

การออกแบบเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการทำงานร่วมกับ
กล้องตรวจสอบชิ้นงานและหุ่นยนต์ในสายการประกอบ
AUTOMATIC ASSEMBLY MACHINE DESIGN FOR WORKING
WITH VISION SENSOR AND ROBOT IN ASSEMBLY LINE



นายดิษยปรัชญ์ ฉัตรจิรานนท์
MR. DISSAYAPRAD CHATJIRANON

นายธนพัทธ์ แสงทิพย์
MR. TANAPAT SAENGTHIP

นางสาวปิยาพัชร เต็มชัยกุล
MS. PIYAPHAT TERMCHAIKUL

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม และสาขาวิชาวิศวกรรมออกแบบการผลิตและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC ASSEMBLY MACHINE DESIGN FOR WORKING WITH VISION SENSOR AND ROBOT IN ASSEMBLY LINE



MR. DISSAYAPRAD CHATJIRANON
MR. TANAPAT SAENGTHIP
MS. PIYAPHAT TERMCHAIKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
AND PRODUCTION DESIGN AND MATERIALS ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

การออกแบบเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการทำงานร่วมกับ
กล้องตรวจสอบชิ้นงานและหุ่นยนต์ในสายการประกอบ
AUTOMATIC ASSEMBLY MACHINE DESIGN FOR WORKING WITH
VISION SENSOR AND ROBOT IN ASSEMBLY LINE

นักศึกษา

นายดิษยปรัชญ์ ฉัตรจิรานนท์	รหัสประจำตัว	61010378
นายธนพัทธ์ แสงทิพย์	รหัสประจำตัว	61010440
นางสาวปิยาพัชร เต็มชัยกุล	รหัสประจำตัว	61010659

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
สาขาวิชาวิศวกรรมออกแบบการผลิตและวัสดุ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์


(ดร. พลชัย โชติปรายนกุล)

หัวข้อปริญญานิพนธ์

การออกแบบเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการ
ทำงานร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงานและหุ่นยนต์ในสายการ
ประกอบ

นักศึกษา

นายดิษยปรัชญ์ ฉัตรจิรานนท์

นายธนพัทธ์ แสงทิพย์

นางสาวปิยาพัชร เต็มชัยกุล

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

สาขาวิชาวิศวกรรมออกแบบการผลิตและวัสดุ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา

2564

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

ดร. พลชัย โชติปราชญ์กุล

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาการลดรอบเวลาการผลิตและการลดต้นทุนด้านแรงงานใน
อุตสาหกรรมด้วยระบบอัตโนมัติ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์กล่องกระจายสัญญาณ WIFI จากบริษัท เดลต้า อีเลค
ทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน โดยสร้างเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติเพื่อประกอบชิ้นงานฝาส่วนบน
และส่วนล่างแบบ Snap-fit เริ่มจากการสร้างเครื่องประกอบชิ้นงานทำงานโดยใช้พนักงานประกอบและรองรับ
การทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ โดยในการออกแบบโครงสร้างต้องให้รองรับแรงกดสูงสุดของกระบอกลมที่ต้องมีค่า
ความโก่งงอของวัสดุโครงสร้างเครื่องต่ำกว่าค่าพิสัยความเผื่อที่ยอมรับได้ของชิ้นงาน หลังการออกแบบได้ทำ
การจำลองวิเคราะห์แรงกดผลการจำลองเหตุการณ์บ่งบอกว่าโครงสร้างเครื่องมีความแข็งแรงที่ให้ค่าการโก่งงอ
ต่ำกว่าค่าที่พิสัยความเผื่อที่กำหนด ส่วนการออกแบบวงจรนิวแมติกส์และวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงานโดยมี
การติดตั้งเซนเซอร์อย่างแม่นยำและการสั่งงานด้วยสองมือเพื่อความปลอดภัย และยังออกแบบให้เครื่อง
สามารถใช้งานร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงานและหุ่นยนต์แบบ SCARA ได้ เมื่อทดลองการทำงานในสายการ
ประกอบผลิตภัณฑ์ คือ กล้องตรวจสอบชิ้นงานสามารถจำแนกชิ้นงานฝาส่วนบน และส่วนล่าง ชิ้นงานประกอบ
กันได้ดี ในการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิยามาซุมิ สามารถสรุปได้ว่าหากความเร็วหุ่นยนต์ที่เหมาะสมเวลาของ
กระบวนการจะเท่ากับ 13.48 วินาทีต่อชิ้นซึ่งอยู่ภายใน Takt-Time ที่กำหนดและสามารถลดจำนวนคนงาน
ได้ 2 คน และการใช้หุ่นยนต์สามารถยืดหยุ่นการทำงานได้จาก 8 ชั่วโมงต่อวันขยายได้เป็น 24 ชั่วโมงต่อวัน
ทำให้ผลิตภาพทำได้จาก 1,630 ชิ้นต่อวัน เพิ่มได้ถึง 6,409 ชิ้นต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ก็จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automatic Assembly Machine Design for Working with Vision Sensor and Robot in Assembly Line
Student	Mr. Dissayaprad Chatjiranon Mr. Tanapat Saengthip Ms. Piyaphat Termchaikul
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering Production Design and Materials Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Dr. Pholchai Chotiprayanakul

ABSTRACT

This thesis aims to study and reduce cycle time and labor cost in assembly line by using automation. The case study is an assembly line of WIFI router in Delta Electronics (Thailand) Public Co., Ltd. In this project, an automatic WIFI router assembly press machine is designed and built. The designed press machine will press snap-fit between upper case and lower case of WIFI router where they are loaded by a manual operator or a SCARA robot. First step, the press force by air cylinder is considered to make the deflection of machine structure lower than the tolerance of the WIFI router. A CAD simulation is used to prove this constrain of the machine. Beside the hardware design, controlling circuit and pneumatic circuit are designed to comply the safety regulation and capable to interface with a SCARA robot and vision inspection sensor. Operation tests are conducted to confirm the capacity of the new assembly process. Test result from Yamazumi Chart shows that the optimal robot speed can give a cycle time of 13.48 second per piece that is under the Takt-Time. Also a SCARA robot with inspection sensor can replace 2 operators in assembly line. Beside this, the robot will tolerate working-hour which is flexible from 8 hours to 24 hours per day that will allow the production capacity from 1,630 pieces per day to 6,409 pieces per day.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การออกแบบเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการทำงานร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงานและหุ่นยนต์ในสายการประกอบ สามารถสำเร็จลุล่วงผ่านไปได้ด้วยดี อันเนื่องมาจากความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณในความรู้รวมถึงคำแนะนำต่างๆ ที่ได้รับจากบุคคลผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน

ขอขอบพระคุณ ดร. พลชัย โชติปราชญ์กุล อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาในการให้ความรู้และข้อมูลที่จำเป็นในการปฏิบัติงาน ชี้แนะแนวทางต่างๆ ในการวางแผนการดำเนินงาน รวมถึงตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับความรู้ที่ได้รับตลอดการศึกษาในระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ตลอดจนเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุน รวมถึงให้ความช่วยเหลือในหลายๆ ด้านทำให้คณะผู้จัดทำสามารถทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายดิษยปรัชญ์ ฉัตรจิรานนท์
นายธนพัทธ์ แสงทิพย์
นางสาวปิยาพัชร เต็มชัยกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาานิพนธ์.....	2
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 แผนการดำเนินงานของปริญญาานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ข้อมูลการทำงานของสายประกอบ	4
2.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์	4
2.1.2 การศึกษาการทำงานของกระบวนการ (Work Study)	5
2.1.3 รอบเวลาเป้าหมาย (Takt Time / Planned Cycle Time)	7
2.1.4 รอบเวลาการผลิตจริง (Actual Cycle Time).....	7
2.1.5 อัตราชิ้นงานที่ผลิตได้ (Production Rate).....	7
2.1.6 เปอร์เซนต์การใช้ประโยชน์ และเปอร์เซนต์เวลาสูญเปล่า.....	8
2.1.7 คอขวดของการผลิต (Bottleneck in Production).....	8
2.1.8 การจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing)	8
2.1.9 ผลการศึกษาเบื้องต้น.....	9
2.1.10 เป้าหมายในการปรับปรุงกระบวนการ.....	9
2.2 แรงกดประกอบชิ้นงาน	10
2.2.1 การหาแรงกดประกอบชิ้นงาน	10
2.2.2 การคำนวณหาขนาดกระบอกลม	10
2.2.3 ความแข็งแรงของอลูมิเนียมโปรไฟล์.....	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ึ่งจะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
2.3 ความรู้เบื้องต้นของวงจรมอเตอร์ 12	12
2.3.1 อุปกรณ์ 12	12
2.3.2 วงจรควบคุมการทำงาน 15	15
2.4 หุ่นยนต์แบบ SCARA 15	15
2.4.1 ข้อมูลจำเพาะของหุ่นยนต์ Mitsubishi รุ่น RH-3CH4018-D 15	15
2.4.2 ระยะเวลาเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 16	16
2.5 กล้องตรวจสอบชิ้นงาน 17	17
2.5.1 ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ 17	17
2.5.2 การเชื่อมต่อวงจร 17	17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 การออกแบบเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ 19	19
3.1.1 การออกแบบ 2 มิติ โดยใช้โปรแกรม SolidWorks 19	19
3.1.2 การคำนวณค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 20	20
3.1.3 การจำลองเพื่อวิเคราะห์แรงกดโดยใช้โปรแกรม SolidWorks 26	26
3.1.4 การออกแบบวงจรของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ 30	30
3.1.5 การออกแบบอุปกรณ์เสริมสำหรับเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ 32	32
3.2 การออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์ 34	34
3.2.1 การตั้งค่าจุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์ (Origin Setting) 34	34
3.2.2 การออกแบบโดยใช้โปรแกรม RT Toolbox3 และการจำลองการทำงาน 35	35
3.2.3 การออกแบบอุปกรณ์เสริมสำหรับหุ่นยนต์ 40	40
3.3 การออกแบบการทำงานของกล้องตรวจจับชิ้นงาน (Vision Sensor) 40	40
3.3.1 การออกแบบโดยใช้โปรแกรม Insight Explorer และการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ 40	40
3.3.2 การออกแบบอุปกรณ์เสริมสำหรับกล้องตรวจสอบชิ้นงาน 44	44
3.4 การเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ 44	44
3.5 การศึกษาการทำงานในสายการประกอบ 45	45
3.5.1 กระบวนการในการประกอบชิ้นงาน 46	46

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
4.1 ผลการทดลองการทำงานประกอบชิ้นงาน	48
4.2 ผลการศึกษาการทำงานในสายการประกอบ	49
4.2.1 เวลาในการทำงาน (Process Time).....	49
4.2.2 แผนภูมียามาซุมิ (Yamazumi Chart)	50
4.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis).....	51
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล	
5.1 การสรุปผลการดำเนินงาน	53
5.2 ข้อเสนอแนะ	53
เอกสารอ้างอิง.....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานของปริญญาโท.....	3
ตารางที่ 2.1 ข้อมูลเวลาในการทำงานของกระบวนการในสายการประกอบ A1.....	6
ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับปรุงสายการประกอบ A1 และเป้าหมาย.....	9
ตารางที่ 2.3 ความสามารถของแรงดึง และแรงกดของกระบอกกลม.....	11
ตารางที่ 2.4 การรับแรงกดของอลูมิเนียมโพรไฟล์ (ใช้อ้างอิงสำหรับผลิตภัณฑ์ของ AIC เท่านั้น)	11
ตารางที่ 2.5 แสดงข้อมูลจำเพาะของหุ่นยนต์ RH-3CH4018-D	16
ตารางที่ 2.6 แสดงข้อจำกัดในการทำงานของกล้องตรวจสอบชิ้นงานแต่ละรุ่น	17
ตารางที่ 2.7 แสดงสาย Breakout Cable ทั้งหมดของกล้องตรวจสอบชิ้นงานรุ่น VS20C-13F410	18
ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของอลูมิเนียม 6061 และ 6063	23
ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลเวลาของกระบวนการในสายการประกอบโดยใช้นุญชัย.....	49
ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลเวลาของกระบวนการในสายการประกอบโดยใช้ระบบอัตโนมัติ.....	49
ตารางที่ 4.3 แสดงรอบเวลาการทำงานจริงในแต่ละความเร็ว.....	51
ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างกระบวนการประกอบโดยมนุษย์ และโดยระบบอัตโนมัติ ..52	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ข ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	การไหลของกระบวนการในสายการประกอบผลิตภัณฑ์กล่องกระจายสัญญาณ.....	4
รูปที่ 2.2	อุปกรณ์กล่องกระจายสัญญาณประเภท 5 ช่องสัญญาณรุ่น GS205-100-SR.....	4
รูปที่ 2.3	ภาพถ่ายของฝาด้านของอุปกรณ์กล่องกระจายสัญญาณประเภท 5 ช่องสัญญาณรุ่น GS205-100-SR..	5
รูปที่ 2.4	ภาพถ่ายของฝาล่างของอุปกรณ์กล่องกระจายสัญญาณประเภท 5 ช่องสัญญาณรุ่น GS205-100-SR	5
รูปที่ 2.5	ตัวอย่างแผนภูมิยามาซุมิ.....	6
รูปที่ 2.6	แสดงแผนภูมิยามาซุมิของสายการประกอบ A1.....	6
รูปที่ 2.7	สายการผลิตที่บ่งบอกว่าสถานี C เป็นคอขวดของการผลิต.....	8
รูปที่ 2.8	ทดสอบแรงกดอัดเพื่อประกอบฝาอุปกรณ์.....	10
รูปที่ 2.9	การรับแรงกดของอลูมิเนียมโพรไฟล์แบบ จุดเดียว-กระจายแรง.....	12
รูปที่ 2.10	ตัวอย่างปั๊มลมที่ใช้งาน.....	12
รูปที่ 2.11	ท่อลม.....	13
รูปที่ 2.12	ข้อต่อลม.....	13
รูปที่ 2.13	ชุดกรองลม.....	14
รูปที่ 2.14	วาล์วควบคุมทิศทางลม.....	14
รูปที่ 2.15	กระบอกลม.....	14
รูปที่ 2.16	หุ่นยนต์ RH-3CH4018-D.....	16
รูปที่ 2.17	แสดงระยะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ RH-3CH4018-D.....	16
รูปที่ 2.18	แสดงกล่องตรวจสอบชิ้นงาน (Vision sensor) รุ่น VS20C-13F410.....	17
รูปที่ 3.1	ภาพถ่ายแสดงโครงสร้าง และขนาดเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ (มิลลิเมตร).....	19
รูปที่ 3.2	ภาพถ่ายแสดงขนาดของแผ่นอะคริลิกด้านข้าง (มิลลิเมตร).....	20
รูปที่ 3.3	ภาพถ่ายแสดงขนาดของแผ่นอะคริลิกด้านหน้ามุมเฉียง (มิลลิเมตร).....	20
รูปที่ 3.4	ภาพถ่ายแสดงขนาดของแผ่นอะคริลิกด้านหน้าแผ่นล่าง (มิลลิเมตร).....	20
รูปที่ 3.5	เส้นแนวแรงที่โครงสร้างของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติได้รับ.....	24
รูปที่ 3.6	ภาพ section view แสดงเส้นแนวแรงกดที่กระจายของอลูมิเนียมโพรไฟล์ยาว 360 มิลลิเมตร.....	25
รูปที่ 3.7	ภาพ section view แสดงเส้นแนวแรงกดที่กระจายของอลูมิเนียมโพรไฟล์ยาว 440 มิลลิเมตร.....	26
รูปที่ 3.8	ภาพ 3D Sketch โครงร่างเสมือนจริงของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ.....	27

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3.9 ภาพ Boss-Extrude โครงร่างเสมือนจริงของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ.....	27
รูปที่ 3.10 แสดงขั้นตอนในการเลือกวัสดุของโครงเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ	28
รูปที่ 3.11 ภาพแสดง Contact ที่เชื่อมกัน	28
รูปที่ 3.12 ภาพแสดง เส้นแนวแรงในการกดชิ้นงาน	29
รูปที่ 3.13 ภาพแสดงการ Simulation โดยบ่งบอกค่า Stress และ Displacement ของการกดชิ้นงาน	29
รูปที่ 3.14 ภาพจำลองแสดงระบบจ่ายลม และระบบกระบอกลม	30
รูปที่ 3.15 แสดงวงจรไฟฟ้าของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติโดยโปรแกรม FluidSim.....	31
รูปที่ 3.16 แสดงวงจรไฟฟ้าของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติบางส่วน	31
รูปที่ 3.17 แสดงเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติมุมมองด้านหน้า (Front View) และด้านข้าง (Side View).....	32
รูปที่ 3.18 แสดงเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติมุมมองด้านบน (Top View) และไอโซเมตริก (Isometric View)	32
รูปที่ 3.19 แสดงแผ่นรองกระจายแรง.....	33
รูปที่ 3.20 แสดง Fixture	33
รูปที่ 3.21 แสดงตัวแท่งกดที่ยึดติดกับกระบอกลม.....	33
รูปที่ 3.22 แสดงภาพประกอบในการตั้งจุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์.....	34
รูปที่ 3.23 การตั้งค่าจุดเริ่มต้นใน Teaching pendent (T/B).....	34
รูปที่ 3.24 ส่วนประกอบในการจำลองการประกอบชิ้นงานในระบบอัตโนมัติ.....	35
รูปที่ 3.25 แสดงแผงควบคุมในการจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์.....	35
รูปที่ 3.26 แสดงส่วนประกอบของแขนจับชิ้นงาน	40
รูปที่ 3.27 แสดงการตั้งค่าการป้อนสัญญาณ (Trigger).....	41
รูปที่ 3.28 แสดงข้อมูลนำเข้าของชิ้นงานฝาส่วนล่าง (Lower Case).....	41
รูปที่ 3.29 แสดงการตรวจจับเครื่องหมายการค้า NETGEAR.....	42
รูปที่ 3.30 แสดงการตรวจจับจำนวนฟีนของ Snap-Fit.....	42
รูปที่ 3.31 แสดงข้อมูลนำเข้าของชิ้นงานฝาส่วนล่าง (Lower Case).....	42
รูปที่ 3.32 แสดงการตรวจจับวงกลมชิ้นงานฝาส่วนบน (Upper Case)	43
รูปที่ 3.33 แสดงการตรวจสอบจำนวนเม็ดสี (Color Pixel Count).....	43
รูปที่ 3.34 แสดงผลลัพธ์ของชิ้นงานฝาส่วนล่าง (Lower Case) และฝาส่วนบน (Upper Case).....	43
รูปที่ 3.35 แสดงส่วนประกอบของตัวยึดกล่องตรวจสอบชิ้นงาน	44

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3.36 แผนภาพการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ.....	45
รูปที่ 3.37 รูปแสดงงานประกอบชิ้นตอนที่ 1.....	46
รูปที่ 3.38 รูปแสดงงานประกอบชิ้นตอนที่ 2.....	46
รูปที่ 3.39 รูปแสดงงานประกอบชิ้นตอนที่ 3.....	47
รูปที่ 3.40 รูปแสดงงานประกอบชิ้นตอนที่ 4.....	47
รูปที่ 4.1 แสดงชิ้นงานที่ประกอบกันสำเร็จจากการทดลองการทำงาน.....	48
รูปที่ 4.2 แผนภูมิมาซูมิของกระบวนการในสายการประกอบโดยใช้ระบบอัตโนมัติ.....	50
รูปที่ 4.3 แผนภูมิมาซูมิการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการโดยมนุษย์ และระบบอัตโนมัติ.....	50



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ญะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนำนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาเป็นหลัก โดยผู้ทำโครงการได้อธิบายถึงความสำคัญของโครงการที่ผู้ดำเนินงานได้ทำการศึกษา โดยจะประกอบไปด้วย

1. ความเป็นมาและความสำคัญ
2. วัตถุประสงค์ของโครงการ
3. ขอบเขตโครงการ
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ
5. แผนการดำเนินงานของโครงการ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัท เดลต้า อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน ต้องการแก้ปัญหาสายการประกอบผลิตภัณฑ์ที่เป็นการประกอบด้วยชิ้นยึด (Snap-fit) ที่มีเวลาการทำงานสูงกว่ารอบเวลาเป้าหมาย และการมีจำนวนพนักงานมากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นปัญหาที่พบบ่อยในสายการผลิต และสายการประกอบทั่วไป คณะผู้จัดทำจึงเกิดแนวความคิดการประยุกต์ใช้ระบบอัตโนมัติในสายการประกอบเพื่อเป็นต้นแบบในการศึกษาการแก้ปัญหาการลดเวลาการผลิตสูงกว่ารอบเวลาเป้าหมาย รวมถึงการลดต้นทุนด้านแรงงานในอุตสาหกรรม และนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในอนาคต

ในการสร้างเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ แบ่งการทำงานเป็น 2 รูปแบบ คือ สำหรับการทำงานร่วมกับมนุษย์ และสำหรับการทำงานร่วมกับกล้อ้งจับตำแหน่งและหุ่นยนต์ในสายการประกอบ ซึ่งจะเป็นการพัฒนาต่อยอดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิตสูงสุด โดยคณะผู้จัดทำจะดำเนินการออกแบบ และสร้างเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติขึ้น เมื่อทำการต่อวงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้าจนสามารถทำงานร่วมกับมนุษย์ได้ จะทำการประยุกต์และพัฒนาให้เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติทำงานร่วมกับกล้อ้งจับตำแหน่งและหุ่นยนต์ในสายการประกอบ จากนั้นจะทำการทดสอบการทำงานของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติบนสายการประกอบ จำลองว่าสามารถดำเนินการประกอบชิ้นงานได้ตามรอบเวลาเป้าหมายที่กำหนด

