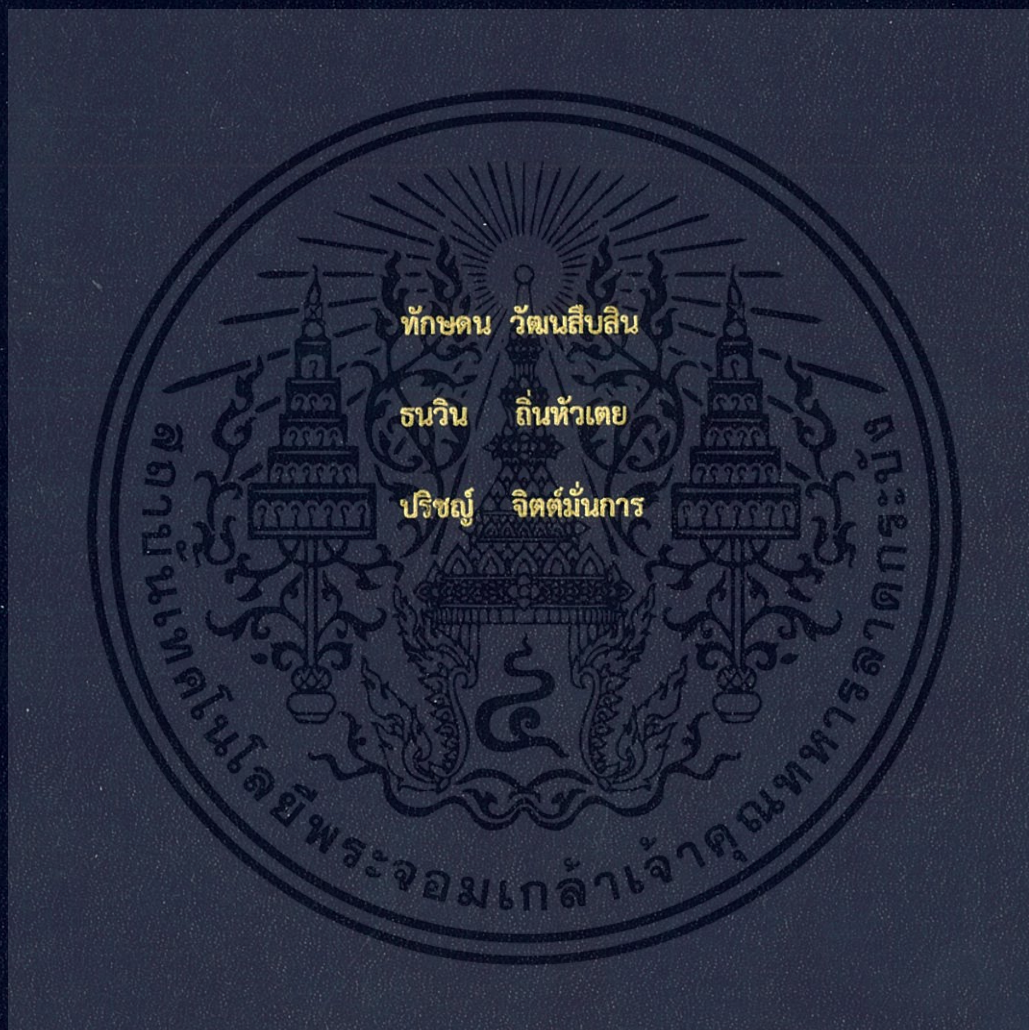


ออกแบบและสร้างเครื่องพับปากกระสอบบรรจุอาหารสัตว์สำหรับ
เครื่องจักรเย็บ

Design and Construction for the Sack Foldering Machine



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

ออกแบบและสร้างเครื่องพับปากกระสอบบรรจุอาหารสัตว์สำหรับ
เครื่องจักรเย็บ

Design and Construction for the Sack Foldering Machine



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and Construction for the Sack Foldering Machine



