



การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด

DESIGN AND DEVELOPMENT OF THE COMPREASSED FORMING MACHINE OF STEAMED  
STICKY RICE

นายสุchanนท์ จิตจักร  
นายธนภัทร คำสี  
นายธนวัฒน์ โพธิ์อาศัย

ปริญญาอนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2568

## การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด

นายสุชาบันต์ จิตจักร

นายธนภัทร คำสี

นายธนวัฒน์ เพ็จ้อศัย

ปริญญา妮พนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านบุรี  
พ.ศ. 2568

DESIGN AND DEVELOPMENT OF THE COMPREASSED FORMING MACHINE OF STEAMED  
STICKY RICE

MR. SUCHANAN CHITCHAK

MR. THANAPUT KUMSEE

MR. THANAWAT PHOARSAI

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE BACHELOR DEGREE OF ENGINEERING  
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI  
YEAR 2025

หัวข้อปริญญาอุดมการณ์ การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดข้อมูลรูปข้าวต้มมัด  
นักศึกษา นายสุชาตนันต์ จิตจักร  
นายธนภัทร คำสี  
นายธนวัฒน์ โพธิ์อาศัย<sup>๑</sup>  
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา  
อนุมัติให้ปริญญาอุดมการณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

..... หัวหน้าภาควิชา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันธุ์พงษ์ คงพันธ์)

คณะกรรมการสอบปริญญาอุดมการณ์

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤตพล ทองครี)

..... กรรมการ  
(ดร.ธงชัย เพ็งจันทร์ดี)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ชวิต อินปัญโญ)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

หัวข้อปริญญาบัณฑิต	การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด		
นักศึกษา	นายสุchanนัต์ จิตจักร	รหัส	116540441103-5
	นายธนภัทร คำสี	รหัส	116540441105-0
	นายธนวัตน์ โพธิ์อศาสัย	รหัส	116540441120-9
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล		
ปีการศึกษา	2567		

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องขึ้นรูปข้าวต้มมัดได้สักลักษณะกึ่งอัตโนมัติ เป็นแนวทางสำคัญในการช่วยเพิ่มกำลังในการผลิตและรูปทรงของผลิตภัณฑ์ให้มีความสม่ำเสมอ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดที่สามารถทำงานกึ่งอัตโนมัติ เพื่อให้การผลิตมีความสม่ำเสมอ ข้าวต้มมัดที่ผลิตออกมาก็จะมีรูปทรงที่สมบูรณ์ไม่เกลี้ยงกันทุกชิ้น ช่วยเพิ่มกำลังการผลิตให้มากขึ้น และคำนวณจุดคุ้มทุนเพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน โดยเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดทำงานด้วยการใช้กระบอกสูบนิวเมติกส์ติดชุดอัดจากวัสดุพลาสติก POM (Polyoxymethylene) เพื่อทำการดันแม่พิมพ์ให้ทำการอัดข้าวต้มมัดและมีการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปจากผลการทดลองพบว่ากำลังการผลิตเท่ากับ 3 ชิ้นต่อ 20 วินาที หรือเท่ากับ 4,320 ชิ้นต่อวัน (8 ชั่วโมง) โดยมีความสม่ำเสมอของขนาดและน้ำหนักที่สูงถึงร้อยละ 85 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตแสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรช่วยลดต้นทุนแรงงานได้และกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 4.82 เท่า เมื่อเทียบกับการทำงานแบบใช้แรงงานคนจำนวน 6 คน ในการผลิต จากการศึกษาเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดได้กล่าวจึงมีศักยภาพสูงในการช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับผู้ประกอบการและสามารถนำไปพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อใช้งานในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานในโครงงานปริญญาอินพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์ที่ดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล ที่กรุณายield คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก่ไปปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้ปริญญาอินพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์

คณบุคคลผู้จัดทำขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี ที่ได้อำนวยสถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการในการติดต่อประสานงาน และช่วยตรวจสอบเล่มจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณบิดา มารดา ที่เคยให้การสนับสนุนเรื่องต้นทุน และกำลังใจในการทำโครงงาน หัวข้อนี้ในปริญญาอินพนธ์มาโดยตลอด

ขอขอบคุณบุคลากรที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงใน ณ ที่นี่ โดยให้ร่วมมือในการช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และวิธีแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ทั้งการใช้เครื่องจักรและ อุปกรณ์ต่าง ๆ จนกระทั่งทำให้คณบุคคลผู้จัดทำโครงงานปริญญาอินพนธ์ประสบความสำเร็จตาม จุดมุ่งหมายไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้คณบุคคลผู้จัดทำโครงงานปริญญาอินพนธ์ฉบับนี้หวังว่าจะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจใน การศึกษาหัวข้อนี้หรือเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อ ๆ ไปใน อนาคตและขอบคุณทุกท่านไว ณ ที่นี่ด้วย

คณบุคคลผู้จัดทำ

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	๑
กิตติกรรมประกาศ	๑
สารบัญ	๒
สารบัญตาราง	๓
สารบัญรูป	๔
บทที่ ๑ บทนำ	๑
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	๑
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	๒
1.3 ขอบเขตของโครงการ	๒
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	๒
บทที่ ๒ งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	๓
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	๓
2.2 แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel Plate)	๕
2.3 งานเชื่อมอาร์กอน หรือ TIG (Tungsten Inert Gas Welding)	๙
2.4 เพลา (Shaft)	๑๔
2.5 งานกลึง (Turning Process)	๑๖
2.6 เครื่องกัด (Milling Machine)	๑๘
2.7 เครื่องเลื่อยกลหั้ก (Power Hack Saw)	๑๙
2.8 ระบบลมนิวเมติกส์ (Pneumatic)	๒๒
2.9 พลาสติกกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร	๒๔
2.10 อลูมิเนียม (Aluminium)	๒๗
2.11 คอลโทรลบ็อก (Control Box)	๒๙
2.12 สวิตช์ไฟฟ้า (Electrical Switch)	๓๐
2.13 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)	๓๓
2.14 เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าต่ำ (Low Voltage Circuit Breaker)	๓๕
2.15 แท่นต่อสายไฟแบบสกรูหรือเทอร์มินอลที่เข้าสายแบบสกรู (Screw Type Terminal Block)	๓๗
2.16 สายไฟแรงดันต่ำ (Low Voltage Power cable)	๓๗

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.17 PLC (Programmable Logic Controller)	38
2.18 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนเพื่อวิเคราะห์การลงทุนของผู้ประกอบการ	40
2.19 การคำนวณผลการประเมินในเชิงสถิติ (Statistical Data Analysis)	41
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน	42
3.1 แผนการดำเนินงาน	42
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	43
3.3 การออกแบบเครื่องจัดซื้อรูปข้าวต้มมัด	45
3.4 ระบบควบคุม	53
3.5 ออกแบบการทดลอง	57
3.6 การทดลองและเก็บผล	63
3.7 วิธีการเก็บรวมข้อมูลของแบบประเมินความพึงพอใจ	64
3.8 วิธีการเก็บผลและวิเคราะห์ของแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)	64
3.9 ขั้นตอนในการจัดทำแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)	65
3.10 สูตรคำนวณแรงทางทฤษฎีระบบอกลมนิวเมติกส์สองทิศทาง	66
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์	67
4.1 ผลการทดลอง	67
4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจ	73
4.3 การวิเคราะห์การทดลองและจุดคุ้มทุน	79
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	82
5.1 สรุปผลการทดลอง	82
5.2 ข้อเสนอแนะ	83
บรรณานุกรม	84
ภาคผนวก ก รูปการทดลอง	90
ภาคผนวก ข ผลการทดลอง	97

ภาคผนวก ค วงจร PLC จากโปรแกรม GX Work 2	102
ภาคผนวก ง แบบเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด	110
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งานเครื่องจักร	153
ภาคผนวก ฉ Sequence Control ของ PLC	163
ประวัติผู้จัดทำปริญญา妮พนธ์	166

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบหลักทางเคมี	6
2.2 ชาตุเสริมในเกรดเฉพาะ	6
2.3 ตัวอย่างองค์ประกอบทางเคมีของเกรดอสเทนนิติกที่นิยม	7
2.4 การเลือกใช้แก๊สปั๊คลุมสำหรับการเชื่อม TIG	12
2.5 ตัวอย่างตารางการเลือกเม็ดมีดกลึง	17
2.6 ตัวอย่างตารางการเลือกเม็ดมีดกลึง	17
3.1 ระยะเวลาในการดำเนินงาน	42
3.2 ขั้นส่วนประกอบของเครื่องพับแม่พิมพ์ประกอบข้าง	48
3.3 ขั้นส่วนประกอบของเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด	51
3.4 PLC I/O Point Assignment	54
3.5 ความหมายของคะแนนในแบบประเมิน	63
3.6 ค่าน้ำหนักของคะแนนในแบบประเมิน	63
3.7 ความหมายของสัญลักษณ์ของมาตรฐาน Flow Process Chart	65
4.1 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้พัฒนาคนที่ 1	72
4.2 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้พัฒนาคนที่ 2	73
4.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้พัฒนาคนที่ 3	73
4.4 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ประกอบการ	74
4.5 ตารางวิเคราะห์การประเมินความพึงพอใจเชิงสถิติ	75
4.6 ต้นทุนการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์	79

## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel plate)	9
2.2	การเชื่อม (Welding)	14
2.3	เพลาเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel shaft)	16
2.4	การกลึง (Turning)	18
2.5	เครื่องกัด (Milling Machine)	19
2.6	เครื่องเลื่อยกลซัก (Power Hack Saw)	22
2.7	หลักการทำงานของระบบอุตสาหกรรมสองทิศทาง (Double - acting)	22
2.8	พลาสติก POM (Polyoxymethylene)	25
2.9	พลาสติก PE (Polyethylene)	27
2.10	อลูมิเนียม (Aluminium)	29
2.11	คอลโทรลบ็อก (Control Box)	30
2.12	สวิตซ์ปุ่มกด (Push Button Switch)	31
2.13	สวิตซ์ฉุกเฉิน (Emergency Stop Switch หรือ E - Stop)	31
2.14	รีเลย์ (Relays)	32
2.15	สวิตซ์แบบหมุน (Rotary Switch)	32
2.16	โซลินอยด์วาล์ว 2/2 ทาง (2/2 - Way Solenoid Valve)	33
2.17	โซลินอยด์วาล์ว 3/2 ทาง (3/2 - Way Solenoid Valve)	34
2.18	โซลินอยด์วาล์ว 4/2 ทาง (4/2 - Way Solenoid Valve)	34
2.19	โซลินอยด์วาล์ว 5/2 ทาง (5/2 - Way Solenoid Valve)	35
2.20	เบรกเกอร์ (Circuit Breaker)	36
2.21	แท่นต่อสายไฟแบบสกรู (Screw Type Terminal Block)	37
2.22	สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low Voltage Power cable)	38
2.23	กล่อง PLC (Programmable Logic Controller)	39
2.24	โปรแกรม GX Works 2	40
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน	44
3.2	แบบจำลองไลน์กระบวนการผลิตข้าวต้มมีด	45
3.3	แบบจำลองเครื่องพับแม่พิมพ์ประกอบข้าง	46
3.4	เครื่องพับแม่พิมพ์ประกอบข้าง	47

## สารบัญรูป ( ต่อ )

รูปที่	หน้า
3.5 แบบจำลองเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด	49
3.6 เครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด	50
3.7 PLC รุ่น Mitsubishi FX3G - 60MR	53
3.8 แผนผังการเดินสายไฟฟ้าэолซี (PLC Wiring Diagram)	55
3.9 การโหลดโปรแกรมเข้า PLC	56
3.10 แผนผังวิธีการจัดเตรียมและขึ้นรูปข้าวต้มมัด	57
3.11 แผ่นข้าวที่ไส้กล้ายจะใหม่ตามสายพานลำเลียง	58
3.12 สายพานลำเลียงแผ่นข้าวไปยังเตาเชื้อ	58
3.13 เมื่อแผ่นข้าวโดนเตาเชื้อระบบออกสูบจะดันแผ่นข้าวไปที่เครื่องอัดแม่พิมพ์ ประกอบข้าง	59
3.14 เมื่อแผ่นข้าวถูกดันมาอยู่ที่เครื่องอัด เครื่องอัดจะทำการงับแผ่นข้าวประกอบ กันทั้ง 2 ข้าง	58
3.15 รูปทรงข้าวต้มมัดหลังผ่านเครื่องอัดแม่พิมพ์ประกอบข้าง	59
3.16 นำข้าวต้มมัดที่ได้ใส่ในบล็อกแม่พิมพ์เครื่องอัดขึ้นรูปและกดปุ่มเริ่มโดยการ เหยียบ	60
3.17 เครื่องอัดขึ้นรูปทำการซักบล็อกแม่พิมพ์กลับ	60
3.18 เครื่องอัดขึ้นรูปทำการอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด	61
3.19 ระบบออกสูบดึงชุดอัดขึ้น แผ่นรองด้านใต้ข้าวต้มมัดเปิดออก	61
3.20 ทำการอัดอีกรอบเพื่อให้ข้าวต้มมัดตกลงบนสายพานลำเลียง	61
3.21 ข้าวต้มมัดตกลงบนสายพานลำเลียง	62
3.22 ทำการเก็บขึ้นข้าวต้มมัดที่ทำการอัดขึ้นรูปสมบูรณ์แล้ว	62
3.23 ตารางเทียบแรงระบบออกลมยิวเมติกส์	66
4.1 แผนภาพประกอบการไฟล์ การทำข้าวต้มมัดไส้กล้ายแบบใช้คนแรงงาน 6 คนในการผลิต	67
4.2 Flow Process Chart การทำข้าวต้มมัดไส้กล้ายแบบใช้แรงงานคนในการผลิต	68
4.3 Cycle Time แบบการใช้แรงงานคนในการผลิตข้าวต้มมัดไส้กล้าย	68
4.4 แผนภาพประกอบไฟล์ การทำข้าวต้มมัดไส้กล้ายแบบใช้เครื่องในการผลิตทั้งไลน์	69

## สารบัญรูป ( ต่อ )

รูปที่		หน้า
4.5	Flow Process Chart การทำข้าวต้มมัดไส้กอล้ายแบบใช้เครื่องในการผลิต	70
4.6	Cycle Time แบบใช้เครื่องพรีฟอร์มและเครื่องอัดขึ้นรูปในการผลิตข้าวต้มมัดไส้กอล้าย	70
4.7	กราฟเปรียบเทียบผลผลิตใน 1 วัน (ระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง)	71
4.8	ข้าวต้มมัดจากเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง	76
4.9	ข้าวต้มมัดขึ้นที่รูปทรงสมบูรณ์ หลังจากผ่านเครื่องอัดขึ้นรูป	76
4.10	ข้าวต้มมัดขึ้นที่รูปทรงไม่สมบูรณ์ ข้าวหุ้มกล้ายไม่สนิท	77
4.11	กราฟผลทดสอบการผลิตข้าวต้มมัดไส้กอล้าย (ครั้งละ 30 ชิ้น)	77
4.12	กราฟจุดคุ้มทุน (Break Even Point, B.E.P)	80

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ข้าวต้มมัดเป็นหนึ่งในขนมไทยที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นขนมที่มีประโยชน์และมีคุณค่าทางอาหาร สามารถหาวัตถุดิบในการทำได้่ายตามท้องถิ่น นอกจากนี้ยังเป็นขนมที่น้ำข้าวซึ่งเป็นอาหารหลักของคนไทยนำมาประยุกต์ ปรุงแต่งเป็นขนมหวาน จึงถือได้ว่า “ข้าวต้มมัด” เป็นหนึ่งในภูมิปัญญาท้องถิ่นของบรรพบุรุษไทยที่อยู่ยาวนานมาจนถึงปัจจุบัน [1] โครงการเรื่อง “ข้าวต้มมัดหัวใจแหลลง” เป็นการศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สืบทอดกันมายาวนานในพื้นที่อำเภอหัวใจแหลลง จังหวัดนครราชสีมา โดยมุ่งเน้นการเรียนรู้ประวัติความเป็นมาและกระบวนการทำข้าวต้มมัดแบบดั้งเดิม ซึ่งใช้วัตถุดิบจากการรวมชาติในท้องถิ่น เช่น ใบตอง ข้าวเหนียว และกลวย การทำข้าวต้มมัดในพื้นที่ดังกล่าว ได้รับการถ่ายทอดจากผู้มีประสบการณ์ในชุมชน เช่น คุณยายดี หงวนไธสง ผู้ซึ่งเป็นแหล่งเรียนรู้สำคัญของชาวบ้าน กระบวนการเรียนรู้ประกอบด้วยการสังเกต ทดลองและลงมือปฏิบัติจริง [2] จากการศึกษา พบร่วข้าวต้มมัดไม่เพียงแต่เป็นขนมไทยที่มีคุณค่าทางโภชนาการและวัฒนธรรม แต่ยังสามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ทำบุญในวันสำคัญทางศาสนาและส่งเสริมให้คนรุ่นใหม่เห็นความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่นโครงการเรื่อง “ข้าวต้มมัด” โครงการนี้ช่วยส่งเสริมการอนุรักษ์ขนมไทย พร้อมทั้งแสดงให้เห็นถึงคุณค่าทางโภชนาการที่สามารถนำไปต่อยอดได้ในอนาคต [3]

เนื่องจากการผลิตข้าวต้มมัดได้สักล้ายแบบเดิมจำเป็นต้องใช้กำลังคนในการผลิต ซึ่งคนที่ผลิตจะต้องผ่านการฝึกฝนและมีประสบการณ์ในการผลิตข้าวต้มมัดได้สักล้าย จึงจะสามารถทำการผลิตได้ กำลังการผลิตโดยใช้คนที่มีประสบการณ์จำนวน 1 คนอยู่ที่ 72 ชิ้นต่อชั่วโมง หรือ 576 ชิ้นต่อวัน (ระยะเวลาในการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน) จากปัญหาที่เกิดพบว่าในการใช้กำลังคนในการผลิตทำให้ไม่สามารถควบคุมน้ำหนักข้าวต้มมัดได้และในการผลิตที่ต้องการผลผลิตในจำนวนที่มากก็ต้องใช้จำนวนคนในการผลิตมากตามไปด้วย

ผู้จัดทำจึงคิดโครงการที่ได้พัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดจากรุ่นต้นแบบให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยเน้นปรับปรุงให้เครื่องมีประสิทธิภาพในการผลิตสูงขึ้น ทั้งในเรื่องของความเร็วและความเสถียรของเครื่องจักร เพื่อให้สามารถผลิตข้าวต้มมัดได้จำนวนมากในเวลาที่รวดเร็วและต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังออกแบบให้เครื่องสามารถขึ้นรูปข้าวต้มมัดได้อย่างแม่นยำ ทำให้ชิ้นข้าวต้มมัดมีรูปทรงสวยงาม สมบูรณ์ ไม่เละ หรือบิดเบี้ยว ซึ่งช่วยเพิ่มคุณภาพของสินค้าและความพึงพอใจของผู้บริโภคอีกด้วย ยังคงความสะอาดในการผลิตอาหาร โดยออกแบบให้ชิ้นส่วนของเครื่องสามารถถอดประกอบได้่าย ทำให้การทำความสะอาดและการบำรุงรักษาเครื่องเป็นไปอย่าง

รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ การพัฒนาเครื่องอัดขี้นรูปข้าวต้มมัดนี้ ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต แต่ยังช่วยลดแรงงานและเวลาที่ใช้ในการทำข้าวต้มมัดแบบดั้งเดิม ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญและใช้เวลานาน เครื่องนี้จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยส่งเสริมการผลิตขันมใหญ่ให้ทันสมัยขึ้น เหมาะสมสำหรับการผลิตในเชิงพาณิชย์ และช่วยรักษาเอกลักษณ์วัฒนธรรมของข้าวต้มมัดไว้ให้คงอยู่สืบไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อเพิ่มกำลังในการผลิตข้าวต้มมัดไส้กล้ายให้ได้ไม่ต่ำกว่า 500 ชิ้นต่อชั่วโมง
- 1.2.2 เพื่อให้ข้าวต้มมัดไส้กล้ายมีรูปทรงสวยงาม และมีความสม่ำเสมอในการผลิต โดยประเมินจากความพึงพอใจของผู้ทดลอง

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 เครื่องอัดขี้นรูปข้าวต้มมัดเป็นการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ
- 1.3.2 เครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง (พรีฟอร์ม)
  - 1) ขนาดเครื่อง  $235 \times 320 \times 885$  มิลลิเมตร
  - 2) ใช้ระบบนิวเมติกส์จำนวน 1 ระบบยกสูบในการทำงาน
  - 3) บล็อกประกอบข้างจำนวน 2 ชิ้น ขนาด  $65 \times 81 \times 72$  มิลลิเมตรต่อชิ้น
- 1.3.3 เครื่องอัดขี้นรูป
  - 1) ขนาดเครื่อง  $435 \times 890 \times 1459.5$  มิลลิเมตร
  - 2) ใช้ระบบนิวเมติกส์จำนวน 2 ระบบยกสูบในการทำงาน
  - 3) บล็อกแม่พิมพ์มี 3 ช่อง ขนาด  $40 \times 70 \times 40$  มิลลิเมตรต่อช่อง
- 1.3.4 มีการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตทั้งต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน เพื่อคำนวณจุดคุ้มทุน

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 เพื่อให้ข้าวต้มมัดมีความหนาแน่น ขนาด และรูปทรงที่สมบูรณ์สม่ำเสมอ
- 1.4.2 กำลังการผลิตเพิ่มมากขึ้นจากการใช้แรงงานคนในการผลิต
- 1.4.3 สามารถประเมินความคุ้มค่าและได้ทราบระยะเวลาคืนทุนของโครงการ

## บทที่ 2

### งานวิจัยและทดลองที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ได้กล่าวถึงงานวิจัยและทดลองที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและประกอบเครื่องขึ้นรูปข้าวต้มมัดของรุ่นต้นแบบ โดยมีข้อมูลของทั้งแนวคิดในการออกแบบ คุณสมบัติของวัสดุ ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องในการสร้างและการพัฒนาเครื่องขึ้นรูปข้าวต้มมัดเพื่อทำให้เครื่องสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

#### 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ประภัสสร อ่อนเพชร และผกาวลัย หนูแก้ว [4] การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์เพื่อใช้งานกับเครื่องอัดขึ้นรูปชิ้นงาน

โครงการนี้เป็นการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์เพื่อใช้งานกับเครื่องอัดขึ้นรูปชิ้นงาน โดยใช้โปรแกรม Mastercam x4 (CAD/CAM) เพื่อช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์ที่ใช้งานกับเครื่องอัดขึ้นรูปชิ้นงานและเพื่อช่วยในการจำลองการทำงานของเครื่องกัดระบบซีเอ็นซี โดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น Mazak FJV - 250 การออกแบบแม่พิมพ์เพื่อใช้งานกับเครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding) จะทำการออกแบบเป็นรูปที่รองแก้ว ส่วนแม่พิมพ์จะมีด้วยกันทั้งหมด 2 ชิ้น ชิ้นวัสดุที่ใช้คือ เป็นเหล็กแผ่น (P20) ขนาดของแม่พิมพ์ที่ใช้งานกับเครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding) จะมีขนาดความกว้าง 200 มิลลิเมตร ความยาว 200 มิลลิเมตร เมื่อออกแบบเสร็จแล้วก็นำไปแปลงให้ได้ NC - code อกมาแล้วจึงทำการกัดชิ้นงานจริงบนแผ่นเหล็ก จึงจะได้แม่พิมพ์ที่ใช้งานกับเครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding) ตามแบบที่ออกแบบไว้ เมื่อนำแม่พิมพ์ที่ได้ไปใช้กับเครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding) โดยมีตัวช่วยปลดล็อกแม่พิมพ์เพื่อให้สะดวกต่อการปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์แล้วได้ชิ้นงานที่รองแก้วออกมาก

2.1.2 มนิต สิงห์โคตร และคณะ [5] การออกแบบและพัฒนาเครื่องมืออัดก้อนปลูกสำเร็จรูป

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนปลูกสำเร็จรูปเพื่อทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดก้อนปลูกสำเร็จรูปในการออกแบบการสร้างและการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องมืออัดก้อนปลูกสำเร็จรูปมุ่งเน้นถึงการพัฒนาเครื่องมืออัดโดยใช้ระบบกลไก ระบบไฟฟ้า ระบบลม และนิวเมติกเข้ามาปรับปรุงการทำงานเครื่องมือแทนระบบแรงงานคนโดยอัดจากการศึกษาทดลองพบว่าการใช้แรงงานคนกดอัดได้ปริมาณการผลิตต่อก้อนปลูกสำเร็จรูปใช้เวลามากและขนาดก้อนวัสดุไม่ได้มาตรฐานเท่าเทียมกัน ซึ่งการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือชนิดกึ่งอัตโนมัติโดยอาศัยแหล่งพลังงานมาจากปั๊มลม อัดลมผ่านระบบอุปกรณ์นิวเมติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ที่ความดันลม 100 psig อัดแม่พิมพ์ตัวบนและตัวล่างประกอบกัน มีระบบไฟฟ้า

heater plate แผ่นความร้อนไปหาแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิที่ 130 องศาเซลเซียส อัดขึ้นรูปเป็นก้อนปลูกสำเร็จรูป ผลการทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดก้อนปลูกสำเร็จรูปโดยใช้วัสดุดินผสมขุยมะพร้าวและปุ๋ยคอกทั้งหมด 28 ก้อน อัดขึ้นรูปเป็นก้อนปลูกสำเร็จรูป 10x10x10 cm. สามารถอัดก้อนปลูกสำเร็จรูปได้เฉลี่ย 2 นาทีต่อ 1 ก้อน ซึ่งมีอัตราการผลิต 240 ก้อนต่อ 8 ชั่วโมง ที่ความหนาแน่นเฉลี่ย 0.80 g/cm<sup>3</sup> ซึ่งค่ามาตรฐานอยู่ที่ 0.15 - 1.3 g/cm<sup>3</sup>

2.1.3 สมเกียรติ สุทธิยาพิวัฒน์ และคณะ [6] การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารจากกากหมากเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มที่น้ำสูตร ความเข้มแข็งของชุมชนและเศรษฐกิจฐานราก

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบรรจุภัณฑ์อาหารที่มีอยู่ในปัจจุบันและการรับรู้การใช้ประโยชน์ของการหมากในการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารจากกากหมาก เพื่อศึกษาคุณสมบัติของการหมากนำมารอกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากภูมิปัญญาท้องถิ่นโดยสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหารจากการหมากและกระบวนการหมักระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้าสร้างผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารจากการหมากเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์อาหารจากการหมากเพื่อศึกษาแนวทางการกำหนดราคาขายช่องทางการจัดจำหน่ายและการส่งเสริมการตลาดของบรรจุภัณฑ์อาหารจากการหมากจากการศึกษาพบว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดโพเมรีการใช้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 78 โดยใช้ชนิดกล่องโพเม 6.9x4.8x1.3 นิ้ว มากที่สุดจำนวน 2,913 ใบต่อวัน ไม่เคยรับรู้ว่ากากหมากสามารถนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารได้คิดเป็นร้อยละ 83.50 และต้องการคุณสมบัติของภาชนะบรรจุภัณฑ์กากหมากที่ทนความร้อนคิดเป็นร้อยละ 94.60 เครื่องอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหารจากการหมากและระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้าโดยใช้ระบบความร้อนซึ่งมีระบบควบคุมความร้อนอัตโนมัติบรรจุภัณฑ์จากการหมากมี 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทจานสีเหลี่ยม ปากจานกว้าง 7 นิ้ว ก้นจานกว้าง 5 นิ้ว และลึก 1.5 นิ้ว บรรจุภัณฑ์ประเภทจานกลม ปากขนาด 7 นิ้ว ลึก 1 นิ้ว และบรรจุภัณฑ์ประเภทถ้วย ความกว้างปากถ้วย มีขนาด 7 นิ้ว ก้นถ้วย กว้าง 3 นิ้ว และลึก 2 นิ้ว นอกจากนี้พบว่าผู้บริโภค มีความพึงพอใจกลยุทธ์ส่วนประเมินทางการตลาด 4P's ที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ อาหารจากการหมากประเภทจานเหลี่ยมพบว่าด้านคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $x = 4.69$ , S.D = 0.359) ด้านประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $x = 4.67$ , S.D = 0.196) ด้านราคายังคงกว้างมาก ( $x = 3.99$ , S.D = 0.193) ด้านช่องทางการจัดจำหน่ายพบว่าภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $x = 4.81$ , S.D = 0.231) และด้านการส่งเสริมการตลาด ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $x = 4.58$ , S.D = 0.682) ในขณะที่ประเภทจานกลมพบว่าพึงพอใจด้านคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ( $x = 4.40$ , S.D = 0.238) ด้านประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $x = 4.71$ , S.D = 0.349) ด้านราคา ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ( $x = 4.41$ , S.D = 0.213) ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $x = 4.60$ , S.D = 0.287) และด้านการส่งเสริมการตลาด ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $x = 4.72$ , S.D = 0.605) และประเภทถ้วยกลมพบว่าด้านคุณภาพของบรรจุภัณฑ์

ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $x = 4.53$ ,  $S.D = 0.326$ ) ด้านประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $x = 4.84$ ,  $S.D = 0.218$ ) ด้านราคายังว่าภาพรวมอยู่ในระดับมาก ( $x = 3.96$ ,  $S.D = 0.189$ ) ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $x = 4.86$ ,  $S.D = 0.226$ ) และ ด้านการส่งเสริมการตลาด ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $x = 4.72$ ,  $S.D = 0.561$ )

#### 2.1.4 กิตติศักดิ์ เมืองกลาง และคณะ [7] เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติแทนการใช้กล่องโฟมที่ใช้ใส่อาหารซึ่งส่งผลเสียต่อธรรมชาติ คณะผู้วิจัยได้สร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติเพื่อนำมาทำการอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหาร ประกอบด้วยปั๊มลมขนาด 8 บาร์ กระบอกลมนิวเมติกส์ ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าวาร์คุบคุมต่าง ๆ และชุดรับแรงกดรวมถึงแม่พิมพ์ภาชนะใส่อาหารซึ่งเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาตินี้ สามารถอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหารได้ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร ได้ครั้งละ 1 ชิ้น ผลการวิจัยพบว่าจากการทดลองขึ้นรูปที่ความดัน 6 บาร์ ขึ้นรูปใช้วัสดุกากหมากขนาดถ้วຍ 5 นิ้ว ที่แข็งน้ำในเวลา 15 นาที พบร่วมกับความชื้นที่มีค่า ร้อยละ 2.74 - 5.71 น้ำซึ่งงานมีความเสถียรไม่บิดงอหลังจากการขึ้นรูป โดยเวลาที่ น้ำอยู่ที่สุด 3 นาทีที่อุณหภูมิ 140 องศา และการขึ้นรูปถ้วຍขนาด 5 นิ้ว ใช้วัสดุกากถ้วຍแข็งน้ำในเวลา 20 วินาที พบร่วมกับความชื้นที่มีค่าร้อยละ 2.25 - 6.41 น้ำซึ่งงานมีความเสถียรไม่บิดงอหลังจากการขึ้นรูปโดยเวลาที่ใช้น้ำอยู่ที่สุด 2 นาทีเมื่ออุณหภูมิ 140 องศาในการผลิต 1 วัน ทำงาน 8 ชั่วโมง สามารถผลิตถ้วຍจากกากหมากได้ 20 ใบต่อ ชั่วโมง และกากถ้วຍ สามารถผลิตได้ 30 ใบต่อชั่วโมง โดยถ้วຍที่ใช้เดคิดเป็น 70 % ของถ้วຍทั้งหมดที่ผลิตได้

## 2.2 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)

2.2.1 Stainless Steel กลุ่มօอสเทนนิติก (Austenitic Stainless Steel) เป็นกลุ่มที่นิยมใช้มากที่สุดในบรรดาสแตนเลสทั้งหมด เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมทั้งด้านความต้านทานการกัดกร่อน ความหนึียว และการขึ้นรูปที่ดี โดยเฉพาะในสภาพะเป็น

2.2.2 โครงสร้างจุลภาค (Microstructure) มีโครงสร้างเป็น օอสเทนนิต (Austenite) ซึ่งเป็นโครงสร้าง Face - Centered Cubic (FCC) อยู่ต่อลอตทั้งช่วงอุณหภูมิการใช้งาน มีความสามารถในการคงความหนึียวแม้ในอุณหภูมิต่ำมาก ไม่เป็นแม่เหล็กในสภาพอบอุ่น (Annealed) แต่สามารถเป็นแม่เหล็กได้บางส่วนหลังจากการขึ้นรูปเย็น [8]

#### 2.2.3 องค์ประกอบที่ช่วยคงโครงสร้างօอสเทนนิติก

- 1) นิกเกิล (Ni) เป็นธาตุที่มีบทบาทหลักในการคงโครงสร้าง FCC ให้คงที่แม้อุณหภูมิต่ำ
- 2) ไนโตรเจน (N) และแมงกานีส (Mn) ใช้เสริม/ทดแทนนิกเกิลในบางเกรดเพื่อลดตันทุน

#### 2.2.4 ส่วนประกอบทางเคมี (Chemical Composition)

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบหลักทางเคมี

ธาตุ	สัญลักษณ์	บทบาท/หน้าที่
โครเมียม	Cr (16–26%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ป้องกันการเกิดสนิม</li> <li>- สร้างพิล์ม <math>\text{Cr}_2\text{O}_3</math> บนผิวโลหะ</li> <li>- เพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนโดยเฉพาะในอากาศและสารเคมี</li> </ul>
nickel	Ni (6–22%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- คงโครงสร้างอสเทนนิต (FCC)</li> <li>- เพิ่มความเหนียว ความสามารถในการขึ้นรูป</li> <li>- ปรับปรุงความต้านทานกรด</li> </ul>
คาร์บอน	C ( $\leq 0.08\%$ หรือ $\leq 0.03\%$ สำหรับเกรด L)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เพิ่มความแข็งแรง (แต่ต้องควบคุมเพื่อป้องกันการแตกหักของ Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>)</li> </ul>
แมงกานีส	Mn (สูงสุด ~2%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ช่วยลดออกซิเดชันในกระบวนการหลอม</li> <li>- เป็นตัวช่วยสร้างอสเทนนิตในบางเกรด (ใช้ทดแทนนิกเกิลบางส่วนในเกรดรากูก)</li> </ul>
ซิลิคอน	Si (~0.5–1%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เพิ่มความต้านออกซิเดชัน</li> <li>- ช่วยในการหลอมโลหะ</li> </ul>

ตารางที่ 2.2 ธาตุเสริมในเกรดเฉพาะ

ธาตุ	พบในเกรด	บทบาท
โมลิบดีนัม (Mo)	316, 316L	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนแบบบรูเข็ม (pitting) โดยเฉพาะในน้ำทะเลหรือสารที่มีคลอรอไรด์</li> </ul>
ไทเทเนียม (Ti)	321	<ul style="list-style-type: none"> <li>- จับกับคาร์บอน ป้องกันการแตกหักของ Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub> ป้องกัน intergranular corrosion</li> </ul>
เนโอเบียม/ โคลัมเบียม (Nb)	347	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เช่นเดียวกับ Ti จับกับคาร์บอนเพื่อป้องกันการกัดกร่อนของเขตเกรน</li> </ul>

### ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างองค์ประกอบทางเคมีของเกรดօอสเทนนิติกที่นิยม

เกรด	ส่วนประกอบเด่น	คุณสมบัติพิเศษ	การใช้งาน
304	Cr ~18%, Ni ~8%	ทนสนิมทั่วไปได้มาก	เครื่องครัว ถัง อุปกรณ์ทางการแพทย์
304L	คาร์บอนต่ำ	ลดการเกิดคราบเปื้อนจากการเชื่อม	เหมาะสำหรับงานเชื่อม
316	เพิ่ม Mo ~2–3%	ทนกรดคลอริไดด์ได้ดี	อุตสาหกรรมเคมี, อาหารทะเล
316L	คาร์บอนต่ำ + Mo	ลดการกัดกร่อนขอบเขตเกรนหลัง เชื่อม	อุปกรณ์ทางการแพทย์
321	เพิ่มไทเทเนียม	ต้านการเกิดคราบเปื้อระหว่างเชื่อม	งานที่ต้องเชื่อมมาก
310	Cr ~25%, Ni ~20%	ทนความร้อนสูง	เตาเผา งานอุตสาหกรรมสูง

#### 2.2.5 การกัดกร่อน

เหล็กกล้าไร้สนิมเป็นวัสดุที่ทนและต้านทานการกัดกร่อน อย่างไรก็ตามมีเหล็กกล้าไร้สนิมหลายตระกูลที่สามารถต้านทานการกัดกร่อนได้ดีเดิม ในประเด็นการใช้งานที่ต่างกัน ซึ่งต้องเลือกไปใช้ในงานผลิตหรืองานประกอบโครงสร้าง ในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างระมัดระวัง

##### 1) การกัดกร่อนทั่วไป (General corrosion)

เป็นการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นตลอดทั่วผิวน้ำ (Uniform attack) การกัดกร่อนแบบนี้มีอันตรายน้อยเพราะว่าสามารถวัด และทำนายการกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าได้ การกัดกร่อนแบบนี้จะเกิดขึ้นกับเหล็กกล้าไร้สนิมในสิ่งที่แวดล้อมที่มีผลต่อการกัดกร่อนในอัตราที่ต่ำมาก

##### 2) การกัดกร่อนเนื่องจากความต่างศักย์ไฟฟ้า (Galvanic corrosion)

เป็นการกัดกร่อนที่เกิดจากโลหะ 2 ชนิดที่มีศักย์ทางไฟฟ้าแตกต่างกันมากอยู่ติดกัน จุ่มอยู่ในสารละลายที่มีฤทธิ์กัดกร่อนเดียวกัน เหล็กกล้าไร้สนิมจะเป็นโลหะที่มีศักย์สูงกว่าดังนั้นอัตราการกัดกร่อนเนื่องจากความต่างศักย์ไฟฟ้ามากจะมีค่าอยเพิ่มขึ้นในเหล็กกล้าไร้สนิม

##### 3) การกัดกร่อนแบบสึกกร่อนเนื่องจากการไหลของสารละลายที่มีฤทธิ์กัดกร่อนสูง (Erosion corrosion)/การกัดกร่อนเนื่องจากการขัดถู (Abrasion corrosion)

การกัดกร่อนแบบ Erosion/abrasion เป็นปฏิกิริยาที่เกิดร่วมกันระหว่างการสึกหรอทางกลับการกัดกร่อนจากสารละลาย, ผงหรือเศษที่หลุดมาจากการขัดถู จะแหวนลอยอยู่ในสารละลาย และให้ด้วยความเร็วสูงจะทำให้ผิวน้ำสัมผัสมีอัตราการกัดกร่อนสูง เหล็กกล้าไร้สนิมจะมี

ความต้านทานการกัดกร่อนแบบสึกกร่อนฯ หรือแบบขัดถูสูงเนื่องจากมีฟิล์ม保护ที่ยึดแน่น และสร้างทดสอบขึ้นที่ผิวน้ำสม่ำเสมอ

#### 4) การกัดกร่อนตามขอบเกรน (Intergranular corrosion)

การกัดกร่อนตามขอบเกรนเกิดขึ้นเนื่องจากเกิดการตกผลึกของโครงเมียมคาร์ไบเดร์ในบริเวณขอบเกรน ที่อุณหภูมิสูงประมาณ  $450^{\circ} - 850^{\circ}\text{C}$ . ทำให้ขอบเกรนมีปริมาณโครงเมียมลดลง มีความต้านทานการกัดกร่อนตามแนวขอบเกรนต่ำ แก้ไขโดยการเลือกใช้วัสดุเกรด “L” หรือ เกรดที่ช่วยให้โครงสร้างเสถียร (Stabilized grade) และต้องระวังไม่ให้เกิดการกัดกร่อนตามขอบเกรนระหว่างการเชื่อมประกอบโครงสร้าง

#### 5) การกัดกร่อนแบบสนิมขุม (Pitting corrosion)

การกัดแบบเป็นจุดหรือแบบสนิมขุมเป็นการกัดกร่อนเฉพาะที่เป็นอันตรายมากซึ่งมีผลทำให้เกิดการกัดกร่อนที่ผิวน้ำเป็นรูเล็ก ๆ หรือเป็นรูทะลุตลอดเนื้อวัสดุ แต่สามารถวัดการสูญเสียเนื้อวัสดุได้น้อย สิ่งแวดล้อมที่มีการกัดกร่อนแบบสนิมขุม ส่วนมากจะเป็นสารละลายที่มีคลอไรด์ไอออน (Chloride ion) จะเป็นตำแหน่งที่ฟิล์ม保护จะถูกทำลายได้ง่ายที่สุดในสิ่งแวดล้อมเช่นนี้ควรจะเลือกใช้วัสดุด้วยความระมัดระวัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสารละลายของกรดที่มีอุณหภูมิสูง ถ้าเงื่อนไขที่จะทำให้เกิดการกัดกร่อนแบบสนิมขุมไม่สามารถแก้ไขได้ ให้แก้โดยการเลือกใช้โลหะผสมที่ต้านทานการกัดกร่อนสูงกว่า เช่น เหล็กกล้าไร้สนิมเกรดดูเพล็กซ์และเกรดอื่น ๆ ที่สามารถแก้ไขปัญหาได้

#### 6) การกัดกร่อนในพื้นที่อับหรือถูกปกปิด (Crevice corrosion)

การกัดแบบนี้เกิดขึ้นที่ผิวน้ำส่วนที่ถูกปิด หรือกดทับของเหล็กกล้าไร้สนิม มีผลทำให้ปิดกั้นออกซิเจนไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชันสร้างฟิล์มออกไซด์ได้ ทำให้ฟิล์มป้องกันมีแนวโน้มที่จะแตกหรือถูกทำลายลงในพื้นที่อับนี้ ดังนั้นในสภาวะการใช้งานต้องหลีกเลี่ยงการมีพื้นที่อับ

#### 7) การกัดกร่อนในสภาพแวดล้อมที่มีจุลชีพ (Microbiologically Induced Corrosion)

การกัดกร่อนที่เป็นผลมาจากการกัดกร่อนจากจุลชีพ (Microbiologically Induced Corrosion หรือ MIC) เกิดจากแบคทีเรียที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมเก่าติดที่ผิวน้ำของเหล็กกล้าไร้สนิมทำให้บริเวณนั้น ปิดกั้นออกซิเจน ดังนั้นเงื่อนไขในการกัดกร่อนจึงคล้ายกับแบบ Crevice แบคทีเรียจึงทำให้สถานการณ์ การกัดกร่อนเลวร้ายลง

#### 8) การแตกร้าวนៅองจากการกัดกร่อนภายใต้แรงคืบ (Stress Corrosion Cracking)

การแตกร้าวนៅองจากการกัดกร่อนภายใต้แรงคืบ (Stress Corrosion Cracking หรือ SCC) คือการแตกเปราะที่เริ่มต้นจากการกัดกร่อนในวัสดุที่มีความเหนียว เหล็กกล้าไร้สนิมเกรดออสเทนนิติกจะมีแนวโน้มที่จะเกิด SCC มากกว่าเกรดเฟอร์ริติก, เหล็กกล้าไร้สนิมเกรดเฟอร์ริติกจึงสามารถต้านทานการกัดกร่อนแบบ SCC ได้ดีกว่าเกรดออสเทนนิติก [9]



รูปที่ 2.1 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) [10]

### 2.3 งานเชื่อมอาร์กอน หรือ TIG (Tungsten Inert Gas Welding)

งานเชื่อมอาร์กอน หรือ TIG ย่อมาจาก TUNGSTEN INERT GAS สมาคมการเชื่อมของอเมริกา (American Welding Society หรือ AWS) เรียกชื่อบนการเชื่อมนี้ว่า Gas Tungsten Arc Welding โดยใช้คำย่อว่า GTAW ซึ่งก็คือวิธีการเชื่อมที่ใช้ลวด Tungsten เป็นตัวอาร์กและใช้แก๊สเฉื่อยเป็นเกราะปกคลุมแนวเชื่อม บางตำราอาจจะเรียกชื่อบนการนี้ว่า Heliarc หรือ Heliweld ซึ่งเป็นชื่อดั้งเดิมของขบวนการนี้ โดยใช้แก๊สไฮเลียมปกคลุมแนวเชื่อม และยังเป็นชื่อทางการค้าของบริษัทผู้ผลิตเครื่องเชื่อม TIG ในประเทศสหรัฐอเมริกาด้วยกรรมวิธีเชื่อม TIG เป็นกรรมวิธีการเชื่อมโลหะโดยใช้ชิ้นงานหลอมละลายด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นจากการอาร์กยะห์ว่าง ลวดทั้งสตุน (Non-consumable Electrode) กับชิ้นงานเชื่อม โดยมีแก๊สเฉื่อยปกคลุมบริเวณเชื่อมและบ่อหลอมละลายเพื่อไม่ให้บรรยายกาศภายนอกเข้ามาทำปฏิกิริยากับบริเวณดังกล่าว ความร้อนที่ได้จากการอาร์กสูงประมาณ  $1942^{\circ}\text{C}$  ( $35,000^{\circ}\text{F}$ ) ในการเชื่อมนี้ ลวดทั้งสตุนจะทำหน้าที่อาร์กเพื่อให้เกิดความร้อนเท่านั้น โดยจะไม่มีการเติมลงในแนวเชื่อม หากต้องการเติมนีโอเชื่อม ต้องเติมลวดเชื่อมลงไป

การเชื่อม TIG เป็นกรรมวิธีเชื่อมที่สามารถเชื่อมโลหะได้เกือบทุกชนิด รวมถึงโลหะผสม เช่น เหล็กกล้าคาร์บอน, เหล็กกล้าพลาสม, เหล็กกล้าไร้สนิม, โลหะทนความร้อน, อะลูมิเนียมพสม, ทองแดง และทองแดงพสม เป็นต้น สำหรับตะกั่วและสังกะสีไม่ควรเชื่อม TIG เนื่องจากวัสดุทั้ง

สองมีจุดหลอมต่ำ ซึ่งแตกต่างจากอุณหภูมิของเปลวอาร์กมากและเมื่อเนื้อวัสดุหลอมละลายจะเปลี่ยนสภาพกล้ายเป็นไอ ส่วนโลหะที่มีจุดหลอมสูงสามารถเชื่อมด้วย TIG ได้ดี แต่ถ้าโลหะดังกล่าวเคลือบด้วย ตะกั่ว, สังกะสี, ดีบุก, แคดเมียม หรืออะลูมิเนียม จะต้องใช้วิธีเชื่อมพิเศษแนวเชื่อมของโลหะที่เคลือบนี้จะมีคุณสมบัติเชิงกลต่ำ เนื่องจากเกิดการผสมของวัสดุดังกล่าวภายในแนวเชื่อม วิธีป้องกัน ควรกำจัดวัสดุเคลือบบนโลหะออกก่อนทำการเชื่อมและเมื่อเชื่อมเสร็จแล้วจึงทำการซ่อมแซมใหม่

### 2.3.1 ข้อดีและข้อเสียของการเชื่อมอาร์กอน หรือ TIG (Tungsten Inert Gas Welding)

#### 1) ข้อดีของการเชื่อม TIG (Tungsten Inert Gas Welding)

- ไม่ต้องใช้ฟลักซ์ ดังนั้นแนวเชื่อมที่ได้จึงไม่จำเป็นที่จะต้องเคลือบแลก ซึ่งเป็นการตัดปัญหาในเรื่องสแลกฝังในแนวเชื่อม เพราะสแลกที่ฝังอยู่ในแนวเชื่อมจะทำให้แนวเชื่อมไม่แข็งแรงและผุกร่อน ทั้งนี้โดยการใช้แก๊สเฉื่อยทำหน้าที่แทนฟลักซ์สำหรับปกคลุมแนวเชื่อมไม่ให้ออกซิเจนและในโตรเจนจากบรรยายความรวมตัวกับแนวเชื่อมหรือโลหะงานขณะหลอมละลาย

- ส่วนผสมทางเคมีของแนวเชื่อมที่เกิดขึ้นจะมีส่วนผสมเหมือนกับวดเชื่อม จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น เนื่องจากแก๊สเฉื่อยที่ปกคลุมแนวเชื่อมจะไม่รวมตัวหรือทำปฏิกิริยา กับโลหะ ดังนั้นแนวเชื่อมที่ได้จากการเชื่อม TIG จึงแข็งแรง ทนต่อการกัดกร่อน และเหนียวกว่าแนวเชื่อมที่ได้จากการเชื่อมที่อื่น ๆ

- สามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม
- สามารถมองเห็นแนวเชื่อมและบ่อลอมละลายได้อย่างชัดเจน เนื่องจากการอาร์กที่เกิดขึ้นสะอาด ไม่มีควันและสแลกปกคลุม
- การเชื่อม TIG ให้ความร้อนสูงและเป็นบริเวณแคบ จึงไม่ทำให้ความร้อนในงานเชื่อมแผ่กระจายกว้างเกินไป งานจึงมีโอกาสบิดตัวน้อย
- ไม่มีเม็ดโลหะ (spatter) เกิดขึ้นที่บริเวณแนวเชื่อม เนื่องจากการเชื่อม TIG ไม่มีการส่งผ่านน้ำโลหะ ลดเชื่อมข้ามบริเวณอาร์กสู่บ่อลอมละลาย

#### 2) ข้อเสียของการเชื่อม TIG (Tungsten Inert Gas Welding)

- เชื่อมช้ากว่ากระบวนการอื่น
- ต้องการทักษะและความชำนาญสูงในการควบคุม ความร้อน, องศา, ความเร็ว ซึ่งล้วนส่งผลต่อคุณภาพแนวเชื่อม

- ตันทุนสูง เนื่องจากค่าแก๊ส (Argon หรือ Helium) สูงกว่า CO<sub>2</sub>
- ไม่เหมาะสมกับงานภาคสนามหรือพื้นที่ที่มีลมแรง แก๊สป้องกันแนวเชื่อม (Shielding Gas) ถูกลมเป่าออกได้ง่าย

- ไม่เหมาะสมกับงานเชื่อมโลหะที่มีขนาดหนา
- ไม่เหมาะสมกับงานที่ผิวสากประทวีมีสนิมหรือน้ำมัน

3) เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้กับการเชื่อม TIG จะกำหนดตามลักษณะการใช้งาน และการออกแบบของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้

- เครื่องเชื่อม (Power Source)
- แก๊สปกคลุ่ม (Shielding Gas)
- หัวเชื่อมและอุปกรณ์ประกอบ (Welding Torch and Equipment)

2.3.2 แก๊สอาร์กอนเป็นแก๊สเฉื่อยที่ได้จากการมีดิฟลิตออกซิเจน ซึ่งมีอยู่ในอากาศ ประมาณ 0.9% จะเห็นว่าอาร์กอนปนอยู่ในอากาศน้อยมาก ดังนั้นการเตรียมอาร์กอนแต่ละลูกบาศก์ฟุตจึงต้องใช้อากาศจำนวนมาก ราคาของแก๊สอาร์กอนจึงสูงกว่าออกซิเจนและไนโตรเจนมากในการเก็บแก๊สอาร์กอน อาจเก็บไว้ในสภาพของแก๊สหรือของเหลวได้ ถังสำหรับเก็บอาร์กอนเหลวจะต้องมีจำนวนที่ดี สามารถเก็บแก๊สอาร์กอนที่อุณหภูมิต่ำกว่า -184°C (-300°F)

2.3.3 แก๊สไฮเดรียม (Helium) ซึ่งแก๊สไฮเดรียมเป็นแก๊สเฉื่อย เป็นผลผลิตโดยได้จากการมีดิฟลิตแก๊สธรรมชาติ มี Ionization potential 24.5 โวลต์ และมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าดีเลิศ จึงเป็นเหตุให้เพลาอาร์กที่ได้จากการใช้แก๊สไฮเดรียมแผ่ขยายกว้าง แต่ความเข้มของการอาร์กลดลง การแผ่ขยายกว้างของเพลาอาร์กจะทำให้งานเชื่อมเกิดความร้อนเป็นบริเวณกว้าง ในขณะเดียวกัน ศูนย์กลางของเพลาอาร์กจะเจาะทะลุไปยังส่วนล่างของแนวเชื่อม ทำให้แนวเชื่อมที่ได้จากการใช้แก๊สไฮเดรียมซึมลึกกว่าการใช้แก๊สอาร์กอน แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้แก๊สไฮเดรียมคลุ่มสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะอาร์ก ความร้อนที่เกิดจากการอาร์กจะสูง เนื่องจากแก๊สไฮเดรียมต้องใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูง จึงมีพลังงานมาก

2.3.4 การพิจารณาเลือกใช้แก๊สปกคลุ่มสำหรับการเชื่อม TIG ให้เหมาะสมกับโลหะชนิดต่างๆ

การพิจารณาเลือกแก๊สปกคลุ่มสำหรับการเชื่อม ต้องคำนึงถึงปัจจัยหลัก ๆ ได้แก่ ประเภทของวัสดุ, ความหนาของวัสดุ, ลักษณะรอยเชื่อมที่ต้องการ, โลหะเติมที่ใช้ และ荷载 การถ่ายโอน โดยแก๊สทั่วไปที่ใช้ได้แก่ อาร์กอน (Ar) เหมาะสำหรับโลหะที่ไม่ใช่เหล็กและให้การอาร์กที่มั่นคง, ไฮเดรียม (He) ให้ความร้อนสูงและเหมาะสมกับวัสดุที่นำความร้อนดีและแก๊สผสม CO<sub>2</sub> (สำหรับ MIG/MAG) ช่วยเพิ่มการเจาะลึกแต่ก็ทำให้เกิดควันและสป๊าตเตอร์มากขึ้น

