

การศึกษากระบวนการพัฒนาเครื่องพับเสื้อ
DEVELOPMENT OF FOLDING MACHINE



นางสาวพิชญ์สินี โชติสุวภัทรกุล
MS. PITCHSINEE SHOTSUWAPATHKUL

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมออกแบบการผลิตและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF FOLDING MACHINE

MS. PITCHSINEE SHOTSUWAPATHKUL



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN
PRODUCTION DESIGN AND MATERIALS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

การศึกษากระบวนการพัฒนาเครื่องพับเสื้อ
DEVELOPMENT OF FOLDING MACHINE

นักศึกษา

นางสาวพิชญ์สินี โชติสุภภัทรกุล รหัสประจำตัว 59010960

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมออกแบบการผลิตและวัสดุ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์



(ดร.พลชัย โชติปรายนกุล)



(ผศ.ดร.เชาวลิต หามนตรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์

นักศึกษา

หลักสูตร

ปีการศึกษา

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

การศึกษากระบวนการพัฒนาเครื่องพับเสื้อ

นางสาวพิชญ์สินี โชติสุภภัทรกุล

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมออกแบบการผลิตและวัสดุ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2562

ดร.พลชัย โชติปรายณกุล

ผศ.ดร.เชาวลิต หามนตรี

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการพัฒนาและออกแบบเครื่องพับเสื้อตอบสนองต่อความต้องการของบริษัท 7th Street ผู้ผลิตเสื้อผ้าแฟชั่น เนื่องด้วยจุดวิกฤตของงาน การจัดจำหน่ายจะอยู่ที่กระบวนการพับและบรรจุหีบห่อ เพื่อลดเวลาในการทำงานลงผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและจัดทำระบบอัตโนมัติสำหรับการพับเสื้อนำเข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของทางบริษัทได้ การออกแบบเครื่องพับเสื้อ ขนาดโครงสร้างความกว้าง 850 มิลลิเมตร ยาว 945 มิลลิเมตร และสูง 810 มิลลิเมตร ทำด้วยวัสดุอะลูมิเนียมโปรไฟล์ ระบบการทำงานใช้กระบอกลมนิวแมติกส์ขนาดกระบอกลม 16 มิลลิเมตร ระยะชัก 60 และ 200 มิลลิเมตร ควบคุมด้วยโซลินอยด์ วาล์วร่วมกับพีแอลซีเป็นระบบอัตโนมัติ ในการควบคุมระบบกลไกการพับ โดยเครื่องถูกออกแบบให้ทำงานได้ 2 รูปแบบการทำงานคือ แบบอัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติสำหรับการพับเสื้อแบบไม่ห่อบรรจุภัณฑ์ จากการทดสอบงานพับเสื้อสามารถทำได้ในเวลา 9 วินาทีต่อตัว หรือ 400 ตัวต่อชั่วโมง ทำให้สามารถตอบสนองความต้องการของบริษัทได้ ทางผู้วิจัยเสนอการพัฒนาต่อยอดสำหรับบรรจุห่อและเพิ่มแนวทางการใช้งานกับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นเพื่อที่จะตอบสนองต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมดของบริษัทในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development of Folding Machine
Student	Ms. Pichsinee Shotsuwapathkul
Degree	Bachelor of Engineering in Production Design and Materials Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2019
Thesis Advisor	Dr. Pholchai Chotiprayanakul Asst.Prof.Dr. Chaowalit Hamontree

ABSTRACT

This project is cooperated to study and develop a cloth folding machine. Due to the need of 7th Street company which is a fashion cloth maker, retailer, and exporter company. In production and merchandising, manual folding cloth and packing of T-Shirt and Polo Shirt are the critical bottle neck process. In order to reducing processing time, automatic cloth folding machine is considered to be used in this procedure. The company and researcher agree to develop a new design of cloth folding machine. The design of cloth folding machine provides the machine structure size at 850x945x810 mm. (Width x Length x Height). It is made of aluminum profiles and attached with pneumatic devices perform a folding mechanism. All pneumatic cylinders are 16 mm. bore size and length of 60 mm. and 200 mm. which are controlled by solenoid valves and PLC. It is programmed supporting to 2 functions of automatic and semi-automatic procedures exclude packing procedure. After the machine was built, a operation test is conducted to verify it's function and processing time. We found that the machine can perform well and the processing time is at 9 second per shirt or 400 shirts per hour. That is beyond the company require. In future, the machine should be developed for auto-packing system and extended to support all company products.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การศึกษากระบวนการพัฒนาเครื่องพับเสื้อ โดยการศึกษาพัฒนาและออกแบบเครื่องพับเสื้อเพื่อตอบสนองความต้องการในบริษัท 7th Street สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของคณะบุคคลต่าง ๆ ที่กรุณาให้การสนับสนุน คำปรึกษา และคำแนะนำทั้งในด้านวิชาการ และการดำเนินงาน รวมถึงแรงผลักดันตั้งนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท 7th Street เป็นอย่างสูง ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนในด้านต้นทุน สำหรับการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.พลชัย โชติปราชญกุล และ ผศ.ดร.เขาวลิต หามนตรี อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษาผู้ซึ่งคอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา และความรู้ต่าง ๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ตลอดจนสละเวลาตรวจทาน และแก้ไขข้อบกพร่องจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

และท้ายที่สุด ขอขอบพระคุณผู้ปกครอง เพื่อน ๆ และผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ ซึ่งได้มีส่วนช่วยให้ปริญญานิพนธ์นี้ดำเนินไปจนเสร็จลุล่วงด้วยดี

พิชญ์ลิณี โชติสุภภัทรกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กระบวนการออกแบบเครื่องปั๊มเสื่อ.....	3
2.1.1 การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์.....	3
2.1.2 หลักเศรษฐศาสตร์ของการเคลื่อนไหว.....	4
2.2 องค์ประกอบของเครื่องปั๊มเสื่อ.....	6
2.2.1 ระบบกลไก.....	7
2.2.2 ระบบนิวแมติกส์.....	8
2.2.3 ระบบควบคุมอัตโนมัติ.....	23
2.3 การคำนวณความเร็วเชิงมุม ความเร่งเชิงมุม แรงในการบิด และแรงดันกระบอกลม....	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องปั๊มเสื่อ.....	28
3.1.1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการสร้างตัวเครื่องปั๊มเสื่อ.....	28
3.1.2 กำหนดขอบเขตเครื่องปั๊มเสื่อ.....	28
3.1.3 ออกแบบเครื่องปั๊มเสื่อตอบสนองตามวัตถุประสงค์.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
3.1.4 การเลือกวัสดุอุปกรณ์.....	29
3.1.5 ออกแบบโครงสร้างเครื่องปั๊มเสื่อด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์.....	31
3.1.6 การออกแบบการทำงานของกระบอกลม.....	33
3.1.7 ขั้นตอนการออกแบบการทำงานร่วมกับระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมทาง คอมพิวเตอร์.....	33
3.2 ขั้นตอนการสร้าง.....	34
3.2.1 Swing Arm.....	34
3.2.2 แผ่นปั๊ม.....	35
3.2.3 แผ่นซีพพอร์ต.....	36
3.2.4 แผ่นโครงประกอบ.....	37
3.2.5 การประกอบส่วนประกอบนิวแมติกส์และระบบอัตโนมัติ.....	38
3.2.6 การประกอบตัวเครื่องปั๊มเสื่อ.....	39
3.3 ขั้นตอนการทดสอบและวัดผล.....	39
3.3.1 การทดสอบแรงที่ใช้ในการดันกระบอกลม.....	39
3.3.2 การทดสอบการทำงานของกระบอกลม.....	40
3.3.3 ทดสอบการทำงานของตัวเครื่องควบคู่กับระบบอัตโนมัติ.....	40
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
4.1 ผลการทดลองคำนวณหาแรงที่ใช้ในการดันแผ่นปั๊ม.....	41
4.1.1 แผ่นปั๊มด้านข้าง.....	41
4.1.2 แผ่นปั๊มด้านบน.....	43
4.1.3 แผ่นปั๊มด้านล่าง.....	45
4.1.4 แผ่นสำหรับปล่อยผ้า.....	47
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	49
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	50

เอกสารอ้างอิง	51
----------------------------	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

ภาคผนวก..... ผ1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ประเภทการเคลื่อนไหวของมือ.....	5
ตารางที่ 4.1 ผลการคำนวณค่าเพื่อหาแรงดันของกระบอกลมของแผ่นพับด้านข้าง.....	41
ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณค่าเพื่อหาแรงดันของกระบอกลมของแผ่นพับด้านบน	43
ตารางที่ 4.3 ผลการคำนวณค่าเพื่อหาแรงดันของกระบอกลมของแผ่นพับด้านล่าง	45
ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณค่าเพื่อหาแรงดันของกระบอกลมของแผ่นสำหรับปล่อยผ้า.....	47



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการวางแผนและกระบวนการออกแบบ	4
รูปที่ 2.2 พื้นที่การทำงานปกติและพื้นที่การทำงานสูงสุด.....	6
รูปที่ 2.3 ความสูงของเก้าอี้และโต๊ะสำหรับนั่งสลับยืนทำงาน	6
รูปที่ 2.4 ปีมลแบบลูกสูบชนิดสายพานและโรตารี	9
รูปที่ 2.5 ปีมลแบบสกรู.....	9
รูปที่ 2.6 ปีมลแบบไดอะแฟรม.....	10
รูปที่ 2.7 ปีมลแบบใบพัดเลื่อน.....	10
รูปที่ 2.8 ปีมลแบบใบพัดหมุน.....	11
รูปที่ 2.9 ปีมลแบบกึ่งหัน	11
รูปที่ 2.10 กระจบกลมชนิดทำงานทางเดียว.....	12
รูปที่ 2.11 กระจบกลมชนิดทำงานสองทาง	13
รูปที่ 2.12 โซลินอยด์วาล์ว	13
รูปที่ 2.13 วาล์วมือกด.....	14
รูปที่ 2.14 วาล์วควบคุมทิศทางสั่งงานด้วยแรงลม	14
รูปที่ 2.15 วาล์วควบคุมความเร็วลม	15
รูปที่ 2.16 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบ 2 ทางแบบข้อต่อตรง	16
รูปที่ 2.17 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบ 2 ทางแบบข้อต่องอ	16
รูปที่ 2.18 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบ 3 ทาง รูปแบบตัว T (T Connector) และ ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบ 3 ทาง รูปแบบตัว Y (Y Connector)	16
รูปที่ 2.19 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบ 3 ทาง รูปแบบตัวเรียงต่อ (Branch Connector)	16
รูปที่ 2.20 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบหลายทางรูปกากบาท (Cross Connector).....	17
รูปที่ 2.21 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบหลายทางรูปแบบตัวเรียงต่อ (Branch Connector)	17
รูปที่ 2.22 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลม 2 ทางแบบข้อต่อตรง.....	17
รูปที่ 2.23 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลม 2 ทางแบบข้อต่องอ.....	18
รูปที่ 2.24 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลม 3 ทาง รูปแบบตัว T (T Union)	18
รูปที่ 2.25 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลม 3 ทาง รูปแบบตัว Y (Y Union).....	18
รูปที่ 2.26 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบหลายทาง รูปแบบตัวกากบาท (Cross Union)	19
รูปที่ 2.27 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบหลายทาง รูปแบบตัวเรียงต่อ (Branch Union).....	19
รูปที่ 2.28 สายลมชนิดโพลียูรีเทน.....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
๗

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.29 สายลมชนิดไนลอน.....	20
รูปที่ 2.30 สายลมชนิดโพลีเอทิลีน.....	20
รูปที่ 2.31 สายลมชนิดเทฟลอน.....	21
รูปที่ 2.32 ข้อต่อสวมเร็ว.....	21
รูปที่ 2.33 ข้อต่อรูปตัว I.....	22
รูปที่ 2.34 ข้อต่อรูปตัว Y.....	22
รูปที่ 2.35 ข้อต่อหัวกลม.....	22
รูปที่ 2.36 ขายึดกระบอกลม.....	23
รูปที่ 2.37 ตัวเก็บเสียง.....	23
รูปที่ 2.38 เบรกเกอร์ลู่ย่อย MCB.....	24
รูปที่ 2.39 เบรกเกอร์ MCCB.....	24
รูปที่ 2.40 เบรกเกอร์ ACB.....	25
รูปที่ 2.41 ตัวอย่างสวิตซ์ชิงพาวเวอร์ซัพพลายที่ใช้ในระบบควบคุม.....	25
รูปที่ 2.42 สวิตซ์ปุ่มกด.....	25
รูปที่ 2.43 ซีล็คเตอร์สวิตซ์.....	26
รูปที่ 2.44 สวิตซ์ฉุกเฉิน.....	26
รูปที่ 2.45 PLC.....	27
รูปที่ 3.1 กระบอกลมขนาดที่เลือกใช้.....	29
รูปที่ 3.2 ค่าการเลือกใช้กระบอกลม.....	30
รูปที่ 3.3 บานพับที่เลือกใช้.....	30
รูปที่ 3.4 ชิ้นส่วนตัวยึดทั้งสอง.....	31
รูปที่ 3.5 เครื่องพับเสื่อ.....	32
รูปที่ 3.6 โครงเครื่องพับเสื่อ.....	32
รูปที่ 3.7 ส่วนประกอบในกระบวนการพับ.....	32
รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบกลไกในการพับเสื่อ.....	33
รูปที่ 3.9 แผนภาพการไหลของการทำงานในกระบวนการพับเสื่อ.....	34
รูปที่ 3.10 Swing Arm ทั้ง 3 ขนาด.....	35
รูปที่ 3.11 โมเดลจำลองแผ่นพับเสื่อ.....	35
รูปที่ 3.12 ผนังทำแผ่นพับเสื่อ.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3.13 แผ่นพับเสื้อ.....	36
รูปที่ 3.14 แผ่นซีพอร์ททุกขนาด.....	37
รูปที่ 3.15 แผ่นโครงประกอบด้านบนพร้อมยึดกับชิ้นส่วนกลไกการพับ.....	37
รูปที่ 3.16 แผ่นโครงด้านข้าง.....	38
รูปที่ 3.17 ส่วนประกอบแผงควบคุม.....	38
รูปที่ 3.18 ภายในเครื่องพับเสื้อหลังประกอบ.....	39
รูปที่ 3.19 เครื่องพับเสื้อประกอบสมบูรณ์.....	39
รูปที่ 3.20 การทดสอบวัดค่าแรงดึงแผ่นพับ.....	40
รูปที่ 3.21 การทดสอบการทำงานของกระบอกลม.....	40
รูปที่ 4.1 กราฟความเร็วเชิงมุมของแผ่นพับด้านข้าง.....	42
รูปที่ 4.2 กราฟความเร่งเชิงมุมของแผ่นพับด้านข้าง.....	42
รูปที่ 4.3 กราฟแรงบิดของแผ่นพับด้านข้าง.....	42
รูปที่ 4.4 กราฟความเร็วเชิงมุมของแผ่นพับด้านบน.....	44
รูปที่ 4.5 กราฟความเร่งเชิงมุมของแผ่นพับด้านบน.....	44
รูปที่ 4.6 กราฟแรงบิดของแผ่นพับด้านบน.....	44
รูปที่ 4.7 กราฟความเร็วเชิงมุมของแผ่นพับด้านล่าง.....	46
รูปที่ 4.8 กราฟความเร่งเชิงมุมของแผ่นพับด้านล่าง.....	46
รูปที่ 4.9 กราฟแรงบิดของแผ่นพับด้านล่าง.....	46
รูปที่ 4.10 กราฟความเร็วเชิงมุมของแผ่นสำหรับปล่อยผ้า.....	47
รูปที่ 4.11 กราฟความเร่งเชิงมุมของแผ่นสำหรับปล่อยผ้า.....	47
รูปที่ 4.12 กราฟแรงบิดของแผ่นสำหรับปล่อยผ้า.....	48

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียด ขอบเขต และคำจำกัดความของงานวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการพัฒนาเครื่องพับเสื้อ ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
2. วัตถุประสงค์การศึกษา
3. ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันที่เทคโนโลยีอุตสาหกรรมต่าง ๆ บนโลกกำลังพัฒนาขึ้นตามยุคสมัยที่กำลังดำเนินอยู่ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตที่สืบเนื่องจากระบบอัตโนมัติ (Automation) ที่เข้ามามีบทบาทต่อระบบงานการผลิตเชิงอุตสาหกรรม เกิดการต่อยอดและพัฒนากระบวนการผลิตให้สามารถลดภาระแบ่งเบาการทำงานของพนักงานในกระบวนการผลิตให้น้อยลง ทั้งข่างานอุตสาหกรรมรถยนต์ อุตสาหกรรมอาหาร และอื่น ๆ

จากทางบริษัท 7th Street เป็นผู้ผลิตเสื้อผ้าแฟชั่น ส่งขายทั้งภายในประเทศและส่งออกไปยังต่างประเทศ ทางผู้ทำวิจัยได้ทำการศึกษาปัญหาของกระบวนการทำงานและระบบการจัดจำหน่ายพบว่ากระบวนการพับและบรรจุหีบห่อด้วยพนักงานเป็นจุดวิกฤตของกระบวนการทั้งหมด ทางผู้วิจัยและบริษัทจึงเห็นพ้องกันที่ต้องการออกแบบและสร้างเครื่องพับเสื้อไว้ใช้ในกระบวนการพับและบรรจุเพื่อจัดเก็บสินค้า ซึ่งระบบอัตโนมัติจะสามารถลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้สูงขึ้น และสามารถลดจำนวนพนักงานลงได้ เราจึงเล็งเห็นความสำคัญของระบบอัตโนมัติเพื่อนำเข้ามาประยุกต์ใช้ร่วมกับชิ้นงานให้สามารถตอบสนองความต้องการของทางบริษัทได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ออกแบบโครงสร้าง และกลไกสำหรับใช้ในกระบวนการพับเสื้อของเครื่องพับเสื้อ
2. พัฒนาระบบเครื่องโดยการใช้ซอฟต์แวร์เข้ามาช่วยในการให้เครื่องทำงานทั้งระบบอัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติ
3. ออกแบบการทดสอบ ทดลองกลไกกับการตั้งค่าให้เหมาะสมกับเสื้อผ้าแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญาโท

1. เขียนแบบโครงสร้างตัวเครื่องพับเสื่อ
2. สร้างแบบจำลองรุ่นสำหรับทดลองกลไก
3. ออกแบบให้ระบบสามารถรองรับงานพับผ้าได้หลายประเภท
4. พัฒนาโปรแกรมซอฟต์แวร์ในการควบคุมให้เป็นระบบอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เรียนรู้ถึงการออกแบบจำลองซึ่งนำไปสู่การผลิตและใช้งานจริง
2. เรียนรู้เกี่ยวกับการทำงาน การติดต่อประสานงาน การปรับปรุงและแก้ไขชิ้นงาน
3. เรียนรู้คุณสมบัติของวัสดุ ความแข็งแรงทนทาน
4. เรียนรู้วิธีการประเมินมูลค่า ราคาของ สำหรับการจัดหาเพื่อสร้างชิ้นงาน
5. เรียนรู้เพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดและสร้างสรรค์ หรือต่อยอดในเชิงธุรกิจ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการศึกษา และออกแบบพัฒนาเครื่องพับเสื่อ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กระบวนการออกแบบเครื่องพับเสื่อ
2. องค์ประกอบของเครื่องพับเสื่อ
3. การคำนวณความเร็วเชิงมุม ความเร่งเชิงมุม แรงในการบิด และแรงดันกระบอกลม

2.1 กระบวนการออกแบบเครื่องพับเสื่อ

ในการออกแบบเครื่องพับเสื่อโดยหลักแล้วจะพิจารณาตามวัตถุประสงค์การใช้งาน โดยอ้างอิงจากการออกแบบทางวิศวกรรมในส่วนของหลักการออกแบบและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมถึงนำหลักเศรษฐศาสตร์ของการเคลื่อนไหวเข้ามาประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบโครงสร้างเครื่องพับเสื่อ

2.1.1 การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

การออกแบบและพัฒนาเป็นกระบวนการในการรวบรวมข้อมูลจากฝ่ายต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลพื้นฐานเหล่านั้นไปใช้ในการสังเคราะห์และวิเคราะห์ เพื่อหาแนวความคิดของกระบวนการ เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาหรือนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการออกแบบดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยแบ่งออก 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1.1.1 กระบวนการวางแผนและจำแนกรูปแบบ

ระบุกลุ่มของตลาดที่พัฒนาผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับอุตสาหกรรมเครื่องพับเสื่อโดยรับความต้องการพื้นฐาน หรือความต้องการจากฝ่ายบริษัท นำข้อมูลมานั้นมาวิเคราะห์เพื่อระบุกำหนดของเครื่องพับเสื่อที่เราจะทำการออกแบบ

2.1.1.2 สร้างแนวคิดการออกแบบ

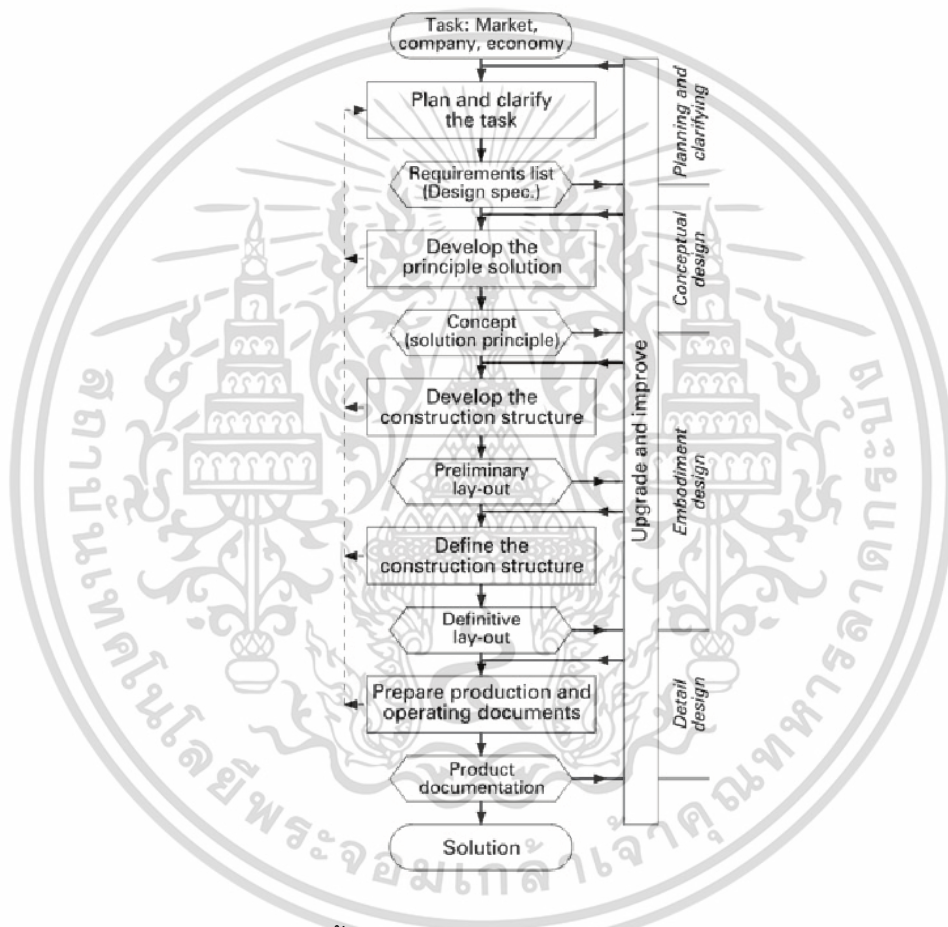
จากความต้องการของบริษัท รวบรวมหน้าที่การทำงานของเครื่องพับเสื่อ (Working Principle) โครงสร้างการทำงานของเครื่องพับเสื่อ (Working Structure) และคุณสมบัติของเครื่องพับเสื่อ (Product Properties) เพื่อออกแบบสร้างสรรค์วิธีการต่าง ๆ ในการตอบสนองความต้องการต่อบริษัท

