

รายงานฉบับสมบูรณ์

การออกแบบEnd-of-Arm Tool (EOAT) สำหรับกระบวนการ
In-mold Labeling

รหัสโครงการวิจัย พ-ท(ด) 209.55

หัวหน้าโครงการ อ.ดร.อัญชนา วงษ์โต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สิงหาคม 2557

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (Abstract).....	3-4
1.บทนำ (Introduction).....	5
2.ทฤษฎีและหลักการ (Theory and Principle).....	7
- In-mold labeling	
- เครื่องฉีดพลาสติก	
- หุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robot)	
- ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic System)	
- ระบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic System)	
3.อุปกรณ์และวิธีการ (materials and methods).....	26
- Manipulator	
- Applicator	
- Label Dispenser	
- Electrical bonding	
- ออกแบบส่วนควบคุม	
4.ผลการออกแบบ.....	34
-ชุดแขนกลเคลื่อนที่	
- ชุดขาตั้งแขนกลเคลื่อนที่	
- ชุดจับแผ่นฉลาก	
5.สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ.....	67
6.บรรณานุกรม.....	71
7.ภาคผนวก.....	72

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้เป็นผลการวิจัยการออกแบบ End-of-Arm Tool (EOAT) สำหรับกระบวนการ In-mold Labeling ซึ่งกล่าวถึงที่มาและปัญหาในกระบวนการติดฉลากผลิตภัณฑ์จากการฉีดพลาสติกที่ได้มีการพัฒนาใช้กระบวนการติดฉลากอัตโนมัติหรือ In-mold Labeling โดยชุด In-mold Labeling นี้เป็นชุดอุปกรณ์ประกอบประเภทหนึ่งสำหรับชุด End-of-Arm Tool ที่ใช้อำนวยความสะดวกในงานฉีดพลาสติก โดย กระบวนการติดฉลากอัตโนมัติแบ่งได้เป็น 4 ส่วน ชุดแขนกลเคลื่อนที่ (Manipulator) ชุดเก็บและจ่ายแผ่นฉลาก (Label Dispenser) ชุดจับแผ่นฉลาก (Label Applicator) ระบบไฟฟ้าสถิตย์ (Electrical Bonding System) ชุดติดฉลากอัตโนมัตินี้ได้ถูกออกแบบให้ใช้กับเครื่องฉีดพลาสติก Battenfeld BA 250 CDC ซึ่งเป็นเครื่องฉีดพลาสติกแนวนอนขนาดแรงอัด (Capacity) 25 ตัน ในรายงานได้กล่าวถึงการออกแบบส่วนของชุดแขนกลเคลื่อนที่ การออกแบบชุดเก็บและจ่ายแผ่นฉลาก ส่วนระบบไฟฟ้าสถิตย์นั้นได้ใช้ชุดสำเร็จรูปจากผู้ผลิตชุดสร้างและยิงประจุไฟฟ้าสถิตย์ ในรายงานนี้ได้เสนอรายละเอียดขั้นตอนการออกแบบและประยุกต์แนวคิดในแต่ละส่วนกับเครื่องฉีดพลาสติกและแม่พิมพ์ตัวอย่าง อันเป็นผลเนื่องมาจากการวิจัยและทดลองในโครงการวิจัยนี้ ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างระบบติดฉลากอัตโนมัติในกระบวนการฉีดพลาสติกต่อไป

Abstract

This report is about the results from the design research of End-of-Arm Tool (EOAT) for the In-mold Labeling process. In the Plastic injection industries, the In-mold Labeling system is considered one of the End-of-Arm Tool (EOAT) for ease of end product labelling. The In-mold Labeling process can be divided into 4 parts as of Manipulator, Label Dispenser, Label Applicator and Bonding facility. In this project, an electrical bonding is investigated. The In-mold Labeling system is design to use with the Battenfeld BA 250 CDC (a 25 tons capacity plastic injection machine). In this report, the detail consideration points of each part of the In-mold Labeling process are investigated, except the electrical bonding gear. The electrical charge generator and charge bar are the market brand available. Detail explanations in Manipulator process, Label Dispenser process and Label Applicator process are investigated for the used with the 25 tons plastic injection machine and the existing mold. The results of the design procedures will be useful for the design and construct of an In-mold Labelling system for the future automatic In-mold labeling system.

1.บทนำ (Introduction)

ที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันการติดฉลากลงบนชิ้นงานพลาสติกส่วนใหญ่จะทำได้ขึ้นภายหลังจากการขึ้นรูปชิ้นงานพลาสติกออกมาแล้วซึ่งเป็นการเพิ่มขั้นตอนและเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน อีกทั้งฉลากที่ติดก็มีโอกาสที่จะหลุดลอกเมื่อเวลาผ่านไประบบ in-mold labeling จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการติดฉลากบนชิ้นงานพลาสติกที่สามารถทำได้ในขั้นตอนการผลิต โดยแผ่นฟิล์มลวดลายจะถูกนำเข้าไปติดที่ผนังด้านในของควิตี้ แล้วจึงทำการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานพลาสติก ซึ่งชิ้นงานที่ได้จะมีผิวที่สวยงาม ลวดลายคงทน ไม่หลุดลอก เนื่องจากแผ่นฟิล์มลวดลายถูกหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับชิ้นงานพลาสติก ซึ่งจะช่วยให้คุณภาพและลดเวลาที่ใช้ผลิตได้อย่างมาก อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายสำหรับการป้องกันฉลากอัตโนมัติด้วยระบบ in-mold labeling มีต้นทุนค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆเนื่องจากแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ใช้สำหรับขึ้นรูปชิ้นงานต้องถูกออกแบบมาเฉพาะสำหรับระบบ in-mold labeling และต้องมีการเชื่อมต่อเข้ากับระบบสัญญาณการรวมถึงการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้าสถิต เพื่อให้ลวดลายสามารถยึดติดกับผนังแม่พิมพ์ด้านในในตำแหน่งที่ต้องการได้ อีกทั้งการนำแผ่นฟิล์มลวดลายเข้าไปติดที่ผนังด้านในของแม่พิมพ์ยังต้องอาศัยอุปกรณ์เสริมที่ทำงานแบบอัตโนมัติ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต

เนื่องจากค่าใช้จ่ายสำหรับการตกแต่งผิวชิ้นงานด้วยระบบ in-mold labeling ยังมีต้นทุนที่ค่อนข้างสูง ทำให้ไม่คุ้มกับการลงทุนสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างแขนกลซึ่งทำงานแบบอัตโนมัติสำหรับป้องกันฉลากในระบบ in-mold labeling เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ประกอบการที่สนใจและช่วยลดการนำเข้าแขนกลสำเร็จรูปราคาสูงจากต่างประเทศ นอกจากนี้ยังเป็นการศึกษาเกี่ยวกับหลักการ และปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลต่อระบบ in-mold labeling เพื่อช่วยในการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต รวมถึงการออกแบบชุดแขนกลต้นแบบให้เหมาะสมกับเครื่องฉีดพลาสติกแต่ละชนิดสำหรับระบบ in-mold labeling อีกด้วย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาออกแบบและสร้างระบบป้อนฉลากอัตโนมัติสำหรับเครื่องฉีดพลาสติก ซึ่งจะช่วยให้การทำงานมีความปลอดภัยมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต และสามารถใช้เป็นอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับระบบin-mold labeling

ขอบเขตการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงหลักการของระบบ in-mold labeling รวมถึงการออกแบบและสร้างชุดแขนกลต้นแบบสำหรับทดสอบกับเครื่องฉีดพลาสติก (EOAT) เพื่อใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตต่อไป

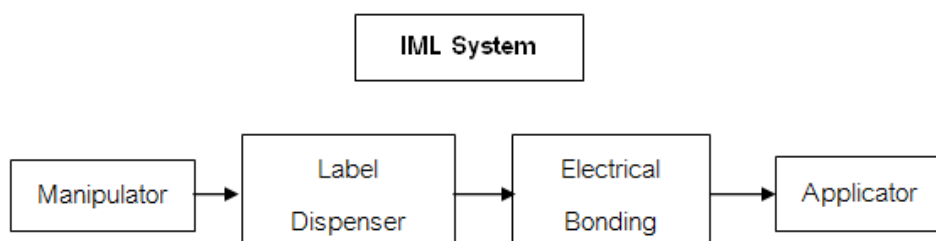
2. ทฤษฎีและหลักการ (Theory and Principle)

In-mold labeling

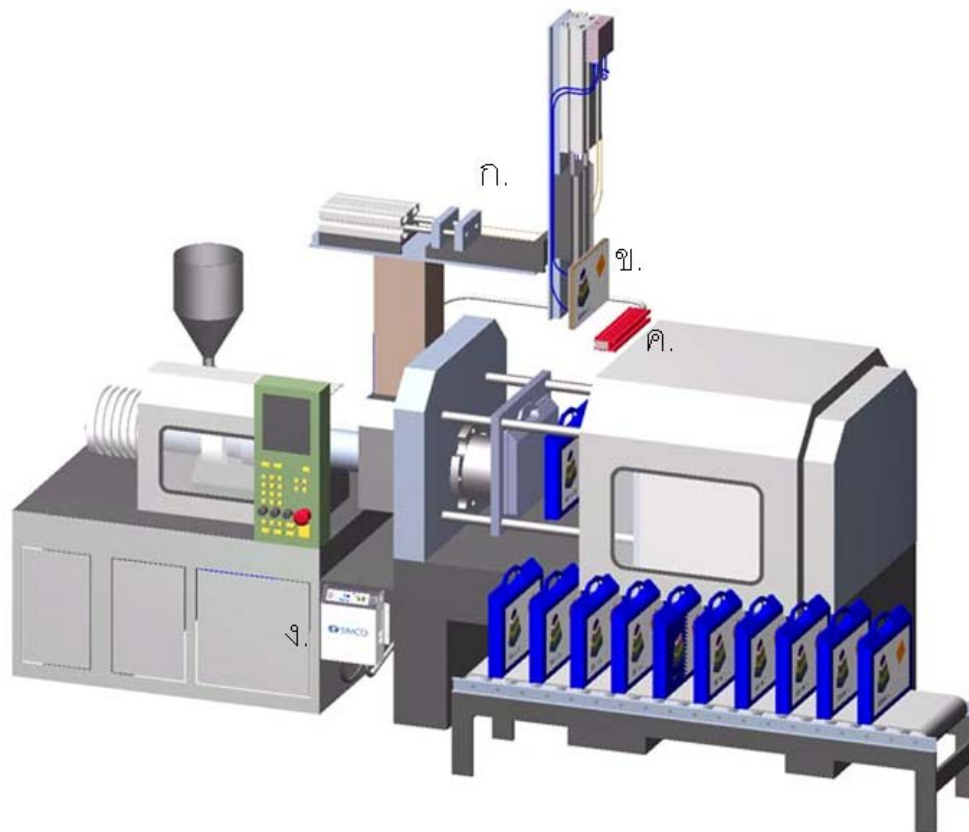
ระบบ In-Mold labeling (IML) คือระบบติดฉลากลงบนชิ้นงานพลาสติกโดยอัตโนมัติสำหรับเครื่องฉีดพลาสติก การทำงานของระบบ IML โดยทั่วไปเริ่มจากฉลากที่พิมพ์กราฟิกแล้วจะถูกแขนกลอัตโนมัติ (Robot) จับแล้วเคลื่อนที่นำแผ่นฉลากไปติดยังผนังด้านในแม่พิมพ์ (Cavity) ณ ตำแหน่งที่ต้องการ ก่อนที่จะฉีดน้ำพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์ เมื่อชิ้นงานพลาสติกถูกขึ้นรูปแผ่นฉลากก็จะละลายจากความร้อนและติดแน่นอยู่ที่ผิวของชิ้นงาน ซึ่งกระบวนการทั้งหมดนั้นจะทำงานเป็นรอบวัฏจักร (Cycle) โดยอัตโนมัติ สำหรับวิธีที่ทำให้แผ่นฉลากติดกับผนัง Cavity นั้น เกือบทุกระบบใช้หลักการไฟฟ้าสถิต โดยการทำให้มีประจุไฟฟ้าในฉลากมากพอที่จะเกิดแรงดูดติดกับผนัง Cavity

จากหลักการทำงานข้างต้น ทำให้สามารถแบ่งส่วนประกอบของระบบ IML ได้เป็น 4 ส่วนหลักดังนี้

- ชุดแขนกลเคลื่อนที่ (Manipulator) เป็นส่วนของแขนกลซึ่งทำหน้าที่เคลื่อนหัวจับแผ่นฉลากไปตามเส้นทางการทำงานที่กำหนด
- ชุดเก็บและจ่ายแผ่นฉลาก (Label Dispenser) เป็นกล่องสำหรับเก็บและเติมแผ่นฉลาก รวมถึงมีระบบจ่ายแผ่นฉลากให้ชุด Manipulator นำไปติดในแม่พิมพ์
- ชุดจับแผ่นฉลาก (Label Applicator) เป็นชุดกลไกติดที่ส่วนปลายของแขน Manipulator สำหรับจับยึดแผ่นฉลาก โดยวิธีการจับยึดมักจะใช้ระบบลมดูด
- ระบบไฟฟ้าสถิต (Electrical Bonding System) เป็นส่วนสร้างประจุไฟฟ้าและใส่ประจุไฟฟ้าลงในแผ่นฉลาก เพื่อให้แผ่นฉลากสามารถยึดติดกับแม่พิมพ์ได้ด้วยหลักการไฟฟ้าสถิต



รูปที่ 1 แสดงหลักการของระบบ IML



รูปที่ 2 แสดงลักษณะการทำงานและส่วนประกอบหลักของระบบin-mold labeling

- ก. ชุด Manipulator
- ข. ชุด Applicator
- ค. แท่งยิงประจุใส่แผ่นฉลาก (Charge Bar)
- ง. เครื่องสร้างประจุไฟฟ้า (Charge Generator)

กระบวนการฉีดพลาสติก

เครื่องฉีดพลาสติก

เครื่องฉีดพลาสติกโดยทั่วไปสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างของเครื่องได้เป็น 2 ประเภทคือ เครื่องฉีดแนวนอน(Horizontal Injection Machine)และเครื่องฉีดแนวตั้ง (Vertical Injection Machine)



ก.



ข.

รูปที่ 3 แสดงภาพตัวอย่างเครื่องฉีดพลาสติก

ก.) เครื่องฉีดแนวนอน (Horizontal Injection Machine)

ข.) เครื่องฉีดแนวตั้ง (Vertical Injection Machine)

ที่มา<http://www.bloggang.com/viewblog.php?id=bright-brave&date=01-10-2011&group=3&gblog=4>

ส่วนประกอบของเครื่องฉีดพลาสติก

โดยทั่วไปแล้วเครื่องฉีดพลาสติกจะมีโครงสร้างส่วนประกอบสำคัญซึ่งสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. ส่วนชุดฉีด (Injection Unit)

ทำหน้าที่ดึงพลาสติกเข้าสู่กระบอกฉีดหลอมเหลวแล้วส่งพลาสติกเหลวไปที่หัวฉีดและทำหน้าที่ในการฉีดและรักษาความดันย้ำซึ่งจะมีส่วนประกอบพื้นฐานดังต่อไปนี้คือ

- หัวฉีด (Nozzle)
- สกรู (Screw)
- กระบอกฉีด (Barrel)
- แผ่นความร้อน (Heater)
- กรวยเติมพลาสติก (Hopper)
- กระบอกสูบและลูกสูบไฮดรอลิก (Hydraulic cylinder and pistol)
- มอเตอร์ขับเคลื่อนสกรู (drive motor)

2. ส่วนชุดปิด -เปิดแม่พิมพ์ (Clamping Unit)

ทำหน้าที่ในการยึดแม่พิมพ์ทั้งสองส่วนเลื่อนปิด -เปิดแม่พิมพ์ให้แรงในการปิดแม่พิมพ์หล่อเย็นชิ้นงานฉีดพลาสติกและปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ประกอบไปด้วยแผ่นยึดแม่พิมพ์ซึ่งมีส่วนที่เคลื่อนที่และอยู่กับที่เพื่อนำเลื่อนระบบขับเคลื่อนปิด -เปิดแม่พิมพ์และแผ่นยึดระบบขับเคลื่อน

3. ส่วนฐานของเครื่องฉีด(Base)

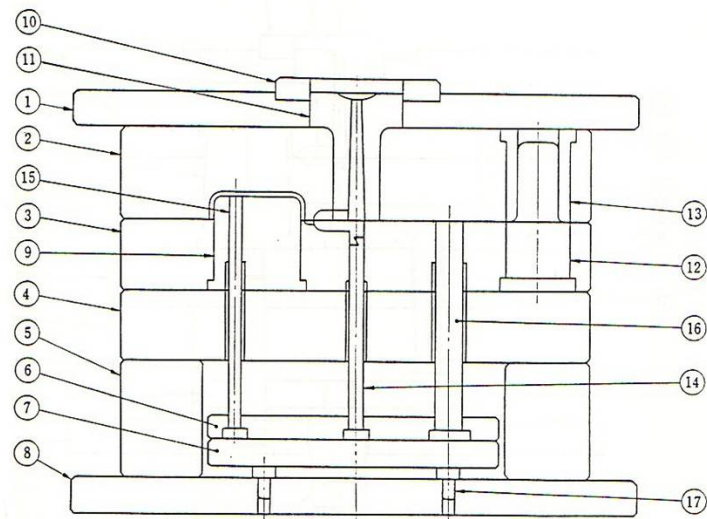
ทำหน้าที่คอยรับน้ำหนักของชุดฉีดและชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ยึดติดอุปกรณ์ไฮดรอลิกทั้งหมดในเครื่องและยังทำหน้าที่เป็นถังน้ำมันไฮดรอลิกโดยส่วนใหญ่แล้วตัวฐานเครื่องจะทำได้ด้วยเหล็กเหนียวที่เชื่อมประกอบเข้าเป็นฐานเครื่องเพื่อความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักมากๆ ได้ดี

แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

โดยทั่วไปสามารถจัดแบ่งประเภทของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก(Mold) ตามลักษณะโครงสร้างออกได้ เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แม่พิมพ์ 2 Plates และ 3 Plates

1) แม่พิมพ์ 2 ฝา (2 PlatesMold)

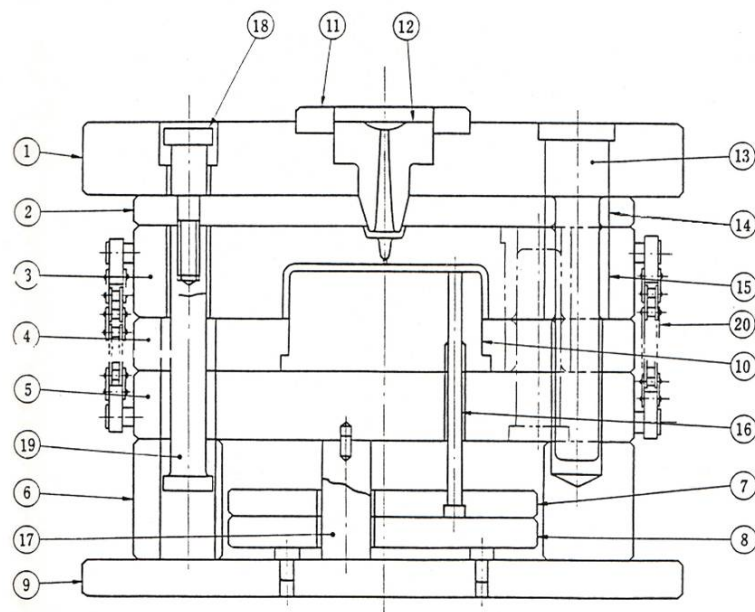
ลักษณะโครงสร้างของแม่พิมพ์ 2 ฝา



No.	Name	Function
1.	Front clamping plate	ยึดแม่พิมพ์ด้าน Fixed (Cavity) ให้ติดอยู่กับ Fixed/Stationary Platen ของเครื่อง
2.	A-plate (Cavity plate)	ติดตั้ง cavity inserts
3.	B-plate (Core plate)	ติดตั้ง core inserts
4.	Support plate (Core back-up plate)	รองรับและเพิ่มความแข็งแรงให้ B-plate (Core Plate)
5.	Support rails (Spacer block)	รองรับ B-plate และสร้างระยะสำหรับการเคลื่อนที่ของ Ejector plate
6.	Ejector retainer plate	ติดตั้งและกำหนดตำแหน่งของ Ejector pins
7.	Ejector plate	ดัน Ejector pins ทั้งชุดเพื่อดันปลดชิ้นงาน
8.	Rear clamping plate	ยึดแม่พิมพ์ด้าน Move (Core) ให้ติดอยู่กับ Moving Platen ของเครื่องฉีด
9.	Core insert	ขึ้นรูปชิ้นงาน
10.	Locating ring	กำหนดตำแหน่งของแม่พิมพ์บนเครื่องให้ Sprue bushing ตรงกับหัวฉีดของเครื่อง
11.	Sprue bushing	เชื่อมต่อกับหัวฉีด เพื่อเป็นทางเข้าของน้ำพลาสติกเหลว
12.	Leader pin (Guide Pin/Post)	เพิ่มความเที่ยงตรงในการปิดแม่พิมพ์ให้อยู่ในแนวเส้น (alignment) เดียวกัน
13.	Leader pin bushing (Guide Bush)	ปลอกนำของ Leader pin
14.	Sprue puller (Sprue lock pin)	ดึงให้ Sprue หลุดออกจาก Sprue bushing ในขณะเปิดแม่พิมพ์
15.	Ejector pins	ดันปลดชิ้นงานให้หลุดออกจากแม่พิมพ์
16.	Return pin	ดันชุด Ejector plate กลับตำแหน่งเดิมในขณะเปิดแม่พิมพ์
17.	Ejector stop pin	รองรับ Ejector plate ในตำแหน่งกลับสุด

2) แม่พิมพ์ 3 ฝา (3 Plates Mold)

ลักษณะโครงสร้างของแม่พิมพ์ 3 ฝา



No.	Name	Function
1.	Front clamping plate	ยึดแม่พิมพ์ด้าน Fixed (Cavity) ให้ติดอยู่กับ Fixed/Stationary Platen ของเครื่อง
2.	Runner stripper plate	ดัน Sprue bush ให้หลุดออกจาก Sprue bushing
3.	A-plate (Cavity plate)	ติดตั้ง cavity inserts
4.	B-plate (Core plate)	ติดตั้ง core inserts
5.	Support plate (Core back-up plate)	รองรับและเพิ่มความแข็งแรงให้ B-plate (Core Plate)
6.	Support rails (Spacer block)	รองรับ B-plate และสร้างระยะสำหรับการเคลื่อนที่ของ Ejector plate
7.	Ejector retainer plate	ติดตั้งและกำหนดตำแหน่งของ Ejector pins
8.	Ejector plate	ดัน Ejector pins ทั้งชุดเพื่อดันปลดชิ้นงาน
9.	Rear clamping plate	ยึดแม่พิมพ์ด้าน Move (Core) ให้ติดอยู่กับ Moving Platen ของเครื่องฉีด
10.	Core insert	ชิ้นรูปชิ้นงาน
11.	Locating ring	กำหนดตำแหน่งของแม่พิมพ์บนเครื่องให้ Sprue bushing ตรงกับหัวฉีดของเครื่อง
12.	Sprue bushing	เชื่อมต่อกับหัวฉีด เพื่อเป็นทางเข้าของน้ำพลาสติกเหลว
13.	Support pin	รองรับและเป็น Guide สำหรับ A-plate (Cavity plate) และ Runner stripper plate
14.	Leader pin bushing (Guide Bush)	ปลอกนำของ Support pin สำหรับ Runner stripper plate
15.	Leader pin bushing (Guide Bush)	ปลอกนำของ Support pin สำหรับ A-plate (Cavity plate)
16.	Ejector pins	ดันปลดชิ้นงานให้หลุดออกจากแม่พิมพ์
17.	Support pillar	รองรับเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้ Core plate
18.	Stopper bolt	ยึด Runner stripper plate ติดกับ Puller bolt และกำหนดระยะเคลื่อนที่ของ Runner stripper plate
19.	Puller bolt	ดึง Runner stripper plate เพื่อดัน Sprue bush ให้หลุดออกจาก Sprue bushing
20.	Chain / Tension link	ดึง Cavity plate เพื่อดึงให้ Runner stripper plate เคลื่อนที่ดัน Sprue bush ออ

ตารางที่ 2 แสดงชื่อและหน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆ ของแม่พิมพ์ 3 ฝา

ขั้นตอนการฉีดพลาสติก

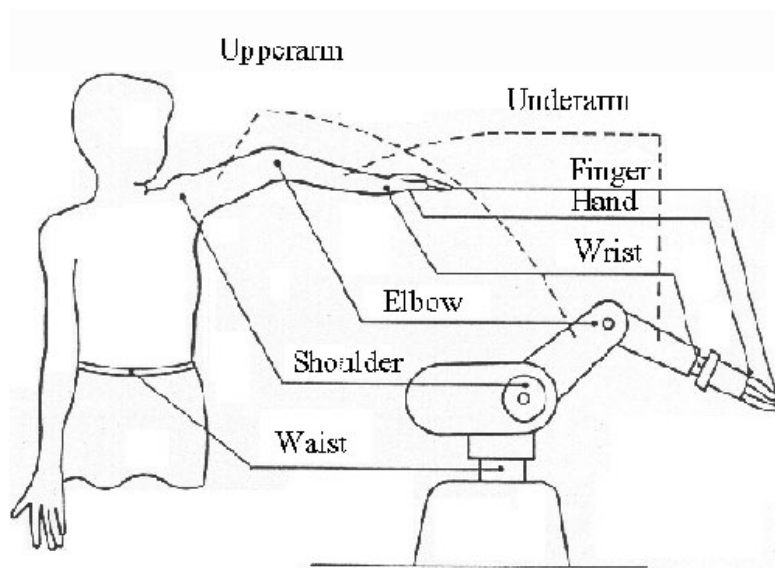
การฉีดพลาสติกแบบ Injection Molding นี้เครื่องฉีดจะประกอบด้วยสกรูและเคลื่อนที่ไปตามแนวแกนเหมาะสมกับชิ้นงานที่มีขนาดเล็กไปจนถึงชิ้นงานขนาดใหญ่เนื่องจากสามารถผลิตชิ้นงานได้หลายลักษณะงานจึงทำให้มีความนิยมในการฉีดพลาสติกแบบนี้มากซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนของการฉีดพลาสติกได้ 9 จังหวะดังต่อไปนี้