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2561

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ออกแบบและสร้างเครื่องพับปากกระสอบบรรจุอาหารสัตว์สำหรับเครื่องจักรเย็บ
Design and Construction for the Sack Folding Machine

ผู้จัดทำ

- 1.นายทักษดน วัฒนสีบสิน รหัสนักศึกษา 58010464
- 2.นายธนวิน ถิ่นหัวเตย รหัสนักศึกษา 58010519
- 3.นายปรีชญ์ จิตต์มันการ รหัสนักศึกษา 58010743



(ดร.บำรุง พวงเกิด)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบและสร้างเครื่องพับปากกระสอบบรรจุอาหารสัตว์สำหรับเครื่องจักรเย็บ

นายทักษดอน วัฒนสืบสิน 58010464

นายธนวิน ถิ่นหัวเตย 58010519

นายปรีชญ์ จิตต์มันการ 58010743

ดร.บำรุง พวงเกิด อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

เนื่องจากในยุคปัจจุบันมีการนำเครื่องจักรเข้ามาใช้มากขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ทางโรงงานจึงมีนโยบายใช้เครื่องจักรเข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานเพื่อเป็นการแบ่งเบาภาระของพนักงานในสายการบรรจุอาหารและเพิ่มความต่อเนื่องในการทำงาน ผู้จัดทำจึงมีการคิดค้นนวัตกรรมเครื่องพับปากกระสอบอัตโนมัติ ซึ่งในการออกแบบเครื่องพับปากกระสอบได้รับความอนุเคราะห์จากทางบริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) โดยการออกแบบได้คำนึงถึงลักษณะตาม ธรรมชาติของกระสอบเมื่อบรรจุอาหาร และเวลาการทำงานของเครื่องจักรให้มีความสอดคล้องกับระยะ พื้นที่การทำงานรวมถึงความเร็วของสายพานลำเลียงกับจักรเย็บปากกระสอบใช้โปรแกรม Solid Edge ออกแบบลักษณะตัวเครื่อง ขั้นตอนและระยะเวลาการทำงาน เขียนวงจรเพื่อนำไปสั่งการให้เครื่องพับปากกระสอบทำงานอัตโนมัติโดยใช้ PLC มีการทดสอบแรงที่กระสอบสามารถรับได้ก่อนเกิดการฉีกขาด ณ บริษัท นรินทรอินสทรูเมนต์ จำกัด เพื่อนำแรงที่ได้มาคำนวณหาความเหมาะสมของกระบอกกลมที่ใช้ได้รับคำแนะนำจากทางบริษัท เอส.เอ็ม.ซี. (ประเทศไทย) จำกัด และคำนวณปริมาณลมที่เครื่องจักรใช้ ผลการทดสอบที่ได้คือ เครื่องพับปากกระสอบสามารถพับปากกระสอบได้รูปทรงที่พร้อมเข้าเครื่องจักรเย็บ และกระสอบไม่มีความเสียหาย ความเร็วในการทำงานแต่ละรอบที่ได้มากกว่าการผลิตในปัจจุบัน

คำหลัก: เครื่องพับกระสอบ, เครื่องจักรอัตโนมัตินิวเมติกส์

Design and Construction for the Sack Foldering Machine

Taksadhon	Watthanasuebsin	58010464
Tanawin	Thinhuatoey	58010519
Prarit	Jittmarnkran	58010743

Dr.Bumroong Puangkird Advisor

Year 2561

ABSTRACT

Nowadays in the factory production line, the machines are in use more in order to facilitate and enhance manufacturing efficiency. To lighten the burden of employees in food packing line and increase the continuity in process, the planner has the innovation for automatic sack foldering machine. This work is sponsored by CPF. (Thailand) CO., LTD. The design characteristics concern the nature of sack when packing the food, range of process areas, including the speed of the conveyor belt. The model is of these characteristics is simulated by employing software Solid Edge. The Ladder diagram for working with PLC device is constructed to control machine movement. Tests of received force before sacks tearing are conducted at the Narin Instrument Co., Ltd. In order to find a pneumatic cylinder size used by the advice of agents from the SMC (Thailand) LTD and to calculate FAD (Free Air Delivery) of machine. The constructed in-house sack foldering machine can then be folded the sack in the formed that is ready to sew in the next step without any sack damage. Furthermore, each working cycle is in more speed than in the exist production line.