### ตารางที่ 2.4 การเลือกใช้แก๊สปกคลุมสำหรับการเชื่อม TIG

โลหะเชื่อม	แก๊สปกคลุม	ผลที่ได้
Stainless Steel	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Argon (100%)</li> <li>-Argon+ CO<sub>2</sub> (เล็กน้อย)</li> <li>-CO<sub>2</sub> 100%</li> <li>-Argon + Helium</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- แนวเชื่อมสะอาด, ป้องกันออกซิเดชันตีเยี่ยม, เหมาะกับ TIG</li> <li>- ใช้กับ MIG ได้ดี, แนวเชื่อมแข็งแรง, คุณสมบัติเช่นเดียวกับ TIG</li> <li>- ไม่แนวนำสำหรับสแตนเลส ทำให้เกิดออกซิเดชัน, ผิวน้ำเชื่อมเป็นสนิม</li> <li>- เพิ่มความร้อน, ใช้กับขึ้นหนา, แนวเชื่อมลึก</li> </ul>
อะลูมิเนียมผสม	<ul style="list-style-type: none"> <li>-อาร์กอน (ไฟฟ้า AC)</li> <li>-อาร์กอนผสมกับไฮเดรียม (ไฟฟ้า AC)</li> <li>-ไฮเดรียม (ไฟฟ้า AC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การอาร์กสมำเสมอ ปฏิภวิริยาการทำความสะอาดดี</li> <li>- การอาร์กสมำเสมออน้อยกว่าการใช้อาร์กอนแต่ปฏิภวิริยาการทำความสะอาดดี สามารถเชื่อมได้ด้วยความเร็วสูง ชีมลึกมาก</li> <li>- การอาร์กสมำเสมอและสามารถเชื่อมได้ดีด้วยความเร็วสูง บนวัสดุงานที่ทำความสะอาดผิวด้วยเคมีมาแล้ว</li> </ul>
อะลูมิเนียม บรอนซ์ ทองเหลือง	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Argon</li> <li>-Argon</li> <li>-Argon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การชีมลึกน้อย (อะลูมิเนียมบรอนซ์ต้องการชีมลึกน้อย)</li> <li>- การอาร์กสมำเสมอและมีควันน้อย</li> <li>- การอาร์กสมำเสมอและควบคุมป้องกันออกซิเดชันได้ดี</li> </ul>
Deoxidized copper	<ul style="list-style-type: none"> <li>-ไฮเดรียม</li> <li>-แก๊สผสมระหว่างไฮเดรียม 75% กับอาร์กอน 25%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้ความร้อนสูง จึงเป็นการชดเชยวัสดุ งานเป็นตัวนำความร้อนที่ดี</li> <li>- การอาร์กสมำเสมอแต่ให้ความร้อนน้อยกว่าการใช้ไฮเดรียมอย่างเดียวและยังสามารถเชื่อมโลหะงานที่บางกว่า 1/16 นิ้ว</li> </ul>

2.3.5 การเชื่อมพอกผิว นอกจากการเชื่อมต่อชิ้นงานเข้าด้วยกันแล้ว กระบวนการเชื่อมอาร์ค และการเชื่อมแก๊ส ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างเนื้อวัสดุบนชิ้นงาน ด้วยการเชื่อมพอกผิว ซึ่งการพอกผิวนี้ มีหลายลักษณะ สามารถแบ่งตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานได้ดังนี้ Cladding หมายถึงการพอกผิวเพื่อการป้องกันการกัดกร่อน Buttering หมายถึงการทำชั้นพอกผิวเป็นตัวกลาง ระหว่างชิ้นงานกับเนื้อเชื่อมชั้นบนสุด Buildup หมายถึงการเชื่อมพอกเนื้อวัสดุเพื่อให้ได้ขนาดบรรลุ ตามที่กำหนด Hardfaceing คือการพอกผิวเพื่อเพิ่มความต้านทานการเสียดสีและการให้กับชิ้นงาน กระแทก

2.3.6 การตรวจสอบคุณภาพงานเชื่อม การตรวจสอบงานเชื่อมเพื่อระบุระดับคุณภาพ แบ่งเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ การตรวจสอบคุณสมบัติทางกลและการตรวจสอบความสมบูรณ์ของ แนวเชื่อม การตรวจสอบคุณสมบัติทางกล เป็นการตรวจสอบโดยการทดสอบทางกล เช่น การทดสอบ ความแข็งแรงทางดึง (Tensile Test) การทดสอบความแข็งมหภาค (Macro Hardness Test) การ ทดสอบความแข็งจุลภาค (Micro Hardness Test) การทดสอบด้วยการดัด (Bend Test) การ ทดสอบความแกร่ง หรือความสามารถในการรับแรงกระแทก (Impact Test) การทดสอบเหล่านี้ทำ เพื่อตรวจวัดระดับคุณภาพของการออกแบบกระบวนการเชื่อม เช่นการเลือกใช้วัสดุ การเลือก กระบวนการเชื่อม การเลือก漉ดเชื่อม ลำดับขั้นตอนการทำงาน การใช้กระบวนการทางความร้อน ต่าง ๆ และอื่น ๆ ว่าออกแบบมาได้อย่างเหมาะสม ตามมาตรฐาน หรือข้อกำหนดที่ตกลงกันระหว่าง ผู้เกี่ยวข้อง การตรวจสอบคุณสมบัติทางกล เป็นการตรวจสอบบนชิ้นงานตัวอย่าง ในช่วงก่อนการ เชื่อมชิ้นงานจริง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของแนวเชื่อม เป็นการตรวจสอบว่าแนวเชื่อมที่เกิดขึ้น นั้น มีกำหนด หรือรอยความไม่ต่อเนื่องไม่เกินกว่าระดับที่ยอมรับได้ ตามมาตรฐานหรือไม่ ด้วยวิธีการ ตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (NDT) ต่าง ๆ เช่น การตรวจพินิจ (Visual Inspection) การตรวจสอบด้วย อนุภาคแม่เหล็ก (Magnetic Particle Testing) การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม (Penetration Testing) การตรวจสอบด้วยภาพถ่ายรังสี (Radio Graphic Testing) การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic Testing) เป็นต้น สำหรับตำแหน่งในงานเชื่อม

2.3.7 การปรับปรุงคุณสมบัติแนวเชื่อมหลังการเชื่อม การเคาะเพื่อคลายตัว (Peening) เป็น การปฏิบัติงานทางกลของโลหะ โดยหมายถึงการตีด้วยหัวค้อนหรือการยิงด้วยเม็ดวัสดุ (shot peening) การเคาะเพื่อคลายตัวเป็นกระบวนการการทำงานเย็น มันโน้มน้าวให้เกิดการขยายของผิว โลหะงานที่เย็น เนื่องด้วยเหตุนั้น การผ่อนคลายความเค้นแรงดึง หรือความเค้นอัดภายใน การเคาะ เพื่อคลายตัวยังกระทุ้นให้เกิดการแข็งตัวคงเหลือ (stain hardening) ของผิวโลหะ การเคาะคลาย ด้วยมือ (hand peening) กระทำหลังการเชื่อมเพื่อคลายความเค้นแรงดึงซึ่งเกิดขึ้นในเนื้อรอยเชื่อม และรอบ ๆ โลหะงานจากการเย็นตัว ระดับการลดลงของความเค้นแรงดึงอย่างน้อยที่สุดคือบริเวณที่ เกิดขึ้นใกล้ผิวรอยเชื่อมเท่านั้น การเคาะคลายตัวมีแนวโน้มให้ความแข็งสูงขึ้นในเนื้อรอยเชื่อมและงาน

บางอย่างควรหลีกเลี่ยง ด้วยเหตุผลนี้การเคาะคลายตัวโดยทั่วไปไม่ถูกยอมรับจากโค้ดส่วนใหญ่, มาตรฐานหรือข้อกำหนด เช่น ASME B31.3 หมวด 328.51 (d) ทุกรูปแบบของการเคาะคลายตัวถูก ก่อนการนำมาใช้งานบนเนื้อเชื่อมต้องแน่นการตามข้อกำหนดของการทดสอบชิ้นงาน ชิ้นงานที่ ดำเนินการทดสอบกระบวนการทำงานเชื่อมนั้น ตัวแปรที่จำเป็นทั้งหมดนั้นจะถูกใช้เพื่อการผลิตงาน เชื่อม ถ้าหากเนื้อเชื่อมถูกเคาะคลายตัวระหว่างการทดสอบกระบวนการของขั้นตอนการเชื่อม การทดสอบทางกลซึ่งตามมาของขั้นตอนจะแสดงให้เห็นคุณสมบัติทางกลของเนื้อเชื่อม คุณสมบัติทางกล เหล่านี้ ต้องเข้ากันได้กับคุณสมบัติทางกลของวัสดุซึ่งจะเชื่อมเข้าด้วยกัน ถ้ามันไม่ได้ดำเนินการมีการ สอบตกและขั้นตอนการเชื่อมนั้นไม่ถูกยอมรับที่จะใช้ในการเชื่อม การเคาะคลายตัวถูกนำมาใช้ในการ การผลิตงานเชื่อมที่ถูกกำหนดให้กระทำเท่านั้นอีก กระบวนการทางความร้อน กระบวนการทางความ ร้อนหลังการเชื่อม (post - welded heat treatment) มีเพื่อการลดความเคร็งตក้างและเพิ่มความ แข็งให้กับแนวเชื่อม [11]



รูปที่ 2.2 การเชื่อม (Welding)

#### 2.4 เพลา (Shaft)

เพลา คือ อุปกรณ์ที่ใช้ส่งกำลังหรือขับเคลื่อนให้เกิดการหมุน โดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นแกน ยาว หน้าตัดเป็นวงกลม มีความแข็งแรง ทนต่อการเสียดสี ถือเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ สามารถ

นำมาติดตั้งและประยุกต์ใช้กับงานได้หลากหลาย เช่น เครื่องมือช่าง เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมการเกษตร ระบบจัดการน้ำ ระบบขนส่งทางอากาศ และอีกมากมาย เรียกได้ว่าเป็นชิ้นส่วนที่ติดตั้งในเครื่องจักรที่ใช้กำลังในการขับเคลื่อนแบบทุกชนิด

#### 2.4.1 เพลาเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel shaft)

เพลาเหล็กกล้าไร้สนิม [12] คือ อุปกรณ์ที่ใช้ส่งกำลังหรือขับเคลื่อนให้เกิดการหมุนโดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นแกนยาว หน้าตัดเป็นวงกลม มีความแข็งแรง ทนต่อการเสียดสีสูงใช้เป็นวัสดุดีบในการทำอุตสาหกรรม ที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องจักร สามารถนำมาติดตั้งและประยุกต์ใช้กับงานได้หลากหลาย เช่น เครื่องมือช่าง เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมต่าง ๆ จึงต้องเน้นในเรื่องความกลม หนานาน และมีความยืดหยุ่น เพลาเหล็กกล้าไร้สนิมมีคุณสมบัติในการต้านทานการกัดกร่อน เนื่องจากเพลาเหล็กกล้าไร้สนิม เป็นโลหะสมรรถห่วงเหล็กและคาร์บอน จึงมีจุดหลอมเหลวสูง นำความร้อนระดับปานกลาง นอกจากนี้ยังป้องกันการแตกเปราะได้ดี

#### 2.4.2 เพลาเชิงเส้น (Linear Shafts)

เพลาโลหะทรงกระบอกที่มีผิวเรียบและความตึงสูง ออกแบบมาให้ทำงานร่วมกับลูกปืนเชิงเส้น (Linear Bearing) เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงอย่างราบรื่น มีแรงเสียดทานต่ำ และมีความแม่นยำสูง โดยมักใช้ใน เครื่องจักรอัตโนมัติ, CNC, หุ่นยนต์, เครื่องพิมพ์ 3D และระบบขับเคลื่อนที่ต้องการความเที่ยงตรง

#### 2.4.3 แรงบิด (Torque)

แรงหมุนของเพลา โดยแรงบิดจะเป็นแรงที่ใช้ในการส่งกำลังของมอเตอร์ไปหมุนเพลา ทำให้เพลาหมุนทำให้ชิ้นส่วนเพื่องต่าง ๆ ทำงานได้ ซึ่งค่าของแรงบิดนั้นมีความแตกต่างกันไปตามความเร็วรอบของมอเตอร์

สามารถคำนวณแรงบิดได้จากสมการ [13]

$$T = F \cdot r \quad (2.1)$$

- เมื่อ  $T$  คือ แรงบิด มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร ( $N \cdot m$ )
- $F$  คือ แรงที่กระทำ มีหน่วยเป็น นิวตัน ( $N$ )
- $r$  คือ รัศมีของเพลา มีหน่วยเป็น เมตร ( $m$ )



รูปที่ 2.3 เพลาเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel shaft) [14]

## 2.5 งานกลึง (Turning Process)

งานกลึง [15] เป็นกระบวนการขึ้นรูปงานในลักษณะของงานทรงกระบอกเป็นหลัก ประกอบด้วยการกลึงตามยาว การกลึงปาด และการกลึงขึ้นรูป งานกลึงปาดหน้า, งานกลึงปอก, งานกลึงเกลี่ยว, งานกลึงคưaวนรูใน, งานกลึงเช่าร่อง และงานกลึงตัด โดยใช้เครื่องมือแบบหนึ่งคู่ตัด ซึ่งลักษณะการขึ้นรูปของงานกลึงนั้น ขึ้นงานจะยึดติดอยู่กับที่และหมุนอยู่บนหัวจับของเครื่องกลึง จากนั้นเครื่องมือตัดจะเคลื่อนที่เข้าตัดขึ้นงานให้เป็นรูปร่างตามต้องการ

2.5.1 เครื่องกลึงยัณศูนย์ (Engine Lathe) เป็นเครื่องจักรประเภทหนึ่งที่มีรูปทรงเป็นแนวอน และมักใช้ในการแปรรูปโลหะสำหรับการกลึงเป็นหลัก เช่น การตัดโลหะ หั่นโลหะ คưaวนรู และเครื่องใช้เครื่องมือตัดพิเศษเพื่อสร้างรูปร่างที่ต้องการ เพื่อนำไปผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร หรือเครื่องยนต์ ที่เป็นกลไกต่าง ๆ จึงเป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก

2.5.2 เครื่องมือตัด (Cutting Tools) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการตัดขึ้นงาน เพื่อให้ได้รูปทรงและขนาดที่ต้องการ ในกระบวนการกลึงเครื่องมือตัดจะถูกติดตั้งบนแท่นสไลด์ที่เคลื่อนที่ไปมาตามแกนหมุนของชิ้นงาน เครื่องมือตัดประกอบด้วย เม็ดมีด (Inserts) และแท่นยึดจับเม็ดมีด (Tool Holder) ที่ใช้ยึดเครื่องมือตัดไว้ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

2.5.3 รูปแบบของงานกลึง จะขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงานที่ต้องการผลิต โดยทั่วไปแล้ว งานกลึงจะมีรูปร่างที่เป็นรูปทรงกระบอก หรือ รูปทรงกรวย เนื่องจากเครื่องกลึงมีลักษณะการทำงานที่ใช้ความเร็วในการหมุนทำให้สามารถสร้างรูปร่างได้

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างตารางการเลือกเม็ดมีดกลึง

ประเภทงาน	วัสดุชิ้นงาน	เกรดเม็ดมีด	ความเร็วตัด (Vc) (m/min)	ความลึกตัด (ap) (mm)	อัตราป้อน (f) (mm/rev)
กลึงหยาบ	เหล็กกล้า(Carbon Steel S45C)	P20 - P30 (ISO P)	120 - 200	1.5 - 5.0	0.2 - 0.4
กลึงละเอียด	เหล็กกล้า(S45C)	P10 - P20	150 - 250	0.2 - 1.5	0.1 - 0.3
กลึงเหล็กกล้า ไร้สนิม	SUS304/SUS316	M15 - M25 (ISO M)	80 - 160	0.5 - 2.0	0.15 - 0.3
กลึงอลูมิเนียม	AL6061/AL7075	N05 - N10 (ISO N)	250 - 800	0.5 - 3.0	0.1 - 0.4

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างตารางการเลือกเม็ดมีดกลึง

ประเภทงาน	วัสดุชิ้นงาน	เกรดเม็ดมีด	ความเร็วตัด (Vc) (m/min)	ความลึกตัด (ap) (mm)	อัตราป้อน (f) (mm/rev)
กลึงเหล็กหล่อ	FC/FCD	K10 - K20 (ISO K)	150 - 250	1.0 - 3.0	0.2 - 0.4
กลึงแข็ง (หลัง ชุบแข็ง)	เหล็กชุบแข็ง (HRC 50-60)	CBN (Cubic Boron Nitride)	80 - 180	0.1 - 0.5	0.05 - 0.2



รูปที่ 2.4 การกลึง (Turning)

## 2.6 เครื่องกัด (Milling Machine)

เครื่องกัด [16] เป็นเครื่องจักรกลที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตที่หลากหลาย และมีความแม่นยำเที่ยงตรงสูง ด้วยการเคลื่อนที่ของใบมีดในทิศทางที่กำหนด โดยยังสามารถตัดชิ้นส่วนของวัสดุตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ ให้ชิ้นงานมีรูปทรงที่เป็นไปตามความต้องการของการผลิต

### 2.6.1 เครื่องกัดแนวตั้ง (vertical milling machine)

เป็นเครื่องมือตัดเฉือนอเนกประสงค์ คุณสมบัติหลักของมันคือสปินเดลแนวตั้ง ซึ่งสามารถยืดและหมุนเครื่องมือตัดได้ ทำให้สามารถทำงานกับชิ้นงานที่อยู่นิ่งได้ การออกแบบนี้ช่วยให้เครื่องกัดแนวตั้งเคลื่อนที่ไปตามแกน X, Y และ Z ได้อย่างแม่นยำ ให้การควบคุมและความแม่นยำด้วยความสามารถในการเคลื่อนที่สามมิตินี้ เครื่องกัดแนวตั้งจึงสามารถดำเนินการตัดเฉือนต่าง ๆ เช่น การตัด การเจาะ และการคว้านเจิงประมวลผลวัสดุได้หลากหลาย

### 2.6.2 ส่วนประกอบของเครื่องกัดแนวตั้ง

เครื่องกัดแนวตั้งประกอบด้วยฐาน เสา หัวสปินเดล โต๊ะทำงาน และระบบควบคุม เป็นหลัก ฐานให้ความมั่นคงและรองรับทั้งเครื่อง คอลัมน์นี้มีหัวสปินเดลซึ่งยึดหัวกัดและขับเคลื่อนแบบหมุน โต๊ะทำงานถูกติดตั้งบนระนาบแนวอนและสามารถปรับได้หลายทิศทางเพื่อให้วางตำแหน่งชิ้นงานได้อย่างแม่นยำ ระบบควบคุม ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเป็นหน่วยควบคุมเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC) จะดูและการเคลื่อนที่ของสปินเดลและโต๊ะทำงาน เพื่อให้มั่นใจในการตัดที่แม่นยำ

### 2.6.3 หลักการทำงานของเครื่องกัดแนวตั้ง

หลักการทำงานของเครื่องกัดแนวตั้งนั้นขึ้นอยู่กับการหมุนของหัวกัดและการเคลื่อนที่ที่สอดคล้องกันของโต๊ะทำงาน หัวกัดติดตั้งอยู่บนหัวสปินเดลและหมุนด้วยความเร็วสูง ทำให้เกิดแรงตัดในขณะเดียวกัน โต๊ะทำงานที่ยึดชิ้นงานจะเคลื่อนที่ในลักษณะควบคุมให้เครื่องตัด เผยให้เห็นพื้นผิวสุดของวัสดุเพื่อนำออกในระหว่างกระบวนการกัด สามารถปรับหัวสปินเดลเพื่อเปลี่ยนมุมของคัตเตอร์ที่สัมพันธ์กับชิ้นงานได้ ทำให้เครื่องจักรสามารถสร้างรูปทรงและรูปทรงที่ซับซ้อนได้ โต๊ะทำงานยังสามารถอ้างอิงหรือหมุนได้เพื่อเพิ่มความอเนกประสงค์ของเครื่อง



รูปที่ 2.5 เครื่องกัด (Milling Machine) [17]

## 2.7 เครื่องเลื่อยกลซัก (Power Hack Saw)

เครื่องเลื่อยแบบบัก [18] เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการเลื่อยตัดวัสดุงานให้ได้ขนาดและความยาวตามความต้องการ ระบบการขับเคลื่อนใบเลื่อย ใช้ส่งกำลังด้วยมอเตอร์ แล้วใช้เพื่อเป็นตัวกลับทิศทางและใช้หลักการของข้อเหวี่ยงเป็นตัวขับเคลื่อนให้ใบเลื่อยเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในแนวเส้นตรงอย่างต่อเนื่องทำให้ใบเลื่อยสามารถตัดงานได้

### 2.7.1 ส่วนประกอบของเครื่องเลื่อยกลซัก

- 1) โครงเลื่อย (Saw Frame) มีลักษณะเหมือนตัวยกว่า โครงเลื่อยส่วนใหญ่ทำจากเหล็กหล่ออย่างดีใช้สำหรับใส่ใบเลื่อย โครงเลื่อยจะเคลื่อนที่ไปมาอยู่ในร่องทางเหยียบโดยการส่งกำลังจากล้อเพื่อ

2) ปากกาจับงาน (Vise) ใช้จับชิ้นงานเพื่อทำการเลือย สามารถปรับปรุงอุปกรณ์ได้ 45 องศา และสามารถเลื่อนปากเข้าออกได้ด้วยเกลียวแขนหมุนล็อกแน่น

3) แขนตั้งระยะงาน (Cut Off Gage) มีหน้าที่ในการตั้งระยะของชิ้นงานที่ต้องการตัดจำนวนมาก ๆ เพื่อให้ชิ้นงานที่ตัดออกมามีความยาวเท่ากันทุกชิ้น

4) ระบบป้อนตัด เครื่องเลื่อยซักมีระบบป้อนตัด 2 ชนิด คือ ชนิดใช้ลูกถ่วงน้ำหนัก และชนิดใช้น้ำมันไฮดรอลิก ทั้ง 2 ชนิด ทำหน้าที่เหมือนกันคือการป้อนตัด แต่หลักการทำงานต่างกัน ตรงที่ชนิดลูกถ่วงน้ำหนักอาศัยแรงดึงดูดของโลก ส่วนชนิดไฮดรอลิกอาศัยแรงดันจากน้ำมันไฮดรอลิก

5) ระบบหล่อเย็น เครื่องเลื่อยซักมีความจำเป็นต้องใช้น้ำหล่อเย็น เพื่อช่วยระบายความร้อนเนื่องจากการเลี้ยดสีระหว่างใบเลื่อยกับชิ้นงาน และยังช่วยยืดอายุการใช้งานของใบเลื่อย

6) ฐานเครื่องเลื่อยซัก (Base) ทำหน้าที่รองรับส่วนต่าง ๆ ของเครื่องเลื่อยซักทั้งหมด ฐานเครื่องเลื่อยซักบางชนิดจะทำเป็นโพรงภายใน เพื่อเป็นที่เก็บถังน้ำหล่อเย็นและมอเตอร์

7) มอเตอร์ (Motor) เครื่องเลื่อยซักมีมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นตันกำลังขับมอเตอร์จะใช้กับกระแสไฟฟ้า 220 โวลต์หรือ 380 โวลต์ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต

8) สวิตซ์เปิดปิด เครื่องเลื่อยซักมีสวิตซ์เปิดปิด แบบกึ่งอัตโนมัติ คือ สวิตซ์เครื่องจะปิดโดยอัตโนมัติเมื่อใบเลื่อยตัดชิ้นงานขาด

9) ชุดเฟืองทด (Gear) ทำหน้าที่ในการลดส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังโครงเลื่อยเฟืองทด ที่ใช้กับเครื่องเลื่อยซักมี 2 ชนิด คือ เฟืองเฉียง และเฟืองตรง

10) มู่ลี่ (Pulley) ทำหน้าที่ส่งกำลังผ่านสายพานไปยังชุดเฟืองทด ใช้กับสายพานตัววี

### 2.7.2 กลไกการทำงานของเครื่องเลื่อยกลซัก

กลไกการทำงานของเครื่องเลื่อยกลซัก เป็นกลไกส่งกำลังด้วยมอเตอร์ ส่งกำลังผ่านเฟืองขับซึ่งเป็นเฟืองทด เพื่อทดความเร็วรอบมอเตอร์และเพื่อทดแรงขับของมอเตอร์ที่ข้างเดียวที่ขับ มีจุดหมุนก้านต่ออยู่คู่กับศูนย์กับศูนย์กลางเฟืองเพื่อต่อ ก้านต่อไปขับโครงเลื่อยให้ซักโครงเลื่อยเดินหน้าและถอยหลังได้

#### 1) ตันกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า

- มอเตอร์ไฟฟ้าจะเป็นตันกำลังหลักโดยต่อกับสายพานหรือเฟืองเพื่อส่งกำลังไปยังชุดกลไก

● ความเร็วรอบของมอเตอร์จะถูกลดผ่านระบบทดรอบ (Gearbox หรือ Pulley) เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่เหมาะสมกับการตัด

#### 2) กลไกข้อเหวี่ยง - ก้านสูบ (Crank and Connecting Rod Mechanism)

- กลไกนี้จะเปลี่ยนจาก การหมุนเป็นการซัก

- เมื่อจานข้อเหวี่ยงหมุน 1 รอบ ก้านสูบจะดึงและดันใบเลื่อยเพื่อให้เกิดแรงเฉือนตัดโดยเคลื่อนที่กลับไป - กลับมา 1 รอบ

3) ชุดยึดใบเลื่อย (Saw Frame / Saw Arm)

- ใบเลื่อยติดอยู่กับโครงเลื่อย (Saw frame) ซึ่งจะเคลื่อนที่แบบขักหน้าถอยหลังตามการเคลื่อนที่ของก้านสูบ

- ตัวโครงนี้อาจมีล้อเลื่อนหรือร่างสไลด์เพื่อให้การเคลื่อนที่ราบรื่น

4) ระบบกดใบเลื่อยลง (Feed Mechanism)

- มีน้ำหนักถ่วงแบบสปริงหรือระบบไฮดรอลิกช่วยกดใบเลื่อยให้ตัดชิ้นงาน
- ระบบนีคิวบคุมแรงกด (Cutting Pressure) ขณะตัดเพื่อให้ได้แนวตัดที่สม่ำเสมอ

5) ชุดจับชิ้นงาน (Vise)

- เป็นปากกาหนีบชิ้นงานให้อยู่กับที่ โดยสามารถปรับระยะได้
- มักมีเกลียวหมุนสำหรับขันให้แน่น

6) ระบบตัดการทำงานอัตโนมัติ (Auto Shut - Off)

เมื่อใบเลื่อยตัดทะลุชิ้นงานจะมีลิ้นหรือคันโยกที่สัมผัสและส่งสัญญาณให้เครื่องหยุดหมุนอัตโนมัติเพื่อประหยัดไฟและป้องกันใบเลื่อยเสียหาย

### 2.7.3 ใบเลื่อยเครื่อง (Saw Blade)

ใบเลื่อยเป็นอุปกรณ์ของเครื่องเลื่อยที่มีความสำคัญมาก ทำหน้าที่ตัดเฉือนชิ้นงาน ใบเลื่อยเครื่องทำจากเหล็กกรอบสูง มีความแข็งแต่เเปราะ ดังนั้นการประกอบใบเลื่อยเข้ากับโครงเลื่อย จะต้องประกอบให้ถูกวิธีและขันสกรูให้ใบเลื่อยตึงพอประมาณ เพื่อป้องกันไม่ให้ใบเลื่อยหัก ส่วนของใบเลื่อยประกอบด้วยความกว้าง ความยาว ความหนา ความโตของรูใบเลื่อย และจำนวนฟันใบเลื่อย ซึ่งมีทั้งฟันหยาบและฟันละเอียด จำนวนฟันใบเลื่อยบอกเป็นจำนวนฟันต่อนิ้ว เช่น 10 ฟันต่อนิ้ว 14 ฟันต่อนิ้ว แต่ที่นิยมใช้งานทั่ว ๆ ไป คือ 10 ฟันต่อนิ้ว



รูปที่ 2.6 เครื่องเลื่อยกลั่ก (Power Hack Saw)

## 2.8 ระบบอุปกรณ์นิวเมติกส์ (Pneumatic)

ระบบอุปกรณ์ (Pneumatic Cylinder) [19] ระบบอุปกรณ์นิวเมติกส์จะแปลงพลังงานลมอัดให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้นแบบลูกสูบกลับ ใช้งานง่ายและเป็นໂ孝ลูชันที่ประยุกต์ต้นทุนในการเคลื่อนย้าย荷ลดเชิงเส้น ทำให้มักใช้ในระบบอัตโนมัติของเครื่องจักรและกระบวนการทางอุตสาหกรรม

### 2.8.1 ระบบอุปกรณ์แบบเคลื่อนที่สองทิศทาง (Double - acting)

ระบบอุปกรณ์แบบสองทิศทาง (Double - acting) เป็นประเภทที่พบบ่อยที่สุดเนื่องจากให้ผู้ใช้ควบคุมการเคลื่อนไหวของลูกสูบได้อย่างสมบูรณ์ รูปภาพด้านล่าง แสดงถึงการเคลื่อนที่ของลูกสูบและก้านลูกสูบเมื่ออากาศอัดเข้าสู่ลูกสูบและแกนลูกสูบ ตำแหน่งเชิงลบ คือ เมื่อแกนลูกสูบหดกลับและตำแหน่งบวกคือเมื่อก้านลูกสูบขยายออก เมื่ออากาศอัดเข้าสู่พอร์ตปลายก้าน จะดันลูกสูบไปข้างหน้า ขยายก้านลูกสูบ อากาศถูกบังคับให้ออกจากพอร์ตปลายก้าน ในการหดก้านลูกสูบอากาศอัดจะเข้าสู่พอร์ตปลายท่อบังคับให้อากาศออกจากพอร์ตปลายก้านและบังคับให้ลูกสูบหดกลับไปยังตำแหน่งลบ



รูปที่ 2.7 หลักการทำงานของระบบลูกสูบสองทิศทาง (Double - acting) [20]

ระบบอุกลมชนิดนี้ควบคุมการเคลื่อนที่ได้ทั้งสองทิศทาง ให้แรงคงที่และจังหวะยาว เหมาะกับงานที่ต้องการความแม่นยำและรอบการทำงานสูง อย่างไรก็ตาม ไม่ควรใช้งานที่ต้องการ ตำแหน่งฐานเมื่อสูญเสียแรงดันลม เพราะไม่มีแรงดันช่วยดันลูกสูบกลับ และยังใช้พลังงานมากกว่า ระบบอุกลมแบบทางเดียว

#### 2.8.2 หลักการทำงานของระบบอุกลมแบบเคลื่อนที่สองทิศทาง

##### 1) การเคลื่อนที่เข้า (Retracting)

อากาศอัดจะถูกส่งไปยังช่องด้านหลังลูกสูบ (ด้านก้านสูบ) ทำให้ลูกสูบ เคลื่อนที่เข้าด้านในระบบอุกลม ในขณะเดียวกัน อากาศที่อยู่ในช่องด้านหน้าลูกสูบ (ด้านหัวสูบ) จะถูกระบายนอก

##### 2) การเคลื่อนที่ออก (Extending)

อากาศอัดจะถูกส่งไปยังช่องด้านหน้าลูกสูบ (ด้านหัวสูบ) ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ ออกไปด้านนอกระบบอุกลม ในขณะเดียวกันอากาศที่อยู่ในช่องด้านหลังลูกสูบ (ด้านก้านสูบ) จะถูกระบายนอก

##### 3) การควบคุม (control)

การควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบอุกลมสองทาง ทำได้โดยการใช้ วาล์วควบคุม ทิศทาง (directional control valve) เช่น วาล์ว 5/2 หรือ 4/2 ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการ ไหลของอากาศไปยังช่องต่าง ๆ ของระบบอุกลม

##### 4) แรงดัน (Pressure)

การสร้างแรงดันที่เพียงพอในแต่ละช่องของระบบอุกลมเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ ระบบอุกลมสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การควบคุมแรงดันอากาศที่เข้าและออกจาก ระบบอุกลมจะช่วยให้สามารถปรับความเร็วและแรงในการเคลื่อนที่ได้

#### 2.8.3 การเลือกใช้ระบบอุกลมนิวเมติกส์

ในการเลือกใช้ระบบอุกลมนิวเมติกส์ สิ่งสำคัญคือต้องเข้าใจก่อนว่าต้องใช้แรงเท่าใดในการ เคลื่อนย้ายโหลดด้วยความเร็วที่ต้องการ ระบบอุกลมที่เลือกเพื่อเคลื่อนย้ายโหลดควรมีระดับแรงสูง กว่าแรงที่จำเป็นในการเคลื่อนย้ายโหลดเล็กน้อย

สามารถคำนวณหาแรงของระบบอุกลมได้จากสมการ [21]

$$F = P \cdot A \quad (2.2)$$

เมื่อ  $F$  คือ แรงทางทฤษฎีที่ได้ (N)

$P$  คือ ความดันลมใช้งานในระบบ (bar)

$A$  คือ คือ พื้นที่หน้าตัดลูกสูบ ( $\text{cm}^2$ )

## 2.9 พลาสติกกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร

### 2.9.1 พลาสติก POM (Polyoxymethylene)

พลาสติก POM [22] หรือชื่อทางเคมีว่า โพลีออกซิเมทิลีน (Polyoxymethylene) จัดเป็น พลาสติกวิศวกรรม (Engineering Thermoplastic) ประเภทกึ่งผลึก (Semi - crystalline) ซึ่งได้มาจากกระบวนการพอลิเมอร์เรซันของสารฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) โดยโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยหมู่เมทิลีน (-CH<sub>2</sub>-) และออกซิเจน (-O-) ที่เชื่อมต่อกันเป็นสายยาว ทำให้พลาสติกชนิดนี้มีความแข็งแรงเชิงกลสูง ทนต่อแรงกระแทก และทนต่อการสึกหรอได้ดีกว่าพลาสติกทั่วไป

POM มีความโดดเด่นในด้าน ความเสถียรเชิงมิติ (Dimensional Stability) เนื่องจากมีการดูดซึมน้ำตัว จึงคงรูปได้ดีแม้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง อีกทั้งยังมีความสามารถในการทนต่อสารเคมี เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น และตัวทำละลายบางชนิด คุณสมบัติเหล่านี้ส่งผลให้ POM ได้รับความนิยมในฐานะวัสดุทดแทนโลหะสำหรับชิ้นส่วนที่ต้องการความแข็งแรงและความแม่นยำสูง

#### 1) คุณสมบัติของพลาสติก POM

พลาสติก POM มีคุณสมบัติเด่นที่แตกต่างจากพลาสติกทั่วไป โดยเฉพาะด้านความแข็งแรงเชิงกลและความทนทานต่อแรงเสียดสี สามารถทนต่อแรงกระแทกได้ดีแม้ที่อุณหภูมิต่ำ อีกทั้งยังมีความเสถียรเชิงมิติสูง ไม่บิดงอ่าย และคงรูปได้แม้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง นอกจากนี้ยังทนทานต่อสารเคมี เช่น น้ำมันเชื้อเพลิงและสารทำละลายบางชนิด

โดยทั่วไป POM สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่

- POM - H (Homopolymer) ซึ่งจะมีความแข็งแรงและความแข็งสูง แต่มีข้อจำกัดด้านความทนทานต่อความร้อน
- POM - C (Copolymer) ซึ่งเป็นโคพอลิเมอร์ที่ปรับปรุงให้ทนความร้อนได้ดีกว่า และมีเสถียรภาพทางเคมีสูงกว่า แต่มีความแข็งแรงเชิงกลน้อยกว่า POM - H เล็กน้อย

#### 2) กระบวนการขึ้นรูปพลาสติก POM

- การฉีดขึ้นรูป (Injection Molding) นิยมมากที่สุด ใช้สำหรับผลิตชิ้นส่วนที่ซับซ้อนและต้องการความแม่นยำสูง
- การอัดรีด (Extrusion) เหมาะสำหรับผลิตแผ่น แท่ง หรือท่อ
- การกลึงและการกัด (Machining) สามารถนำมาขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรกลได้ง่าย จึงเหมาะสมสำหรับงานต้นแบบและงานที่ต้องการความละเอียด

#### 3) ข้อดีของพลาสติก POM

- ความแข็งแรงเชิงกลสูง สามารถทนต่อแรงดึง แรงกด และแรงตัดได้ดีกล้าดียงกับโลหะบางชนิด

- ทนการสึกหรอและแรงเสียดสี เหมาะสำหรับชิ้นส่วนที่ต้องเคลื่อนไหวหรือต้องสัมผัสแรงเสียดสีบ่อย ๆ
    - ความเสถียรเชิงมิติ (Dimensional Stability) คงรูปและไม่บิดงอง่าย แม้ในสภาพที่มีความชื้นหรืออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง
    - การดูดซึมน้ำต่าง สมบัติทางกลไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อยูนิสภาพแวดล้อมชื้น
    - ทนสารเคมีได้ดี โดยเฉพาะต่อน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น และตัวทำละลายอ่อน ๆ
  - แปรรูปง่าย ทั้งการฉีดขึ้นรูป การอัดรีด และการกลึงด้วยเครื่องจักร
  - น้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับโลหะ ช่วยลดน้ำหนักชิ้นส่วนโดยรวมได้

4) ข้อจำกัดของพลาสติก POM

  - ไม่ทนต่อกรดและด่างเข้มข้น เช่น กรดไนตริก กรดซัลฟิวริก และโซดาไฟ
  - ไวต่อไฟ แม้ว่าจะสามารถเติมสารหน่วงไฟได้ แต่หากไม่ปรับปรุงก็อาจติดไฟได้ง่าย
  - ทนความร้อนจำกัด ใช้งานได้ดีในช่วงอุณหภูมิไม่เกิน 100 – 120 °C หากสูงกว่านี้คุณสมบัติจะเสื่อมลง
  - การรีไซเคิลทำได้ แต่ไม่แพร่หลาย เมื่อเผาทำลายอาจปล่อยก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์ซึ่งเป็นสารพิษ
  - ราคางานกว่าพลาสติกทั่วไป เช่น PE หรือ PP เนื่องจากเป็นพลาสติกวิศวกรรม



รูปที่ 2.8 พลาสติก POM (Polyoxymethylene) [23]

### 2.9.2 พลาสติก PE (Polyethylene)

พลาสติก PE หรือโพลีเอทิลีน (Polyethylene) [24] เป็นพลาสติกในกลุ่มเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ที่ได้จากการพอลิเมอร์ไรซันของก๊าซเอทิลีน ( $C_2H_4$ ) โดยมีโครงสร้างไม่เกลูลพื้นฐาน เป็นสายโซ่ของหมู่เมทิลีน (- $CH_2-CH_2-$ ) ที่เชื่อมต่อ กันต่อเนื่อง พลาสติกชนิดนี้ถือเป็นหนึ่งในพลาสติกที่ มีการผลิตและใช้งานมากที่สุดในโลก เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูป มีราคาถูกและมี ความหลากหลายในการใช้งาน ดังเด็ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ไปจนถึงท่อและอุปกรณ์ทางวิศวกรรม

#### 1) คุณสมบัติหลักของพลาสติก PE

- ความเหนียวและความยืดหยุ่นสูงไม่แตกง่าย ทนต่อแรงดึงและแรงกระแทกได้ดี
- ทนต่อสารเคมีทั่วไป ด่าง น้ำมัน และแอลกอฮอล์หลายชนิด
- ไม่ดูดซึมน้ำ ความชื้นไม่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติ
- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ใช้กับงานหุ้มสายไฟได้ดี
- น้ำหนักเบาเหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์และชิ้นส่วนเคลื่อนที่
- ทนอุณหภูมิรีดดับหนึ่ง โดยทั่วไปใช้งานได้ที่ -50°C ถึง 80°C

#### 2) กระบวนการขึ้นรูปพลาสติก PE

- การอัดรีด (Extrusion) เม็ด PE ถูกป้อนเข้าเครื่องอัดรีด ละลายด้วยความร้อน ถูกดันผ่านแม่พิมพ์รูปร่างตามต้องการและออกมารีดเป็นผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง เช่น แผ่น, เส้น และท่อ
- การอัดขึ้นรูป (Compression Molding) ใส่เม็ดหรือผง PE ลงในแม่พิมพ์ ปิด แม่พิมพ์ ให้ความร้อนและแรงกดจนวัสดุหลอมและขึ้นรูป
- ฉีดขึ้นรูป (Injection Molding) เม็ดพลาสติกถูกละลายแล้ว ฉีดเข้าแม่พิมพ์แบบ ปิดสนิท นิยมกับ PE ที่ต้องการความแม่นยำสูง เช่น ฝาขวด กล่องพลาสติก มีความเร็วในการผลิตสูง เหมาะกับการผลิตจำนวนมาก

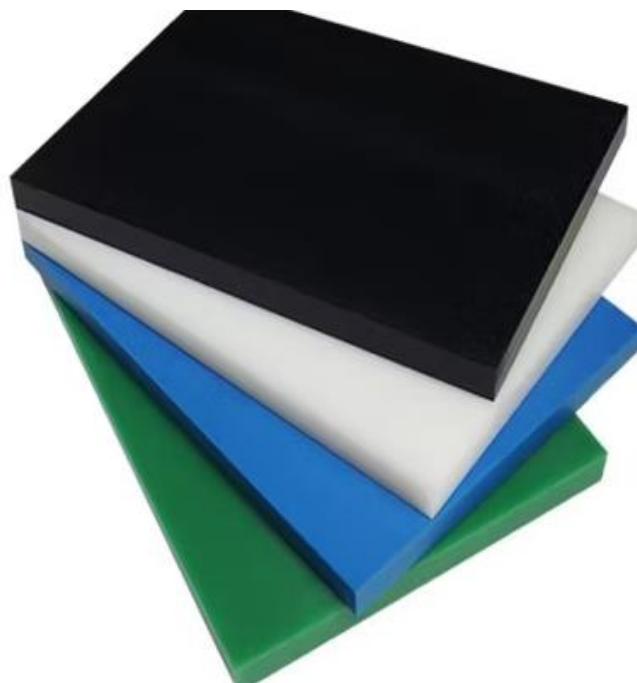
#### 3) ข้อดีของพลาสติก PE

- น้ำหนักเบาเหมาะสมกับการขนส่งและติดตั้ง ใช้งานง่าย
- ความเหนียวและยืดหยุ่นสูง ทนต่อแรงกระแทก ไม่แตกง่าย
- ทนสารเคมี ทนกรด ด่าง น้ำมัน และสารเคมีอ่อน ๆ ได้ดีมาก
- ไม่ดูดซึมน้ำ ใช้งานในสภาพแวดล้อมชื้นหรือชื้นนำไปได้โดยไม่เสียรูป
- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ใช้ทำฉนวนหุ้มสายไฟ หรืองานอิเล็กทรอนิกส์ได้
- ไม่เป็นพิษ เหมาะกับงานบรรจุอาหารและน้ำดื่ม
- ทนแรงดึงได้ดี เหมาะกับการทำถุงหรือฟิล์มที่ต้องการความแข็งแรงสูง

#### 4) ข้อจำกัดของพลาสติก PE

- ทนความร้อนได้ดี ไม่เหมาะสมกับงานอุณหภูมิสูง (เกิน 100–120 °C)
- ไวต่อการเกิดออกซิเดชันเมื่อโดนแสง UV (ต้องเติมสารป้องกันแสงแดด)
- ความแข็งแรงเชิงกลต่ำกว่าโลหะและพลาสติกวิศวกรรมบางชนิด
- ไม่ทนต่อรังสี UV (แสงแดด) หากไม่เติมสารต้าน UV (เช่น Carbon Black)

พลาสติกจะกรอบ แตก หรือเสื่อมสภาพเมื่อโดนแดดนาน



รูปที่ 2.9 พลาสติก PE (Polyethylene) [25]

### 2.10 อลูมิเนียม (Aluminium)

อลูมิเนียม (Aluminium, สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Al) [26] เป็นโลหะในกลุ่มธาตุหมู่ 13 ของตารางธาตุ จัดเป็นโลหะเบาที่มีความหนาแน่นต่ำเพียง  $2.7 \text{ g/cm}^3$  (ประมาณหนึ่งในสามของเหล็ก) มีสีเงินอมขาวและมีความทนทานต่อการกัดกร่อนสูงเนื่องจากผิวโลหะสามารถสร้างชั้นออกไซเดต์บาง ๆ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ที่ช่วยป้องกันการเกิดสนิมได้เองตามธรรมชาติ อลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากที่สุดชนิดหนึ่งในโลก เนื่องจากมีสมบัติเด่นคือ น้ำหนักเบา แข็งแรง สามารถขึ้นรูปง่าย และรีไซเคิลได้ 100% โดยไม่สูญเสียคุณภาพ

#### 2.10.1 คุณสมบัติของอลูมิเนียม

- 1) น้ำหนักเบา มีความหนาแน่นประมาณ  $2.7 \text{ g/cm}^3$  (เบากว่าเหล็ก 3 เท่า) ทำให้
 เหมาะกับงานที่ต้องการลดน้ำหนัก
- 2) ทนต่อการกัดกร่อน เมื่อสัมผัสอากาศจะเกิดฟิล์ม ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) เคลือบบาง ๆ ที่ป้องกัน
 การกัดกร่อนได้ดี (โดยเฉพาะในสภาพอากาศที่ร้อน)
- 3) เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าดี ใช้ทำหม้อ, แผ่นระบบความร้อน, สายไฟ (ในบาง
 กรณีแทนทองแดง)
- 4) มีความเหนียวและแปรรูปง่าย รีด ดึง ดัด หรือหล่อได้ง่าย เหมาะกับการขึ้นรูปชิ้นงาน
- 5) ไม่เป็นแม่เหล็ก (Non - magnetic) ใช้งานในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบที่
 ต้องหลีกเลี่ยงสนามแม่เหล็กได้ดี
- 6) สะท้อนแสงและความร้อนได้ดี ใช้ทำฉนวนหรือแผ่นสะท้อนในงานก่อสร้างและ
 อุตสาหกรรม
- 7) มีความสามารถในการรีไซเคิลสูง รีไซเคิลได้เกือบ 100% โดยใช้พลังงานเพียง 5%
 ของการผลิตใหม่จากแร่

#### 2.10.2 ประเภทและโลหะผสมของอลูมิเนียม

- 1) อลูมิเนียมบริสุทธิ์ (Pure Aluminum) มีปริมาณอลูมิเนียมมากกว่า 99% จุดเด่นคือ
 มีน้ำหนักเบา, ทนการกัดกร่อนดี, แปรรูปง่าย จุดด้อยคือมีความแข็งแรงต่ำ นิยมใช้ในงานฟอยล์ ห่อ
 อาหาร สายไฟ หรือภาชนะที่ไม่ต้องรับแรงมาก
- 2) อลูมิเนียมอัลลอย (Aluminum Alloys) คือการผสมอลูมิเนียมกับโลหะอื่น เช่น
 ทองแดง (Cu), แมกนีเซียม (Mg), สังกะสี (Zn), ซิลิคอน (Si), แมганเนส (Mn) ฯลฯ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติ
 เชิงกล ความแข็งแรง ความทนทาน และคุณสมบัติพิเศษอื่น ๆ แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่
  - Aluminum Alloys แบบหล่อ (Casting Alloys) ใช้เหลวหล่อขึ้นรูป เช่น
 ชิ้นส่วนรถยนต์ ฝาเครื่องยนต์ แบ่งเป็น Alloy แบบหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง (Gravity die casting)
 Alloy แบบฉีดขึ้นรูปแรงดันสูง (High - pressure die casting) โลหะผสมที่พบบ่อย Al - Si
 (อลูมิเนียม - ซิลิคอน): ทนการกัดกร่อนและหล่อขึ้นรูปง่าย Al - Cu หรือ Al - Mg เพิ่มความ
 แข็งแรง
  - Aluminum Alloys แบบขึ้นรูป (Wrought Alloys) เป็นอลูมิเนียมผสมที่
 ไม่ได้ผลิตโดยวิธีหล่อขึ้นรูป แต่ผลิตโดยการ ขึ้นรูปทางกล (mechanical forming) เช่น รีด แผ่น
 ดึงท่อ ฉีดเป็นโพลีไพร์ฟล์ ฯลฯ มีความแข็งแรงเชิงกลดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับอลูมิเนียมบริสุทธิ์
 เหมาะกับงานที่ต้องการ รูปร่างซับซ้อน, ความแข็งแรงสูง และน้ำหนักเบา



รูปที่ 2.10 อัลミニเนียม (Aluminium) [27]

## 2.11 ตู้คอนโทรลไฟฟ้า (Electrical Control Panel)

ความหมายของคอลโทรลล็อก (Control Box) [28] คอลโทรลบ็อก (Control Box) คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมระบบการทำงานของเครื่องจักร อุปกรณ์ไฟฟ้า หรือระบบอัตโนมัติ ต่าง ๆ โดยภายในกล่องจะบรรจุอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่สามารถควบคุม เปิด - ปิด หรือสั่งการให้ เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงมีระบบป้องกันอุปกรณ์จากความเสียหายที่อาจ เกิดจากกระแสไฟฟ้า

### 2.11.1 หน้าที่ของคอลโทรลบ็อก

- 1) ควบคุมการทำงานของมอเตอร์, ปั๊ม, เครื่องจักร
- 2) รวมวงจรควบคุมให้อยู่ในจุดเดียวเพื่อความสะดวก
- 3) ป้องกันอุปกรณ์ควบคุมจากผู้นั้น ความชื้น หรือการกระแทก
- 4) ช่วยจัดการสัญญาณไฟฟ้า (ควบคุม, ป้องกันโอเวอร์โหลด)

### 2.11.2 หน้าที่ของคอลโทรลบ็อก (Control Box)

- 1) ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรควบคุมการสถาาร์ท/สต็อปของมอเตอร์ ปั๊ม และ เครื่องจักรอื่น ๆ
- 2) ป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้า ใช้เบรกเกอร์, ฟิวส์, และรีเลย์ป้องกันโอเวอร์โหลด, กระแส เกิน, ไฟฟ้าลัดวงจร
- 3) รวมอุปกรณ์ให้เป็นระเบียบ ทำให้ตรวจสอบและบำรุงรักษาได้ง่าย
- 4) เชื่อมต่อสัญญาณจากอุปกรณ์ควบคุม รับสัญญาณจากสวิตซ์, ปุ่มฉุกเฉิน, PLC หรือเซ็นเซอร์



**รูปที่ 2.11 ตู้คอนโทรลไฟฟ้า (Electrical Control Panel) [29]**

## 2.12 สวิตช์ไฟฟ้า (Electrical Switch)

สวิตช์ไฟฟ้า (Electrical Switch) [30] เป็นอุปกรณ์สำคัญที่มีหน้าที่ในการควบคุมการเปิด - ปิดของวงจรไฟฟ้า โดยอนุญาตหรือป้องกันการไหลของกระแสไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ปลายทาง เช่น หลอดไฟ เครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้า หรือมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว สวิตช์ไฟฟ้า ไม่ได้มีเพียงชนิดเดียว แต่มีอยู่หลายรูปแบบซึ่งแต่ละแบบถูกออกแบบให้เหมาะสมกับลักษณะงาน และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน การเลือกใช้สวิตช์ให้เหมาะสมจึงมีผลต่อประสิทธิภาพ ความสะอาด และความปลอดภัยในการใช้งานระบบไฟฟ้าอย่างมาก ซึ่งกลไกการทำงานของสวิตช์ไฟฟ้า (Electrical Switch) จะขึ้นอยู่กับ หน้าสัมผัส (Contact Points) ภายในตัวสวิตช์ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนหลักที่ทำหน้าที่ในการ เชื่อมต่อ (ปิดวงจร) หรือ แยกออกจากกัน (เปิดวงจร) ของกระแสไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงของสถานะวงจรนี้จะเกิดขึ้นจากการกระทำของผู้ใช้งาน เช่น การกดปุ่ม, โยกคัน, หมุน หรือแม้แต่การเหยียบสวิตช์ โดยกลไกทางกายภาพเหล่านี้จะควบคุมให้หน้าสัมผัสทำงานตามต้องการ

### 2.12.1 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch)

สวิตช์ปุ่มกด เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการนำมาใช้งานร่วมกับระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าหรือติดตั้งไว้ภายในตู้ เพื่อควบคุมวงจรไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยหลักการทำงาน จะใช้นิ้วมือกดที่ปุ่ม เป็นการควบคุมให้ระบบทำงานและหยุดทำงานได้ทันที ซึ่งลักษณะรูปแบบของปุ่มกดแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างที่สำคัญคือหน้าสัมผัส เปิด - ปิดวงจรไฟฟ้าที่อยู่ภายใน



รูปที่ 2.12 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) [31]

#### 2.12.2 สวิตช์ฉุกเฉิน (Emergency Stop Switch หรือ E - Stop)

สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน หรือ ที่เรียกทั่วไปว่า สวิตช์หัวเหตุ นิยมใช้กับปุ่มหยุดเครื่องจักรกลต่าง ๆ เพื่อรองรับกับเหตุการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น และเมื่อถึงเวลาใช้งาน ทันทีที่เรากดที่ปุ่ม Emergency Switch เครื่องจักรกลทุกอย่างที่มีปุ่ม emergency switch จะหยุดการทำงานในทันที เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้



รูปที่ 2.13 สวิตช์ฉุกเฉิน (Emergency Stop Switch หรือ E - Stop) [32]

#### 2.12.3 รีเลย์ (Relays)

รีเลย์ คือ สวิตช์ตัด - ต่อวงจรโดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนมากใช้ในวงจรควบคุมอัตโนมัติ ใช้ในการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ รีเลย์มีส่วนประกอบสำคัญคือ 衔ลวดและส่วนของ