2.1.1.3 การออกแบบเชิงรูปธรรม

กำหนดโครงสร้างเครื่องปั๊มฟ้า โดยพิจารณาจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ตรวจสอบข้อดี และข้อด้อยในการออกแบบแต่ละแบบ มองหาจุดแข็ง และส่วนเกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือก

2.1.1.4 การออกแบบรายละเอียด

ลงรายละเอียดข้อมูล ขนาด ชิ้นส่วน หรือคุณสมบัติต่าง ๆ ในแบบให้ชัดเจน จากนั้นประเมินสิ่งที่ต้องใช้ ประเมินปัญหาด้านการสร้าง ประเมินต้นทุน และข้อมูลในการสร้างทั้งหมด เพื่อให้มีรายละเอียดข้อมูลมากพอที่จะนำไปสร้างแบบจำลองได้ [1]



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการวางแผนและกระบวนการออกแบบ

2.1.2 หลักเศรษฐศาสตร์ของการเคลื่อนไหว

หลักเศรษฐศาสตร์ของการเคลื่อนไหวคือ หลักการเคลื่อนไหวอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดความเครียดจากการทำงานของพนักงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน โดยนำหลักการมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานกับเครื่องปั๊มเสือ 2 หลักการ ได้แก่ การใช้โครงร่างของมนุษย์ และการจัดตำแหน่งของสถานที่ปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 การใช้โครงร่างของมนุษย์

เป็นหลักการเกี่ยวกับความสัมพันธ์ในการใช้มือทั้งสองข้างระหว่างการทำงาน เช่น มือทั้งสองข้างควรเริ่มต้นและสิ้นสุดการทำงานพร้อมกัน ไม่ควรหยุดเฉยพร้อมกันยกเว้นเมื่อหยุดพัก การเคลื่อนไหวของมือทั้งสองควรอยู่ในลักษณะที่สมมาตรกัน แต่ทำงานในทิศทางตรงข้าม และการเคลื่อนไหวของมือและลำตัว ควรพยายามใช้การเคลื่อนไหวประเภทต่ำสุดซึ่งสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 2.1 เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ประเภทการเคลื่อนไหวของมือ

ระดับ	จุดหมุน	ประเภทของการเคลื่อนไหว
1	ข้อมือ	การเคลื่อนไหวของข้อมือ
2	ข้อศอก	การเคลื่อนไหวของข้อศอก และข้อมือ
3	ไหล่	การเคลื่อนไหวของแขน ข้อศอก ข้อมือ และข้อมือ
4	ลำตัว	การเคลื่อนไหวของต้นแขน ข้อศอก ข้อมือ และข้อมือ
5	ลำตัว	การเคลื่อนไหวของลำตัว ไหล่ ต้นแขน ข้อศอก ข้อมือ และข้อมือ (การเอี้ยว หรือก้มตัวเล็กน้อย)

จากหลักการที่กล่าวข้างต้นสามารถนำมาเป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์กิจกรรมของพนักงาน ออกแบบลักษณะท่าทางการทำงานของพนักงานให้สอดคล้องกับตัวเครื่องพับเสื้อได้

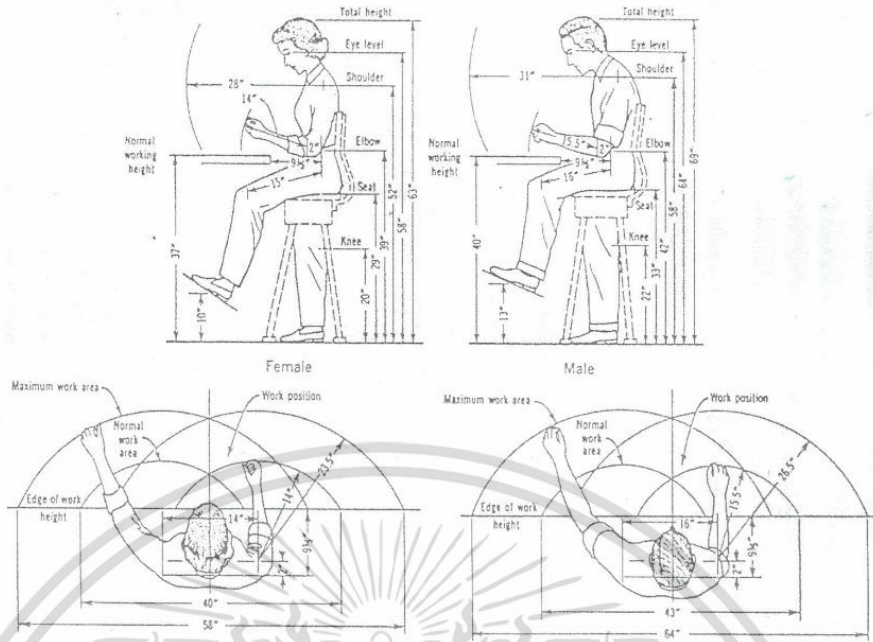
2.1.2.2 การจัดตำแหน่งสถานที่ปฏิบัติงาน

นำหลักการมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบตัวเครื่องพับเสื้อ เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของพนักงาน ส่วนพื้นที่การทำงาน (Working Area) ให้สอดคล้องกับตำแหน่งการวางผ้า อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการทำงาน ระยะการเอี้ยว และความสูงของตัวเครื่อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่การทำงาน (Working Area) สามารถมีได้ทั้งแนวราบและแนวตั้ง โดยอาศัยการกวาดมือ การออกแบบควรคำนึงถึงชิ้นส่วน วัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้วางอยู่ใกล้กับตำแหน่งการใช้งานและสอดคล้องกับวิธีการทำงาน ทั้งระยะการวางเสื้อและระยะการกวาดมือไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ

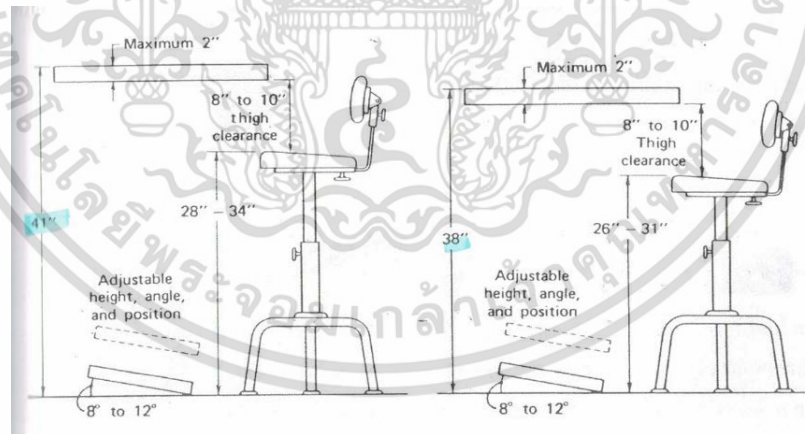
พื้นที่การทำงานปกติ (Normal Working Area) คือบริเวณพื้นที่จำกัดซึ่งมือทั้งสองจะทำงานได้โดยปกติ พื้นที่นี้ได้จากการเอามือขวาและมือซ้ายกวาดเป็นรูปครึ่งวงกลมในแนวราบ โดยให้ต้นแขน และข้อศอกอยู่บนลำตัวทั้งสองข้าง พื้นที่ซ้อนทับกันของวงกลมหน้าผู้ปฏิบัติงานจะเป็นพื้นที่ที่สามารถใช้การเคลื่อนไหวของข้อมือในระดับเบื้องต้นได้สะดวกที่สุด

พื้นที่การทำงานสูงสุด (Maximum Working Area) คือบริเวณพื้นที่สูงสุดที่มือทั้งสองข้างสามารถเอี้ยวไปจนสุดโดยไม่เปลี่ยนอิริยาบถของลำตัว ได้พื้นที่จากการกวาดมือซ้ายและขวาเป็นครึ่งวงกลมจนสุดวงแขน



รูปที่ 2.2 พื้นที่การทำงานปกติและพื้นที่การทำงานสูงสุด

ความสูงของตัวเครื่อง เก้าอี้ และบริเวณปฏิบัติงาน ควรจัดให้ใช้ในกรณีที่จะนั่งทำงานสลับกับยืนทำงานได้ เพื่อในพนักงานสามารถเปลี่ยนอิริยาบถได้สะดวก ช่วยผ่อนคลายกล้ามเนื้อ โดยอ้างอิงความสูงของเครื่องจากความสูงโต๊ะมาตรฐาน ซึ่งควรมีความสูงประมาณ 36-40 นิ้ว และเก้าอี้ยั่งควรเลือกแบบที่สามารถปรับระดับความสูงได้ เพื่อให้เหมาะสมกับพนักงานคนนั้น ๆ [2]



รูปที่ 2.3 ความสูงของเก้าอี้และโต๊ะสำหรับนั่งสลับยืนทำงาน

2.2 องค์ประกอบของเครื่องพับเสื่อ

ในการออกแบบและสร้างเครื่องพับเสื่อขึ้นมา มีการออกแบบและเลือกใช้ชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งพิจารณาจากข้อมูลความต้องการของบริษัทเป็นหลักแล้วจึงคัดเลือกชิ้นส่วนอุปกรณ์ตามลักษณะ วัตถุประสงค์ในการใช้งาน โดยหลักการทำงานของเครื่องพับเสื่อที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการคือ เริ่มการทำงานจากการกดปุ่มโดยพนักงานหนึ่งครั้ง จากนั้นเครื่องพับผ้าจะดำเนินการพับอย่างอัตโนมัติ โดยระบบการทำงานของตัวเครื่องออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ระบบกลไก
2. ระบบนิวแมติกส์
3. ระบบควบคุมอัตโนมัติ

2.2.1 ระบบกลไก

ระบบกลไก (Mechanics System) ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนกลไกที่ทำงานสอดประสานช่วยให้เครื่องพับผ้าทำงานได้ตามวัตถุประสงค์การออกแบบที่ตั้งไว้ โดยมีชิ้นส่วนและอุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่ โครงเครื่อง ล้อ Swing Arm และบานพับ

2.2.1.1 โครงเครื่อง

โครงเครื่อง เป็นส่วนประกอบหลักของเครื่องพับเสื้อ มีหน้าที่เป็นที่จับยึดจับอุปกรณ์ และชิ้นส่วนต่าง ๆ รวมไว้ด้วยกัน ใช้ในการกำหนดขนาดรูปทรงที่ต้องการออกแบบ และป้องกันอุปกรณ์ภายในเครื่องซึ่งวัสดุที่มีการใช้ในการสร้างโครงเครื่องพับเสื้อ ได้แก่ อะลูมิเนียมโปรไฟล์และเหล็ก โดยในส่วนของแผ่นโครงประกอบเป็นอะลูมิเนียมและสแตนเลส

โครงเครื่องแบบอะลูมิเนียมโปรไฟล์ เป็น วัสดุมีความแข็งแรง ไม่เป็นสนิม ใช้ในงานนอกสถานที่และงานกันน้ำกันอย่างแพร่หลาย ทนความร้อนได้ดี ไม่เกิดการบิดงอ สามารถติดตั้งหรือเคลื่อนย้ายตำแหน่งอุปกรณ์ได้ง่าย และหากชิ้นส่วนเสียหายก็สามารถเปลี่ยนเฉพาะชิ้นที่เกิดการเสียหายได้ แต่นับเป็นข้อเสียในส่วนของ การประกอบ หากมีชิ้นส่วนจำนวนมาก ส่งผลให้ต้องมีชิ้นส่วนยึดประกอบมากขึ้นด้วย และหากลืมนำชิ้นส่วนยึดประกอบบางชิ้นตั้งแต่แรกเริ่ม อาจก่อให้เกิดปัญหาในการถอดประกอบใหม่ได้ ทั้งอะลูมิเนียมโปรไฟล์และชิ้นส่วนประกอบยังมีราคาค่อนข้างสูง ส่วนมากนิยมใช้ในการสร้างต้นแบบเพื่อการศึกษา

โครงเครื่องแบบเหล็กรูปพรรณ จะมีความแข็งแรง ราคาถูก แต่จะขึ้นโครงค่อนข้างยาก เนื่องจากต้องมีการตัด เจาะ หรือเชื่อม จึงยากต่อการปรับแก้ชิ้นงาน ส่วนมากนิยมใช้ในงานอุตสาหกรรม เนื่องจากมีศักยภาพในการผลิตสูง

แผ่นโครงประกอบสแตนเลสเป็นวัสดุมีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อน ทนความร้อน มีความแข็งแรงทนทานมาก ไม่เกิดสนิม ดัดงอได้ยาก และมีพื้นผิวเงางาม สามารถนำไปใช้ได้งานได้หลากหลาย แต่ข้อเสียคือ มีน้ำหนักค่อนข้างมาก ต้องใช้วิธีเฉพาะในการตัด และมีราคาสูง ส่วนมากพบการใช้งานในกลุ่มอุตสาหกรรม

แผ่นโครงประกอบอะลูมิเนียมจะมีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงทนทาน ทนต่อการกัดกร่อนไม่เกิดสนิม ง่ายต่อการตัด เจาะ แต่นำความร้อนไวกว่าสแตนเลส แต่จะมีราคาสูง

2.2.1.2 กลไกการพับ

กลไกการพับ เป็นกลไกสำคัญต่อกระบวนการทำงานของเครื่องพับเสื้อ โดยออกแบบกลไกจากการอ้างอิงวิธีการพับผ้าของมนุษย์เป็นต้นแบบ สามารถนำมาประยุกต์กับการออกแบบร่วมกับกลไกการพับของบานพับประตู โดยการใช้ระบบหลายระบบมาเกี่ยวข้องกัน

หลักการการทำงานเป็นการนำการเคลื่อนในแนวเส้นตรงมาทำงานร่วมกับการเคลื่อนที่แบบหมุน โดยใช้กระบอกกลมขับเคลื่อนกลไกด้วยการเคลื่อนที่เป็นแนวตั้ง กระบวนการในการพับผ้าจะใช้การด้วยการพับรอบจุดหมุน ซึ่งมีจำเป็นต้องนำทั้งสองสิ่งมาทำงานร่วมกัน จึงได้ทำการออกแบบ Swing Arm สำหรับใช้เป็นตัวเชื่อมกลไกให้สามารถขับเคลื่อนต่อไป

2.2.2 ระบบนิวแมติกส์

ระบบนิวแมติกส์ คือระบบเครื่องจักรกลที่ทำงานโดยใช้อากาศที่มีแรงดันเป็นตัวส่งกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์และเครื่องจักรต่าง ๆ ระบบนิวแมติกถูกควบคุมด้วยระบบวาล์วไฟฟ้า สามารถต่อเข้ากับระบบควบคุมแบบลอจิกส์หรือซีเควนเซอร์ได้ง่าย สามารถปรับแรงและความเร็วได้ มีระบบเบรกที่ไม่ยุ่งยาก และง่ายต่อการบำรุงรักษา รวมทั้งมีความปลอดภัยสูงเพราะใช้แรงดันอากาศจึงทำให้ไม่มีอันตรายจากการลัดวงจรหรือติดไฟ [3] โดยอุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์ที่ใช้ในงานสำหรับเครื่องพับเสื้อ มีดังนี้

2.2.2.1 ปัมลม

เครื่องอัดลมหรือปัมลม (Air Compressor) เป็น เครื่องจักรพื้นฐานอย่างหนึ่งในงานอุตสาหกรรม เครื่องจักร เครื่องมือ หรืออุปกรณ์หลาย ๆ อย่าง จำเป็นต้องใช้แรงดันลมในกระบวนการทำงาน ในการผลิตแรงดันอากาศให้เข้าไปเก็บไว้ในถังอัดอากาศ จำเป็นต้องใช้ปัมลม ปัมลมมีหลายประเภทของ มีข้อดี ข้อเสียที่ต่างกัน การเลือกใช้ต้องคำนึงถึงเครื่องจักรที่ต้องการใช้ และสภาพของโรงงานหรือสถานประกอบการ ว่าจำว่าต้องลมประเภทใด สะอาดมากหรือน้อย มีน้ำมันเจือปนกับลมได้หรือไม่ เพื่อที่จะสามารถตัดสินใจเลือกปัมลมที่เหมาะสมและประหยัดค่าใช้จ่ายได้ โดยปัมลมแบ่งออกเป็น 6 ประเภทใหญ่ ดังนี้

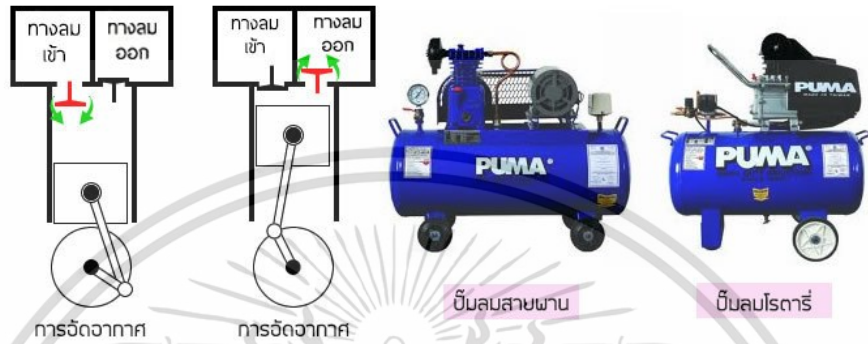
1. ปัมลมแบบลูกสูบ (Piston Air Compressor)
2. ปัมลมแบบสกรู (Screw Air Compressor)
3. ปัมลมแบบไดอะแฟรม (Diaphragm Air Compressor)
4. ปัมลมแบบใบพัดเลื่อน (Sliding Vane Rotary Air Compressor)
5. ปัมลมแบบใบพัดหมุน (Roots Air Compressor)
6. ปัมลมแบบกังหัน (Radial and Axial Flow Air Compressor)

มีรายละเอียด ดังนี้

ปัมลมแบบลูกสูบ (Piston Air Compressor) เป็นปัมลมที่นิยมใช้กันมากที่สุด พบได้มากตามกลุ่มอุตสาหกรรมขนาดเล็ก จากร้านซ่อมจักรยานไปจนถึงโรงงานสีขนาดใหญ่ มีไว้ใช้จ่ายลมให้กับ

อุปกรณ์ต่าง ๆ ปัมลมแบบลูกสูบนี้อาจสร้างแรงดันของลมอัดได้ตั้งแต่ความดันต่ำที่ 1 บาร์ไปจนถึงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันสูงที่ 1,000 บาร์ หลักการทำงานของปั๊มลมแบบลูกสูบ ลูกสูบจะเคลื่อนตัวในกระบอกสูบขึ้นลงทำให้เกิดการดูดและอัดอากาศภายในกระบอกสูบ ลี้นทางด้านดูดอากาศเข้าจะเปิดออกเพื่อดึงอากาศเข้ามาภายในกระบอกสูบขณะที่ลิ้นทางด้านอัดอากาศจะปิดสนิทในช่วงการดูดอากาศ แต่เมื่อลูกสูบอัดอากาศ แรงดันจะไปเปิดลิ้นทางฝั่งอัดอากาศให้อากาศที่มีแรงดันไปเก็บสะสมในถังอัดอากาศ โดยขณะเดียวกันลิ้นทางด้านดูดอากาศปิดลงไม่ให้อากาศไหลย้อนออกทางเดิม



รูปที่ 2.4 ปั๊มลมแบบลูกสูบชนิดสายพานและโรตารี

ปั๊มลมแบบสกรู (Screw Air Compressor) ตัวปั๊มจะใช้เพลาสกรูในการผลิตลมหลักการทำงานของปั๊มลมแบบสกรูนั้น ภายในคอมเพรสเซอร์จะมีสกรูสองเพล่า ได้แก่ เพล่าตัวผู้และตัวเมีย หมุนขบในทิศทางเข้าหากัน ช่องว่างระหว่างผิวสกรูจะมีลักษณะเป็นกระเปาะเมื่อเพล่าหมุนมที่อยู่ ในกระเปาะจะถูกผลักไปอีกด้านหนึ่งของเพล่าทำให้เกิดการดูดลมและอัดส่งต่อไปอีกด้านหนึ่ง โดยความเร็วรอบของเพล่าตัวผู้และเพล่าตัวเมียจะหมุนด้วยความเร็วเท่ากันแต่สวนทิศทางการหมุน ระบบนี้จึงไม่มีลิ้นในการเปิด-ปิดควบคุมทิศทางลม แต่ปั๊มลมชนิดนี้ต้องการระบบการระบายความร้อนที่ดี อาจจะมีชนิดที่ระบายความร้อนด้วยอากาศและการระบายความร้อนด้วยน้ำ ปั๊มลมแบบนี้สามารถทำความดันได้สูงถึง 10 บาร์ และมีอัตราการจ่ายลมถึง 170 ลูกบาศก์เมตรต่ออนาที โดยการไหลของแรงลมจะให้ความราบเรียบกว่าปั๊มลมแบบลูกสูบ



รูปที่ 2.5 ปั๊มลมแบบสกรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปั๊มลมแบบไดอะแฟรม (Diaphragm Air Compressor) ใช้หลักการทำงานคล้ายกับปั๊มลมแบบลูกสูบ โดยใช้แผ่นไดอะแฟรมเป็นตัวกั้นระหว่างลูกสูบและห้องดูดอากาศแยกออกจากกัน ส่งผลให้ลิ้นด้านดูดอากาศเข้าและลิ้นด้านส่งอากาศออกทำงานโดยไม่ได้สัมผัสกับชิ้นส่วนที่เป็นโลหะ ลมที่ได้จะไม่มีส่วนผสมเข้ากับน้ำมันหล่อลื่น แต่ไม่สามารถสร้างแรงดันได้สูง ข้อดีของปั๊มลมประเภทนี้อยู่ที่ลมที่ได้จากปั๊มเป็นลมสะอาด มีความปลอดภัยสูง ทั้งยังให้เสียงเงียบกว่าปั๊มลมแบบลูกสูบ จึงได้รับความนิยมในการใช้กับอุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเคมี และอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์น้ำ



รูปที่ 2.6 ปั๊มลมแบบไดอะแฟรม

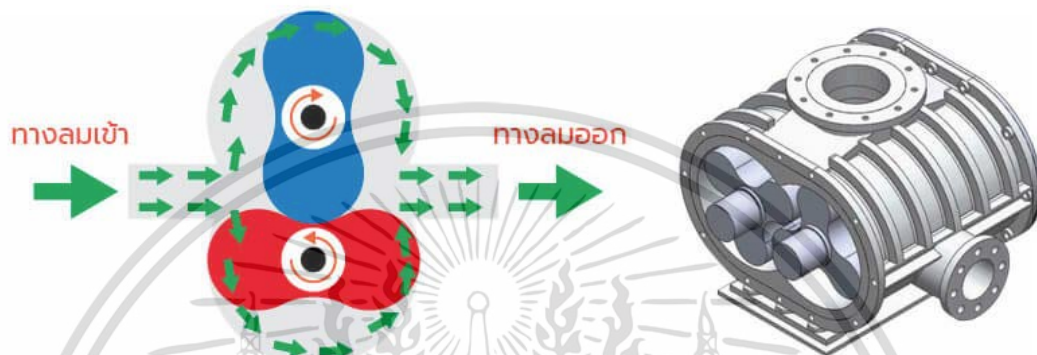
ปั๊มลมแบบใบพัดเลื่อน (Sliding Vane Rotary Air Compressor) จุดเด่นของปั๊มลมประเภทนี้คือ การหมุนจะราบเรียบมีความสม่ำเสมอ การอัดอากาศคงที่ ไม่มีเสียงดัง ตัวปั๊มจะไม่มีลิ้นหรือวาล์วในการเปิด-ปิด มีพื้นที่ทำงานจำกัดทำให้เกิดความร้อนได้ง่าย ทำความดันได้ที่ 4 ถึง 10 บาร์โดยให้อัตราการจ่ายลมที่ 4 ถึง 10 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที



รูปที่ 2.7 ปั๊มลมแบบใบพัดเลื่อน

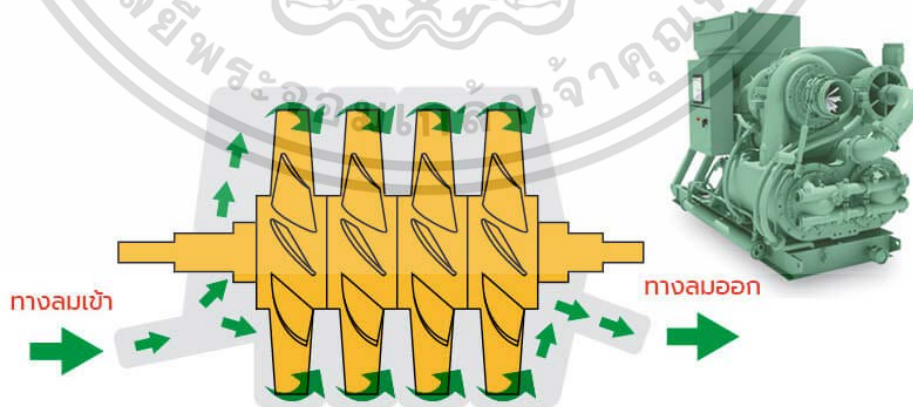
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปั๊มลมแบบใบพัดหมุน (Roots Air Compressor) ลักษณะของปั๊มลมประเภทนี้จะมีใบพัดหมุน 2 ตัว เมื่อโรเตอร์ทั้งสองหมุนอากาศจะถูกดูดเข้าไปอีกด้านหนึ่งโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ทำให้อากาศไม่ถูกบีบหรืออัดตัว แต่จะถูกอัดตัวเมื่อเข้าไปอยู่ในถังเก็บลม จึงต้องมีการระบายความร้อนอย่างดี ไม่มีลิ้น ไม่ต้องการหล่อลื่นขณะทำงาน และยังเป็นปั๊มลมที่มีต้นทุนในการผลิตสูงด้วย



รูปที่ 2.8 ปั๊มลมแบบใบพัดหมุน

ปั๊มลมแบบกังหัน (Radial and Axial Flow Air Compressor) เป็นปั๊มลมที่ใช้หลักการของกังหันใบพัด เหมาะกับงานที่ต้องการอัตราการไหลของลมสูง เนื่องจากการโรเตอร์มีการหมุนด้วยความเร็วรอบสูง โดยอากาศจะถูกดูดผ่านเข้าในช่องทางลมเข้าและอากาศจะถูกอัดและถูกส่งต่อไปยังอีกด้านหนึ่งในช่องทางลมออก สามารถทำความดันได้ที่ 4 ถึง 10 บาร์ และทำอัตราการจ่ายลมได้ตั้งแต่ 170 ถึง 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที [4]



รูปที่ 2.9 ปั๊มลมแบบกังหัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

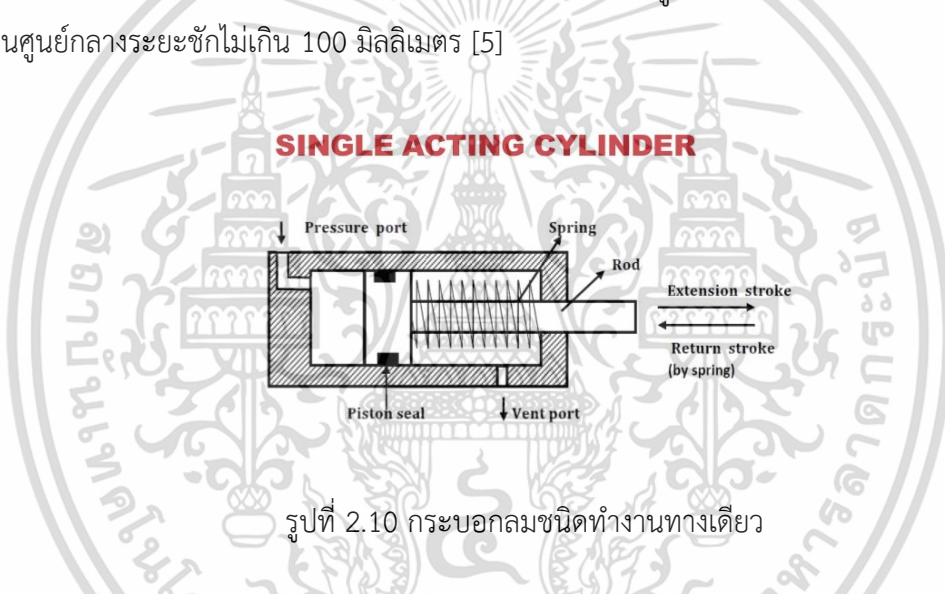
2.2.2.2 กระบอกลม

กระบอกลมหรือกระบอกสูบ (Air Cylinder) คืออุปกรณ์ที่ใช้ในงานระบบเปลี่ยนแรงดันลมให้เป็นพลังงานกล มีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง สามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบกลไกในการพับเสื่อได้ แบ่งประเภทตามการทำงานได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. กระบอกลมชนิดทำงานทางเดียว
2. กระบอกลมชนิดทำงานสองทาง

มีรายละเอียด ดังนี้

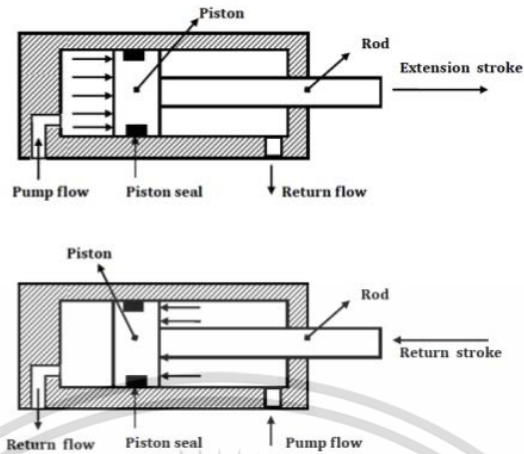
กระบอกลมชนิดทำงานทางเดียว (Single Action Cylinders) ตัวกระบอกจะมีรูลมเพียงรูเดียวอยู่ทางด้านลูกสูบสำหรับใช้แรงดันลมอัดเข้าให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่กลับด้วยแรงสปริงที่อยู่ภายในกระบอก โดยกระบอกสูบชนิดนี้จะใช้กับงานที่ต้องแรงกระทำไม่มากนัก เนื่องจากแรงกระทำกับโหลดจะลดลงด้วยแรงต้านจากสปริง กระบอกสูบประเภทนี้จึงนิยมผลิตในขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระยะชักไม่เกิน 100 มิลลิเมตร [5]



รูปที่ 2.10 กระบอกลมชนิดทำงานทางเดียว

กระบอกลมชนิดทำงานสองทาง (Double Action Cylinders) ทำงานโดยใช้แรงดันลมอัดให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าและออก โดยเคลื่อนที่ออกจากการใส่ลมอัดเข้าทางรูลมฝั่งลูกสูบและเคลื่อนที่กลับจากการอัดลมในฝั่งก้านสูบ กระบอกสูบชนิดนี้จะไม่สปริงในตัวทำให้แรงที่ได้จากกระบอกสูบจะมากกว่ากระบอกสูบแบบทางเดียว จึงเหมาะกับงานแทบทุกประเภทที่ต้องการแรงขับเคลื่อนในลักษณะที่เป็นแนวเส้นตรง [6]

DOUBLE ACTING CYLINDER



รูปที่ 2.11 กระบอกลมนชนิดทำงานสองทาง

2.2.2.3 วาล์วควบคุมทิศทางลม

เป็นวาล์วที่มีลิ้นวาล์ว มีหน้าที่ควบคุมทิศทางลม โดยสามารถเลือกทิศทางการไหลของลมอัดให้ไปตามต้องการ เพื่อใช้งานในอุปกรณ์ลม เช่น กระบอกลม สามารถเคลื่อนที่ในทิศทางที่กำหนดไว้ โดยใช้หลักการเปิด-ปิดลมอัดจากรูลมหนึ่งไปยังอีกรูลมหนึ่ง โดยวาล์วควบคุมทิศทางลมสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะตามการควบคุม ได้แก่

1. วาล์วควบคุมทิศทางสั่งงานด้วยไฟฟ้า (Solenoid Valve)
2. วาล์วควบคุมทิศทางสั่งงานด้วยทางกล (Mechanical Valve)
3. วาล์วควบคุมทิศทางสั่งงานด้วยแรงลม (Pneumatic Control Valve)

รายละเอียด ดังนี้

วาล์วควบคุมทิศทางสั่งงานด้วยไฟฟ้า หรือโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) คือวาล์วที่ทำหน้าที่ควบคุมทิศทางลม โดยการสั่งงานด้วยคอยล์ไฟฟ้าร่วมกับสปริงหรือคอยล์ไฟฟ้าอีกตัว มีลักษณะดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 โซลินอยด์วาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์วควบคุมทิศทางการทำงานด้วยทางกล (Mechanical Valve) คือวาล์วที่ควบคุมทิศทางการทำงานด้วยกลไกอื่น ๆ เช่น ควบคุมด้วยมือ ควบคุมด้วยเท้า หรือกลไกทางแมคคานิคอื่น เป็นต้น มีลักษณะดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 วาล์วมือกด

วาล์วควบคุมทิศทางการทำงานด้วยแรงลม (Pneumatic Control Valve) สามารถควบคุมทิศทางการไหลของลมอัดได้ด้วยการต่อท่อลม ส่งต่อลมให้วาล์วทำงาน [7] มีลักษณะดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 วาล์วควบคุมทิศทางการทำงานด้วยแรงลม

2.2.2.4 อุปกรณ์ควบคุมคุณภาพลมอัด

เป็นชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพลมอัด สำหรับกรองอากาศไม่มีฝุ่น ละออง หรือดักไอน้ำ ที่ปนอยู่เพื่อที่จะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป [8] โดยในชุดควบคุมประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้

ตัวกรองลมอัด (Air Filter : F) ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกที่มากับลมอัด เช่น ฝุ่นผง หรือสารต่าง ๆ

ตัวควบคุมความดัน (Air Regulator : R) ทำหน้าที่ปรับหรือควบคุมความดันที่ต้องการจ่ายออกมาให้มีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวผสมละอองน้ำมันหล่อลื่น (Air Lubricator : L) ทำหน้าที่ในการเติมน้ำมันหล่อลื่นให้กับลมอัด เพื่อหล่อลื่น ลดแรงเสียดทาน และป้องกันอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่สัมผัสกันโดยตรง

2.2.2.5 ตัวปรับความเร็วลม

ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของลมอัดที่จะส่งเข้าไปในระบบนิวแมติกส์ให้คงที่ และควบคุมความเร็วของก้านสูบในขณะที่ทำงาน โดยติดตั้งเข้าที่ตัวกระบอกสูบ มีลักษณะดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 วาล์วควบคุมความเร็วลม

2.2.2.6 ข้อต่อลม

ข้อต่อลมเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเสียบสายลม มีการใช้ในหลายเครื่องจักรที่ใช้ลมควบคุม เป็นตัวต่อระหว่างสายลมกับวาล์วควบคุมทิศทางลม หรือกับกระบอกลม เป็นต้น [9] โดยข้อต่อลมแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. ข้อต่อสำหรับต่อกับอุปกรณ์ลม (Thread Type One-Touch Fittings)
2. ข้อต่อสำหรับต่อกับสายลม (Tube-Tube Type One-Touch Fittings)

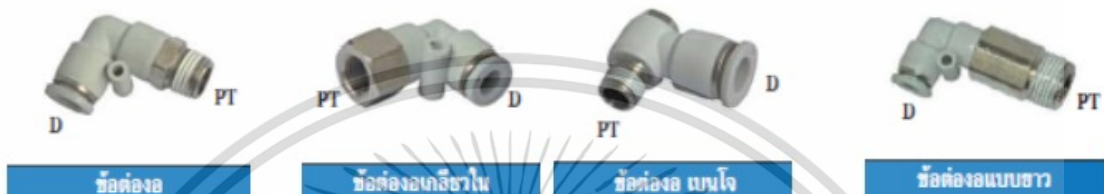
มีรายละเอียด ดังนี้

ข้อต่อสำหรับต่อกับอุปกรณ์ลม (Thread Type One-Touch Fittings) จะมีด้านหนึ่งเป็นเกลียวซึ่งอาจเป็นตัวผู้หรือตัวเมียก็ได้ เพื่อใช้ติดตั้งเข้ากับอุปกรณ์ลม ส่วนอีกด้านใช้สำหรับเสียบสายลม โดยมีรูปแบบการต่อใช้งานหลายแบบตามลักษณะงานแต่ละประเภท แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้

ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบ 2 ทาง ใช้ในงานที่ต้องต่อกับอุปกรณ์ลมในฝั่งที่เป็นเกลียว และอีกฝั่งเสียบเข้ากับสายลม มี 2 รูปแบบ คือ ข้อต่อตรง ใช้สำหรับเสียบสายลมโดยตรง ดังรูปที่ 2.16 และข้อต่องอ เป็นข้อต่อที่งอ 90° ใช้กับงานที่ต้องการกำหนดทิศทางของสายลมหรืองานที่ใช้พื้นที่จำกัด ดังรูปที่ 2.17

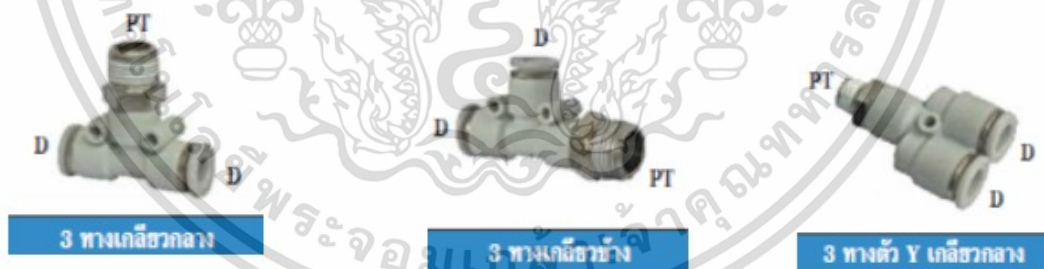


รูปที่ 2.16 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบ 2 ทางแบบข้อต่อตรง



รูปที่ 2.17 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบ 2 ทางแบบข้อต่องอ

ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบ 3 ทาง ใช้กับงานที่ต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์ลมในฝั่งเกลียว 1 ฝั่ง และต่อเข้ากับสายลมใน 2 ฝั่งที่เหลือ เพื่อแบ่งลมไปใช้งาน 2 ฝั่งพร้อมกัน มี 3 รูปแบบ คือ รูปแบบตัว T (T Connector) รูปแบบตัว Y (Y Connector) และรูปแบบตัวเรียงต่อ (Branch Connector) ดังแสดงในรูปที่ 2.18 และ 2.19



รูปที่ 2.18 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบ 3 ทาง รูปแบบตัว T (T Connector) และ ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบ 3 ทาง รูปแบบตัว Y (Y Connector)



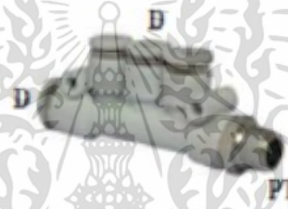
รูปที่ 2.19 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบ 3 ทาง รูปแบบตัวเรียงต่อ (Branch Connector)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบหลายทาง เป็นข้อต่อที่มีรูเสียบสายลมมากกว่า 3 ทางขึ้นไป มี 2 รูปแบบ คือ รูปแบบเสียบสายลมหลายทางรูปแบบตัวกากบาท ดังรูปที่ 2.20 และรูปแบบเสียบสายลมหลายทางรูปแบบตัวเรียงต่อ ดังรูปที่ 2.21



แบบ 4 ทาง

รูปที่ 2.20 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบหลายทางรูปกากบาท (Cross Connector)



3 ทางเรียงตัว

รูปที่ 2.21 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบหลายทางรูปแบบตัวเรียงต่อ (Branch Connector)

ข้อต่อสำหรับต่อกับสายลม (Tube-Tube Type One-Touch Fittings) ทั้งสองด้านจะมีไว้เพื่อเสียบสายลมทั้งคู่ ใช้สำหรับเชื่อมสายให้ยาวขึ้น ทำหน้าที่เพิ่ม-ลดขนาดสายลม หรือเพื่อกระจายช่องจ่ายลมให้มากขึ้นจาก 1 เป็น 2 3 หรือ 4 ทาง เป็นต้น แบ่งตามลักษณะการใช้งาน เป็น 3 ประเภท ดังนี้

ข้อต่อสำหรับเสียบสายลม 2 ทาง มีทั้งแบบต่อชน (Union) สำหรับสายลมขนาดเท่าเดิมและแบบลดขนาดสายลม (Reducer Connector) สำหรับงานที่ต้องเปลี่ยนขนาดสายลม แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบตรงและรูปแบบงอ 90° ดังรูปที่ 2.22 และ 2.23



ข้อต่อชน



ข้อต่อลดขนาด



ข้อต่อซิดแนง

รูปที่ 2.22 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลม 2 ทางแบบข้อต่อตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



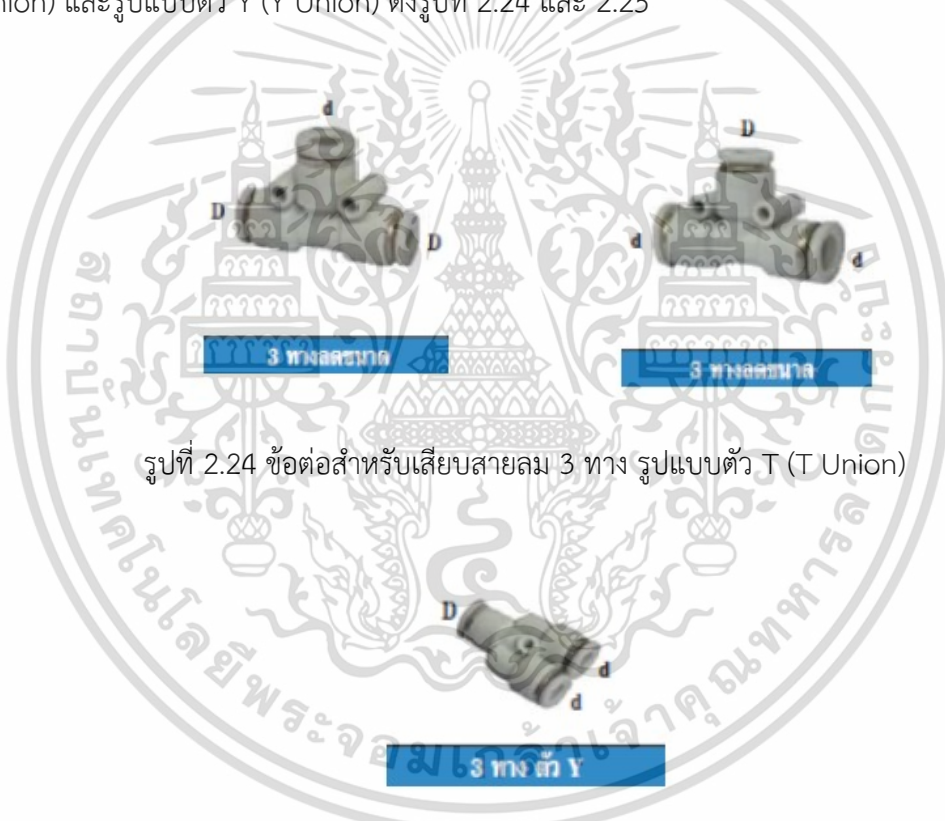
ข้อต่ออชน



ข้อต่อชนมีเกลียว

รูปที่ 2.23 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลม 2 ทางแบบข้อต่ออ

ข้อต่อสำหรับเสียบสายลม 3 ทาง มีทั้งแบบด้านที่เสียบสายลมเข้า-ออกเท่ากันทั้ง 3 ด้าน (Union) และแบบเสียบเข้า-ออกไม่เท่ากัน (Different Union) มี 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบตัว T (T Union) และรูปแบบตัว Y (Y Union) ดังรูปที่ 2.24 และ 2.25



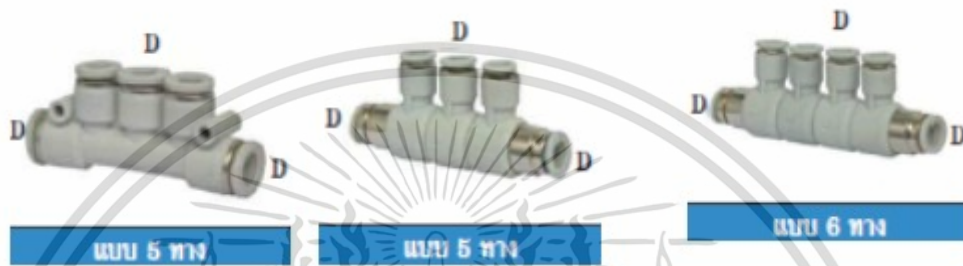
รูปที่ 2.24 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลม 3 ทาง รูปแบบตัว T (T Union)

รูปที่ 2.25 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลม 3 ทาง รูปแบบตัว Y (Y Union)

ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบหลายทาง เป็นข้อต่อที่มีรูเสียบสายลมมากกว่า 3 ทางขึ้นไป มี 2 รูปแบบ คือ รูปแบบเสียบสายลมหลายทางรูปแบบตัวกากบาท ดังรูปที่ 2.26 และรูปแบบเสียบสายลมหลายทางรูปแบบตัวเรียงต่อ ดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.26 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบหลายทาง รูปแบบตัวกากบาท (Cross Union)



รูปที่ 2.27 ข้อต่อสำหรับเสียบสายลมแบบหลายทาง รูปแบบตัวเรียงต่อ (Branch Union)

2.2.2.7 สายลม

สายลม มีหน้าที่ในการเชื่อมโยง ลำเลียงลมระหว่างอุปกรณ์ลมต่าง ๆ ให้ถึงกัน เช่น จากวาล์ว ไปหากระบอกลม เป็นต้น โดยวัสดุที่ใช้ในการทำท่อลมมีอยู่หลายประเภท สามารถเลือกใช้ได้ตาม ลักษณะงาน แบ่งตามวัสดุที่ทำออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. Polyurethane Tube (PU)
2. Nylon Tube (NL)
3. Polyethylene Tube (PE)
4. Teflon Tube (PTFE)

มีรายละเอียด ดังนี้

สายโพลียูรีเทน (Polyurethane Tube : PU) มีคุณสมบัติมีความยืดหยุ่นสูง น้ำหนักเบา และทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้ดี สอดคล้องกับการใช้งานที่มีการเคลื่อนไหวไปมา สามารถถอดใส่ ได้ง่าย และส่วนใหญ่มักใช้ร่วมกับข้อต่อลม (Fitting) มีลักษณะดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 สายลมชนิดโพลียูรีเทน

สายไนลอน (Nylon Tube : NL) มีความแข็งแรงมากกว่าสาย PU อยู่เล็กน้อยแต่ลักษณะการใช้งานเหมือนกัน มีลักษณะดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 สายลมชนิดไนลอน

สายโพลีเอทิลีน (Polyethylene Tube : PE) มีคุณสมบัติทนแรงดันและความร้อนได้ดี นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและน้ำดื่ม มีลักษณะดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 สายลมชนิดโพลีเอทิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายเทฟลอน (Teflon Tube : PTFE) คุณสมบัติมีน้ำหนักเบา สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี ทนการเสียดสี ทนต่อสภาพอากาศ สารเคมี สารละลายที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง และการสึกกร่อน ถูกบังคับในอุตสาหกรรมอาหารและยา มีลักษณะดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 สายลมชนิดเทฟลอน

2.2.2.8 ข้อต่อสวมเร็ว

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเป็นตัวเชื่อมต่อของอุปกรณ์ลมอัดต่าง ๆ เช่น ต่อเข้ากับปืนลม หรือต่อลมจากปั๊มลมเข้าสู่วาล์วควบคุมแรงดัน มีลักษณะดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 ข้อต่อสวมเร็ว

