

การออกแบบระบบกึ่งอัตโนมัติของสายการผลิตสำหรับกระบวนการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์

เกรียงไกร มีเผ่า

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2565

DESIGN OF SEMI-AUTOMATION PRODUCTION SYSTEM FOR AUTOMOTIVE
ASSEMBLY PROCESS

Kriengkrai Meetao

TNI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for The Degree of Master of Engineering Program in Engineering Technology

Graduate School
Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2022

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การออกแบบระบบกึ่งอัตโนมัติของสายการผลิตสำหรับกระบวนการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์

โดย

เกรียงไกร มีเฒ่า

สาขาวิชา

เทคโนโลยีวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เชาวลิต มิตรสันติสุข)

.....กรรมการ

(ดร.เอกอุ ธรรมกรบัญญัติ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชัย นิเวศน์รังสรรค์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

เกรียงไกร มีเฒ่า : การออกแบบระบบกึ่งอัตโนมัติของสายการผลิตสำหรับกระบวนการประกอบ
ชิ้นส่วนรถยนต์. อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน, 77 หน้า.

อุตสาหกรรมการผลิตในยุคปัจจุบันมีการแข่งขันกันสูงมาก เพื่อตอบสนองความต้องการของ
ลูกค้าที่สูงขึ้นภายใต้ทรัพยากรที่มีจำกัด ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝากรอบกันชนท้ายรถยนต์ ประเภท
ชิ้นส่วนพลาสติก การผลิตปัจจุบันหุ่นยนต์ทำหน้าที่หยิบชิ้นงานจากเครื่องฉีดพลาสติกนำมาให้พนักงาน
ทำการประกอบคลิปปแบบกลม 1 ตัว คลิปปแบบเหลี่ยม 1 ตัว และตัดทางเข้าน้ำพลาสติก ปัจจุบันพนักงาน
ทำงานมากกว่าหุ่นยนต์ จึงจำเป็นต้องทำการปรับสมดุลการทำงานระหว่างคนกับหุ่นยนต์ให้ทำงาน
อย่างเหมาะสม ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ ออกแบบสายการผลิตให้เป็นกึ่งอัตโนมัติ ลดงานของ
พนักงาน โดยโยกย้ายงานที่มีมูลค่าให้หุ่นยนต์เป็นผู้ทำ การวิจัยนี้ได้ประยุกต์การออกแบบระบบไฟฟ้า
นิวเมติกส์ มาใช้กับการวางแผน ออกแบบและพัฒนาการทำงานของหุ่นยนต์ทำงานต่อเนื่องตามลำดับ
แต่ละขั้นตอนและสัญลักษณ์ผังวงจร การทำงานของอุปกรณ์ เครื่องมือเพื่อพัฒนาในขั้นตอนต่างๆ

จากการศึกษาวิจัยพบว่า ชิ้นส่วนประกอบที่ทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ได้ทำการวางแผน ออกแบบ
นั้น สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ดำเนินการผลิตแบบต่อเนื่องไม่หยุด ไม่ติดขัด ตรงตามวัตถุประสงค์
ที่วางแผน และได้ออกแบบไว้ สามารถลดการใช้พนักงาน 1 คน การพัฒนาโครงการนี้สามารถคืนทุน
ใน 9 เดือน และลดเวลาสูญเสียเปล่าของหุ่นยนต์ให้ทำงานเพิ่มคุณค่ามากขึ้น กล่าวคือ ก่อนปรับปรุงหุ่นยนต์
มีรอบเวลาเพียง 22 วินาที ได้พัฒนาปรับปรุงให้เพิ่มรอบเวลาเป็น 54 วินาที ให้หุ่นยนต์ทำงานให้เป็น
ประโยชน์เพิ่มขึ้นเป็น 2.45 เท่า

KRIENKRAI MEETAO : DESIGN OF SEMI-AUTOMATION PRODUCTION SYSTEM
FOR AUTOMOTIVE ASSEMBLY PROCESS. ADVISOR : ASST.PROF.DR.DUMRONGKIAT
RATANAAMORNPIN, 77 PP.

The manufacturing industry in the present era is very competitive due to highly competitive market mechanisms to satisfy elevated-customer demand under limited resources. In the manufacturing process of a plastic automobile, the rear bumper is covered by injection molding. In the current production, a robot picks the parts from plastic injection machines and handles them to operators in order to assemble one round clip and one square clip; and the plastic runner is trimmed. Currently, operators spend time more than robots. Therefore, it is necessary to balance the task time between the operator and the robot to work reasonably.

The objectives of this study are to design a production line for a semi-automatic and facilitate the work of the operator by allocating it to the robot. This research has applied the design of electric-pneumatic systems for planning, designing, and developing the robot operation. Training the work in sequence and motion reveals the developing stage with circuit and diagram tools. According to the research, it has shown that the installed system functions excellently according to the plan and the design. The test run was approved to meet the standard criteria. One operator was eliminated, with a payback period of nine months. The research has improved the utilization of the robot by assigning the value-added work from 22 seconds per cycle to 54 seconds per cycle, rising to 2.45 times.

Graduate School
Field of Engineering of Technology
Academic Year 2022

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สำเร็จล่วงไปได้ด้วยดีถ้าหากปราศจากแรงสนับสนุน และช่วยเหลือตลอดจนกำลังใจจากบุคคลต่างๆ ณ โอกาสนี้ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิณ ท่านอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ให้คำแนะนำรูปแบบของการทำวิทยานิพนธ์ทั้งยัง คอยชี้แนะแนวทางให้คำปรึกษาช่วยเหลือตรวจสอบวิทยานิพนธ์เล่มนี้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ขอขอบ พระคุณบิดา มารดา ครอบครัว คณาจารย์ที่ให้กำลังใจสนับสนุนผู้วิจัยเสมอ ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณ ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือตลอดการศึกษาวิจัยส่งผลให้งานวิจัยชิ้นนี้ประสบความสำเร็จล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณทุกท่านอีกครั้ง

เกรียงไกร มีเฒ่า

TNI

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 แผนงานและระยะเวลาดำเนินการ	4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 หลักการพื้นฐานนิวเมติกส์	5
2.2 การเขียนรหัสอุปกรณ์นิวเมติกส์และแผนภาพการทำงานของวงจรนิวเมติกส์....	22
2.2 ประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และการเพิ่มผลผลิต.....	26
2.4 ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period)	28
2.5 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial หุ่นยนต์).....	28
2.6 การศึกษาเวลา (Time Study).....	31
2.7 Yamazumi Chart.....	33
2.8 ตารางงานมาตรฐานรวม (Standardized Work Combination Table).....	34
2.9 วิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	35

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3	วิธีการวิจัย 38
3.1	บทนำ..... 38
3.2	วิเคราะห์ปัญหาที่เป็นปัจจัยของงานวิจัย 39
3.3	ออกแบบและสร้างเครื่อง..... 50
4	ผลการดำเนินการวิจัย 55
4.1	ตรวจประเมินเครื่องจักร..... 57
4.2	ระยะเวลาคืนทุน..... 57
5	สรุปผลการดำเนินการวิจัย 63
5.1	สรุปผลการวิจัย..... 63
5.2	อภิปรายผลการวิจัย..... 64
5.3	ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย..... 64
บรรณานุกรม	 65
ภาคผนวก	 68
ภาคผนวก ก. ผลงานบทความเข้าร่วมประชุมเชิงวิชาการ TNIAC 2565	 69
ประวัติย่อผู้วิจัย	 77

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงาน.....	4
2.1 จำนวนช่องสี่เหลี่ยมตำแหน่งการทำงาน.....	9
2.2 ความหมายของสัญลักษณ์ของช่องต่อท่อลม	9
2.3 ความหมายของสัญลักษณ์ของเส้นทางการไหลช่องต่อท่อลม	10
2.4 ความหมายของชื่อช่องต่อลมแบบตัวอักษรและตัวเลข	10
2.5 การเรียกชื่อวาล์ว.....	11
2.6 สัญลักษณ์ของรูปแบบที่ใช้ในการควบคุมวาล์ว	12
2.7 ความหมายของสัญลักษณ์วาล์วควบคุมในตำแหน่งทำงานและรีเซ็ต	13
2.8 วาล์วควบคุมทิศทางชนิดต่างๆ.....	14
2.9 สัญลักษณ์เส้นท่อลมชนิดต่างๆ.....	17
2.10 สัญลักษณ์อุปกรณ์นิวเมติกส์พื้นฐาน	18
3.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์.....	45
3.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม.....	53
4.1 ตรวจประเมินเครื่องจักร.....	57
4.2 ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์ ลงทุนติดตั้งระบบ Automation ไม่รวมหุ่นยนต์	58
4.3 Payback Period คิดดอกเบี้ยไม่รวมหุ่นยนต์.....	59
4.4 ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์ ลงทุนติดตั้ง ระบบ Automation รวมหุ่นยนต์.....	60
4.5 Payback Period คิดดอกเบี้ยรวมหุ่นยนต์.....	61
5.1 สรุปผลการทดลอง	63

สารบัญรูป

รูป	หน้า
1.1 เครื่องฉีดพลาสติก	1
1.2 การประกอบคลิปกับชิ้นงาน.....	2
2.1 องค์ประกอบพื้นฐานในระบบนิวเมติกส์.....	8
2.2 ความหมายของสัญลักษณ์ช่องต่อท่อลม.....	10
2.3 การจับคู่ของอุปกรณ์ควบคุมกับวาล์ว.....	13
2.4 เปรียบเทียบระหว่างวาล์วควบคุมชนิดทำงานค้ำและชนิดเลื่อนกลับเอง.....	16
2.5 สัญลักษณ์ของระบบนิวเมติกส์.....	20
2.6 ส่วนประกอบและลำดับของวงจรควบคุมด้วยระบบนิวเมติกส์.....	21
2.7 การเขียนตัวอักษรในตำแหน่งของกระบอกสูบ.....	23
2.8 วงจรทำงานโดยใช้อักษรภาษาอังกฤษร่วมกับเครื่องหมาย + และ -.....	23
2.9 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของลูกสูบกับจังหวะ.....	24
2.10 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของลูกสูบกับจังหวะการทำงาน.....	24
2.11 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของลูกสูบเส้นกับเวลา.....	25
2.12 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของลูกสูบกับเวลาที่ใช้ในการทำงาน.....	25
2.13 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของลูกสูบกับเวลาที่ใช้ในการทำงาน.....	26
2.14 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบ Cartesian หุ่นยนต์.....	29
2.15 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบ Cylindrical หุ่นยนต์.....	29
2.16 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบ Polar หุ่นยนต์.....	30
2.17 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบ Articulated หุ่นยนต์ (Jointed Arm).....	31
2.18 ตัวอย่าง Yamazumi Chart	34
2.19 ตัวอย่างตารางงานมาตรฐานรวม (Standardized Work Combination Table).....	35
3.1 แผนภาพขั้นตอนแนวคิดการออกแบบ	39
3.2 คลิปทั้ง 2 แบบ.....	40
3.3 การประกอบคลิปกับชิ้นงาน.....	41
3.4 Flow Chart การปฏิบัติงานก่อนปรับปรุง	41
3.5 Yamazumi Chart รอบเวลาการทำงานก่อนปรับปรุง.....	42
3.6 ขั้นตอนการทำงานของพนักงาน.....	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
3.7 ตารางรวมงานมาตรฐานรวม ก่อนปรับปรุง.....	44
3.8 Drawing การประกอบคลิปและตัด Gate ขึ้นงาน.....	45
3.9 รวมอุปกรณ์และหุ่นยนต์อัตโนมัติ.....	46
3.10 แบบ Gripper จับคลิปและขึ้นงาน.....	47
3.11 รายละเอียดอุปกรณ์ประกอบคลิปและตัด Gate.....	48
3.12 การทำงานอุปกรณ์การประกอบคลิป.....	49
3.13 แบบโดยรวมของอุปกรณ์ทั้งหมด	49
3.14 Solenoid Valve ของระบบ.....	51
3.15 Signal Flow Diagram ของระบบ.....	52
3.16 Motion Step Diagram ของระบบ.....	52
4.1 Yamazumi Chart หลังปรับปรุง.....	55
4.2 ตารางงานมาตรฐานรวม หลังปรับปรุง.....	56
4.3 กราฟแสดงระยะเวลาต้นทุนคิดดอกเบี้ยไม่รวมหุ่นยนต์.....	60
4.4 กราฟแสดงระยะเวลาต้นทุน คิดดอกเบี้ยรวมหุ่นยนต์.....	62

TNI

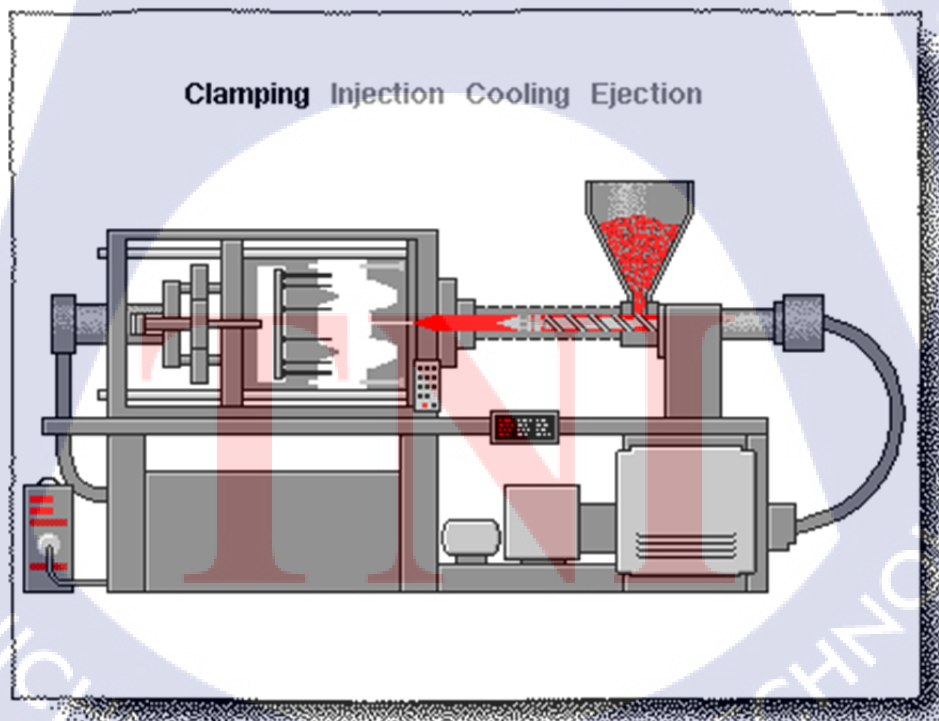
TAHITI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ระบบนิวเมติกส์ (Pneumatics System) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญกับงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ อาทิ อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ส่วนอุตสาหกรรมขนาดกลาง และขนาดเล็ก ปัจจุบันได้นำเอาอุปกรณ์นิวเมติกส์เข้ามาใช้ในสายการผลิตอย่างแพร่หลายมากขึ้น ได้แก่ อุตสาหกรรมการผลิตและบรรจุอาหาร เป็นต้น ข้อดีของอุปกรณ์นิวเมติกส์คือความหลากหลายในการใช้งานสามารถออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับงานแต่ละชนิด นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความเที่ยงตรง แม่นยำในการทำงานสูง และที่สำคัญระบบนิวเมติกส์มีความสะอาด ซึ่งเป็นผลดีต่อการผลิต โรงงานกรณีศึกษาได้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ประเภทชิ้นส่วนพลาสติกประเภท PP, PE, ABS เป็นต้น โดยการฉีดขึ้นรูปดังรูปที่ 1.1 นอกจากนี้ รูปที่ 1.2 แสดงการประกอบคลิปขาวโดยการใช้พนักงานหยิบคลิปขาวไปประกอบกับชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้าย ดังนั้นชิ้นงานจากการฉีดขึ้นรูปจะต้องมีขนาดที่แม่นยำมาก



รูปที่ 1.1 เครื่องฉีดพลาสติก [1]



รูปที่ 1.2 การประกอบคลิปกับชิ้นงาน

โรงงานกรณีศึกษาใช้พนักงานในการประกอบคลิปกับชิ้นงานที่ได้จากการฉีดทำให้เกิดปัญหา คือ พนักงานประกอบชิ้นส่วนไม่ครบที่ลูกค้ากำหนดถูกส่งออกไปหาลูกค้า ทำให้ลูกค้าไม่ยอมรับระบบการผลิตในแบบปัจจุบัน โรงงานกรณีศึกษาจึงมีแนวคิดการใช้แขนกลในการประกอบคลิปและเป็นโจทย์วิจัยนี้ เพื่อเพิ่มผลการผลิตและลดความผิดพลาด ตลอดจนถึงขั้นตอนในการประกอบของพนักงานงานวิจัยนี้เป็นการวางแผน ออกแบบระบบควบคุมระบบอัตโนมัติของกระบอกลมของระบบนิวเมติกส์เพื่อนำคลิปไปประกอบกับชิ้นส่วนกันชนท้ายที่ได้จากการฉีดขึ้นรูป ศึกษาการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่ต้องการโดยมีวาล์วโซลินอยด์ (Solenoid Valve) ควบคุมการทำงานของกระบอกลม โดยหุ่นยนต์เป็นส่วนเสริมแขนจับที่เป็นระบบนิวเมติกส์ในการจับชิ้นงานลงในจุดที่ต้องการได้อย่างแม่นยำและทำซ้ำได้หลายครั้ง และนำมาซึ่งวัตถุประสงค์งานวิจัยนี้

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาได้จัดซื้อหุ่นยนต์ ตามข้อกำหนดของลูกค้า เพื่อความปลอดภัยในการทำงานร่วมกับเครื่องฉีดพลาสติก เนื่องจากลูกค้ามีข้อกำหนดว่า การให้พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากเครื่องฉีดพลาสติกไม่ปลอดภัย โรงงานกรณีศึกษาจึงได้ดำเนินการจัดซื้อหุ่นยนต์ตามนโยบายของลูกค้า เมื่อมีหุ่นยนต์แล้ว ได้ใช้ผลิตงานตามข้อกำหนดตามความต้องการของลูกค้า จากการมาวิเคราะห์ศึกษาแล้ว พบว่าหุ่นยนต์หยิบชิ้นงานออกจากเครื่องฉีดพลาสติกเท่านั้น ไม่ได้ใช้ความสามารถที่มีมากกว่านี้ ไม่คุ้มค่า จึงได้วางแผน ออกแบบและพัฒนาให้หุ่นยนต์ทำงานมากขึ้น เป็นการใช้ประโยชน์จากหุ่นยนต์เต็มที่มีมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 ออกแบบสายสายการผลิตแบบกึ่งอัตโนมัติ พนักงานสามารถร่วมทำงานกับหุ่นยนต์
- 1.2.2 ลดพนักงาน 1 พนักงาน
- 1.2.3 ปรับปรุงกระบวนการ (Process)
- 1.2.4 คุณภาพชิ้นงานดีขึ้น จากการทำงานของหุ่นยนต์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 ระบบนิวแมติกส์
- 1.3.2 ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการประกอบชิ้นส่วนคลิบ
- 1.3.3 ศึกษาการเคลื่อนที่ของชิ้นงาน
- 1.3.4 ได้จัดสมดุลย์ (Balancing) งานของพนักงานและงานของหุ่นยนต์เพื่อศึกษาวางแผนระบบการผลิตแบบกึ่งอัตโนมัติ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 กระบวนการประกอบคลิบ สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง
- 1.4.2 พนักงานทันเวลากำหนด
- 1.4.3 นำหลักการวิธีการวางแผน ออกแบบไปต่อยอดใช้กับงานอื่นได้

1.5 แผนงานและระยะเวลาดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงาน

[illegible]

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการพื้นฐานนิวเมติกส์

ระบบนิวเมติกส์ หมายถึง ระบบทำงานโดยใช้อากาศเป็นตัวส่งกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ทำงานของเครื่องจักรต่างๆ เช่น กระบอกสูบลม หรือมอเตอร์ลม เป็นต้น การใช้เครื่องจักรแทนแรงงาน ทำให้ลดต้นทุนที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมโดยวิวัฒนาการจากการใช้ระบบการทำงานง่ายๆ แบบธรรมดาเป็นการทำงานโดยอัตโนมัติ เช่น การจับยึดชิ้นงาน สายพานลำเลียง แขนกล (หุ่นยนต์) และอื่นๆ และในปัจจุบันได้มีการนำลมอัดมาใช้สำหรับงานต่างๆ อย่างกว้างขวาง ได้แก่ งานการประกอบชิ้นส่วนในโรงงานอุตสาหกรรม งานบรรจุหีบห่อ งานด้านกระบวนการผลิตอาหาร งานเชื่อมโลหะ งานขนย้ายวัสดุที่มีน้ำหนักเบา งานพิมพ์ และงานอื่นๆ

2.1.1 ลักษณะเฉพาะที่สำคัญ [2]

ลักษณะเฉพาะที่สำคัญทางนิวเมติกส์สามารถนำมาเปรียบเทียบกับระบบไฮดรอลิกได้ดังต่อไปนี้

- 1) โดยทั่วไปวงจรนิวเมติกส์มีค่าความดันระหว่าง 4-7 กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร (kgf-cm.^2) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าความดันที่ใช้ในวงจรไฮดรอลิก ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับงานเบาๆ
- 2) แม้ว่ากำลังทางนิวเมติกส์จะมีประสิทธิภาพน้อยกว่ากำลังทางไฮดรอลิก ในเรื่องการควบคุมความเร็วรอบหมุนและการหมุนระหว่างกลาง เพราะคุณสมบัติอัดตัวได้ง่ายของลม แต่พลังงานนิวเมติกส์สามารถเก็บไว้ได้ในถังเก็บในกรณีของการทำงานแบบเป็นช่วง อาจใช้เครื่องอัดอากาศที่มีความจุขนาดเล็กแล้วเก็บพลังงานนิวเมติกส์ไว้ใช้งานหนักในระยะเวลาอันสั้น
- 3) ลมอัดมีค่าความต้านทานในการไหลน้อยจึงสามารถทำงานได้เร็วกว่ากำลังในระบบไฮดรอลิก
- 4) พลังงานในระบบนิวเมติกส์จะถูกส่งผ่านท่อ เพื่อขับให้กลไกทำงานที่ความเร็วต้องการได้อย่างอิสระ โดยเครื่องควบคุมความเร็วและที่แรงขับเคลื่อนที่ต้องการโดยวาล์วควบคุมความดัน
- 5) ระบบไฮดรอลิกมักมีการรั่วไหลของน้ำมันซึ่งอาจจะทำให้เกิดไฟไหม้และทำให้เกิดสิ่งสกปรกขึ้นแต่ระบบลมอัดไม่มีปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้น ถ้าวงจรถูกสร้างขึ้นอย่างถูกต้อง
- 6) ในโรงงานส่วนใหญ่ลมอัดถูกนำมาใช้ประโยชน์สำหรับงานอื่นอย่างกว้างขวาง แต่สำหรับระบบไฮดรอลิก จำเป็นต้องมีชุดต้นกำลัง (Power Unit)

7) ระบบไฮดรอลิกมีขอบเขตอุณหภูมิการทำงานต่ำคือ ระหว่าง 60-70 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับระบบลมอัดแล้วระบบลมอัดมีความสามารถในการใช้งานโดยที่อุณหภูมิสูงถึง 160 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การเลือกอุปกรณ์การทำงานที่เหมาะสม

2.1.2 การใช้อากาศอัดเป็นตัวกลาง

เนื่องจากระบบอัตโนมัติโดยเฉพาะในระบบอัตโนมัติเล็กๆ มีปัญหาบางอย่าง ทำให้พบว่าไม่มีตัวกลางการทำงานใดที่สามารถนำมาใช้ได้ง่ายกว่า และประหยัดกว่าระบบนิวเมติกส์ ดังนั้น ข้อดีของระบบนี้อาจแบ่งหัวข้อได้ดังต่อไปนี้

- 1) อากาศมีปริมาณที่ไม่จำกัดในทุกๆ แห่ง
- 2) อากาศอัดสามารถส่งผ่านไปตามท่อได้ง่ายแม้ว่าจะมีระยะทางไกลก็ตาม
- 3) อากาศอัดสามารถกักเก็บไว้ได้
- 4) อากาศอัดไม่มีความจำเป็นจะต้องส่งกลับมา สามารถระบายทิ้งไปในบรรยากาศได้ หลังจากการใช้งานแล้ว

- 5) อากาศอัดไม่มีความรู้สึกไวต่อความเปื่อยเบนของอุณหภูมิ ซึ่งทำให้การทำงานมีความแน่นอนสูง แม้ว่าจะอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงมากๆ ก็ตาม

- 6) อากาศอัดไม่เกิดการระเบิดง่าย ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นต้องมีอุปกรณ์พิเศษราคาแพงอื่นๆ เพื่อใช้ป้องกันการระเบิด

- 7) อากาศมีความสะอาดในระดับหนึ่ง ซึ่งมีความสำคัญมากโดยเฉพาะในกรณีอุตสาหกรรมที่ เกี่ยวกับอาหาร ทอผ้า ผ้าขนสัตว์ และเครื่องหนัง

- 8) ชิ้นส่วนของการทำงานสำหรับอากาศอัดเป็นแบบง่าย ๆ และมีราคาถูกในการสร้าง

- 9) อากาศอัดมีความเร็วสูง ดังนั้นอัตราความเร็วของการทำงานจะสูงด้วย

- 10) ความเร็วและแรงของอุปกรณ์ทำงานในระบบนิวเมติกส์ สามารถปรับแต่งได้

ตามต้องการ

- 11) เครื่องมือและอุปกรณ์ทำงานระบบนิวเมติกส์สามารถป้องกันงานเกินกำลังได้

- 12) การเคลื่อนที่ในทางตรงสามารถทำงานได้โดยตรง

นอกจากข้อดีดังกล่าวมาแล้วระบบที่ใช้อากาศอัดก็มีข้อเสียเช่นเดียวกัน ดังตัวอย่างดังต่อไปนี้

- 1) อากาศอัดเป็นตัวกลางที่ค่อนข้างแพง เมื่อเปรียบเทียบกับ การแปลงของพลังงานอื่นๆ อย่างไรก็ตามจะถูกชดเชยจากราคาของอุปกรณ์ที่มีราคาถูกและเป็นแบบง่ายๆ

- 2) อากาศอัดต้องการสภาวะแวดล้อมที่ดีต้องไม่มีฝุ่นหรือความชื้น

- 3) เป็นไปได้ยากที่จะได้ความเร็วของกระบอกสูบให้มีค่าคงที่สม่ำเสมอ

4) อากาศอัดจะประหยัดเฉพาะที่ใช้แรงขยายถึงจุดหนึ่งเท่านั้น โดยปกติแล้วใช้ความดันที่ 600 kPa (6 bar) ข้อจำกัดของแรงอยู่ที่ประมาณ 20,000-30,000 นิวตัน ขึ้นอยู่กับความเร็วและระยะทางที่ทำงานถ้าต้องการแรงมากกว่านี้ควรใช้ระบบไฮดรอลิก

5) การระบายออกของอากาศมีเสียงดัง ปัจจุบันมีทางแก้ไขคือ ใช้อุปกรณ์เก็บเสียง (Silencer)

6) ละอองของน้ำมันผสมกับอากาศ ที่ใช้สำหรับหล่อลื่นในระบบนิวเมติกส์จะถูกระบายออกสู่บรรยากาศทำให้เกิดมลภาวะปัจจุบันสามารถหลีกเลี่ยงได้ โดยใช้อุปกรณ์ชนิดที่ไม่ต้องการสารหล่อลื่น (Non-Lubricated)

2.1.3 ส่วนประกอบของระบบนิวส์เมติกส์

- 1) ต้นกำลังคือ มอเตอร์หรือเครื่องยนต์
- 2) เครื่องอัดอากาศ (Compressor) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแรงดัน (ลมอัด) ที่มีความดันสูง
- 3) เครื่องระบายความร้อนลมอัด (Heat Exchange) ทำหน้าที่ระบายความร้อนลมอัดก่อนนำไปใช้งาน เนื่องจากอากาศที่ถูกอัดให้มีความดันสูงให้อุณหภูมิอากาศสูงขึ้นตามไปด้วย
- 4) เครื่องกรองลมส่งลมอัด (Main Air Filter) ทำหน้าที่กรองลมอัดก่อนนำไปใช้งาน เนื่องจากอากาศมีความชื้นและฝุ่นละออง
- 5) ถังเก็บลมอัด ทำหน้าที่เก็บกักลมที่ทำการอัดและจ่ายลมออกด้วยความดันสม่ำเสมอ
- 6) เครื่องทำอากาศแห้ง (Air Dryer) ทำหน้าที่กำจัดความชื้นออกจากลมอัด ป้องกันการเกิดหยดน้ำกลั่นตัวในระบบ ซึ่งจะทำความเสียหายให้อุปกรณ์อื่นได้
- 7) อุปกรณ์กรองลม (Air Filter) ทำหน้าที่คล้ายเครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด
- 8) ชุดควบคุมและปรับคุณภาพลมอัด (Service Unit) ติดตั้งใกล้กับอุปกรณ์ทำงานหรือเครื่องจักรเพื่อกรองความชื้น ปรับความดันของลมอัด และผสมน้ำมันหล่อลื่นก่อนใช้งาน ดังรูปที่

