

นิวแมติกส์ และนิวแมติกส์ไฟฟ้า เบื้องต้น

โดย... ฐิตารีย์ ถมยา

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)



สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

นิ่วแมติกส์ และ นิ่วแมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น

 **สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.**
โดย...
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

จิฑารีย์ ถมยา

 **สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.**
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

220.-

นิวแมติกส์และนิวแมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น

โดย ฐิตารีย์ ถมยา

ราคา 220 บาท

พิมพ์ครั้งที่ 1	ตุลาคม	2545	จำนวนพิมพ์	2,000	เล่ม
พิมพ์ครั้งที่ 2	พฤษภาคม	2546	จำนวนพิมพ์	1,000	เล่ม
พิมพ์ครั้งที่ 3	พฤศจิกายน	2546	จำนวนพิมพ์	1,000	เล่ม
พิมพ์ครั้งที่ 4	พฤศจิกายน	2547	จำนวนพิมพ์	1,000	เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดย สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
ห้ามลอกเลียนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

ฐิตารีย์ ถมยา.

นิวแมติกส์และนิวแมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น. - กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.
368 หน้า.

1. นิวแมติกส์. I. ชื่อเรื่อง.

621.51

ISBN 974-8329-98-4

จัดพิมพ์โดย



5-7 ซอยสุขุมวิท 29 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110
โทร. 0-2258-0320 (6 เลขหมายอัตโนมัติ), 0-2259-9160 (10 เลขหมายอัตโนมัติ)
<http://www.tpabookcentre.com>

ออกแบบปกและรูปเล่ม : งานออกแบบสิ่งพิมพ์ ส่วนตำราฯ

จัดจำหน่ายโดย

บริษัท ดวงกลมสมัย จำกัด

15/234 ซอยเสือใหญ่อุทิศ ถนนรัชดาภิเษก แขวงจันทระเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร. 0-2541-7375, 0-2930-6215 โทรสาร 0-2541-7377, 0-2930-7733
E-mail : dktoday@inet.co.th

พิมพ์ที่ : บริษัท พิมพ์ดีการพิมพ์ จำกัด โทร. 0-2919-1481, 0-2919-1489 โทรสาร 0-2919-1507

“ถ้ามีข้อผิดพลาดเนื่องจากการพิมพ์ ให้นำมาแลกเปลี่ยนได้ที่สมาคมฯ”

โทร. 0-2258-0320-5, 0-2259-9160-9 ต่อ 1560, 1570



ติดตามหนังสือออกใหม่ของ สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. ได้ที่



www.facebook.com/tpabook



www.twitter.com/Tpa_publishing

สอบถามเพิ่มเติม

Book4u@tpa.or.th



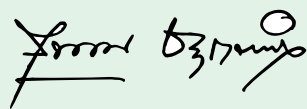
คำนำนายกสมาคม

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2516 ด้วยความร่วมมือร่วมใจกันของกลุ่มบุคคลที่ได้ผ่านการศึกษาในระดับต่าง ๆ จากประเทศญี่ปุ่น โดยได้รับความร่วมมือทางด้านทุนทรัพย์บางส่วนจาก The Japan-Thailand Economic Cooperation Society (JTECS) เพื่อใช้จ่ายในการดำเนินงานกิจกรรมของสมาคมฯ ซึ่งประกอบด้วย ฝ่ายสำนักพิมพ์ ฝ่ายภาษาและวัฒนธรรม ฝ่ายการศึกษาและฝึกอบรม ฝ่ายบริการอุตสาหกรรม และฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งแต่ละฝ่ายจัดดำเนินการโดยสมาชิกของสมาคมฯ ทำหน้าที่เป็นคณะที่ปรึกษารับผิดชอบบริหารงานให้เป็นไปตามเป้าหมาย

สำหรับฝ่ายสำนักพิมพ์ฯ โดยส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม มีนโยบายพื้นฐานคือการส่งเสริมและเร่งรัดให้มีการจัดพิมพ์หนังสือตำราทางเทคโนโลยีทุกประเภท รวมถึงหนังสือทางด้านการบริหารจัดการธุรกิจ อุตสาหกรรม ทั้งที่เป็นงานแปลโดยตรง งานแปลเรียบเรียง งานถอดความ งานรวบรวม งานแต่ง และงานสำรวจวิจัยทางด้านอุตสาหกรรม โดยที่สมาคมฯ มีความเห็นว่า หนังสือตำราภาษาไทย โดยเฉพาะในระดับอาชีวศึกษาและงานวิชาเทคโนโลยีต่าง ๆ ยังมีอยู่ในปริมาณจำกัดไม่พอเพียง ถ้าส่งเสริมให้มีหนังสือเช่นนี้เพิ่มขึ้นย่อมมีส่วนช่วยยกระดับมาตรฐานการศึกษาทางเทคโนโลยีให้สูงขึ้นและแพร่หลายขึ้นโดยปริยาย อีกทั้งยังช่วยสร้างสรรค์ปัญญา ความคิดริเริ่ม และความรู้ความเข้าใจอันถูกต้อง ซึ่งจะเป็นการปูรากฐานสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทย เป็นประโยชน์แก่สังคมอุตสาหกรรมโดยรวม

