



## รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็น

DESIGN FOR DEVELOP EFFICACY OF ROBOT DRAIN HOSE INSPECTION

ณัฐวัฒน์ ทรงมณี

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ	การออกแบบเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็น
นักศึกษา	นายณัฐวัฒน์ ทรงมณี
ภาควิชา	วิศวกรรมการวัดและควบคุม
อาจารย์นิเทศ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์
ผู้นิเทศ	นายพิชยภูมิ คูหาทอง
สถานประกอบการ	บริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด

### บทคัดย่อ

โครงการการออกแบบเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นเป็นโครงการที่ผู้จัดทำ และ บริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด ร่วมกันจัดทำเนื่องกระบวนการทำงานหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB (RB Robot Drain Hose Inspection) รอบการทำงาน (Cycle Time) ยังเหลือเวลาค่อนข้างมาก จึงมีแนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพระบบอัตโนมัติ (Automation) ในสายการผลิตโรงงานตู้เย็น (Refrigerator Plant) ให้สามารถทำงานได้สองกระบวนการผลิต เพื่อเป็นแนวทางในการลดกำลังคนในสายการผลิต ลดขั้นตอนในการผลิต และใช้เวลาในการทำงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทำให้ลดระยะเวลาในการรอก่อนเข้ากระบวนการถัดไป ทำการออกแบบกระบวนการทำงาน และออกแบบโครงสร้างกริปเปอร์ (Gripper) สำหรับหุ่นยนต์ในโปรแกรมโซลิดเวิร์ค 2018 (Solidworks 2018) ประมวลผลเวลาในกระบวนการทำงานในโปรแกรม K-Roset ของ Kawasaki ทำการประกอบตัวอย่างชิ้นงานที่ออกแบบมาเพื่อทดสอบว่าสามารถทำงานได้จริงในกระบวนการประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น (Cover Urethane)

**คำสำคัญ:** หุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB (RB Robot Drain Hose Inspection)/รอบการทำงาน (Cycle Time)/ระบบอัตโนมัติ (Automation)/กริปเปอร์ (Gripper)/โปรแกรมโซลิดเวิร์ค 2018 (Solidworks 2018)

**Project Title** Design for Develop Efficacy of Robot Drain Hose Inspection  
**Researcher** Mr. Natthawat Songmanee  
**Department** Instrumentation and Control Engineering  
**Advisor** Assistant Professor Dr. Noppadol Maneerat  
**Mentor** Mr. Phitchayapoom Kuhathong  
**Company** Thai Samsung Electronics Company Limited

## ABSTRACT

Design for develop efficacy of robot drain hose inspection project which is cooperation between researcher and Thai Samsung Electronics Co., Ltd because of RB Robot Drain Hose Inspection process has quite a lot surplus time in cycle time therefore that have a concept to increase efficacy robot in this process to be able to work in two production processes of automation in line conveyor of refrigerator plant. This concept for reduce man power, process in line conveyor and use the time of work for maximum benefit to decrease waiting time to the next process. Design working process and structure of robot gripper by using program Solidworks 2018 and Simulation time working process by using K-Roset Kawasaki program. Making sample parts for testing that can insert cover urethane.

**Keywords:** RB Robot Drain Hose Inspection/Cycle Time/Automation/Gripper/Solidworks 2018

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โครงการนี้เกิดขึ้นได้เนื่องจากการอนุเคราะห์จากบริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด ที่ให้โอกาสในการนำโครงการไปศึกษาเรียนรู้และประกอบเป็นส่วนหนึ่งในการศึกษา รวมไปถึงการอนุมัติให้ผู้จัดทำเข้ารับการฝึกงานสหกิจศึกษากับทางบริษัท

ขอขอบพระคุณบุคลากรแผนก PI (Production Innovation) โรงงานตู้เย็นที่ให้ความรู้ คำปรึกษาเกี่ยวกับโครงการ เป็นสื่อกลางในการติดต่อสื่อสารกับทางแผนกอื่น รวมถึงคอยดูแลอำนวยความสะดวกในการศึกษาโครงการ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำ เกี่ยวกับการเขียนรายงาน แนะนำวิธีการทำงาน และสิ่งที่ควรแก้ไขในโครงการ ทำให้ผู้วิจัยสามารถ นำข้อแนะนำมาใช้ ทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมไปถึง นายคมกฤษ ทิพย์เกษร ผู้จัดการ แผนก FIT (Factory Innovation Technology) และบุคลากรแผนกในแผนก FIT ทุกคนที่กรุณาคอย ให้ความรู้เพื่อใช้ในการวิจัยโครงการ

ขอขอบพระคุณ นายวสันต์ ศรีบุญเรือง ผู้จัดการแผนก PI (Production Innovation) โรงงานตู้เย็น และนายพิชยภูมิ คุหาทอง ผู้ดูแลขณะทำการฝึกสหกิจศึกษา ที่ให้คำแนะนำในการทำงาน ทำให้ผู้จัดทำสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นในบริษัทได้ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวที่คอยให้ การสนับสนุนการมาฝึกสหกิจศึกษา ณ บริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด จังหวัดชลบุรี

นายณัฐวัฒน์ ทรงมณี

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VI
สารบัญตาราง.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.4 วิธีการดำเนินการศึกษา.....	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ความเร็วในกระบวนการผลิต (Takt Time : T/T).....	5
2.2 การวัดผลตอบแทนจากการลงทุน (Return of Investment : ROI).....	5
2.3 หุ่นยนต์ (Robotics).....	6
2.4 ระบบนิวเมติกส์ (Pneumatic System).....	10
2.5 เซนเซอร์วัดแรงดัน (Pressure Sensor).....	22
2.6 เครื่องกำเนิดสุญญากาศ (Vacuum Ejector, Vacuum Generator).....	26
2.7 พลศาสตร์ของไหล (Fluid Dynamics).....	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	34
3.1 การวางแผนการดำเนินงาน.....	34
3.2 การศึกษากระบวนการทำงานในสายการผลิต.....	35
3.3 การศึกษากระบวนการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำที่ตู้เย็นสายการผลิต RB.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การศึกษากระบวนการประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น (Cover Urethane) .....	40
3.5 การออกแบบกระบวนการทำงาน .....	44
3.6 อุปกรณ์ในกริปเปอร์ .....	45
3.7 การออกแบบโครงสร้างทางกล .....	50
3.8 การประเมินราคาในการลงทุน .....	60
3.9 ประกอบตัวอย่างชิ้นงานทดลอง .....	60
3.10 การทดลองการทำงานของชิ้นงานที่ออกแบบ .....	62
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัย .....</b>	<b>65</b>
4.1 การจำลองกระบวนการทำงานหุ่นยนต์ .....	65
4.2 การประมวลผลเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ในโปรแกรม K-Roset .....	67
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....</b>	<b>70</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย .....	70
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	70
<b>เอกสารอ้างอิง .....</b>	<b>72</b>
<b>ประวัติผู้เขียน .....</b>	<b>74</b>

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	ดัชนีชี้วัดผลสำเร็จในการผลิต Key Performance Indicator (KPI)..... 2
1.2	ขั้นตอนในกระบวนการผลิตของโรงงานตู้เย็น..... 3
2.1	สูตรการคำนวณหาความเร็วในกระบวนการผลิต ..... 5
2.2	สูตรการวัดผลตอบแทนจากการลงทุน ..... 5
2.3	The Cartesian Robot..... 8
2.4	The Cylindrical Robot ..... 8
2.5	The Spherical Robot..... 8
2.6	The Articulated Robot ..... 9
2.7	SCARA Robot..... 9
2.8	The Parallel Robot..... 10
2.9	อุปกรณ์พื้นฐานในระบบนิวเมติกส์..... 11
2.10	ถังเก็บลม (Air Receiver)..... 12
2.11	ตัวกรองลมอัด (Air Filter : F)..... 12
2.12	Directional Control Valve..... 13
2.13	ประเภทของวาล์วอัดไหลทางเดียว..... 14
2.14	สัญลักษณ์ประเภทของวาล์วอัดไหลทางเดียว..... 14
2.15	วาล์วควบคุมความดัน (Pressure Control Vales) ..... 15
2.16	วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow Control Vales)..... 15
2.17	วาล์วเปิด-ปิด และวาล์วผสม (Shut-off Vales and Valve Combination) ..... 16
2.18	กระบอกสูบทางเดียว..... 16
2.19	ท่อทาง (Piping System)..... 17
2.20	Proximity Sensor ..... 17
2.21	อุปกรณ์วัดความดันลมในระบบ (Pressure Sensor) ..... 18
2.22	อุปกรณ์วัดอัตราการไหลในระบบ (Air Flow Sensor) ..... 18

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.23	กระบอกสูบทางเดียว..... 19
2.24	โครงสร้างของกระบอกสูบทางเดียว..... 19
2.25	โครงสร้างของกระบอกกลม 2 ทิศทาง..... 20
2.26	ความหมายของสัญลักษณ์ตำแหน่งทำงาน..... 21
2.27	สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมทิศทางที่เขียนเป็นเส้นและหัวลูกศร..... 21
2.28	ชนิดของวาล์วควบคุมทิศทาง..... 21
2.29	อุปกรณ์วัดความดันลมในระบบประเภทที่มีหน้าจอบ่งผล..... 22
2.30	อุปกรณ์วัดความดันลมในระบบประเภทที่เป็นตัวเซนเซอร์อย่างเดียว..... 23
2.31	เกจวัดความดันแบบบูร์ดอง (Bourdon Gauge)..... 23
2.32	เกจวัดความดันแบบเบลโลว์ (Bellow)..... 24
2.33	Piston Pressure Switch..... 25
2.34	Diaphragm Pressure Switch..... 25
2.35	การทำงานของเครื่องกำเนิดสุญญากาศ..... 27
2.36	เส้นกระแสของอนุภาคในของไหลและความเร็วของอนุภาคขณะผ่านจุด v..... 28
2.37	ในหลอดการไหลอนุภาคไม่สามารถไหลออกนอกหลอดการไหลได้..... 28
2.38	การไหลของของไหลในท่อที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ..... 29
2.39	ของไหลที่ไม่สามารถไหลผ่านผนังท่อ..... 29
2.40	สมการเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation)..... 30
2.41	Daniel Bernoulli (พ.ศ. 2243 - 2325) นักฟิสิกส์ชาวสวิสเซอร์แลนด์..... 31
2.42	ของเหลวที่พุ่งออกจากรูเล็กๆ..... 31
2.43	อุปกรณ์ฟันทึ..... 32
2.44	การไหลของอากาศผ่านปีกเครื่องบิน..... 32
2.45	ตัวดูด (Suction Cup) ที่ใช้ทฤษฎีเบอร์นูลลี..... 33
3.1	ตำแหน่งของหุ่นยนต์ตรวจสอบที่อาน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB..... 36

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.2	ระยะระหว่างท่อน้ำทิ้งตู้เย็นโปรเจค RT7000K และ NW2-FDR..... 38
3.3	กริปเปอร์ของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB ..... 39
3.4	หลักการทำงานชุดตรวจท่อน้ำทิ้งตู้เย็น ..... 39
3.5	อโต้ติกส์ฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ รุ่น PR12-4DN..... 40
3.6	ชุดตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นในปัจจุบัน ..... 40
3.7	ลักษณะของฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น ..... 41
3.8	ขนาดของฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น ..... 41
3.9	ตำแหน่งประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น ..... 42
3.10	การตรวจสอบท่าทางในการทำงานของพนักงานในสายการผลิตตามหลักการยศาสตร์..... 43
3.11	กระบวนการทำงานหุ่นยนต์ที่สามารถตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็น และประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟม ..... 44
3.12	ชุดตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็น ..... 45
3.13	กระบอกลม SMC CDA2KL40-50..... 46
3.14	ข้อมูลการคำนวณน้ำหนักกระบอกลม..... 46
3.15	กราฟแรงผลึกออกของกระบอกลม..... 47
3.16	อโต้ติกส์ฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ รุ่น PR18-5DN..... 47
3.17	ตัวดูด Vmeca รุ่น NF40-06A-18F..... 49
3.18	ก้านตัวดูดชนิดสปริง (Level Compensator) ของ Vmeca รุ่น L1830T..... 49
3.19	รูปแบบหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็น และประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น ..... 50
3.20	หุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L..... 51
3.21	ระยะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L..... 52
3.22	ระยะฐานหุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L..... 52
3.23	รูปแบบกริปเปอร์หุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็น และประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น .... 53
3.24	ประมวลผลน้ำหนักกริปเปอร์โนโปรแกรมโซลิดเวิร์ค 2018 (Solidworks 2018) ..... 53

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.25	โครงสร้างส่วนหน้ากริปเปอร์ ..... 54
3.26	แบบแสดงระยะโครงสร้างส่วนหน้ากริปเปอร์..... 54
3.27	ระยะระหว่างด้านข้างหุ่นยนต์และกริปเปอร์โดยหุ่นยนต์สามารถทำงานได้ ..... 55
3.28	โครงสร้างส่วนข้างกริปเปอร์ ..... 55
3.29	แบบแสดงระยะของโครงสร้างส่วนข้างกริปเปอร์ ..... 55
3.30	โครงสร้างกริปเปอร์ของกระบอกลม ..... 56
3.31	แบบโครงสร้างกริปเปอร์ของกระบอกลม ..... 56
3.32	โครงสร้างส่วนค้ำข้างกริปเปอร์ ..... 57
3.21	ระยะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L..... 52
3.22	ระยะฐานหุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L..... 52
3.23	รูปแบบกริปเปอร์หุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำที่ตู้เย็น และประกอบฝาปิดช่องฉีดยาตู้เย็น.... 53
3.24	ประมวลผลน้ำหนักกริปเปอร์ในโปรแกรมโซลิดเวิร์ค 2018 (Solidworks 2018) ..... 53
3.25	โครงสร้างส่วนหน้ากริปเปอร์ ..... 54
3.26	แบบแสดงระยะโครงสร้างส่วนหน้ากริปเปอร์..... 54
3.27	ระยะระหว่างด้านข้างหุ่นยนต์และกริปเปอร์โดยหุ่นยนต์สามารถทำงานได้ ..... 55
3.28	โครงสร้างส่วนข้างกริปเปอร์ ..... 55
3.29	แบบแสดงระยะของโครงสร้างส่วนข้างกริปเปอร์ ..... 55
3.30	โครงสร้างกริปเปอร์ของกระบอกลม ..... 56
3.31	แบบโครงสร้างกริปเปอร์ของกระบอกลม ..... 56
3.32	โครงสร้างส่วนค้ำข้างกริปเปอร์ ..... 57
3.33	แบบโครงสร้างส่วนค้ำข้างกริปเปอร์..... 57
3.34	ฐานยึดเซนเซอร์..... 57
3.35	แบบแสดงระยะฐานยึดเซนเซอร์..... 58
3.36	เพลากริปเปอร์..... 58

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.37	แบบแสดงระยะเพลากริปเปอร์.....58
3.38	เครื่องป้อนชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็นอัตโนมัติ (Cover Urethane Part Feeder) .....59
3.39	แบบเครื่องป้อนชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็นอัตโนมัติ (Drawing Cover Urethane Part Feeder) .....59
3.40	กระบอกลมที่ใช้ในกริปเปอร์ทดลอง ..... 61
3.41	ตัวอย่างกริปเปอร์ทดลอง..... 61
3.42	การชั่งน้ำหนักแสดงน้ำหนักกริปเปอร์ทดลอง ..... 62
3.43	หุ่นยนต์ที่ประกอบอุปกรณ์ ..... 63
3.44	การจัดพื้นที่การทดลองให้เหมือนตำแหน่งในสายการผลิต ..... 63
3.45	โปรแกรม K-Roset สำหรับจำลองเวลาที่ใช้ในการทำงานของหุ่นยนต์..... 64
4.1	การใช้กริปเปอร์ดูดชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟม ..... 65
4.2	กราฟแสดงข้อมูลผลการทดลองชุดตัวดูดชิ้นงานที่ใช้ทฤษฎีเบอร์นูลลี (Bernoulli's Theorem) ในแต่ละความดันลมจำนวน 10 ครั้ง..... 65
4.3	กราฟแสดงข้อมูลผลการรับแรงที่กระทำจากกริปเปอร์ต่อหุ่นยนต์ ในแต่ละความดันลมจำนวน 10 ครั้ง..... 66
4.4	กราฟแสดงข้อมูลผลการทดลองการประกอบชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมเข้ากับตู้เย็น โดยใช้กระบอกลมในแต่ละความดันลมจำนวน 10 ครั้ง..... 66
5.1	ตำแหน่งเซนเซอร์ในสายพานการผลิต ..... 71

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	รุ่นการผลิตตู้เย็นสายการผลิต RB..... 2
3.1	ตารางข้อมูลแผนการดำเนินการวิจัย..... 34
3.2	ตารางแสดงความเร็วการผลิตตู้เย็นสายการผลิต RB ..... 35
3.3	ตารางแสดงระยะท่อน้ำทิ้งตู้เย็นในฝาปิดฐานใต้ตู้เย็น (Bottom Cabinet)..... 37
3.4	ตารางแสดงระยะเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง..... 38
3.5	ตารางแสดงระยะช่องฉีดยาในฝาปิดฐานใต้ตู้เย็น (Bottom Cabinet)..... 42
3.6	ตารางแสดงระยะเวลาในการทำงานของกระบวนการประกอบฝาปิดช่อง ฉีดยาตู้เย็น RB..... 43
3.7	ตารางแสดงข้อมูลพรีอ็อกซิเมตซ์เซนเซอร์ ..... 48
3.8	ตารางข้อมูลความสามารถในการดูดชิ้นงานของตัวดูด Vmeca รุ่น NF40 ..... 49
3.9	ตารางแสดงข้อมูลหุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L..... 51
3.10	ตารางราคาในการลงทุนหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง และประกอบ ฝาปิดช่องฉีดยาตู้เย็น ..... 60
4.1	ตารางเวลาในกระบวนการทำงานหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง และประกอบฝาปิดช่องฉีดยาตู้เย็นในตู้เย็นโปรเจค RT6000K..... 67
4.2	ตารางเวลาในกระบวนการทำงานหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง และประกอบฝาปิดช่องฉีดยาตู้เย็นในตู้เย็นโปรเจค RT6500M ..... 68
4.3	ตารางเวลาในกระบวนการทำงานหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง และประกอบฝาปิดช่องฉีดยาตู้เย็น ..... 68
4.4	ตารางเวลาในกระบวนการทำงานหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง และประกอบฝาปิดช่องฉีดยาตู้เย็นในตู้เย็นโปรเจค NW2-FDR ..... 69

# บทที่ 1

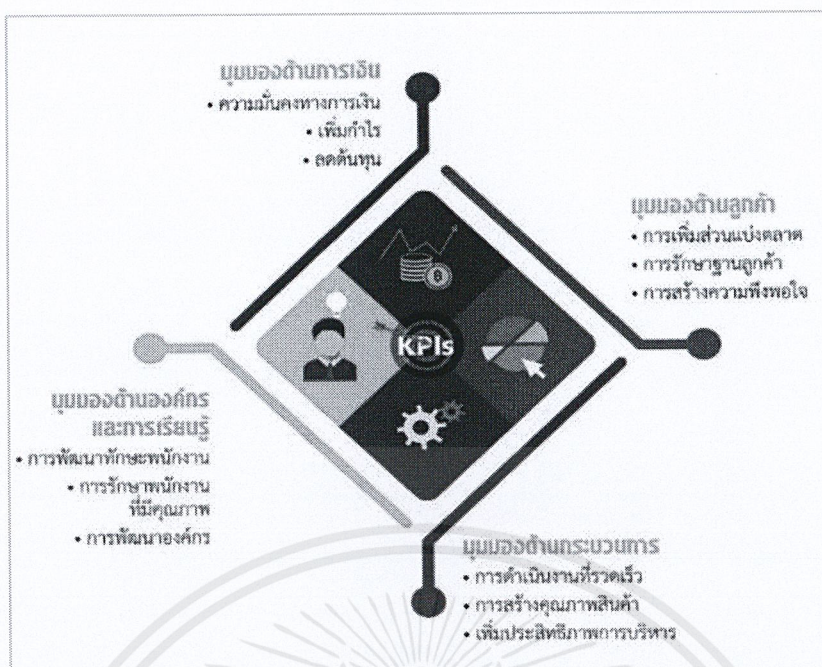
## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเครือข่ายอุตสาหกรรมต่างให้ความสำคัญในการปรับปรุงและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ บุคลากร เครื่องจักร และกระบวนการทำงานที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในสายการผลิต โดยมีดัชนีชี้วัดผลสำเร็จในการผลิต (Key Performance Indicator : KPI) เป็นเครื่องมือชี้วัดมุมมองทั้งหมด 4 ด้านคือ ด้านการเงิน ลูกค้า องค์กร และการบวนการ ดังรูปที่ 1.1 และด้วยความต้องการยอดในการผลิตที่มากขึ้น โดยใช้กำลังคนในสายการผลิต (Man Power) ให้น้อยที่สุด เพื่อลดต้นทุนในการผลิต นอกจากนี้ทางโรงงานยังให้ความสำคัญในการลดต้นทุนในเรื่องของกำลังคนในสายการผลิต (Man Power) โรงงานจึงมีการนำระบบอัตโนมัติมาทดแทนกำลังคนในสายการผลิต

ผู้วิจัยจึงได้ศึกษากระบวนการสายการผลิตตู้เย็น RB บริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ ได้ ข้อมูลเบื้องต้นว่ามีรุ่นทำการผลิตทั้งหมด 5 รุ่น คือ RT6000K, RT6500M, RT7000K, BAROSA และ NW2-FDR ดังแสดงตารางที่ 1.1 โดยแบ่งสายการผลิตย่อยเป็น 6 สายการผลิตคือ Roller Line, Liner Line, Cabinet Line, Assembly Line, Test Line และ Final Line ดังรูปที่ 1.2 โดยแยกออกเป็นกระบวนการทั้งหมด 250 กระบวนการย่อย พบว่าระบบอัตโนมัติที่ใช้ในโรงงานผลิตตู้เย็น บางส่วนยังสามารถพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษากระบวนการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง พบว่าเป็นกระบวนการทำงานที่สามารถพัฒนาประสิทธิภาพได้ เนื่องจากมีเวลาในการทำงานเหลือ และกระบวนการประกอบฝาปิดช่องฉีตโฟมตู้เย็น (Cover Urethane) ที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกันใช้เวลาในการทำงานน้อย จึงเป็นแนวคิดในการรวมสองกระบวนการทำงานเข้าด้วยกันคือ 1. หุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB 2. การประกอบฝาปิดช่องฉีตโฟม (Cover Urethane) เพื่อพัฒนาหุ่นยนต์ตรวจสอบน้ำทิ้งสายการผลิต RB ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



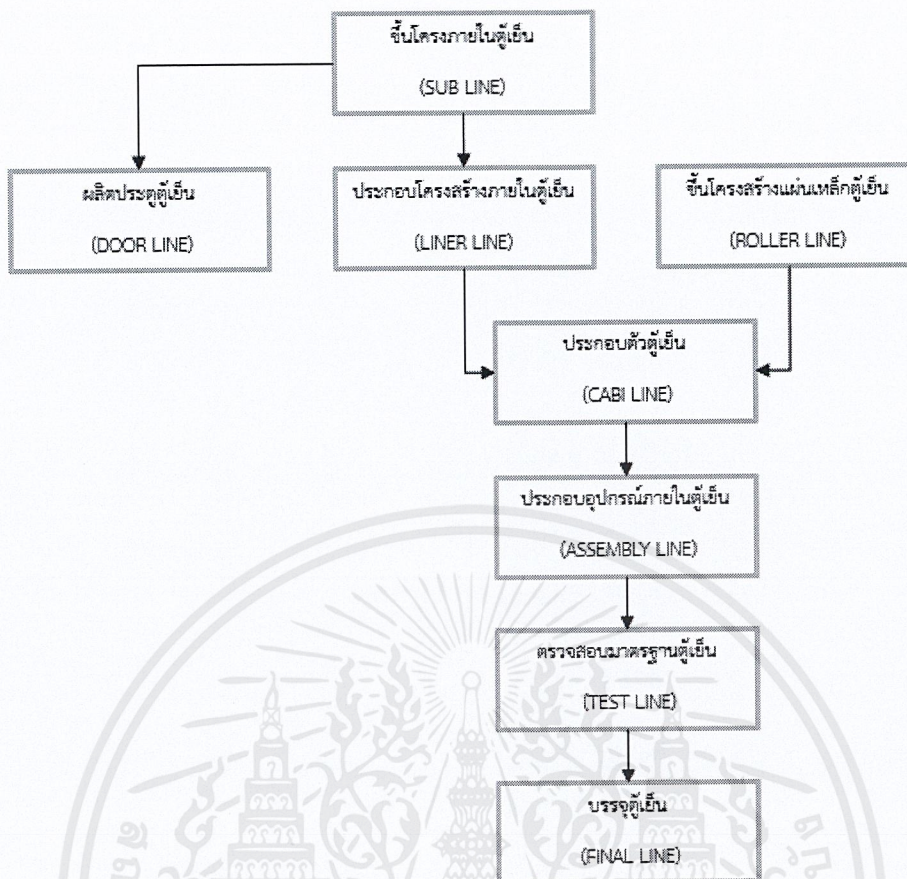
รูปที่ 1.1 ดัชนีชี้วัดผลสำเร็จในการผลิต Key Performance Indicator (KPI)