2.1 ประกอบด้วย

- 8.1) อุปกรณ์กรองลม (Air Filter) ทำหน้าที่กรองลมให้สะอาดและดักความชื้น
- 8.2) อุปกรณ์ควบคุมความดันลมอัด (Pressure Regulating Value) ทำหน้าที่รักษาความดันใช้งานให้อยู่คงที่ถึงแม้ความดันต้นทางจะเปลี่ยนแปลง
- 8.3) อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น (Oil Lubricator) ทำหน้าที่ผสมน้ำมันหล่อลื่นให้กับลมอัดเพื่อป้องกันการเสียดสีของอุปกรณ์ทำงานที่มีการเคลื่อนที่ในระบบ
- 9) อุปกรณ์ควบคุมทิศทางการลมอัด ได้แก่ วาล์วชนิดต่างๆ ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนทิศทางการทำงานของระบบประกอบด้วย

- 9.1) วาล์วควบคุมทิศทาง ทำหน้าที่ควบคุมลูกสูบเคลื่อนที่เข้าหรือเคลื่อนที่ออก
- 9.2) วาล์วปรับความเร็ว ทำหน้าที่ควบคุมลมอัดให้มีปริมาณมากน้อยตามต้องการ ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่เข้าหรือเร็วได้แก่ วาล์วปรับอัตราการไหลและวาล์วคายไอเสีย
- 10) อุปกรณ์ทำงาน (Working Element) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแรงดัน (ลมอัด) เป็นพลังงานกล ได้แก่ กระบอกสูบ มอเตอร์ลม
- 11) อุปกรณ์เก็บเสียงหรือตัวเก็บเสียง (Air Silencer) ทำหน้าที่กรองเสียงลมหรือเก็บเสียงลมอัดที่ออกจากกระบอกสูบที่ไม่มีเสียงดัง



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบพื้นฐานในระบบนิวเมติกส์ [2]

2.1.4 วาล์วควบคุมในระบบนิวเมติกส์

วาล์วควบคุมในระบบนิวเมติกส์พื้นฐาน แบ่งได้ 5 ประเภท แต่ละประเภทแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งาน ในนี้จะกล่าวเฉพาะวาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control) ที่ใช้สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ โดยวาล์วประเภทอื่นๆ จะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป อาทิ เช่น วาล์วชนิดลมไหลทางเดียวในการออกแบบสร้างวงจรควบคุมการทำงานแบบมีเงื่อนไข และวงจรควบคุมเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน การใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลในการควบคุมความเร็วของก้านสูบ การใช้วาล์วแบบผสมที่ออกแบบสำหรับงานเฉพาะ เช่น

- 1) วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve)
- 2) วาล์วชนิดลมไหลทางเดียว (Non-Return Valve)
- 3) วาล์วควบคุมความดัน (Pressure Control Valve)
- 4) วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow Control Valve)
- 5) วาล์วเปิด-ปิด และวาล์วผสม (Shut-off Valve and Valve Combination)

2.1.5 วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve)

มีหน้าที่ในการควบคุมทิศทางของลมน้ำมันที่จ่ายให้กับอุปกรณ์นิวแมติกส์ ภายในประกอบ ลิ้นวาล์วที่เคลื่อนที่ได้ตำแหน่งของลิ้นวาล์วที่เคลื่อนที่ได้ เรียกว่า “ตำแหน่งทำงาน (Position)” ใช้ สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมแทนจำนวนตำแหน่งที่ลิ้นวาล์วที่สามารถเปลี่ยนได้ตามข้อกำหนด การเรียกชื่อ วาล์วควบคุมตามมาตรฐาน แบ่งหัวข้อดังต่อไปนี้

1) ความหมายของสัญลักษณ์ตำแหน่งทำงาน จำนวนช่องสี่เหลี่ยม หมายถึง จำนวน ตำแหน่งทำงาน ดังตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 จำนวนช่องสี่เหลี่ยมตำแหน่งการทำงาน [2]

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ลิ้นวาล์วเปลี่ยน 2 ตำแหน่งทำงาน
	ลิ้นวาล์วเปลี่ยน 3 ตำแหน่งทำงาน
	ลิ้นวาล์วเปลี่ยน 4 ตำแหน่งทำงาน

ตารางที่ 2.2 ความหมายของสัญลักษณ์ของช่องต่อท่อลม [2]

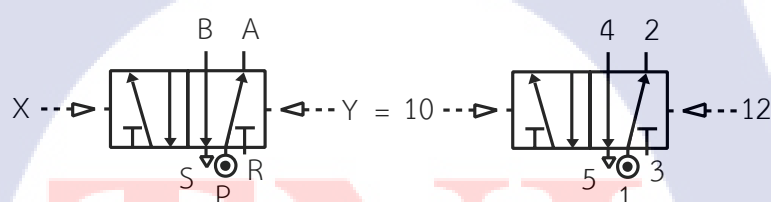
สัญลักษณ์	ความหมาย
	ช่องต่อสำหรับท่อลม
	ช่องต่อสำหรับจ่ายลมอัดให้วาล์ว
	ช่องต่อสำหรับระบายลมทิ้งแบบเปิด (มีช่องต่อท่อลม)
	ช่องระบายลมทิ้งแบบปิด (ไม่มีช่องต่อท่อลม)

2) สัญลักษณ์เส้นทางการไหลผ่าน คือสัญลักษณ์แสดงสัญลักษณ์เส้นทางการไหล ผ่านภายในวาล์วที่แสดงด้วยลูกศรและช่องปิด ตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความหมายของสัญลักษณ์ของเส้นทางการไหลช่องต่อท่อลม [2]

สัญลักษณ์	ความหมาย
	เส้นภายในรูปสี่เหลี่ยม หมายถึง เส้นทางที่ลมอัดไหลผ่านได้ตามทิศทางลูกศร
	เส้นทางเดินลมที่ถูกกั้นแสดงด้วยเส้นตรงตัดสั้นหัวท้าย
	เส้นทางเดินลมภายใน 2 เส้นทางที่ไม่ได้ตัดกัน และมีช่องต่อท่อลม 4 ช่อง
	เส้นทางเดินลมผ่านออกได้ทางเดียวและมีช่องต่อท่อลม 3 ช่อง
	เส้นทางเดินลมผ่านเข้าได้ทางเดียวและมีช่องต่อท่อลม 3 ช่อง
	เส้นทางเดินลมเข้าผ่านได้สองทางและมีช่องต่อท่อลม 5 ช่อง
	เส้นทางเดินลมออกผ่านได้สองทางและมีช่องต่อท่อลม 5 ช่อง
	เส้นทางเดินลมที่ต่อถึงกันภายในเขียนด้วยจุดตัดเต็มและมีช่องต่อท่อลม 4 ช่อง

3) ความหมายของสัญลักษณ์ช่องต่อท่อลม คือสัญลักษณ์แบบตัวอักษรและแบบตัวเลขที่กำหนดให้แต่ละช่องต่อท่อลมจะมีหน้าที่ เฉพาะแตกต่างกัน ตามหน้าที่งาน ดังรูปที่ 2.2 และอธิบายเพิ่มเติม ดังตารางที่ 2.4



รูปที่ 2.2 ความหมายของสัญลักษณ์ช่องต่อท่อลม [2]

ตารางที่ 2.4 ความหมายของชื่อช่องต่อลมแบบตัวอักษรและตัวเลข [2]

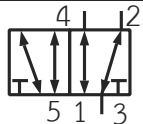
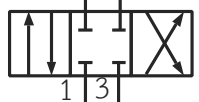
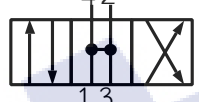
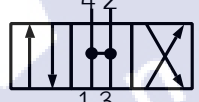
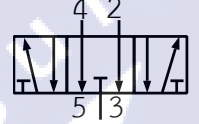
ตัวเลข	ตัวอักษร	ความหมายช่องต่อท่อลม
1	P	ช่องจ่ายลมอัดเข้าวาล์ว
2 , 4	B , A	ช่องลมอัดที่ผ่านวาล์ว
3 , 5	S , R	ช่องระบายลมทิ้ง
12 , 14 , 10	X , Y , Z	ช่องลมสำหรับเปลี่ยนตำแหน่งทำงานของวาล์ว

4) การเรียกชื่อวาล์ว แสดงตำแหน่งทำงานช่องต่อลมและชนิดควบคุมวาล์ว ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 การเรียกชื่อวาล์ว [2]

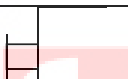
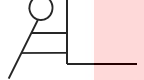
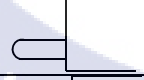
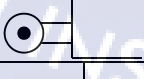
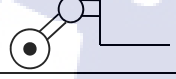
สัญลักษณ์	การเรียกชื่อวาล์ว
	2/2 NO control valve (2 port, 2 position, Normal Open)
	2/2 NC control valve (2 port, 2 position, Normal Close)
	3/2 NO control valve (3 port, 2 position , Normal Open)
	3/2 NC control valve (3 port, 2 position, Normal Close)
	5/2 control valve (5 port, 2 position)
	5/3 control valve closed - center (5 port, 2 position)
	5/3 control valve open - center (5 port, 3 position)
	วาล์ว 2/2
	วาล์ว 3/2 ปกติปิด
	วาล์ว 3/2 ปกติเปิด
	วาล์ว 3/2 ลมไหลได้สองทิศทาง
	วาล์ว 4/2
	วาล์ว 5/2

ตารางที่ 2.5 การเรียกชื่อวาล์ว (ต่อ) [2]

สัญลักษณ์	การเรียกชื่อวาล์ว
	วาล์ว 5/2 ลมไหลได้สองทิศทาง
	วาล์ว 4/3 ปกติปิด
	วาล์ว 4/3 ปกติเปิด
	วาล์ว 5/3 ปกติปิด
	วาล์ว 5/3 ชนิด 2/3 และ 4/5 ส่วนช่อง 1 ปิด

5) รูปแบบการควบคุมวาล์ว Type of Control การควบคุมการทำงานของวาล์วสามารถเลือกได้หลายรูปแบบและแสดงรูปแบบควบคุมแต่ละชนิด ดังตารางที่ 2.6

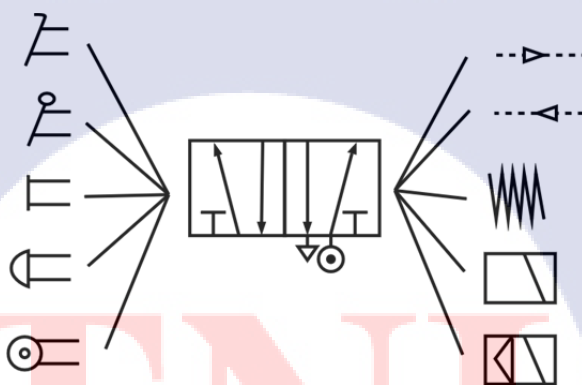
ตารางที่ 2.6 สัญลักษณ์ของรูปแบบที่ใช้ในการควบคุมวาล์ว [2]

สัญลักษณ์	รูปแบบการควบคุม
	ใช้ปุ่มกดต่างๆ ไป
	ใช้มือกด
	วิธีใช้คันโยก
	วิธีใช้เท้าเหยียบ
	วิธีใช้เดือยกด
	วิธีใช้ลูกกลิ้ง
	วิธีใช้ลูกกลิ้งทางเดียว

ตารางที่ 2.6 สัญลักษณ์ของรูปแบบที่ใช้ในการควบคุมวาล์ว (ต่อ) [2]

สัญลักษณ์	รูปแบบการควบคุม
	วิธีใช้สปริง
	วิธีทำงานด้วยลมโดยตรง
	วิธีทำงานด้วยลมที่มีพื้นที่ต่างกัน
	วิธีทำงานด้วยลมไพลอต
	วิธีใช้โซลินอยด์
	วิธีใช้โซลินอยด์และลม

การใช้งานวาล์วควบคุมนั้นสามารถเลือกจับคู่รูปแบบการควบคุมให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานแสดงภาพอุปกรณ์วาล์วควบคุมทิศทางชนิดต่างๆ ดังรูปที่ 2.3 สัญลักษณ์ควบคุมตำแหน่งและทิศทาง ดังตารางที่ 2.7 และ 2.8



รูปที่ 2.3 การจับคู่ของอุปกรณ์ควบคุมกับวาล์ว [2]

ตารางที่ 2.7 ความหมายของสัญลักษณ์วาล์วควบคุมในตำแหน่งทำงานและรีเซ็ต [2]

สัญลักษณ์รูปแบบรีเซ็ตวาล์ว (Reset) กลับตำแหน่งปกติหรือตำแหน่งเริ่มต้น	
Spring Return ด้วยสปริง	
Detent แบบล็อกตำแหน่งได้	
Pilot Return ด้วยลม	

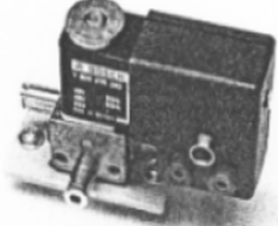
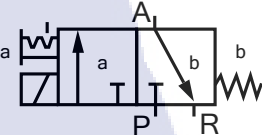
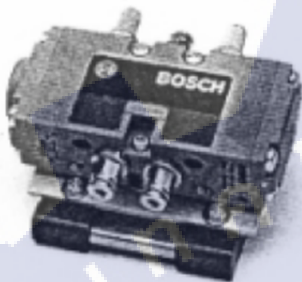
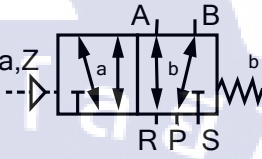
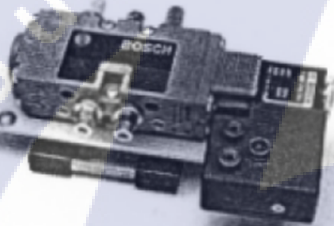
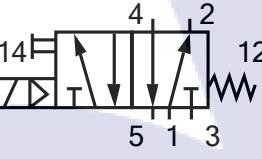
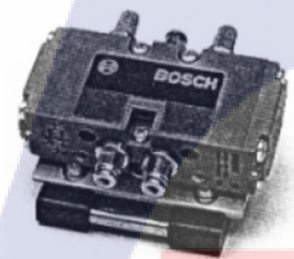
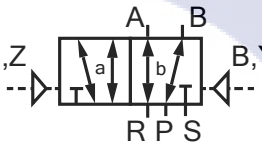
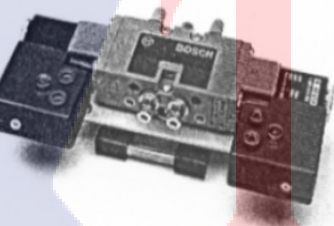
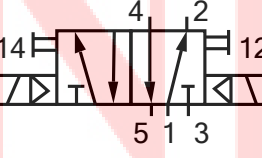
ตารางที่ 2.7 ความหมายของสัญลักษณ์วาล์วควบคุมในตำแหน่งทำงานและรีเซ็ต [2] (ต่อ)

สัญลักษณ์รูปแบบควบคุมวาล์วทำงาน (Set)	
Push Button - ด้วยมือกดแบบปุ่มเรียบ Push Button - ด้วยมือกดแบบปุ่มหัวเห็ด Foot ด้วยเท้าเหยียบ Plunger ด้วยก้านกระทุ้ง Roller Lever ด้วยลูกล้อแบบ 2 ทาง One-way Trip ด้วยลูกล้อแบบทางเดียว Hand Lever ด้วยมือโยก Pilot Operated ด้วยลม	

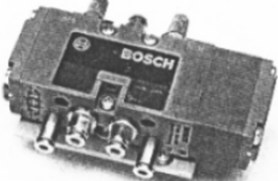
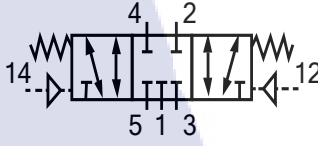
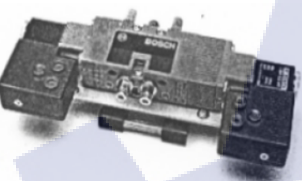
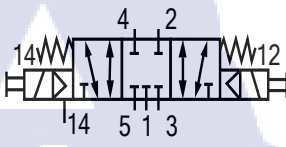
ตารางที่ 2.8 วาล์วควบคุมทิศทางชนิดต่างๆ [2]

		3/2 direction control valve, pneumatically operated, impulse, N.C. /N.O.
		3/2 direction control valve, pneumatically operated, change over, N.C. /N.O.
		3/2 direction control valve, pneumatically operated, change over, N.C. /N.O.

ตารางที่ 2.8 วาล์วควบคุมทิศทางชนิดต่างๆ [2] (ต่อ)

		3/2 direction control valve, electrically operated , 24V D.C. , N.C
		5/2 direction control valve, pneumatically operated, change over
		3/2 direction control valve, electrically operated, change over, 24V D.C.
		5/2 direction control valve, pneumatically operated, impulse
		5/2 direction control valve, electrically operated, impulse, 24V D.C.

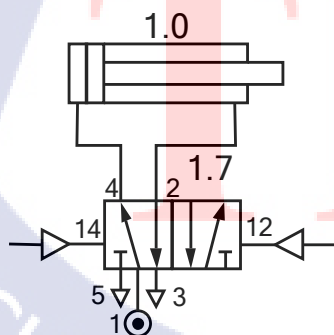
ตารางที่ 2.8 วาล์วควบคุมทิศทางชนิดต่างๆ [2] (ต่อ)

		5/3 direction control valve, pneumatically operated, closed center
		5/3 direction control valve, electrically operated, 24 V D.C.

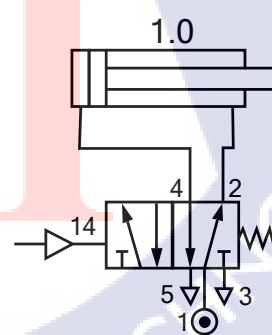
6) รูปแบบการทำงานของวาล์วควบคุมทิศทาง

(ก) วาล์วควบคุมชนิดค้ำตำแหน่ง จากรูปที่ 2.4 (ก) ลินวาล์วของวาล์วควบคุมจะเคลื่อนที่ก็ต่อเมื่อมีการจ่ายลมอัดที่ช่องต่อลม 14 หรือ 12 เมื่อหยุดการจ่ายลมอัดให้วาล์ว ลินวาล์วจะหยุดอยู่ที่ตำแหน่งที่ทำงานครั้งสุดท้ายเสมอ ดังนั้นการใช้งานวาล์วควบคุมชนิดค้ำตำแหน่งนี้ จำเป็นต้องทำให้ลินวาล์วอยู่ในตำแหน่งทำงานตามที่วางแผน ออกแบบก่อนเริ่มใช้งานเสมอ (Reset) มิฉะนั้นการทำงานจะผิดพลาด

(ข) วาล์วควบคุมชนิดเลื่อนกลับอัตโนมัติ (Return String) จากรูปที่ 2.4 (ข) เป็นวาล์วควบคุมที่มีสปริงควบคุมภายใน เมื่อมีการจ่ายลมอัดที่ช่องต่อท่อลม 14 ลินวาล์วจะเกิดการเลื่อนตำแหน่งทำงาน เนื่องจากลมอัดชนะแรงดึงของสปริง แต่เมื่อหยุดจ่ายลมอัดให้กับวาล์ว ลินวาล์วจะเลื่อนกลับด้วยแรงดึงของสปริงที่มีตลอดเวลา (ข) ถ้าต้องการให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกตลอดเวลาจะต้องมีการจ่ายลมอัดให้ช่องต่อท่อลมตลอดเวลาที่ต้องการ



(ก) วาล์วควบคุมชนิดค้ำตำแหน่ง



(ข) วาล์วควบคุมชนิดเลื่อนกลับเอง

รูปที่ 2.4 เปรียบเทียบระหว่างวาล์วควบคุมชนิดทำงานค้ำและชนิดเลื่อนกลับเอง [2]

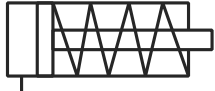
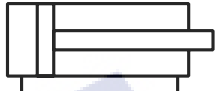
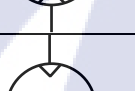
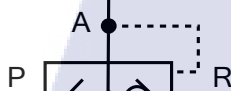
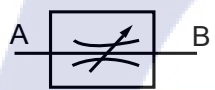
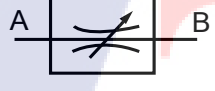
7) สัญลักษณ์ท่อลม

การเขียนสัญลักษณ์ของท่อลมในวงจรนิวเมติกส์มีหลายลักษณะตามหน้าที่การใช้งาน ดังตารางที่ 2.9 แต่ในการปฏิบัติจริงแล้วสามารถใช้สีเพื่อช่วยแยกความแตกต่างของหน้าที่ได้เพื่อใช้ในการสั่งงานต่างๆ โดยสัญลักษณ์อุปกรณ์นิวเมติกส์พื้นฐาน ดังตารางที่ 2.10

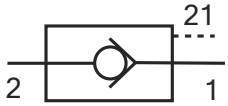
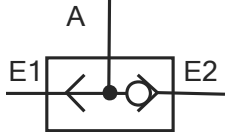
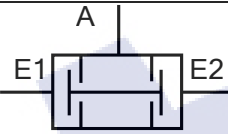
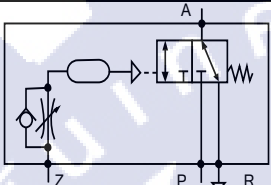
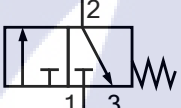
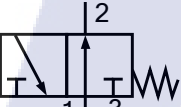
ตารางที่ 2.9 สัญลักษณ์เส้นท่อลมชนิดต่างๆ [2]

สัญลักษณ์เส้นท่อลม	ความหมาย
	Main Supply Pressure ท่อจ่ายลม
	Working Line ท่อลมที่ต่อไปยังอุปกรณ์ทำงาน
	Control Line คือ ท่อลมที่ต่อไปยังวาล์ว
	Assembly Line เส้นกรอบของชุดอุปกรณ์
	Drain Line ท่อระบาย (ระบายน้ำทิ้ง)
	Plugging ท่อที่ถูกอุดตัน
	Pressure Connection ท่อต่อชนิดเสียบเข้าและถอดออกได้
	Line Connection จุดเชื่อมต่อ (สามทาง)
	Crossing Line ท่อพาดทับกัน (ไม่เชื่อมต่อกัน)

ตารางที่ 2.10 สัญลักษณ์อุปกรณ์นิวเมติกส์พื้นฐาน [2]

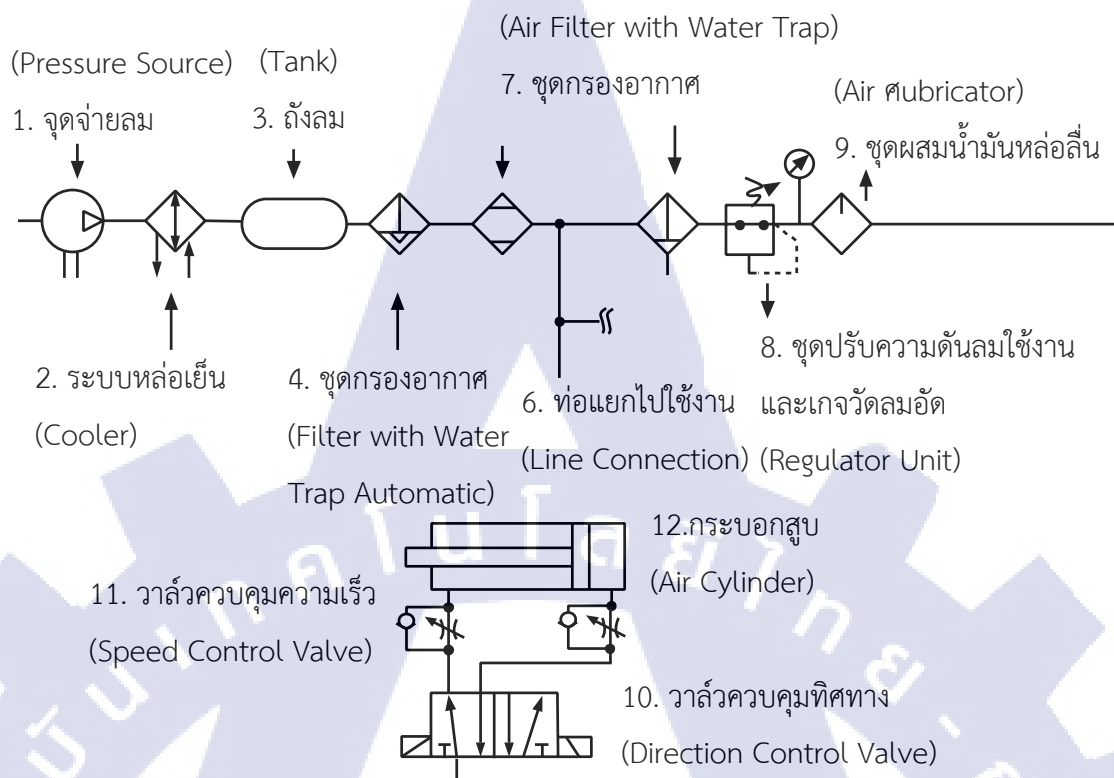
สัญลักษณ์	ความหมาย
	ชุดบริการลมอัด (Air Service Unit)
	กระบอกสูบชนิดทิศทางเดียว (Cylinder, Single - Acting)
	กระบอกสูบชนิดสองทิศทาง (Cylinder, Double - Acting)
	กระบอกสูบชนิดมีป้องกันการกระแทกทั้งสองด้าน (Cylinder, Double - Acting, with Stroke - Cushioning Both Ends)
	กระบอกสูบชนิดหมุนไป-มา (Rotary Actuator)
	มอเตอร์ลม (Air Motor)
	วาล์วเร่งระบาย (Rapid-Exhaust Valve)
	วาล์วควบคุมการไหลและวาล์วควบคุมการไหลที่มีใช้กวาล์ว (Throttle Valve and Non-Return Valve with Restriction)
	วาล์วควบคุมการไหลและวาล์วควบคุมการไหลที่มีใช้กวาล์ว (Throttle Valve and Non-Return Valve with Restriction)
	วาล์วควบคุมการไหลและวาล์วควบคุมการไหลที่มีใช้กวาล์ว (Throttle Valve and Non-Return Valve with Restriction)
	วาล์วควบคุมการไหลและวาล์วควบคุมการไหลที่มีใช้กวาล์ว (Throttle Valve and Non-Return Valve with Restriction)
	วาล์วควบคุมการไหลและวาล์วควบคุมการไหลที่มีใช้กวาล์ว (Throttle Valve and Non-Return Valve with Restriction)

ตารางที่ 2.10 สัญลักษณ์อุปกรณ์นิวเมติกส์พื้นฐาน (ต่อ) [2]

สัญลักษณ์	ความหมาย
	ใช้กาวล้นชนิดให้ลมไหลย้อนทางด้วยไพลอต (Pilot-Operated Non-Return Valve)
	ขัดเทิลวาล์ว (“OR” วาล์ว) (Shuttle Valve)
	วาล์วสองความดัน (“AND” วาล์ว) (Pressure-Shuttle Valve)
	วาล์วหน่วยเวลาชนิด 3/2 (Timer Unit, 3/2 Directional - Control Delay Valve)
 N.C.  N.O.	วาล์วควบคุมทิศทางชนิด 3/2 ปกติปิดและปกติเปิด (Directional Control Valve, 3/2, Closed Normal Position and Through Flow Normal Position)