1. ในส่วนของชุดปิด – เปิด แม่พิมพ์(Clamping Unit) แม่พิมพ์จะเคลื่อนที่เข้าปิด และล็อกแน่น เพื่อป้องกันการแยกด้วยแรงดันภายในแม่พิมพ์
2. ชุดฉีด(Injection Unit)เคลื่อนเข้าหาแม่พิมพ์จนกระทั่งชนกับแม่พิมพ์ และค้างไว้ด้วยแรงที่พอเหมาะ เพื่อป้องกันชุดฉีด(Injection Unit)ถอยหลังกลับในขณะที่ทำการฉีด
3. ฉีดพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์ โดยสกรู(Reciprocating Screw)จะเคลื่อนที่ตามแนวแกน
4. ย้ำรักษาความดันให้กับพลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้ชิ้นงานเนื้อแน่น และไม่เกิดรอยยุบตัวที่ผิวของชิ้นงาน
5. หล่อเย็นชิ้นงานฉีดในแม่พิมพ์ โดยที่จังหวะนี้จะมีอิทธิพลมากต่อเวลาการทำงานทั้งวงจร
6. การหลอมและป้อนพลาสติกไปหน้าปลายสกรู(Reciprocating Screw) เมื่อได้ปริมาณพลาสติกเหลวตามที่ต้องการแล้ว เกลียวหนอนจะหยุดหมุน
7. ชุดฉีดจะถอยหลังกลับไปเพื่อป้องกันอุณหภูมิของหัวฉีดลดต่ำลงเกินไป เพราะจะทำให้พลาสติกหนืดเกินไป และไหลไม่ได้
8. แม่พิมพ์จะเปิดออกหลังจากสิ้นสุดเวลาในการหล่อเย็น(Cooling)
9. ทำการปลดชิ้นงาน(Ejection) เมื่อแม่พิมพ์เปิดออกสุดแล้ว

หุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robot)

การทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมจะเลียนแบบร่างกายของมนุษย์โดย จะเลียนแบบเฉพาะส่วนของร่างกายที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ในอุตสาหกรรมเท่านั้น นั่นคือช่วงแขนของมนุษย์ ดังนั้น บางคนอาจจะได้ยินคำว่าแขนกล ซึ่งก็หมายถึงหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

การทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเปรียบเทียบกับแขนมนุษย์ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงส่วนต่าง ๆ ของหุ่นยนต์เปรียบเทียบกับสรีระของมนุษย์

ปัจจุบันและในอนาคตหุ่นยนต์อุตสาหกรรมจะเข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมมากขึ้นโดยจะทำงานแทนมนุษย์ในงานต่าง ๆ เหล่านี้งานที่อันตราย เช่นงานยกเหล็กเข้าเตาหลอม งานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีงานชักชากนำเบื้อเช่น งานยกสินค้าจากสายงานการผลิต งานประกอบงานบรรจุผลิตภัณฑ์งานที่ต้องการคุณภาพมาตรฐานเดียวกัน เช่น งานเชื่อมงานตัด งานที่ต้องใช้ทักษะความชำนาญสูง เช่น งานเชื่อมแนวเชื่อมเลเซอร์งานที่ต้องใช้ความละเอียดประณีต เช่นงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ งานตรวจสอบ (Inspection) ฯลฯ

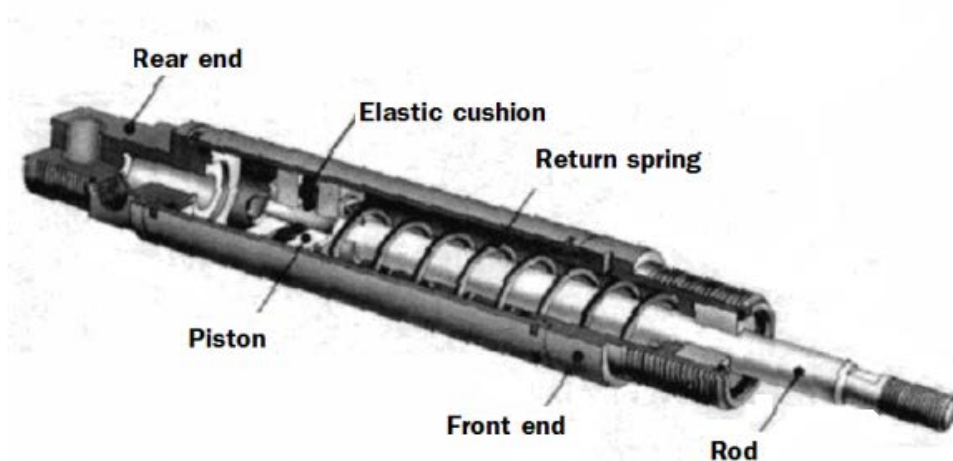
ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic System)

ระบบนิวแมติกส์ หมายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ลมอัดเป็นต้นกำลังในการทำงาน และถูกควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยวาล์วควบคุมทิศทางของลมอัดที่จ่ายให้แก่อุปกรณ์ทำงาน วิธีการควบคุมวาล์วควบคุมทิศทางสามารถเลือกใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น ลมอัด ไฟฟ้า แรงเชิงกล(กลไกและมนุษย์)

อุปกรณ์ทำงานพื้นฐานที่ใช้ลมอัดเป็นต้นกำลัง (Actuators pneumatic)

1.กระบอกสูบทางเดียว (Single-acting cylinder)

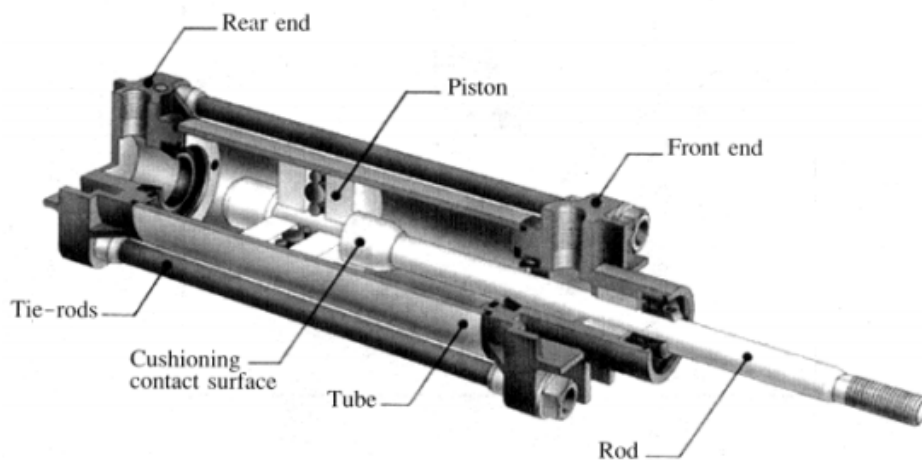
อุปกรณ์มีลักษณะเป็นทรงกระบอกภายในกลวง และก้านสูบที่เคลื่อนที่ไปมาตามแกนกลาง ที่ปลายก้านสูบมีซีลกันลมรั่วและมีสปริงอยู่ระหว่างก้านสูบกับกระบอกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงองค์ประกอบภายในของกระบอกสูบทางเดียว

2. กระบอกลูกสูบสองทาง (Double-acting cylinder)

กระบอกลูกสูบชนิดนี้จะมีลักษณะการทำงานและรูปลักษณ์ภายนอกเช่นเดียวกับกระบอกลูกสูบทางเดียว แตกต่างเฉพาะภายในดังรูปที่ 6 และสามารถสั่งงานได้ทั้งสองทิศทาง ด้วยการจ่ายลมอัดเข้ากระบอกลูกสูบที่หัว หรือที่ท้ายกระบอกลูกสูบ จะทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าหรือออก เมื่อจ่ายลมอัดเข้าที่ท้ายกระบอกลูกสูบ จะทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกและเกิดการระบายลมที่ค้างในกระบอกลูกสูบออกตัวอย่างกระบอกลูกสูบสองทาง ได้แก่ Rodless cylinder ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 แสดงองค์ประกอบภายในของกระบอกลูกสูบสองทาง



รูปที่ 7 Rodless cylinder

ระบบควบคุม

สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. ระบบควบคุมแบบเปิด (Open-Loop Control System)

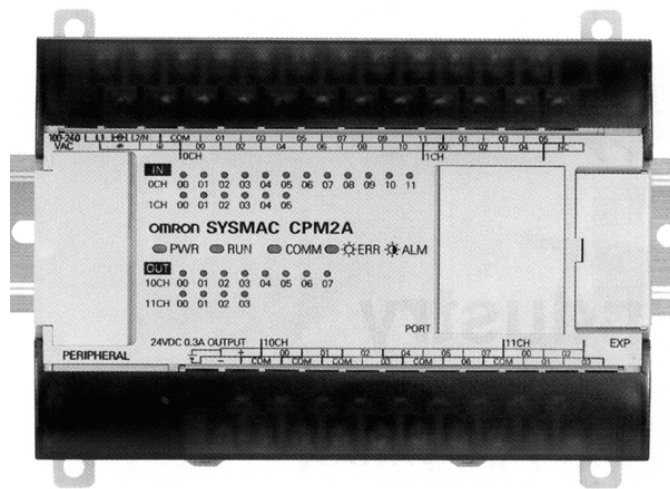
ระบบควบคุมแบบวงเปิดเป็นระบบควบคุมซึ่งไม่มีการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ต้องการกับสิ่งที่ได้ออกมาจากระบบในทฤษฎีการควบคุมสิ่งที่ต้องการหมายถึงสัญญาณป้อนเข้า(Input)และสิ่งที่ได้จากระบบเรียกว่าสัญญาณออกจากระบบ (Output)

2. ระบบควบคุมแบบปิด (Closed-Loop Control System)

ในระบบควบคุมแบบวงปิดมีการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ได้กับสิ่งที่ต้องการผลต่างระหว่างทั้งสองสิ่งนี้เรียกว่าความผิดพลาดของระบบ(Error)ซึ่งจะถูกนำมาใช้เป็นสัญญาณส่งไปยังตัว ควบคุม (Controller)เพื่อที่จะแก้ไขให้สิ่งที่ได้เข้าใกล้กับสิ่งที่ต้องการมากที่สุดจะเห็นว่าในระบบนี้มีการป้อนกลับ (Feedback) ทำให้วงจรระบบควบคุมวงปิด ซึ่งเป็นระบบที่ได้มีการนำสัญญาณออกยังมีชื่อเรียกว่าตัวแปรควบคุม(Controlled Variable)และสัญญาณป้อนเข้า เรียกว่าตัวแปรอ้างอิง (Reference Variable)อีกด้วย ข้อแตกต่างที่สำคัญจากระบบวงเปิดก็คือ “มีการเปรียบเทียบ” และการเปรียบเทียบนี้เองทำให้ระบบวงปิดมีความสามารถในการให้สัญญาณออกใกล้กับที่ต้องการได้อย่างอัตโนมัติ หลักการของระบบควบคุมวงปิด หรือมีอีกชื่อหนึ่งว่าระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System)

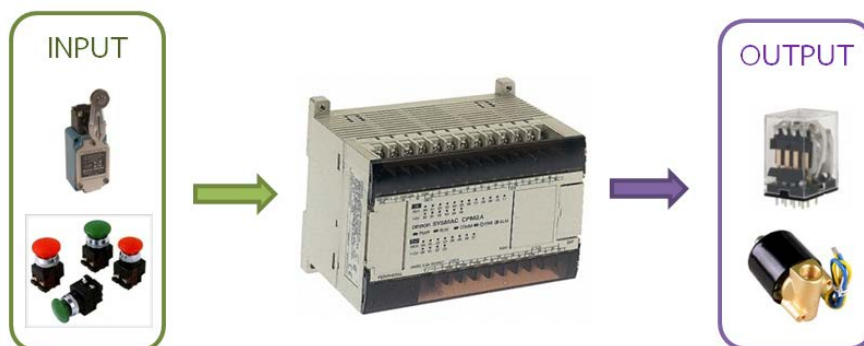
PLC (Programmable Logic Controller)

PLC เป็นอุปกรณ์ที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือระบบควบคุมต่างๆ แทนวงจรรีเลย์แบบเก่าซึ่งวงจรรีเลย์แบบเก่ามีข้อเสียคือความซับซ้อนในการเดินสายและการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในการควบคุมมีความยุ่งยากและเมื่อใช้งานไปนานๆหน้าสัมผัสของรีเลย์จะเสื่อมทำให้ขาดเสถียรภาพในการควบคุมดังนั้นปัจจุบัน PLC จึงเข้ามาทดแทนวงจรรีเลย์เพราะ PLC ใช้งานได้ง่ายกว่าสามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ Input/Output ได้โดยตรง



รูปที่ 8 PLC OMRON รุ่น CPM2A

เนื่องด้วยในการออกแบบระบบควบคุมแบบเปิด จึงได้มีการออกแบบให้วงจรมี Input เป็นสวิตช์ปุ่มกด และสวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch) และมี Output เป็นรีเลย์ เพื่อไปสั่งขับเคลื่อนมอเตอร์ให้มอเตอร์หมุนและโซลินอยด์วาล์วลมซึ่งได้มีการกำหนดคำสั่งที่จะใช้ในระบบลำเลียงแผ่นฉลากอัตโนมัติตามผังนี้



รูปที่ 9 ผังลักษณะการทำงานของ PLC

PLC รุ่นที่ใช้คือ OMRON CPM2A ซึ่งมีจะนวน Input 12 ช่อง Input และมี Output 8 ช่อง

Output โดยใช้กับไฟเลี้ยงกระแสสลับ 220 V.

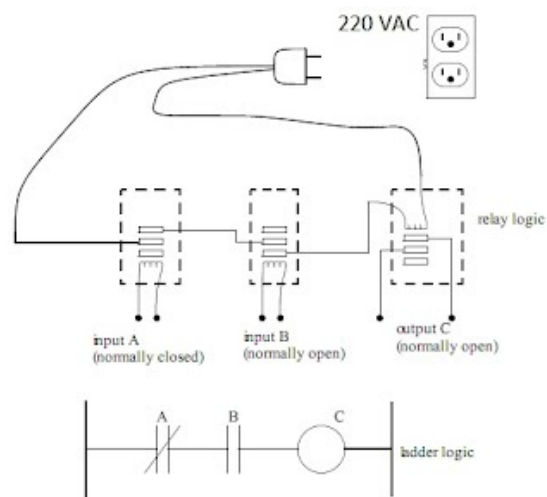
ข้อดีและข้อเสียของ PLC

ข้อดี

1. ในวงจรที่ซับซ้อน สามารถ wiring ได้ง่ายกว่า
2. สามารถใช้งานแทนวงจรได้
3. ใช้งานได้เนิ่นนานประสงค์โดยการโปรแกรม
4. การออกแบบทำได้ง่าย การประกอบวงจรทำได้ง่ายและเร็ว

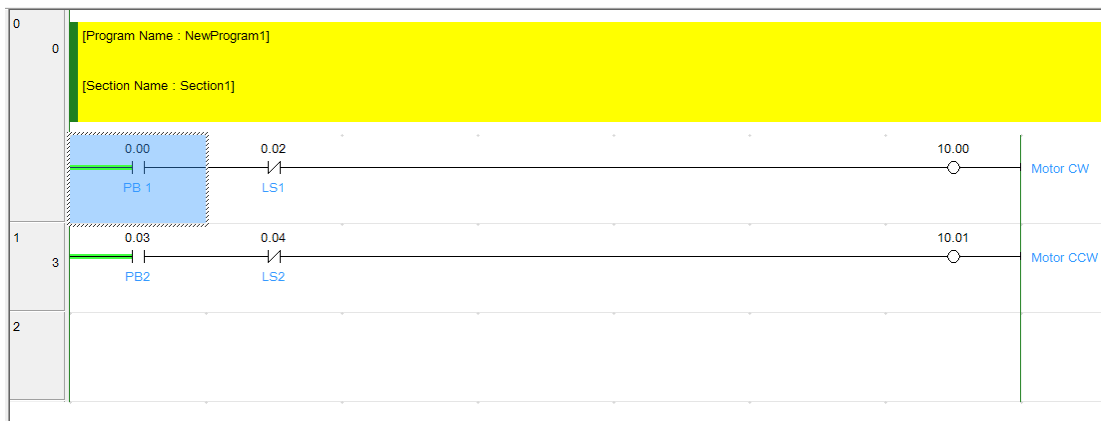
ข้อเสีย

1. PLC มีราคาแพงเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ควบคุมอื่น ๆ
2. ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้ค่อนข้างมากกว่าจะสามารถใช้ PLC ได้อย่างชำนาญ



รูปที่ 10 ภาษา Ladder Diagram

จากรูปที่ 10 เป็นการแสดงการเขียนโปรแกรม CX-Programmer ซึ่งใช้ภาษา Ladder Diagram ในการเขียน โดยมี Input คือ A และ B และมี Output คือ C จากวงจรจะพบว่าเมื่อ Input B ทำงาน C ซึ่งเป็น Output ก็ทำงานและเมื่อ Input A ทำงาน และ Input B ไม่ทำงาน Output C ก็จะยกเลิกการทำงานด้วยเช่นกัน



รูปที่ 11 ตัวอย่างการเขียนภาษา Ladder Diagramควบคุมมอเตอร์ 1 แกน

ตัวอย่างการเขียนภาษา Ladder Diagramควบคุมมอเตอร์ 1 แกนแบบกำหนดเอง (Manual) เมื่อเรากดสวิตช์ปุ่มกดที่ 1(PB 1)แล้วมอเตอร์ก็จะเริ่มทำงานหมุนแกนตามเข็มนาฬิกาไปจนสวิตช์จำกัดระยะที่ 1(LS 1)เมื่อแกนชนแล้วมอเตอร์จะถูกสั่งให้หยุดทำงาน เมื่อเรากดสวิตช์ปุ่มกดที่ 2(PB 2)แล้วมอเตอร์ก็จะเริ่มทำงานหมุนแกนทวนเข็มนาฬิกาไปจนสวิตช์จำกัดระยะที่ 2(LS 2)เมื่อแกนชนแล้วมอเตอร์จะถูกสั่งให้หยุดทำงาน

ทางคณะผู้วิจัยได้เลือก DC Motor ควบคุมแขนกลทั้ง 3 แกนจึงจำเป็นต้องมี ชุดขับมอเตอร์ของแต่ละแกน เพื่อส่งกำลังขับมอเตอร์ตามสัญญาณสั่งงานจาก PLC ให้มอเตอร์นั้นเคลื่อนที่ไปหรือกลับ หรือปรับความเร็วของมอเตอร์ได้ ด้วยบอร์ด ET-OPTO DC MOTOR DRIVER 6-24V/5A

คุณสมบัติทั่วไปของบอร์ด ET-OPTO DC MOTOR DRIVER 6-24V/5A

- ใช้ MOSFET ทำหน้าที่เป็นตัว Drive สามารถใช้ขับ DC MOTOR ได้ตั้งแต่ 6V-24V ที่กระแส 5 Amp โดยประมาณ
- แบ่งแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงบอร์ดออกเป็น 2 ชุดคือแหล่งจ่าย DC 5 V สำหรับ IC และแหล่งจ่าย DC 6V-24 V สำหรับเลี้ยง DC MOTOR โดยตรง
- ใช้Optoเป็นตัวแยกกราวด์ระหว่างแหล่งจ่ายทั้ง 2ชุดเพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์บนบอร์ด
- สามารถควบคุมความเร็ว DC MOTOR ด้วยสัญญาณ PWM ได้จากบอร์ดโดยตรงหรือจะเลือกส่งสัญญาณ PWMจากภายนอกบอร์ดเข้ามาควบคุมความเร็วแทนก็ได้

- สามารถเปลี่ยนทิศทางการหมุนของ DC MOTOR ได้จาก SW. LEFT, SW. RIGHT ที่ต่ออยู่บนบอร์ดและมีขั้วสำหรับต่อสวิตช์จากภายนอกบอร์ดเข้ามาควบคุมแทนสวิตช์บนบอร์ดก็ได้
- มีขั้วต่อ 5 PIN สำหรับใช้ต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ส่งสัญญาณจากภายนอกมาควบคุมทิศทางและความเร็วการหมุนของ DC MOTOR ได้โดยตรงอีกด้วย
- บอร์ดนี้ออกแบบให้สามารถหยุดการหมุนของ DC MOTOR ได้ 2 แบบคือแบบ Fast Stop และแบบ Slow Stop



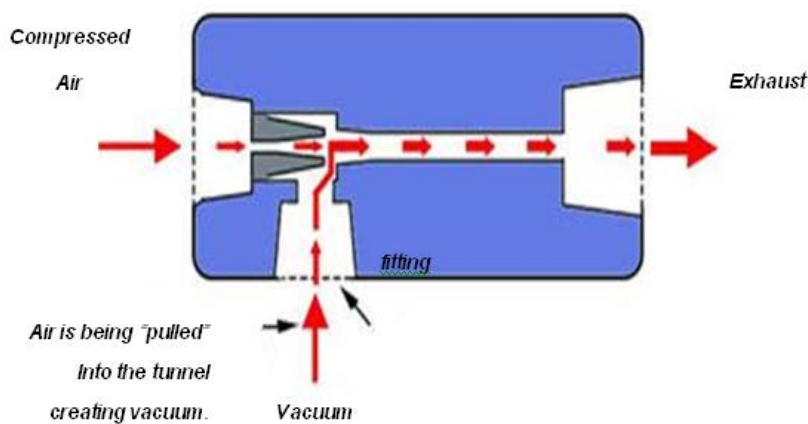
รูปที่ 12 บอร์ดควบคุมมอเตอร์ (ET-OPTO DC MOTOR DRIVER 6-24V/5A)

โครงงานการออกแบบระบบลำเลียงแผ่นฉลากอัตโนมัติในส่วนของระบบควบคุมนี้ทางคณะผู้วิจัยได้คำนึงถึงการออกแบบระบบควบคุมอย่างง่ายแบบ Open-Loop เพื่อให้ต้นแบบของระบบลำเลียงแผ่นฉลากให้สามารถทำงานแบบอัตโนมัติและขับเคลื่อนโดยผู้ใช้ได้ ซึ่งเป็นระบบควบคุมแบบเปิด อาศัยการทำงานของ PLC เป็นตัวประมวลผลของการควบคุม การทำงานของระบบลำเลียงแผ่นฉลากเป็นการทำงานที่มีวงจรทำงานซ้ำเป็นวัฏจักร คือ ดูดจับฉลากจากชุดจ่ายฉลาก พาฉลากผ่านเครื่องสร้างประจุไฟฟ้า นำฉลากไปติดกับแม่พิมพ์ แล้ววนกลับมาเพื่อดูดจับฉลากผ่านเครื่องสร้างประจุไฟฟ้าไปติดยังแม่พิมพ์ต่อไป ผลการทำงานของระบบควบคุมเป็นที่น่าพอใจ

จากการทฤษฎีและหลักการต่างๆข้างต้น จะเห็นว่าลักษณะการใช้งานของ PLC สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในระบบลำเลียงแผ่นฉลากได้ โดย PLC เป็นตัวประมวลผลของการควบคุม การทำงานของระบบลำเลียงแผ่นฉลากโดยมี Input เป็นสวิตช์จำกัดระยะ, สวิตช์ปุ่มกด และ Output จะไปสั่งชุดขับเคลื่อนให้สามารถเคลื่อนที่ไปและกลับได้ ทำให้การทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ

อุปกรณ์จับยึดด้วยระบบสุญญากาศ (Vacuum generator & Suction cup)

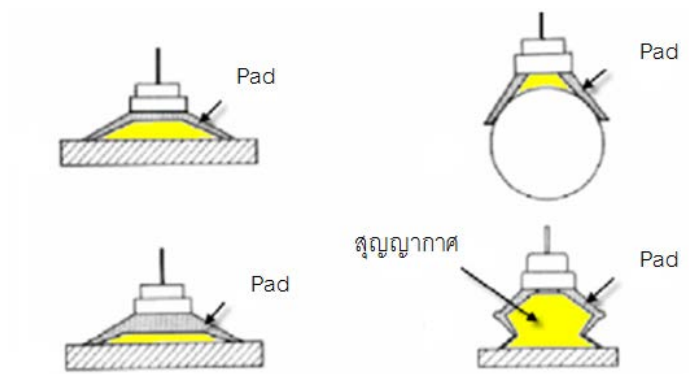
อุปกรณ์ดูดจับชิ้นงานที่มีผิวเรียบ โดยการใช้ถ้วยยางกดลงบนพื้นผิวแล้วสร้างสภาพสุญญากาศภายในถ้วยยางด้วย vacuum generator ที่มีลักษณะคล้ายท่อสามทางที่ปลายด้านล่างยึดติดกับถ้วยยาง เมื่อมีลมอัดผ่านช่องทางลมด้านบนจะเกิดแรงดูดอากาศภายในถ้วยยางออกทำให้เกิดสภาพสุญญากาศภายในถ้วยยางดังแสดงในรูปที่ 13 ข้อจำกัดในการใช้งานคือ ผิวของชิ้นงานที่ต้องการดูดจับต้องเป็นผิวเรียบ ซึ่งผิวเรียบที่สามารถดูดจับได้นั้นนอกจากเป็นระนาบแล้ว ยังสามารถดูดจับทรงกลมได้โดยการเลือกลักษณะถ้วยยางที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 14 และ 15



รูปที่ 13 แสดงหลักการในการสร้างแรงดูดสุญญากาศด้วย vacuum generator



รูปที่ 14 แสดงภาพหัวจับชิ้นงานรูปแบบต่างๆ



รูปที่ 15 แสดงการดูดซับชิ้นงานที่มีผิวเรียบด้วยถ้วยยางรูปแบบต่างๆ

(http://utcc2.utcc.ac.th/engineer/learning/chalermchon_vis/download/automation/Automation02.pdf)

ระบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic)

ไฟฟ้าสถิต (Static electricity หรือ Electrostatic Charges) เป็นปรากฏการณ์ที่ปริมาณประจุไฟฟ้าขั้วบวกและขั้วลบบนผิววัสดุมีไม่เท่ากันปกติจะแสดงในรูปการดึงดูด, การผลักกันและเกิดประกายไฟ

ประจุไฟฟ้า (Charge)

ประจุไฟฟ้าเป็นปริมาณทางไฟฟ้าปริมาณหนึ่งที่กำหนดขึ้นธรรมชาติ ของสสารจะประกอบด้วยหน่วยย่อยๆ ที่มีลักษณะและมีสมบัติเหมือนกันที่เรียกว่า อะตอม(atom) ภายในอะตอม จะประกอบด้วยอนุภาคมูลฐาน3ชนิดได้แก่ โปรตอน(proton) นิวตรอน(neutron) และ อิเล็กตรอน(electron) โดยที่โปรตอนมีประจุไฟฟ้าบวกกับนิวตรอนที่เป็นกลางทางไฟฟ้ารวมกันอยู่เป็นแกนกลางเรียกว่านิวเคลียส (nucleus) ส่วนอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าลบ จะอยู่รอบๆนิวเคลียส

ตามปกติวัตถุจะมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า กล่าวคือจะมีประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบเท่ากัน เนื่องจากในแต่ละอะตอมจะมีจำนวนอนุภาคโปรตอนและอนุภาคอิเล็กตรอนเท่ากันเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์ประจุ (Law of Conservation of Charge) เมื่อนำวัตถุสองชนิดมาถูกันจะเกิดการถ่ายเทประจุระหว่างวัตถุทั้งสองชนิดทำให้วัตถุหนึ่งมีปริมาณประจุบวกมากกว่าประจุลบ จึงมีประจุสุทธิเป็นบวก และวัตถุอีกอันหนึ่งมีปริมาณ ประจุลบมากกว่าประจุบวก จึงมีประจุสุทธิเป็นลบ เราสามารถวัดค่าไฟฟ้าสถิตได้โดยใช้ Static Field Meter โดยหน่วยที่วัดคือ โวลท์

การเกิดไฟฟ้าสถิต

การที่ปริมาณประจุไฟฟ้าขั้วบวกและขั้วลบบนผิววัสดุมีไม่เท่ากันทำให้เกิดแรงดึงดูดเมื่อวัตถุทั้ง 2 ชั้นมีประจุต่างชนิดกันหรือเกิดแรงผลักกัน เมื่อวัสดุทั้ง 2 ชั้นมีประจุชนิดเดียวกันเราสามารถสร้างไฟฟ้าสถิตโดยการนำผิวสัมผัสของวัสดุ 2 ชั้นมาขัดสีกัน พลังงานที่เกิดจากการขัดสีกันทำให้ประจุไฟฟ้าบนผิววัสดุเกิดการแลกเปลี่ยนกัน โดยจะเกิดกับวัสดุประเภทที่ไม่นำไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า ฉนวน ตัวอย่างเช่น ยาง, พลาสติก และแก้ว สำหรับวัสดุประเภทที่นำไฟฟ้านั้น โอกาสเกิดปรากฏการณ์ประจุไฟฟ้าบนผิววัสดุไม่เท่ากันนั้นยาก แต่ก็สามารถเกิดขึ้นได้

การถ่ายเทประจุไฟฟ้า (Electrostatic Discharge)

คือการถ่ายเทประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อประจุไฟฟ้าบนผิววัสดุ 2 ชนิดไม่เท่ากัน

การประยุกต์ใช้หลักการของไฟฟ้าสถิตกับกระบวนการ in-mold labeling

ในกระบวนการ in-mold labeling นี้จะต้องนำฉลากให้เข้าไปติดกับแม่พิมพ์ที่ผนังด้านในของคาวีตี้โดยใช้หลักการของไฟฟ้าสถิต ฉลากจะต้องได้รับประจุไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความแตกต่างของประจุระหว่างฉลากกับผนังคาวีตี้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการปล่อยประจุให้กับฉลากคือ static charging generator ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดไฟฟ้าที่มีค่าความต่างศักย์สูง แต่ค่ากระแสต่ำ และ static charging bar จะทำหน้าที่พ่นประจุไฟฟ้าให้กับฉลาก ซึ่งในกรณีนี้เราจะใช้วิธีพ่นประจุใดประจุหนึ่งจำนวนมากเข้าไปในแผ่นฉลากโดยตรงด้วยกระแสไฟฟ้าความต่างศักย์สูง กล่าวคือ เมื่อทำการดูดจับสลากระหว่างตัวแกนกลอัดโนมิตีแล้วนั้น ตัวฉลากจะถูกทำให้เคลื่อนผ่าน static charging bar ซึ่งทำหน้าที่พ่นประจุใส่แผ่นฉลาก โดยประจุที่ถูกพ่นอาจเป็นประจุลบหรือประจุบวกขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ทำฉลาก เมื่อฉลากได้รับประจุแล้วตัวแกนกลอัดโนมิตีจึงจะนำฉลากไปติดไว้กับแม่พิมพ์ในตำแหน่งที่เราต้องการต่อไป

3.อุปกรณ์และวิธีการ(Materials and Methods)

ในการทำการออกแบบเครื่องปั๊มฉลากอัตโนมัติ (in-mold labeling) จะเลือกใช้ชุดแขนกลอัตโนมัติสำหรับกระบวนการ in-mold labeling โดยเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ในการทดสอบคือ เครื่องฉีดพลาสติก BattenfeldBA 250 CDC ซึ่งเป็นเครื่องฉีดพลาสติกแนวนอนขนาดแรงอัด (Capacity) 25 ตัน โดยมีขั้นตอนในการทำโครงงานดังนี้

ในขั้นตอนแรกของการทำโครงงานจะเป็นการเก็บข้อมูลจากเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ในการทดลอง และแม่พิมพ์ที่ใช้ในการขึ้นรูป โดยเป็นการวัดขนาด รวมถึงระยะช่องว่างของแม่พิมพ์ เพื่อศึกษาจังหวะการทำงานของเครื่องฉีด จากนั้นจึงทำการออกแบบชุดจ่ายฉลาก และชุดดูดจับฉลาก รวมไปถึงแขนกลอัตโนมัติด้วยโปรแกรม Solidworks เมื่อได้แบบที่ต้องการแล้ว จึงทำการจัดซื้ออุปกรณ์สำหรับสร้างชุดแขนกลอัตโนมัติ เพื่อใช้ทดสอบกับเครื่องฉีดพลาสติกต่อไป

ชุดแขนกลต้นแบบสำหรับกระบวนการ in-mold labeling ในงานวิจัยนี้ มีหลักการทำงานโดยอาศัยหลักการของระบบสุญญากาศในการดูดจับชิ้นงาน การใช้หลักการของไฟฟ้าสถิตเพื่อนำฉลากให้เข้าไปติดกับแม่พิมพ์ในตำแหน่งที่ต้องการ โดยมีการออกแบบให้เหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดจับชิ้นงานของตัวแขนกลประกอบไปด้วยแผ่นจานรูปวงกลมสองชั้นประกบกัน ซึ่งชั้นที่ติดกับชิ้นงานจะทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน เพื่อป้องกันการเกิดประกายไฟ (Arc) จากการที่ชิ้นงานเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์ปล่อยประจุไฟฟ้า มีจุดที่ใช้ในการดูดจับชิ้นงาน 4 จุด โดยวางในตำแหน่งที่สมมาตรกัน เนื่องจากชิ้นงานมีน้ำหนักเบา และในการเคลื่อนที่ของชุดแขนกลอาจส่งผลให้ชิ้นงานหลุดออกจากชุดจับได้ โดยสามารถจำแนกกระบวนการ in-mold labeling ออกเป็นระบบได้ 4 ระบบ ดังนี้

1 Manipulator

การออกแบบระบบชุดแขนกลนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ระบบจับแผ่นฉลาก และ เคลื่อนที่ สำหรับในส่วนของระบบเคลื่อนที่ ต้องศึกษาลักษณะของเครื่องฉีดที่สนใจในโครง รวมถึงระยะการทำงานต่างๆในกระบวนการฉีดพลาสติก เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบแขนกลเคลื่อนที่ ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้นได้เลือกใช้แขนกลแบบเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Cartesian Robot) 3 แกนเพื่อเคลื่อนหัวจับแผ่นฉลากไปยังตำแหน่งต่างๆตามที่ได้ออกแบบการทำงานไว้

2 Applicator

ในส่วนขอระบบจับแผ่นฉลาก จะออกแบบให้ทำงานสอดคล้องกับชุดจ่ายแผ่นฉลาก มีระบบสปริงยืดหยุ่นให้ลูกยางลอดผ่านเข้าไปกดย่ำแผ่นฉลากพร้อมกับดึงแผ่นฉลากออกจากชุดจ่าย โดยผิวระนาบสำหรับรองรับแผ่นฉลากนั้น ที่ผิวด้านหน้าจะสร้างจากวัสดุฉนวนเพื่อป้องกันการสปาร์คขณะหัวจับวิ่งผ่านแท่งยิงประจุ ในขณะที่ด้านหลังเป็นโลหะนำไฟฟ้าต่อลงกราวด์เพื่อถ่ายประจุที่ค้างอยู่ในผิวฉนวนด้านหน้าทิ้งเตรียมพร้อมสำหรับการทำงานในรอบถัดไป

ชุดดูดจับฉลากที่ได้ออกแบบไว้นั้น มีหลักการทำงานโดยอาศัยหลักการของระบบสุญญากาศในการดูดจับชิ้นงาน โดยชิ้นงานที่ใช้ในการดูดจับต้องมีผิวเรียบ ซึ่งมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้



ก.) ปั๊มลม



ข.) ปั๊มลม



ค.) ท่อลม



ง.) Vacuum Pad



จ.) Regulator



ฉ.) Fittings

รูปที่ 16 แสดงภาพอุปกรณ์หลักต่าง ๆ ในระบบการสร้างสุญญากาศ

ปั๊มลม (Air pump)	เป็นอุปกรณ์ที่ให้กำเนิดแรงลมให้กับ vacuum ejector เพื่อใช้ในการสร้างแรงดันสุญญากาศในงานสุญญากาศขนาดเล็กดังเช่นในโครงการนี้จะเลือกใช้ปั๊มลมขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า(hp)
Vacuum ejector	เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สร้างแรงดันสุญญากาศ (vacuum generator) เพื่อให้ vacuum pad สามารถดูดจับชิ้นงานได้ ซึ่งในโครงการฉบับนี้ จะใช้ vacuum ejector รุ่น ZH10BS-06-06
ท่อลม (Tubing)	ใช้สำหรับส่งผ่านแรงลมในระบบ ในงานสุญญากาศนั้น ท่อลมในส่วนที่ส่งผ่านลมดูด ภายในท่อจะมีความดันต่ำมาก จึงควรหลีกเลี่ยงท่อซิลิโคน เนื่องจากตัวท่อจะอ่อนมาก ผนังท่ออาจบีบตัวเข้าหากันทำให้ท่อตันได้
Vacuum pad	เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ดูดจับฉลากด้วยระบบสุญญากาศ โดยการใช้ถ้วยยางกดลงบนพื้นผิว ซึ่งในโครงการฉบับนี้ จะใช้ vacuum pad รุ่น ZPT 04 UGN-A5 จำนวน 4 ตัว
Regulator	เป็นอุปกรณ์ควบคุมความดัน ทำหน้าที่ปรับความดันลมให้คงที่และเหมาะสมกับระบบ
Fittings	เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างท่อลม หรือเชื่อมกับอุปกรณ์อื่น

3 Label Dispenser

ในเบื้องต้นส่วนของตัวเก็บฉลากจะออกแบบเพื่อใช้กับฉลากจำนวนน้อยสำหรับชุดแกนทดลอง โดยออกแบบเป็นกล่องทรงกระบอกกับกับรูปร่างของแผ่นฉลากที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 75 มิลลิเมตรบริเวณด้านหน้าของกล่องซึ่งใช้จ่ายฉลากให้กับชุดจับแผ่นฉลาก ต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษเพื่อป้องกันปัญหาจ่ายฉลากเกิน 1 แผ่น (แผ่นฉลากติดกันออกไปด้วยแรงไฟฟ้าสถิต) โดยในจุดนี้จะออกแบบให้มีรูลมเพื่อเป่าแผ่นฉลากให้เคลื่อนออกจากกัน โดยมีการทำลูกคลื่นบริเวณจุดที่ลมออกเพื่อช่วยให้แผ่นฉลากคลายตัวมากขึ้น ซึ่งใช้ชุดอุปกรณ์ที่ใช้เป่าลมนั้นสามารถใช้ร่วมกับชุดสร้างสุญญากาศของ applicator ได้



รูปที่ 17 แสดงภาพฉลากที่ใช้ในการทดลอง

4 Electrical bonding

เป็นอุปกรณ์สำหรับสร้างไฟฟ้าสถิตในวัสดุ โดยวัสดุที่นำมาใช้ต้องเป็นฉนวนทางไฟฟ้า โดยหลักการทำงานเบื้องต้นคือ ใช้ static charging generator สร้างกระแสไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์สูง (High voltage) ส่งไปยัง static charging bar เพื่อยิงประจุไฟฟ้าใส่วัสดุ ทำให้วัสดุที่ผ่านมีประจุบวกหรือลบเพียงอย่างเดียว ในที่นี้เราจะใช้สร้างประจุให้กับฉลาก



ก.)Static charging generator



ข.)Static charging bar

รูปที่ 18 ชุดกำเนิดประจุไฟฟ้า

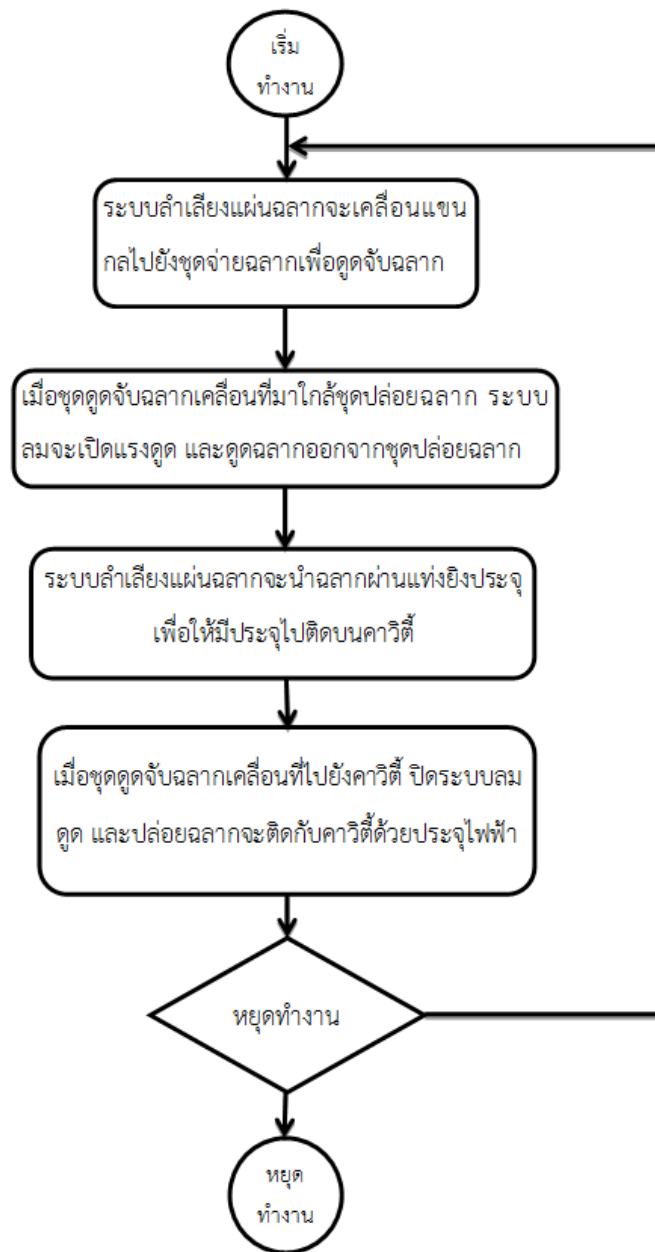
Static charging generator เป็นอุปกรณ์ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าแรงดันสูงให้กับ static charging bar เพื่อทำการปล่อยประจุให้กับฉลาก โดยเลือกใช้ static charging generator จากบริษัท Pulselectronic ซึ่งมีค่า output voltage เท่ากับ 20kV

Static charging bar เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการปล่อยประจุให้กับฉลาก มีทั้งแบบที่มีการพันลวดออกมาพร้อมกับประจุ และแบบที่ไม่พันลวด โดย static charging bar ที่ใช้สำหรับกระบวนการ in-mold labeling นี้จะใช้แบบที่ไม่พันลวด เพื่อป้องกันฉลากหลุดออกจากชุดจับโดยเลือกใช้ static charging bar จากบริษัท Pulselectronic ซึ่งให้ค่าความต่างศักย์ได้สูงสุด 20kV

5.แนวคิดการออกแบบส่วนควบคุม

การทำงานของชุดแขนกลอัตโนมัตินั้นจะทำงานเป็นรอบ(Cycle) โดยในขั้นตอนแรกตัวแขนกลจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ติดตั้งชุดจ่ายฉลาก จากนั้นจะทำการดูดจับฉลากด้วยระบบสุญญากาศ เพื่อนำฉลากไปติดไว้ที่ผนังของแม่พิมพ์ โดยในขณะที่ฉลากเคลื่อนที่ไปยังแม่พิมพ์ ฉลากจะเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์ปล่อยประจุไฟฟ้า และเมื่อฉลากเคลื่อนที่ไปยังผนังของแม่พิมพ์ตำแหน่งที่ต้องการแล้ว ตัวดูดจับฉลากจะทำการตัดระบบสุญญากาศและสับสายเป็นพ่นลมใส่ฉลาก เพื่อให้ฉลากกระโดดออกจากชุดจับไปยึดติดกับผนังของแม่พิมพ์ด้วยไฟฟ้าสถิต จากนั้นชุดแขนกลจะเคลื่อนที่มายังชุดจ่ายฉลากเพื่อดูดจับฉลากต่อไป โดยขั้นตอนการทำงานที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นนับเป็น 1 รอบการทำงาน

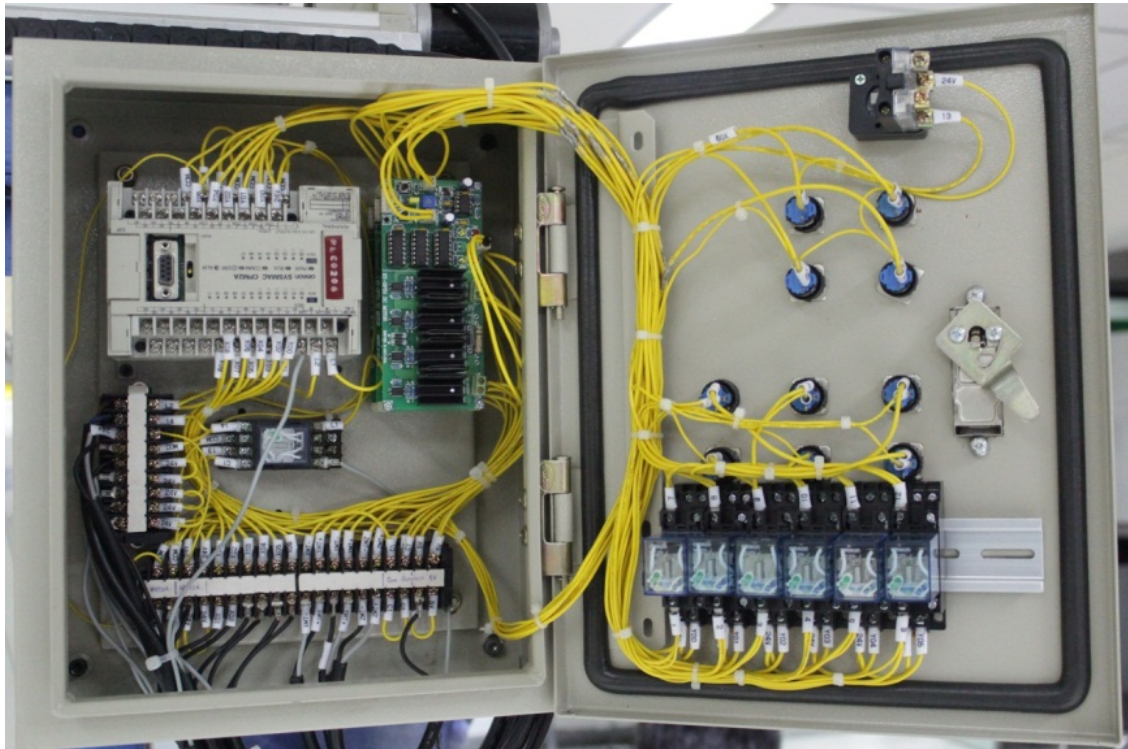
คณะผู้วิจัยออกแบบระบบการทำงานให้เป็นไปตามวัฏจักรการทำงานดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 วัฏจักรการทำงานจากระบบลำเลียงแผ่นฉลากอัตโนมัติ

วงจรควบคุม

ในการออกแบบวงจรได้มีการออกแบบให้แขนกล สามารถควบคุมได้ทั้งระบบอัตโนมัติ (Auto) และระบบกำหนดเอง (Manual) โดย ระบบอัตโนมัติจะมี PLC เป็นตัวควบคุมการทำงานของแขนกล และระบบกำหนดเอง หรือ Manual จะเป็นการป้อนคำสั่งตรงไปยังชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ที่จะไปสั่งมอเตอร์ให้เคลื่อนที่อธิบายการต่อวงจรภายในกล่องควบคุมว่าดังแสดงในรูป 20



รูปที่ 20 การต่อวงจรภายในของกล่องควบคุมชุดลำเลียงแผ่นฉลากอัตโนมัติ

และมีวงจรการทำงานการเชื่อมต่อของสวิทช์จำกัดระยะและสวิทช์ปุ่มกดเชื่อมต่อเข้ากับช่อง Input ของ PLC และการเชื่อมต่อของช่อง Output ไปยังรีเลย์เพื่อส่งสัญญาณไปยังบอร์ดชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยมีการต่อวงจรกับบอร์ดชุดขับเคลื่อนมอเตอร์แบบกำหนดเอง(Manual) พร้อมแสดงปุ่มควบคุมในแต่ละแกนด้วย

4.ผลการออกแบบ

รายละเอียดต่างๆ ของอุปกรณ์ แบ่งตามการทำงานออกเป็น 4 ระบบ ดังนี้

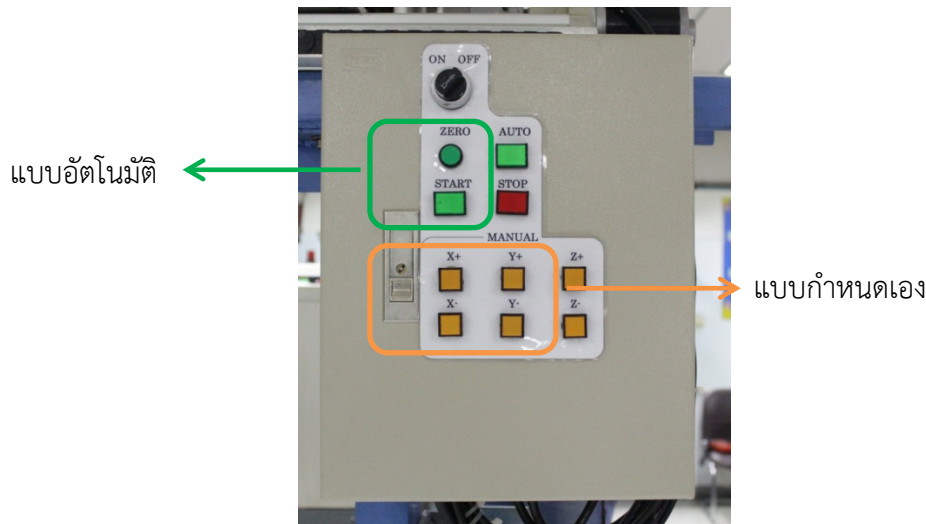
1.ชุดแขนกลเคลื่อนที่ (Manipulator)

ระบบ Manipulator สำหรับในโครงงานฉบับนี้นั้นเป็นการเคลื่อนที่ตามแนวแกน 3 แกน จากข้อดีหลายประการดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น โดยเลือกใช้ Ball Screw Actuator สำหรับแกน XและแกนY เนื่องจากมีการทำงานที่ง่าย ควบคุมผ่านมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถควบคุมความเร็วและตำแหน่งการเคลื่อนที่ รวมถึงมีความเหมาะสมในด้านเนื้อที่การจัดวาง ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวแกน Zนั้น คณะผู้จัดทำจะสร้างชุดแขนขึ้นใหม่ ซึ่งเคลื่อนที่โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าทดรอบส่งกำลังผ่านเฟืองขับ(Pinion)และเฟืองสะพาน (Rack)

แขนกลทั้ง 3 แกน มีรายละเอียดอุปกรณ์ดังนี้

1. ชุดราง Ball Screw ที่มีระยะชัก 800 มิลลิเมตร (สำหรับเคลื่อนที่แกน X)
2. ชุดราง Ball Screw ที่มีระยะชัก 400 มิลลิเมตร(สำหรับเคลื่อนที่แกน Y)
3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 120วัตต์
4. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 100 วัตต์
5. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ติดเกียร์ทดรอบเป็น 400rpm ขนาด 60 วัตต์
6. เฟืองสะพาน โมดูล 1 ความยาว 800 มิลลิเมตร
7. เฟืองขับตรง โมดูล 1 จำนวนฟัน 20 ซี่
8. กระดุกสำหรับเก็บสายขณะเคลื่อนที่

คณะผู้วิจัยได้สร้างกล่องควบคุม เพื่อนำไปติดตั้งในระบบลำเลียงแผ่นฉลากอัตโนมัติและติดตั้งสวิทช์จำกัดระยะในแกนต่างๆของระบบลำเลียงแผ่นฉลาก ได้ออกแบบกล่องควบคุมเป็น 2 ส่วนคือส่วนอัตโนมัติและกำหนดเองดังแสดงในรูปที่ 21



รูปที่ 21 ด้านหน้าของกล่องควบคุมชุดลำเลียงแผ่นฉลากอัตโนมัติ

เมื่อต้องการให้ระบบลำเลียงแผ่นฉลากนำฉลากไปติดกับแม่พิมพ์บนเครื่องฉีดพลาสติกเป็นวัฏจักร ดังรูป 33 ในขั้นตอนแรกต้องกดปุ่ม Zero เพื่อให้ระบบลำเลียงแผ่นฉลากเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งอ้างอิงก่อน แล้วจึงกด Start ให้ระบบลำเลียงแผ่นฉลากสามารถทำงานอย่างอัตโนมัติได้ เมื่อต้องการหยุดทำงาน หรือ เกิดข้อผิดพลาดสามารถกด Stop ระบบลำเลียงแผ่นฉลากก็จะหยุดทำงาน