1.2 วัตถุประสงค์ของปฏิญานិพนธ์

1. เพื่อนำความรู้การใช้งานโปรแกรม Solidworks มาใช้ออกแบบเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ
2. เพื่อศึกษาการต่อวงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น ในระบบอัตโนมัติ
3. เพื่อศึกษาการทำงานของหุ่นยนต์ และกล้องตรวจสอบชิ้นงานในระบบการผลิตอย่างต่อเนื่อง
4. เพื่อนำความรู้การศึกษางาน (Work Study) มาใช้ปรับปรุงกระบวนการบนสายการประกอบ
5. เพื่อให้กระบวนการสามารถทำงานได้ตามรอบเวลาเป้าหมายใหม่ คือ 15 วินาทีต่อชิ้น

1.3 ขอบเขตปฏิญานิพนธ์

1.3.1 เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับใช้งานร่วมกับมนุษย์

1. ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีการประกอบแบบ Snap-fit บนสายการผลิต
2. ใช้การเชื่อมต่อระบบโดยตรงโดยไม่ใช้ PLC เนื่องจากวงจรการทำงานไม่ซับซ้อน

1.3.2 เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการใช้งานร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงานและหุ่นยนต์

1. พัฒนามาจากเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการใช้งานร่วมกับมนุษย์
2. ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับขนาดของสายพานการผลิตที่ภาควิชาอุตสาหกรรม
3. ใช้ร่วมกับหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ทิศทางได้ 3 แกนครึ่ง
4. ใช้ร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงาน (Vision Sensor) รุ่น VS20C-13F410

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากปฏิญานิพนธ์

1. เพื่อลดต้นทุนแรงงานโดยการออกแบบสร้างเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับชิ้นงานที่ประกอบแบบ Snap-fit (Automation Snap-fit Pressing Machine)
2. พัฒนาระบบอัตโนมัติโดยการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์และกล้องตรวจสอบชิ้นงานในสายการประกอบ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการผลิตมากขึ้น
3. เพื่อเป็นตัวอย่างในการศึกษาระบบอัตโนมัติที่มีการประยุกต์การใช้งานร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงาน และหุ่นยนต์
4. เพื่อลดรอบเวลาการผลิตจริงของกระบวนการให้ต่ำกว่ารอบเวลาเป้าหมาย เพื่อเพิ่มผลิตผล (Productivity) ของกระบวนการประกอบชิ้นงานแบบ Snap-fit บนสายการประกอบ

1.5 แผนการดำเนินงานของปฏิญานิพนธ์

ปฏิญานิพนธ์การออกแบบเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการใช้งานร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงานและหุ่นยนต์ มีแผนการดำเนินการในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2564 จนถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2565 แบ่งเป็น 10 ขั้นตอน (ดูตารางที่ 1.1)

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานของปริญญาโท

รายละเอียด	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค.
1. ศึกษาพื้นฐานของระบบอัตโนมัติ	←			→						
2. ศึกษาข้อมูลอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น หุ่นยนต์ กล้องตรวจสอบชิ้นงาน (Vision Sensor) รุ่น VS20C-13F410	←		→							
3. ศึกษา เก็บข้อมูล และวิเคราะห์สายการประกอบ A1 ของทางบริษัท เดลต้า อิเล็คโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน	←		→							
4. ออกแบบเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการใช้งานร่วมกับมนุษย์	←		→							
5. ประดิษฐ์เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการใช้งานร่วมกับมนุษย์ที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ		←		→						
6. ศึกษาระบบหุ่นยนต์ กล้องตรวจสอบชิ้นงาน (Vision Sensor) และการเชื่อมต่อ			←					→		
7. พัฒนาเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติให้สามารถใช้งานร่วมกับหุ่นยนต์ และกล้องตรวจสอบชิ้นงาน (Vision Sensor) รุ่น VS20C-13F410					←			→		
8. จำลองการทำงานเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ และกล้องตรวจสอบชิ้นงาน (Vision Sensor) บนสายพานการผลิตที่ภาควิชาอุตสาหการ							←		→	
9. ทำรายงานโครงงานปริญญาโท					←				→	
10. นำเสนอโครงงานปริญญาโท										←

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

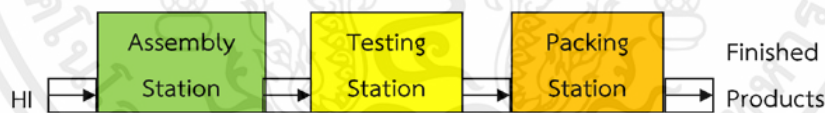
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1. ข้อมูลการทำงานของสายประกอบ A1 ของบริษัทเดลต้า อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด
2. การคำนวณแรงกดของกระบอกลม
3. ความรู้เบื้องต้นของวงจรนิวแมติกส์ไฟฟ้า
4. รุ่นยนต์ RH-3CH4018-D
5. กล้องตรวจสอบชิ้นงาน รุ่น VS20C-13F410
6. การศึกษาการทำงานในสายการประกอบ (Industrial Work Study)

2.1 ข้อมูลการทำงานของสายการประกอบ

จากการดำเนินการศึกษาการทำงานของกระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์กล่องกระจายสัญญาณ (Wireless Internet Router) ซึ่งเป็นกระบวนการประกอบอย่างต่อเนื่อง โดยในสายการประกอบแบ่งเป็นกระบวนการย่อยตามลำดับ คือ สายการประกอบ (Assembly Line) สายการทดสอบ (Testing Line) และสายการบรรจุผลิตภัณฑ์ (Packing Line) สายการประกอบ A1 ของบริษัทเดลต้า อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด



รูปที่ 2.1 การไหลของกระบวนการในสายการประกอบผลิตภัณฑ์กล่องกระจายสัญญาณ

2.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์

การศึกษาสายการประกอบ A1 เป็นการศึกษากระบวนการประกอบอุปกรณ์กล่องกระจายสัญญาณ ประเภท 5 ช่องสัญญาณ



รูปที่ 2.2 อุปกรณ์กล่องกระจายสัญญาณประเภท 5 ช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

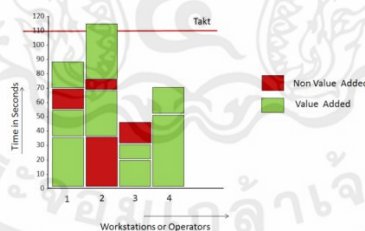
ตารางที่ 2.1 ข้อมูลเวลาในการทำงานของกระบวนการในสายการประกอบ A1

OBSERVATION SHEET												
DATE :		6/24/2021					OPTS No.		12		REV.	
MODEL :		GS205-100S-R					O/I : Cycle Time		24.00			
LINE :		A1					LINE : Cycle Time		24.00			
No. Station	STAT No.	JOB DESCRIPTION	PC PER CYCLE	CYCLE TIME (SEC)					SEC / _1_ PC.			EST, CYCLE TIME
				1	2	3	4	5	MAX	MIN	AVG.	
1	AS-00	Inspection	1	13.57	12.70	12.94	13.39	13.96	13.96	12.70	13.31	13.31
2	AS-01+02	Processing Light Guide	1	17.43	17.72	17.31	17.82	18.07	18.07	17.31	17.67	17.67
3	AS-03	Stick FCC Label	1	8.80	8.69	9.10	9.11	9.41	9.41	8.69	9.02	9.02
4	AS-04	TT3	1	16.37	15.60	15.49	15.98	15.70	16.37	15.49	15.83	15.83
5	AS-05	Check Light	1	15.30	14.30	15.15	15.15	14.34	15.30	14.30	14.85	14.85
6	PA-00	CHG_MO	1	12.46	12.24	12.28	12.23	12.26	12.46	12.23	12.29	12.29
7	PA-01	SSN+PE Bag	1	13.96	14.21	14.79	13.70	14.22	14.79	13.70	14.18	14.18
8	PA-02	Folding Box	1	12.47	11.69	10.43	10.46	11.44	12.47	10.43	11.30	11.30
9	PA-03	Stick MAC, SN Label	1	10.97	11.39	10.41	11.17	10.35	11.39	10.35	10.86	10.86
10	PA-04	Gift Box Label	1	12.90	13.25	13.56	11.85	12.80	13.56	11.85	12.87	12.87
11	PA-05	Attachment	1	14.73	14.40	14.42	17.51	15.21	17.51	14.40	15.25	15.25
12	PA-06	Ooba	1	14.04	14.02	14.43	14.00	13.54	14.43	13.54	14.01	14.01
13	PA-06/1	Wrapping Machine	1	7.06	7.55	7.08	7.12	7.05	7.55	7.05	7.17	7.17
14	PA-06/2	Heating Machine	1	14.52	13.96	14.31	13.84	14.12	14.52	13.84	14.15	14.15
15	PA-07	Boxing	1	16.68	17.56	18.37	16.86	17.59	18.37	16.68	17.41	17.41
Total											200.17	200.17
BOTTLENECK FROM OBSERVATION				=	17.67							
LINE BALANCE EFFICIENCY =				TOTAL WORKING TIME		=	70.82	%				
SET UP OR BOTTLENECK CYCLE TIME x STATION				STATION LOAD		=	8					
Total Time										200.17		
Station										16.00		
Bottleneck										17.67		
Line Balance Efficiency										70.82%		
Prod Base on Bottleneck										136%		
Standard Time										80.00		

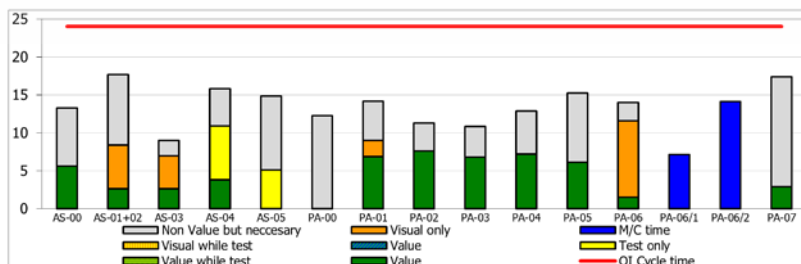
2.1.2.2 แผนภูมียามาซุมิ (Yamazumi Chart)

เป็นแผนภูมิแท่งที่แสดงตามขั้นตอนการทำงานหรือสถานีงาน โดยแต่ละงานจะมีการระบุถึงลักษณะของงานที่ก่อให้เกิดการเพิ่มมูลค่าในงานหรือไม่ หรือใช้เวลาการทำงานจากคนหรือเครื่องจักร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการทำงาน และ วิเคราะห์ภาระงานของพนักงาน โดยทำการเทียบกับเส้นเวลา Takt time

ตัวอย่างแผนภูมิแท่งแบบซ้อนกันใช้บันทึก และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของกระบวนการ กับ ลำดับงานย่อย ซึ่งถูกแบ่งและจัดเป็นกลุ่มตามสถานีงาน โดยที่แกน Y จะเป็นเวลา และแกน X เป็นสถานีงาน



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างแผนภูมียามาซุมิ [16]



รูปที่ 2.6 แสดงแผนภูมียามาซุมิของสายการประกอบ A1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

จากการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.5 จะพบว่าสายการประกอบ A1 มีข้อมูลดังนี้

1. มี 16 สถานี มีคนงาน 12 คน มีเครื่องจักร 2 เครื่อง
2. ประสิทธิภาพของการจัดดูลสายงานคือ 70.82 เปอร์เซ็นต์
3. สถานีงาน AS-01 และ AS-02 Processing Light Guide ซึ่งทำหน้าที่ประกอบผลิตภัณฑ์เป็นจุดคอขวดมีเวลาของกระบวนการคือ 17.67 วินาที/ชิ้น
4. รอบเวลาเป้าหมายคือ 24 วินาที/ชิ้น
5. เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์คือ 40 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เวลาสูญเสียเปล่าคือ 60 เปอร์เซ็นต์
6. มีผลิตผล 1,630 ชิ้น/วัน

2.1.3 รอบเวลาเป้าหมาย (Takt Time / Planned Cycle Time)

รอบเวลาเป้าหมายมีหน่วยเป็นเวลาต่อชิ้น คือ ความเร็วในการผลิต หรือประกอบสินค้า คำนวณจากปริมาณความต้องการของลูกค้า และเป็นเวลาสูงสุดที่ผู้ผลิตจะต้องผลิตสินค้าหนึ่งชิ้นโดยไม่เกินช่วงเวลานี้ จึงจะสามารถตอบสนองปริมาณความต้องการของลูกค้าได้ทันเวลา [16]

$$\text{รอบเวลาเป้าหมาย} = \text{เวลาทั้งหมดในการทำงาน} \div \text{ปริมาณสินค้าที่ลูกค้าต้องการ} \quad (2.1)$$

2.1.4 รอบเวลาการผลิตจริง (Actual Cycle Time)

ในมุมมองของสายการประกอบหรือการผลิต โดยมีสถานีงานต่อกันหลายสถานี จะหมายถึง ความห่างของระยะเวลาการผลิตระหว่างผลิตภัณฑ์ชิ้นสำเร็จที่สายประกอบผลิตได้จริง [16]

$$\text{รอบเวลาในการผลิตจริง} = \text{เวลาในการผลิตหรือประกอบของสถานีงานที่ใช้เวลามากที่สุด} \quad (2.2)$$

$$\text{รอบเวลาการผลิตจริง} = \text{ค่าเฉลี่ยเวลาการผลิตสินค้าชิ้นสำเร็จระหว่างชิ้นที่ } i \text{ และ } i+1 \quad (2.3)$$

ในทางทฤษฎีการคิดรอบเวลาการผลิตจริงทั้ง 2 วิธีจะให้คำตอบที่เท่ากัน นอกจากนี้อัตราความต้องการของลูกค้าและรอบเวลาการผลิตจริง มีหน่วยเป็น เวลาต่อชิ้น และโดยปกติรอบเวลาการผลิตจริง จะมีค่าน้อยกว่า หรือเท่ากับ รอบเวลาเป้าหมาย เพื่อผู้ผลิตจะสามารถผลิตสินค้าทันตามี่ลูกค้าต้องการ [16]

2.1.5 อัตราชิ้นงานที่ผลิตได้ (Production Rate)

จำนวนชิ้นงานชิ้นสำเร็จในช่วงเวลาที่สนใจ หากรอบเวลาการผลิตจริงมีหน่วยเป็นนาทีต่อชิ้น อัตราชิ้นงานที่ผลิตได้มีหน่วยเป็นชิ้นต่อนาที กรณีพิจารณาระยะเวลา 1 ชั่วโมงเรียกว่า UPH (Unit Per Hour) [16]

$$\text{อัตราชิ้นงานที่ผลิตได้} = 1 \div \text{รอบเวลาการผลิตจริง} \quad (2.4)$$

$$\text{อัตราชิ้นงานที่ผลิตได้ (UPH)} = 60 \div \text{รอบเวลาการผลิตจริง (นาที/ชิ้น)} \quad (2.5)$$

2.1.6 เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ และเปอร์เซ็นต์เวลาสูญเปล่า

2.1.6.1 เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ (Percent of Utilization)

เป็นสัดส่วนระหว่างเวลาที่ทรัพยากรทำงานก่อนประโยชน์ รวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน (แต่ไม่รวมการรอคอยงาน) เทียบกับเวลาทั้งหมดที่มีให้สำหรับการทำงาน [16]

$$\text{เปอร์เซ็นต์ในการใช้ประโยชน์} = (\text{เวลาที่ทรัพยากรทำงานจริง} \div \text{เวลาที่มีให้ทั้งหมด}) \times 100 \quad (2.6)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ในการใช้ประโยชน์} = (\text{จำนวนผลผลิต} \div \text{จำนวนผลผลิตสูงสุดภายใต้เงื่อนไขที่ดีที่สุด}) \times 100 \quad (2.7)$$

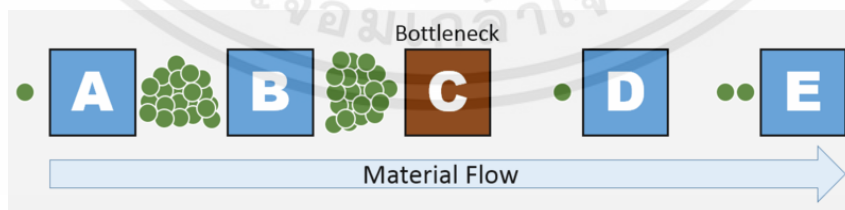
2.1.6.2 เปอร์เซ็นต์เวลาสูญเปล่า (Percent of Idle Time)

ใช้วัดการว่างงานหรือการไม่ได้ทำงานของทรัพยากรที่เกิดขึ้นในสถานีนงาน มักเกิดจากการรอคอยชิ้นงาน [16]

$$\text{เปอร์เซ็นต์เวลาสูญเปล่า} = (\text{เวลาที่ทรัพยากรว่างงาน} \div \text{เวลาที่มีให้ทั้งหมด}) \times 100 \quad (2.8)$$

2.1.7 คอขวดของการผลิต (Bottleneck in Production)

สถานีที่มีประสิทธิภาพการผลิตต่ำที่สุด หรือใช้เวลาของกระบวนการมากที่สุด ดังนั้นจุดคอขวดจะเป็นจุดที่ขวางการไหลของชิ้นงาน ทำให้กระบวนการผลิตโดยรวมล่าช้า แนวทางแก้ไขคอขวดของการผลิต เช่น ปรับปรุงวิธีการทำงาน แบ่งงานของสถานีนงานนั้นไปยังสถานีนอื่น เพิ่มทรัพยากร รวมสถานีนงาน [16]



รูปที่ 2.7 สายการผลิตที่บ่งบอกว่าสถานี C เป็นคอขวดของการผลิต

2.1.8 การจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing)

การจัดงานย่อยรวมเป็นกลุ่มหรือสถานีนงาน เพื่อให้สถานีนงานแต่ละสถานีมีภาระงาน หรือเวลาในการประกอบที่สมดุลกัน และห้ามเกินรอบเวลาเป้าหมาย สิ่งที่ต้องคำนึงถึงได้แก่ ลำดับการทำงานของงานย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อน – หลัง เวลาในการผลิตหรือประกอบของสถานีงานแต่ละแห่งต้องเข้าใกล้รอบเวลาเป้าหมาย และเวลาในการผลิตหรือเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์สถานีงานแต่ละสถานีควรเท่ากัน ประโยชน์ที่ได้จากการจัดดูสายงานคือ ทำให้ไม่เกิดคอขวดของการผลิต ลดความสูญเสียเปล่าเรื่องของการรอคอย [16]

2.1.9 ผลการศึกษาเบื้องต้น

จากข้อมูลที่ได้พบว่า สายการประกอบ A1 มีการว่างงานสูง การจัดดูสายงานมีประสิทธิภาพต่ำ ไม่มีการนำระบบอัตโนมัติเข้ามาช่วยดำเนินงาน มีกำลังคนเกินจากที่กำหนด 1 คนในสถานีงาน AS-01 และ AS-02 จึงควรปรับปรุงโดยลดเวลาการดำเนินงาน และกำลังคนของสถานีงาน AS-01 และ AS-02 ซึ่งเป็นจุดคอขวดด้วยการประดิษฐ์เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ รวมถึงจัดดูสายงานใหม่โดยการรวมสถานีงาน AS-01 และ AS-02 เพื่อลดรอบเวลาการผลิต และลดเวลาสูญเสียเปล่า

2.1.10 เป้าหมายในการปรับปรุงกระบวนการ

การปรับปรุงกระบวนการในสายการประกอบ A1 มีเป้าหมายในการปรับปรุงดังนี้

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับปรุงสายการประกอบ A1 และเป้าหมาย

Model : GS205-100S-R	Actual	Target	%Improvement
1. Cycle time (sec)	24.00	15	37.50
2. Bottleneck (sec)	17.67	15.00	15.11
3. Station	16.00	15.00	6.25
4. Manpower (persons)	12	11	8.33
5. Output/man hrs (pcs/man-hrs)	12.73	16.00	25.65
6. Output per day (pcs/day)	1,630	1,920	17.80
7. Line balance (%)	68.60	86.92	26.70
8. Productivity (%)	135.82	100.00	26.38
9. Standard time (Hrs/K)	106.67	62.50	41.41

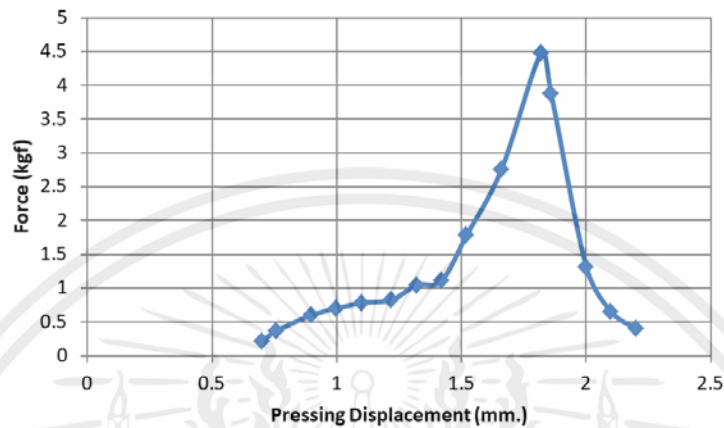
จากผลการศึกษาเบื้องต้นทำให้เห็นชัดว่าขั้นตอนหลัก ๆ ของงานจะเป็นการตรวจสอบชิ้นงาน การจัดวางประกอบ การกดอัดให้เข้าสล๊อค ๆ ชิ้นงาน ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงมีเป้าหมายลดเวลาการทำงานโดยเปลี่ยนไปใช้การประกอบชิ้นงานอัตโนมัติร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงานและหุ่นยนต์ในสายการประกอบ โดยทฤษฎีในการออกแบบเครื่องจะเริ่มจากเรื่องของแรงและความแข็งแรง ต่อด้วยวงจรควบคุมและอุปกรณ์ควบคุม เซนเซอร์สำหรับการตรวจสอบและความปลอดภัย และระบบหุ่นยนต์ในการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แรงกดประกอบชิ้นงาน

