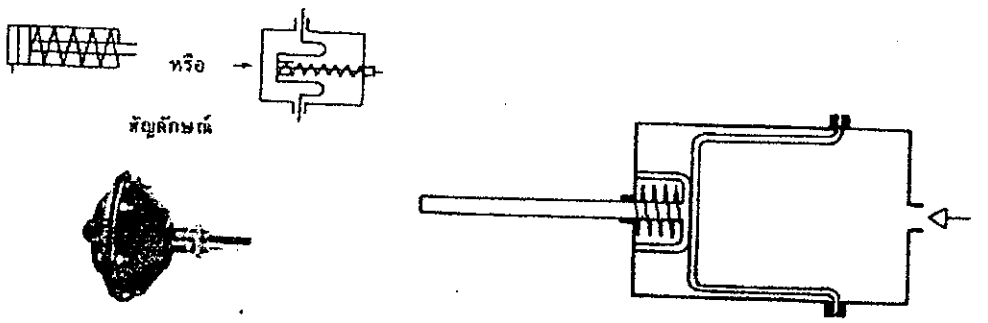
2.2.7.6 กระบอกสูบลมแบบทางเดียวชนิดไดอะแฟรม

กระบอกสูบแบบนี้หัวลูกสูบจะทำเป็นแผ่นไดอะแฟรมซึ่งวัสดุที่ใช้ทำได้แก่ ยาง พลาสติก หรือเยื่อสังเคราะห์โลหะ ก้านสูบที่ต่อออกมาใช้งานจะติดอยู่กับแผ่นไดอะแฟรม กระบอกสูบแบบนี้ไม่จำเป็นต้องมีการหล่อลื่น และมีระยะชักสั้น ๆ ประมาณ 2 มิลลิเมตรขึ้นไป (ดังรูปที่ 2.20) เหมาะกับอุตสาหกรรมผลิตอาหารและเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการให้ลมอัดมีน้ำมันหล่อลื่นผสมเข้าไป และแรงเสียดทางที่เกิดขึ้นก็มีน้อยมาก แต่ปัจจุบันนี้ไม่ค่อยนิยมในวงการอุตสาหกรรม เนื่องจากกระบอกสูบทั่วไปในปัจจุบันนี้ส่วนมากก็ไม่ต้องการน้ำมันหล่อลื่นเหมือนกระบอกสูบลมแบบเก่า ๆ แล้ว



รูปที่ 2.20 ลักษณะของกระบอกสูบแบบทางเดียวชนิดไดอะแฟรม
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

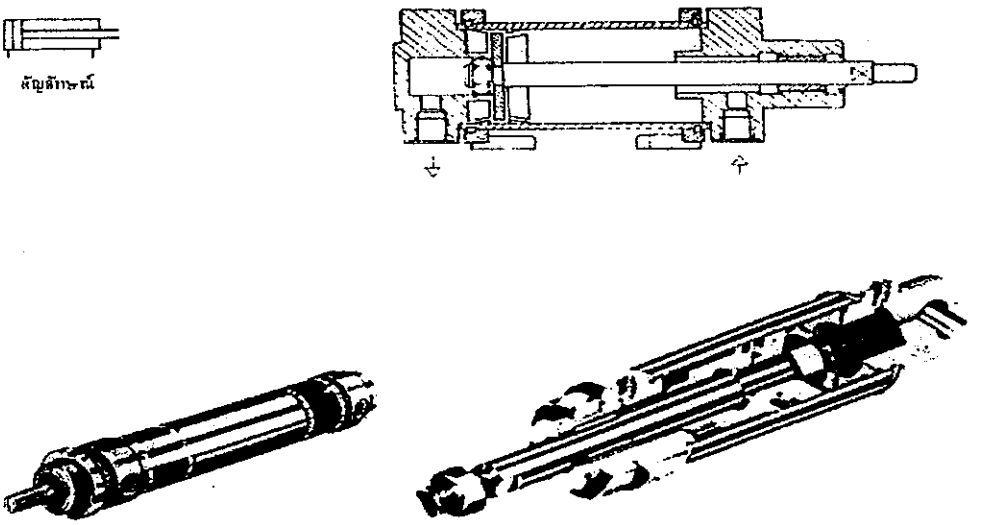
นอกจากนี้ยังมีกระบอกลมแบบทางเดียวชนิด ไดอะแฟรม (ดังรูปที่ 2.21) การทำงานก็คล้ายกับแบบไดอะแฟรม คือเมื่อมีลมป้อนเข้าทางด้านหัวของลูกสูบ ก้านสูบจะเคลื่อนที่ออก แผ่นไดอะแฟรมที่ม้วนอยู่จะคลายออกไปดันให้ก้านสูบเคลื่อนที่ ระยะชักของกระบอกสูบลมแบบไดอะแฟรมม้วนจะมีระยะชักยาวกว่าแบบไดอะแฟรม คืออยู่ระหว่าง 50 ถึง 80 มิลลิเมตร ส่วนลักษณะการนำไปใช้งานก็คล้ายกับแบบไดอะแฟรม



รูปที่ 2.21 ลักษณะของกระบอกสูบแบบทางเดียวชนิดไดอะแฟรมม้วน
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.7.7 กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง

จะใช้ลมดันหัวลูกสูบทั้งตอนที่เคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่กลับทำให้ได้แรงทั้งสองทิศทาง เหมาะกับงานที่จะต้องการใช้แรงในตอนลูกสูบเลื่อนออก และเลื่อนเข้ารวมทั้งลักษณะงานที่ต้องการช่วงระยะชักยาว ปัญหาที่เกิดขึ้นในกรณีที่ช่วงยาวเกินไปจะทำให้ก้านสูบเกิดการโก่งงอได้ ดังนั้นช่วงชักของกระบอกสูบแบบนี้จะต้องมีการคำนวณหาระยะชักช่วงชักที่อนุญาตใช้งานได้ นอกจากปัญหาดังกล่าวถ้ากระบอกสูบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตเกินไปจะทำให้เกิดความสิ้นเปลืองลมมาก



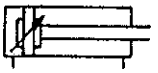
รูปที่ 2.22 ลักษณะกระบอกสูบลมแบบสองทาง
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

ลักษณะของกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมมีอยู่หลายชนิด เช่น

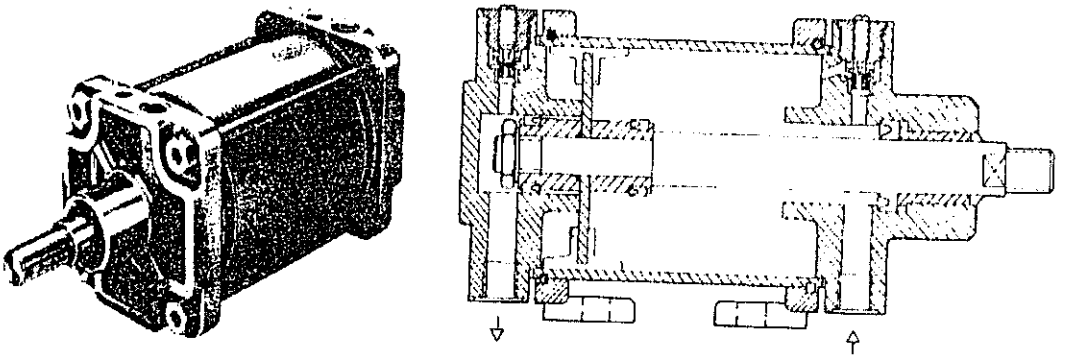
1) กระบอกสูบลมชนิดที่ไม่มีเบาะลมกันกระแทก กระบอกสูบลมชนิดนี้ (รูปที่ 2.22) เป็นกระบอกสูบลมที่มีราคาถูก เหมาะกับงานที่ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่มากนัก ถ้านำไปใช้กับงานที่มีการเคลื่อนที่เร็ว จะทำให้ในปลายช่วงชักและตอนกลับสุดของลูกสูบเกิดการกระแทกกับผนังหัวท้ายของกระบอกสูบทำให้เกิดความเสียหายได้