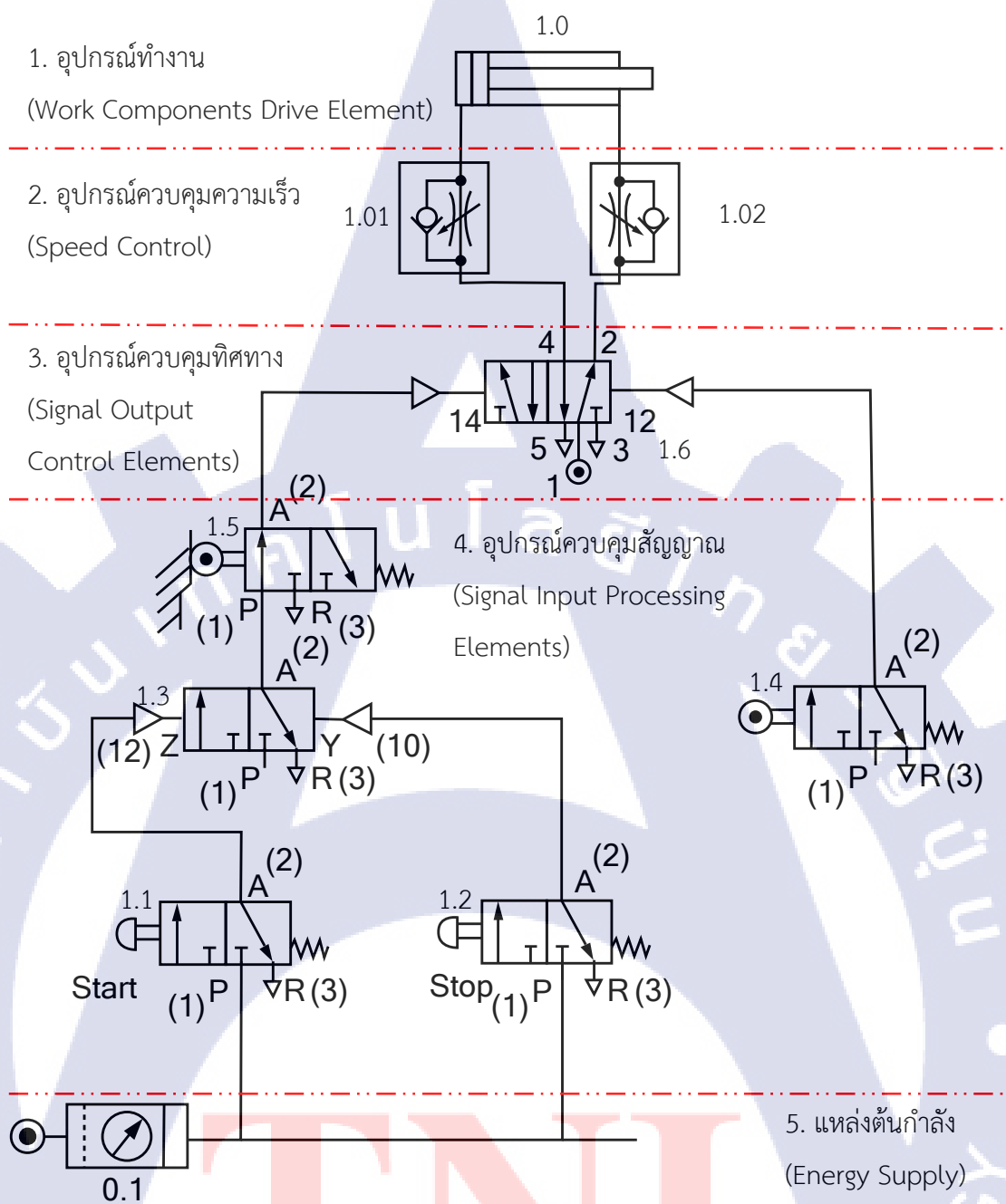
2.1.6 องค์ประกอบของวงจรควบคุมด้วยระบบนิวเมติกส์

ในการออกแบบระบบนิวเมติกส์นั้น เริ่มต้นจากการศึกษาขั้นตอนและเงื่อนไขต่างๆ ในการทำงานได้แก่ กระบอกสูบ มอเตอร์วางเลื่อนตัวบังคับตำแหน่งสวิทช์ ก่อนออกแบบวงจรนิวเมติกส์ที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์



รูปที่ 2.5 สัญลักษณ์ของระบบนิวเมติกส์ [2]

จากรูปที่ 2.5 การกำหนดรหัสอุปกรณ์ในวงจรนิวเมติกส์ การกำหนดรหัสให้กับอุปกรณ์ทุกตัวในวงจรนิวเมติกส์นั้น เพื่อช่วยต่อการแยกแยะหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ทำงานแต่ละตัวช่วยในการตรวจสอบ ติดตั้งและแก้ไขการทำงานของอุปกรณ์ รวมทั้งเป็นเอกสารอ้างอิงในการอธิบายขั้นตอนการทำงาน วงจรนิวเมติกส์จะถูกแบ่งเป็น 5 องค์ประกอบหลักดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบและลำดับของวงจรควบคุมด้วยระบบนิวเมติกส์ [2]

จากรูปที่ 2.6 ตำแหน่งของอุปกรณ์ที่วางในวงจรนิวเมติกส์จะเรียงตามลำดับหน้าที่การทำงาน และไม่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในการจัดวางอุปกรณ์จริงในการทำงานแสดงในรูปที่ 2.6 อุปกรณ์หมายเลข 1.5 และ 1.6 เป็นวาล์ว 3/2 Roller return มีหน้าที่ในการตรวจสอบตำแหน่งการเข้าหรือออกสุดของกระบอกลูกสูบหมายเลข 1.0 ซึ่งในการต่ออุปกรณ์จริงอุปกรณ์ทั้งสองนี้จะอยู่ติดกับกระบอกสูบ แต่

เวลาเขียนในวงจรนิวเมติกส์นั้นไว้ด้านล่างในตำแหน่งอุปกรณ์ควบคุม การตั้งรหัสอุปกรณ์นิวเมติกส์แบบตัวเลข มีรายละเอียดดังนี้

1) อุปกรณ์ทำงาน หรือกำลัง (Working Components or Drive Element) กระบอกสูบชนิดต่างๆ นำมาเรียงแถว แล้วกำหนดหมายเลข 1.0, 2.0, 3, ...

2) อุปกรณ์วาล์วควบคุมความเร็ว (Speed Control) วาล์วควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ โดยมีรหัสเดียวกับกระบอกสูบที่ถูกควบคุมและกำหนดเพิ่มคำทศนิยมตำแหน่งที่สองดังตัวอย่าง 1.01, 1.02, 1.03 ... ตัวเลขหลังจุดทศนิยมจะมีความหมายดังนี้

2.1) เลขคู่เมื่อเป็นวาล์วที่ควบคุมการเคลื่อนที่กระบอกสูบเข้า (-)

2.2) เลขคู่เมื่อเป็นวาล์วที่ควบคุมการเคลื่อนที่กระบอกสูบออก (+)

3) อุปกรณ์วาล์วควบคุมทิศทาง (Signal Output or Control Element) วาล์วควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบให้เคลื่อนที่เข้าหรือออก โดยมีรหัสเดียวกับลูกสูบที่ถูกควบคุมและกำหนดเพิ่มทศนิยมตำแหน่งที่หนึ่ง ดังตัวอย่าง 1.1, 1.2, 1.3, ...

4) อุปกรณ์วาล์วควบคุมเงื่อนไข (Signal Input or Processing Elements) วาล์วในแถวที่ 4 มีหน้าที่ในการสร้างสัญญาณในการสั่งงานให้กระบอกสูบเคลื่อนที่ตามเงื่อนไขที่กำหนดด้วยการนำวาล์วชนิดต่างๆ มาต่อตามเงื่อนไขในการทำงาน โดยมีรหัสเดียวกับลูกสูบที่ทำงานด้วยและกำหนดเพิ่มทศนิยมในตำแหน่งที่หนึ่ง ดังตัวอย่าง 1.2, 1.3, ... , 2.2, 2.3, ...

5) แหล่งจ่ายลมหรือต้นกำลัง (Energy Supply) วาล์วที่ใช้ในการควบคุมการจ่ายลมอัดจากท่อส่งหลักหรือจากถังเก็บลมจ่ายให้แก่ระบบทั้งวงจร กำหนดด้วยตัวเลขศูนย์และกำหนดเพิ่มทศนิยมตำแหน่งที่หนึ่งดังตัวอย่าง 0.1, 0.2, 0.3, ...

2.2 การเขียนรหัสอุปกรณ์นิวเมติกส์และแผนภาพการทำงานของวงจรนิวเมติกส์

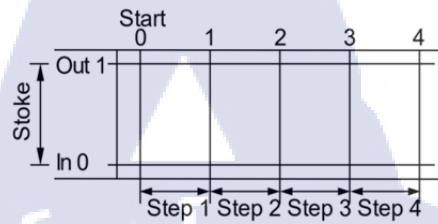
วิธีวางแผน ออกแบบขั้นตอนการทำงานของวงจร (Sequence Denotation) ใช้บันทึกการทำงานของวงจรเพื่อช่วยให้การอ่านหรือตรวจสอบวงจรได้มากยิ่งขึ้น แบ่งออกได้ 4 วิธี คือ

- 1) Alphabetic Sequence
- 2) Motion - Step Diagram
- 3) Motion - Time Diagram
- 4) Alphabetic With Single Flow Diagram

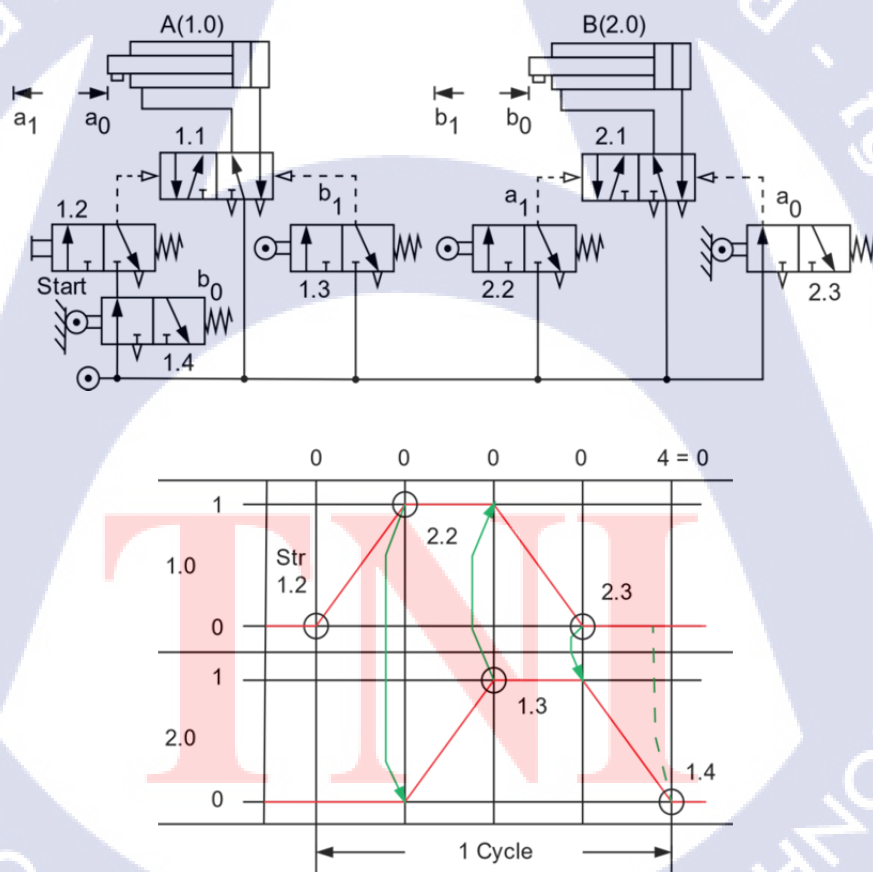
2.2.1 Alphabetic Sequence เป็นการแสดงขั้นตอนทำงานอุปกรณ์ทำงานต่างๆ โดยตัวอักษรภาษาอังกฤษร่วมกับเครื่องหมาย + และ - โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

- โค้ดอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ A, B, C, D ... หมายถึงอุปกรณ์ทำงานต่างๆ เช่น ลูกสูบ
- โค้ดอักษรตัวพิมพ์เล็ก a, b, c, d ... หมายถึงวาล์วควบคุม โดยกำกับด้วยตัวเลข

- แกนนอน : แทนจังหวะการทำงาน เรียกว่า แกนจังหวะ
- แกนตั้ง : แทนจังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบ เรียกว่า แกนระยะทาง
- เส้น In 0 หมายถึง ตำแหน่งลูกสูบเข้าสู่สุด
- เส้น Out1 หมายถึง ตำแหน่งลูกสูบออกสุด



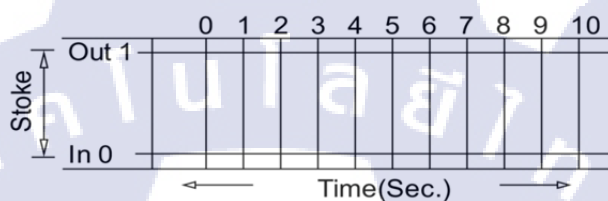
รูปที่ 2.9 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของก้านสูบกับจังหวะ [2]



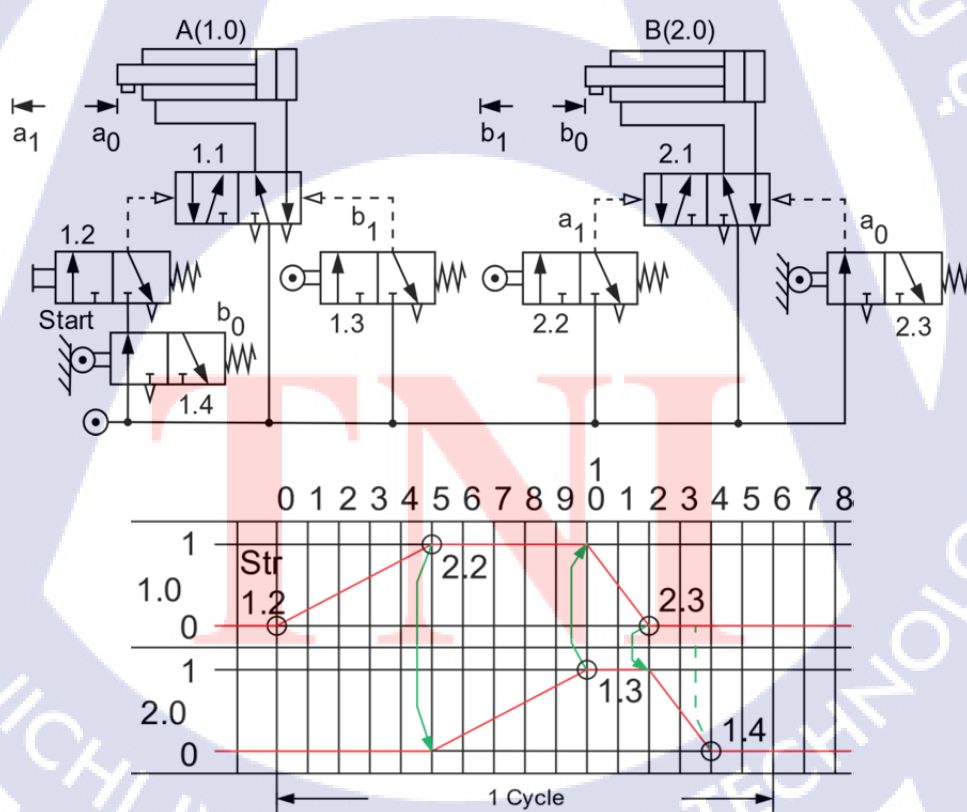
รูปที่ 2.10 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของลูกสูบกับจังหวะการทำงาน [2]

2.2.3 Motion - Time Diagram เป็นการแสดงขั้นตอนการทำงานโดยใช้ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของลูกสูบเส้นกับเวลาที่ใช้ในการทำงาน ทำได้โดยเขียนแกนขึ้นมา 2 แกน ดังรูปที่ 2.11

- แกนแนวตั้ง แทนระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ
- แกนนอน แทนเวลาในการทำงาน
- In หมายถึง ตำแหน่งลูกสูบเลื่อนมาสุดเส้น
- Out หมายถึง ตำแหน่งลูกสูบเลื่อนออกสุด



รูปที่ 2.11 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของลูกสูบเส้นกับเวลา [2]

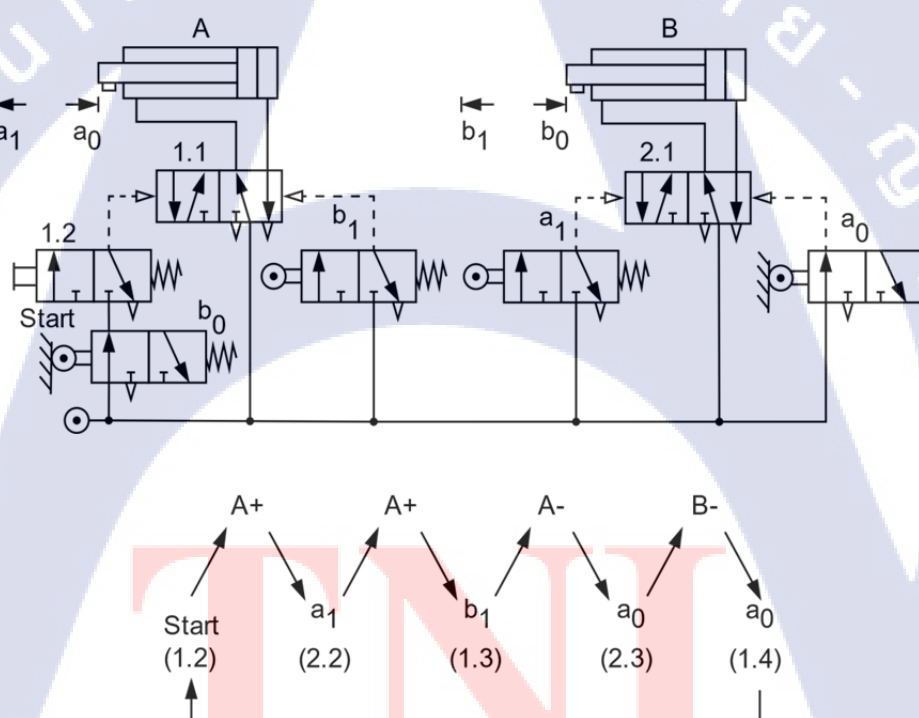


รูปที่ 2.12 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของลูกสูบกับเวลาที่ใช้ในการทำงาน [2]

2.2.4 Signal Flow Diagram เป็นการแสดงขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์โดยใช้ตัวอักษรอังกฤษร่วมกับเครื่องหมาย + และ - พร้อมทั้งโยงลูกศรแสดงการส่งสัญญาณ Control Valve มีหลักเกณฑ์คือ ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ หมายถึง อุปกรณ์ทำงาน (Working Element) เช่น กระบอกสูบใดทำงานก่อนจะได้รับตัวอักษรก่อน คือ A, B, C... ตามลำดับ และสัญลักษณ์การทำงาน ดังต่อไปนี้

- เครื่องหมาย + หมายถึง ลูกสูบเคลื่อนที่ออก เช่น A+ B+
- เครื่องหมาย - หมายถึง ลูกสูบเคลื่อนที่เข้า เช่น A- B-
- เครื่องหมาย ↗ หมายถึง การไหลของสัญญาณหรือความสัมพันธ์ของเหตุการณ์
- เครื่องหมาย - - - หมายถึง แทนเหตุการณ์ที่ต่อเนื่อง
- เครื่องหมาย → หมายถึง แทนการไหลของสัญญาณ

ดังรายละเอียดในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ไดอะแกรมความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของลูกสูบกับเวลาที่ใช้ในการทำงาน [2]

2.3 ประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และการเพิ่มผลผลิตภาพ

2.3.1 ประสิทธิภาพ (Efficiency) [3]

ประสิทธิภาพทางวิศวกรรม หมายถึง ค่าอัตราส่วนของผลงานที่ได้ต่อหน่วยหรือของงานที่ใช้ไป ความสำเร็จในงานวิศวกรรมสามารถวัดประสิทธิภาพได้จากผลงานการออกแบบทางวิศวกรรม

เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต หรือโครงการวิศวกรรมเพื่อกำหนดคุณค่าหรือผลได้ รวมถึงการตัดสินใจในลักษณะต่างๆ ที่เพื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่ต้องลงทุนไปเพื่อให้ได้ผลลัพธ์นั้นๆ ในที่นี้กล่าวถึงเฉพาะการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ เป็นการเปรียบเทียบอัตราส่วนของชนิดกิจกรรม หรือส่วนต่างที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุง สามารถทราบประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้จากสมการที่ 2.1

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{การปรับปรุง} - \text{ก่อนการปรับปรุง}}{\text{ก่อนการปรับปรุง}} \times 100 \quad (2.1)$$

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100$$

ประสิทธิภาพ ประกอบไปด้วย

- 1) ประหยัดต้นทุน
- 2) ประหยัดทรัพยากร
- 3) ประหยัดเวลา
- 4) เสริมกันกำหนด
- 5) ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพ

2.3.2 ประสิทธิภาพ (Effectiveness) [3]

ประสิทธิผลเป็นศาสตร์ของความเข้าใจในเชิงต้นทุน ในทางวิศวกรรมเข้าใจในเชิงประสิทธิภาพ ทำให้เกิดความขัดแย้งในแนวความคิดเสมอ ต่อเมื่อความเข้าใจด้านประสิทธิผลมุ่งเน้นผลประโยชน์สูงสุดในการบรรลุเป้าหมายเป็นที่ยอมรับ ผลงานที่มีประสิทธิภาพสูงอาจจะมีประสิทธิผลต่ำ เพราะประสิทธิภาพมุ่งเน้นเรื่องการให้ผลงานโดยมีความสูญเสียของทรัพยากรที่ใช้ต่ำ แต่ประสิทธิผลมุ่งเน้นประโยชน์ที่ได้จากผลิตตามเป้าหมายโดยที่ประสิทธิภาพอาจต่ำก็ได้ ประสิทธิภาพประกอบไปด้วย

- ผลเป็นไปตามที่คาดมุ่งหวัง
- ผลเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ผลเป็นไปตามเป้าหมายเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

2.3.3 การเพิ่มผลิตภาพ (Productivity) [3]

การเพิ่มผลิตภาพ (Productivity) เป็นค่าที่มีความหมายตามสูตรสมการที่ 2.2 ที่ใช้ เช่นเดียวกับคำว่าประสิทธิภาพ เป็นการใช้อย่างไรจากการผลิต อาทิเช่น พนักงาน เครื่องจักร วัตถุดิบ รวมไปถึงเวลา ซึ่งเป็นอัตราที่ พนักงานพนักงานหนึ่งหรือบริษัทหนึ่งผลิตสินค้าและเป็นปริมาณที่ผลิตเทียบกับเวลา ดังสมการที่ 2.2

$$\text{Productivity} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (2.2)$$

ความหมายของผลิตภาพนั้นมีความสัมพันธ์ของผลผลิตต่อทรัพยากรที่ใช้ต่างๆ กัน โดยมีค่าการคำนวณค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ทั้งผลผลิต และทรัพยากรที่ใช้จึงวัดออกมาได้เป็นเปอร์เซ็นต์ แต่จะวัดออกมาเป็นตัวเลข โดยไม่จำเป็นต้องน้อยกว่าหนึ่ง และโดยหลักการที่ถูกต้องแล้วจะต้องมากกว่าหนึ่งเสมอ ประโยชน์ที่ได้จาก Productivity ทราบถึงความสามารถในการผลิตผลิตภัณฑ์ของพนักงานพนักงานที่เกิดขึ้นในหนึ่งชั่วโมง

2.4 ระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period) [4]

ในการวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกการลงทุนนอกจากจะพิจารณาจุดคืนทุนแล้ว บางครั้งยังต้องการทราบว่าคืนทุนด้วยระยะเวลาเท่าไร การคำนวณหาจะต้องแปลงมูลค่าของเงินเป็นมูลค่าปัจจุบันรายปีก็ได้ ปีที่ทำให้รายจ่ายเท่ากับรายรับนั้นคือระยะเวลาการจ่ายคืนทุน (Payback Period Method) เป็นการหาระยะเวลาที่ทำให้ผลประโยชน์ที่ได้คุ้มกับเงินลงทุน มีหน่วยเป็นเวลา เช่น เดือน หรือ ปี เป็นต้น โดยคิดอัตรา ผลตอบแทนเป็นศูนย์

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{กระแสเงินสดจ่ายลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดสุทธิรายปี}} \quad (2.3)$$

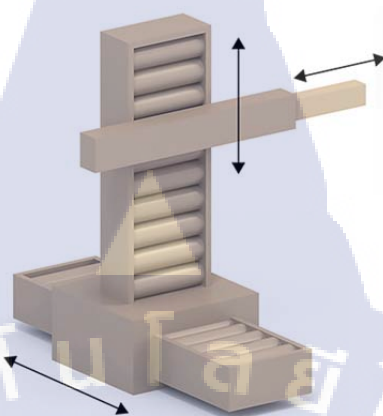
2.5 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial หุ่นยนต์)

การทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ ระบบทางกลของหุ่นยนต์ และระบบควบคุมหุ่นยนต์ ระบบทางกล หมายถึง ส่วนที่เป็นโครงสร้าง และส่วนที่ให้กำลังขับเคลื่อนหุ่นยนต์ ส่วนระบบควบคุมประกอบด้วย ระบบบังคับการทำงานหุ่นยนต์ ระบบป้อนข้อมูล กลับตลอดจนการสอนหุ่นยนต์ให้ทำงานตามชุดคำสั่ง หุ่นยนต์อุตสาหกรรมมักมีการเปลี่ยนแปลงตามการทำงานของโรงงานเป็นหลัก กระนั้นก็ยังมีการแบ่งรูปแบบการทำงานของหุ่นยนต์เอาไว้ตามหลักการเคลื่อนไหวของหุ่น ประเภทของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม มีดังนี้

2.5.1 Cartesian หุ่นยนต์

Cartesian หุ่นยนต์ อีกชื่อคือ (Linear หุ่นยนต์) เป็นหุ่นยนต์ที่เน้นการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงทั้ง 3 แกน ทำให้เป็นหุ่นยนต์ที่มีความแข็งแรงและมีประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักมากที่สุด เมื่อเทียบกับหุ่นยนต์ประเภทอื่นๆ แลกกับการที่ต้องใช้พื้นที่ติดตั้งมาก และไม่สามารถใช้งานละเอียดอ่อน

ได้ดี การใช้งาน Cartesian หุ่นยนต์ที่ดีที่สุดคือการประยุกต์ใช้เข้ากับงานประกอบชิ้นส่วนต่างๆ งานขนย้ายสิ่งของ ดังรูปที่ 2.14 แสดงรายละเอียด

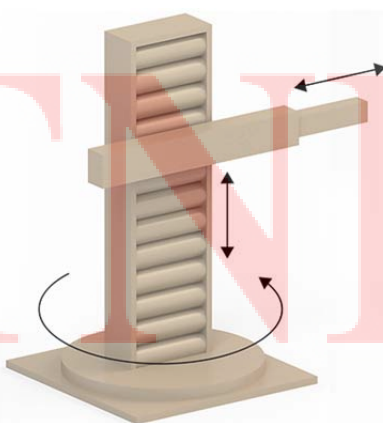


Cartesian

รูปที่ 2.14 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบ Cartesian หุ่นยนต์ [5]

2.5.2 Cylindrical

หุ่นยนต์รูปแบบ Cylindrical มีการเคลื่อนไหวคล้ายกับ Cartesian แต่มีความแตกต่างที่ตัวฐานของหุ่นจะเป็นรูปแบบการหมุนรอบแกน แทนที่จะใช้การเคลื่อนที่แบบเลื่อนเข้าเลื่อนออก ดังรูปที่ 2.15 แสดงรายละเอียด



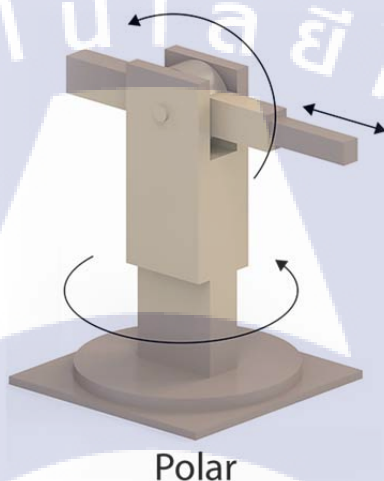
Cylindrical

รูปที่ 2.15 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบ Cylindrical หุ่นยนต์ [5]

Cylindrical หุ่นยนต์ ใช้ในงานยกจับ ขนย้ายสิ่งของ งานเชื่อม รวมถึงงานประกอบต่างๆ ที่เป็นงานที่มีความซับซ้อนต่ำ เน้นการทำงานที่รวดเร็ว เนื่องจากตัวของ Cylindrical หุ่นยนต์ จะมีการทำงานที่ง่ายคล้ายคลึงกับ Cartesian หุ่นยนต์