ปัจจุบัน สมาคมฯ ยังคงมีเจตนารมณ์อันแน่วแน่ที่จะขยายงานทุก ๆ ฝ่ายต่อไปอย่างไม่หยุดยั้งและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าด้วยเจตนารมณ์อันบริสุทธิ์ของสมาคมฯ ในการดำเนินกิจการที่มีใช้การแสวงหาผลกำไร หากมุ่งมั่นที่จะให้นักศึกษาและประชาชนได้มีโอกาสซื้อหาหนังสือตำราในราคาย่อมเยาเช่นนี้ คงเกิดประโยชน์แก่สังคมส่วนรวมทั้งในทางตรงและทางอ้อม และหากสถาบันการศึกษาใดต้องการใช้ส่วนหนึ่งส่วนใดเพื่อใช้ประกอบการศึกษา ทางสมาคมฯ ก็ได้จัดซื้อ แต่ใครขอให้ทำเรื่องขออนุญาตต่อทางสมาคมฯ ก่อน

อนึ่ง สมาคมฯ ใครขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างยิ่งต่อผู้เขียนและคณะผู้จัดทำที่ได้พากเพียรจนทำให้ตำราชุดนี้สำเร็จขึ้นมาได้ไว ๓ ที่นี้ด้วย



(นายสุพงศ์ ชยอุตสาหกรรมกิจ)

นายกสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

คำแถลงของสำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. โดยส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม วิวัฒนาการมาจากโครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม ซึ่งแต่เดิมใช้ชื่อว่า โครงการตำรา ซึ่งจัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2516 พร้อม ๆ กับการก่อตั้งสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยมุ่งหวังที่จะให้มีตำราทางด้านวิทยาการต่าง ๆ ทั้งในระดับอาชีวศึกษา และประชาชนทั่วไป เพื่อเพิ่มพูนความรู้ทางด้านช่างที่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้

ในระยะแรกนั้น ตำราที่ผลิตโดยโครงการตำรา ส่วนใหญ่จะเป็นหนังสือแปลจากต้นฉบับภาษาญี่ปุ่น ต่อมาจึงได้ขยายขอบข่ายของการจัดพิมพ์ครอบคลุมไปถึงงานแปลและเรียบเรียงจากต้นฉบับภาษาอื่น งานเรียบเรียง-เขียนตำราจากประสบการณ์ของผู้ชำนาญในแต่ละสาขา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอาจารย์จากสถาบันการศึกษา

ต่อมาในระยะ 4 - 5 ปีหลังจากการก่อตั้งสมาคมฯ โครงการตำราได้วิวัฒนาการเป็นโครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม และเป็นส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2539 พร้อม ๆ กับการขยายขอบข่ายหนังสือที่จัดพิมพ์เพิ่มเติม ได้แก่ หนังสือทางด้านการบริหารจัดการธุรกิจ การบริหารจัดการคุณภาพ และอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การดำเนินงาน

โดยที่หนังสือที่จัดพิมพ์โดยสมาคมฯ ได้รับการต้อนรับเป็นอย่างดีจากนักศึกษาและประชาชนทั่วไป ทางสมาคมฯ จึงใคร่ขอเชิญชวนให้ผู้เชี่ยวชาญในวงการอุตสาหกรรมและสถาบันการศึกษาได้ช่วยกันเขียน-เรียบเรียงหนังสือทางด้านเทคนิคอุตสาหกรรมและอื่น ๆ ให้แพร่หลายยิ่งขึ้น โดยสมาคมฯ ยินดีให้การสนับสนุนในด้านการจัดพิมพ์

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. ขอขอบคุณท่านผู้เขียน-เรียบเรียง และเจ้าหน้าที่ของสมาคมฯ ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการจัดพิมพ์หนังสือเล่มนี้ และหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะมีส่วนช่วยในการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศ และหากท่านผู้อ่านมีข้อชี้แนะประการใด ขอได้โปรดแจ้งให้ทางสำนักพิมพ์ทราบด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

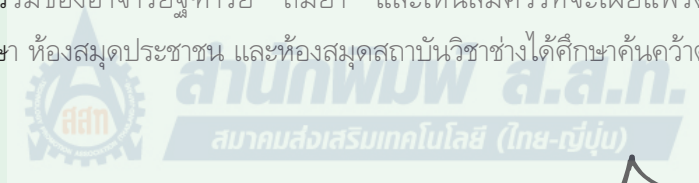


สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

คำนิยม

ในปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีเป็นไปอย่างรวดเร็วและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การเรียนการสอนวิชาชีพสาขาช่างอุตสาหกรรมก็ต้องพัฒนาให้ทันกับความเจริญและความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวด้วย อาจารย์ฐิฑฐารีย์ ถมยา เป็นผู้หนึ่งที่มีความคิดกว้างไกล จึงได้เรียบเรียงหนังสือนิวแมติกส์และนิวแมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น ซึ่งเป็นความรู้ทางไฟฟ้าเกี่ยวกับทฤษฎีและการปฏิบัติในระบบนิวแมติกส์และนิวแมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น ถือเป็นประโยชน์อย่างมากมาต่อการเรียนการสอนของครู-อาจารย์ นักเรียนและนักศึกษา รวมถึงผู้ที่สนใจศึกษา และผู้ที่ปฏิบัติงานในอาชีพที่เกี่ยวข้องก็จะได้รับประโยชน์จากหนังสือเล่มนี้เช่นกัน