Keywords: Sack foldering machine, pneumatic in-house automation machine

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี โดยการประสิทธิ์วิชาจาก ดร.บำรุง พ่วงเกิด ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.อนุรัตน์ พิณโสภณ ดร.จิตรารัตน์ วงศางาม และรศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข ที่ช่วยให้คำแนะนำและความรู้ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณ เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณนายรัชชัย แสนยุติธรรม นายปรมินทร์ ปัดสา และนายวิชัย สืบขวัญ ที่มิวิศวรรทางบริษัท CPF ราชบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ คอยช่วยเหลือดูแล และให้คำปรึกษามาโดยตลอด

ขอขอบคุณนายศุภกร เอื้อปัญญาศิลา นางสาวสวรรยา เทียงดา และนางสาวพลอย สระพลอย สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำปรึกษา และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงาน

ขอขอบคุณทางบริษัท นรินทร์อินสทรูमेंท์ จำกัด ที่คอยสนับสนุนอุปกรณ์ในการทดสอบต่าง ๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณนางสาวปิยานี ศรีคำพงศ์ มารดาของนายปรีชญ์ จิตต์มันการ นายครรชิต วัฒนสีบสิน นางสุรีย์พร วัฒนสีบสิน บิดาและมารดาของนายทักษดน วัฒนสีบสิน นายศุภสิทธิ์ ถิ่นหัวเตย นางสุภารัตน์ ถิ่นหัวเตย บิดาและมารดาของนายธนวิน ถิ่นหัวเตย ที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุก ๆ เรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นายทักษดน วัฒนสีบสิน

นายธนวิน ถิ่นหัวเตย

นายปรีชญ์ จิตต์มันการ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....	1
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา.....	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ทฤษฎี.....	6
2.1.1 ชิ้นส่วนทางกล.....	6
2.1.2 คาน.....	11
2.1.3 กระบอกกลม.....	15
2.1.4 ระบบลมเคลื่อนที่แบบแกนหมุน.....	16
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18

บทที่ 3 การออกแบบเครื่องพับปากกระสอบ.....	19
3.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องพับปากกระสอบ	19
3.2 ขั้นตอนการสั่งการเครื่องจักร.....	20
3.3 ผลการทดลองของเครื่อง Universal Testing Machine	30
3.4 ลักษณะหน้าตาเครื่อง.....	32
3.5 การออกแบบทางกล.....	33
3.5.1 การคำนวณกลศาสตร์เครื่องจักรกล	33
3.5.2 จุดที่เสี่ยงต่อความเสียหาย	40
3.5.3 การคำนวณหา Bending Moment ของวัสดุ Stainless Steel.....	41
3.5.4 การคำนวณเพื่อเลือกกระบอกสูบลมที่เคลื่อนที่แนวตั้ง.....	45
3.5.6 การคำนวณก้านพับกระสอบ.....	47
3.5.7 การคำนวณที่ก้านกระบอกสูบสำหรับยึดก้านพับกระสอบโดยมี Rotary ที่ปลายสุด....	50
3.5.8 พิจารณาตอนกระบอกสูบเคลื่อนที่.....	51
3.6 คำนวณระบบลมที่เครื่องจักรใช้.....	51
3.6.1 การคำนวณอัตราการไหลลมของแต่ละอุปกรณ์.....	52
3.6.2 คำนวณความดันที่แต่ละอุปกรณ์ใช้	54
3.6.3 การคำนวณ FAD ของเครื่องพับปากกระสอบ.....	57
บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ.....	59
4.1 การทดสอบการทำงานของเครื่องพับปากกระสอบบรรจุอาหารสัตว์ก่อนเข้าเครื่องจักรเย็บ .	60
4.2 ผลการทดสอบเครื่องพับปากกระสอบ.....	61
บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ	64
5.1 สรุปผลการทดสอบ.....	64