2.2.2.9 อุปกรณ์ต่อร่วมกับกระบอกลม

ใช้ในการต่อเข้ากับปลายก้านสูบกระบอกลม เพื่อต่อเข้ากับอุปกรณ์หรือชิ้นงานที่ต้องการใช้ร่วมกับการทำงานของกระบอกลม เช่น ต่อเข้ากับ Swing Arm เพื่อใช้ในกลไกการพับเสื้อ มีอยู่ 3 แบบ ได้แก่ ข้อต่อรูปตัว I (I Joint) ข้อต่อรูปตัว Y (Y Joint) และข้อต่อหัวกลม (U Joint) ดังแสดงในรูปที่ 2.33 2.34 และ 2.35 ตามลำดับ



รูปที่ 2.33 ข้อต่อรูปตัว I



รูปที่ 2.34 ข้อต่อรูปตัว Y



รูปที่ 2.35 ข้อต่อหัวกลม

2.2.2.10 ขายึดกระบอกกลม

ใช้สำหรับยึดกระบอกกลมเข้ากับพื้นที่ที่ต้องการ เช่นยึดเข้ากับอะลูมิเนียมโพรไฟล์ มีหลากหลายรูปแบบ ตามแต่วัตถุประสงค์การใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 ขายึดกระบอกลม

2.2.2.11 ตัวเก็บเสียง

เป็นอุปกรณ์สำหรับเก็บเสียงแรงอัดที่เกิดขึ้น ใช้ร่วมกับบวาล์ว ทำให้เสียงระหว่างการดำเนินงานมีเสียงเบาลง มีลักษณะดังรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 ตัวเก็บเสียง

2.2.3 ระบบควบคุมอัตโนมัติ

เป็นระบบการทำงานที่สามารถโปรแกรมได้ สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรทำให้ระบบปรับวิธีการเคลื่อนที่ ความเร็ว การหน่วงเวลา หรือ ลำดับการทำงานได้โดยไม่ต้องแก้ไขระบบสายไฟหรือระบบลมที่ทำไว้ก่อน โดยในโครงการนี้ใช้ระบบควบคุมแบบระบบไฟฟ้าพีแอลซีควบคุมระบบลมที่เป็นตัวขับเคลื่อนการทำงาน โดยจะมีอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรดังต่อไปนี้

2.2.3.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์

เซอร์กิตเบรกเกอร์หรือเบรกเกอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันวงจรไฟฟ้าจากความเสียหายที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน โดยจะทำการตัดกระแสไฟฟ้าหลังจากตรวจพบความผิดปกติในวงจรไฟฟ้าคล้ายกับฟิวส์ แตกต่างกันตรงที่เมื่อตัดวงจรแล้วสามารถที่จะปิดหรือเปิดได้ทันทีหลังจากแก้ปัญหาเรียบร้อยแล้ว ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของเบรกเกอร์ตามพิกัดแรงดันไฟฟ้า ได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าต่ำ (Low Voltage Breaker)
2. เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้ากลาง (Medium Voltage Breaker)
3. เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าสูง (High Voltage Breaker)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในการออกแบบระบบอัตโนมัติควบคุมการทำงานของเครื่องปั๊มเสื่อนั้นจะเน้นไปที่การใช้ เซอร์กิตเบรกเกอร์ความดันต่ำ (Low Voltage Breaker) มีแรงดันน้อยกว่า 1,000 VAC เป็นเบรกเกอร์ที่ใช้งานทั่วไป ในเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม มักถูกติดตั้งในตู้ที่สามารถเปิดออกได้ ซึ่งสามารถถอดและเปลี่ยนได้โดยไม่ต้องถอดสวิตช์ แบ่งออกเป็น MCB MCCB และ ACB

เบรกเกอร์ลูกย่อย MCB (Miniature Circuit Breaker) เป็นเบรกเกอร์ขนาดเล็กสำหรับใช้ภายในบ้านหรืออาคารที่มีกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 100 A ส่วนมากใช้ติดตั้งภายในอาคาร ติดตั้งเป็นอุปกรณ์ป้องกันร่วมกับแผงจ่ายไฟย่อยหรือแผงจ่ายไฟในห้องพักอาศัย มีพิกัดกระแสลัดวงจรต่ำ ไม่สามารถปรับตั้งค่ากระแสลัดวงจรได้



รูปที่ 2.38 เบรกเกอร์ลูกย่อย MCB

เบรกเกอร์ MCCB (Molded Case Circuit Breaker) เป็นเบรกเกอร์ที่เป็นทั้งสวิตช์เปิด-ปิด วงจรไฟฟ้า ใช้กับกระแสไฟตั้งแต่ 100–2,300 A เหมาะกับการติดตั้งในอาคารขนาดใหญ่หรือโรงงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.39 เบรกเกอร์ MCCB

เบรกเกอร์ ACB (Air Circuit Breaker) เป็นเบรกเกอร์ขนาดใหญ่ มีที่พิกัดไฟฟ้าสูงถึง 6,300 A นิยมใช้กับงานแรงดันสูง [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.40 เบรกเกอร์ ACB

2.2.3.2 สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย

เป็นอุปกรณ์ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ โดยทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ต้องการแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อให้ฟังก์ชันอุปกรณ์ทำงานได้ แบ่งประเภทตามลักษณะการใช้งานได้ ได้แก่ สำหรับใช้งานในเครื่องจักร ระบบควบคุมอัตโนมัติ โหลดที่ต้องการกระแสสูง ระบบแสงสว่างที่เป็น LED และระบบชาร์จพลังงาน [11]



รูปที่ 2.41 ตัวอย่างสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายที่ใช้ในระบบควบคุม

2.2.3.4 สวิตซ์

สวิตซ์ปุ่มกด (Push Button Switch) เป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ตัดและต่อวงจรทางไฟฟ้า ใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์หรือการทำงานของเครื่องจักรต่าง ๆ ใช้ได้กับอุตสาหกรรมทั่วไป มีทั้งแบบมีไฟและทึบแสง



รูปที่ 2.42 สวิตซ์ปุ่มกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีเล็คเตอร์สวิตช์ (Selector Switch) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อควบคุมทิศทางของกระแสไฟฟ้าให้ตามทิศทางที่ต้องการ หรือตัดกระแสไฟไม่ให้ไหลผ่านวงจรได้ตามที่ต้องการ ทำงานโดยการปิดให้คอนแทคที่อยู่ภายในเปลี่ยนสถานะปิด (NC) หรือเปิด (NO) โดย ซีเล็คเตอร์สวิตช์ ทั่วไปจะมี 2 ประเภท คือ แบบสวิตช์ 2 ทางและสวิตช์ 3 ทาง



รูปที่ 2.43 ซีเล็คเตอร์สวิตช์

สวิตช์ฉุกเฉิน (Emergency Stop Switch) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หยุดเครื่องจักรต่าง ๆ เพื่อรองรับกับเหตุการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น และเมื่อถึงเวลาใช้งาน ทันทีที่เกิดสวิตช์ฉุกเฉิน เครื่องจักรกลทุกอย่างที่มีปุ่มนี้จะหยุดการทำงานในทันที เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้



รูปที่ 2.44 สวิตช์ฉุกเฉิน

2.2.3.5 PLC

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable Logic Controller : PLC) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการต่าง ๆ โดย PLC จะมีส่วนอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถที่ที่สามารถต่อใช้งานได้ทันที ซึ่งสามารถนำมาเข้ามาใช้ร่วมกับการทำงานของเครื่องพับเส้น ด้วยให้ PLC ควบคุมสั่งการระบบในการพับ เนื่องจากมีหลายอินพุตและเอาต์พุต จึงสามารถออกแบบให้เครื่องมีการทำงานหลากหลายฟังก์ชันได้



รูปที่ 2.45 PLC

2.3 การคำนวณความเร็วเชิงมุม ความเร่งเชิงมุม แรงในการบิด และแรงดันกระบอกลม

สมการที่ 2.1 ความเร็วเชิงมุม (Angular Velocity) หน่วย เรเดียนต่อวินาที (rad/s)

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (2.1)$$

สมการที่ 2.2 ความเร่งเชิงมุม (Angular Acceleration) หน่วย เรเดียนต่อวินาทีกำลังสอง (rad/s²)

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (2.2)$$

สมการที่ 2.3 แรงบิด (Torque) หน่วย นิวตันเมตร (Nm)

$$\tau = I\alpha$$

$$\tau = r \times F \quad (2.3)$$

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การจัดทำปริญญาณิพนธ์เรื่อง การศึกษากระบวนการพัฒนาเครื่องพับเสื่อฉบับนี้ ผู้จัดทำได้กำหนดวัตถุประสงค์ และขอบเขตของตัวเครื่อง รวมไปถึงการออกแบบโครงสร้างเครื่องพับเสื่อด้วยโปรแกรม Solidworks® จำลองกลไกการทำงาน ปรับให้เหมาะสม ประกอบเครื่องพับเสื่อ ทดสอบแรงเหวี่ยงพับเพื่อเลือกขนาดกระบอกลมที่เหมาะสมกับตัวเครื่อง จากนั้นเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานให้สามารถพับเสื่อได้ มีหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การออกแบบโครงสร้างเครื่องพับเสื่อ
2. ขั้นตอนการสร้าง
3. ขั้นตอนการทดสอบและวัดผล

3.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องพับเสื่อ

3.1.1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการสร้างตัวเครื่องพับเสื่อ

วัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวเครื่องพับเสื่อที่สามารถรองรับกับรูปแบบการใช้งานทั้งระบบ กึ่งอัตโนมัติ และอัตโนมัติ สะดวกต่อการซ่อมบำรุงปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ได้ทันที รวมถึงสามารถพัฒนาต่อยอดฟังก์ชันการทำงานของตัวเครื่องให้มากขึ้นได้

3.1.2 กำหนดขอบเขตของเครื่องพับเสื่อ

1. ใช้ PLC ควบคุมการทำงานในกระบวนการพับเสื่อ
2. พับเสื่ออัตโนมัติไม่ห่อบรรจุภัณฑ์ได้
3. สามารถเคลื่อนย้ายไปยังสถานที่อื่นได้

3.1.3 ออกแบบเครื่องพับเสื่อตอบสนองตามวัตถุประสงค์

1. ออกแบบพื้นที่การทำงานในกระบวนการพับเสื่อให้มีพื้นที่สำหรับปล่อยเสื่อหลังพับเสร็จให้สามารถเปิด-ปิดได้ เพื่อตอบสนองระบบการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ

2. ติดตั้งกระบอกลม แผงวงจร และอุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้รอบนอกส่วนการทำงานในกระบวนการไหลของเสื่อ และออกแบบฝาปิดโครงเครื่องให้สามารถถอดประกอบได้ง่าย เพื่อตอบสนองต่อความสะดวกในการซ่อมบำรุง สามารถปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ง่าย

3. ออกแบบส่วนการทำงานในช่องทางการไหลของเสื่อสำหรับการพัฒนาฟังก์ชันการทำงานการห่อบรรจุภัณฑ์เพื่อรองรับต่อการติดตั้งเครื่องห่อบรรจุภัณฑ์เสริมเข้ากับตัวเครื่องในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การเลือกวัสดุอุปกรณ์

การเลือกวัสดุที่ใช้ในการประกอบเครื่องปั๊มเสื่อ ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการประกอบตัวเครื่องว่าจำเป็นต้องใช้ชิ้นส่วนใดบ้าง โดยอ้างอิงจากชิ้นส่วนมาตรฐานที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไป จากนั้นออกแบบชิ้นส่วนที่เหลือโดยผู้จัดทำสามารถสร้างด้วยตนเอง หรือสั่งทำตามความเหมาะสม

3.1.4.1 การเลือกอะลูมิเนียมโปรไฟล์

ในการสร้างโครงเครื่องปั๊มเสื่อนั้น เนื่องจากผู้จัดทำไม่ได้ออกแบบเพื่อตอบสนองต่อการปรับเปลี่ยนวัสดุการขึ้นโครงเครื่องบ่อย ๆ จึงเลือกอะลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 40x40 มิลลิเมตร เพื่อให้เครื่องมีความแข็งแรง สามารถรับแรงกระแทกที่เกิดจากการทำงานของตัวเครื่องได้เป็นระยะเวลาที่นานยิ่งขึ้น

3.1.4.2 การเลือกกระบอกลม

การเลือกขนาดของกระบอกลมต้องมีความสอดคล้องกับปัจจัยที่กำหนดไว้ โดยปัจจัยสำคัญในการเลือกกระบอกลมอยู่ที่แรงสำหรับการดันแผ่นพับและระยะที่ต้องการดันของกระบอกลม เพื่อใช้ในการเลือก Bore size และระยะชักของกระบอกลม จากการคำนวณตามสมการที่ 2.3 สามารถเลือกใช้กระบอกลมที่มี Bore size อย่างน้อย 16 มิลลิเมตร และอย่างมาก 32 มิลลิเมตร ที่ระยะชัก 60 มิลลิเมตร และ 200 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างกระบอกลมขนาดที่เลือกใช้

Technical Data 3: Theoretical Output Table

Data 3 Theoretical Output

Applicable cylinder: **CJ2, CM2, CG1, CA2, MB, CS1, CS2 Series**

CJ2 Series
(ø6 to ø16)



Double Acting Cylinder

Bore size (mm)	Rod size (mm)	Operating direction	Piston area (mm ²)	Operating pressure (MPa)											
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0			
6	3	OUT	28.3	5.66	8.49	11.3	14.2	17.0	19.8	—	—	—	—	—	—
		IN	21.2	4.24	6.36	8.48	10.6	12.7	14.8	—	—	—	—	—	—
10	4	OUT	78.5	15.7	23.6	31.4	39.3	47.1	55.0	—	—	—	—	—	—
		IN	60.0	12.0	18.0	24.0	30.0	36.0	42.0	—	—	—	—	—	—
16	5	OUT	204	40.8	61.2	81.6	102	122	141	—	—	—	—	—	—
		IN	161	32.2	48.3	64.4	80.5	96.6	112.7	—	—	—	—	—	—
20	8	OUT	314	62.8	94.2	125.6	157	188	220	251	283	314	—	—	—
		IN	234	46.8	69.2	91.6	114	136	158	180	202	224	—	—	—
25	10	OUT	491	98.2	147	196	245	295	344	393	442	491	—	—	—
		IN	412	82.4	124	165	206	247	288	330	371	412	—	—	—
32	12	OUT	784	156.8	235.2	313.6	392	470	549	628	707	786	—	—	—
		IN	691	138.2	207	276	345	415	484	553	622	691	—	—	—
40	14	OUT	1256	251.2	376.8	502.4	628	753.6	879.2	1004.8	1130.4	1256	—	—	—
		IN	1109	221.8	332.7	443.6	554.5	665.4	776.3	887.2	998.1	1109	—	—	—
50	20	OUT	1960	392	588	784	980	1176	1372	1568	1764	1960	—	—	—
		IN	1650	330	495	660	825	990	1155	1320	1485	1650	—	—	—
63	20	OUT	3136	627.2	940.8	1254.4	1568	1881.6	2195.2	2508.8	2822.4	3136	—	—	—
		IN	2620	524	786	1048	1310	1572	1834	2096	2358	2620	—	—	—
80	25	OUT	5024	1004.8	1507.2	2009.6	2512	3014.4	3516.8	4019.2	4521.6	5024	—	—	—
		IN	4540	908	1362	1816	2270	2724	3178	3632	4086	4540	—	—	—
100	30	OUT	7840	1568	2352	3136	3920	4704	5488	6272	7056	7840	—	—	—
		IN	7150	1430	2145	2860	3575	4290	5005	5720	6435	7150	—	—	—
125	32	OUT	12300	2460	3690	4920	6150	7380	8610	9840	11070	12300	—	—	—
		IN	11500	2300	3450	4600	5750	6900	8050	9200	10350	11500	—	—	—
140	32	OUT	11900	2380	3570	4760	5950	7140	8330	9520	10710	11900	—	—	—
		IN	10500	2100	3150	4200	5250	6300	7350	8400	9450	10500	—	—	—
160	36	OUT	15400	3080	4620	6160	7700	9240	10780	12320	13860	15400	—	—	—
		IN	14400	2880	4320	5760	7200	8640	10080	11520	12960	14400	—	—	—
180	40	OUT	20100	4020	6030	8040	10050	12060	14070	16080	18090	20100	—	—	—
		IN	18000	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400	16200	18000	—	—	—
200	45	OUT	25000	5000	7500	10000	12500	15000	17500	20000	22500	25000	—	—	—
		IN	22900	4580	6870	9160	11450	13740	16030	18320	20610	22900	—	—	—
250	60	OUT	49100	9820	14730	19640	24550	29460	34370	39280	44190	49100	—	—	—
		IN	45300	9060	13590	18120	22650	27180	31710	36240	40770	45300	—	—	—
300	70	OUT	70700	14140	21210	28280	35350	42420	49490	56560	63630	70700	—	—	—
		IN	65900	13180	19770	26360	32950	39540	46130	52720	59310	65900	—	—	—

รูปที่ 3.2 ค่าการเลือกกระบอกลมยี่ห้อ SMC

3.1.4.3 การเลือกบานพับ

การเลือกบานพับ จะเลือกบานพับที่สามารถรับน้ำหนักของแผ่นพับและแผ่นซีพอร์ดได้ดี โดยแผ่นพับและซีพอร์ดรวมกันมีน้ำหนักอยู่ที่ 0.6 กิโลกรัม จึงควรเลือกบานพับที่สามารถรับน้ำหนักได้มากกว่าน้ำหนักดังกล่าวขึ้นไป



รูปที่ 3.3 บานพับที่เลือกใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4.4 การเลือกอุปกรณ์ยึด Swing Arm

การเลือกอุปกรณ์ยึด Swing Arm แบ่งเป็น 2 ชั้นส่วนคือ สำหรับยึด Swing Arm กับ กระจบกลมและยึด Swing Arm กับส่วนแผ่นพับ โดยการยึด Swing Arm กับกระจบกลมนั้น โดยปกติจะใช้ตัวยึดกระจบกลม U joint ในการยึด แต่เนื่องจากไม่สามารถหาชิ้นส่วนที่มีขนาดเกลียวตรงกับปลายก้านกระจบกลมได้ จึงใช้วิธีการสร้างตัวยึดขึ้นมาเอง และในส่วนของการใช้ชิ้นส่วนยึด Swing Arm กับส่วนแผ่นพับ ทำการนำตัวยึดที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไปมาประยุกต์ใช้เช่นกัน



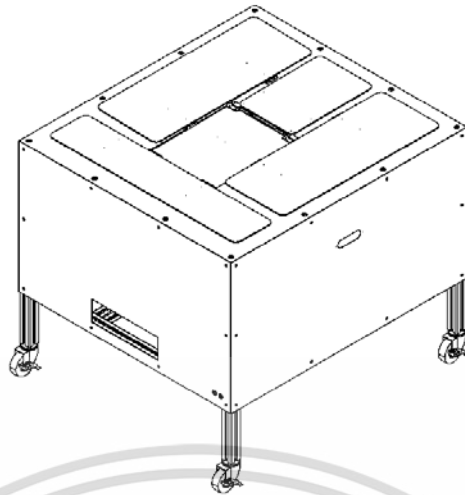
รูปที่ 3.4 ชิ้นส่วนตัวยึดทั้งสอง

3.1.4.5 การเลือกล้อฐานเครื่อง

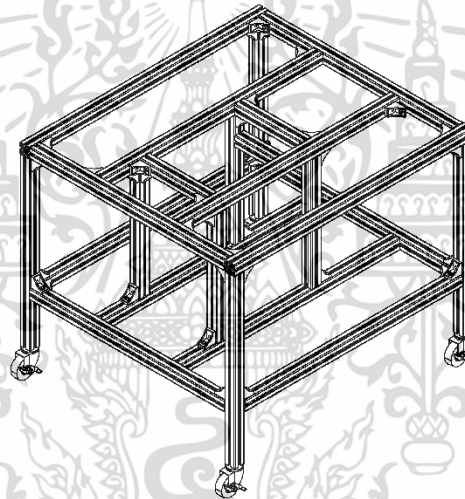
ล้อเป็นอีกชิ้นส่วนสำคัญที่สามารถอำนวยความสะดวกในการทำงานได้ โดยพิจารณาจากลักษณะการทำงานของพนักงาน บริเวณพื้นที่ใช้สอย ซึ่งได้ทำการเลือกล้อเลื่อนมีล้อเบรกเข้ามาใช้ เนื่องจากโดยส่วนมากงานมักทำอยู่กับที่จึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องเคลื่อนย้ายบ่อย ๆ สามารถตั้งล้อคไม่ให้เคลื่อนที่ได้ และหากต้องที่จะย้ายพื้นที่ทำงานก็สามารถเคลื่อนย้ายได้ตามต้องการ

3.1.5 ออกแบบโครงสร้างเครื่องพับเสื้อด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

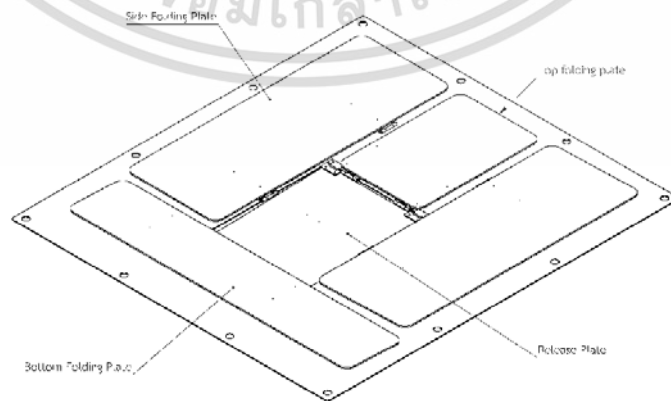
โครงสร้างและกลไกการทำงานของเครื่องพับเสื้อถูกออกแบบด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ คือ โปรแกรม Solidworks® โดยรายละเอียดของชิ้นส่วนต่าง ๆ จะอยู่ในภาคผนวก ซึ่งการออกแบบเครื่องพับเสื้อประกอบไปด้วย โครงเครื่องพับเสื้อ, แผ่นโครงประกอบ 5 แผ่น แผ่นพับ 5 แผ่น แผ่นซัพพอร์ต 5 แผ่น Swing Arm 5 ชั้น และกระจบกลม 5 กระจบ



รูปที่ 3.5 เครื่องพับเสื้อ

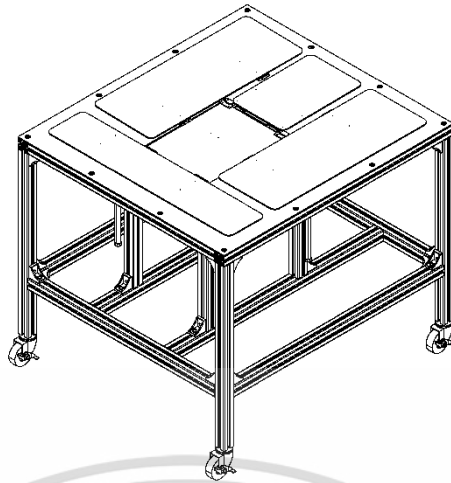


รูปที่ 3.6 โครงเครื่องพับเสื้อ



รูปที่ 3.7 ส่วนประกอบในกระบวนการพับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