หน้าสัมผัสทำหน้าที่เป็นสวิตช์ คือ เมื่อรีเลย์ได้รับการจ่ายไฟแล้วจะทำให้หน้าสัมผัสถิกกันกล้ายเป็นวงจรปิด ถ้าไม่จ่ายไฟหน้าสัมผัสจะแยกออกจากกันกล้ายเป็นวงจรเปิดรีเลย์ถูกนำไปใช้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องจักรต่างๆ



รูปที่ 2.14 รีเลย์ (Relays) [33]

#### 2.12.4 สวิตช์แบบหมุน (Rotary Switch)

สวิตช์แบบหมุน (Rotary Switch) หรือเรียกว่าสวิตช์แบบเลือกค่า (Selector Switch) เป็นสวิตช์ที่ต้องหมุนก้านสวิตช์ไปโดยรอบเป็นวงกลม สามารถเลือกตำแหน่งการตัดต่อได้หลายตำแหน่ง มีหน้าสัมผัสสวิตช์ให้เลือกต่อมากหลายตำแหน่ง เช่น 2, 3, 4 หรือ 5 ตำแหน่ง



รูปที่ 2.15 สวิตช์แบบหมุน (Rotary Switch) [34]

## 2.13 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) [35] คือ อุปกรณ์ควบคุมการไหลของของไหล เช่น น้ำ อากาศ หรือก๊าซต่าง ๆ เป็นต้น ภายในวาล์วนี้มีเพิ่มส่วนประกอบขึ้นมาคือชุด漉พันแม่เหล็ก เป็นตัวกลางที่ใช้ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านชุด漉จะเกิดพลังงานสนามแม่เหล็ก ส่งผลการทำงานปิด - เปิด ซึ่งการให้ไหลของตัววาล์ว อุปกรณ์ชนิดนี้มีระบบการทำงานให้เลือกหลายชนิด และควรเลือกวัสดุวาล์วให้เหมาะสมกับงาน เช่น งานเกี่ยวกับของไหลที่เป็นน้ำควรเลือกใช้วัสดุภายนอกที่เป็นพลาสติก งานเกี่ยวกับของไหลที่เป็นสารเคมีควรใช้วัสดุภายนอกที่เป็นทองเหลือง

### 2.13.1 การทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

โซลินอยด์วาล์วทำงานโดยมีสองส่วนหลัก คือ โซลินอยด์และตัววาล์ว โซลินอยด์ ประกอบด้วยชุด漉อุปนายางแม่เหล็กไฟฟ้ารอบแกนเหล็กกลางที่เรียกว่าลูกสูบ ส่วนตัววาล์วสามารถเป็นแบบเปิดตามปกติหรือปิดตามปกติ ในสถานะที่ไม่มีพลังงาน วาล์วเปิดตามปกติจะเปิดอยู่ และวาล์วปิดตามปกติจะปิดอยู่ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านชุด漉โซลินอยด์จะเกิดสนามแม่เหล็กที่ดึงลูกสูบเคลื่อนที่ และอาจขณะแรงสปริง สำหรับวาล์วปิดตามปกติ ลูกสูบจะยกขึ้นเพื่อเปิดช่องและอนุญาตให้สื่อไหลผ่าน แต่สำหรับวาล์วเปิดตามปกติ ลูกสูบจะเลื่อนลงเพื่อให้ช่องล็อกและหยุดการไหลของสื่อ วงแหวนแรงขับป้องกันการสั่นสะเทือนในชุด漉 AC

### 2.13.2 ประเภทของโซลินอยด์วาล์ว

#### 1) โซลินอยด์วาล์ว 2/2 ทาง (2/2 - Way Solenoid Valve)

วาล์วโซลินอยด์ 2 ทางมีพอร์ตทางเข้าและทางออกสองพอร์ต ทิศทางการไหลมีความสำคัญเพื่อความแน่ใจในการทำงานที่ถูกต้อง ดังนั้nm กจะมีลูกศรบ่งชี้ทิศทางการไหล วาล์ว 2 ทางนี้ใช้สำหรับการเปิดหรือปิดการไหลของสื่อ



รูปที่ 2.16 โซลินอยด์วาล์ว 2/2 ทาง (2/2 - Way Solenoid Valve) [36]

## 2) โซลินอยด์วาล์ว 3/2 ทาง (3/2 - Way Solenoid Valve)

วาล์ว 3 ทางประกอบด้วยพอร์ตเชื่อมต่อสามพอร์ต มีสองสถานะที่สามารถเปลี่ยนไปมาได้ ทำให้สามารถสลับการทำงานระหว่างสองวงจรที่แตกต่างกัน วาล์วประเภทนี้ใช้สำหรับการเปิด - ปิด การกระจาย หรือการผสมสือต่างๆ



รูปที่ 2.17 โซลินอยด์วาล์ว 3/2 ทาง (3/2 - Way Solenoid Valve) [37]

## 3) โซลินอยด์วาล์ว 4/2 ทาง (4/2 - Way Solenoid Valve)

วาล์วทิศทาง 4/2 ควบคุมการไหลของอากาศเข้าและออกจากระบบอุ่นสูบอย่างไรก็ตาม, ไอเสียจากพอร์ตใดพอร์ตหนึ่งของระบบอุ่นสูบจะถูกควบคุมด้วยวาล์วพอร์ตเดียวกัน ซึ่งหมายความว่าอัตราการไหลของไอเสียจะต้องสม่ำเสมอในทั้งสองทิศทาง



รูปที่ 2.18 โซลินอยด์วาล์ว 4/2 ทาง (4/2 - Way Solenoid Valve) [38]

#### 4) โซลินอยด์วาล์ว 5/2 ทาง (5/2 - Way Solenoid Valve)

วาล์ว 5/2 ทิศทางนี้ควบคุมการไหลของอากาศเข้าพอร์ตหนึ่งของระบบอุกสูบ และจัดการกับໄอोสีเยียจากพอร์ตอื่น ๆ ด้วยพอร์ตที่ห้า, วาล์วนี้สามารถควบคุมการปล่อยໄอोสีเยียจากหัวสูบของพอร์ตของระบบอุกสูบได้อย่างละเอียดและแม่นยำ



รูปที่ 2.19 โซลินอยด์วาล์ว 5/2 ทาง (5/2 - Way Solenoid Valve) [39]

### 2.14 เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าต่ำ (Low Voltage Circuit Breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าต่ำ (LV-CB) [40] คืออุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าที่ใช้ในระบบไฟฟ้าแรงดันไม่เกิน 1,000 V AC หรือ 1,500 V DC มีหน้าที่ ตัดวงจรโดยอัตโนมัติ เมื่อเกิดเหตุผิดปกติ เช่น กระแสเกิน (Overload), กระแสลัดวงจร (Short Circuit) และความผิดพลาดในการทำงานของ อุปกรณ์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็น สวิตช์ควบคุม สำหรับปิด–เปิดวงจรไฟฟ้าได้

#### 2.14.1 หลักการทำงาน

- 1) ภาวะปกติ – เบรกเกอร์จะเข้มต่อวงจรให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ตามปกติ
- 2) เมื่อเกิดกระแสเกิน – องค์ประกอบ Thermal Trip (Bimetal) จะร้อนและโค้งงอทำให้กลไกปลดเบรกเกอร์
- 3) เมื่อเกิดลัดวงจร – กลไก Magnetic Trip (Solenoid) จะดึงคันกลไกให้ปลดหันที่เพื่อตัดวงจรอย่างรวดเร็ว
- 4) เมื่อเบรกเกอร์ตัด – จะเกิดอาร์คไฟฟ้าที่หน้าสัมผัส Arc Chute จะทำหน้าที่ดับอาร์คเพื่อป้องกันความเสียหาย
- 5) การรีเซ็ต – ผู้ใช้งานต้องสับกลับหรือรีเซ็ตใหม่เพื่อใช้งานอีกครั้ง

#### 2.14.2 ส่วนประกอบสำคัญ

- 1) Contacts คือ หน้าสัมผัสสำหรับปิด–เปิดวงจร

- 2) Operating Mechanism คือ คันโยก/สวิตซ์ควบคุมการทำงาน
- 3) Arc Chute คือ ห้องดับอาร์ค ใช้ดับอาร์คไฟฟ้าเมื่อเบรกเกอร์ตัด
- 4) Trip Unit คือ กลไกป้องกัน (Thermal, Magnetic หรือ Electronic)
- 5) Frame / Enclosure คือ ตัวถังป้องกัน ให้ความแข็งแรงและความปลอดภัย

#### 2.14.3 ข้อดีของเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ

- 1) ตัดวงจรเร็ว ปลอดภัย
- 2) รีเซ็ตใช้งานใหม่ได้ ไม่ต้องเปลี่ยนเหมือนพิวส์
- 3) ปรับตั้งค่าการป้องกันได้ (โดยเฉพาะ MCCB และ ACB)
- 4) รองรับการควบคุมระยะไกล (Remote Control)

#### 2.14.4 ข้อเสียของเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ

- 1) ราคาสูงกว่าพิวส์ธรรมด้า โดยเฉพาะรุ่น MCCB, ACB
- 2) มีอายุการใช้งานจำกัด หน้าสัมผัสสึกหรอจากการตัดบ่อย ๆ
- 3) ไวต่อสภาพแวดล้อม เช่น ฝุ่น ความชื้น อาจทำให้เกล็กการทำงานผิดพลาดได้
- 4) ต้องการบำรุงรักษา ตรวจสอบการทำงานของกลไก ทำความสะอาดหน้าสัมผัส



รูปที่ 2.20 เบรกเกอร์ (Circuit Breaker) [41]

## 2.15 แท่นต่อสายไฟแบบสกรูหรือเทอร์มินอลที่เข้าสายแบบสกรู (Screw Type Terminal Block)

แท่นต่อสายไฟแบบสกรูหรือเทอร์มินอลที่เข้าสายแบบสกรู [42] เทอร์มินอลบล็อกชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันมาก จะใช้การขันสกรูลงไปเพื่อบีบอัดรัดสายไฟให้แน่น หมายความว่าจะมีการสั่นสะเทือน เนื่องจากจะทำให้น็อตที่ขันมีการคลายตัวได้ โดยหมายความว่า ตัวน็อตจะมีการหักเหได้ แต่สายไฟจะคงอยู่ในตำแหน่งเดิม ไม่หลุดร่วง ตัวน็อตสามารถดึงออกได้โดยใช้ไขควง ขนาดเล็ก ๆ ที่เรียกว่า สายค้อนโทรล ไปถึงสายเบอร์ไช่ ที่เรียกว่า สายเพาเวอร์ ตัวน็อตขนาดสาย  $0.5 \text{ mm}^2$  ไปจนถึงขนาด  $70 \text{ mm}^2$

### 2.15.1 หลักการทำงานของแท่นต่อสายไฟแบบสกรู

- 1) นำสายไฟสอดเข้าช่องของเทอร์มินอล
- 2) ขันสกรูให้แน่นเพื่อบีบสายไฟติดกับตัวนำไฟฟ้าภายใน
- 3) สกรูทำหน้าที่กดสายไฟให้แน่นและมั่นคง ไม่ให้เกิดการหลุด

### 2.15.2 คุณสมบัติเด่นของแท่นต่อสายไฟแบบสกรู

- 1) การยึดแน่นสูง ป้องกันสายหลุดจากแรงสั่นสะเทือน
- 2) ติดตั้งง่าย เพียงไขสกรู
- 3) ทนกระเส斯ูงได้ดีกว่าแบบสปริง
- 4) ใช้ได้กับสายไฟขนาดใหญ่



รูปที่ 2.21 แท่นต่อสายไฟแบบสกรู (Screw Type Terminal Block) [43]

## 2.16 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low Voltage Power cable)

ลักษณะของสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ [44] รับแรงดันไฟฟ้าได้ไม่เกิน  $6\text{kV}$  ส่วนใหญ่จะมีฉนวนเป็น Cross - linked polyethylene (XLPE) ซึ่งมีความแข็งแรง ทนทานกว่าฉนวน PVC และยังทนความร้อนได้สูงถึง  $90^\circ\text{C}$  บางชนิดอาจมีการเสริมโครงสร้างโลหะเพื่อรับแรงกระแทกที่จะเกิดขึ้นจากการติดตั้งได้มากขึ้น เช่น สาย CV, CV - AWA, CV - SWA เป็นต้น

2.16.1 6/1 kV XLPE/PVC (สาย CV) รับแรงดันได้ 600/1000V ฉนวนทำจาก Cross-linked polyethylene (XLPE) เปลือกนอกเป็น PVC ตัวนำเป็นทองแดง มีตั้งแต่ชนิดตัวนำแกนเดี่ยว จนถึง ตัวนำสี่แกน การใช้งานสามารถฝังดินโดยตรง ร้อยท่อฝังดิน ร้อยห่อฝังผนังคอนกรีต ร้อยห่อเดินใต้ผ้าอาคาร เดินเกาผนัง เดินบนฉนวนลูกกลิ้วย และ เดินในช่องเดินสายชนิด wire-way ที่ปิดมิดชิด

2.16.2 6/1 kV XLPE/PVC/AWA (สาย CV - AWA) และ 6/1 kV XLPE/PVC/SWA (สาย CV - SWA) รับแรงดันได้ 600/1000V ฉนวนเปลือก ตัวนำและการใช้งานเหมือนสาย CV แต่มีการเสริมโครงสร้างลดอະลูมิเนียมและลดเหล็กตามลำดับ เรียกโครงสร้างชั้นนี้ว่า Metallic Shield โดย Metallic Shield นี้จะช่วยสลายประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนผิวนวนไม่ให้แพร่ไปยังโครงสร้างชั้นอื่น ๆ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการใช้งาน



รูปที่ 2.22 สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low Voltage Power cable) [45]

## 2.17 PLC (Programmable Logic Controller)

PLC [46] คือ อุปกรณ์ควบคุมเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยภายในมีไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ พีแอลซีเป็นระบบควบคุมทางอุตสาหกรรมหรือเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่องานเฉพาะกิจ (Special Purpose Computer) ซึ่ง ก็คือเครื่องประมวลผลข้อมูลที่ถูกออกแบบแบบตัวเครื่องและโปรแกรมควบคุมให้ทำงานอย่างได้อย่างหนึ่ง เป็นการเฉพาะ (Inflexible) โดยทั่วไปมักใช้ในงานควบคุม หรืองานอุตสาหกรรมที่เน้นการประมวลผลแบบรวดเร็ว ที่ตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์อินพุตหรืออุปกรณ์ป้อนข้อมูล (Input Devices) อย่างต่อเนื่อง และทำการออกคำสั่งตามโปรแกรมเพื่อควบคุมสถานะของอุปกรณ์เอาต์พุต (Output

Devices) ถึงแม้ว่าจะเรียกว่าคอมพิวเตอร์ก็ตาม พีเอลซีนั้นไม่มีจอแสดงผล คีย์บอร์ด เครื่องพิมพ์ หรือ ฮาร์ดไดร์ฟ และยังถูกซ่อนอยู่ในແນ່ງຄວບຄຸມ



ຮູບທີ 2.23 ກລົດ PLC (Programmable Logic Controller) [47]

#### 2.17.1 ພັດການທຳງານຂອງ PLC

ໂຄຮງສ້າງຂອງ PLC ຈະເຮີມຈາກການນຳເຂົາຂໍ້ມູນຈາກເຄື່ອງຈັກຫຼືອຸປະກິນທີ່ເຊື່ອມຕ່ອງຢູ່ (Input) ຊື່ຂໍ້ມູນທີ່ໄດ້ຮັບມານີ້ຈະຖືກນຳໄປຕ່ຽວຈັບໃນໜັ້ນຕອນຕ່ອງໄປ ໂດຍການເຫີຍບັນກັບ Logic ຄື້ອ ໂປຣແກຣມທີ່ຕັ້ງຄ່າໄວ້ ຈາກນັ້ນ PLC ກີ່ຈະສ່າງຂໍ້ມູນທີ່ຜ່ານການຕ່ຽວຈັບແລ້ວໄປສ່ອຸປະກິນແສດງຜລ (Output) ເພື່ອຄວບຄຸມສະຖານະຂອງອຸປະກິນໃຫ້ເປັນໄປຕາມທີ່ກຳທັດ ເຊັ່ນ ການເປີດແລະປຶດມອເຕອຮ໌ຫຼືອ ວາລົວ ຈຶ່ງໃຫ້ປະມາລຜລໄດ້ອ່າຍ່າງຮັດເຮົວແລະຖືກຕ້ອງຕາມໂປຣແກຣມການທຳງານທີ່ຕັ້ງຄ່າໄວ້

#### 2.17.2 ໂປຣແກຣມ GX Works 2

ໂປຣແກຣມ GX Works 2 [48] ເປັນໂຊຟົດແວຣ໌ສໍາຫຼັບການເຂົ້າໃນໂປຣແກຣມແລະຕັ້ງຄ່າ PLC ຂອງ Mitsubishi Electric ໃຊ້ສໍາຫຼັບພັນນາ ແກ້ໄຂ ແລະບໍາຮຸງຮັກໝາໂປຣແກຣມສໍາຫຼັບ PLC ຈີຣີສໍ Q, L ແລະ FX ຂອງ Mitsubishi Electric ໂດຍຮົມຄວາມສາມາດຂອງ GX Developer ແລະ GX Explorer ໄວໃນໂຊຟົດແວຣ໌ເຕີຍກັນ ທຳໃຫ້ຮອງຮັບກາຫາໂປຣແກຣມຫລາກຫລາຍ ເຊັ່ນ Ladder Diagram (LD), Function Block Diagram (FBD) ແລະ Structured Text (ST)



ຮູບທີ 2.24 ໂປຣແກຣມ GX Works 2

## 2.18 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนเพื่อวิเคราะห์การลงทุนของผู้ประกอบการ

การตัดสินใจลงทุนในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใหม่ ต้องอาศัยการวิเคราะห์ด้านการเงินเพื่อประเมินความคุ้มค่าของการลงทุน หนึ่งในวิธีที่นิยมใช้คือการคำนวณ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) โดยสามารถใช้สมการด้านล่างในการวิเคราะห์

### 2.18.1 ข้อดีของการคำนวณระยะเวลาคืนทุน

1) วิธีการคำนวณไม่ซับซ้อน เหมาะสำหรับผู้ประกอบการทั่วไปที่ต้องการตัดสินใจเบื้องต้นเกี่ยวกับการลงทุน

2) ช่วยประเมินความเสี่ยง การลงทุนที่คืนทุนเร็ว มักจะมีความเสี่ยงต่ำกว่า เนื่องจากใช้เวลาสั้นในการคืนทุน จึงลดผลกระทบจากการไม่แน่นอนทางเศรษฐกิจหรือเทคโนโลยี

3) เป็นตัวช่วยในการเปรียบเทียบทางเลือกการลงทุน สามารถใช้เปรียบเทียบระหว่างโครงการหรือเครื่องจักรหลาย ๆ ตัว เพื่อเลือกโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด

สามารถคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนได้จากสมการ [49]

$$0 = \sum PW \quad (2.3)$$

เมื่อ  $\Sigma$  คือ ผลรวมของข้อมูล  
 $P$  คือ จำนวนหน่วย หรือปริมาณที่ผลิต  
 $W$  คือ ตัวแปรน้ำหนักหรือปัจจัยเสริม

### 2.18.2 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน

$0 = -\text{ราคาเครื่อง} + \text{รายได้ต่อปี} (P/A, i, n) + \text{มูลค่าซาก} (P/F, i, n) - \text{ค่าแรงงานต่อปี}$

$- \text{ค่าซ่อมบำรุงต่อปี} = -\text{ราคาเครื่อง} + \text{รายได้ต่อปี} \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] + \text{มูลค่าซาก}$

$\left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right] - \text{ค่าแรงงานต่อปี} - \text{ค่าซ่อมบำรุงต่อปี}$

โดยที่  $(P/A, i, n)$  คือ Uniform series present worth factor,  $(P/F, i, n)$  คือ Single payment present worth factor

ความหมายของตัวแปร มีดังนี้

$i$  คือ อัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการคิดลด (discount rate)

$n$  คือ ระยะเวลาคืนทุน (ปี)

$(P/A, i, n)$  คือ ตัวประกอบมูลค่าปัจจุบันของรายรับ/รายจ่ายแบบ

สมำเสมอ (Uniform Series Present Worth Factor)

(P/F, i, n) คือ ตัวประกอบมูลค่าปัจจุบันของเงินรับ/จ่ายในอนาคต  
ครั้งเดียว (Single Payment Present Worth Factor)

### 2.19 การคำนวณผลการประเมินในเชิงสถิติ (Statistical Data Analysis)

2.19.1 การหาค่าเฉลี่ย (Mean) กรณีข้อมูลไม่ได้แจกแจงความถี่  
สามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยเชิงสถิติได้จากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (2.4)$$

เมื่อ  $\bar{X}$  คือ ค่าเฉลี่ย  
 $\sum_{i=1}^N X$  คือ ผลรวมทั้งหมดของข้อมูล  
 $N$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.19.2 การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) กรณีที่ข้อมูลไม่ได้แจกแจง  
ความถี่คำนวน

สามารถคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากสูตร

$$S.D = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}} \quad (2.5)$$

เมื่อ S.D คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 $X$  คือ ข้อมูลแต่ละตัว  
 $\sum X$  คือ ผลรวมทั้งหมดของข้อมูล  
 $(\sum X)^2$  คือ ผลรวมทั้งหมดของข้อมูลกำลังสอง  
 $\sum X^2$  คือ ผลรวมทั้งหมดของข้อมูลแต่ละตัวยกกำลังสอง  
 $N$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินงาน

วิธีการดำเนินโครงการในครั้งนี้ ผู้จัดทำโครงการมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงรายละเอียดในการดำเนินโครงการ และข้อมูลทั่วไปที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องขึ้นรูปข้าวต้มมัด เครื่องป้อนล้วง และเครื่องป้อนกลวย เนื้อหาส่วนใหญ่ในบทนี้จึงเป็นการอธิบายขั้นตอนการดำเนินโครงการ ขั้นตอนในการพัฒนามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.1 แผนการดำเนินงาน

ในการดำเนินการพัฒนาเครื่องขึ้นรูปข้าวต้มมัด คณะกรรมการต้องได้แผนการดำเนินงานต่าง ๆ ที่ต้องดำเนินการดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

ที่	หัวข้อการดำเนินโครงการ	พ.ศ.2567				พ.ศ.2568					
		ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	ม.ар.	ก.เม.	พ.ค.	ม.ค.
1	ศึกษาและเตรียมการดำเนินงาน	↔	↔								
2	เตรียมอุปกรณ์และประกอบเครื่องตามแบบ		↔	↔							
3	ลงมือพัฒนา			↔	↔						
4	ตรวจสอบการทำงานและข้อบกพร่อง				↔	↔		↔	↔		
5	แก้ไขและปรับปรุง					↔	↔		↔		
6	เก็บผลการทดสอบ					↔	↔		↔		
7	ทดลองการทำงานและบันทึกผล						↔	↔			
8	สรุปผลและประเมิน							↔	↔		
9	จัดทำปริญญา呢พนธ์							↔	↔		

↔-----↔ แสดงแผนการดำเนินงาน

↔----→ แสดงการดำเนินงานจริง

### 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

#### 3.2.1 วิเคราะห์ปัญหาการผลิตแบบดั้งเดิม

- 1) วิธีการผลิตแบบดั้งเดิมใช้แรงงานคนและใช้เวลานาน
- 2) น้ำหนักและรูปทรงไม่มีความสม่ำเสมอ
- 3) ปัญหาสุขภาพของแรงงาน

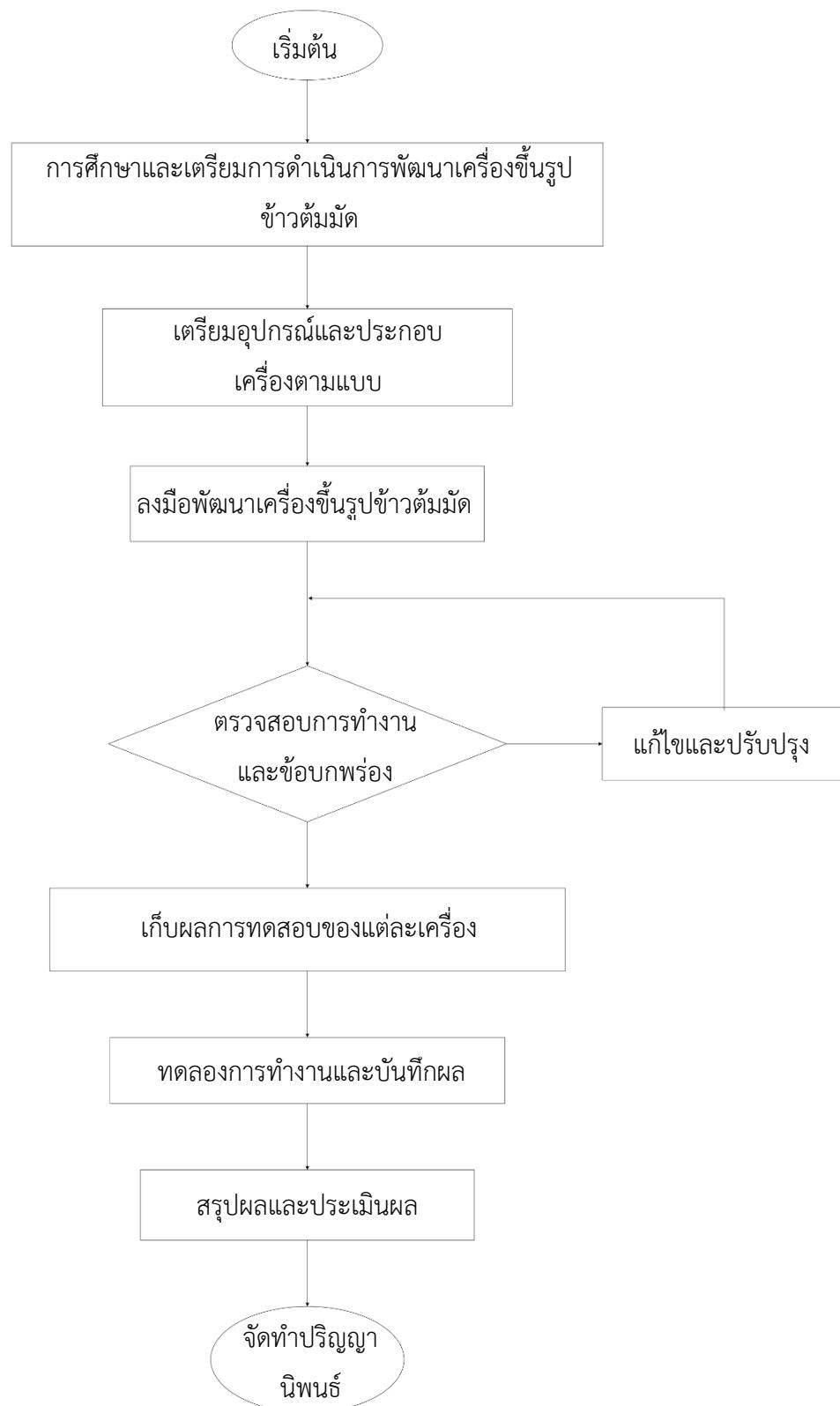
#### 3.2.2 การพัฒนาเครื่องขึ้นรูปข้าวต้มมัด

การผลิตข้าวต้มมัดแบบดั้งเดิมโดยใช้แรงงานคนในการผลิตหากต้องการความสม่ำเสมอในด้านขนาดและน้ำหนักจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความชำนาญของแต่ละคน ทางคณะผู้จัดทำจึงทำการพัฒนาเครื่องอัดและเครื่อง

เมื่อเปรียบเทียบการทำข้าวต้มมัดด้วยแรงงานคนกับการใช้เครื่องอัด พบว่าการผลิตข้าวต้มมัดแบบดั้งเดิมโดยใช้แรงงานคนในการผลิตหากต้องการความสม่ำเสมอในด้านขนาด น้ำหนัก และเวลา จะขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความชำนาญของแต่ละคน เมื่อปฏิบัติงานเป็นเวลานานยังทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเมื่อยล้าและขนาดของข้าวต้มมัดอาจไม่สม่ำเสมอเนื่องจากขึ้นอยู่กับแรงของแต่ละคน เฉลี่ยสามารถผลิตได้ประมาณ 120 มัดต่อชั่วโมง ทางคณะผู้จัดทำจึงทำการพัฒนาเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้างและเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด ช่วยลดระยะเวลาและแรงงานอย่างมาก โดยสามารถผลิตได้เฉลี่ย 540 ชิ้นต่อชั่วโมง และให้ขนาดที่สม่ำเสมอทุกชิ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดความเหนื่อยล้าของแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต จึงเหมาะสมสำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์หรือการผลิตในปริมาณมาก ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพและลดต้นทุนแรงงานได้อย่างชัดเจน

#### 3.2.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการผลิต

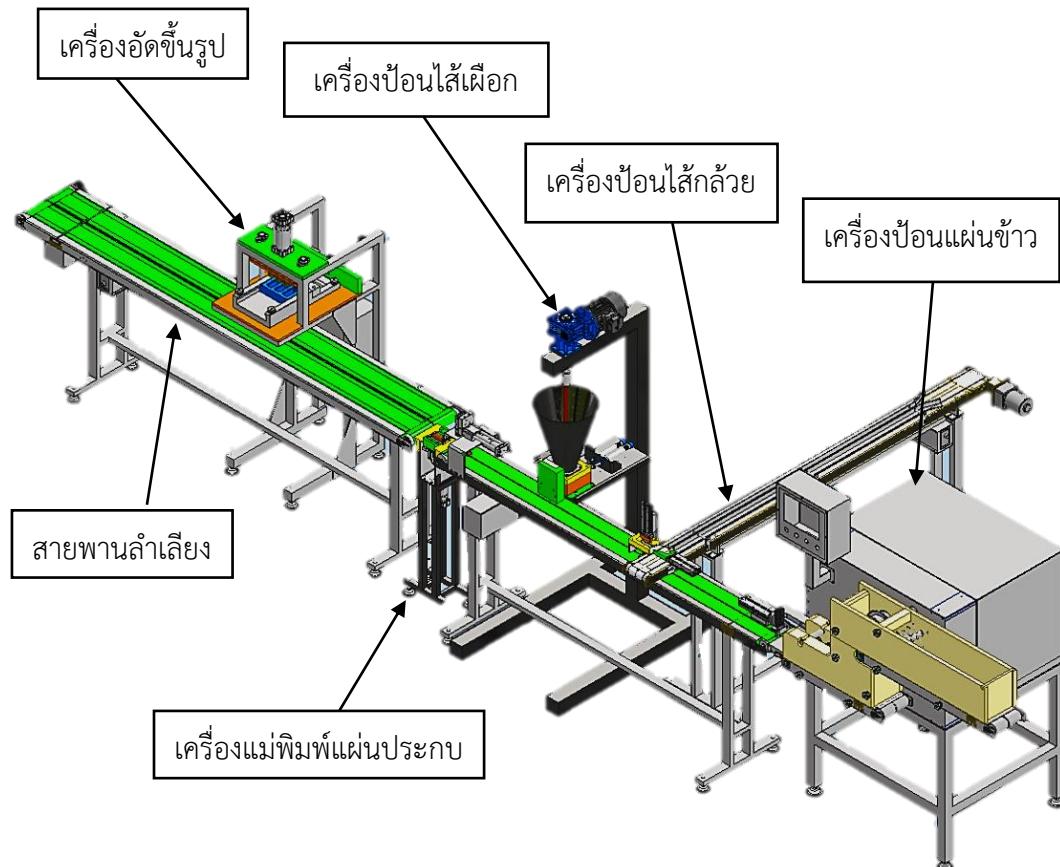
- 1) ความเร็วและจำนวนในการผลิต
- 2) ความสมบูรณ์ของข้าวต้มมัดลงในแบบประเมินความพึงพอใจ



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

### 3.3 การออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด

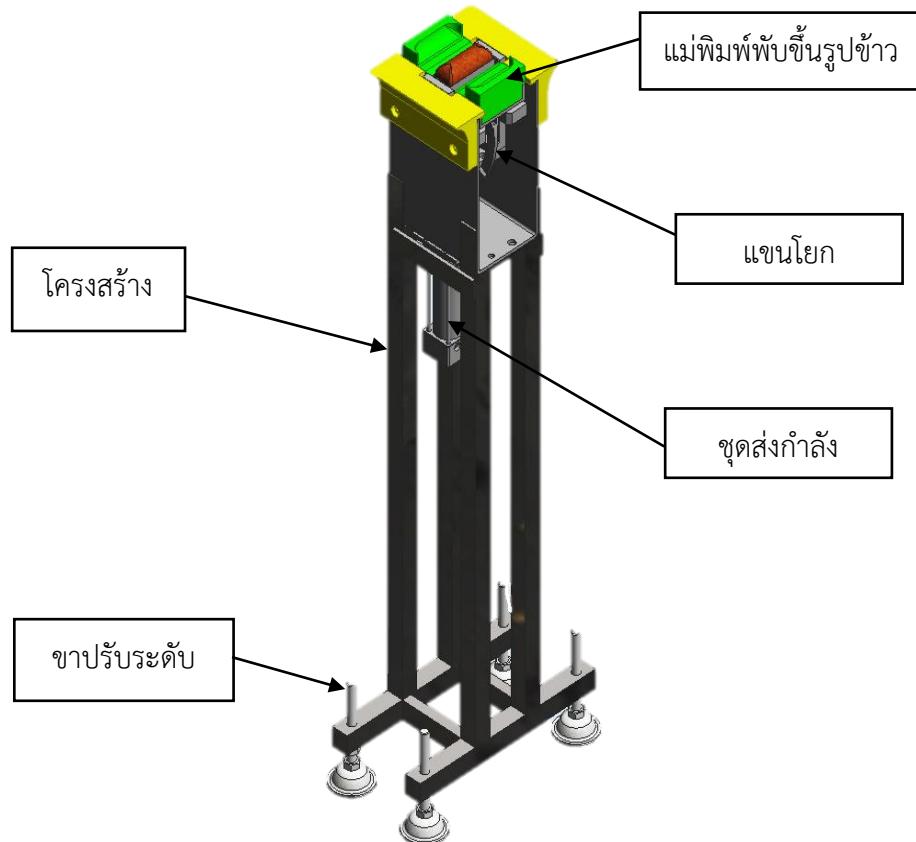
การผลิตข้าวต้มมัด ทำการนำข้าวที่ได้นำไปใส่ในเครื่องรีดข้าวเหนียว เพื่อกำหนดขนาดและน้ำหนัก 50 กรัมและ 80 กรัม จากนั้นสายพานลำเลียงจะนำแผ่นข้าวซึ่งได้ขนาดและน้ำหนักที่กำหนดระหว่างการลำเลียงมีเครื่องป้อนไส้สักล้าย เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการอัดด้วยแม่พิมพ์พรีฟอร์ม ให้ได้รูปทรงข้าวต้มมัดน้ำหนัก 50 กรัม จากนั้น ทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด เพื่อให้ข้าวต้มมัดมีลักษณะทางกายภาพที่สมบูรณ์ไม่เกิดรอยแตกร้าว ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แบบจำลองไลน์กระบวนการผลิตข้าวต้มมัด

### 3.3.1 เครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง

เครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้างหรือเครื่องพรีฟอร์มใช้ในการพับแผ่นข้าวให้หุ้มกล้ายเพื่อช่วยในการจัดรูปทรงของข้าวต้มมัดให้ได้มาตรฐาน ทั้งในด้านรูปร่างและความสม่ำเสมอ ก่อนจะนำไปเข้าเครื่องอัดขึ้นรูป



รูปที่ 3.3 แบบจำลองเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง

ส่วนประกอบของเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง ทำจากวัสดุที่ใช้กับอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะ ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลัก ๆ ดังนี้

1) โครงสร้าง วัสดุที่ใช้ทำโครงของเครื่อง คือ เหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 304 (Stainless Steel 304) ซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับอาหาร จึงไม่มีการปนเปื้อนของสารที่เป็นอันตรายลงในข้าวต้มมัด ทำให้คงรสชาติและคุณภาพของอาหารไว้ได้ดังเดิม

2) ชุดส่งกำลัง ที่ใช้คือระบบบออกสูบนิวเมติกส์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกสูบเท่ากับ 32 มิลลิเมตร จำนวน 1 ระบบทอก ถูกติดกับแขนไอยกทำหน้าที่ส่งแรงไปยังบล็อกแม่พิมพ์ประกอบข้างเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของบล็อกแม่พิมพ์ประกอบข้าง

3) แขนโยก วัสดุที่ใช้ คือ เหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 304 (Stainless Steel 304) จำนวน 2 ชิ้น ทำหน้าที่ติดกับปลายระบบอุปกรณ์นิวเมติกส์เพื่อรับแรงจากระบบอุปกรณ์นิวเมติกส์ส่งไปยังชุดบล็อกแม่พิมพ์ให้เกิดการเคลื่อนที่

4) ชุดบล็อกแม่พิมพ์ประกอบข้าง จำนวน 2 ชิ้น วัสดุที่ใช้คือ พลาสติกโพลีออกซีเมทิลีน (Polyoxymethylene) หรือ POM ทำหน้าที่ประกอบแผ่นข้าวที่ไส้กล้ายแล้ว เพื่อให้ข้าวพับหุ้มกล้ายทั้ง 2 ข้าง ให้เป็นชิ้นเบื้องต้น

5) ขาฉีงปรับระดับ วัสดุที่ใช้ คือ เหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 304 (Stainless Steel 304) ทำหน้าที่เป็นฐานรองพื้นที่สามารถปรับระดับความสูงให้เหมาะสมกับพื้นที่ได้



รูปที่ 3.4 เครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง

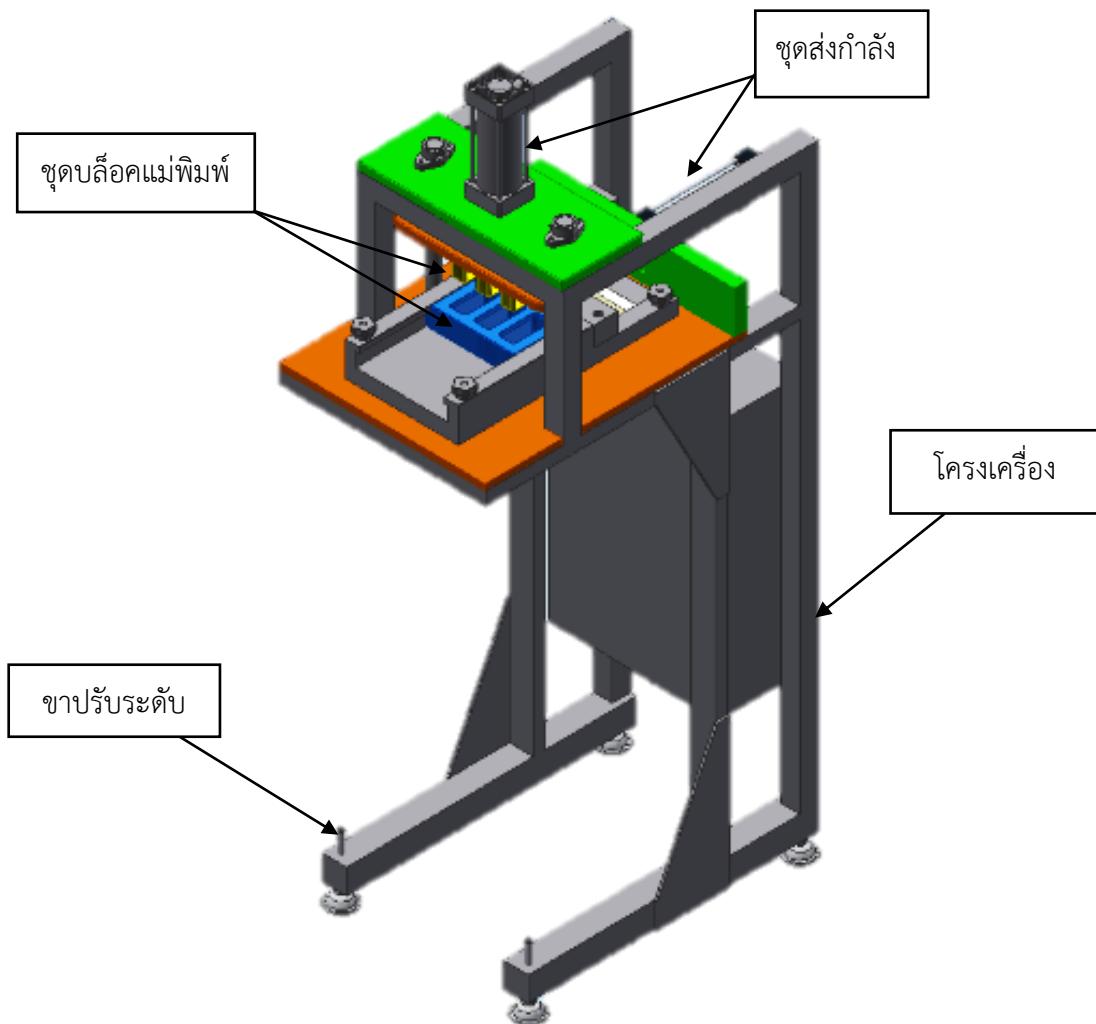
หลักการทำงานของเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง เมื่อมีแผ่นข้าวผ่านเซ็นเซอร์ทำงาน ระบบอุปกรณ์จะดันแผ่นข้าวที่ไส้กล้ายแล้วไปที่เครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง จากนั้นเครื่องจะทำงานโดยระบบอุปกรณ์นิวเมติกส์ที่ถูกติดกับแขนโยกทำหน้าที่ส่งแรงไปยังชุดบล็อกแม่พิมพ์ประกอบข้างและดันบล็อกแม่พิมพ์ประกอบข้างที่เป็นพลาสติก POM (Polyoxymethylene) ทั้ง 2 ชิ้น ขึ้นมาประกอบจากด้านข้างทั้ง 2 ข้างพร้อมกัน เพื่อให้ข้าวเหนียวห่อพับให้หุ้มกล้ายแบบเบื้องต้น

ตารางที่ 3.2 ชิ้นส่วนประกอบของเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง

รูปภาพ	รายละเอียด	รูปภาพ	รายละเอียด
	ชื่อ : แม่พิมพ์อัดก้อน วัสดุ : POM ขนาด : 29x81x30		ชื่อ : ระบบอกนิวเมติกส์ ขนาด : 50x242x50
	ชื่อ : เพลาล็อกแม่พิมพ์ วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : Ø10x115		ชื่อ : Joint M20 วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : Ø25x54
	ชื่อ : เหล็กฐาน U วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : 111x200x241		ชื่อ : Plate Support Frame วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : 130x200x5
	ชื่อ : ฐานกลาง วัสดุ : Aluminium ขนาด : 110x101x15		ชื่อ : ตัวแม่พิมพ์ประกอบ วัสดุ : POM ขนาด : 81x65x71.5
	ชื่อ : หัวต่อสายพาน วัสดุ : POM ขนาด : 55x150x65		ชื่อ : Arm วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : 15x112x26.4
	ชื่อ : แม่พิมพ์ปิดอัด วัสดุ : POM ขนาด : 50x255.64x20		ชื่อ : โครงขาขุดยัด วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : 300x200x587
	ชื่อ : Bushing วัสดุ : Aluminium ขนาด : 81x100x70		ชื่อ : ขาตั้ง วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : M12x1.75

### 3.3.2 เครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด

เครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดใช้ในการใส่ข้าวเหนียวมูนที่ถูกขึ้นรูปจากเครื่องแม่พิมพ์พรีฟอร์ม มีหน้าที่หลักคือ ช่วยอัดและขึ้นรูปข้าวต้มมัดให้มีขนาดเท่ากันอย่างรวดและสม่ำเสมอ จากนั้นส่งไปยังสายพานลำเลียงออกเพื่อนำไปบรรจุห่อต่อไป



รูปที่ 3.5 แบบจำลองเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด

ส่วนประกอบของเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดได้แก่กล่าว ทำจากวัสดุที่ใช้กับอุตสาหกรรมอาหารโดยเฉพาะประกอบด้วยชิ้นส่วนหลัก ๆ ดังนี้

- 1) โครงสร้าง วัสดุที่ใช้ทำโครงของเครื่อง คือ เหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 304 (Stainless Steel 304) ซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับอาหาร จึงไม่มีการปนเปื้อนของสารที่เป็นอันตรายลงในข้าวต้มมัด ทำให้คงรสชาติและคุณภาพของอาหารไว้ได้ดังเดิม

2) ชุดส่งกำลัง ที่ใช้คือระบบบอกสูบนิวเมติกส์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกสูบเท่ากับ 32 มิลลิเมตร จำนวน 2 กระบอก กระบอกที่ 1 ใช้ในการส่งกำลังไปยังชุดแม่พิมพ์ตัวผู้เพื่อใช้ในการอัด ส่วนกระบอกที่ 2 ใช้ในการส่งกำลังไปยังบล็อกแม่พิมพ์ตัวเมียเพื่อให้เลื่อนออกไปยังตำแหน่งใส่ข้าวต้ม มัดและกลับเข้าไปยังตำแหน่งอัด

3) แม่พิมพ์ตัวผู้และบล็อกแม่พิมพ์ขึ้นรูปข้าวต้มมัดใส่กล้าย วัสดุที่ใช้คือ พลาสติกโพลี ออกซีเมทธิลีน (Polyoxymethylene) หรือ POM ทำหน้าที่อัดข้าวต้มมัดใส่กล้ายโดยใช้บล็อกแม่พิมพ์ ตัวผู้ประกอบกับบล็อกแม่พิมพ์ตัวเมีย ให้มีรูปทรงที่สวยงามตามบล็อกแม่พิมพ์

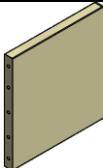
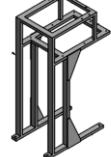
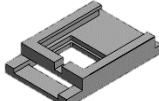
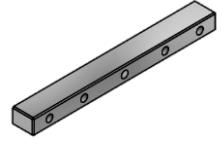
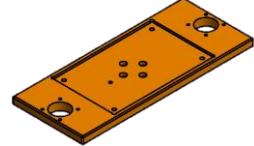
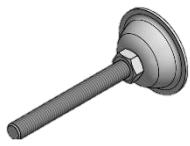
4) ขาจิ่งปรับระดับ วัสดุที่ใช้ คือ เหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 304 (Stainless Steel 304) ทำหน้าที่เป็นฐานรองพื้นที่สามารถปรับระดับความสูงให้เหมาะสมกับพื้นที่ได้



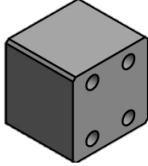
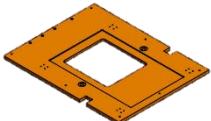
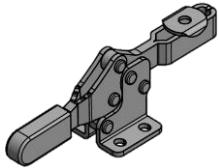
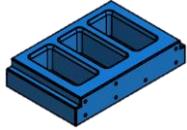
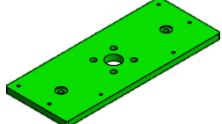
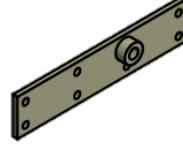
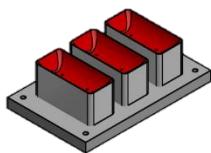
รูปที่ 3.6 เครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด

หลักการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด นำข้าวเหนียวที่ถูกขึ้นรูปจากเครื่องพรี พอร์มแล้วมาใส่ในบล็อกแม่พิมพ์ของเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดทั้งหมด 3 ชิ้น จึงกดปุ่มเพื่อให้ เครื่องทำงาน เครื่องจะทำการดึงบล็อกแม่พิมพ์กลับเข้าไป จากนั้นระบบอันนิวเมติกส์จะทำการดัน ชุดอัดที่ทำการพลาสติก POM (Polyoxymethylene) ลงมาในบล็อกแม่พิมพ์เพื่ออัดข้าวต้มมัดให้ ข้าวเหนียวจับตัวกันแน่นเป็นทรงและป้องกันไม่ให้เสื่อมหรือข้าวแยกออกจากกัน

ตารางที่ 3.3 ชิ้นส่วนประกอบของเครื่องอัดขี้นรูปข้าวต้มมัด

รูปภาพ	รายละเอียด	รูปภาพ	รายละเอียด
	ชื่อ : แผ่นรองข้าว วัสดุ : POM ขนาด : 170x179.5x15		ชื่อ : ระบบอกรสูบนิวเมติกส์ ขนาด : 45x271.48x45
	ชื่อ : แผ่นต่อบุท วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : 55.75x36x5		ชื่อ : โครงสร้าง วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : 425x650x1210
	ชื่อ : บุทต่อแผ่นรองข้าว วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : Ø20x31.3		ชื่อ : ชุดสไลเดอร์ วัสดุ : PE ขนาด : 188x385x70
	ชื่อ : ตัวยึดแผ่นรองข้าว วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : 15x177.5x20		ชื่อ : ระบบอกรนิวเมติกส์ ขนาด : 75x352.8x75
	ชื่อ : สไลเดอร์ติดชุดอัด วัสดุ : Aluminium ขนาด : 140x340x15		ชื่อ : Plastic Bushing วัสดุ : PE ขนาด : Ø36x26.5
	ชื่อ : บุทต่อปลาย ระบบอกรนิวเมติกส์ วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : Ø50x45		ชื่อ : แหวนล็อกใน วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : 32
	ชื่อ : ระบบอกรสูบนิวเมติกส์ ขนาด : 45x285x45		ชื่อ : Wing Nut วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : M6x1
	ชื่อ : Sliding Bushing วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : 62x29.5		ชื่อ : ขาจี๊ง วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : M12x1.75

ตารางที่ 3.3 ชิ้นส่วนประกอบของเครื่องอัดขี้นรูปข้าวต้มมัด (ต่อ)

รูปภาพ	รายละเอียด	รูปภาพ	รายละเอียด
	ชื่อ : ฐานรองแคนเปล็อก วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : 28x25x28		ชื่อ : แผ่นปิดโครง วัสดุ : Aluminium ขนาด : 425x540x12
	ชื่อ : Toggle Clamp วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : 28x108.67 x35.79		ชื่อ : แผ่นปิดโครงข้าง วัสดุ : Aluminium ขนาด : 85x225x20
	ชื่อ : บล็อกแม่พิมพ์ วัสดุ : POM ขนาด : 130x205x40		ชื่อ : Sliding Bushing วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : Ø25x264
	ชื่อ : เพลาต่อบล็อก แม่พิมพ์ วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : Ø20x173		ชื่อ : แผ่นปิดโครงบน วัสดุ : Aluminium ขนาด : 170x425x16
	ชื่อ : บล็อกต่อปลาย เพลา วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : Ø20x36		ชื่อ : แผ่นยึดบล็อก แม่พิมพ์ วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : 40x187x15
	ชื่อ : ชุดแม่พิมพ์อัด วัสดุ : POM ขนาด : 120x180x60		ชื่อ : Control Box วัสดุ : Stainless Steel ขนาด : 350x520x215

### 3.4 ระบบควบคุม

PLC รุ่น Mitsubishi FX3G - 60MR Standard Model ยุคที่ 3 All in One [50] ใช้งานง่ายและการต่อขยายที่ยืดหยุ่น รวมรวมการใช้งานที่ง่ายและคุ้นเคยของรุ่น FX3 Series ประสิทธิภาพคุ้มราคาเหมาะสมกับการควบคุมขนาดเล็ก แหล่งจ่ายไฟ 1 เฟส 220 V. ความจุชีพีย์ 32K Step.