ขอชมเชยในความมานะพยายาม และความคิดที่จะช่วยพัฒนาวิชาการทางช่างอุตสาหกรรมของอาจารย์ฐิฑฐารีย์ ถมยา และเห็นสมควรที่จะเผยแพร่ตำราเล่มนี้ให้แก่สถานศึกษา ห้องสมุดประชาชน และห้องสมุดสถาบันวิชาชีพได้ศึกษาค้นคว้าต่อไป



(นายไพฑูรย์ ชามาศย์)

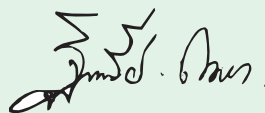
ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคลำปาง

คำนำ

หนังสือนิวแมติกส์และนิวแมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้นเล่มนี้ได้เรียบเรียงขึ้นเพื่อใช้เป็นหนังสือเรียนในวิชานิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น รหัส 2100-1008 สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พ.ศ. 2545 และสามารถนำไปใช้เรียนในวิชานิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์ รหัส 3100-0106 สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ซึ่งเป็นพื้นฐานในการเรียนวิชานิวแมติกส์ ตลอดจนผู้สนใจทั่วไป

เนื้อหาของหนังสือกล่าวถึงการนำลมอัดมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมอุปกรณ์ทำงานเพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ สัญลักษณ์ของอุปกรณ์นิวแมติก การควบคุมระบบนิวแมติกด้วยอุปกรณ์ลม และการควบคุมระบบนิวแมติกด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้า โครงสร้างของอุปกรณ์ตัวอย่างของวงจรต่าง ๆ พร้อมคำอธิบายตั้งแต่พื้นฐานจนถึงการนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างง่าย ๆ ผู้เรียนควรจะศึกษาบทที่ 1, 5, 6 และ 8 ก่อนตามลำดับ เพื่อให้เข้าใจระบบสัญลักษณ์ของอุปกรณ์นิวแมติก วงจรนิวแมติกเบื้องต้น และการเขียนรหัสและไดอะแกรมของวงจร จากนั้นจึงศึกษาบทที่ 2, 7, 3, 4, 9 และ 10 ซึ่งเป็นพื้นฐานทางด้านฟิสิกส์ อุปกรณ์ทำงาน การคำนวณค่าแรงของกระบอกสูบ ตัวอย่างการนำไปใช้งาน เครื่องอัดอากาศ ระบบทำความสะอาดลมอัด อุปกรณ์ความดันลมต่ำ และการควบคุมแบบแยกสัญญาณตามลำดับ ส่วนบทที่ 11 และ 12 เป็นระบบนิวแมติกไฟฟ้าเบื้องต้น ประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้า วาล์วทำงานด้วยไฟฟ้า และวงจรการควบคุมระบบนิวแมติกไฟฟ้า ซึ่งใช้ระบบไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ ผู้เรียนควรมีพื้นฐานความรู้วิชานิวแมติกส์และวิชาการควบคุมไฟฟ้ามาก่อน จะทำให้เข้าใจได้ง่ายมากขึ้น

ผู้เรียบเรียงขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์วิเชียร ธรรมสุจริต บริษัท เฟลโต้ ประเทศไทย จำกัด ผู้อำนวยการไฟบูลย์ ซามาตย์ คณะอาจารย์วิทยาลัยเทคนิคลำปาง ที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือและให้กำลังใจในการจัดเรียงหนังสือเล่มนี้จนสำเร็จเรียบร้อย



จิตธารีย์ ถมยา

สารบัญ

บทที่ 1 ระบบนิวแมติก 1

- 1.1 ประวัติความเป็นมาของระบบนิวแมติก 1
- 1.2 ระบบเครื่องจักรกลในอุตสาหกรรม 4
- 1.3 ระบบไฮดรอลิก 6
 - 1.3.1 เปรียบเทียบระบบนิวแมติกกับระบบไฮดรอลิก 7
- 1.4 ส่วนประกอบของระบบนิวแมติก 7
 - 1.4.1 ข้อดีของลมอัด 9
 - 1.4.2 ข้อเสียของลมอัด 10
- 1.5 สัญลักษณ์ในระบบนิวแมติก 10

แบบทดสอบบทที่ 1 32

แบบฝึกหัดบทที่ 1 34



สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

บทที่ 2 พื้นฐานทางฟิสิกส์ของระบบนิวแมติก 35

- 2.1 หลักการเบื้องต้นทางด้านฟิสิกส์ 35
 - 2.1.1 ความดัน 35
 - 2.1.2 แรง 39
 - 2.1.3 อุณหภูมิ 39
 - 2.1.4 ความชื้น 39
- 2.2 คุณสมบัติของอากาศ 42
 - 2.2.1 กฎของบอยล์-แมริออต 42
 - 2.2.2 กฎของเกย์-ลูสแซก หรือกฎของชาร์ลส์ 44