[ที่มา: <https://piu.ftpi.or.th/productivity-tools/bsc-kpi/>]

ตารางที่ 1.1 รุ่นการผลิตตู้เย็นสายการผลิต RB

Project	RT6000K	RT7000K	BAROSA	RT6500M	NW2-FDR
Model	RT43/46, RT43/46 (4Star), RT50/53	RT58/62	RL40/43	RT18/21	RF18/20
Picture					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 ขั้นตอนในกระบวนการผลิตของโรงงานตู้เย็น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษากระบวนการในแต่ละขั้นตอนการผลิตในสายการผลิต RB
2. นำเสนอแนวคิดการเพิ่มประสิทธิภาพหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งสายการผลิต RB
3. นำเสนอแนวคิดในการลดกระบวนการและกำลังคนโดยการใช้ระบบอัตโนมัติ

## 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษากระบวนการทำงานประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟม (Cover Urethane) และกระบวนการทำงานหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งสายการผลิต RB
2. ออกแบบเพื่อพัฒนากริปเปอร์ (Gripper) สำหรับหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งสายการผลิต RB
3. ปรับปรุงกระบวนการการทำงานหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งสายการผลิต RB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 วิธีการดำเนินการศึกษา

1. ศึกษาขั้นตอนการทำงานในสายการผลิต RB
2. หากระบวนการที่สามารถพัฒนาได้
3. ศึกษาและทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
4. วางแผนการดำเนินงาน
5. รวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบกริปเปอร์หุ่นยนต์
6. ออกแบบกระบวนการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งสายการผลิต RB
7. ออกแบบกริปเปอร์หุ่นยนต์
8. ทำแบบจำลองกริปเปอร์หุ่นยนต์

## 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถนำแนวคิดไปใช้ในการพัฒนาหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งสายการผลิต RB
2. สามารถนำแนวคิดไปใช้ในเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยการลดกระบวนการทำงานและค่าใช้จ่ายจากการลดกำลังคนในสายการผลิต
3. แนวทางในการพัฒนาหุ่นยนต์ในสายการผลิต RA

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ความเร็วในกระบวนการผลิต (Takt Time : T/T)

สายการผลิตจะมีการกำหนดความเร็วเพื่อจัดการเวลาในแต่ละสถานี ให้เกิดความสัมพันธ์กัน ใช้สูตรดังรูปที่ 2.1 เพื่อลดเวลาสูญเสียเปล่าอันเกิดจากความล่าช้าของงาน ซึ่งจะทำได้มากขึ้นตามความต้องการ ลดปัญหาคอขวด และสามารถควบคุมการผลิตที่มากเกินไปอีกด้วย สามารถคำนวณความเร็วในกระบวนการผลิต จากเวลาทำงานปกติสุทธิใน 1 วันหารด้วยจำนวนที่ต้องการสุทธิใน 1 วัน

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{เวลาทำงานปกติสุทธิในหนึ่งวัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ต้องการต่อวัน}}$$

รูปที่ 2.1 สูตรการคำนวณหาความเร็วในกระบวนการผลิต

[ที่มา: <https://www.mmthailand.com/การผลิต-กำหนด-tack-time/>]

### 2.2 การวัดผลตอบแทนจากการลงทุน (Return of Investment : ROI)

สำหรับวงการธุรกิจแล้วทุกการลงทุนจะต้องมีต้นทุนและแน่นอนว่าการวัดค่า หรือการประเมินผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุนนั้นเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ประเมินได้ ว่าสิ่งที่ลงทุนไปนั้นคุ้มค่าหรือไม่ เพื่อเป็นส่วนในการตัดสินใจ ว่าระบบอัตโนมัตินี้สมควรลงทุนหรือไม่ โดยสามารถคำนวณผลตอบแทนจากการลงทุนดังรูปที่ 2.2 คือ กำไรสุทธิจากการลงทุน หารด้วย ต้นทุนสุทธิทั้งหมดคูณด้วยหนึ่งร้อย

$$\text{ROI} = \frac{(\text{รายรับ} - \text{ต้นทุน})}{\text{ต้นทุน}} \times 100$$

รูปที่ 2.2 สูตรการวัดผลตอบแทนจากการลงทุน

[ที่มา: <http://blogs.cipher.co.th/roi-คืออะไร-และ-สำคัญอย่างไร>]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 หุ่นยนต์ (Robotics)

### 2.3.1 ประวัติความเป็นมาของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์นั้นเป็นเทคโนโลยีที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต เพราะความสามารถในการทำงานได้คล้ายกับมนุษย์ และไม่รู้จักเหน็ดเหนื่อย ในปัจจุบันนั้นได้มีการพัฒนาหุ่นยนต์กันอย่างต่อเนื่องจนสามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ พร้อมกับแสดงปฏิกิริยาตามโปรแกรมที่ป้อนไว้เพื่อให้มนุษย์เข้าใจได้หุ่นยนต์หรือที่เรียกกันว่า หุ่นยนต์ (Robot) เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1760 โดยมีการนำเอาเครื่องจักรไอน้ำ เข้ามาทำงานแทนคนงานในโรงงาน และผลที่ได้ คือ เครื่องจักรทำงานได้ดีกว่ามนุษย์ จากนั้นเรื่องก็เงียบมาจนถึงปี ค.ศ. 1920 ได้มีนักเขียนละครชาวเชคโกสโลวาเกียชื่อ Karel Capek เขียนบทละครเรื่อง Rossum's Universal Robots : R.U.R โดยคำว่า Robot เป็นคำแผลงมาจากคำว่า Robota ในภาษาเชค ที่แปลว่า Worker หรือคนงาน ต่อมาในปี ค.ศ. 1942 ได้นักประพันธ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ Isaac Asimov ได้บัญญัติกฎของหุ่นยนต์ขึ้น 3 ข้อคือ ข้อหนึ่งหุ่นยนต์ห้ามทำร้ายมนุษย์ หรือปล่อยให้มนุษย์ได้รับอันตราย ข้อสองหุ่นยนต์ต้องเชื่อฟังคำสั่งของมนุษย์เว้นแต่จะขัดแย้งกับกฎข้อหนึ่ง และข้อสามหุ่นยนต์ต้องป้องกันตัวเองโดยไม่ขัดแย้งกับกฎข้อหนึ่งและข้อสอง ถัดมาในปี ค.ศ. 1954 ได้มีการสร้างหุ่นยนต์ตัวแรกของโลกโดย George C. Devol วิศวกรชาวอเมริกา พร้อมกับจดสิทธิบัตร และจากนั้นก็ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์มาจนถึงปัจจุบัน

### 2.3.2 โครงสร้างของหุ่นยนต์

โครงสร้างของหุ่นยนต์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำคัญคือ ส่วนลำตัวและแขน (Body-and - Arm) และส่วนข้อมือ (Wrist) โดยมากแล้วส่วนลำตัวและแขนจะมีระดับขั้นความเสรี 3 ระดับ และใน ส่วนข้อมือจะมีระดับขั้นของความเสรีอยู่ 2 – 3 ระดับ ที่ปลายของข้อมือจะเป็นวัตถุซึ่งมีความสัมพันธ์กับงานที่หุ่นยนต์ต้องทำ ตัวอย่างเช่น วัตถุอาจจะเป็นชิ้นงานที่ต้องการโหลดเข้าเครื่องจักรหรืออาจจะเป็นเครื่องมือที่หุ่นยนต์ต้องใช้ในกระบวนการผลิตบางอย่าง เป็นต้น ส่วนลำตัวและแขนของหุ่นยนต์จะใช้ในการจัดตำแหน่งที่ถูกต้องของวัตถุ และส่วนข้อมือของหุ่นยนต์จะใช้สำหรับจัดทิศทางกรวางตัวที่เหมาะสมให้แก่วัตถุ เพื่อที่จะวางตำแหน่งของวัตถุให้เหมาะสม ส่วนลำตัวและแขนของหุ่นยนต์จะต้องสามารถเคลื่อนวัตถุได้ทิศทางทั้งสามดังต่อไปนี้คือ

1. การเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (การเคลื่อนที่ในแนวแกน z)
2. การเคลื่อนที่ในแนวรัศมี (เข้าหรือออก หรือการเคลื่อนที่ในแนวแกน y)
3. การเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา (การเคลื่อนที่ในแนวแกน x)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่จะทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ในลักษณะข้างต้นได้มีหลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของข้อต่อที่ใช้ในการสร้างลำตัวและแขนของหุ่นยนต์ ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไป เพื่อที่จะทำให้เกิดการจัดทิศทางเหมาะสมของวัตถุ สามารถกำหนดระดับขั้นความเสรี 3 ระดับ สำหรับข้อมือของหุ่นยนต์ ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นหนึ่งรูปแบบในการประกอบข้อมือของหุ่นยนต์ เพื่อทำให้เกิดเป็น 3 ลำดับขั้นความเสรี (3 Degree of Freedom)

1. Roll ลำดับขั้นความเสรีลักษณะนี้ทำได้โดยใช้ข้อต่อแบบ T เพื่อที่จะหมุนวัตถุรอบแกนของแขน

2. Pitch เกี่ยวกับการหมุนขึ้นลงของวัตถุ ซึ่งทำได้โดยข้อต่อแบบ R (Rotational Joint)

3. Yaw เกี่ยวกับการหมุนซ้ายขวาของวัตถุ ซึ่งทำได้โดยใช้ข้อต่อแบบ R (Rotational Joint)

### 2.3.3 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์

1. Actuator เป็นอุปกรณ์ หรือชุดขับเคลื่อนเพื่อให้แขนกล หรือหุ่นยนต์เคลื่อนไหว ได้แก่ มอเตอร์ กระจบอกสูบ เป็นต้น

2. Manipulators เป็นส่วนประกอบเพื่อช่วยเรื่องของการเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบด้วย แขน (Links) และข้อต่อ (Joints)

3. End Effector เป็นส่วนท้ายสุดของแขนกลไว้ใช้ในการทำงานต่างๆ เช่น มือจับสิ่งของ อุปกรณ์ใช้ในทางเทคนิคประเภทงานกัด กลึง เชื่อม เป็นต้น

4. Sensor เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบสถานะว่าตำแหน่ง หรือข้อมูลที่ต้องการได้หรือยัง หรือมีค่าเท่าไร เทียบได้กับประสาทสัมผัสของมนุษย์

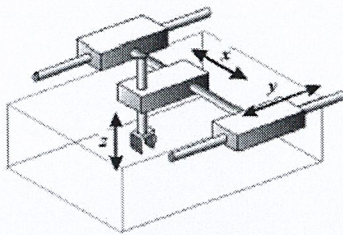
5. Power Supply เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ของแขนกล ไม่ว่าจะเป็นกระแสไฟฟ้า หรือวาล์วที่ใช้ควบคุมกระจบอกสูบ

6. Controller เปรียบเสมือนสมองของมนุษย์ ที่คอยควบคุมขั้นตอนต่างๆ ในการทำงานของระบบแขนกล โดยสั่งการไปยังชุดขับเคลื่อนเพื่อให้เป็นไปตามโปรแกรมที่ตั้งไว้

7. Program เป็นการกำหนดขั้นตอนต่างๆ ของการทำงานเพื่อให้ได้งานตามที่ต้องการ

### 2.3.4 ประเภทของหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรม

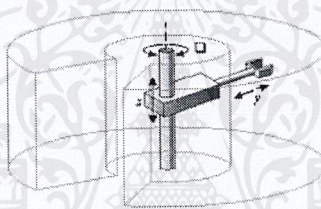
1. The Cartesian Robot ดังรูปที่ 2.3 เป็นหุ่นยนต์ที่มีการเดินทางเป็นแบบเชิงเส้นทั้ง 3 แกนมีลักษณะการทำงานที่ไม่ยุ่งยาก สามารถเข้าใจการทำงานได้ง่าย แต่หุ่นยนต์ชนิดนี้สามารถทำงานที่ได้รับเฉพาะอาณาเขตการเดินทางที่เป็นแบบกล่องสี่เหลี่ยม ส่วนมากหุ่นยนต์รูปแบบนี้จะใช้ในลักษณะการเคลื่อนย้ายของหนัก



รูปที่ 2.3 The Cartesian Robot

[ที่มา: [http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech\\_Eng/Sarawut\\_S.pdf](http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech_Eng/Sarawut_S.pdf)]

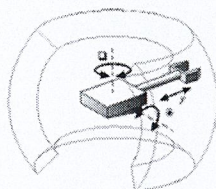
2. The Cylindrical Robot ดังรูปที่ 2.4 เป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการทำงานเป็นทรงกระบอก โดยการเคลื่อนที่จะเป็นเชิงเส้น 2 แกน และเคลื่อนที่เชิงมุมอีกแกน สามารถนำหุ่นยนต์ชนิดนี้ไปใช้งานลักษณะการจับวางได้



รูปที่ 2.4 The Cylindrical Robot

[ที่มา: [http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech\\_Eng/Sarawut\\_S.pdf](http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech_Eng/Sarawut_S.pdf)]

3. The Spherical Robot ดังรูปที่ 2.5 หุ่นยนต์ประเภทนี้เป็นหุ่นยนต์ ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น 1 แกน กับการเคลื่อนที่เชิงมุมอีก 2 แกน หุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่ที่มีความซับซ้อนได้ในระดับหนึ่ง แต่หุ่นยนต์ชนิดนี้จะไม่สามารัรับวัตถุหรือสิ่งของที่มีน้ำหนักมากได้

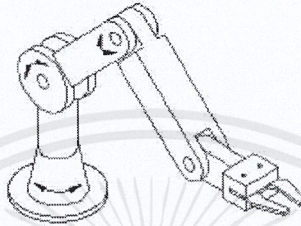


รูปที่ 2.5 The Spherical Robot

[ที่มา: [http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech\\_Eng/Sarawut\\_S.pdf](http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech_Eng/Sarawut_S.pdf)]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

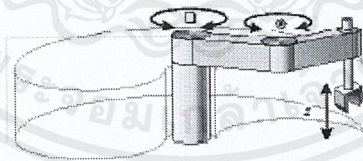
4. The Articulated Robot หรือหุ่นยนต์ Revolute ดังรูปที่ 2.6 เป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการเดินทางแบบเชิงมุมทั้ง 3 แกน และมีพื้นที่การทำงานรอบตัวโดยหุ่นยนต์ชนิดนี้จะสามารถเข้าถึงพื้นที่ที่ยากต่อการเดินทางได้ โดยทั่วไปจะมี 2 แขนกับอีก 1 ฐาน หุ่นยนต์ชนิดนี้สามารถประยุกต์ใช้งานได้อีกมากมาย เช่น การเพิ่มแขน และข้อต่อเข้าไปอีก ก็จะสามารถทำงานในจุดที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าไปได้



รูปที่ 2.6 The Articulated Robot

[ที่มา: [http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech\\_Eng/Sarawut\\_S.pdf](http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech_Eng/Sarawut_S.pdf)]

5. SCARA Robot ดังรูปที่ 2.7 เป็นหุ่นยนต์ที่มีรูปแบบการเดินทางแบบเชิงเส้น 1 แกนและแบบเชิงมุมอีก 2 แกน โดยส่วนมากจะใช้ในการป้อนชิ้นงานตามรางขนส่ง (Conveyor) หรือประกอบชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ไม่มากนัก

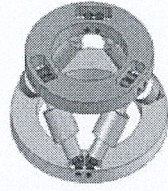


รูปที่ 2.7 SCARA Robot

[ที่มา: [http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech\\_Eng/Sarawut\\_S.pdf](http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech_Eng/Sarawut_S.pdf)]

6. The Parallel Robot ดังรูปที่ 2.8 หุ่นยนต์คู่ขนานเป็นหุ่นยนต์อีกแบบหนึ่งที่มีลักษณะเป็นระนาบ 2 ระนาบ ควบคุมโดยขาแต่ละขาซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อีกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 The Parallel Robot

[ที่มา: [http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech\\_Eng/Sarawut\\_S.pdf](http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech_Eng/Sarawut_S.pdf)]

## 2.4 ระบบนิวเมติกส์ (Pneumatic System)

ระบบนิวเมติกส์ หมายถึง ระบบที่ใช้อากาศเป็นตัวทำงานในการส่งกำลัง ในการขับเคลื่อน อุปกรณ์ของเครื่องจักรให้ทำงานหรือเกิดการเคลื่อนที่ เช่น กระบอกสูบหรือมอเตอร์ลม

### 2.4.1 ข้อดีของลมอัด

1. ลมอัดมีปริมาณไม่จำกัดในทุกแห่ง เพราะมีอยู่ทั่วไป
2. ลมอัดสามารถส่งผ่านไปตามท่อที่มีระยะทางไกลได้ง่ายและไม่ต้องส่งกลับมา สามารถปล่อยทิ้งในบรรยากาศได้หลังจากใช้งานแล้ว
3. สามารถกักเก็บลมอัดไว้ในถังเก็บได้ ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้ตามต้องการ
4. ลมอัดไม่เกิดการระเบิดหรือติดไฟง่ายเมื่อมีการรั่วซึม ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องมีอุปกรณ์พิเศษราคาแพงเพื่อใช้ในการป้องกันการระเบิด
5. ลมอัดไม่มีความไวต่อการเปียงเบนของอุณหภูมิ มีความแน่นอนในการทำงานสูง แม้จะอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงมากก็ตาม
6. เครื่องมือและอุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์มีโครงสร้างแบบง่ายๆ ทำให้มีราคาถูก ทนทาน และซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย
7. ลมอัดมีความเร็วสูง ดังนั้นอัตราความเร็วในการทำงานก็จะสูงด้วย
8. สามารถควบคุมความเร็ว ความดัน และแรงของลมอัดในระบบนิวเมติกส์ได้
9. เครื่องมือและอุปกรณ์ของระบบนิวเมติกส์สามารถใช้งานเกินกำลังได้โดยไม่เกิดการเสียหาย
10. การเคลื่อนที่ในทางตรงสามารถทำงานได้โดยตรง

### 2.4.2 ข้อเสียของลมอัด

1. ลมอัดมีความชื้นและฝุ่นละออง ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์กรองความชื้นและฝุ่นละอองก่อน

นำไปใช้งาน

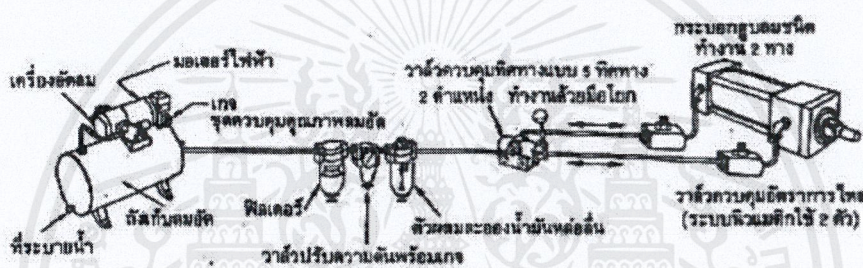
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลมอัดมีเสียงดังเมื่อระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศ เพราะฉะนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์เก็บเสียง (Silencer)

3. ลมอัดจะประหยัดเฉพาะที่ใช้แรงขยายถึงจุดหนึ่งเท่านั้น โดยปกติแล้วใช้ความดันที่ 600 kPa (6 Bar) ข้อจำกัดของแรงอยู่ที่ 20,000 - 30,000 นิวตัน ขึ้นอยู่กับความเร็ว และระยะที่ใช้ งาน

#### 2.4.2 อุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์

อุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์ดังรูปที่ 2.9 โดยจะแบ่งแยกอุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์ออกเป็นกลุ่มๆ ตามหน้าที่ ซึ่งแม้ว่าในปัจจุบันการพัฒนา และเทคโนโลยีของอุปกรณ์นิวเมติกส์แต่ละชนิดจะมีมากกว่าในอดีต แต่หน้าที่และหลักการการทำงานของอุปกรณ์ยังคงไม่เปลี่ยนไปจากเดิม



รูปที่ 2.9 อุปกรณ์พื้นฐานในระบบนิวเมติกส์

[ที่มา: <http://km.pranicce.ac.th/files/20130008/files/newmatic.pdf>]

##### 2.4.2.1 อุปกรณ์ต้นกำลังในระบบนิวเมติกส์ (Power Unit)

ทำหน้าที่สร้างลมอัดเพื่อนำไปใช้ในงานระบบนิวเมติกส์ ประกอบไปด้วย

1. อุปกรณ์ขับ (Driving Unit) ทำหน้าที่ขับเคลื่อนเครื่องอัดอากาศ ได้แก่ เครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้าแต่ในงานอุตสาหกรรมมักนิยมใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อน เนื่องจากมีความเร็วรอบคงที่

2. เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ทำหน้าที่อัดอากาศที่ความดันบรรยากาศ ให้มีความดันสูงกว่าบรรยากาศปกติ

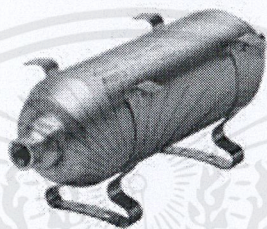
3. กรองอากาศขาเข้า (Intake Filter) ทำหน้าที่กรองอากาศก่อนที่จะนำอากาศ ไปเข้าเครื่องอัดอากาศ เพื่อให้อากาศที่อัดปราศจากฝุ่นละอองเพราะถ้าอากาศที่อัดมีฝุ่นละออง จะทำให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องอัดอากาศและจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพต่ำ

4. อุปกรณ์หล่อเย็น (After Cooler) ทำหน้าที่หล่อเย็นอากาศให้เย็นตัวลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อุปกรณ์แยกน้ำมันและความชื้น (Separator) อุปกรณ์นี้มีส่วนช่วยในการแยกเอาความชื้น และละอองน้ำมันที่แฝงมากับอากาศ ก่อนที่ลมอัดจะถูกเก็บลงในถังเก็บลม

6. ถังเก็บลม (Air Receiver) ดังรูปที่ 2.10 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บลมอัดที่ได้จากเครื่องอัดอากาศ และจ่ายลมอัดที่สม่ำเสมอให้แก่ระบบนิวเมติกส์ ถังเก็บลมอัดจะต้องมีลิ้นระบายความดัน (Pressure Relief Valve) เพื่อระบายความดันที่เกินสู่บรรยากาศเป็นการป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นเมื่อความดันสูงกว่าปกติ ส่วนสวิตช์ควบคุมความดัน (Pressure Switch) ใช้ควบคุมการเปิด-ปิด การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนเครื่องอัดลมเมื่อความดันของลมถึงค่าที่ตั้งไว้



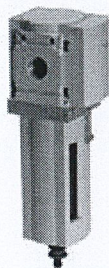
รูปที่ 2.10 ถังเก็บลม (Air Receiver)

[ที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-pneumatics-control/>]

#### 2.4.2.2 อุปกรณ์ควบคุมคุณภาพลมอัด (Treatment Component)

ชุดอุปกรณ์ควบคุมคุณภาพลมอัด หรือชุดบริการลมอัด หรือ FRL Unit มีหน้าที่ปรับปรุงคุณภาพลม ทำให้อากาศอัดปราศจากฝุ่นละอองคราบน้ำมัน และน้ำก่อนที่จะไปใช้ในระบบนิวเมติกส์ประกอบด้วย

1. ตัวกรองลมอัด (Air Filter : F) ดังรูปที่ 2.11 ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรก เช่น อนุภาคฝุ่นผง หรือสารที่ล่องลอยในบริเวณเครื่องอัดอากาศ



รูปที่ 2.11 ตัวกรองลมอัด (Air Filter : F)

[ที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-pneumatics-control/>]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

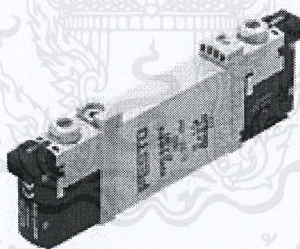
2. ชุดควบคุมความดัน (Air Regulator : R) ทำหน้าที่ปรับหรือควบคุมความดันจ่ายที่ออกมามีค่าคงที่

3. ตัวผสมละอองน้ำมันหล่อลื่น (Air Lubricator : L) ทำหน้าที่ในการเติมน้ำมันหล่อลื่นให้กับลมอัดเพื่อหล่อลื่น ลดแรงเสียดทาน และป้องกันอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่สัมผัสกันโดยตรง

#### 2.4.2.3 อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน (Controlling Component)

อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน (Controlling Component) หมายถึงลิ้นควบคุมในระบบนิวเมติกส์ ทำหน้าที่ในการเริ่มและหยุดการทำงานของวงจร ควบคุมทิศทางการไหลของลมอัด ควบคุมอัตราการไหลของลมอัดและควบคุมความดัน อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมในระบบนิวเมติกส์ หรือ วาล์วควบคุมในระบบนิวเมติกส์ (Pneumatic Valves) ในระบบนิวเมติกส์พื้นฐานจะแบ่งวาล์วควบคุมได้ ดังนี้

1. วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valves) หรือที่เรียกกันว่า โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) ดังรูปที่ 2.12 มีหน้าที่ในการควบคุมทิศทางลม สั่งงานด้วยขดลวดไฟฟ้า



รูปที่ 2.12 Directional Control Valve

[ที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-pneumatics-control/>]

2. วาล์วลมอัดไหลทางเดียว (Non-Return Valve) ดังรูปที่ 2.13 ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของลมอัดให้ไหลผ่านทางเดียว สามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ประเภทคือ วาล์วกันกลับ (Check Valve) หรือลิ้นกันกลับเป็นลิ้นที่ยอมให้ลมไหลผ่านเพียงแค่ว่าเดียว มีทั้งแบบที่มีสปริงและไม่มีสปริงภายใน, วาล์วลมเดียว (Shuttle Valve) จะเป็นวาล์วที่มีทางต่อลมเข้าได้สองทางแต่มีทางออกเพียงทางเดียว วาล์วประเภทนี้จะสามารถควบคุมลมออกได้หลายทาง เมื่อมีลมเข้าข้างใดข้าง

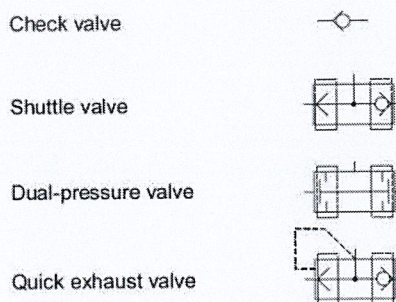
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่ง ข้างที่มีความดันลมอัดสูงจะดันลูกป็นไปปิดทางลมที่ต่ำกว่า แล้วผลักดันไว้ไม่ให้ลมอัดรั่วจากนั้นก็ส่งลมออกไปใช้งาน, วาล์วทิ้งลมเร็ว (Quick Exhaust Valve) หรือลิ้นเร่งระบาย ช่วยให้ลมภายในออกจากกระบอกสูบได้เร็วเพื่อเพิ่มความเร็วลูกสูบ โดยจะประกอบไว้ทางระบายลมใกล้กระบอกสูบ ที่สุดให้ระบายลมออกสู่ภายนอกได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านท่อวาง และสุดท้ายคือ วาล์วความดันสองทาง (Two Pressure Valve) วาล์วประเภทนี้จะคล้ายวาล์วลมทางเดียว ต่างกันตรงที่ต้องมีลมเข้ามาทั้งสองทางจึงจะมีลมอัดออกไปใช้งาน สัญลักษณ์ประเภทของวาล์วอัดไหลทางเดียวดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.13 ประเภทของวาล์วอัดไหลทางเดียว

[ที่มา: <https://www.leengatevalves.co.uk/product/stainless-steel-swing-check-valve-flanged-pn16/>, <https://www.grainger.com/product/ARO-Shuttle-Valve-2G637>, <https://www.grainger.com/product/LEGRIS-Quick-Exhaust-Valve-19H016>, <https://www.directindustry.com/prod/airtec-pneumatic/product-13945-661839.html>]



รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ประเภทของวาล์วอัดไหลทางเดียว

[ที่มา: <http://pneumatic-v.blogspot.com/2010/07/non-return-valves.html>]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วาล์วควบคุมความดัน (Pressure Control Vales) ดังรูปที่ 2.15 ทำหน้าที่ควบคุมความดันสูงสุดของระบบควบคุมการทำงานของปั๊ม ปรับความดันให้ได้ตามต้องการ ซึ่งวาล์วประเภทนี้เป็นที่นิยมใช้ ได้แก่ วาล์วจำกัดความดัน (Relief Valve) ทำหน้าที่จำกัดความดันในระบบ ป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากความดันที่สูงเกินไป และวาล์วลดความดัน (Pressure Reducing Valve) ทำหน้าที่ในการปรับลดความดันตามที่ปรับตั้งเอาไว้



รูปที่ 2.15 วาล์วควบคุมความดัน (Pressure Control Vales)

[ที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-pneumatics-control/>]

4. วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow Control Vales) ดังรูปที่ 2.16 ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณการไหลของลมอัดที่จะส่งไปยังระบบนิวเมติกส์ให้คงที่ สามารถควบคุมความเร็วของก้านสูบในขณะที่ทำงานได้ โดยติดตั้งท่อทางลมอัดที่ต่อเข้าระหว่างกระบอกสูบกับวาล์วควบคุมทิศทาง



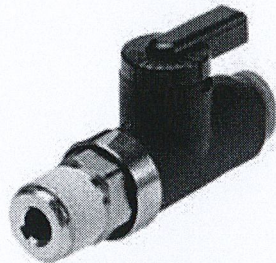
รูปที่ 2.16 วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow Control Vales)

[ที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-pneumatics-control/>]

### 5. วาล์วเปิด-ปิด และวาล์วผสม (Shut-off Vales and Valve Combination)

วาล์วเปิด-ปิด (Shut-off Vales) ดังรูปที่ 2.17 เป็นวาล์วควบคุมแบบสองทิศทาง ใช้ควบคุมการปิด-เปิดการไหลของลม ส่วนวาล์วผสม (Valve Combination) เป็นวาล์วที่นำวาล์วนิวเมติกส์มารวมกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์วผสมนี้มีอยู่หลายแบบ เช่น วาล์วหน่วงเวลา (Time Delay Valve) วาล์วกำเนิดการสั่น (Vibrative Impulse Generator Valve) หรือวาล์วชุดควบคุมการป้อน (Air Control Block)

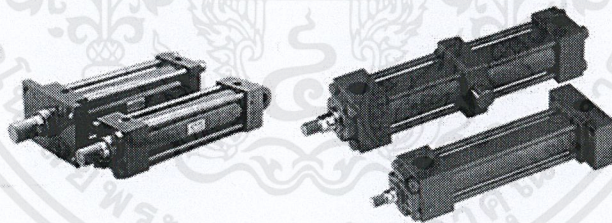


รูปที่ 2.17 วาล์วเปิด-ปิด และวาล์วผสม (Shut-off Vales and Valve Combination)

[ที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-pneumatics-control/>]

#### 2.4.2.4 อุปกรณ์การทำงาน (Actuator or Working Component)

ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังกล เช่น กระบอกสูบลมชนิดต่างๆ เช่น กระบอกสูบทางเดียว (Single-Acting Cylinders) ดังรูปที่ 2.18, กระบอกสูบสองทิศทาง (Double-Acting Cylinders) หรือกระบอกสูบชนิดมีตัวกันกระแทก (Cushioned Cylinders) หรือมอเตอร์ลม



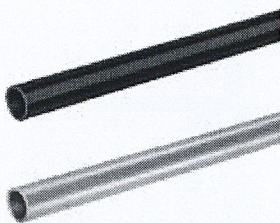
รูปที่ 2.18 กระบอกสูบทางเดียว

[ที่มา: <https://ไฮดรอลิค.net/ไฮดรอลิค-ไฮโดรลิก/กระบอกไฮดรอลิค.html>]

#### 2.4.2.5 อุปกรณ์ในระบบท่อทาง (Piping System)

อุปกรณ์ในระบบท่อทาง (Piping System) ดังรูปที่ 2.19 ใช้เป็นท่อทางไหลของลมอัดในระบบนิวเมติกส์ ท่อลมที่ใช้ในระบบนิวเมติกส์จะทำมาจาก ท่อเหล็ก ท่อทองแดง หรือท่อพลาสติก ซึ่งการนำไปใช้งานจะขึ้นอยู่กับลักษณะของงานและความเหมาะสมในการใช้งาน นอกจากนี้เรื่องวัสดุแล้วสิ่งที่ควรคำนึงคือ สภาพการทนต่อการใช้งานต่างๆ สิ่งที่ต้องดูแลคือ การทนต่อความดันลม ซึ่งไม่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรให้น้อยกว่า 12 บาร์ โดยท่อลมของ FESTO มีให้เลือกหลากหลายรูปแบบ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางให้เลือกตั้งแต่ 6 ถึง 28 มิลลิเมตร ทนต่อความดันลมได้ถึง 30 บาร์ ทนต่ออุณหภูมิการใช้งานได้ถึง 75 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.19 ท่อทาง (Piping System)

[ที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-pneumatics-control/>]

#### 2.4.2.6 อุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของกระบอกลูกสูบ (Sensor)

อุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของกระบอกลูกสูบที่ใช้กันนั้นคือ Proximity Sensor ดังรูปที่ 2.20 เป็นเซนเซอร์ที่ถูกสร้างมาเพื่อใช้ตรวจจับวัตถุ โดยไม่ต้องสัมผัส วิธีการเลือกใช้นั้นให้พิจารณาจากหลายๆ ส่วน เช่น สัญญาณเอาต์พุต (Output) ที่ใช้เป็นแบบ NPN หรือ PNP



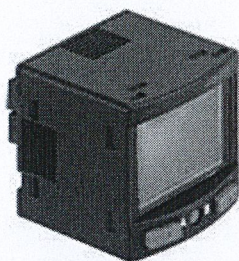
รูปที่ 2.20 Proximity Sensor

[ที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-pneumatics-control/>]

#### 2.4.2.7 อุปกรณ์วัดความดันในระบบ (Pressure Sensor)

อุปกรณ์ตรวจวัดแรงดันลมดังรูปที่ 2.21 มีหน้าที่ในการควบคุม แสดงผลค่าแรงดันลมตามที่ต้องการได้ หน่วยในการแสดงผลมีให้เลือกหลายแบบ เช่น Bar, mBar, kPa, psi, mmHg มีสัญญาณ Output ให้เลือกหลายแบบ เช่น Analog 4-20mA, 0-10VDC, NPN, PNP เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 อุปกรณ์วัดความดันลมในระบบ (Pressure Sensor)

[ที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-pneumatics-control/>]

#### 2.4.2.8 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลในระบบ (Air Flow Sensor)

อุปกรณ์วัดอัตราการไหล (Flow Sensor) ดังรูปที่ 2.22 เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่สำคัญในระบบนิวเมติกส์ อุปกรณ์นี้ทำหน้าที่ในการวัดอัตราการเคลื่อนที่ของของไหล (Fluid) ที่ไหลผ่านภาชนะ



รูปที่ 2.22 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลในระบบ (Air Flow Sensor)

[ที่มา : <https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-pneumatics-control/>]

#### 2.4.3 ชนิดของกระบอกลมในระบบนิวเมติกส์

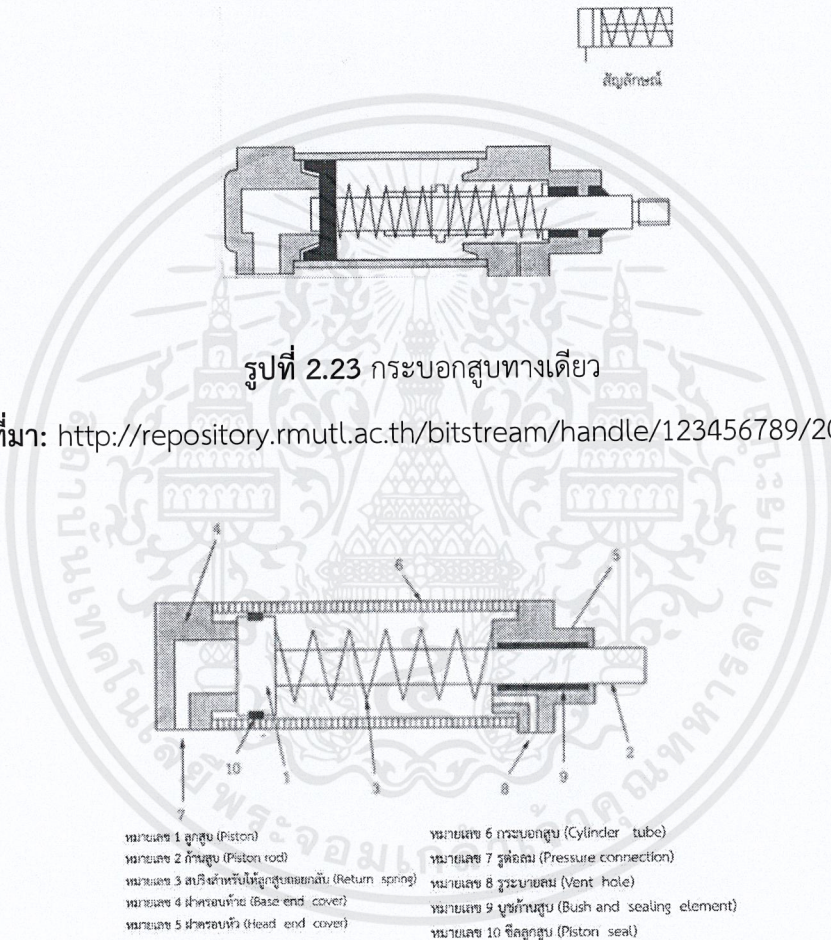
อุปกรณ์ทำงานในระบบนิวเมติกส์จะเป็นตัวทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกล และมีการทำงานในแนวเส้นตรงนั่นก็คือ กระบอกสูบจะประกอบไปด้วยลูกสูบ ก้านสูบ ฝาครอบหัวท้าย บูชก้านสูบ และสปริง กระบอกสูบที่ใช้กันมากในระบบนิวเมติกส์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

##### 2.4.3.1 กระบอกสูบชนิดทางเดียวงานทางเดียว (Single Acting Cylinder)

กระบอกสูบทางเดียวดังรูปที่ 2.23 มีโครงสร้างของกระบอกสูบทางเดียวดังรูปที่ 2.24

โดยมีรูลมเพียงรูเดียว ใช้สำหรับให้ลมอัดเข้าเพื่อดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ออก ส่วนจังหวะถอยกลับจะเอกสารนเป็นเอกสารที่ส่งวนวไ้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับด้วยแรงจากสปริง ดังนั้นการใช้งานของกระบอกสูบชนิดนี้ จึงควรใช้ ในจังหวะดันออกเท่านั้น แรงของกระบอกสูบเกิดจากการป้อนลมอัดเข้าไปดันลูกสูบ (ในกรณีของกระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียว) จะได้ลดลงเพราะต้องลบด้วยแรงต้านของสปริงตัวอย่างการใช้งาน ของกระบอกสูบชนิดนี้ เช่น การจับยึดชิ้นงาน (Clamping) การส่งชิ้นงาน (Ejecting) การอัดชิ้นงาน (Pressing) การยกชิ้นงาน (Lifting) การป้อนชิ้นงาน (Feeding) เป็นต้น ความเร็วของลูกสูบอยู่ในช่วง 50-500 มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/s)



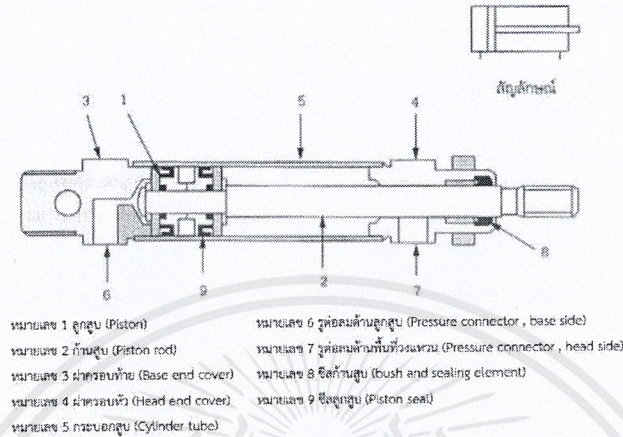
**รูปที่ 2.24** โครงสร้างของกระบอกสูบทางเดียว

[ที่มา: <http://repository.rmutl.ac.th/bitstream/handle/123456789/207>]

### 2.4.3.2 กระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง (Double Acting Cylinder)

กระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทางคือ อุปกรณ์ทำงานชนิดหนึ่ง que เปลี่ยนพลังงานลมอัด เป็นพลังงานกลในแนวเส้นตรง ทั้งจังหวะเคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่เข้ากระบอกสูบชนิดนี้ จะไม่มีสปริงอยู่ภายในกระบอกสูบ ดังนั้นการให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออกจึงต้องป้อนลมอัดใส่เข้าไปทางด้านพื้นที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกสูบ และการให้ลูกสูบเคลื่อนที่กลับตำแหน่งเดิม ก็ต้องป้อนลมอัดใส่เข้าไปทางด้านพื้นที่วงแหวน ความเร็วของลูกสูบอยู่ในเกณฑ์ 30 -1,200 มิลลิเมตรต่อวินาที มีโครงสร้างของกระบอกลม 2 ทิศทาง ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 โครงสร้างของกระบอกลม 2 ทิศทาง

[ที่มา: <http://repository.rmutl.ac.th/bitstream/handle/123456789/207>]

#### 2.4.4 วาล์วควบคุมในระบบนิวเมติกส์

วาล์วควบคุมในระบบนิวเมติกส์พื้นฐานนั้นแบ่งได้ 5 ประเภท โดยในแต่ละประเภทแตกต่างกัน ตามลักษณะการใช้งาน ซึ่งในโครงงานนี้จะกล่าวถึงเฉพาะวาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve) ที่ใช้สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบโดยวาล์วประเภทอื่นๆ อาทิเช่น วาล์วชนิดลมไหลทางเดียว (One Way Flow Control Valve) ใช้ในการออกแบบสร้างวงจรควบคุมอัตราการไหลในการควบคุมความเร็วของก้านสูบ การใช้วาล์วแบบผสมที่ออกแบบสำหรับงานเฉพาะ เป็นต้น

วาล์วควบคุมทิศทาง Directional Control Valve (D.C.V) มีหน้าที่ในการควบคุมทิศทางของลมอัด ที่ป้อนให้กับอุปกรณ์นิวเมติกส์โดยภายในประกอบด้วย ลิ้นวาล์ว ซึ่งสามารถเปลี่ยนสถานะในการทำงานของอุปกรณ์ได้ ตำแหน่งของลิ้นวาล์วที่เปลี่ยนสถานะการทำงานของอุปกรณ์ เรียกว่า ตำแหน่งทำงาน ดังรูปที่ 2.26 ใช้สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมแทนจำนวนตำแหน่งที่ลิ้นวาล์วสามารถเลื่อน เปลี่ยนสถานะได้ตามข้อกำหนดการ เรียกชื่อวาล์วควบคุม มาตรฐาน ISO 1219 ความหมายของสัญลักษณ์ ดังรูปที่ 2.27 ตำแหน่งทำงานจำนวนช่องสี่เหลี่ยมหมายถึง จำนวนตำแหน่งทำงานที่ลิ้นวาล์วเปลี่ยนสถานะได้ และมีชนิดของวาล์วควบคุมทิศทางดังรูปที่ 2.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์	ความหมาย
	วาล์ว 1 ตำแหน่ง
	วาล์ว 2 ตำแหน่ง
	วาล์ว 3 ตำแหน่ง
	วาล์ว 4 ตำแหน่ง

รูปที่ 2.26 ความหมายของสัญลักษณ์ตำแหน่งทำงาน

[ที่มา: <http://repository.rmutl.ac.th/bitstream/handle/123456789/207>]

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ทิศทางหัวลูกศรหมายถึงทิศทางภายในวาล์วซึ่งจะทำให้ลมผ่านตลอดตามทิศทางหัวลูกศร
	ทิศทางของวาล์วที่ถูกปิดกั้นในโหลมหวนได้
	ทิศทางของวาล์วต่อกันแสดงด้วยจุดต่อจุดใหญ่
	สัญลักษณ์รูป $\nabla$ แสดงการระบายลมอัดภายในตัวของวาล์วเอง
	สัญลักษณ์รูป $\nabla$ แสดงว่าการระบายลมอัดสามารถต่อท่อหรือติดตั้งเก็บเบี่ยงได้
	สัญลักษณ์รูป $\odot$ คือแหล่งจ่ายลมที่ต่อเข้ากับวาล์วควบคุม

รูปที่ 2.27 สัญลักษณ์ของวาล์วควบคุมทิศทางที่เขียนเป็นเส้นและหัวลูกศร

[ที่มา: <http://repository.rmutl.ac.th/bitstream/handle/123456789/207>]

สัญลักษณ์	ความหมาย
	วาล์วควบคุม 2 ทง 2 ตำแหน่งปกติปิด (2/2 D.C. Valve Normally Closed)
	วาล์วควบคุม 2 ทง 2 ตำแหน่งปกติเปิด (2/2 D.C. Valve Normally Opened)
	วาล์วควบคุม 3 ทง 2 ตำแหน่งปกติปิด (3/2 D.C. Valve Normally Closed)
	วาล์วควบคุม 3 ทง 2 ตำแหน่งปกติเปิด (3/2 D.C. Valve Normally Opened)
	วาล์วควบคุม 4 ทง 2 ตำแหน่งปกติเปิด (4/2 D.C. Valve)
	วาล์วควบคุม 4 ทง 2 ตำแหน่ง (4/2 D.C. Valve Closed Center) หมายเหตุ : ตำแหน่งกลางมีหลายแบบแล้วแต่ลักษณะการนำไปใช้งาน
	วาล์วควบคุม 5 ทง 2 ตำแหน่ง (5/2 D.C. Valve)
	วาล์วควบคุม 5 ทง 3 ตำแหน่ง (5/3 D.C. Valve)
	วาล์วควบคุม 5 ทง 4 ตำแหน่ง (5/4 D.C. Valve)

รูปที่ 2.28 ชนิดของวาล์วควบคุมทิศทาง

[ที่มา: <http://repository.rmutl.ac.th/bitstream/handle/123456789/207>]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 เซนเซอร์วัดแรงดัน (Pressure Sensor)

Pressure Sensor หรือบางที่เรียกกันว่า Pressure Transmitter, Pressure Switch, Pressure Transducer, อุปกรณ์ตรวจวัดแรงดันหรือเครื่องวัดแรงดัน มีหน้าที่ในการตรวจวัดแรงดันของของเหลวหรือก๊าซ ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อควบคุม แสดงผลค่าของแรงดันที่ต้องการจะวัด โดยหน่วยในการแสดงผลของค่าแรงดันที่วัดได้นั้น มี Bar, mBar, KPa, psi, mmHg เป็นต้น ซึ่งหลักการทำงานจะแปลงปริมาณความดันทางกายภาพให้ออกมาเป็นสัญญาณมาตรฐานทางไฟฟ้า (สัญญาณ Output) ซึ่งสัญญาณ Output ที่ออกมาจะมีหลายแบบ เช่น Analog 4-20mA, 0-10VDC, NPN, PNP เป็นต้น สามารถแบ่งประเภทของเครื่องวัดแรงดันออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่มีหน้าจอแสดงผล ประเภทนี้จะมีด้วยกัน 2 แบบคือแบบอนาล็อก (แบบเข็ม) กับแบบดิจิตอลดังรูปที่ 2.29 และประเภทที่เป็นตัวเซนเซอร์อย่างเดียว ได้แก่ Pressure Switch กับ Pressure Transmitter ดังรูปที่ 2.30

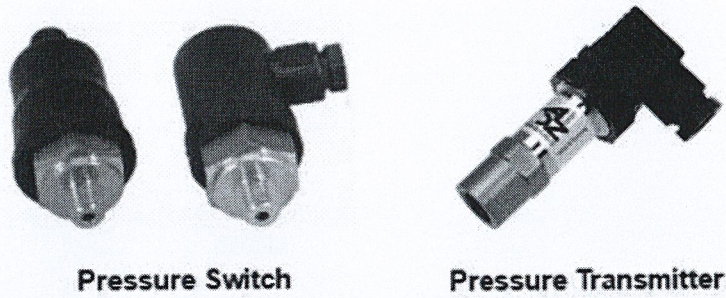
อุปกรณ์นี้สามารถนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้มากมายไม่ว่าจะเป็น

- ใช้วัดแรงดันน้ำจะนิยมใช้กับตัวปั้มน้ำ
- ใช้วัดแรงดันลมกับเครื่องมือที่เป็นส่วนลม, นิวเมติกส์หรือกระบอกลม
- ใช้วัดแรงดันไอน้ำในหม้อน้ำ (Boiler)
- ใช้วัดแรงดันน้ำมันในกระบอกลิไฮดรอลิก



รูปที่ 2.29 อุปกรณ์วัดความดันลมในระบบประเภทที่มีหน้าจอแสดงผล

[ที่มา: <https://www.factomart.com/th/pressure-sensor/>]



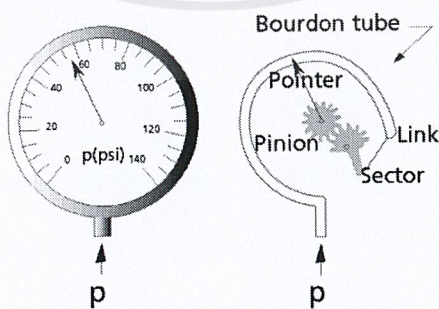
รูปที่ 2.30 อุปกรณ์วัดความดันในระบบประเภทที่เป็นตัวเซนเซอร์อย่างเดียว

[ที่มา: <https://www.factomart.com/th/pressure-sensor/>]