#### 3.4.1 หลักการทำงานหลัก

##### 1) อ่านสัญญาณอินพุต (Input Scan)

- PLC จะรับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอก เช่น ปุ่มกด (Push Button), Limit Switch, Proximity Sensor, Photo Sensor ฯลฯ

- อินพุตในรุ่นนี้เป็นแบบ 24VDC จำนวน 36 จุด

##### 2) ประมวลผลตามโปรแกรม (Program Execution)

- CPU จะทำงานตามลำดับคำสั่งที่เขียนไว้ (Ladder, STL ฯลฯ)

- ถ้า Input ON และสั่งให้ Output ON ตามเงื่อนไข

##### 3) อัปเดตสัญญาณเอาต์พุต (Output Refresh)

- ผลลัพธ์จากโปรแกรมจะส่งไปที่เอาต์พุต

- ในรุ่น FX3G - 60MR เอาต์พุตเป็น Relay contact (24 จุด) ใช้ได้ทั้งโหลด AC และ DC แต่ความเร็วสวิตซ์จะช้ากว่าแบบ Transistor

##### 4) ทำซ้ำเป็นวงจร (Scan Cycle)

PLC จะวนทำขั้นตอน Input Process Output ซ้ำ ๆ ด้วยความเร็วสูง



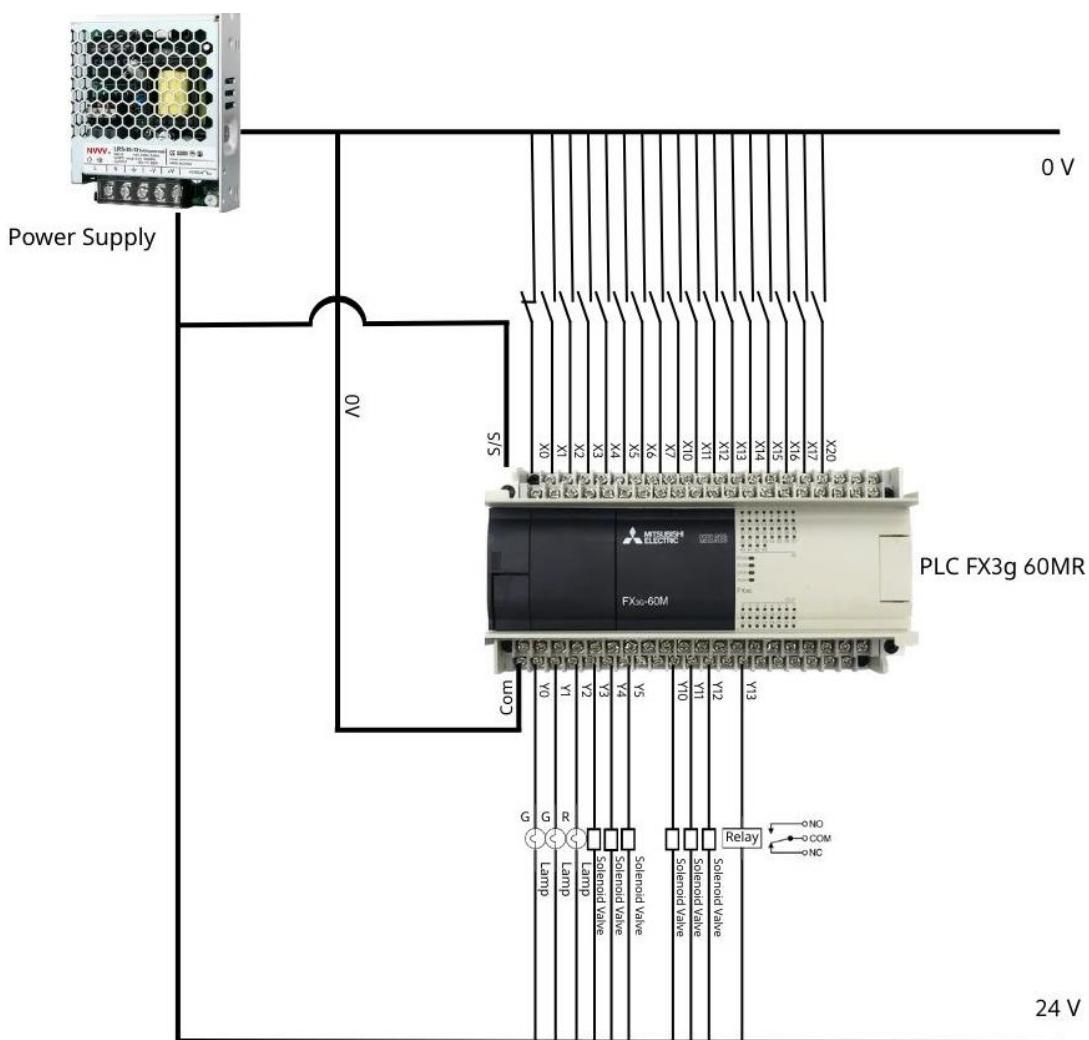
รูปที่ 3.7 PLC รุ่น Mitsubishi FX3G - 60MR [51]

ตารางที่ 3.4 PLC I/O Point Assignment

Input point	Remarks	Output point	Remarks
X0	EMR	Y0	Lamp Green 1
X1	Start	Y1	Lamp Green 2
X2	Stop	Y2	Lamp Green 3
X3	Auto	Y3	Solenoid Cy.1 แม่พิมพ์
X4	Manual	Y4	Solenoid Cy 2 แม่พิมพ์
X5	Sensor Cy.1+ แม่พิมพ์	Y5	Solenoid Cy.3 แม่พิมพ์
X6	Sensor Cy.2- แม่พิมพ์	Y6	Lamp Green
X7	Sensor Cy.2+ แม่พิมพ์	Y7	Lamp Yellow
<hr/>			
X10	Sensor Cy.2- แม่พิมพ์	Y10	Solenoid Cy.1 ชุดประกอบขาง
X11	Sensor Cy3+ แม่พิมพ์	Y11	Solenoid Cy.1 ชุดดันขา
X12	Sensor Cy3- แม่พิมพ์	Y12	Solenoid Cy.2 ชุดดันขา
X13	Footswitch แม่พิมพ์	Y13	Motor ชุดดันขา
X14	Sensor Cy.1+ ชุดดันขา		
X15	Sensor Cy.1- ชุดดันขา		
X16	Sensor Cy.2+ ชุดดันขา		
X17	Sensor Cy.2- ชุดดันขา		
<hr/>			
X20	Photo Sensor ชุดดันขา		
X21	Sensor Cy.1+ ชุดประกอบขาง		
X22	Sensor Cy.1- ชุดประกอบขาง		
X23	Manual Start ชุดดันขา		
X24	Manual Start ชุดประกอบขาง		
X25	Manual Reset ชุดดันขา		
X26	Manual Reset ชุดประกอบขาง		

### 3.4.2 แผนผังการเดินสายไฟ (Wiring Diagram)

Wiring diagram หรือ แผนผังการเดินสายไฟ คือ แผนภาพที่แสดงการเชื่อมต่อของสายไฟและอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างละเอียด โดยใช้สัญลักษณ์มาตรฐานเพื่อแทนอุปกรณ์จริง เพื่อให้ผู้ออกแบบและผู้ปฏิบัติงานเข้าใจโครงสร้างวงจรและตำแหน่งการติดตั้งได้อย่างถูกต้อง ซึ่งมีประโยชน์มากในการติดตั้ง ซ่อมแซม และบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า



รูปที่ 3.8 แผนผังการเดินสายไฟพีเอลซี (PLC Wiring Diagram)

### 3.4.3 การต่อสาย PLC Mitsubishi FX3G - 60MR

การเชื่อมต่อ PLC [52] จะเป็นตัวองมีการต่อสายไฟที่ถูกต้องทั้งในส่วนของแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) วงจรอินพุต (Input Circuit) และ วงจรเอาต์พุต (Output

Circuit) เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้สมบูรณ์ตามที่เขียนโปรแกรมไว้ ซึ่งในกรณีนี้เป็นการต่อใช้งาน PLC FX3G - 60MR ที่มีอินพุตแบบดิจิทัล 24VDC และเอาต์พุตเป็นแบบรีเลย์ (Relay Output)

- 1) ขั้ว +24V ของ Power Supply ถูกต่อเข้ากับขั้ว S/S (Source/Sink Common) ของ PLC เพื่อทำหน้าที่เป็นแรงดันอ้างอิงในการเปิดใช้งานอินพุต
- 2) ขั้ว 0V ของ Power Supply ต่อเข้ากับขั้ว 0V/COM ของ PLC ทำให้วงจรอินพุต และเอาต์พุตมีการอ้างอิงร่วมกัน
- 3) อุปกรณ์ภายนอกที่ทำหน้าที่เป็นอินพุต เช่น ปุ่มกด (Push Button จะถูกนำมาต่อเข้ากับขั้ว X0-X20
- 4) จากนั้นโหลด เช่น หลอดไฟ โซลินอยด์วาล์ว และรีเลย์ภายนอก จะต่อเข้ากับขั้วเอาต์พุต Y0 - Y13

#### 3.4.4 การเขียนโปรแกรมและโหลดลงอุปกรณ์ PLC โดยโปรแกรม GX Work 2

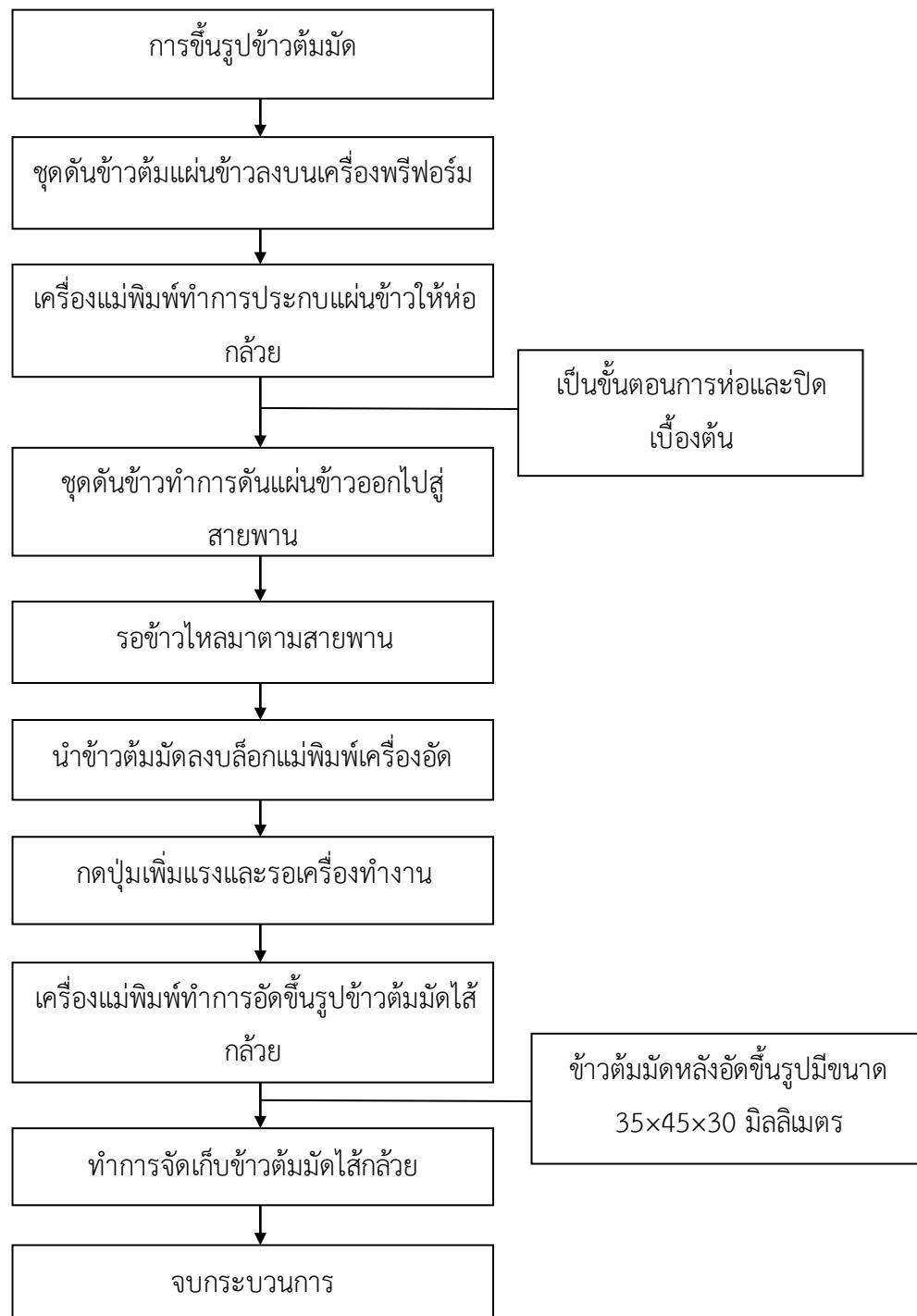
- 1) เปิดโปรแกรม GX Works2 เลือก New Project กด PLC Series: FX3G ไปที่ PLC Type และเลือกเป็น FX3G - 60MR เปลี่ยน Programming Language เป็น Ladder
- 2) อินพุต (Inputs) เช่น ปุ่มกด Limit Switch ใส่ชื่อเป็น X0 - X20 และเอาต์พุต (Outputs) เช่น หลอดไฟ โซลินอยด์วาล์ว และรีเลย์ใส่เป็นชื่อ Y0 - Y13
- 3) เขียน Ladder Diagram ใส่ I/O ลงในโปรแกรมโดยลักษณะ Normally Open (NO) , Normally Close (NC) และ Output มาวางแล้วเชื่อมเป็นบรรทัดตั้งภาคผนวก ค
- 4) การโหลดโปรแกรมเข้าสู่ PLC โดยการต่อสาย USB หรือ RS - 232 จากคอมเข้าที่ PLC กด Write to PLC ใน GX Works2 เลือก Program + Parameter + Device Memory แล้วกด OK จากนั้น PLC จะเริ่มทำงานตามโปรแกรมที่เขียน



รูปที่ 3.9 การโหลดโปรแกรมเข้า PLC [53]

### 3.5 ออกรูปแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองกระบวนการผลิตข้าวต้มมัดด้วยเครื่องจักรโดยเริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบประกอบไปด้วย ข้าวเหนียว กล้วย เปือก 佳นั้นทำการทดลองตามตัวแปรที่กำหนด



รูปที่ 3.10 แผนผังวิธีการจัดตั้งเครื่องและเขียนรูปข้าวต้มมัด

### 3.5.1 ขั้นตอนการทดลองเครื่องอัดแม่พิมพ์ประกอบข้าง

1) แผ่นข้าวที่ไส้กลวยจะให้มาตามสายพานลำเลียงไปยังเช็นเซอร์ เมื่อผ่านเช็นเซอร์ชุดดันข้าวจะดันแผ่นข้าวที่จุดเช็นเซอร์เข้าไปยังเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) แสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แผ่นข้าวที่ไส้กลวยจะให้มาตามสายพานลำเลียง



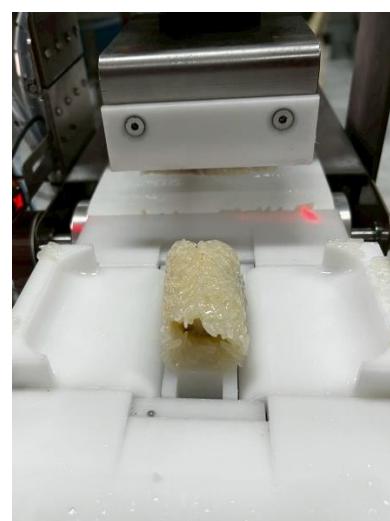
รูปที่ 3.12 สายพานลำเลียงแผ่นข้าวไปยังเช็นเซอร์



รูปที่ 3.13 เมื่อแผ่นข้าวโดนเข็นเซอร์ระบบบอกสูบจะดันแผ่นข้าวไปที่เครื่องอัดแม่พิมพ์ประกอบข้าง



รูปที่ 3.14 เมื่อแผ่นข้าวถูกดันมาอยู่ที่เครื่องอัด เครื่องอัดจะทำการจับแผ่นข้าวประกอบกันทั้ง 2 ข้าง



รูปที่ 3.15 รูปทรงข้าวต้มมัดหลังผ่านเครื่องอัดแม่พิมพ์ประกอบข้าง

### 3.5.2 ขั้นตอนการทดลองเครื่องอัดขี้นรูปข้าวต้มมัด

ทำการใส่ข้าวต้มมัดที่ได้จากเครื่องพรีฟอร์มในการพับขี้นรูปข้าวต้มมัดเบื้องต้นลงในช่องแม่พิมพ์ของเครื่องอัดขี้นรูป ทั้งหมด 3 ช่อง แสดงดังรูปที่ 3.16



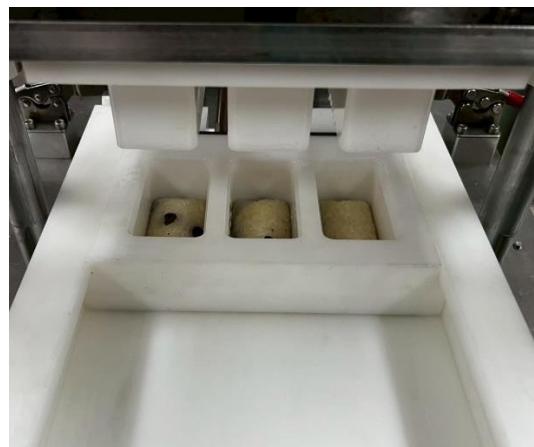
รูปที่ 3.16 นำข้าวต้มมัดที่ได้ใส่ในบล็อกแม่พิมพ์เครื่องอัดขี้นรูปและกดปุ่มเริ่มโดยการเหยียบ



รูปที่ 3.17 เครื่องอัดขี้นรูปทำการซักบล็อกแม่พิมพ์กลับ



รูปที่ 3.18 เครื่องอัดขันรูปทำการอัดขันรูปข้าวต้มมัด



รูปที่ 3.19 กระบวนการสูบดึงชุดอัดขัน แผ่นรองด้านใต้ข้าวต้มมัดเปิดออก



รูปที่ 3.20 ทำการอัดอีกรอบเพื่อให้ข้าวต้มมัดตกลงบนสายพานลำเลียง



รูปที่ 3.21 ข้าวต้มมัดตกลงบนสายพานลำเลียง



รูปที่ 3.22 ทำการเก็บชิ้นข้าวต้มมัดที่ทำการอัดขึ้นรูปสมบูรณ์แล้ว

### 3.6 การทดลองและเก็บผล

สร้างแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดไส้กอลวาย โดยแบ่งระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ ซึ่งกำหนดความหมายคะแนนของตัวเลือกในแบบประเมินแต่ละข้อ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ความหมายของคะแนนในแบบประเมิน

ระดับคะแนน	5	หมายถึง	พึงพอใจมากที่สุด
ระดับคะแนน	4	หมายถึง	พึงพอใจมาก
ระดับคะแนน	3	หมายถึง	พึงพอใจปานกลาง
ระดับคะแนน	2	หมายถึง	พึงพอใจน้อย
ระดับคะแนน	1	หมายถึง	พึงพอใจน้อยที่สุด

กำหนดระดับการประเมินความพึงพอใจ โดยใช้ค่าระดับน้ำหนักคะแนนตามแบบของ จอห์น ดับบลิว เบส ( John W Best ) ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ค่าน้ำหนักของคะแนนในแบบประเมิน

ช่วงคะแนน	4.50 – 5.00	หมายถึง	พึงพอใจมากที่สุด
ช่วงคะแนน	3.50 – 4.49	หมายถึง	พึงพอใจมาก
ช่วงคะแนน	2.50 – 3.49	หมายถึง	พึงพอใจปานกลาง
ช่วงคะแนน	1.50 – 2.49	หมายถึง	พึงพอใจน้อย
ช่วงคะแนน	1.00 – 1.49	หมายถึง	พึงพอใจน้อยที่สุด

เกณฑ์ในการยอมรับ ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดไส้กอลวายจะต้องมีคะแนนเฉลี่ยของการประเมินทั้งหมดอยู่ที่ค่าเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป จึงจะแสดงว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดไส้กอลวาย

### 3.7 วิธีการเก็บรวมข้อมูลของแบบประเมินความพึงพอใจ

3.7.1 วิธีการเก็บรวมข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขี้นรูปข้าวต้มมัดไส้กล้วย

1. ผู้พัฒนาเริ่มทำการทดสอบการทำงานของเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขี้นรูปข้าวต้มมัดไส้กล้วย
2. เมื่อเครื่องพร้อมทำงานแล้ว จะทำการเก็บและบันทึกผลการทำงานของเครื่อง
3. นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ สร้างกราฟ และสรุปผล

3.7.2 วิธีการเก็บรวมข้อมูลเพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขี้นรูปข้าวต้มมัดไส้กล้วย

1. ผู้พัฒนาและผู้ประกอบการได้ทำการทดลองใช้เครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขี้นรูปข้าวต้มมัดไส้กล้วย
2. หลังจากทำการทดลองใช้งานเครื่องเสร็จให้กรอกแบบประเมินความพึงพอใจที่ได้จัดเตรียมไว้ให้ แสดงดังตารางที่ 4.1 ,4.2 ,4.3 และ 4.4
3. นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ บันทึกลงในตารางที่ 4.5 และศึกษาความพึงพอใจของผู้ประกอบการ

### 3.8 วิธีการเก็บผลและวิเคราะห์ของแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

#### 3.8.1 การเก็บข้อมูลเบื้องต้น

1. ศึกษาข้อมูลวิธีการผลิตข้าวต้มมัดไส้กล้วยแต่ละกระบวนการผลิตและแนวคิดเกี่ยวกับแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)
2. สำรวจและสัมภาษณ์ผู้ประกอบการเพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนจริงในการผลิตข้าวต้มมัดไส้กล้วย เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

#### 3.8.2 การสังเกตและบันทึกกระบวนการผลิต

ดำเนินการสังเกตการณ์ผลิตจริง โดยใช้วิธีการบันทึกเวลา (Time Study) ร่วมกับการจดบันทึกกิจกรรมของแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1. ระบุลำดับขั้นตอนทั้งหมดของการผลิตข้าวต้มมัดไส้กล้วย
2. บันทึกจำนวนข้าวต้มมัดที่ผลิตในแต่ละขั้นตอน
3. บันทึกเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน
4. วิเคราะห์และจัดประเภทตามสัญลักษณ์ของมาตรฐานของแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

### ตารางที่ 3.7 ความหมายของสัญลักษณ์ของมาตรฐาน Flow Process Chart

สัญลักษณ์	ความหมาย
	การปฏิบัติงาน (Operation)
	การเคลื่อนย้าย (Transportation)
	การรอ (Delay)
	การตรวจสอบ (Inspection)
	การเก็บพัก (Storage)

### 3.9 ขั้นตอนในการจัดทำแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

3.9.1 ขั้นตอนที่ 1 ทำการกรอกข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนต่าง ๆ ลงในแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

3.9.2 ขั้นตอนที่ 2 ทำการเก็บข้อมูลในการผลิตทุกขั้นตอน

1. การเก็บข้อมูลระยะทางในการเดินทางของชิ้นงาน ว่ามีระยะทางจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งเท่าไหร่ โดยเริ่มนับระยะทางเมื่อมีการเคลื่อนที่และหยุดนับเมื่อชิ้นงานหยุด แล้วทำการจดบันทึกผลที่ได้ลงในตาราง แสดงดังรูปที่ 4.2 และ รูปที่ 4.5

2. การเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน ว่ามีเวลาในการผลิตของแต่ละขั้นตอนเท่าไหร่ โดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่การเริ่มทำขั้นตอนนั้นและหยุดนับเมื่อยุดทำขั้นตอนนั้น แล้วทำการจดบันทึกผลที่ได้ลงในตาราง แสดงดังรูปที่ 4.2 และ รูปที่ 4.5

3.9.3 ขั้นตอนที่ 3 เมื่อได้ข้อมูลครบตามที่ต้องการ ให้ทำการโยงเส้นเพื่อคูณเส้นทางการดำเนินงาน ทั้งนี้ในการจัดทำแผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) ควรจะต้องมีการจัดทำแผนภาพการไหล (Flow Diagram) ควบคู่ไปด้วย โดยแผนภาพการไหลจะเป็นภาพที่พยายามวัดให้ตรงตามมาตราส่วนและตำแหน่งต่าง ๆ ในสถานที่ปฏิบัติงาน เพื่อที่จะได้ใส่เส้นทางของการเคลื่อนที่ของชิ้นงานในกระบวนการนั้น โดยจะมีสัญลักษณ์ของผังกระบวนการไหลกำกับไว้ด้วย เนื่องจากการเขียนแผนภูมิกระบวนการไหลนั้นจะแสดงในรูปแบบตาราง จึงอาจจะทำให้มองเห็นภาพไม่ชัดในการจัดการ จึงทำการเขียนแผนภาพกระบวนการไหลเพื่อให้สามารถเห็นภาพการไหลในกระบวนการได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น แสดงดังรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.4

### 3.10 สูตรคำนวณแรงทางทฤษฎีระบบอุกอาจมนิวเมติกส์สองทิศทาง

ระบบอุกอาจทำงานสองทิศทางมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ 14 มิลลิเมตร ของแรงทางทฤษฎี ความดันใช้งาน 6 บาร์ จากการคำนวณโดยใช้สูตรหาแรงขณะลูกสูบเคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่กลับ

จากสมการข้างต้น สามารถแทนค่าได้ดังนี้

ขณะลูกสูบเคลื่อนที่ออก

$$F = (6 \times 10^5) \times (8.03 \times 10^{-4})$$

$$F = 482 \text{ N}$$

ขณะลูกสูบเคลื่อนที่กลับ

$$F = (6 \times 10^5) \times (6.5 \times 10^{-4})$$

$$F = 390 \text{ N}$$

จากการคำนวณหาแรงระบบอุกอาจมนิวเมติกส์สองทิศทาง ขณะลูกสูบเคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่กลับ พบร่วมใน การเคลื่อนที่ออก เท่ากับ 482 นิวตัน และขณะเคลื่อนที่กลับ เท่ากับ 390 นิวตัน

$\emptyset$		working pressure in bar								
mm	inches	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8		10	15	20	25	30	35	40	45	50
10		16	23	31	39	47	55	62	70	78
12		22.5	34	45	56.5	68	79	90.5	102	113
16		40	60	80	100	120	140	160	180	200
20		63	94	125	157	188	220	251	283	314
25		98	147	196	245	294	343	392	441	490
32	1 1/4"	158	238	317	397	476	555	635	714	793
40		250	377	506	628	753	879	1005	1130	1256
44.5	1 3/4"	311	466	622	777	933	1088	1244	1399	1555
50	2 1/2"	392	589	786	982	1178	1375	1571	1768	1964
63	3"	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2805	3117
76.2		912	1368	1824	2280	2736	3192	3648	4104	4560
80	4"	1005	1508	2010	2513	3016	3518	4021	4523	5026
100	5"	1570	2355	3140	3925	4710	5495	6280	7055	7850
125		2454	3681	4908	6136	7363	8590	9817	11044	12271
152.5	6"	3648	5472	7696	9121	10945	12769	14594	16417	18241
160		4021	6032	8042	10053	12064	14074	16085	18095	20106
200	8"	6280	9420	12560	15700	18840	21980	25120	28260	31400
250	10"	10134	15201	20268	25335	30402	35469	40536	45630	50670
304.8	12"	14593	21890	29185	36483	43779	51066	58372	65669	72965
355.6	14"	19863	29795	29726	49657	59588	69520	79451	89383	99314

รูปที่ 3.23 ตารางเทียบแรงระบบอุกอาจมนิวเมติกส์ [54]

นำค่าที่ได้จากการคำนวณมาเทียบในตารางเพื่อหาขนาดของลูกสูบในระบบอุกอาจ ซึ่งค่ามาตรฐานของระบบอุตสาหกรรมกำหนดให้ใช้แรงดันลมอยู่ที่ 6 บาร์ หรือ 87-90 Psi และใช้แรงที่ได้จากการคำนวณเท่ากับ 482 นิวตัน นำมาเทียบในตารางจะแสดงให้เห็นว่าขนาดของลูกสูบในระบบอุกอาจที่เหมาะสมกับการใช้งานมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ 32 มิลลิเมตร

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

จากการดำเนินการออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนดไว้ จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง รวมถึงตรวจสอบข้อบกพร่อง และแก้ไขให้เครื่องสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในระยะยาว โดยมีรายละเอียดการทดสอบและวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

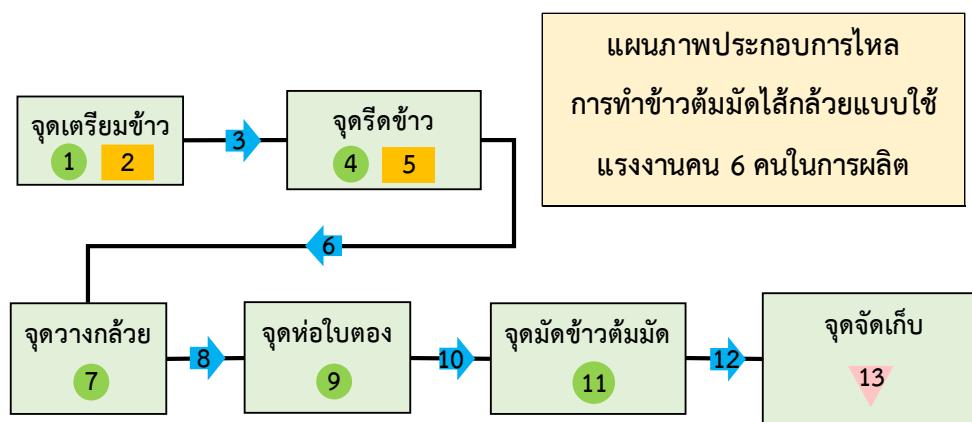
#### 4.1 ผลการทดลอง

##### 4.1.1 กระบวนการผลิตของข้าวต้มมัดไส้กล้วยแบบใช้แรงงานคนและเครื่องจักรในการผลิต

1) กระบวนการไฟล์ การทำข้าวต้มมัดไส้กล้วยแบบใช้แรงงานคนในการผลิต ใช้คนจำนวน 6 คนในการผลิต แบ่งกันทำงานละขั้นตอนส่งต่อไปยังจุดต่าง ๆ คนที่ 1 ทำขั้นตอนนำข้าวใส่ใบตอง ซึ่งนำหักข้าว คนที่ 2 ทำขั้นตอนเกลี่ยข้าวให้เป็นแผ่น ตรวจสอบแผ่นข้าว คนที่ 3 ทำขั้นตอนนำกล้วยมาวางบนแผ่นข้าว คนที่ 4 ทำขั้นตอนการห่อใบตองให้แผ่นข้าวประกอบกัน คนที่ 5 ทำขั้นตอนใช้ตอกหรือเชือกกล้วยมัดใบตองที่ห่อข้าวต้มมัด และคนที่ 6 ทำขั้นตอนการจัดเก็บข้าวต้มมัด ซึ่งมีทั้งหมด 5 สถานี สถานีที่ 1 คือ จุดเตรียมข้าว สถานีที่ 2 จุดรีดข้าว สถานีที่ 3 คือ จุดวางกล้วย สถานีที่ 4 คือ จุดห่อใบตอง สถานีที่ 5 คือ จุดมัดข้าวต้มมัด และสถานีสุดท้าย สถานีที่ 6 คือ จุดจัดเก็บ

กระบวนการไฟลของข้าวต้มมัดไส้กล้ายแบบใช้แรงงานคนในการผลิต (6 คน)							
<input checked="" type="checkbox"/> คน (Man type)	<input type="checkbox"/> วัสดุ (Material type)	<input type="checkbox"/> เครื่องจักร (Machine type)	<input type="checkbox"/> อื่นๆ (Other)				
ชื่อขบวนการ (SUBJECT CGARTED) : .....				วันที่ (DATE) : .....			
ฝ่าย (DEPARTMENT) .....				ผู้ดำเนินการ (CHART BY) : .....			
สถานะ (Method) : .....				หมายเลขเอกสาร (CHART NO) : .....			
หน้าที่ (SHEET NO) : ..../ .....							
ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	จำนวน (ชิ้น)	ระยะเวลา (วินาที)	เวลา	สัญลักษณ์	หมายเหตุ	
1	นำข้าวต้มใส่ใบตอง	1	0	2	● → □ □ □ □ □ □		
2	ซังนำหัวข้าว	1	0	2	○ → □ □ □ □ □ □		
3	ส่งไปยังจุดเรียกข้าว	1	80	1	○ → □ □ □ □ □ □		
4	เกลี่ยข้าวบนใบตองให้เรียบเป็นแผ่น	1	0	6	● → □ □ □ □ □ □		
5	ตรวจสอบแผ่นข้าว	1	0	2	○ → □ □ □ □ □ □		
6	ส่งไปยังจุดวางกล้าย	1	80	1	○ → □ □ □ □ □ □		
7	นำกาวลงมาวางบนข้าว	1	0	2	● → □ □ □ □ □ □		
8	ส่งไปยังจุดห่อใบตอง	1	60	1	○ → □ □ □ □ □ □		
9	ทำการห่อใบตองให้แน่นข้าวพับประกอบกัน	1	0	6	● → □ □ □ □ □ □		
10	ส่งไปยังจุดมัดข้าวต้มมัด	1	50	1	○ → □ □ □ □ □ □		
11	ใช้ตอกหรือเชือกกล้ายมัดใบตองที่ห่อข้าวต้มมัด	1	0	7	● → □ □ □ □ □ □	ใช้วิธีการมัด	
12	ส่งไปยังจุดจัดเก็บ	1	50	1	○ → □ □ □ □ □ □	ใบตอง	
13	ทำการจัดเก็บข้าวต้มมัดไส้กล้าย	1	0	0	○ → □ □ □ □ □ □	เพื่อให้ข้าว	
	รวม	1	320	32	5 5 0 2 1	ยืดแน่น	

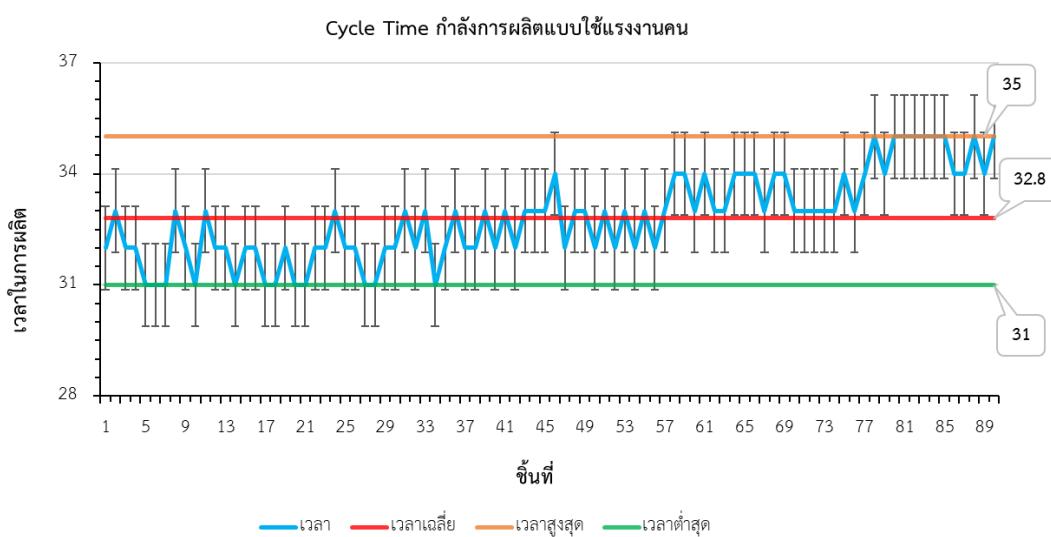
รูปที่ 4.1 กระบวนการไฟลของข้าวต้มมัดไส้กล้ายแบบใช้แรงงานคนในการผลิต



รูปที่ 4.2 แผนภาพประกอบการไฟล การทำข้าวต้มมัดไส้กล้ายแบบใช้คนแรงงาน 6 คนในการผลิต

จากผลการบันทึกในแผนภูมิกระบวนการไฟล พบร่วมกระบวนการผลิต ประกอบด้วยการทำงานทั้งหมด 13 ขั้นตอน ใช้เวลารวมทั้งหมด 32 วินาที และใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายรวมทั้งหมด 320 เซนติเมตร หรือ 3.2 เมตร ต่อข้าวต้มมัดไส้กล้าย 1 ชิ้น โดยแบ่งเป็น ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Operation) จำนวน 5 ครั้ง การเคลื่อนย้าย (Transportation) จำนวน 5

ครั้ง การรอ (Delay) จำนวน 0 ครั้ง การตรวจสอบ (Inspection) จำนวน 2 ครั้ง และการเก็บพัก (Storage) จำนวน 1 ครั้ง ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตข้าวต้มมัดไส้กล้วยแบบใช้แรงงานคนในการผลิต มีลำดับขั้นตอนที่ต่อเนื่องและเป็นระบบ แต่ยังต้องใช้จำนวนคนและเวลาในการผลิตค่อนข้างมาก ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับความชำนาญของแต่ละบุคคลจึงยากต่อการผลิตที่สม่ำเสมอ สามารถดูแผนภูมิกระบวนการให้ทราบค่าเพื่อให้เห็นภาพกระบวนการผลิตได้มากยิ่งขึ้น

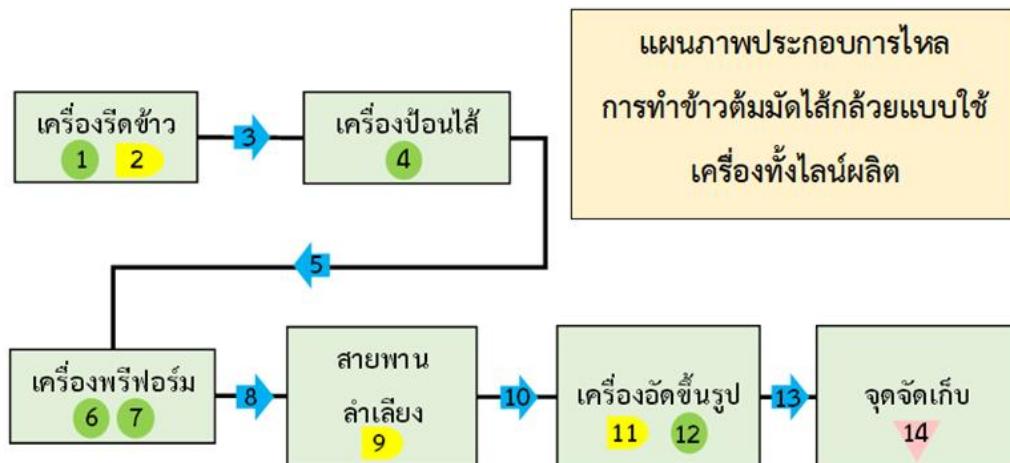


รูปที่ 4.3 Cycle Time แบบการใช้แรงงานคนในการผลิตข้าวต้มมัดไส้กล้วย (ค่าเบี่ยงเบน 1.12)

2) กระบวนการไฟล การทำข้าวต้มมัดไส้กล้วยแบบใช้เครื่องจักรทั้ง ligne ในกระบวนการผลิต ซึ่งแบ่งเป็นทั้งหมด 6 สถานี ในการผลิตของแต่ละขั้นตอน สถานีที่ 1 คือ เครื่องรีดข้าว ทำหน้าที่ รีดข้าวให้เป็นแผ่น สถานีที่ 2 คือ เครื่องป้อนไส้กล้วย ทำหน้าที่ป้อนกลัวลงบนแผ่นข้าว สถานีที่ 3 คือ เครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้างหรือเครื่องพรีฟอร์ม ทำหน้าที่ประกอบแผ่นข้าวให้พับห่อกลัว สถานีที่ 4 คือ สายพานลำเลียง ทำหน้าที่ลำเลียงแผ่นข้าวไปตามแต่ละเครื่อง สถานีที่ 5 คือ เครื่อง อัดขันรูป ทำหน้าที่อัดข้าวต้มมัดที่ทำการพรีฟอร์มให้ขันรูปทรงสวยงามตามแม่พิมพ์ และสถานีที่ 6 คือ จุดจัดเก็บ ทำหน้าที่จัดเก็บข้าวต้มมัดไส้กล้วยที่อัดขันรูปแล้ว

กระบวนการไหลของข้าวต้มมัดไส้กล้ายแบบใช้เครื่องทั้งไลน์ผลิต											
<input type="checkbox"/> คน (Man type)		<input type="checkbox"/> วัสดุ (Material type)		<input checked="" type="checkbox"/> เครื่องจักร (Machine type)		<input type="checkbox"/> อื่นๆ (Other)					
ชื่อขบวนการ (SUBJECT CGARTED) : .....				วันที่ (DATE) : .....							
ฝ่าย (DEPARTMENT) .....				จัดทำโดย (CHART BY) : .....							
สถานะ (Method) : .....				หมายเลขเอกสาร (CHART NO) : .....							
หน้าที่ (SHEET NO) : ...../.....											
ขั้นตอน	ชื่อกระบวนการ	จำนวน (ชิ้น)	ระยะเวลา (ชม.)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ					
1	นำข้าวใส่เครื่องรีดข้าว	1	0	2							
2	กดปุ่มเริ่มและรอเครื่องทำการรีดข้าว	1	0	1							
3	ส่งไปยังเครื่องป้อนไส้กล้ายผ่านทางสายพานลำเลียง	1	86	6							
4	ทำการป้อนไส้กล้ายลงบนแผ่นข้าว	1	0	2							
5	ส่งไปยังจุดเชื่อมเข็มขัดด้านข้างผ่านสายพานลำเลียง	1	121	5							
6	ชุดด้านข้างด้านแผ่นข้าวลงบนเครื่องพรีฟอร์ม	1	15	1							
7	เครื่องพรีฟอร์มทำการประยุกต์แผ่นข้าวให้ห่อกล้าย	1	0	1							
8	ชุดด้านข้างทำการดันแผ่นข้าวออกไปยังสายพาน	1	0	1							
9	รอข้าวให้มาตามสายพานไปบังเครื่องอัด	1	90	3							
10	นำข้าวต้มมัดลงบนถ้วยแบบพิมพ์เครื่องอัดทั้ง 3 ช่อง	3	0	3							
11	กดปุ่มเพื่อเริ่มและรอเครื่องทำการอัด	3	0	1							
12	เครื่องอัดแม่พิมพ์ทำการอัดขันข้าวต้มมัดไส้กล้าย	3	0	7							
13	ข้าวต้มมัดไส้กล้ายตกลงบนสายพานลำเลียงไปจุดจัดเก็บ	3	30	2							
14	ทำการจัดเก็บข้าวต้มมัดไส้กล้าย	3	0	0							
	รวม	3	342	35	5 5 3 0 1						

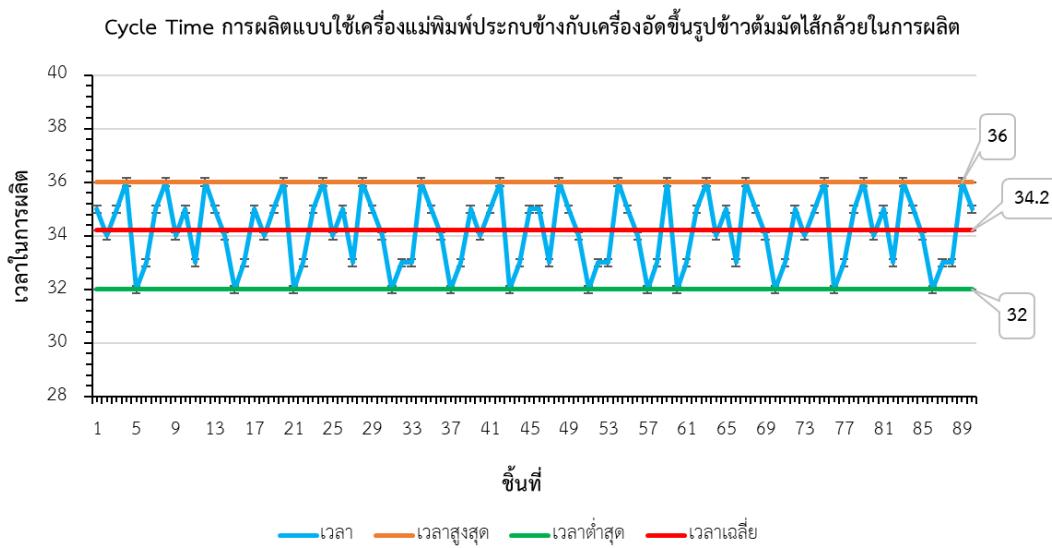
รูปที่ 4.4 กระบวนการไหลของข้าวต้มมัดไส้กล้ายแบบใช้เครื่องจักรในการผลิต



รูปที่ 4.5 แผนภาพประกอบการไหล การนำข้าวต้มมัดไส้กล้ายแบบใช้เครื่องในการผลิตทั้งไลน์

จากการบันทึกในแผนภูมิกระบวนการไหล พบว่ากระบวนการผลิตประกอบด้วยการทำงานทั้งหมด 14 ขั้นตอน ในการผลิตรอบแรกจะใช้เวลาทั้งหมด 35 วินาที

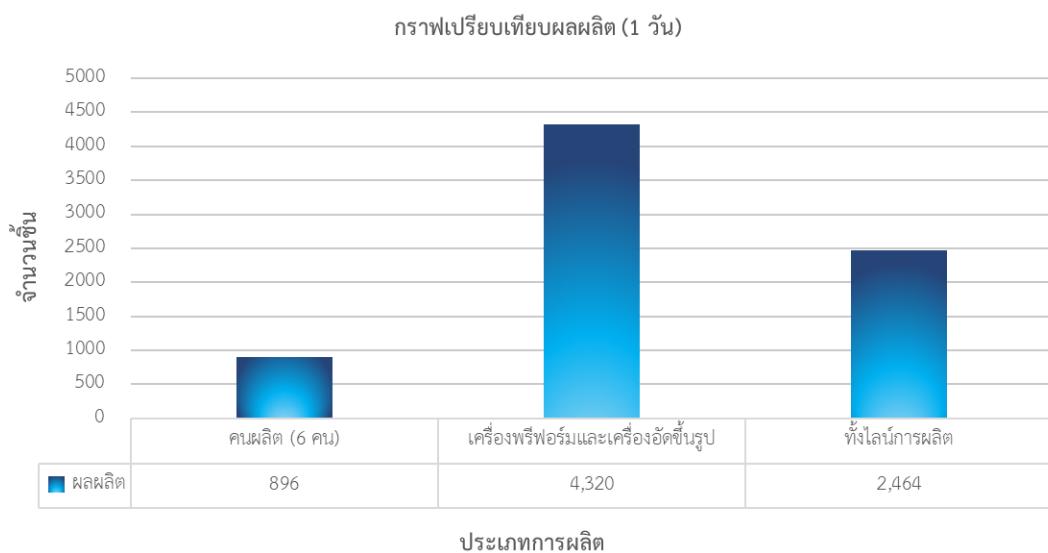
แต่รอบถัดไปจะลดเวลาลงเหลือ 13 วินาที เฉลี่ยโดยการคำนวณรอบแรกและรอบถัดไปรวมทั้งหมด 4 รอบจะได้ 6 วินาทีต่อข้าวต้มมัดไส้กล้วย 1 ชิ้น และใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายรวมทั้งหมด 342 เซนติเมตร หรือ 3.42 เมตร ต่อข้าวต้มมัดไส้กล้วย 3 ชิ้น โดยแบ่งเป็นขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Operation) จำนวน 5 ครั้ง การเคลื่อนย้าย (Transportation) จำนวน 5 ครั้ง การรอ (Delay) จำนวน 3 ครั้ง และการเก็บพัก (Storage) จำนวน 1 ครั้ง ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ว่ากระบวนการผลิตข้าวต้มมัดไส้กล้วยแบบใช้เครื่องทั้งไลน์ในการผลิตมีลำดับขั้นตอนที่ต่อเนื่องและเป็นระบบ โดยจะทำให้ข้าวต้มมัดไส้กล้วยที่ทำการอัดมีความสม่ำเสมอด้านรูปทรงสูงและทำให้กำลังผลิตเพิ่มมากขึ้นแต่เวลาในการผลิตลดลงเมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตแบบใช้แรงงานคน นอกจากรายช่วยลดความผิดพลาดจากปัจจัยมนุษย์ (Human Error) และช่วยให้สามารถควบคุมมาตรฐานในการผลิตได้อย่างสม่ำเสมอ แต่ในบางขั้นตอนอาจต้องใช้แรงงานคนในการควบคุมอยู่ เช่น ขั้นตอนที่ 2 10 11 และ 14 แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.6 Cycle Time แบบใช้เครื่องพريฟอร์มและเครื่องอัดขี้รูปในการผลิตข้าวต้มมัดไส้กล้วย (ค่าเบี่ยงเบน 0.14)

#### 4.1.2 กำลังในการผลิต (Production Capacity)

จากการทดลองพบว่า กำลังสูงสุดในการผลิตข้าวต้มมัดไส้กล้วยโดยใช้เครื่องแม่พิมพ์ ประกอบข้างและเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดที่ทำการผลิต โดยใช้เวลา 20 วินาทีต่อข้าวต้มมัดไส้กล้วย 3 ชิ้น ซึ่งภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ข้าวต้มมัดไส้กล้วยทั้งหมด 540 ชิ้น หรือ 4,320 ชิ้นต่อวัน โดยที่ระยะเวลาในการทำงานคือวันละ 8 ชั่วโมง และกำลังการผลิตสูงสุดในการผลิต ข้าวต้มมัดไส้กล้วยโดยใช้กำลังของเครื่องทั้งไลน์ในการผลิต จะใช้เวลาทั้งหมด 33 วินาทีต่อข้าวต้มมัดไส้กล้วย 3 ชิ้น ซึ่งภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ข้าวต้มมัดไส้กล้วยทั้งหมด 308 ชิ้น หรือ 2,464 ชิ้นต่อวัน โดยที่ระยะเวลาในการทำงานคือวันละ 8 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคนในการผลิต การใช้แรงงานคนจำนวน 6 คนในการผลิต จะใช้เวลาทั้งหมด 32 วินาทีต่อข้าวต้มมัดไส้กล้วย 1 ชิ้น ซึ่งภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ข้าวต้มมัดไส้กล้วยทั้งหมด 112 ชิ้น หรือ 896 ชิ้นต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้างกับเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดไส้กล้วยในการผลิต จะมีกำลังการผลิตเพิ่มมากขึ้น 4.82 เท่า และเมื่อเทียบกับการใช้เครื่องทั้งไลน์ในการผลิตกำลังการผลิตก็ยังเพิ่มเป็น 2.75 เท่า จากการเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนในการผลิต



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบผลผลิตใน 1 วัน (ระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง)

## 4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจ

### 4.2.1 ผลการเก็บแบบประเมิน (Assessment Results)

การเก็บแบบประเมินได้เริ่มดำเนินในภายหลังจากการพัฒนาโครงการ โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ร่วมประเมิน จำนวนทั้งหมด 4 ชุด ซึ่งประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับความคิดเห็น ความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม และผลที่ได้ไปวิเคราะห์ในเชิงสถิติใส่ในตารางวิเคราะห์การประเมินความพึงพอใจ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้พัฒนาคนที่ 1

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1	สามารถใช้งานได้จริง		✓			
2	ข้าวหุ้มกล้ายไม่เละ	✓				
3	ข้าวที่อัดมีความแน่นไม่แตกง่าย	✓				
4	ข้าวที่อัดมีรูปทรงสวยงามลือคแม่พิมพ์		✓			
5	ความสม่ำเสมอของขนาดและรูปทรง	✓				
6	เครื่องมีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน	✓				
7	ขึ้นส่วนเครื่องสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย		✓			
8	ขึ้นส่วนเครื่องทำความสะอาดได้ง่าย	✓				
9	เครื่องมีความแข็งแรง ทนทาน	✓				
10	ขนาดและน้ำหนักของเครื่องเหมาะสมกับพื้นที่	✓				

**ตารางที่ 4.2 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้พัฒนาคนที่ 2**

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1	สามารถใช้งานได้จริง	✓				
2	ข้าวหุ่มกลิ้วยไม่เละ		✓			
3	ข้าวที่อัดมีความแน่นไม่แตกง่าย	✓				
4	ข้าวที่อัดมีรูปทรงสวยงามตามบล็อกแม่พิมพ์	✓				
5	ความสำเร็จของการตัดและรูปทรง		✓			
6	เครื่องมีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน		✓			
7	ชิ้นส่วนเครื่องสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย		✓			
8	ชิ้นส่วนเครื่องทำความสะอาดได้ง่าย	✓				
9	เครื่องมีความแข็งแรง ทนทาน	✓				
10	ขนาดและน้ำหนักของเครื่องเหมาะสมสมกับพื้นที่		✓			

**ตารางที่ 4.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้พัฒนาคนที่ 3**

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1	สามารถใช้งานได้จริง		✓			
2	ข้าวหุ่มกลิ้วยไม่เละ		✓			
3	ข้าวที่อัดมีความแน่นไม่แตกง่าย	✓				
4	ข้าวที่อัดมีรูปทรงสวยงามตามบล็อกแม่พิมพ์	✓				
5	ความสำเร็จของการตัดและรูปทรง		✓			
6	เครื่องมีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน	✓				
7	ชิ้นส่วนเครื่องสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย		✓			
8	ชิ้นส่วนเครื่องทำความสะอาดได้ง่าย		✓			
9	เครื่องมีความแข็งแรง ทนทาน	✓				
10	ขนาดและน้ำหนักของเครื่องเหมาะสมสมกับพื้นที่		✓			

#### ตารางที่ 4.4 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ประกอบการ

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1	สามารถใช้งานได้จริง		✓			
2	ข้าวหุ่มกล้ายไม่เละ			✓		
3	ข้าวที่อัดมีความแน่นไม่แตกง่าย	✓				
4	ข้าวที่อัดมีรูปทรงสวยงามตามบล็อกแม่พิมพ์	✓				
5	ความสม่ำเสมอของขนาดและรูปทรง		✓			
6	เครื่องมีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน		✓			
7	ชิ้นส่วนเครื่องสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย			✓		
8	ชิ้นส่วนเครื่องทำความสะอาดได้ง่าย		✓			
9	เครื่องมีความแข็งแรง ทนทาน		✓			
10	ขนาดและน้ำหนักของเครื่องเหมาะสมสมกับพื้นที่			✓		

#### 4.2.2 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินเชิงสถิติ

จากการเก็บผลแบบประเมินและนำมารวิเคราะห์เชิงสถิติ พบร่วมกันค่าเฉลี่ยทั้งหมด 4.35 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 ระดับความพึงพอใจเท่ากับ พึงพอใจมาก ซึ่งแบ่งรายการประเมินออกเป็น 10 รายการ ด้าน เครื่องสามารถใช้งานได้จริง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 ค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.50 ระดับความพึง พอยใจเท่ากับ พึงพอใจมาก ,ด้านการหุ่มกล้ายด้วยข้าว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4 ค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.82 ระดับความพึงพอใจเท่ากับ พึงพอใจมาก ,ด้านความแน่นไม่แตกง่ายของข้าวที่อัด มี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 ค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 0 ระดับความพึงพอใจเท่ากับ พึงพอใจมากที่สุด ,ด้านข้าว ที่อัดมีรูปทรงสวยงามตามบล็อกแม่พิมพ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.50 ระดับ ความพึงพอใจเท่ากับ พึงพอใจมากที่สุด ,ด้านความสม่ำเสมอของขนาดและรูปทรง มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.25 ค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.50 ระดับความพึงพอใจเท่ากับ พึงพอใจมาก ,ด้านการใช้ งานที่ไม่ซับซ้อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.5 ค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.58 ระดับความพึงพอใจเท่ากับ พึง พอยใจมากที่สุด ,ด้านชิ้นส่วนของเครื่องในการถอดเปลี่ยน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.75 ค่าเบี่ยงเบน เท่ากับ 0.50 ระดับความพึงพอใจเท่ากับ พึงพอใจมาก ,ด้านการทำความสะอาดของชิ้นได้ง่าย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.50 ระดับความพึงพอใจเท่ากับ พึงพอใจมากที่สุด