แบบทดสอบบทที่ 2 47

แบบฝึกหัดบทที่ 2 49

บทที่ 3 การผลิตลมอัด 51

3.1 เครื่องอัดอากาศหรือคอมเพรสเซอร์	51
3.2 ชนิดของเครื่องอัดอากาศ	52
3.2.1 เครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบ	53
3.2.2 เครื่องอัดอากาศชนิดไดอะแฟรม	57
3.2.3 เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดเลื่อน	58
3.2.4 เครื่องอัดอากาศชนิดสกรู	60
3.2.5 เครื่องอัดอากาศชนิดใบพัดหมุน	62
3.2.6 เครื่องอัดอากาศชนิดกังหันหรือกระแสดอากาศ	63
3.3 การพิจารณาเลือกชนิดและขนาดของเครื่องอัดอากาศ	65
3.4 การควบคุมและการบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ	66
3.4.1 ควบคุมแบบเปิด-ปิด	66
3.4.2 ควบคุมแบบอันโพลดิงเรกูลেশัน	67
3.4.3 การบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ	67
3.4.4 การอนุรักษ์พลังงานในระบบเครื่องอัดอากาศ	68
3.5 ถังเก็บลมอัด	68
3.6 ท่อลมอัด	69
3.6.1 การเลือกวัสดุสำหรับเป็นท่อส่งลมอัดและท่อที่ใช้กับเครื่องจักร	69
3.6.2 การติดตั้งท่อส่งลมอัด	70
3.6.3 การวางท่อส่งลมอัด	71
3.6.4 การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อส่งลมอัด	72

แบบทดสอบบทที่ 3 77

แบบฝึกหัดบทที่ 3 79

บทที่ 4 การเตรียมลมอัด 81

4.1 ระบบทำความสะอาดลมอัด	81
4.2 เครื่องระบายความร้อนของลมอัด	83
4.2.1 เครื่องระบายความร้อนชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ	84
4.2.2 เครื่องระบายความร้อนชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ	85
4.3 เครื่องทำอากาศแห้ง	86
4.3.1 เครื่องทำอากาศแห้งชนิดใช้สารดูดความชื้น	86

4.3.2	เครื่องทำอากาศแห้งชนิดใช้สารดูดซับความชื้น	87
4.3.3	เครื่องทำอากาศแห้งชนิดลดอุณหภูมิให้ต่ำ หรือชนิดใช้เครื่องทำความเย็น	88
4.4	เครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด	89
4.5	ชุดควบคุมและปรับปรุงคุณภาพลมอัด หรือชุดบริการลมอัด หรือเซอร์วิสเซียวูนิต	90
4.5.1	อุปกรณ์กรองอากาศ	91
4.5.2	อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น	92
4.5.3	อุปกรณ์ควบคุมความดัน	94
4.5.4	เกจวัดความดัน	97
4.5.5	วิธีเลือกชุดควบคุมและปรับปรุงคุณภาพลมอัด หรือชุดบริการลมอัด หรือเซอร์วิสเซียวูนิต	98
4.5.6	การบำรุงรักษาชุดควบคุมและปรับปรุงคุณภาพลมอัด หรือชุดบริการลมอัด หรือเซอร์วิสเซียวูนิต	98
แบบทดสอบบทที่ 4		100
แบบฝึกหัดบทที่ 4		102



สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

บทที่ 5 วาล์วในระบบนิวแมติก : วาล์วควบคุมทิศทาง 103

5.1	วาล์วควบคุมทิศทาง	104
5.1.1	สัญลักษณ์แสดงการทำงานของวาล์ว	104
5.1.2	การบังคับวาล์วควบคุมทิศทางให้ทำงาน	108
5.2	โครงสร้างของวาล์วควบคุมทิศทาง	112
5.2.1	วาล์วแบบพอฟเฟต	113
5.2.2	วาล์วแบบเลื่อน	125
5.3	วงจรควบคุมการทำงานของกระบอกสูบ	133
5.3.1	การควบคุมโดยตรง	133
5.3.2	การควบคุมโดยทางอ้อม	138
5.4	นิวแมติกกรีตสวิทช์ หรือนิวแมติกพรอกซิมิตีสวิทช์	142
แบบทดสอบบทที่ 5		144
แบบฝึกหัดบทที่ 5		146

บทที่ 6 วาล์วในระบบนิวแมติก : วาล์วควบคุมอัตราการไหล 147

6.1	วาล์วควบคุมอัตราการไหล	147
6.1.1	วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับการไหลไม่ได้	148
6.1.2	วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับการไหลได้	149
6.2	วาล์วควบคุมอัตราการไหลทางเดียว	151
6.2.1	วาล์วกันกลับ หรือเช็ควาล์ว	151
6.2.2	วาล์วกันกลับสองทาง หรือซัตเทิลวาล์ว หรือดับเบิลคอนโทรลวาล์ว หรือดับเบิลเช็ควาล์ว	153
6.2.3	วาล์วความดันสองทาง หรือวาล์วลมคู่	157
6.2.4	วาล์วปรับอัตราการไหลทางเดียว หรือเรสตริกเตอร์เช็ควาล์ว หรือสปัดคอนโทรลวาล์ว หรือทอลเทิลรีลีฟวาล์ว	161
6.2.5	วาล์วคายไอลีเยเร็ว	165
6.3	วาล์วควบคุมความดัน	167
6.3.1	เพรสเซอร์เรกูเลติงวาล์ว หรือวาล์วปรับลดความดัน	167
6.3.2	เพรสเซอร์ลิมิตติงวาล์ว หรือวาล์วจำกัดความดัน	169
6.3.3	ซีควนซ์วาล์ว หรือวาล์วจัดลำดับ	170
6.4	วาล์วปิด-เปิด และวาล์วผสม	172
6.4.1	วาล์วปิด-เปิด	172
6.4.2	วาล์วตั้งเวลาหรือวาล์วหน่วงเวลา	173
แบบทดสอบบทที่ 6		178
แบบฝึกหัดบทที่ 6		180