2) กระบอกสูบลมชนิดที่มีเบาะลมกันกระแทก ถูกสร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาของกระบอกสูบลมชนิดไม่มีเบาะกันกระแทก (รูปที่ 2.23) เบาะลมกันกระแทกมีไว้เพื่อช่วยลดความเร็วหรืออัตราหน่วงของลูกสูบเมื่อสุดระยะชัก เป็นการป้องกันการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างลูกสูบกับผนังหัว

ท้ายกระบอกสูบ โดยการปรับสกรูการกระแทกที่ติดตั้งไว้ที่หัวท้ายของกระบอกสูบเมื่อหัวลูกสูบเคลื่อนที่เข้ามาถึงเบาะกันกระแทก ลมที่ถูกระบายทิ้งจะผ่านออกไปได้ยากมาก จะต้องผ่านทางสกรูปรับกันกระแทกได้ทางเดียวเท่านั้น ทำให้เกิดความดันด้านกลับ ในตำแหน่งนี้ลูกสูบจะเคลื่อนที่ช้าลงเนื่องจากความดันด้านกลับ ในทำนองเดียวกันถ้าลูกสูบเคลื่อนที่กลับ เมื่อใกล้สุดระยะชักเข้าก็จะเกิดอาการเช่นเดียวกันขึ้น โดยทั่วไประยะชักกันกระแทกจะอยู่ประมาณ 10 ถึง 30 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางระยะชักของกระบอกสูบ

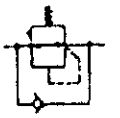


สัญลักษณ์



รูปที่ 2.23 ลักษณะของกระบอกสูบลมแบบสองทางที่มีเบาะลมกันกระแทก
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

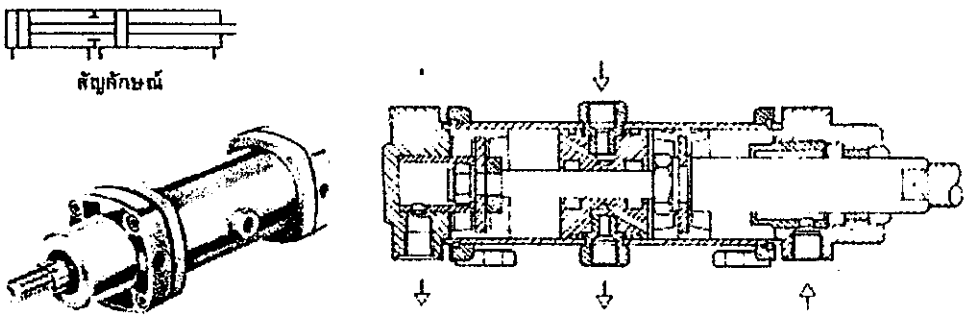
ตารางที่ 2.11 การแบ่งชนิดของวาล์วลดความดัน

วาล์ว	ลักษณะและความสามารถในการทำงาน	สัญลักษณ์
วาล์วลดความดันชนิดระบายความดัน	ปรับความดันลมอัดให้ต่ำกว่ากำหนดและรักษาระดับความดันให้คงที่โดยไม่ขึ้นกับการไหลของลม เมื่อความดันด้านใช้งานสูงกว่าระดับที่กำหนดวาล์วจะระบายความดันส่วนที่เกินออกสู่บรรยากาศภายนอก	
วาล์วลดความดันชนิดไม่ระบายความดัน	ปรับความดันลมอัดให้ต่ำกว่ากำหนด และรักษาระดับความดันให้คงที่โดยไม่ขึ้นกับการไหลของลม ถึงแม้ว่าความดันด้านใช้งานจะสูงกว่าระดับที่กำหนด วาล์วนี้จะไม่ระบายความดันส่วนที่เกินนั้นออกไป	
วาล์วลดความดันชนิดใช้สัญญาณบังคับจากระยะห่าง	การทำงาน จะใช้สัญญาณลมจากวาล์วลดความดันอีกตัวหนึ่งมาบังคับ	
วาล์วระบายความดัน	เมื่อความดันภายในระบบนิวแมติกส์สูงกว่าปรกติตามที่ตั้งความดันไว้ เนื่องจากความบกพร่องของวาล์วหรือทำงานเกินกำลัง (Overload) วาล์วระบายความดันจะระบายความดันส่วนเกินออกจนกระทั่งความดันในระบบกลับคืนสู่ความดันปรติที่ตั้งไว้ โดยทั่วไปจะติดตั้งวาล์วระบายความดันชนิดนี้ไว้ที่ถังพักลมอัด	
วาล์วลดความดันพร้อมวาล์วกันกลับ	วาล์วนี้ใช้ปรับความดันให้ได้ระดับตามที่กำหนดเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น ส่วนอีกทิศทางหนึ่งจะไม่มีการบังคับ	

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.7.8 กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางแบบสองตอน

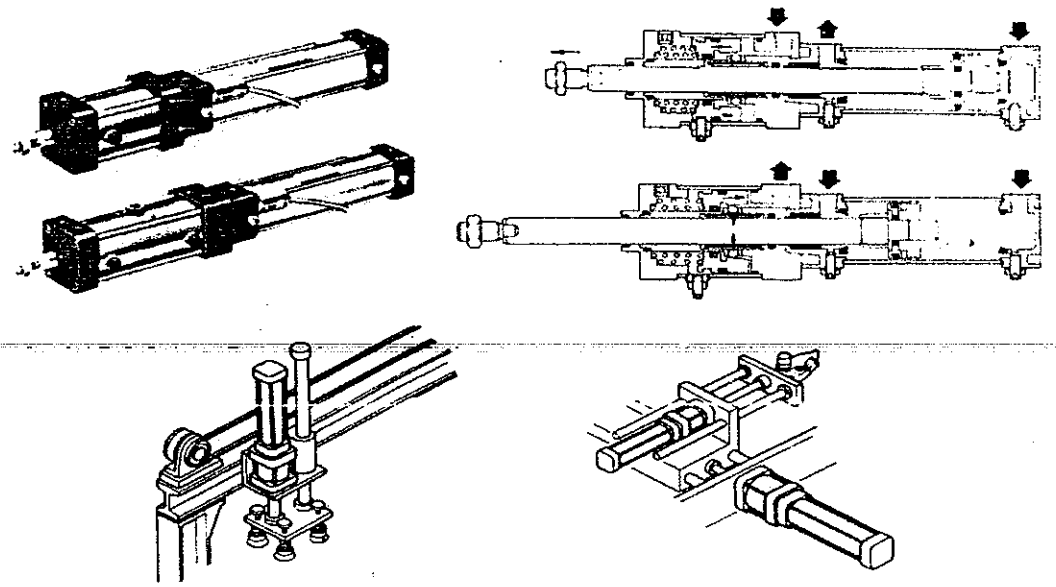
กระบอกสูบแบบนี้ถูกออกแบบมาเนื่องจากปัญหามีเนื้อที่ในการติดตั้งกระบอกสูบจำกัด แต่แรงที่กระบอกสูบจะต้องกระทำนั้นมีมากกว่าที่กระบอกชนิดสองทิศทางจะกระทำได้เนื่องจากมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กเกินไป ถ้าจะเพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางให้กระบอกสูบชนิดสองทิศทางมีขนาดโตขึ้น ก็จะมีปัญหาเรื่องเนื้อที่ในการติดตั้ง จึงจำเป็นต้องใช้กระบอกสูบชนิดสองทางแบบสองตอนมาใช้แทนดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 ลักษณะของกระบอกสูบทำงานแบบสองตอน
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.7.9 กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางแบบมีเบรกก้านสูบ