การทำงานของคำสั่ง Zero

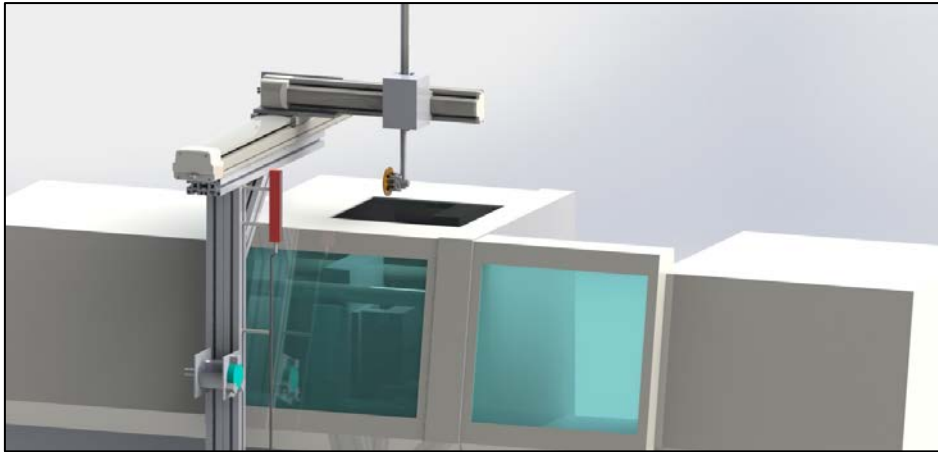
เมื่อทำการกด Zero แล้ว PLC ก็จะสั่งให้มอเตอร์เคลื่อนที่ในแต่ละแกนโดยเริ่มจากแกน Y Z X ตามลำดับและมีสวิทช์จำกัดระยะเป็นตัวรับสัญญาณว่าแต่ละแกนเคลื่อนที่มายังตำแหน่งอ้างอิงแล้วหรือยังเมื่อมาแล้วก็จะสั่งให้แกนอื่นเคลื่อนที่ต่อไปจนแขนกลเคลื่อนที่มายังตำแหน่งที่อ้างอิง

การทำงานของคำสั่ง Start

เมื่อทำการกด Start ระบบลำเลียงแผ่นฉลากอัตโนมัติจะทำงานเป็นวัฏจักรตามรูป 19

การทำงานของคำสั่ง Stop

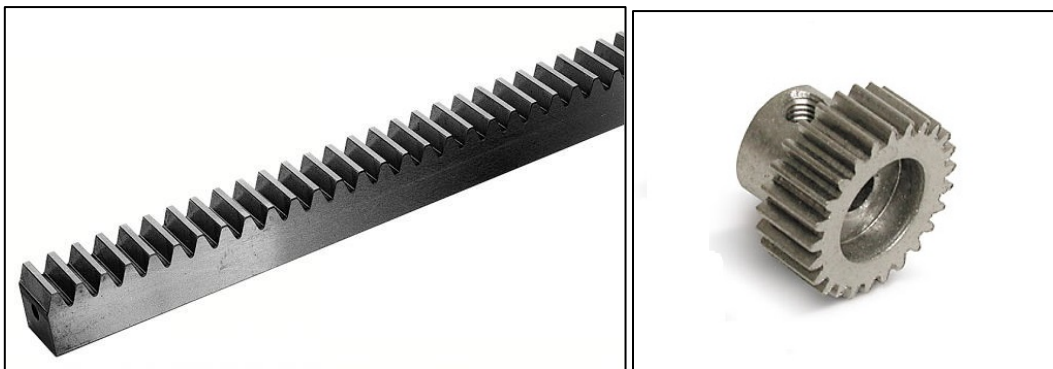
เมื่อทำการกด Stop ระบบลำเลียงแผ่นฉลากอัตโนมัติจะหยุดการทำงาน



รูปที่ 22 แสดงภาพชุดแกนกลเคลื่อนที่เมื่อติดตั้งให้ทำงานร่วมกับเครื่องฉีดพลาสติก



รูปที่ 23 แสดงภาพชุดแกนกลเคลื่อนที่ของแกน X และ Y



รูปที่ 24 เฟืองสะพาน (Rack) และเฟืองขับตรง(Pinion)ที่ใช้ในการเคลื่อนที่สำหรับแกน Z

ชุดขาตั้งแขนกลเคลื่อนที่ (แบบโครงอลูมิเนียมโปรไฟล์)

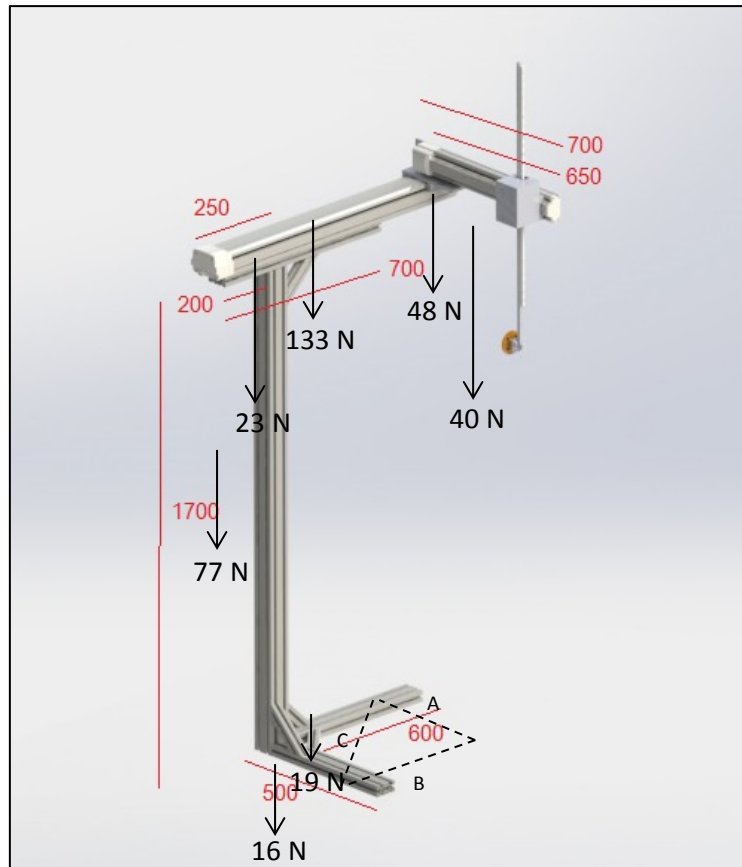


รูปที่ 25 แสดงภาพชุดขาตั้งของแขนกลเคลื่อนที่

ในชุดขาตั้งแขนกลเคลื่อนที่แบบที่ 1 ออกแบบใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ (Aluminium Profile) หรือ อลูมิเนียมเฟรม (Aluminium Frame) โดยทางคณะผู้จัดทำเลือกใช้วัสดุชนิดนี้เนื่องจาก อลูมิเนียมโปรไฟล์ (Aluminium Profile) มีคุณสมบัติที่ดีกว่าโลหะทั่วไปคือ

- 1.เบาแต่แข็งแรง
- 2.ทนทานต่อการสึกกร่อน
- 3.นำพาความร้อนและกระแสไฟได้ดี ไม่เป็นพิษและไม่ติดไฟ
- 4.สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆได้มากมาย
- 5.สามารถนำไปประกอบ, ตัด, เจาะ, ดัด, บีม ได้ง่ายตามต้องการ
- 6.สามารถเชื่อมต่อได้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย

ผลการคำนวณ



รูปที่ 26 แสดงระยะต่างที่ใช้คำนวณสำหรับชุดขาตั้งของแขนกล

คิดโมเมนต์รอบแกน A

$$(133 \times 0.3) + (23 \times 0.45) + (77 \times 0.6) + (16 \times 0.6) + (19 \times 0.3) > (48 \times 0.25) + (40 \times 0.25) \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

$$111.75 > 22 \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

คิดโมเมนต์รอบแกน B

$$(77 \times 0.5) + (16 \times 0.25) + (19 \times 0.5) + (23 \times 0.5) + (133 \times 0.5) + (48 \times 0.15) > (40 \times 0.2) \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

$$137.2 > 8 \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

คิดโมเมนต์รอบแกน C

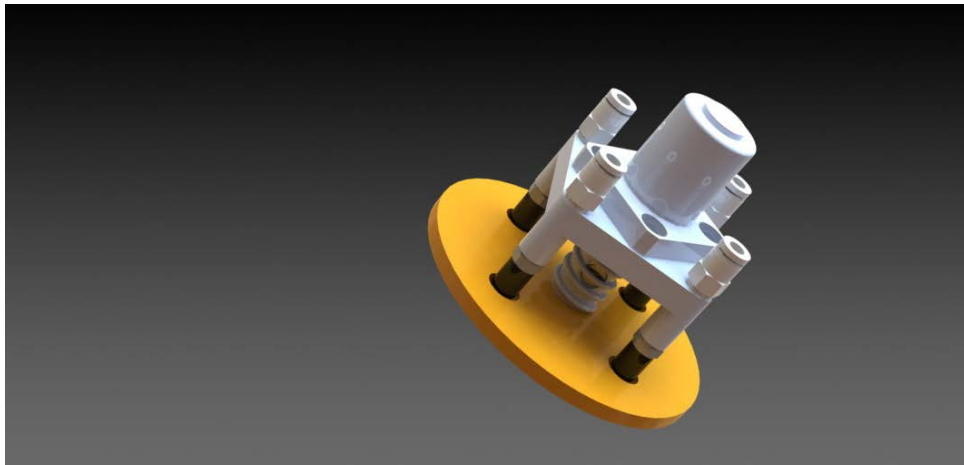
$$(16 \times 0.19) + (77 \times 0.39) + (23 \times 0.29) + (133 \times 0.2) + (19 \times 0.2) > (48 \times 0.42) + (40 \times 0.69) \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

$$70.14 > 47.76 \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

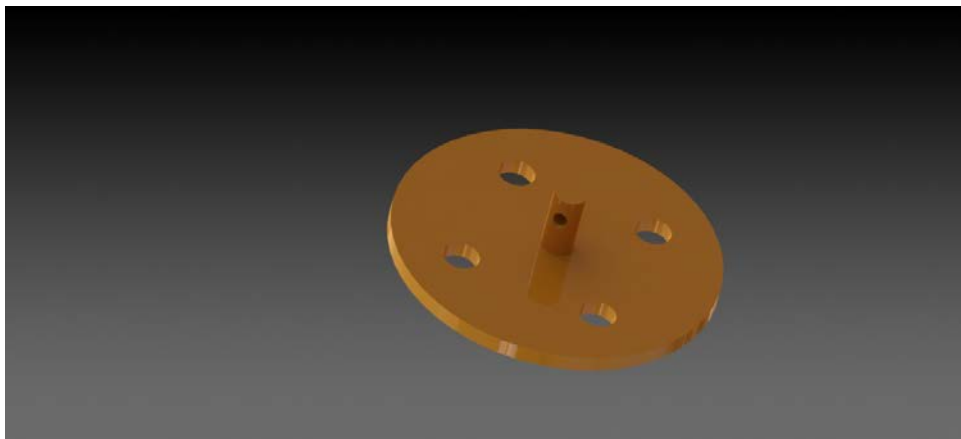
จากผลการคำนวณพบว่าสามารถใช้งานชุดขาตั้งแขนกลเคลื่อนที่ได้ซึ่งชุดขาตั้งสามารถรับน้ำหนักของชุดแขนกลได้โดยไม่เกิดการโน้มเอียงไปทางใดทางหนึ่ง

2.ชุดจับแผ่นฉลาก (Label applicator)

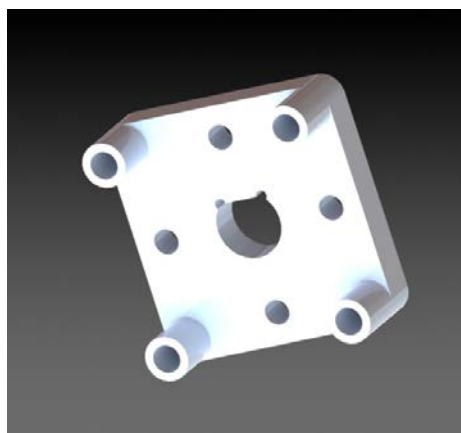
เนื่องจากการออกแบบที่ได้กล่าวไว้ในรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 นั้นยังไม่สมบูรณ์และมีข้อผิดพลาดอยู่บ้าง จึงได้ทำการปรับแก้ไขจนแล้วเสร็จ มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 27 แสดงภาพชุดจับแผ่นฉลาก



รูปที่ 28 แสดงภาพจานรองฉลาก (Plate) ซึ่งจานรองฉลากนี้ต้องทำจากวัสดุที่เป็นฉนวน เพื่อป้องกันการเกิดประกายไฟ (Arc) โดยเลือกใช้ Polyoxymethylene (POM)



รูปที่ 29 แสดงส่วนประกอบของชุดจับแผ่นฉลาก ใช้สำหรับต่อกับอุปกรณ์ลม โดยทำจาก Steel



รูปที่ 30 แสดงภาพชิ้นส่วนทั้งหมด และการประกอบชุดจับแผ่นฉลาก

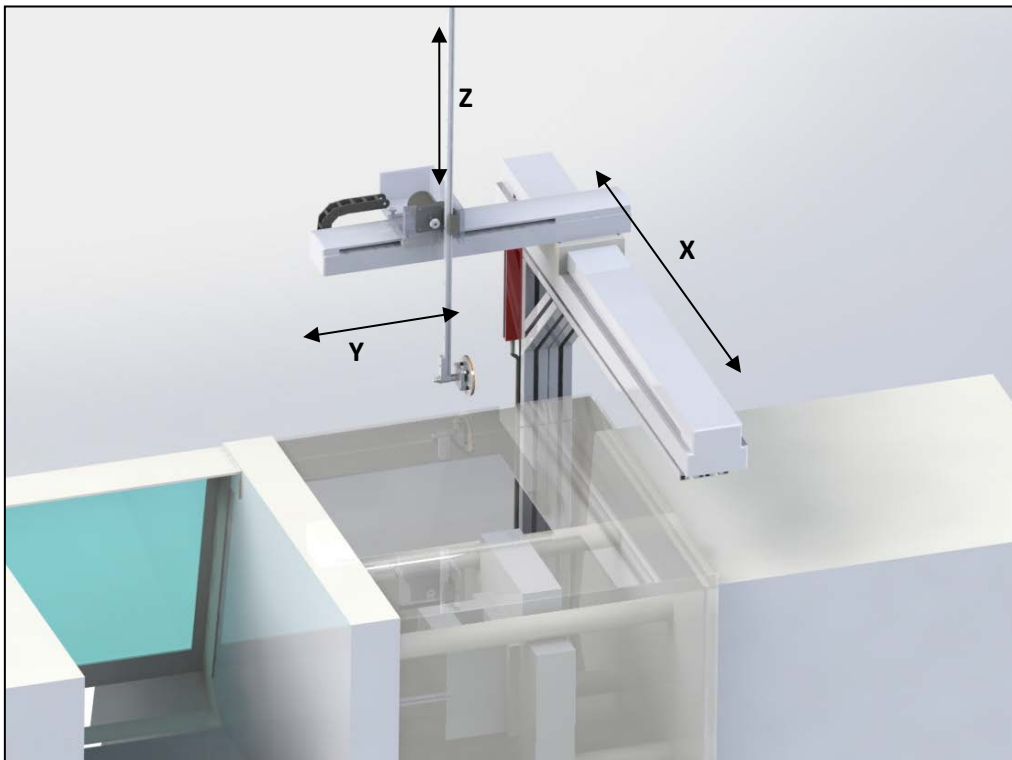
โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- Linear Bushings จาก misumi รหัสสินค้า LHZS12 1ตัว
- Vacuum pad จาก smc รหัสสินค้า ZPT04UN_A5 4ตัว
- Fitting จาก smc รหัสสินค้า M3Q2H04_M5 4ตัว
- Bolt มาตรฐาน taper socket head m3x8

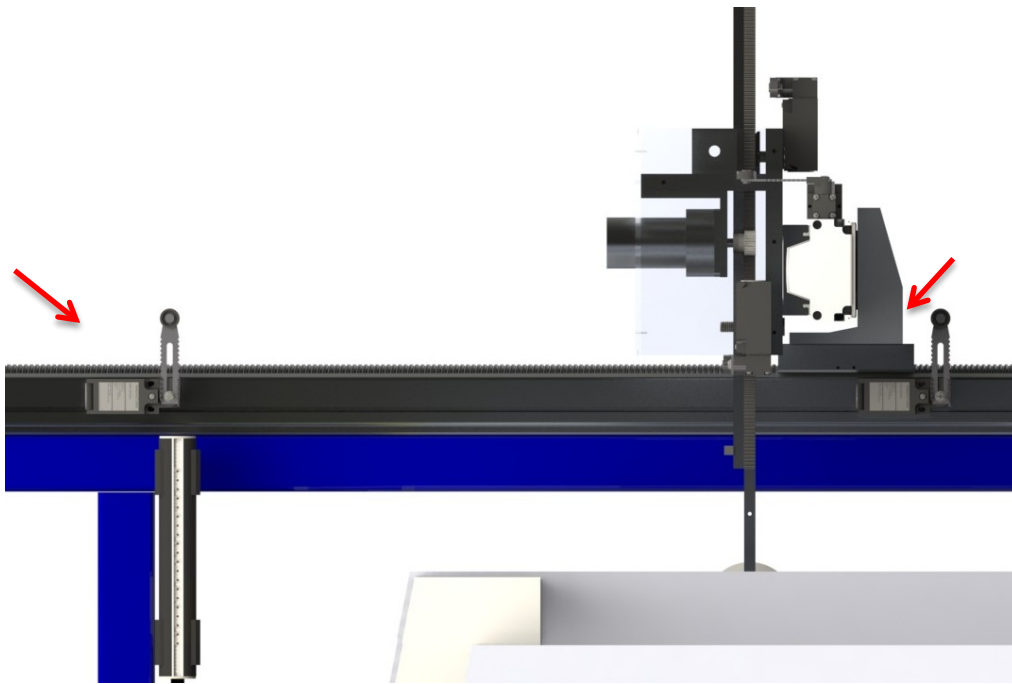
การออกแบบชุด (Manipulator)

จากการศึกษาข้อมูลของเครื่องฉีดร้อน Battenfeld BA250CDC ขนาดพื้นที่ติดตั้งจริง ระยะช่องว่างในแม่พิมพ์ ทำให้เลือกที่จะออกแบบชุดแขนกลเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง (Cartesian Robot) 3 แกน ซึ่งง่ายต่อการควบคุม รวมถึงมีความเหมาะสมกับระยะและลักษณะการวางตัวของเครื่องฉีดและแม่พิมพ์

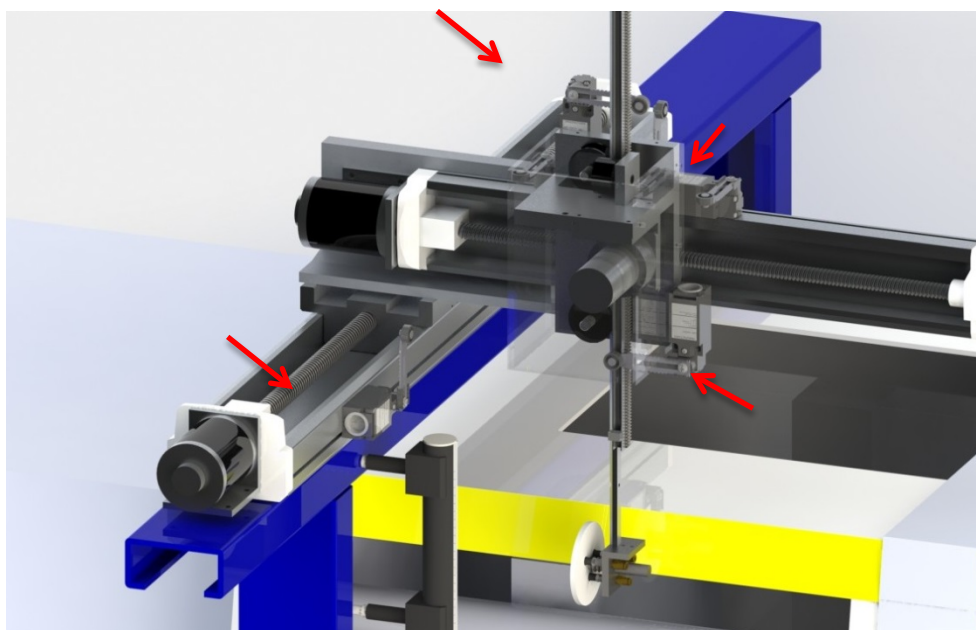
- แกน X มีระยะการเคลื่อนที่(Stroke) 800มิลลิเมตร
- แกน Y มีระยะการเคลื่อนที่(Stroke) 600มิลลิเมตร
- แกน Z มีระยะการเคลื่อนที่(Stroke) 800มิลลิเมตร



รูปที่ 31 ทิศทางและความยาวแต่ละแนวแกน



ก.



ข.

รูปที่ 32 แบบจำลองตำแหน่งของสวิทช์จำกัดระยะในเครื่องป้อนฉลากอัตโนมัติในมุมต่างๆ

ก.) ตำแหน่งที่ติดตั้งสวิทช์จำกัดระยะในแกน X

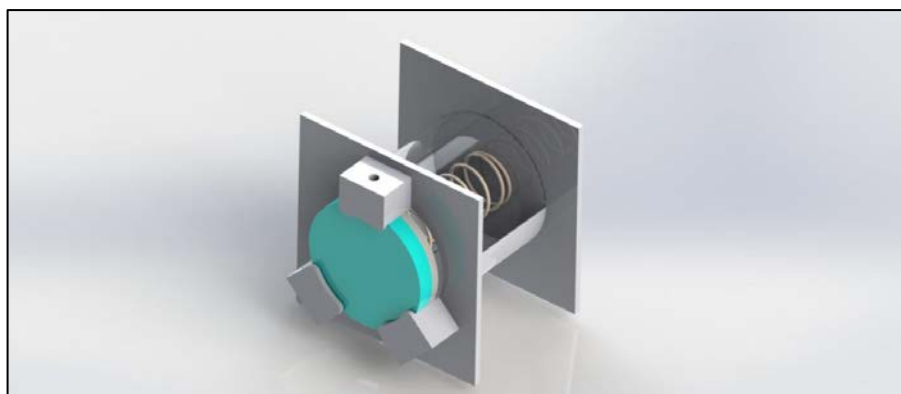
ข.) ตำแหน่งที่ติดตั้งสวิทช์จำกัดระยะในแกน Y และ Z

3. ชุดจ่ายฉลาก (Label Dispenser)

ในเบื้องต้นส่วนของตัวเก็บฉลากจะออกแบบเพื่อใช้กับฉลากจำนวนน้อยสำหรับชุดแขนกลทดลอง โดยออกแบบเป็นกล่องทรงกระบอกรับกับรูปร่างของแผ่นฉลากที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 75 มิลลิเมตรบริเวณด้านหน้าของกล่องซึ่งใช้จ่ายฉลากให้กับชุดจับแผ่นฉลาก ต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษเพื่อป้องกันปัญหาจ่ายฉลากเกิน 1 แผ่น (แผ่นฉลากติดกันออกไปด้วยแรงไฟฟ้าสถิต) โดยในจุดนี้จะออกแบบให้มีรูลมเพื่อเป่าแผ่นฉลากให้เคลื่อนออกจากกัน ซึ่งชุดอุปกรณ์ที่ใช้เป่าลมนั้นสามารถใช้ร่วมกับชุดสร้างสัญญาณอากาศของ Applicator ได้



รูปที่ 33 แผ่นฉลากพลาสติกที่ใช้ในการศึกษา

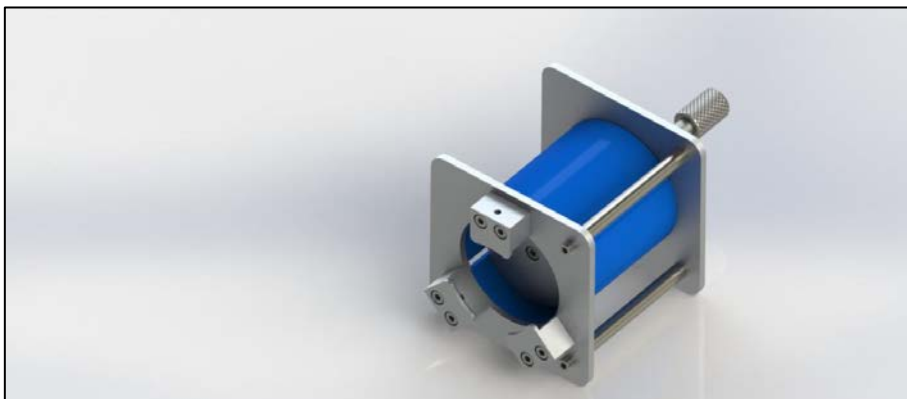


รูปที่ 34 Label Dispenser จากการออกแบบครั้งที่ 1 (แบบจำลองคอมพิวเตอร์)

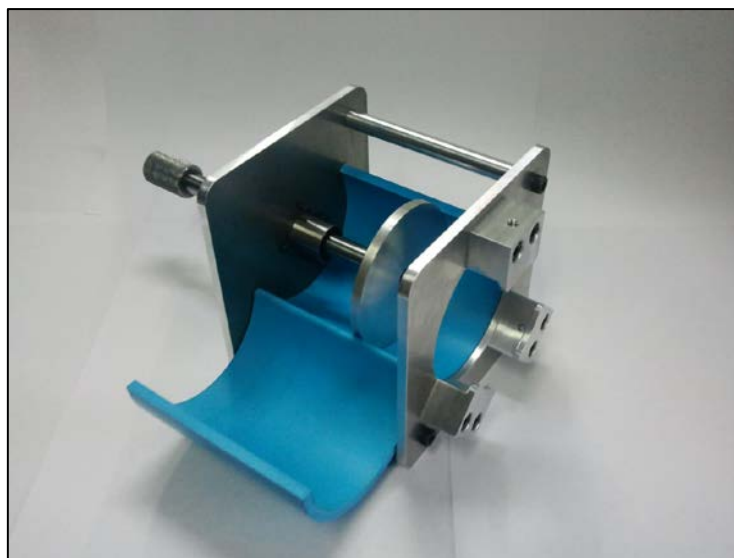
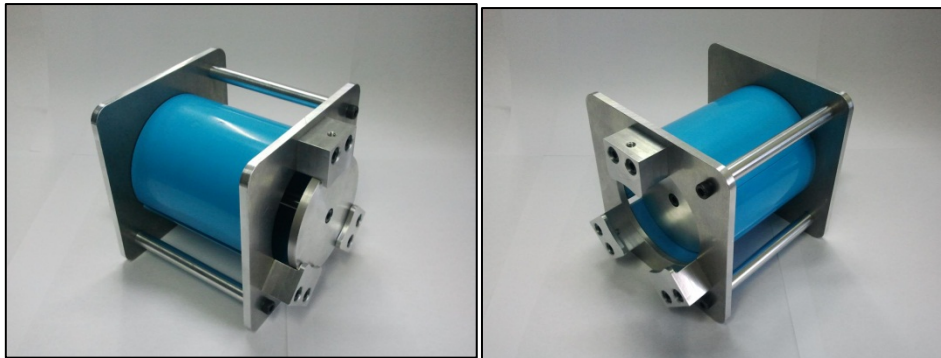