2.5.1 ประเภทของเซนเซอร์วัดแรงดัน (Pressure Sensor) ในงานอุตสาหกรรม

1. เกจวัดความดัน (Pressure Gauge) สามารถวัดความดันได้ทั้งความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และสุญญากาศ โดยจะแสดงผลเป็นแบบอนาล็อกหรือแบบเข็ม ข้อดีคือ มีราคาถูก ติดตั้งง่าย แต่ข้อเสียคือ อ่านค่าได้อย่างเดียว ไม่ละเอียด และไม่สามารถประยุกต์ใช้งานอย่างอื่นได้ เกจวัดความดันจะอาศัยหลักการยืดตัว/โก่งตัวของวัสดุที่มีสมบัติยืดหยุ่นหรือเรียกว่า “เครื่องมือวัดความดันแบบอิลาสติก” ทำงานโดยอาศัยการแปลงความดันที่อุปกรณ์ได้รับให้อยู่ในรูปการเคลื่อนที่ ประเภทของเกจวัดความดัน มีดังนี้

- เกจวัดความดันแบบบูร์ดอง (Bourdon Gauge) ดังรูปที่ 2.31 โดยเกจวัดความดันแบบบูร์ดองจะมีลักษณะเป็นขดทองแดงกลวง มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงรีซึ่งเมื่อมีความดันเข้าไปภายในท่อขดบูร์ดองจะพยายามยืดตัวออกเป็นวงกลม จึงทำให้ตั้งแขนที่ต่อกับเข็มชี้หมุนเลื่อนขึ้น แสดงความดันที่เกิดขึ้น

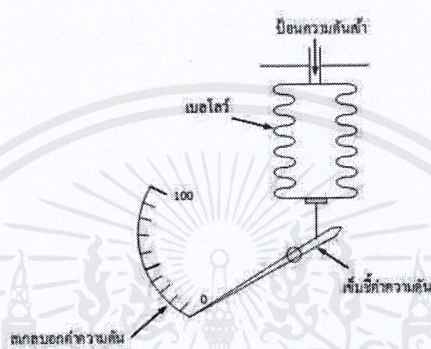


รูปที่ 2.31 เกจวัดความดันแบบบูร์ดอง (Bourdon Gauge)

[ที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/type-of-pressure-sensor/>]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เกจวัดความดันแบบเบลโลว์ (Bellow) ดังรูปที่ 2.32 โครงสร้างของเบลโลว์มีลักษณะคล้ายลูกฟูก ภายในกลวงสามารถยืดหยุ่นตัวได้ ปลายด้านหนึ่งปิดยึดติดกับเข็มชี้วัดระยะ ปลายอีกด้านหนึ่งเปิดเพื่อเป็นช่องทางเข้าของความดัน (Pressure) ที่ต้องการวัด ภายในเบลโลว์อาจติดตั้งสปริงหรือตัวหยุดการเคลื่อนที่ เพื่อป้องกันความเสียหายจากการรับค่าความดันเกินพิกัด เมื่อเบลโลว์ได้รับความดันจากภายนอกทำให้ความดันภายในสูงขึ้น ส่งผลให้เบลโลว์เกิดการยืดตัวออกในทิศทางเดียวกับทิศทางของความดันที่เข้าไปในเบลโลว์



รูปที่ 2.32 เกจวัดความดันแบบเบลโลว์ (Bellow)

[ที่มา: <https://www.factormart.com/th/factormartblog/type-of-pressure-sensor/>]

2. Pressure Switch คือ สวิตช์ควบคุมความดัน โดยใช้ในการตัดหรือต่อวงจรไฟฟ้าเมื่อความดันถึงจุดที่กำหนดไว้ Pressure Switch นี้สามารถใช้งานควบคุมแรงดันทั่วไป ยกตัวอย่างเช่น การตัดต่อการทำงานของปั้มน้ำ Pressure Switch Sensor ประเภทนี้ไม่ต้องอาศัยแรงดันไฟเลี้ยงเนื่องโดยส่วนใหญ่ใช้ระบบกลไก (Mechanic) ในการทำงานโดยจะมีสัญญาณ Output เป็น Contact On/Off ใช้เพื่อตัดต่อระบบเพียงเท่านั้น ซึ่งแบ่งหลักการทำงานนี้ได้เป็นสองแบบ

- Piston ดังรูปที่ 2.33 ทำงานโดยใช้กระบอกสูบขนาดเล็กด้านใน ซึ่งอีกด้านหนึ่งจะเชื่อมต่อเข้ากับกลไกสวิตช์สามารถปรับตั้งสปริงเลือกช่วงในการทำงานได้ เหมาะกับงานที่มีแรงดันสูงๆ เช่น วัดแรงดันของระบบไฮดรอลิกในระบบเครื่อง Press โลหะ เป็นต้น

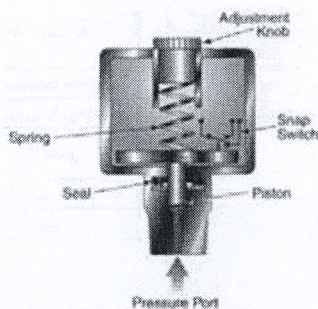


FIGURE 5. Piston pressure switch

### รูปที่ 2.33 Piston Pressure Switch

[ที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/type-of-pressure-sensor/>]

- Diaphragm ดังรูปที่ 2.34 ส่วนใหญ่จะเป็นแผ่นยางไดอะแฟรมทำจากวัสดุ NBR เมื่อมีแรงดันมากจะทำกับแผ่นไดอะแฟรมซึ่งอีกด้านจะต่อกับกลไกสวิตช์จะทำงานในแรงดันที่ตั้งไว้ เหมาะกับงานที่มีแรงดันไม่สูงมาก เช่น แรงดันของลม ในระบบนิวเมติกส์

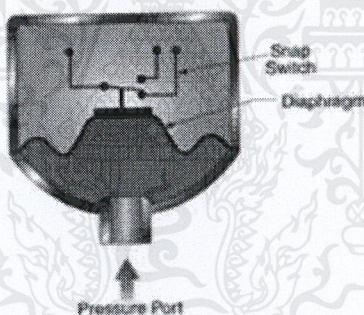


FIGURE 2. Diaphragm pressure switch

### รูปที่ 2.34 Diaphragm Pressure Switch

[ที่มา: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/type-of-pressure-sensor/>]

3. Pressure Transmitter คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความดันและแปลงสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณมาตรฐานที่มีทั้งสัญญาณ Analog 4-20mA, 0-10VDC เพื่อนำไปควบคุมกระบวนการทำงานในอุตสาหกรรม Pressure Transmitter แบ่งประเภทย่อย ตามหลักการทำงานได้ดังนี้

- Strain Gauge หลักการทำงานคืออาศัยการยืดหดตัวของ Strain Gauge ที่ยึดติดอยู่กับแผ่นไดอะแฟรม และต่อวงจรไปยังวงจรวิทสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge) เพื่อแปลงความดัน (Pressure) ไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Thin Film เป็นเซนเซอร์ลักษณะแผ่นฟิล์มบางๆ ที่จะรับแรงกดแล้วแสดงค่าแรงดันออกมา นิยมใช้กับงานที่มีแรงดันต่ำ

- Thick Film ไดอะแฟรมจะผลิตจากวัสดุ เช่น เซรามิก เหมาะกับงานที่แรงดันสูง มีความแข็งแรงมากกว่าประเภท Thin Film นิยมใช้ในงานไฮดรอลิก

### 2.5.2 การเลือกใช้เซนเซอร์วัดแรงดัน (Pressure Sensor)

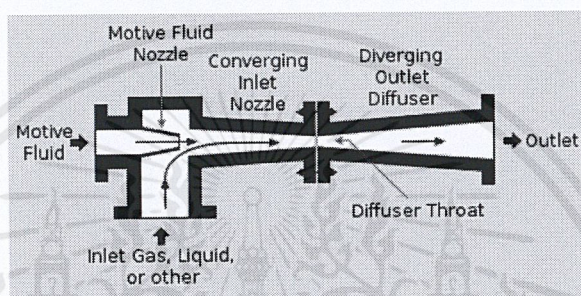
การเลือกใช้เซนเซอร์วัดแรงดัน (Pressure Sensor) ให้ตรงกับการใช้งานมากที่สุด ควรจะรู้ว่า จะนำเซนเซอร์วัดแรงดันไปใช้กับงานแบบไหน อะไร ยังไง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ต้องทราบแรงดันที่ต้องการวัด เช่น ย่านในการวัดที่ต้องการใช้งานอยู่ที่ ไม่เกิน 5 บาร์ จะเลือกช่วงในการวัดเป็น 0-10 บาร์
2. ต้องทราบถึงประเภทของแรงดันว่าแรงดันที่ต้องการวัดนั้นเป็นประเภทไหน ซึ่งประเภทของแรงดัน มีดังนี้
  1. วัดความดันทางด้านลบหรือแรงดูด (Vacuum) โดยปกติความดันด้านลบ (ความดันสุญญากาศ) จะไม่เกิน 1 Bar Gauge
  2. วัดความดันทางด้านบวกหรือแรงอัด (Positive Pressure)
  3. วัดความดันทางด้านบวกและลบหรือดูดและอัด (Compound)
3. ต้องทราบว่าใช้กับ ลม น้ำ หรือน้ำมัน (Liquid or Pneumatic)
4. ต้องทราบขนาดแรงดันไฟเลี้ยงที่เซนเซอร์ เช่น 12 VDC หรือ 24 VDC เป็นต้น
5. ต้องทราบ Output เช่น 4-20MA, 0-1 0VDC, 0-SVIDC, 1-5VDC, Contact On/Off, NPN or PNP เป็นต้น
6. ต้องทราบอุณหภูมิของระบบที่นำไปวัดเนื่องจากตัวเซนเซอร์ จะมีช่วงของอุณหภูมิในการวัด ถ้าสูงเกินกว่าที่อุปกรณ์จะทนได้จะทำให้อุปกรณ์เสียหาย
7. ต้องทราบขนาดของเกลียว (Thread) เช่น ¼ นิ้ว หรือ 18 นิ้ว
8. ต้องทราบวงจรการต่อใช้งาน (Electrical Wire) เช่น 2 สาย, 3 สาย
9. ต้องทราบความแม่นยำในการวัดว่าต้องการที่ระดับใด (Accuracy) เช่น 0.2 เปอร์เซ็นต์, 0.5 เปอร์เซ็นต์ หรือ 1 เปอร์เซ็นต์

## 2.6 เครื่องกำเนิดสุญญากาศ (Vacuum Ejector, Vacuum Generato

เครื่อง/ตัวกำเนิดสุญญากาศ (Vacuum Ejector, Vacuum Generator) ตัวกำเนิดความดันสุญญากาศ Vacuum Ejector อาศัยหลักการที่ทำให้เกิดสุญญากาศตรงบริเวณคอขวดที่เป็นเสมือนท่อ 3 แยก Venturi ที่อยู่ภายในตัวกำเนิดความดันสุญญากาศตัว Ejector โดยบริเวณนี้เหมือนทาง 3 แพร่งดังรูป 2.35 ลมเข้ามาทางรูที่ 1 และเมื่อลมไหลเข้ามาเร็วในคอขวด ของตัวกำเนิดความดันสุญญากาศเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูญญากาศ เช่น พื้นที่หน้าตัดที่ลมนไหลผ่านลดลง 900 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลมจะมากขึ้น 900 เปอร์เซ็นต์ เช่นกัน พื้นที่ลดลง 9 เท่า ความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น 9 เท่า ทำให้ลมที่ไหลผ่านที่ Venturi จะปั่นป่วนอย่างมาก (Turbulence) โดยลมจะไหลออกอย่างรวดเร็วไปสู่รูออกที่ 2 ซึ่งมีขนาดใหญ่ที่อยู่ตรงข้ามกับทางเข้าที่ 1 บริเวณทาง 3 แพร่ง ที่อยู่ภายใน Venturi ก็เกิดสูญญากาศ ดูดอากาศจากทางเข้าที่ 3 ท่อทางเข้าที่ 3 จะไปต่อกับลูกยางดูดจับชิ้นงาน ในงานจับและวาง เครื่องกำเนิดความดันสูญญากาศที่ต้องการปริมาณลมดูดไม่เหมาะที่จะใช้ Ejector ต้องใช้เป็นปั๊มสูญญากาศ ซึ่งมีทั้งแบบกระบอกสูบ และแบบ Vane Type เป็นต้น



รูปที่ 2.35 การทำงานเครื่องกำเนิดสูญญากาศ

[ที่มา: pneu-hyd.co.th/บทความ-นิวเมติกส์-ไฮดรอลิก/412-vacuum-equipment อุปกรณ์สำหรับงานสูญญากาศ.html]

## 2.7 พลศาสตร์ของไหล (Fluid Dynamics)

ศึกษาการเคลื่อนที่ของของไหล ซึ่งหมายถึงของเหลวและแก๊ส โดยพลศาสตร์ของไหลยังแบ่งแยกย่อยออกเป็นหลายสาขาวิชา เช่น อากาศพลศาสตร์ ที่ศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศ และพลศาสตร์ของเหลวที่ศึกษาการเคลื่อนที่ของของเหลว ใช้พลศาสตร์ของไหลในหลายวิธี เช่น ในการคำนวณแรงและโมเมนต์บนอากาศยาน ในการหาอัตราการไหลของมวลของปิโตรเลียมผ่านท่อ คาคตะเนแบบรูปของสภาพอากาศ ทำความเข้าใจเนบิวลาและสสารระหว่างดาว ตลอดจนถึงคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ โดยของไหลคือ สสารในสภาพปกติมี 3 สถานะคือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ที่อุณหภูมิหนึ่งของแข็งมีรูปร่างและปริมาตรคงตัว ถ้าถูกแรงไม่มากอัด ส่วนของเหลวจะมีปริมาตรคงตัวและมีรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุและปริมาตรจะลดลงเล็กน้อยเมื่อถูกแรงอัด ส่วนแก๊สมีรูปร่างและปริมาตรไม่คงตัว ปริมาตรของแก๊สขึ้นอยู่กับปริมาตรภาชนะที่บรรจุ แก๊สมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรมากกว่าของเหลวมาก แม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนเพียงเล็กน้อยก็ตาม แต่เนื่องจากของเหลวและแก๊สมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างไม่แน่นอน อีกทั้งสามารถไหลจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งได้ จึงอาจเรียกของเหลวและแก๊สว่า ของไหล (FLUID) ก็ได้

### 2.7.1 ของไหลอุดมคติ

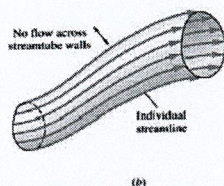
การไหลของของไหลอุดมคติ ในของไหลที่ไหลอย่างสม่ำเสมอ อนุภาคหนึ่งของของไหลจะเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางเดินเส้นหนึ่งเรียกว่า เส้นกระแส (Streamline) โดยความเร็วของอนุภาคนั้นที่ตำแหน่งต่างๆ มีทิศในแนวเส้นสัมผัส ณ ตำแหน่งดังรูปที่ 2.36 และเส้นกระแสของอนุภาคแต่ละเส้นจะไม่ตัดกัน ถ้าเส้นกระแสจำนวนหนึ่งอยู่เรียงกันเป็นมัดดังรูปที่ 2.37 จะเรียกมัดของเส้นกระแสนี้ว่า หลอดการทดลอง (Tube of Flow) หลอดการไหลนี้จึงเปรียบเสมือนท่อที่มีของไหลไหลเข้าทางปลายของหนึ่ง และไหลออกทางปลายอีกข้างหนึ่ง คุณสมบัติของไหลอุดมคติดังนี้

1. มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ (Steady Flow) หมายถึง ความเร็วของทุกอนุภาค ณ ตำแหน่งบนพื้นที่หน้าตัดเดียวกันในของไหลมีค่าคงตัว
2. เป็นการไหลโดยไม่หมุน (Irrotational Flow) คือ ในบริเวณโดยรอบจุดหนึ่งๆ ในของไหลจะไม่มีอนุภาคของของไหลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเชิงมุมรอบจุดนั้นๆ เลย
3. เป็นการไหลที่ไม่มีแรงต้านเนื่องจากความหนืด Nonviscous Flow ไม่มีแรงต้านใดๆ ภายในเนื้อของไหลมากระทำต่ออนุภาคของไหล
4. ไม่สามารถอัดได้ (Incompressible Flow) ในทุกส่วนของของไหลมีความหนาแน่นคงตัว



รูปที่ 2.36 เส้นกระแสของอนุภาคในของไหลและความเร็วของอนุภาคขณะผ่านจุด v

[ที่มา: <http://nampungzana.blogspot.com/2011/01/>]



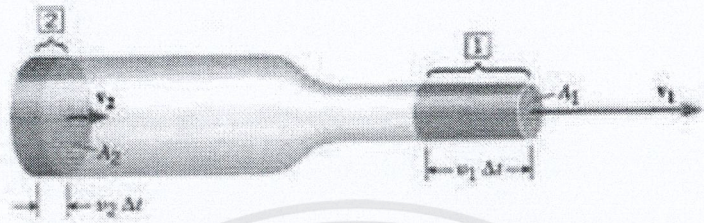
รูปที่ 2.37 ในหลอดการไหลอนุภาคไม่สามารถไหลออกนอกหลอดการไหลได้

[ที่มา: <http://nampungzana.blogspot.com/2011/01/>]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7.2 สมการความต่อเนื่อง (The Equation of Continuity)

เป็นสมการที่ใช้ศึกษาการไหลของของไหลภายในท่อ การไหลของของไหลในท่อที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ ดังรูปที่ 2.38 ของไหลไหลจากปลาย [2] ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด  $A_2$  ไปยังปลาย [1] ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด  $A_1$



รูปที่ 2.38 การไหลของของไหลในท่อที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ

[ที่มา: <http://nampungzana.blogspot.com/2011/01/>]

เนื่องจากของไหลไม่สามารถไหลผ่านผนังท่อ และไม่มีการสร้างหรือทำลายของไหลในท่อ ดังนั้นมวลของของไหลที่ผ่านแต่ละส่วนของท่อการไหลในเวลาเดียวกันจึงมีค่าเท่ากันดังรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.39 ของไหลที่ไม่สามารถไหลผ่านผนังท่อ

[ที่มา: <http://nampungzana.blogspot.com/2011/01/>]

สมการความต่อเนื่อง (The Equation of Continuity) สรุปใจความได้ดังนี้

$$\rho Av = \text{ค่าคงตัว}$$

เมื่อ  $\rho$  คือ ความหนาแน่นของของไหล

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อที่ตั้งฉากกับสายกระแส

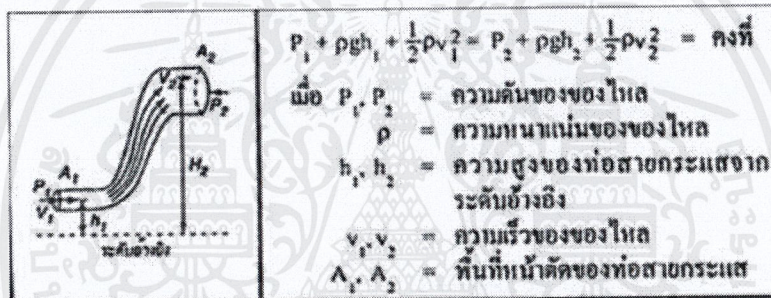
$v$  คือ ความเร็วของของไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ว่า  $\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$  ซึ่ง  $\rho_1 = \rho_2$  ในของไหลเดียวกัน  
 $A_1 v_1 = A_2 v_2$   
 นั่นคือ  $Av = \text{ค่าคงตัว}$

### 2.7.3 สมการของเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation)

สมการเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation) ดังรูปที่ 2.40 สรุปใจความได้ว่า ผลรวมของความดัน พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร และพลังงานศักย์โน้มถ่วงต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ณ ตำแหน่งใดๆ ภายในท่อที่มีของไหลผ่าน มีค่าคงตัวเสมอ จากสมการของเบอร์นูลลีถ้าระดับคงตัวของไหลมีอัตราเร็วเพิ่ม ความดันของของไหลจะลด และเมื่อของไหลมีอัตราเร็วลดลง ความดันของของไหลจะเพิ่มขึ้น ข้อสรุปนี้เรียกว่า หลักของเบอร์นูลลี (Bernoulli's Principle)



รูปที่ 2.40 สมการเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation)

[ที่มา: <http://nampungzana.blogspot.com/2011/01/>]

Daniel Bernoulli (พ.ศ. 2243 - 2325) นักฟิสิกส์ชาวสวิสเซอร์แลนด์ตั้งรูปที่ 2.41 เกิดในตระกูลนักคณิตศาสตร์ แต่เขาเป็นสมาชิกเพียงคนเดียวของครอบครัวที่สนใจฟิสิกส์ ผลงานสำคัญที่สุดของเขาคือ หนังสือชื่อ Hydrodynamical ที่ตีพิมพ์ใน ค.ศ. 1738 ซึ่งกล่าวถึง สมดุลความดันและอัตราเร็วของของไหล เขาได้แสดงให้เห็นว่า ถ้าระดับการไหลไม่เปลี่ยนเมื่ออัตราเร็วของของไหลเพิ่มขึ้น ความดันของของไหลจะลดลง หนังสือของเขายังได้อธิบายพฤติกรรมของแก๊สเมื่ออุณหภูมิและความดันของแก๊สเปลี่ยนเป็นครั้งแรก ซึ่งถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



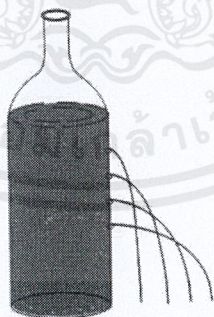
รูปที่ 2.41 Daniel Bernoulli (พ.ศ. 2243 - 2325) นักฟิสิกส์ชาวสวิสเซอร์แลนด์

[ที่มา: <http://nampungzana.blogspot.com/2011/01/>]

### 2.7.3.1 การประยุกต์สมการของเบอร์นูลลี

สมการของเบอร์นูลลีสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของของไหลได้หลายเรื่อง เช่น การหาอัตราเร็วของของเหลวอุดมคติที่พุ่งออกจากรูเล็กๆ การทำงานของเครื่องพ่นสี การออกแบบปีกเครื่องบิน และตัวดูด (Suction Cup) ที่ใช้ทฤษฎีเบอร์นูลลี เป็นต้น

1. การหาอัตราเร็วของของเหลวที่พุ่งออกจากรูเล็กๆ ดังรูปที่ 2.42 อัตราเร็วของของเหลวที่พุ่งออกจากรูด้านข้างขนาดเท่ากับอัตราเร็วของวัตถุที่ตกแบบเสรีจากระดับสูง  $h$  เท่ากัน และไม่ขึ้นกับชนิดของของเหลว ความสัมพันธ์นี้ทอริเซลลีเป็นผู้ค้นพบ จึงเรียกว่า กฎของทอริเซลลี (Torricelli's Law)

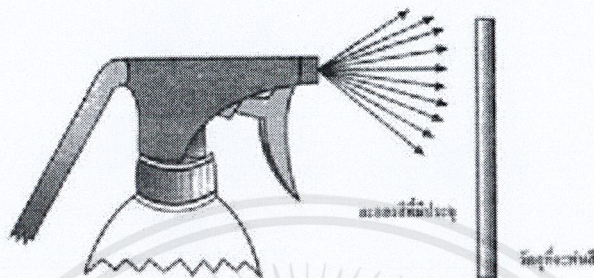


รูปที่ 2.42 ของเหลวที่พุ่งออกจากรูเล็กๆ

[ที่มา: <http://nampungzana.blogspot.com/2011/01/>]

2. การทำงานของเครื่องพ่นสี อุปกรณ์พ่นสีดังรูปที่ 2.43 เมื่ออากาศผ่านท่อไปยังหัวฉีด อัตราเร็วของอากาศที่ผ่านหัวฉีดจะสูงกว่าอัตราเร็วของอากาศที่ผ่านตามท่อ เพราะหัวฉีดมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

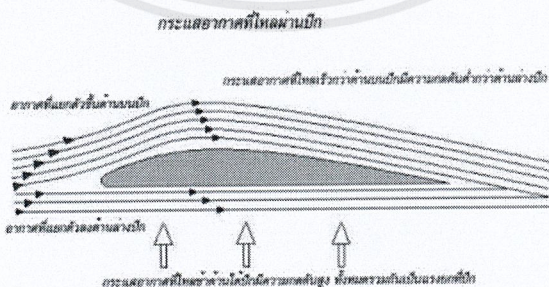
ขนาดเล็กกว่าท่อมาก ดังนั้นความดันของอากาศบริเวณหัวฉีดจึงน้อยมาก สารละลายของสีที่อยู่ในกระป๋องซึ่งมีความดันสูงกว่า จึงเคลื่อนที่ผ่านตามท่อไปผสมกับอากาศที่บริเวณหัวฉีด ทำให้ทั้งอากาศและเม็ดสีถูกฉีดและกระจายออกจากหัวฉีดด้วยอัตราเร็วสูง การทำงานของคาร์บูเรเตอร์ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน หรือขวดสเปรย์นำหอมก็อาศัยหลักการเดียวกันนี้



รูปที่ 2.43 อุปกรณ์พ่นสี

[ที่มา: <http://nampungzana.blogspot.com/2011/01/>]