2.2.1 การหาแรงกดประกอบชิ้นงาน

จากการหาแรงกดอัดของชิ้นงานเป็นขั้นตอนแรกที่จะเป็นตัวกำหนดการออกแบบเครื่อง จากการทดลองด้วยเครื่องกดอัดแรงอัดจากทางบริษัทเคลต้า ได้ค่าแรงกดสูงสุด 4.5 kg.f ในระยะของเขี้ยวล้อค 2.4 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.8 ทดสอบแรงกดอัดเพื่อประกอบฝาอุปกรณ์

2.2.2 การคำนวณหาขนาดกระบอกลม

การเลือกใช้กระบอกลมให้เหมาะสมกับงาน ควรคำนึงถึงปัจจัยดังนี้

1. น้ำหนักของวัตถุที่จะยกหรือดึง (Load) หรือมักเรียกว่า “น้ำหนักโหลด” โดยน้ำหนักโหลดจะต้องเพิ่มค่าเผื่อเพื่อความปลอดภัย (Safety Factor) ไว้อย่างน้อย 35% เช่น น้ำหนักจริงของวัตถุที่จะยก 100 กิโลกรัม ต้องใช้ 135 กิโลกรัม เป็นค่าที่ใช้ในการเลือกกระบอกลม ($100 \text{ กิโลกรัม} \times 35\% = 135 \text{ กิโลกรัม}$)

2. แรงดันที่ใช้งาน (Pressure) เพื่อคำนวณขนาดของกระบอกลมถูกต้อง และเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งโดยทั่วไปในการคำนวณ จะใช้แรงดันที่ 5 บาร์ เป็นมาตรฐาน

3. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกระบอกลม (Speed) เพื่อเลือกขนาด (Size) และความยาว (Stroke) ของกระบอกลมได้เหมาะสม ซึ่งการยกกระบอกลมจะคำนวณจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยระยะเวลาในการเคลื่อนที่ เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการคำนวณหาขนาดของกระบอกลม

กระบอกลม คือ อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานกล สามารถคำนวณแรงของกระบอกสูบได้จาก [1]

$$F = P \times A \quad (2.9)$$

โดย F คือ แรงมีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรง (kg.f)

P คือ แรงดันของลมอัดมีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร (kg.f/cm²)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบมีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร (cm²)

ตารางที่ 2.3 ความสามารถของแรงดึง และแรงกดของกระบอกลม [1]

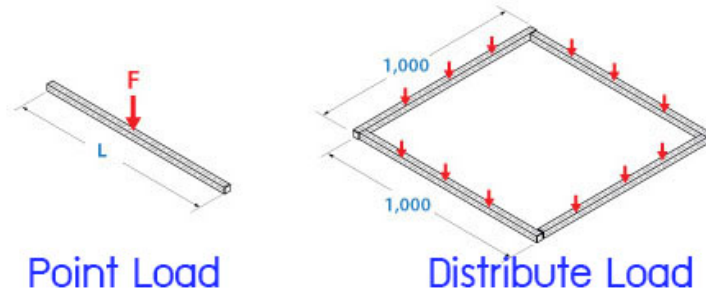
Cylinder Inside Diameter	32	40	50	63	80	100	125	160	200										
External Diameter Piston Rod	12	16	20	20	25	25	32	40	40										
Operation	Double Acting		Double Acting		Double Acting		Double Acting		Double Acting		Double Acting		Double Acting		Double Acting		Double Acting		
	Extrusion Side	Pull Side	Extrusion Side	Pull Side	Extrusion Side	Pull Side	Extrusion Side	Pull Side	Extrusion Side	Pull Side	Extrusion Side	Pull Side	Extrusion Side	Pull Side	Extrusion Side	Pull Side	Extrusion Side	Pull Side	
Compression Area (cm ²)	8.04	6.90	12.56	10.55	19.63	16.49	31.17	28.03	50.26	45.36	78.53	73.62	122.70	114.60	201.00	188.40	314.20	301.40	
Air Pressure (Kgf/cm ²)	1	8.04	6.90	12.56	10.55	19.63	16.49	31.17	28.03	50.26	45.36	78.53	73.62	122.70	114.60	201.00	188.40	314.20	301.40
	2	16.08	13.80	25.12	21.10	39.26	32.98	62.34	56.06	100.52	90.72	157.06	147.24	245.40	229.20	402.00	376.80	628.40	602.80
	3	24.12	20.70	37.68	31.65	58.89	49.47	93.51	84.09	150.78	136.08	235.59	220.86	368.10	343.80	603.00	565.20	942.60	904.20
	4	32.16	27.60	50.24	42.20	78.52	65.96	124.68	112.12	201.04	181.44	314.12	294.48	490.80	458.40	804.00	753.60	1256.80	1205.60
	5	40.20	34.50	62.80	52.75	98.15	82.45	155.85	140.15	251.30	226.80	392.65	368.10	613.50	573.00	1005.00	942.00	1571.00	1507.00
	6	48.24	41.40	75.36	63.30	117.78	98.94	187.02	168.18	301.56	272.16	471.18	441.72	736.20	687.60	1206.00	1130.40	1885.20	1808.40
	7	56.28	48.30	87.92	73.85	137.41	115.43	218.19	196.21	351.82	317.52	549.71	515.34	858.90	802.20	1407.00	1318.80	2199.40	2109.80
	8	64.32	55.20	100.48	84.40	157.04	131.92	249.36	224.24	402.08	362.88	628.24	588.96	981.60	916.80	1608.00	1507.20	2513.60	2411.20
	9	72.36	62.10	113.04	94.95	176.67	148.41	280.53	252.27	452.34	408.24	706.77	662.58	1104.30	1031.40	1809.00	1695.60	2827.80	2712.60

2.2.3 ความแข็งแรงของอลูมิเนียมโปรไฟล์

ในการเลือกใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์เพื่อใช้ในการออกแบบให้เหมาะสมกับลักษณะงาน มีตารางการรับแรงกดแต่ละประเภท ดังนี้

ตารางที่ 2.4 การรับแรงกดของอลูมิเนียมโปรไฟล์ (ใช้อ้างอิงสำหรับผลิตภัณฑ์ของ AIC เท่านั้น) [2]

ความยาว	รับน้ำหนัก	น้ำหนักสูงสุดที่รับได้				ประกอบสี่เหลี่ยมยาวด้านละ 1,000 mm			
		ยาว 500 mm		ยาว 1,000 mm		รับน้ำหนัก 1 จุด		รับน้ำหนักเฉลี่ยทั้งเส้น	
แนวแกน		ตั้ง	นอน	ตั้ง	นอน	ตั้ง	นอน	ตั้ง	นอน
อลูมิเนียมโปรไฟล์ (mm)		หน่วยกิโลกรัมแรง							
20 x 20		10		2		10		20	
20 x 40		70	18	17	4	70	18	140	37
20 x 60		200	26	50	6.5	210	24	330	39
20 x 80		480	34	120	8.5	470	31	750	50
30 x 30		30		9		36		55	
30 x 60		220	60	56	15	260	65	420	100
30 x 90		906	115	226	28	906	115	1813	231
30 x 120		2000	150	500	36	1900	130	3100	200
50 x 50		290		72		270		440	
50 x 100		2000	550	500	135	1900	500	3000	800
40 x 40		100		25		96		150	
40 x 80		740	190	180	45	700	175	1140	280
45 x 45		150		39		190		310	



รูปที่ 2.9 การรับแรงกดของอลูมิเนียมโพรไฟล์แบบ จุดเดียว-กระจายแรง [2]

2.3 ความรู้เบื้องต้นของวงจรมีแมติกส์

2.3.1 อุปกรณ์ลม

ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic System) คือ ระบบที่ใช้การอัดอากาศส่งไปตามท่อที่ประกอบเข้ากับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักร เพื่อทำให้เกิดพลังงานกลในการทำงาน ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้งานหลากหลาย ตั้งแต่การทำงานในเครื่องจักรขนาดใหญ่ รวมถึงร่วมกับระบบอัตโนมัติเพื่อการทำงานแบบอัตโนมัติ ชนิดของอุปกรณ์ลมนิวแมติกส์แบ่งตามการทำงานได้ 4 ส่วน ได้แก่ ปัมลม (Air Compressor) ระบบท่อลมและอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Air Pipe and Coupling) อุปกรณ์วาล์วควบคุม (Valve) และอุปกรณ์ขับเคลื่อน (Actuator) [3]

2.3.1.1 ปัมลมหรืออุปกรณ์ต้นกำลัง (Air Compressor)

ระบบนิวแมติกส์ ใช้ลมอัดเพื่อควบคุมการทำงาน อุปกรณ์ที่ผลิตลมอัด คือ ปัมลม (Air Compressor) โดยเปลี่ยนพลังงานลมอัดเป็นพลังงานกล อัดลมจากความดันปกติไปถึงความดันสูงแล้วนำไปเก็บที่ถังพักลม (Air Tank) การนำไปใช้งานนั้นต้องผ่านเข้าชุดปรับปรุงคุณภาพลมอัด และต้องปรับความดันลมอัดให้มีความเหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบนิวแมติกส์ [4] ปัมลมสามารถแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ ประเภทลูกสูบ ประเภทไดอะแฟรม ประเภทสกรู ประเภทใบพัดเลื่อน ประเภทกังหัน ประเภทใบพัดหมุน [5]



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างปัมลมที่ใช้งาน

2.3.1.2 ระบบท่อลมและอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Air Pipe and Coupling)

เมื่อปั๊มลมได้อัดอากาศจนมีแรงดันมากตามความจุ และความสามารถของอุปกรณ์แล้ว การเดินทางของลมจากปั๊มลมไปยังจุดต่าง ๆ ที่ต้องการภายในสถานประกอบการหรือโรงงานอุตสาหกรรมจะทำได้โดยการจ่ายลมหรือ กระจายแรงดันผ่านท่อลม [6]



รูปที่ 2.11 ท่อลม [6]

ข้อต่อลม คือ ข้อต่อสำหรับเสียบท่อลมที่ใช้กับระบบนิวแมติกส์โดยมีหน้าที่เป็นตัวกลางการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์นิวแมติกส์กับท่อลม หรือเชื่อมต่อระหว่างท่อลมด้วยกัน ทำให้การต่อ หรือถอดเปลี่ยนอุปกรณ์ และท่อลมง่าย สะดวก รวดเร็ว ปลอดภัยขึ้น อีกทั้งราคาไม่แพง จึงทำให้เป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบัน [7]



รูปที่ 2.12 ข้อต่อลม [7]

2.3.1.3 อุปกรณ์วาล์วควบคุม (Valve)

ใช้เริ่ม และหยุดการทำงานของวงจร ควบคุมทิศทางการไหล อัตราการไหล และแรงดัน มีส่วนประกอบดังนี้

1. ชุดกรองลม (FRL Units) หรือ Air Service Unit คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์ ทำหน้าที่เตรียมลม (Air Preparation Unit) โดยปรับปรุงคุณภาพลมให้พร้อมใช้งาน รวมถึงการควบคุมระดับของความดันลมให้คงที่และได้ตามความต้องการ ชุดกรองลมนั้นมีองค์ประกอบอยู่ 3 ส่วน [8]

- F (Filter) อุปกรณ์กรองอากาศ ทำหน้าที่กรองฝุ่นละอองให้ลมอัดมีความสะอาดก่อนนำไปใช้งาน
- R (Regulator) ตัวปรับแรงดันลมทำให้ได้แรงดันด้านขาออกตามต้องการและคงที่
- L (Lubricator) ตัวจ่ายน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปในระบบเพื่อช่วยหล่อลื่นชิ้นส่วนของอุปกรณ์นิวแมติกส์

2. วาล์วควบคุมทิศทาง (Pneumatic Directional Control Valve) ควบคุมทิศการไหลของลมอัด

- Solenoid Valve คือ วาล์วที่ควบคุมทิศทางลมแบบ 2/2 ทาง สั่งงานด้วยขดลวดไฟฟ้า
- Directional Control Valve คือ วาล์วที่ควบคุมทิศทางลม โดยการสั่งงานด้วยแรงลมหรือไฟฟ้า
- Mechanical Valve คือ วาล์วที่สั่งงานด้วยระบบกลไกทางแมคคานิค คือ มือของมนุษย์
- Fluid Control Valve คือ วาล์วที่ควบคุมทิศทางลมอัดหรือของไหล แบบ 2/2 ทาง [10]



รูปที่ 2.13 ชุดกรองลม [9]



รูปที่ 2.14 วาล์วควบคุมทิศทางลม

2.3.1.4 อุปกรณ์ขับเคลื่อน (Actuator)

อุปกรณ์ที่ใช้ลมทำให้ก้านกระบอกลมเคลื่อนที่ไปในแนวเส้นตรง หรือหมุน 90, 180, 270, 360 องศา โดยเปลี่ยนพลังงานรูปแบบความดันลมเป็นพลังงานกลในรูปแบบของการเคลื่อนที่ โดยมีทั้งแบบทางเดียวที่มีสปริงคืนกลับ กับ แบบสองทางที่ต้องใช้ลมทั้งดันไปและดันกลับ



รูปที่ 2.15 กระบอกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 วงจรควบคุมการทำงาน

ระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้าเป็นการใช้ระบบไฟฟ้าควบคุมอุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์ ซึ่งการเขียนวงจรควบคุมการทำงานของระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้าสามารถเขียนแยกเป็น 2 ระบบ คือ

1. ระบบนิวแมติกส์ ประกอบด้วยกระบอกสูบลม มอเตอร์ลม และวาล์วควบคุมความเร็ว
2. ระบบควบคุมด้วยไฟฟ้า หรือวงจรควบคุม

2.3.2.1 วงจรควบคุมการทำงานของโซเลนอยด์วาล์ว สามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่

1. วงจรควบคุมโดยตรง เป็นการควบคุมการทำงานผ่านขดลวดของวาล์วเท่านั้น
2. วงจรควบคุมโดยทางอ้อม ประกอบด้วยวงจรกิจัก และวงจรควบคุมซึ่งทำงานโดยมีอุปกรณ์อื่น

ช่วย

2.3.2.2 การควบคุมกระบอกสูบให้ทำงานกึ่งอัตโนมัติ และอัตโนมัติ

เป็นการใช้ลิมิตสวิตช์ รีเลย์ตั้งเวลา สวิตช์กดค้างตำแหน่ง และอุปกรณ์ตรวจจับ ลูกสูบจะเคลื่อนที่ออก และเคลื่อนที่กลับกึ่งอัตโนมัติเมื่อกดปุ่มสวิตช์เพียงครั้งเดียว แต่เมื่อกดสวิตช์ค้างกระบอกสูบจะทำงานอัตโนมัติ

2.3.2.3 การควบคุมให้กระบอกสูบทำงานแบบต่อเนื่อง

การควบคุมให้กระบอกสูบทำงานแบบต่อเนื่องเป็นการทำงานของกระบอกสูบตั้งแต่ 2 กระบอกสูบขึ้นไปทำงานสัมพันธ์ต่อกัน ด้วยการใช้ลิมิตสวิตช์ [12]

2.4 หุ่นยนต์แบบ SCARA

หุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial robot) เป็น เครื่องจักรกลช่วยในการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ที่ปัจจุบันมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย มีหลายลักษณะแบ่งตามประเภทการใช้งาน โดยหุ่นแบบ SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) ที่เลือกใช้เป็นหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุน 2 จุด โดยหุ่นยนต์ SCARA จะสามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็วในแนวระนาบ และมีความแม่นยำสูง จึงเหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่ไม่ต้องการความเร็วในการหมุนมากนัก แต่จะไม่เหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางกล (Mechanical Part) งานตรวจสอบ (Inspection) และงานบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

2.4.1 ข้อมูลจำเพาะของหุ่นยนต์ Mitsubishi รุ่น RH-3CH4018-D

การศึกษาวิจัยการประกอบอุปกรณ์กล่องกระจายสัญญาณ โดยใช้เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติรวมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงาน และหุ่นยนต์ ใช้หุ่นยนต์ Mitsubishi รุ่น RH-3CH4018-D เคลื่อนที่ทิศทางได้ 3 แกน ครั้ง ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ SCARA

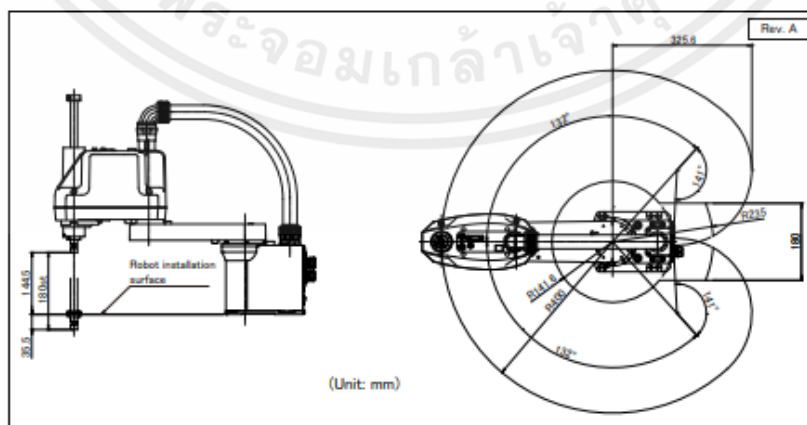


รูปที่ 2.16 หุ่นยนต์ RH-3CH4018-D [13]

ตารางที่ 2.5 แสดงข้อมูลจำเพาะของหุ่นยนต์ RH-3CH4018-D [13]

Type	SCARA
Payload (kg)	3
Degrees of Freedom	4
Speed (mm/s)	7200
Repeatability (mm)	0.01
Max. Reach Radius (mm)	400
Operating Range J1 (deg)	264
Operating Range J2 (deg)	282
Operating Range J3, J5, J6 (deg)	N/A
Operating Range J4 (deg)	720
Z Axis Stroke (mm)	180

2.4.2 ระยะเวลาเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



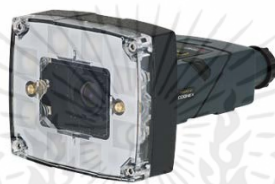
รูปที่ 2.17 แสดงระยะเวลาเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ RH-3CH4018-D [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 กล้องตรวจสอบชิ้นงาน

2.5.1 ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์




กล้องตรวจสอบชิ้นงาน (Vision Sensor) ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยการประกอบอุปกรณ์กล่องกระจายสัญญาณร่วมกับเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ และหุ่นยนต์คือ รุ่น VS20C-13F410 โดยมีคุณสมบัติในการตรวจจับภาพสี รวมถึงความสามารถในการตรวจจับรูปแบบของภาพที่กล้องถ่ายได้ และความสามารถในการวัดระยะของภาพ ความเร็วในการตรวจจับอยู่ที่ 55 frame/second และมีเลนส์ 8 mm (แบบมาตรฐาน) โดยมีระยะห่างของกล้องและสายพาน 33.5 เซนติเมตร โดยใช้โปรแกรม Cognex In-sight Explorer for MELSENSOR Vision 5.6.2 ในการออกแบบการตรวจสอบ



รูปที่ 2.18 แสดงกล้องตรวจสอบชิ้นงาน (Vision sensor) รุ่น VS20C-13F410 [15]

ตารางที่ 2.6 แสดงข้อจำกัดในการทำงานของกล้องตรวจสอบชิ้นงานแต่ละรุ่น [15]

Specifications/functions comparison

Item	 VS80	 VS70	 VS20
Imagery	Monochrome/color	Monochrome/color	Monochrome/color
Lighting/filter	-	Integrated	Integrated
Protective structure	IP40	IP67	IP65
Autofocus	-	●	-
PoE adapter	-	-	-
Presence/absence	●	●	●
Measurement	●	●	● ¹
Location ²	●	●	-
OCR/OCV ³	●	●	-
Code reading	●	●	-
Geometry	●	●	-

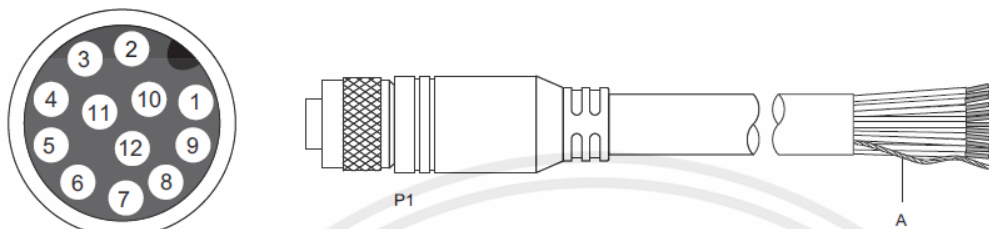
2.5.2 การเชื่อมต่อวงจร

ในการเชื่อมต่อวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ กล้องตรวจสอบชิ้นงานรุ่น VS20C-13F410 มีการใช้งานสาย Breakout Cable ทั้งสิ้นจำนวน 7 สายจากทั้งหมด 12 สาย ดังนี้

1. สาย 24 VDC (สีแดง)
2. สาย GND (สีดำ)
3. สาย General-purpose Input 0 (สีม่วง)
4. สาย Input Common (สีขาว/ม่วง)

5. สาย Trigger (สีส้ม)
6. สาย High-speed Output 0 (Direct 0) (สีน้ำเงิน)
7. สาย High-speed Output 1 (Direct 1) (สีเทา)

ตารางที่ 2.7 แสดงสาย Breakout Cable ทั้งหมดของกล่องตรวจสอบชิ้นงานรุ่น VS20C-13F410 [15]



P1: To a vision sensor
A: Power supply return pass

Pin Number	Signal name	Wire color
1	High-speed output 2 (Direct 2) ^{*1}	Yellow
2	RS-232 Tx	White/Yellow
3	RS-232 Rx	Brown
4	High-speed output 3 (Direct 3) ^{*1}	White/Brown
5	General-purpose input 0 (Direct 0) ^{*1}	Violet
6	Input common	White/Violet
7	24 VDC	Red
8	GND	Black
9	Output common	Green
10	Trigger	Orange
11	High-speed output 0 (Direct 0) ^{*1}	Blue
12	High-speed output 1 (Direct 1) ^{*1}	Gray

*1 () represents notations on In-Sight Explorer.