5.2 ข้อเสนอแนะ	66
ภาคผนวก.....	67
อ้างอิง	71



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานเดือนสิงหาคม พ.ศ.2561 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561	3
1.2 แผนดำเนินงานเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ.2562.....	4
2.1 คุณสมบัติของหน้าตัดแสดงสูตรการหา Mass Moment of Inertia ของหน้าตัดต่าง ๆ	12
2.2 ตารางแสดงคุณสมบัติโดยทั่วไปของวัสดุ Stainless Steel	13
2.3 ค่าความปลอดภัยในการออกแบบโครงสร้างโดยทั่วไป (Factor of Safety General Design)..	14
3.1 สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในวงจร	24
3.2 ระยะเวลาต่าง ๆ ของแต่ละกระบอกสูบ	52
3.3 เงื่อนไขการทำงานของกระบอกสูบ	54
4.1 ผลการทดสอบเครื่องพ่นปากกระบอกที่ความดัน 4 บาร์	61



สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงกลไก 4 ก้านต่อโยง (Four Bar Linkage).....	7
2.2 แสดงรูปกลไกเลื่อนข้อเหวี่ยงแบบต่างระดับ (Offset Slider Crank).....	7
2.3 แสดงเวกเตอร์ความเร็วของ link 2 กับ link 4.....	8
2.4 แสดงเวกเตอร์ความเร่งของ link 2 กับ link 4.....	9
2.5 เครื่องพับปากกระสอบเดิม.....	18
2.6 เครื่องจักรบริเวณที่เกี่ยวข้องสาขาอื่น.....	18
3.1 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องพับกระสอบก่อนเข้าปากจักรเย็บ.....	19
3.2 Programmable Logic Controller (PLC).....	20
3.3 สวิตช์.....	20
3.4 Power Supply.....	20
3.5 วงจรนิวเมติก.....	21
3.6 Motion Diagram.....	22
3.7 Ladder Diagram ของวงจรนิวเมติก.....	23
3.8 วงจรที่ใช้ต่อกับ PLC.....	25
3.9 หรีด (Reed Switch).....	29
3.10 กล่องควบคุม (Control Box).....	29
3.11 เครื่องทดสอบ NRI และหน้าจอแสดงข้อมูลที่ได้.....	30
3.12 ตัวอย่างกระสอบที่ใช้ในการทดสอบ.....	30
3.13 ขณะที่เครื่องดึงทดสอบความแข็งแรงตรงบริเวณรอยต่อ (Seal).....	30
3.14 Load Cell ในการทดลอง และหน้าจอแสดงผลการทดลอง.....	31
3.15 กราฟแสดงค่าความสามารถทนแรงดึงได้ตรงบริเวณรอยต่อด้านขวา (Seal ขวา).....	31
3.16 กราฟแสดงค่าความสามารถทนแรงดึงได้ตรงบริเวณรอยต่อด้านซ้าย (Seal ซ้าย).....	32
3.17 แสดงโครงสร้างของเครื่องพับกระสอบ.....	32
3.18 แสดงเวกเตอร์ความเร็วของแต่ละ Link.....	33