รูปที่ 35 Label Dispenser จากการออกแบบครั้งที่ 2(แบบจำลองคอมพิวเตอร์)

เนื่องจากตัว Dispenser ที่ออกแบบครั้งที่ 2 นั้นเกิดปัญหาในการสร้างส่วนของตัวกลองทรงกระบอกที่ใช้เก็บแผ่นฉลาก ซึ่งหากสร้างขึ้นส่วนเฉพาะให้ตรงกับที่ออกแบบจะต้องใช้วิธีการที่ซับซ้อนและงบประมาณที่สูงมาก ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงใช้ตัวเลือกอื่นที่ง่ายและมีราคาถูก คือใช้ท่อน้ำ PVC ขนาด 3 นิ้ว หรือ 76 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับที่ออกแบบ และต้องปรับแก้ชิ้นส่วนอื่นเพื่อให้รองรับให้จุดนี้ กลายเป็นผลการออกแบบครั้งที่ 3 ก่อนทำการสร้างชิ้นงานจริง

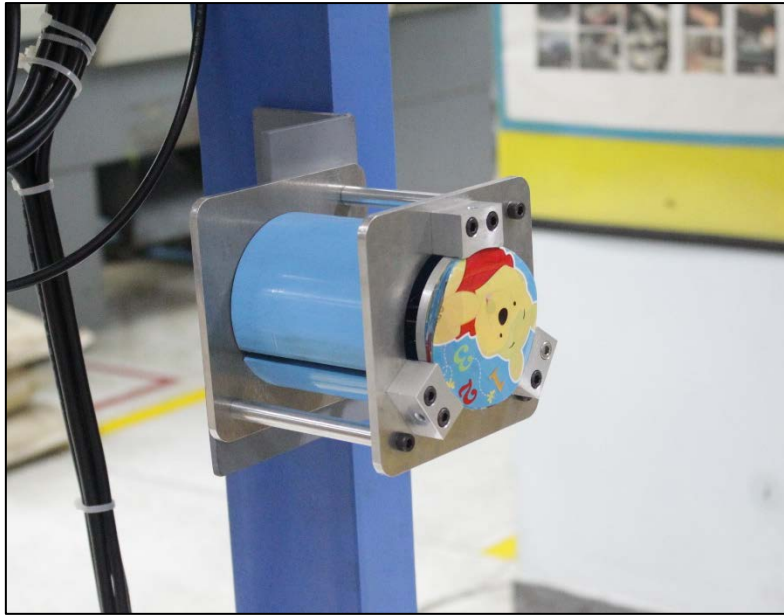


รูปที่ 36 Label Dispenser จากการออกแบบครั้งที่ 3(แบบจำลองคอมพิวเตอร์)



รูปที่ 37 Label Dispenser จากการออกแบบครั้งที่ 3 (ชิ้นงานจริง)

จากทดสอบ Dispenser ที่สร้างจากการออกแบบข้างต้น พบว่าสามารถใช้งานได้ตามที่ออกแบบไว้ แต่ยังมีพบปัญหาเล็กน้อยคือสปริงที่ผลัดแผ่นฉลากแข็งเกินไป ทำให้บางครั้งApplicator จับแผ่นฉลากไม่ติด จึงได้มีการปรับแก้ไขเล็กน้อยนั่นคือ ปรับเปลี่ยนสปริงให้อ่อนลง และทำการปรับแก้ไขบริเวณเขี้ยวด้านหน้าให้มีพื้นที่ในการกักน้อยลง ซึ่งจะกล่าวถึงปัญหาโดยละเอียดอีกครั้งในหัวข้อถัดไป



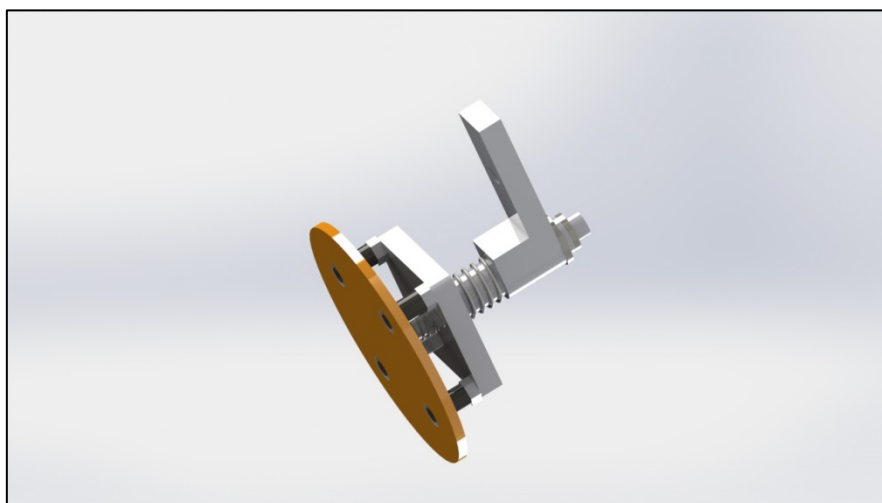
รูปที่ 38 Label Dispenser เมื่อติดตั้งร่วมกับระบบ Transfer System

การทดสอบ Label Applicator

Applicator เป็นอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงอยู่ที่ปลายแขนของชุด Manipulator โดยเป็น EOAT ประเภท Vacuum Grippers ซึ่งใช้ลมสุญญากาศในการดูดจับวัตถุเป้าหมาย ซึ่งในที่นี้คือ แผ่นฉลากพลาสติก ในการออกแบบครั้งแรกเราออกแบบอย่างง่ายเพื่อกำหนดวิธีการทำงานร่วมกับ Dispenser เบื้องต้น โดยออกแบบให้มีการยุบตัวของ แผ่นฉนวนเพื่อให้แท่ง Vacuum Pad เคลื่อนผ่านแผ่นฉนวนเข้าไปจับแผ่นฉลาก

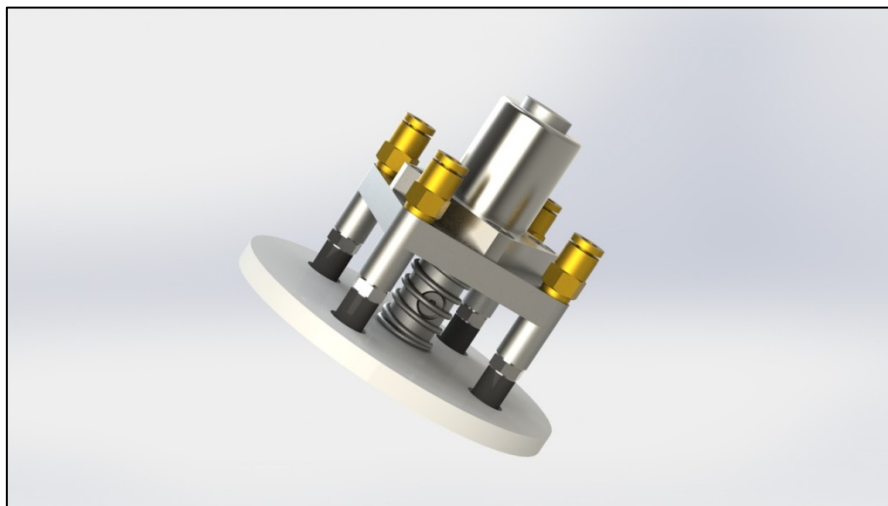
ในส่วนของระบบจับแผ่นฉลาก จะออกแบบให้ทำงานสอดคล้องกับชุดจ่ายแผ่นฉลาก มีระบบสปริงยืดหยุ่นให้ลูกยางลอดผ่านเข้าไปกดย่ำแผ่นฉลากพร้อมกับดึงแผ่นฉลากออกจากชุดจ่าย โดยผิวระนาบสำหรับรองรับแผ่นฉลากนั้น ที่ผิวด้านหน้าจะสร้างจากวัสดุฉนวนเพื่อป้องกันการสปาร์คขณะหัวจับวิ่งผ่านแท่งยิงประจุ ในขณะที่ด้านหลังเป็นโลหะนำไฟฟ้าต่อลงกราวด์เพื่อถ่ายประจุที่ค้างอยู่ในผิวฉนวนด้านหน้าทิ้งเตรียมพร้อมสำหรับการทำงานในรอบถัดไป

ชุดดูดจับฉลากที่ได้ออกแบบไว้นั้น มีหลักการทำงานโดยอาศัยหลักการของระบบสุญญากาศในการดูดจับชิ้นงาน โดยชิ้นงานที่ใช้ในการดูดจับต้องมีผิวเรียบ ซึ่งมีรายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

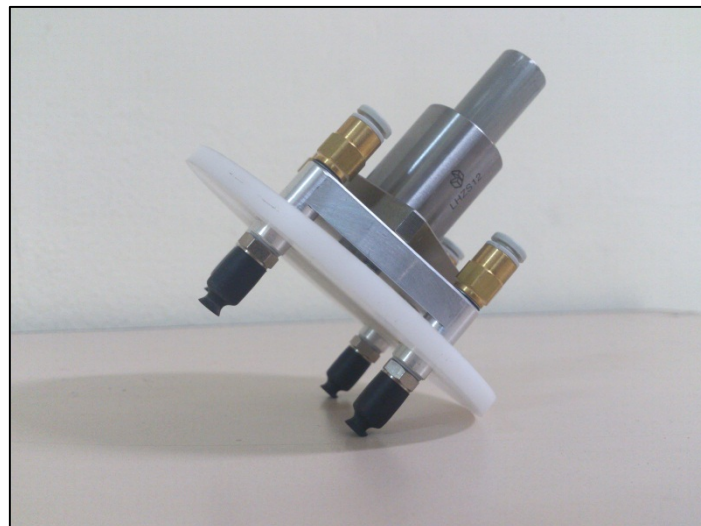


รูปที่ 39 Applicator จากการออกแบบครั้งที่ 1 (แบบจำลองคอมพิวเตอร์)

ในการออกแบบครั้งที่สองได้ปรับปรุงการออกแบบครั้งแรก ให้มีลักษณะที่สามารถทำงานได้จริง กำหนดรูปร่างและการทำงานที่แน่นอน กำหนดวัสดุที่ใช้ รวมถึงออกแบบโดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการสร้างชิ้นงาน เพื่อให้สามารถสร้างชิ้นงานจริงได้



รูปที่ 40 Applicator จากการออกแบบครั้งที่ 2 (แบบจำลองคอมพิวเตอร์)



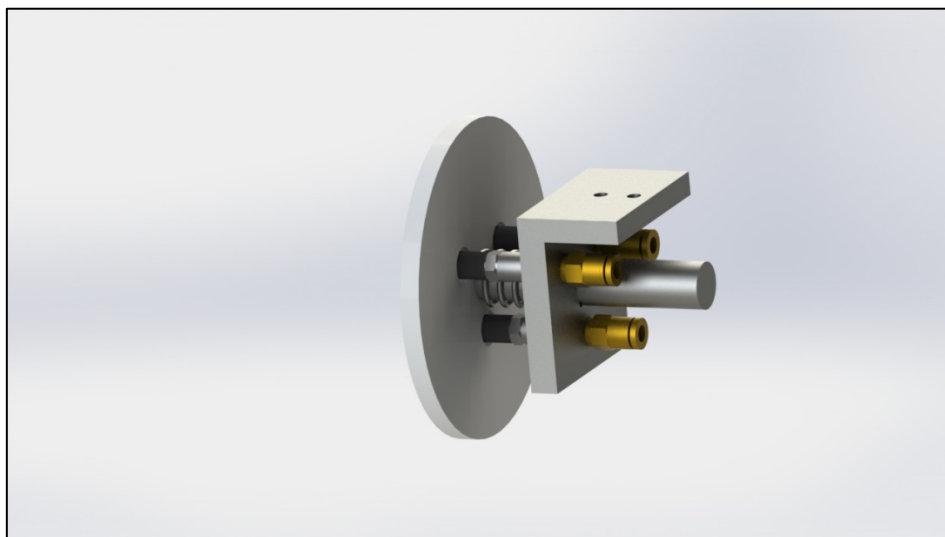
รูปที่ 41 Applicator จากการออกแบบครั้งที่ 2 (ชิ้นงานจริง)

จากการทดสอบ Applicator ที่ได้พบว่า Applicator นั้นไม่สามารถดูดฉลากออกจาก Label Dispenser ได้ ทางผู้จัดทำโครงการจึงได้ทำการวิเคราะห์ปัญหา และทำการแก้ไขปัญหานี้ในขั้นต้น นั่นคือการเพิ่มแรงดูดสุญญากาศ โดยการเปลี่ยนขนาดของปั๊มลมที่ใช้ในการทดลอง ให้มีขนาดแรงดันลมที่มากขึ้นจาก 5Bar เป็น 8Bar

เมื่อทำการทดสอบใหม่ พบว่า Applicator ยังไม่สามารถที่จะดูดฉลากออกจาก Label Dispenser ได้ จึงสันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้

- แรงลมดูดน้อยเกินไป
- หัวดูดมีการกระจายตัวออกจากจุดศูนย์กลางมากทำให้จุดที่ดูดมีระยะใกล้กับเขี้ยวด้านหน้าของ Dispenser มากแผ่นฉลากจึงเกิดการรูดกับเขี้ยวและไม่หลุดติด Applicator ออกมา
- หัวดูดมีขนาดเล็กเกินไป
- จำนวนหัวดูดมากเกินไปจนอาจเกิดการรั่วที่หัวใดหัวหนึ่งทำให้เสียแรงดูดไป

จากปัญหาดังกล่าว ทางผู้จัดทำโครงการจึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบของ Applicator ใหม่ โดยมีผลการออกแบบใหม่ดังแสดงในรูปที่ 41 และรูปที่ 42



รูปที่ 42 การออกแบบ Applicator ภายหลังจากการปรับปรุงแก้ไข



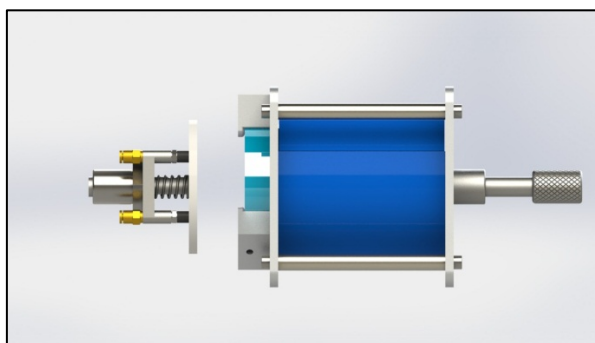
รูปที่ 43 Applicator ที่สร้างภายหลังจากการปรับปรุงแก้ไขขณะเคลื่อนที่ผ่าน Charging Bar

Applicator ที่ได้ทำการออกแบบใหม่นั้น ได้มีการลดจำนวนหัวดูดลง จาก 4 หัว เหลือ 3 หัว ซึ่งทำให้แรงดูดต่อหัวนั้นมีมากขึ้น อีกทั้งยังมีการปรับตำแหน่งของหัวดูดให้เข้าใกล้จุดศูนย์กลางมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดจับแผ่นฉลาก

จากการทดสอบ Applicator ที่ได้ทำการออกแบบใหม่ โดยใช้แรงดันลมขนาด 8Bar พบว่า Applicator สามารถดูดจับแผ่นฉลากได้ดี

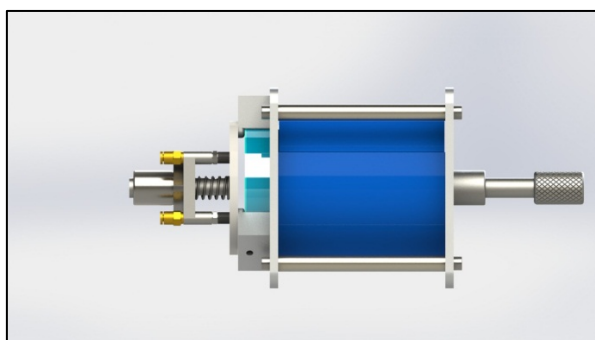
ขั้นตอนในการหยิบจับฉลากจาก Label Dispenser

1. ชุดแขนกลเคลื่อนที่นำ Applicator มายังบริเวณด้านหน้าของ Label Dispenser โดยตัว Applicator จะอยู่ในแนวแกนเดียวกับ Label Dispenser เพื่อให้สามารถดูดจับแผ่นฉลากใน ตำแหน่งที่สมมาตร กับตำแหน่งของหัว Vacuum Pad ดังแสดงในรูปที่ 44



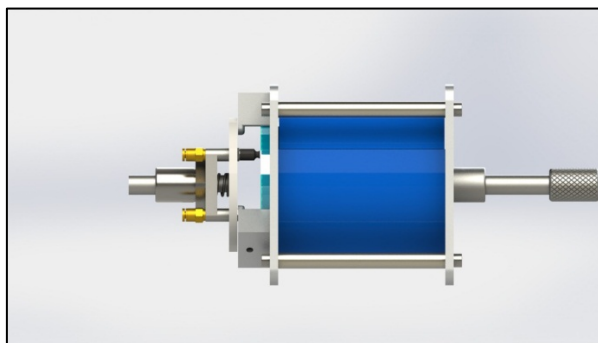
รูปที่ 44 ขั้นตอนในการหยิบจับฉลาก (ขั้นตอนที่ 1)

2. Applicator จะเคลื่อนที่โดยชุดแขนกล ทำให้แผ่นรองฉลากสัมผัสกับตัวกันฉลากของ Label Dispenser ดังแสดงในรูปที่ 45



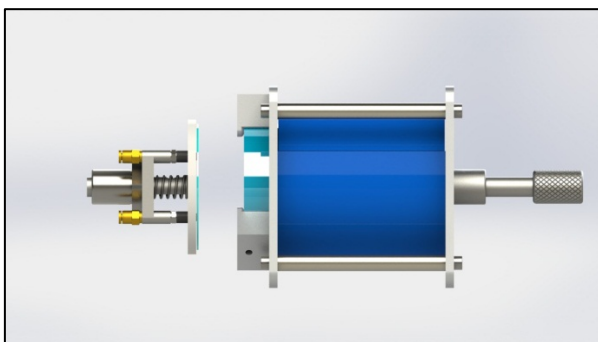
รูปที่ 45 ขั้นตอนในการหยิบจับฉลาก (ขั้นตอนที่ 2)

3. Applicator จะถูกทำให้เคลื่อนที่ต่อโดยชุดแขนกล ซึ่งทำให้หัว Vacuum Pad เคลื่อนที่เข้าไปดูด จับ ฉลากได้แนบสนิทกันทั่วทุกหัวดังแสดงในรูปที่ 46



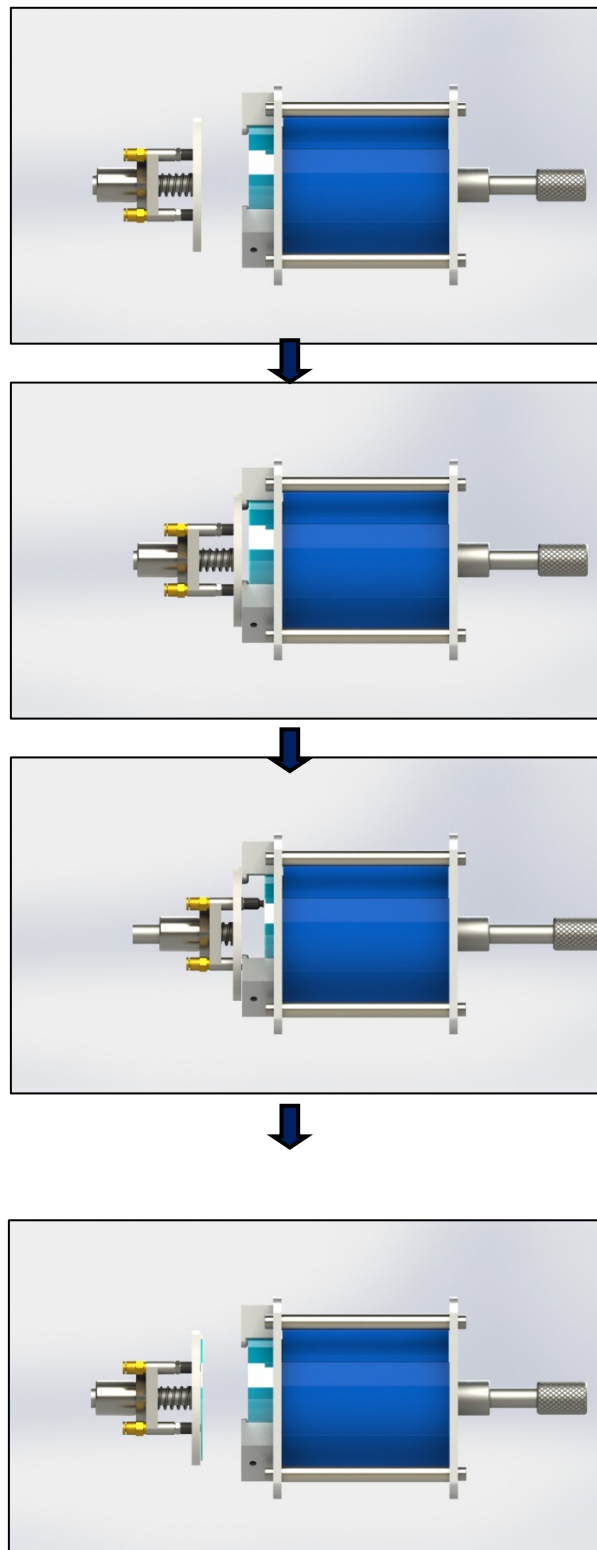
รูปที่ 46 ขั้นตอนในการหยิบจับฉลาก (ขั้นตอนที่ 3)

4. เมื่อ Applicator ดูดจับแผ่นฉลากแล้วจึงเคลื่อนที่ออกจาก Label Dispenser เพื่อนำฉลากไปติด กับ ผนังของแม่พิมพ์ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 47



รูปที่ 47 ขั้นตอนในการหยิบจับฉลาก (ขั้นตอนที่ 4)

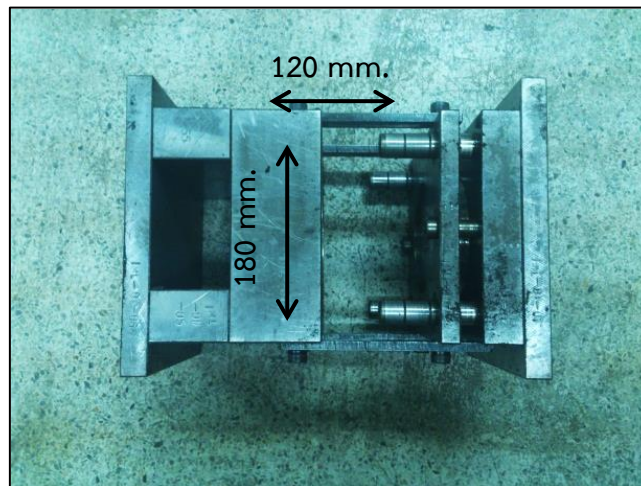
รูปภาพทั้งหมดได้ถูกเรียงเป็นกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 48



รูปที่ 48 ขั้นตอนในการหยิบจับฉลากจาก Label Dispenser

ชุดขับเคลื่อนแกน Z

เนื่องจากพื้นที่ทำงานที่ค่อนข้างจำกัด ดังนั้นเพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก รุ่น Battenfeld BA 250 CDC และแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลองซึ่งมีขนาดพื้นที่ด้านบนจำกัดดังแสดงในรูปที่ 49 และรูปที่ 50



รูปที่ 49 ระยะเวลาของแม่พิมพ์



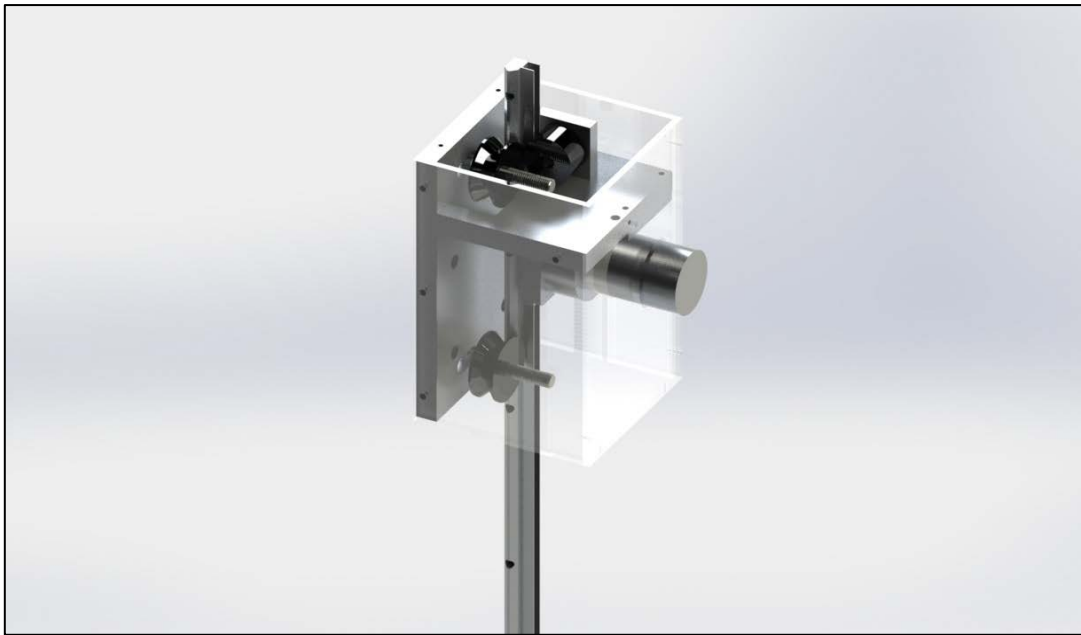
รูปที่ 50 ระยะด้านบนของเครื่องฉีดพลาสติกที่ระบบลำเลียงสามารถทำงานได้

ผู้จัดทำโครงการงานจึงได้มีการออกแบบชุดขับเคลื่อนแกน Z ให้มีทำงานสอดคล้องกับข้อจำกัดดังกล่าวโดยใช้ชิ้นส่วนลักษณะเป็นแท่งยาวติดอุปกรณ์จับยึด (Applicator) เลื่อนลงไปในแม่พิมพ์ ด้วยเฟืองขับและเฟืองสะพาน ประยุกต์ใช้กับล้อบากรองเพื่อบังคับแนวการเคลื่อนที่ดังแสดงในรูปที่ 51