บทที่ 3

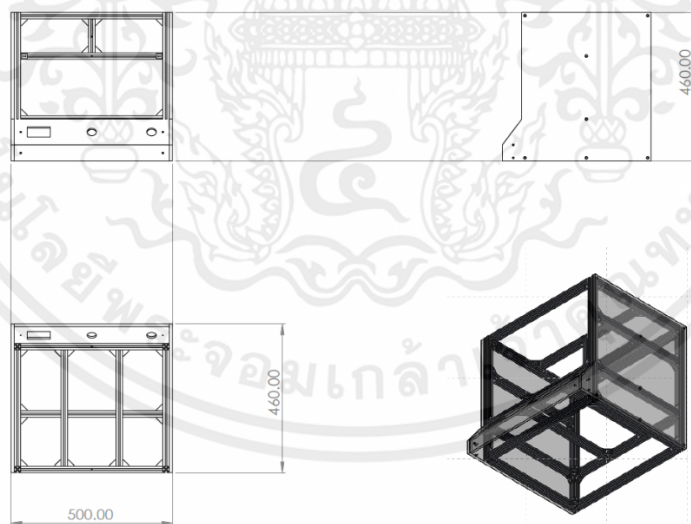
วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการทำงานร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงานและหุ่นยนต์ในสายการประกอบ และวิธีการดำเนินงานของปริญญานิพนธ์ ซึ่งมีเนื้อหาประกอบด้วย

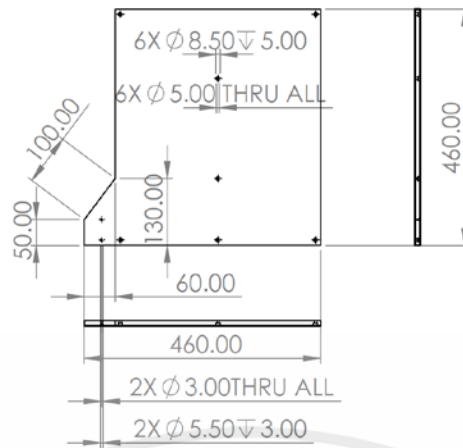
1. การออกแบบเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ
2. การออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์
3. การออกแบบการทำงานของกล้องตรวจสอบชิ้นงาน
4. การเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ
5. การศึกษาการทำงานในสายการประกอบ

3.1 การออกแบบเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ

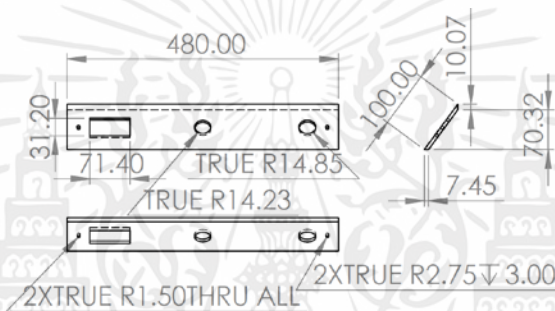
3.1.1 การออกแบบ 2 มิติ โดยใช้โปรแกรม SolidWorks



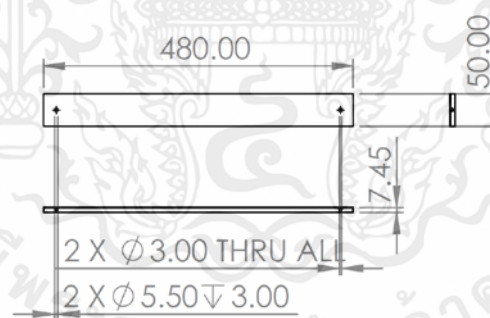
รูปที่ 3.1 ภาพฉายแสดงโครงสร้าง และขนาดเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ (มิลลิเมตร)



รูปที่ 3.2 ภาพฉายแสดงขนาดของแผ่นอะคริลิกด้านข้าง (มิลลิเมตร)



รูปที่ 3.3 ภาพฉายแสดงขนาดของแผ่นอะคริลิกด้านหน้ามุมเฉียง (มิลลิเมตร)



รูปที่ 3.4 ภาพฉายแสดงขนาดของแผ่นอะคริลิกด้านหน้าแผ่นล่าง (มิลลิเมตร)

3.1.2 การคำนวณค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

3.1.2.1 การคำนวณแรงกดของกระบอกลม อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการคำนวณได้แก่

1. กระบอกลม Koganei Humphrey Rodless Air Cylinder MRGH10x100
2. โซเลนอยด์วาล์ว 24V 1.8W 5/2 คอยล์ 1 ซ้ำ
3. Regulator AR3000 ยี่ห้อ SMC
4. ปัมลม (ใช้แรงดันลม 4-6 บาร์)
5. สายยางลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 mm และ 6 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาแรงดันขาออกของกระบอกลม 2 ทาง สามารถหาได้จากสูตร

$$F = P \times A \quad (3.1)$$

โดยที่ F คือ แรงดันขาออกของกระบอกลม หน่วยคือ กิโลกรัมแรง (kg.f)

P หรือ P_g คือ ความดันเกจของปั๊มลมที่ใช้; 4-6 บาร์หรือ 4-6 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร (kg.f/cm²)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของกระบอกลม มีหน่วยเป็น ตารางเซนติเมตร (cm²)

1. การคำนวณแรงกดตามทฤษฎี

แทนสูตรเพื่อหาแรงดันขาออก (แรงกด) ที่ความดัน 4 บาร์ จะได้

$$F = 4 \text{ kg.f/cm}^2 \times \frac{\pi D^2}{4} \text{ cm}^2 \quad (3.2)$$

แทนค่า Bore Size ของกระบอกลม = 10 mm จะได้

$$F = 4 \text{ kg.f/cm}^2 \times \frac{\pi(1.0)^2}{4} \text{ cm}^2 \quad (3.3)$$

จะได้ค่าแรงดันขาออก (แรงกด) ที่ความดัน 4 บาร์ เท่ากับ

$$F = 3.14 \text{ kg.f} \quad (3.4)$$

แทนสูตรเพื่อหาแรงดันขาออก (แรงกด) ที่ความดัน 5 บาร์ จะได้

$$F = 5 \text{ kg.f/cm}^2 \times \frac{\pi D^2}{4} \text{ cm}^2 \quad (3.5)$$

แทนค่า Bore Size ของกระบอกลม = 10 mm จะได้

$$F = 5 \text{ kg.f/cm}^2 \times \frac{\pi(1.0)^2}{4} \text{ cm}^2 \quad (3.6)$$

จะได้ค่าแรงดันขาออก (แรงกด) ที่ความดัน 5 บาร์ เท่ากับ

$$F = 3.93 \text{ kg. f} \quad (3.7)$$

แทนสูตรเพื่อหาแรงดันขาออก (แรงกด) ที่ความดัน 6 บาร์ จะได้

$$F = 6 \text{ kg. f/cm}^2 \times \frac{\pi D^2}{4} \text{ cm}^2 \quad (3.8)$$

แทนค่า Bore Size ของกระบอกกลม = 10 mm จะได้

$$F = 6 \text{ kg. f/cm}^2 \times \frac{\pi(1.0)^2}{4} \text{ cm}^2 \quad (3.9)$$

จะได้ค่าแรงดันขาออก (แรงกด) ที่ความดัน 6 บาร์ เท่ากับ

$$F = 4.71 \text{ kg. f} \quad (3.10)$$

สรุปได้ว่าการใช้กระบอกกลม 2 ทางขนาด Bore size 10 mm และความดันของปั๊มลมที่ 4-6 บาร์ จะได้ค่าแรงกดของกระบอกกลมอยู่ในช่วง 3.14 – 4.71 kg.f

2. หักลบความเสียหายจากอุปกรณ์

ที่ความดัน 4 บาร์ สมมติสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานอยู่ที่ 5%, 25%, 50%

จาก แรงดันขาออก เท่ากับ 3.14 kg.f เมื่อหักลบความเสียหายจากอุปกรณ์จะได้

$$- 5\% - 0.95 \times 3.14 = 2.983 \text{ kg.f} \quad (3.11)$$

$$- 25\% - 0.75 \times 3.14 = 2.355 \text{ kg.f} \quad (3.12)$$

$$- 50\% - 0.50 \times 3.14 = 1.570 \text{ kg.f} \quad (3.13)$$

ที่ความดัน 5 บาร์ สมมติสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานอยู่ที่ 5%, 25%, 50%

จาก แรงดันขาออก เท่ากับ 3.93 kg.f เมื่อหักลบความเสียหายจากอุปกรณ์จะได้

$$- 5\% - 0.95 \times 3.93 = 3.734 \text{ kg.f} \quad (3.14)$$

$$- 25\% - 0.75 \times 3.93 = 2.947 \text{ kg.f} \quad (3.15)$$

$$- 50\% - 0.50 \times 3.93 = 1.965 \text{ kg.f} \quad (3.16)$$

ที่ความดัน 6 บาร์ สมมติ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานอยู่ที่ 5%, 25%, 50%

จาก แรงดันขาออก เท่ากับ 4.71 kg.f เมื่อหักลบความเสียหายจากอุปกรณ์จะได้

$$- 5\% - 0.95 \times 4.71 = 4.475 \text{ kg.f} \quad (3.17)$$

$$- 25\% - 0.75 \times 4.71 = 3.533 \text{ kg.f} \quad (3.18)$$

$$- 50\% - 0.50 \times 4.71 = 2.355 \text{ kg.f} \quad (3.19)$$

ดังนั้นแรงดันขาออกของกระบอกลม 2 ทางที่ความดัน 4 – 6 บาร์ จะมีค่าแรงกดเมื่อหักลบความเสียหายจากอุปกรณ์ต่ำสุดอยู่ที่ 1.570 kg.f และค่าสูงสุดอยู่ที่ 4.475 kg.f

3.1.2.2 การคำนวณหาความต้านทานแรงกดของโครงเครื่องจักร อลูมิเนียมเกรดที่จะนำมาผลิตเป็นอลูมิเนียมโปรไฟล์มีด้วยกัน 2 รูปแบบคือ Aluminum 6061 กับ Aluminum 6063 ซึ่งมีตารางการเปรียบเทียบดังนี้

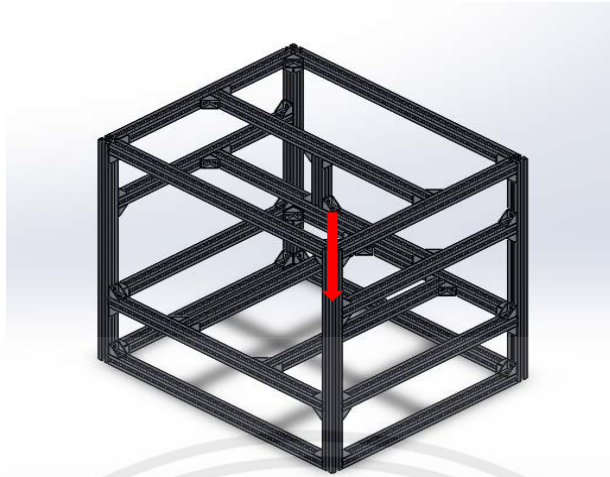
ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของอลูมิเนียม 6061 และ 6063 [17]

Table 1: Comparison of material properties between 6061 & 6063 aluminum alloys

Material properties	Type 6061 Aluminum alloy		Type 6063 Aluminum alloy	
	Metric	English	Metric	English
Yield Strength	276 MPa	40000 psi	214 MPa	31000 psi
Ultimate Strength	310 MPa	45000 psi	241 MPa	35000 psi
Fatigue Strength	96.5 MPa	14000 psi	68.9 MPa	10000 psi
Bearing Yield strength	386 MPa	56000 psi	276 MPa	40000 psi
Hardness (Brinell)	95		73	
Machinability	Good		Fair	

ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้จัดซื้ออลูมิเนียมโปรไฟล์จากทางบริษัท AIC ซึ่งเป็นอลูมิเนียมแบบ 6063-T5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการคำนวณ ได้แก่

1. อลูมิเนียมโปรไฟล์ (แนวตั้ง) ยาว 460 mm จำนวน 4 ชิ้น
2. อลูมิเนียมโปรไฟล์ (แนวนอน) ยาว 440 mm จำนวน 8 ชิ้น
3. อลูมิเนียมโปรไฟล์ (แนวนอน) ยาว 360 mm จำนวน 10 ชิ้น
4. อลูมิเนียมโปรไฟล์ (แนวตั้ง) ยาว 105 mm จำนวน 1 ชิ้น
5. Corner bracket 20x20 จำนวน 68 ชิ้น



รูปที่ 3.5 เส้นแนวแรงที่โครงสร้างของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติได้รับ

- จุด Center Force ของแกน X คือ $\frac{20+20+360}{2} = 200 \text{ mm}$ (3.20)

- จุด Center Force ของแกน Y คือ $\frac{20+20+440}{2} = 240 \text{ mm}$ (3.21)

จากตารางการรับแรงกดของอลูมิเนียมโปรไฟล์ (ใช้อ้างอิงสำหรับผลิตภัณฑ์ของ AIC เท่านั้น) จะทำให้สามารถหาค่าความโก่งงอที่ยอมรับได้ โดยอ้างอิงจากการใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์แบบ 20x20 มิลลิเมตร ความยาว 500 มิลลิเมตร สามารถรับน้ำหนักโหลดในแนวแกนนอนได้ 10 กิโลกรัมแรง โดยสูตรคำนวณเป็นรูปแบบคานที่มีส่วนรองรับปลายทั้งสองข้าง (Both Ends Supported) ที่มีแรงกดที่จุดเดียว ซึ่งค่าความโก่งงอของวัสดุที่ยอมรับได้ สามารถคำนวณได้จากสูตร [18]

$$\delta = \frac{P \cdot L^3}{48E \cdot I} \quad (3.22)$$

- โดยที่
- δ = การโก่งงอ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)
 - P = โหลดหรือน้ำหนักที่กด มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
 - L = ความยาวของชิ้นงาน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)
 - E = ค่ามอดุลัสของยัง มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (N/mm^2) * ค่า E ของอลูมิเนียมโปรไฟล์ 6063 – T5 = 69,927 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (N/mm^2)
 - I = โมเมนต์ดัดขวางของความเฉื่อย มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร⁴ (mm^4) * ค่า I ของอลูมิเนียมโปรไฟล์ 6063 – T5 = 0.74 มิลลิเมตร⁴ (mm^4)

จะสามารถคำนวณความโก่งงอของวัสดุที่ยอมรับได้ แปลงค่าโหลดสูงสุดจาก 10 กิโลกรัมแรงเป็นหน่วยนิวตัน = $10 \times 9.81 = 98.1$ นิวตัน นำค่าที่ได้มาแทนสูตร
จะได้ว่า

$$\delta = \frac{98.1 \cdot 500^3}{(48 \cdot 69,972) \cdot 0.74 \cdot 10^4} \quad (3.23)$$

$$\delta = 0.494 \text{ mm} \quad (3.24)$$

ดังนั้นค่าความโก่งงอของวัสดุสูงสุดที่ยอมรับได้อยู่ที่ **0.494 มิลลิเมตร**

เมื่อทราบค่าความโก่งงอสูงสุดที่ยอมรับได้แล้ว นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับแรงกดที่ใช้ในการประกอบชิ้นงาน โดยคำนวณใช้แท่งอลูมิเนียมโปรไฟล์ 4 ชั้นยาว 360 มิลลิเมตร และ 2 ชั้นยาว 440 มิลลิเมตร มีขนาดแรงกดสูงสุดที่ 4.475 กิโลกรัมแรง (จากการคำนวณในหัวข้อ 2.1.1) แปลงค่าโหลดสูงสุดจาก 4.475 กิโลกรัมแรงเป็นหน่วยนิวตันจะได้ $4.475 \times 9.81 = 43.890$ นิวตัน



รูปที่ 3.6 ภาพ Section View แสดงเส้นแนวแรงกดที่กระจายของอลูมิเนียมโปรไฟล์ยาว 360 มิลลิเมตร

จะสามารถแทนค่าในสูตร (แรงกดที่กระจาย) ได้ ดังนี้

$$\delta = \frac{5P \cdot L^3}{384EI} \quad (3.25)$$

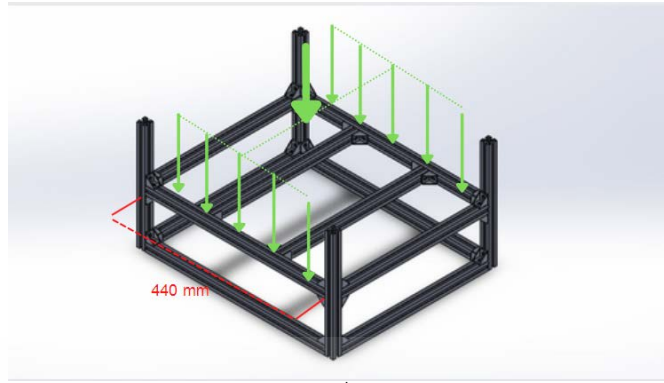
$$\delta = \frac{5 \cdot 43.890 \cdot 360^3}{(384 \cdot 69,972) \cdot 0.74 \cdot 10^4} \quad (3.26)$$

$$\delta = 0.051 \text{ mm} \quad (3.27)$$

นำมาหารจำนวนอลูมิเนียมโปรไฟล์ที่ช่วยรับแรงในแนวแกน X จะได้ค่าความโก่งงอเฉลี่ยในแนวแกน X เท่ากับ

$$\delta = \frac{0.051}{4} = 0.013 \text{ mm} \quad (3.28)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ภาพ Section View แสดงเส้นแนวแรงกดที่กระจายของอลูมิเนียมโปรไฟล์ยาว 440 มิลลิเมตร

จะสามารถแทนค่าในสูตรแรงกดที่กระจายได้ ดังนี้

$$\delta = \frac{5P \cdot L^3}{384EI} \quad (3.29)$$

$$\delta = \frac{5 \cdot 43.890 \cdot 440^3}{(384 \cdot 69,972) \cdot 0.74 \cdot 10^4} \quad (3.30)$$

$$\delta = 0.094 \text{ mm} \quad (3.31)$$

นำมาหารจำนวนของอลูมิเนียมโปรไฟล์ที่ช่วยรับแรงในแนวแกน Y จะได้ค่าความโก่งงอเฉลี่ยในแนวแกน Y เท่ากับ

$$\delta = \frac{0.094}{2} = 0.047 \text{ mm} \quad (3.32)$$

สรุปได้ว่าค่าความโก่งงอของวัสดุที่รับแรงกดอยู่ที่ 4.475 กิโลกรัมแรง จะเกิดค่าความโก่งงอที่แนวแกน X เฉลี่ยเท่ากับ 0.013 มิลลิเมตร และจะเกิดค่าความโก่งงอที่แนวแกน Y เฉลี่ยเท่ากับ 0.047 มิลลิเมตร ซึ่งค่าความโก่งงอของวัสดุสูงสุดที่ยอมรับได้คือ 0.494 มิลลิเมตร

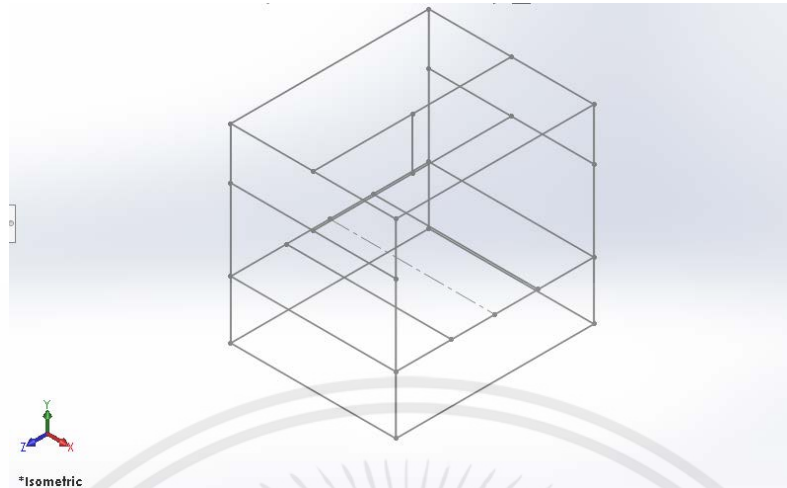
ดังนั้นค่าความโก่งงอของอลูมิเนียมโปรไฟล์ ขนาด 360 มิลลิเมตรในแนวแกน X และขนาด 440 มิลลิเมตรในแนวแกน Y ซึ่งเป็นอลูมิเนียมแบบ 6063-T5 มีค่าต่ำกว่าค่าความโก่งงอสูงสุดที่ยอมรับได้อยู่มาก จึงสามารถใช้ในการจัดทำโครงสร้างของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติซึ่งมีขนาดความกว้าง (แกน X) 400 มิลลิเมตร ยาว (แกน Y) 480 มิลลิเมตร และสูง (แกน Z) 460 มิลลิเมตร

3.1.3 การจำลองเพื่อวิเคราะห์แรงกดโดยใช้โปรแกรม Solidworks

การวิเคราะห์แรงกดโดยใช้ฟังก์ชันจำลอง (Simulation) ในโปรแกรม Solidworks มีขั้นตอนดังนี้