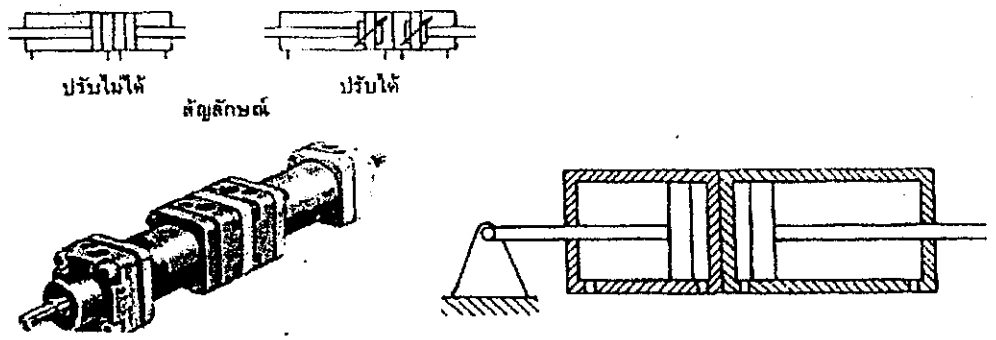
กระบอกสูบแบบนี้ออกแบบมาเพื่อใช้กับงานที่ต้องการการหยุดของก้านสูบที่ตำแหน่งแน่นอน โดยติดตั้งชุดเบรกไว้ที่ด้านหัวของกระบอกสูบ ดังรูปที่ 2.25 การทำงานของกระบอกสูบกระทำดังต่อไปนี้ ในขณะที่ก้านสูบเคลื่อนที่ออก สัญญาณลมอัดในระบบจะเข้าทางรูที่ 1 และในเวลาเดียวกันจะต้องมีสัญญาณจ่ายลมอัดไปเข้ารูที่ 2 ก้านสูบจะเคลื่อนออกปกติ แต่เมื่อต้องการหยุดการเคลื่อนที่ของก้านสูบ จะต้องตัดสัญญาณลมที่เข้ารูที่ 3 ทิ้งทันที และป้อนสัญญาณเข้าที่รู 2 ก้านสูบก็จะหยุดค้างอยู่กับที่ด้วยแรงต้านของลมอัดที่เข้าทางรูที่ 2 และแรงกดของลูกปืนที่กดซีลเบรกลูกสูบเอาไว้



รูปที่ 2.25 ลักษณะและการนำไปใช้งานของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทาง
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.7.10 กระบอกสูบชนิดช่วงชักหลายตำแหน่ง

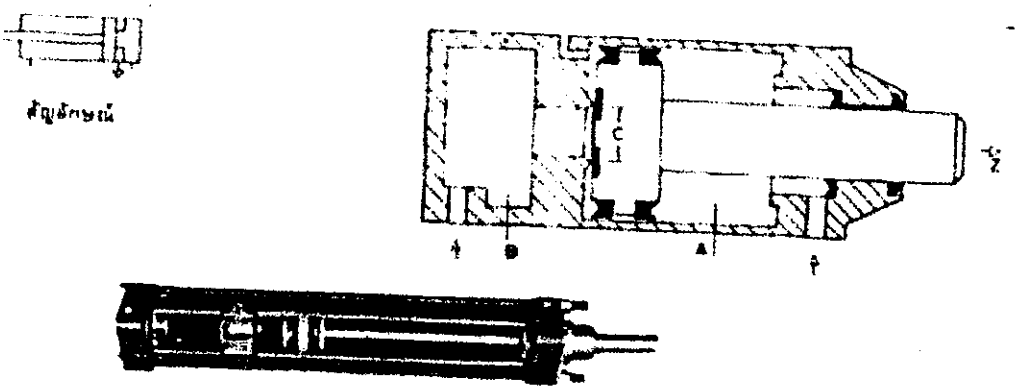
การออกแบบกระบอกสูบชนิดช่วงชักหลายตำแหน่งก็เพื่อที่สามารถนำไปใช้งานที่ต้องการให้กระบอกเดียวกันหยุดได้หลายตำแหน่งโดยนำเอากระบอกสูบชนิดสองทางสองกระบอกมาประกอบรวมกันเป็นกระบอกเดียว ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 ลักษณะของกระบอกสูบชนิดช่วงชักหลายตำแหน่ง
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.7.11 กระบอกสูบแบบกระแทก

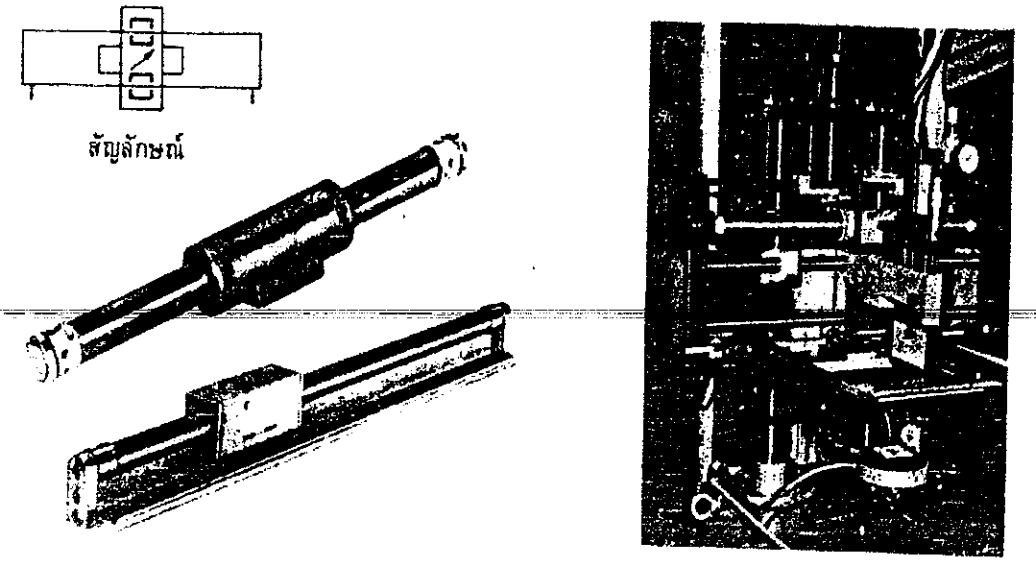
กระบอกสูบแบบนี้เหมาะกับงานประเภทตัดชิ้นงานและงานย้ำหมุด ซึ่งงานเหล่านี้ต้องการแรงกระแทกในการทำงาน ความเร็วของก้านสูบแบบนี้อยู่ระหว่าง 7.5 ถึง10 เมตร/วินาที ซึ่งความเร็วของกระบอกสูบลมทั่วไปมีความเร็วประมาณ 1 ถึง 2 เมตร/วินาที และแรงที่กระบอกสูบกระแทกทำได้อยู่ระหว่าง 25 ถึง 500 นิวตันเมตร การทำงานของกระบอกสูบแบบนี้จะให้ลมอัดเข้าไปทางห้องลมอัด B ในห้องลมอัด B จะต้องสร้างความดันให้สูงเพื่อที่จะไปดันพื้นที่หน้าตัด C ให้ลูกสูบสามารถเคลื่อนที่ได้ ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่เปลี่ยนพื้นที่หน้าตัดทันทีทันใด จะทำให้เกิดแรงดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่เร็วอย่างฉับพลันทำให้มีแรงกระแทกเกิดขึ้น แต่ระยะชักของการกระแทกจะมีระยะสั้น ๆ (ดังรูปที่ 2.27)