รูปที่ 51 ชุดขับเคลื่อน Rack and Pinion Linear Guide

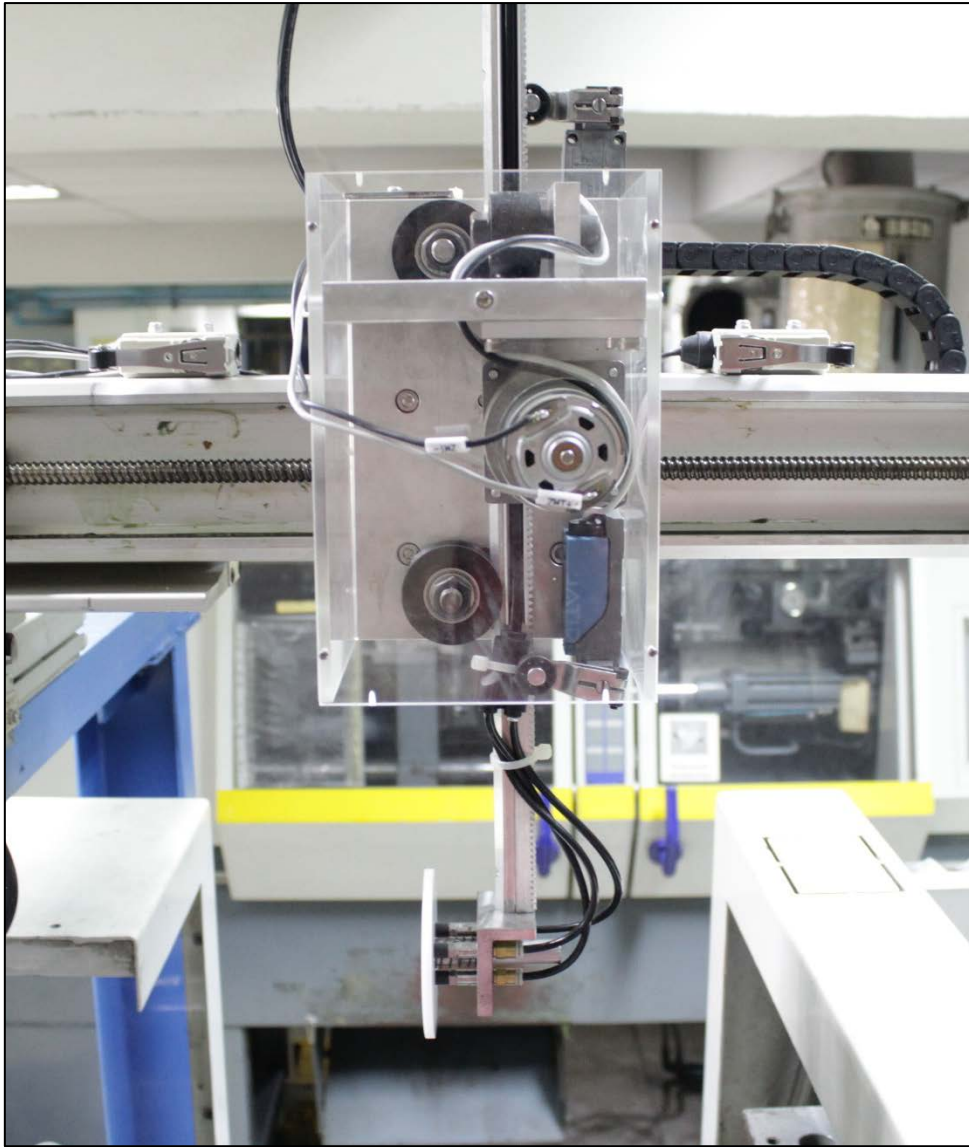
ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 60 วัตต์ ซึ่งใช้เกียร์ทดรอบจำกัดความเร็วสูงสุดให้ไม่เกิน 400 rpm ที่ความต่างศักย์ 24 โวลต์เนื่องจากใช้มอเตอร์นี้ในการส่งกำลังขับเฟืองขับโดยตรง หากใช้ความเร็วมอเตอร์สูงเกินไปจะทำให้ก้าน Applicator เคลื่อนที่เร็วเกินไปจนเกิดความเสียหายได้



รูปที่ 52 ชุดขับเคลื่อนแกน Z(แบบจำลองคอมพิวเตอร์)



รูปที่ 53 ชุดขับเคลื่อนแกน Z(แบบจำลองคอมพิวเตอร์)



รูปที่ 54 ชุดขับเคลื่อนแกน Z(ชิ้นงานจริง)

ส่วนโครงสร้าง

โครงสร้างของฐานสร้างจากเหล็กทรงน้ำขนาด 4 นิ้ว ประกอบกันด้วยการเชื่อมและสกรู สามารถรับแรงและการสั่นสะเทือนได้ค่อนข้างสูงดังแสดงในรูปที่ 55 และรูปที่ 56



รูปที่ 55 ส่วนโครงสร้างฐาน(1)



รูปที่ 56 ส่วนโครงสร้างฐาน (2)

ภาพรวมของระบบ



รูปที่ 57 ภาพรวมของระบบ Transfer System

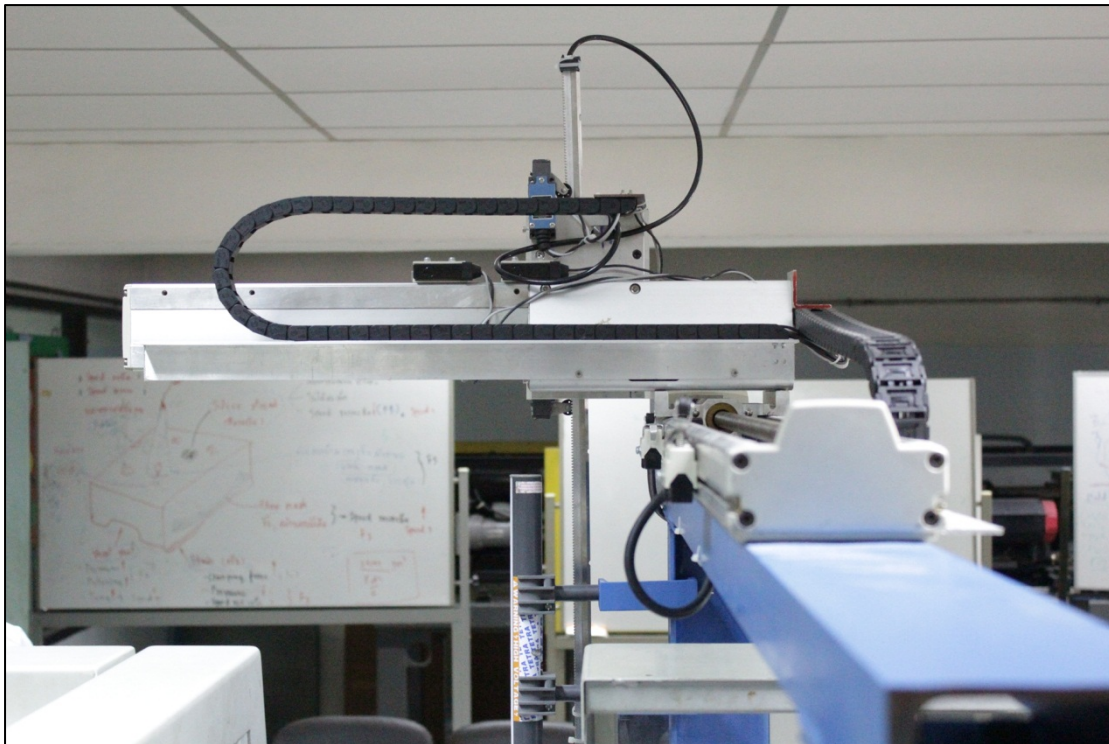


รูปที่

รูปที่ 58 ระบบ Transfer System เมื่อติดตั้งร่วมกับเครื่องฉีดพลาสติก (1)



รูปที่ 59 ระบบ Transfer System เมื่อติดตั้งร่วมกับเครื่องฉีดพลาสติก(2)



รูปที่ 60 ระบบ Transfer System เมื่อติดตั้งร่วมกับเครื่องฉีดพลาสติก (3)



รูปที่ 61 ระบบ Transfer System เมื่อติดตั้งร่วมกับเครื่องฉีดพลาสติก(4)

ผลการทดสอบดำเนินกระบวนการ In-Mold Labeling

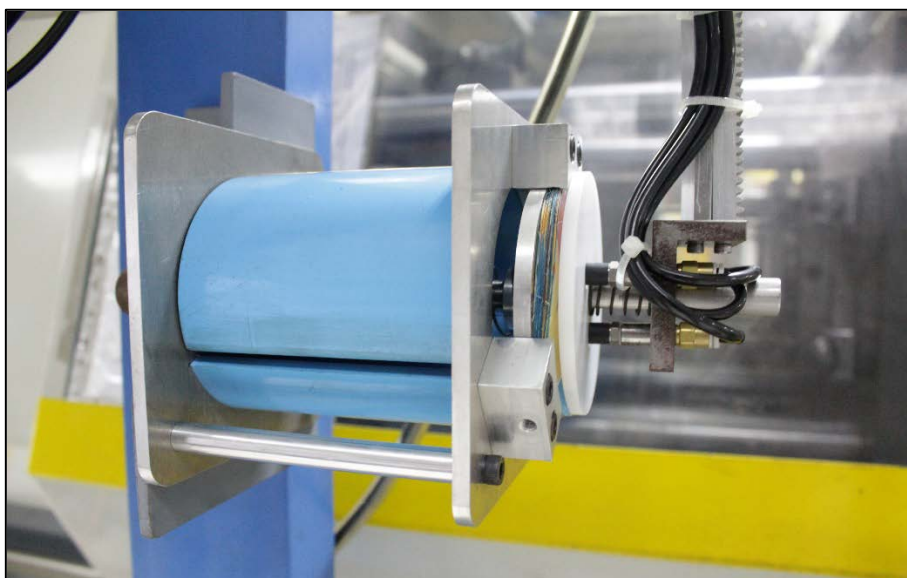
ในการทดสอบระบบลำเลียงฉลาก (Transfer System) เมื่อทำงานร่วมกับเครื่องฉีดพลาสติก สามารถแบ่งผลการทดสอบเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

- ผลการทำงานร่วมกันระหว่าง Label Dispenser และ Applicator
- ผลการทำงานของ Manipulator
- ผลการทำงานของระบบไฟฟ้าสถิต

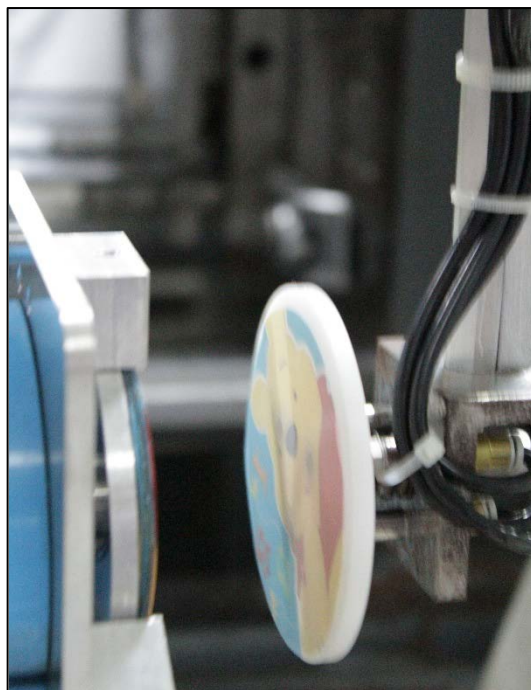
ผลการทำงานร่วมกันระหว่าง Label Dispenser และ Applicator

จากการทดสอบพบว่า Applicator สามารถดูดจับแผ่นฉลากพลาสติกออกจาก Dispenser ตามที่ออกแบบไว้ได้อย่างดีเยี่ยม คือสามารถดูดจับแผ่นฉลากได้ทุกรอบการทำงาน

แรงลมดูดสูญญากาศสามารถใช้งานได้ โดยในช่วงแรกของการทดสอบ แรงดูดสูงเกินไปจนทำแผ่นฉลากยับผิดรูปขณะติดอยู่บน Applicator ทำให้ต้องปรับลดแรงลมจาก 8 Bar เหลือ 6 - 7 Bar



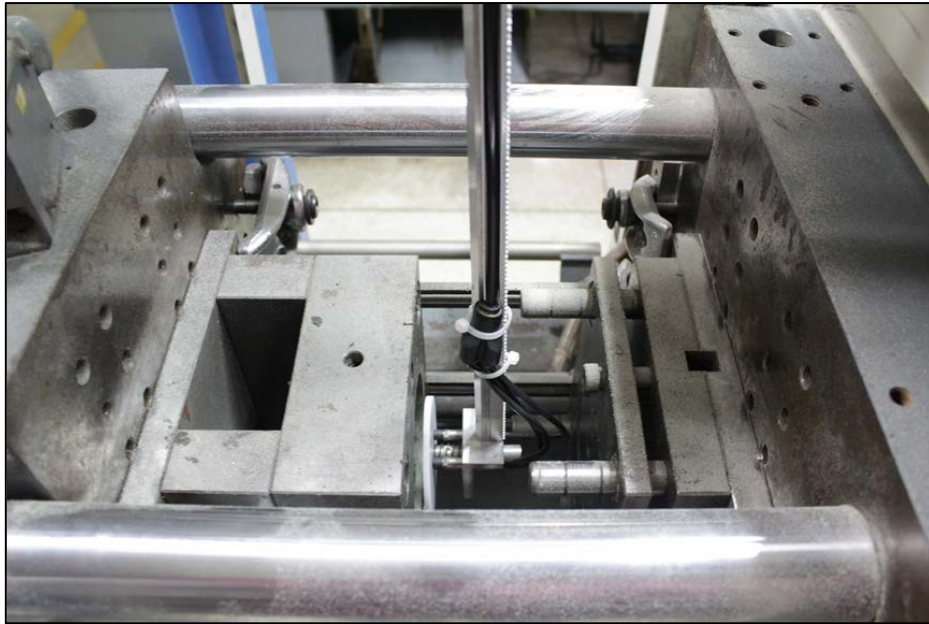
รูปที่ 62 การทำงานร่วมกันระหว่าง Label Dispenser และ Applicator



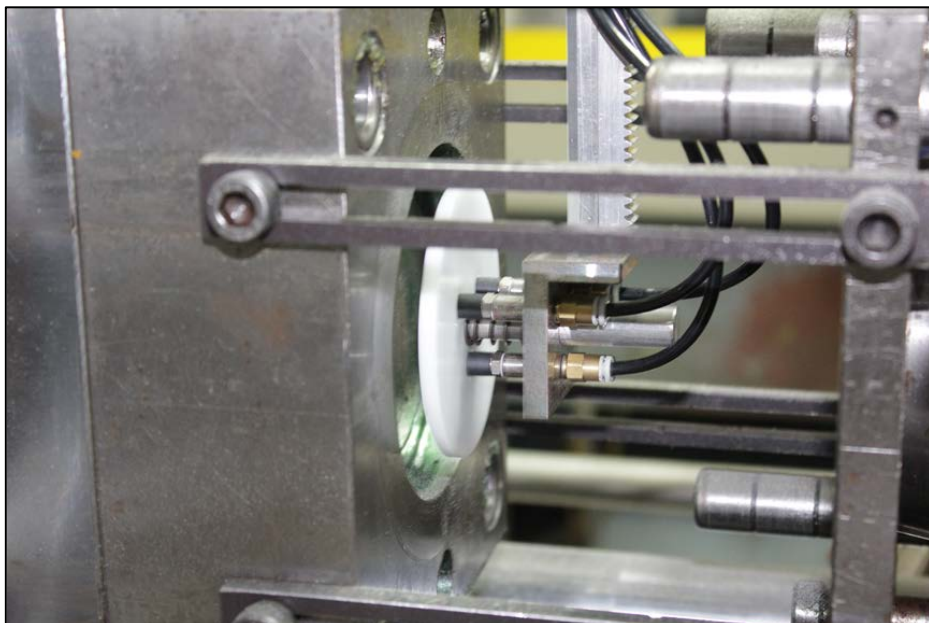
รูปที่ 63 Applicator ขณะดูดแผ่นฉลากออกจาก Dispenser

ผลการทำงานของ Manipulator

Manipulator เป็นกลไกการเคลื่อนที่หลักเพื่อดำเลียงแผ่นฉลากจาก Dispenser ไปยังแม่พิมพ์ซึ่งจากการทดสอบ Manipulator ที่ประกอบขึ้นสามารถเคลื่อนที่ดำเนินกระบวนการ IML ได้ตามที่ออกแบบไว้ คือ เคลื่อนนำ Applicator ไปดูดจับแผ่นฉลากก่อนจะเคลื่อนผ่าน Charging Bar ไปติดยังคาวีตี้ ก่อนจะเคลื่อนกลับมาดูดจับแผ่นฉลากแผ่นใหม่ต่อไปนอกจากนี้ยังสามารถทำงานร่วมกับจังหวะการฉีดพลาสติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่พบปัญหาในเรื่องของระยะการทำงานคลาดเคลื่อนเมื่อผ่านไปหลายรอบการทำงาน ซึ่งสาเหตุหลักน่าจะเป็นผลมาจากวิธีการควบคุม Manipulator ที่ใช้ Limit Switch เป็นตัวกำหนดตำแหน่งทำงาน ซึ่งจะอธิบายโดยละเอียดในโครงการ “การออกแบบและสร้างเครื่องปั๊มฉลากอัตโนมัติ: ส่วนควบคุม”



รูปที่ 64 Applicator ขณะเคลื่อนที่เข้าไปในแม่พิมพ์



รูปที่ 65 Applicator ขณะสอดเพื่อติดแผ่นฉนวนในควาวิตี้

ผลการทำงานของระบบไฟฟ้าสถิต

ระหว่างการทดสอบ ผู้วิจัยได้ทดลองใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ยังให้แผ่นฉลากพลาสติกหลายๆค่า เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนการ IML ในโรงงาน ซึ่งได้ผลดังนี้

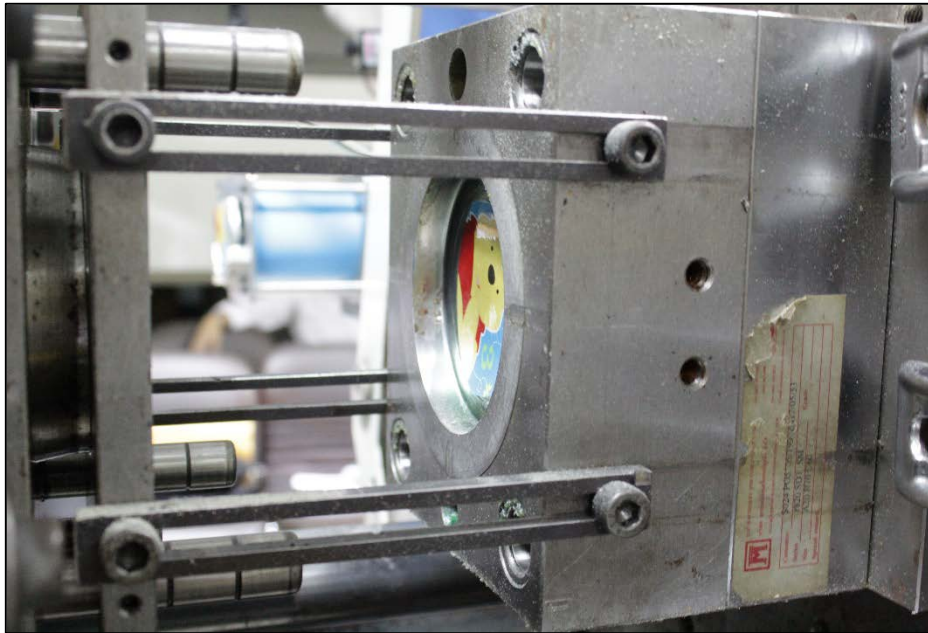
ตารางที่ 7 ผลการทดสอบที่ระยะห่าง 1 นิ้ว

ความต่างศักย์	ความต่างศักย์บนฉลาก	ผลการทดสอบ
10 kV	1.6 kV	ฉลากติดกับแม่พิมพ์ได้ดี
20 kV	3.8 kV	ฉลากติดกับแม่พิมพ์ได้ดี
30 kV	5.6 kV	ฉลากไม่ติดกับแม่พิมพ์

จากผลการทดสอบข้างต้นพบว่าค่าความต่างศักย์ที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดอยู่ที่ 10 – 20 kV จะทำให้แผ่นฉลากสามารถติดเข้ากับแม่พิมพ์ได้ดี หากใช้ค่าความต่างศักย์สูงกว่าช่วงดังกล่าว ประจุที่ถูกยิงออกมาจะมีมากเกินไป ทำให้เข้าไปค้างอยู่ในแผ่นฉนวนที่รองแผ่นฉลากอยู่ ทำให้แผ่นฉลากไม่ติดกับผนังแม่พิมพ์แต่ติดค้างอยู่กับแผ่นฉนวนแทนทั้งนี้ค่าความต่างศักย์ที่ใช้ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่าง Charging Bar และ Applicator ขณะเคลื่อนที่ผ่านด้วย



รูปที่ 66 Applicator ขณะจับแผ่นฉลากเคลื่อนผ่าน Charging Bar



รูปที่ 67 แผ่นฉลากติดเข้ากับผนังคาวิตี้



รูปที่ 68 ชิ้นงานที่ได้จากการฉีดพลาสติกพร้อมกับกระบวนการ IML

5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

การทำโครงการเรื่อง In-Mold Labeling เริ่มต้นจากการเก็บข้อมูล และศึกษาถึงหลักการของกระบวนการรวมถึงข้อจำกัดของเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้เป็นเครื่องต้นแบบในการออกแบบแขนกลอัตโนมัติ จากนั้นจึงทำการออกแบบแขนกลด้วยโปรแกรม Solidworks โดยเริ่มจากการออกแบบ Applicator, Dispenser ไปจนถึงการออกแบบตำแหน่งต่างๆ ที่จะใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับกระบวนการ In-Mold Labeling ตามระยะของเครื่องฉีดพลาสติกต้นแบบที่มีระยะการทำงานที่ค่อนข้างจำกัด

คณะผู้วิจัยมีเป้าหมายที่จะออกแบบและสร้างเครื่องปั๊มฉลากอัตโนมัติสำหรับกระบวนการ In-Mold Labeling ให้เหมาะสม และตรงกับจุดประสงค์ของโครงการที่วางไว้ รวมทั้งให้เหมาะกับงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่เนื่องจากอุปกรณ์บางส่วนมีราคาสูงมาก อีกทั้งยังจัดหาได้ยาก จึงทำให้ต้องมีการปรับแก้ไขแบบและอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับงบประมาณ จนเกิดความล่าช้าจากแผนการทำงานที่กำหนดไว้ รวมถึงต้องมีการปรับแก้ไขแบบที่ออกแบบไว้ให้มีความเหมาะสมกับระบบมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลต่อช่วงเวลาที่ใช้ในการทดสอบเครื่อง

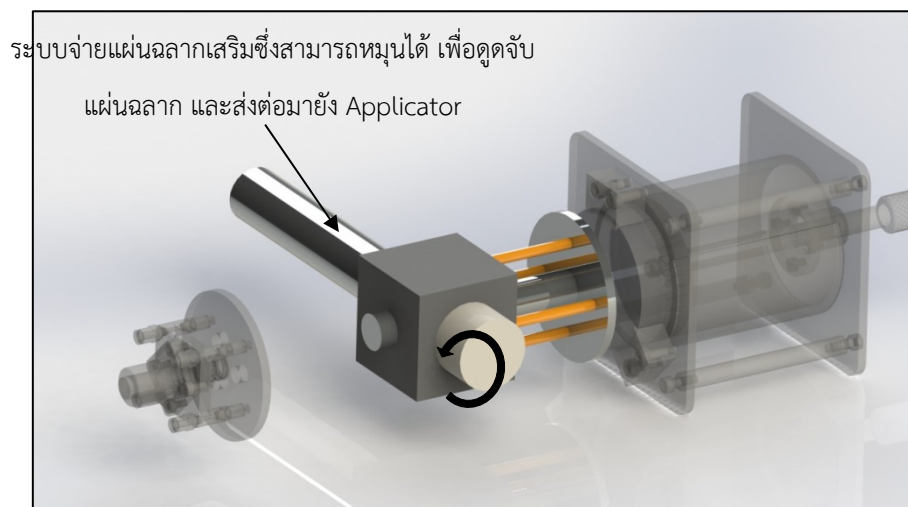
อย่างไรก็ดีจากผลการทดสอบดำเนินกระบวนการ IML ร่วมกับการฉีดพลาสติกจริง พบว่าอุปกรณ์ต่างๆ สามารถใช้งานกับระบบได้ดี สามารถนำแผ่นฉลากจากชุดเก็บไปติดยังแม่พิมพ์ได้ ชิ้นงานที่ได้มีความสมบูรณ์ แผ่นฉลากที่ติดบนชิ้นงานหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกับชิ้นงานในตำแหน่งที่ต้องการ แต่เนื่องจากโครงการนี้เป็นเพียงชุดต้นแบบ จึงอาจต้องมีการปรับปรุงแก้ไขการทำงานของระบบต่างๆ ให้ดีขึ้น เพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานในสายการผลิตจริงในโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป

ทั้งนี้ควรมีการเพิ่มงบประมาณสำหรับการทำโครงการให้เหมาะสม เพื่อให้โครงการมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นส่วนสำคัญที่ผู้วิจัยเห็นว่าสมควรเพิ่มหรือปรับปรุง ดังนี้

- ระบบลมเป่าในตัว Applicator เพื่อเป่าแผ่นฉลากขณะถูกปล่อยเข้าไปติดในแม่พิมพ์ ป้องกันปัญหาแผ่นฉลากค้างอยู่กับตัว Applicator และลดระยะคลาดเคลื่อนจากการปล่อยแผ่นฉลาก
- ควรจะต้องสร้างระบบจ่ายแผ่นฉลากเสริมขึ้นมาเมื่อออกแบบ Dispenser ให้จ่ายฉลากในแนวระดับดังเช่นในโครงการนี้เพื่อรับแผ่นฉลากจาก Dispenser ไปส่งให้กับ Applicator ดังแสดงในรูปที่ 69 เนื่องจากการใช้ Applicator ออกแรงกดเพื่อดึงแผ่นฉลากด้วยตัวเองนั้นอาจสร้างความ

เสียหายแก่ชุด Manipulator และตัวApplicator เองได้ รวมถึงป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการโก่งงอหรือผิดรูปของแขน Manipulator ที่ถูกกด

- ในส่วนของโครงสร้างฐานควรออกแบบให้มีความมั่นคงมากขึ้น โดยอาจจะเพิ่มครีปตามข้อต่อต่างๆเพื่อป้องกันส่วนโครงสร้างไม่ให้สั่นคลอนจากการเคลื่อนที่ที่มีความแรงมากซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความแม่นยำในการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 70