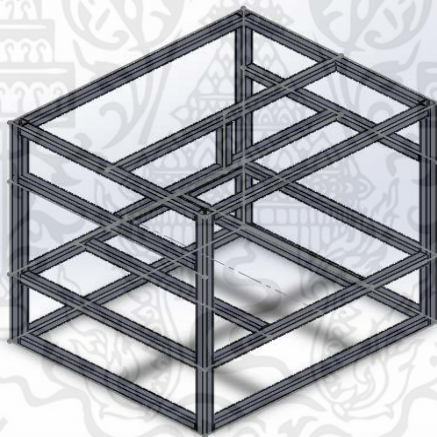
3.1.3.1 ฟังก์ชัน Weldments ใช้ในการออกแบบโครง เพื่อให้ง่ายต่อการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



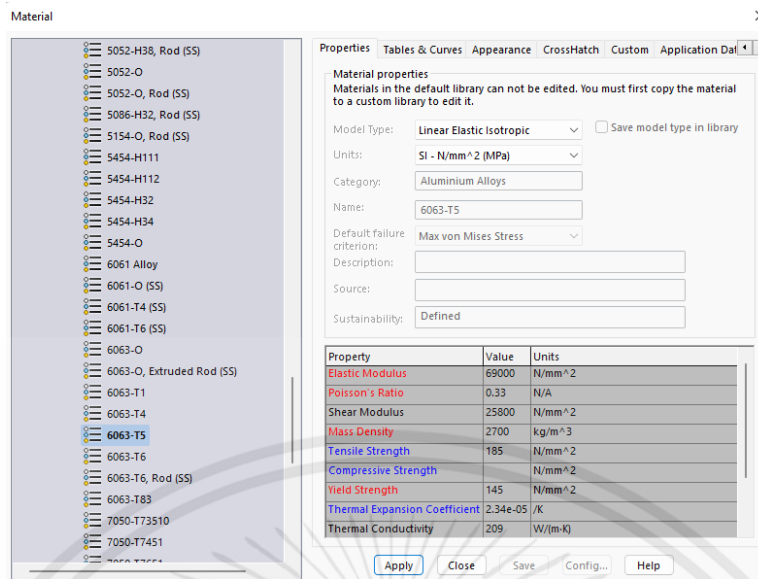
รูปที่ 3.8 ภาพ 3D Sketch โครงร่างเสมือนจริงของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ

3.1.3.2 กำหนด Structural Members เป็นแท่ง Square tube 20x20x2 มิลลิเมตร (ใช้แทนอลูมิเนียมโปรไฟล์ 20x20 มิลลิเมตร)



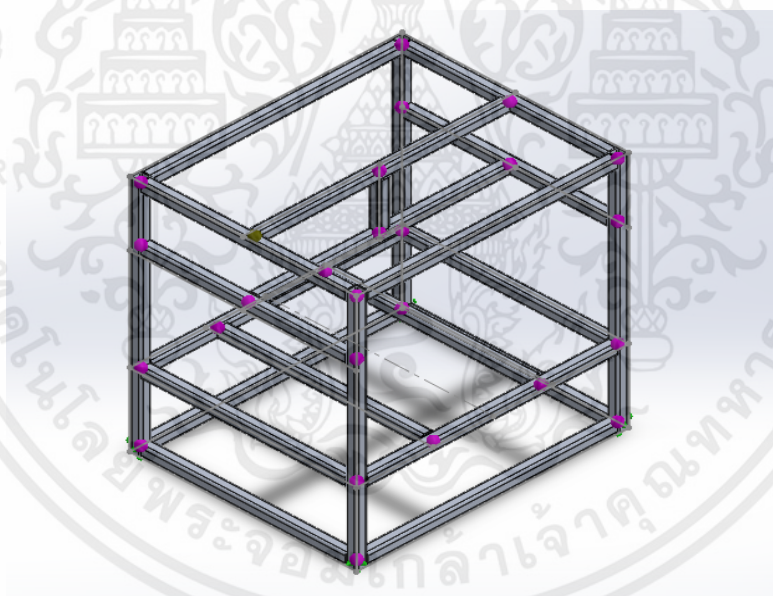
รูปที่ 3.9 ภาพ Boss-Extrude โครงร่างเสมือนจริงของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ

3.1.3.3 กำหนดวัสดุของโครงเครื่อง ให้เสมือนจริง เพื่อให้เกิดความแม่นยำสูงสุดในการจำลอง กำหนดเป็น Aluminium alloy 6063-T5



รูปที่ 3.10 แสดงขั้นตอนในการเลือกวัสดุของโครงเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ

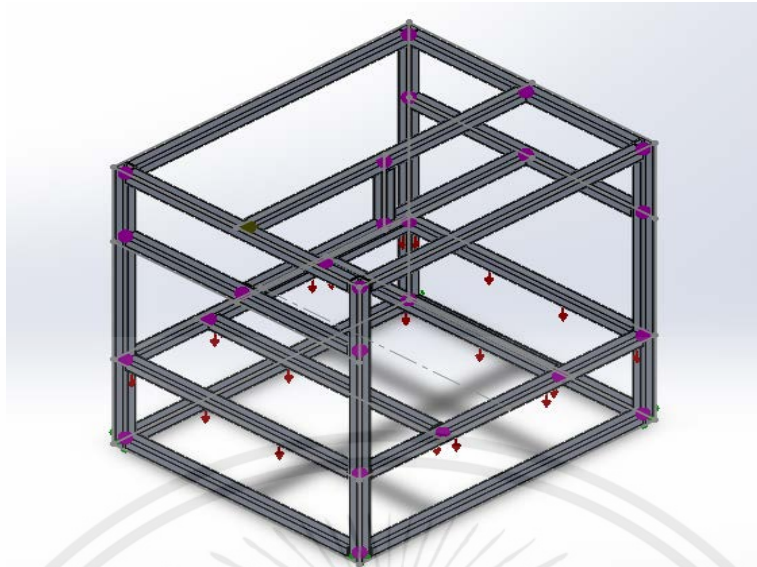
3.1.3.4 กำหนดให้ฐานด้านล่างเป็นจุดที่ Fixed ไว้ โดยใช้คำสั่ง Fixed geometry



รูปที่ 3.11 ภาพแสดง Contact ที่เชื่อมกัน

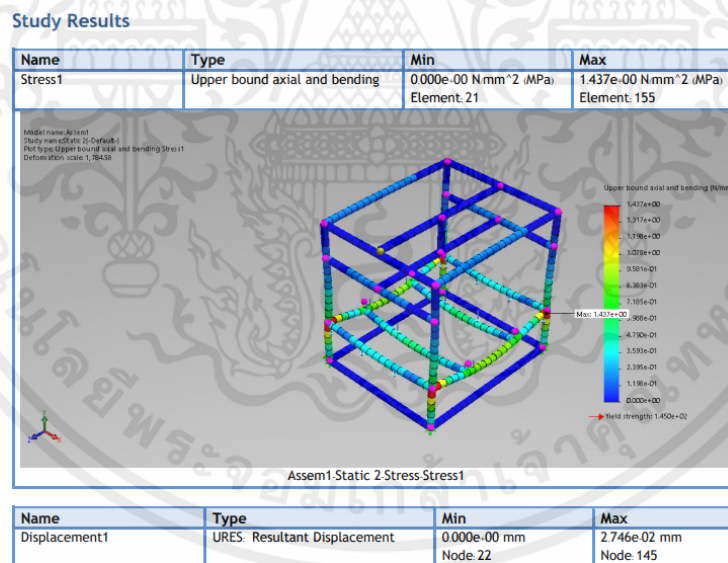
3.1.3.5 กำหนดแรง (Force) ในการกดชิ้นงาน ตามแนวเส้นแรง (ลูกศรสีแดง) โดยจากการคำนวณหาแรงกดสูงสุด ได้ 4.71 กิโลกรัมแรง (ไม่คิดแรงเสียดทาน) และใช้คำสั่ง Distribution Force เพื่อการกระจายแรงให้ทั่วโครง จะได้แรงที่เกิดจริงเท่ากับ แรงกดสูงสุด/ความยาวรอบพื้นที่ที่ถูกกด = 0.0294 kg.f/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ภาพแสดง เส้นแนวแรงในการกวดชิ้นงาน

3.1.3.6 ทำการ Mesh & Run เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์เสร็จสิ้น เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล



รูปที่ 3.13 ภาพแสดงการ Simulation โดยบ่งบอกค่า Stress และ Displacement ของการกวดชิ้นงาน

จากการ Simulation โดยใช้โปรแกรม Solidworks โดยใส่ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเหมือนจริง โปรแกรมจะสามารถคำนวณค่า Stress และ Displacement ของจุดที่สูงที่สุดออกมาได้ค่าเท่ากับ 1.437 N/mm² (MPa) และ 0.02746 mm ตามลำดับ ซึ่งสามารถบ่งบอกในเรื่องของความแข็งแรงของโครงเครื่อง ประกอบชิ้นงานอัตโนมัติได้

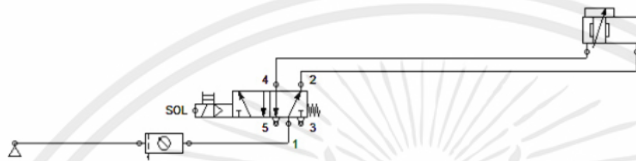
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การออกแบบวงจรของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ

เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติมีการออกแบบวงจรนิวแมติกส์ วงจรไฟฟ้า และรวมถึงการจัดวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

3.1.4.1 วงจรนิวแมติกส์ และการทำงาน

1. ระบบจ่ายลม ภายในโรงงานจะมีจุดจ่ายลมลงมาที่ตัวเครื่องตลอดสายการผลิต การนำเอาชุดสายลมไปรับลม มายังชุดจ่ายลมที่ประกอบด้วย ชุดดักฝุ่นดักน้ำ ตัวปรับแรงดันลม และชุดเติมน้ำมันนิวแมติกส์ ทั้งหมดจะถูกติดตั้งภายในเครื่องเพื่อปรับระดับแรงดันลมให้คงที่



รูปที่ 3.14 ภาพจำลองแสดงระบบจ่ายลม และระบบกระบอกลม

2. ระบบกระบอกลม การออกแบบเครื่องเป็นการกดอัดด้วยกระบอกลม โดยทางภาควิชามีระบบลมที่สามารถจ่ายแรงดันลมได้ 6-8 บาร์ (0.6 – 0.8 MPa) เพื่อให้ได้แรงกดประมาณที่ 4.5 กิโลกรัมแรง (kg.f) กระบอกลมที่ต้องใช้จะมีขนาดกระบอกเท่ากับ

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{P \cdot \pi}} \quad (3.33)$$

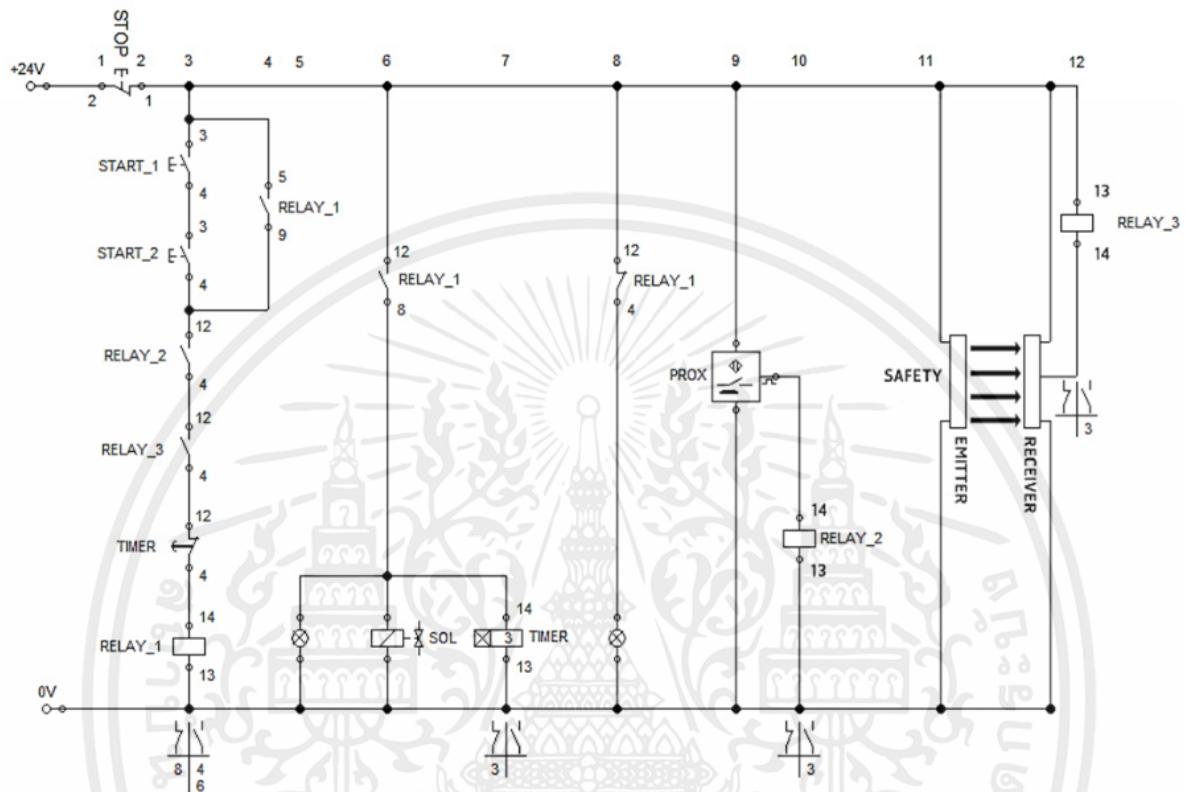
เมื่อคำนวณด้วยแรง 45 นิวตัน และแรงดันลมที่ 6 บาร์ จะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกลมที่ 9.76 มิลลิเมตร จึงเลือกใช้กระบอกลมขนาด 10 มิลลิเมตร

3.1.4.2 วงจรไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติมีส่วนประกอบดังนี้

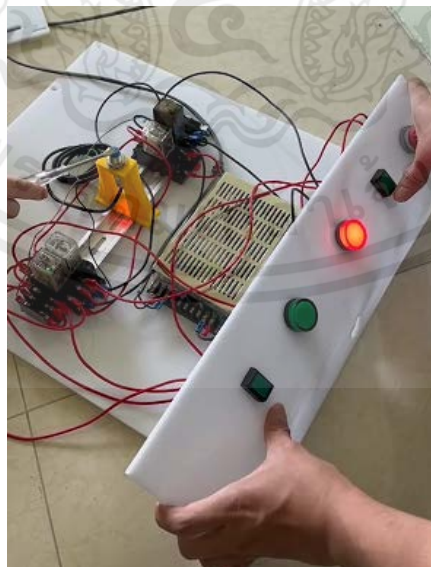
- รีเลย์ (Relay) จำนวน 3 ตัว
- Timer
- กระบอกลม
- ปุ่มหยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop)
- ปุ่มกดเริ่มการทำงาน (Push Button Start)
- เซนเซอร์แบบพร็อกซิมีตี้สวิตช์ (Proximity Sensor)
- ม่านแสงนิรภัย (Light Curtain Sensor)
- โซเลนอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

โดยระบบวงจรจะพร้อมทำงานเมื่อเซนเซอร์แบบพร็อกซิมีตี้สวิตช์ตรวจพบวัตถุ และม่านแสงนิรภัยตรวจไม่พบวัตถุ โดยหากผ่านทั้ง 2 ข้อกำหนดนี้รีเลย์ 2 และ 3 จะทำงาน เมื่อกดปุ่มกดเริ่มการทำงาน START 1 และ START 2 จะทำให้รีเลย์ 1 ทำงาน ส่งผลให้ไฟแสดงผลเป็นสีแดง ซึ่งหมายถึง เครื่องกดประกอบชิ้นงานอัตโนมัติกำลังทำงานกดประกอบเมื่อมีชิ้นงานวางบนฟิกซ์เจอร์ (Fixture) รวมถึงโซเลนอยด์วาล์วและ Timer เริ่มการทำงาน โดยโซเลนอยด์วาล์วสั่งให้กระบอกลมทำงาน และ Timer หน่วงเวลาไว้ 3 วินาที เมื่อครบตาม

ระยะเวลา ระบบจะตัดการทำงานส่งผลให้ไฟแสดงผลเป็นสีเขียว แสดงถึงความพร้อมสำหรับการทำงานในรอบถัดไป ในส่วนของความปลอดภัย สามารถหยุดการทำงานฉุกเฉินด้วยปุ่มหยุดฉุกเฉิน และมีม่านแสงนิริภัยเพื่อความปลอดภัยป้องกันไม่ให้กระบอกลมตกลงมาเมื่อมีมือเข้าไปขวาง



รูปที่ 3.15 แสดงวงจรไฟฟ้าของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติโดยโปรแกรม FluidSim

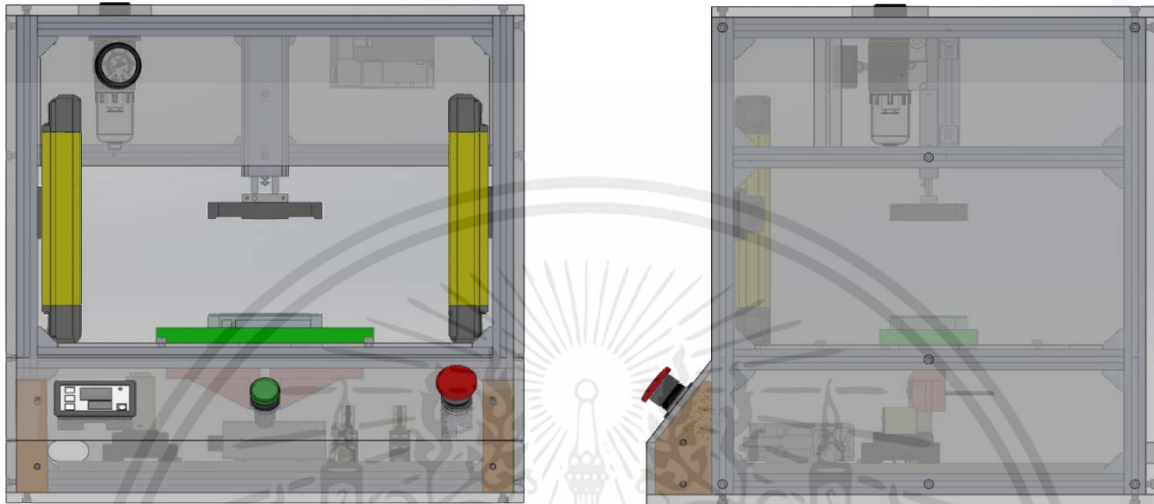


รูปที่ 3.16 แสดงวงจรไฟฟ้าของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติบางส่วน

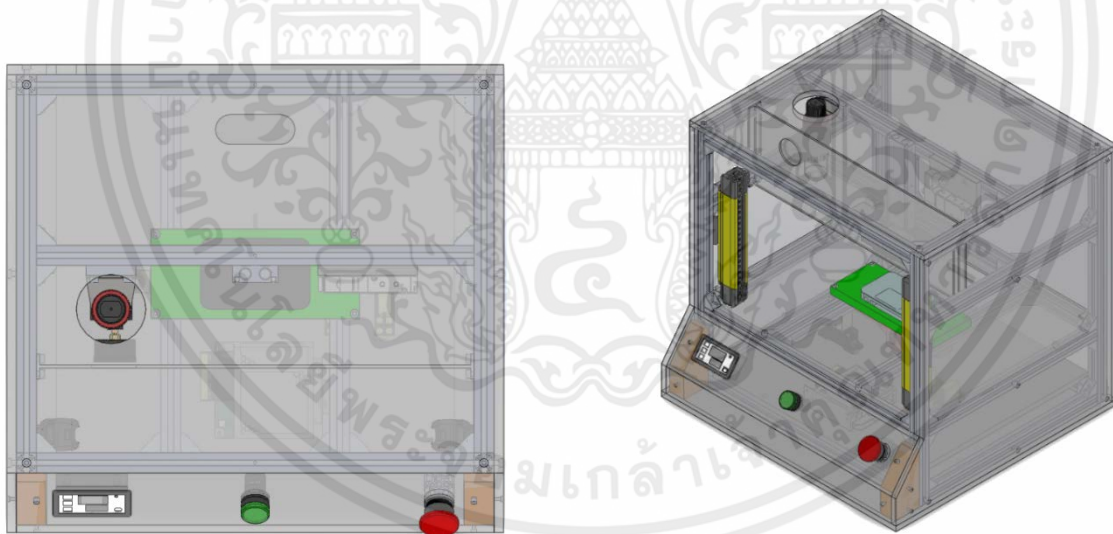
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4.3 การออกแบบการจัดวางอุปกรณ์ 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม SolidWorks

เครื่องกวดประกอบชิ้นงานอัตโนมัติมีการออกแบบการจัดวางวงจรมอเตอร์ วงจรไฟฟ้า และรวมถึงอุปกรณ์อื่น ๆ ดังนี้



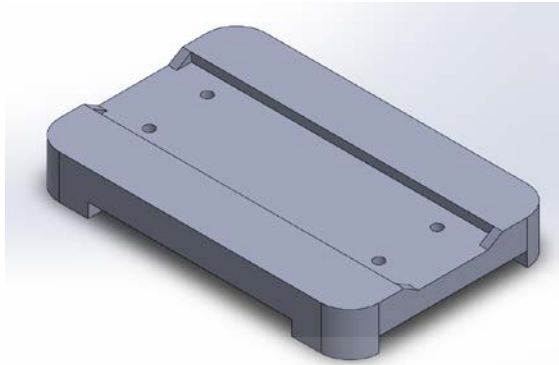
รูปที่ 3.17 แสดงเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติมุมมองด้านหน้า (Front View) และด้านข้าง (Side View)