รูปที่ 2.27 ลักษณะของกระบอกสูบแบบกระแทก
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.7.12 กระบอกสูบแบบก้านสูบอยู่กับที่ลูกสูบเคลื่อนที่

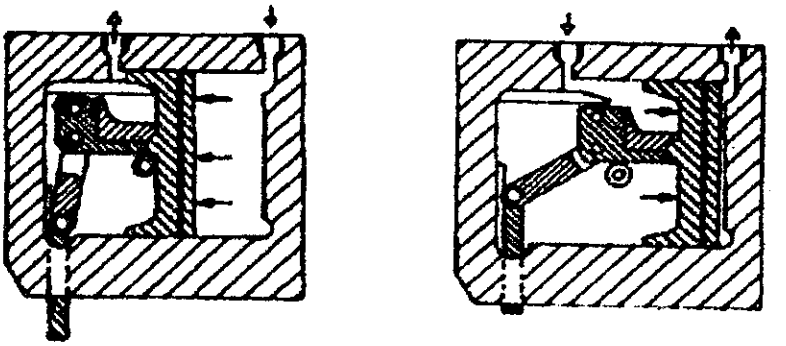
กระบอกสูบแบบนี้ตัวก้านสูบจะอยู่กับที่ส่วนตัวลูกสูบนั้นจะเคลื่อนที่ เหมาะกับลักษณะงานที่ต้องการช่วงชักยาว และถ้านำกระบอกสูบลมชิดทำงานสองทางมาใช้จะเกิดปัญหาก้านสูบเล็กเกินไป อาจเกิดการโก่งงอเกิดขึ้นได้ ระยะชักกระบอกสูบแบบนี้สูงสุดถึง 500 มิลลิเมตร ความเร็วในการเคลื่อนที่สูงสุด 400 มิลลิเมตร/วินาที (ดังรูปที่ 2.28) การทำงานของกระบอกสูบแบบนี้จะใช้ลมอัดไปดันให้แม่เหล็กเคลื่อนที่และตัวแม่เหล็กนี้จะดึงให้ลูกสูบเคลื่อนตามไปด้วย ตัวอย่างงานที่ใช้กระบอกสูบประเภทนี้ได้แก่ งานประเภทเคลื่อนย้ายของจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง



รูปที่ 2.28 ลักษณะและการนำไปใช้งานของกระบอกสูบแบบก้านสูบอยู่กับที่ลูกสูบเคลื่อนที่
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.7.13 กระบอกสูบชนิดพิเศษที่ใช้กับลักษณะเฉพาะ

กระบอกสูบแบบนี้ได้แก่กระบอกสูบที่ใช้ในการจับยึดชิ้นงาน เช่น จับจิ๊ก เพื่อประสานงานเข้าด้วยกัน ตัวอย่างงานได้แก่การประสานงานชิ้นงานของโครงสร้างรถยนต์ การทำงานคล้ายกับกระบอกสูบแบบสองทิศทางทั่ว ๆ ไป แต่ลักษณะดังกล่าวไม่ต้องการช่วงชักในการทำงานยาวมากนัก แต่จำเป็นจะต้องใช้แรงในการจับยึดสูง นอกจากลักษณะที่ได้ยกตัวอย่างไว้แล้ว ยังสามารถนำไปใช้งานประเภทดัด ปั๊มขึ้นรูป ย้ำหมุดทำเครื่องหมาย และงานเฉือน



รูปที่ 2.29 กระบอกสูบลักษณะพิเศษเฉพาะงาน
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.8 วาล์วควบคุมการไหล

มีหน้าที่เลือกทิศทางการไหลของลมอัดให้ไปตามทิศทางที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้อุปกรณ์ทำงาน เช่น กระบอกสูบลม มอเตอร์ลม สามารถทำงานได้และเคลื่อนที่ในทิศทางที่ถูกต้อง โดยใช้หลักการเปิด-ปิด ลมอัดจากรูลมอัดหนึ่งไปยังรูลมอัดอีกรูหนึ่ง จำนวนรูลมอัดของวาล์วควบคุมทิศทางการไหลมีอยู่หลายแบบ เช่น 2, 3, 4, 5 รูลมอัดซึ่งจะประกอบด้วยรูลมอัดสำหรับระบายลมทิ้ง (exhaust port) โดยทั่วไปวาล์วชนิดนี้นิยมเรียกว่า D.C.V (Directional Control Valves)

2.2.8.1 สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมการไหล

ในวงงานอุตสาหกรรมนิยมการใช้สัญลักษณ์ทั้งนี้เพราะรวดเร็ว ง่ายต่อการอ่าน หรือสามารถทำความเข้าใจการทำงานของระบบได้รวดเร็ว สัญลักษณ์ที่มีใช้กันมีอยู่หลายระบบ เช่น

1. ASA (American Standard Association)
2. ISO (International Standard Organization)
3. JIS (Japanese Industrial Standard)
4. JIN (Joint Industry Control)
5. DIN (Deutsche Industrie Norm)

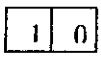
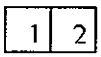
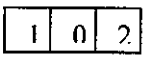
แต่ถ้าเข้าใจสัญลักษณ์ของระบบใดระบบหนึ่งแล้ว สามารถอ่านวงจรที่ใช้สัญลักษณ์ในระบบอื่นได้โดยไม่ยาก เพราะแต่ละระบบมีความแตกต่างกันไม่มากนัก การกำหนดสัญลักษณ์มักจะกำหนดจากหลักการทำงานที่เป็นจริงของอุปกรณ์นั้นๆ สำหรับสัญลักษณ์ที่จะเขียนลงไปนี้จะแสดงให้เห็นเฉพาะหน้าที่การทำงานเท่านั้น ไม่ได้แสดงถึงโครงสร้างภายใน โดยเขียนแทนด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัส ภายในจะมีเส้นและลูกศรแสดงทิศทางการไหล และกำหนดสัญลักษณ์ของรูที่ตัวของวาล์วด้วย เพื่อแสดงทิศทางการทำงานหรือแสดงการควบคุมการทำงานในวงจร การเขียนสัญลักษณ์จะใช้รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 1 รูป แทนตำแหน่งของวาล์ว 1 ตำแหน่ง ถ้าวาล์วควบคุมนี้มีตำแหน่งการทำงานหลายตำแหน่งก็จะมีรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหลายรูปติดต่อกัน เช่น วาล์วควบคุม 2 ตำแหน่งก็จะมีรูปสี่เหลี่ยม 2 รูปติดต่อกัน บางครั้งอาจแสดงตำแหน่งของวาล์วให้รู้ว่าตำแหน่งไหนเป็นตำแหน่งพัก ตำแหน่งทำงานที่ 1 หรือตำแหน่งทำงานที่ 2 โดยเขียนตัวเลขประกอบเข้าไปได้โดยกำหนดว่า