3. ปีกเครื่องบิน เมื่อแสดงการไหลของอากาศผ่านปีกเครื่องบินดังรูปที่ 2.44 วิศวกรผู้ออกแบบปีกเครื่องบินจะทำการออกแบบโดยอาศัยสมการของเบอร์นูลี โดยออกแบบให้ด้านบนของปีกมีความโค้งมากกว่าด้านล่าง เมื่อเครื่องบินบินอากาศที่บริเวณผิวปีกด้านบนต้องเคลื่อนที่ได้ระยะทางไกลกว่าอากาศที่บริเวณผิวปีกด้านล่าง ดังนั้นอัตราเร็วของอากาศที่บริเวณผิวปีกด้านบนจะสูงกว่าอัตราเร็วของอากาศที่บริเวณผิวปีกด้านล่าง ทำให้ความดันของอากาศที่บริเวณผิวปีกด้านล่างมากกว่าที่บริเวณผิวปีกด้านบน จึงเป็นผลให้เกิดแรงยกขึ้นกระทำที่ปีกเครื่องบิน เครื่องบินจึงบินขึ้นได้

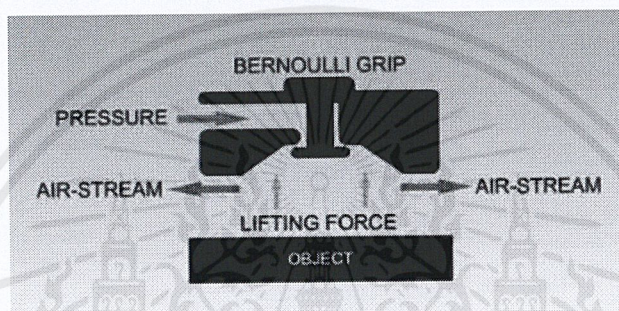


รูปที่ 2.44 การไหลของอากาศผ่านปีกเครื่องบิน

[ที่มา: <http://nampungzana.blogspot.com/2011/01/>]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตัวดูด (Suction Cup) ที่ใช้ทฤษฎีเบอร์นูลลี ดังรูปที่ 2.45 ใช้การไหลของอากาศเพื่อยึดติดกับวัตถุโดยไม่มีการสัมผัสทางกายภาพ กริปเปอร์ดังกล่าวพึ่งพาหลักการไหลเวียนของอากาศเบอร์นูลลี กระแสลมความเร็วสูงมีความดันสถิตต่ำ ด้วยการออกแบบอย่างระมัดระวังความดันในกระแสลมความเร็วสูงอาจต่ำกว่าความดันบรรยากาศ สิ่งนี้อาจทำให้เกิดแรงสุทธิบนวัตถุในทิศทางปกติไปทางด้านข้าง โดยมีแรงกดภายในลดลง Bernoulli กริปเปอร์ใช้ประโยชน์จากสิ่งนี้ โดยรักษาแรงดันบวกที่หน้ากริปเปอร์เปรียบเทียบกับความดันบรรยากาศขณะที่รักษาช่องว่างอากาศระหว่างกริปเปอร์ และวัตถุที่ถูกยึดไว้



รูปที่ 2.45 ตัวดูด (Suction Cup) ที่ใช้ทฤษฎีเบอร์นูลลี  
[ที่มา: [https://en.wikipedia.org/wiki/Bernoulli\\_grip](https://en.wikipedia.org/wiki/Bernoulli_grip)]

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง RB ทางผู้วิจัยทำเริ่มดำเนินการตั้งแต่การศึกษากระบวนการทำงานในสายการผลิต RB เพื่อศึกษาหาและวิเคราะห์กระบวนการที่สามารถพัฒนาได้ มาเสนอกับทางโรงงาน รวมถึงปรับแก้แนวคิดตามความต้องการของโรงงาน ศึกษาข้อมูลทางทฤษฎี เก็บข้อมูลในพื้นที่การทำงาน ออกแบบกระบวนการทำงานและโครงสร้างทางกลติดต่อกับบริษัทภายนอกเพื่อประเมินหาผลตอบแทนในการลงทุน ประกอบชิ้นงานทดลอง และทำการทดลองกับหุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L

#### 3.1 การวางแผนการดำเนินงาน

ในการดำเนินการวิจัยจะต้องมีการวางแผนเป็นขั้นตอน จัดการเวลาในการทำงานให้เหมาะสมเพื่อให้สามารถดำเนินการวิจัยอย่างเป็นระบบ โดยระยะเวลาที่วางไว้เป็นช่วงเวลาในโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ จำกัด ช่วงเวลาระหว่างวันที่ 3 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ถึงวันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 แสดงแผนการดำเนินงานดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางข้อมูลแผนการดำเนินการวิจัย

แผนการดำเนินงาน	มิถุนายน					กรกฎาคม					สิงหาคม					กันยายน					ตุลาคม					พฤศจิกายน				
	WK 23	WK 24	WK 25	WK 26	WK 27	WK 27	WK 28	WK 29	WK 30	WK 31	WK 31	WK 32	WK 33	WK 34	WK 35	WK 36	WK 37	WK 38	WK 39	WK 40	WK 40	WK 41	WK 42	WK 43	WK 44	WK 44	WK 45	WK 46	WK 47	WK 48
ศึกษาสายการผลิตโรงงานผู้ยื่น																														
ศึกษากระบวนการทำงานหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง																														
ศึกษากระบวนการประกอบฝาปิดช่องฉีดใหม่																														
ออกแบบแนวคิดระบบอัตโนมัติ																														
เสนอและแก้ไขแนวคิดให้ตรงตามความต้องการโรงงาน																														
ประเมินราคาในการลงทุน																														
ประกอบตัวอย่างชิ้นงานในการทดลอง																														
ทดสอบการทำงาน																														

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การศึกษากระบวนการทำงานในสายการผลิต

โรงงานตู้เย็นจะประกอบไปด้วย 3 สายการผลิตคือ

1. สายการผลิต RA เป็นสายการผลิตที่ผลิตตู้เย็นที่มีขนาดเล็กไปจนถึงขนาดกลาง มีความเร็วในการผลิต (Speed Line) ที่สูง
2. สายการผลิต RB เป็นสายการผลิตสำหรับตู้เย็นที่มีขนาดกลางไปจนถึงขนาดใหญ่ มีความเร็วในการผลิตที่ช้ากว่าสายการผลิต RA ดังตารางที่ 3.2
3. สายการผลิตสนับสนุน (Support Main Line) จะมีหน้าที่ในการผลิตโครงสร้างเรซิน (Resin) ซึ่งเป็นโครงสร้างภายในตู้เย็น โดยแต่ละสายการผลิตจะมีการกำหนดความเร็วสายการผลิต (Speed Line) ในแต่ละรุ่นเพื่อเป็นการกำหนดเวลาสูงสุดของกระบวนการทำงานในแต่ละรุ่น

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงความเร็วการผลิตตู้เย็นสายการผลิต RB

Project	Model	Tact time Include feed in, out (sec)	Speed line Include feed in, out (sec)
RT6000K	RT43/46	15.50	13.95
	RT43/46 (4Star)	16.20	14.58
	RT50/53	15.50	13.95
RT7000K	RT58/62	16.90	15.21
BAROSA	RL40/43	17.00	15.30
RT6500M	RT18/21	16.80	15.12
NW2-FDR	RF18	17.50	15.75
	RF20	18.20	16.38

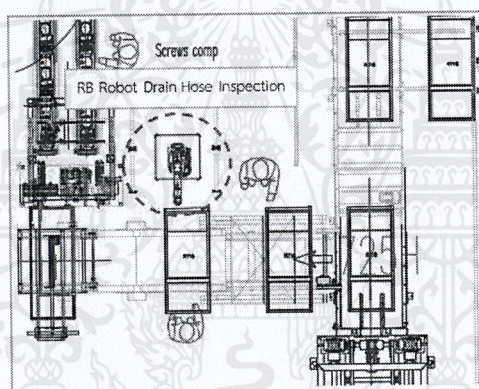
### 3.3 การศึกษากระบวนการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB

กระบวนการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB (RB Robot Drain Hose Inspection) เป็นกระบวนการที่หุ่นยนต์จะใช้กริปเปอร์ (Gripper) เข้าไปเป่าลมในท่อน้ำทิ้งของตู้เย็น เพื่อตรวจสอบการอุดตันในท่อน้ำทิ้ง ซึ่งถ้ามีการอุดตันในท่อน้ำทิ้ง ลมที่เป่าเข้าไปจะไม่

สามารถถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้ จึงทำให้ค่าความดันลมสูงขึ้นจนเซนเซอร์แรงดัน (Pressure Sensor) แจ้งเตือนออกมา

### 3.3.1 พื้นที่ในการทำงานหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งสายการผลิต RB

กระบวนการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง RB อยู่หลังจากกระบวนการประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น (Cover Urethane) มีพื้นที่การทำงาน กว้าง x ยาว เท่ากับ 1,300 x 2,000 มิลลิเมตร สายพานลำเลียง (Conveyor) สูง 720 มิลลิเมตร เป็นกระบวนการก่อนการประกอบฐานรองคอมเพรสเซอร์ตู้เย็น (Chassis Compressor) ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะปิดส่วนล่างของตู้เย็น ทำให้กระบวนการตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็น และการประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมทำงานลำบากมากขึ้น จำเป็นต้องอยู่ก่อนกระบวนการประกอบฐานรองคอมเพรสเซอร์ตู้เย็น ตำแหน่งของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB ดังรูปที่ 3.1



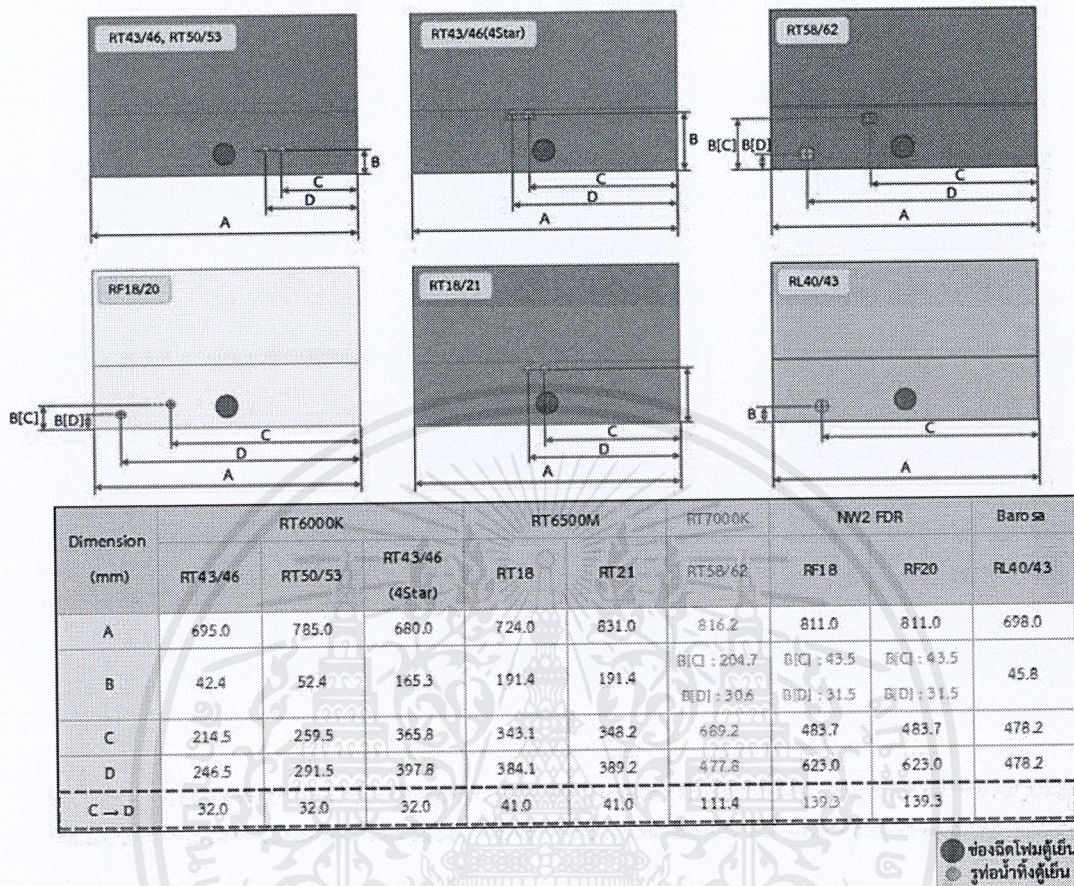
รูปที่ 3.1 ตำแหน่งของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB

### 3.3.2 ระยะท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB

ท่อน้ำทิ้งของตู้เย็นจะอยู่ที่ฝาปิดฐานใต้ตู้เย็น (Bottom Cabinet) มีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละรุ่น ทางผู้วิจัยจะสนใจระยะระหว่างท่อน้ำทิ้งเท่านั้น โดยในรุ่น RT43/46, RT43/46 (4Star), RT50/53 (RT6000K) มีระยะระหว่างท่อน้ำทิ้งเท่ากับ 320 มิลลิเมตร รุ่น RT18/21 (RT6500M) มีระยะระหว่างท่อน้ำทิ้งเท่ากับ 410 มิลลิเมตร รุ่น RT58/62 (RT7000K) มีระยะระหว่างท่อน้ำทิ้งเท่ากับ 273.86 มิลลิเมตร รุ่น RF18/20 (NW2-FDR) มีระยะระหว่างท่อน้ำทิ้งเท่ากับ 139.8 มิลลิเมตร และรุ่น RL40/43 (Barosa) จะมีท่อน้ำทิ้งตู้เย็นเพียงท่อเดียว ระยะท่อน้ำทิ้งตู้เย็นในฝาปิดฐานใต้ตู้เย็นดังตารางที่ 3.3 โดยวงกลมสีฟ้าคือ รูช่องฉีดโฟม และวงกลมสีเทาคือ รูท่อน้ำทิ้งตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงระยะท่อน้ำทิ้งตู้เย็นในฝาปิดฐานใต้ตู้เย็น (Bottom Cabinet)

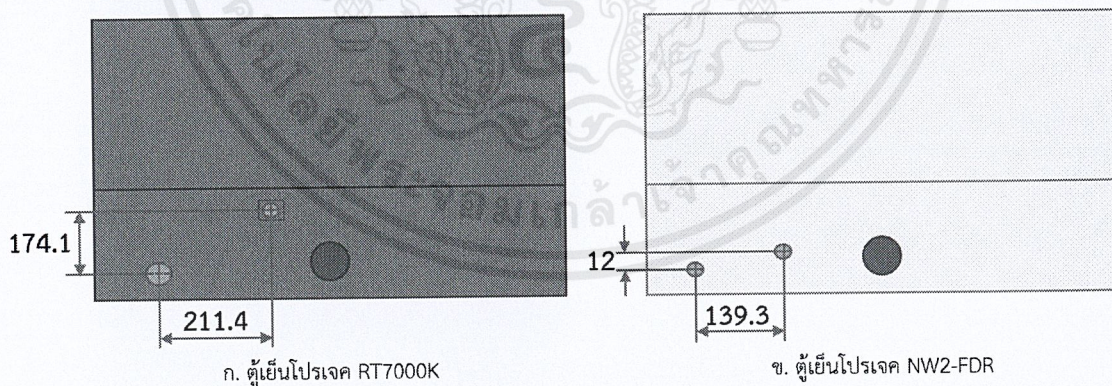


### 3.3.3 เวลาการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง RB

หุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง RB จะมีรอบการทำงาน (Cycle Time) ในแต่ละรุ่นไม่เท่ากัน เนื่องจากตำแหน่งท่อน้ำทิ้งของตู้เย็นไม่เท่ากันทำให้การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไม่เหมือนกัน ศึกษาการทำงานโดยจับเวลากระบวนการทำงาน 5 รอบการทำงานเพื่อหาเวลาเฉลี่ยของกระบวนการนั้น ซึ่งในแต่ละกระบวนการจะมีการแยกจับเวลาในแต่ละขั้นตอนการทำงานของกระบวนการนั้น เวลาการทำงานหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง RB ดังตารางที่ 3.4 เห็นได้ว่า รุ่น RF18/20, RT58/62 ใช้เวลาการทำงานมากเนื่องจากท่อน้ำทิ้งตู้เย็นมีระยะห่างระหว่างท่อน้ำทิ้งมากดังรูปที่ 3.2 ซึ่งกรีปเปอร์ไม่สามารถทำการตรวจวัดพร้อมกันทั้งสองท่อน้ำทิ้งได้

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงระยะเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง

Process : Robot drain hose inspection											
Project	Element operation name		Time operation (sec.)						Cycle time (sec.)	Tact time (sec.)	Speed line (sec.)
			1	2	3	4	5	Average			
RT6000K	1	Feed in	3.26	3.15	3.36	3.56	3.48	3.36	10.36	15.50	13.95
	2	Drain hose inspection	3.98	4.01	3.78	3.89	4.16	3.96			
	3	Feed out	2.98	3.12	3.02	3.16	2.89	3.03			
	Sub total		10.22	10.28	10.16	10.61	10.53	10.36			
RT7000K	4	Feed in	3.28	3.16	3.54	3.25	3.48	3.34	13.58	16.90	15.21
	5	Drain hose inspection	7.11	6.89	7.32	7.54	6.95	7.16			
	6	Feed out	3.12	3.06	3.09	3.07	3.02	3.07			
	Sub total		13.51	13.11	13.95	13.86	13.45	13.58			
BAROSA	1	Feed in	3.12	3.08	3.54	3.25	3.48	3.29	10.67	17.00	15.30
	2	Drain hose inspection	4.31	4.29	4.28	4.26	4.38	4.30			
	3	Feed out	3.07	3.02	3.12	3.06	3.09	3.07			
	Sub total		10.50	10.39	10.94	10.57	10.95	10.67			
RT6500M	1	Feed in	3.86	4.05	3.65	4.08	3.51	3.83	10.96	16.80	15.12
	2	Drain hose inspection	4.18	4.96	4.47	4.94	4.33	4.58			
	3	Feed out	2.56	2.71	2.73	2.54	2.22	2.55			
	Sub total		10.60	11.72	10.85	11.56	10.06	10.96			
NW2-FDR	1	Feed in	3.12	3.08	3.54	3.25	3.48	3.29	13.21	17.50	15.75
	2	Drain hose inspection	6.76	7.08	6.58	6.79	6.95	6.83			
	3	Feed out	3.07	3.02	3.12	3.06	3.15	3.08			
	Sub total		12.95	13.18	13.24	13.10	13.58	13.21			



รูปที่ 3.2 ระยะระหว่างท่อน้ำทิ้งตู้เย็นโปรเจค RT7000K และ NW2-FDR

### 3.3.4 กริปเปอร์ของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB

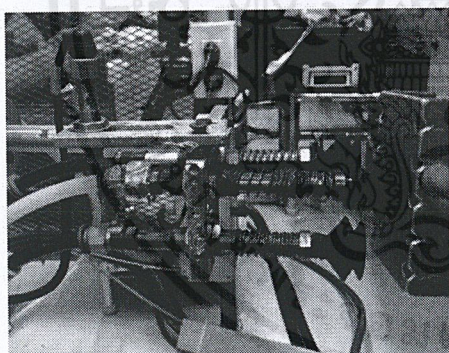
ศึกษากริปเปอร์ของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB ดังรูปที่ 3.3 กริปเปอร์จะใช้ พร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor) ในการตรวจจับก้านตัวดูดชนิดสปริง (Level เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Compensator) เมื่อท่อที่ใช้ในการวัดของกรีปเปอร์เคลื่อนไปชนท่อน้ำทิ้งจนปลายด้านหลังท่อเคลื่อนถอยหลังกลับมาแสดงดังรูปที่ 3.4 กรีปเปอร์หุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB ประกอบด้วยสองส่วนคือ

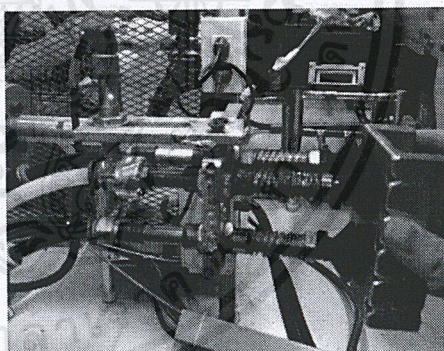
1. ส่วนโครงสร้าง
2. ส่วนอุปกรณ์กรีปเปอร์



รูปที่ 3.3 กรีปเปอร์ของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB



ก. หุ่นยนต์ยังไม่เคลื่อนเข้าไปชนชุดตัวเป่าอยู่ที่ตำแหน่งเดิม



ข. หุ่นยนต์เคลื่อนเข้าไปทำให้ชุดตัวเป่าเคลื่อนถอยไปจนทำให้ใช้หรือกษมิได้เซนเซอร์ติด

รูปที่ 3.4 หลักการทำงานชุดตรวจท่อน้ำทิ้งตู้เย็น

#### 3.3.4.1 ส่วนโครงสร้างกรีปเปอร์

โครงสร้างกรีปเปอร์หุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB ประกอบไปด้วย

3 ส่วน

1. ส่วนโครงสร้างกรีปเปอร์ ทำหน้าที่ยึดชุดตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนฐานยึดเซนเซอร์ ทำหน้าที่ในการยึดพรีอกซิมีตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor) เพื่อใช้ในการตรวจสอบก้านตัวดูดชนิดสปริง (Level Compensator)

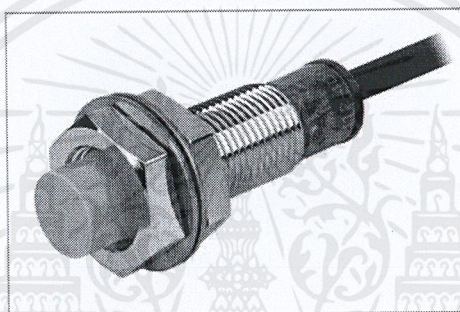
3. ส่วนเพลากริปเปอร์ ใช้ในการยึดกริปเปอร์เข้ากับตัวหุ่นยนต์

### 3.3.4.2 ส่วนอุปกรณ์ของกริปเปอร์

กริปเปอร์ประกอบไปด้วย 2 ส่วนสำคัญคือ

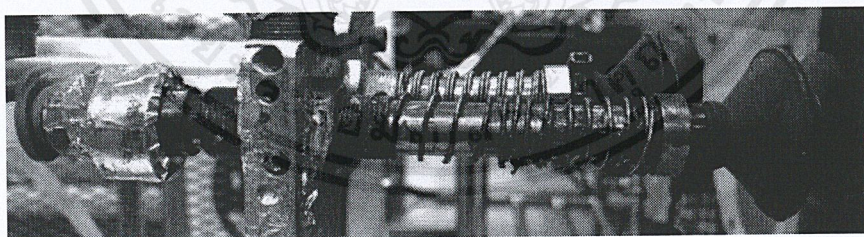
1. พรีอกซิมีตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor) ของออโตนิคส์ (Autonics) รุ่น PR12-4DN ลักษณะดังรูปที่ 3.5

2. ชุดตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นซึ่งทำมาจากบริษัทภายนอกลักษณะดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 ออโตนิคส์พรีอกซิมีตี้เซนเซอร์ รุ่น PR12-4DN

[ที่มา: <https://www.autonics.com/model/A1600003814>]

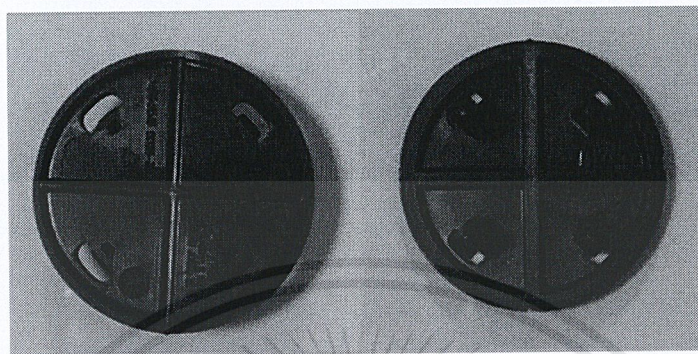


รูปที่ 3.6 ชุดตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นในปัจจุบัน

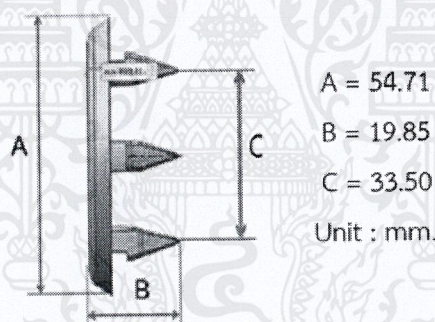
## 3.4 การศึกษากระบวนการประกอบฝาปิดช่องฉีดยาโฟมตู้เย็น (Cover Urethane)