รูปที่ 3.18 แสดงเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติมุมมองด้านบน (Top View) และไอโซเมตริก (Isometric View)

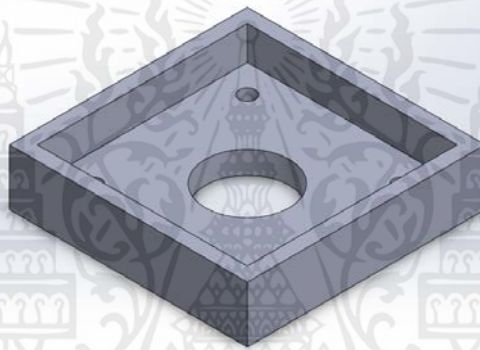
3.1.5 การออกแบบอุปกรณ์เสริมสำหรับเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ

3.1.5.1 แผ่นรองกระจายแรง แผ่นรองกระจายแรงมีบทบาทสำคัญในการทำให้ฝาส่วนบน และฝาส่วนล่างของประกบกันได้สนิท โดยแผ่นรองกระจายแรงสามารถสร้างได้จากการใช้ 3D Print และจะติดอยู่กับแผ่นเหล็กซึ่งเชื่อมต่อกับกระบอกลมในเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ



รูปที่ 3.19 แสดงแผ่นรองกระจายแรง

3.1.5.2 ฟิกซ์เจอร์ (Fixture) ทำหน้าที่ในการรองรับชิ้นงานขณะดำเนินการกดประกอบ โดยมีลักษณะเป็นกรอบสี่เหลี่ยมรอบชิ้นงาน และมีระยะความเผื่อสำหรับการใส่ชิ้นงาน



รูปที่ 3.20 แสดง Fixture

3.1.5.3 แท่งกดที่ยึดติดกับกระบอกลม แท่งกดที่ยึดติดกระบอกลม มีหน้าที่ถ่ายแรงกดไปที่ชิ้นงานตามแนวตั้งฉากกับพื้นผิวชิ้นงาน

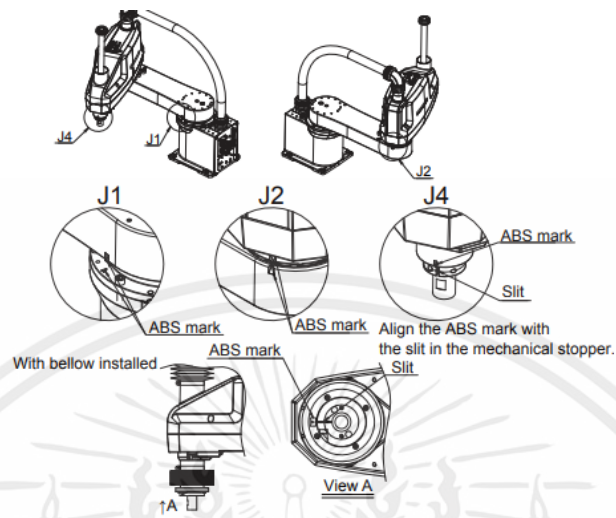


รูปที่ 3.21 แสดงตัวแท่งกดที่ยึดติดกับกระบอกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์

3.2.1 การตั้งค่าจุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์ (Origin Setting)

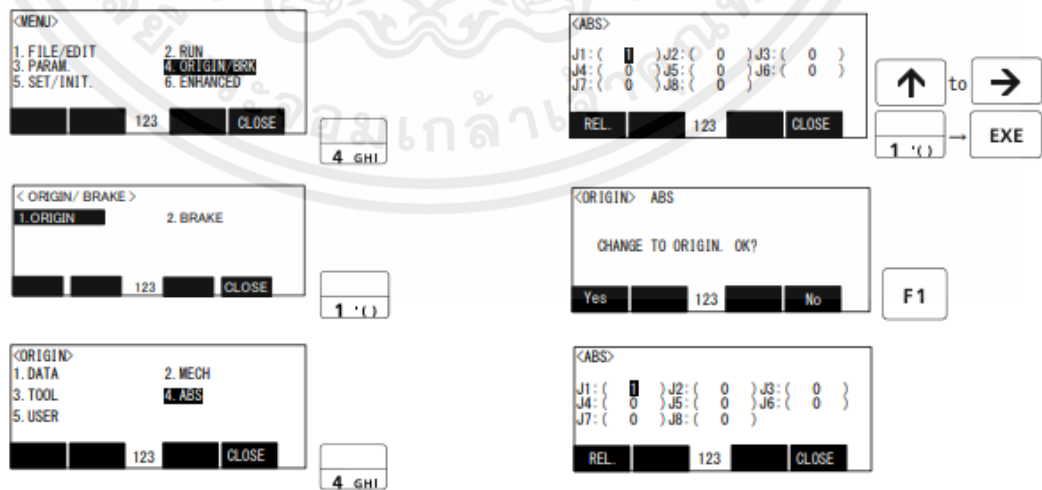


รูปที่ 3.22 แสดงภาพประกอบในการตั้งจุดเริ่มต้นของหุ่นยนต์

ตั้งค่าจุดเริ่มต้นใน Teaching pendant (T/B) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กดปุ่ม [4] บนหน้าจอเมนู และแสดงหน้าจอการเลือก Origin/Break
2. กดปุ่ม [1] และแสดงการตั้งค่า Origin หน้าจอการเลือก
3. กดปุ่ม [4] และแสดงการเลือก ABS หน้าจอ.
4. ป้อน "1" ลงในการตั้งค่าแกนไปยังจุดเริ่มต้น กดปุ่ม [EXE] และแสดงหน้าจอการยืนยัน
5. กดปุ่ม [F1] และตำแหน่งเริ่มต้นถูกตั้งค่าขึ้น

(1) Select the T/B

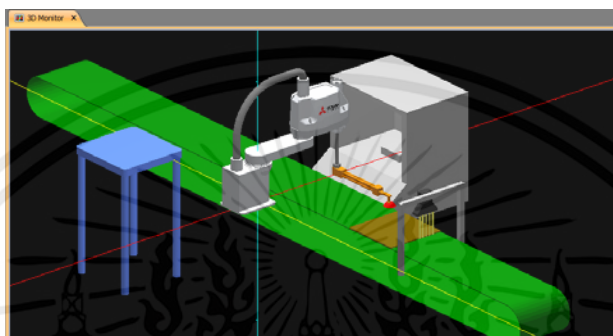


รูปที่ 3.23 การตั้งค่าจุดเริ่มต้นใน Teaching pendant (T/B)

3.2.2 การออกแบบโดยใช้โปรแกรม RT Toolbox 3 และการจำลองการทำงาน

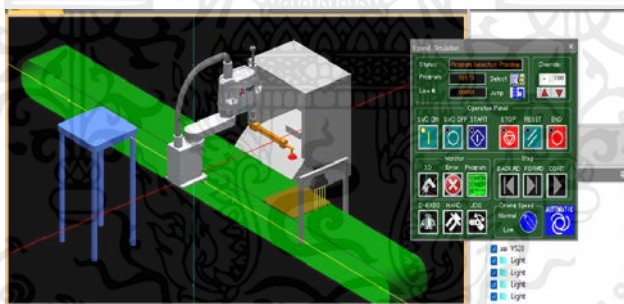
จำลองการทำงานของกระบวนการประกอบชิ้นงานเพื่อพยากรณ์ (Forecasting) เวลาเป้าหมายของการประกอบชิ้นงานด้วยเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ

3.2.2.1 เลือกชนิดหุ่นยนต์ที่ต้องการ คือ Model RH-3CH4018-D และนำส่วนประกอบที่ต้องใช้ อาทิ สายพานการผลิต, กล้อง VS20-13F410, เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ และโต๊ะสำหรับวางชิ้นงาน ที่ได้ออกแบบในโปรแกรม Solidworks ไฟล์ STL มาจำลองในการประกอบชิ้นงาน



รูปที่ 3.24 ส่วนประกอบในการจำลองการประกอบชิ้นงานในระบบอัตโนมัติ

3.2.2.2 ใช้ฟังก์ชัน Simulation เพื่อจำลองการเคลื่อนที่โดยแผงควบคุม



รูปที่ 3.25 แสดงแผงควบคุมในการจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

3.2.2.3 ชุดคำสั่ง เพื่อการออกแบบโปรแกรมสำหรับการเคลื่อนของหุ่นยนต์ในสายการประกอบ

1. ชุดคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมจากหุ่นยนต์ เพื่อเปิดใช้งานอุปกรณ์เสริม

- คำสั่ง M_Out (14) = 1 เพื่อเปิดการใช้งานสายพาน
- คำสั่ง M_Out (13) = 1 เพื่อเปิดการใช้งานเครื่องมือสุญญากาศเป่าชิ้นงาน
- คำสั่ง M_Out (12) = 1 เพื่อเปิดการใช้งานเครื่องมือสุญญากาศดูดชิ้นงาน
- คำสั่ง M_Out (11) = 1 เพื่อเปิดการใช้งานเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ
- คำสั่ง If M_In (14) = 1 Then เมื่อชิ้นงานผ่านเข้ามาโดยกล้องตรวจจับ และทำเงื่อนไขต่อไป

- คำสั่ง If M_In (13) = 1 Then เมื่อชิ้นงานฝาล่างเข้ามาโดยกล้องตรวจจับ และทำเงื่อนไขต่อไป
2. ชุดคำสั่งในการเคลื่อนที่หุ่นยนต์โดยตรง
 - MVS P1 เพื่อเคลื่อนที่หุ่นยนต์ไปยังตำแหน่ง Position 1
 - DLY 1 เพื่อหน่วงเวลาของหุ่นยนต์ที่เวลา 1 วินาที
 - OvrD 20 เพื่อปรับค่าความเร็วของความเร็วเดิมเหลือ 20%
 3. ชุดคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดตัวแปร
 - M1% = 0 เพื่อกำหนดชนิดตัวแปรเป็น Integer มีค่าเท่ากับ 0
- 3.2.2.4 การเขียนโปรแกรม สำหรับการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ร่วมกับเครื่องประกอบ และกล้อง Vision Sensor
1. ส่วนที่ทำงานตลอดเมื่อยังไม่มีคำสั่งเพิ่มเติม
 - Mvs p1
 - M_Out (14) = 1
 - Dly 0.05
 2. ส่วนที่นำฝาล่างไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้
 - If M_In (13) = 1 Then
 - M1% = 1
 - M_Out (14) = 0
 - Dly 0.5
 - Mvs p2
 - Mvs p3
 - Dly 1.5
 - M_Out (12) = 1
 - Dly 1
 - Mvs p4
 - Mvs p5
 - OvrD 20
 - Mvs p6
 - Dly 1
 - M_Out (12) = 0
 - M_Out (13) = 1
 - Dly 0.2
 - M_Out (13) = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Ovrđ 100
- Mvs p7
- Endlf
- Mvs p1
- M_Out (14) = 1
- Dly 0.05

3. ส่วนที่นำฝาบ่นไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้

- If M_In (14) = 1 Then
- M2% = 1
- M_Out (14) = 0
- Dly 0.5
- Mvs p8
- Ovrđ 10
- Mvs p9
- Ovrđ 100
- Dly 0.5
- M_Out (12) = 1
- Dly 1
- Mvs p10
- Mvs p11
- Mvs p12
- Dly 1
- M_Out (12) = 0
- M_Out (13) = 1
- Dly 0.5
- M_Out (13) = 0
- Mvs p13
- Mvs p1
- Endlf

4. ส่วนที่นำฝาล่างและฝาบ่นจากตำแหน่งที่ถูกกำหนดไว้ ไปยังเครื่องประกอบ จากนั้นนำชิ้นงานออกมาลัยสายพานต่อไป

- If M2%+M1% = 2 Then

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Mvs p5
- Ovrđ 20
- Mvs p6
- Dly 1
- M_Out (12) = 1
- Dly 0.5
- Ovrđ 100
- Mvs p14
- Mvs p15
- Mvs p16
- Ovrđ 20
- Mvs p17
- Dly 1
- M_Out (12) = 0
- M_Out (13) = 1
- Dly 0.2
- M_Out (13) = 0
- Mvs p16
- Ovrđ 100
- Mvs p15
- Mvs p14
- Mvs p18
- Mvs p19
- Ovrđ 20
- Mvs p20
- Dly 0.5
- M_Out (12) = 1
- Dly 0.5
- Ovrđ 100
- Mvs p18
- Mvs p14
- Mvs p15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Mvs p21
- Ovrđ 20
- Mvs p22
- Dly 1
- M_Out (12) = 0
- M_Out (13) = 1
- Dly 0.2
- M_Out (13) = 0
- Mvs p21
- Ovrđ 100
- Mvs p15
- Dly 2
- M_Out (11) = 1
- Dly 3
- M_Out (11) = 0
- Mvs p21
- Ovrđ 20
- Mvs p23
- Dly 1
- M_Out (12) = 1
- Dly 0.5
- Mvs p21
- Ovrđ 80
- Mvs p15
- Ovrđ 20
- Mvs p24
- Mvs p25
- Mvs p26
- Dly 1
- M_Out (14) = 1
- Dly 0.3
- M_Out (12) = 0



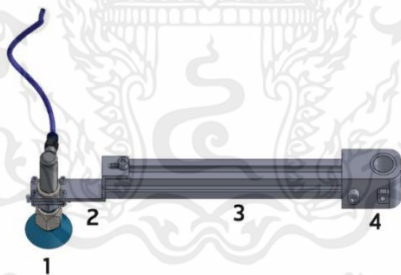
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- M_Out (13) = 1
- Dly 0.2
- M_Out (13) = 0
- Ovrld 100
- Mvs p24
- Mvs p15
- Mvs p1
- M1% = 0
- M2% = 0
- Endlf
- End

ในการจำลองการประกอบชิ้นงาน ของเครื่องกดประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ ทางคณะผู้จัดทำได้ กำหนดค่าความเร็วของหุ่นยนต์ (Override) = 20

3.2.3 การออกแบบอุปกรณ์เสริมสำหรับหุ่นยนต์

แขนจับชิ้นงานทำหน้าที่ในการดูดและปล่อยชิ้นงานผ่านการควบคุมยางดูดจับชิ้นงาน (Suction Cup) โดยตัวแขนจับจะเชื่อมต่ออยู่กับข้อต่อของหุ่นยนต์ มีส่วนประกอบดังแสดงในรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 แสดงส่วนประกอบของแขนจับชิ้นงาน

โดยจะประกอบไปด้วย 1.ยางดูดจับชิ้นงาน (Suction Cup) 2.แผ่นเหล็กความหนา 3 มิลลิเมตร 3.อลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 20x20 มิลลิเมตร ยาว 220 มิลลิเมตร และ 4.ข้อต่อระหว่างหุ่นยนต์และแท่งอลูมิเนียมโปรไฟล์

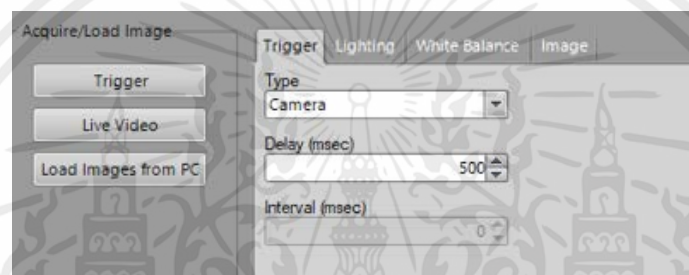
3.3 การออกแบบการทำงานของกล้องตรวจสอบชิ้นงาน (Vision Sensor)

3.3.1 การออกแบบโดยใช้โปรแกรม Insight Explorer และการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

ในการใช้กล้องตรวจสอบชิ้นงาน (Vision sensor) รุ่น VS20C-13F410 ร่วมกับโปรแกรม Cognex In-sight Explorer for MELSENSOR Vision 5.6.2 มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1.1 การตั้งค่าภาพ (Set Up Image) สั่งการการจับภาพด้วยการเชื่อมต่อวงจรกับเซนเซอร์แสง (Photo Sensor) โดยนำสาย Trigger จาก Breakout Cable (สายสี่สี) มาเชื่อมต่อเข้ากับสาย Normal Open (N.O.) และสาย Normal Close (N.C.) ของเซนเซอร์แสง มีหลักการทำงานคือ เมื่อเซนเซอร์แสงตรวจพบวัตถุ จะส่งสัญญาณออกไปทางสาย Normal Open และเมื่อวัตถุออกจากระยะของเซนเซอร์แสง อุปกรณ์จะส่งสัญญาณอีกครั้งเพื่อรีเซ็ตภาพไปทางสาย Normal Close เข้าไปยังสาย Trigger ของกล้องตรวจสอบชิ้นงาน จากนั้นกล้องจะทำงานและทำการจับภาพในตำแหน่งที่กำหนด โดยกล้องตรวจสอบชิ้นงานมีโหมดความละเอียดของภาพคือ 640x480 พิกเซล

ในส่วนของประเภทการ Trigger ในโปรแกรม Cognex In-sight Explorer for MELSENSOR Vision 5.6.2 ปรับเป็น Camera โดยมีการหน่วงเวลาก่อนถ่ายภาพที่ 0.5 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.27 แสดงการตั้งค่าการป้อนสัญญาณ (Trigger)

3.3.1.2 ข้อมูลนำเข้า (Inputs)

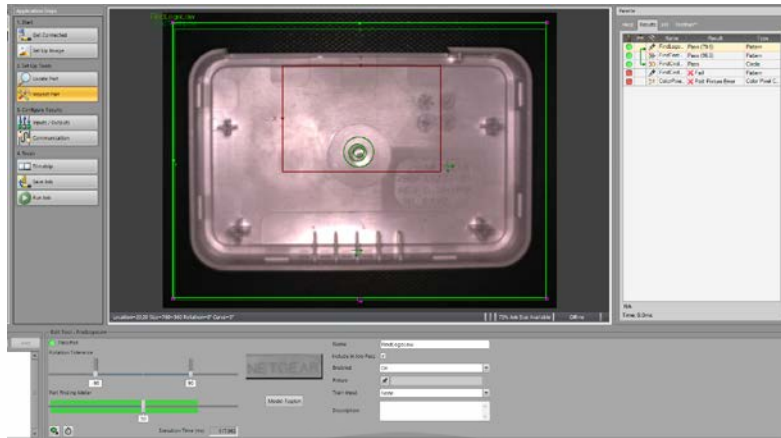
1. ชิ้นงานฝาส่วนล่าง (Lower Case)

มีการกำหนดข้อมูลนำเข้า เพื่อระบุชิ้นงานฝาส่วนล่าง (Lower Case) ดังรูปที่ 3.32 โดยการตรวจจับชิ้นงาน (Locate Part) ใช้การตรวจจับชิ้นงานตามรูปแบบโมเดลที่ลงทะเบียนไว้แล้ว (Pattern)

	Name	Result
●	FindLogoLow	Pass (79.6)
●	FindTeethLow	Pass (96.8)
●	FindCircleLow	Pass

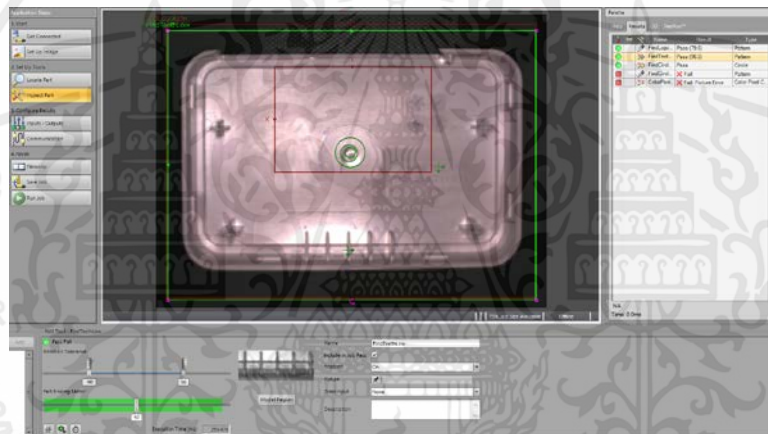
รูปที่ 3.28 แสดงข้อมูลนำเข้าของชิ้นงานฝาส่วนล่าง (Lower Case)

การตรวจจับรูปแบบที่ 1 ตรวจจับเครื่องหมายการค้า NETGEAR โดยใช้คำสั่ง FindLogoLow ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.29 แสดงการตรวจจับเครื่องหมายการค้า NETGEAR

การตรวจจับรูปแบบที่ 2 ตรวจจับจำนวนฟันของ Snap-Fit โดยใช้คำสั่ง FindTeethLow ดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.30 แสดงการตรวจจับจำนวนฟันของ Snap-Fit

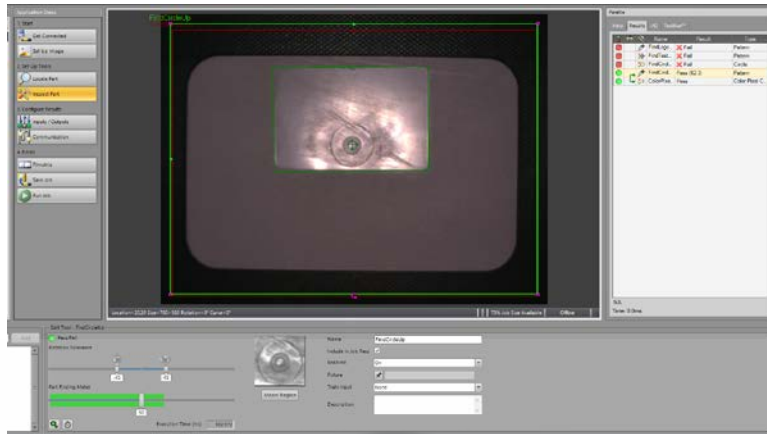
2. ชิ้นงานฝาส่วนบน (Upper Case)