รูปที่ 69 ระบบจ่ายแผ่นฉลากเสริมเพื่อรับแผ่นฉลากจาก Dispenser ไปยัง Applicator



รูปที่ 70 การติดตั้งครีปเสริมความแข็งแรง (บริเวณสีแดง)

ในการทำโครงงานเรื่อง In-Mold Labeling ในส่วนของการควบคุมได้มีการศึกษาการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติกเพื่อที่จะนำไปออกแบบระบบควบคุมแขนกลอัตโนมัติ โดยเริ่มจากออกแบบการทำงานให้เป็นวงจรแบบเปิดและใช้โปรแกรม Solid Works ในการจำลองการติดตั้งสวิทช์จำกัดระยะในแกนต่างๆ และทำการเขียนโปรแกรมลงให้กับ PLC เพื่อไปควบคุมระบบลำเลียงแผ่นฉลากให้ทำงานอย่างอัตโนมัติทำการต่อวงจรไฟฟ้าในกล่องควบคุม และนำไปติดตั้งจริงในระบบลำเลียงแผ่นฉลากอัตโนมัติในการทำโครงงานนี้ การควบคุมการทำงานของระบบลำเลียงแผ่นฉลากให้ทำงานอย่างอัตโนมัติตามที่ออกแบบนั้นได้ผลการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพตามที่ออกแบบไว้เบื้องต้น แต่ยังพบปัญหาในการทำงาน โดยได้มีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงดังต่อไปนี้

ข้อเสนอแนะ

1. ส่วนแขนกล

1.1. งบประมาณและสภาพของแขนกล

ในส่วนของแขนกลนั้นในคณะวิจัยมีงบที่จำกัดจึงได้เลือกใช้แขนกลทั้งสามแกนเป็นแขนกลมือสองที่มีการสึกหรอของแกน มีการคดของแกน และรวมถึงความเสียหายเล็กน้อยที่เกิดจากการใช้งานมาก่อน จึงทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการควบคุมทั้งความเร็ว และระยะทาง

1.2. การออกแบบระบบควบคุมให้ปลอดภัย(Safety) และน่าเชื่อถือ(Reliability)

- ในส่วนของระบบ Auto และ Manual เมื่อเครื่องทำงานแบบอัตโนมัติอยู่ไม่ควรให้ปุ่มควบคุมแบบ Manual สามารถทำงานได้ ยกเว้นปุ่มหยุดฉุกเฉินที่ยังสามารถทำงานได้ (Emergency Stop)
- ในการใช้ DC Motor นั้นอาจจะทำให้ตำแหน่งที่จะให้หยุดนั้นมีการคลาดเคลื่อนได้ในเบื้องต้นทางคณะผู้วิจัยได้ใช้การปรับความเร็วมอเตอร์ให้เหมาะสมกับแต่ละแกน แต่ในการพัฒนาข้างหน้าอาจจะเลือกใช้ ServoMotor ในการขับเคลื่อนแขนกลแทนเพราะจะสามารถควบคุมตำแหน่งได้แม่นยำกว่า DC Motor แต่ก็จะมีราคาที่เพิ่มขึ้นไปด้วยเช่นกัน
- ควรติดตั้ง Sensor ในแกนการเคลื่อนที่เพิ่มเติมเป็นสามตำแหน่งนอกเหนือจากตำแหน่ง Sensor ตำแหน่งใกล้สุดและไกลสุด โดยให้มี Sensor ตำแหน่งกึ่งกลาง เพื่อให้สามารถตรวจสอบความผิดพลาดของการทำงานในแกนนั้น

2. ส่วนระบบลม

ควรเพิ่มระบบเป่าลม (Flushing) 2 จุดคือ

2.1. ชุดดูดจับฉลาก (Applicator)

ระบบลมเป่าในตัวชุดดูดจับฉลาก เพื่อเป่าแผ่นฉลากขณะถูกปล่อยเข้าไปติดในแม่พิมพ์ ป้องกันปัญหาแผ่นฉลากค้างอยู่กับตัวชุดดูดจับฉลาก และลดระยะคลาดเคลื่อนจากการปล่อยแผ่นฉลาก

2.2. ชุดจ่ายฉลาก (Label Dispenser)

ออกแบบชุดจ่ายฉลากให้จ่ายฉลากในแนวระดับดังเช่นในโครงการนี้นั้น ควรจะต้องสร้างระบบจ่ายฉลากเสริมขึ้นมา เพื่อรับแผ่นฉลากจากชุดจ่ายฉลากไปส่งให้กับชุดดูดจับฉลากเนื่องจากการใช้ ชุดดูดจับฉลาก ออกแรงกดเพื่อดึงแผ่นฉลากด้วยตัวเองนั้นอาจสร้างความเสียหายแก่ชุดแขนกลและตัวชุดดูดจับฉลากเองได้ รวมถึงป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการโก่งงอหรือผิดรูปของแขนกลที่ถูกกด

3. ส่วนระบบสายดิน

ในการทำงานกับระบบที่มีความต่างศักย์สูงมาก ควรจะมีระบบสายดินที่มั่นคง และต่อสายดินให้กับระบบไฟทุกชนิดที่ทำงานบนเครื่องจักรเครื่องนั้น

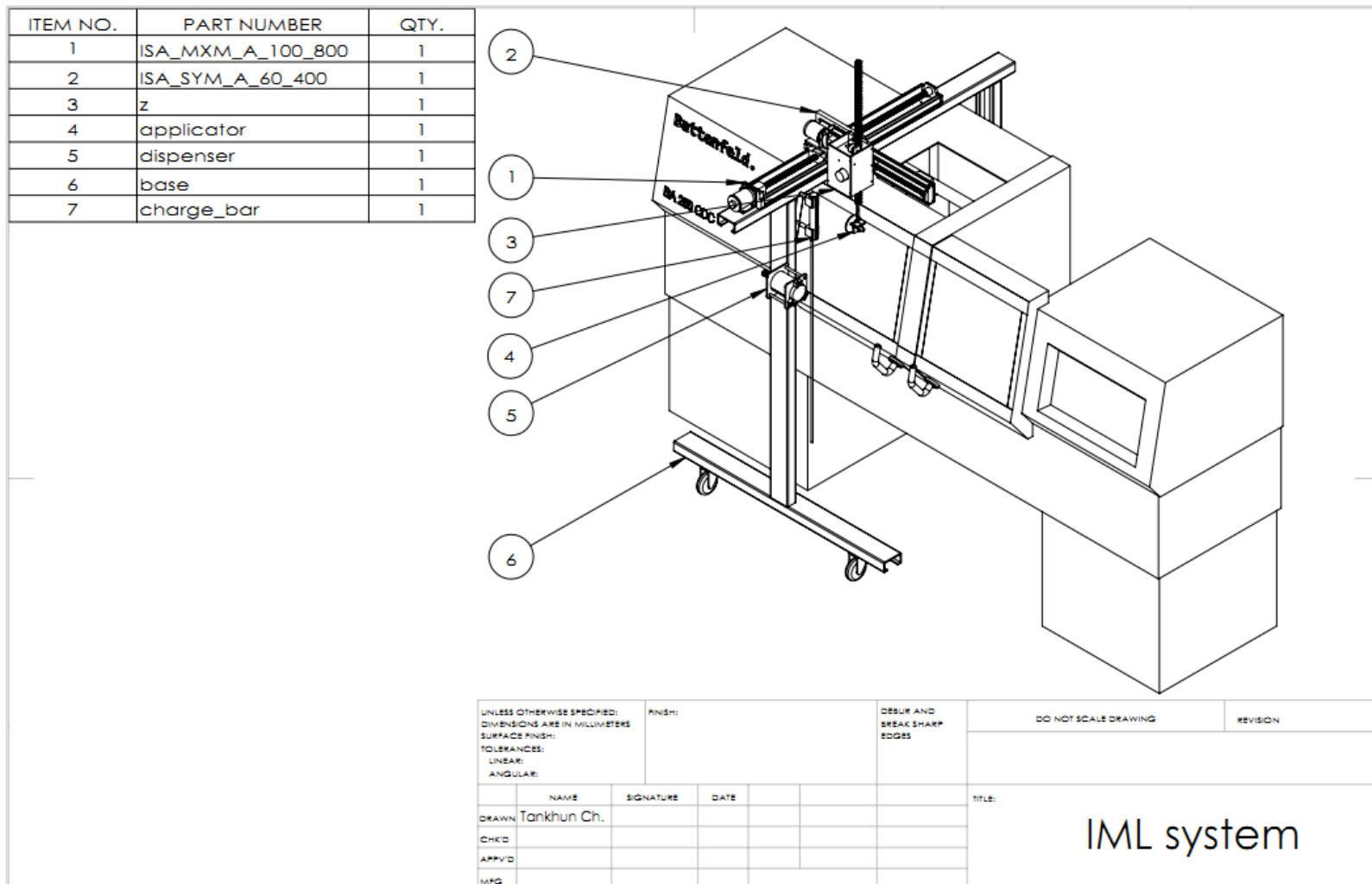
6 บรรณานุกรม

- [1] พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2540. พลาสติก. หจก.สัมพันธ์พาณิชย์, กรุงเทพฯ.
- [2] วิโรจน์ เตชะวิญญธรรม. 2540. งานฉีดพลาสติก. ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.
- [3] ผศ.เฉลิมชนม์ ไชยดำรง. (2555). บทที่2 อุปกรณ์พื้นฐานในระบบนิวแมติกส์. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://utcc2.utcc.ac.th/engineer/learning/chalermchon_vis/download/automation/Automation02.pdf. สืบค้น 3 กันยายน 2555.
- [4] ฝ่ายสำนักงานภาควิชาฟิสิกส์. (2555). บทที่1 พื้นฐานของสุญญากาศ (Fundamentals of Vacuum Technology). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.phys.sci.ubu.ac.th/learning/file.php/151/chapter1.pdf>. สืบค้น 1 กันยายน 2555.
- [5] จิตรยุทธจณณะภาต. (2553). ไฟฟ้าสถิต(Static Electricity). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.thaibtc.com/Electrostatic.htm>. สืบค้น 1 กันยายน 2555.
- [6] เชาวลิท เจริญรักษา. (2555). Chapter 3 : ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องฉีดพลาสติก. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.bloggang.com/viewblog.php?id=bright-brave&date=01-10-2011&group=3&gblog=4>. สืบค้น 3 กันยายน 2555.
- [7] Scott E. Shelton. (2547). IN-MOLD LABELING: ELECTROSTATICS ARE THE WAY TO GO. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.ptonline.com/articles/in-mold-labeling-electrostatics-are-the-way-to-go>. สืบค้น 5 กันยายน 2555.
- [8] John Westbeld. (2556). VACUUM CUP SELECTION. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.sasgripper.com/pdfs/whitepaper_selecting_vacuum_cups.pdf. สืบค้น 14 มกราคม 2556.

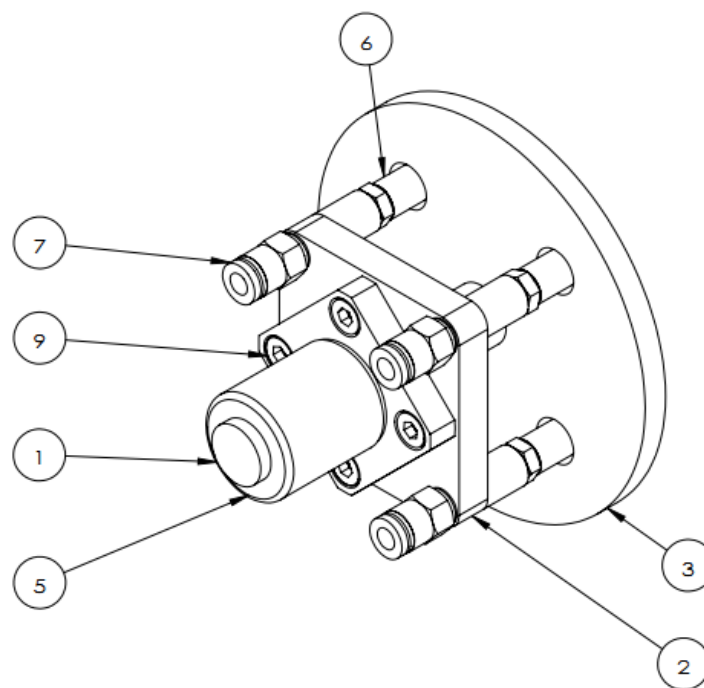
7 ภาคผนวก

แสดงรายละเอียด ของส่วนประกอบทางกลและทางไฟฟ้า

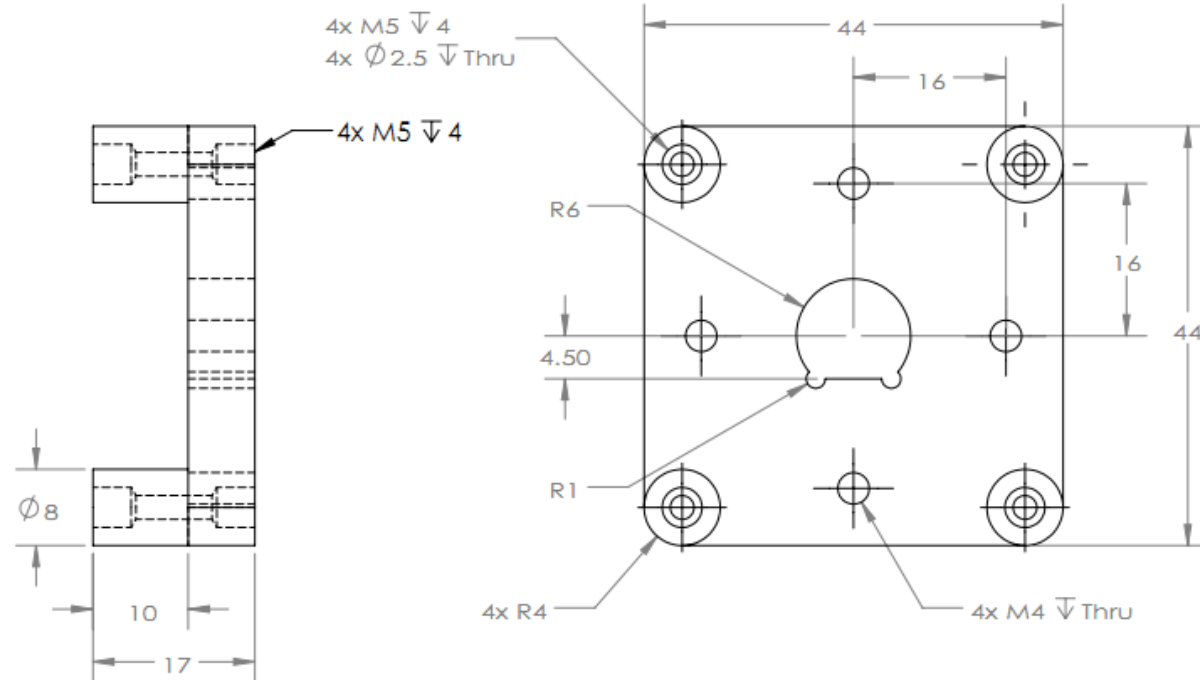
8.1. ภาคผนวก Drawing ของอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบ



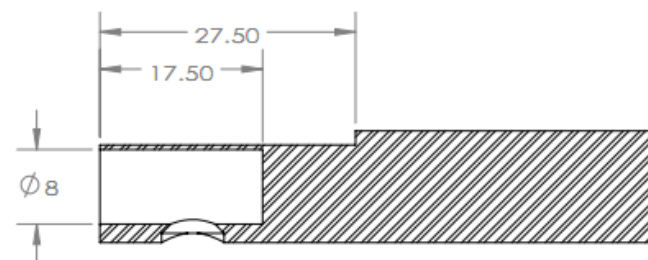
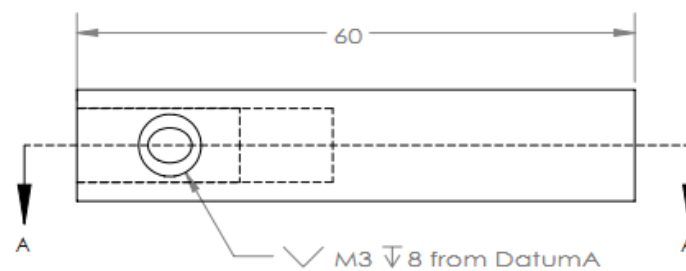
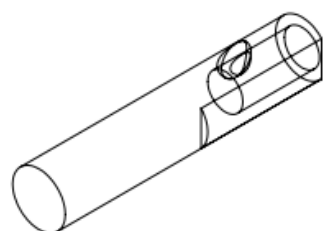
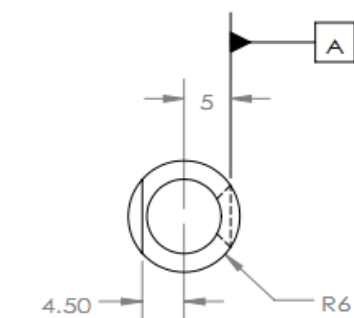
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	app_rod	1
2	app_holder	1
3	app_insulateplate	1
4	app_spring	1
5	Misumi No. LHZS12	1
6	SMC No. ZPT04UN_A5	4
7	SMC No. KQ2H04_M5	4
8	ISO 10642 M3 x 8 --- 8N	1
9	ISO 4762 M4 x 8 --- 8N	4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN Tankhun Ch		SIGNATURE		DATE		TITLE: applicator	
CHKD							
APP'D							
MFG							

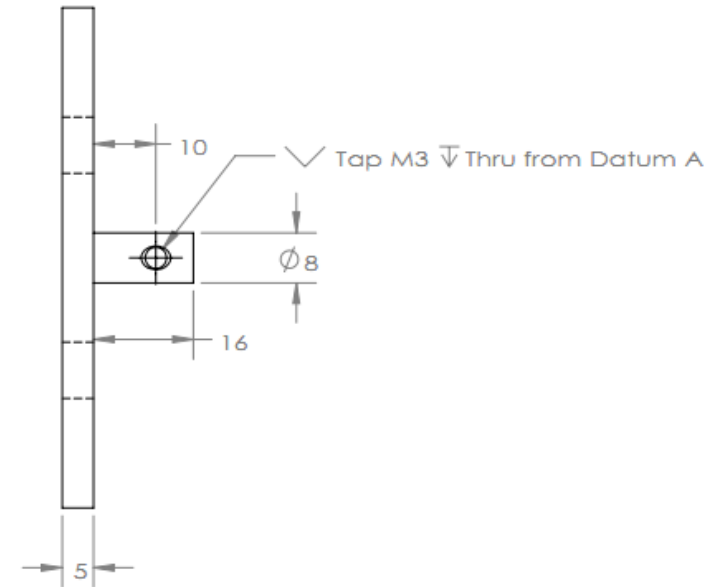
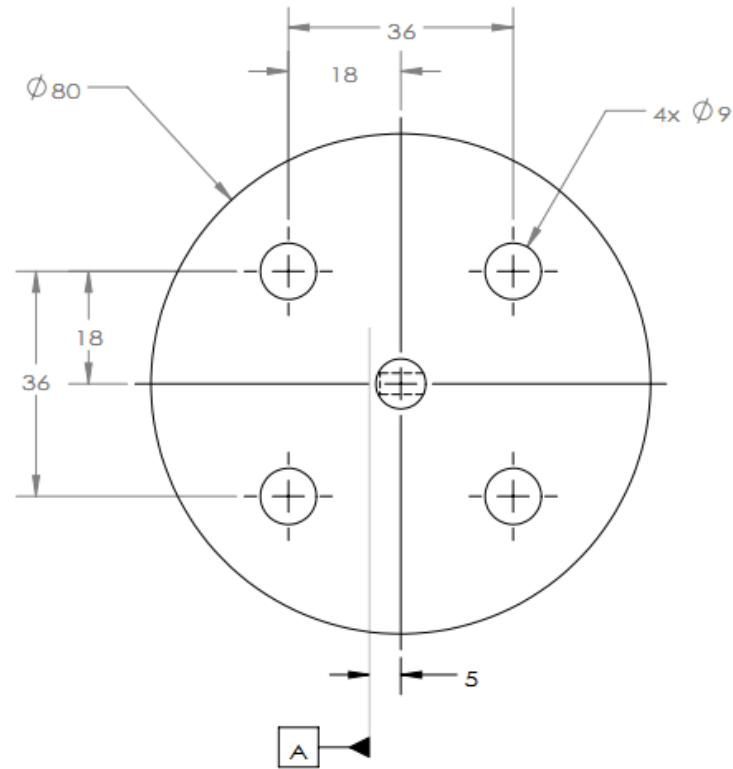


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE					TITLE: app_holder	
DRAWN	Tankhun Ch.								
CHECKED									
APPROVED									



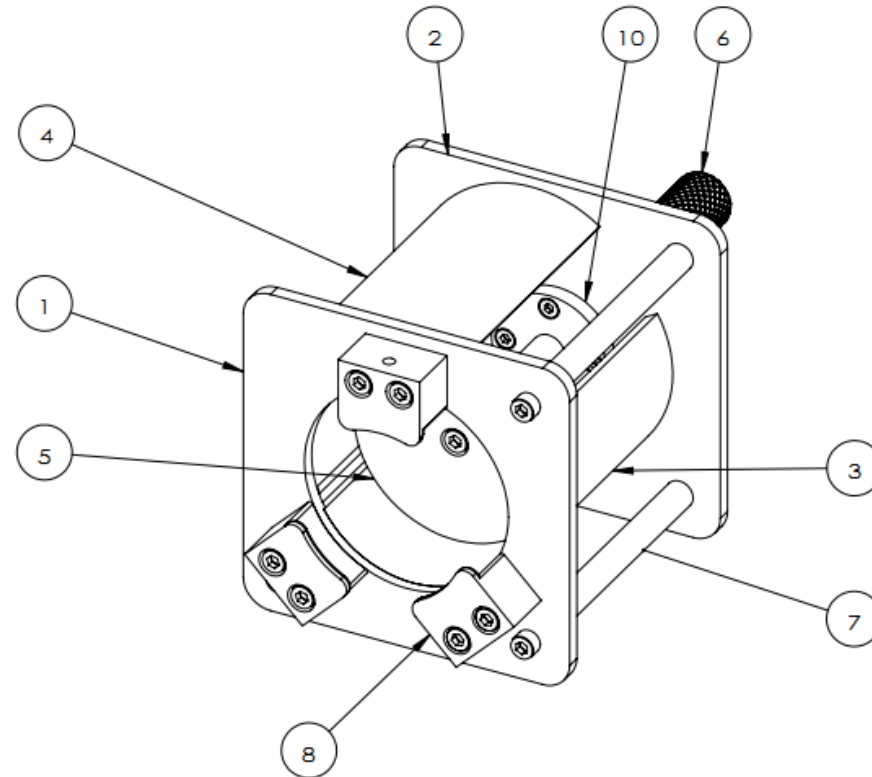
SECTION A-A
SCALE 1.5 : 1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
TITLE:										
DRAWN	NAME		SIGNATURE		DATE		app_rod			
	Tankhun Ch.									
CHKD										
APP'VD										
MFG										

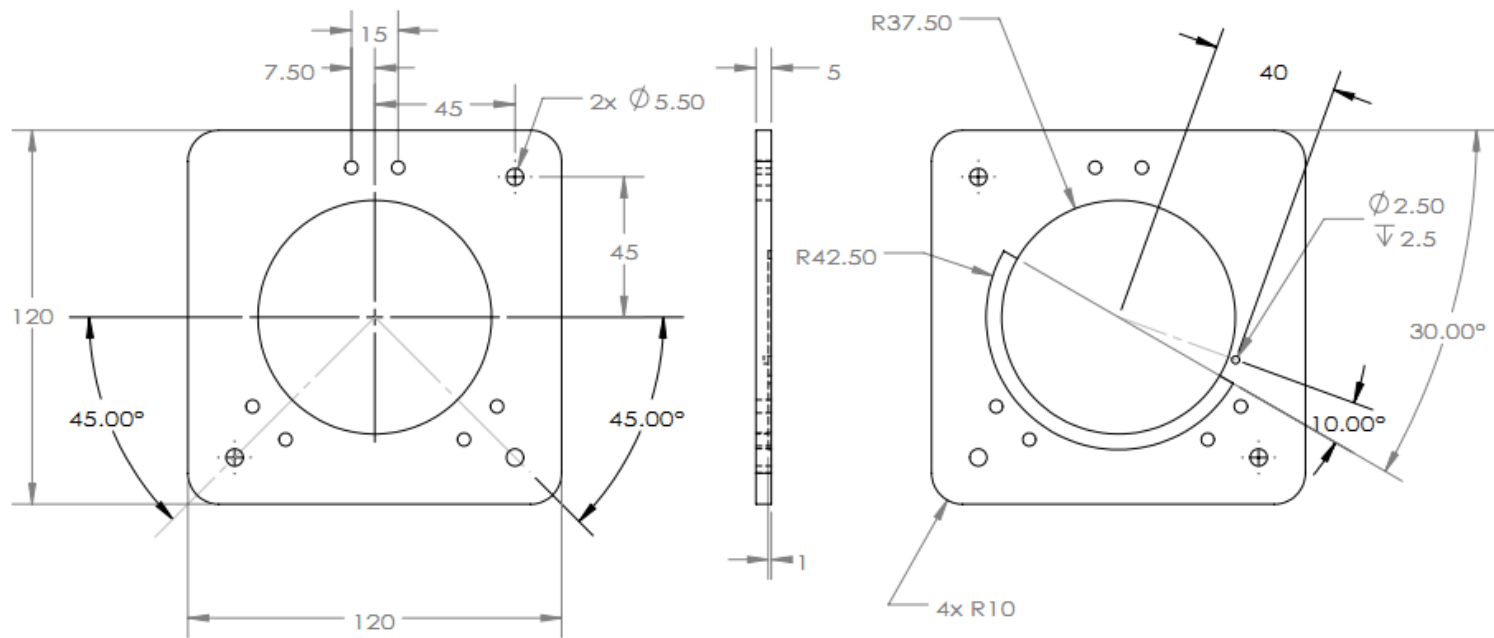


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
	NAME		SIGNATURE		DATE						TITLE: app_insulateplate
DRAWN	Tankhun Ch.										
CHECKD											
APPROVD											
MPG											