เลข 0 หมายถึงตำแหน่งปกติ คือตำแหน่งที่วาล์วไม่ถูกเลื่อน

เลข 1 หมายถึงตำแหน่งทำงานที่ 1

เลข 2 หมายถึงตำแหน่งทำงานที่ 2

ตาราง 2.12 การกำหนดสัญลักษณ์ของวาล์ว

สัญลักษณ์	ความหมาย
	วาล์วควบคุม 1 ตำแหน่ง
	วาล์วควบคุม 2 ตำแหน่งปกติ 1 ตำแหน่งและตำแหน่งทำงาน 1 ตำแหน่ง
	วาล์วควบคุม 2 ตำแหน่งเป็นตำแหน่งทำงานทั้ง 2 ตำแหน่ง
	วาล์วควบคุม 3 ตำแหน่ง มีตำแหน่งกลางเป็นตำแหน่งพัก (ปกติ) และมี 2 ตำแหน่งที่ทำงาน

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

การกำหนดสัญลักษณ์รูอุปกรณ์ มีวิธีการกำหนดอยู่ 3 วิธีคือ

1. กำหนดเป็นตัวอักษรย่อ เช่น Sup, Ex, IN, Out
2. กำหนดเป็นตัวอักษร เช่น A, B, P, R, X, Y
3. กำหนดเป็นตัวเลข เช่น 1, 2, 3, 4, 5, 12, 14

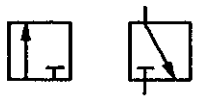
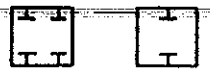
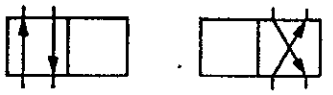
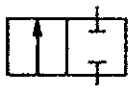
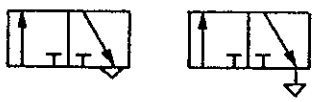
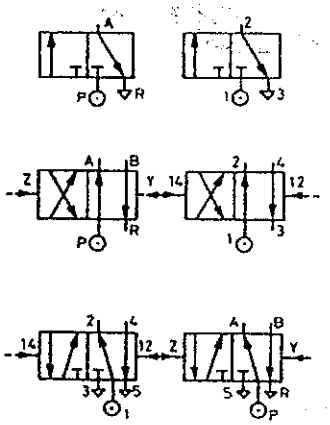
การเขียนสัญลักษณ์ของรูอุปกรณ์ เพื่อจะได้ทราบถึงรูใดของอุปกรณ์ทำหน้าที่อะไร โดยปกติตัววาล์วการกำหนดสัญลักษณ์ของรูอุปกรณ์มักกำหนดกับวาล์วที่มี 2 ตำแหน่งขึ้นไป จะเขียนกำกับไว้ที่สัญลักษณ์วาล์วตรงตำแหน่งพักหรือตำแหน่งปกติเท่านั้น ส่วนสัญลักษณ์วาล์วที่ไม่มีตำแหน่งพักหรือตำแหน่งปกติจะเขียนไว้ตำแหน่งที่ 2 โดยลากเส้นต่อออกนอกรอบรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสแล้วกำหนดสัญลักษณ์รูกำกับไว้ใกล้ ๆ เส้นนั้นเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการต่อวาล์วควบคุมในวงจร

ตาราง 2.13 การกำหนดสัญลักษณ์รูอุปกรณ์

หน้าที่	ตัวอักษรย่อ	ตัวอักษร	ตัวเลข
รูต่อลมอัดเข้าวาล์ว	Sup	P	1
รูต่อลมอัดไปใช้งาน	Out	A , B	2 , 4
รูระบายลมทิ้ง	Ex	R	3 , 5
รูต่อลมเข้าวาล์วควบคุมเพื่อผลในการบังคับให้วาล์วทำงาน	Singal IN	X , Y , Z	12 , 14

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

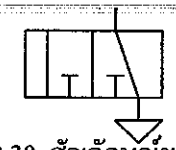
ตาราง 2.14 เส้นและหัวลูกศรที่เขียนเป็นสัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมทิศทาง

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ท่อทางภายในวาล์วมีรูต่อ 3 รู ให้ลมผ่านตลอดตามทิศทางหัวลูกศร ส่วนอีกรูหนึ่งถูกกั้นอยู่ แสดงด้วยเส้นขีดตัดสั้น ๆ
	ตำแหน่งของวาล์วที่รูต่อถูกปิดกั้นไม่ให้ลมผ่านไปได้
	ท่อภายในของวาล์วต่อร่วมกันตามทิศทางของหัวลูกศร
	ท่อทางภายในวาล์วต่อถึงกันแสดงด้วยจุดต่อจุดใหญ่
	แสดงถึงจุดต่อลม จะเขียนเฉพาะตำแหน่งพักหรือตำแหน่งปกติของวาล์วเท่านั้น โดยการขีดเส้นล้ำออกมานอกกรอบ
	แสดงถึงวาล์วที่มีการติดตั้งที่เก็บเสียง สัญลักษณ์รูป ▽ ติดกับกรอบสี่เหลี่ยม แสดงว่าการคลายลมอัดภายในของตัววาล์วเอง สัญลักษณ์รูป ▽ แสดงว่าการที่การคลายลมอัดสามารถต่อท่อหรือติดตัวเก็บเสียงได้โดยมีรูเกลียวขันเข้าไปได้
	แสดงถึงการกำหนดสัญลักษณ์รูอุปกรณ์ของวาล์วชนิดต่าง ๆ และสัญลักษณ์ ⊙ คือท่อเมนลมอัดที่ต่อเข้าวาล์วควบคุม คือ เข้ารูที่ P หรือรู 1 รูอุปกรณ์ A, B หรือ 2, 4 จะต่อไปใช้งาน รูอุปกรณ์ R หรือ 3, 5 คือรูระบายลมทิ้ง ส่วนรูอุปกรณ์ที่ให้สัญญาณ Z, Y หรือ 12, 14 เข้าไปทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวาล์ว

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.2.8.2 การกำหนดโค้ดของวาล์วควบคุม

เนื่องจากตำแหน่งของวาล์วจะแทนด้วยกรอบสี่เหลี่ยมจัตุรัสและภายในกรอบจะมีทางเดินของรูลมภายในวาล์วนั้น ๆ อยู่อาจจะมี 2, 3, 4, 5 รูต่อหนึ่งกรอบแล้วแต่ชนิดของวาล์ว เช่น วาล์วตัวหนึ่งมีรูภายในวาล์ว 3 รูต่อหนึ่งกรอบ และมีจำนวนกรอบติดกันอยู่ 2 กรอบ เรียกโค้ดของวาล์วชนิดนี้ว่า วาล์ว 3/2