,ด้านความแข็งแรงทนทาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.50 ระดับความพึงพอใจเท่ากับ พึงพอใจมากที่สุด และสุดท้ายคือ ด้านขนาดและน้ำหนักของเครื่องหมายจะมีความสมกับพื้นที่ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.82 ระดับความพึงพอใจเท่ากับ พึงพอใจมากแสดงค่าดั้งตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางวิเคราะห์การประเมินความพึงพอใจเชิงสถิติ

ลำดับ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
		$\bar{X}$	S.D	ระดับความพึง พอใจ
1	สามารถใช้งานได้จริง	4.25	0.50	พึงพอใจมาก
2	ข้าวหุ่มกลวยไม่มีแลع	4	0.82	พึงพอใจมาก
3	ข้าวที่อัดมีความแน่นไม่มีแตกง่าย	5	0.00	พึงพอใจมากที่สุด
4	ข้าวที่อัดมีรูปทรงสวยงามตามบล็อกแม่พิมพ์	4.75	0.50	พึงพอใจมากที่สุด
5	ความสม่ำเสมอของขนาดและรูปทรง	4.25	0.50	พึงพอใจมาก
6	เครื่องมือการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน	4.5	0.58	พึงพอใจมากที่สุด
7	ชิ้นส่วนเครื่องสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย	3.75	0.50	พึงพอใจมาก
8	ชิ้นส่วนเครื่องทำความสะอาดได้ง่าย	4.5	0.58	พึงพอใจมากที่สุด
9	เครื่องมีความแข็งแรง ทนทาน	4.75	0.50	พึงพอใจมากที่สุด
10	ขนาดและน้ำหนักของเครื่องหมายจะมีความสมกับพื้นที่	4	0.82	พึงพอใจมาก
	เฉลี่ยรวม	4.35	0.48	พึงพอใจมาก

#### 4.2.3 ลักษณะทางกายภาพ

จากการตรวจสอบทางกายภาพชิ้นข้าวต้มมัด พบร่วมกันว่าชิ้นข้าวต้มมัดไม่ได้มีความสมบูรณ์ทั้งหมด 90 ชิ้น เนื่องจากเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้างในการขึ้นรูปข้าวต้มมัดอาจมีขี้นรูปไม่ตรงตามความต้องการทำให้ข้าวมีการแตกออกจากกันหรือข้าวไม่หุ่มกลวยจึงจำเป็นที่ต้องใช้เครื่องอัดข้าวเพื่อให้ได้ข้าวต้มมัดที่มีลักษณะทางกายภาพที่ต้องการ ซึ่งสาเหตุที่อาจทำให้ชิ้นส่วนข้าวต้มมัดเกิดการเสียรูปและข้าวเหนียวไม่หุ่มกลวยนั้นเกิดจากการหันขนาดความยาวของกลวยที่สันเกินไป กล่าวคือหากขนาดของกลวยมีความยาวต่างกันกว่า 35 มิลลิเมตร หรือการวางกลวยไม่อยู่กึ่งกลางแม่พิมพ์อัด จะทำให้เกิดซ่องว่างที่ส่วนปลายของชิ้นข้าวต้มมัดและแรงอัด

ภายในแม่พิมพ์น้อยลง ส่งผลให้ข้าวไม่จับกันและทำให้ชิ้นข้าวต้มมัดที่ได้มีรูปไม่สมบูรณ์ ซึ่งความ  
ยาวของกล้ายที่เหมาะสมสำหรับการอัดขึ้นรูปของข้าวต้มมัดประมาณ 50 กรัม ควรอยู่ที่ 35-40  
มิลลิเมตร

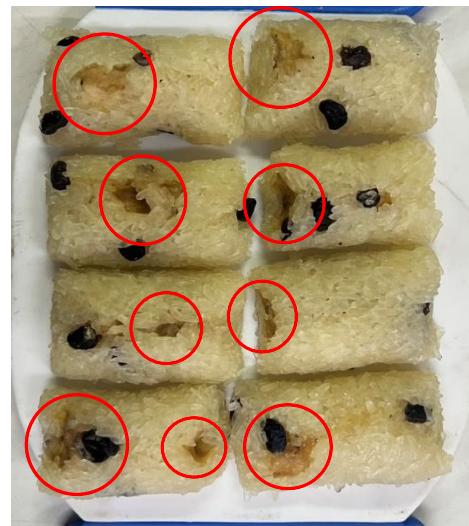


รูปที่ 4.8 ข้าวต้มมัดจากเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง

แสดงให้เห็นว่าในการใช้เครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้างในการประกอบข้าวแต่ละครั้งอาจ  
ทำให้เกิดการแตกของข้าวหรือข้าวอาจไม่หุ่มกล้ายโดยสมบูรณ์ จึงต้องใช้เครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด  
ในการอัดอีกรอบเพื่อให้ข้าวเหนียวหุ่มกล้ายและมีรูปทรงที่สมบูรณ์

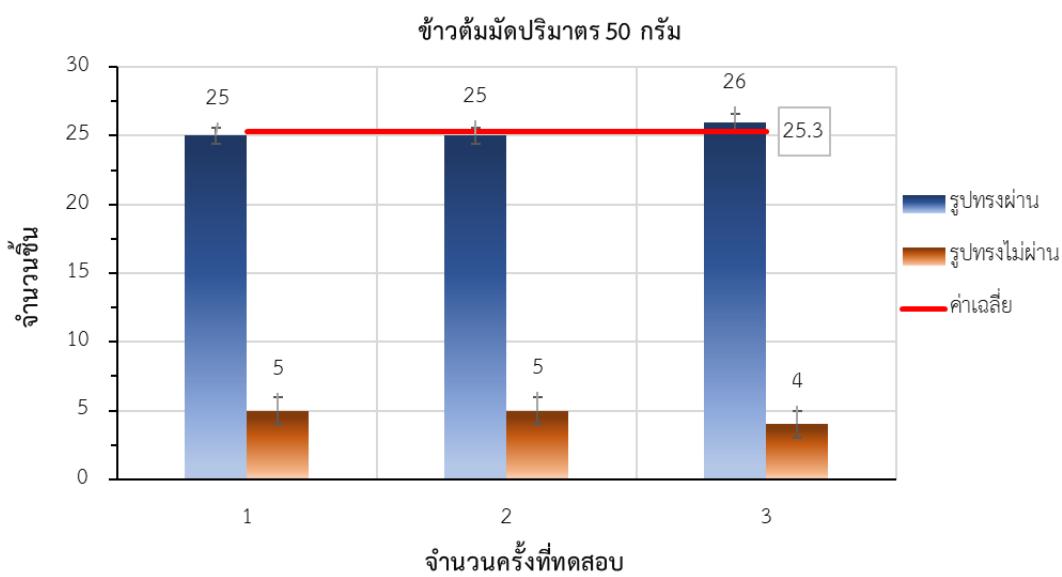


รูปที่ 4.9 ข้าวต้มมัดชิ้นที่รูปทรงสมบูรณ์ หลังจากผ่านเครื่องอัดขึ้นรูป



รูปที่ 4.10 ข้าวต้มมัดชิ้นที่รูปทรงไม่สมบูรณ์ ข้าวหุ่มกลวยไม่สนิท

แสดงให้เห็นว่าเนื่องจากการขึ้นรูปข้าวต้มมัดจากเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง อาจทำให้เกิดการแตกของข้าวหรือข้าวอาจไม่หุ่มกลวย จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องอัดขึ้นรูป เพื่อให้ได้ข้าวต้มมัดที่มีลักษณะสมบูรณ์ไม่เกิดการแตกของข้าวหรือข้าวไม่หุ่มกลวย



รูปที่ 4.11 กราฟผลทดสอบการผลิตข้าวต้มมัดใส่กลวย (ครั้งละ 30 ชิ้น)

### 4.3 การวิเคราะห์การทดลองและจุดคุ้มทุน

ผลการทดลองเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้างและเครื่องอัดขึ้นรูปแสดงให้เห็นว่าเครื่องทั้งสองชนิดสามารถผลิตชิ้นงานได้อย่างต่อเนื่อง เครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้างช่วยให้การขึ้นรูปชิ้นงานมีขนาดและรูปทรงสม่ำเสมอ ขณะที่เครื่องอัดขึ้นรูปสามารถผลิตชิ้นงานได้รวดเร็วและต่อเนื่อง ลดเวลาการผลิตเมื่อเทียบกับการทำด้วยมือ การทดลองซึ่งให้เห็นว่าเครื่องทั้งสองประเภทช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนแรงงาน และทำให้กระบวนการผลิตมีความคงที่มากขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์นั่นต่อการผลิตในปริมาณมากและการควบคุมคุณภาพของชิ้นงาน เพื่อทำการวิเคราะห์การลงทุนของผู้ประกอบการ และลดความเสี่ยงในการลงทุน ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์สำหรับการนำเครื่องจักรมาช่วยในการผลิตข้าวต้มมัดซึ่งจากข้อมูลการผลิตข้าวต้มมัดของผู้ประกอบการในปัจจุบัน พบว่ามีกำลังการผลิตต่อวันอยู่ที่ 500 ชิ้นต่อวัน โดยใช้แรงงาน 1 คนในการผลิต ปัจจุบันผู้ประกอบการได้เพิ่มจำนวนคนในการผลิตเป็น 6 คน และตั้งราคาขายส่งอยู่ที่ 20 บาทต่อชิ้นโดยราคาดังกล่าวแบ่งเป็นต้นทุนในการผลิต 16 บาทต่อชิ้น ประกอบด้วยค่าแรงงาน ค่าวัสดุติดบ ค่าแก๊สหุงต้ม ค่าถุงบรรจุ ค่าน้ำตาลทราย ค่ากะทิสด ค่าไฟฟ้า และค่าสาธารณูปโภคอื่น ๆ เป็นต้น ทำให้ผู้ประกอบการมีผลกำไรประมาณ 4 บาทต่อชิ้น ดังนั้นในการผลิตข้าวต้มมัดโดยใช้คนในการผลิต 6 คนจะมีกำลังการผลิต 3,000 ชิ้นต่อวัน ผู้ประกอบการจะมียอดขายประมาณ 60,000 บาทต่อวัน หรือคิดเป็นกำไรประมาณ 12,000 บาทต่อวัน

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานในการวิเคราะห์การลงทุน หากมีการนำเครื่องจักรมาใช้ในสายการผลิตข้าวต้มมัดจะทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 3,000 ชิ้นต่อวัน เป็น 4,320 ชิ้นต่อวัน หักลบข้าวต้มมัดชิ้นที่ไม่สมบูรณ์อกร้อยละ 15 จะเหลือข้าวต้มมัดชิ้นที่สมบูรณ์ทั้งหมด 3,672 ชิ้นต่อวัน ทำให้มีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 44 เนื่องจากใช้เครื่องจักรในการผลิตผู้ประกอบการจึงตั้งราคาขายส่งอยู่ที่ 15 บาทต่อชิ้น แบ่งเป็นต้นทุน 9.8 บาทต่อชิ้นหรือคิดเป็นกำไร 5.2 บาทต่อชิ้น ดังนั้นผู้ประกอบการจะมียอดขายประมาณ 55,080 บาทต่อวัน หรือคิดเป็นกำไรประมาณ 19,094 บาทต่อวัน ขณะที่ต้นทุนในการสร้างเครื่องจักรสำหรับอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดดังตารางที่ 4.1 จะมีราคาอยู่ที่ 1,300,000 บาท และต้นทุนการซ่อมบำรุงประมาณ 300,000 บาทต่อปี อายุการใช้งาน 8 ปี น้ำหนักต่ำชาก 10,000 บาท และมีค่าเสียโอกาสของเงินลงทุน 12 เปอร์เซ็นต์ (Minimum Retail Rate +5%) ซึ่งหากใน 1 ปี มีแผนการผลิต 200 วันต่อปี ผู้ประกอบการจะมีกำลังการผลิตรวม 734,400 ชิ้นต่อปี มียอดขายรวม 11,016,000 บาทต่อปี หรือคิดเป็นกำไรรวม 3,801,085 บาทต่อปี

จากข้อมูลที่กล่าวในข้างต้นสามารถคำนวณระยะเวลาคืนทุนเพื่อวิเคราะห์การลงทุนของผู้ประกอบการ ได้ดังต่อไปนี้

#### ตารางที่ 4.6 ต้นทุนการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

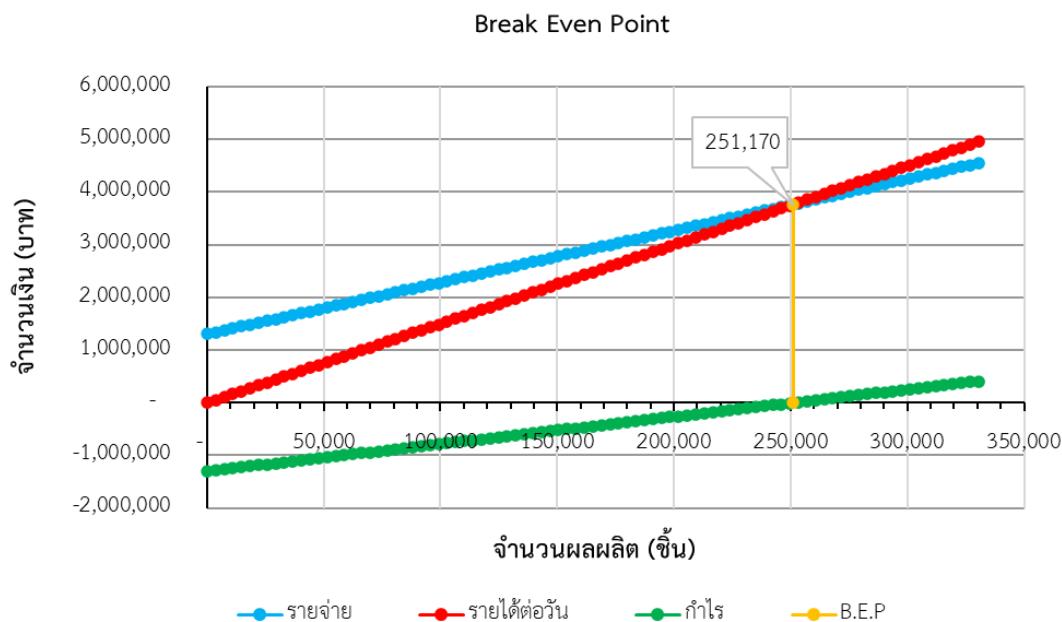
รายการ	ราคา	
<b>ต้นทุนเริ่มแรก</b>		
เครื่องรีดแผ่นข้าว	500,000	บาท
สายพานลำเลียง 2 เครื่อง	300,000	บาท
เครื่องป้อนกลั่วย	150,000	บาท
ตู้ควบคุม	150,000	บาท
เครื่องแม่พิมพ์ประับข้าง	50,000	บาท
เครื่องอัดขี้นรูป	150,000	บาท
<b>ต้นทุน</b>		
ค่าซ่อมบำรุง	300,000	บาทต่อปี
ค่าแรงงาน 1 คน (400) บาทต่อวัน : ทำงาน 200 วันต่อปี	80,000	บาทต่อปี
ต้นทุนแปรผันในการผลิต	7,214,915	บาทต่อปี
ยอดขาย	11,016,000	บาทต่อปี
รายได้ต่อปี	3,801,085	บาทต่อปี

จากสมการในข้างต้น สามารถแทนค่าได้ดังนี้

$$0 = -1,300,000 + 3,801,085 (P/A, 12\%, n) + 10,000 (P/F, 12\%, 5) - 80,000 - 300,000$$

$$n \approx 0.187 \text{ ปี}$$

จากการคำนวณระยะเวลาการคืนทุนการผลิตข้าวต้มมัดด้วยเครื่องจักรต้นแบบ พบร่วมระยะเวลาที่จะคุ้มทุนเท่ากับ 0.187 ปี คิดเป็น 68.4 วัน หรือตามเวลาทำงานที่ 1 เดือนทำงาน 26 วัน จะเท่ากับ 2 เดือน 16 วัน 4 ชั่วโมง ซึ่งถือว่าเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการลงทุนเนื่องจากมีระยะเวลาคืนทุนต่ำกว่าอายุการใช้งานของเครื่องอยู่มาก



**รูปที่ 4.12 กราฟจุดคุ้มทุน (Break Even Point, B.E.P)**

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

การดำเนินโครงการเริ่มจากการวางแผนต่าง ๆ การออกแบบดำเนินการสร้างเครื่องสำหรับอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดจนถึงการทดสอบ และวิเคราะห์ผลทดสอบเพื่อให้เป็นไปตามขอบเขตและวัตถุประสงค์ของโครงการ และเพื่อเป็นการเข้าใจถึงผลการดำเนินงานต่าง ๆ ดังนั้นเพื่อประเมินผลการดำเนินโครงการและข้อเสนอแนะในการดำเนินงานต่ออยอดเพิ่มเติมไว้หลายประการดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการทดสอบ

##### 5.1.1 ผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform)

จากการทดสอบเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้างในการแผ่นข้าวเหนียวให้ห่อกล้ายพบว่า กำลังการผลิตใช้ระยะเวลาในการผลิตอยู่ที่ 10 วินาทีต่อ 3 ชิ้น หรือตอกชิ้นละ 3.33 วินาที ผลทางกายภาพคือแผ่นข้าวห่อกล้ายทุกชิ้นเป็นก้อนสมบูรณ์ ตัวข้าวไม่ขาดและไม่เละแต่แผ่นข้าวยังหุ้มกล้ายไม่แน่นพอยังต้องส่งต่อไปทำการอัดแน่นที่เครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดต่อเพื่อให้ข้าวเหนียวหุ้มกล้ายได้แน่นหนาขึ้นและเป็นทรงที่สมบูรณ์

##### 5.1.2 ผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด

จากการทดสอบเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดในการอัดก้อนข้าวที่ผ่านการพรีฟอร์มจากเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าวมาแล้วพบว่าในการกดสวิตซ์ 1 ครั้งใช้เวลาในการอัด 10 วินาที ซึ่งหากรวมกับเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง จะเป็น 20 วินาที โดยที่เครื่องมีแม่พิมพ์ในการใส่ข้าวต้มมัดห้องหมด 3 ช่องเท่ากับว่ากำลังการผลิตอยู่ที่ 3 ชิ้นต่อ 20 วินาที เท่ากับ 540 ชิ้นต่อชั่วโมง หรือ 4,320 ชิ้นต่อวัน (ทำงาน 8 ชั่วโมง) จากการเก็บผลทดสอบจำนวน 90 ชิ้น พบว่าผลทางกายภาพคืออัดเป็นรูปทรงข้าวต้มมัดสมบูรณ์ แผ่นข้าวหุ้มกล้ายแน่นไม่ขาด แต่มีชิ้นที่รูปทรงไม่สมบูรณ์และข้าวหุ้มกล้ายไม่สนิท จำนวน 14 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 15 ของจำนวนทั้งหมดที่ทดสอบ

##### 5.1.3 ผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าการลงทุนเครื่องจักรการผลิตข้าวต้มมัดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตอย่างชัดเจน โดยสามารถเพิ่มกำลังการผลิตจาก การใช้กำลังคน 6 คนในการผลิตได้ 3,000 ชิ้นต่อวัน เพิ่มเป็น 4,320 ชิ้นต่อวัน หลังหักชิ้นเสียร้อยละ 15 จะเหลือ 3,672 ชิ้นต่อวัน ส่งผลให้ปริมาณการผลิตสูงขึ้นมากกว่าร้อยละ 44 และใช้เวลาในการคืนทุน 68.4 วัน หรือตามเวลาทำงานที่ 1 เดือนทำงาน 26 วัน จะเท่ากับ 2 เดือน 16 วัน 4 ชั่วโมง ที่จำนวน 251,170 ชิ้น ซึ่งหากใน 1 ปี มีแผนการผลิต 200 วันต่อปีผู้ประกอบการจะมี

กำลังการผลิตรวม 734,400 ชิ้นต่อปี มียอดขายรวม 11,016,000 บาทต่อปี หรือคิดเป็นกำไรรวม 3,801,085 บาทต่อปี

#### 5.1.4 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจ

จากการนำข้อมูลในการประเมินความพึงพอใจมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบร่วมกันที่อัตราความพึงพอใจสูงสุดที่ 4.35 ค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.48 จัดอยู่ในระดับพึงพอใจมาก จากภาพรวมทั้งหมด โดยด้านข้าวที่อัดมีความแน่นไม่แตกง่าย ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 5 ค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 0 ระดับความพึงพอใจอยู่ที่พึงพอใจมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าเครื่องมีจุดเด่นในด้านนี้ ในขณะที่ด้านข้าวที่อัดมีความแน่นไม่แตกง่าย ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 3.75 ค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 0.50 ระดับความพึงพอใจอยู่ที่พึงพอใจมาก แสดงถึงด้านที่ควรพัฒนาหรือปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ก่อนจะเริ่มกระบวนการผลิตข้าวต้มมัดได้แก้ลักษณะพักข้าวเหนียวให้เข็ตตัวก่อน เพื่อลดการแตกละของข้าวเหนียวในขันตอนขึ้นรุ่ปพรีฟอร์มได้

5.2.2 ควรมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการสึกหรอของขันส่วนที่สำคัญและลดโอกาสการเกิดปัญหาในการทำงาน

5.2.3 ควรอบรมและให้ความรู้แก่ผู้ใช้งานเกี่ยวกับวิธีการใช้งานเครื่องจักรอย่างถูกต้องและปลอดภัย เพื่อลดความผิดพลาดและปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งานผิดวิธี

5.2.4 จัดเตรียมอะไหล่สำรองที่จำเป็นไว้เพื่อรับกรณีที่เครื่องหยุดทำงานกะทันหัน

## บรรณานุกรม

- [1] ข้าวต้มมัดในประเพณีท้องถิ่น. ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://anyflip.com/xlzhn> (12 มิถุนายน 2567).
- [2] Duangkamon. โครงการภูมิปัญญาท้องถิ่น. ออนไลน์. จากเว็บไซต์ <https://www.gotoknow.org/posts/328702> 17 มกราคม (2553).
- [3] ภูมิปัญญาชนม (ใน) ไทย. ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.ich-thailand.org/article/detail/6291f35836ab3f111c5572b4>
- [4] ประภัสสร อ่อนเพชร และผกาวลัย หนูแก้ว การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์เพื่อใช้งานกับเครื่องอัดขึ้นรูปขึ้นงาน. ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/2700/1/PraphtsornOnphet.pdf>
- [5] มนันต สิงห์โคตร และคณะ การออกแบบและพัฒนาเครื่องมืออัดก้อนปลูกสำเร็จรูป ออนไลน์. จากเว็บไซต์. [https://www.stou.ac.th/thai/grad\\_stdy/Masters/%E0%B8%9D%E0%B8%AA%E0%B8%A1%E0%B8%AB%E0%B8%8C%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%95%E0%B8%AA%E0%B8%AB%E0%B8%87%E0%B8%AB%E0%B9%8C%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%95%E0%B8%A3.pdf](https://www.stou.ac.th/thai/grad_stdy/Masters/%E0%B8%9D%E0%B8%AA%E0%B8%A1%E0%B8%AB%E0%B8%8C%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%95%E0%B8%AA%E0%B8%AB%E0%B8%87%E0%B8%AB%E0%B9%8C%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%95%E0%B8%A3.pdf)
- [6] สมเกียรติ สุทธิโยพิรัตน์ และคณะ การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาแฟเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มที่นำเสนอ ความเข้มแข็งของชุมชนและเศรษฐกิจฐานราก. ออนไลน์. จากเว็บไซต์. [https://elibrary.tsri.or.th/fullP/RDG60T0105/RDG60T0105\\_full](https://elibrary.tsri.or.th/fullP/RDG60T0105/RDG60T0105_full)
- [7] กิตติศักดิ เมืองกลาง และคณะ เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ. ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/journalindus/article/view/245508>
- [8] เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.yongthaimetal.com/15032116/> %E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%A2%E0%B8%A7%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%AA - stainless
- [9] การกัดกร่อนเหล็กกล้าไร้สนิม. ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://resources.arcmachines.com/understanding-ferritic-vs-austenitic-vs-martensitic-stainless-steel-ami/>
- [10] รูปเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.maven>

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [11] งานเชื่อมอาร์กอน หรือ TIG (Tungsten Inert Gas Welding). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.spc1986.com/Files/Name2/CONTENT144601776258670.pdf>
- [12] เพลาเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel shaft). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <http://th.stainless-steel-stock.com/stainless-steel-shaft/>
- [13] แรงบิด (Torque). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.kenatchengineeringsupply.com/blog/5702/torque>
- [14] รูปเพลาเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel shaft). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fm.thai.inox-sheets.com%2Fsale-36417436-ss410-stainless-steel-round-bar-420-430-round-shaft-cold-drawn.html&psig=AOvVaw3n5oK4VBLol4yQVVRxYpbV&ust=1758101143107000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjRxqFwoTCLi3iqX73I8DFQAAAAAdAAAAABAE>
- [15] งานกลึง (Turning Process). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.sumipol.com/knowledge/turning-process/>
- [16] เครื่องกัด (Milling Machine). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://th.boyiprototyping.com/cnc-machining-guide/vertical-milling-machine/>
- [17] รูปเครื่องกัด (Milling Machine). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.indiamart.com%2Fprodetail%2Fjp-link-milling-machine-taiwan-9902308162.html&psig=AOvVaw01PUo3EdhhDTskm5t0Etf&ust=1758120157473000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjRxqFwoTCPijg5DC3Y8DFQAAAAAdAAAABAL>
- [18] เครื่องเลื่อยกลหักร (Power Hack Saw). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. [http://ctc.chontech.ac.th/files/1909071010152967\\_2205170004142.pdf](http://ctc.chontech.ac.th/files/1909071010152967_2205170004142.pdf)
- [19] ระบบอุลมนิวเมติกส์ (Pneumatic). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. [https://flutech.co.th/pneumatic-cylinders/#:~:text=ระบบอุลมนิวเมติกส์\(Pneumatic%20Cylinder\)%20ระบบอุลมนิวเมติกส์](https://flutech.co.th/pneumatic-cylinders/#:~:text=ระบบอุลมนิวเมติกส์(Pneumatic%20Cylinder)%20ระบบอุลมนิวเมติกส์)
- [20] หลักการทำงานระบบอุลมนิวเมติกส์.. ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://flutech.co.th/single-acting-vs-double-acting-pneumatic-cylinder/>
- [21] การเลือกใช้ระบบอุลมนิวเมติกส์. ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://mindmanthai.com/top-industrial-grade-valve-manufacturers-who-to-trust-for-quality-products>

### บรรณานุกรม (ต่อ)

- [22] พลาสติก POM (Polyoxymethylene). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.supersavethailand.com/product/plastic-pom/#:~:text=%E0%B9%82%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B8%8B%E0%B8%B5%E0%B8%97%E0%B8%B1%E0%B8%A5>
- [23] รูปพลาสติก POM (Polyoxymethylene). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.supersavethailand.com/wp-content/uploads/2020/11/POM-product.png>
- [24] พลาสติก PE หรือโพลีเอทิลีน (Polyethylene). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.watana-bhand.co.th/%E0%B9%82%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B5%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%97%E0%B8%B4%E0%B8%A5%E0%B8%B5%E0%B8%99/>
- [25] รูปพลาสติก PE หรือโพลีเอทิลีน (Polyethylene). จากเว็บไซต์. [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fth.made-in-china.com%2Fc\\_o\\_gz-plastics%2Fproduct\\_Supply-Plastic-PE-1000-Plate\\_hrrisreiy.html&psig=AOvVaw2D6qEpXkqTuk3RRaXMWiNG&ust=1758125334766000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjRxqFwoTC\\_Lju1rfV3Y8DFQAAAAAdAAAAABAW](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fth.made-in-china.com%2Fc_o_gz-plastics%2Fproduct_Supply-Plastic-PE-1000-Plate_hrrisreiy.html&psig=AOvVaw2D6qEpXkqTuk3RRaXMWiNG&ust=1758125334766000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjRxqFwoTC_Lju1rfV3Y8DFQAAAAAdAAAAABAW)
- [26] อัลูมิเนียม (Aluminium). จากเว็บไซต์. <https://globalhouse.co.th/globalidea/detail/652>
- [27] รูปอัลูมิเนียม (Aluminium). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fnaspaasia.com%2F%25E0%25B8%25AD%25E0%25B8%25A5%25E0%25B8%25B9%25E0%25B8%25A1%25E0%25B8%25B5>
- [28] ตู้คอนโทรลไฟฟ้า (Electrical Control Panel). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://sunnyenergylight.com/articles/electrical-control-panel/>
- [29] รูปคอนโทรลไฟฟ้า (Electrical Control Panel). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.wongguru.com/content/7187/ขนาดตู้คอนโทรล-ตู้คอนโทรลไฟฟ้า-ตู้ไฟมาตรฐาน>
- [30] สวิตช์ไฟฟ้า (Electrical Switch). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. [https://northpower.co.th/pages/สวิตซ์-คืออะไร-และมีกี่แบบ?rsltid=AfmBOopd1wzNR8DvUFxtEFI\\_Vc3p9\\_O3Ne\\_Y2vXXqilT43NvAlB29HyN](https://northpower.co.th/pages/สวิตซ์-คืออะไร-และมีกี่แบบ?rsltid=AfmBOopd1wzNR8DvUFxtEFI_Vc3p9_O3Ne_Y2vXXqilT43NvAlB29HyN)
- [31] รูปสวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. [https://northpower.co.th/pages/สวิตซ์-คืออะไร-และมีกี่แบบ?rsltid=AfmBOopd1wzNR8DvUFxtEFI\\_Vc3p9\\_O3Ne\\_Y2vXXqilT43NvAlB29HyN](https://northpower.co.th/pages/สวิตซ์-คืออะไร-และมีกี่แบบ?rsltid=AfmBOopd1wzNR8DvUFxtEFI_Vc3p9_O3Ne_Y2vXXqilT43NvAlB29HyN)

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [32] สวิตช์ฉุกเฉิน (Emergency Stop Switch หรือ E - Stop). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. [https://northpower.co.th/pages/สวิตช์-คืออะไร-และมีกี่แบบ?srsltid=AfmBOopd1wzNR8DvUFXtEFl\\_Vc3p9\\_O3Ne\\_Y2vXXqilT43NvAlB29HyN](https://northpower.co.th/pages/สวิตช์-คืออะไร-และมีกี่แบบ?srsltid=AfmBOopd1wzNR8DvUFXtEFl_Vc3p9_O3Ne_Y2vXXqilT43NvAlB29HyN)
- [33] รีเลย์ (Relays). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. [https://northpower.co.th/pages/สวิตช์-คืออะไร-และมีกี่แบบ?srsltid=AfmBOopd1wzNR8DvUFXtEFl\\_Vc3p9\\_O3Ne\\_Y2vXXqilT43NvAlB29HyN](https://northpower.co.th/pages/สวิตช์-คืออะไร-และมีกี่แบบ?srsltid=AfmBOopd1wzNR8DvUFXtEFl_Vc3p9_O3Ne_Y2vXXqilT43NvAlB29HyN)
- [34] สวิตช์แบบหมุน (Rotary Switch). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. [https://northpower.co.th/pages/สวิตช์-คืออะไร-และมีกี่แบบ?srsltid=AfmBOopd1wzNR8DvUFXtEFl\\_Vc3p9\\_O3Ne\\_Y2vXXqilT43NvAlB29HyN](https://northpower.co.th/pages/สวิตช์-คืออะไร-และมีกี่แบบ?srsltid=AfmBOopd1wzNR8DvUFXtEFl_Vc3p9_O3Ne_Y2vXXqilT43NvAlB29HyN)
- [35] โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://flutech.co.th/solenid-valve-how-they-work/>
- [36] รูปโซลินอยด์วาล์ว 2/2 ทาง (2/2 - Way Solenoid Valve). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://flutech.co.th/solenid-valve-how-they-work/>
- [37] รูปโซลินอยด์วาล์ว 3/2 ทาง (3/2 - Way Solenoid Valve). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://flutech.co.th/solenid-valve-how-they-work/>
- [38] รูปโซลินอยด์วาล์ว 4/2 ทาง (4/2 - Way Solenoid Valve). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://flutech.co.th/solenid-valve-how-they-work/>
- [39] โซลินอยด์วาล์ว 5/2 ทาง (5/2 - Way Solenoid Valve). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://flutech.co.th/solenid-valve-how-they-work/>
- [40] เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าต่ำ (Low Voltage Circuit Breaker). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.bangkokab.com/TH/Blog/detail/1>
- [41] รูปเบรกเกอร์ (Circuit Breaker). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.a-automation.co.th/article/243/circuit-breaker-เบรกเกอร์-คืออะไร>
- [42] แท่นต่อสายไฟแบบสกรูหรือเทอร์มินอลที่เข้าสายแบบสกรู (Screw Type Terminal Block). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://mall.factomart.com/type-of-terminal-block/>
- [43] รูปแท่นต่อสายไฟแบบสกรู (Screw Type Terminal Block). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://ruangrungrot.com/ดูบพความ-173948-terminal-block-box-คืออะไร-และการนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรม.html>

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- [44] สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low Voltage Power cable). ออนไลน์. จากเว็บไซต์.  
<https://www.pdcable.com/btكمام/สายไฟ-คืออะไร/>

[45] รูปสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low Voltage Power cable). ออนไลน์. จากเว็บไซต์.  
[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fth.made-in-china.com%2Fc\\_minzan%2Fproduct\\_Dongguan-Instrument-Cable-2-3-4-5-6-7-20-22-24-26-AWG-Copper-Wire-Electrical-Wires\\_ysgnsegyig.html&psig=AOvVaw2zbdnwnKMFZxL6j3d6jE2-&ust=1758135297803000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjRxqFwoTCICLnMX63Y8DFQAAAAAdAAAAABAE](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fth.made-in-china.com%2Fc_minzan%2Fproduct_Dongguan-Instrument-Cable-2-3-4-5-6-7-20-22-24-26-AWG-Copper-Wire-Electrical-Wires_ysgnsegyig.html&psig=AOvVaw2zbdnwnKMFZxL6j3d6jE2-&ust=1758135297803000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjRxqFwoTCICLnMX63Y8DFQAAAAAdAAAAABAE)

[46] PLC (Programmable Logic Controller). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://pico.co.th/th/what-is-plc/>

[47] รูปกล่อง PLC (Programmable Logic Controller). ออนไลน์. จากเว็บไซต์. [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.a-automation.co.th%2Fcategory%2F27%2Fplc%2Fplc-mitsubishi&psig=AOvVaw1PgTP9z98Xl2\\_bECedJnqT&ust=1758136438446000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjRxqGAoTCNi3wuX-3Y8DFQAAAAAdAAAAABDRAQ](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.a-automation.co.th%2Fcategory%2F27%2Fplc%2Fplc-mitsubishi&psig=AOvVaw1PgTP9z98Xl2_bECedJnqT&ust=1758136438446000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjRxqGAoTCNi3wuX-3Y8DFQAAAAAdAAAAABDRAQ)

[48] โปรแกรม GX Works 2. ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://fareast-inter.com/gxworks-2/#:~:text=GX%20Works%202%20เป็นซอฟต์แวร์,1%20Series%20และ%20FX%20Series>

[49] การคำนวณระยะเวลาคืนทุนเพื่อวิเคราะห์การลงทุนของผู้ประกอบการ. ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://gocardless.com/en-us/guides/posts/en-us-how-to-calculate-the-payback-period/>

[50] PLC รุ่น Mitsubishi FX3G - 60MR. ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.plcmitsubishi.in.th/plc-mitsubishi-fx3/>

[51] รูป PLC รุ่น Mitsubishi FX3G - 60MR. ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.iamall.co.th/product/23227-25030/fx3g-60mres-a>

[52] การต่อสาย PLC Mitsubishi FX3G - 60MR. ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://th.pcm-cable.com/news/3-methods-for-plc-to-connect-to-pc-65793796.html#:~:text=พอร์ตต่อน进门และUSB%20เป็น,ต่อสองวิธีพร้อมกัน>

### บรรณานุกรม (ต่อ)

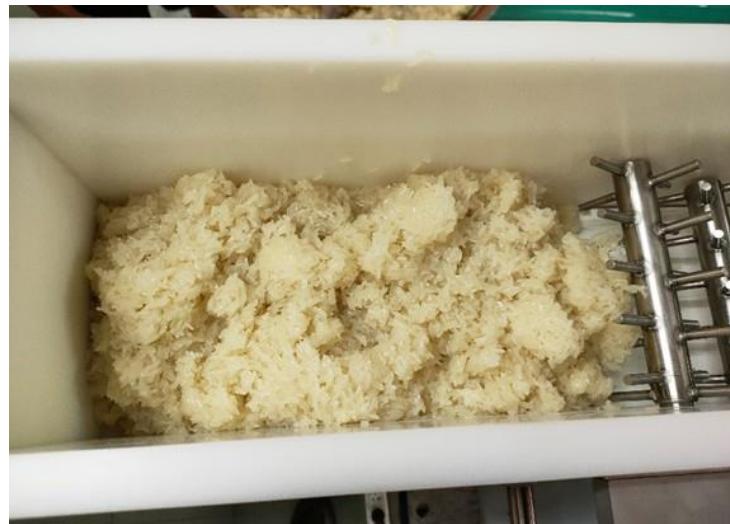
- [53] รูปการโหลดโปรแกรมเข้า PLC. ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fplcautomation.com%2F%25E0%25B8%2581%25E0%25B8%25B2%25E0%25B8%25A3%25E0%25B8%2595%25E0%25B8%25B1%25E0%25B9%2589%25E0%25B8%2587%25E0%25B8%2584%25E0%25B9%2588%25E0%25B8%25B2%25E0%25B8%2581%25E0%25B8%25B2%25E0%25B8%25A3%25E0%25B9%2580%25E0%25B8%258A%25E0%25B8%25B7%25E0%25B9%2588%25E0%25B8%25AD%25E0%25B8%25A1%25E0%25B8%2595%25E0%25B9%2588%25E0%25B8%25AD-g%2F&psig=AOvVaw3dOUqT1jeFM7lNCU5gf5cZ&ust=1757593210218000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjRxqFwoTCOiBv7fe3I8DFQAAAAAdAAAAABAE>
- [54] ตารางเทียบแรงกระบอกลมยิวเมติกส์ ออนไลน์. จากเว็บไซต์. <https://thai-a.com/2021/05/18/%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%84%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B8%A1/>

ภาคผนวก ก

รูปการทดลอง

### ภาพประกอบขั้นตอนการทดลอง

1) นำข้าวเหนียวมูลใส่เครื่องรีดแผ่นข้าว แสดงดังรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 นำข้าวเหนียวมูลใส่เครื่องรีดแผ่นข้าว

2) ทำการโรยถั่วบนแผ่นข้าว แสดงดังรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.2 แผ่นข้าวที่ทำการโรยถั่ว

3) ทำการใส่สักล้าย ลงบนแผ่นข้าว แสดงดังรูปที่ ก.4



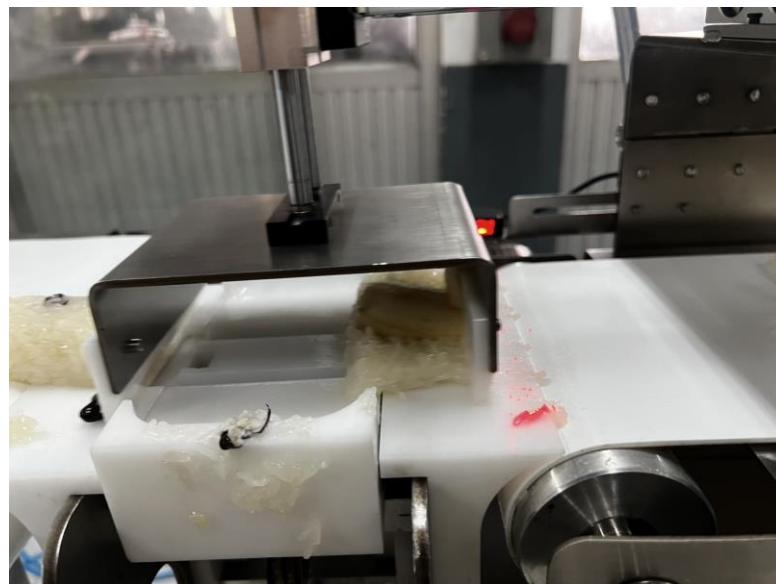
รูปที่ ก.3 แผ่นข้าวที่ใส่สัก

4) สายพานลำเลียงจะลำเลียงแผ่นข้าวไปผ่านเช็นเชอร์ แสดงดังรูปที่ ก.5



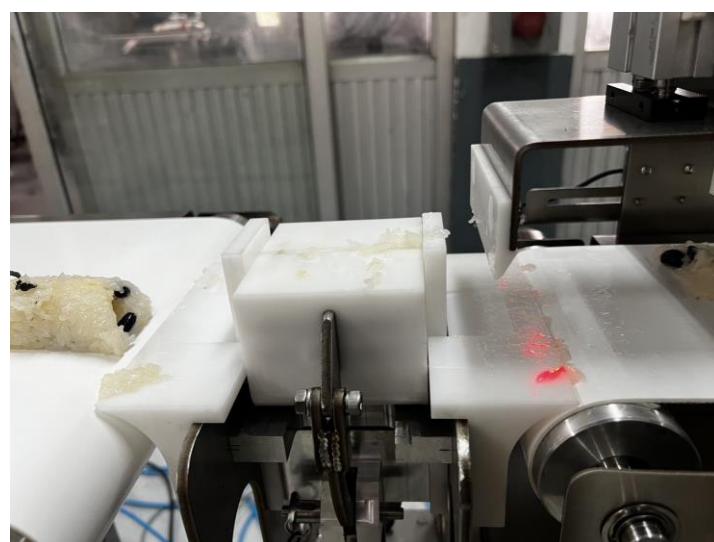
รูปที่ ก.4 ทำการลำเลียงแผ่นข้าวผ่านเช็นเชอร์

5) เมื่อผ่านเซ็นเซอร์ชุดนิวเมติกส์จะสไลด์แผ่นข้าวเข้าเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง แสดงดังรูปที่ ก.5



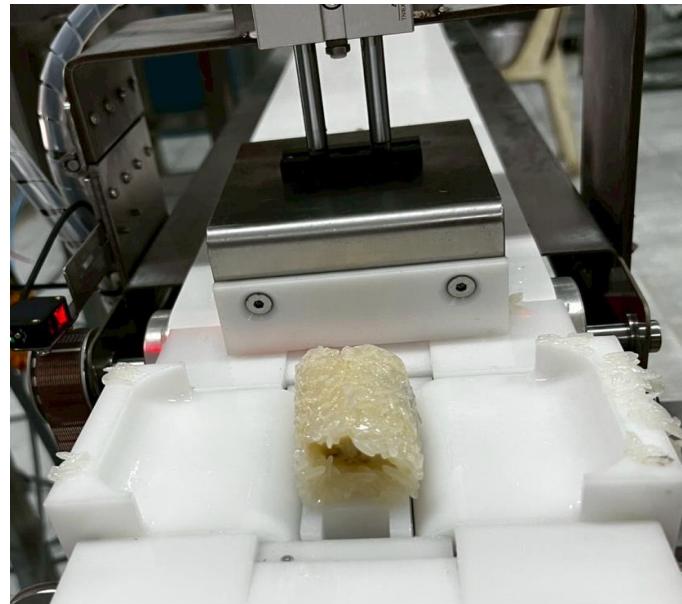
รูปที่ ก.5 ชุดนิวเมติกส์ทำการสไลด์แผ่นข้าวเข้าเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง

6) เมื่อแผ่นข้าวถูกดันมาอยู่ที่เครื่องอัด เครื่องอัดจะทำการรับแผ่นข้าวประกอบกันทั้งสองข้าง แสดงดังรูปที่ ก.6



รูปที่ ก.6 ทำการอัดแผ่นข้าวประกอบข้าง

7) แผ่นข้าวที่ผ่านการอัดประกบข้างเสร็จแล้ว แสดงดังรูปที่ ก.7



รูปที่ ก.7 แผ่นข้าวที่ผ่านการอัดประกบข้างเสร็จแล้ว

8) นำข้าวต้มมัดที่อัดขึ้นรูปประกบข้างเสร็จแล้วมาใส่บล็อกแม่พิมพ์อัดขึ้นรูป แสดงดังรูปที่ ก.9



รูปที่ ก.8 เครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัด

9) ข้าวต้มมัดที่ทำการอัดขึ้นแล้ว แสดงดังรูปที่ ก.9



รูปที่ ก.9 ข้าวต้มมัดไส้กลวยหลังจากการทำ การอัดผ่านเครื่องอัดขึ้นรูป

10) ชิ้นข้าวต้มมัดที่ทำการอัดขึ้นรูปสมบูรณ์แล้ว แสดงดังรูปที่ ก.10



รูปที่ ก.10 ทำการเก็บชิ้นข้าวต้มมัดที่ทำการอัดขึ้นรูปสมบูรณ์แล้ว

ภาคผนวก ข  
ผลการเก็บแบบประเมินความพึงพอใจ

## แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้พัฒนาคนที่ 1

แบบสอบถามความคิดเห็นฉบับนี้ จัดขึ้นเพื่อศึกษาความคิดเห็น ของผู้ที่ทดลองใช้งานเครื่องพับแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดได้สักล้าย คำตอบจากท่านจะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการปรับปรุง พัฒนาให้มีความถูกต้องสมบูรณ์แบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แบบสอบถามความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้เครื่องพับแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดได้สักล้าย ที่ผู้วิจัยพัฒนาเพื่อนำไปทดลองการใช้งาน กรุณาระบุเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องสีเหลี่ยมหลังคำตามที่ตรงตามความเป็นจริงของท่านมากที่สุด โปรดตอบให้ครบถ้วน

5	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
3	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1	สามารถใช้งานได้จริง		✓			
2	ข้าวหุ้มกล้ายไม่เละ	✓				
3	ข้าวที่อัดมีความแน่นไม่แตกง่าย	✓				
4	ข้าวที่อัดมีรูปทรงสวยงามลักษณะแม่พิมพ์		✓			
5	ความสำเร็จของขนาดและรูปทรง	✓				
6	เครื่องมีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน	✓				
7	ชิ้นส่วนเครื่องสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย		✓			
8	ชิ้นส่วนเครื่องทำความสะอาดได้ง่าย	✓				
9	เครื่องมีความแข็งแรง ทนทาน	✓				
10	ขนาดและน้ำหนักของเครื่องเหมาะสมกับพื้นที่	✓				

ข้อเสนอแนะ

.....

## แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้พัฒนาคนที่ 2

แบบสอบถามความคิดเห็นฉบับนี้ จัดขึ้นเพื่อศึกษาความคิดเห็น ของผู้ที่ทดลองใช้งานเครื่องพับแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดได้สักล้าย คำตอบจากท่านจะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการปรับปรุง พัฒนาให้มีความถูกต้องสมบูรณ์แบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แบบสอบถามความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้เครื่องพับแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดได้สักล้าย ที่ผู้วิจัยพัฒนาเพื่อนำไปทดลองการใช้งาน กรุณาระบุเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องสีเหลี่ยมหลังคำตามที่ตรงตามความเป็นจริงของท่านมากที่สุด โปรดตอบให้ครบถ้วน

5	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
3	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1	สามารถใช้งานได้จริง	✓				
2	ข้าวหุ้มกล้ายไม่เละ		✓			
3	ข้าวที่อัดมีความแน่นไม่แตกง่าย	✓				
4	ข้าวที่อัดมีรูปทรงสวยงามตามบล็อกแม่พิมพ์	✓				
5	ความสม่ำเสมอของขนาดและรูปทรง		✓			
6	เครื่องมีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน		✓			
7	ขันส่วนเครื่องสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย		✓			
8	ขันส่วนเครื่องทำความสะอาดได้ง่าย	✓				
9	เครื่องมีความแข็งแรง ทนทาน	✓				
10	ขนาดและน้ำหนักของเครื่องเหมาะสมกับพื้นที่		✓			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

### แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้พัฒนาคนที่ 3

แบบสอบถามความคิดเห็นฉบับนี้ จัดขึ้นเพื่อศึกษาความคิดเห็น ของผู้ที่ทดลองใช้งานเครื่องพับแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดได้สักล้าย คำตอบจากท่านจะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการปรับปรุง พัฒนาให้มีความถูกต้องสมบูรณ์แบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แบบสอบถามความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้เครื่องพับแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดได้สักล้าย ที่ผู้วิจัยพัฒนาเพื่อนำไปทดลองการใช้งาน กรุณาระบุเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องสีเหลี่ยมหลังคำตามที่ตรงตามความเป็นจริงของท่านมากที่สุด โปรดตอบให้ครบถ้วน

5	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
3	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1	สามารถใช้งานได้จริง		✓			
2	ข้าวหุ้มกล้ายไม่เละ		✓			
3	ข้าวที่อัดมีความแน่นไม่แตกง่าย	✓				
4	ข้าวที่อัดมีรูปทรงสวยงามตามบล็อกแม่พิมพ์	✓				
5	ความสม่ำเสมอของขนาดและรูปทรง		✓			
6	เครื่องมีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน	✓				
7	ขึ้นส่วนเครื่องสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย		✓			
8	ขึ้นส่วนเครื่องทำความสะอาดได้ง่าย		✓			
9	เครื่องมีความแข็งแรง ทนทาน	✓				
10	ขนาดและน้ำหนักของเครื่องเหมาะสมกับพื้นที่		✓			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

### แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ประกอบการ

แบบสอบถามความคิดเห็นฉบับนี้ จัดขึ้นเพื่อศึกษาความคิดเห็น ของผู้ที่ทดลองใช้งานเครื่องพับแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดได้สักล้าย คำตอบจากท่านจะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการปรับปรุง พัฒนาให้มีความถูกต้องสมบูรณ์แบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แบบสอบถามความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้เครื่องพับแม่พิมพ์ประกอบข้าง (Preform) และเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดได้สักล้าย ที่ผู้วิจัยพัฒนาเพื่อนำไปทดลองการใช้งาน กรุณาระบุเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องสีเหลี่ยมหลังคำถามที่ตรงตามความเป็นจริงของท่านมากที่สุด โปรดตอบให้ครบถ้วนข้อ

5	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
3	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1	สามารถใช้งานได้จริง		✓			
2	ข้าวหุ้มกล้ายไม่เละ			✓		
3	ข้าวที่อัดมีความแน่นไม่แตกง่าย	✓				
4	ข้าวที่อัดมีรูปทรงสวยงามตามบล็อกแม่พิมพ์	✓				
5	ความสำเร็จของการหุงและรูปทรง		✓			
6	เครื่องมีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน		✓			
7	ขันส่วนเครื่องสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย			✓		
8	ขันส่วนเครื่องทำความสะอาดได้ง่าย		✓			
9	เครื่องมีความแข็งแรง ทนทาน		✓			
10	ขนาดและน้ำหนักของเครื่องเหมาะสมกับพื้นที่			✓		

ข้อเสนอแนะ

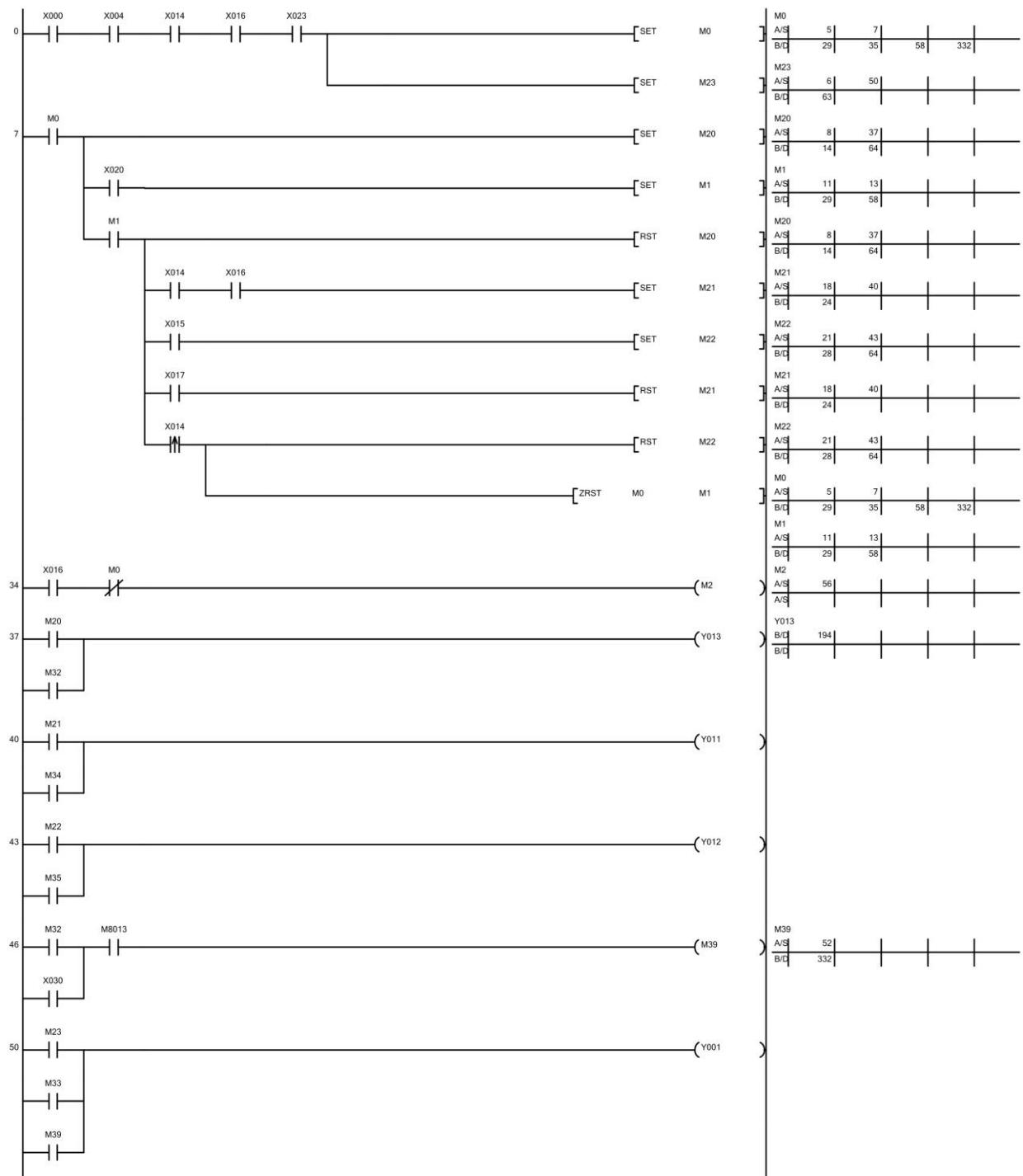
.....