2.5.3 Polar หุ่นยนต์

Polar หุ่นยนต์ หรือที่รู้จักกันในชื่อของ Spherical หุ่นยนต์ คือหุ่นยนต์ที่มีแนวการเคลื่อนที่เป็นการหมุนสองจุด คือส่วนฐานและส่วนไหล่ของหุ่นยนต์ โดยที่ส่วนมือจับสามารถยืดหดได้ ดังรูปที่ 2.16 แสดงรายละเอียด

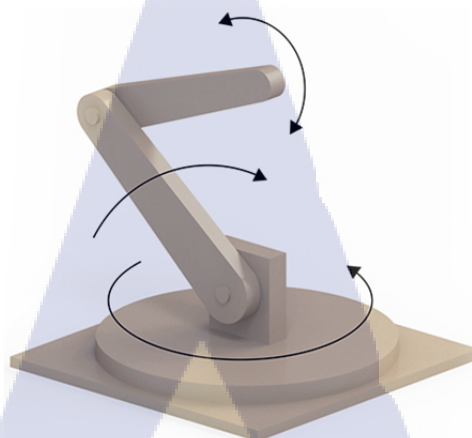


รูปที่ 2.16 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบ Polar หุ่นยนต์ [5]

หุ่นยนต์ประเภท Polar นั้นสามารถทำงานประเภทหยิบจับชิ้นงาน รวมถึงงานเชื่อมรูปแบบต่างๆ ได้ดี จากการยึดของหัวจับและการหมุนของตัว ทว่าด้วยความซับซ้อนของหุ่นยนต์นี้เอง ทำให้การใช้งานบางประเภทอาจทำได้ยาก

2.5.4 Articulated หุ่นยนต์ (Jointed Arm)

หุ่นยนต์ประเภท Articulated (บางครั้งก็ถูกเรียกว่า Jointed Arm) เป็นหุ่นยนต์ที่ใช้การเลียนแบบการเคลื่อนไหวของแขนมนุษย์มากกว่าหุ่นยนต์ประเภทอื่นๆ โดยข้อต่อทั้งหมดจะเป็นรูปแบบหมุน (Revolute) 3 จุดขึ้นไป (อาจมีจำนวนข้อต่อมากถึง 10 จุดตามการออกแบบ) ทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้ยืดหยุ่น ลื่นไหล ทำงานได้หลากหลาย ดังรูปที่ 2.17 แสดงรายละเอียด



Jointed-arm

รูปที่ 2.17 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบ Articulated หุ่นยนต์ (Jointed Arm) [5]

ด้วยคุณสมบัติการทำงานที่ครบครัน ทำให้ Articulated หุ่นยนต์ มีการนำไปใช้งานหลายประเภท ตั้งแต่งานยกของธรรมดาๆ งานเชื่อม งานตัด จนถึงงานพ่นสีเป็นต้น ข้อเสียของหุ่นยนต์ประเภทนี้คือการควบคุมที่ค่อนข้างยาก จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญหรือมีการวางระบบพื้นฐานเกี่ยวกับการใช้งานที่ติดอยู่แล้ว รวมถึงการเคลื่อนที่ที่ใช้ข้อต่อหมุน หากหุ่นยนต์ใช้วัสดุที่คุณภาพค่อนข้างต่ำจะทำให้การเคลื่อนที่ไม่ดีพอไปด้วย

2.6 การศึกษาเวลา (Time Study) [6]

การศึกษาเวลา (Time Study) เป็นการวัดผลการทำงานหรือเป็นการหาเวลามาตรฐาน โดยที่ผู้ศึกษาจะต้องไปดูการปฏิบัติงานของพนักงาน และทำการจับเวลาในการทำงานนั้น โดยในการศึกษาเวลาจะต้องจับเวลาของพนักงานด้วยการ ทำงานด้วยวิธีการที่กำหนดในอัตราปกติ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเวลาต้องมีการตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อใช้ในการคำนวณขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม รวมไปถึงค่าความเผื่อและค่าต่างๆ เช่น TAKT Time (TT), Cycle Time (CT) และ Lead Time (LT) เป็นต้น การศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิตสำหรับใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการโดยงานที่ควรเลือกมาทำการศึกษาเวลา ควรมีลักษณะดังนี้

- 1) งานใหม่ที่ไม่เคยมีการศึกษาเวลามาก่อน
- 2) งานที่มีการเปลี่ยนแปลงวัสดุ หรือวิธีการทำงานใหม่
- 3) งานที่ทำให้เกิดการติดขัดขึ้น หรือที่เรียกว่างานคอขวด (Bottle Neck) ในกระบวนการผลิต
- 4) งานที่ได้ผลผลิตต่ำ หรือมีเวลารอของอุปกรณ์และเครื่องจักรในระหว่าง การทำงาน
- 5) งานที่มีค่าใช้จ่ายในการผลิตสูง อาทิเช่นพนักงาน เวลาการผลิต ของเสีย และเครื่องจักร

2.6.1 รอบจังหวะการผลิตสินค้าต่อชิ้น (TAKT Time)

TAKT Time คือ รอบจังหวะการผลิตสินค้าต่อชิ้น เพื่อให้ได้จำนวนของผลิตภัณฑ์ตามเป้าหมายตามที่ได้ทำการวางแผนไว้ ประโยชน์ที่ได้จาก TAKT Time มีดังนี้

- ทราบถึงเวลามากที่สุดในการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วย เพื่อให้ได้ตาม เป้าหมาย
- สามารถใช้เป็นตัวกำหนดเวลา เพื่อใช้ในการจัดสมดุลสายการผลิต
- สามารถนำไปคำนวณหาจำนวนแรงงาน (Manpower) และประสิทธิภาพความสมดุลสายการผลิต

วิธีการคำนวณ นำเวลาในการผลิตทั้งหมดหารด้วยจำนวนผลิตภัณฑ์ เป้าหมายที่ถูกความต้องการหรือตามแผนที่ตั้งเป้าหมายไว้ ซึ่งสามารถแสดงการคำนวณได้ ดังสมการที่ 2.4

$$\text{TAKT Time (TT)} = \frac{\text{เวลาในการผลิต (Working Time)}}{\text{เป้าหมายการผลิต (Planning Requirement)}} \quad (2.4)$$

2.6.2 วงรอบเวลาในการผลิต Cycle Time (CT)

คือ วงรอบของเวลาในการผลิต ผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วย โดยทำการจับเวลาที่กระบวนการผลิตจริง ประโยชน์ที่ได้จาก Cycle Time มีดังนี้

- ทราบถึงเวลาในการผลิตของผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วย ณ สภาพปัจจุบันใน กระบวนการผลิต
- สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาเวลามาตรฐานการผลิต เวลารวมของกระบวนการผลิต จำนวนพนักงาน ประสิทธิภาพการผลิต และประสิทธิภาพกระบวนการผลิต

วิธีการคำนวณ จับเวลาจริงของรอบการทำงาน (ทำการจับที่จุดใดก็ได้ แต่จะต้องกลับมาครบรอบที่จุดเดิม) เวลาในการทำงานที่ผิดปกติจะต้องถูกตัดออกไป หน่วยที่ได้คือ เวลาต่อหน่วย เช่น วินาที/ชิ้น หรือนาที/ชิ้น เป็นต้น กรณีที่กระบวนการนั้นมีการทำงานที่เหมือนกัน แต่มีเครื่องจักรจำนวนหลายเครื่อง หรือพนักงานปฏิบัติงานหลายพนักงาน ต้องทำการหารเวลาที่ได้ด้วยจำนวนเครื่องจักร หรือจำนวนที่ใช้งานในกระบวนการนั้นๆ โดยสามารถแสดงได้การคำนวณได้ ดังสมการที่ 2.5

$$\text{Cycle Time (CT)} = \frac{\text{ผลรวมในการจับเวลา (ปกติ)}}{\text{จำนวนครั้งที่จับเวลา (ปกติ)}} \quad (2.5)$$

ข้อเสนอแนะสำหรับ Cycle Time (CT)

- 1) ศึกษาขั้นตอนการทำงานให้ดีขึ้น เพื่อแบ่งเวลางานออกเป็นงานย่อย ก่อนเริ่มทำการจับเวลา
- 2) เวลาการทำงานที่ผิดปกติ คือ เวลาที่เกิดจากพนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงาน
- 3) อธิบายให้พนักงานเข้าใจถึงเหตุผลในการจับเวลา เพื่อใช้ในการศึกษาเวลาเฉลี่ยของการทำงาน
- 4) ไม่ใช่เป็นการจับความเร็วในการทำงานของพนักงาน
- 5) สำหรับการจับเวลาเบื้องต้น ถ้าเวลางานสั้นกว่า 2 นาที ให้ทำการจับเวลา 10 ข้อมูล
- 6) สำหรับการจับเวลาเบื้องต้น ถ้าเวลางานยาวกว่า 2 นาที ให้ทำการจับเวลา 5 ข้อมูล

2.6.3 เวลามาตรฐานในการผลิต Standard Time (ST)

คือ เวลามาตรฐานที่ใช้ ในการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วย เริ่มตั้งแต่การอินพุต (Input) ที่กระบวนการแรกจนออกมาเป็น เอาต์พุต (Output) ที่กระบวนการสุดท้าย ประโยชน์ที่ได้จาก Standard Time

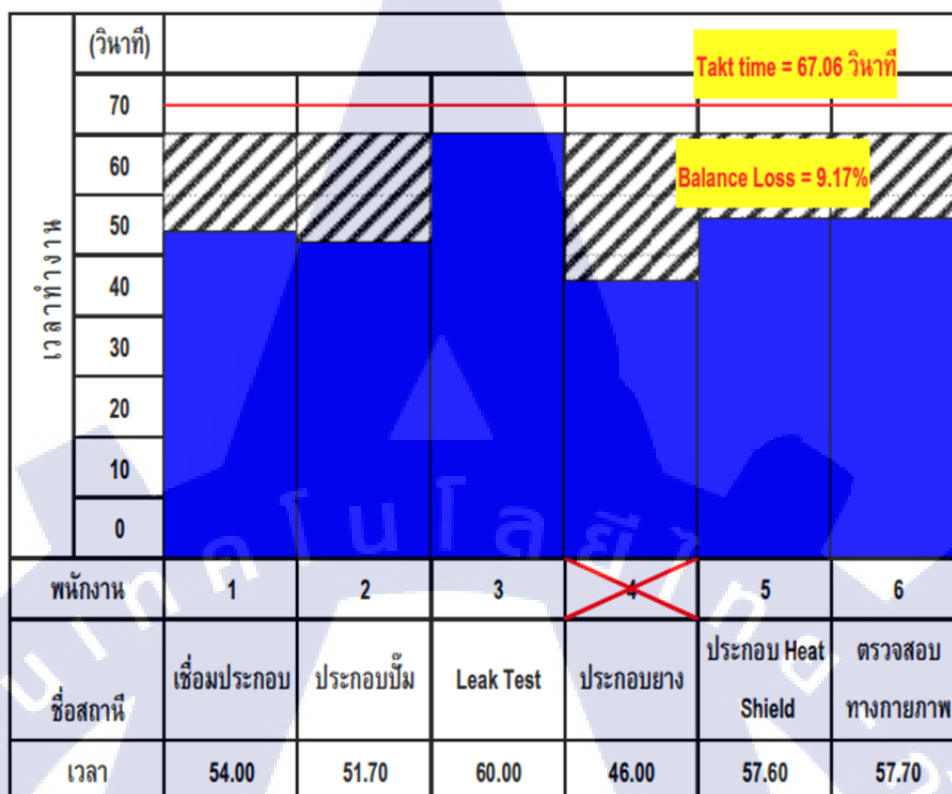
- ทราบถึงเวลามาตรฐานในการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วย ตั้งแต่เริ่มกระบวนการจนจบกระบวนการผลิต
- สามารถนำไปใช้ในการคำนวณจำนวนพนักงาน เวลารวมของ กระบวนการผลิต รวมไปถึง สมดุลสายการผลิต

วิธีการคำนวณ ผลรวมของ Cycle Time (CT) ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เพียง 1 หน่วย ที่ไหลผ่านตั้งแต่อินพุต (Input) ที่กระบวนการแรก จนออกมาเป็นเอาต์พุต (Output) ที่กระบวนการสุดท้าย ซึ่งสามารถแสดงการคำนวณได้ ดังสมการที่ 2.6

$$\text{Standard Time (ST)} = \sum \text{Cycle Time} \quad (2.6)$$

2.7 Yamazumi Chart

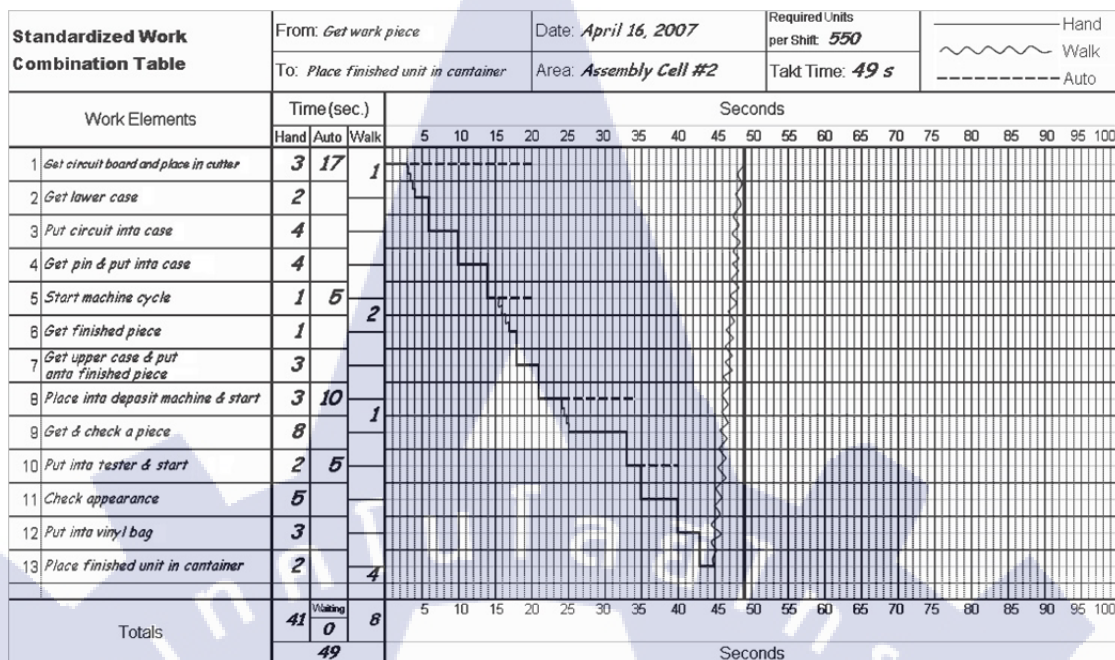
กราฟแท่ง (Yamazumi Chart) หมายถึง กราฟแท่งที่ใช้เปรียบเทียบระหว่างเวลาการทำงานจริงกับเวลาที่ลูกค้าต้องการของพนักงานแต่ละพนักงาน ในการทำงาน 1 รอบเวลา และเป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ภาระงานของพนักงานแต่ละพนักงาน แล้วปรับปรุงเพื่อให้แต่ละพนักงานมีภาระการปฏิบัติงานให้เท่ากับหรือน้อยกว่าแท่งใหม่ โดยอ้างอิงงานวิจัยการประยุกต์ใช้ระบบโตโยต้าในสายการผลิตของโรงงานผลิตถังน้ำมันรถยนต์ [7] ดังแสดงในภาพที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ตัวอย่าง Yamazumi Chart [7]

2.8 ตารางงานมาตรฐานรวม (Standardized Work Combination Table)

ตารางงานมาตรฐานรวม (Standardized Work Combination Table) หมายถึงแผนผังมาตรฐานการทำงานตามลำดับและเวลาการทำงานที่ถูกกำหนดให้พนักงานแต่ละพนักงานทำการผลิตสินค้า 1 รอบหรือ 1 ชิ้น เป็นลำดับการทำงานซ้ำๆ กันใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมด้วยสายตา และค้นหาความสูญเสียในกระบวนการผลิต นำไปสู่การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างกระบวนการผลิตที่มีคุณภาพสูงอย่างปลอดภัย ด้วยไลน์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด อ้างอิงงานวิจัยการประยุกต์ใช้ระบบโตโยต้าในสายการผลิตของโรงงานผลิตถังน้ำมันรถยนต์ [7] ได้นำมาตารางงานมาตรฐานรวมมาใช้กับงานวิจัยนี้ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ตัวอย่างตารางงานมาตรฐานรวม (Standardized Work Combination Table) [8]

จากรูปที่ 2.19 เป็นรูปตัวอย่างตารางงานมาตรฐานรวม (Standardized Work Combination Table) มีเวลาไซเคิลไทม์ 50 วินาทีต่อการผลิตสินค้า 1 ชิ้น มีเวลาแทคไทม์ 49 วินาที

2.9 วิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย จากสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ผลงานวิจัย และเอกสารต่างๆ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ ซึ่งรายละเอียดของงานวิจัยต่างๆ ที่สืบค้น มีเนื้อหาและรายละเอียดมาก ดังนั้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยต่างๆ โดยสังเขป ดังนี้

หนังสือนิวมแมติกอุตสาหกรรม [2] เป็นหนังสือทางด้านนิวมแมติกที่ให้ความรู้ตั้งแต่พื้นฐานไปจนถึงขั้นนำไปประยุกต์ใช้งานจริง โดยได้อธิบายถึงโครงสร้าง ส่วนประกอบ การทำงาน และการนำไปใช้งานของวาล์วควบคุมชนิดต่างๆ ในระบบนิวมแมติก และได้อธิบายการออกแบบวงจรควบคุมที่เป็นพื้นฐาน วงจรแยกสัญญาณควบคุม วงจรลอจิก วงจรทางไฟฟ้าควบคุม หัวจับสัญญาณทดสอบ ตลอดจนการเลือกหาขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะใช้ในระบบนิวมแมติกโดยสูตรสำเร็จ [2]

หนังสือการศึกษางานหลักการและกรณีศึกษา [3] การศึกษาการทำงานคือเทคนิคในการ การศึกษาวิธีการ และการวัดผลงาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานต่างๆ เพื่อปรับปรุงการ ทำงานให้ดีขึ้น และใช้ในการจัดตั้งและพัฒนามาตรฐานการทำงาน และเวลาทำงาน รวมไปถึงการใช้ เป็นเครื่องมือในการบริหารระบบต่างๆ เพื่อนำไปสู่การเกิดผลิตภาพ (Productivity) ที่ดีขึ้น

หนังสือเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Economics) [4] หมายถึง การนำเอาเศรษฐศาสตร์ มาประยุกต์ใช้กับงาน ด้านวิศวกรรม เพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่กับการงานด้านวิศวกรรมได้อย่าง ประหยัดหรือใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4]

Sumipol ได้อธิบายหุ่นยนต์ประเภทต่างๆ ในอุตสาหกรรมการผลิต มีลักษณะโครงสร้าง และรูปร่างแตกต่างกัน หุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robot) คือ เครื่องจักรกลที่ถูกใช้งานใน กระบวนการต่างๆ ของอุตสาหกรรม มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ควบคุมด้วยมนุษย์และระบบ อัตโนมัติ หุ่นยนต์อุตสาหกรรมมักมีการเปลี่ยนแปลงตามการทำงานของโรงงานเป็นหลัก กระนั้นก็ยัง มีการแบ่งรูปแบบการทำงานของหุ่นยนต์เอาไว้ตามหลักการเคลื่อนไหวของหุ่น [5]

การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยระบบแขนกล กรณีศึกษาการผลิตชิ้นรูปพลาสติก ด้วยระบบสุญญากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยระบบแขนกลในกระบวนการขึ้นรูป พลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ ได้วิเคราะห์ด้วยแผนภูมิเปรียบเทียบการปฏิบัติงาน Man-Machine Chart [6]

การประยุกต์ใช้ระบบโตโยต้าในสายการผลิตของโรงงานผลิตถังน้ำมันรถยนต์ ได้ใช้หลักการ ผลิตแบบโตโยต้า ด้วยวิธีการปรับปรุงที่เรียกว่า สีน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิต [7]

Standardized Work Combination Chart (ตารางงานมาตรฐานรวม) เป็นเครื่องมือหนึ่งใน หัวข้องานมาตรฐาน ที่นำใช้วิเคราะห์งานที่พนักงานแต่ละพนักงานรับผิดชอบว่า ปริมาณสอดคล้อง กับค่า TAKT Time ที่คำนวณได้เพียงใด [8]

การกำหนดค่าที่เหมาะสมในสายการผลิตกึ่งอัตโนมัติ กรณีศึกษา [9] ได้ศึกษาเพื่อเพิ่มผลิต ภาพของสายผลิตส่วนประกอบมอเตอร์พัดลมเครื่องปรับอากาศให้สามารถรองรับความต้องการที่ เพิ่มขึ้นของลูกค้า ด้วยการพัฒนาสายการผลิตด้วยมือ สู่การผลิตแบบกึ่งอัตโนมัติ ได้ออกแบบหลักการ เบื้องต้นของเครื่องจักร โดยประเมินผลด้วยค่าลำดับความเสี่ยง และประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของ เครื่องจักร โดยใช้เครื่องมือ OEE เพื่อวัดประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร [9]

การออกแบบเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบการประทับตราด้วยวิชชันซิสเต็ม [10] เพื่อช่วยในการคัดแยกชิ้นงาน และมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องประทับตราลูกสูบ ที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดมาตรฐาน ที่สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ เครื่องประทับตรานี้ทำงานด้วย ระบบนิวเมติกส์ ได้ออกแบบไดอะแกรมวงจรควบคุมการทำงาน Signal Flow Diagram, Motion Step Diagram [10]

การปรับปรุงผลิตภาพของสายการประกอบโดยใช้แนวคิดลีน กรณีศึกษาโรงงานผู้ประกอบเลนส์ [11] ศึกษาเกี่ยวกับปรับปรุงผลิตภาพการผลิตและพัฒนาระบบการทำงานให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน โดยใช้ทฤษฎีและหลักการการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) เป็นแนวคิดเพื่อเพิ่มผลิตภาพของการผลิต มีการใช้ Yamazumi Chart กราฟแยกออกมาแบ่งสัดส่วนตามคุณค่างานในกระบวนการประกอบเลนส์ เพื่อช่วยต่อการวิเคราะห์และปรับปรุงผลิตภาพ [11]

วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนเพื่อขยายเครื่องมือตัด [12] ได้คำนวณ Payback Period หรือวงจรระยะเวลาคืนทุน เป็นวิธีที่มีการนำกระแสเงินสดที่เกิดขึ้น มาคิดลดเป็นมูลค่าปัจจุบันก่อน จึงจะนำไปเปรียบเทียบ เพื่อการตัดสินใจต่อไป [12]

Substation of Structur Pneumatic System of Mobile Robot with Orthogonal Walking Drive ได้ศึกษาการเคลื่อนที่ของนิวเมติกส์และระบบอัตโนมัติ และการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยคอมพิวเตอร์ของหุ่นยนต์ โดยใช้ ซอฟต์แวร์ SolidWorks เป็นการวิจัยการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยระบบขับเคลื่อนนิวเมติกของกระบอกลมให้เดินไปข้างหน้าและควบคุมทิศทางจังหวะการทำงานของอุปกรณ์ มีการใช้ Pneumatic System, Simulation, Timing Diagram, นำมาใช้ในงานวิจัยทางด้าน Motion Step Diagram การเคลื่อนที่ของกระบอกลมแต่ละตำแหน่ง [13]

Design and Simulation of Electro-Pneumatic Motion Control System จำลองการออกแบบควบคุมการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ ระบบไฟฟ้าและนิวเมติก โดยทำการศึกษาวิจัยอยู่ในห้องแลป เพื่อให้นักศึกษาได้รับพัฒนาทักษะการปฏิบัติและการจำลองสภาพแวดล้อมการทำงานจริง และได้กล่าวถึงการออกแบบจำลองของระบบนิวเมติกด้วยซอฟต์แวร์ FluidSIM ได้ต่อยอดกับงานวิจัยในการเขียนไดอะแกรม วงจรระบบนิวเมติกส์ อุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ และเรียนรู้การออกแบบเริ่มต้นลำดับการทำงานของงานการตัดเหล็กให้ได้ตามแบบต้องการ มาใช้กับงานวิจัยนี้ [14]

Design Approach for Heavy-Duty Soft-Robotic-Gripper เป็นการวิจัยออกแบบและจำลองในการหยิบจับชิ้นงาน กริปเปอร์สามารถปรับให้เข้ากับชิ้นงานรูปแบบต่างๆ สำหรับงานหนักและงานเบาได้ มีการแนะนำการเลือกวัสดุ ซิมูเลชันการทำงานของกริปเปอร์ งานวิจัยนี้ได้เน้นด้านออกแบบกริปเปอร์ในการหยิบคลิบพลาสติก เพื่อให้ชิ้นงานไม่เกิดความเสียหายจากการหยิบจับชิ้นงาน ในงานวิจัยจะเป็นกริปเปอร์นิวเมติก ใช้ลมอัดและลูกสูบเพื่อให้ขากรรไกรทำงาน และวิธีเลือกวัสดุที่ใช้ทำกริปเปอร์ที่เหมาะสมกับงาน [15]

บทที่ 3

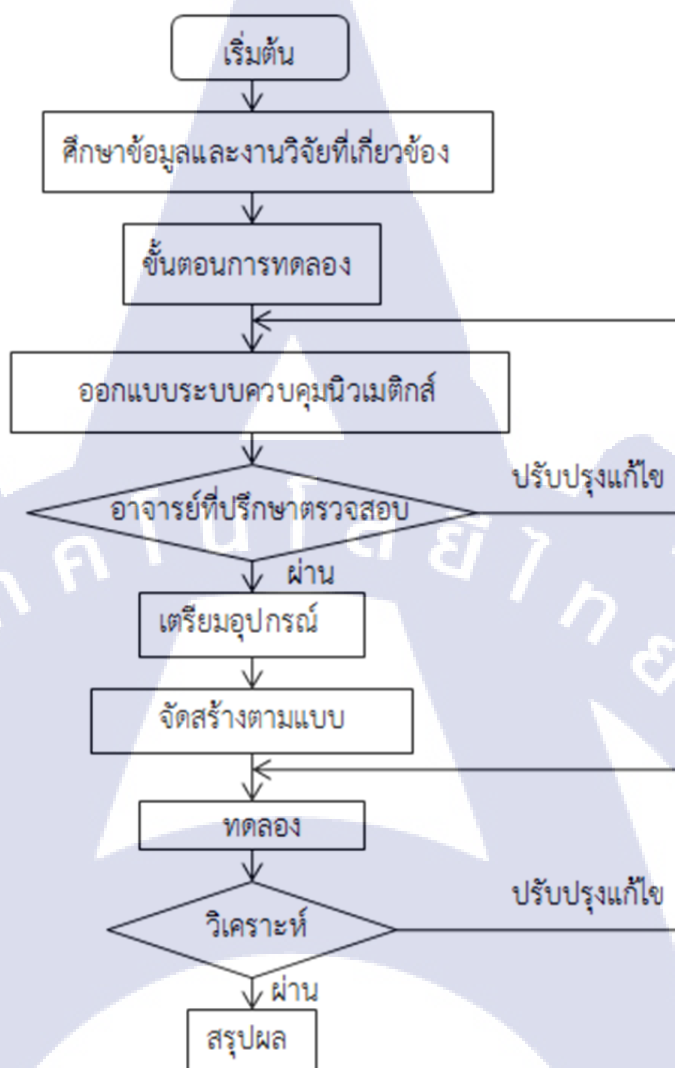
วิธีการวิจัย

3.1 บทนำ

บริษัทกรณีศึกษาผลิตชิ้นส่วนพลาสติก ด้วยวิธีกระบวนการฉีดพลาสติก เป็นชิ้นส่วนยานยนต์ ให้กับบริษัทรถยนต์ภายในประเทศ ซึ่งทางผู้บริหารมีนโยบายในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า ด้วยความรวดเร็ว และมีคุณภาพเพื่อรักษากลุ่มลูกค้าเอาไว้ ทั้งนี้ผู้ผลิตต้องแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการผลิตที่จะสามารถรองรับความต้องการจากลูกค้าให้ได้ ทั้งในด้านความต้องการการผลิตที่เพิ่มมากขึ้น โดยต้องการทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุดในสินค้า รวมถึงการควบคุมต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง จึงเป็นปัจจัยหลักที่ผู้บริหารของบริษัทกรณีศึกษาจำเป็นต้องดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งระบบอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดความได้เปรียบเชิงธุรกิจของการแข่งขันกับบริษัทอื่นๆ ที่ดำเนินธุรกิจแบบเดียวกัน

สภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาในปัจจุบัน กระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์ มีชิ้นส่วนจะต้องประกอบกับคลิปปู่ 2 แบบ ตามข้อกำหนดของลูกค้า จึงทำให้มีปัญหาทางด้านคุณภาพกับชิ้นงาน คือประกอบชิ้นส่วนไม่ครบตามแบบที่ลูกค้ากำหนด ส่งไปประกอบที่โรงงานประกอบรถยนต์ทำให้เกิดปัญหาตามมา และทำให้ลูกค้าไม่เชื่อมั่นในกระบวนการผลิตของบริษัท จึงต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อขจัดปัญหาที่เกิดขึ้น

งานวิจัยนี้มุ่งเป้าหมายในการวางแผน ออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติระบบนิวเมติกส์ในการหยิบจับคลิปปู่ไปตำแหน่งที่ออกแบบไว้โดยคลิปปู่ 2 แบบ โดยคลิปปู่จะเคลื่อนที่โดยมี Cylinder Gripper จับคลิปปู่ทั้ง 2 แบบ จากตำแหน่ง Feed ไปตำแหน่งจุดที่ต้องการประกอบโดยมุ่งไปที่การออกแบบควบคุมนิวเมติกส์ ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงานหลัก แผนภาพขั้นตอนการทำงานตามแบบ (Drawing) การวางแผน ออกแบบ เตรียมอุปกรณ์ สร้างและประดิษฐ์ตามแบบที่ได้ออกแบบ เพื่อให้ได้ครบถ้วนตามหลักการแนวคิดการวางแผนออกแบบ ดังรูปที่ 3.1



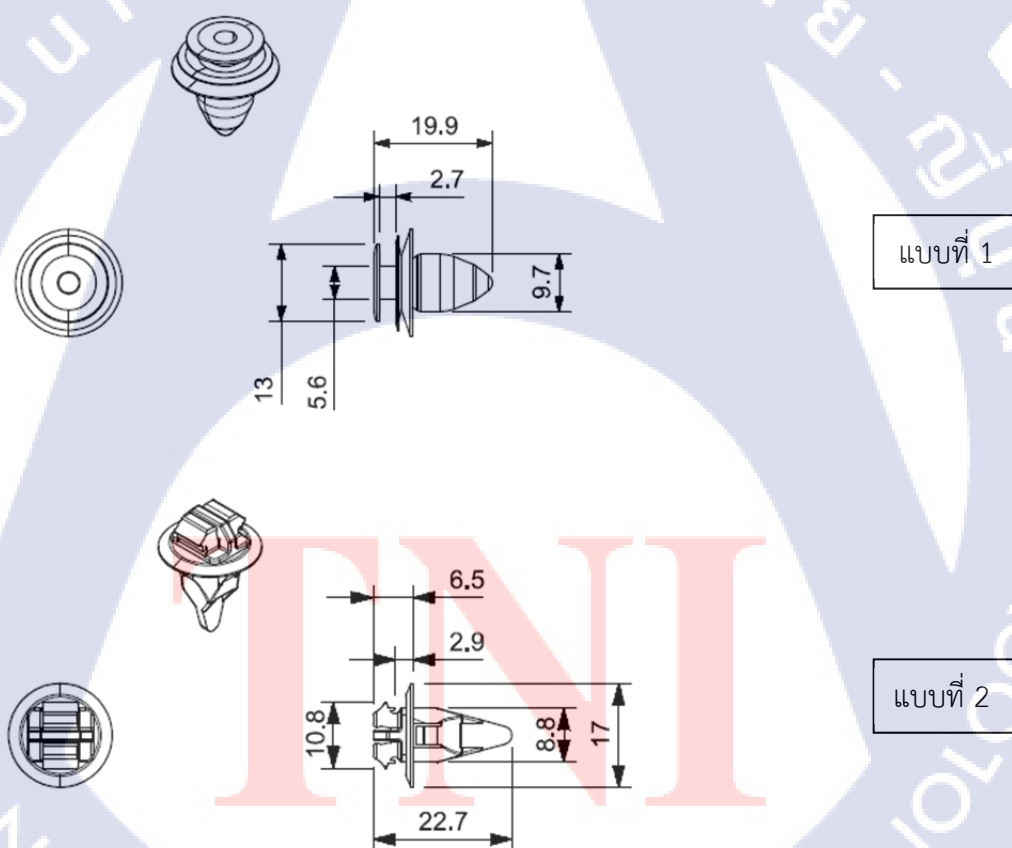
รูปที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนแนวคิดการออกแบบ

3.2 วิเคราะห์ปัญหาที่เป็นปัจจัยของงานวิจัย

3.2.1 ศึกษาข้อมูลและปัญหาก่อนปรับปรุง

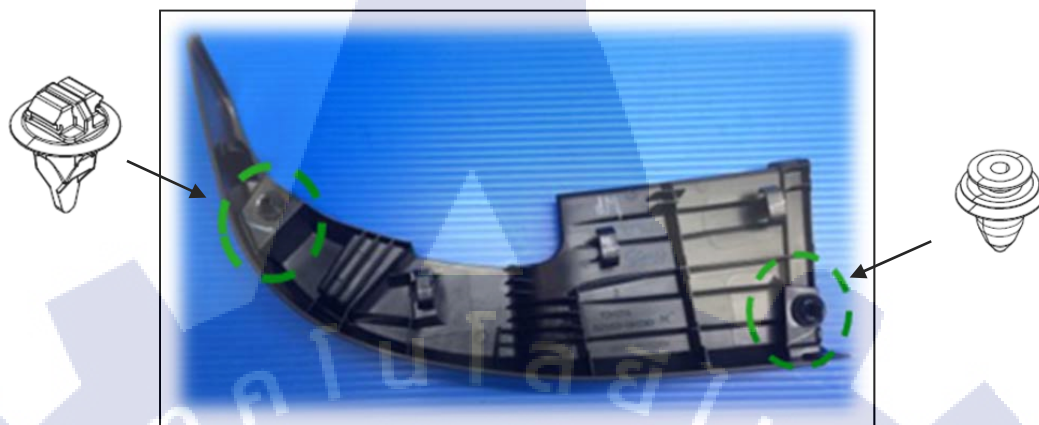
การศึกษาค้นคว้าและงานวิจัย เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการพัฒนากระบวนการผลิตให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสูงสุด เพื่อไม่ให้ส่งสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพไปให้ลูกค้า ในปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาได้ผลิตชิ้นส่วนพลาสติกจะมีการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ร่วมอยู่ด้วย โดยใช้พนักงานประกอบจึงทำให้มีการส่งชิ้นงานประกอบไม่ครบไปให้ลูกค้า และบริษัทกรณีศึกษาต้องการเพิ่มผลการผลิตจากเดิมที่ใช้พนักงานหยิบคลิปปมาประกอบ ใส่ในชิ้นงานจะต้องใช้ทักษะความชำนาญแต่ละบุคคลากร เปลี่ยนกะและการเปลี่ยนพนักงาน โดยบริษัทกรณีศึกษามีแนวคิดว่าจะให้มีมาตรฐานเหมือนกันหมด เพื่อชิ้นงานที่ผลิตเสร็จแล้ว สามารถที่จะทดสอบให้ลูกค้าได้ เพื่อการผลิตแบบต่อเนื่อง

รายละเอียดของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์การฉีดพลาสติก 1 ครั้ง จะได้ชิ้นงาน 2 ชิ้น แม่พิมพ์ฉีด 2 หลุม (Cavity) ทุนยนต์หยิบชิ้นงานจากเครื่องฉีดนำมาวางบนโต๊ะ โดยมีพนักงาน 2 คน พนักงานคนที่ 1 ทำชิ้นงานชั้นที่ 1 พนักงานคนที่ 2 นำชิ้นงานชั้นทั้ง 2 ชั้น บรรจุลงกล่อง ดัง Flow Chart รูปที่ 3.4 จากการพยากรณ์ของลูกค้าในปี 2021 จะมียอดสั่งซื้อเพิ่มขึ้น โรงงานกรณีศึกษาต้องทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มความสามารถการผลิต เพื่อตอบสนองต่อยอดการสั่งซื้อเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ TAKT Time เป็น 62 วินาทีต่อการรอบการผลิตหนึ่งรอบ จากการวิเคราะห์กระบวนการทำงานของพนักงาน จะต้องใช้พนักงานจำนวน 1.8 พนักงาน ดังสมการที่ 3.2 จึงต้องใช้พนักงานจำนวน 2 คน แบบชิ้นงานลูกค้าเป็นผู้กำหนด โดยมีชิ้นส่วนด้วยกัน 3 ชิ้น ประกอบไปด้วย ชิ้นส่วนกันชนท้ายขึ้นรูปโดยการฉีดพลาสติก คลิปแบบกลม ดังแบบที่ 1 คลิปแบบเหลี่ยม ดังแบบที่ 2

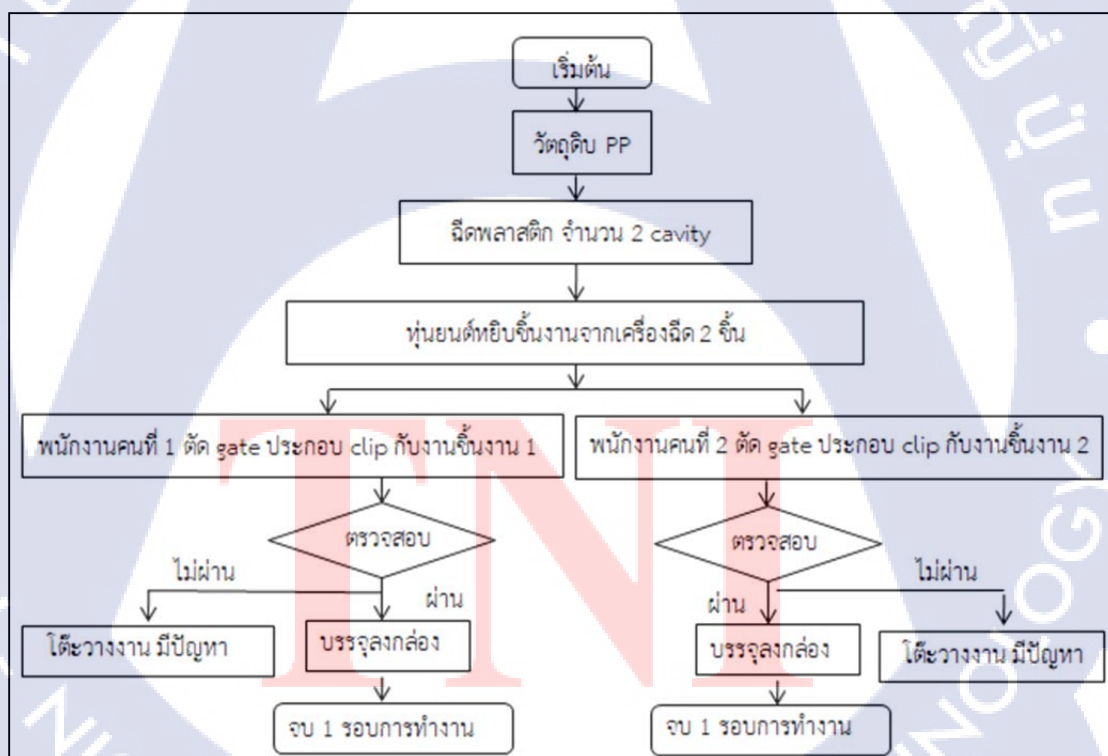


รูปที่ 3.2 คลิปทั้ง 2 แบบ

ชิ้นงานสมบูรณ์ซึ่งได้จากการฉีดพลาสติก นำมาประกอบคลิปทั้ง 2 แบบ คือ คลิปแบบกลม และคลิปแบบเหลี่ยม ดังรูปชิ้นงานที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การประกอบคลิปกับชิ้นงาน

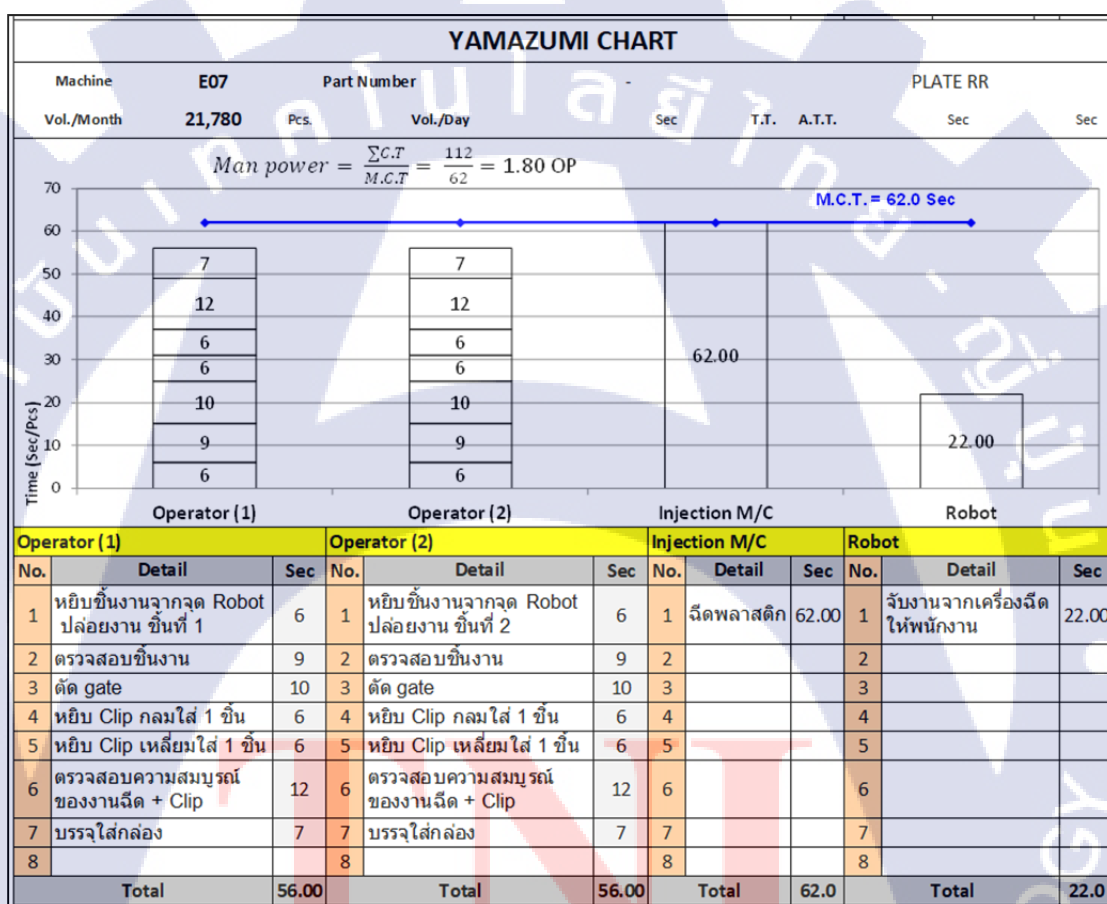


รูปที่ 3.4 Flow Chart การปฏิบัติงานก่อนปรับปรุง

$$\text{Operator Required} = \frac{\text{Total Operation Time Required}}{\text{Cycle Time เครื่องฉีด}} \quad (3.1)$$

$$\frac{56 + 56}{62} = 1.8 \text{ พนักงาน} \quad (3.2)$$

กระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์พร้อมกับการประกอบชิ้นส่วน มีกระบวนการผลิตการทำงานโดยรายละเอียดของแต่ละ Work Element ดัง Yamazumi Chart ดังรูปที่ 3.5



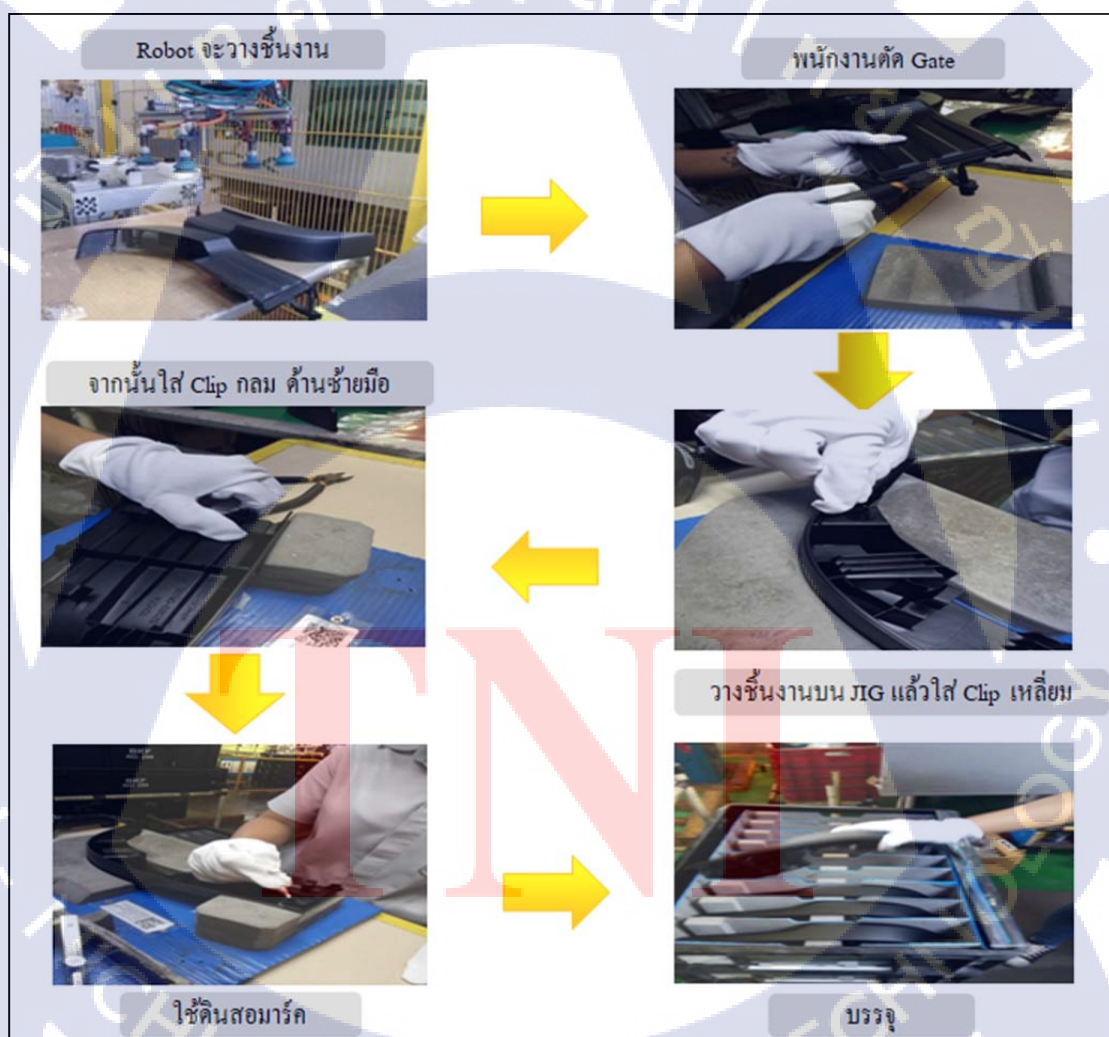
รูปที่ 3.5 Yamazumi Chart รอบเวลาการทำงานก่อนปรับปรุง

จากการวิเคราะห์ Yamazumi Chart และรายละเอียดของแต่ละ Work Element ทำให้พบว่าควรปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อขจัดความสูญเปล่าจากกิจกรรมของหุ่นยนต์ ที่มีการรองานอยู่ที่ 40 วินาที หุ่นยนต์ใช้เวลาทำงาน 22 วินาที ฉีดพลาสติก 1 รอบ จะได้ชิ้นงานจำนวน 2 ชิ้น CT

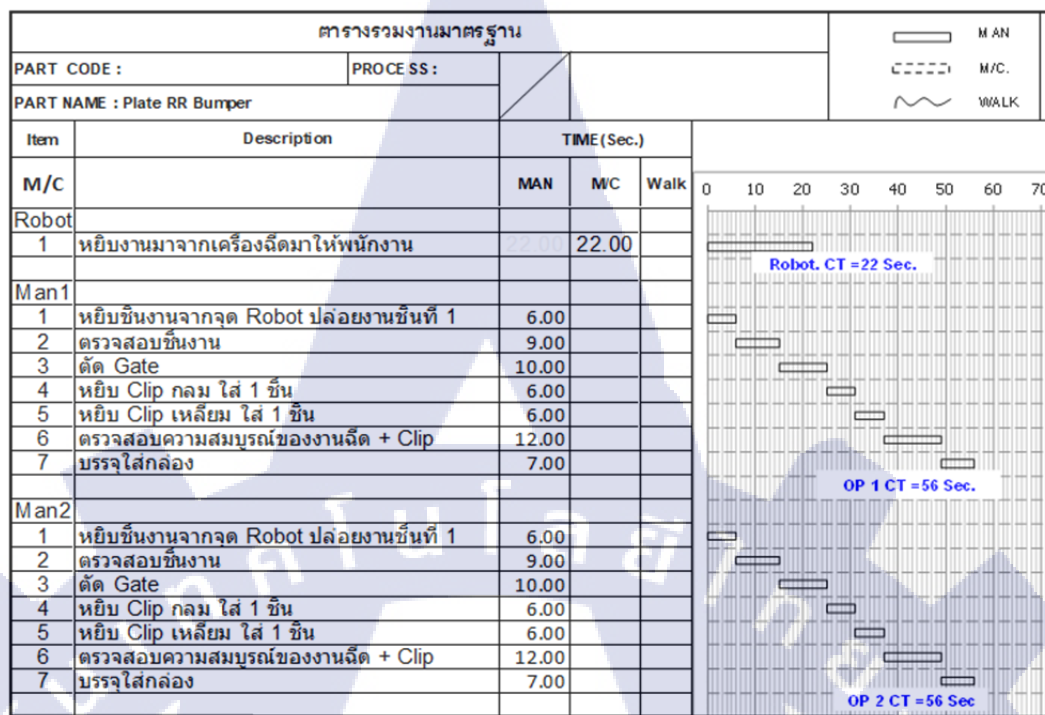
เครื่องฉีดเท่ากับ 62 วินาที กำลังการผลิต 1 วัน ผลิตงานได้ 523 ครั้ง ฉีดชิ้นงานได้ 1,046 ชิ้น/วัน ดัง
สมการที่ 3.3 โดยใช้พนักงานทำงาน 2 คน ใช้เวลาคนละ 56 วินาที

$$\text{Takt time 1 รอบ ของการผลิตได้ 2 ชิ้น} = \frac{34,400}{1,046} = 31 \text{ วินาที/ชิ้น} \quad (3.3)$$

กระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์พร้อมกับการประกอบชิ้นส่วน มีกระบวนการ
การผลิต ดังรูปที่ 3.6 การทำงานตามขั้นตอนโดยรายละเอียดของแต่ละ Work Element ในตารางงาน
มาตรฐานรวมมีรายละเอียด ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการทำงานของพนักงาน



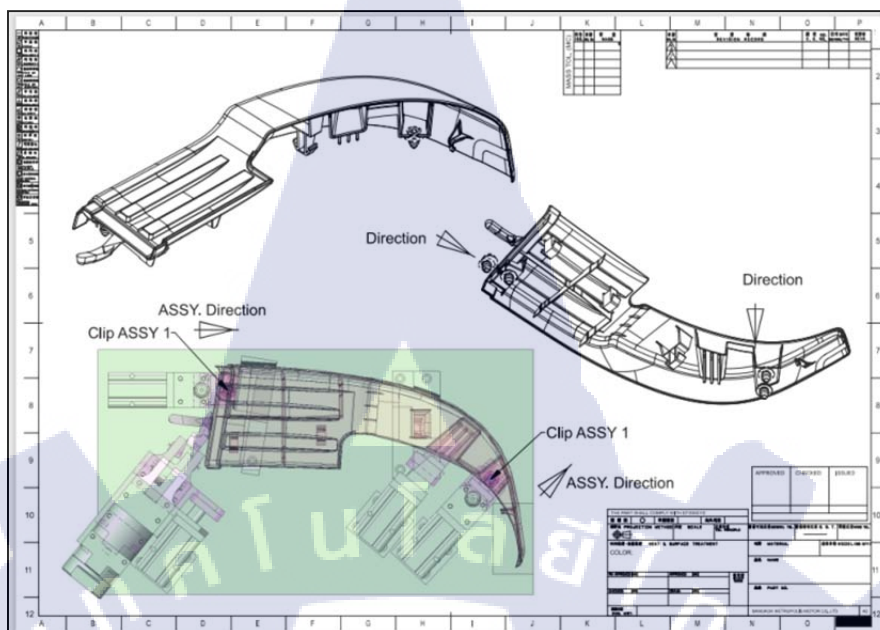
รูปที่ 3.7 ตารางรวมงานมาตรฐานรวม ก่อนปรับปรุง

จากตารางงานมาตรฐานรวม พบว่าใช้พนักงานทำงานมากเกินไป มีกิจกรรมหลายอย่างที่สามารให้หุ่นยนต์ทำได้ เนื่องจากหุ่นยนต์ทำงานน้อยมาก เมื่อเทียบกับความสามารถของหุ่นยนต์จากการศึกษางานที่หุ่นยนต์สามารถทำได้แก่ ตัด Gate ประกอบคลิปทั้งแบบกลมและคลิปแบบเหลี่ยมและลดพนักงานจาก 2 คน เหลือ 1 คน จึงเสนอแนวคิดปรับปรุงการทำงานของพนักงานให้เหลืองานตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานและบรรจุกล่อง เพื่อการทำงานไหลลื่นมากขึ้น จากข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาจากผู้จัดทำวิจัยมีแนวคิดออกแบบเพื่อสร้างระบบการจัดทำระบบกึ่งอัตโนมัติ ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์ เพื่อหาแนวทางลดเวลาการทำงานของพนักงาน และปัญหาการประกอบชิ้นส่วนไม่ครบ เพื่อเป็นจุดเริ่มการพัฒนาปรับปรุงในโรงงาน

3.2.2 หลักการออกแบบเครื่องจักร (Concept Design)

1) Drawing ชิ้นงาน

ได้ดำเนินการวางแผน ออกแบบวิธีการประกอบด้วยหุ่นยนต์ดังแบบ Drawing แสดงการประกอบ โดยกำหนดทิศทางการประกอบของคลิปแบบกลมและแบบเหลี่ยม และทิศทางการสำหรับตัด Gate ด้วยหุ่นยนต์แสดงการประกอบ คลิป แบบกลมและแบบเหลี่ยมเมื่อสมบูรณ์แล้วดังในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 Drawing การประกอบคลิปและตัด Gate ขึ้นงาน

2) รายละเอียดของกระบวนการ (Process)

ออกแบบลำดับขั้นตอนการทำงานแต่ละอุปกรณ์ ทำงานแต่ละช่วงเวลา เริ่มตั้งแต่หยิบคลิปไปวางที่จิ๊ก หุ่นยนต์หยิบชิ้นงานจากเครื่องฉีด นำมาประกอบที่ Jig & Fixture ตัด Gate นำไปวางโต๊ะพนักงาน ตรวจสอบตามขั้นตอนและบรรจุลงกล่อง ลำดับขั้นตอนการทำงาน ดังตารางที่ 3.1

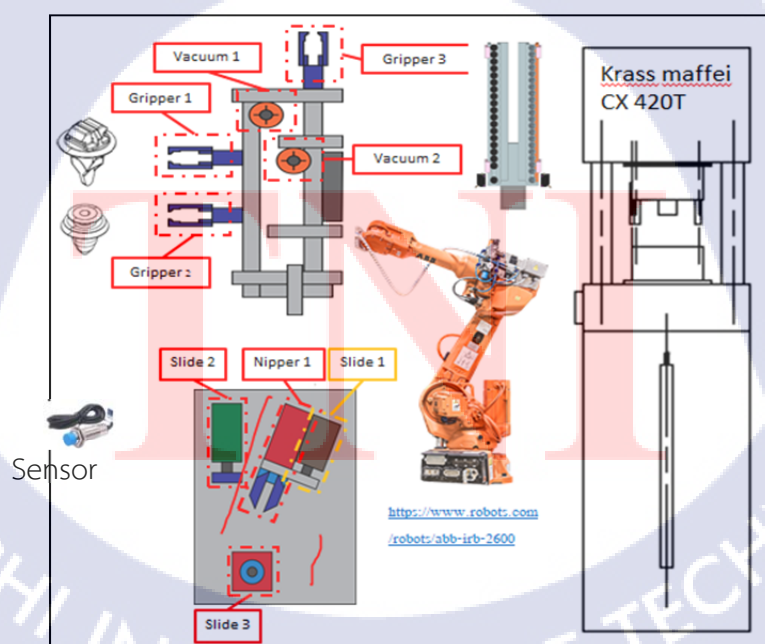
ตารางที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์