3.19 แสดงเวกเตอร์ความเร่งของแต่ละ Link.....	35
3.20 แสดงเวกเตอร์ที่กระทำต่อแกน	37
3.21 แสดงเวกเตอร์แรงต่าง ๆ และมุมต่าง ๆ.....	38
3.22 แสดงขนาดเวกเตอร์โดยวิธี Graphical.....	40
3.23 แสดงเวกเตอร์ของแรงที่กระทำกับก้านตีกระสอบบนแกน X-Y	42
3.24 แสดง V-s Diagram ของที่กางปากกระสอบ.....	44
3.25 แสดง M-s Diagram ของที่กางปากกระสอบ.....	44
3.26 ผลการจำลองที่กางปากกระสอบด้วย Simscale	45
3.27 Specification ของกระบอกลมด้วยกและค่าแรงที่กระบอกลมทำได้.....	46
3.28 Specification ของ Rotary	47
3.29 แสดงลักษณะของก้านพับกระสอบและแรงที่เกี่ยวข้อง	48
3.30 ผลการจำลองก้านพับกระสอบด้วย Simscale.....	49
3.31 เวกเตอร์แรงที่กระทำที่ก้านกระบอกลมตัวอื่น.....	50
3.32 Specification ของกระบอกลมตัวยึด.....	51
4.1 เครื่องพับปากกระสอบ.....	59
4.2 ลักษณะปากกระสอบเมื่อมีการทดสอบพับ.....	60
4.3 ความดันที่โรงงานผลิตได้จาก Compressor.....	61
4.4 ความดันจากเกวืดที่ใช้ทดสอบ.....	61
4.5 Air Regulator ที่ความดัน 4 บาร์.....	61
ก.1 ส่วนประกอบที่กางปากกระสอบ.....	68
ก.2 ส่วนประกอบที่พับปากกระสอบ	68
ก.3 ส่วนประกอบที่กั้นเพื่อช่วยในการพับปากกระสอบ	69
ก.4 ส่วนประกอบตัว Stopper ช่วยกันให้กระสอบหยุดที่ตำแหน่งทำงาน	69
ก.5 ก้านพับปากกระสอบ	70
ก.6 ตัวยึด Rotary	70
ก.7 กางปากกระสอบให้ตั้ง	70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากการผลิตในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ CPF ณ ขณะนี้มีนโยบายการเพิ่มผลผลิตให้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ คืออยู่ที่ 270 ตันต่อวัน แต่ผลที่ได้ตอนนี้เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 240 ตันต่อวัน ซึ่งจากการสังเกตขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ พบว่าปัญหาที่ส่งผลให้การทำงานนั้นขาดความต่อเนื่องที่สุดคือการที่คนงานหยุดไลน์การผลิตเนื่องจากต้องเดินออกไปจากหน้าที่ของตนด้วยสาเหตุบางประการ เช่น การเตรียมกระบอบเพื่อรอการบรรจุอาหาร ซึ่งกระบอบที่บรรจุเสร็จเพื่อตรวจสอบดูปริมาณว่าถูกต้องหรือไม่ ไปจนถึงการดูแลเครื่องจักรในไลน์การผลิตนั้นที่ทำงานขัดข้อง ซึ่งที่กล่าวมานั้นเป็นหน้าที่ที่พนักงานต้องทำเพื่อให้กระบวนการผลิตสามารถดำเนินต่อไปได้

หัวข้องานวิจัยนี้เป็นการออกแบบเครื่องจักรระบบอัตโนมัติ วัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความต่อเนื่องในการผลิตโดยการแทนที่พนักงานที่ทำหน้าที่พับปากกระบอบ เพื่อให้พนักงานสามารถทำหน้าที่ที่กล่าวมาข้างต้นได้โดยไม่ต้องหยุดไลน์การผลิต และการใช้เครื่องจักรมาแทนพนักงานนั้น ช่วยลดการเกิดผลกระทบจากการทำงานได้เช่น การปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ปัญหาระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อสร้างเครื่องพับปากกระบอบให้สามารถพับกระบอบได้เหมือนกับที่คนพับ ได้รูปทรงของปากกระบอบที่พับตามที่โรงงานต้องการ โดยระยะที่พับลงมาประมาณ 9 เซนติเมตร และมีรอยพับที่เรียบเสมอกันตลอดแนวพับ ซึ่งต้องทำงานได้ภายใต้เงื่อนไขเรื่องเวลากับพื้นที่ที่จำกัด และมีความต่อเนื่องในการทำงาน