.....

ภาคผนวก ค  
วงจร PLC จากโปรแกรม GX Work 2

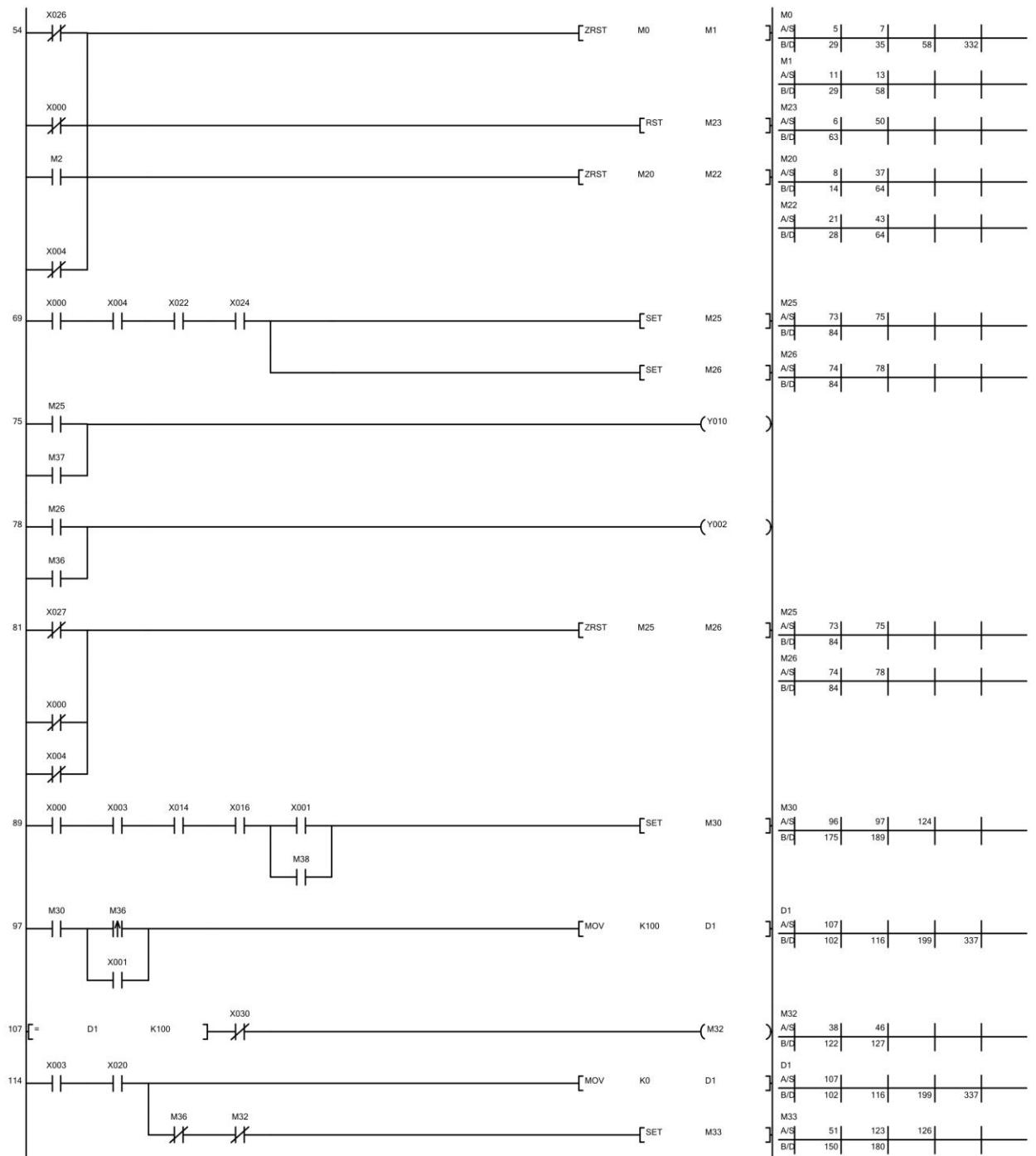
Ladder  
Data Name : MAIN

9/1/2025



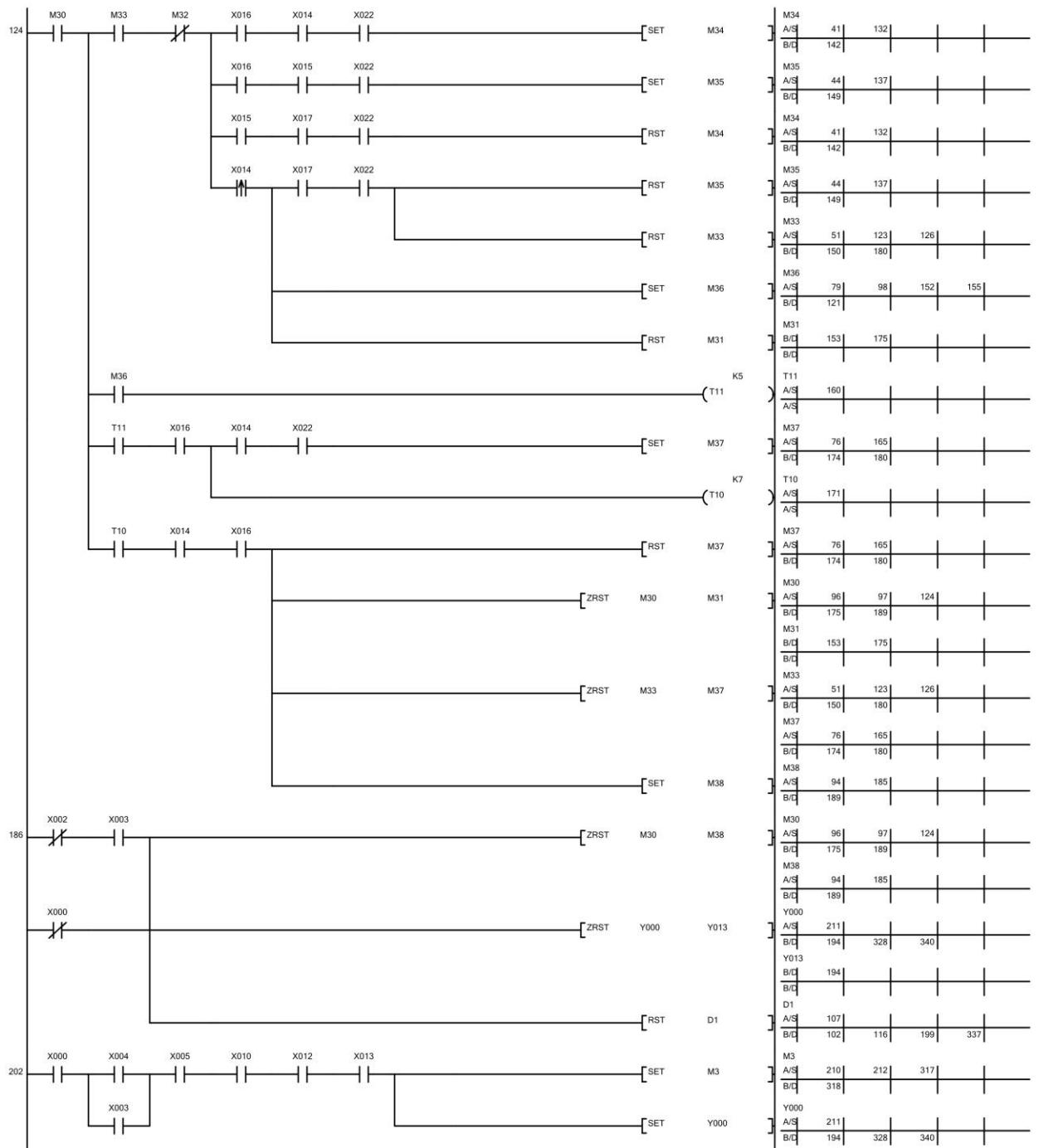
Ladder  
Data Name : MAIN

9/1/2025



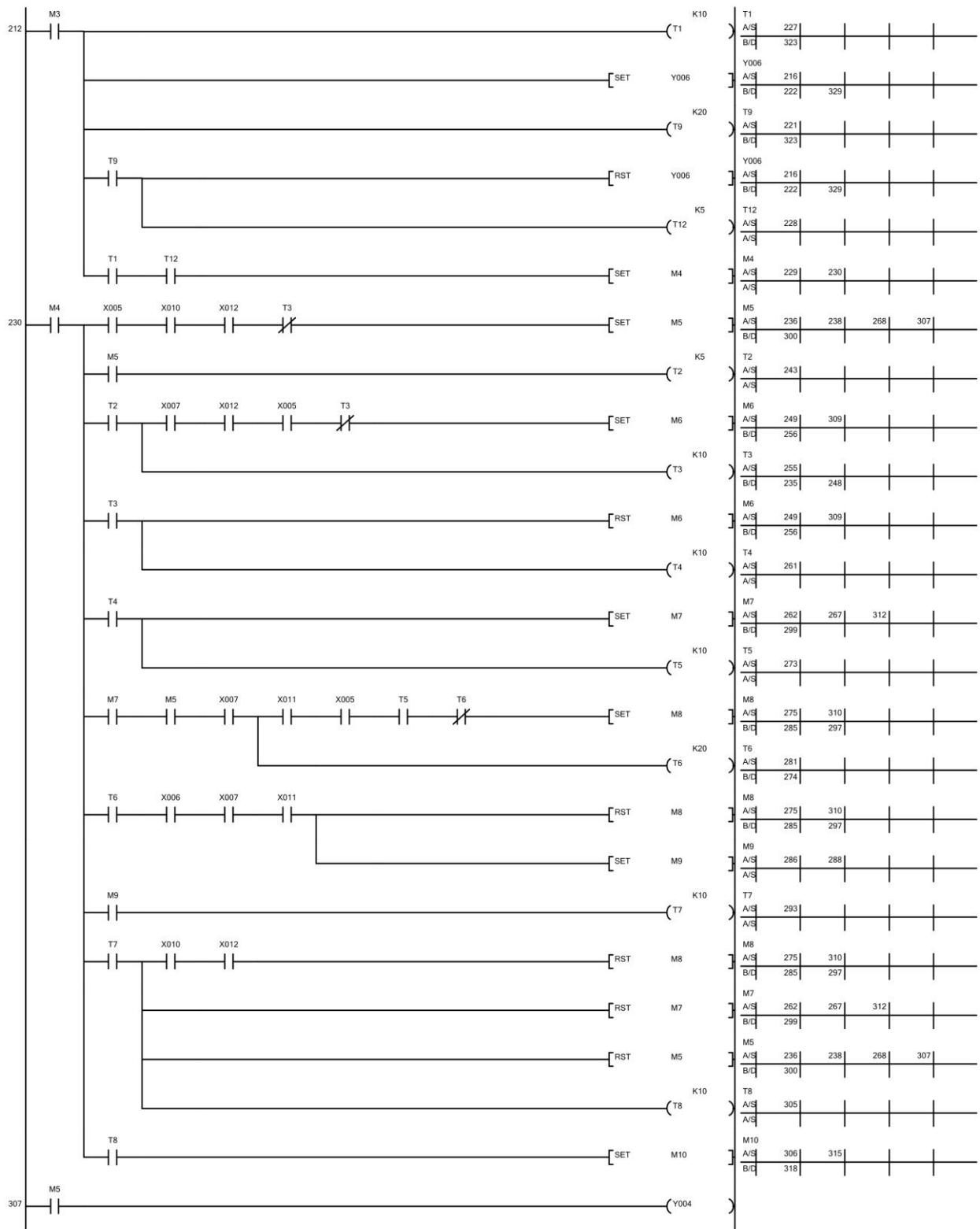
Ladder  
Data Name : MAIN

9/1/2025



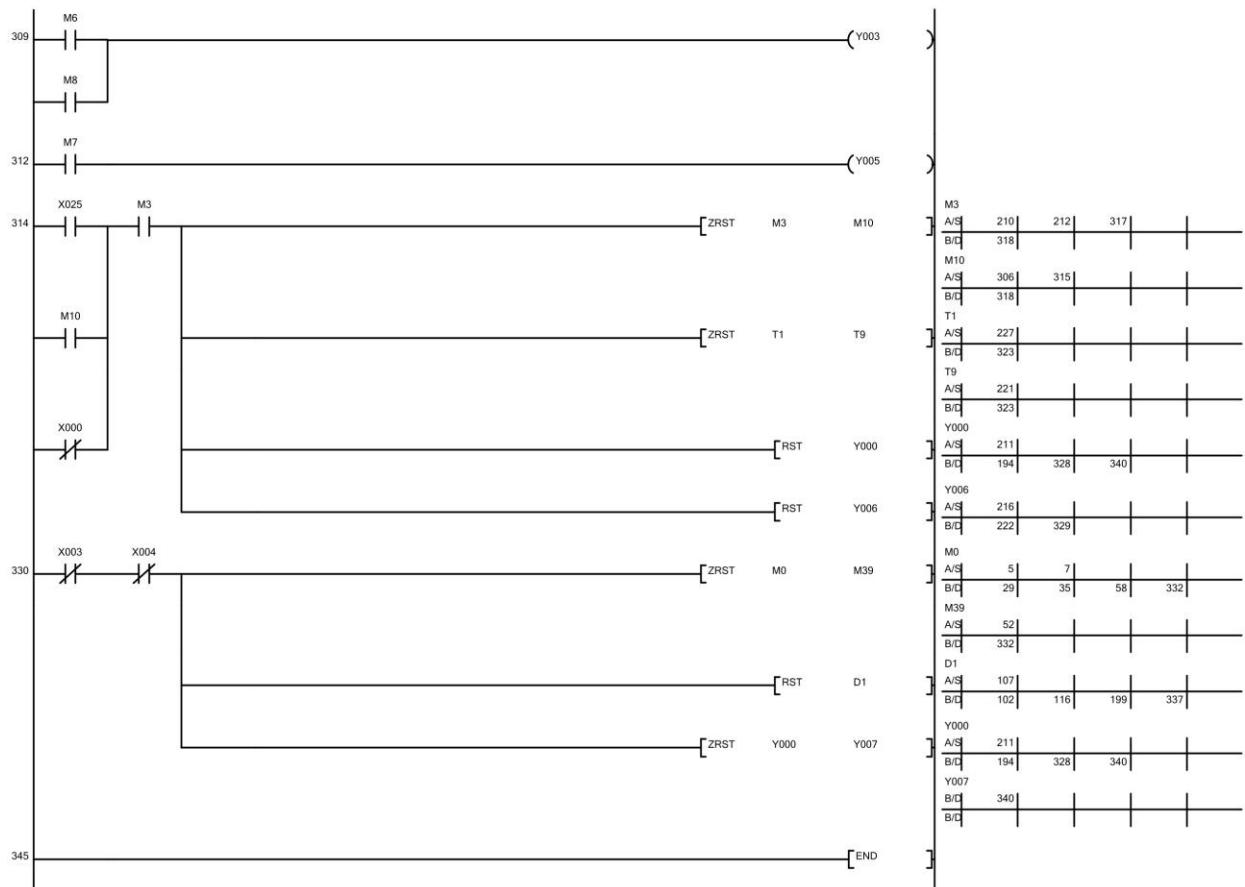
Ladder  
Data Name : MAIN

9/1/2025



Ladder  
Data Name : MAIN

9/1/2025



Position	Device	Setting Value
( 156) T11		K5
( 167) T10		K7
( 213) T1		K10
( 217) T9		K20
( 223) T12		K5
( 239) T2		K5
( 251) T3		K10
( 257) T4		K10
( 263) T5		K10
( 277) T6		K20
( 289) T7		K10
( 301) T8		K10

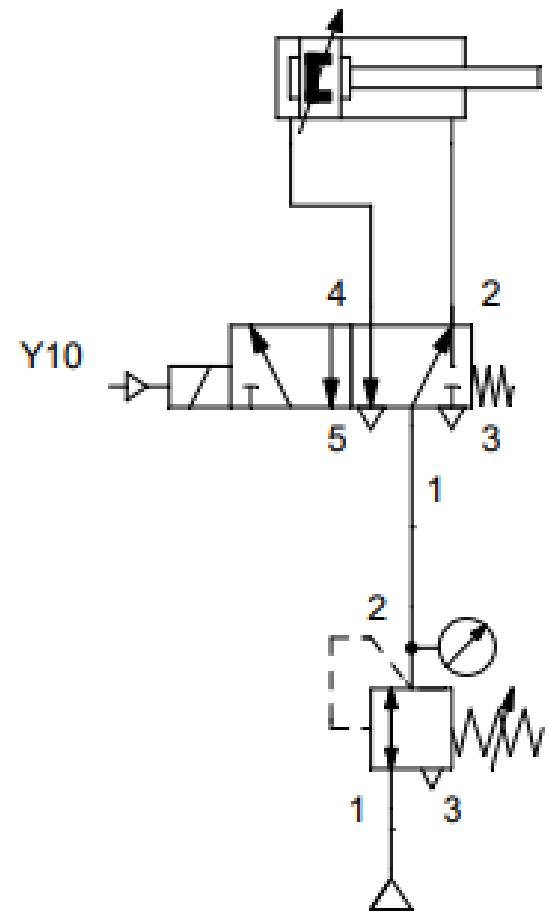
Find In:(Entire project)  
Find What:Used Device (Contact & Coil)  
Print Range:Whole Range

\*:in use, (counts): the number of coil uses

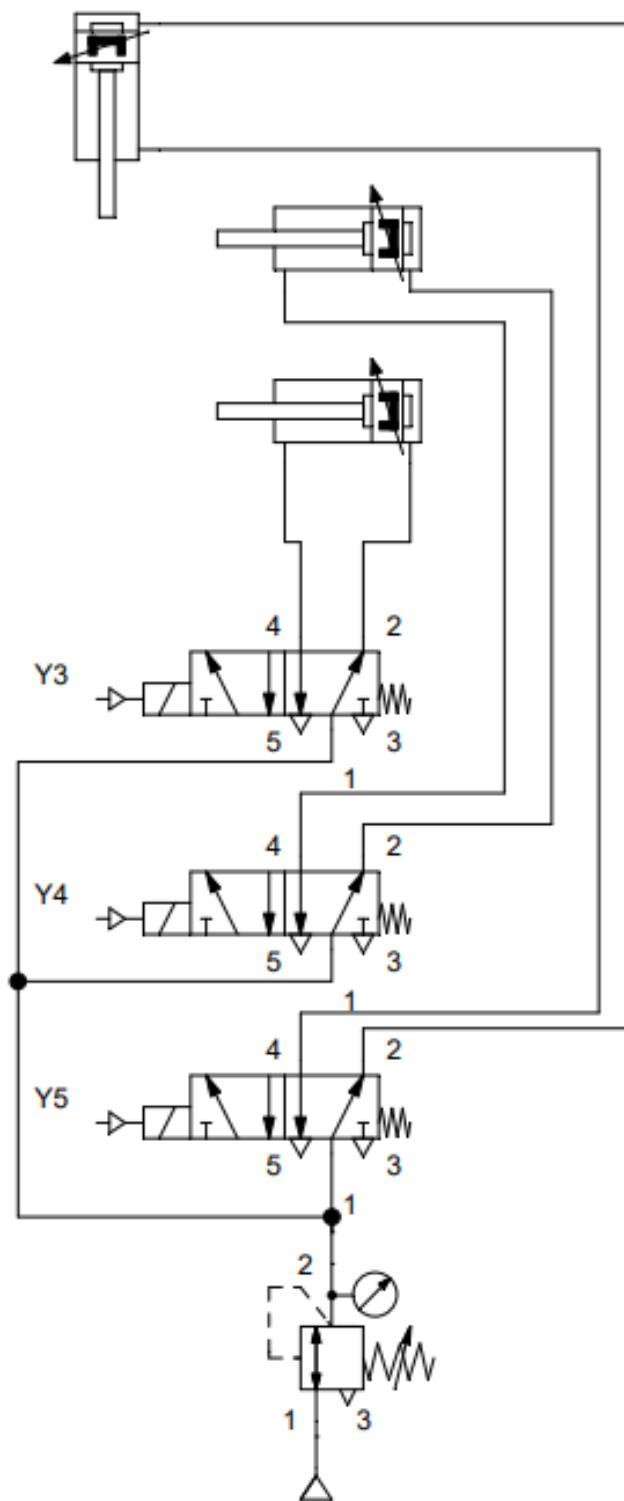
Device	Contact	Coil (counts)	Parameter	Comment
M0	*	*( 4)		
M1	*	*( 4)		
M2	*	*( 2)		
M3	*	*( 3)		
M4	*	*( 3)		
M5	*	*( 4)		
M6	*	*( 4)		
M7	*	*( 4)		
M8	*	*( 5)		
M9	*	*( 3)		
M10	*	*( 3)		
M20	*	*( 4)		
M21	*	*( 4)		
M22	*	*( 4)		
M23	*	*( 3)		
M25	*	*( 3)		
M26	*	*( 3)		
M30	*	*( 4)		
M32	*	*( 3)		
M33	*	*( 5)		
M34	*	*( 5)		
M35	*	*( 5)		
M36	*	*( 4)		
M37	*	*( 5)		
M38	*	*( 3)		
M39	*	*( 2)		
D1	*	*( 4)		
T1	*	*( 2)		
T2	*	*( 2)		
T3	*	*( 2)		
T4	*	*( 2)		
T5	*	*( 2)		
T6	*	*( 2)		
T7	*	*( 2)		
T8	*	*( 2)		
T9	*	*( 2)		
T10	*	*( 1)		
T11	*	*( 1)		
T12	*	*( 1)		

#### ภาคผนวก ง

วงจรนิวเมติกส์ของเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้างและเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดไส้กล้วย



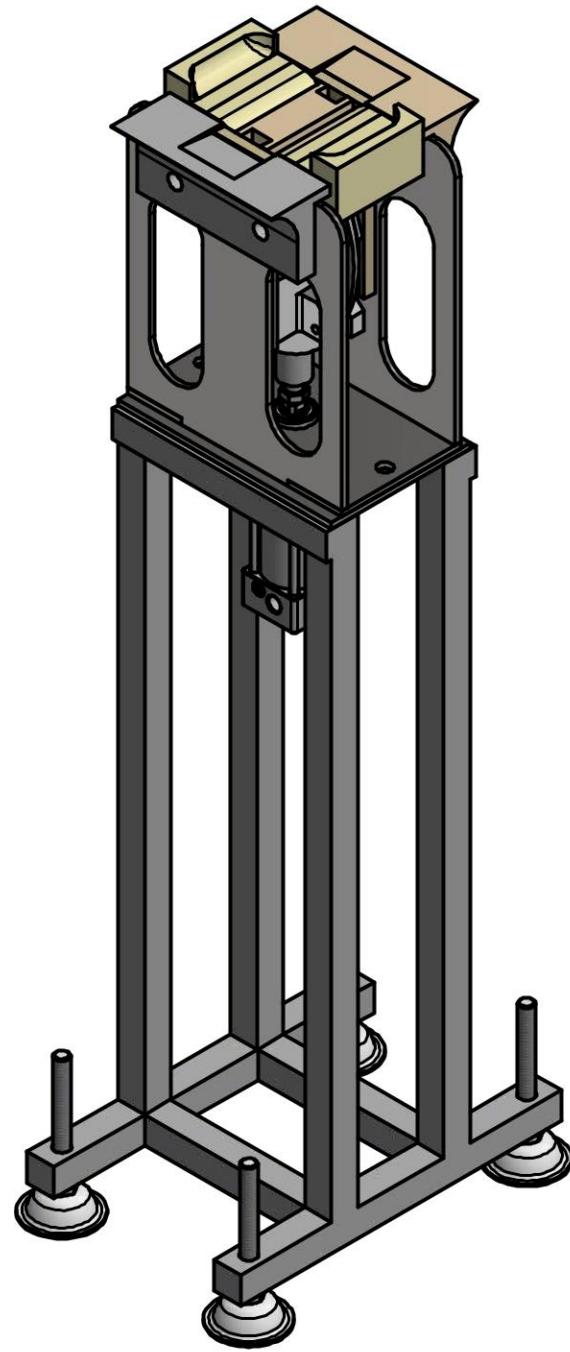
รูปที่ ๔.๑ วงจรนิวเมติกส์ของเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้าง (พรีฟอร์ม)

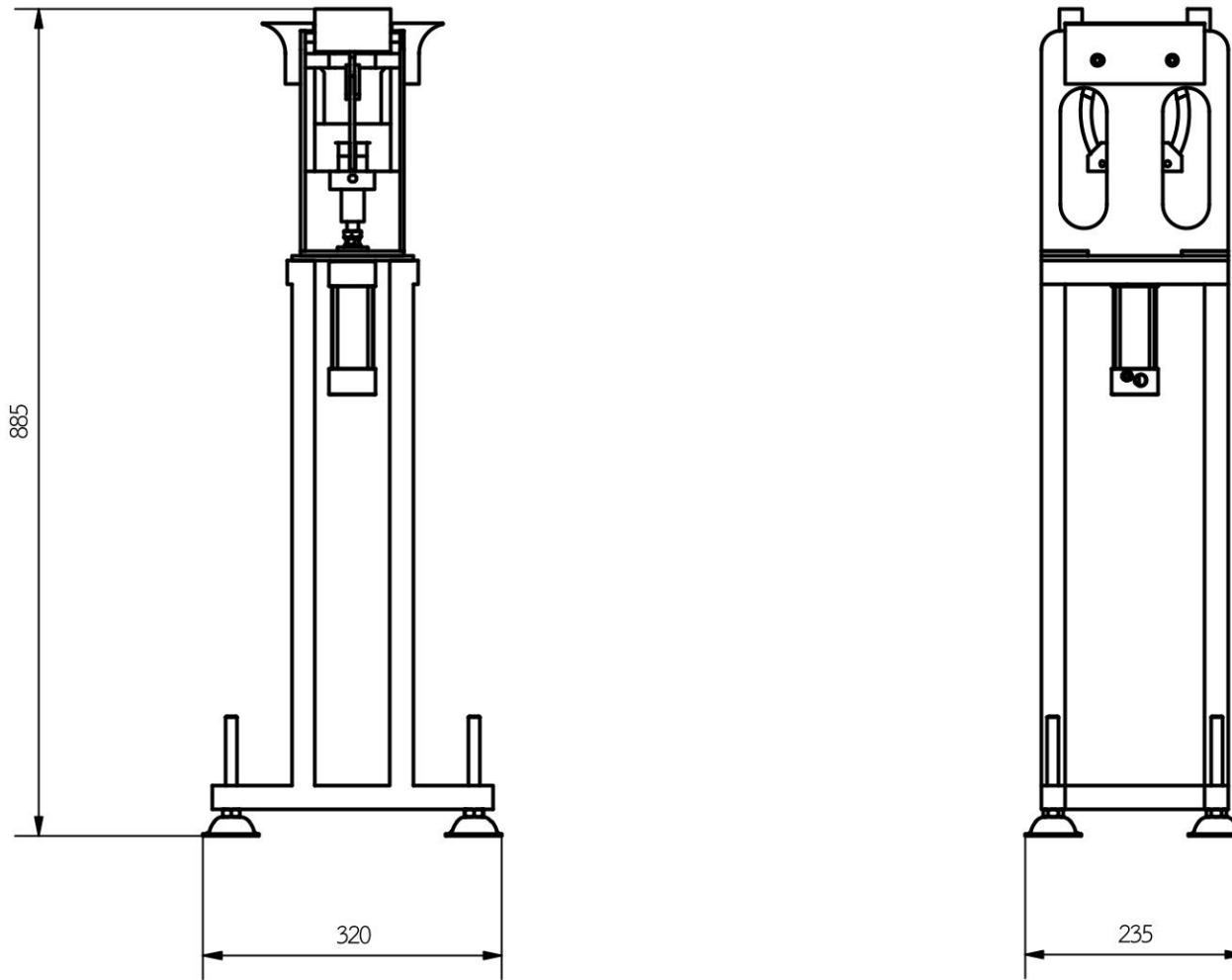


รูปที่ ๔.๒ วงจรนิวเมติกส์ของเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดไส้กล้วย

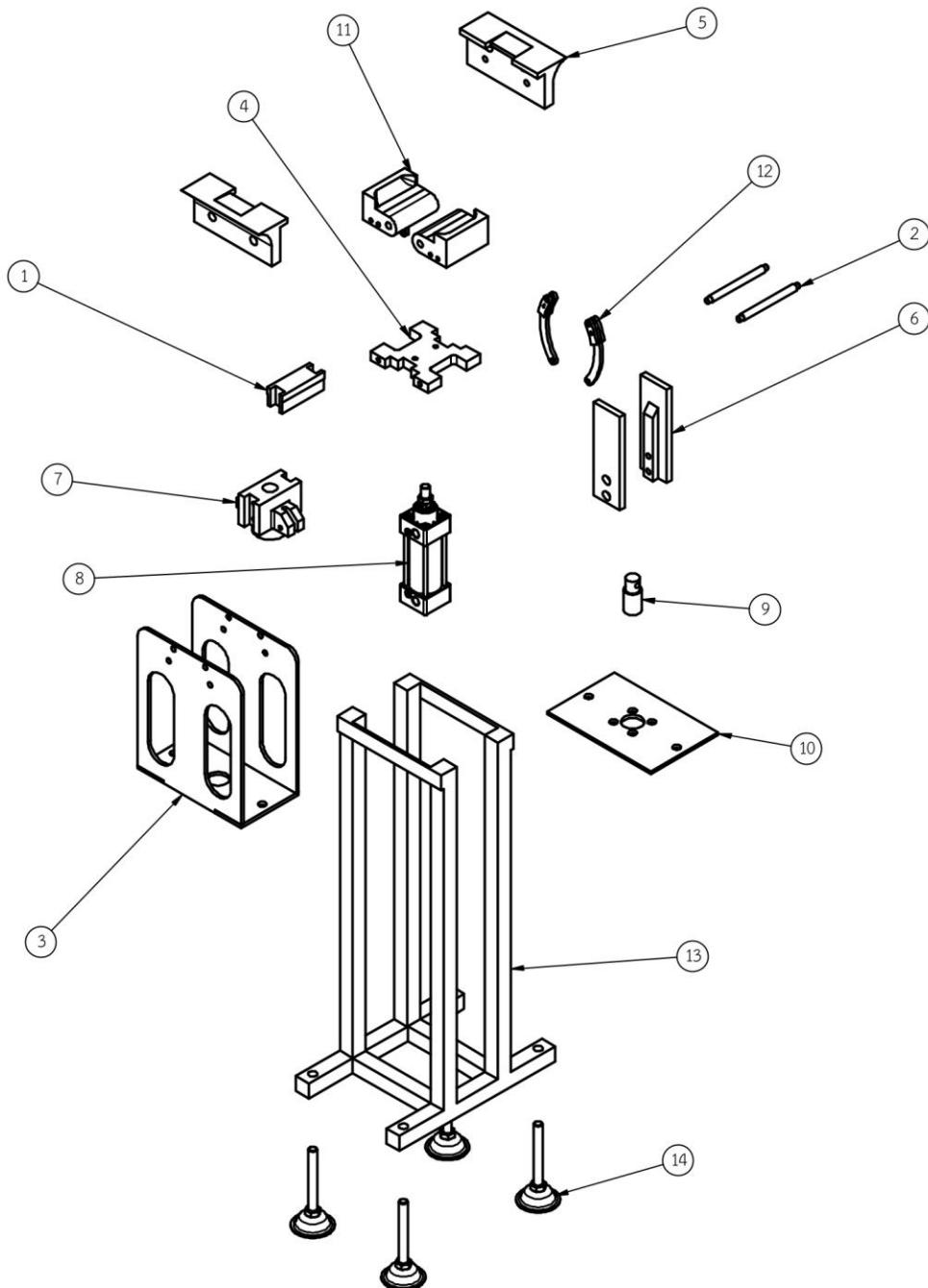
## ภาคผนวก ฉ

แบบเครื่องแม่พิมพ์ประกอบข้างและเครื่องอัดขึ้นรูปข้าวต้มมัดไส้กล้วย





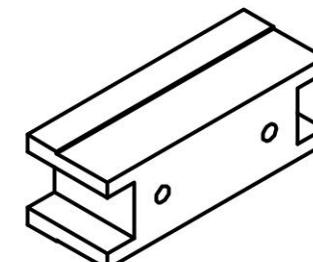
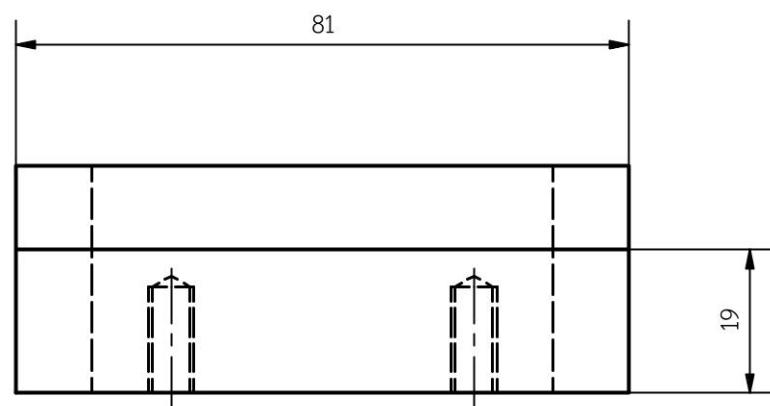
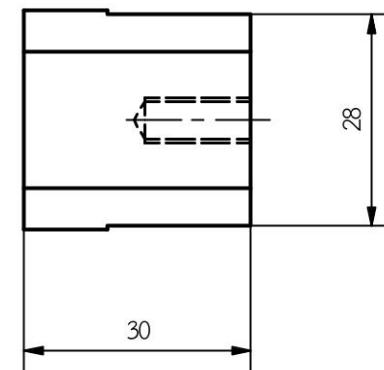
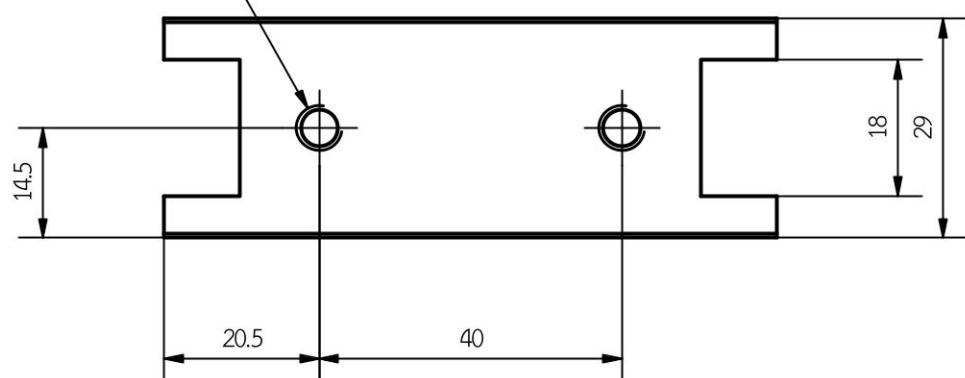
-	แม่กิมพ์ประภากษา	320 x 235 x 885	-	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัทร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
ภาคิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กสบ	683130				
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินปุญโญ				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน				
1 : 8	แม่กิมพ์ประภากษา	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	



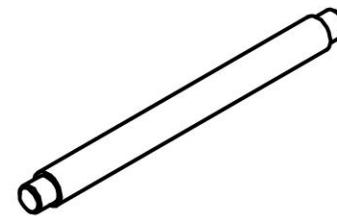
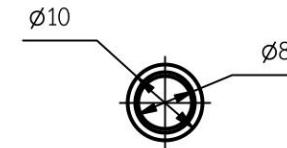
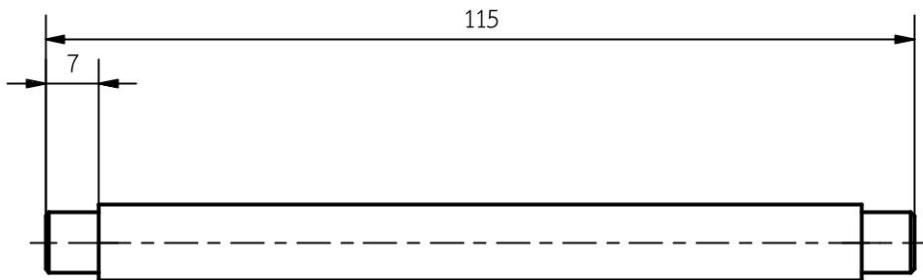
PARTS LIST					
ITEM	PART NUMBER	MATERIAL SIZE	MATERIAL	MODEL NUMBER	QTY
1	แม่พิมพ์ตัดก้อน	29 x 81 x 30	POM	-	1
2	เบาะเกลียวแม่พิมพ์	Ø10 x 115	Stainless Steel	-	2
3	บล็อกฐานบัน	111 x 200 x 241	Stainless Steel	-	1
4	ฐานล่าง	110 x 101 x 15	Aluminium	-	1
5	หัวตัดหอยทาก	55 x 150 x 65	POM	-	2
6	แม่พิมพ์ตัดหอยทาก	50 x 156 x 20	POM	-	2
7	Bushing	81 x 100 x 70	Aluminum	-	1
8	กระบอกหินกาวเมทิก SC40x50	50 x 242 x 50	-	-	1
9	Joint M20	Ø25 x 54	Stainless Steel	-	1
10	Plate Support Frame	130 x 200 x 5	Stainless Steel	-	1
11	ตัวเมทัลลิเบรกเกอร์	81 x 65 x 72	Aluminium	-	2
12	Arm	15 x 112 x 26.4	Stainless Steel	-	2
13	โครงขาตัดหอยทาก	300 x 200 x 587	Stainless Steel	-	1
14	ชาล์ส M12	M12 - L128	Stainless Steel	-	4
-	แม่พิมพ์ประภาก้าง	-	-	-	-
ชื่อผู้ดูแล	รายการ	ขนาดตัวสูตร	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เจริญนิตย์	นายอนันต์ คำศีล				
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ				
คณะ	683130				
ครุยวัด	อาจารย์ทักษิ อินบันโภญ				
ภาควิชา	ชีวเคมี	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A3	
1 : 7	แม่พิมพ์ประภาก้าง	-			

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

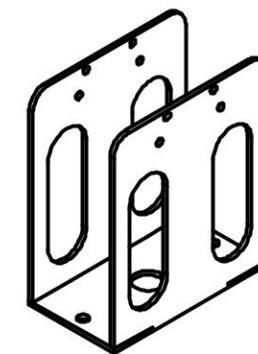
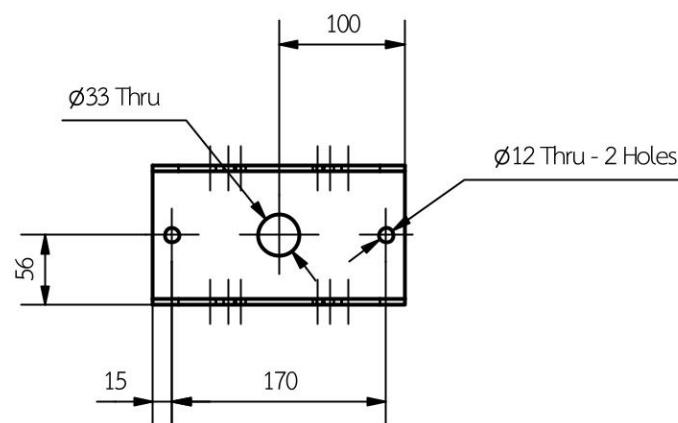
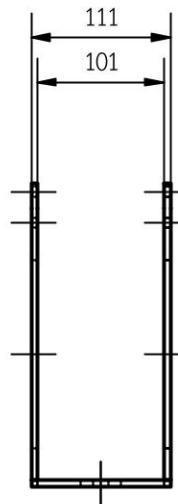
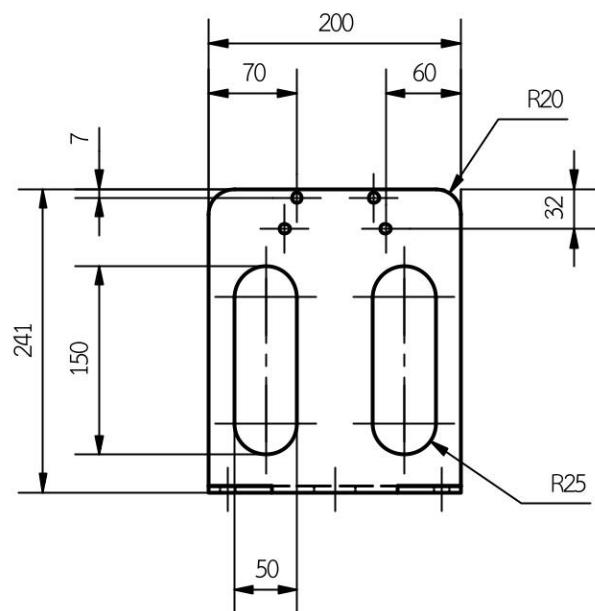
M6 x 1 17 - 2 Holes



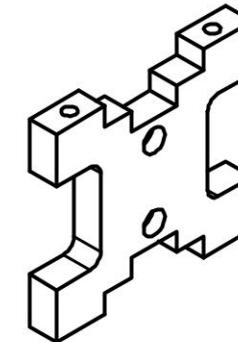
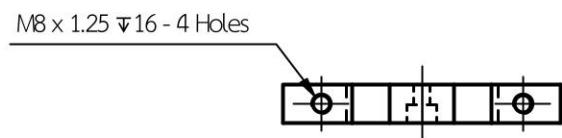
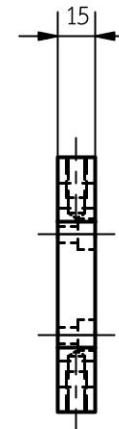
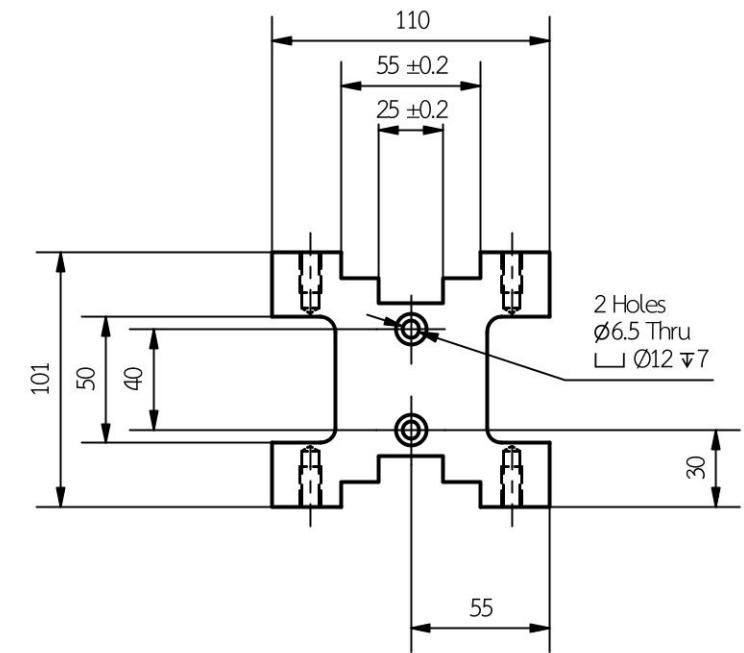
1	แม่พิมพ์อัดก้อน	29 x 81 x 30	POM	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชร คำสี	คงวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กลุ่ม	683130				
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวิต อินบูลูโน				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ		
1 : 1	แม่พิมพ์อัดก้อน	-	A4		



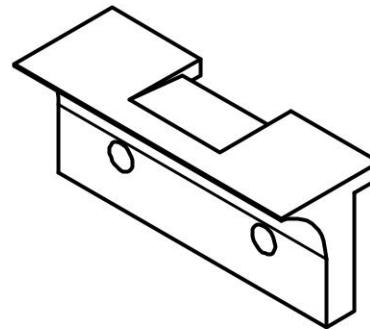
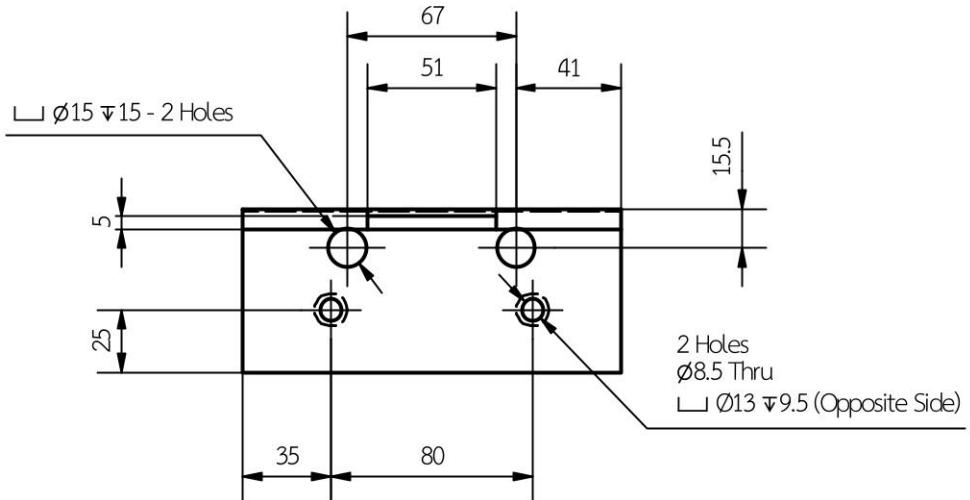
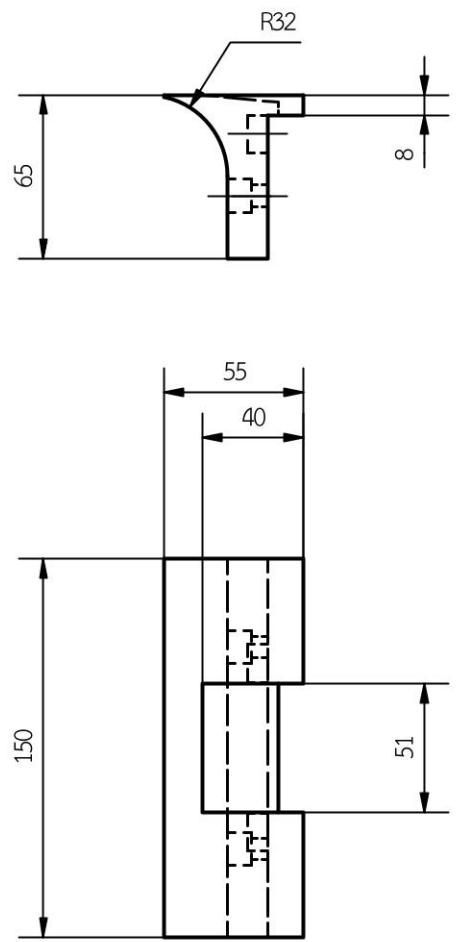
2	เพลาล็อกแม่พิมพ์	Ø10 x 115	Stainless Steel	-	2
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชธร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรังสิต			
กลุ่ม	683130	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรังสิต			
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวัลติ อินปัญโญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรังสิต			
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ		
1 : 1	เพลาล็อกแม่พิมพ์	-	A4		



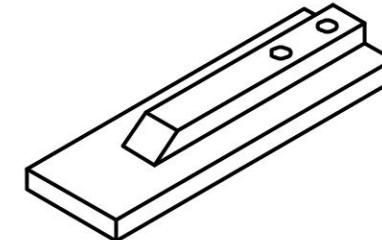
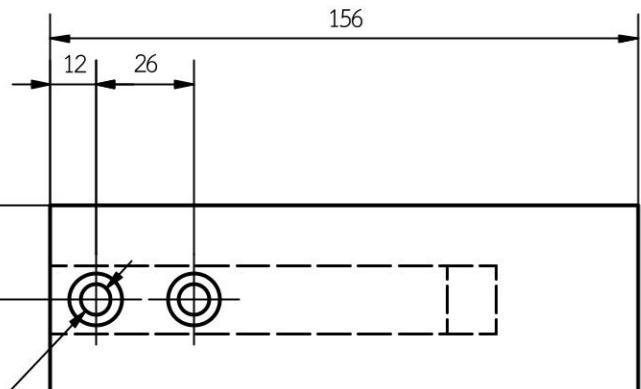
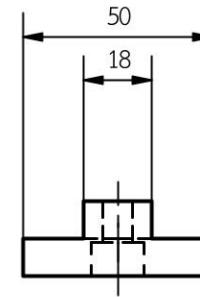
3	เหล็กฐานปู	111 x 200 x 241	Stainless Steel	-	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัดสตู	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชร์ คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคผนวก	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
กสบ	683130	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินปัญโญ	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	
มาตรฐาน	ข้อขึ้นกาน	-			
1 : 6	เหล็กฐานปู				



4	ฐานกลาง	110 x 101 x 15	Aluminium	-	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กลุ่ม	683130				
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวิต อินบัญโญ				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน				
1 : 3	ฐานกลาง	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	

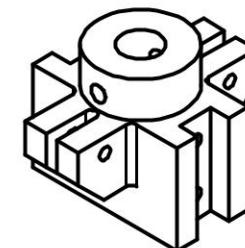
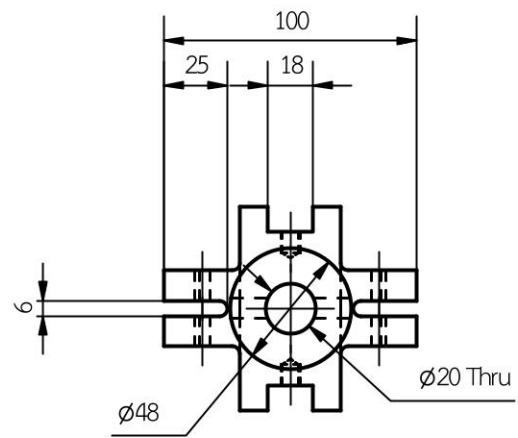
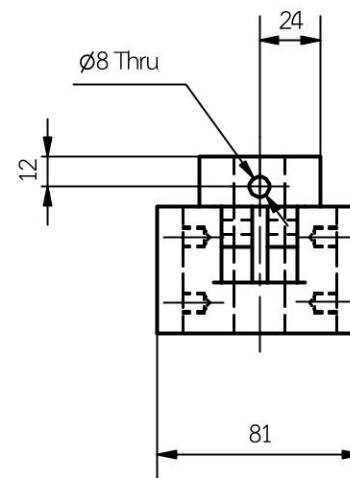
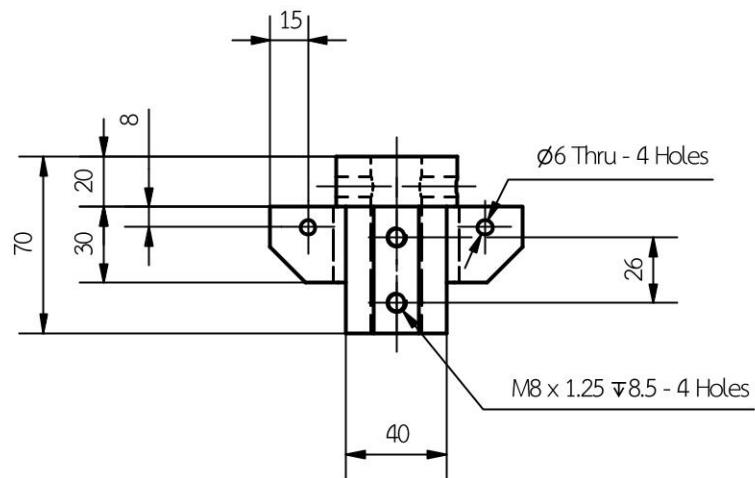


5	หัวต่อสายพาน	55 x 150 x 65	POM	-	2
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชธร คำสี	คณบดีวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี	-	หมายเลขอแบบ ขนาดกระดาษ A4	จำนวน
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กลุ่ม	683130				
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวัลิต อินบัญโญ				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ		
1 : 3	หัวต่อสายพาน	-	A4		