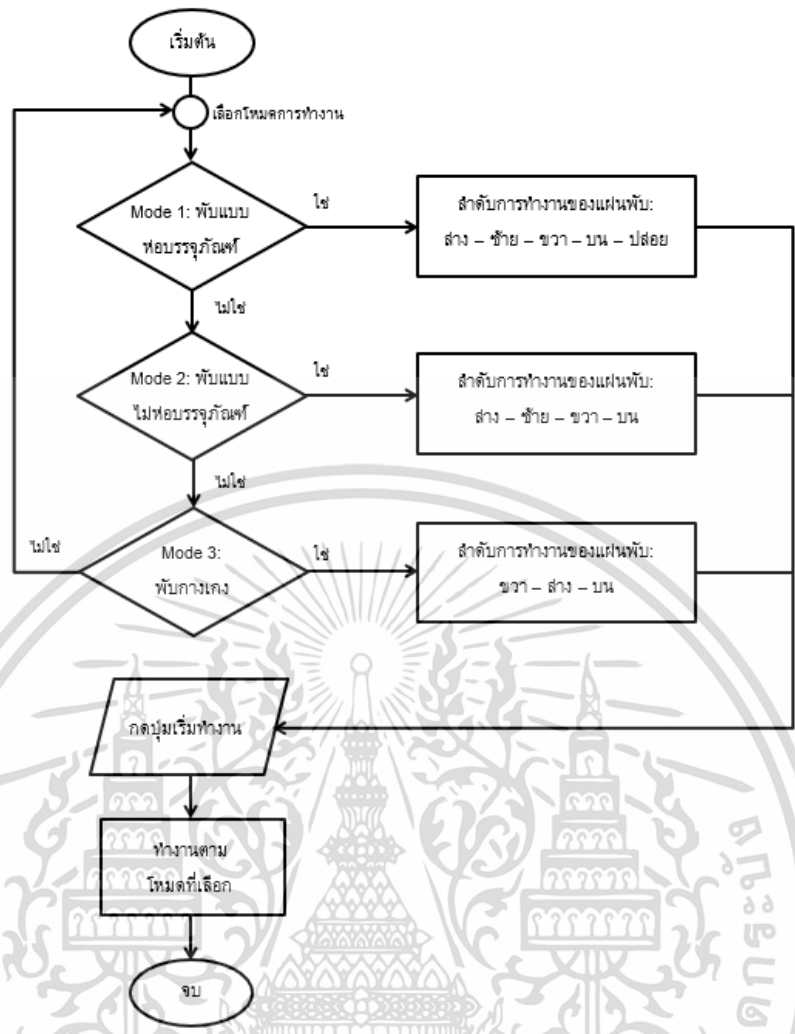
รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบกลไกในการพับเสื่อ

3.1.6 การออกแบบการทำงานของกระบอกลม

การออกแบบการทำงานของกระบอกลมโดยเขียนแบบวงจรมและจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม FluidSIM® โดยการทำงานในส่วนระบบนิวแมติกส์ของเครื่องพับเสื่อประกอบด้วยแหล่งจ่ายลม (ปั๊มลม) โซลินอยด์วาล์ว กระบอก 5 ตัว และกระบอกลม 5 2/5

3.1.7 ขั้นตอนการออกแบบการทำงานร่วมกับระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

การออกแบบการทำงานร่วมกับระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์คือ โปรแกรม CX-Programmer® ให้มีหลักการการทำงานตามรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แผนภาพการไหลของการทำงานในกระบวนการพับเสื้อ

3.2 ขั้นตอนการสร้าง

ส่วนประกอบของเครื่องพับเสื้อมีบางส่วนที่ต้องทำการออกแบบและจัดทำขึ้นมาเอง ประกอบไปด้วย Swing Arm แผ่นพับ แผ่นซัพพอร์ต และแผ่นโครงประกอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.2.1 Swing Arm

Swing Arm เป็นส่วนประกอบสำคัญในกลไกการพับของตัวเครื่อง เลือกใช้วัสดุเป็นสแตนเลสความหนา 5 มิลลิเมตร โดยทำการออกแบบให้มีความโค้งเป็น 1 ใน 4 ของวงกลม ซึ่งหลักการทำงานคือ เมื่อกระบอกลมทำการดันก้านสูบขึ้นไปข้างบน ส่งผลให้ Swing Arm และส่วนแผ่นพับถูกดันขึ้นไปพร้อมกัน ซึ่งบานพับที่ติดอยู่กับจุดหมุนของส่วนแผ่นพับจะเป็นตัวบังคับทิศทางของแผ่นพับเป็นลำดับถัดไป การออกแบบ Swing Arm ให้มีความโค้งจึงมีความจำเป็น เพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นส่วนชนเข้ากับส่วนอื่น ซึ่งจะขัดต่อการทำงานของกลไกได้ ในการออกแบบประกอบไปด้วย Swing Arm 5 ชิ้น ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Swing Arm ระยะเวลา 91.92 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น สำหรับกลไกการพับด้านข้างและด้านบน
2. Swing Arm ระยะเวลา 70.71 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น สำหรับกลไกการพับด้านล่าง
3. Swing Arm ระยะเวลา 84.85 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น สำหรับกลไกการปล่อยเสื้อ



รูปที่ 3.10 Swing Arm ทั้ง 3 ขนาด

3.2.2 แผ่นพับ

แผ่นพับเป็นส่วนที่ใช้ในกระบวนการพับเสื้อ เลือกใช้วัสดุ ABS ความหนา 3 มิลลิเมตร โดยขนาดที่กำหนดอ้างอิงมาจากโมเดลจำลองที่ใช้ทดสอบกระบวนการพับ โดยเป็นขนาดที่ใช้สำหรับการพับใส่ถุงขนาด 10x14 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ในเครื่องพับผ้า 1 เครื่องจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนในการพับ 5 ชิ้น มีรายละเอียดดังนี้

1. แผ่นพับด้านบน (ช่วงบนเสื้อ) จำนวน 1 แผ่น
2. แผ่นพับด้านข้าง (ช่วงแขนเสื้อ) จำนวน 2 แผ่น
3. แผ่นพับด้านล่าง (ช่วงชายเสื้อ) จำนวน 1 แผ่น
4. แผ่นสำหรับปล่อยเสื้อ 1 แผ่น



รูปที่ 3.11 โมเดลจำลองแผ่นพับเสื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ขณะทำแผ่นพับเสื้อ



รูปที่ 3.13 แผ่นพับเสื้อ

3.2.3 แผ่นซัพพอร์ต

ชิ้นส่วนถูกสร้างมาเพื่อตอบสนองการใช้งานแผ่นพับเสื้อ เพื่อให้สามารถเปลี่ยนขนาดแผ่นพับเสื้อตามความต้องการ โดยสามารถออกแบบระยะในการยึดกับแผ่นพับได้ เป็นตัวช่วยสำหรับพัฒนาเครื่องในอนาคต มีทั้งหมด 4 แผ่นดังนี้

1. แผ่นซัพพอร์ตสำหรับแผ่นพับด้านข้าง 2 ชิ้น
2. แผ่นซัพพอร์ตสำหรับแผ่นพับด้านบน 1 ชิ้น
3. แผ่นซัพพอร์ตสำหรับแผ่นพับด้านล่าง 1 ชิ้น



รูปที่ 3.14 แผ่นซีพพอร์ตทุกขนาด

3.2.4 แผ่นโครงประกอบ

ชิ้นส่วนนี้ทำจากสแตนเลสโดยแบ่งเป็น ความหนา 2 มิลลิเมตร สำหรับแผ่นด้านบนและ 1 มิลลิเมตร สำหรับแผ่นด้านข้าง ทำหน้าที่ยึดชิ้นส่วนอื่น ๆ โดยมีหน้าที่แตกต่างกันไปในแต่ละแผ่น มีทั้งหมด 5 แผ่นดังนี้

1. แผ่นโครงด้านบน สำหรับยึดกับกลไกแผ่นพับ
2. แผ่นโครงด้านข้างฝั่งหน้า สำหรับยึดกับสวิตช์ควบคุมการทำงานตัวเครื่อง
3. แผ่นโครงด้านข้างฝั่งซ้าย สำหรับปิดครอบทั่วไป
4. แผ่นโครงด้านข้างฝั่งขวา สำหรับยึดกับมือจับ ใช้ในการถอดเพื่อทำการบำรุงรักษาหรือเปลี่ยนอุปกรณ์
5. แผ่นโครงด้านข้างฝั่งหลัง สำหรับเป็นช่องทางปล่อยเสื่อ สายลม และปลั๊กไฟ



รูปที่ 3.15 แผ่นโครงประกอบด้านบนพร้อมยึดกับชิ้นส่วนกลไกการพับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แผ่นโครงด้านข้าง

3.2.5 การประกอบส่วนประกอบนิวแมติกส์และระบบอัตโนมัติ

เป็นการประกอบในส่วนประกอบวงจรลมและระบบควบคุมอัตโนมัติ ใช้แผงควบคุมเพื่อตั้งระบบเข้ากับตัวเครื่องให้สามารถทำงานให้ได้สมบูรณ์ มีลักษณะดังภาพที่ 3.17

โดยในส่วนของระบบนิวแมติกส์มี อุปกรณ์ควบคุมคุณภาพลมอัด 1 ตัว และโซลินอยด์วาล์ว 5/2 5 ตัว ในส่วนของระบบควบคุมอัตโนมัติมี เบรกเกอร์ เพาเวอร์สวิตช์พลาาย และ PLC อย่างละ 1 ตัว ซึ่งใช้ PLC ทำการควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว สั่งการกระบอกลมให้ทำการในกระบวนการพับ

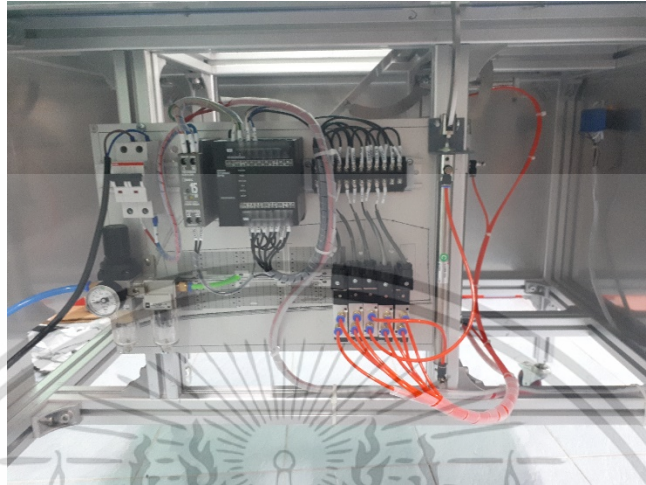


รูปที่ 3.17 ส่วนประกอบแผงควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 การประกอบตัวเครื่องปั๊มเสื่อ

เครื่องปั๊มเสื่อประกอบด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาข้างต้น มีรูปหลังการประกอบดังแสดงในรูปที่ 3.18 และ 3.19



รูปที่ 3.18 ภายในเครื่องปั๊มเสื่อหลังประกอบ



รูปที่ 3.19 เครื่องปั๊มเสื่อประกอบสมบูรณ์

3.3 ขั้นตอนการทดสอบและวัดผล

3.3.1 การทดสอบแรงในการดันกระบอกลม

การทดสอบแรงที่ใช้ในการดันกระบอกลม หลังจากทำการประกอบโครงสร้างเครื่องปั๊มเสื่อในส่วน
ของโครงสร้างและส่วนการปั๊มแล้ว จึงทำการทดสอบแรงที่ใช้ในการดึงแผ่นพับริบจุดหมุน (บาน
พับ) โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบสปริงเกี่ยวเข้ากับเชือกในระยะเวลาที่กระบอกลมดันแผ่นพับขึ้นมา
จากนั้นทำการเก็บค่า ทำการเปรียบจากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ประเมินผลในการ
เลือกขนาดกระบอกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 การทดสอบวัดค่าแรงดันแผงพับ

3.3.2 การทดสอบการทำงานของกระบอกลม

การทดสอบการทำงานของกระบอกลม เป็นการทดสอบว่ากลไกที่ออกแบบสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการหรือไม่ โดยการจ่ายลมเข้าไปในระบบตัวเครื่อง ทดสอบการทำงานด้วยการกดปุ่มที่วาล์วแล้วสังเกตการทำงาน



รูปที่ 3.21 การทดสอบการทำงานของกระบอกลม

3.3.3 ทดสอบการทำงานของตัวเครื่องควบคู่กับระบบอัตโนมัติ

การทดสอบคู่กับระบบอัตโนมัติโดยการนำโปรแกรมที่เขียนไว้ส่งออกสู่ PLC จากนั้นทดลองระบบการทำงานกับตัวเครื่อง เพื่อหาโปรแกรมที่สามารถรองรับฟังก์ชันในการทำงานที่ต้องการมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

การวัดผลการดำเนินงาน เป็นการทดลองเพื่อหาค่าแรงที่ต้องใช้ในการดันกระบอกลม โดยเป็นผลการทดลองจากแผ่นพับทั้งหมด 4 ชิ้นส่วน ดังนี้

4.1 ผลการทดลองคำนวณหาแรงที่ใช้ในการดันแผ่นพับ

การทดลองหาแรงสำหรับการดันแผ่นพับ ทำโดยการออกแบบและเก็บบันทึกค่ามุมที่แผ่นพับกระทำกับแนวระดับจากโปรแกรม Solidworks® นำมาคำนวณหาแรงในการดัน ที่ความเร็วกระบอกลมเท่ากับ 0.2 เมตรต่อวินาที โดยการนำค่าแรงบิดสูงสุดที่ใช้ในการพับมาหาค่าแรงที่ใช้จากสมการที่ 2.3 เพื่อเป็นการช่วยในการตัดสินใจต่อการเลือกใช้นาตกระบอกลม ได้ผลลัพธ์ดังนี้

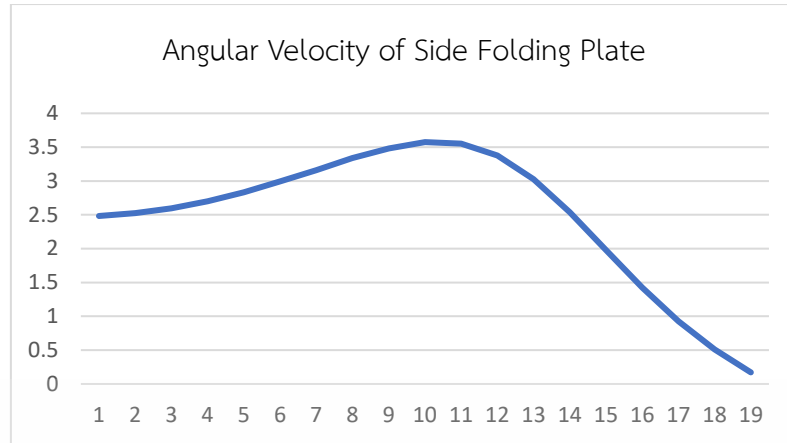
4.1.1 แผ่นพับด้านข้าง

การทดลองด้วยกระบอกลมระยะชัก 200 มิลลิเมตร

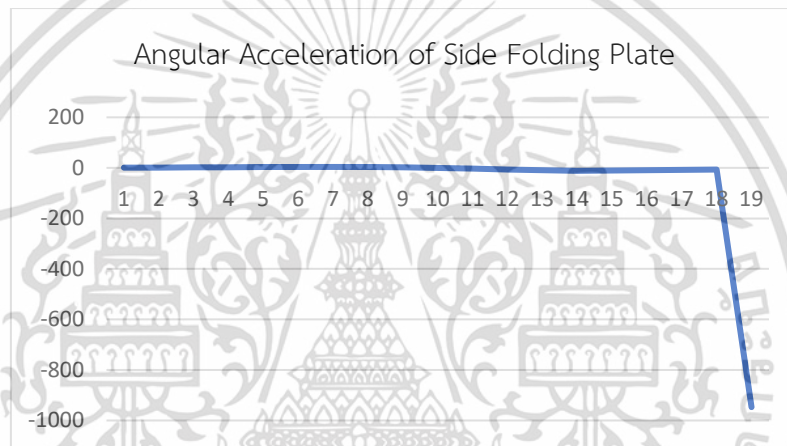
ตารางที่ 4.1 ผลการคำนวณค่าเพื่อหาแรงดันของกระบอกลมของแผ่นพับด้านข้าง

ระยะชัก (มิลลิเมตร)	มุม (องศา)	มุม (เรเดียน)	ความเร็วเชิงมุม (เรเดียน/วินาที)	ความเร่งเชิงมุม (เรเดียน/วินาที ²)	แรงบิด (นิวตันเมตร)
0	0	0	2.53	-0.34	-0.50
10	7.27	0.12	2.52	1.32	1.93
20	14.49	0.25	2.58	1.95	2.85
30	21.9	0.38	2.68	2.51	3.66
40	29.59	0.51	2.81	2.86	4.17
50	37.64	0.65	2.95	3.14	4.58
60	46.1	0.80	3.11	3.07	4.48
70	55.01	0.96	3.26	2.58	3.76
80	64.36	1.12	3.39	1.39	2.03
90	74.08	1.29	3.46	-0.62	-0.91
100	84	1.46	3.43	-3.49	-5.09
110	93.83	1.63	3.25	-6.56	-9.57
120	103.16	1.80	2.92	-9.14	-13.34
130	111.55	1.94	2.47	-10.40	-15.18
140	118.63	2.07	1.95	-10.54	-15.38
150	124.22	2.16	1.42	-9.42	-13.75
160	128.3	2.23	0.95	-8.09	-11.81
170	131.03	2.28	0.54	-6.63	-9.67
180	132.6	2.31	0.21	-934.50	-1363.65
190	133.22	2.32	-46.50	930.17	1357.34

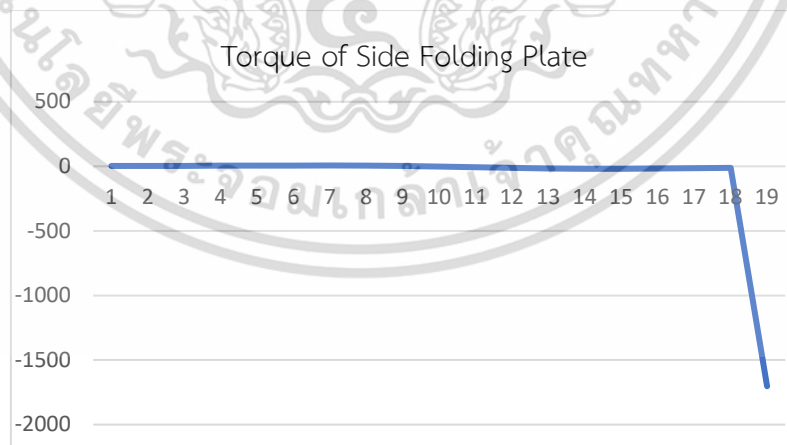
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟความเร็วเชิงมุมของแผ่นพับด้านข้าง



รูปที่ 4.2 กราฟความเร่งเชิงมุมของแผ่นพับด้านข้าง



รูปที่ 4.3 กราฟแรงบิดของแผ่นพับด้านข้าง

จากผลการทดลอง เมื่อนำแรงบิดสูงสุด (ค่าบวก) มาคำนวณหาแรงที่ใช้ในการดัน ได้แรงมีค่าเท่ากับ 85.93 นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

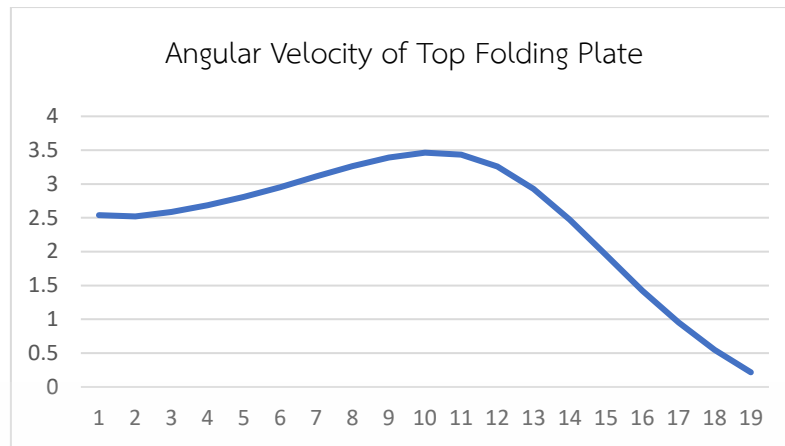
4.1.2 แผ่นพับด้านบน

การทดลองด้วยกระบอกลมระยะชัก 200 มิลลิเมตร

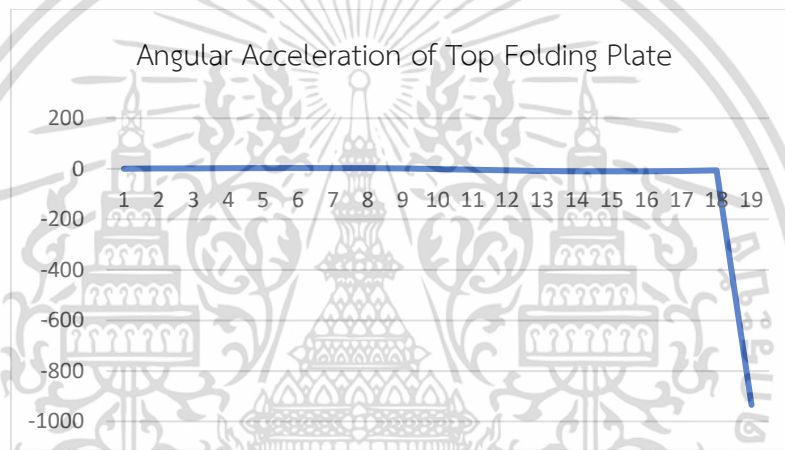
ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณค่าเพื่อหาแรงดันของกระบอกลมของแผ่นพับด้านบน

ระยะชัก (มิลลิเมตร)	มุม (องศา)	มุม (เรเดียน)	ความเร็วเชิงมุม (เรเดียน/วินาที)	ความเร่งเชิงมุม (เรเดียน/วินาที ²)	แรงบิด (นิวตันเมตร)
0	0	0	2.53	-0.34	-0.50
10	7.27	0.12	2.52	1.32	1.93
20	14.49	0.25	2.58	1.95	2.85
30	21.9	0.38	2.68	2.51	3.66
40	29.59	0.51	2.81	2.86	4.17
50	37.64	0.65	2.95	3.14	4.58
60	46.1	0.80	3.11	3.07	4.48
70	55.01	0.96	3.26	2.58	3.76
80	64.36	1.12	3.39	1.39	2.03
90	74.08	1.29	3.46	-0.62	-0.91
100	84	1.46	3.43	-3.49	-5.09
110	93.83	1.63	3.25	-6.56	-9.57
120	103.16	1.80	2.92	-9.14	-13.34
130	111.55	1.94	2.47	-10.40	-15.18
140	118.63	2.07	1.95	-10.54	-15.38
150	124.22	2.16	1.42	-9.42	-13.75
160	128.3	2.23	0.95	-8.09	-11.81
170	131.03	2.28	0.54	-6.63	-9.67
180	132.6	2.31	0.21	-934.50	-1363.65
190	133.22	2.32	-46.50	930.17	1357.34

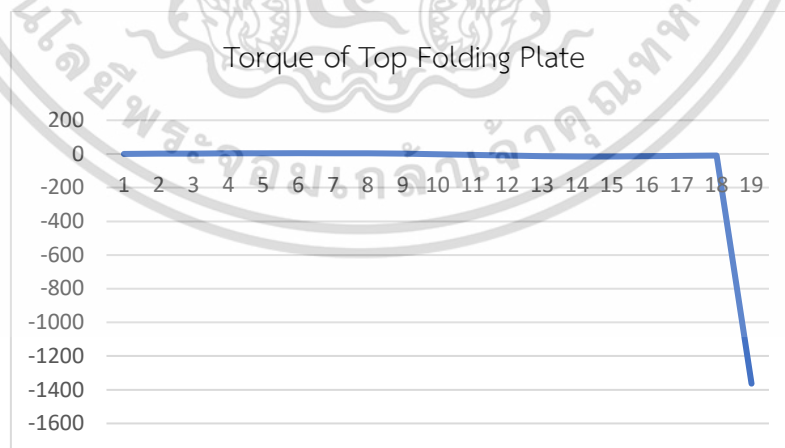
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟความเร็วเชิงมุมของแผ่นพับด้านบน



รูปที่ 4.5 กราฟความเร่งเชิงมุมของแผ่นพับด้านบน



รูปที่ 4.6 กราฟแรงบิดของแผ่นพับด้านบน

จากผลการทดลอง เมื่อนำแรงบิดสูงสุด (ค่าบวก) มาคำนวณหาแรงที่ใช้ในการดัน ได้แรงมีค่า