ลำดับการทำงาน			
Station	Controller Digital Output		การทำงาน
	Status	Label	
Feeder	Set	Gripper 1 & Gripper 2	จับคลิปหัวกลมและหัวเหลี่ยม
Assembly	Reset	Gripper 1 & Gripper 2	วางคลิปหัวกลมและหัวเหลี่ยม
IMM	Set	Vacuum 1 & Vacuum 2	ดูดจับชิ้นงาน
	Set	Gripper 3	จับทางเข้าชิ้นงาน (Gate)
Assembly Cav.1	Set	Slide 1	สไลด์ตัว Nipper เข้า
	Set	Nipper 1	ตัดทางเข้าชิ้นงาน (Gate)
	Reset	Nipper 1	
	Reset	Slide 1	สไลด์ตัว Nipper ออก

ตารางที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ (ต่อ)

Station	Status	Label	การทำงาน
Assembly Cav.1	Set	Slide 3	ใส่คลิปหัวกลม
	Reset	Slide 3	
	Set	Slide 2	ใส่คลิปหัวเหลี่ยม
	Reset	Slide 2	
Assembly Cav.2	Set	Slide 1	สไลด์ตัว Nipper เข้า
	Set	Nipper 1	ตัดทางเข้าชิ้นงาน Gate
	Reset	Nipper 1	
	Reset	Slide 1	สไลด์ตัว Nipper ออก
	Set	Slide 3	ใส่คลิปหัวกลม
	Reset	Slide 3	
	Set	Slide 2	ใส่คลิปหัวเหลี่ยม
	Reset	Slide 2	
Operator	Reset	Gripper 3	ปล่อยทางเข้าชิ้นงาน (Gate)
	Reset	Vacuum 1 & Vacuum 2	ปล่อยชิ้นงาน

3) ดำเนินการออกแบบอุปกรณ์



รูปที่ 3.9 รวมอุปกรณ์และหุ่นยนต์อัตโนมัติ

3) ดำเนินการออกแบบอุปกรณ์

อุปกรณ์และเครื่องมือกระบวนการประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. Gripper เพื่อจับชิ้นงานที่ได้จากการฉีดพลาสติก และคลิบทั้งแบบกลมและแบบเหลี่ยมจาก Feeder

2. Jig สำหรับวางคลิบ

3. ชุดประกอบคลิบ

4. กรรไกรตัดทางเข้าชิ้นงาน (Gate)

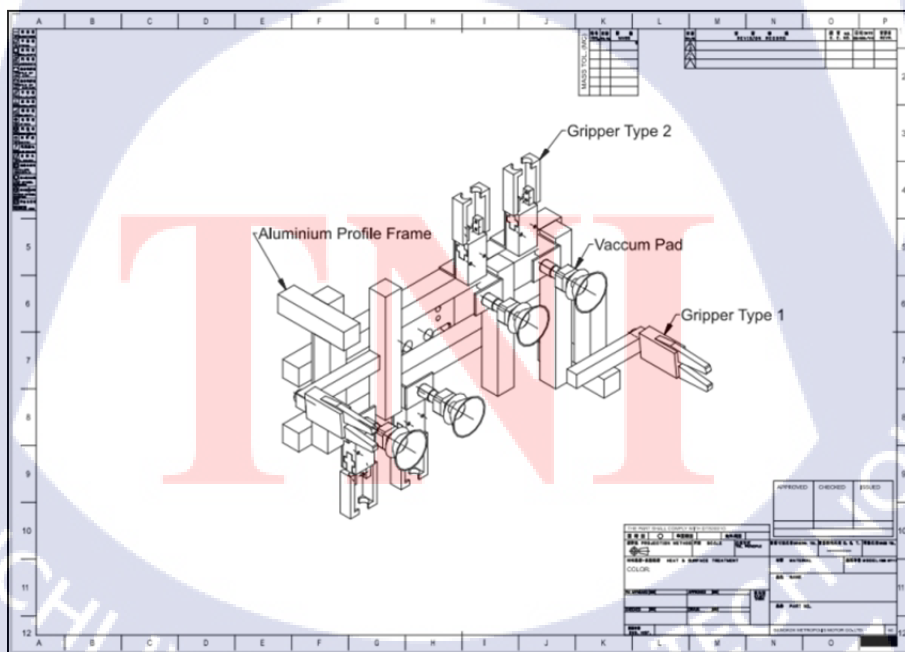
5. Gripper จับทางเข้าชิ้นงาน (Gate) หลังตัดออกแล้ว

6. Sensor ตรวจคลิบประกอบเป็นชุดเครื่องจักรอุปกรณ์อัตโนมัติ ดังในรูปที่ 3.9 มีรายละเอียดของแต่ละอุปกรณ์ ดังนี้

(ก) Gripper ดำเนินการวางแผน และออกแบบ Gripper สำหรับจับชิ้นงาน ดังต่อไปนี้

1. Vacuum Pad จำนวน 4 ตัว สำหรับจับชิ้นงานออกจากเครื่องฉีด
2. Gripper Type1 สำหรับจับ Gate หลังจากตัดแล้ว จำนวน 2 ตัว และ
3. Gripper Type2 สำหรับจับคลิบทั้งแบบกลมและแบบเหลี่ยมจำนวน

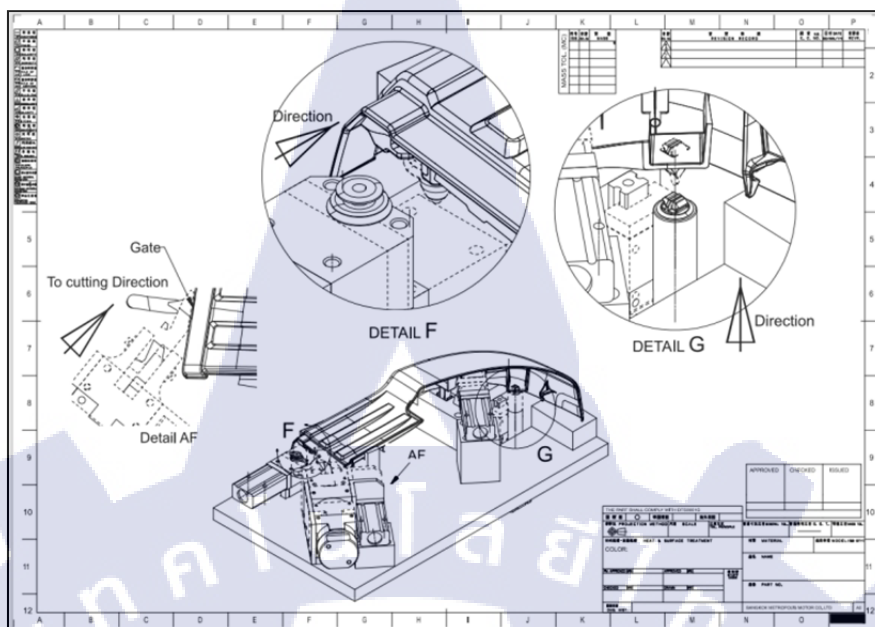
4 ตัว ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แบบ Gripper จับคลิบและชิ้นงาน

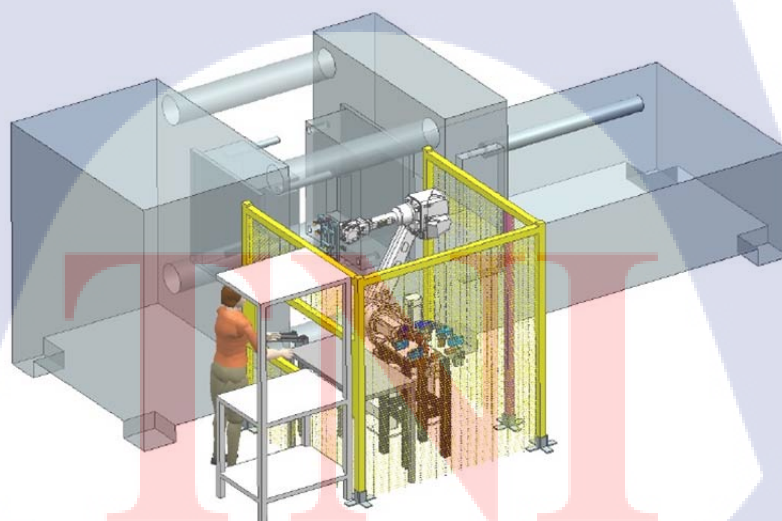


ดำเนินการออกแบบวิธีการประกอบคลิปกล่าวคือ เมื่อหุ่นยนต์นำชิ้นงานวางบน Jig ต่อจากนั้น หุ่นยนต์จะส่งกระบอกกลมเคลื่อนที่นำคลิปกลมเลื่อนเข้าตำแหน่งประกอบทางด้านข้างและ คลิปเหลี่ยมเลื่อนเข้าตำแหน่งประกอบทางด้านขึ้น โดยกระบอกกลมเลื่อนกดขึ้นเพื่อประกอบตามทิศทางตามแบบ ดังในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การทำงานอุปกรณ์การประกอบคลิบ

(ค) โครงสร้างของเครื่องที่ประกอบแล้ว ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แบบโดยรวมของอุปกรณ์ทั้งหมด

3.3 ออกแบบและสร้างเครื่อง

3.3.1 Signal Flow Diagram

ได้วางแผน และออกแบบผังการไหลของสัญญาณเพื่อดูการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด และเพื่อสะดวกในการแก้ไขปรับปรุงพัฒนาต่อเนื่อง ดังรูปที่ 3.15 Signal Flow Diagram และลำดับขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตำแหน่งแสดงรายละเอียดแต่ละขั้นตอน อธิบายในตารางที่ 3.2 เพื่อรายละเอียดความกระจ่างมากขึ้น

Signal flow diagram เป็นแผนภาพแสดงลำดับการทำงานของกระบอกลมต่างๆ ในระบบนิวเมติกส์ของหุ่นยนต์ ซึ่งออกแบบโดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน

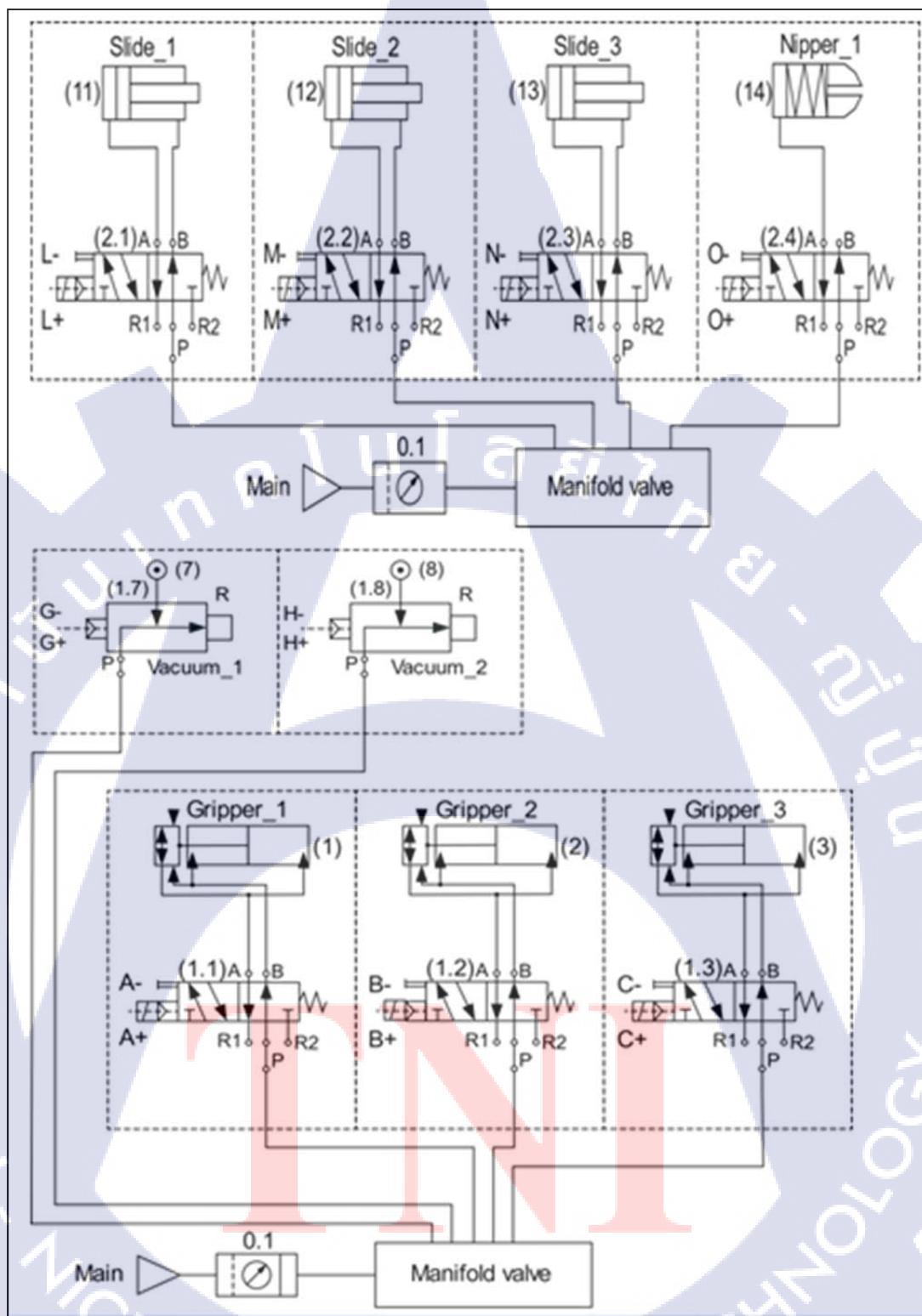
1. ลูกศรหมายถึงการไหลของขั้นตอนการทำงาน
2. ตัวอักษรตัวใหญ่ เช่น A หมายถึงกระบอกลม
3. เครื่องหมายบวกหรือลบ ซึ่งเครื่องหมายบวกหมายถึงก้านลูกสูบเลื่อนออก และเครื่องหมายลบหมายถึงก้านลูกสูบเลื่อนเข้า

4. ตัวเลขหมายถึงเซนเซอร์ส่งสัญญาณ (Proximity Switch)

โดยงานวิจัยนี้ได้ออกแบบแอกทูเอเตอร์นิวเมติกของ Gripper เพื่อควบคุมลำดับการทำงานของกระบอกลมที่ควบคุมกระบวนการผลิตและ Solenoid Valve ของระบบ ดังรายละเอียดรูปที่ 3.14 เพื่อพิจารณาสัญลักษณ์การทำงานของ Solenoid Valve ได้ชัดเจนมากขึ้น นอกจากนั้นรายละเอียดของลำดับขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ของหุ่นยนต์ ดังในตารางที่ 3.2

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY



รูปที่ 3.14 Solenoid Valve ของระบบ

Motion Step Diagram รูปที่ 3.16 เป็นแผนภาพแสดงตำแหน่งการทำงานของ กระบอกลมแต่ละกระบอก ในระบบนิวเมติกส์เทียบกับลำดับขั้นตอนการทำงานโดยมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ แกนตั้งแสดงตัวเลข “0” เมื่อกระบอกลมหดกลับสุด และ “1” เมื่อกระบอกลมยืดออกสุด ดังได้กล่าวแล้วในรายละเอียดของ Signal Flow Diagram ดังรูปที่ 3.14 แกนนอนเป็นตัวเลข แสดงถึง ลำดับที่ของการทำงานในขั้นตอนของหุ่นยนต์

งานวิจัยนี้แสดงขั้นตอนการทำงานของกระบอกลมดังแสดงใน Motion Step Diagram รูปที่ 3.16 และแสดงได้เป็น 23 Step ตามจำนวน Column ของรูปดังกล่าวและลำดับขั้นตอนรายละเอียด ดังในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

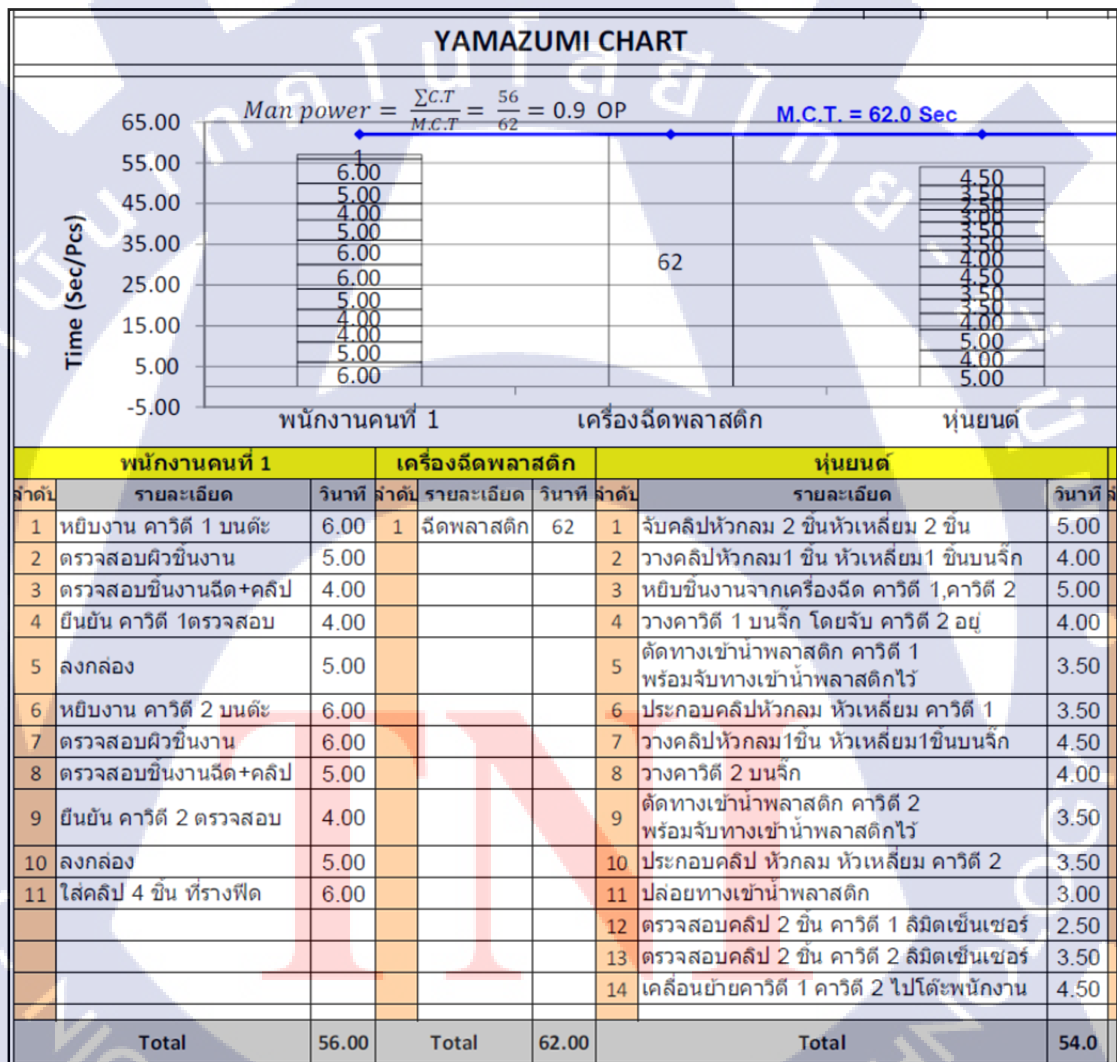
Start	(1.1)(A+)	เซตสัญญาณ Gripper 1 (Solenoid Valve 1.1 ทำงาน)
	(1)	ลมดันกระบอกสูบของ Gripper 1 เพื่อเปิดปาก Gripper
	(1.2)(B+)	เซตสัญญาณ Gripper 2 (Solenoid Valve 1.2 ทำงาน)
	(2)	ลมดันกระบอกสูบ Gripper 2 เพื่อเปิดปาก Gripper
	(1.1)(A-)	รีเซตสัญญาณ Gripper 1 (Solenoid Valve 1.1 ทำงาน)
	(1)	ลมดันกระบอกสูบ Gripper 1 เพื่อจับคลิปหัวเหลี่ยม
	(1.2)(B-)	รีเซตสัญญาณ Gripper 2 (Solenoid Valve 1.2 ทำงาน)
	(2)	ลมดันกระบอกสูบ Gripper 2 เพื่อจับคลิปหัวกลม
	(1.7)(G+)	เซตสัญญาณ Vacuum 1
	(7)	จุ่มลมดูด Vacuum 1 (ดูดชิ้นงาน)
	(1.8)(H+)	เซตสัญญาณ Vacuum 2
	(8)	จุ่มลมดูด Vacuum 2 (ดูดชิ้นงาน)
	(1.3)(C+)	เซตสัญญาณ Gripper 3 (Solenoid Valve 1.3 ทำงาน)
	(3)	ลมดันกระบอกสูบ Gripper 3 เพื่อจับ Gate
	(2.1)(L+)	เซตสัญญาณ Slide 1 (Solenoid Valve 2.1 ทำงาน)
	(11)	ลมดันกระบอกสูบ Slide 1 เคลื่อนที่ออกพร้อมตัว Nipper 1
	(2.4)(O+)	เซตสัญญาณ Nipper 1 (Solenoid Valve 2.4 ทำงาน)
	(14)	ลมดันกระบอกสูบ Nipper 1 ตัด Gate
	(2.4)(O-)	รีเซตสัญญาณ Nipper 1 (Solenoid Valve 2.4 ทำงาน)
	(14)	สปริงดันปาก Nipper 1

ตารางที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม (ต่อ)

Start (ต่อ)	(2.1)(L-)	รีเซตสัญญาณ Slide 1 (Solenoid Valve 2.1 ทำงาน)
	(11)	ลดดันกระบอกสูบ Slide 1 เคลื่อนที่เข้าพร้อมตัว Nipper 1
	(2.3)(N+)	รีเซตสัญญาณ Slide 3 (Solenoid Valve 2.3 ทำงาน)
	(13)	ลดดันกระบอกสูบ Slide 3 เคลื่อนที่ออกเพื่อใส่คลิบหัวกลม
	(2.3)(N-)	รีเซตสัญญาณ Slide 3 (Solenoid Valve 2.3 ทำงาน)
	(13)	ลดดันกระบอกสูบ Slide 3 เคลื่อนที่กลับ
	(2.2)(M+)	รีเซตสัญญาณ Slide 2 (Solenoid valve 2.2 ทำงาน)
	(12)	ลดดันกระบอกสูบ Slide 2 เคลื่อนที่ออกเพื่อใส่คลิบหัวเหลี่ยม
	(2.2)(M-)	รีเซตสัญญาณ Slide 2 (Solenoid valve 2.2 ทำงาน)
	(12)	ลดดันกระบอกสูบ Slide 2 เคลื่อนที่กลับ
	(1.3)(C-)	รีเซตสัญญาณ Gripper 3 (Solenoid valve 1.3 ทำงาน)
	(3)	ลดดันกระบอกสูบ Gripper 3 ปากเปิดปล่อย Gate
	(1.7)(G-)	รีเซตสัญญาณ Vacuum 1
	(7)	จับลมไม่ดูด Vacuum 1 (ปล่อยชิ้นงาน)
	(1.8)(H-)	รีเซตสัญญาณ Vacuum 2
Go to Start	(8)	จับลมไม่ดูด Vacuum 2 (ปล่อยชิ้นงาน)

บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย

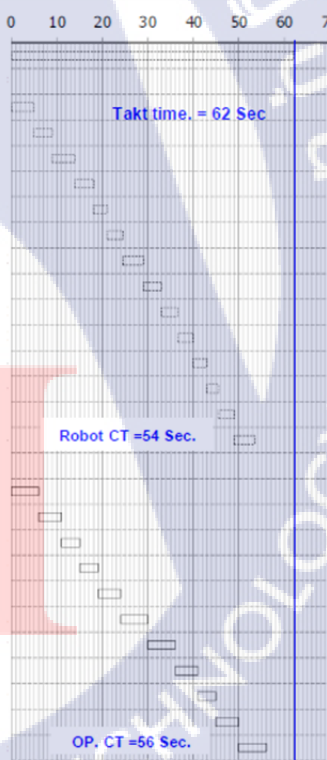
การปรับปรุงกระบวนการผลิต ได้โดยย้ายมอบนงานให้หุ่นยนต์ทำงานมากขึ้น จากการดำเนินการศึกษา ทดลองการผลิต โดยเน้นเวลางานกระบวนการ ขั้นตอนการทำงานของ หุ่นยนต์ ให้ทันกับเวลาของเครื่องฉีด ซึ่งได้ผลตามที่ไว้วิเคราะห์ วางแผน และออกแบบไว้ดัง Yamazumi Chart รูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 Yamazumi Chart หลังปรับปรุง

การศึกษางานวิจัยได้พัฒนาให้หุ่นยนต์ปฏิบัติงานโดยประกอบคลิปทั้ง 2 ชิ้นงาน พร้อมกัน โดยใช้ Gripper คู่ ทำให้เวลาดำเนินการรวมลดลงไปมากเมื่อเทียบกับ ขั้นตอนกระบวนการการผลิตเดิม ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนการตัดทางน้ำเข้าชิ้นงาน (Gate) ก่อนปรับปรุงพนักงานทำงานโดยตัด Gate ชิ้นละ 10 วินาที ทำ 2 ชิ้นรวมเป็น 20 วินาที หลังปรับปรุง หุ่นยนต์ หยิบชิ้นงานไปวางบน Jig & Fixture ตัด Gate ทำงานชิ้นละ 3.5 วินาที ทำ 2 ชิ้นรวม 7 วินาที ลดเวลาได้ 14 วินาที
- ขั้นตอนการประกอบคลิปแบบกลมและคลิปแบบเหลี่ยม พนักงานทำงานรวม 24 วินาที จากการประกอบทีละชิ้น หุ่นยนต์ประกอบใช้เวลา 7 วินาที จากการประกอบคลิป 2 ชิ้นพร้อมกัน ด้วย Gripper คู่ ดังรูปที่ 3.10 ดังที่ได้กล่าวแล้ว สรุปงานขั้นตอนนี้ลดลงไป 17 วินาที สองขั้นตอนกระบวนการนี้ ทำให้ลดเวลาการทำงานรวมไปได้ 31 วินาที ขั้นตอนการทำงานระหว่างหุ่นยนต์กับพนักงาน ดังรูปที่ 4.2 รายละเอียดของงานย่อยดังตารางงานมาตรฐานรวม

ตารางงานมาตรฐานรวม						 MAN						
PART CODE :		PROCESS :				 M.C.						
PART NAME : Plate RR Bumper						 WALK						
Item	Description	TIME(Sec.)										
เครื่องฉีด		MAN	M/C	Walk	0	10	20	30	40	50	60	70
1	ฉีดพลาสติก		62.0		 Takt time = 62 Sec Robot CT=54 Sec. OP. CT=56 Sec.							
Robot												
1	จับคลิปหัวกลม 2 ชิ้น หัวเหลี่ยม 2 ชิ้น		5.00									
2	วางคลิปหัวกลม 1 ชิ้น คลิปหัวเหลี่ยม 1 ชิ้นบนจิก		4.00									
3	หยิบชิ้นงานจากเครื่องฉีด คาวีที่1, คาวีที่ 2		5.00									
4	วางคาวีที่ 1 บนจิกโดยจับคาวีที่ 2 อยู่		4.00									
5	ตัดทางเข้าน้ำ คาวีที่ 1 พร้อมจับทางเข้าน้ำไว้		3.50									
6	ประกอบคลิปหัวกลม หัวเหลี่ยม ของ คาวีที่ 1		3.50									
7	วางคลิปหัวกลม 1 ชิ้น คลิปหัวเหลี่ยม 1 ชิ้นบนจิก		4.50									
8	วางคาวีที่ 2 บนจิกโดยจับคาวีที่ 1 อยู่		4.00									
9	ตัดทางเข้าน้ำ คาวีที่ 2 พร้อมจับทางเข้าน้ำไว้		3.50									
10	ประกอบคลิปหัวกลม หัวเหลี่ยม ของ คาวีที่ 2		3.50									
12	ปล่อยทางเข้าน้ำพลาสติก		3.00									
13	ตรวจสอบคลิป 2 ชิ้น คาวีที่ 1 ลิ้มิตเซ็นเซอร์		2.50									
14	ตรวจสอบคลิป 2 ชิ้น คาวีที่ 2 ลิ้มิตเซ็นเซอร์		3.50									
15	เคลื่อนย้ายคาวีที่1, คาวีที่ 2 ไปโต๊ะพนักงาน		4.50									
Man												
1	หยิบงาน คาวีที่ 1 บนโต๊ะ	6.00										
2	ตรวจสอบผิวชิ้นงาน	5.00										
3	ตรวจสอบความสมบูรณ์ของงานฉีด + คลิป	4.00										
4	ยืนยันคาวีที่1ตรวจสอบ	4.00										
5	ส่งกล่อง	5.00										
6	หยิบงาน คาวีที่ 2 บนโต๊ะ	6.00										
7	ตรวจสอบผิวชิ้นงาน	6.00										
8	ตรวจสอบความสมบูรณ์ของงานฉีด + คลิป	5.00										
9	ยืนยันคาวีที่2ตรวจสอบ	4.00										
10	ส่งกล่อง	5.00										
11	ใส่คลิปหัวกลม 2 ชิ้น หัวเหลี่ยม 2 ชิ้น ที่รางพิด	6.00										