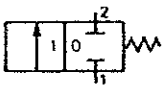
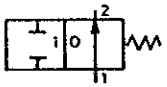
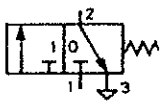
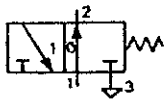
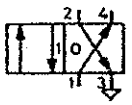


รูป 2.30 สัญลักษณ์ของวาล์ว 3/2

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

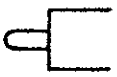
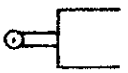
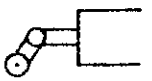
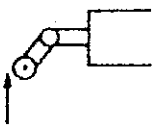
จากรูปที่ 2.30 ยังแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งปกติของวาล์วอีกด้วย โดยลมอัดที่มาจากท่อเมนไม่สามารถผ่านวาล์วตัวนี้ไปได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวเรียกตำแหน่งนี้ว่าปกติปิด และวาล์วตัวนี้ทำหน้าที่บังคับหรือควบคุมการทำงานของลมอัด ดังนั้นจึงเรียกวาล์วประเภทนี้ว่า 3/2 D.C.V ปกติปิด

ตาราง 2.15 สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมทิศทาง

สัญลักษณ์	ความหมาย
	วาล์วควบคุม 2 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติปิด หรือ 2/2 D.C.V. Normally Closed
	วาล์วควบคุม 2 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติเปิด หรือ 2/2 D.C.V. Normally Opened
	วาล์วควบคุม 3 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติปิด หรือ 3/2 D.C.V. Normally Closed
	วาล์วควบคุม 3 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติเปิด หรือ 3/2 D.C.V. Normally Opened
	วาล์วควบคุม 4 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง หรือวาล์ว 4/2 D.C.V. โดยตำแหน่งปกติจะมีลมเข้าหนึ่งท่อและลมระบายทิ้งออกอีกท่อหนึ่ง

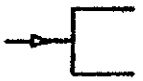
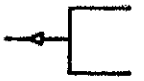
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

ตาราง 2.17 การบังคับการเลื่อนของวาล์วควบคุมโดยใช้กลไก

สัญลักษณ์	ลักษณะการทำงาน
	ใช้กลไกภายนอกกด
	ใช้สปริงดันให้อยู่ในตำแหน่งปกติ
	ใช้กลไกภายนอกกด เช่นก้านสูบกด สามารถกดให้ทำงานได้ทั้งสองทิศทาง
	ใช้กลไกภายนอกกด เช่นก้านสูบกด สามารถทำงานได้ทิศทางเดียว เช่น วาล์วทำงาน  วาล์วไม่ทำงาน

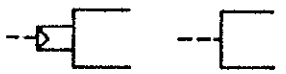
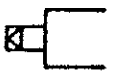
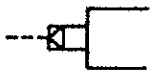
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

ตาราง 2.18 การบังคับการเลื่อนของวาล์วควบคุมโดยใช้ลมควบคุมทางตรง

สัญลักษณ์	ลักษณะการทำงาน
	ใช้สัญญาณลมดันให้วาล์วเลื่อนไปและเลื่อนกลับ
	ใช้สัญญาณลมระบายทิ้งให้วาล์วเลื่อนไปและเลื่อนกลับ
	ใช้สัญญาณลมดันให้วาล์วเลื่อน โดยใช้ความแตกต่างของพื้นที่หน้าตัดของวาล์ว

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

ตาราง 2.19 การบังคับการเลื่อนของวาล์วควบคุมโดยใช้ลมควบคุมทางอ้อม

สัญลักษณ์	ลักษณะการทำงาน
	ใช้ลมดันวาล์วให้เลื่อนผ่านลิ้นช่วยที่อยู่ภายในตัววาล์ว ดันให้เมนวาล์วเคลื่อนที่
	ใช้ลมเข้าดันแบบรีโมต
	ใช้ลมระบายทิ้งไปเลื่อนวาล์วโดยผ่านลิ้นช่วย ที่อยู่ภายในตัววาล์ว
	แบบระบายลมออกสู่อากาศ

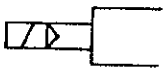
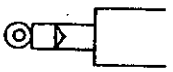
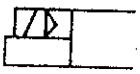
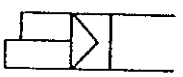
(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

ตาราง 2.20 การบังคับการเลื่อนของวาล์วควบคุมโดยใช้ไฟฟ้า

สัญลักษณ์	ลักษณะการทำงาน
	ใช้แม่เหล็กไฟฟ้ามีจำนวนขดลวดหนึ่งขด ให้วาล์วเลื่อน
	ใช้แม่เหล็กไฟฟ้ามีจำนวนขดลวดมากกว่า ขด ทำงานทิศทางเดียวกันเพื่อให้วาล์วเลื่อน
	ใช้แม่เหล็กไฟฟ้ามีจำนวนขดลวดมากกว่า ขด ทำงานในทิศทางตรงข้ามกันเพื่อให้วาล์วเลื่อน

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

ตาราง 2.21 การบังคับการเลื่อนของวาล์วควบคุมโดยใช้วิธีแบบผสม

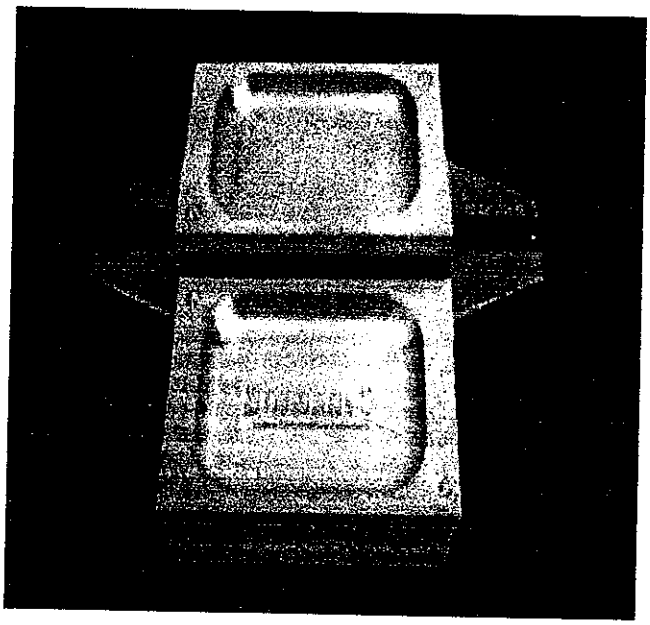
สัญลักษณ์	ลักษณะการทำงาน
	ใช้แม่เหล็กไฟฟ้าไปเปิดลม ให้ไปดันวาล์วเคลื่อนที่
	ใช้ลูกกลิ้งไปเปิดลมให้ไปดันวาล์วเคลื่อนที่
	ใช้แม่เหล็กไฟฟ้า หรือลมดัน อย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อไปเลื่อนวาล์ว
	ใช้แม่เหล็กไฟฟ้า หรือมือกดในการเลื่อนวาล์ว
	ใช้แม่เหล็กไฟฟ้าไปเปิดลม หรือมือกดในการเลื่อนวาล์ว
	ใช้แม่เหล็กไฟฟ้าไปเปิดลม หรือใช้มือกดไปเปิดลมในการเลื่อนวาล์ว