เท่ากับ 59.93 นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

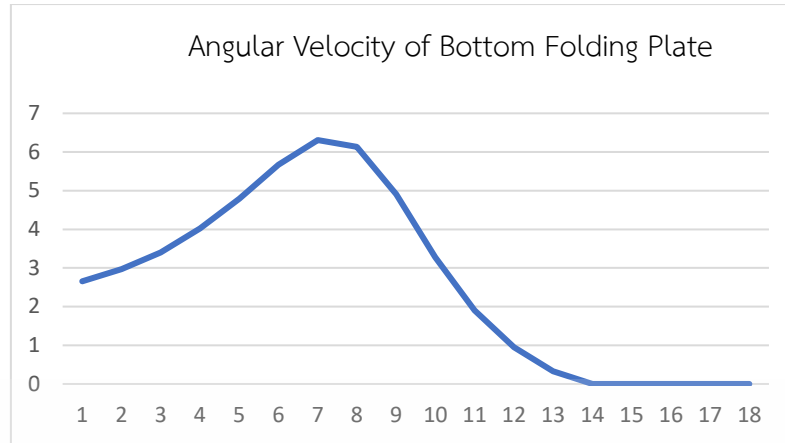
4.1.3 แผ่นพับด้านล่าง

การทดลองด้วยกระบอกลมระยะชัก 200 มิลลิเมตร

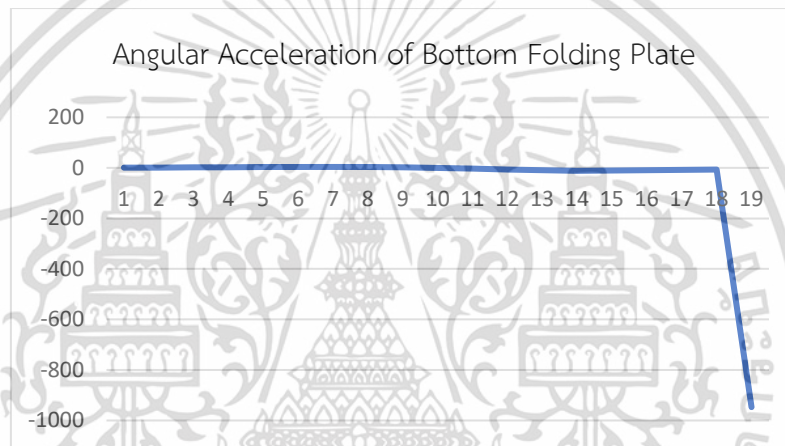
ตารางที่ 4.3 ผลการคำนวณค่าเพื่อหาแรงดันของกระบอกลมของแผ่นพับด้านล่าง

ระยะชัก (มิลลิเมตร)	มุม (องศา)	มุม (เรเดียน)	ความเร็วเชิงมุม (เรเดียน/วินาที)	ความเร่งเชิงมุม (เรเดียน/วินาที ²)	แรงบิด (นิวตันเมตร)
0	0	0	2.51	2.93	2.17
10	7.19	0.12	2.65	6.21	4.61
20	14.8	0.25	2.96	8.58	6.37
30	23.3	0.40	3.39	12.42	9.22
40	33.03	0.57	4.01	15.43	11.45
50	44.54	0.77	4.78	17.66	13.11
60	58.26	1.01	5.67	12.70	9.43
70	74.51	1.30	6.30	-3.56	-2.64
80	92.58	1.61	6.13	-24.43	-18.14
90	110.14	1.92	4.90	-32.67	-24.26
100	124.2	2.16	3.27	-27.44	-20.37
110	133.58	2.33	1.90	-19.13	-14.20
120	139.03	2.42	0.94	-12.42	-9.22
130	141.74	2.47	0.32	-6.49	-4.82
140	142.67	2.49	0	0	0
150	142.67	2.49	0	0	0
160	142.67	2.49	0	0	0
170	142.67	2.49	0	0	0
180	142.67	2.49	0	0	0
190	142.67	2.49	0	0	0

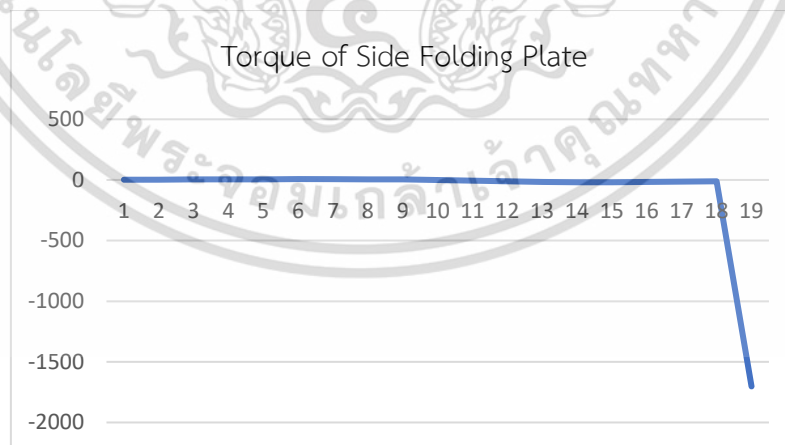
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟความเร็วเชิงมุมของแผ่นพับด้านล่าง



รูปที่ 4.8 กราฟความเร่งเชิงมุมของแผ่นพับด้านล่าง



รูปที่ 4.9 กราฟแรงบิดของแผ่นพับด้านล่าง

จากผลการทดลอง เมื่อนำแรงบิดสูงสุด (ค่าบวก) มาคำนวณหาแรงที่ใช้ในการดัน ได้แรงมีค่าเท่ากับ 375.86 นิวตัน

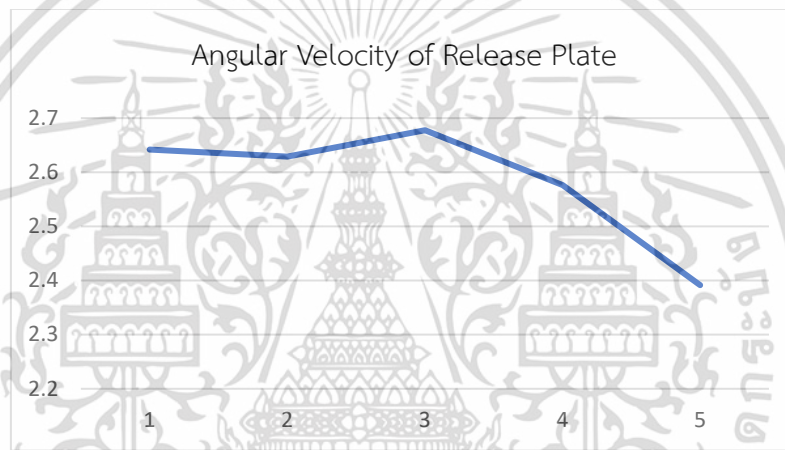
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 แผ่นสำหรับปล่อยผ้า

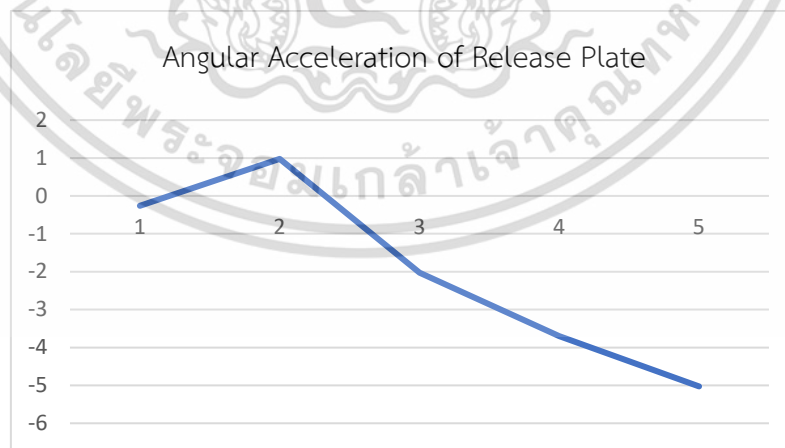
การทดลองด้วยกระบอกลมระยะชัก 60 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณค่าเพื่อหาแรงดันของกระบอกลมของแผ่นสำหรับปล่อยผ้า

ระยะชัก (มิลลิเมตร)	มุม (องศา)	มุม (เรเดียน)	ความเร็วเชิงมุม (เรเดียน/วินาที)	ความเร่งเชิงมุม (เรเดียน/วินาที ²)	แรงบิด (นิวตันเมตร)
0	0	135.64	2.36	2.64	-0.26
10	10	143.19	2.49	2.62	0.97
20	20	150.72	2.63	2.67	-2.02
30	30	158.39	2.76	2.57	-3.70
40	40	165.77	2.89	2.39	-5.02
50	50	172.62	3.01	2.14	-1290.87

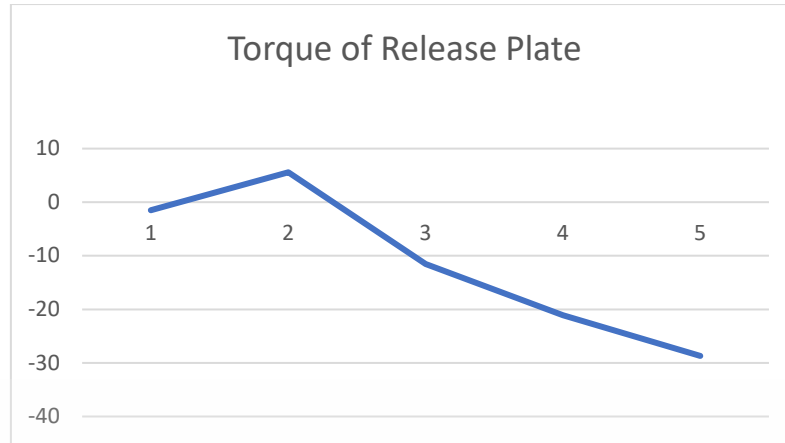


รูปที่ 4.10 กราฟความเร็วเชิงมุมของแผ่นสำหรับปล่อยผ้า



รูปที่ 4.11 กราฟความเร่งเชิงมุมของแผ่นสำหรับปล่อยผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 กราฟแรงบิดของแผ่นสำหรับปล่อยผ้า

จากผลการทดลอง เมื่อนำแรงบิดสูงสุด (ค่าบวก) มาคำนวณหาแรงที่ใช้ในการดัน ได้แรงมีค่าเท่ากับ 74.89 นิวตัน

สรุปผลจากการทดลอง พบว่าแรงในการดันของกระบอกลม มีดังนี้ สำหรับแผ่นพับด้านข้าง 85.93 นิวตัน สำหรับแผ่นด้านบน 59.93 นิวตัน สำหรับแผ่นพับด้านล่าง 375.86 นิวตัน และสำหรับแผ่นปล่อยผ้า 74.89 นิวตัน

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลและการอภิปรายผลของปฏิญานิพนธ์เรื่องการศึกษากระบวนการพัฒนาเครื่องปั๊มเสื่อ และข้อเสนอแนะโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การสรุปผลการดำเนินงาน
2. ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เป็น การศึกษากระบวนการพัฒนาเครื่องปั๊มเสื่อ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของบริษัท 7th Street ในการออกแบบและสร้างเครื่องปั๊มเสื่อในกระบวนการบรรจุหรือจัดเก็บสินค้าเพื่อลดเวลาหรือจำนวนพนักงานในการทำงานให้น้อยลง โดยการนำระบบอัตโนมัติ (Automation) เข้ามาประยุกต์ใช้ร่วมกันขึ้นงาน

ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาวิธีการออกแบบโครงสร้างเครื่องปั๊มเสื่อ โดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์: Solidworks® เข้ามาช่วยในการออกแบบจำลองการทำงานของกลไกการปั๊ม สร้างแบบจำลองเครื่องปั๊มเสื่อทดสอบและปรับแก้กลไก จากนั้นจึงพัฒนาการทำงานร่วมกับระบบอัตโนมัติ โดยใช้ PLC ควบคุมการทำงานของตัวเครื่องด้วยโปรแกรม: CX-Programmer® ซึ่งผลที่ได้จากการดำเนินงานพบว่า

1. เครื่องปั๊มเสื่อมีขนาดความกว้าง 850 มิลลิเมตร ยาว 945 มิลลิเมตร และสูง 810 มิลลิเมตร
2. กระจบกลมที่เลือกใช้ในเครื่องปั๊มเสื่อมีขนาด Bore size 16 ความยาวช่วงชัก 60 มิลลิเมตร จำนวน 1 กระจบกลม และ 200 มิลลิเมตร จำนวน 4 กระจบกลม
3. เครื่องปั๊มเสื่อสามารถทำงานได้ 3 วิธี แบ่งเป็น วิธีการปั๊มเสื่อแบบไม่ห่อบรรจุภัณฑ์ แบบห่อบรรจุภัณฑ์ และปั๊มผ้าชนิดอื่นแบบไม่ห่อบรรจุภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากสถานการณ์โรคระบาดโควิด-19 ที่กำลังเกิดขึ้นในปัจจุบัน ส่งผลกระทบต่อการทำงาน
ปริญญานิพนธ์ในบางส่วน ในด้านการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ เช่น กระจบกลม วาล์วปรับความเร็วลม และ
อื่น ๆ รวมถึงการสั่งทำชิ้นส่วนในบางชิ้น ทำให้ผู้ทำวิจัยสามารถพัฒนาเครื่องพับเสื้อได้ตาม
วัตถุประสงค์การศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถปรับแก้ให้มีความเสถียรในการทำงานได้มากพอ จึงมี
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมต่อปริญญานิพนธ์ ดังนี้

1. สามารถพัฒนาการออกแบบโครงสร้างเครื่องพับเสื้อ จากการใช้โครงอะลูมิเนียมโปรไฟล์
อาจมีการปรับเปลี่ยนวิธีการสร้าง เช่น ใช้กระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่น (Sheet Metal Forming
Process) โดยอ้างอิงตำแหน่ง ระยะการยึดประกอบชิ้นส่วนจากโครงเครื่องในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นแนวทางในการพัฒนา เพื่อลดจำนวนชิ้นส่วนที่ใช้ และความยุ่งยากในการประกอบ ทั้งยังสามารถ
ลดค่าใช้จ่ายในชิ้นส่วนยึดประกอบเนื่องจากวัสดุมีราคาที่ย่อมเยาขึ้นได้อีกด้วย

2. ในกระบวนการพับเสื้อ ควรเลือกกระจบกลมที่มีระยะชักเหมาะสมกับแผ่นพับแต่ละชิ้น
เพื่อช่วยลดปัญหาแรงสั่นสะเทือนของตัวเครื่องที่เกิดจากการเสียดของก้านสูบที่ยื่นเกินระยะเหวี่ยง
เหมาะสม

3. สามารถเปลี่ยนวัสดุของชิ้นส่วนที่เรียกว่า แผ่นซัพพอร์ตแผ่นพับ (Supporter) จากสแตน
เลสเป็นอะลูมิเนียม หรือออกแบบให้มีตัวแผ่นมีช่องว่างมากขึ้น เพื่อลดน้ำหนักของชิ้นส่วนลงช่วยลด
แรงยกของกระจบกลม

4. ชิ้นส่วนที่เรียกว่า แผ่นพับ (Folding Parts) เป็นชิ้นส่วนที่ต้องผ่านการเหวี่ยงซ้ำไปมา
หลายครั้ง อาจมีการเปลี่ยนวัสดุในการทำจากแผ่น ABS เป็นวัสดุชนิดอื่น เช่น เปลี่ยนเป็นใช้
อะลูมิเนียมหรือพลาสติกชนิดอื่นที่คุณสมบัติแข็งแรงทนทาน ไม่ดัดงอได้ง่าย เพื่อลดการเสียดของ
แผ่นพับในระหว่างการพับเสื้อ

5. ในการทำงานส่วนกระบวนการไหลปัจจุบัน เสื้อเกิดการพลิกกลับหลังไหลออกนอก
ตัวเครื่องแล้วทำให้ได้เสื้อที่มีสภาพไม่เรียบร้อยเท่าที่ควร สามารถปรับเสริมฟังก์ชันการทำงานโดยการ
ติดตั้งเครื่องที่ใช้ในการห่อบรรจุภัณฑ์เข้ากับตัวเครื่อง เพื่อพิจารณาปรับแก้ช่องทางในกระบวนการ
ไหลให้กระบวนการสามารถทำงานได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6. สามารถพัฒนาโปรแกรมการทำงานในกระบวนการพับให้เพิ่มฟังก์ชันการทำงานโดยการ
เปลี่ยนสวิตช์ควบคุมการทำงานให้เหมาะสม เพื่อตอบสนองต่อการใช้งานของผู้ใช้งาน และสามารถ
พับผ้าประเภทอื่นได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศิริชัย ยศวังใจ, (2558). กระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์. เล่มที่ 8: หน้า 133-135
- [2] รศ. รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, (2552). การศึกษางานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: ท้อป. หน้า 195-207
- [3] King Power. ระบบนิวแมติกส์ [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <https://www.kingpowerintersupply.com/17006856/ระบบนิวแมติกส์>
- [4] วิรัช เดชาสิริสิงห์, (2562). มารู้อีกประเภทปั๊มลม และวิธีเลือกใช้ปั๊มลมให้เหมาะกับงาน ตอนที่ 1 [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.thaiprint.org/2019/04/vol120/knowledge120-02/>
- [5] แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3 [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://library.tru.ac.th/images/academic/book/b65840/09chap3.pdf>
- [6] ภัทร พงศ์กิตติคุณ, (2556). นิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- [7] นิวิ & ไฮด์, (2563). วาล์วควบคุมทิศทาง [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://www.ไฮดรอลิก.net/ไฮดรอลิก-ไฮดรอลิก/วาล์วไฮดรอลิก/วาล์วควบคุมทิศทาง.html>
- [8] Trusttep Seaoing, (2563). หลักการทำงาน Pneumatics Control [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://mall.factomart.com/principle-of-pneumatics-control/>
- [9] นิวิ & ไฮด์. รูปแบบของฟิตติ้ง (Fitting) [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://ฟิตติ้ง.net/บทความ/รูปแบบของฟิตติ้ง-fitting.html>
- [10] Thailand Factomart. คู่มือเซอร์กิตเบรกเกอร์. บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด.
- [11] Thailand Factomart. คู่มือสวิตช์ปั๊มวอเตอร์หลาย. บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด.
- [12] Thailand Factomart. อุปกรณ์ตู้คอนโทรล (Control Station Equipment) [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://my.factomart.com/products/push-button-pilot-lamp-industrial-control-station-equipment>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.1 รายการชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องพับเสื้อ

ลำดับที่	ชิ้นส่วน	จำนวน	ชิ้นส่วนที่สร้างเอง
Structure Parts			
1	Aluminum Profile parts size 40x40mm.	23	
2	Caster with Manual Stopper	4	
3	Hinge	10	
4	Top Folding Plate	1	/
5	Side Folding Plate	2	/
6	Bottom Folding Plate	1	/
7	Release Plate	1	/
8	Top Support Plate	1	/
9	Side Support Plate	2	/
10	Bottom Support Plate	1	/
11	Upper Frame Plate	1	/
12	Front Frame Plate	1	/
13	Back Frame Plate	1	/
14	Left Frame Plate	1	/
15	Right Frame Plate	1	/
16	Tabbed Bracket	46	
17	Pre-Assembly T-nuts	97	
18	Post-Assembly T-nuts	40	
19	Hexagon Socket Head Cap Screws M8	92	
20	Screw M8	62	
21	Screw M5	5	
22	Screw M3	36	
23	Nut size M5	10	
24	Washer	10	
25	Swing Arm R 70.71mm.	1	/
26	Swing Arm R 84.85mm.	3	/
27	Swing Arm R 91.92mm.	1	/
28	Equal Angle	5	/
29	Joint for Cylinder and Swing Arm	5	

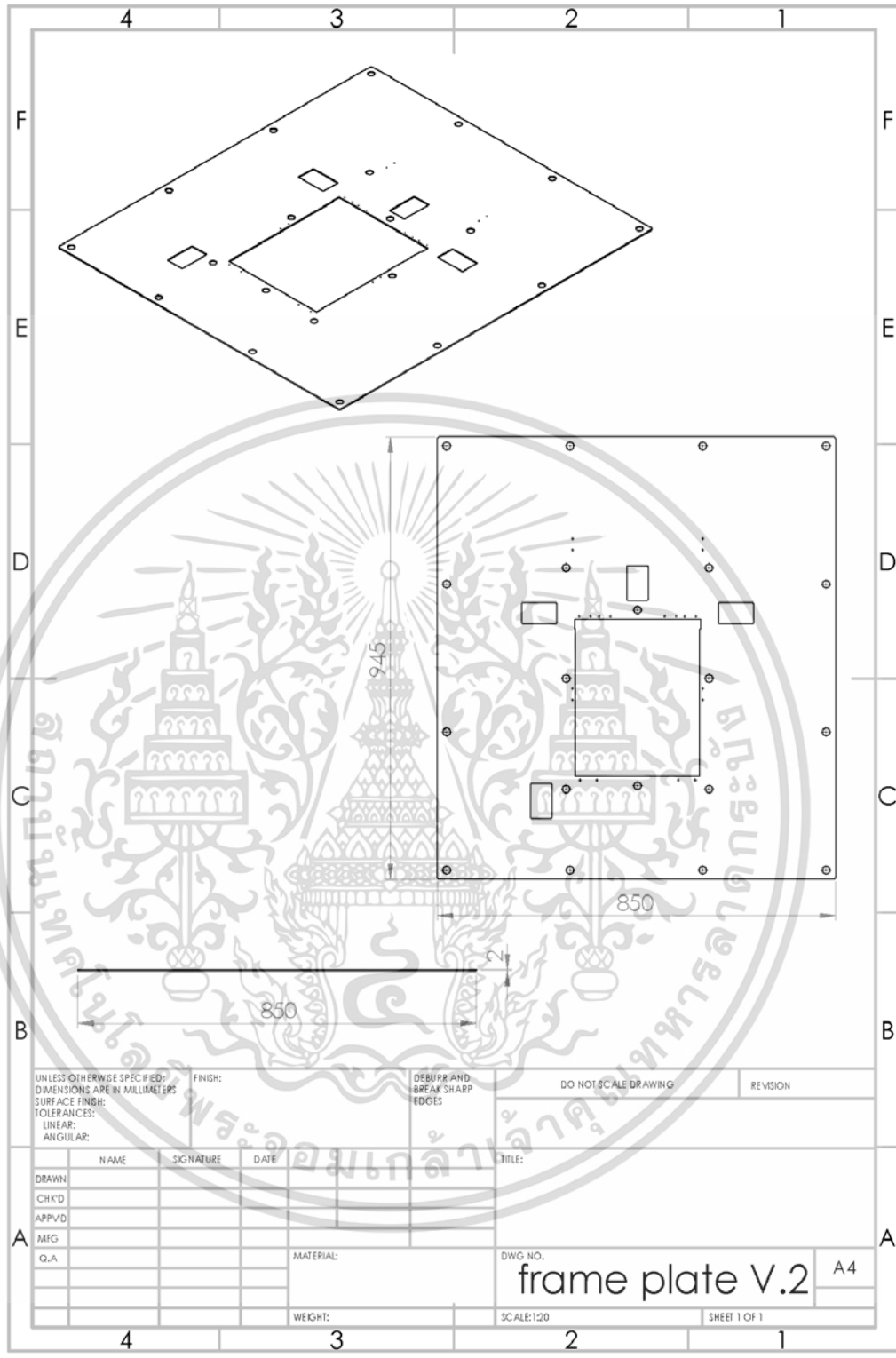
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	ชิ้นส่วน	จำนวน	ชิ้นส่วนที่สร้างเอง
30	Joint for Swing Arm and Supporter	5	
31	Handle	1	
Control and Automation Parts			
32	Aluminum Plate	1	
33	Self-Tapping Screws for Steel	6	
34	Breaker	1	
35	Power Supply	1	
36	PLC: Omron SYSMAC CP1E	1	
37	Terminal Block	12	
38	End Plate	2	
39	Stopper	2	
40	THW (f) cable size 2.5sq.mm.	1	
41	THW (f) cable size 1.5sq.mm.	1	
42	THW (f) cable size 1.0sq.mm.	1	
43	Wire Marker	1	
44	Spiral Wrapping Band	1	
45	Plug	1	
46	Non-Insulated Spade Terminals S 1.25-3S	47	
47	Non-Insulated Spade Terminals S 2-4S	8	
48	Solderless Insulated Ring Terminals-PVC RV 2-4	4	
49	Selector Switch	1	
50	Selector Switch	1	
51	Push Button Switch	1	
Pneumatic Parts			
52	Air Cylinder, Double Acting: Inner Diameter 16mm. Stroke 60mm.	1	
53	Air Cylinder, Double Acting: Inner Diameter 16mm. Stroke 200mm.	4	
54	5/2 Solenoid Valve, Single Coil	5	
55	Speed Control Valve	10	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	ชิ้นส่วน	จำนวน	ชิ้นส่วนที่สร้างเอง
56	Air Silencer	10	
57	Air Combination	1	
58	Thread Type Fitting dia. 8mm.	1	
59	Thread Type Fitting dia. 6mm.	6	
60	Thread Type Fitting dia. 4mm.	10	
61	Thread Type Fitting (T Union) dia. 6mm.	4	
62	Quick Coupler	1	
63	Air Tube dia. 8mm.	1	
64	Air Tube dia. 6mm.	1	
65	Air Tube dia. 4mm.	1	
รวม (ชิ้นต่อ 1 เครื่อง)		620	