บทที่ 7 อุปกรณ์ทำงานในระบบนิวแมติก 183

7.1	อุปกรณ์ทำงานในแนวเส้นตรง	183
7.1.1	กระบอกสูบทางเดียว	183
7.1.2	กระบอกสูบทำงานสองทาง หรือกระบอกสูบสองทาง	187
7.1.3	กระบอกสูบชนิดโครงสร้างพิเศษ	194
7.1.4	การติดตั้งกระบอกสูบแบบต่าง ๆ	195
7.1.5	ความยาวช่วงชักของลูกสูบ	195
7.2	อุปกรณ์ทำงานในแนวหมุน	196
7.2.1	มอเตอร์ลม	196

7.2.2	กระบอกสูบหมุน	200
7.3	การคำนวณหาค่าแรงของกระบอกสูบ	202
7.4	การคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองลม	206
7.4.1	สูตรในการคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองลมโดยคิดอัตราส่วนการอัด	207
7.4.2	สูตรในการคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองลมโดยใช้ตาราง	209
7.5	การคำนวณหาความเร็วของลูกสูบ	213
7.6	ตัวอย่างการใช้งานระบบนิวแมติก	215
แบบทดสอบบทที่ 7		221
แบบฝึกหัดบทที่ 7		223

บทที่ 8 การเขียนรหัสอุปกรณ์และไดอะแกรมการทำงานของวงจรนิวแมติก 225

8.1	การกำหนดรหัสตำแหน่งของวาล์ว	225
8.2	การกำหนดหรือให้รหัสอุปกรณ์ หรือวิธีแสดงขั้นตอนการทำงานในวงจรนิวแมติก	226
8.2.1	การเขียนรหัสอุปกรณ์โดยใช้ตัวเลข	227
8.2.2	การเขียนรหัสอุปกรณ์โดยใช้ตัวอักษร	230
8.3	การใช้ไดอะแกรมแสดงการทำงานของอุปกรณ์ในขอบเขตของงาน	235
8.3.1	ไดอะแกรมการเคลื่อนที่	235
8.3.2	ไดอะแกรมควบคุม	243
8.3.3	ไดอะแกรมการทำงาน	244
8.4	การเขียนรหัสของอุปกรณ์ในวงจรนิวแมติกตามระบบ DIN ISO 1219	245
แบบทดสอบบทที่ 8		250
แบบฝึกหัดบทที่ 8		252

บทที่ 9 อุปกรณ์ความดันลมต่ำ 253

9.1	แอร์เกต หรือแอร์แบรีเออร์	253
9.2	รีเฟล็กซ์เซ็นเซอร์ หรือฟลูอิดิกพรอกซิมิตีเซ็นเซอร์	255
9.3	แบ็กเพรสเซอร์เซ็นเซอร์ หรืออิมแพคนอชเชิล	257
9.4	วาล์วขยายสัญญาณ	259

9.4.1	วาล์วขยายสัญญาณแบบทำงานจังหวะเดียว	259
9.4.2	วาล์วขยายสัญญาณแบบทำงาน 2 จังหวะ	260
9.5	การใช้สัญญาณด้วยลมอัด	261
9.5.1	อุปกรณ์สร้างสัญญาณ และหัวยางดูดแบบหลักการหัวฉีด	261
9.5.2	อุปกรณ์สร้างสัญญาณ และหัวดูดแบบมีถังเก็บลม	262
9.5.3	อุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณสัญญาณเป็นสัญญาณลมอัด	263
9.5.4	อุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณสัญญาณให้เป็นสัญญาณนิวแมติก-ไฟฟ้า	263
แบบทดสอบบทที่ 9		266
แบบฝึกหัดบทที่ 9		268

บทที่ 10 การควบคุมแบบแยกสัญญาณ..... 269

10.1	การควบคุมแบบแคสเคด	269
10.2	การควบคุมแบบชิฟต์รีจิสเตอร์	277
10.2.1	แบบโมดูล A	282
10.2.2	แบบโมดูล B	283
10.2.3	แบบโมดูล C	285
แบบทดสอบบทที่ 10		288
แบบฝึกหัดบทที่ 10		290

บทที่ 11 อุปกรณ์ไฟฟ้าและวาล์วทำงานด้วยไฟฟ้า..... 291

11.1	อุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้าที่ใช้ในระบบควบคุมนิวแมติกไฟฟ้า	291
11.1.1	สวิตช์ปุ่มกด	291
11.1.2	สวิตช์กดค้างตำแหน่ง	294
11.1.3	ลิมิตสวิตช์ หรือสวิตช์จำกัดระยะ	295
11.1.4	รีดสวิตช์ หรือสวิตช์แม่เหล็ก	296
11.1.5	สวิตช์ความดัน	298
11.1.6	สวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้า หรือรีเลย์ หรือคอนแทกเตอร์	299
11.1.7	รีเลย์ตั้งเวลา	302
11.1.8	อุปกรณ์นับจำนวน	304
11.1.9	อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณหรือเซ็นเซอร์	305