(ที่มา:นิวแมติกส์อุตสาหกรรม ,ปานเพชร ชินินทร)

2.3 แม่พิมพ์ (Mould)

แม่พิมพ์เป็นอุปกรณ์ที่มีส่วนสำคัญในการขึ้นรูป ขนาดรูปร่างของแม่พิมพ์นั้นขึ้นอยู่กับผู้ผลิตว่าต้องการให้แม่พิมพ์มีลักษณะอย่างไร วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์มีอยู่หลายชนิด เช่น ไม้ เหล็ก ทองเหลือง อะลูมิเนียม เป็นต้น แม่พิมพ์เป็นอุปกรณ์ที่บ่งชี้ขนาด รูปร่าง ของชิ้นงาน การสร้างแม่พิมพ์ควรสร้างให้มีความละเอียดพอสมควร ไม่ควรให้ภายในแม่พิมพ์มีร่องรอยขูดขีดมากนัก ทั้งนี้เมื่อทำการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ออกมา หากแม่พิมพ์มีรอยขูดขีด จะทำให้ชิ้นผลิตภัณฑ์ที่ได้ปรากฏรอยขูดขีดด้วย

ในอุตสาหกรรมที่ทันสมัย การออกแบบการสร้างแม่พิมพ์ มีการใช้โปรแกรมทางด้านคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการสร้าง โดยใช้โปรแกรม CAD CAM ส่วนในการสร้างแม่พิมพ์นั้นใช้เครื่องจักรที่ทันสมัยทำการสร้าง ทั้งนี้เพื่อให้แม่พิมพ์มีความละเอียดมากที่สุด ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพออกมา



รูปที่ 2.31 แม่พิมพ์สบู่
(ที่มา:ร้านเส็งแกะสลัก)

2.4 ทฤษฎีของแข็ง

2.4.1 คุณสมบัติของของแข็ง

ของแข็ง คือ สสารที่มีจำนวนมวลและมีรูปร่างที่แน่นอน ในทางวิศวกรรมจะอาศัยความรู้ทางด้านกลศาสตร์ของแข็งในการออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน ซึ่งคุณสมบัติของของแข็งที่ใช้ในการออกแบบมีดังนี้

ความเค้น (Stress) คือแรงที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัดที่รับแรง สามารถแบ่งได้ 3 ชนิดคือ

ความเค้นดึง (Tensile stress ; σ_t) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \qquad \text{.....(2.7)}$$

ความเค้นกด (Compression stress ; σ_c) สามารถคำนวณได้จากสมการ

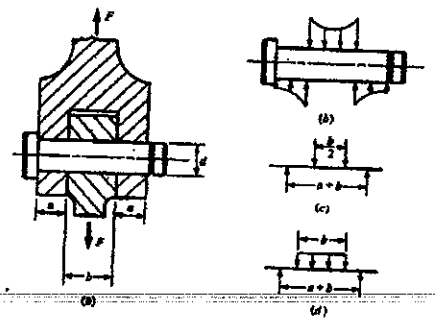
$$\sigma_c = \frac{F}{A} \qquad \text{.....(2.8)}$$

ความเค้นเฉือน (Shear stress ; τ) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\tau = \frac{S}{A_s} \qquad \text{.....(2.9)}$$

ถ้าพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานที่รับแรงเฉือนมีมากกว่าหนึ่งแห่งเช่นรูป 2.32 มี 2 จุดที่รับแรงเฉือน พื้นที่รับแรงเฉือนสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$A_s = 2 \times A \qquad \text{.....(2.10)}$$



รูปที่ 2.32 แสดงพื้นที่หน้าตัดรับแรงเฉือน
(ที่มา: กลศาสตร์ของวัสดุ)

คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ แรงเฉือนคราก (Yield strength in shear) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\tau_y = 0.6 \times \sigma_y \quad \text{.....(2.11)}$$

โดยที่ τ_y = ความเค้นเฉือนสูงสุดที่ไม่ทำให้วัตถุเกิดความเสียหาย (Pa)

σ_y = ความเค้นสูงสุดที่ไม่ทำให้วัสดุเกิดความเสียหาย (Pa)

2.4.2 การออกแบบคาน

คาน (Beam) คือ ชิ้นส่วนรับแรงในแนวตั้งฉากกับแกน ซึ่งเกิดความเสียหายเนื่องจากแรงเฉือน, ความเค้นดัด, และการยุบตัว สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะใช้เป็นข้อจำกัดในการออกแบบ แรงเฉือนของเหล็กโครงสร้างสามารถคำนวณได้จากสมการที่ ความเค้นดัดสูงสุดเกิดที่ผิวนอกสุดของคานที่ตำแหน่งที่โมเมนต์ดัด (Bending moment , σ_b) มีค่าสูงสุด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_b = \frac{Mc}{I} \quad \text{.....(2.12)}$$

โดยที่ σ_b = ความเค้นสูงสุด

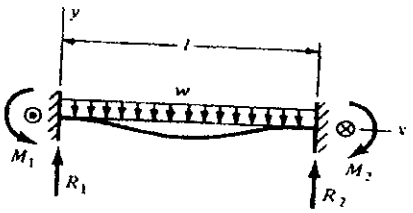
M = โมเมนต์ดัด

c = ระยะจากแกนสะเทิน (neutral axis)

I = โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่

ค่าโมเมนต์บิด (M) และแรงเฉือน (F_{Shear}) มีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

1. ใช้วิธี Superposition แยกแรงกระทำแต่ละแรงให้เป็นแรงกระทำ 1 แบบ ต่อ คาน 1 อัน
2. ใช้วิธี Double – Integration คำนวณหาระยะโก่งตัว, ค่าความลาดเอียง, โมเมนต์บิดแรงเฉือน และแรงกระจายเมื่อรู้ค่าใดค่าหนึ่ง, โมเมนต์บิดและปฏิกิริยาที่เกิดบนคานจะสามารถหาค่าอื่นๆ ได้ ซึ่งจากรูป 2.33 มีสมการดังนี้



รูปที่ 2.33 แสดงแรงกระจายปลายคานยึดแน่น
(ที่มา: กลศาสตร์ของวัสดุ)

$$w(x) = E \cdot I \frac{d^4y}{dx^4}$$

$$F_{Shear}(x) = E \cdot I \frac{d^3y}{dx^3} = \int w(x)dx + c_1$$

$$M(x) = E \cdot I \frac{d^2y}{dx^2} = \iint w(x)dxdx + c_1x + c_2$$

$$\theta(x) = E \cdot I \frac{dy}{dx} = \iiint w(x)dxdxdx + c_1x^2 + c_2x + c_3$$

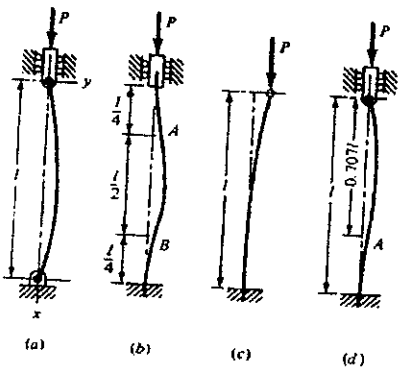
$$E \cdot I \cdot y = \iiiint w(x)dxdxdxdx + \frac{1}{6}c_1x^3 + \frac{1}{2}c_2x^2 + c_3x + c_4$$