รูปที่ 4.2 ตารางงานมาตรฐานรวม หลังปรับปรุง

จากตารางงานมาตรฐานรวม รูปที่ 4.2 งานของพนักงานเริ่มจากศูนย์ เพราะใช้ชิ้นงาน WIP (Work-In-Process) ของชิ้นงานก่อนหน้า 1 รอบ มีงานวางพร้อมปฏิบัติงาน ที่ได้จากกระบวนการฉีดพลาสติกของเครื่องฉีด

4.1 ตรวจสอบเครื่องจักร

หลังจากได้วางแผน ออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์เสร็จแล้ว ก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง ได้มีการเช็ค และตรวจสอบความพร้อมให้แน่ใจในการผลิต โดยตั้งหลักเกณฑ์การทดลองการผลิต จำนวน 450 Cycle ผลิตแบบต่อเนื่อง โดยไม่มีการหยุด ไม่มีของเสีย ไม่ติดๆ ขัดๆ หลังจากทดลองพบว่า ไม่พบของเสีย ตรวจสอบตัดทางน้ำเข้า (Gate) ได้สมบูรณ์ ประกอบคลิป ทั้งแบบกลมและแบบเหลี่ยม ครบทั้ง 900 ชิ้น ดังตารางที่ 4.1 การตรวจสอบเครื่องจักร

ตารางที่ 4.1 ตรวจสอบเครื่องจักร

ทดลองจำนวนการผลิต 450 Cycle เดินแบบต่อเนื่อง		
ลำดับ	รายละเอียดการทดลอง	ชิ้นงานเสีย (จำนวนชิ้น)
1	ตัดทางน้ำเข้า (Gate)	0
2	ประกอบคลิปแบบกลม	0
3	ประกอบคลิปแบบเหลี่ยม	0
4	ตรวจสอบคลิปแบบกลมและแบบเหลี่ยม	0

4.2 ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB) จะเป็นตัวกำหนดการตัดสินใจแบบคำนึงค่าของเงินตามเวลา (Time Value of Money)

เกณฑ์การตัดสินใจ โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่าย่อมมีความเสี่ยงน้อยกว่าโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนที่ยาวกว่า

ในการคำนวณระยะเวลาคืนทุนไม่ได้นำเอาหุ่นยนต์มาคิดต้นทุน เนื่องจากได้ติดตั้งหุ่นยนต์ก่อนหน้านี้ที่จะพัฒนาปรับปรุง ตามข้อกำหนดของลูกค้าเพื่อความปลอดภัย ต้นทุนหุ่นยนต์จึงเป็นต้นทุนจม (Sunk Cost) โรงงานการศึกษาได้นำหุ่นยนต์เข้ามาแทนพนักงาน ในการหยิบชิ้นงานจากเครื่องฉีดพลาสติก เครื่องฉีดที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนมีขนาดกำลังเครื่องฉีดอยู่ที่ 500 ตัน มีขนาดใหญ่และสูง จึงทำ CT ของกระบวนการฉีดนานเนื่องจากใช้พนักงานหยิบชิ้นงานออกจากเครื่องฉีด จึงไม่เหมาะสมที่จะให้พนักงานหยิบชิ้นงานจากเครื่องฉีด และเป็นข้อกำหนดของลูกค้าในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ใน

หัวข้อเรื่องความปลอดภัยในการทำงานของพนักงาน หุ่นยนต์มีอยู่แล้วก่อนที่จะพัฒนาปรับปรุงงาน
โครงการนี้ เบื้องต้นในงานวิจัยนี้จึงไม่นำหุ่นยนต์มาคิดต้นทุน

จากการประมาณการผลการดำเนินงานของการลงทุนเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ในการประกอบ
ชิ้นส่วนที่ได้จากการฉีดพลาสติกเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ ในการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต
(Process) ทำให้สามารถลดพนักงานได้จำนวน 1 คน จากเดิมมีพนักงาน 2 คน ค่าแรงรวมโอทีเฉลี่ย
เดือนละ 20,000 ต่อพนักงาน 1 คน

วิเคราะห์งบประมาณการลงทุนของโครงการ ค่าใช้จ่าย ได้แก่ วิศวกรออกแบบ การติดตั้ง
เครื่องมือ และต้นทุนของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์ ลงทุนติดตั้งระบบ Automation ไม่รวมหุ่นยนต์

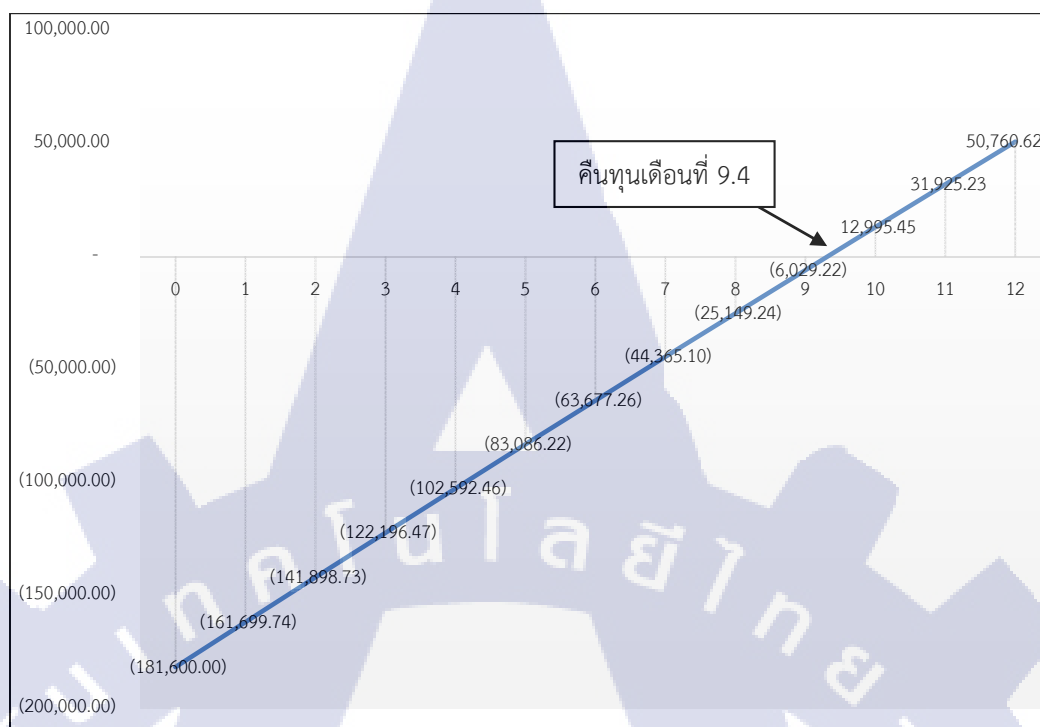
ลำดับที่	รายการ	จำนวน	ราคา (บาท)
1	ทูลจับชิ้นงาน	1	31,600.00
2	ฟีด	1	22,000.00
3	ชุดประกอบคลิบ	1	25,000.00
4	ค่าเบ็ดเตล็ด	1	23,000.00
5	โปรแกรม	1	20,000.00
6	ค่าแรง	2	60,000.00
	รวม		181,600.00

สรุปค่าใช้จ่ายสำหรับโครงการปรับปรุงกระบวนการ มีค่าใช้จ่ายโดยรวม 181,600 บาท ใน
การลงทุนดำเนินการครั้งนี้

วิเคราะห์ด้านการเงิน (Financial Analysis) เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจสำหรับการดำเนินงาน
ปรับปรุงกระบวนการ โดยมาคำนวณในการหาระยะเวลาคืนทุน ซึ่งมีอัตราดอกเบี้ยคงที่อยู่ที่ 6.00% ต่อปี
ดังในรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 Payback Period คัดดอกเบี้ยไม่รวมทุนยนต์

PP at i =	6%	Per Year											
รายการ													
ปีที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
เงินลงทุน	181,600.00												
ประหยัด ค่าจ้าง พนักงาน		19,900.26	19,801.01	19,702.26	19,604.01	19,506.24	19,408.96	19,312.16	19,215.85	19,120.02	19,024.67	18,929.79	18,835.38
	(181,600.00)	19,900.26	19,801.01	19,702.26	19,604.01	19,506.24	19,408.96	19,312.16	19,215.85	19,120.02	19,024.67	18,929.79	18,835.38
	(181,600.00)	(161,699.74)	(141,898.73)	(122,196.47)	(102,592.46)	(83,086.22)	(63,677.26)	(44,365.10)	(25,149.24)	(6,029.22)	12,995.45	31,925.23	50,760.62



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงระยะเวลาต้นทุนคิดดอกเบี้ยไม่รวมหุ้นยนต์

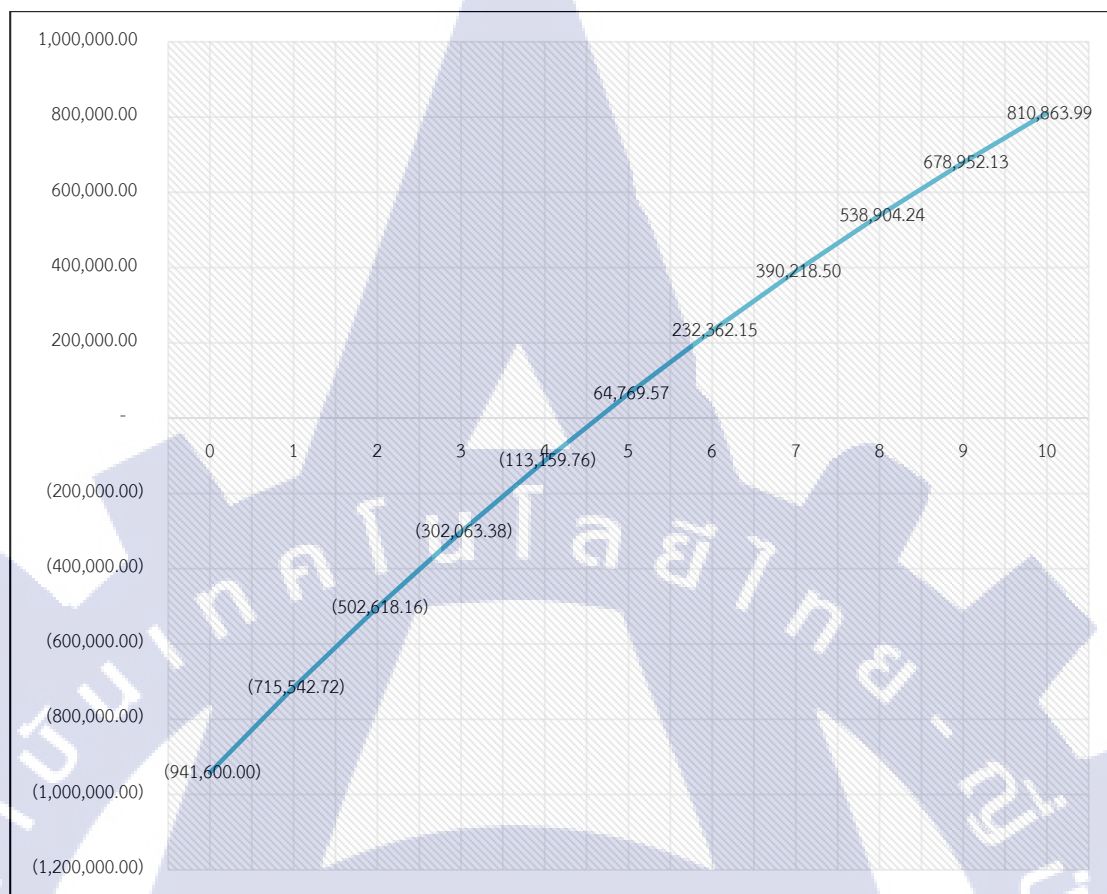
สรุปโครงการจะลงทุนในเดือนที่ 9 กับอีก 12 วัน โดยคิดดอกเบี้ย 6% ต่อปีโดยทบต้นทุกเดือน เพื่อใช้ในการอ้างอิงจึงได้นำต้นทุนของหุ้นยนต์มาคิดด้วย

ตารางที่ 4.4 ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์ ลงทุนติดตั้ง ระบบ Automation รวมหุ้นยนต์

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	ราคา (บาท)
1	หูลจับชิ้นงาน	1	31,600.00
2	ฟีด	1	22,000.00
3	ชุดประกอบคลิป	1	25,000.00
4	ค่าเบ็ดเตล็ด	1	23,000.00
5	โปรแกรม	1	20,000.00
6	ค่าแรง	2	60,000.00
7	หุ้นยนต์	1	760,000.00
	รวม		941,600.00

ตารางที่ 4.5 Payback Period คัดลอกเบี้ยรวมหุ่นยนต์

PP at i =	6%	Per Year									
รายการ											
ปีที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เงินลงทุน	941,600.00										
ประหยัดค่าจ้างพนักงาน	-	THB226,057.28	THB212,924.56	THB200,554.78	THB188,903.62	THB177,929.33	THB167,592.58	THB157,856.35	THB148,685.74	THB140,047.89	THB131,911.86
	(941,600.00)	226,057.28	212,924.56	200,554.78	188,903.62	177,929.33	167,592.58	157,856.35	148,685.74	140,047.89	131,911.86
	(941,600.00)	(715,542.72)	(502,618.16)	(302,063.38)	(113,159.76)	64,769.57	232,362.15	390,218.50	538,904.24	678,952.13	810,863.99



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงระยะเวลาการลงทุน คัดดอกเบี้ยรวมหุ้นยนต์

สรุปคิดต้นทุนหุ้นยนต์รวมในโครงการจะลงทุนในปีที่ 4 กับอีก 5 เดือน โดยคิดดอกเบี้ย 6% ต่อปีโดยทบต้นทุกเดือน

TNI

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิต การทำงานของ หุ่นยนต์ ABB รุ่น IRB2600 มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระบบการผลิตเป็นกึ่งอัตโนมัติ พนักงานร่วมทำงานกับหุ่นยนต์ มอบหมายงานให้หุ่นยนต์ ทำงานคุ้มค่ามากขึ้น โดยการจัดสมดุลกระบวนการผลิต (Process) และอุปกรณ์เครื่องจักรอัตโนมัติ

ผลการดำเนินงานหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต ได้มีการสรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพื่อเป็นประโยชน์ให้กับบริษัทกรณีศึกษา สามารถนำไปปรับปรุงกระบวนการอื่นๆ ภายในบริษัท โดยวัตถุประสงค์สำคัญคือเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร ลดเวลาที่ก่อให้เกิดความสูญเสียล่าของหุ่นยนต์ในกระบวนการผลิต

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการสรุปข้อมูลจากการศึกษาวิจัยเรื่อง การวางแผน ออกแบบระบบกึ่งอัตโนมัติของสายการผลิตสำหรับกระบวนการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ ได้ปรับปรุงกระบวนการ (Process) โดยให้หุ่นยนต์ ทำมากขึ้น จากเดิมที่ให้หุ่นยนต์หยิบจับชิ้นงานจากกระบวนการฉีดพลาสติกเพียงอย่างเดียว โดยปรับปรุงเพื่อมอบหมายงานบางอย่างที่พนักงานทำ นำมาศึกษาเพื่อให้หุ่นยนต์ทำ เพื่อเพิ่มการทำงานของหุ่นยนต์ โดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการทดลอง

ลำดับ	รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง	หน่วย
1	จำนวนพนักงาน	2	1	-1	คน
2	ค่าแรงพนักงานในการปฏิบัติงาน	40,000	20,000	-20,000	บาท
3	รวมเวลาพนักงานปฏิบัติงาน	52	56	4	วินาที
4	รวมเวลาหุ่นยนต์ปฏิบัติงาน	22	54	22	วินาที
5	การผลิตของเครื่องฉีด 1 CT	62	62	0	วินาที

ก่อนการปรับปรุง CT (Cycle time) เครื่องฉีด 62 วินาที พนักงาน 2 พนักงาน ทำงานรวม พนักงานละ 52 วินาที หุ่นยนต์ทำงานรวม 22 วินาที ดังรูปที่ 3.5 หลังปรับปรุงคงยึดถือ CT (Cycle time) ของเครื่องฉีดยังคง 62 วินาที พนักงานเหลือ 1 คน ลดพนักงานจากเดิม 2 คน รวมรอบเวลา งานของพนักงาน 56 วินาที หุ่นยนต์มีรอบเวลางานรวม 54 วินาที จากเดิมทำงานเพียง 22 วินาที

การใช้งาน (Utilization) เพิ่มขึ้นเป็น 2.5 เท่า และทำให้ได้งานที่มีคุณภาพ เนื่องจากขั้นตอนการประกอบดำเนินการโดย หุ่นยนต์ การประกอบชิ้นส่วนจึงสมบูรณ์ครบทุกชิ้น และเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบคลิปทั้ง 2 ชิ้น ด้วย หุ่นยนต์ ก่อนส่งมอบให้กับลูกค้า

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยพบว่า อุปกรณ์ที่ทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ได้ทำการวางแผน และออกแบบนั้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง สามารถเดินผลิตแบบต่อเนื่องไม่หยุด ไม่มีติดขัด ตรงตามวัตถุประสงค์ได้ออกแบบไว้ ลดการใช้พนักงาน 1 คน ค่าแรงต่อเดือนของพนักงานรวมค่าล่วงเวลา 20,000 บาท ทำให้สามารถลดต้นทุนของพนักงานกระบวนการผลิตได้ 240,000 บาท/ปี จากการลงทุน 121,600 บาท และเพิ่มอัตราใช้งาน (Utilization) ของหุ่นยนต์มากขึ้น ลดเวลาที่สูญเสียไปของหุ่นยนต์ให้ปฏิบัติได้เพิ่มขึ้น จาก 22 วินาที เพิ่มขึ้นเป็น 54 วินาที เพิ่มขึ้นเป็น 2.5 เท่า

หลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตนี้แล้ว งานวิจัยในลำดับต่อไปในอนาคต คาดว่าจะสามารถลด CT ของเครื่องฉีดพลาสติกลงได้ และพัฒนากระบวนการผลิตของพนักงานร่วมกับหุ่นยนต์ให้อยู่ภายใน CT ของเครื่องฉีดพลาสติกที่สามารถปรับปรุงใหม่เป็นระบบการผลิตแบบอัตโนมัติต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1. งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยดำเนินการโดยพนักงานของผู้ประกอบการ ดังนั้นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตนี้ สามารถลดความสูญเสียที่ไม่จำเป็นในกระบวนการผลิต ในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกได้จริง
2. งานวิจัยนี้ได้ทำการวางแผน ออกแบบระบบนิวเมติกส์ ทำงานร่วมกับหุ่นยนต์กับเครื่องฉีดพลาสติก โดยการติดตั้งอุปกรณ์จำเป็นต้องพิจารณาถึงระดับความลาดเอียงของพื้นที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ ต้องให้ได้ศูนย์เดียวกับเครื่องจักร
3. งานวิจัยนี้ใช้วิชา Work Study ในการจัดสมดุลการผลิต โดย Yamazumi Chart และตารางงานมาตรฐานรวม และออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการประกอบชิ้นงานโดยใช้ หุ่นยนต์ และแผนผังต่างๆ ช่วยการพัฒนาวางแผน ออกแบบเป็นเครื่องจักรอุปกรณ์อัตโนมัติได้สมบูรณ์มากขึ้น

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] สุขุม สิริศิลป์พร, “เครื่องฉีดพลาสติก,” [Online]. Available : www.deemarkthailand.com. [Accessed : 15 พฤศจิกายน 2563].
- [2] ปานเพชร ชินินทร และขวัญชัย สันทิพย์สมบุรณ์, *นิวแมติกอุตสาหกรรม*, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2531.
- [3] วันชัย ธิวัตรนิช, *การศึกษางานหลักการและกรณีศึกษา*, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.
- [4] ณัฐพล ลิ้มจิระจรัส, *เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Economics)*, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2562.
- [5] จิระพันธ์ อุลปาทร, “ประเภทของหุ่นยนต์,” [Online]. Available : <https://www.sumipol.com/knowledge/types-of-industrial-robot>. [Accessed : 8 ธันวาคม 2563].
- [6] สุปรียา เหมยเป้ง, “การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยระบบแขนกล กรณีศึกษาการผลิตชิ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสูญญากาศ,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม), มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, กรุงเทพฯ, 2561.
- [7] ปฐมพงษ์ หอมศรี และคณะ, “การประยุกต์ใช้ระบบไต่โยต้าในสายการผลิตของโรงงานผลิตถั่น้ำมันรถยนต์,” *การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 2554, IE Network 2011*, ชลบุรี, 13-15 ตุลาคม 2554, หน้า 5.
- [8] Toshiaki Fujisawa, “ตารางงานมาตรฐานรวม,” [Online]. Available : <https://www.kaizen-base.com/contents/standardized-work-combination-table>. [Accessed : 21 มกราคม 2564].
- [9] ชัยพงศ์ โชติภัทร์เดชารัตน์, “การกำหนดค่าที่เหมาะสมในสายการผลิตกึ่งอัตโนมัติ กรณีศึกษา,” *7th TNI Academic Conference, TNIAC*, กรุงเทพฯ, 20 พฤษภาคม 2564, หน้า 281-287.
- [10] วสันต์ ดีแก่, “การออกแบบเครื่องประทับตราลูกสูบและตรวจสอบการประทับตราด้วยวิชชันซิสเต็ม,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ, 2561.
- [11] เปรมพันธ์ คำนุ้ย, “การปรับปรุงผลิตภาพของสายการประกอบโดยใช้แนวคิดลีน กรณีศึกษาโรงงานผู้ประกอบเลนส์,” *7th TNI Academic Conference, TNIAC*, กรุงเทพฯ, 20 พฤษภาคม 2564, หน้า 303-309.
- [12] สิริพันธ์ บุตรเต, “วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนเพื่อขยายเครื่องมือตัด,” วิทยานิพนธ์ บธ.ม. (บริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2555.

- [13] V. Korendiy et al., "Subtention of structure pneumatic system of mobile robot with orthogonal walking drive," *Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science*, vol. 5, no. 1, pp. 267-274, May-June 2019.
- [14] V. Vujičić et al., "Design and simulation of electro-pneumatic motion control system," *International Scientific Conference Technics and Informatics in Education, ICIT 2020*, Serbia, September 17-19, 2020, pp. 1,482-1,484.
- [15] A. Muller et al., "Design approach for heavy-duty soft-robotic-gripper," *International Conference in Distributed in Distributed Computing & Internet Technology, ICDCIT-2020*, Bhubaneswar, India, February 6-9, 2020, pp. 25-30.



ภาคผนวก

TNI

ภาคผนวก ก.

ผลงานบทความเข้าร่วมประชุมเชิงวิชาการ TNIAC 2565

TNI

การออกแบบระบบกึ่งอัตโนมัติของสายการผลิต ในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ Design of Semi-Automation Production System for Automotive Assembly Process

เกรียงไกร มีเผ่า
Kriengkrai Meetao
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
Faculty of engineering,
Thai-Nichi Institute of Technology
กรุงเทพมหานคร/Bangkok
me.kriengkrai_st@tni.ac.th

ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน
Dumrongkiat Ratana-Amorpin
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
Faculty of engineering,
Thai-Nichi Institute of Technology
กรุงเทพมหานคร/Bangkok
dumrongkiat@tni.ac.th

ยศวีร์ วีระกำแหง
Yossawee Weerakamhaeng
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
Faculty of engineering,
Thai-Nichi Institute of Technology
กรุงเทพมหานคร/Bangkok
yossawee@tni.ac.th

บทคัดย่อ — จุดสาคูการผลิตในยุคปัจจุบันมีการแข่งขันกันสูงมาก และเป็นผลมาจากกลไกของตลาดที่มีการแข่งขันสูง เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่สูงขึ้นภายใต้ทรัพยากรที่มีจำกัด ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์ ประเภทชิ้นส่วนพลาสติก โดยวิธีการฉีดขึ้นรูป เป็นชิ้นงานตามแบบ การผลิตปัจจุบันหุ่นยนต์ทำหน้าที่จับชิ้นงานจากเครื่องฉีดพลาสติก นำมาให้นักงาน ทำการฟัด้าประกอบคลิปแบบกลม 1 ตัว คลิปแบบเหลี่ยม 1 ตัว และตัดทางเข้าน้ำพลาสติก ปัจจุบันพนักงานทำงานมากกว่าหุ่นยนต์จึงจำเป็นต้องทำการปรับสมดุลการทำงานระหว่างคนกับหุ่นยนต์ให้ทำงานอย่างเหมาะสม ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ ออกแบบสายการผลิตให้เป็นกึ่งอัตโนมัติ ลดงานของพนักงาน ให้หุ่นยนต์ทำ และลดพนักงานจาก 2 คน ให้เหลือ 1 คน โดยโยกย้ายงานบางอย่างให้หุ่นยนต์เป็นผู้ทำ การวิจัยนี้ได้ประยุกต์การออกแบบระบบนิวเมติกส์ มาใช้กับการออกแบบและพัฒนาการทำงานของหุ่นยนต์ทำงานต่อเนื่องตามลำดับแต่ละขั้นตอนและสัญลักษณ์การทำงานของอุปกรณ์เพื่อเข้าใจง่าย

คำสำคัญ — ตารางรวมงานมาตรฐาน, YAMAZUMI CHART, Signal flow diagram, Motion step diagram

Abstract — In order to enhance the business competency in the plastic rear bumper manufacturing process (mold injection) as a part of the automotive industry, with customized goods that meet individual customers' needs with more cost-effectiveness under the limited resources, this study transforms the manual process to the semi-automation process by introducing an industrial robot with the customized gripper consisting of the pneumatic cylinder actuators to the manufacturing process and reveals the sequential control analysis and design of pneumatic actuators of the grippers that are used for

assembling two clips into the bumper with gate cutting. The result is the semi-automation production system that can reduce one more operator from the previous two operators with higher product yields and quality

Keywords — Standardized work combination table, Yamazumi chart, Signal flow diagram, Motion-step diagram

I. บทนำ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อลดความสูญเปล่าในสายการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์ โดยจัดสมดุลการผลิตและลดงานของพนักงาน เพื่อให้ทันกับรอบการผลิตของเครื่องฉีดพลาสติก เนื่องจากงานเร่งรีบจึงทำให้ชิ้นงานไม่ได้คุณภาพ และประกอบชิ้นส่วนไม่ครบ

บริษัทกรณีศึกษาเป็นอุตสาหกรรมที่ประกอบเกี่ยวกับการกับการฉีดพลาสติก ผลิตภัณฑ์หลัก คือชิ้นส่วนรถยนต์ประเภทพลาสติก โดยวิธีการฉีดขึ้นรูป ชิ้นงานได้จากการฉีดพลาสติกขึ้นรูป ดังรูปที่ 1 และประกอบคลิปเป็นชิ้นส่วนสำคัญในการประกอบกับรถยนต์

กระบวนการการผลิตชิ้นส่วน ประกอบไปด้วยชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์ฉีดจำนวน 2 ชิ้น ประกอบ คลิปแบบกลม 1 ชิ้น คลิปแบบเหลี่ยม 1 ชิ้น กระบวนการการทำงานมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ประกอบไปด้วย 1.เครื่องฉีดพลาสติกรุ่น KraussMaffei ขนาดแรงฉีด 500 ตัน 2.เม็ดพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) 3.หุ่นยนต์ รุ่น ABB IRB2600 4.แม่พิมพ์มีชิ้นงาน 2 ตัวที่ 5.พนักงานจำนวน 2 คน การผลิตเริ่มจากหลอมพลาสติกอุณหภูมิอยู่ที่ 220 องศาเซลเซียส ฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์พลาสติก หุ่นยนต์จับชิ้นงานจากเครื่องฉีดมาวางบนโต๊ะพนักงานจำนวน 2 ชิ้น พนักงานคนที่ 1 หยิบ