11.2	วาล์วทำงานด้วยไฟฟ้า หรือโซลินอยด์วาล์ว หรือขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า	307
11.2.1	ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า	307
11.2.2	วาล์ว 2/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง (วาล์วแบบนั่งป่า)	308
11.2.3	วาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง (วาล์วแบบนั่งป่า)	309
11.2.4	วาล์ว 4/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าและลมช่วย เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง (วาล์วแบบนั่งป่า)	310
11.2.5	วาล์ว 4/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เลื่อนลิ้นกลับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า (วาล์วแบบลูกสูบเลื่อน)	311
11.2.6	วาล์ว 5/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าและลมช่วย เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง (วาล์วแบบลูกสูบเลื่อน)	312
11.2.7	วาล์ว 4/2 เลื่อนลิ้นไปและเลื่อนลิ้นกลับด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า และลมช่วย (วาล์วแบบลูกสูบและแผ่นเลื่อน)	313
11.2.8	วาล์ว 5/2 เลื่อนลิ้นไปและเลื่อนลิ้นกลับด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า และลมช่วย (วาล์วแบบลูกสูบเลื่อน)	314
11.2.9	วาล์ว 5/4 เลื่อนลิ้นไปและเลื่อนลิ้นกลับด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า และลมช่วย (วาล์วแบบนั่งป่า)	315
แบบทดสอบบทที่ 11		318
แบบฝึกหัดบทที่ 11		320

บทที่ 12 วงจรนิวแมติกไฟฟ้าพื้นฐาน 321

12.1	การเขียนวงจรควบคุมการทำงานของระบบนิวแมติกไฟฟ้า	321
12.1.1	วงจรควบคุมโดยตรง	322
12.1.2	วงจรควบคุมโดยทางอ้อม	323
12.2	การควบคุมกระบอกสูบให้ทำงานกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ	326
12.3	การควบคุมกระบอกสูบให้ทำงานแบบต่อเนื่อง	337
12.4	การควบคุมโดยใช้สวิทช์ที่ทำงานโดยไม่ต้องสัมผัส	341
แบบทดสอบบทที่ 12		345
แบบฝึกหัดบทที่ 12		349

บรรณานุกรม 350

1

ระบบนิวแมติก

มนุษย์เรารู้จักนำพลังงานจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์นานแล้ว เช่น การสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ กังหันน้ำ โดยใช้ประโยชน์จากพลังงานน้ำ การเล่นเรือใบ โรงสีลม กังหันลม โดยใช้ประโยชน์จากพลังงานลม เป็นต้น ต่อมาในคริสต์ศตวรรษที่ 17 ได้มีผู้ค้นคว้าเกี่ยวกับระบบลมอัดหรือระบบนิวแมติก เพื่อนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมและได้มีวิวัฒนาการมาตราบเท่าทุกวันนี้



สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

1.1

ประวัติความเป็นมาของระบบนิวแมติก

ระบบนิวแมติก หมายถึง ระบบการทำงานโดยใช้อากาศเป็นตัวส่งกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ทำงานของเครื่องจักรต่าง ๆ เช่น กระบอกสูบลม หรือมอเตอร์ลม เป็นต้น

นิวแมติก (pneumatic) มาจากคำว่า นิวมา (pneuma) เป็นภาษากรีกโบราณ หมายถึง ลมหรือลมหายใจ ทางปรัชญา หมายถึง วิญญาณ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับลมและลมที่เคลื่อนที่ ลมอัดจึงเป็นพลังงานเก่าแก่ที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้ประโยชน์เป็นเวลาหลายพันปีมาแล้ว

ประมาณ 3,000 ปี ก่อนคริสต์ศักราช มนุษย์ได้รู้จักวิธีการถลุงแร่ ทองคำ ทองแดง ดีบุก และใช้ลูกสูบเป่าไฟช่วยในการถลุงแร่ ต่อมาเทซิเบียส (Ktesibios) ชาวกรีกโบราณได้สร้างปืนใหญ่โดยใช้ลมอัดเป็นตัวส่งกำลังเมื่อ 2,000 กว่าปีมาแล้ว และคนป่าได้ใช้ลมอัดเป่าลูกดอกจากกระบอกไม้ไผ่สำหรับหาอาหารหรือป้องกันตัว