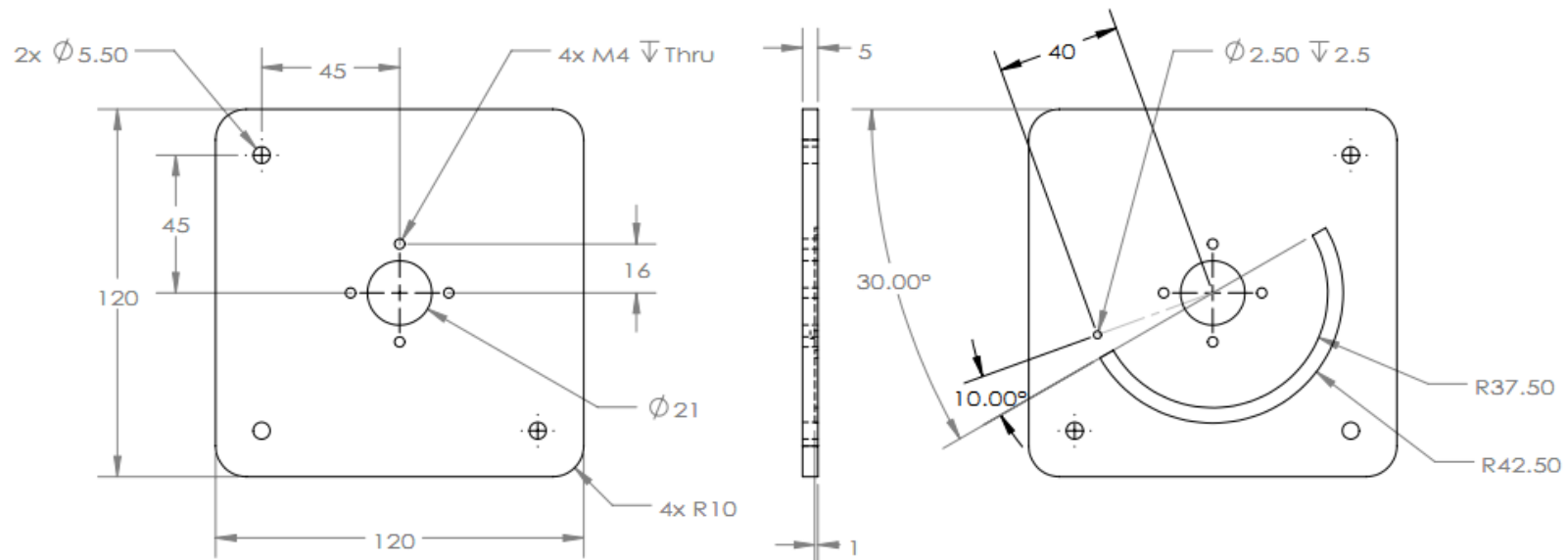
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	dispenser_plate	1
2	dispenser_backplate	1
3	dispenser_tube	1
4	dispenser_tubecover	1
5	dispenser_pushplate	1
6	dispenser_rod	1
7	dispenser_frame	3
8	dispenser_keep	3
9	dispenser_pin	2
10	Misumi No. LHFR12	1
12	ISO 4762 M4 x 6 --- 6N	4
13	ISO 4762 M5 x 12 --- 12N	7
14	ISO 4762 M5 x 16 --- 16N	6



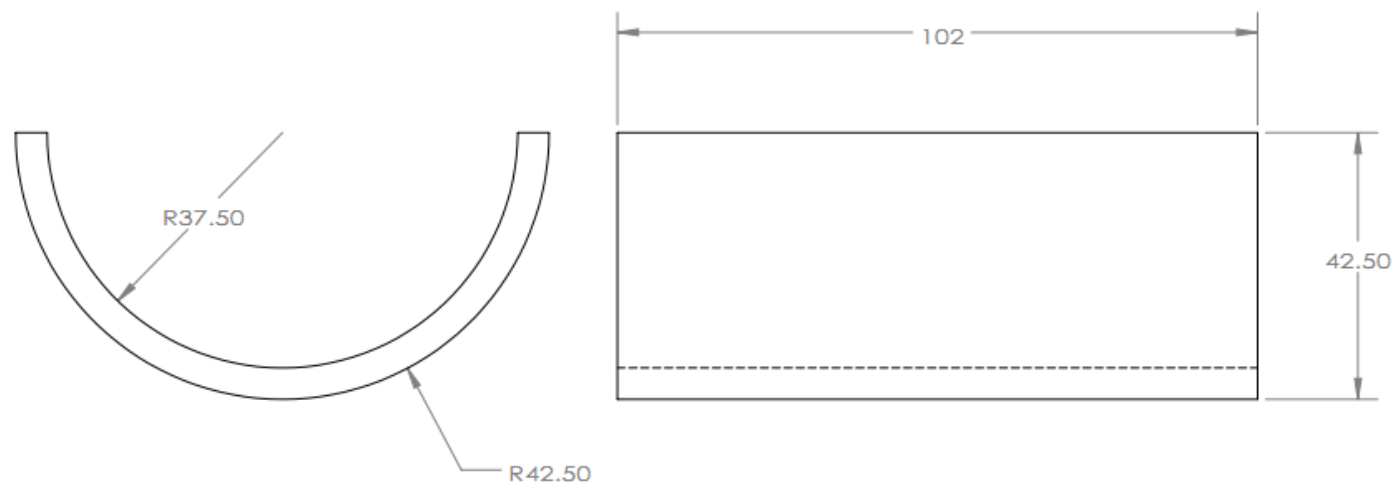
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN: Tankhun Ch.		SIGNATURE		DATE		TITLE:		dispenser	
CHK'D									
APP'D									
MFG									



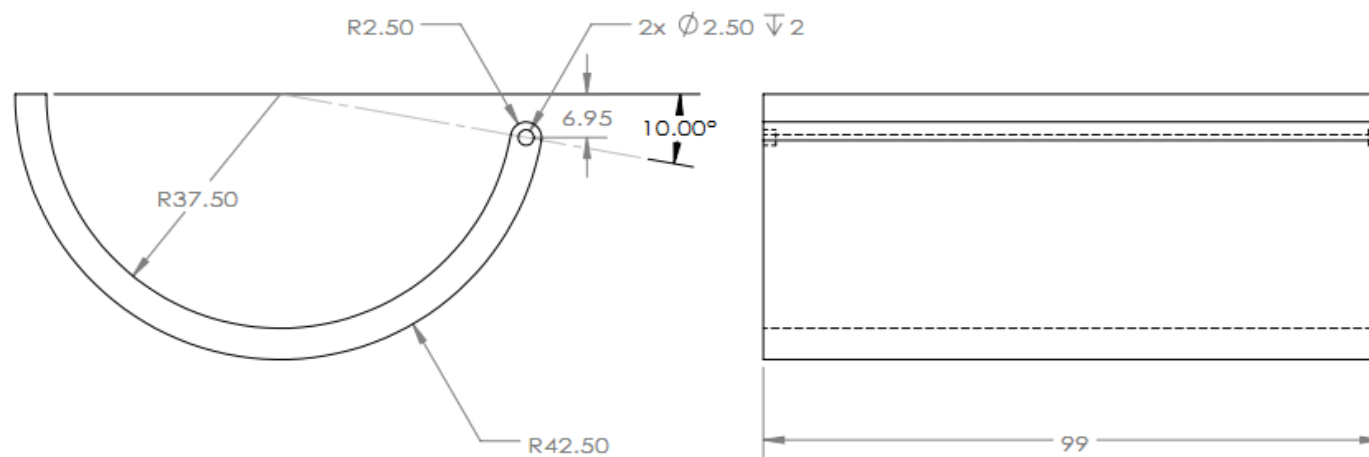
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE: dispenser_plate	
DRAWN	Tankhun Ch.						
CHK'D							
APP'D							
MPG							



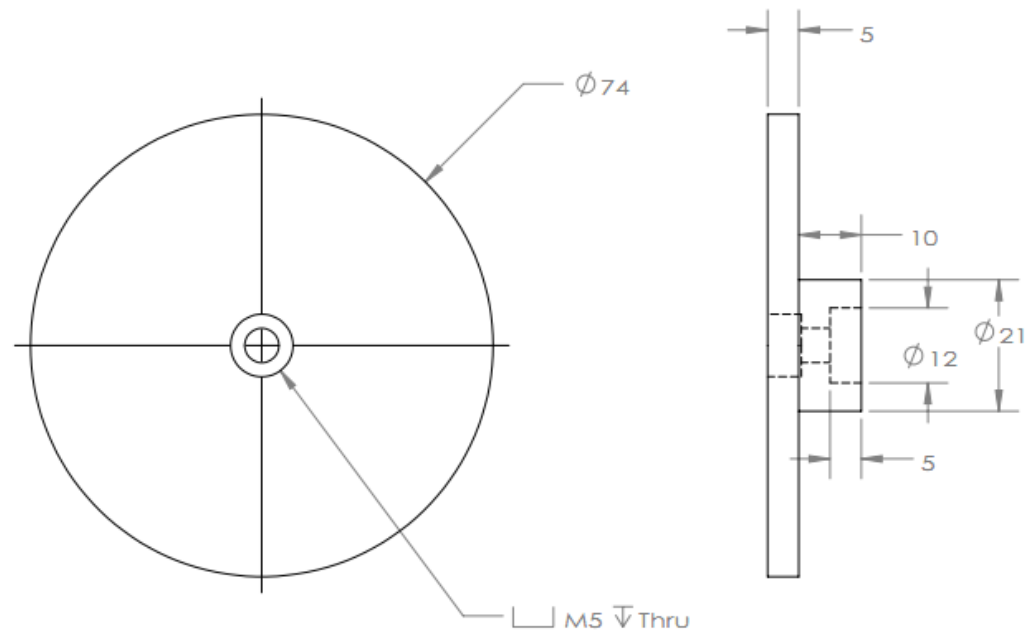
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE: dispenser_backplate	
DRAWN	Tankhun Ch.						
CHKD							
APPVD							
MFG							



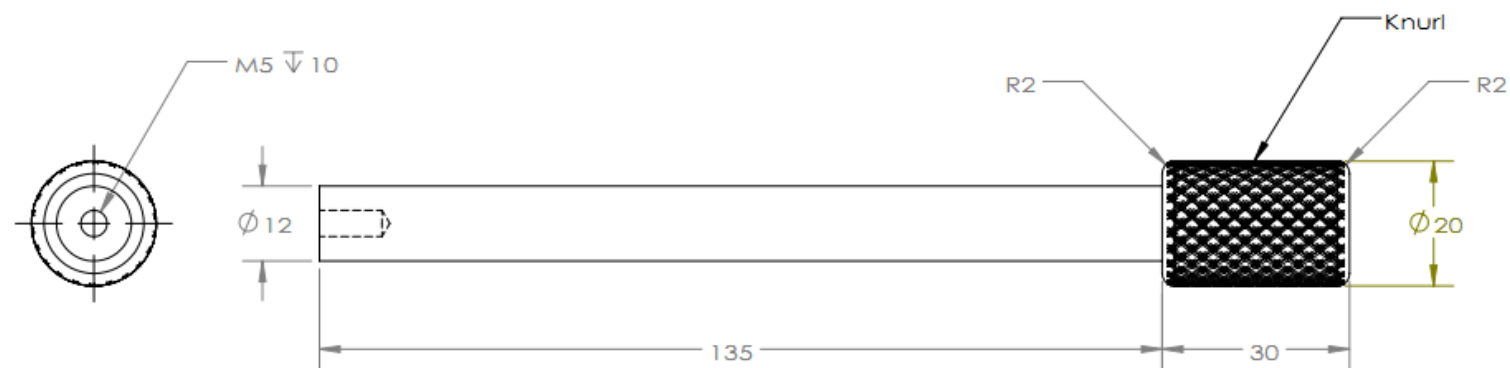
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
SURFACE FINISH:							
TOLERANCES:							
LINEAR:							
ANGULAR:							
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:	
DRAWN	Tankhun Ch.					dispenser_tube	
CHECKED							
APPROVED							
MFG							



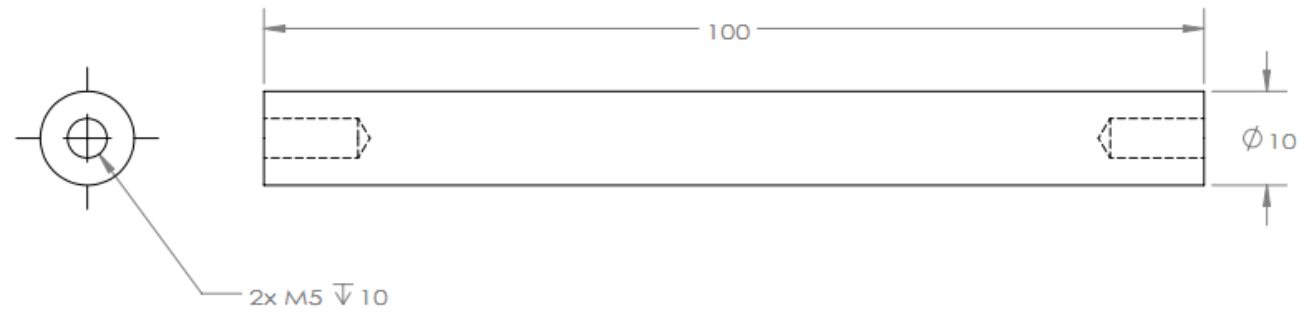
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
	NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE: dispenser_tubecover	
DRAWN	Tankhun Ch.									
CHKD										
APP'D										
MFG										



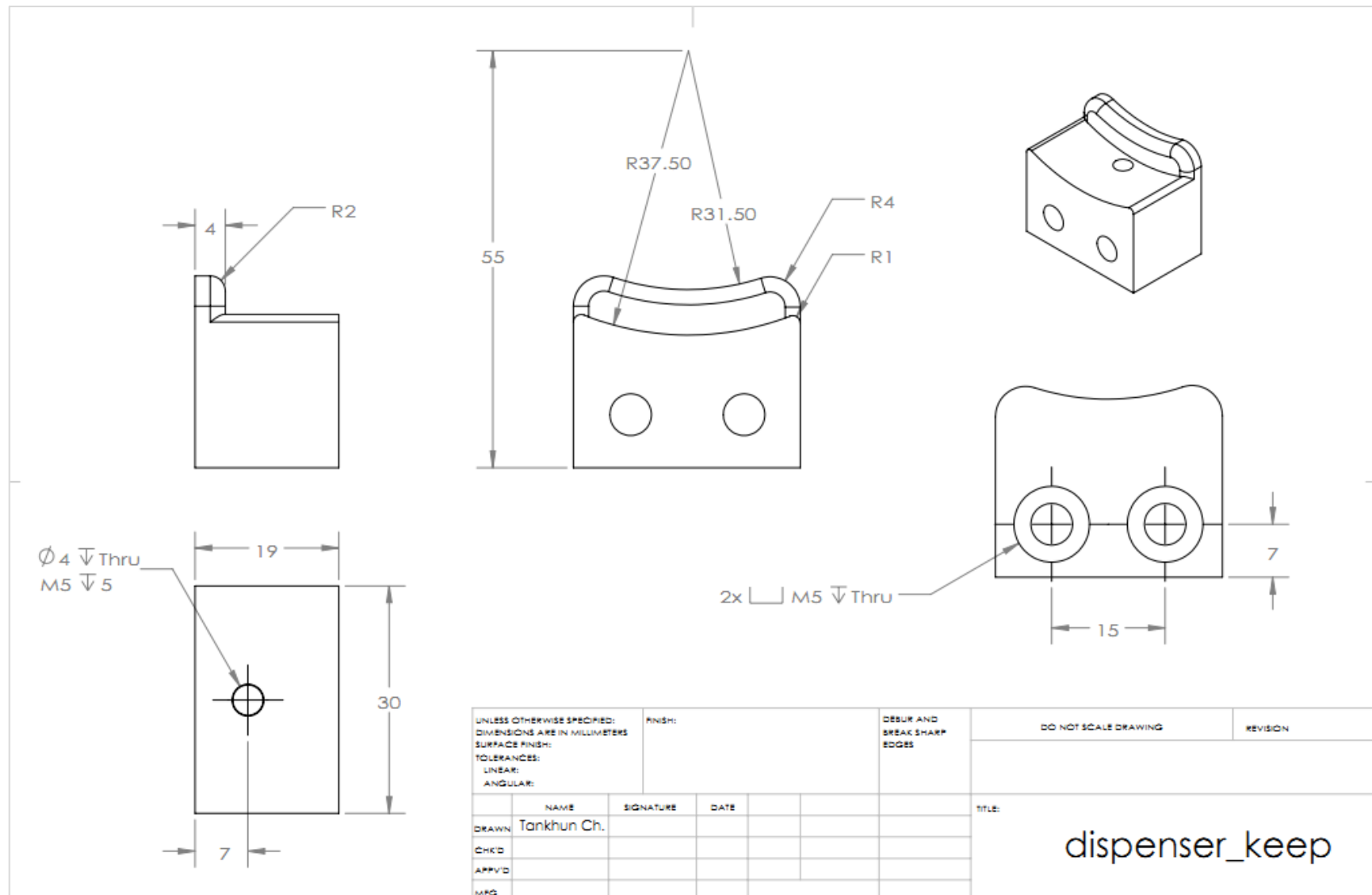
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DESIGN AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE: dispenser_pushplate	
CHKD							
APPRD							
MFG							

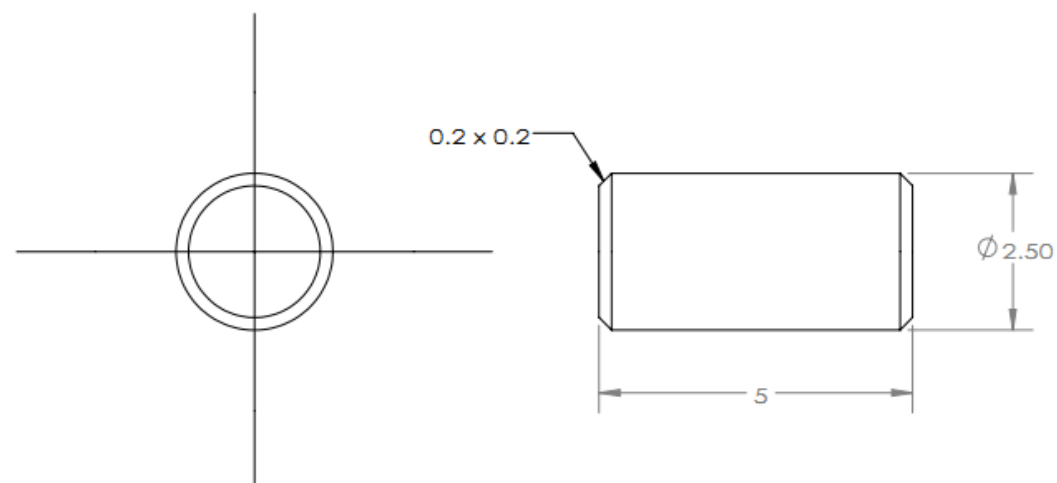


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:				DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE					TITLE: dispenser_rod	
DRAWN	Tankhun Ch.								
CHK'D									
APP'D									
MFG									

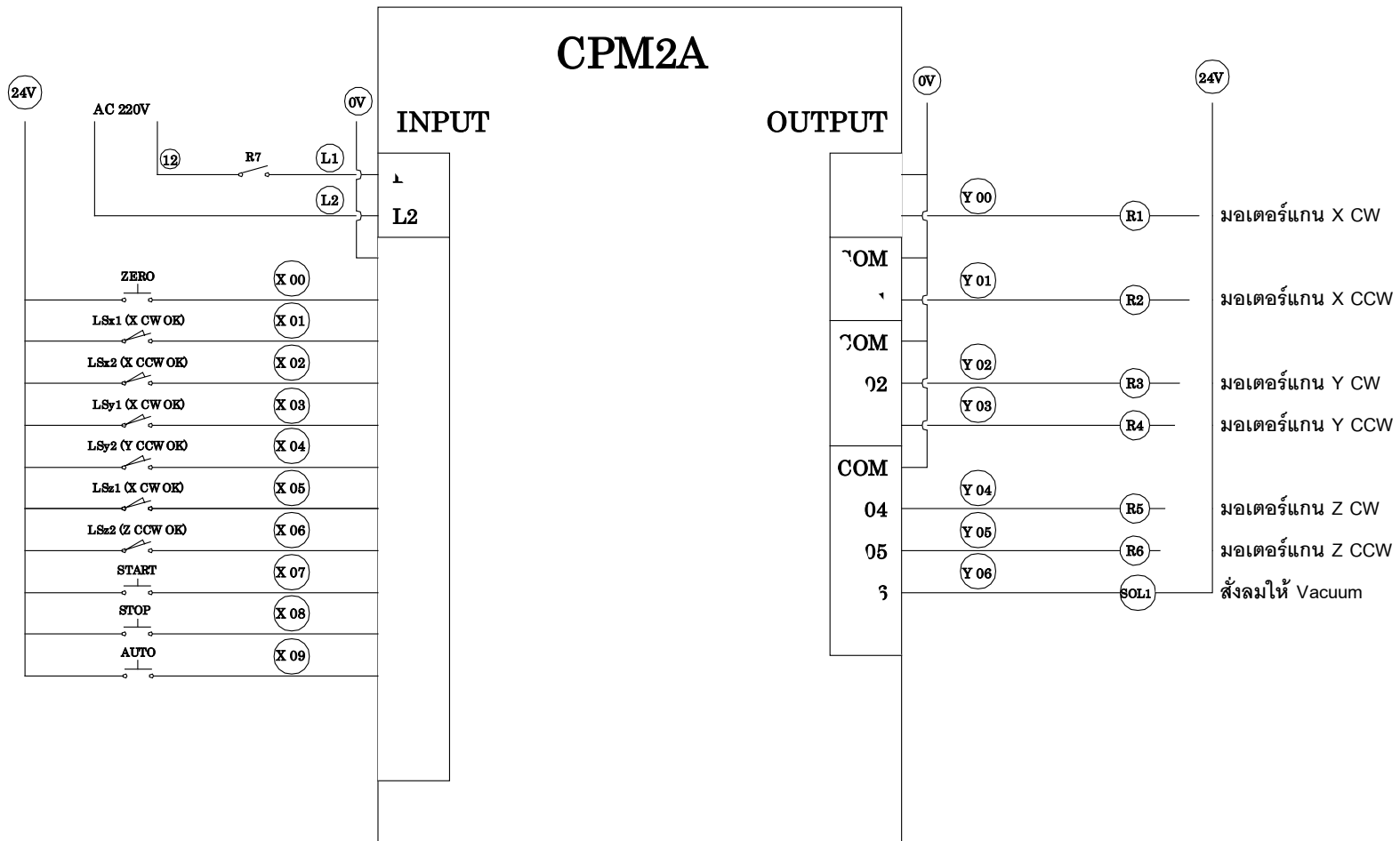


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:			DESUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE: dispenser_frame	
DRAWN	Tankhun Ch.							
CHK'D								
APP'D								
MFG								



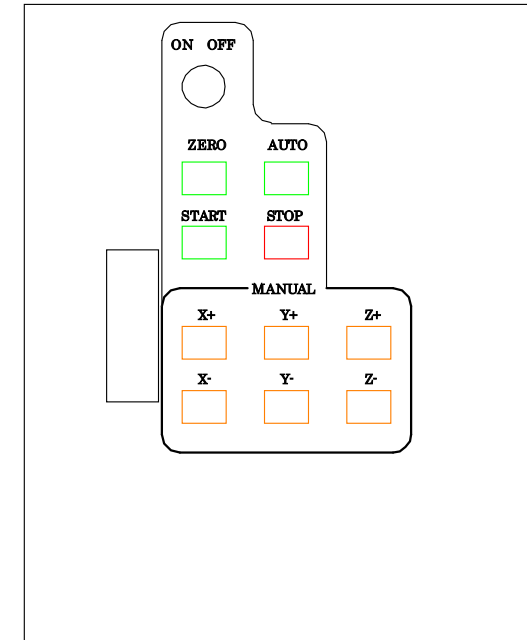
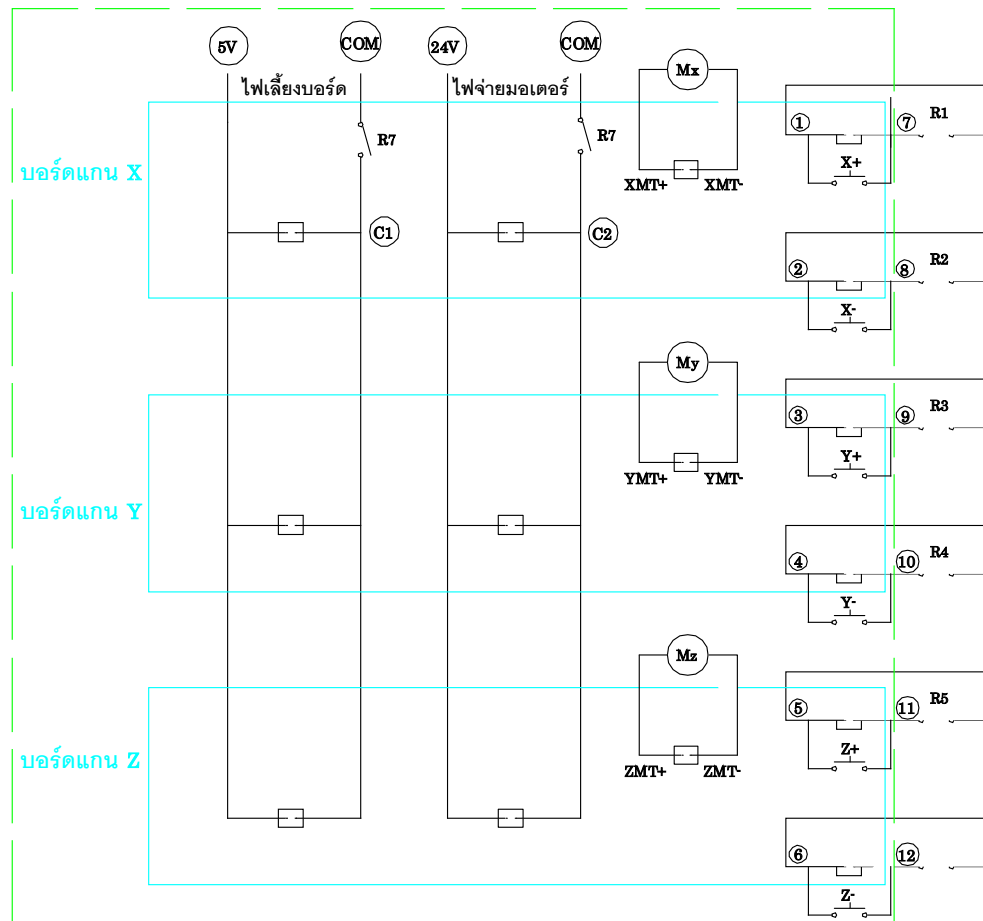


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:							
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE: dispenser_pin	
DRAWN	Tankhun Ch.						
CHK'D							
APP'D							
MFG							



ผังการต่อ PLC ไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ

ET-OPTO DC MOTOR DRIVER



การต่อวงจรของบอร์ดควบคุมมอเตอร์และปุ่มคำสั่งหน้ากล่องควบคุม