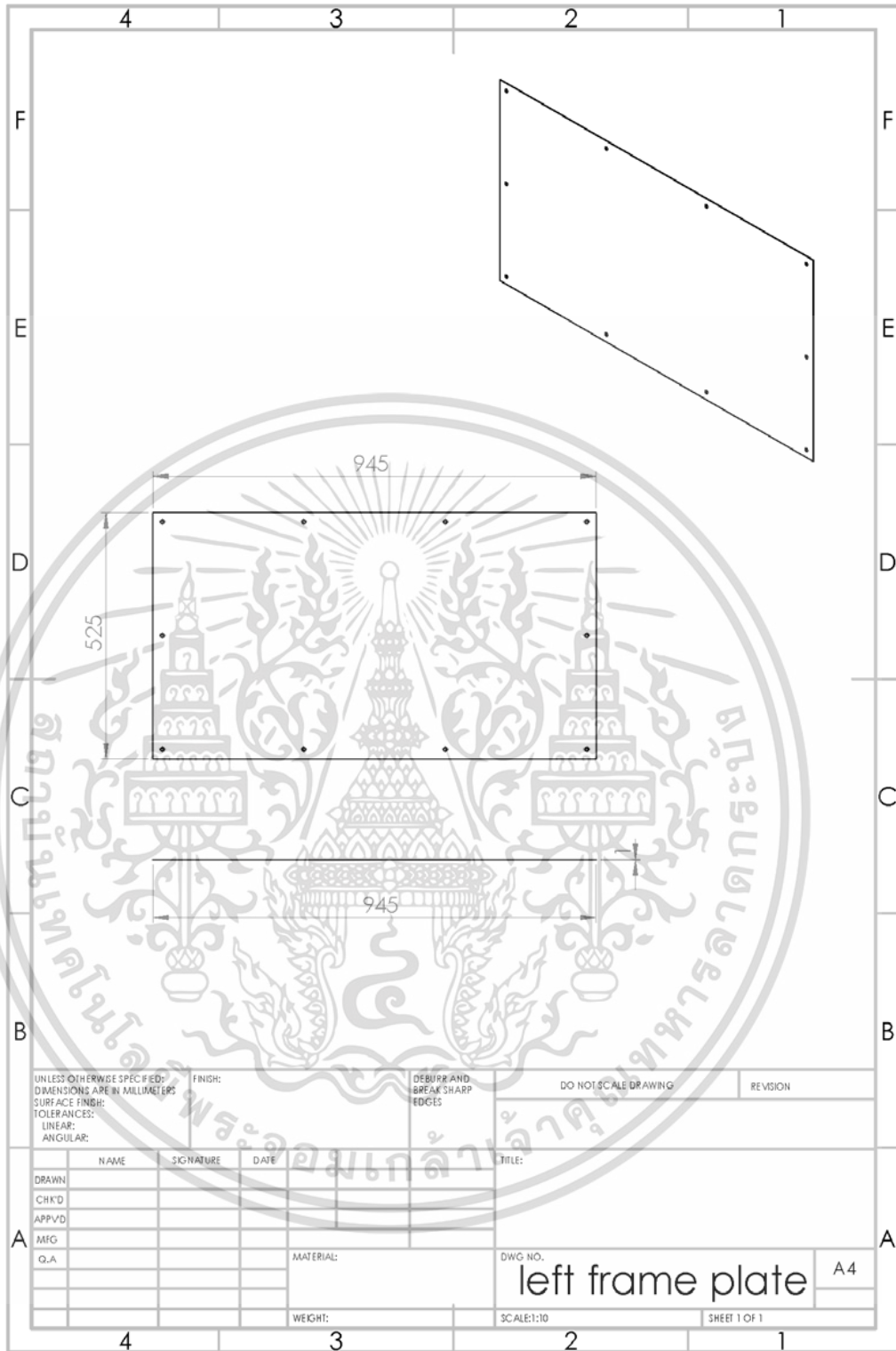
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ1 แบบแผ่นโครงประกอบด้านบน

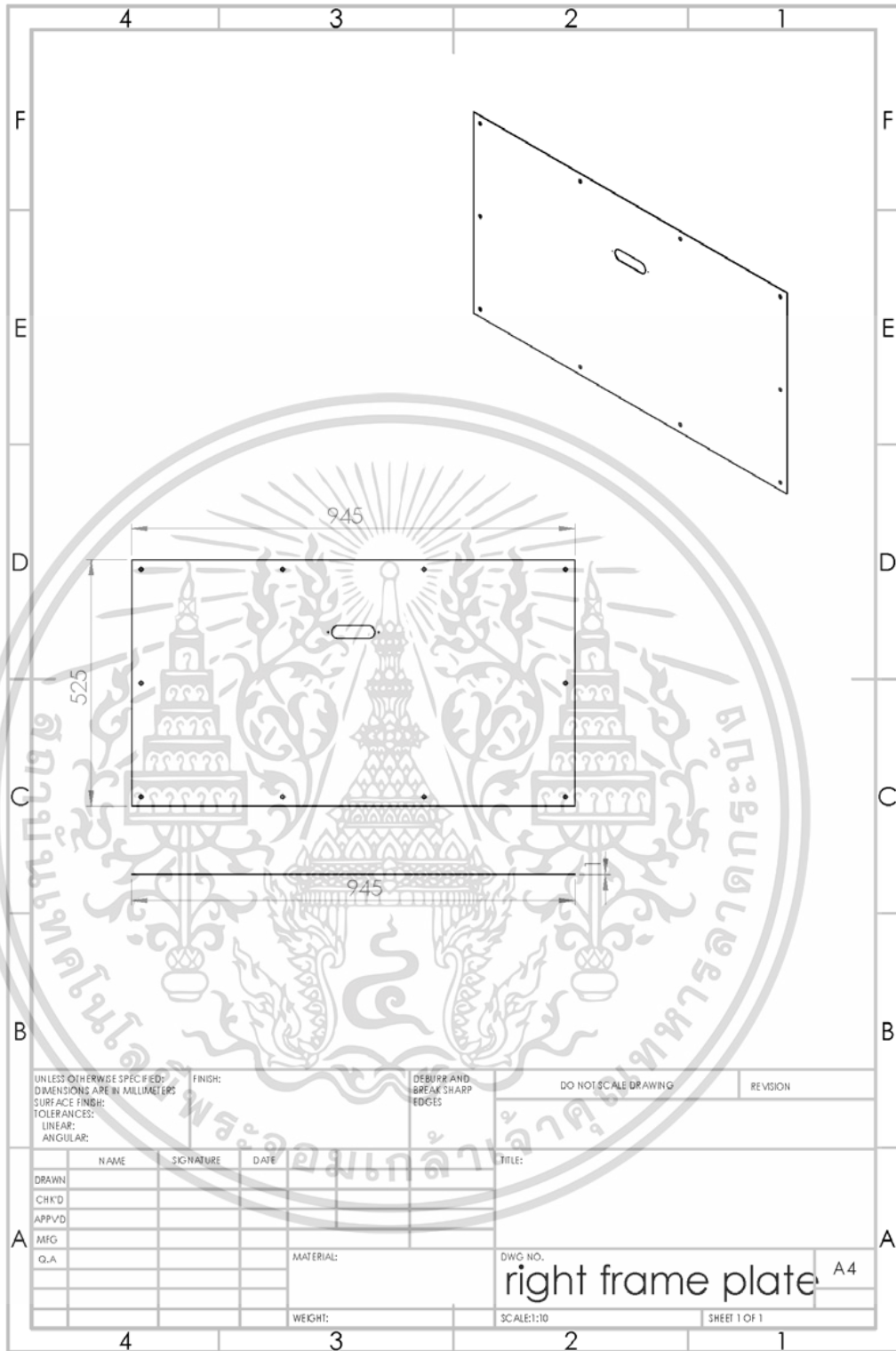
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ4



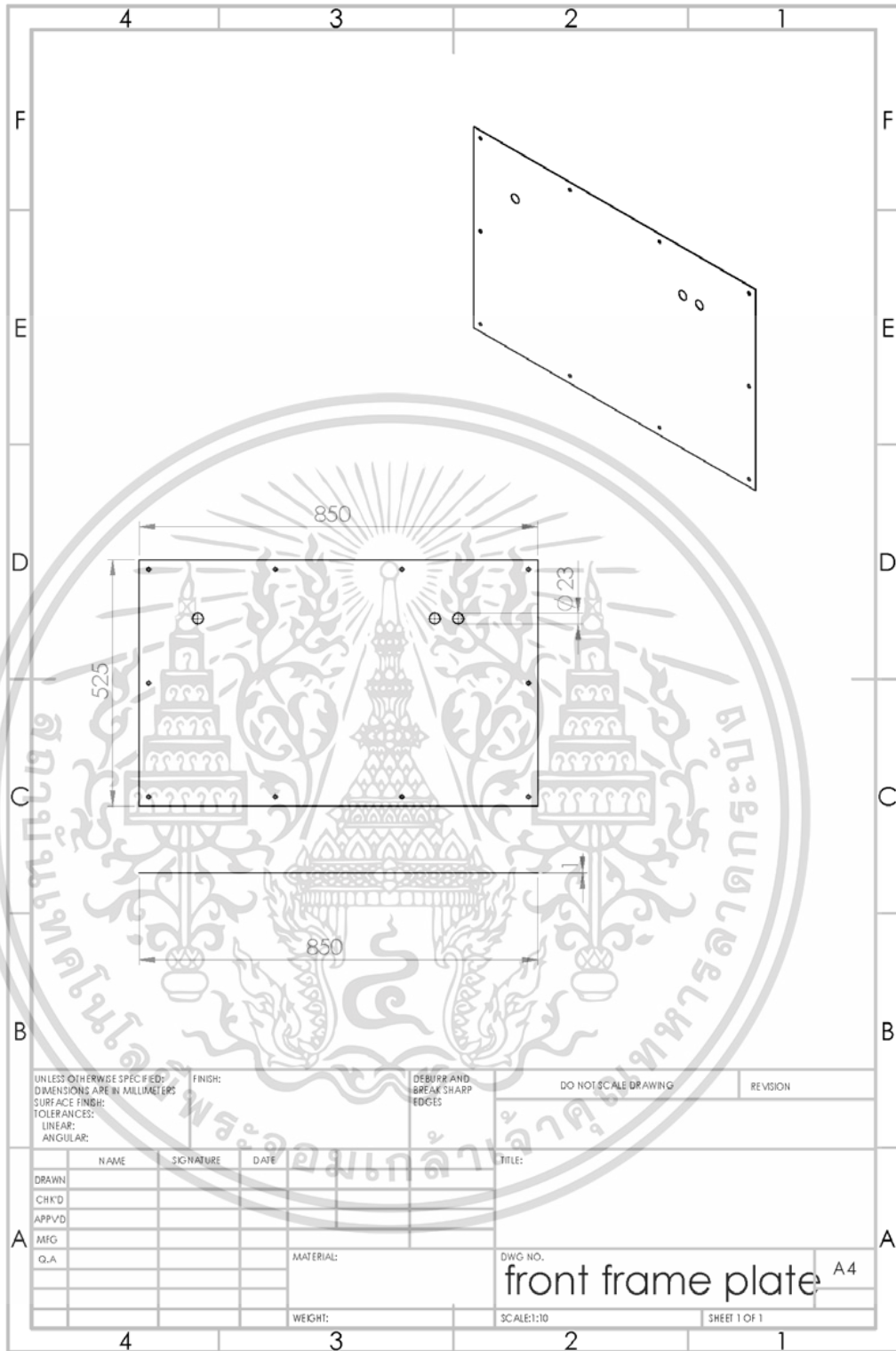
รูปที่ ผ2 แบบแผ่นโครงประกอบด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



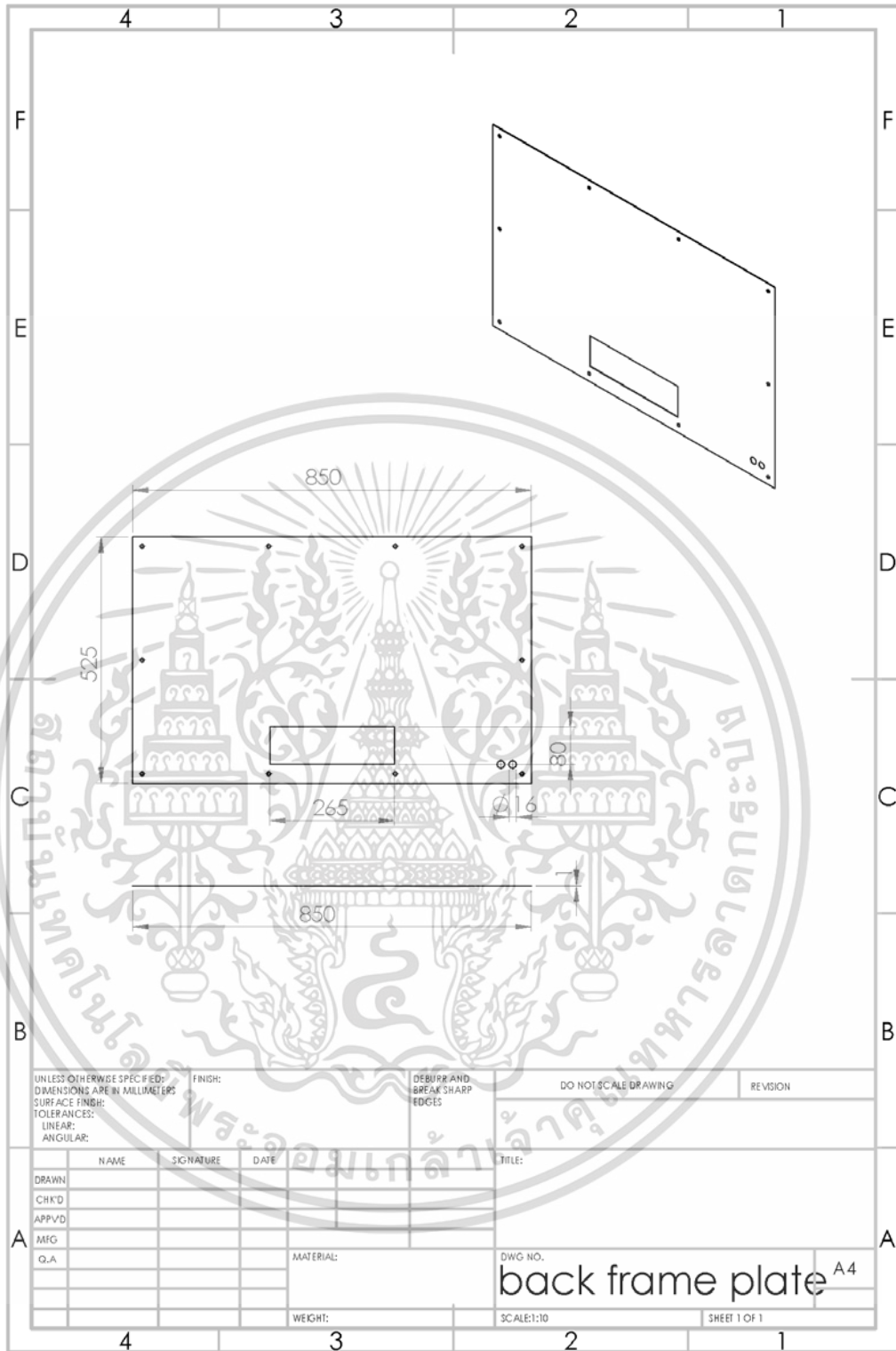
รูปที่ ผ3 แบบแผ่นโครงประกอบด้านขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



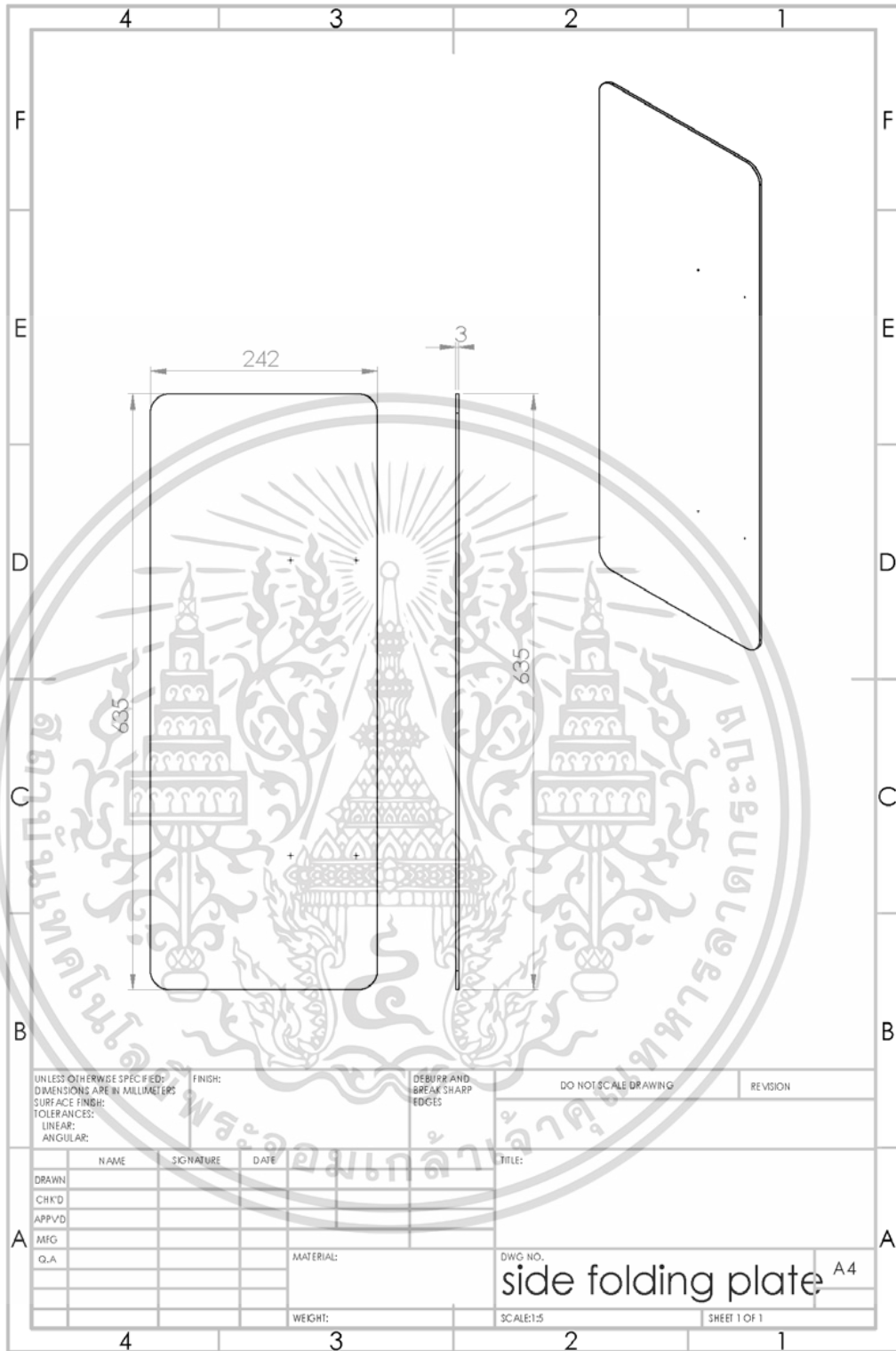
รูปที่ ๗4 แบบแผ่นโครงประกอบด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



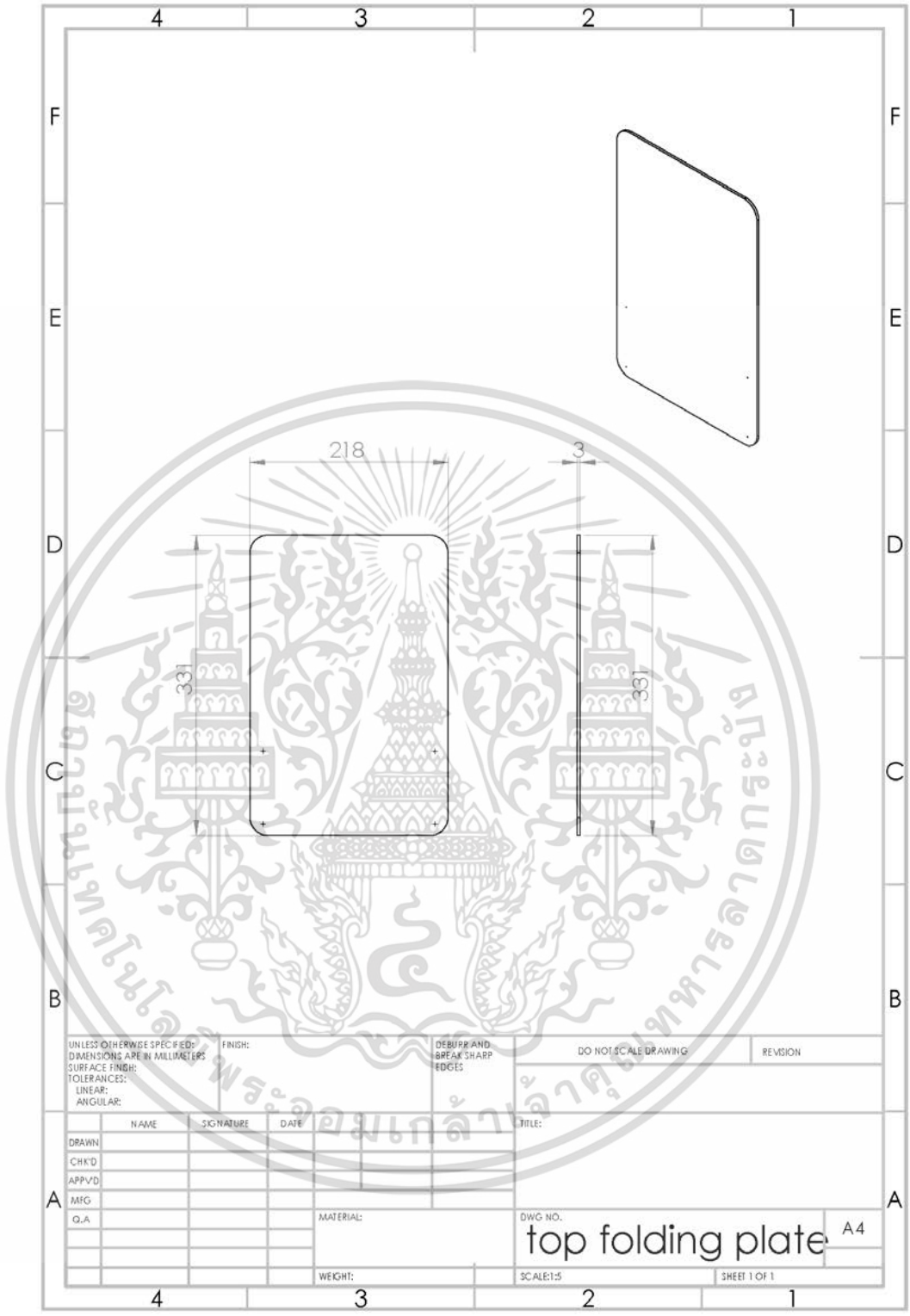
รูปที่ ผ5 แบบแผ่นโครงประกอบด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