แรงเฉือนที่เกิดบนคานสำหรับเหล็กโครงสร้าง สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$\tau_{max} = \frac{VQ}{It} \quad \text{.....(2.13)}$$

2.4.3 การออกแบบเสา

เสาทำหน้าที่รับแรงกดในแนวแกน ถ้ามีแรงไม่มากเสาที่เรียวยาวจะไม่เกิดความเสียหาย แต่ถ้าเพิ่มแรงมากขึ้นเสาจะเกิดการโก่งงอ ความดันที่เกิดขึ้นในเสาขณะที่จะเริ่มเกิดการโก่งงอ อาจต่ำกว่าความเค้นใช้งาน ดังนั้นการออกแบบจึงจำกัดแรงที่ทำให้เกิดการโก่งงอแทนการจำกัดความเค้น



รูปที่ 2.34 แสดงการยึดเสาด้วยวิธีต่างๆ
(ที่มา: กลศาสตร์ของวัสดุ)

ค่าความยาวสมมูล (Equivalent length ; L_e) ขึ้นอยู่กับลักษณะของปลายชิ้นงานที่ยึดอยู่ดังรูปที่ 2.34

รูป (a) ปลายยึดแบบธรรมดา (SS : Simple Support) $L_e = L$

รูป (b) ปลายยึดแน่นสองข้าง (CC : Clamped) $L_e = 0.5 \times L$

รูป (C) ปลายยึดแบบธรรมดา-ยึดแน่น (SC : Supported-Clamoped) $L_e = 0.707 \times L$

รูป (d) ปลายยึดแน่น-อิสระ (CF : Clamped-Free) $L_e = 2 \times L$

การคำนวณเสาจะต้องพิจารณาอัตราส่วนความเพรียวของเสา (Slenderness ratio) จากสมการ

$$\text{อัตราส่วนความเพรียวของเสา} = \frac{L_e}{k} \quad \text{.....(2.14)}$$

จาก รัศมีไจเรชั่น (k) $= \left(\frac{I}{A}\right)^{\frac{1}{2}}$

โดยที่ I = โมเมนความเฉื่อย (m^4)

L_e = ค่าความยาวสมมูล (m)

FS = Sefety factor

เมื่อ $\frac{L_e}{k} > 115$ จะใช้สูตรออยเลอร์ คำนวณที่เสาสามารถรับได้โดยที่ไม่เสียหาย ดังสมการ 2.15 และ 2.16

$$F = \frac{\pi^2 EA}{FS\left(\frac{L_e}{k}\right)^2} \quad \text{.....(2.15)}$$

$$F = \frac{\pi^2 EI}{FS(L_e)^2} \quad \text{.....(2.16)}$$

เมื่อ $40 < \frac{Le}{k} \leq 115$ จะใช้สูตรจอห์นสัน คำนวณหาแรงที่เสารับได้โดยไม่เสียหาย ดังสมการ 2.17

$$F = \frac{\sigma_y A}{FS}\left(1 - \frac{\sigma_y\left(\frac{L_e}{k}\right)^2}{4\pi^2 E}\right) \quad \text{.....(2.17)}$$

2.5 การกำหนดค่าความปลอดภัย

ค่าความปลอดภัย คือ ตัวเลขที่นำไปหารค่าแรงความต้านแรงดึง หรือแรงดึงครากของวัสดุเพื่อให้ได้ความเค้นใช้งาน (Work stress) หรือเรียกอีกอย่างว่า ความเค้นออกแบบ (Design stress) สามารถคำนวณได้ดังสมการ 2.18

$$N_y = \frac{\text{Yied stress}}{\text{Design stress}} \quad \text{..... (2.18)}$$

$$N_u = \frac{\text{Ultimate stress}}{\text{Design stress}} \quad \text{..... (2.19)}$$

ตารางที่ 2.22 ค่าความปลอดภัย

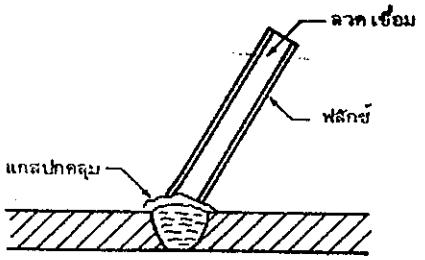
ชนิดของแรง	เหล็กเหนี่ยวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะเปราะ
	N_y	N_u	N_u
แรงอยู่นิ่ง	1.0-2.0	3.0-4.0	5.0-6.0
แรซ้ำทิศทางเดียว หรือแรงกระแทกเล็กน้อย	3	6	7.0-8.0
แรงซ้ำสองทิศทาง หรือแรงกระแทกเล็กน้อย	4	8	10.0-12.0
แรงกระแทกอย่างหนัก	5.0-7.0	10.0-15.0	15-20

(ที่มา : การออกแบบเครื่องจักรกล 1)

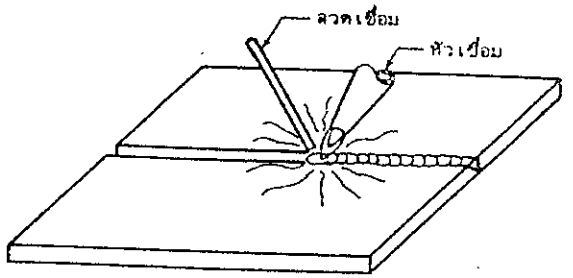
2.5 การเชื่อมต่อ

การเชื่อมต่อ (welded joints) เป็นวิธีการต่อชิ้นงานเข้าด้วยกัน ซึ่งนิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ สำหรับรอยเชื่อมซึ่งรับแรงสูง นิยมใช้วิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้า (arc welding) การเชื่อมด้วยแก๊ส (gas welding) และการเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า (resistant welding)

ปัญหาซึ่งวิศวกรออกแบบรอยเชื่อมต่อต้องพบอยู่เสมอก็คือ การที่ไม่สามารถที่จะคำนวณหาความแข็งแรงของรอยเชื่อมได้อย่างใกล้เคียงเหมือนเช่นการคำนวณเกี่ยวกับความแข็งแรงของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะยังไม่มีใครที่สามารถจะหาคำตอบของความเค้นที่เกิดขึ้นในรอยเชื่อมได้ดีพอ ดังนั้นในการคำนวณเกี่ยวกับรอยเชื่อมทั้งหมดจึงเป็นวิธีการประมาณค่าความเค้นอย่างคร่าว ๆ เท่านั้น อย่างไรก็ตามผลงานที่ได้จากการประมาณเหล่านี้ก็ได้ผ่านการใช้งานอย่างได้ผลดีมาแล้วในอดีต จนเป็นที่น่าเชื่อถือ ตัวอย่างการเชื่อมต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2.35 และ 2.36



รูปที่ 2.35 การเชื่อมไฟฟ้า
(ที่มา : การออกแบบเครื่องจักรกล 2)



รูปที่ 2.36 การเชื่อมด้วยแก๊ส
(ที่มา : การออกแบบเครื่องจักรกล 1)