โฟมที่ใช้ในการกักเก็บความเย็นของตู้เย็นมีคุณสมบัติไวไฟ เพื่อรักษาคุณภาพของสินค้าทางโรงงานจึงต้องมีการประกอบฝาปิดช่องฉีดยาโฟมเพื่อปิดผนึกโฟมของตู้เย็นเพื่อเป็นการปิดผนึกโฟมกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ฝาปิดช่องฉีดยาโฟมทำมาจากพลาสติกเอบีเอส (Acrylonitrile Butadiene) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Styrene :  $(C_8H_8 \cdot C_4H_6 \cdot C_3H_3N)_n$  มีลักษณะดังรูปที่ 3.7 ทำการวัดขนาดของฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น โดยใช้โปรแกรม NX10 ดังรูปที่ 3.8 ฝาปิดช่องฉีดโฟมจะประกอบในตู้เย็นทุกรุ่นยกเว้นรุ่น RT58/62 (RT7000K)



รูปที่ 3.7 ลักษณะของฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น

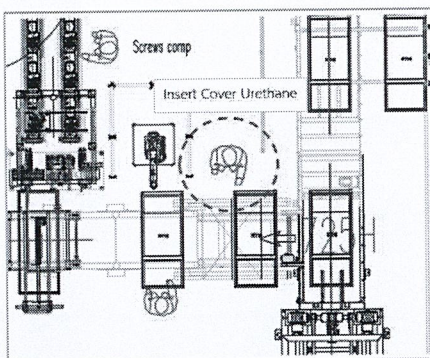


รูปที่ 3.8 ขนาดของฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น

#### 3.4.1 พื้นที่ในกระบวนการประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็นสายการผลิต RB

กระบวนการทำงานประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น RB อยู่ถัดจากกระบวนการฉีดโฟมตู้เย็น ก่อนเข้าหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง มีพื้นที่ในการทำงาน กว้าง x ยาว เท่ากับ 1,200 x 2,000 มิลลิเมตร สายพานลำเลียง (Conveyor) สูง 720 มิลลิเมตร ตำแหน่งกระบวนการประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็นดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

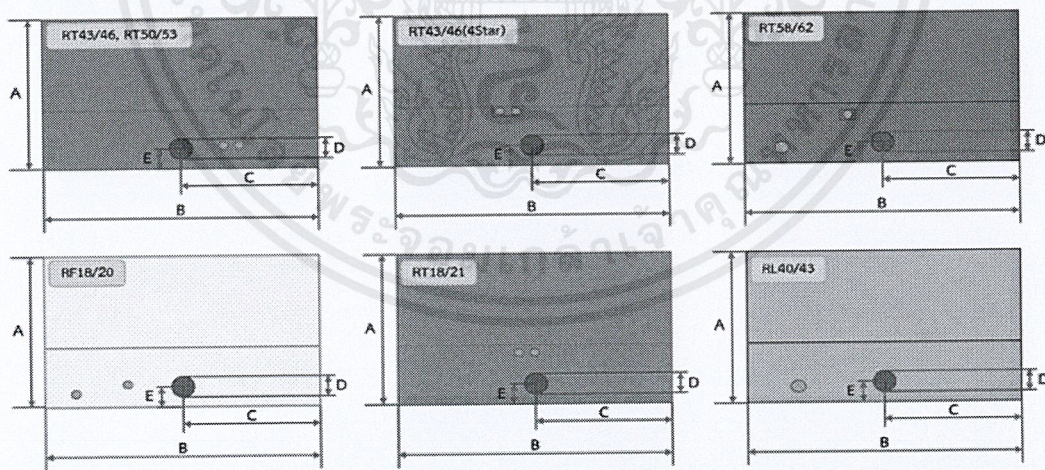


รูปที่ 3.9 ตำแหน่งประกอบฝาปิดช่องฉีตโคมตู้เย็น

3.4.2 ระยะเวลาฉีตโคมตู้เย็นสายการผลิต RB

ช่องฉีตโคมตู้เย็นจะอยู่ที่ฝาปิดฐานใต้ตู้เย็น (Bottom Cabinet) เช่นเดียวกับท่อน้ำทิ้งตู้เย็น โดยช่องฉีตโคมของตู้เย็นจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน มีระยะจากขอบตู้เย็นด้านขวาจนถึงจุดศูนย์กลางช่องฉีตโคมดังตารางที่ 3.5 ซึ่งรุ่นที่มีระยะมากที่สุดคือรุ่น RT21 มีระยะเท่ากับ 415.5 มิลลิเมตร รุ่นที่มีระยะน้อยที่สุดคือรุ่น RT43/46 (4Star) มีระยะเท่ากับ 340.0 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงระยะช่องฉีตโคมในฝาปิดฐานใต้ตู้เย็น (Bottom Cabinet)



Dimension (mm)	RT6000K		RT6500M		RT7000K	NW2-FDR		Barosa	
	RT43/46	RT50/53	RT43/46 (4Star)	RT18	RT21	RT58/62	RF18	RF20	RL40/43
A	619.6	634.4	618.8	697.5	697.5	632.5	615.5	667.0	603.5
B	695.0	785.0	680.0	724.0	831.0	816.2	811.0	811.0	698.0
C	347.5	392.5	340.0	362.0	415.5	408.1	405.5	405.5	349.0
D	38.5	38.5	35.6	39.7	39.7	43.2	39.7	39.7	38.5
E	40.4	40.5	40.0	40.0	40.9	40.0	40.1	40.1	40.8

● ช่องฉีตโคมตู้เย็น  
● ท่อน้ำทิ้งตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.3 รอบเวลาการทำงานของกระบวนการประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น RB

ปัจจุบันประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมโดยใช้กำลังคนในการประกอบ คือ การประกอบการทำงานโดยจับเวลากระบวนการทำงาน 5 รอบการทำงานดังตารางที่ 3.6 เห็นได้ว่าขั้นตอนการทำงานในการประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมใช้เวลาในการทำงานน้อยมีเวลาเฉลี่ยคือ 1.77 วินาที และรอบที่ใช้เวลาสูงสุดคือ 1.96 วินาที

ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงระยะเวลาในการทำงานของกระบวนการประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น RB

Process : Insert cover urethane											
Project	Element operation name		Time operation (sec.)					Average	Cycle time (sec.)	Tact time (sec.)	Speed line (sec.)
			1	2	3	4	5				
All Project	1	Feed in	3.78	4.44	4.69	3.90	3.56	4.07	9.85	15.50	13.95
	2	Insert cover urethane	1.96	1.56	1.61	1.88	1.83	1.77			
	3	Feed out	4.08	3.93	3.46	4.30	4.25	4.00			
	Sub total		9.82	9.93	9.76	10.08	9.64	9.85			

### 3.4.4 หลักการยศาสตร์ (Ergonomic) ในกระบวนการประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น

RB

การประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็นจะประกอบในช่วงสายการผลิตที่ตู้เย็นนอนมาในสายพานการผลิต ทำให้ตำแหน่งที่ใช้ประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมมีความสูงจากพื้นไม่มาก พนักงานที่ทำหน้าที่ในการประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมจึงมีท่าทางในการทำงานที่ไม่เหมาะสม เมื่อทำการตรวจสอบตามหลักการยศาสตร์ (Ergonomic) ดังรูปที่ 3.10 จึงได้ผลการประเมินความเสี่ยงด้านท่าทางการทำงาน (Reba Score) เท่ากับ 5 ซึ่งจำเป็นต้องมีการปรับปรุงท่าทางในการทำงาน

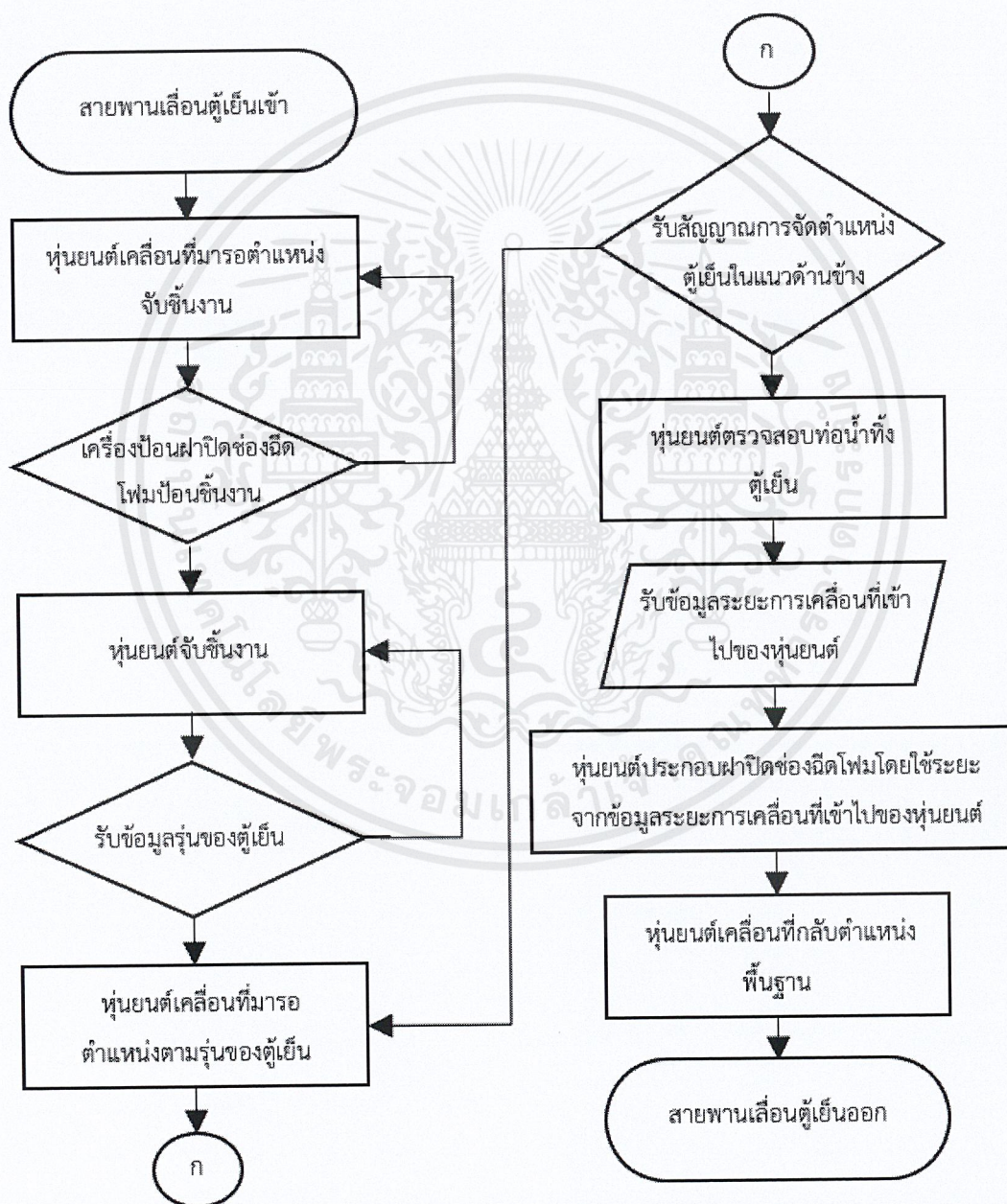


รูปที่ 3.10 การตรวจสอบท่าทางในการทำงานของพนักงานในสายการผลิตตามหลักการยศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 การออกแบบกระบวนการทำงาน

การออกแบบกระบวนการทำงานจำเป็นต้องมีการออกแบบให้เหมาะสม เพื่อลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็นออก ใช้เวลาให้เกิดประโยชน์ และลดต้นทุนในการทำระบบอัตโนมัติ โดยออกแบบกระบวนการทำงานหุ่นยนต์ให้สามารถตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็น และประกอบฝาปิดช่องฉีดยาโฟมดังรูป 3.11 โดยระยะเวลาการทำงานของฝาปิดช่องฉีดยาโฟมตู้เย็น จะนำระยะที่หุ่นยนต์เคลื่อนเข้าไปตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นมาเลื่อนระยะ (Shift) ให้ได้ระยะเวลาการทำงานของฝาปิดช่องฉีดยาโฟมตู้เย็น



รูปที่ 3.11 กระบวนการทำงานหุ่นยนต์ที่สามารถตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็น และประกอบฝาปิดช่องฉีดยา

โฟม

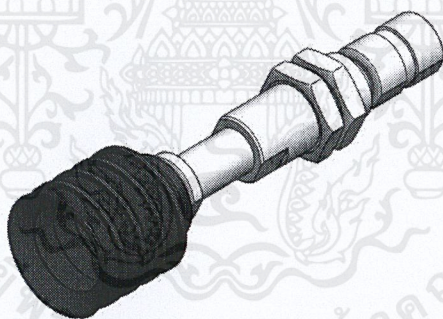
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 อุปกรณ์ในกริปเปอร์

อุปกรณ์ในกริปเปอร์จำเป็นต้องเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะกับวัตถุประสงค์ในการทำงานและกระบวนการในการทำงาน กริปเปอร์ที่ออกแบบมาจะต้องสามารถตรวจสอบท่อน้ำที่งอและประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมได้ ตรวจสอบท่อน้ำที่งอด้วยเซ็นเซอร์ในการตรวจจับก้านตัวดูดชนิดสปริง (Level Compensator) ที่เคลื่อนเข้าไปจนดันท่อไปด้านหลังระบบก็จะมีการเป่าลมมาเพื่อตรวจสอบความดันลมในท่อ และประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมโดยใช้ตัวดูด (Suction Cup) ดูดตัวชิ้นงานขึ้นมาเพื่อให้กระบอกลมมีหน้าที่ในการตอกตัวชิ้นงานเข้าไป

#### 3.6.1 ชุดตรวจสอบท่อน้ำที่งอ

ชุดตรวจสอบท่อน้ำที่งอตั้งรูปที่ 3.12 จะเปลี่ยนจากการสั่งทำจากบริษัทภายนอกเป็นการเลือกใช้อุปกรณ์มาตรฐานของ Vmeca เพื่อความสะดวกในการจัดซื้ออะไหล่ ประกอบด้วย 1. ก้านตัวดูดชนิดสปริง (Level Compensator) ของ Vmeca รุ่น L1820T ใช้ในการตรวจสอบระยะในการเป่าลมและเป็นการลดแรงกระแทกระหว่างหุ่นยนต์และตู้เย็น 2. จุกยางตัวดูดสุญญากาศ (Suction Cup) ของ Vmeca รุ่น VBL30 เพื่อปิดระบบจากภายนอกระหว่างทำการตรวจสอบท่อน้ำที่งอ



รูปที่ 3.12 ชุดตรวจสอบท่อน้ำที่งอ

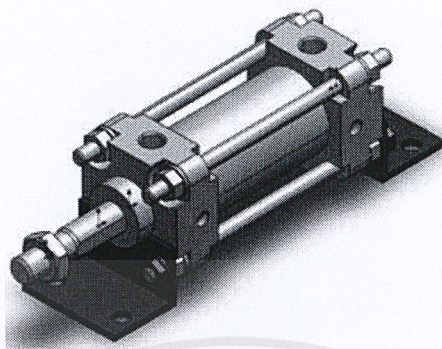
[ที่มา: <https://www.vmeca.com/shop/suction-cup-en/suction-cup-accessories/level-compensator/l18-series/>]

#### 3.6.2 การเลือกกระบอกลม

กระบอกลม SMC CDA2KL40-50 ดังรูปที่ 3.13 มีขนาดกระบอกลม (Bore) 40 มิลลิเมตร ระยะยืดหด (Stroke) 50 มิลลิเมตร กระบอกลมสองช่องลม (Double Acting) หนึ่งเพลเป็นเพลแบบป้องกันการหมุน (Non-Rotating) เพื่อป้องกันการหมุนตัวระหว่างการเคลื่อนที่เข้าออกของกระบอกลม โดยข้อมูลพื้นฐานของกระบอกลมมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำนวณน้ำหนักกระบอบกลมจากรูปที่ 3.14 ได้  $1.25 + 0.25 = 1.50$  กิโลกรัม
- จากรูปที่ 3.15 แรงผลักดันออกของกระบอบกลมมีค่า 300 นิวตัน ที่ความดันลม 0.5 MPa



รูปที่ 3.13 กระบอบกลม SMC CDA2KL40-50

[ที่มา: [http://webassistants.partcommunity.com/23d-](http://webassistants.partcommunity.com/23d-libs/smc_jp_assistant/gui/pcom_emb.html?info=smc_jp%2FActuator%2Fstandard_air_cylinder%2Fca2%2Fca2k_asmtab.prj&language=english)

[libs/smc\\_jp\\_assistant/gui/pcom\\_emb.html?info=smc\\_jp%2FActuator%2Fstandard\\_air\\_cylinder%2Fca2%2Fca2k\\_asmtab.prj&language=english](http://webassistants.partcommunity.com/23d-libs/smc_jp_assistant/gui/pcom_emb.html?info=smc_jp%2FActuator%2Fstandard_air_cylinder%2Fca2%2Fca2k_asmtab.prj&language=english)]

#### Weights/Aluminum Tube (Steel Tube)

Bore size (mm)		40	50	63	80	100
Basic	Aluminum tube	0.73	1.06	1.53	2.73	3.71
	Steel tube	0.78	1.12	1.62	2.91	3.98
Axial foot	Aluminum tube	0.91	1.25	1.83	3.40	4.64
	Steel tube	0.96	1.31	1.92	3.58	4.91
Flange	Aluminum tube	1.09	1.48	2.28	4.18	5.57
	Steel tube	1.14	1.54	2.37	4.36	5.84
Single clevis	Aluminum tube	0.95	1.37	2.12	3.84	5.43
	Steel tube	1.00	1.43	2.21	4.02	5.70
Double clevis	Aluminum tube	0.99	1.46	2.28	4.13	5.95
	Steel tube	1.04	1.52	2.37	4.31	6.22
Trunnion	Aluminum tube	1.08	1.51	2.29	4.28	5.93
	Steel tube	1.13	1.57	2.38	4.46	6.20
Additional weight per 50 mm of stroke	All mounting brackets	0.20	0.25	0.31	0.46	0.58
	Steel tube	0.28	0.35	0.43	0.7	0.87
Accessories	Single knuckle	0.23	0.26	0.26	0.60	0.83
	Double knuckle (with pin)	0.37	0.43	0.43	0.87	1.27

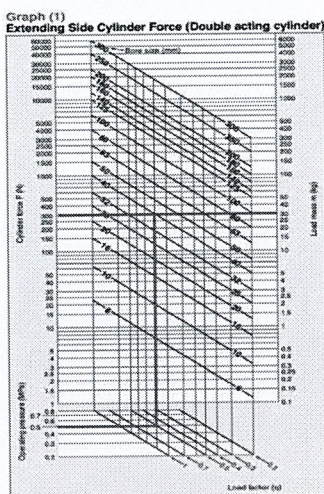
Calculation:  
 Example CA2L40-100Z  
 (Axial foot, ø40, 100 stroke)

• Basic weight.....0.91 kg  
 • Additional weight.....0.20/50 stroke  
 • Cylinder stroke .....100 stroke  
 $0.91 + 0.20 \times 100/50 = 1.31$  kg

รูปที่ 3.14 ข้อมูลการคำนวณน้ำหนักกระบอบกลม

[ที่มา: [http://ca01.smcworld.com/catalog/en/actuator/CA2-CDA2-Z-E/6-2-1-p0465-0525-ca2\\_en/index.html#target/page\\_no=9](http://ca01.smcworld.com/catalog/en/actuator/CA2-CDA2-Z-E/6-2-1-p0465-0525-ca2_en/index.html#target/page_no=9)]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

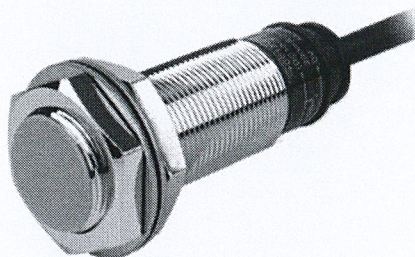


รูปที่ 3.15 กราฟแรงผลักรอกของกระบอกลม

[ที่มา: [http://ca01.smcworld.com/catalog/BEST-technical-data-en/pdf/6-2-1-m21-43-tech\\_en.pdf](http://ca01.smcworld.com/catalog/BEST-technical-data-en/pdf/6-2-1-m21-43-tech_en.pdf)]

### 3.6.3 การเลือกเซนเซอร์

หลักการเช็คระยะของหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งสายการผลิต RB จะใช้หุ่นยนต์เคลื่อนเข้าหาตู้เย็นในแนวแกน Y เมื่อชุดตรวจสอบที่มีระยะยื่นออกมายาวที่สุดชนเข้ากลับท่อน้ำ จึงมีการดันตัวถอยหลังมาถึงเซนเซอร์ระบบจะทำการปล่อยลม เพื่อใช้ในการวัดความดันลมในท่อน้ำทิ้งตู้เย็น จึงเลือกฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor) ซึ่งเป็นเซนเซอร์ที่สามารถตรวจจับโลหะโดยไม่ต้องสัมผัสชิ้นงานในการตรวจจับก้านตัวดูดชนิดสปริง ใช้ฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ของออโตนิคส์ (Autonics) รุ่น PR18-5DN ดังรูปที่ 3.16 ซึ่งเป็นรุ่นมาตรฐานที่ใช้ในโรงงานตู้เย็นจะ สามารถลดการจัดเก็บประเภทของอุปกรณ์อะไหล่ภายในโรงงาน ข้อมูลฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์แสดงดังตารางที่ 3.7



รูปที่ 3.16 ออโตนิคส์ฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ รุ่น PR18-5DN

[ที่มา: <https://www.autonics.com/model/A1600000137/>]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 3.7 ตารางแสดงข้อมูลพรีอ็อกซิมีตี้เซนเซอร์

[ที่มา: <https://www.autonics.com/model/A1600000137>]

Data sheet : PR18-5DN	
Wire type and power	DC 3-wire type 12-24VDC
Sensing side diameter	M18
Sensing distance	5mm
Installation	Shield(flush)
Standard sensing target	18×18×1mm(iron)
Response frequency	500Hz
Current specification	Current consumption: Max. 10mA
Control output	NPN Normally Open
Material	Brass(nickel plated)
Cable Standard/material	Standard cable
Protection structure	IP67
Approval	CE
Body length	Standard type
Environment_Ambient temperature	-25 to 70°C, storage: -30 to 80°C
Environment_Ambient humidity	35 to 95% RH, storage: 35 to 95% RH
Hysteresis(distance)	Max. 10% of sensing distance
Residual voltage	Max. 1.5V
Weight	Approx. 122g(approx. 110g)

#### 3.6.4 การเลือกชุดตัวดูดชิ้นงาน

เนื่องจากฝาปิดช่องฉีดยาโพลีเอสเตอร์มีร่องกากบาทจึงไม่เหมาะกับตัวดูดชนิดสุญญากาศ (Vacuum Pad) เพราะร่องกากบาทจะทำให้ตัวดูดไม่สามารถสร้างสภาวะสุญญากาศเพื่อใช้ในการดูดชิ้นงานได้ จึงเลือกใช้ตัวดูด (Suction Cup) ที่ใช้ทฤษฎีเบอร์นูลลี (Bernoulli's Theorem) ของ Vmeca รุ่น NF40-06A-18F ดังรูปที่ 3.17 ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้สภาวะสุญญากาศในการดูดชิ้นงาน ประกอบตัวดูดเข้ากับก้านตัวดูดชนิดสปริง (Level Compensator) ของ Vmeca รุ่น L1830T ดังรูปที่ 3.18

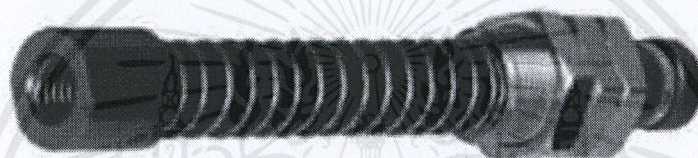
- ความสามารถในการดูดของรุ่น NF40-06A-18F ดังตารางที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ตัวดูด Vmecha รุ่น NF40-06A-18F

[ที่มา: <https://www.vmecha.com/shop/gipper-en/nf-en/nf40/>]



รูปที่ 3.18 ก้านตัวดูดชนิดสปริง (Level Compensator) ของ Vmecha รุ่น L1830T

[ที่มา: <https://www.vmecha.com/shop/suction-cup-en/suction-cup-accessories/level-compensator/l18-series/>]

ตารางที่ 3.8 ตารางข้อมูลความสามารถในการดูดชิ้นงานของตัวดูด Vmecha รุ่น NF40

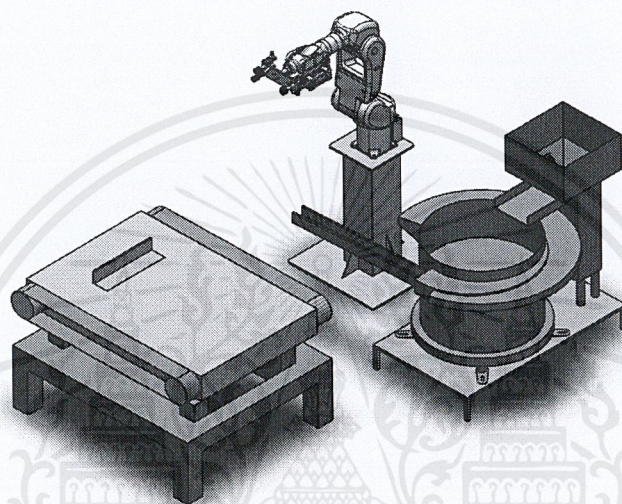
[ที่มา: <https://www.vmecha.com/shop/gipper-en/nf-en/nf40/>]