ชิ้นงานชิ้นที่ 1 ตัดแต่งทางเข้าน้ำพลาสติก ประกอบคลิบบางกลม 1 ชิ้น คลิบบางเหลี่ยม 1 ชิ้น ใส่กล่องบรรจุ พนักงานคนที่ 2 ทำอย่างเดียวกันกับชิ้นงานชิ้นที่ 2 ตัดแต่งทางเข้าน้ำพลาสติก ประกอบคลิบบางกลม 1 ชิ้น คลิบบางเหลี่ยม 1 ชิ้น ใส่กล่องบรรจุ ดังรูปที่ 2 Flow Chart ก่อนปรับปรุง หนึ่งรอบการผลิตใช้เวลา 62 วินาที

1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือ การจัดการผลิตใหม่เพื่อให้ได้ความเร็วในการผลิต (Takt Time) ที่ต้องการ การลดพนักงาน และคุณภาพชิ้นงานที่ดีขึ้นเป็นผลพลอยได้จากการจัดการการผลิต

II. วิธีดำเนินงานวิจัย

II.1 ก่อนปรับปรุง (ศึกษาปัญหา)

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางาน กระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์ เพื่อหาแนวทางลดเวลาการทำงานของพนักงานและปัญหาการประกอบชิ้นส่วนไม่ครบ ดังรูปที่ 1 ชิ้นงานสมบูรณ์ซึ่งประกอบคลิบบางกลม 2 ชิ้น คือ คลิบบางกลมและ คลิบบางเหลี่ยม [1]



รูปที่ 1 ชิ้นงานกับคลิบบางกลมและคลิบบางเหลี่ยม

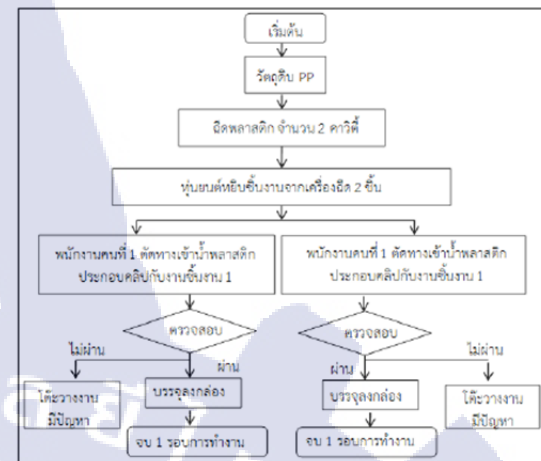
การสั่งซื้อของลูกค้าตลอดทั้ง 12 เดือนในปี 2020 ในเดือนตุลาคมมี ยอดการสั่งซื้อสูงสุด 21,780 ชิ้น/เดือน เวลาทำงานปกติ (08.00-17.00) 8 ชั่วโมง และทำงานล่วงเวลา (17.00-20.00) 3 ชั่วโมง เวลาพักในช่วงเวลาทำงานรวม 1 ชั่วโมง พักทานอาหารกลางวัน 1 ชั่วโมง รวมเหลือเวลาในการทำงาน 9 ชั่วโมง/วัน วันทำงาน 22 วัน/เดือน บริษัทต้องผลิตชิ้นงานให้ได้เฉลี่ยต่อวันอยู่ที่ 990 ชิ้น/วัน จึงจะพอส่งให้กับลูกค้า จากการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าในปี 2021 มียอดการสั่งซื้อเพิ่มขึ้น จึงต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อรองรับกับยอดที่เพิ่มขึ้น

II.1.1 สภาวะสภาพปัจจุบัน

รายละเอียดของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์ การฉีดพลาสติก 1 ครั้งจะได้ชิ้นงาน 2 ชิ้น ดังรูปที่ 2 แสดง Flow Chart ลำดับขั้นตอนการทำงานก่อนการปรับปรุง รายละเอียดขั้นตอนการประกอบด้วยมือ (Manual) ดังรูปที่ 3

เครื่องฉีดชิ้นงานออกมาครั้งละ 2 ชิ้น และหุ่นยนต์จับชิ้นงานจากเครื่องฉีดนำมาวางบนโต๊ะ โดยมีพนักงาน 2 คน พนักงานคนที่ 1 ทำชิ้นงานชิ้นที่ 1 พนักงานคนที่ 2 ทำชิ้นงานชิ้นที่ 2 บรรจุลงกล่อง ดัง Flow Chart รูปที่ 2 จากการพยากรณ์ของลูกค้าในปี 2021 จะมียอดสั่งซื้อเพิ่มขึ้น บริษัทต้องทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มความสามารถการผลิต เพื่อตอบสนองต่อความต้องการสั่งซื้อเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขณะนี้ Takt Time

เป็น 62 วินาทีต่อรอบการผลิตหนึ่งรอบ จากกราฟวิเคราะห์กระบวนการทำงานของพนักงาน จะต้องใช้พนักงานจำนวน 1.8 คน จึงต้องใช้พนักงานจำนวน 2 คน ดังสมการที่ (2)

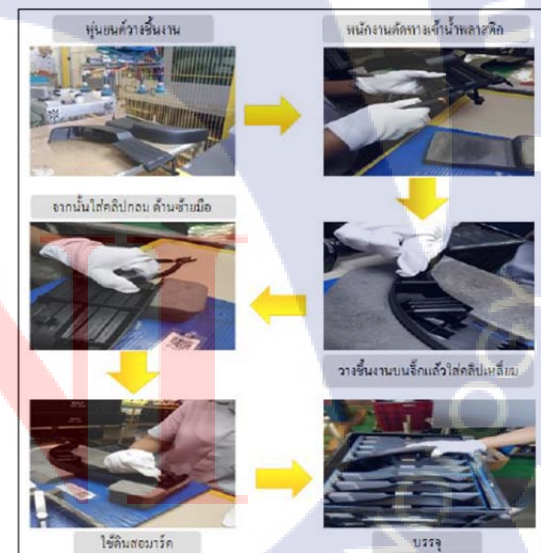


รูปที่ 2 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงาน

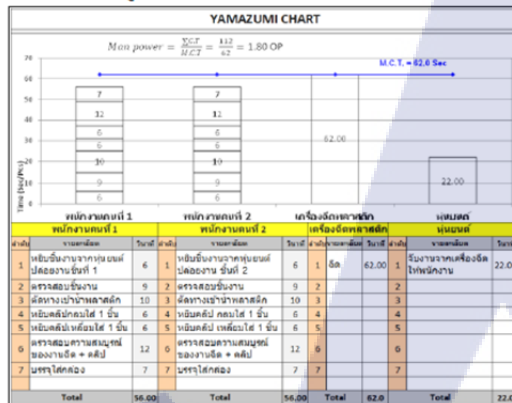
$$[\text{Operator required} = \frac{\text{total operation time required}}{\text{Cycle Time เครื่องฉีด}}] \quad (2)$$

$$\frac{56+56}{62} = 1.8 \text{ คน} \quad (3)$$

กระบวนการผลิตชิ้นส่วนฝาครอบกันชนท้ายรถยนต์พร้อมกับการประกอบชิ้นส่วน มีกระบวนการผลิตการทำงานโดยรายละเอียดแต่ละส่วนของงาน ดัง YAMAZUMI CHART [2] ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของพนักงาน



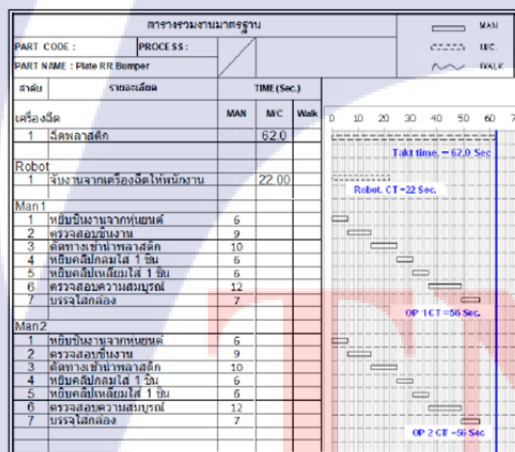
รูปที่ 4 YAMAZUMI CHART แสดงเวลาการทำงานก่อนปรับปรุง

จากการวิเคราะห์ YAMAZUMI CHART และรายละเอียดของแต่ละส่วนของงาน ทำให้พบว่าควรปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อขจัดความสูญเปล่าจากกิจกรรมของหุ่นยนต์ที่มีการรอานอยู่ที่ 40 วินาที หุ่นยนต์ใช้เวลาทำงาน 22 วินาที นิดพลาสติก 1 รอบ จะได้ชิ้นงานจำนวน 2 ชิ้น Cycle Time เครื่องคิดเท่ากับ 62 วินาที ดัง YAMAZUMI CHART รูปที่ 4

Takt Time การผลิต 1 วัน ผลิตงานได้ 523 ครั้ง นิดชิ้นงานได้ 1,046 ชิ้นวัน ดังนั้นการที่ 3 โดยพนักงานทำงาน 2 คน ใช้เวลาขณะ 56 วินาที

Takt time 1 รอบ ของการผลิตได้ 2 ชิ้น

$$= \frac{32,400}{1,046} \quad 31 \text{ วินาที/ชิ้น} \quad (3)$$



รูปที่ 5 ตารางรวมงานมาตรฐาน ก่อนปรับปรุง [3]

การผลิตใช้พนักงานทำงาน 2 คน ที่มีกิจกรรมหลายอย่างสามารถให้หุ่นยนต์ทำได้ เนื่องจากหุ่นยนต์ทำงานน้อยมากเมื่อเทียบกับความสามารถ

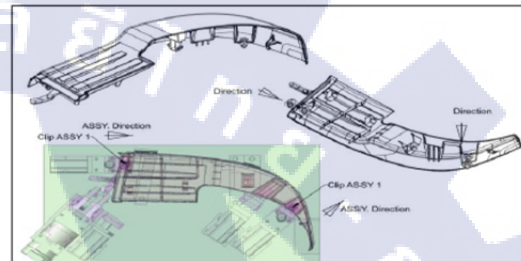
ของหุ่นยนต์ จากการศึกษางานที่หุ่นยนต์สามารถทำได้แก่ คัดทางเข้าพลาสติก ประกอบคลิปลงแบบกลมคลิปลงแบบเหลี่ยม ลดพนักงานจาก 2 คน เหลือ 1 คน จึงเสนอแนวคิดปรับปรุงการทำงานของพนักงานให้เหลืองานตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานและบรรจุกล่อง เพื่อการทำงานไหลลื่นมากขึ้น การทำงานก่อนการปรับปรุง ดังแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของพนักงาน ในรูปที่ 3

III. การดำเนินการทดลองหลังปรับปรุง

ออกแบบลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานของหุ่นยนต์แทนการปฏิบัติงานของพนักงานได้จากตารางรวมงานมาตรฐาน [3] ดังในรูปที่ 5

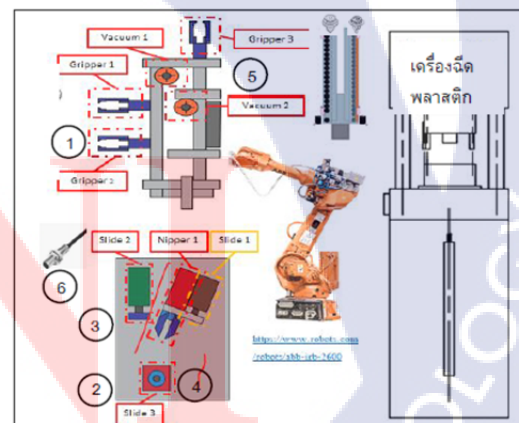
III.1 คำแนะนำการออกแบบอุปกรณ์

ดำเนินการออกแบบกำหนดทิศทางในการใส่คลิปลงและคัดทางเข้าพลาสติก การประกอบคลิปลงแบบกลมจะประกอบทางด้านข้างโดยวิธีการเลื่อนเข้าชานกับชิ้นงาน แบบเหลี่ยมจะประกอบโดยวิธีการเลื่อนขึ้น และคัดทางเข้าพลาสติกจะเลื่อนเข้าด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 Drawing การประกอบคลิปลงและคัดทางเข้าพลาสติกชิ้นงาน

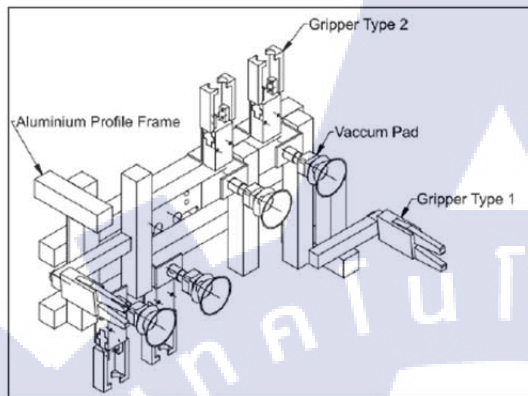
อุปกรณ์และเครื่องมือของสายการผลิตประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้ ได้แก่ 1. กริปเปอร์ เพื่อจับคลิปลงทั้งแบบกลมและแบบเหลี่ยมจากฟิตเตอร์ 2. จิ๊กสำหรับวางคลิปลง 3. ชุดประกอบคลิปลง 4. กรรไกรคัดทางเข้าพลาสติก 5. กริปเปอร์จับทางเข้าพลาสติกหลังคัดออกแล้ว 6. ลิ้มิตเซอร์ตรวจสอบคลิปลง เป็นชุดเครื่องจักรอุปกรณ์อัตโนมัติ ดังในรูปที่ 7



รูปที่ 7 รวมอุปกรณ์และหุ่นยนต์อัตโนมัติ

III. II กริปเปอร์

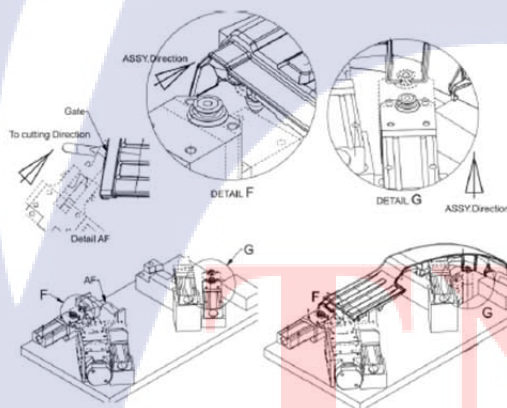
ดำเนินการออกแบบกริปเปอร์ สำหรับจับชิ้นงานดังต่อไปนี้ 1. Vacuum Pad จำนวน 4 ตัว สำหรับจับชิ้นงานออกจากเครื่องฉีด 2. กริปเปอร์แบบที่ 1 สำหรับจับทางเข้าน้ำพลาสติก หลังจากตัดแล้วจำนวน 2 ตัว 3. กริปเปอร์แบบที่ 2 สำหรับจับคัลป์ทั้งแบบกลมและแบบเหลี่ยมจำนวน 4 ตัว ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แบบกริปเปอร์จับคัลป์และชิ้นงาน

III. III ล็อกสำหรับวางชิ้นงานและประกอบ

ชุดประกอบคัลป์กลมประกอบไปด้วยกระบอกลมแบบรางนำ เพื่อเคลื่อนชุดวางคัลป์เคลื่อนที่ตามแนวขวาง ชุดประกอบคัลป์เหลี่ยมประกอบไปด้วยกระบอกลมแบบรางนำ เพื่อให้เคลื่อนที่ตามแนวขึ้นลง และกรรไกรคมตัดทางเข้าน้ำพลาสติก ประกอบไปด้วยกระบอกลมแบบรางนำ เพื่อเคลื่อนที่ไปตำแหน่งตัดทางเข้าน้ำพลาสติก ดังรูปที่ 9



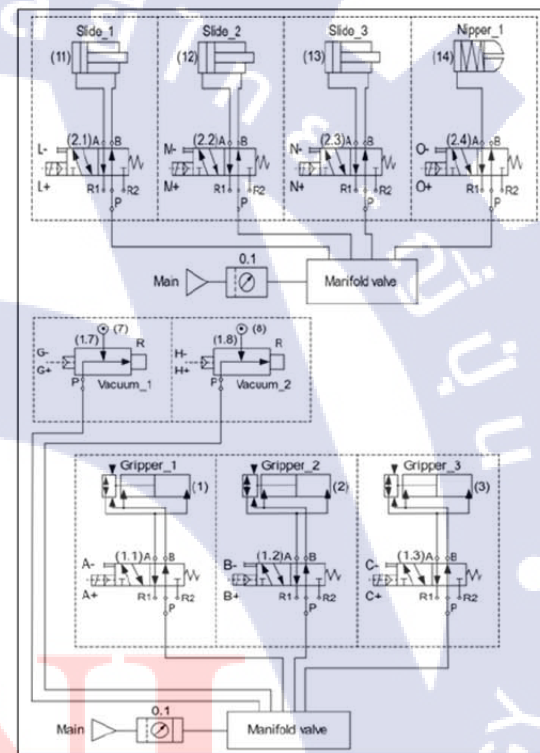
รูปที่ 9 รายละเอียดอุปกรณ์ประกอบคัลป์และตัดทางเข้าน้ำพลาสติก

ดำเนินการออกแบบวิธีการประกอบคัลป์กล่าวคือ เมื่อหุ่นยนต์นำชิ้นงานวางบนจิ๊ก จากนั้นหุ่นยนต์จะส่งกระบอกลมเคลื่อนที่นำคัลป์กลมเลื่อนเข้าตำแหน่งประกอบทางด้านข้าง คัลป์เหลี่ยมเลื่อนเข้าตำแหน่ง

ประกอบทางด้านขึ้น โดยกระบอกลมเคลื่อนที่ขึ้นเพื่อประกอบตามที่ทิศทางตามแบบ

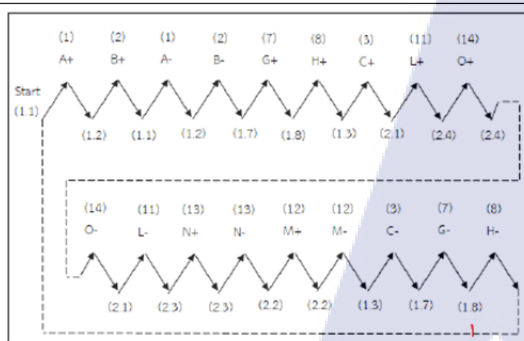
III. IV Signal Flow Diagram

ออกแบบผังการไหลของสัญญาณเพื่อการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด เพื่อสะดวกในการแก้ไขปรับปรุง ดังรูปที่ 11 Signal Flow Diagram [4] และลำดับขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตำแหน่งแสดงรายละเอียดแต่ละขั้นตอน อธิบายในตารางที่ 1 เพื่อความกระจ่างมากขึ้น Signal Flow Diagram เป็นแผนภาพแสดงลำดับการทำงานของกระบอกลมต่างๆ ในระบบนิวเมติกส์ของหุ่นยนต์ ซึ่งออกแบบโดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน ดังรายละเอียดรูปที่ 11 คือ 1. ลูกศรหมายถึงการไหลของขั้นตอนการทำงาน 2. ตัวอักษรตัวใหญ่ เช่น A หมายถึงกระบอกลม 3. เครื่องหมายบวกหรือลบ ซึ่งเครื่องหมายบวกหมายถึงก้านลูกสูบเลื่อนออก และเครื่องหมายลบหมายถึงก้านลูกสูบเลื่อนเข้า 4. ตัวเลขหมายถึงเซ็นเซอร์สัญญาณ (Proximity Switch)



รูปที่ 10 ออกแบบวงจรไฮดรอลิกของระบบ

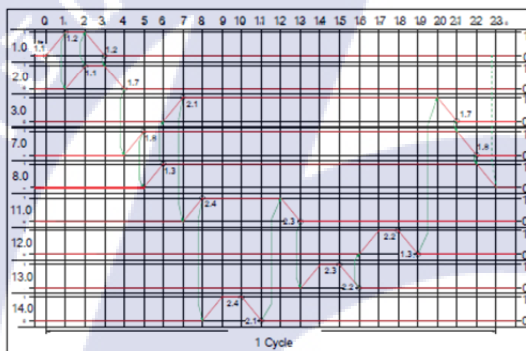
โดยงานวิจัยนี้ได้ออกแบบแอดทูเอเตอร์นิวเมติกของกริปเปอร์ เพื่อควบคุมลำดับการทำงานของกระบอกลมที่ควบคุมกระบวนการผลิตและโซลินอยด์วาล์วของระบบ ดังรายละเอียดรูปที่ 10 เพื่อพิจารณาสัญลักษณ์การทำงานของ โซลินอยด์วาล์ว ได้ชัดเจนมากขึ้น นอกจากนั้นรายละเอียดของลำดับขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ของหุ่นยนต์ ดังในตารางที่ 1



รูปที่ 11 Signal Flow Diagram ของระบบ

III.V Motion-Step Diagram

Motion Step Diagram รูปที่ 12 เป็นแผนภาพแสดงตำแหน่งการทำงานของกระบอกลมแต่ละกระบอก ในระบบนิวเมติกส์เทียบกับลำดับขั้นตอนการทำงานโดยมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ แกนตั้งแสดงตัวเลข "0" เมื่อกระบอกลมหดกลับสุด และ "1" เมื่อกระบอกลมยืดออกสุด ดังได้กล่าวแล้วในรายละเอียดของ Signal Flow Diagram ดังรูปที่ 11 แกนนอนเป็นตัวเลข แสดงถึงลำดับขั้นตอนการทำงานในขั้นตอนของหุ่นยนต์ แนวตั้งแสดงอุปกรณ์



รูปที่ 12 Motion Step Diagram ของระบบ

งานวิจัยนี้แสดงขั้นตอนการทำงานของกระบอกลมดังแสดงใน Motion Step Diagram [6] รูปที่ 12 และแสดงได้เป็น 23 ขั้นตอน ตามจำนวนคอลัมน์ของรูปดังกล่าวและลำดับขั้นตอนรายละเอียด ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ลำดับการทำงานอุปกรณ์แต่ละตำแหน่ง Signal Flow Diagram

Start	(1.1)(A+)	เชลล์สัญญาณ กริปเปอร์ 1 (โซลีนอยด์วาล์ว 1.1 ทำงาน)
(1)	ลมดันกระบอกลมของ กริปเปอร์ 1 เพื่อเปิดปาก กริปเปอร์	
(1.2)(B+)	เชลล์สัญญาณ กริปเปอร์ 2 (โซลีนอยด์วาล์ว 1.2 ทำงาน)	
(2)	ลมดันกระบอกลม กริปเปอร์ 2 เพื่อเปิดปาก กริปเปอร์	
(1.1)(A-)	รีเชลล์สัญญาณ กริปเปอร์ 1 (โซลีนอยด์วาล์ว 1.1 ทำงาน)	
(1)	ลมดันกระบอกลม กริปเปอร์ 1 เพื่อจับคลิป์หัวเหลี่ยม	
(1.2)(B-)	รีเชลล์สัญญาณ กริปเปอร์ 2 (โซลีนอยด์วาล์ว 1.2 ทำงาน)	

	(2)	ลมดันกระบอกลม กริปเปอร์ 2 เพื่อจับ คลิปหัวกลม
	(1.7)(G+)	เซลล์สัญญาณ Vacuum 1
	(7)	ญี่ปุ่นดูด Vacuum 1 (ชุดชิ้นงาน)
	(1.8)(H+)	เซลล์สัญญาณ Vacuum 2
	(8)	ญี่ปุ่นดูด Vacuum 2 (ชุดชิ้นงาน)
	(1.3)(C+)	เซลล์สัญญาณ กริปเปอร์ 3 (โซลินอยด์วาล์ว 1.3 ทำงาน)
	(3)	ลมดันกระบอกลม กริปเปอร์ 3 เพื่อจับทางเข้าน้ำพลาสติก
	(2.1)(L+)	เซลล์สัญญาณ Slide 1 (โซลินอยด์วาล์ว 2.1 ทำงาน)
	(11)	ลมดันกระบอกลม Slide 1 เคลื่อนที่ออกพร้อมตัว กรรไกร 1
	(2.4)(O+)	เซลล์สัญญาณ กรรไกร 1 (โซลินอยด์วาล์ว 2.4 ทำงาน)
	(14)	ลมดันกระบอกลม กรรไกร 1 ตัดทางเข้าน้ำพลาสติก
	(2.4)(O-)	รีเซลล์สัญญาณ กรรไกร 1 (โซลินอยด์วาล์ว 2.4 ทำงาน)
	(14)	สปริงคืนปาก กรรไกร 1
	(2.1)(L-)	รีเซลล์สัญญาณ Slide 1 (โซลินอยด์วาล์ว 2.1 ทำงาน)
	(11)	ลมดันกระบอกลม Slide 1 เคลื่อนที่เข้าพร้อมตัว กรรไกร 1
	(2.3)(N+)	เซลล์สัญญาณ Slide 3 (โซลินอยด์วาล์ว 2.3 ทำงาน)
	(13)	ลมดันกระบอกลม Slide 3 เคลื่อนที่ออกเพื่อใส่ คลิปหัวกลม
	(2.3)(N-)	รีเซลล์สัญญาณ Slide 3 (โซลินอยด์วาล์ว 2.3 ทำงาน)
	(13)	ลมดันกระบอกลม Slide 3 เคลื่อนที่กลับ
	(2.2)(M+)	เซลล์สัญญาณ Slide 2 (โซลินอยด์วาล์ว 2.2 ทำงาน)
	(12)	ลมดันกระบอกลม Slide 2 เคลื่อนที่ออกเพื่อใส่ คลิปหัวเหลี่ยม
	(2.2)(M-)	รีเซลล์สัญญาณ Slide 2 (โซลินอยด์วาล์ว 2.2 ทำงาน)
	(12)	ลมดันกระบอกลม Slide 2 เคลื่อนที่กลับ
	(1.3)(C-)	รีเซลล์สัญญาณ กริปเปอร์ 3 (โซลินอยด์วาล์ว 1.3 ทำงาน)
	(3)	ลมดันกระบอกลมกริปเปอร์ 3 ปลดปล่อย ทางเข้าน้ำพลาสติก
	(1.7)(G-)	รีเซลล์สัญญาณ Vacuum 1
	(7)	ญี่ปุ่นปล่อย Vacuum 1 (ปลดปล่อยชิ้นงาน)
	(1.8)(H-)	รีเซลล์สัญญาณ Vacuum 2
Go to Start	(8)	ญี่ปุ่นปล่อย Vacuum 2 (ปลดปล่อยชิ้นงาน)

IV ผลการดำเนินงานวิจัย

ผลการปรับปรุงกระบวนการ การผลิตได้โดยย้ายงานให้หุ่นยนต์ทำงานมากขึ้น จากการดำเนินการศึกษางาน [1] ทดลองการผลิต โดยเน้นเวลางานกระบวนการ ขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์ให้ทันกับเวลาของเครื่องฉีด ซึ่งได้ผลตามที่ได้อธิบายและออกแบบไว้ ดัง YAMAZUMI CHART [2] รูปที่ 13

การที่ศึกษานี้ได้พัฒนาให้หุ่นยนต์ปฏิบัติงานโดยประกอบคลิป์ทั้ง 2 ชิ้นงานพร้อมกันด้วยกริปเปอร์คู่ ทำให้เวลางานลดลงไปมากเมื่อเทียบกับขั้นตอนกระบวนการ การผลิตเดิม ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนการตัดทางเข้าน้ำพลาสติก ก่อนปรับปรุงพนักงานทำงานโดยตัดทางเข้าน้ำพลาสติก ชิ้นละ 10 วินาที ดังรูปที่ 4 ทำ 2 ชิ้นรวมเป็น 20 วินาที หลังปรับปรุงหุ่นยนต์หยิบชิ้นงานไปวางบนอีกตัดทางเข้าน้ำพลาสติกทำงานชิ้นละ 3.5 วินาที ดังรูปที่ 14 ทำ 2 ชิ้นรวม 7 วินาที ลดเวลาได้ 13 วินาที

- ขั้นตอนการประกอบ คลิป์แบบกลมและคลิป์แบบเหลี่ยม ก่อนปรับปรุงพนักงานทำงานรวม 21 วินาที จากการประกอบทีละชิ้นดังรูปที่ 4 หุ่นยนต์



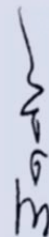
มอบเกียรติบัตรฉบับนี้ไว้เพื่อแสดงว่า

เกรียงไกร มีเฒ่า ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน ยศวีร์ วีระกำแหง

ได้นำเสนอบทความเรื่อง

การออกแบบระบบกึ่งอัตโนมัติของสายการผลิต ในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์

ในงานประชุมสหวิทยาการระดับชาติสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ครั้งที่ 8 (TNIAC2022)
จัดโดย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ร่วมกับสมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย (AIAT)
ระหว่างวันที่ 19-20 พฤษภาคม 2565



รองศาสตราจารย์ ดร. รัตติกกร วรากุลศิริพันธ์
ประธานคณะกรรมการจัดประชุมวิชาการ TNIAC 2022