ในส่วนของการพัฒนาการทางอุตสาหกรรม มีการคิดค้นเครื่องมือที่ใช้ลมอัดเป็นตัวส่งกำลัง เช่น การทำเหมืองแร่ การเจาะอุโมงค์ การสร้างทางรถไฟ ก่อนปี ค.ศ. 1860 เจอร์เมน ซัมเมลเลอร์ (Germain Soommeiller) ได้ประดิษฐ์เครื่องเจาะหินสร้างอุโมงค์ที่เมาท์ซีนิส (Mt. Cenes) ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 1927 บริษัท มาสชีเนนเฟabrik เอสลิงเจน (Maschinenfabrick Esslingen) ประเทศเยอรมนี ได้สร้างรถจักรดีเซลที่ใช้นิวแมติกเป็นตัวส่งกำลัง โดยใช้มอเตอร์ชนิดดีเซลขับเคลื่อนไปยังกระบอกสูบ 2 ตัวโดยผ่านตัวปรับความดันทำงานองเดียวกับแรงอัดของไอน้ำ แต่มีปัญหาข้อยุ่งยากมากจึงไม่มีการสร้างรถจักรดีเซลนิวแมติก ปัจจุบันรถจักรดีเซลจะทำงานโดยใช้ไฮดรอลิกเป็นตัวส่งกำลัง และยังมีเครื่องมือขนาดเล็กที่ใช้หลักการลมอัด เช่น ค้อนลม เครื่องไสไม้ ส่วน เครื่องขัดกระดาษทราย เครื่องเลื่อย เป็นต้น

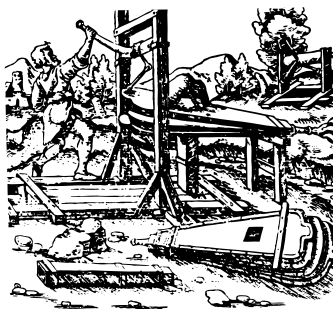
การใช้เครื่องจักรแทนแรงคน ทำให้ลมอัดเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยวิวัฒนาการจากการใช้ระบบการทำงานง่าย ๆ แบบธรรมดามาเป็นการทำงานโดยอัตโนมัติ เช่น เบรกลมของรถไฟ การจับยึดชิ้นงาน สายพานลำเลียง แขนกล (robot) และอื่น ๆ



(ก) คนเป่าลูกดอกยิงสัตว์



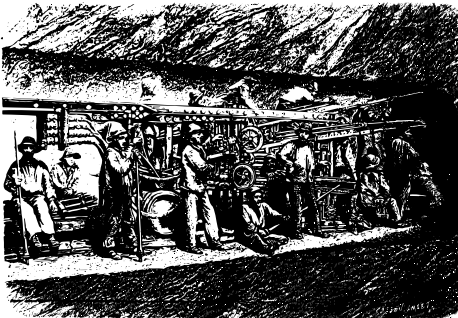
(ข) ปั่นใหญ่ทำงานด้วยลมอัด



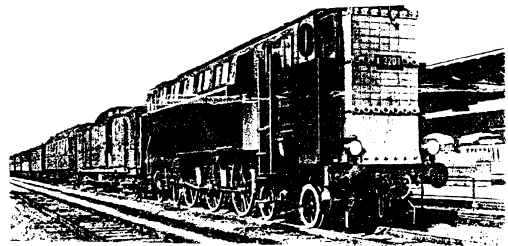
(ค) ลูกสูบลมเป่าไฟโดยใช้มือโยก

รูปที่ 1.1 การใช้ลมอัดในสมัยโบราณ¹

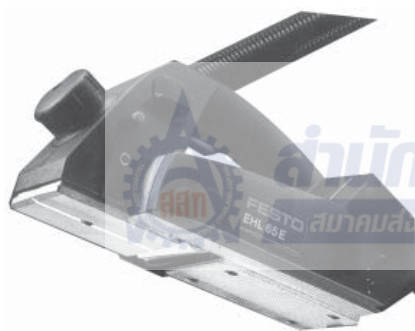
¹ Festo, "Festo cybernetic the answer to cost-effective automation", in **A worldwide company**, (n.p. : n.d.), p. 13.



รูปที่ 1.2 รถเจาะอุโมงค์ติดตั้งเครื่องเจาะหิน
โดยใช้ความดันลมอัด 6 บาร์²



รูปที่ 1.3 รถจักรดีเซลที่ใช้นิวแมติกเป็น
ตัวส่งกำลัง ค.ศ. 1927³



(ก) เครื่องไล่ไม้



(ข) เครื่องชักกระต่ายทราย

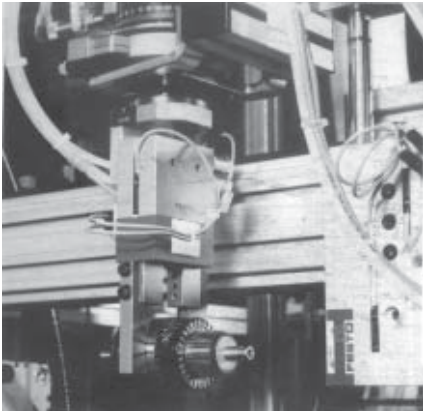


(ค) เครื่องเลื่อย

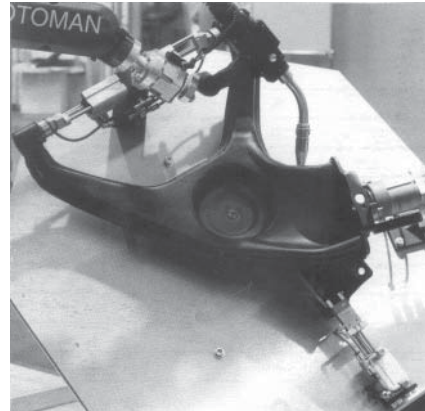
รูปที่ 1.4 เครื่องมือที่ทำงานด้วยลมอัด

² Festo, **Pneumatics Course for Vocational Training**, แปลโดยบริษัท เทคนิคคอมแอนจิเนียริ่ง จำกัด. เอกสารประกอบการฝึกอบรม เรื่องนิวแมติกส์เบื้องต้น
ณ บริษัท เทคนิคคอมแอนจิเนียริ่ง จำกัด 16-20 เมษายน 2531, หน้า 11. (อัสสโน)