Model	Inlet Air Pressure	Lifting Force (Kg) – Perpendicualar		
	bar	4 bar	5 bar	6 bar
NF40-06	6	0.29	0.39	0.49
NF40-12	6	0.49	0.59	0.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.7 การออกแบบโครงสร้างทางกล

โครงสร้างทางกลประกอบด้วย ส่วนของหุ่นยนต์ กริปเปอร์ (Gripper) และเครื่องป้อนชิ้นงาน ฝาปิดช่องฉีดโฟมอัตโนมัติ (Cover Urethane Part Feeder) ซึ่งการออกแบบจำเป็นต้องให้ สอดคล้องกับกระบวนการทำงานที่ออกแบบและอุปกรณ์ที่เลือกไว้ เมื่อนำทั้งสามส่วนมาประกอบ รวมกันในโปรแกรมโซลิดเวิร์ค 2018 (Solidworks 2018) จะได้พื้นที่การทำงานดังรูปที่ 3.19

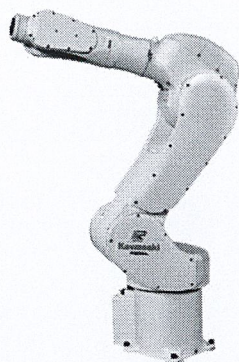


รูปที่ 3.19 รูปแบบหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็น และประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น

#### 3.7.1 การเลือกใช้หุ่นยนต์

หุ่นยนต์เลือกใช้เป็นหุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L ดังรูปที่ 3.20 เพราะต้องการลดต้นทุน ในการพัฒนา เนื่องจากหุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L เป็นหุ่นยนต์ที่ใช้ในการตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง ตู้เย็นสายการผลิต RB ในปัจจุบัน

- รายละเอียดของหุ่นยนต์แสดงดังตารางที่ 3.9
- ระยะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.20 หุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L

[ที่มา: <https://robotics.kawasaki.com/en1/products/robots/small-medium-payloads/RS005L/>]

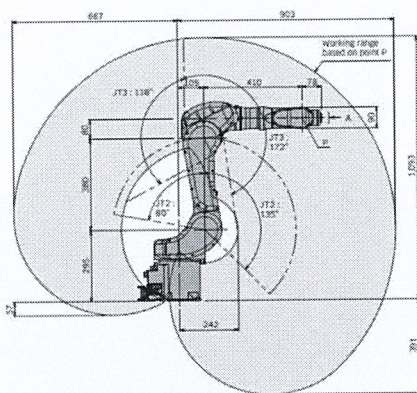
ตารางที่ 3.9 ตารางแสดงข้อมูลหุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L

[ที่มา: <https://robotics.kawasaki.com/en1/products/robots/small-medium-payloads/RS005L/>]

RS005L SPECIFICATIONS		
Type	Articulated Robot	
Degrees of Freedom (axes)	6	
Payload (kg)	5	
Max. Reach (mm)	903	
Positional Repeatability (mm) #1	±0.03	
Motion Range (°)	Arm Rotation (JT1)	±180
	Arm Out-in (JT2)	+135 - -80
	Arm Up-down (JT3)	+118 - -172
	Wrist Swivel (JT4)	±360
	Wrist Bend (JT5)	±145
	Wrist Twist (JT6)	±360
Max. Speed (°/s)	Arm Rotation (JT1)	300
	Arm Out-in (JT2)	300
	Arm Up-down (JT3)	300
	Wrist Swivel (JT4)	460
	Wrist Bend (JT5)	460
	Wrist Twist (JT6)	740
Allowable Moment (N•m)	Wrist Swivel (JT4)	12.3
	Wrist Bend (JT5)	12.3
	Wrist Twist (JT6)	7
Allowable Moment of Inertia (kg•m <sup>2</sup> )	Wrist Swivel (JT4)	0.4
	Wrist Bend (JT5)	0.4
	Wrist Twist (JT6)	0.12
Mass (kg)	37	
Mounting	Floor, Ceiling	
Installation Environment	Ambient Temperature (°C)	0 - 45
	Relative Humidity (%)	35 - 85 (No dew, nor frost allowed)
Controller / Power Requirements (kVA)	F60 / 2.0	
Protection	Wrist : IP67 Base axis : IP65	

\*1: The figure conforms to ISO9283.

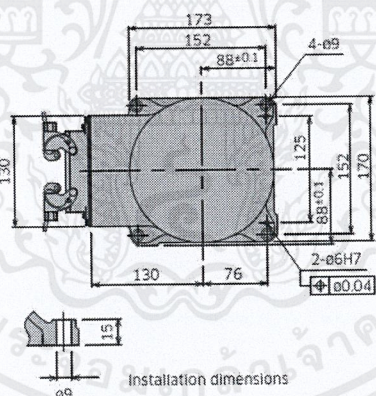
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 ระยะเวลาเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L

[ที่มา: <https://robotics.kawasaki.com/en1/products/robots/small-medium-payloads/RS005L/>]

ฐานลงหุ่นยนต์ (Base Robot) ใช้ฐานลงตัวเก่าในสายการผลิต เพราะไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงรุ่นของหุ่นยนต์ สามารถออกแบบฐานลงหุ่นยนต์ได้จากข้อมูลฐานหุ่นยนต์ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 ระยะเวลาฐานหุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L

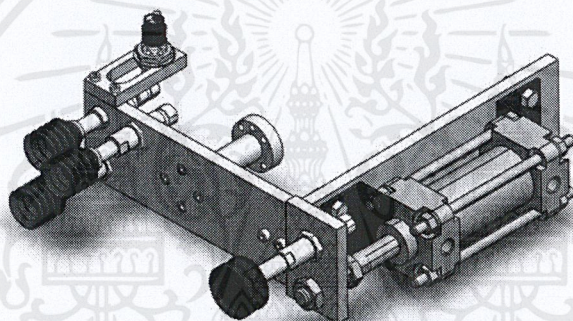
[ที่มา: <https://robotics.kawasaki.com/en1/products/robots/small-medium-payloads/RS005L/>]

### 3.7.2 การออกแบบโครงสร้างกริปเปอร์

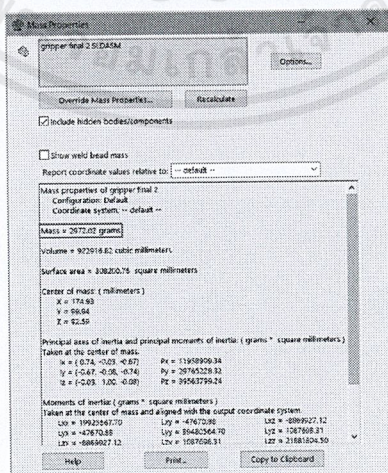
โครงสร้างกริปเปอร์จะออกแบบให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ง่าย รับแรงกระแทกได้ดี เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่เลือกมา สามารถตรวจสอบท่อน้ำที่ตู้เย็นสายการผลิต RB และประกอบฝาปิดช่องฉัดโฟมได้ มีลักษณะเป็นตัวแอลดังรูปที่ 3.23 ทำให้มีขนาดเล็กและไม่ชนหุ่นยนต์เวลาเคลื่อนที่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงาน โครงสร้างใช้อลูมิเนียม 6061 (Aluminium Alloy 6061) เป็นวัสดุในการขึ้นรูปเนื่องจาก อลูมิเนียมจะมีความหนาแน่นต่ำจึงทำให้มีน้ำหนักเบา น้ำหนักของกริปเปอร์เท่ากับ 2.97 กิโลกรัม ดังรูปที่ 3.24 กริปเปอร์ทำการออกแบบในโปรแกรมโซลิดเวิร์ค 2018 (Solidworks 2018) ประกอบด้วย โครงสร้างหลัก 6 ส่วนคือ

1. โครงสร้างส่วนหน้ากริปเปอร์
2. โครงสร้างด้านข้างของกริปเปอร์
3. กริปเปอร์ของกระบอกลม
4. โครงสร้างส่วนค้ำข้างกริปเปอร์
5. ฐานยึดเซนเซอร์
6. เฟลากริปเปอร์



รูปที่ 3.23 รูปแบบกริปเปอร์หุ่นยนต์ตรวจสอบท่าอากาศยาน และประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น



รูปที่ 3.24 ประมวลผลน้ำหนักกริปเปอร์ในโปรแกรมโซลิดเวิร์ค 2018 (Solidworks 2018)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

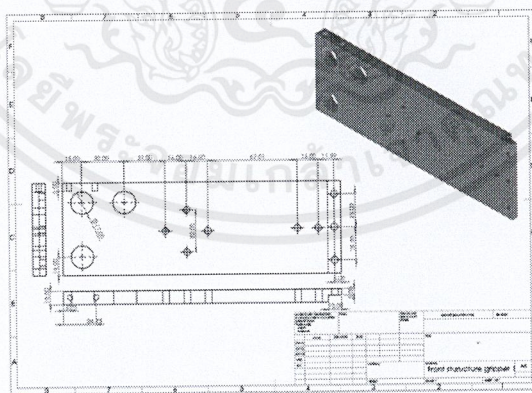
### 3.7.2.1 โครงสร้างส่วนหน้ากริปเปอร์

โครงสร้างส่วนหน้ากริปเปอร์ดังรูปที่ 3.25 ออกแบบให้สามารถติดชุดอุปกรณ์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นให้ใช้งานได้สองรูปแบบคือ แบบระยะห่างระหว่างท่อน้ำทิ้งตู้เย็น 32 และ 41 มิลลิเมตร โดยด้านหนึ่งจะเจาะรูขนาด 17 มิลลิเมตร และปลายอีกด้านจะกลัดลงไป 5 มิลลิเมตร เพื่อใช้รับแรงทั้งด้านข้างและด้านหน้าของตัวกริปเปอร์

- แบบแสดงระยะของโครงสร้างส่วนหน้ากริปเปอร์ดังรูปที่ 3.26
- รูปแสดงระยะกริปเปอร์ซึ่งทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ดังรูปที่ 3.27

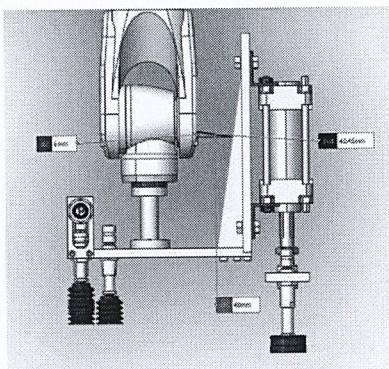


รูปที่ 3.25 โครงสร้างส่วนหน้ากริปเปอร์



รูปที่ 3.26 แบบแสดงระยะโครงสร้างส่วนหน้ากริปเปอร์

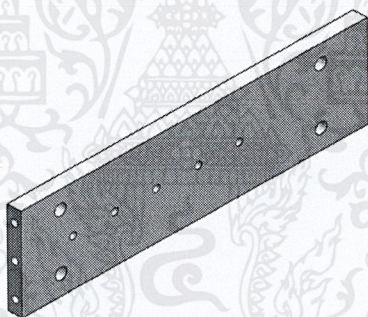
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



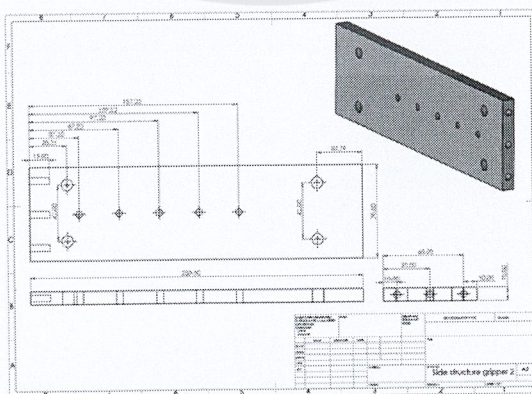
รูปที่ 3.27 ระยะระหว่างด้านข้างหุ่นยนต์และกริปเปอร์โดยหุ่นยนต์สามารถทำงานได้

### 3.7.2.2 โครงสร้างส่วนข้างกริปเปอร์

โครงสร้างส่วนข้างกริปเปอร์ดังรูปที่ 3.28 ออกแบบมาเพื่อเป็นฐานรองสำหรับประกอบกระบอกลม มีขนาด 70 x 250 มิลลิเมตร ด้านปลายเจาะรูสำหรับใส่สกรูยึดกับโครงสร้างส่วนหน้ากริป-เปอร์ แบบแสดงระยะของโครงสร้างส่วนข้างกริปเปอร์ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.28 โครงสร้างส่วนข้างกริปเปอร์

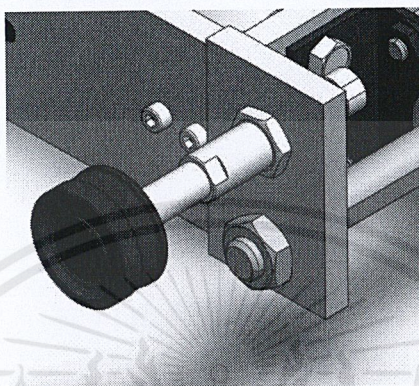


รูปที่ 3.29 แบบแสดงระยะของโครงสร้างส่วนข้างกริปเปอร์

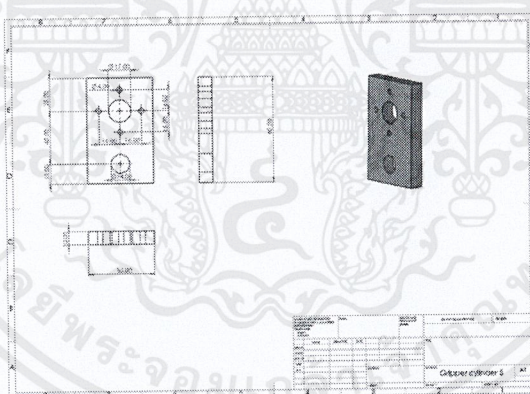
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.7.2.3 โครงสร้างกริปเปอร์ของกระบอกลม

กริปเปอร์ของกระบอกลมดังรูปที่ 3.30 ทำหน้าที่ในการประกอบเข้ากับเพลลาของกระบอกลมในส่วนล่าง และชุดตัวดูดชิ้นงานในส่วนบน แบบแสดงระยะของโครงสร้างกริปเปอร์ของกระบอกลมดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.30 โครงสร้างกริปเปอร์ของกระบอกลม



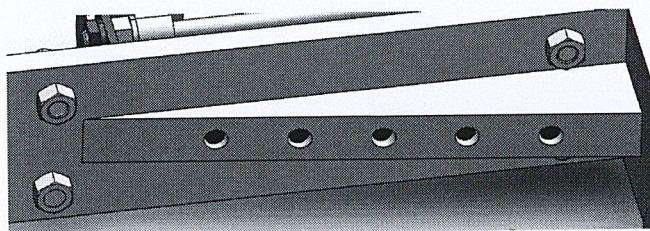
รูปที่ 3.31 แบบโครงสร้างกริปเปอร์ของกระบอกลม

### 3.7.2.4 โครงสร้างส่วนค้ำข้างกริปเปอร์

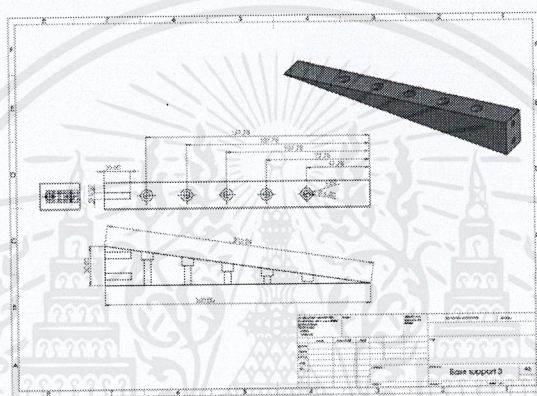
โครงสร้างส่วนค้ำข้างกริปเปอร์ดังรูปที่ 3.32 ออกแบบมาเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการยึดโครงสร้างส่วนข้าง กริปเปอร์ สำหรับป้องกันการหักตัวโครงสร้างส่วนข้างของกริปเปอร์เมื่อรับแรง โดยได้ออกแบบให้ยึดสกรูกับโครงสร้างส่วนหน้ากริปเปอร์จำนวน 2 ตัว และยึดสกรูกับโครงสร้างส่วนข้างกริปเปอร์จำนวน 5 ตัว ออกแบบให้มีการฝังหัวสกรูลงไปเพื่อความสวยงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบแสดงระยะของส่วนค้ำข้างกริปเปอร์ดังรูปที่ 3.33



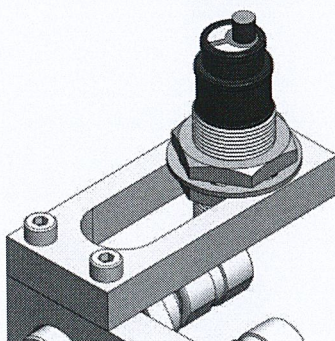
รูปที่ 3.32 โครงสร้างส่วนค้ำข้างกริปเปอร์



รูปที่ 3.33 แบบโครงสร้างส่วนค้ำข้างกริปเปอร์

### 3.7.2.5 ฐานยึดเซนเซอร์

ฐานยึดเซนเซอร์ดังรูปที่ 3.34 ใช้ในการยึดเซนเซอร์ตรวจสอบชุดท่อตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง เมื่อท่อน้ำทิ้งชุดที่ยาวที่สุดโดนปลักจนปลายท่อเคลื่อนถอยหลัง ระบบจะทำการเป่าลมตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง แบบแสดงระยะของฐานยึดเซนเซอร์ดังรูปที่ 3.35



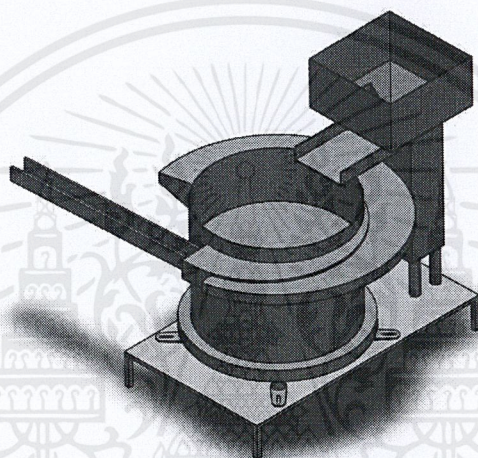
รูปที่ 3.34 ฐานยึดเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

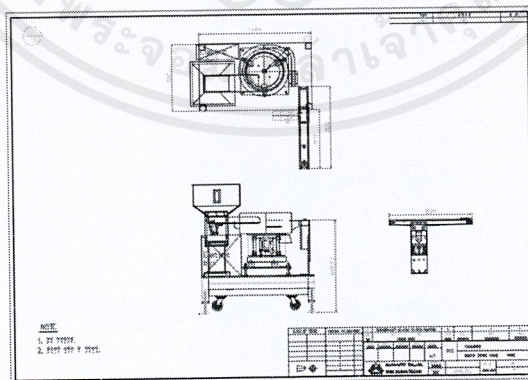


### 3.7.3 การออกแบบเครื่องป้อนชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็นอัตโนมัติ

เครื่องป้อนชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็นอัตโนมัติ (Cover Urethane Part Feeder) ดังรูปที่ 3.38 จะทำหน้าที่ในการป้อนชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น มาให้อยู่ในลักษณะและตำแหน่งเดียวกัน เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถหยิบชิ้นงานไปใช้งานได้ ทำการออกแบบให้เครื่องป้อนชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น ให้มีสายพานลำเลียงในการส่งชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็นไหลมาอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน โดยให้ฝาปิดช่องฉีดโฟมด้านที่มีเขี้ยวคว่ำตลอด ได้ทำการส่งแนวคิดและติดต่อกับบริษัทในประเทศเกาหลีใต้ได้แบบมาดังรูปที่ 3.39



รูปที่ 3.38 เครื่องป้อนชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็นอัตโนมัติ (Cover Urethane Part Feeder)








รูปที่ 3.39 แบบเครื่องป้อนชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็นอัตโนมัติ (Drawing Cover Urethane Part Feeder)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.8 การประเมินราคาในการลงทุน

การลงทุนในแต่ละครั้งโรงงานจะดูผลตอบแทนในการลงทุน (Return of Investment : ROI) ป้องกันการลงทุนที่ไม่คุ้มค่า โรงงานผู้เย็บมีกำหนดผลตอบแทนในการลงทุนอยู่ที่ 2 ปี เมื่อทำการติดต่อบริษัทภายนอกและหาราคาอุปกรณ์ในระบบอัตโนมัติ แนวคิดหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งและประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมผู้เย็บมีผลตอบแทนจากการลงทุน 0.82 ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ตารางราคาในการลงทุนหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง และประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมผู้เย็บ

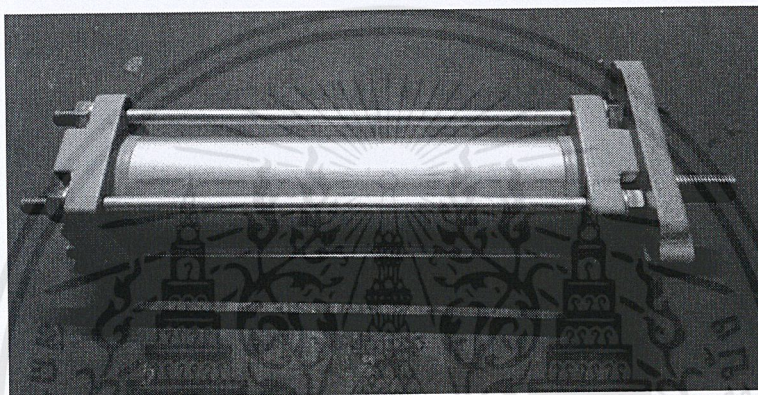
No.	Picture	Item	Unit price		Q'ty	Total (K\$)	PIC	Type	Remark
			(K\$)	(THB)					
1.		Robot and base robot	12.34	400,000.00	1 Set.	0.00	Intern	Local	Reuse
2.		Bowl feeder	20.53	665,370.00	1 Set.	20.53	Intern	Import	Vendor : Muinauto
3.		Pneumatic parts	1.54	50,000.00	1 Set.	1.54	Intern	Local	Use from SMC
4.		Electric control	3.08	100,000.00	1 Set.	3.08	Intern	Local	System IMK
5.		Structure gripper	1.23	40,000.00	1 Set.	1.23	Intern	Local	Vendor : Korat
Total (K\$)						16.53			
Save Cost [ 2P ] (K\$)						20.00	Intern	Local	Concept
ROI						0.82			

### 3.9 ประกอบตัวอย่างชิ้นงานทดลอง

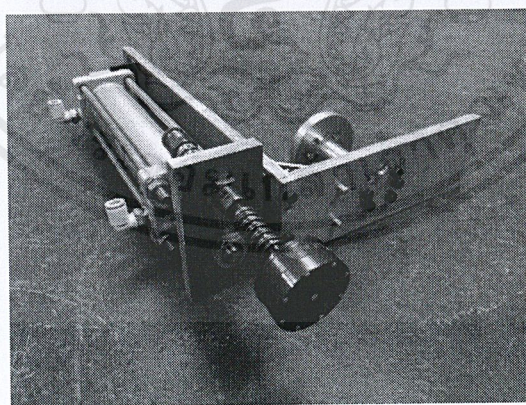
ประกอบตัวอย่างกริปเปอร์ทดลองดังรูปที่ 3.40 เพื่อใช้ในการทดลองกับหุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L ทำตัวอย่างกริปเปอร์ที่จะสามารถประกอบตัวชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมเพียงส่วนเดียว เนื่องจากกระบวนการตรวจสอบท่อน้ำทิ้งมีความคล้ายคลึงกับหุ่นยนต์ในสายการผลิตในปัจจุบันมาก เริ่มโดยการใช้เครื่องกัดชิ้นงาน (Milling Machine) กัดแผ่นอลูมิเนียม 6061 หนา 10 มิลลิเมตร ได้โครงสร้างส่วนหน้ากริปเปอร์ขนาด 200 x 70 มิลลิเมตร โครงสร้างส่วนข้างกริปเปอร์ทำการแก้ไขขนาดจากแบบที่ออกไว้ เนื่องจากไม่มีอุปกรณ์อะไหล่กระบอกลมเพลลาป้องกันการหมุนขนาดกระบอกสูบ (Bore) 40 มิลลิเมตร ระยะยึดหด (Stroke) 50 มิลลิเมตร ของ SMC จึงเลือกใช้กระบอกลมเพลลาป้องกันการหมุนขนาดกระบอกสูบ (Bore) 40 มิลลิเมตร ระยะยึดหด (Stroke) 150 มิลลิเมตร ของ TPC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechatronics Corp. รุ่น AMFN40X150 ดังรูปที่ 3.41 เพื่อให้แรงจากกระบอกลมมีค่าเท่ากัน จึงกัดโครงสร้างส่วนข้าง กริปเปอร์ขนาด 330 X 70 มิลลิเมตร เพื่อให้สามารถประกอบกับกระบอกลมได้ และกัดกริปเปอร์ของกระบอกลมขนาด 80 x 50 มิลลิเมตร ต่อมาใช้แทนเจาะ (Drill Press) เจาะรูแต่ละโครงสร้างตามแบบที่ออกไว้ โดยเปลี่ยนระยะรูโครงสร้างส่วนข้างกริปเปอร์ให้สามารถประกอบเข้ากับกระบอกลมได้ เมื่อทำการประกอบโดยใช้สกรูยึดไว้ ได้กริปเปอร์ที่ประกอบขึ้นมา มีน้ำหนักดังรูปที่ 3.42 ซึ่งมากกว่าน้ำหนักกริปเปอร์ที่ประมวลผลจากโปรแกรมโซลิดเวิร์ค 2018 (Solidworks 2018) อยู่ที่ 0.03 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถนำมาใช้ในการทดลองได้