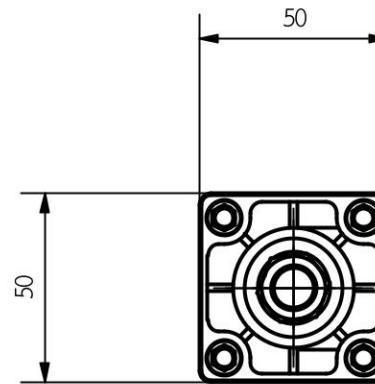
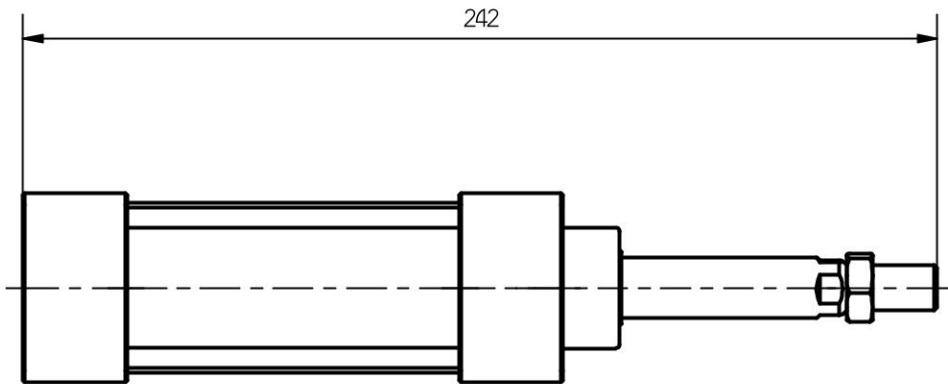


2 Holes  
Ø8 Thru  
└ Ø14.2 10

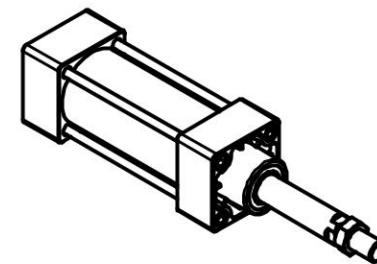
6	แม่พิมพ์ปีกอัด	50 x 156 x 20	POM	-	2
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัทร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
กสบ	683130	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินปุณโภณ	หมายเลขอแบบ			
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	ขนาดกระดาษ			
1 : 2	แม่พิมพ์ปีกอัด	A4			



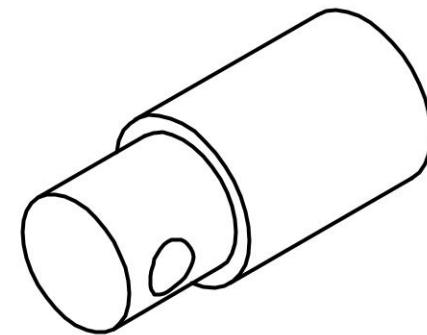
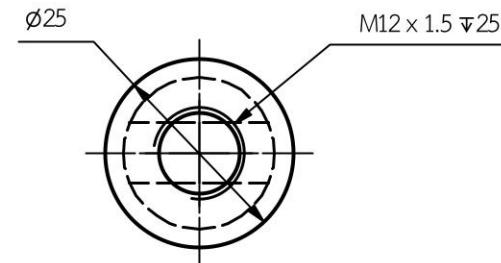
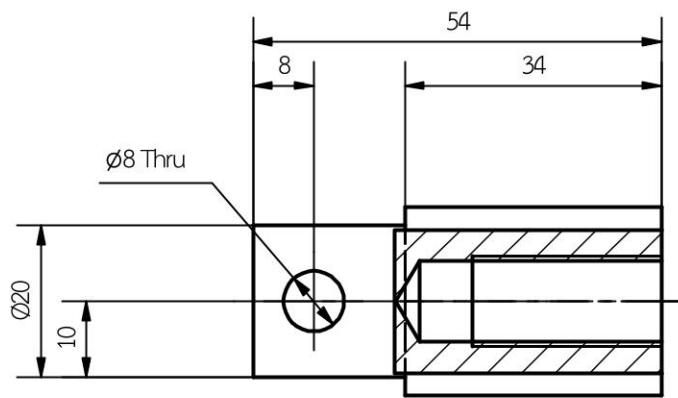
7	Bushing	81 x 100 x 70	Aluminium	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชร คำสี	คณบดีวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	วัสดุ	หมายเลขอแบบ จำนวน	
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กลุ่ม	683130				
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินปัญโญ				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน				
1 : 3	Bushing	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	



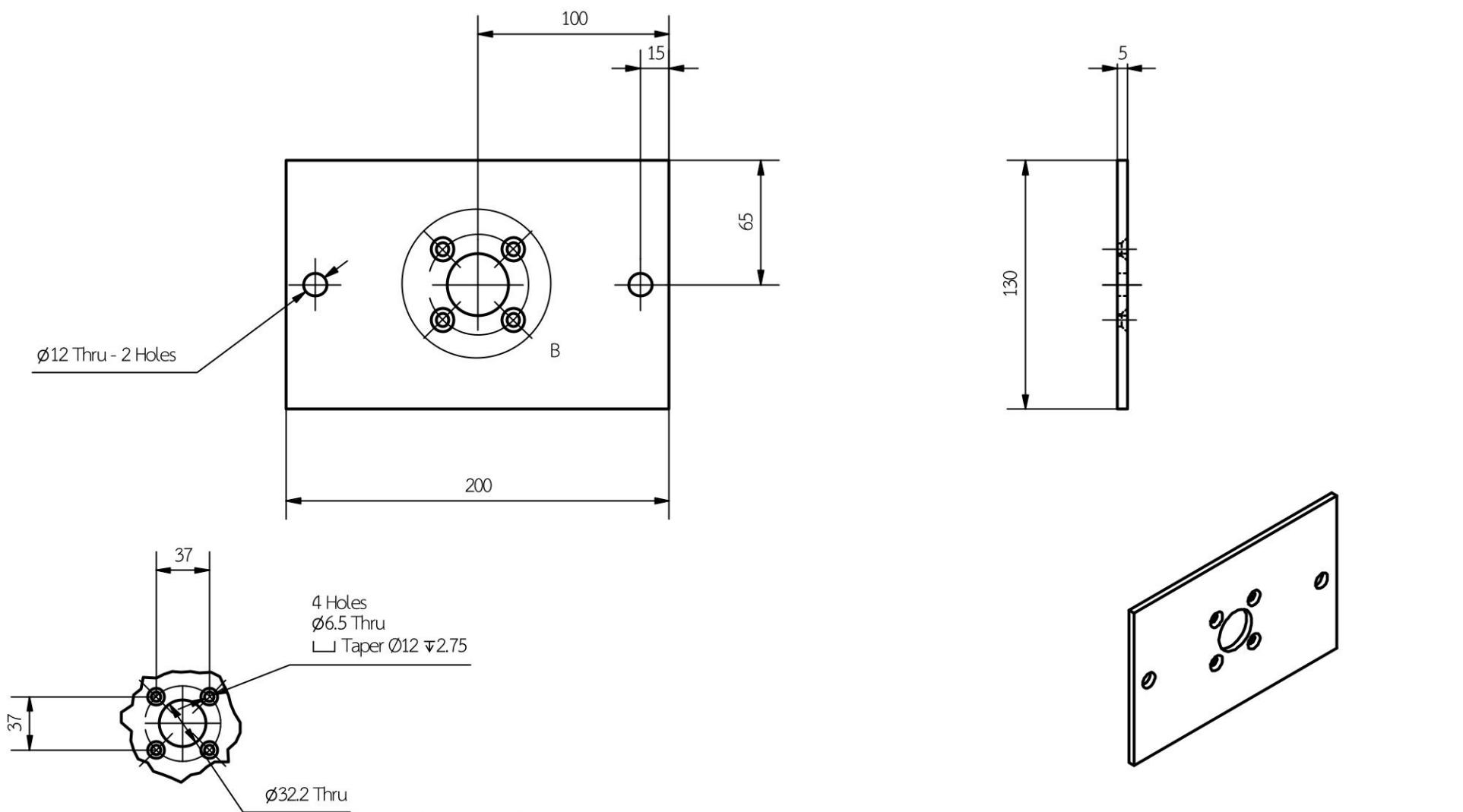
Note : ระบบแกนไกเมติกส์ SC40x50



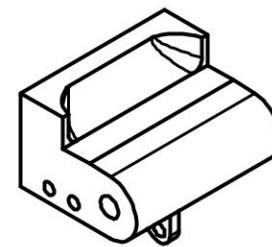
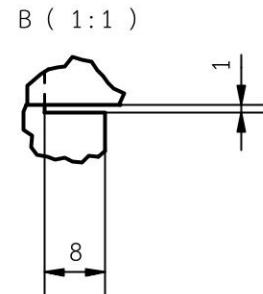
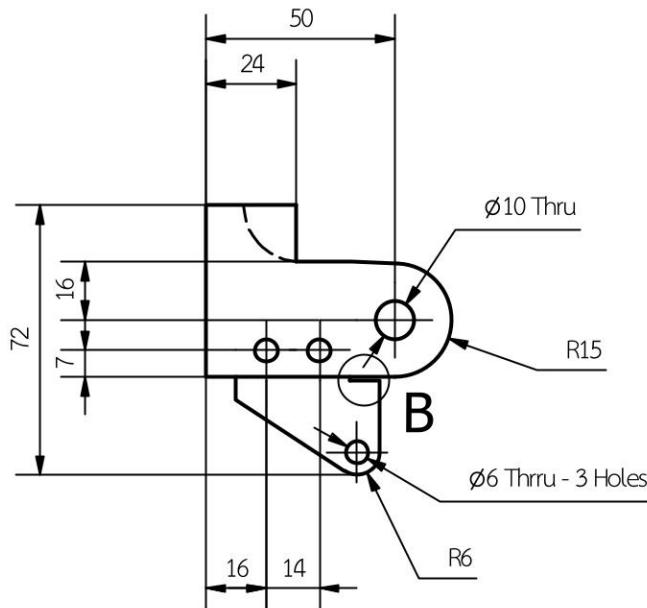
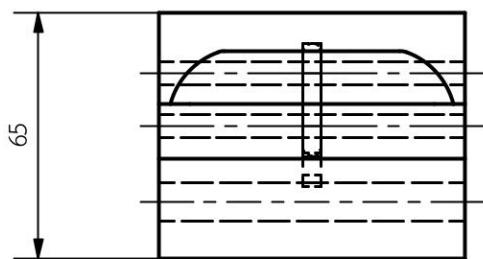
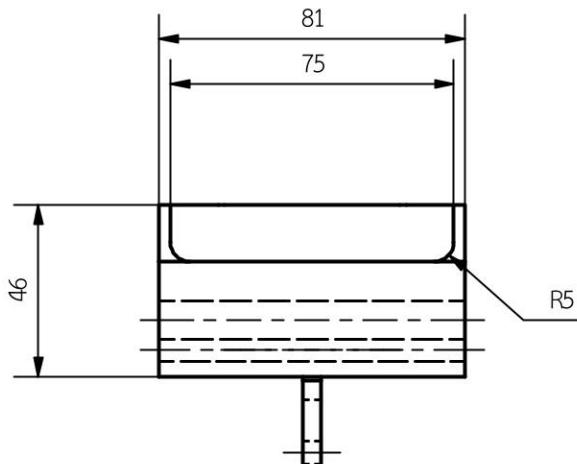
8	ระบบแกนไกเมติกส์ SC40x50	50 x 242 x 50	-	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอ้างอิง	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัท คำสี	คณบดีวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี	วัสดุ	หมายเลขอ้างอิง	จำนวน
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กลุ่ม	683130				
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินปัญโญ				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอ้างอิง	ขนาดกระดาษ	หมายเหตุ	
1 : 2	ระบบแกนไกเมติกส์ SC40x50	-	A4		



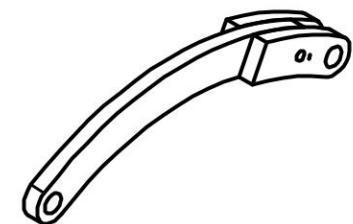
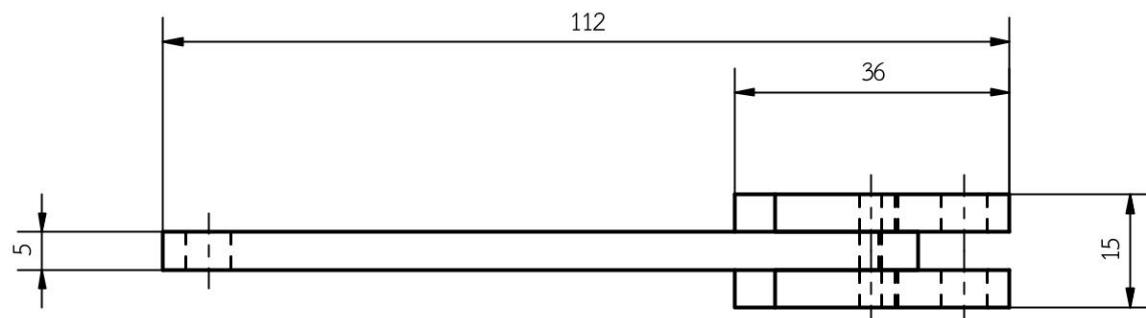
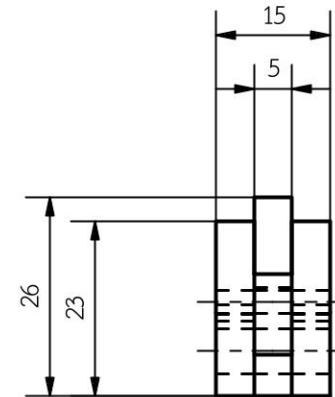
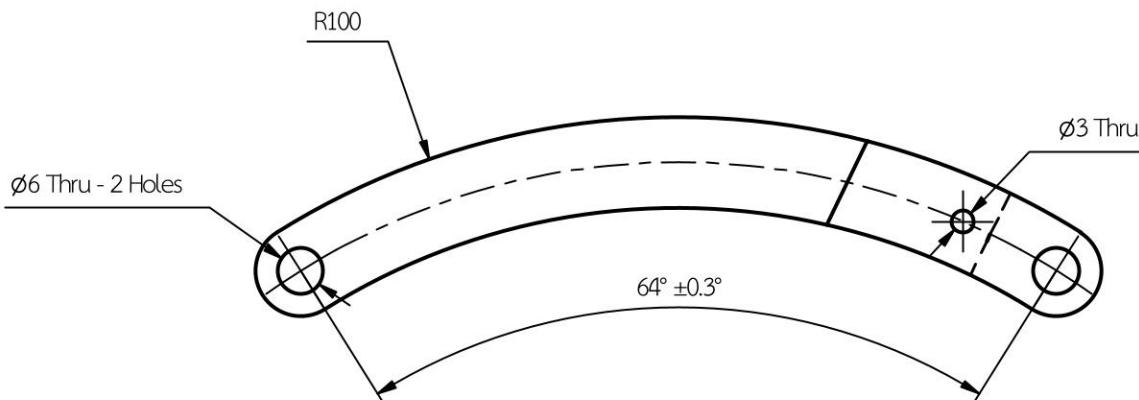
9	Joint M20	Ø25 x 54	Stainless Steel	-	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชร คำสี	คณบดีวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กลุ่ม	683130				
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวิต อินปัญญา				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	
1 : 1	Joint M20	-			



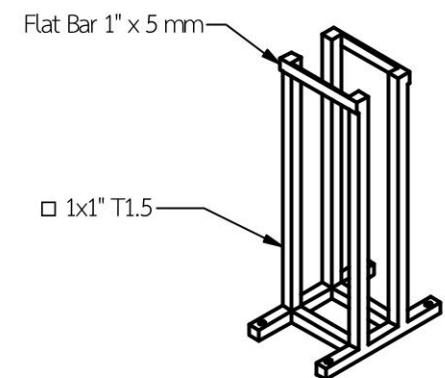
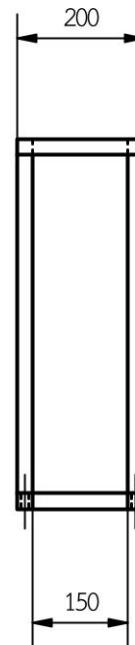
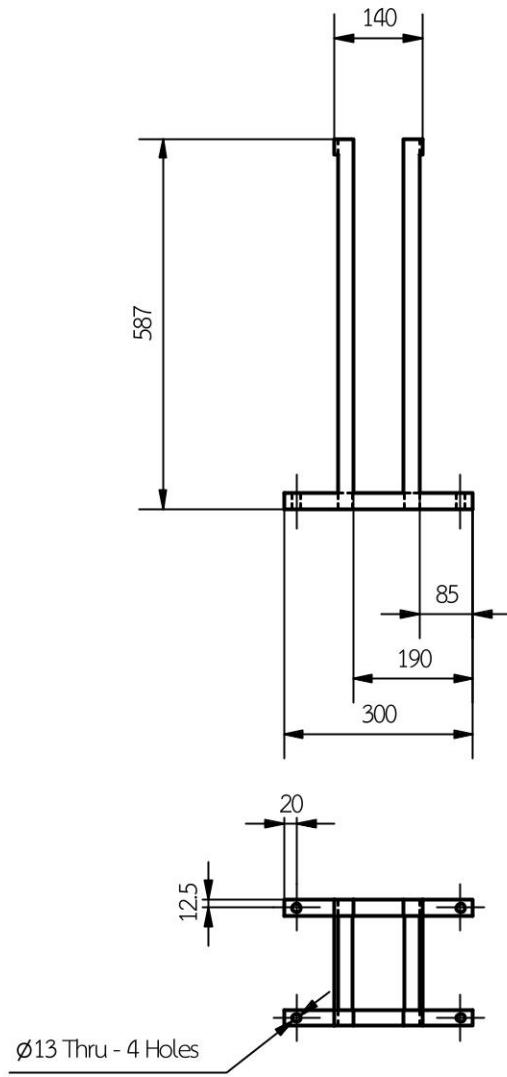
10	Plate Support Frame	130 x 200 x 5	Stainless Steel	-	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัทร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหกรรม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
กสบ	683130	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินปัญโภ	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	
มาตรฐาน	ข้อขึ้นกาน	-			
1 : 3	Plate Support Frame				



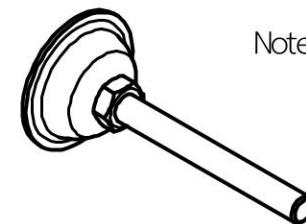
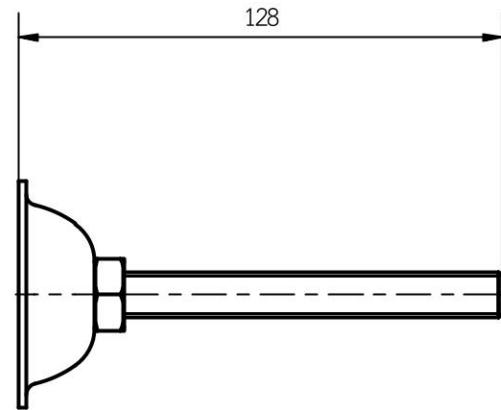
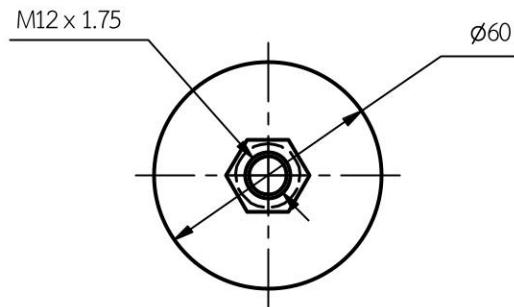
11 ชิ้นที่	ตัวแม่พิมพ์ประทับ <sup>รายการ</sup>	81 x 65 x 72 ขนาดวัสดุ	POM วัสดุ	- หมายเลขอแบบ	2 จำนวน
เขียนโดย ภาคีฯ	นายธนัทร คำสี วิศวกรรมอุตสาหกรรม	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
แก้ไข	683130	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินปุณโภ	หมายเลขอแบบ ขนาดกระดาษ			
มาตรฐาน มาตราส่วน 1 : 2	ข้อขึ้นกาน ตัวแม่พิมพ์ประทับ	A4			



12	Arm	15 x 112 x 26.4	Stainless Steel	-	2
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัท คำสี	คณวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กลย	683130				
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวิต อินปัญโญ				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน				
1 : 1	Arm	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	
		-			

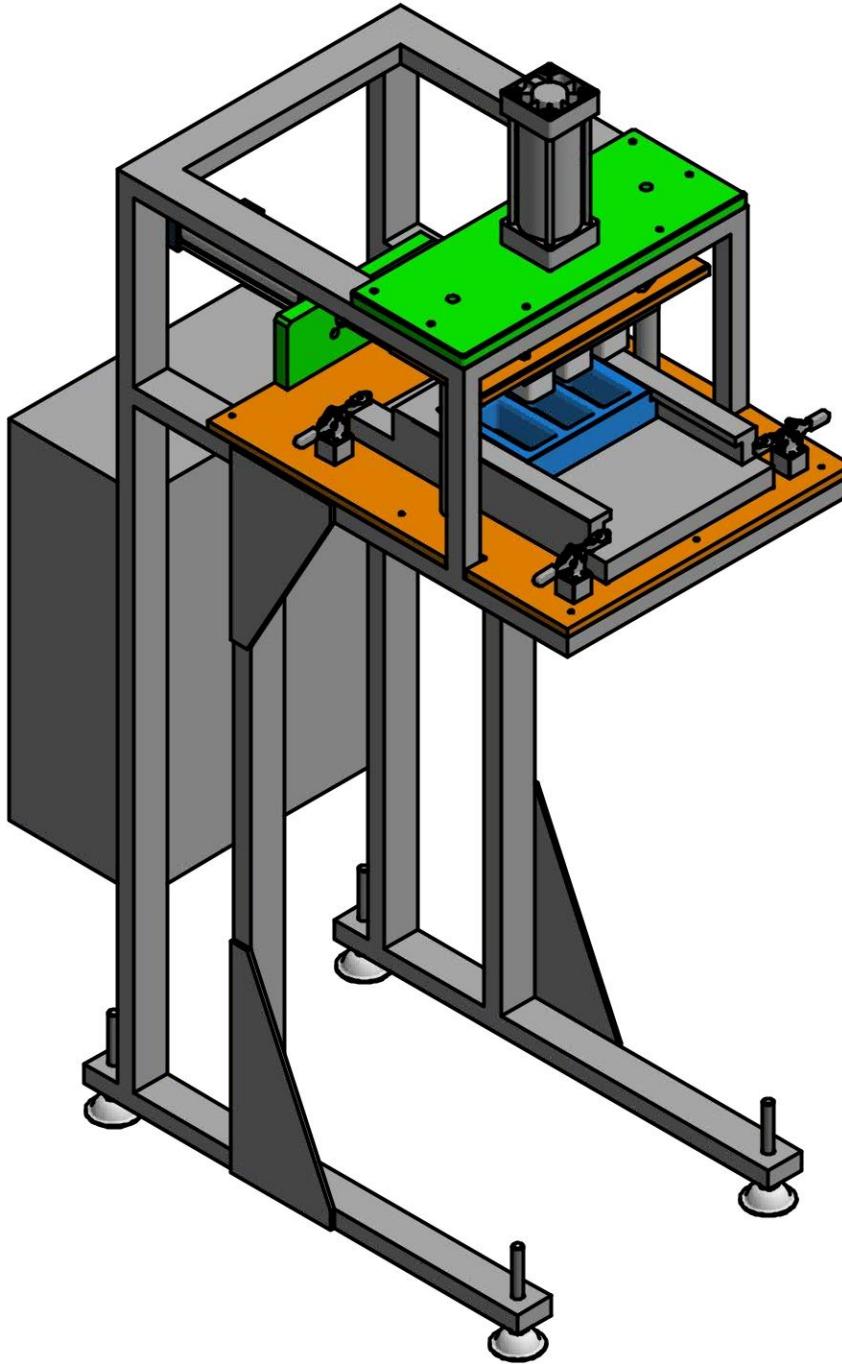


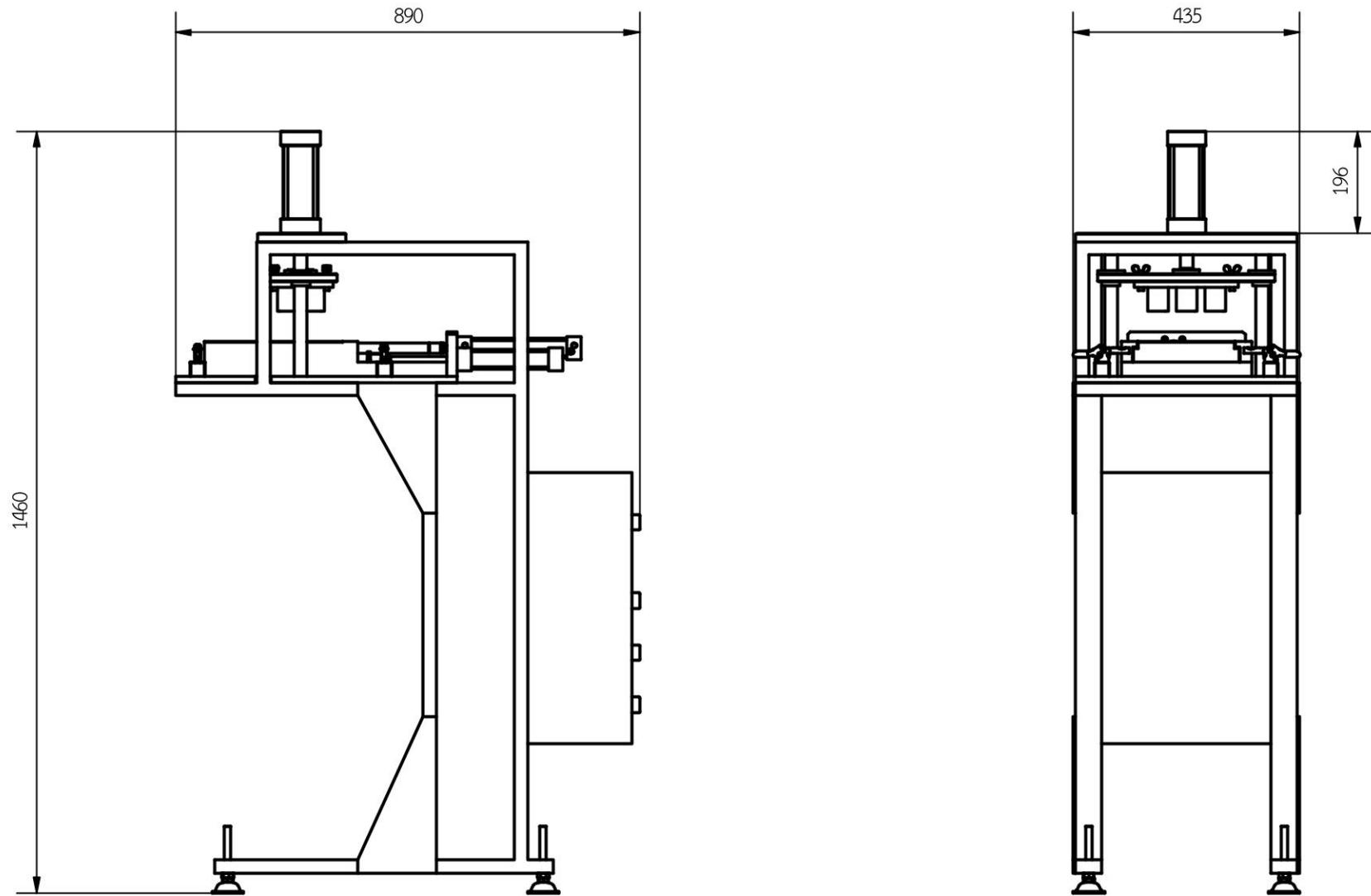
13	โครงขาทูดอัด	300 x 200 x 587	Stainless Steel	-	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา			
กลุ่ม	683130	เชียงใหม่			
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินบัญโญ	A4			
มาตรฐาน	ที่อ้างอิง	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ		
1 : 12	โครงขาทูดอัด	-	A4		



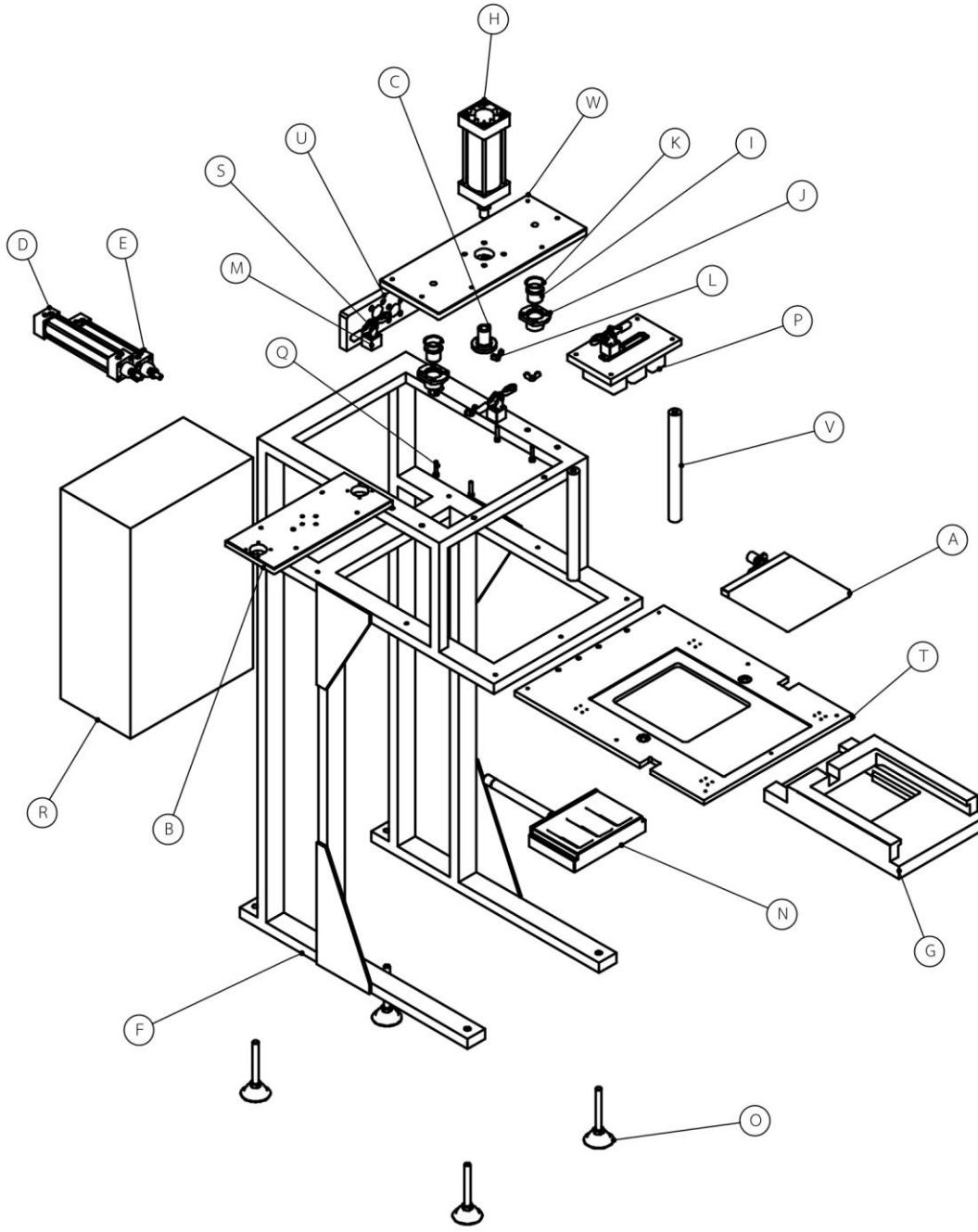
Note : ขานิ้ง M12 x 1.75

14	ชานิ้ง M12 x 1.75	M12 x 1.75 L128	Stainless Steel	-	4
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัดสุด	วัดสุด	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชธร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	-	หมายเหตุ	-
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กลยุ	683130				
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวัลิต อินปัญโญ				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	
1 : 2	ชานิ้ง M12 x 1.75	-	A4		



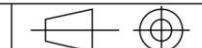


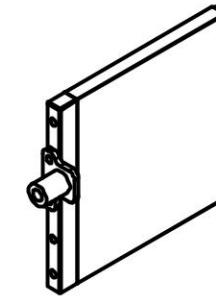
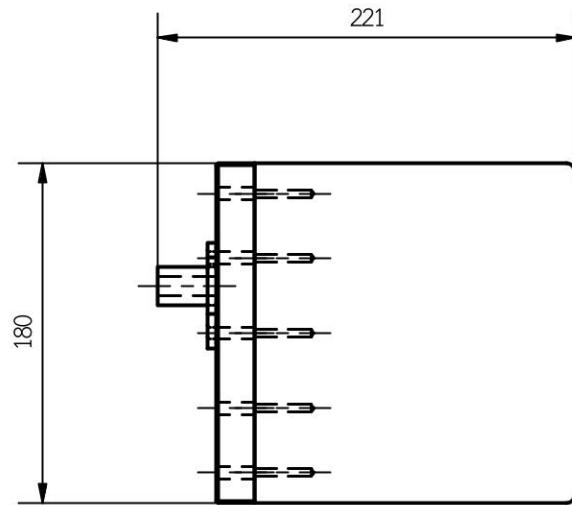
-	เครื่องอัดขี้นรูปข้าวต้มด้วยแรงดันอากาศ	435 x 1460 x 890	-	-	-
ชื่อที่	รายการ	ขนาดกว้างสุด	วัด	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัทร คำสี	คณวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	-	หมายเลขอแบบ ขนาดกว้างด้วย ขนาดยาวด้วย	-
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กสบ	683130				
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินปัญโภ				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นกาน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกว้างด้วย	หมายเลขอแบบ ขนาดยาวด้วย	-
1 : 12	เครื่องอัดขี้นรูปข้าวต้มด้วยแรงดันอากาศ	-	ขนาดยาวด้วย		
			A4		



PARTS LIST					
ITEM	PART NUMBER	MATERIAL SIZE	MATERIAL	MODEL NUMBER	QTY
A	แผ่นสี่เหลี่ยมอัด	180 x 221 x 36	-	-	1
B	สไนด์ติดหัวอัด	140 x 340 x 15	Aluminium	-	1
C	บานพับไถกระบบกันน้ำติดก๊อก	Ø50 x 45	Stainless Steel	-	1
D	กระบอกกันน้ำติดก๊อก SC32x145S STEP AP214	45 x 285 x 45	-	-	1
E	กระบอกกันน้ำติดก๊อก SC32x110S STEP AP214	45 x 271 x 45	-	-	1
F	โครงรีวองอัคทีฟชูป	425 x 650 x 1210	Stainless Steel	-	1
G	ชุดเกล้า	188 x 385 x 70	POM	-	1
H	กระบอกกันน้ำติดก๊อก SC63x100S	75 x 353 x 75	-	-	1
I	Plastic Bushing	Ø36 x 26.5	POM	-	2
J	บานเลื่อน	62 x 29.5	Stainless Steel	-	2
K	แผ่นสี่เหลี่ยม	32 ชิ้น.	Stainless Steel	-	2
L	Wing nuts	M6 x 1	Stainless Steel	-	4
M	ฐานรองแม่กล่องล็อก	28 x 25 x 28	Stainless Steel	-	4
N	ชุดเดคอบาฟฟิ่ง	205 x 329 x 40	-	-	1
O	ข้อต่อ M12	M12 - L128	Stainless Steel	-	4
P	ชุดแม่พิมพ์	125 x 200 x 60	POM	-	1
Q	น็อตหัวลม M6	M6 x 1 - L30	Stainless Steel	-	4
R	Control Box	350x520x215	Stainless Steel	-	1
S	Toggle Clamp ST-H213U	28 x 109 x 36	Stainless Steel	-	4
T	Bottom pass	425 x 540 x 12	Aluminium	-	1
U	แผ่นสี่เหลี่ยมหัก	85 x 225 x 20	Aluminium	-	1
V	เฟลากอเมเนจล็อก	Ø25 x 264	Stainless Steel	-	2
W	แผ่นบินโครงรับ	170 x 425 x 16	Aluminium	-	1
-	เครื่องอัดทึบฐานปักหัวแม่ดัด	-	-	-	1
ข้อมูล	รายการ	ขนาดตัวสูตร	วัสดุ	หมายเหตุแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายชนัทธ คำศีล				
ภาคผนวก	วิศวกรรมอุตสาหกรรม				
ที่อยู่	683130				
ตรวจสอบ	อาจารย์พัฒน อินเปี้ยโน				
มาตรฐาน	ชื่อผู้เขียน	หมายเหตุแบบ	ขนาดกระดาษ		
1 : 10	เครื่องอัดทึบฐานปักหัวแม่ดัด	-	A3		

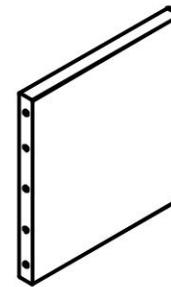
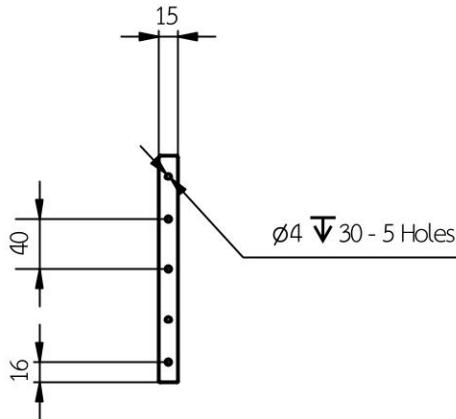
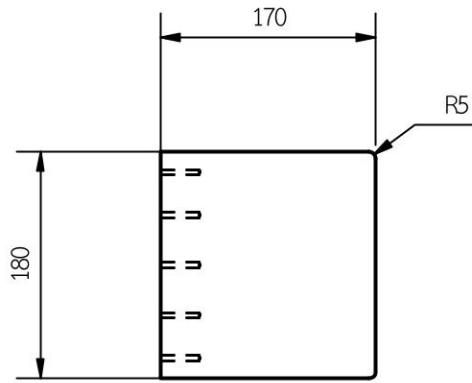
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา



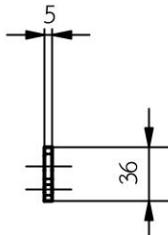
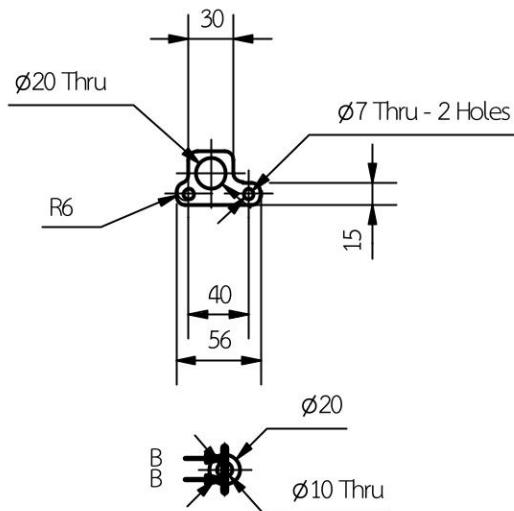


A	แม่นส์เลค์ปิดอัด	180 x 221 x 36	-	-	1
ชื่นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัท คำสี	คณวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี	วัสดุ	หมายเลขอแบบ A4	จำนวน
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กสบ	683130				
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินปุญโภ				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน				
1 : 4	แม่นส์เลค์ปิดอัด				

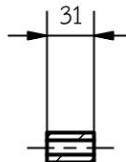
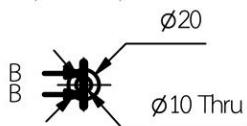
A1



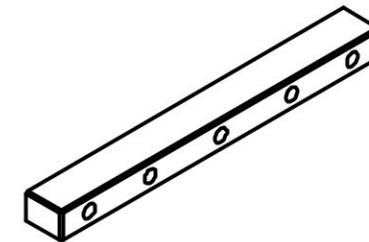
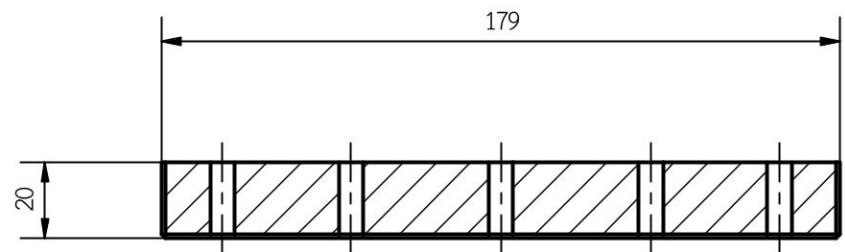
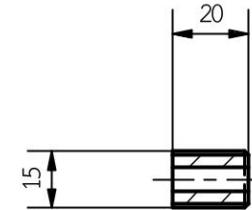
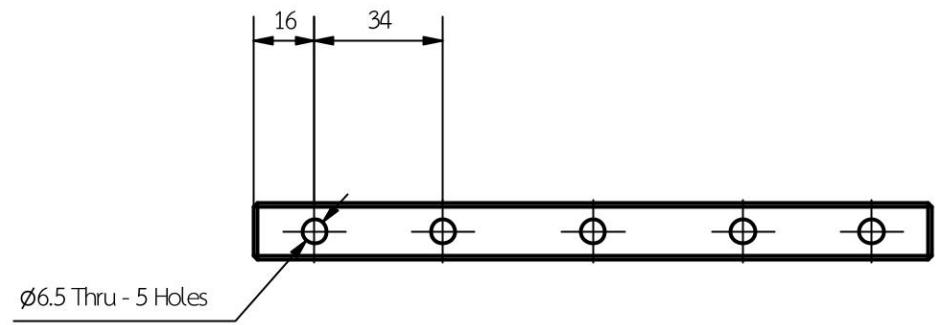
A2



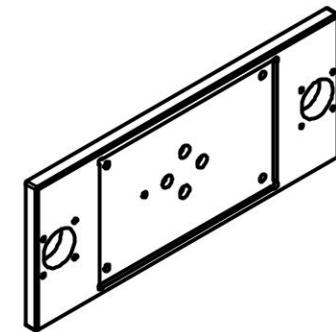
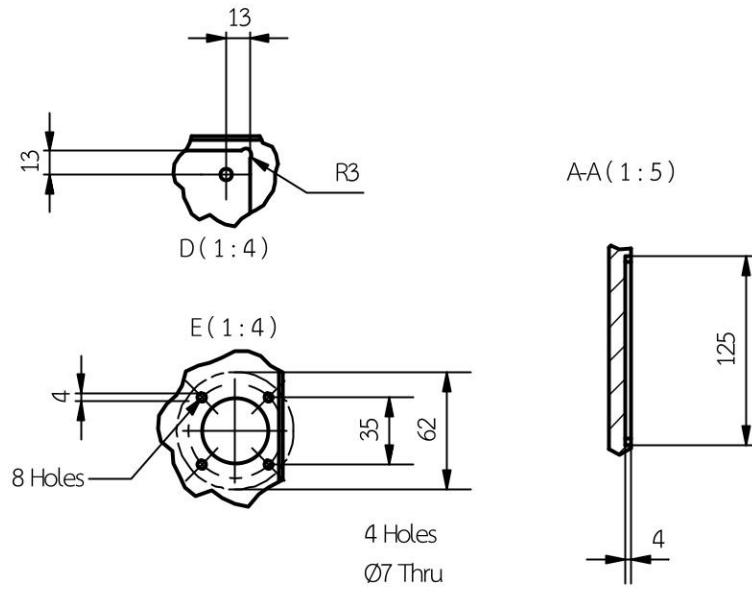
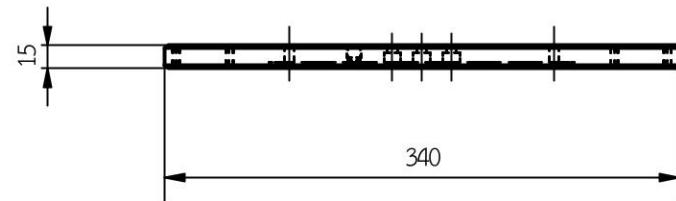
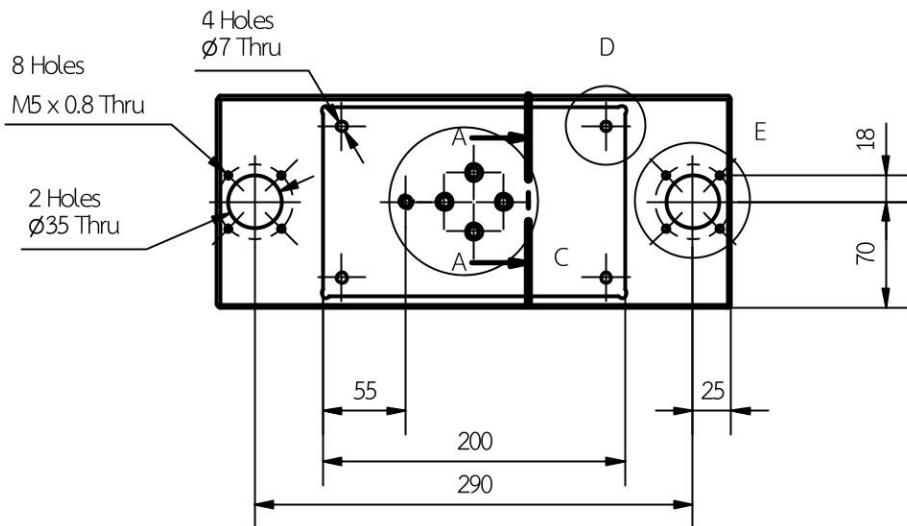
A3



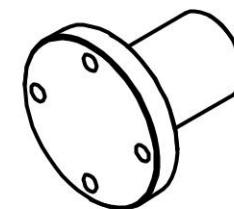
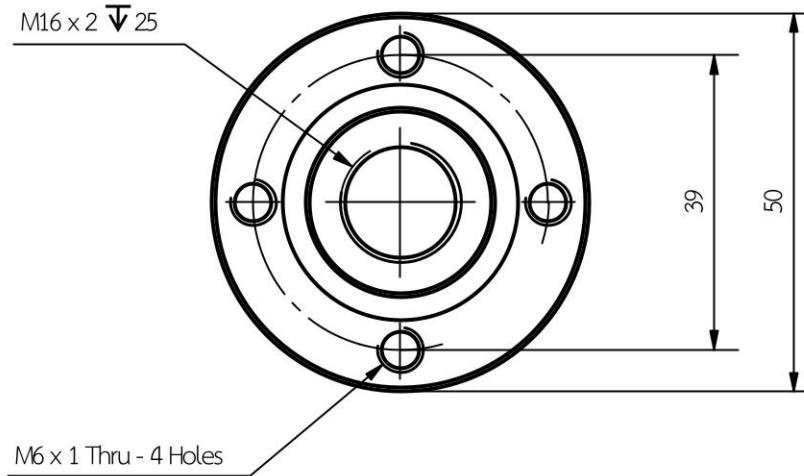
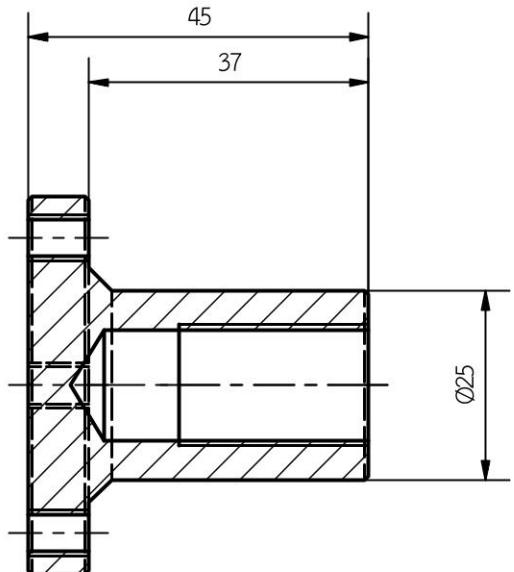
A-1	แผ่นรองขา	170 x 179.5 x 15	POM	-	1
A-2	แผ่นตอบท	55.75 x 36 x 5	Stainless Steel	-	1
A-3	บูหตอแผ่นรองขา	Ø20 x 31.3	Stainless Steel	-	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอ้างอิง	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัทร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
กสบ	683130	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินปุณโภ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
มาตรฐาน	ข้อขึ้นกาน	หมายเลขอ้างอิง	ขนาดกระดาษ		
1 : 6	ชุดแม่แบบปิดอัด	-	A4		



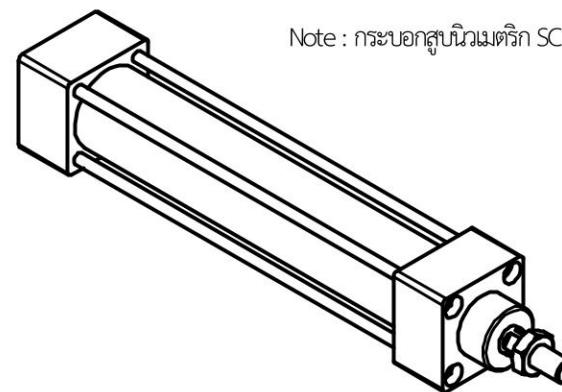
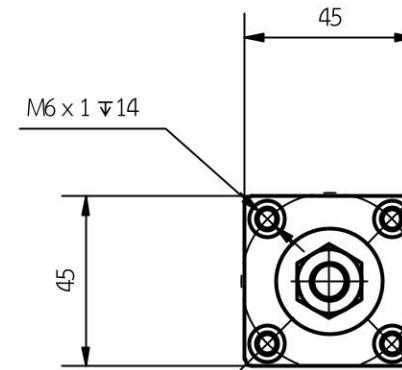
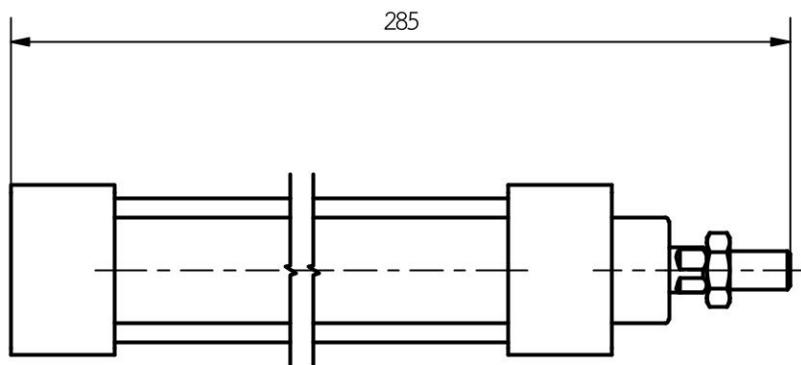
A4	ตัวอักษรแบบอังกฤษ	15 x 179 x 20	Stainless Steel	-	1
ชื่อที่ เขียนโดย	รายการ ภาคีฯ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
ภาคีฯ	นายธนัชร คำสี	คณวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	หมายเลขอแบบ ขนาดกระดาษ	A4	
กสญ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
ตรวจโดย	683130 อาจารย์ชวิต อินปุณโภ				
มาตรฐาน มาตราส่วน 1 : 2	ข้อข้างนี้ ชุดแบบอังกฤษ				



B	สีเดดติ๊ดชุดอัด	140 x 340 x 15	Aluminium	-	1
ชื่อที่	รายการ	หนาตัวสุด	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัท คำสี	คณวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
กลญ	683130	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินปุณโภุ	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	
มาตรฐาน	ข้อขึ้นกาน	-			
1:5	สีเดดติ๊ดชุดอัด				

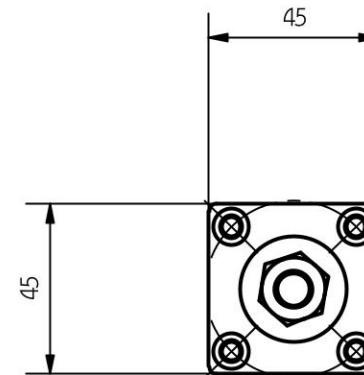
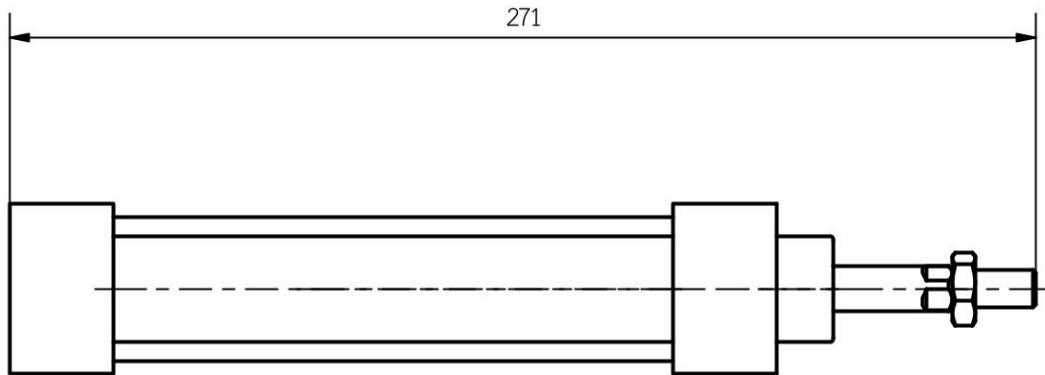


C	บูทต่อปลายกระบอกนิ่มแมติกส์	Ø50 x 45	Stainless Steel	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กลุ่ม	683130				
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวัลต อินบัญโญ				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ		
1 : 1	บูทต่อปลายกระบอกนิ่มแมติกส์	-	A4		