มีการกำหนดข้อมูลนำเข้า เพื่อระบุชิ้นงานฝาส่วนบน (Upper Case) ดังรูปที่ 3.35

	FindCircleUp		Fail
	ColorPixelsUp		Fail: Fixture Error

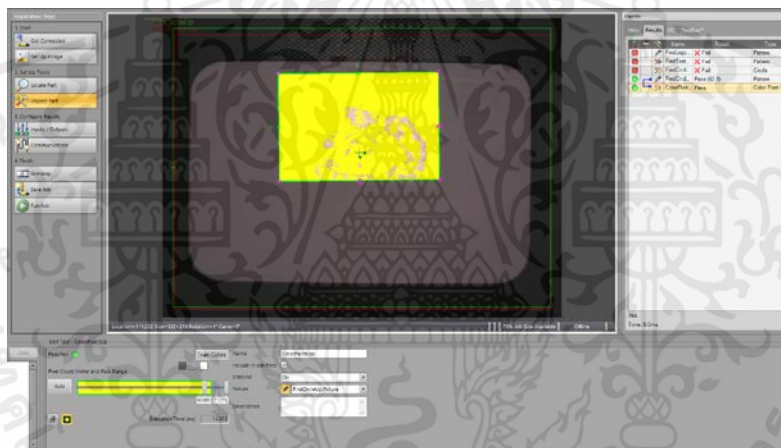
รูปที่ 3.31 แสดงข้อมูลนำเข้าของชิ้นงานฝาส่วนล่าง (Lower Case)

การตรวจจับชิ้นงาน (Locate Part) ใช้การตรวจจับชิ้นงานตามรูปแบบวงกลมที่ลงทะเบียนไว้แล้ว (Circle) โดยใช้คำสั่ง FindCircleUp ดังรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.32 แสดงการตรวจจับวงกลมชิ้นงานฝาส่วนบน (Upper Case)

การตรวจสอบชิ้นงาน (Inspect Part) ใช้การตรวจสอบจำนวนเม็ดสี (Color Pixel Count) โดยใช้คำสั่ง ColorPixelsUp ดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.33 แสดงการตรวจสอบจำนวนเม็ดสี (Color Pixel Count)

3.3.1.3 ผลลัพธ์ (Outputs) ในการจำแนกชิ้นงานฝาส่วนล่าง (Lower Case) และฝาส่วนบน (Upper Case) กำหนดให้มีการส่งออกผลลัพธ์ โดยการเชื่อมต่อสาย High-speed Output 0 (Direct 0) (สายสีน้ำเงิน) และสาย High-speed Output 1 (Direct 1) (สายสีเทา) จาก Breakout Cable เข้าสู่ Input Module ของหุ่นยนต์ โดยมีการกำหนดดังรูปที่ 3.38

	Name	Signal Type	Edge Type	Job Result	Force
Input	0	IN 0	Event Trigger	Rising Edge	Undefined
					None
Output	Direct 0	HSOUT 0	Job Result	OK_Lower:Pass	None
	Direct 1	HSOUT 1	Job Result	OK_Upper:Pass	None

รูปที่ 3.34 แสดงผลลัพธ์ของชิ้นงานฝาส่วนล่าง (Lower Case) และฝาส่วนบน (Upper Case)

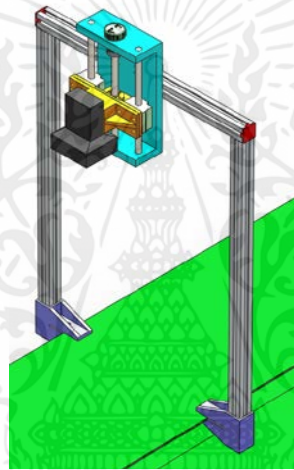
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำสั่ง OK_Lower.Pass หมายถึง เมื่อกำลังตรวจสอบชิ้นงานสามารถตรวจจับเครื่องหมายการค้า NETGEAR และจำนวนพิน Snap-Fit ของชิ้นงานฝาส่วนล่างได้ครบ จะส่งผลลัพธ์ผ่านสาย High-speed Output 0 (Direct 0) (สายสีน้ำเงิน) ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามตำแหน่งของชิ้นงานฝาส่วนล่างที่ได้กำหนดไว้

2. คำสั่ง OK_Upper.Pass หมายถึง เมื่อกำลังตรวจสอบชิ้นงานสามารถตรวจจับวงกลมชิ้นงานฝาส่วนบนและจำนวนเม็ดสีได้ครบ จะส่งผลลัพธ์ผ่านสาย High-speed Output 1 (Direct 1) (สายสีเทา) ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามตำแหน่งของชิ้นงานฝาส่วนบนที่ได้กำหนดไว้

3.3.2 การออกแบบอุปกรณ์เสริมสำหรับกล้องตรวจสอบชิ้นงาน

เพื่อให้กล้องตรวจสอบชิ้นงานสามารถทำงานร่วมกับเครื่องกดประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ และหุ่นยนต์ได้เหมาะสม มีการออกแบบอุปกรณ์เสริมเพื่อจัดวางกล้องตรวจสอบชิ้นงานบนสายการประกอบ ดังนี้



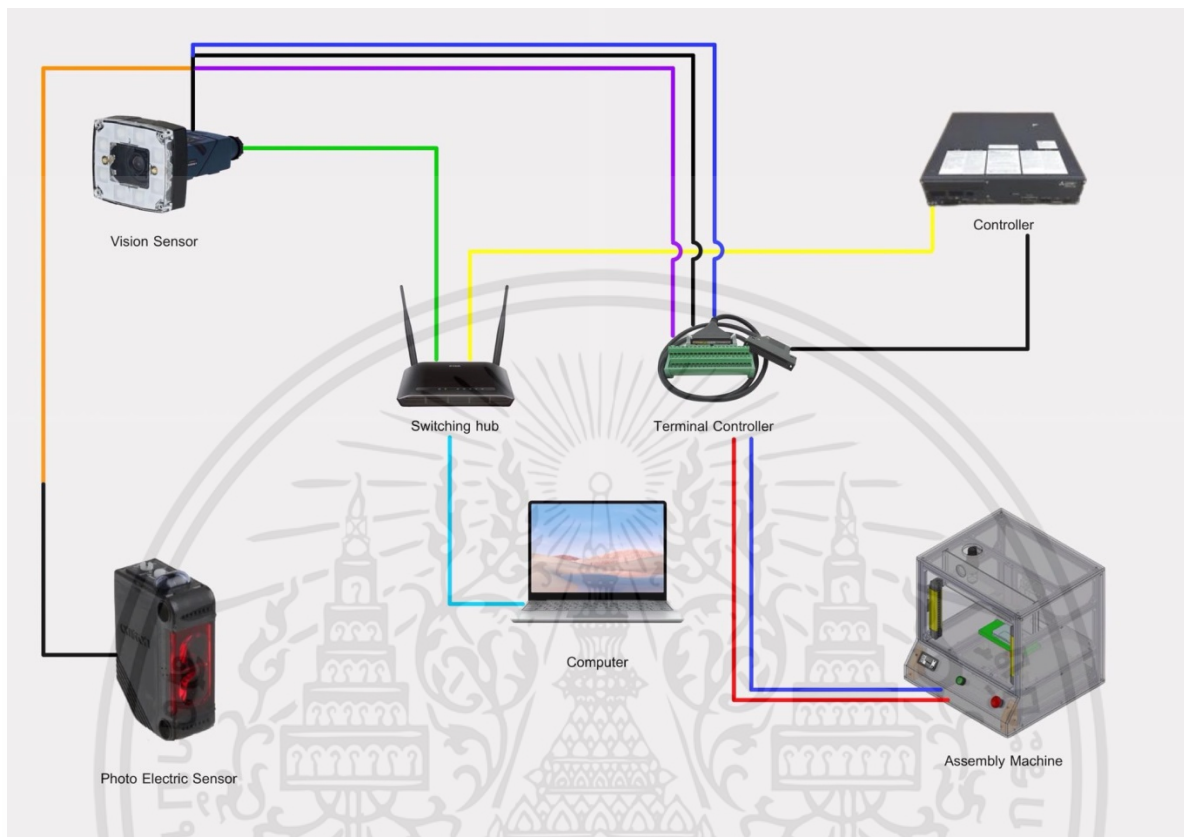
รูปที่ 3.35 แสดงส่วนประกอบของตัวยึดกล้องตรวจสอบชิ้นงาน

3.4 การเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ

ปัญญานิพนธ์นี้ เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสามารถทำงานร่วมกับหุ่นยนต์ และกล้องตรวจสอบชิ้นงาน ดังนั้นจึงมีการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าระหว่างเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ หุ่นยนต์ และกล้องตรวจสอบชิ้นงาน

ขั้นตอนการทำงานเริ่มจากเมื่อมีชิ้นงานไหลผ่านมาบนสายการประกอบ และ Photo electric sensor ตรวจพบชิ้นงาน Photo electric sensor จะส่งผลลัพธ์ (Output) ไปยังกล้องตรวจสอบชิ้นงาน เพื่อให้กล้องถ่ายภาพ (Trigger; สายไฟสีส้ม) ต่อไปเมื่อกำลังทำการถ่ายภาพ จะนำข้อมูลไปประมวลผลว่าเป็นชิ้นงานฝาส่วนล่าง หรือส่วนบน เมื่อกำลังประมวลผลเสร็จจะส่งผลลัพธ์ (Output) ไปที่ Terminal controller (High speed output;สายไฟสีดำและสีน้ำเงิน) จากนั้น Terminal จะส่งข้อมูลไปให้กับ Controller เพื่อทำการควบคุมหุ่นยนต์ตามลำดับ ซึ่งระหว่างที่มีการส่งผลลัพธ์ (Output) จากกล้องมายัง Terminal สาย General purpose input จะทำการ Reset ข้อมูลของกล้องเพื่อตัดวงจร (General purpose input; สายไฟสีม่วง) ลำดับสุดท้ายเมื่อเสร็จสิ้นการวางตำแหน่งชิ้นงานเข้าเครื่องประกอบชิ้นงาน

อัตโนมัติ หุ่นยนต์จะทำการส่งผลลัพธ์ (Output) เพื่อทำการสั่งเครื่องประกอบชิ้นงานให้กดชิ้นงาน (Output; สายไฟสีแดงและสีน้ำเงิน)



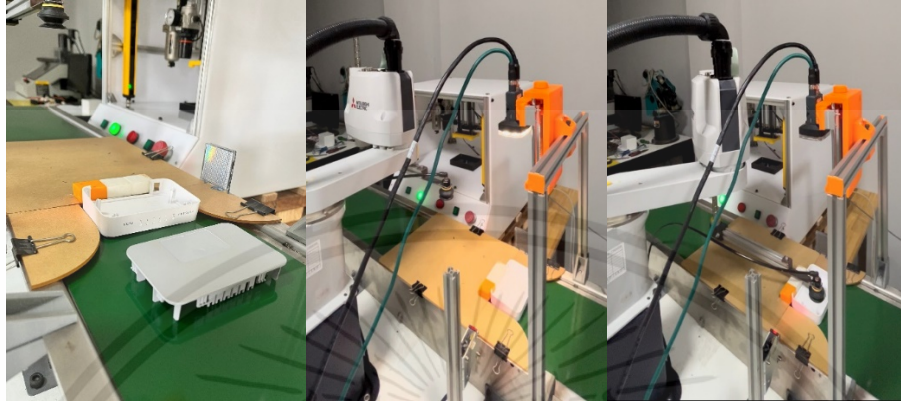
รูปที่ 3.36 แผนภาพการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ

3.5 การศึกษาการทำงานในสายการประกอบ

ศึกษาการทำงานของกระบวนการประกอบอุปกรณ์กล่องกระจายสัญญาณ (Wireless Internet Router) ซึ่งใช้เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงาน และหุ่นยนต์ในสายการประกอบ โดยสังเกตการณ์ และจับเวลาของกระบวนการ 10 ครั้ง เพื่อความแม่นยำที่เหมาะสม จากนั้นบันทึกลงใบงาน จับเวลาการทำงานของสถานีงาน และจัดทำแผนภูมิยามาซุมิของสถานีงานประกอบอุปกรณ์กล่องกระจายสัญญาณ (Wireless Internet Router) เพื่อวิเคราะห์งานย่อยว่าเป็นงานที่เพิ่มคุณค่า (Value Added Element) หรือเป็นงานที่ไม่เพิ่มคุณค่า (Non-value Added Element) จากนั้นประเมินผลการทำงานของกระบวนการ โดยการหาค่ารอบเวลาการผลิตจริง (Actual Cycle Time) อัตราชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อวัน (Production Rate per day) ผลิตภาพ (Productivity) กำลังคน (Manpower) เพื่อวิเคราะห์ และเปรียบเทียบกับเป้าหมาย

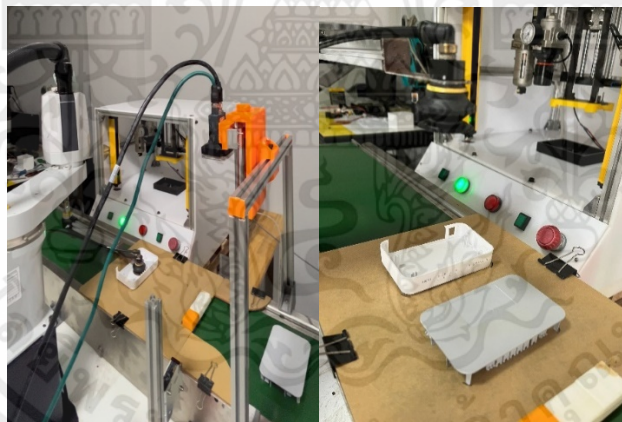
3.5.1 กระบวนการในการประกอบชิ้นงาน

- ขั้นตอนที่ 1 ชิ้นงานบนสายพานเคลื่อนที่มายังที่กั้นเพื่อยึดชิ้นงานให้อยู่กับที่ สำหรับให้กล้องตรวจสอบชิ้นงาน และส่งข้อมูลให้หุ่นยนต์มาหยิบชิ้นงานตามโปรแกรมที่ออกแบบไว้



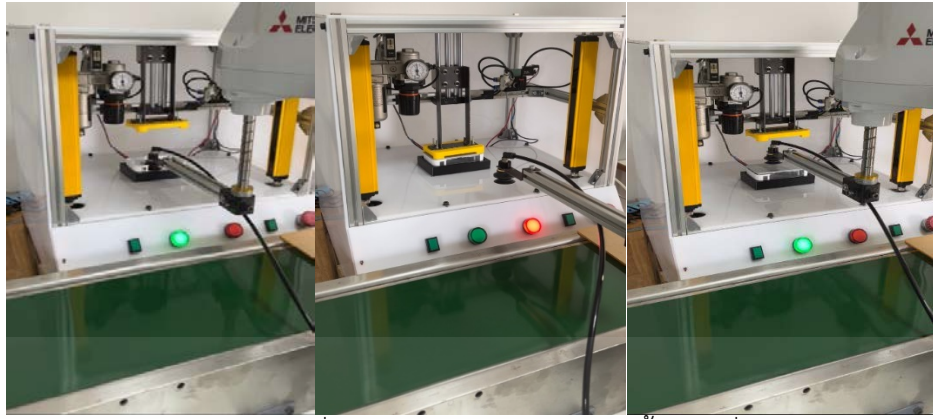
รูปที่ 3.37 รูปแสดงงานประกอบชิ้นตอนที่ 1

- ขั้นตอนที่ 2 หุ่นยนต์หยิบชิ้นงานมาวางไว้ตำแหน่งที่ไม่มีการเคลื่อนที่ เพื่อเตรียมชิ้นงานเข้าสู่เครื่องประกอบอัตโนมัติ (ป้องกันความผิดพลาดกรณีที่ชิ้นงานผ่านเข้ามาก่อน)



รูปที่ 3.38 รูปแสดงงานประกอบชิ้นตอนที่ 2

- ขั้นตอนที่ 3 หุ่นยนต์นำชิ้นงานเข้าเครื่องประกอบ และสั่งเครื่องประกอบกดชิ้นงานผ่านคำสั่ง $M_Out(11) = 1$ ซึ่งเมื่อกดประกอบชิ้นงานเสร็จสิ้น หุ่นยนต์จะสั่งตัดการทำงานผ่านคำสั่ง $M_Out(11) = 0$



รูปที่ 3.39 รูปแสดงงานประกอบขั้นตอนที่ 3

- ขั้นตอนที่ 4 หุ่นยนต์นำชิ้นงานที่ผ่านการประกอบเสร็จสิ้น เข้าสู่สถานีงานต่อไปผ่านสายพานการผลิต



รูปที่ 3.40 รูปแสดงงานประกอบขั้นตอนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการทำงานร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงาน และหุ่นยนต์ในสายการประกอบ ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. ผลการทดลองการทำงานประกอบชิ้นงาน
2. ผลการศึกษาการทำงานในสายการประกอบ

4.1 ผลการทดลองการทำงานประกอบชิ้นงาน

จากการตั้งค่าตำแหน่งของหุ่นยนต์ รวมถึงกำหนดเงื่อนไขในการทำงานในรูปแบบต่างๆ ผ่านทางโปรแกรมที่ออกแบบไว้ คณะผู้จัดทำได้ทดลองการทำงานของระบบ เพื่อตรวจหาข้อผิดพลาดและรอบเวลาในการผลิตจริง

ในการทดลองการทำงานของเครื่องประกอบชิ้นงาน เริ่มต้นจากการไหลของสายพานเพื่อให้ Photo electric sensor ตรวจจับชิ้นงานและส่งสัญญาณไปยังกล้องเพื่อตรวจสอบชิ้นงาน จากนั้นหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ตามรูปแบบที่ได้วางไว้ และส่งสัญญาณต่อให้เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติทำงาน เสร็จแล้วจึงนำชิ้นงานที่ประกอบสำเร็จออกมาวางบนสายพานอีกฝั่งหนึ่ง ขณะทดลอง มีการบันทึกวิดีโอเพื่อจับเวลาการทำงาน รวมถึงตรวจสอบความเรียบร้อยของชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 4.1 ผลลัพธ์ที่ได้คือชิ้นงานสามารถประกอบกันได้ดีและมีรอบเวลาการผลิตจริงอยู่ที่ 67.42 วินาทีต่อชิ้น



รูปที่ 4.1 แสดงชิ้นงานที่ประกอบกันสำเร็จจากการทดลองการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการศึกษาการทำงานในสายการประกอบ

ในการศึกษาการทำงานของกระบวนการประกอบอุปกรณ์กล่องกระจายสัญญาณ (Wireless Internet Router) โดยระบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงาน และหุ่นยนต์ในสายการประกอบ มีผลการศึกษาดังนี้

4.2.1 เวลาในการทำงาน (Process Time)

4.2.1.1 กระบวนการในสายการประกอบโดยใช้มนุษย์

จากการสังเกตการณ์ และจับเวลากระบวนการประกอบอุปกรณ์กล่องกระจายสัญญาณโดยมนุษย์ 2 คน ในสายการประกอบ A1 ของบริษัท เดลต้า อีเลคโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน จำนวน 10 ครั้ง ได้ผลของเวลาในการทำงานบันทึกลงใบงานจับเวลาการทำงานของสถานีงาน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลเวลาของกระบวนการในสายการประกอบโดยใช้มนุษย์

Line : 1		No. of OP : 2 person													
Date : 24/06/2021		No. of station : 1 stations													
Model : GS205-100S-R		Cycle time : 15 sec/pc													
No	Element	type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG		
1	Take the upper cover and visual inspection.	Visual INS	3.54	3.36	2.44	3.25	3.76	3.54	3.38	2.44	3.25	3.76	3.27		
2	Take the light guide.	N-value	1.26	1.37	1.3	1.21	1.24	1.28	1.37	1.3	1.21	1.24	1.28		
3	Put the light guide into the upper case.	N-value	2.84	2.42	3.11	2.83	3.26	2.84	2.42	3.11	2.83	3.26	2.89		
4	Push the light guide to fit into the upper case.	N-value	7.16	8.33	7.51	8.48	7.69	7.16	8.33	7.51	8.48	7.69	7.83		
5	Take the mainboard.	N-value	2.16	2.42	2.41	2.47	1.88	2.16	2.42	2.41	2.47	1.88	2.27		
6	Assemble the mainboard into the upper case.	value	3.48	3.1	2.84	3.47	3.02	3.48	3.1	2.84	3.47	3.02	3.18		
7	Take the lower case and visual inspection.	Visual INS	2.47	2.29	2.44	2.55	2.79	2.47	2.29	2.44	2.55	2.79	2.51		
8	Assemble lower and upper case by pressing on the snap fit s	value	8.21	8.7	9.06	8.34	9.12	8.21	8.7	9.06	8.34	9.12	8.69		
9	Move the S508 label stick on the upper case.	value	2.17	2.211	2.23	1.59	1.76	2.17	2.211	2.23	1.59	1.76	1.99		
10	Put the product on the conveyor.	N-value	1.54	1.23	1.27	1.44	1.62	1.54	1.23	1.27	1.44	1.62	1.42		
Total Processing Time (s)			17.425	17.716	17.305	17.815	18.07	17.425	17.715	17.305	17.815	18.07	17.67		
Total Value Time (s)			6.93	7.0055	7.065	6.7	6.95	6.93	7.0055	7.065	6.7	6.95	6.93		
Total Non-Value Time (s)			7.49	7.885	7.8	8.215	7.845	7.49	7.885	7.8	8.215	7.845	7.85		
Total Inspection Time (s)			6.01	5.65	4.88	5.8	6.55	6.01	5.65	4.88	5.8	6.55	5.78		