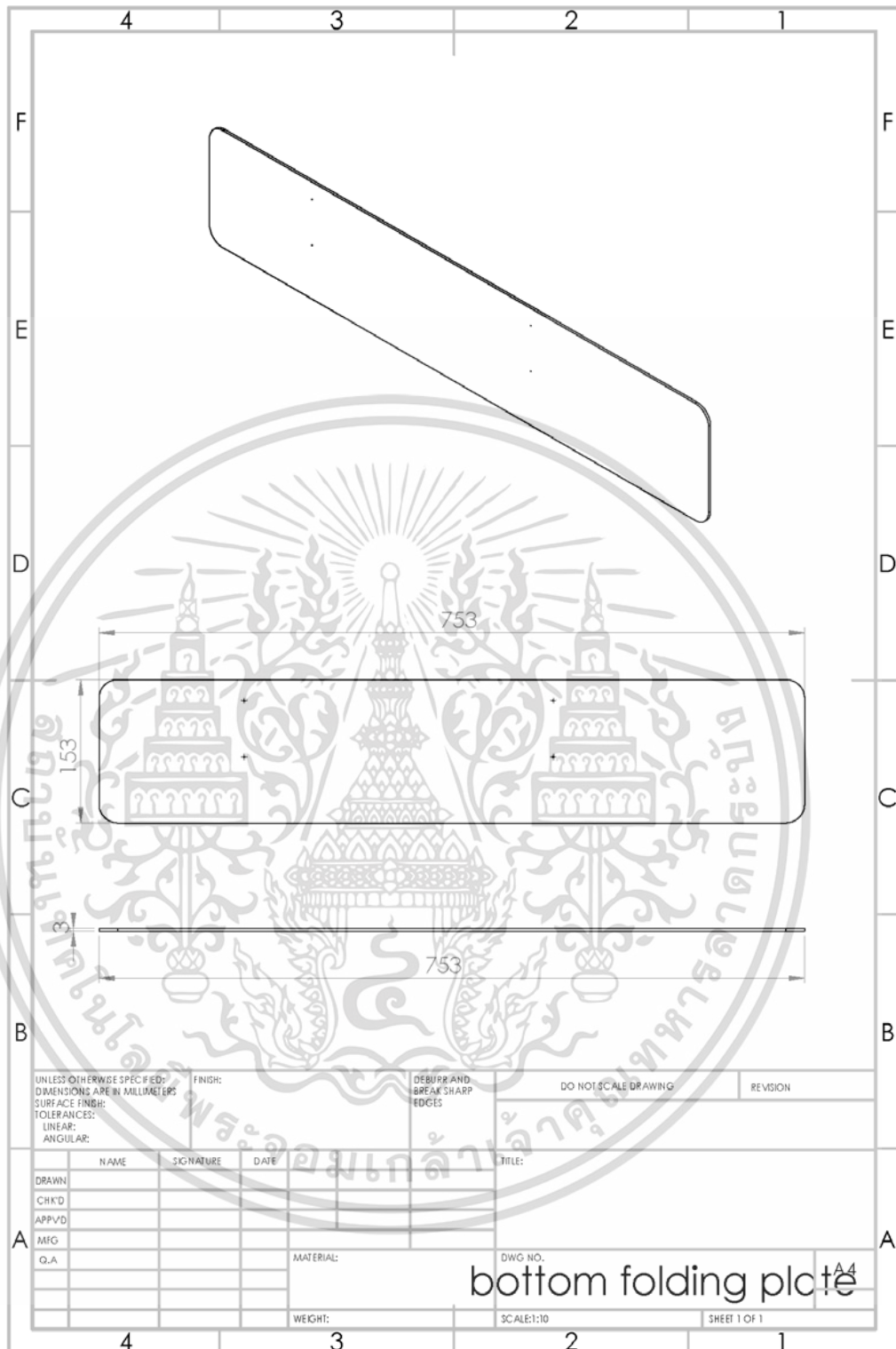
รูปที่ ผ6 แบบแผ่นพับด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



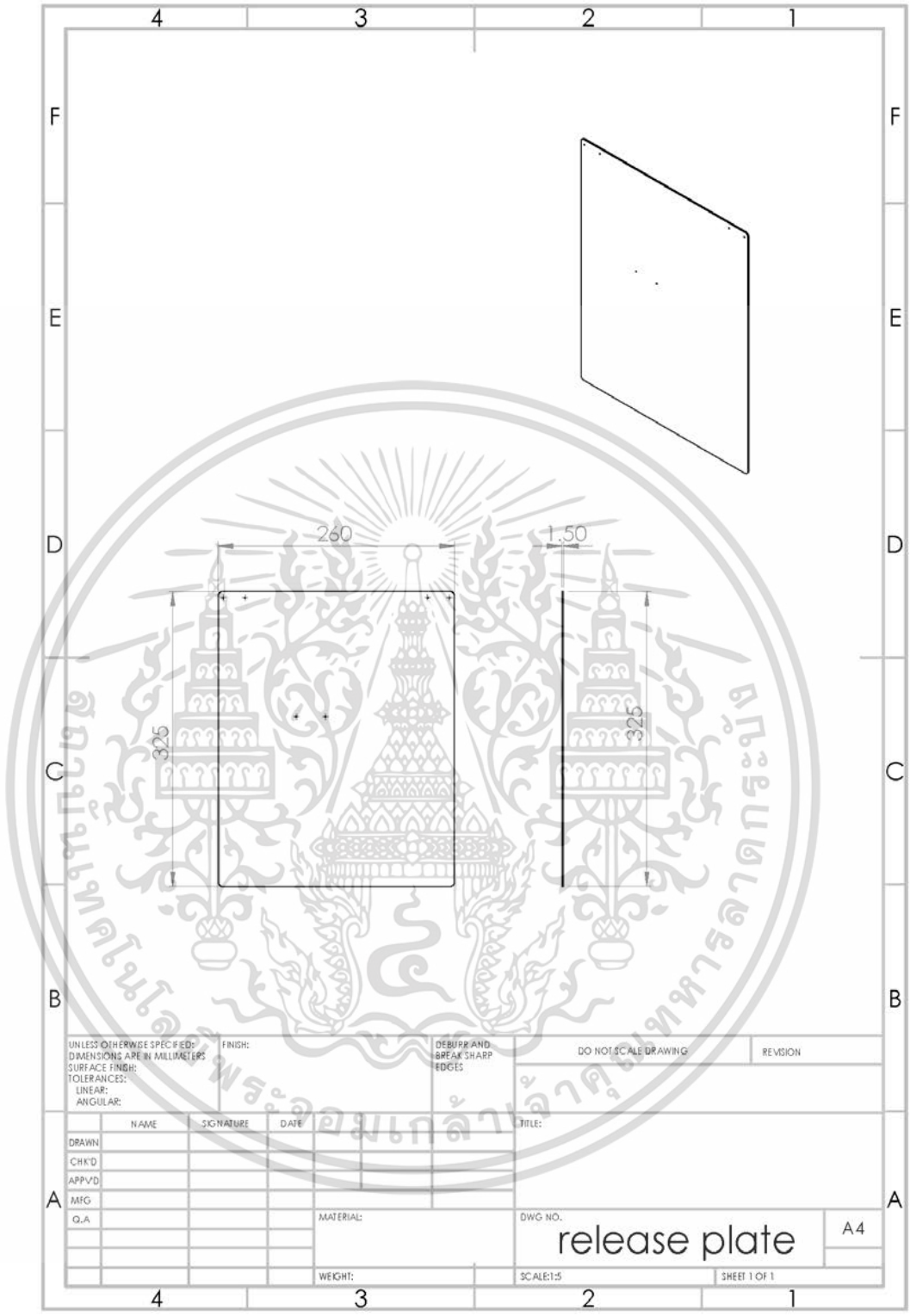
รูปที่ ๗7 แบบแผ่นพับด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ8 แบบแผ่นพับด้านล่าง

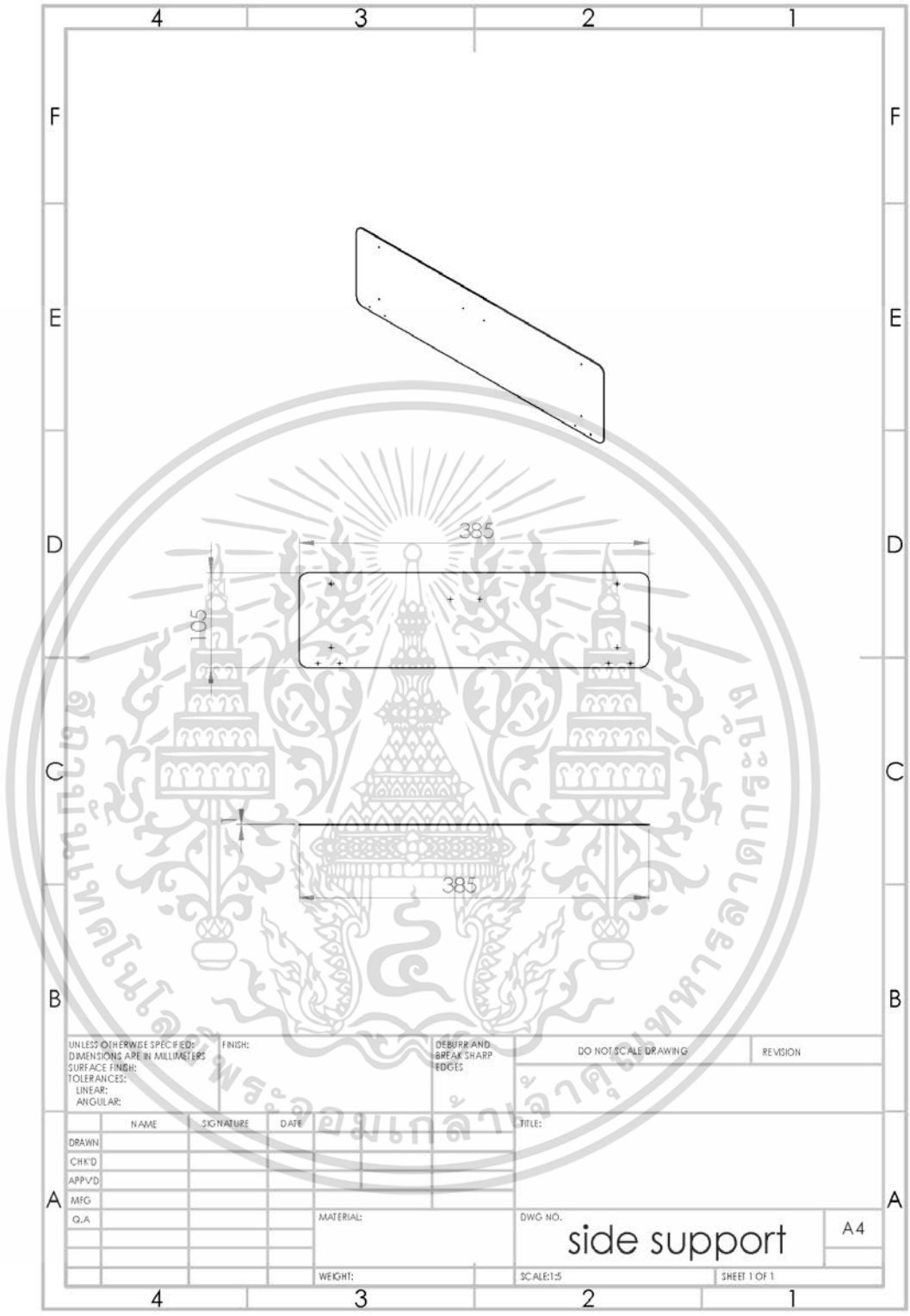
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๘9 แบบแผ่นสำหรับปล่อยผ้า

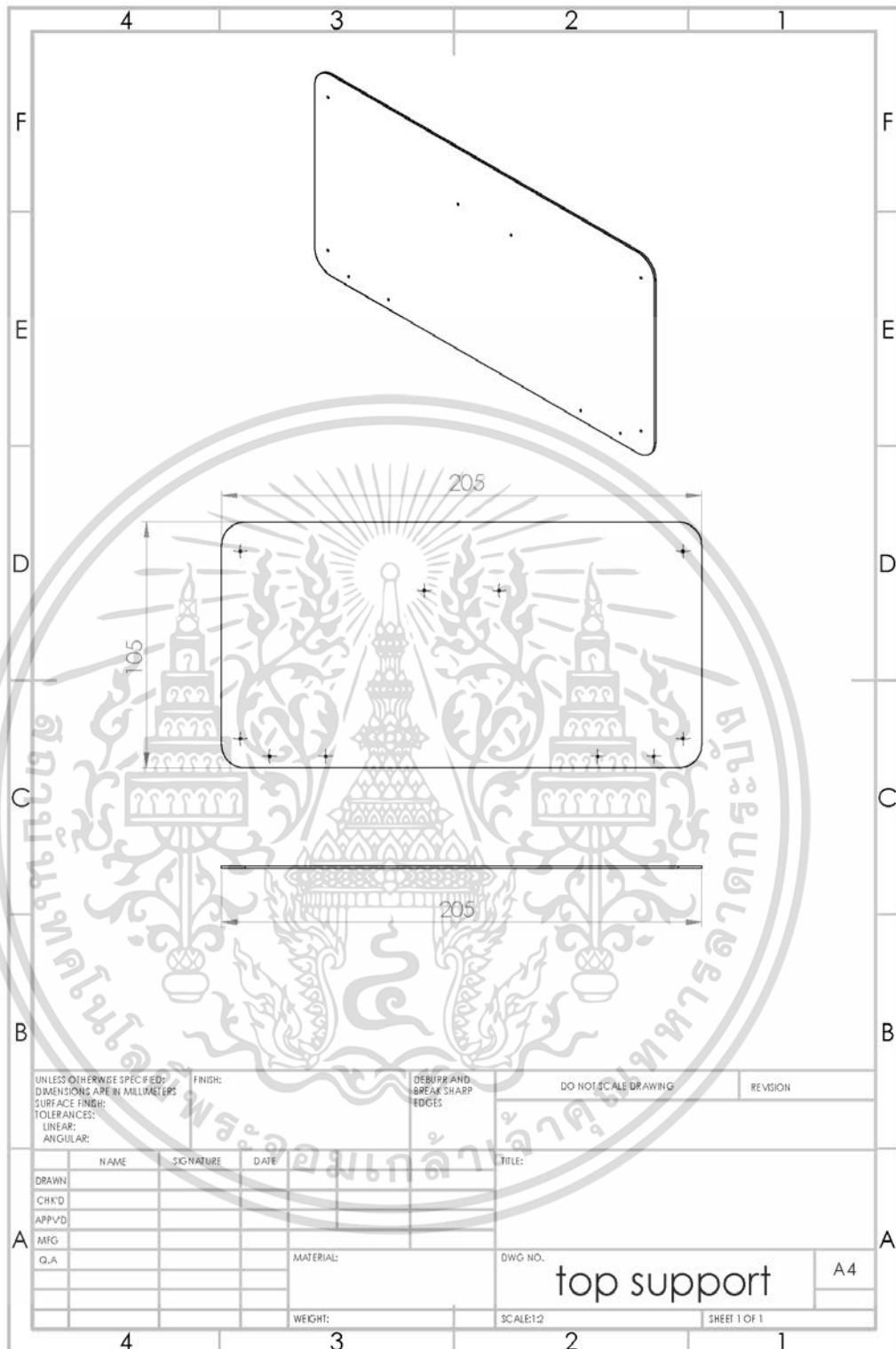
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๘12



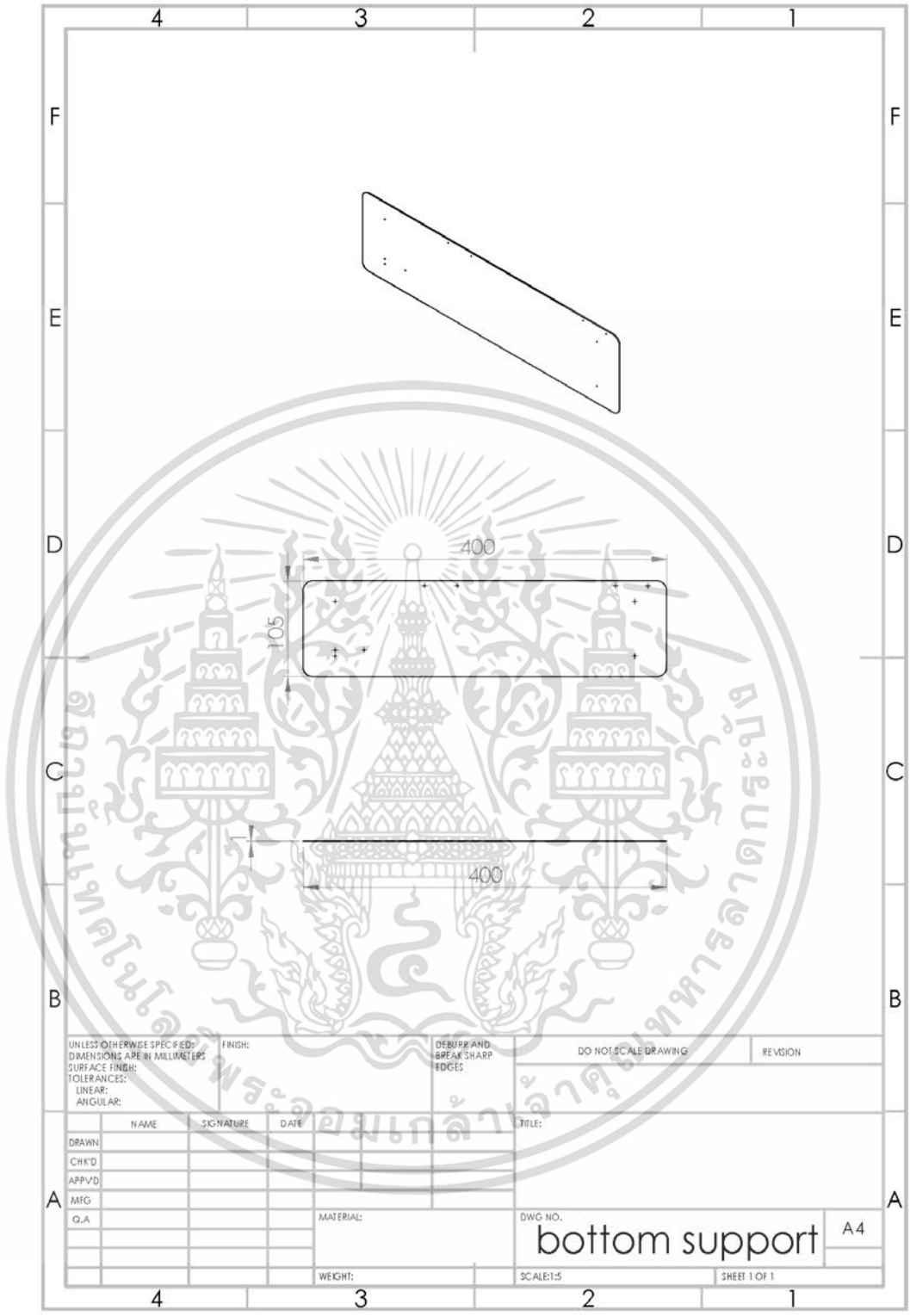
รูปที่ ๑10 แบบแผ่นซัพพอร์ตสำหรับแผ่นพีด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๘11 แบบแผ่นซัพพอร์ตสำหรับแผ่นพีด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



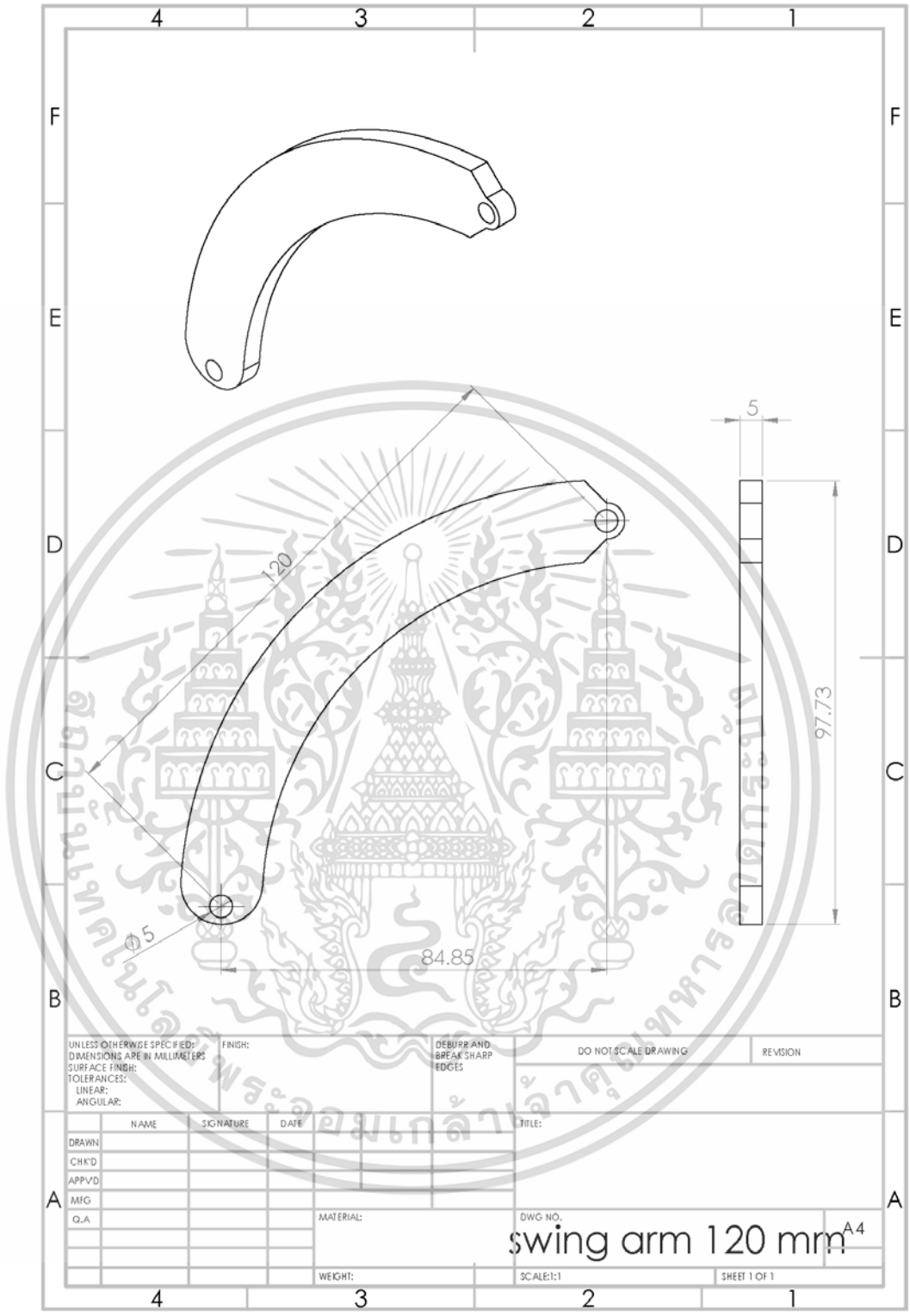
รูปที่ ๑12 แบบแผ่นซัพพอร์ตสำหรับแผ่นพีด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ13 แบบ Swing Arm ขนาดระยะรัศมี 91.92 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ฝ14 แบบ Swing Arm ขนาดระยะรัศมี 84.85 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ฝ15 แบบ Swing Arm ขนาดระยะรัศมี 70.71 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้