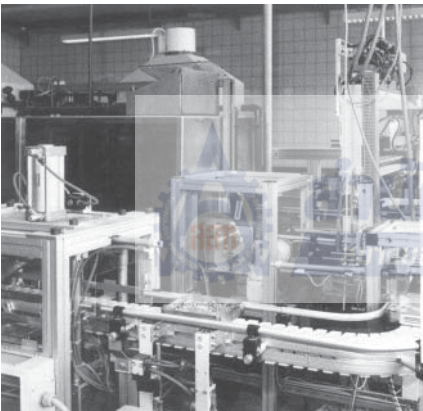
³ เรื่องเดียวกัน, หน้า 9.



(ก) การจับยึดชิ้นงาน



(ข) แขนกลและการจับชิ้นงาน



(ค) สายพานลำเลียง



(ง) แขนกลประกอบรถยนต์

รูปที่ 1.5 เครื่องจักรกลที่ทำงานโดยอัตโนมัติโดยใช้ลมอัดเป็นต้นกำลัง⁴

1.2 ระบบเครื่องจักรกลในอุตสาหกรรม

ในอุตสาหกรรมมีการผลิตเครื่องจักรที่นำมาใช้แทนแรงงานคนได้โดยใช้พลังงานต่าง ๆ ช่วยเป็นต้นกำลัง เช่น พลังงานความร้อน ก๊าซ น้ำมัน ไฟฟ้า ปัจจุบันความหมายได้แยกออกเป็นหลายประเภทตามระบบการควบคุมคือ

⁴ Festo, "Festo trusted leader", in **A worldwide company**, p. 11.

1. **ระบบเครื่องกล** เป็นการออกแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ทำงานให้มีประสิทธิภาพและมาตรฐาน เช่น เครื่องทอผ้า เครื่องจักรกลต่าง ๆ
2. **ระบบไฟฟ้า** เป็นระบบที่ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าให้สามารถควบคุมระยะไกลได้ และทำงานได้รวดเร็วโดยใช้สวิตช์ รีเลย์ เช่น ลิฟต์ สายพานลำเลียง
3. **ระบบอิเล็กทรอนิกส์** เป็นการพัฒนาเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ควบคุมระบบอัตโนมัติแทนระบบไฟฟ้าที่ยุ่งยากและเสียง่าย เช่น นำเอาโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลมาใช้แทนรีเลย์ การใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมระบบการทำงานต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม
4. **ระบบนิวแมติก** เป็นระบบที่มีลักษณะคล้ายระบบเครื่องกล แต่การทำงานจะมีชิ้นส่วนเฉพาะตัวแต่ทำงานต่อเนื่องกัน คือ กระบอกสูบลม มอเตอร์ลม การทำงานอาศัยความดันลมอัดเป็นตัวกำลัง การควบคุมใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
5. **ระบบไฮดรอลิก** ลักษณะการทำงานคล้ายกับระบบนิวแมติก แต่ใช้น้ำมันไฮดรอลิกเป็นตัวส่งถ่ายพลังงาน โดยมีข้อแตกต่างจากระบบนิวแมติกคือ
 - (1) มีระบบหล่อลื่นด้วยตนเอง
 - (2) สามารถรับน้ำหนักได้มากกว่า
 - (3) อุปกรณ์ต้องแข็งแรงเพราะใช้แรงดันสูงประมาณ 60 บาร์
 - (4) อุปกรณ์ราคาแพง
 - (5) กระบอกสูบแต่ละตัวทำงานด้วยตัวถังของตัวเอง เช่น รถยก เครื่องขึ้นรูปโลหะ เป็นระบบที่มีอายุการใช้งานยาวนาน ทำงานด้วยความเที่ยงตรง การควบคุมใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

เมื่อเปรียบเทียบกับระบบนิวแมติกและไฮดรอลิกกับระบบไฟฟ้าในการนำมาใช้งานในระบบอุตสาหกรรมจะประกอบด้วย

1. ต้นกำลังของระบบนิวแมติกและไฮดรอลิก คือ เครื่องอัดอากาศหรือคอมเพรสเซอร์ ปัม্প ส่วนระบบไฟฟ้า คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
2. อุปกรณ์ควบคุมของระบบนิวแมติกและไฮดรอลิก คือ วาล์วควบคุมทิศทาง วาล์วปรับอัตราไหล วาล์วควบคุมความดัน ส่วนระบบไฟฟ้า คือ สวิตช์ รีเลย์
3. อุปกรณ์ทำงานของระบบนิวแมติกและไฮดรอลิก คือ กระบอกสูบ มอเตอร์ลม มอเตอร์ไฮดรอลิก ส่วนระบบไฟฟ้า คือ มอเตอร์ หลอดไฟ
4. ตัวส่งกำลังของระบบนิวแมติกและไฮดรอลิก คือ ท่อลม ท่อไฮดรอลิก ส่วนระบบไฟฟ้า คือ สายไฟ