4.2.1.2 กระบวนการในสายการประกอบโดยใช้ระบบอัตโนมัติ

จากการสังเกตการณ์ และจับเวลากระบวนการประกอบอุปกรณ์กล่องกระจายสัญญาณโดยระบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงาน และหุ่นยนต์ในสายการประกอบ จำนวน 10 ครั้ง ได้ผลของเวลาในการทำงานบันทึกลงใบงานจับเวลาการทำงานของสถานีงาน ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลเวลาของกระบวนการในสายการประกอบโดยใช้ระบบอัตโนมัติ

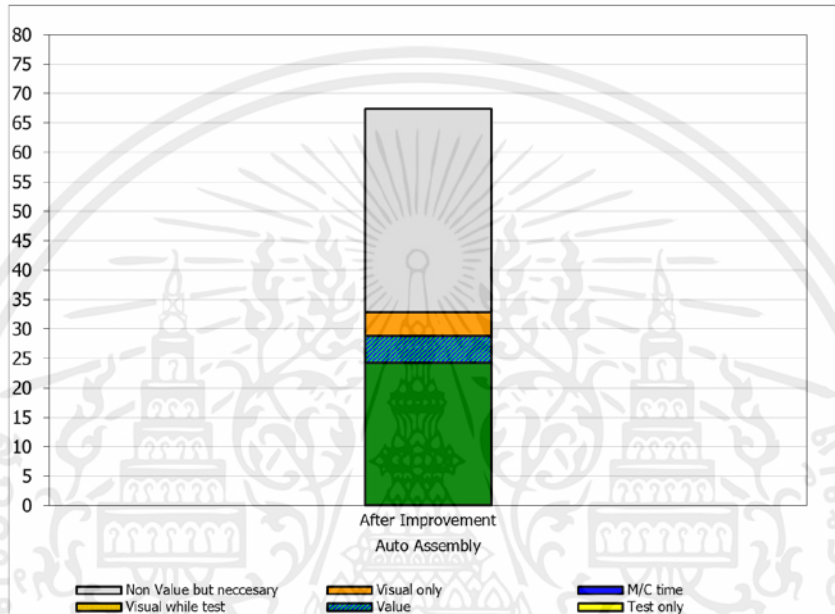
Line : 1		No. of OP : 0 person 1 Robotic													
Date : 22/04/2022		No. of station : 1 stations													
Model : GS205-100S-R		Cycle time : 15 sec/pc													
No	Element	type	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	AVG		
1	กล้องจับตำแหน่งฝาส่วนล่างที่ไหลเข้ามาสายพาน	Visual INS	1.73	1.56	1.59	1.62	1.52	1.65	1.7	1.55	1.68	1.7	1.63		
2	แขนหุ่นยนต์เคลื่อนที่มายังฝาส่วนล่าง	N-value	2.84	3	2.83	2.91	2.88	2.99	2.91	2.84	2.75	2.74	2.87		
3	แขนหุ่นยนต์ดูดฝาส่วนล่าง	N-value	2.78	2.75	2.73	2.68	2.71	2.67	2.86	2.62	2.69	2.88	2.76		
4	แขนหุ่นยนต์หยิบฝาส่วนล่างเคลื่อนที่ไป	N-value	3.34	3.48	3.63	3.54	3.39	3.42	3.58	3.51	3.57	3.61	3.50		
5	แขนหุ่นยนต์วางฝาส่วนล่างในตำแหน่งที่กำหนด	N-value	1.91	1.79	1.93	2.05	1.95	1.84	1.84	1.96	1.89	1.91	1.91		
6	กล้องจับตำแหน่งฝาส่วนบนที่ไหลเข้ามาสายพาน	Visual INS	2.53	2.36	2.43	2.49	2.57	2.64	2.39	2.49	2.39	2.47	2.48		
7	แขนหุ่นยนต์เคลื่อนที่มายังฝาส่วนบน	N-value	3.41	3.31	3.55	3.46	3.52	3.46	3.35	3.56	3.46	3.4	3.45		
8	แขนหุ่นยนต์ดูดฝาส่วนบน	N-value	2.69	2.84	2.68	2.72	2.75	2.61	2.71	2.86	2.82	2.85	2.75		
9	แขนหุ่นยนต์หยิบฝาส่วนบนเคลื่อนที่ไป	N-value	2.65	2.73	2.46	2.58	2.52	2.5	2.63	2.49	2.49	2.62	2.57		
10	แขนหุ่นยนต์วางฝาส่วนบนในตำแหน่งที่กำหนด	N-value	2.25	2.41	2.43	2.35	2.3	2.41	2.29	2.41	2.25	2.31	2.34		
11	แขนหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปหยิบฝาส่วนล่างในตำแหน่งที่กำหนด	value	2.75	2.71	2.61	2.81	2.78	2.87	2.91	2.84	2.84	2.89	2.80		
12	แขนหุ่นยนต์ดูดฝาส่วนล่าง	value	2.21	2.13	2.15	2.17	2.2	2.24	2.14	2.16	2.11	2.16	2.17		
13	แขนหุ่นยนต์หยิบฝาส่วนล่างเคลื่อนที่เข้าไประหว่างเครื่องประกอบชิ้นงาน	value	3.55	3.51	3.26	3.42	3.51	3.62	3.6	3.42	3.36	3.68	3.49		
14	แขนหุ่นยนต์วางฝาส่วนบนในเครื่องประกอบชิ้นงาน	value	2.48	2.2	2.26	2.25	2.35	2.24	2.21	2.14	2.36	2.39	2.29		
15	แขนหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปหยิบฝาส่วนบนในตำแหน่งที่กำหนด	value	4.15	4.21	4.08	4.16	4.12	4	4.16	4.05	4.09	4.07	4.11		
16	แขนหุ่นยนต์ดูดฝาส่วนบน	value	1.95	1.73	2.01	1.84	2.06	1.98	2.01	2.05	2	2.1	1.97		
17	แขนหุ่นยนต์หยิบฝาส่วนบนเคลื่อนที่เข้าไประหว่างเครื่องประกอบชิ้นงาน	value	3.42	3.36	3.51	3.44	3.43	3.35	3.38	3.35	3.49	3.35	3.41		
18	แขนหุ่นยนต์วางฝาส่วนบนในเครื่องประกอบชิ้นงาน	value	2.28	2.38	2.25	2.3	2.41	2.39	2.24	2.32	2.26	2.29	2.31		
19	แขนหุ่นยนต์เคลื่อนที่ออกจากเครื่องประกอบชิ้นงาน	value	1.76	1.78	1.84	1.82	1.73	1.75	1.69	1.56	1.81	1.57	1.73		
20	เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ	value	4.30	4.59	4.51	4.49	4.38	4.52	4.43	4.50	4.55	4.37	4.46		
21	แขนหุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าเครื่องประกอบชิ้นงาน	N-value	2.03	1.96	2.15	2.11	1.98	2.15	1.95	1.99	1.89	1.94	2.02		
22	แขนหุ่นยนต์ดูดชิ้นงานที่ประกอบแล้ว	N-value	2.23	2.33	2.19	2.28	2.25	2.21	2.2	2.34	2.27	2.3	2.28		
23	แขนหุ่นยนต์วางชิ้นงานเคลื่อนที่ไป	N-value	5.48	5.62	5.74	5.5	5.42	5.49	5.62	5.41	5.34	5.52	5.51		
24	แขนวางชิ้นงานบนสายการประกอบ	N-value	2.7	2.5	2.56	2.42	2.71	2.74	2.73	2.69	2.56	2.64	2.64		
Total Processing Time (s)			67.42	67.22	67.38	67.41	67.4	67.94	67.51	67.2	67.1	67.88	67.42		
Total Value Time (s)			28.85	28.6	28.48	28.7	29	28.96	28.77	28.4	28.9	28.87	28.75		
Total Non-Value Time (s)			34.31	34.7	34.88	34.6	34.4	34.69	34.65	34.8	34.1	34.64	34.57		
Total Inspection Time (s)			4.26	3.92	4.02	4.11	4.09	4.29	4.09	4.04	4.07	4.17	4.11		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 แผนภูมียามาซุมิ (Yamazumi Chart)

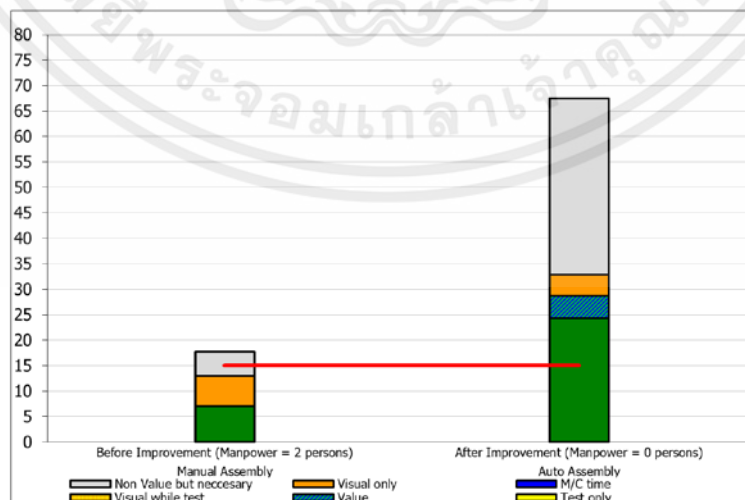
4.2.2.1 กระบวนการในสายการประกอบโดยใช้ระบบอัตโนมัติ นำเวลาในการทำงาน ซึ่งได้มาจากการจับเวลาของกระบวนการ 10 ครั้ง มาจัดทำแผนภูมียามาซุมิของกระบวนการประกอบอุปกรณ์กล่องกระจายสัญญาณโดยระบบอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 4.2

Date	22/04/2022	Line balance	=	100.00 %	% Value added time	=	43% %
Model	GS205-100S-R	Line balance loss	=	0.00 %	% Non-value added time	=	57% %
Line	1	Bottleneck	=	67.42 sec/pcs	Output per day (pcs/day)	=	1,281 pcs
Manpower	0 persons	Ol cycle time	=	15.00 sec/pcs	Productivity base on B/N	=	22.25 %
Robot	1				Output per manhours	=	53.39 pes/hr



รูปที่ 4.2 แผนภูมียามาซุมิของกระบวนการในสายการประกอบโดยใช้ระบบอัตโนมัติ

4.2.2.2 การเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการโดยมนุษย์ และระบบอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนภูมียามาซุมิการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการโดยมนุษย์ และระบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

4.2.3.1 กระบวนการในสายการประกอบโดยใช้ระบบอัตโนมัติ จากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 จะพบว่ากระบวนการประกอบอุปกรณ์กล่องกระจายสัญญาณโดยระบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ ร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงาน และหุ่นยนต์ในสายการประกอบมีข้อมูลดังนี้

1. มีคนงานจำนวน 0 คน มีหุ่นยนต์ 1 เครื่อง มีเครื่องจักร 1 เครื่อง
2. เวลาของกระบวนการคือ 67.42 วินาที/ชิ้น
3. รอบเวลาเป้าหมายคือ 15 วินาที/ชิ้น
4. เวลาของงานที่เพิ่มคุณค่า (Value Added) คือ 28.75 วินาที โดยเป็นเวลาทำงานของเครื่องจักร

4.46 วินาที จะได้เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์คือ 43 เปอร์เซ็นต์

5. เวลาของงานที่ไม่เพิ่มคุณค่า (Non-value Added) คือ 34.57 จะได้เปอร์เซ็นต์เวลาสูญเสียไปคือ 57 เปอร์เซ็นต์

6. มีผลผลิต 1,281 ชิ้น/วัน

7. UPH 53.39 ชิ้น/ชั่วโมง

4.3.3.2 การเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการโดยมนุษย์ และระบบอัตโนมัติ กระบวนการประกอบโดยระบบอัตโนมัติ ในส่วนการทำงานของหุ่นยนต์ ได้กำหนดให้ความเร็วหุ่นยนต์ (Override) มีค่าเท่ากับ 20 จะได้รอบเวลาการทำงานจริงซึ่งเป็นผลลัพธ์ออกมาเท่ากับ 67.42 วินาทีต่อชิ้น แต่ในการใช้งานจริงสามารถปรับความเร็วหุ่นยนต์สูงสุดให้มีค่าเท่ากับ 100 ซึ่งเป็นความเร็วสูงสุดได้ เพื่อลดรอบเวลาการทำงานจริงให้น้อยลง โดยในการคำนวณจะทำการหาค่าคงที่เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบรอบเวลากับความเร็วหุ่นยนต์ในหลาย ๆ ค่า มีสมการดังนี้

$$\text{ค่าคงที่} = 20 \times 67.42 = 1348.4 \quad (4.1)$$

จากนั้น จะนำค่าคงที่จากการคำนวณไปเปรียบเทียบรอบเวลาการทำงานจริงกับความเร็วหุ่นยนต์ ดังนี้

$$\text{รอบเวลาการทำงานจริง} = \frac{\text{ค่าคงที่}}{\text{ความเร็วหุ่นยนต์ (Override)}} \quad (4.2)$$

จากการคำนวณโดยกำหนดความเร็วหุ่นยนต์ที่ค่าต่างๆ จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงรอบเวลาการทำงานจริงในแต่ละความเร็ว

ความเร็วหุ่นยนต์ (Override)	20	30	40	50	60	70	80	90	100
รอบเวลาการทำงานจริง (วินาทีต่อชิ้น)	67.42	44.95	33.71	26.97	22.47	19.26	16.86	14.98	13.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณากระบวนการประกอบโดยระบบอัตโนมัติ ซึ่งกำหนดความเร็วหุ่นยนต์ (Override) ให้มีค่าสูงสุดเท่ากับ 100 และจากรูปที่ 4.3 จะได้ผลการศึกษาจากการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการประกอบโดยมนุษย์ และโดยระบบอัตโนมัติ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างกระบวนการประกอบโดยมนุษย์ และโดยระบบอัตโนมัติ

Assembly Process	Manual System	Automation System		Target	%Improvement
		Override 20	Override 100		
Cycle time (sec)	17.67	67.42	13.48	15	23.71
Operation hour per day (hrs/day)	8.00	24.00	24.00	24	200.00
Manpower (persons)	2	0	0	0	100.00
Output/man hrs (pcs/man-hrs)	101.87	53.40	267.06	240.00	162.17
Output per day (pcs/day)	1,630	1,282	6,409	5,760	293.25

จากตารางที่ 4.4 จะได้ข้อมูลดังนี้
กระบวนการประกอบโดยมนุษย์

1. เวลาของกระบวนการคือ 17.67 วินาที/ชิ้น
2. เวลาที่สามารถทำงานได้คือ 8 ชั่วโมง
3. มีคนงานจำนวน 2 คน
4. UPH 101.87 ชิ้น/คน/ชั่วโมง
5. มีผลผลิต 1,630 ชิ้น/วัน

กระบวนการประกอบโดยระบบอัตโนมัติ กำหนดความเร็วหุ่นยนต์ให้มามีค่าสูงสุดเท่ากับ 100

1. เวลาของกระบวนการคือ 13.48 วินาที/ชิ้น
2. เวลาที่สามารถทำงานได้คือ 24 ชั่วโมง
3. มีคนงานจำนวน 0 คน
4. UPH 267.06 ชิ้น/ชั่วโมง
5. มีผลผลิต 6,409 ชิ้น/วัน

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกระบวนการประกอบโดยมนุษย์ และกระบวนการประกอบโดยระบบอัตโนมัติซึ่งกำหนดความเร็วหุ่นยนต์ให้มามีค่าสูงสุดเท่ากับ 100 จะได้ผลการปรับปรุงในแต่ละด้านคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ดังแสดงในตารางที่ 4.4

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะของเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการทำงานร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงาน และหุ่นยนต์ในสายการประกอบ ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. สรุปผลการดำเนินงาน
2. ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ปริญญาโทฉบับนี้จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ในการการออกแบบเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการทำงานร่วมกับกล้องตรวจสอบชิ้นงานและหุ่นยนต์ในสายการประกอบ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ การออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ เริ่มต้นที่การออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์ ทางคณะผู้จัดทำสร้างเครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ เพื่อใช้งานร่วมกับหุ่นยนต์และกล้องจับตำแหน่ง มีการใช้ลูมิเนียมโพรไฟล์และแผ่นอะคริลิกเป็นวัสดุหลัก พร้อมกับเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการทำงาน ถัดไปคณะผู้จัดทำได้ดำเนินการในส่วนของซอฟต์แวร์ โดยการเขียนโปรแกรมกำหนดคำสั่งเคลื่อนที่ให้แก่หุ่นยนต์ตามข้อกำหนดและเงื่อนไขที่วางไว้ หลังจากนั้นจึงเริ่มดำเนินการทดลองการทำงานของระบบ ผลลัพธ์จากการทดลองที่สามารถสรุปได้ คือ เครื่องประกอบชิ้นงานอัตโนมัติสามารถทำรอบเวลาการทำงานจริงได้ 67.42 วินาทีต่อชิ้น ที่ความเร็วหุ่นยนต์เท่ากับ 20

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการทดลอง รอบเวลาการทำงานจริงที่ 67.42 วินาทีต่อชิ้น เป็นระยะเวลาที่ยาวนานเกินไป สามารถพัฒนาด้วยการเพิ่มความเร็วของหุ่นยนต์ให้สูงสุดที่ 100 โดยจากการคำนวณ สามารถลดรอบเวลาการทำงานจริงให้เหลือ 13.48 วินาทีต่อชิ้น ได้
2. ข้อจำกัดทางด้านกล้องจับตำแหน่งทำให้ไม่สามารถหยิบจับชิ้นงานที่อยู่นอกเหนือจากตำแหน่งและมุมที่กำหนดได้ ในการปรับปรุงพัฒนาต่อไป ควรเลือกใช้กล้องที่มีฟังก์ชัน Positioning เพื่อส่งข้อมูลทางด้านตำแหน่งและมุมกับหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ตามที่กำหนด
3. ในการปรับปรุงพัฒนาขั้นต่อไป อาจมีการใช้กล้องจับตำแหน่งในการตรวจสอบและระบุชิ้นงานว่าเป็นของดีหรือของเสียได้ โดยสามารถติดตั้งได้ในส่วนของสถานีตรวจสอบชิ้นงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] M.S. Fluid. “การคำนวณหาแรงอัดกระบอกสูบ,” 2018. [Online]. Available: http://www.msfluid.co.th/contentr_cylinder.html
- [2] AIC. “ความสามารถในการรับน้ำหนักของอลูมิเนียมโปรไฟล์แต่ละรุ่น,” 2019. [Online]. Available: <http://www.dojogarden.com/index.php>
- [3] บุลวิชัย เจริญยืนนาน. “ระบบนิวเมติกส์ (pneumatic system) คืออะไร,” 2021. [Online]. Available: <https://misumitechnical.com/technical/pneumatic/what-is-pneumatic-system/>
- [4] บริษัท นิวเมติก ดอทคอม (ประเทศไทย) จำกัด. “เครื่องอัดลมในระบบนิวเมติก [Pneumatic Air Compressor],” 2020. [Online]. Available: <https://engineer180.com/air-compressor/>
- [5] Multiphase Corporation. “6 ประเภท Air Compressor ที่ควรรู้!!!!,” [Online]. Available: <https://multiphase-corp.com/th/articles-th/6-ประเภท-air-compressor-ที่ควรรู้/>
- [6] บริษัท นิวเมติก ดอทคอม (ประเทศไทย) จำกัด. “ระบบท่อลมนิวเมติกในโรงงานอุตสาหกรรม,” 2020. [Online]. Available: <https://engineer180.com/pneumatic-tube-system/>
- [7] Thai-A Engineering. “มา รู้จัก ข้อต่อลม (FITTING) กันเถอะ,” 2021. [Online]. Available: <https://thaia.net/2021/06/25>
- [8] Techsource groups. “ชุดกรองลม (F.R.L.Units) คืออะไร,” [Online]. Available: <https://www.techsourcemarketplace.com/product-category/all-products/pneumatics-hydraulics-and-power-transmission/pneumatics/pneumatics-frl-units/>
- [9] Pneu-hyd.CO.,Ltd. “อุปกรณ์นิวเมติกส์ (Pneumatic Component) ที่ใช้ในท่อสาขา (In Brand Air Pipes),” [Online]. Available: <https://www.pneu-hyd.co.th/บทความ-นิวเมติกส์-ไฮดรอลิก/406-pneumatic-component.html>
- [10] Pneu-hyd.CO.,Ltd. “วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve),” [Online]. Available: https://www.pneu-hyd.co.th/บทความ-นิวเมติกส์-ไฮดรอลิก/410-directional-control-valve_วาล์วควบคุมทิศทาง.html
- [11] Thai-A Engineering. “กระบอกลม (PNEUMATIC AIR CYLINDER),” 2020. [Online]. Available: <https://thaia.net/2020/10/13/กระบอกลม-pneumatic-air-cylinder/>
- [12] คณะวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. “นิวแมติกส์ไฟฟ้าเบื้องต้น,” การควบคุมให้กระบอกสูบทำงานต่อเนื่อง.
- [13] MITSUBISHI ELECTRIC. “RH-3CH4018-D Robotic,” Technical Information.
- [14] MITSUBISHI ELECTRIC. “RH-3CH4018-D Manual,” Technical Information.
- [15] MITSUBISHI ELECTRIC. “MELSENSOR,” VS20C-13F410.
- [16] กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข 2563 “การศึกษาการทำงานอุตสาหกรรม” สำนักพิมพ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ กรุงเทพฯ

[17] TRUSCO RESOLUTION CO., LTD. “อลูมิเนียมเกรดไทเทเนียมนำมาผลิต อลูมิเนียมโปรไฟล์,” 28.07.2020. [Online]. Available: <https://www.trusco-resolution.com/อลูมิเนียมเกรดไทเทเนียมนำมาผลิต-aluminum-profile.page>

[18] Misumi. “Aluminum Extrusion Types and Parts Selection,” Extrusion Load Capacity Calculations.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้