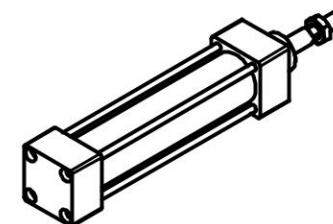


Note : กระบอกสูบไนโมติก SC32x145S

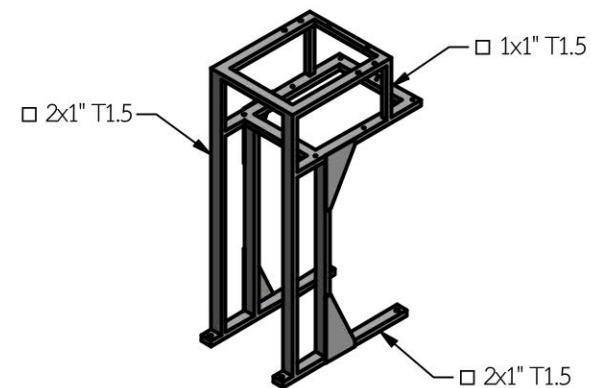
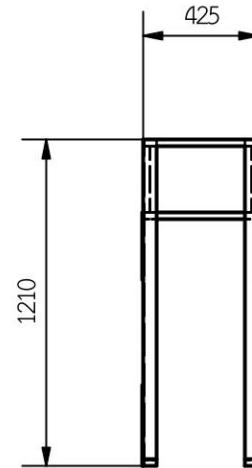
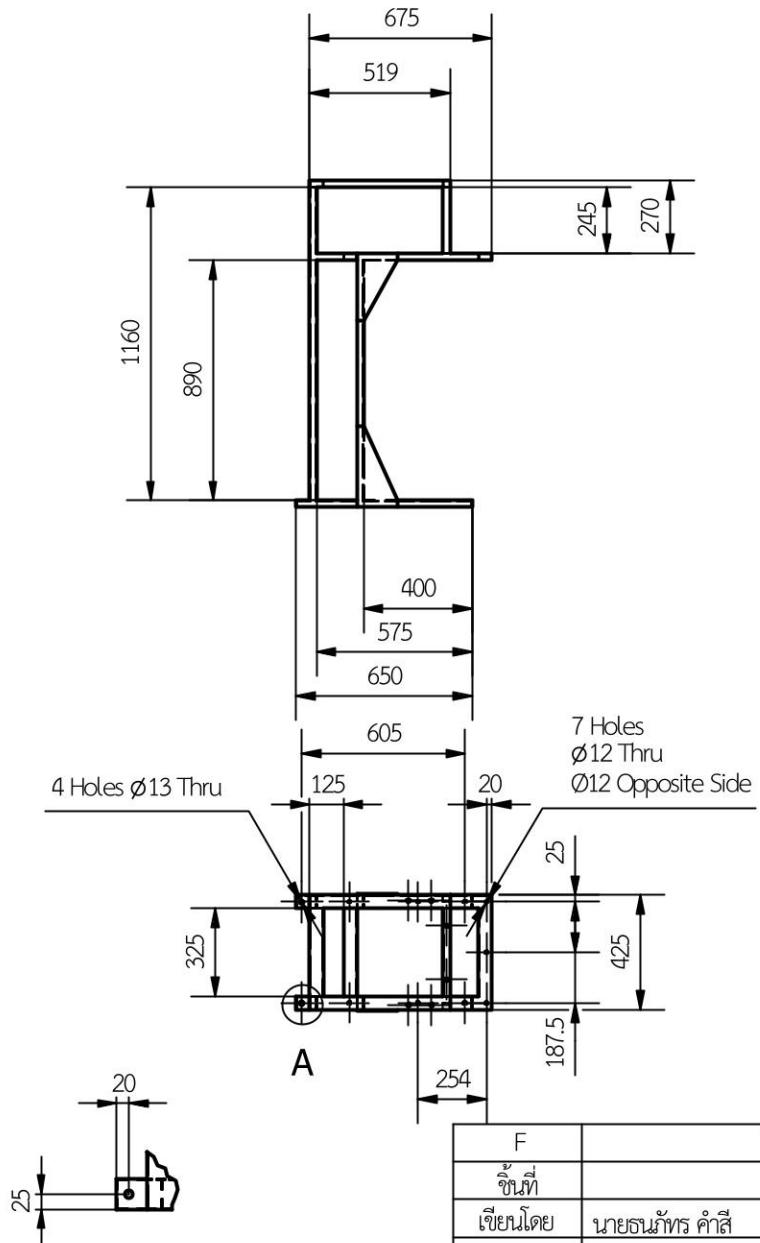
D	กระบอกสูบไนโมติก SC32x145S	45 x 285 x 45	-	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัดสุด	วัด	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชธร คำสี	คณวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	-	หมายเลขอแบบ ขนาดกระดาษ A4	จำนวน
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กลย	683130				
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวิต อินปัญญา				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอแบบ ขนาดกระดาษ A4	ขนาดกระดาษ A4	หมายเลขอแบบ ขนาดกระดาษ A4	จำนวน
1 : 2	กระบอกสูบไนโมติก SC32x145S				

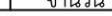


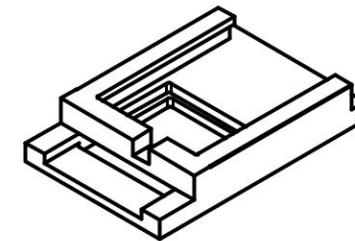
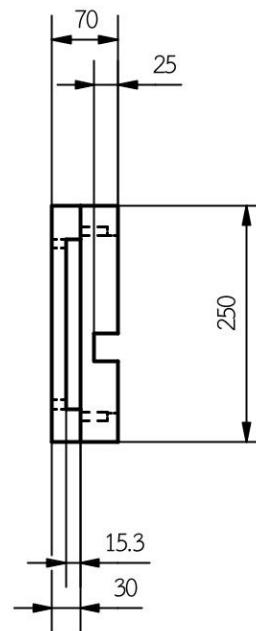
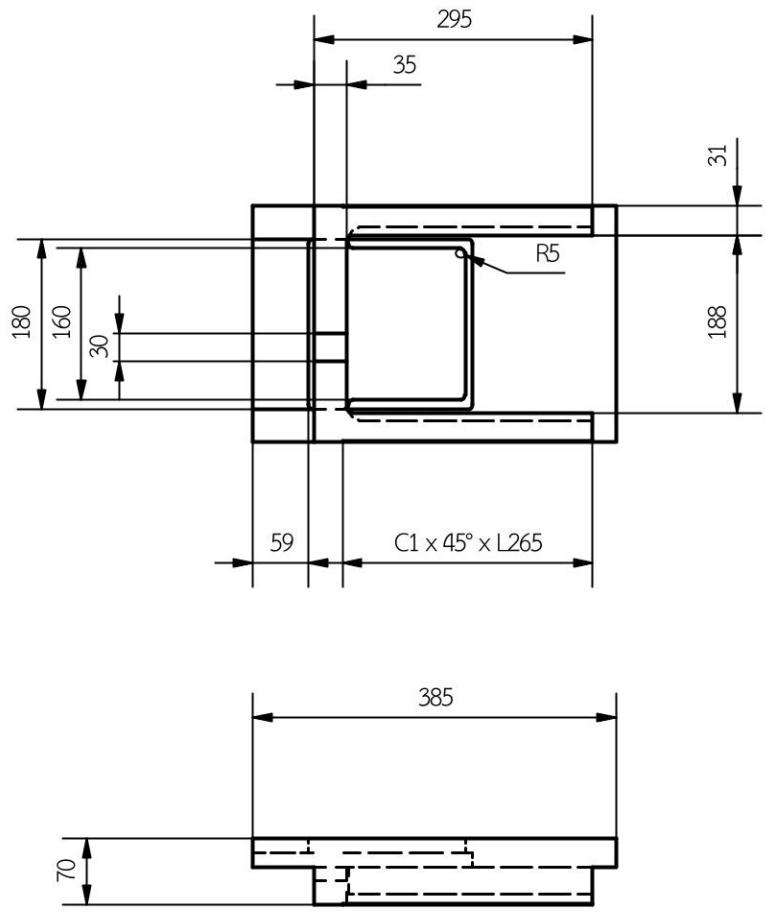
Note : กระบอกสูบไนโตรเจน SC32x110S



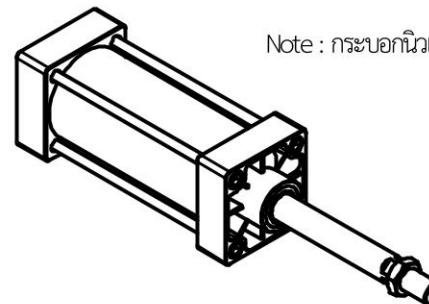
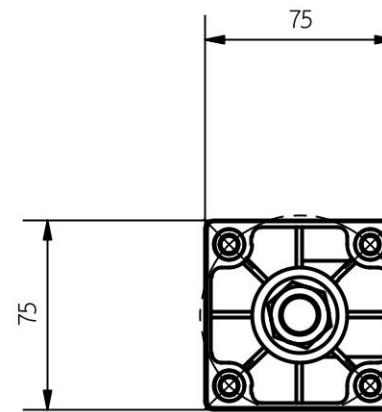
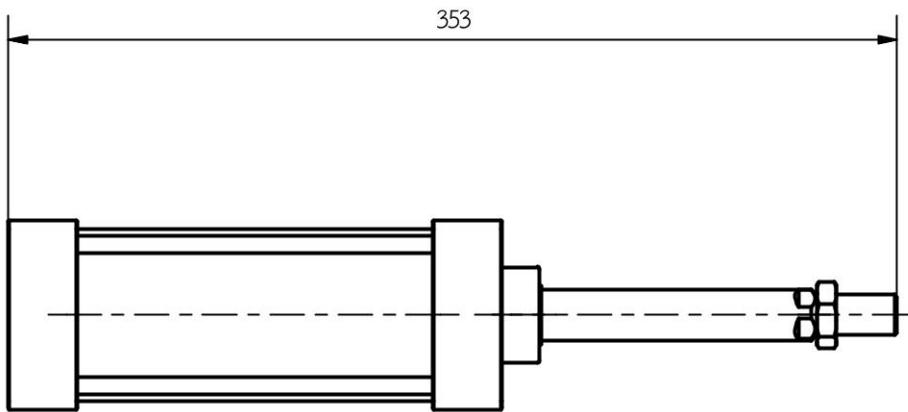
E	กระบอกกันไนโตรเจน SC32x110S	45 x 271 x 45	-	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัดสุด	วัดสุด	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชธร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์			
กลยุ	683130	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์			
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวัลิต อินปัญโญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์			
มาตรา관	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ		
1 : 2	กระบอกกันไนโตรเจน SC32x110S	-	A4		



F	โครงเครื่องอัดขี้นรูป	425 x 650 x 1210	Stainless Steel	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เจียกโน้ด	นายณัชกร คำสี	คณวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	ขนาดกระดาษ A4	 	
ภาควิชา	วิศวกรรมอุสาหการ				
กลุ่ม	683130				
ตรวจสอบ	อาจารย์ชลิต อินเป็ญโภุ				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ		
1 : 28	โครงเครื่องอัดขี้นรูป	-	A4		



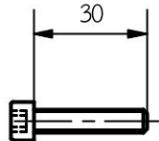
G	ชุดสไลด์	188 x 385 x 70	PE	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัทร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
กสบ	683130	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินปุณโภณ	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	-			
1 : 8	ชุดสไลด์บล็อก				



Note : กระบอกกันเมติก SC63x100S

H	กระบอกกันเมติก SC63x100S	75 x 353 x 75	-	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัดดู	วัดดู	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา			
กลุ่ม	683130	วิศวกรรมศาสตร์			
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวิต อินบุญโภุ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา			
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ		
1 : 3	กระบอกกันเมติก SC63x100S	-	A4		

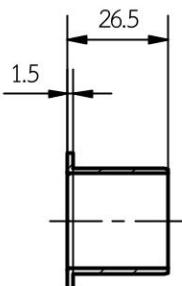
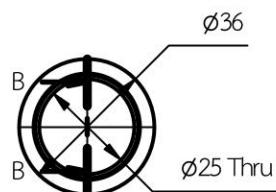
Q



Note : น็อตหัวจม M6x30



I



Note : บูหสุมแกนรุ่ 25 มม.



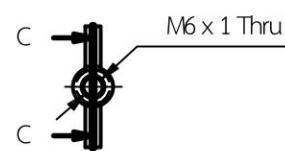
K



Note : แหนล็อกใน 32 มม.

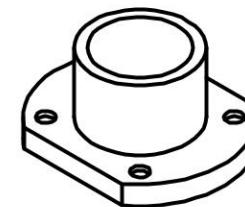
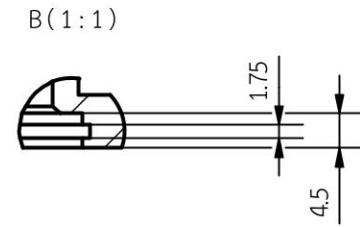
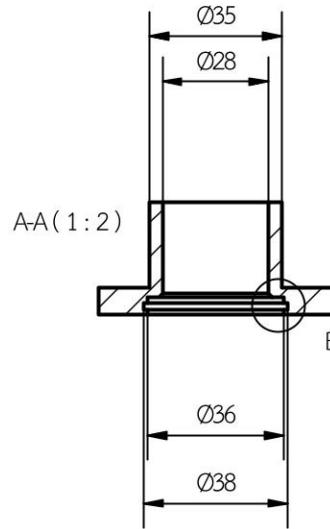
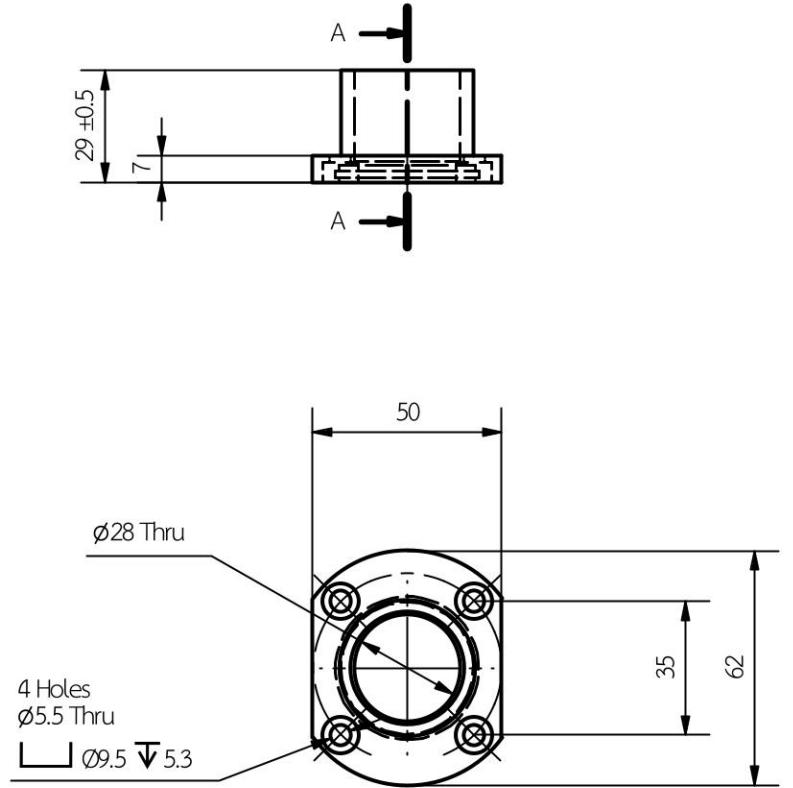


L



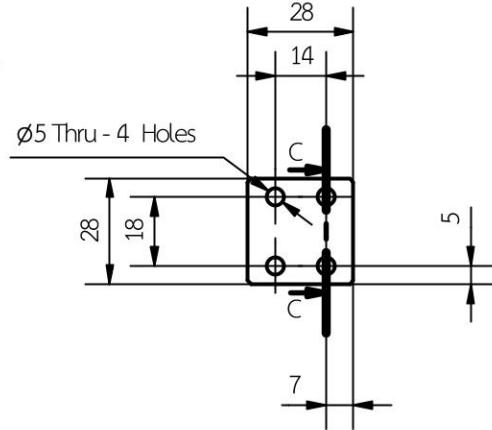
Note : Wing Nut M6 x 1

Q	น็อตหัวจม M6	M6 x 30	Stainless Steel	-	4
I	Plastic Bushing	Ø36 x 26.5	PE	-	2
K	แหนล็อกใน	32	Stainless Steel	-	2
L	Wing Nut	M6 x 1	Stainless Steel	-	4
ข้อที่	รายการ	หนาด้วสดุด	วัสดุ	หมายແນບ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัทร คำสี	คณ&วิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	ฯ	หมายແນບ	-
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กสู	683130				
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินปุญโภ				
มาตรฐาน	ข้อที่ 1 : 2	มาตรฐาน	หมายແນບ	ขนาดกระดาษ	หมายແນບ
		ชุดล็อก	-	A4	

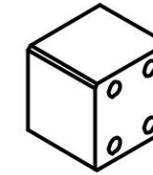
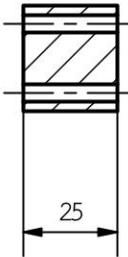


J	Sliding Bushing	62 x 29.5	Stainless Steel	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนกร คำสี	คณวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กฤษ	683130				
ตรวจสอบโดย	อาจารย์ชวิต อินปัญโญ				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นราก				
1:2	บทเลื่อน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	

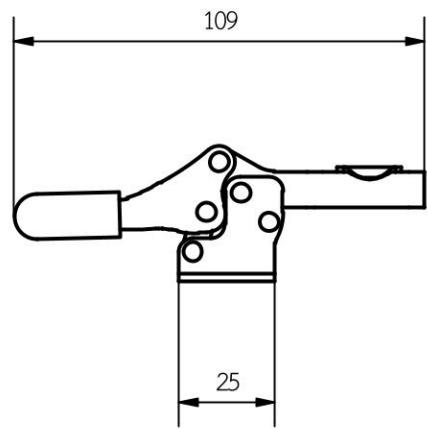
M



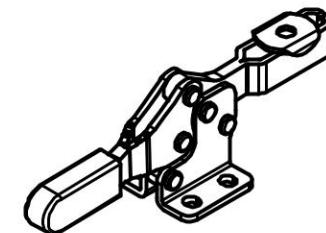
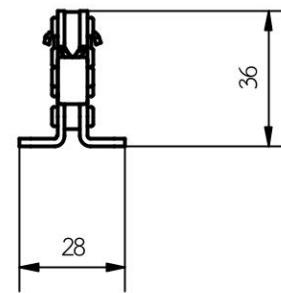
C-C (1:2)



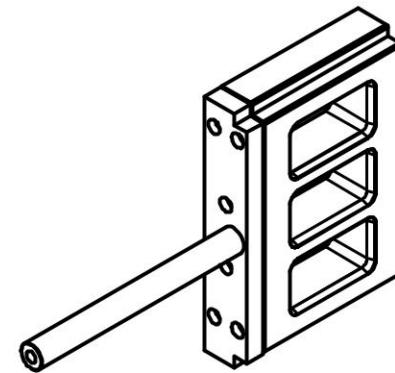
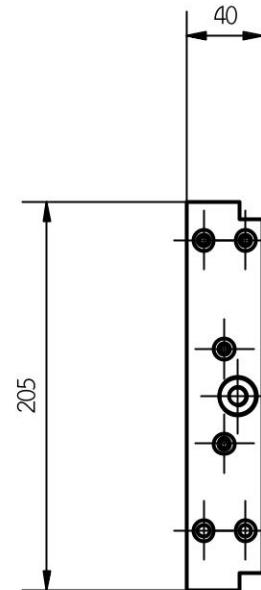
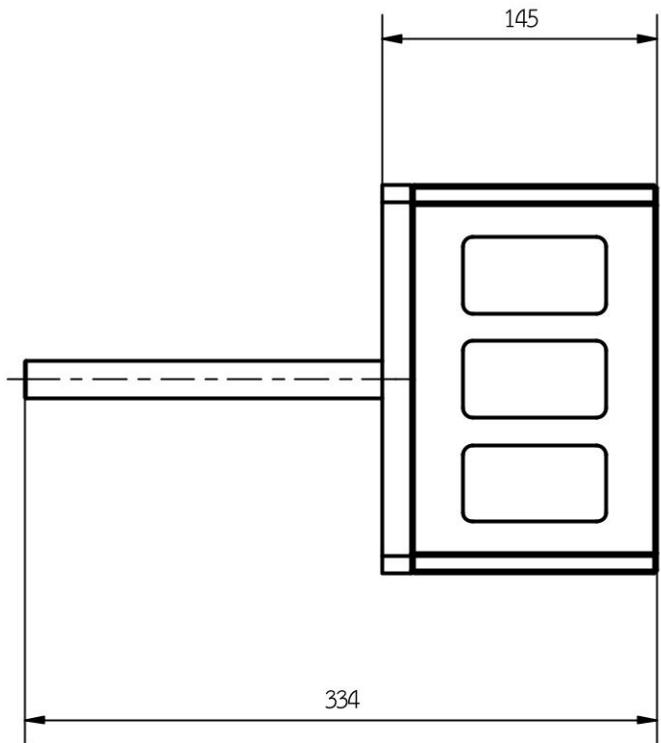
S



Note : Toggle Clamp ST-H213U

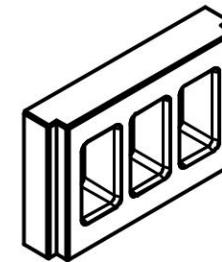
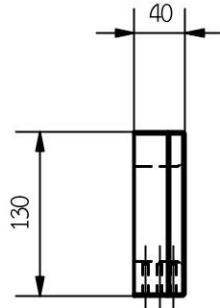
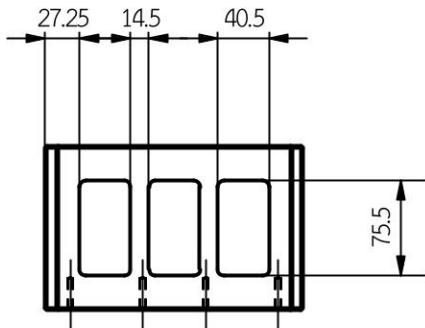


M	ฐานรองแคนเปล็ค	28 x 25 x 28	Stainless Steel	-	4
S	Toggle Clamp	28 x 109 x 36	Stainless Steel	-	4
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัทร คำสี	ขนาดวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	หมายเลขอแบบ ขนาดกระดาษ A4	หมายเลขอแบบ ขนาดกระดาษ A4	หมายเลขอแบบ ขนาดกระดาษ A4
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กสญ	683130				
ตรวจโดย	อาจารย์ชวิต อินปุณโภ				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นกาน				
1 : 2	Clamp Lock				

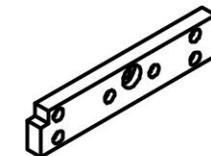
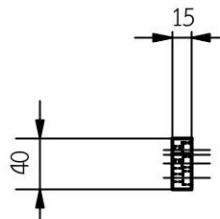
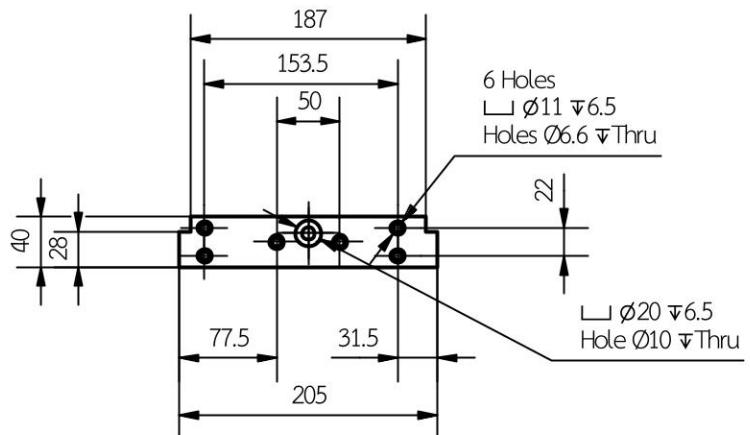


N	ชุดบล็อกแม่พิมพ์ 50 กรัม	205 x 334 x 40	-	-	1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา			
กลุ่ม	683130	วิศวกรรมศาสตร์			
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวัลิต อินบัญโญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา			
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ		
1 : 4	ชุดบล็อกแม่พิมพ์ 50 กรัม	-	A4		

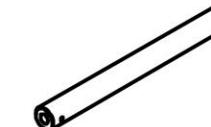
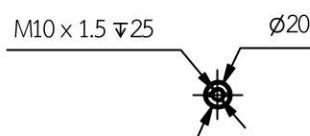
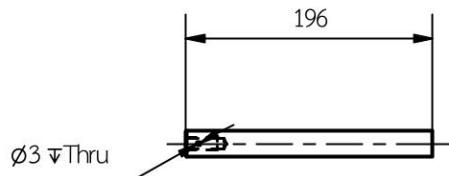
N-1



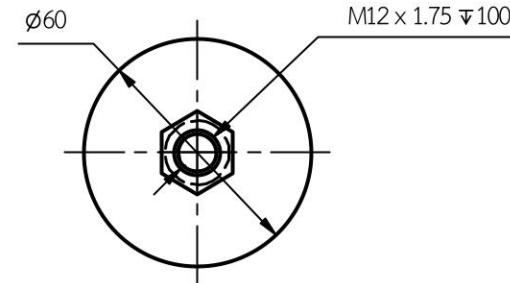
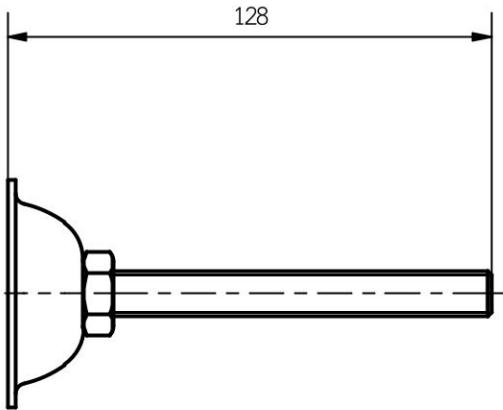
N-2



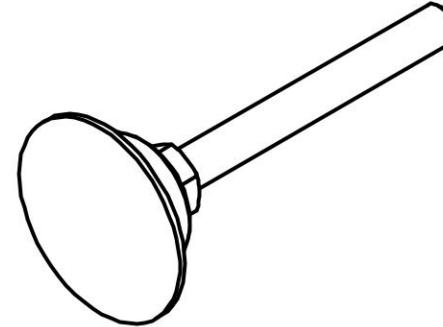
N-3



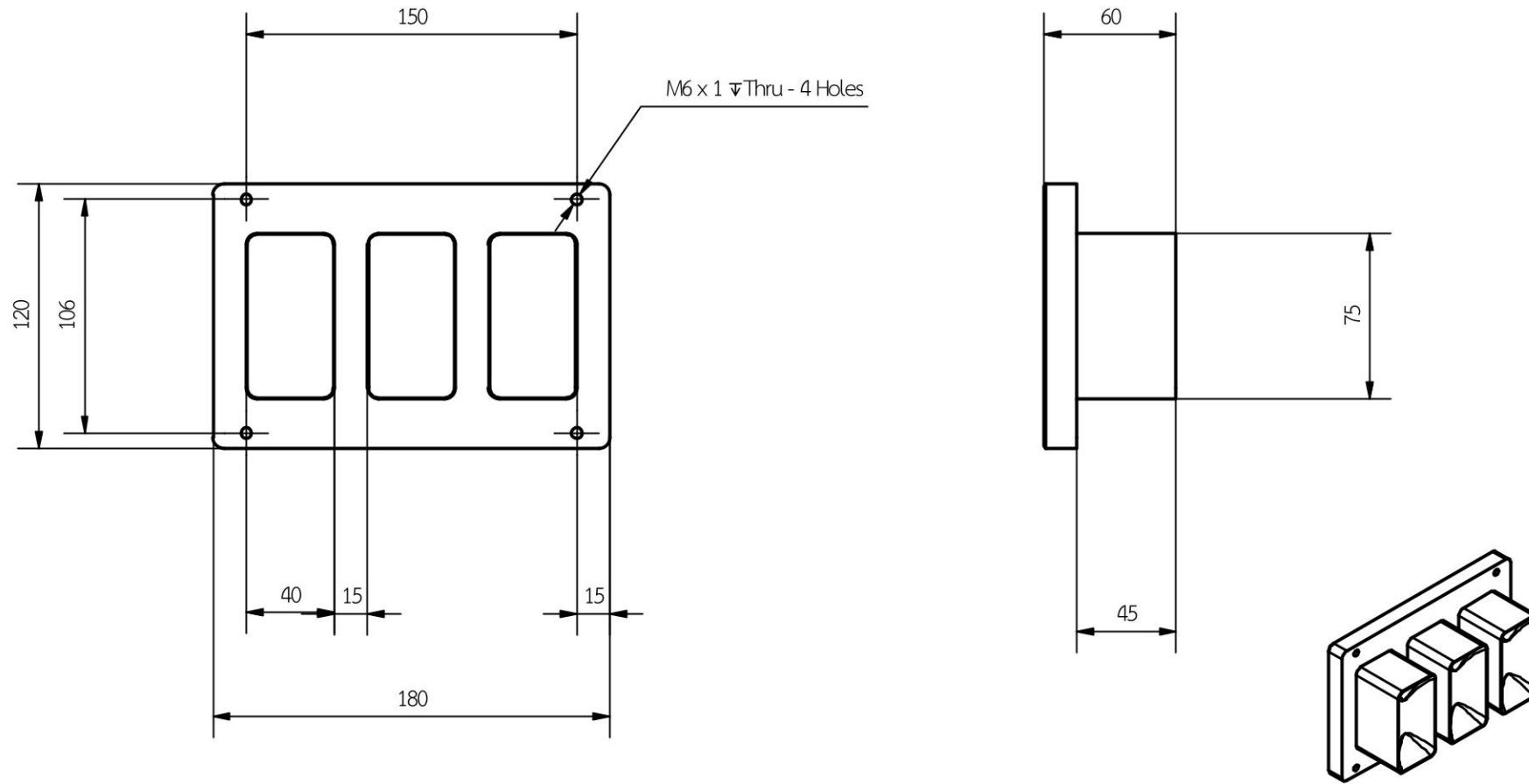
N-1	บล็อกแม่พิมพ์ 50 กรัม	130 x 205 x 40	POM	-	1
N-2	แผ่นขึ้นตัวบล็อกแม่พิมพ์	40 x 187 x 15	Stainless Steel	-	1
N-3	เพลทขอบบล็อกแม่พิมพ์	Ø20 x 196	Stainless Steel	-	1
ชื่อที่ เขียนโดย	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอ้างอิง	จำนวน
ภาคีฯ	นายธนัชธร คำสี	คณวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	-	-	-
กลุ่ม	วิศวกรรมอุตสาหการ				
ตรวจสอบ	683130				
มาตรฐาน	อาจารย์ชวิต อินปัญญา				
มาตราฐาน 1:6	ชื่อผู้งาน ชุดบล็อกแม่พิมพ์ 50 กรัม 3 ชุด				
		หมายเหตุแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	
		-			



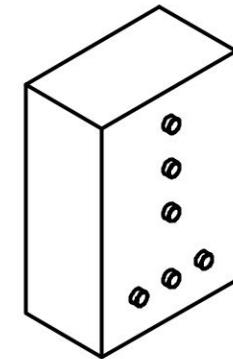
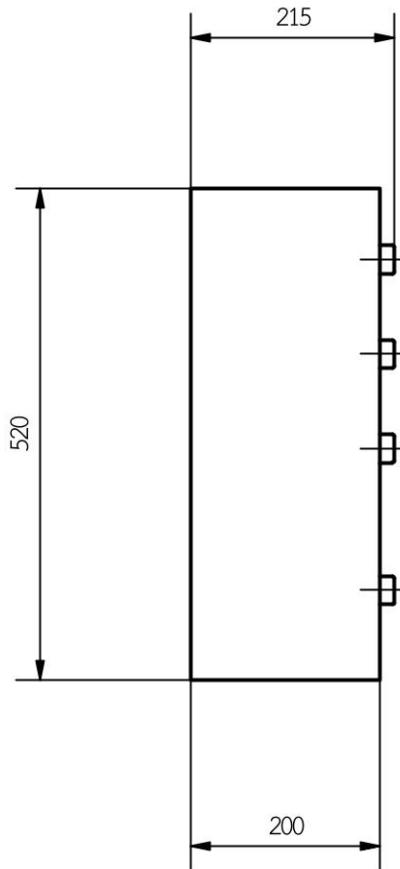
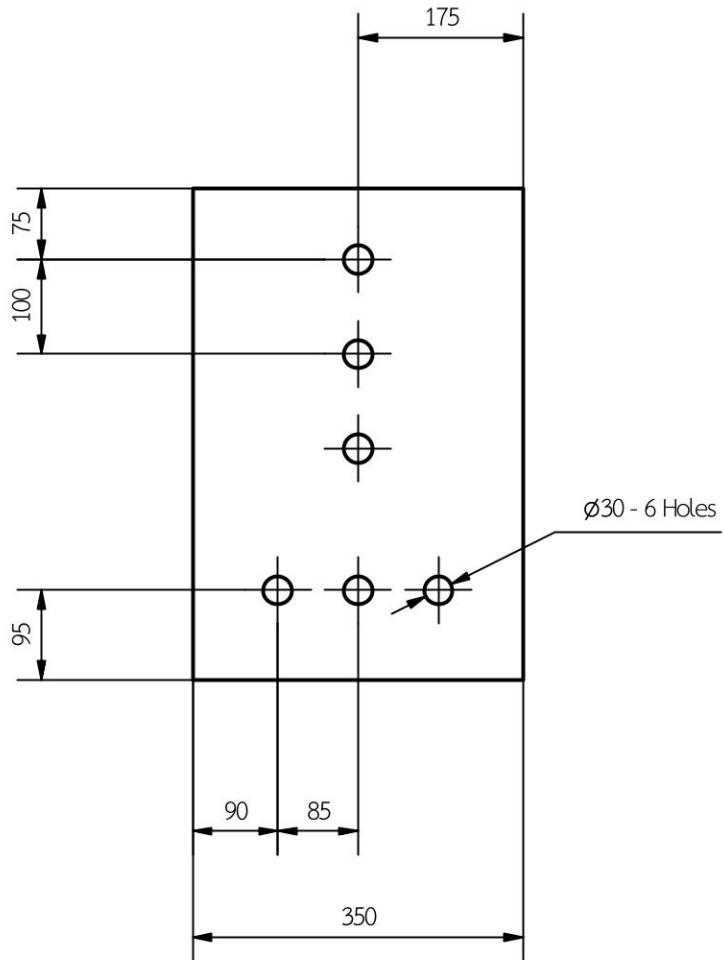
Note : ข้อสั่ง M12 Stainless Steel 304



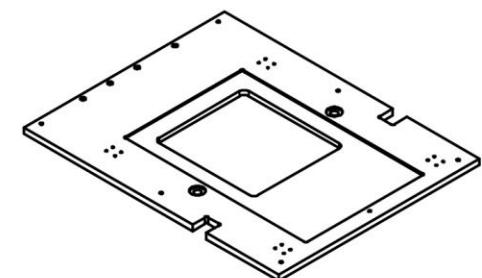
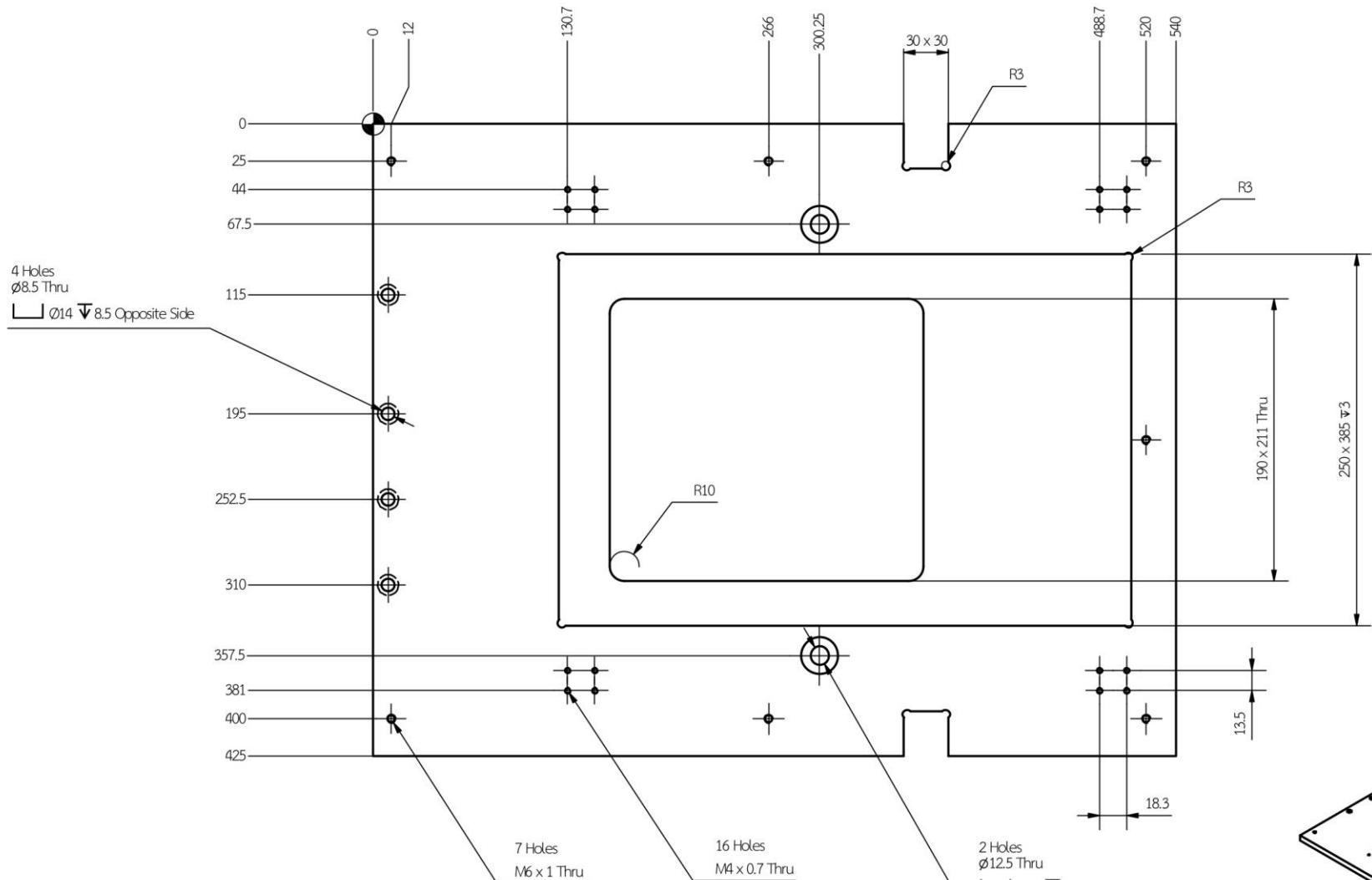
O	ชุดสั่ง M12	M12 - L128	Stainless Steel	-	4
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัดสตู	วัดสตู	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัยพงษ์ คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรังสิต			
กลุม	683130	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรังสิต			
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวัลติ อินปัญโญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรังสิต			
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ		
1 : 2	ชุดสั่ง M12	-	A4		



P	ชุดอัดแม่พิมพ์ 50 กวั้ม	120 x 180 x 60	POM	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัทร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
กสบ	683130	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี			
ตรวจโดย	อาจารย์ชวัลติ อินปัญโญ	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	
มาตรฐาน	ข้อขึ้นกาน	-			
1 : 3	ชุดอัดแม่พิมพ์ 50 กวั้ม				

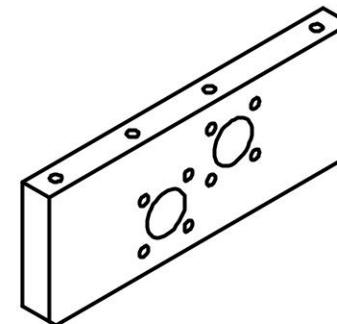
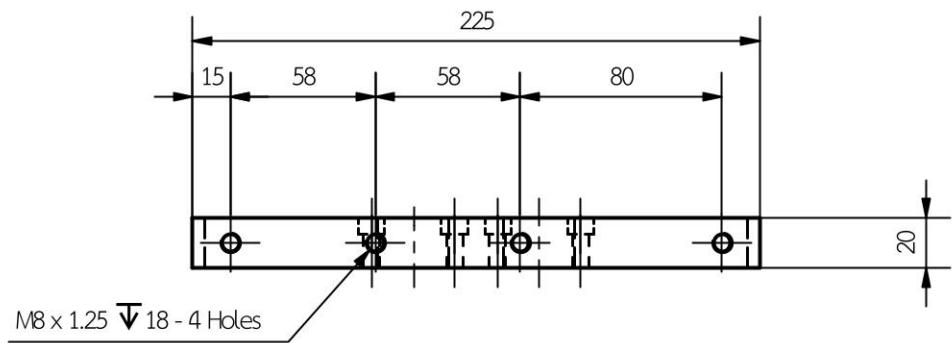
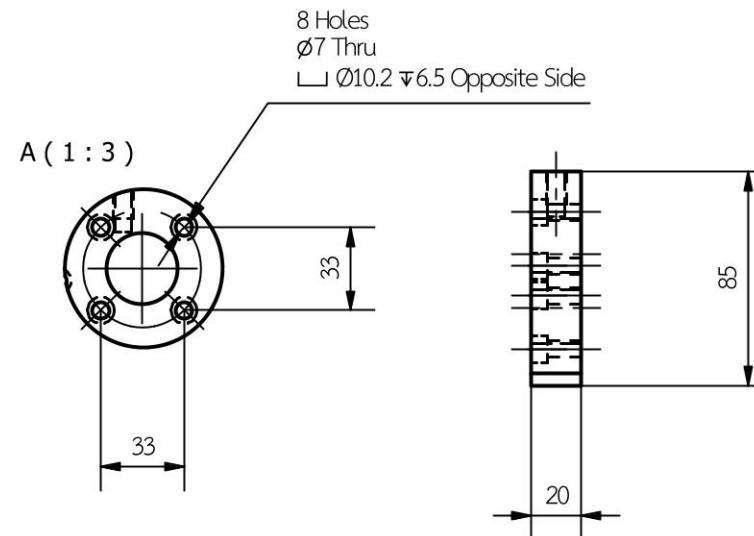
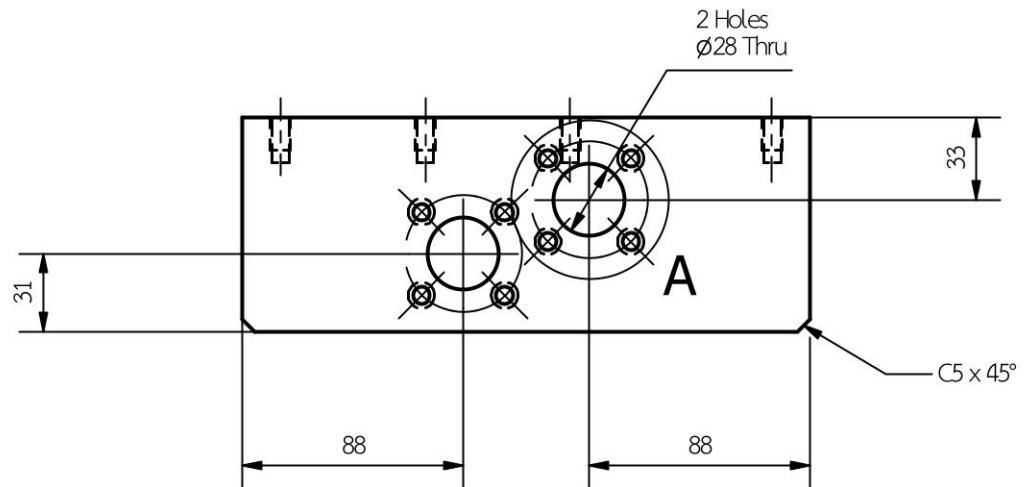


R	Control Box	350x520x215	Stainless Steel	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนกร คำสี	คณวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	วัสดุ	หมายเลขอแบบ A4	จำนวน
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ				
กลุ่ม	683130				
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวิต อินปัญโญ				
มาตรฐาน	ข้อขึ้นราก ชุดกล่องควบคุม				
1 : 8		หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ		
		-	A4		

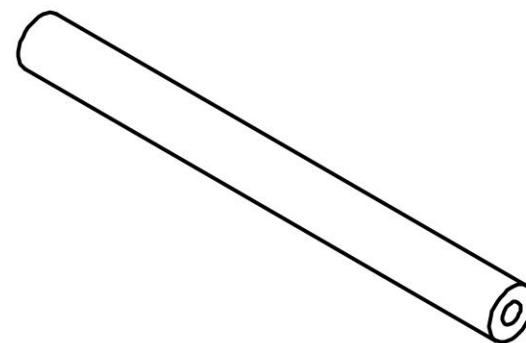
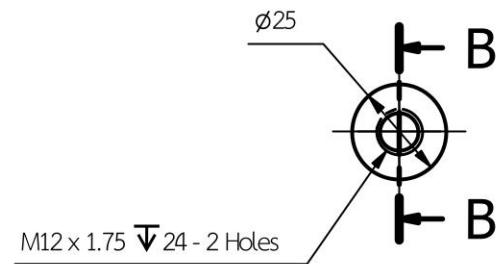
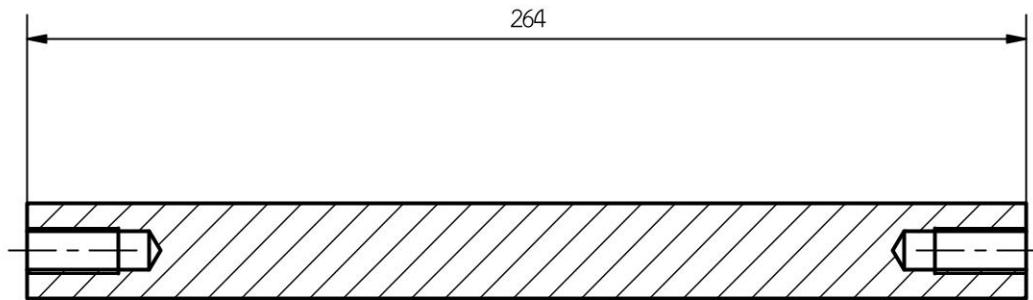


T ชื่อตัว	แผ่นบีดีครอง	425 x 540 x 12	Aluminium	-	1
ผู้รับผิดชอบ	รายการ	ขนาดคร่าวๆ	วัสดุ	หมายเหตุแบบ	จำนวน
ผู้รับผิดชอบ	นายธนัย คำสี				
ภาคผนวก	วิศวกรรมและด้านการ				
คุณ	683130				
ตรวจสอบ	อาจารย์ภาณุ วนิชญ์				
มาตรฐาน	ข้อที่ 1: 3	แผ่นบีดีครอง	ขนาดจริง	ขนาดคร่าวๆ	

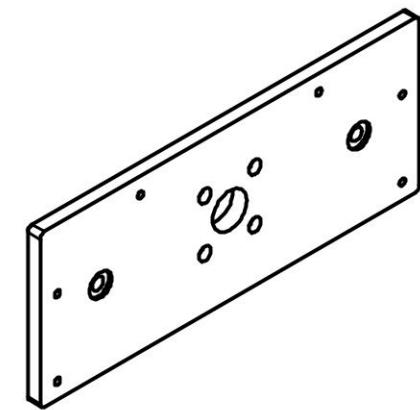
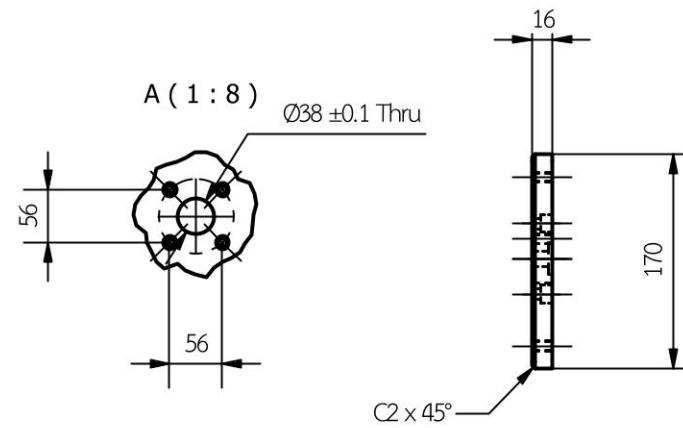
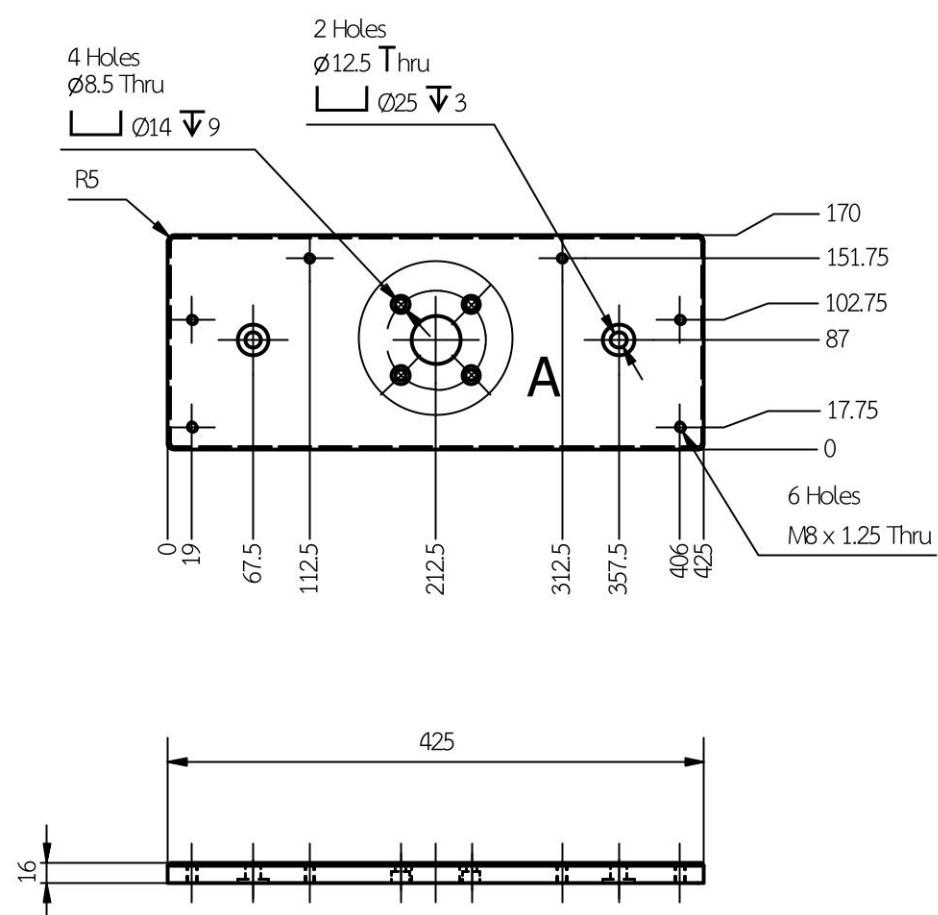
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทรี



U	แม่ปิ๊ดโครงทึ้ง	85 x 225 x 20	Aluminium	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัด	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนษัตร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรังสิต			
กลุม	683130	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรังสิต			
ตรวจโดย	อาจารย์ชวัลติ อินปัญโญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรังสิต			
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	
1:3	แม่ปิ๊ดโครงทึ้ง	-			



V	เพลตตอแม่ยีดอัด	Ø25 x 264	Stainless Steel	-	1
ชื่อที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขอแบบ	จำนวน
เขียนโดย	นายธนัชร คำสี	คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ภาคีฯ	วิศวกรรมอุตสาหการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา			
กลุ่ม	683130	เชียงใหม่			
ตรวจสอบ	อาจารย์ชวิต อินบูลูญ	ขนาดกระดาษ			
มาตรฐาน	ข้อขึ้นงาน	หมายเลขอแบบ	ขนาดกระดาษ	A4	
1 : 2	เพลตตอแม่ยีดอัด	-			



W ชื่อที่ เขียนโดย ภาคีฯ กลุ่ม ตรวจสอบ มาตรฐาน	แผ่นปิดโครงสร้าง รายการ นัยรัตน์ทร คำสี วิศวกรรมอุตสาหการ 683130 อาจารย์ชวิต อินบัญญู ชื่อผู้งาน 1 : 6	170 x 425 x 16 ขนาดวัสดุ วัสดุ หมายเลขอแบบ จำนวน	Aluminium วัสดุ หมายเลขอแบบ -	-	1
<b>คณะวิศวกรรมศาสตร์</b> <b>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา</b>					

ประวัติผู้จัดทำปริญญาในพนธ์

**ประวัติผู้จัดทำปริญญาภินิพนธ์**



ชื่อ	นายสุขานันต์ จิตจักร
ภาควิชา	ภาควิชาศิลปกรรมอุตสาหการ
วัน-เดือน-ปี เกิด	7/กรกฎาคม/2543
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	242/82 หมู่ 1 ตำบลโคกไทร อำเภอศรีเมือง จังหวัดปราจีนบุรี 25190
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ปีที่สำเร็จการศึกษา 2562 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี ปีที่สำเร็จการศึกษา 2564

**ประวัติผู้จัดทำปริญญาภินิพนธ์**



ชื่อ	นายธนภัทร คำสี
ภาควิชา	ภาควิชาศิวกรรมอุตสาหการ
วัน-เดือน-ปี เกิด	18/มีนาคม/2545
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลตรังร่วมแพทย์ 61/39 ถนนโคกขัน ตำบลทับเที่ยง อำเภอเมืองตรัง จังหวัดตรัง
ที่อยู่	132/352 หมู่ 2 ตำบลบางเสาธง อำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ 10570
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก อีเทค ปีที่สำเร็จการศึกษา 2562
	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก อีเทค ปีที่สำเร็จการศึกษา 2564

**ประวัติผู้จัดทำปริญญาภินพนธ์**



ชื่อ	นายธนวัฒน์ โพธิ์อาทัย
ภาควิชา	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
วัน-เดือน-ปี เกิด	24/เมษายน/2545
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลพระนครศรีอยุธยา 46 1 ถนนอู่ทอง ตำบลประตูชัย อําเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ที่อยู่	63 หมู่ 1 ตำบลพระจาม อําเภอพระมหาบุรี จังหวัดสิงห์บุรี 16120
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี ปีที่สำเร็จการศึกษา 2562 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี ปีที่สำเร็จการศึกษา 2564