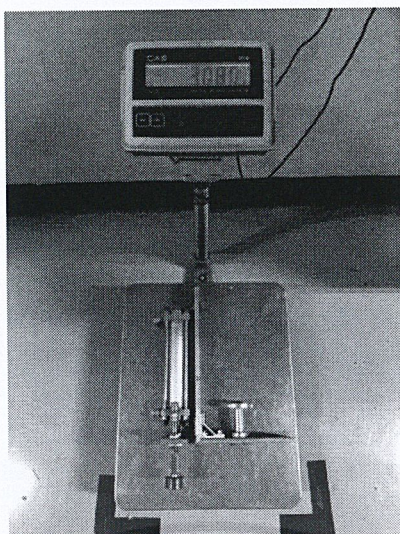


รูปที่ 3.40 กระบอกลมที่ใช้ในกริปเปอร์ทดลอง



รูปที่ 3.41 ตัวอย่างกริปเปอร์ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.42 การชั่งน้ำหนักแสดงน้ำหนักกริปเปอร์ทดลอง

### 3.10 การทดลองการทำงานของชิ้นงานที่ออกแบบ

#### 3.10.1 การจำลองกระบวนการทำงานหุ่นยนต์

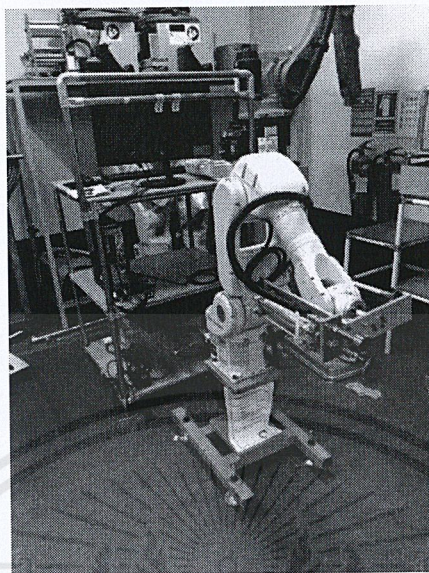
ทำการทดลองโดยใช้หุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L ซึ่งเป็นหุ่นยนต์รุ่นที่ปัจจุบันใช้อยู่ในสายการผลิต ทำการประกอบตัวอย่างชิ้นงานกริปเปอร์และระบบนิวเมติกส์ (Pneumatic) ให้เรียบร้อยดังรูปที่ 3.43 เพื่อทดสอบว่ากริปเปอร์ที่ออกแบบมาสามารถทำงานได้จริงในหุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L โดยต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ชุดตัวดูดชิ้นงานที่ใช้ทฤษฎีเบอร์นูลลี (Bernoulli's Theorem) สามารถดูดชิ้นงานนำไปประกอบ
2. หุ่นยนต์สามารถรับแรงที่กระทำจากน้ำหนักของกริปเปอร์ และแรงจากกระบอกลมโดยไม่เกิดการแจ้งเตือนการขัดข้อง (Error)
3. การประกอบชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมเข้ากับตู้เย็นโดยใช้กระบอกลม

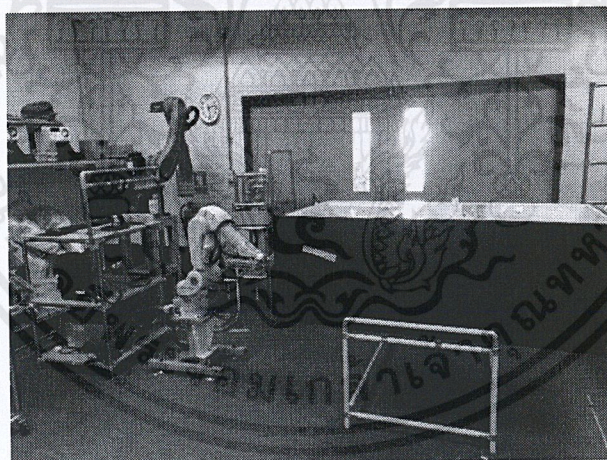
การทดลองจะจำลองการเคลื่อนที่ตามกระบวนการทำงานที่ออกแบบไว้ จัดพื้นที่การทดลองให้เหมือนตำแหน่งในสายการผลิตดังรูปที่ 3.44 ทดสอบกับระบบนิวเมติกส์ (Pneumatic) ที่ความดันลม 0.3, 0.4, 0.5 และ 0.6 MPa หุ่นยนต์ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ 30 เปอร์เซ็นต์จากความเร็วสูงสุด เนื่องจากขาตั้งของฐานหุ่นยนต์ไม่ได้ยึดติดกับพื้นเพื่อเสริมความมั่นคง ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ PI (Production Innovation) โรงงานตู้เย็นหากผลการทดลองไม่ผ่านคุณสมบัติที่ตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้ตัวใดตัวหนึ่งจะหมายความว่ากริป-เปอร์ที่ออกแบบมาไม่สามารถใช้กับหุ่นยนต์ Kawasaki รุ่น RS005L ได้



รูปที่ 3.43 หุ่นยนต์ที่ประกอบอุปกรณ์

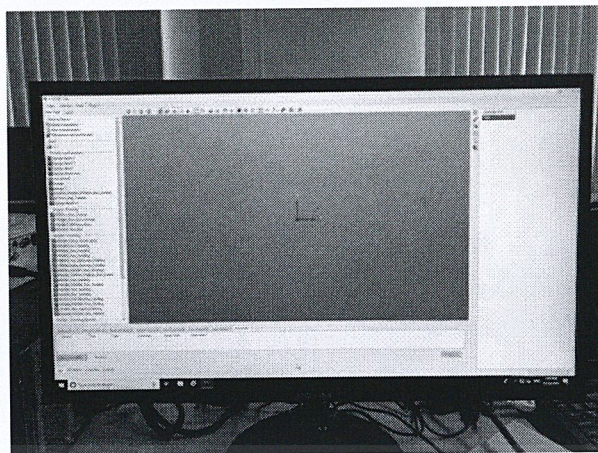


รูปที่ 3.44 การจัดพื้นที่การทดลองให้เหมือนตำแหน่งในสายการผลิต

### 3.10.2 การประมวลผลเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ในโปรแกรม K-Roset

ทำการจำลองกระบวนการทำงานหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง และประกอบฝาปิดช่องฉีดโพน ในโปรแกรมเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ในแต่ละโปรเจกต์ยูเอ็น จะจำลองการทำงานของหุ่นยนต์ให้ เป็น 5 รอบการทำงานในโปรแกรม K-Roset ของ Kawasaki

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.45 โปรแกรม K-Roset สำหรับจำลองเวลาที่ใช้ในการทำงานของหุ่นยนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

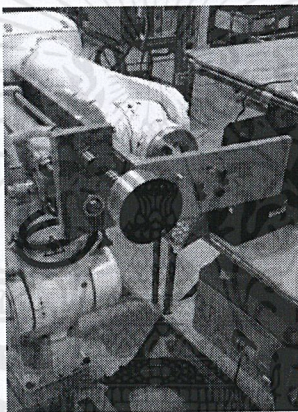
## บทที่ 4 ผลการวิจัย

### 4.1 การจำลองกระบวนการทำงานหุ่นยนต์

เป็นการจำลองเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของกริปเปอร์ที่ออกแบบมา สามารถนำมาใช้งานจริงได้หรือไม่ โดยตรวจสอบคุณสมบัติดังต่อไปนี้

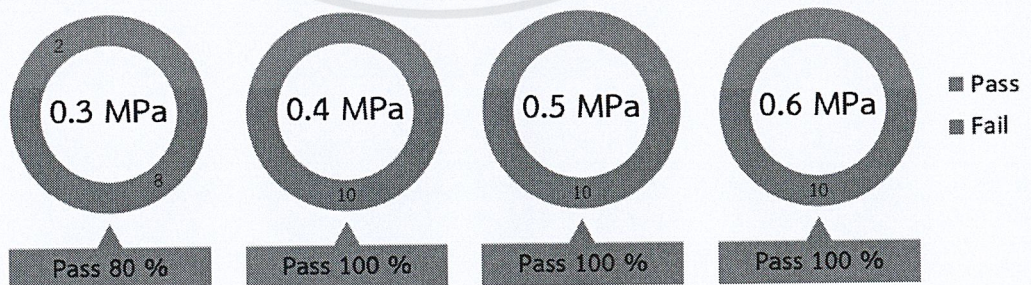
#### 4.1.1 ผลการทดลองชุดตัวดูดชิ้นงานที่ใช้ทฤษฎีเบอร์นูลลี (Bernoulli's Theorem)

จากการทดลองดังรูปที่ 4.1 จากหุ่นยนต์ตำแหน่งเริ่มจับชิ้นงานจนจับตัวชิ้นงานไปถึงตำแหน่งประกอบชิ้นงานได้ในทุกความดันลมแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 การใช้กริปเปอร์ดูดชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟม

กราฟแสดงข้อมูลผลการทดลองชุดตัวดูดชิ้นงานที่ใช้ทฤษฎีเบอร์นูลลี (Bernoulli's theorem) ในแต่ละความดันลมจำนวน 10 ครั้ง



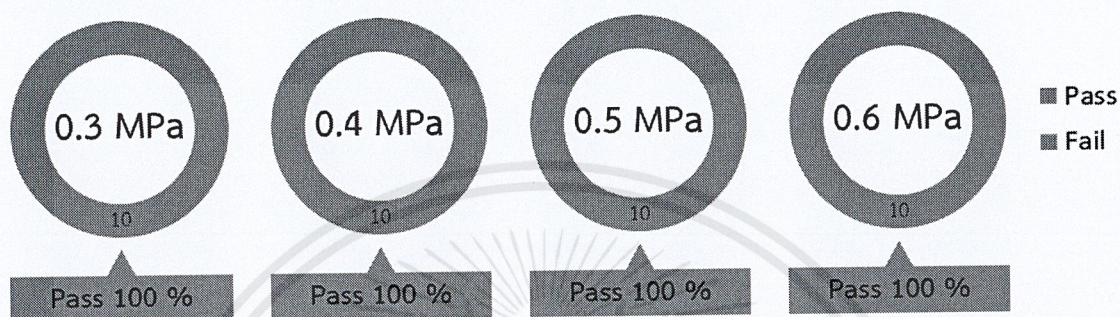
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงข้อมูลผลการทดลองชุดตัวดูดชิ้นงานที่ใช้ทฤษฎีเบอร์นูลลี (Bernoulli's Theorem) ในแต่ละความดันลมจำนวน 10 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 ผลการทดลองความสามารถในการรับแรงของหุ่นยนต์

จากการทดลองเมื่อประกอบตัวชิ้นงานทดลองกริปเปอร์เข้าไป และทดลองทำการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์ตามกระบวนการทำงานออกแบบไว้ หุ่นยนต์สามารถรับแรงที่เกิดจากน้ำหนักของกริปเปอร์ และแรงกระแทกที่กระทำจากกระบอกลมได้ในทุกระดับความดันลมแสดงรูปที่ 4.3

กราฟแสดงข้อมูลผลการรับแรงที่กระทำจากกริปเปอร์ต่อหุ่นยนต์ในแต่ละความดันลมจำนวน 10 ครั้ง

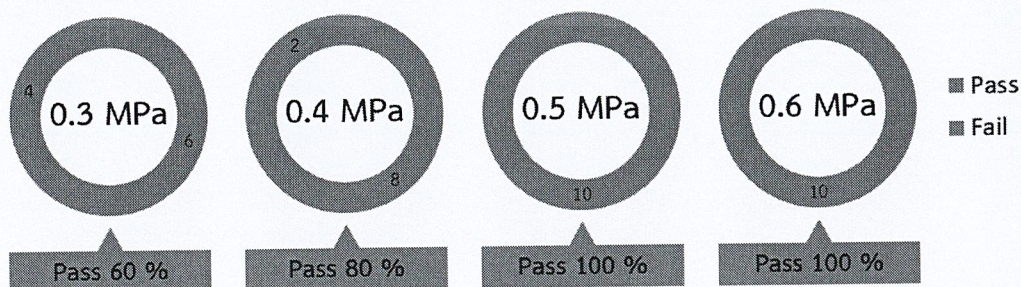


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงข้อมูลผลการรับแรงที่กระทำจากกริปเปอร์ต่อหุ่นยนต์ในแต่ละความดันลม จำนวน 10 ครั้ง

#### 4.1.3 ผลการทดลองการประกอบชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมเข้ากับตู้เย็นโดยใช้กระบอกลม

การทดลองการประกอบชิ้นงานโดยใช้แรงจากกระบอกลมแสดงดังรูปที่ 4.4 แรงจากกระบอกลมที่ใช้ความดันลมมากกว่า 4 บาร์ ขึ้นไปสามารถที่จะประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมเข้ากับตู้เย็นได้มากกว่าร้อยละ 80 จากการทดลอง 10 ครั้ง โดยจะเห็นได้ว่าในความดันลม 4 บาร์ จะมีบางครั้งที่ไม่สามารถประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมเข้ากับตู้เย็นเนื่องจากโฟมมีความหนาแน่นค่อนข้างมากแรงจากกระบอกลมจึงอาจจะไม่พอ

กราฟแสดงข้อมูลผลการทดลองการประกอบชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมเข้ากับตู้เย็นโดยใช้กระบอกลมในแต่ละความดันลม จำนวน 10 ครั้ง



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงข้อมูลผลการทดลองการประกอบชิ้นงานฝาปิดช่องฉีดโฟมเข้ากับตู้เย็น โดยใช้กระบอกลมในแต่ละความดันลมจำนวน 10 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

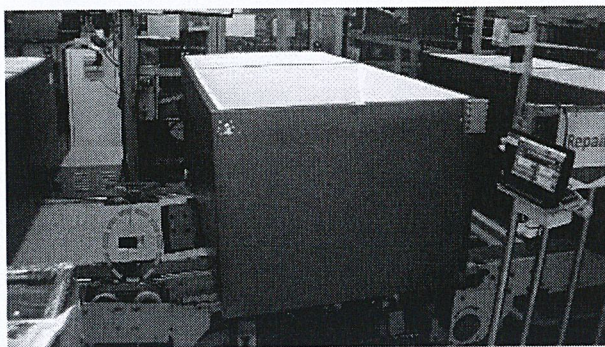
### 5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงการฉบับนี้ได้นำเสนอแนวคิดในการพัฒนาหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB (RB Robot Drain Hose Inspection) ซึ่งใช้ในการตรวจการอุดตันในท่อน้ำทิ้งตู้เย็น มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็นสายการผลิต RB และเป็นแนวคิดในการลดกระบวนการและกำลังคนโดยการใช้ระบบอัตโนมัติในโรงงานตู้เย็น

จากการวิจัยเพื่อการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้ง (Design and Develop Efficacy of Robot Drain Hose Inspection) ได้มีการออกแบบพัฒนากิริปเปอร์ให้สามารถใช้งานกับหุ่นยนต์ตรวจสอบท่อน้ำทิ้งสายการผลิต RB ในปัจจุบันและสามารถทำงานได้สองกระบวนการคือการตรวจสอบท่อน้ำทิ้งตู้เย็น และการประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น แนวคิดนี้จะทำให้สามารถลดกำลังคนในสายการผลิตได้ทั้งหมด 2 คน ทำให้โรงงานประหยัดงบประมาณไปได้ปี 1,296,000 บาท ลดกระบวนการผลิตลง 1 กระบวนการ และให้ผลตอบแทนจากการลงทุนที่ต่ำคือ 0.83 ปี โดยทางผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโดยใช้ตัวอย่างชิ้นงานกิริปเปอร์กับหุ่นยนต์ในปัจจุบัน จำลองการทำงานในกระบวนการประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็น ผลปรากฏว่าหุ่นยนต์และกิริปเปอร์สามารถใช้งานร่วมกันได้ และตัวกิริปเปอร์ที่ออกแบบมานั้นสามารถประกอบฝาปิดช่องฉีดโฟมตู้เย็นได้จริง

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลองการประมวลผลเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ในโปรแกรม K-Roset ประมวลผลเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ในตู้เย็นโปรเจก NW2-FDR มีการใช้เวลาในการทำงานเยอะกว่าความเร็วในสายการผลิต จึงมีการคิดวิธีแก้ไขโดยปรับรูปแบบการจ่ายตู้เย็นในสายพานผลิต (Feed In/Out Conveyor) ปัจจุบันสายพานจะรับตู้เย็นจากกระบวนการก่อนหน้า เมื่อจ่ายตู้เย็นเลื่อนผ่านเซนเซอร์สายพานตำแหน่งดังรูปที่ 5.1 โดยทางผู้วิจัยมีการเสนอการแก้ไขคือ เปลี่ยนรูปแบบให้สายพานรับตู้เย็นตอนที่เซนเซอร์สายพานสามารถตรวจจับตู้เย็นได้ ซึ่งจะสามารถลดระยะเวลาช่วงที่ตู้เย็นเลื่อนผ่านตัวเซนเซอร์ไปได้ จะสามารถลดเวลาในกระบวนการได้ 1.98 วินาที



รูปที่ 5.1 ตำแหน่งเซนเซอร์ในสายพานการผลิต

2. ควรมีการนำหลักการออกแบบสำหรับการผลิตและการประกอบ (DfMA) เป็นการรวมกันระหว่างหลักการออกแบบสำหรับการผลิต (Design for Manufacturing : DFM) และหลักการออกแบบสำหรับการประกอบ (Design for Assembly : DFA) โดยการออกแบบตำแหน่งของท่อน้ำที่ตู้เย็นบนฝาปิดฐานใต้ตู้เย็น (Bottom Cabinet) ให้มีระยะห่างระหว่างท่อน้ำที่เท่ากันในทุกโปรเจก เพื่อให้ง่ายต่อการทำงานของระบบอัตโนมัติและเพิ่มความเร็วในการผลิตได้

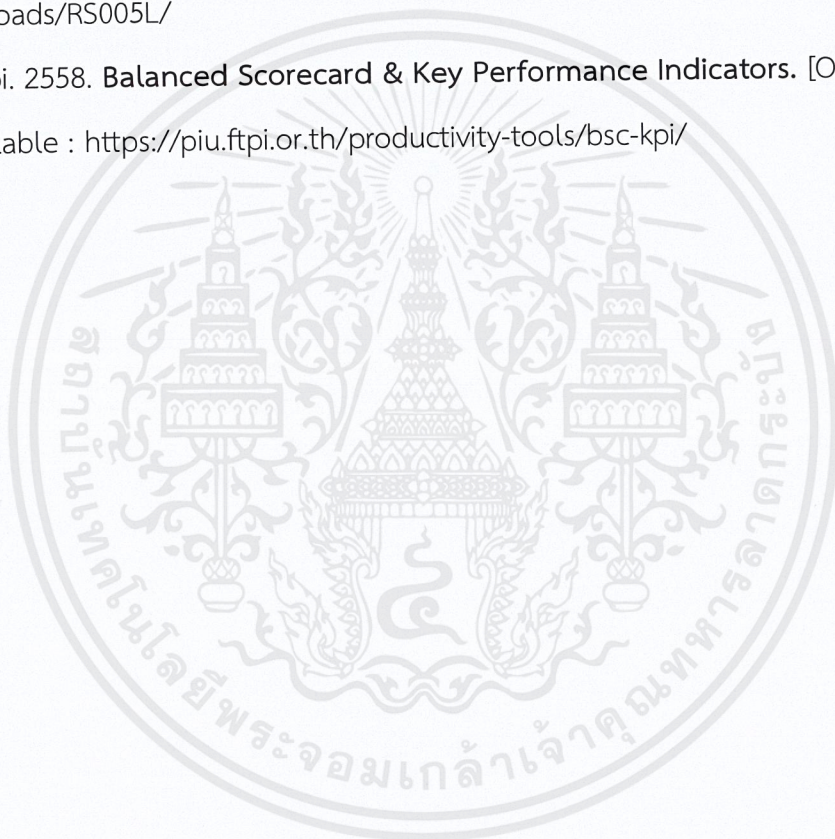
## เอกสารอ้างอิง

- [1] Modern Manufacturing. 2560. **เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วยการกำหนด TAKT TIME.** [Online]. Available : <https://www.mmthailand.com/การผลิต-กำหนด-tack-time/>
- [2] Naruemon. 2561. **ROI คืออะไร ? สำคัญอย่างไร ?.** [Online]. Available : <https://www.mmthailand.com/การผลิต-กำหนด-tack-time/>
- [3] สราวุฒิ สิริเกษมสุข. 2551. **การออกแบบมือจับชิ้นงานเพื่อให้แข็งแรงที่เหมาะสมที่สุดในการยกชิ้นงาน.** [Online]. Available: [http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech\\_Eng/Sarawut\\_S.pdf](http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech_Eng/Sarawut_S.pdf)
- [4] วิทยาลัยการอาชีพปราณบุรี. 2554. **สิ่งประดิษฐ์เพื่อการเรียนการสอน.** [Online]. Available : <http://km.pranicec.ac.th/files/20130008/files/newmatic.pdf>
- [5] Factomart Admin. 2560. **หลักการทํางาน Pneumatics Control.** [Online]. Available : <https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-pneumatics-control/>
- [6] David. 2553. **Non-return valves.** [Online]. Available : <http://pneumaticv.blogspot.com/2010/07/non-return-valves.html>
- [7] Pneu&Hyd Co.,LTD. 2559. **กระบอกไฮดรอลิก (HYDRAULIC CYLINDERS) รุ่น HO, CRO Series.** [Online]. Available : [ไฮดรอลิก.net/ไฮดรอลิก-ไฮโดรลิก/กระบอกไฮดรอลิก.html](http://ไฮดรอลิก.net/ไฮดรอลิก-ไฮโดรลิก/กระบอกไฮดรอลิก.html)
- [8] Factomart. 2562. **Pressure Sensor.** [Online]. Available : <https://www.factomart.com/th/pressure-sensor/>
- [9] pneu-hyd. 2556. **อุปกรณ์สำหรับงานสุญญากาศ (VACUUM EQUIPMENT).** [Online]. Available : [pneu-hyd.co.th/บทความ-นิวเมติกส์-ไฮดรอลิก/412-vacuum-equipment%20อุปกรณ์สำหรับงานสุญญากาศ.html](http://pneu-hyd.co.th/บทความ-นิวเมติกส์-ไฮดรอลิก/412-vacuum-equipment%20อุปกรณ์สำหรับงานสุญญากาศ.html)
- [10] pungza. 2554. **พลศาสตร์ของไหล (Fluid Dynamics).** [Online]. Available : <http://nampungzana.blogspot.com/2011/01/>
- [11] Wikipedia. 2552. **Bernoulli grip.** [Online]. Available : [https://en.wikipedia.org/wiki/Bernoulli\\_grip](https://en.wikipedia.org/wiki/Bernoulli_grip)
- [12] Autonics. 2552. **PR12-4DN.** [Online]. Available : <https://www.autonics.com/model/A1600003814>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [13] vmeca. มปป. **Products**. [Online]. Available : <https://www.vmeca.com/shop/>
- [14] smcworld. มปป. **WEB Catalog**. [Online]. Available :  
<https://www.smcworld.com/products/en/get.do?type=GUIDE&id=CA2-CDA2-Z-E>
- [15] robotics.kawasaki. มปป. **RS005L Robot**. [Online]. Available :  
<https://robotics.kawasaki.com/en1/products/robots/small-medium-payloads/RS005L/>
- [16] piu.ftpi. 2558. **Balanced Scorecard & Key Performance Indicators**. [Online].  
 Available : <https://piu.ftpi.or.th/productivity-tools/bsc-kpi/>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายณัฐวัฒน์ ทรงมณี  
 วัน เดือน ปีเกิด 08 ธันวาคม 2540  
 ที่อยู่ 142/182 ถ.กาญจนาภิเษก แขวงบางแค เขตบางแค กรุงเทพมหานคร 10160  
 E-mail winfinity@windowslive.com  
 โทรศัพท์ 099-2148811

### ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2547-2552 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย  
 พ.ศ. 2553-2558 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษา โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย  
 พ.ศ. 2559-ปัจจุบัน สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมวัดและควบคุม  
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### ประสบการณ์

พ.ศ. 2561 นักศึกษาฝึกงาน บริษัท เอ.ไอ. เทคโนโลยี จำกัด ระยะเวลา 2 เดือน  
 พ.ศ. 2562 นักศึกษาฝึกงาน บริษัท ไทยซัมซุง อิเลคโทรนิคส์ แผนก PI (Production Innovation) ระยะเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้