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

สิ่งที่คาดการณ์ไว้คือการที่เครื่องนี้สามารถทำงานได้จริงเป็นที่น่าพอใจ มีประสิทธิภาพคุ้มค่า และช่วยเพิ่มความสะดวกในการทำงานให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

มีการเดินทางไปโรงงานผลิตอาหารสัตว์บก CPF ที่จังหวัดราชบุรี เพื่อดูหน้างานจริงพูดคุยถึงความเป็นไปได้กับพี่วิศวกรที่โรงงาน เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ทั้งขนาดกระสอบ ระยะทำงาน และเวลาการทำงานต่าง ๆ ที่เครื่องจักรต้องทำ โปรแกรมสำหรับสั่งการให้เครื่องจักรทำงานตามขั้น ตอนที่ต้อง การ รวมถึงปัจจัยภายนอก ไม่ว่าจะเป็นแรงภายนอกที่เครื่องจักรกระทำต่อตัวกระสอบ ซึ่งเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ได้มาจำเป็นสำหรับการคำนวณเพื่อหาขนาดของกระบอกลมที่เป็นอุปกรณ์ ให้เกิดงานทางกลขึ้น นอกจากนี้เพื่อให้ทราบถึงจุดที่กระสอบอาจเกิดความเสียหายได้เนื่องจากแรง ภายนอกที่กำหนดจึงมี การทดสอบความแข็งแรงของกระสอบเพิ่มเติม ณ บริษัท Narin Instrument เป็นต้น

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

ในการออกแบบเครื่องพับปากกระสอบ ได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็นสองช่วงโดยช่วงแรกคือ ในช่วงเดือน สิงหาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 ได้มีการเดินทางไปปรึกษาปัญหาเกี่ยวกับทาง ที่มิวิศวกรของโรงงานผลิตอาหารสัตว์บก CPF ที่จังหวัดราชบุรี เพื่อขอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องพับปากกระสอบนี้ นำข้อมูลที่ได้มาปรึกษาปัญหากับอาจารย์ที่ปรึกษา หลังจากนั้นได้มีการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องจักรเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องพับปาก กระสอบ ในการออกแบบเครื่องพับปากกระสอบได้มีการสร้างชุดทดสอบการเคลื่อนที่เพื่อดูกลไกการ เคลื่อนที่ของเครื่องที่ได้ออกแบบ และมีการปรับแก้แบบที่ได้ทำการออกแบบครั้งแรกเพื่อให้ได้กลไกที่ เหมาะสมกับการทำงานได้มีการนำถุงกระสอบบรรจุของโรงงานมาทดสอบความแข็งแรงของรอยต่อ กระสอบและทดสอบหาแรงที่กระทำกับปากกระสอบ หลังจากนั้นนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ เครื่องจักรมาคำนวณหาความแข็งแรง และหาขนาดกระบอกสูบ เมื่อคำนวณหาทุกอย่างครบแล้วได้นำ ข้อมูลที่ได้ไปปรึกษากับตัวแทนจำหน่ายกระบอกสูบเพื่อเลือกกระบอกสูบให้ตรงตามที่ได้คำนวณ และกลไกที่ได้ออกแบบไว้ หลังจากนั้นส่งรายการอุปกรณ์ให้ทางที่มิวิศวกรของโรงงานดำเนินการสั่งซื้อเพื่อนำมาสร้างเครื่องพับปากกระสอบ ทำการจัดทำรายงานปริญญานิพนธ์ และสอบปริญญานิพนธ์ ช่วงระยะเวลาในการดำเนินงานดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานเดือนสิงหาคม พ.ศ.2561 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561

การดำเนินงาน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ปรึกษาปัญหาเกี่ยวกับทางวิศวกรโรงงาน	→																			
2. ปรึกษาปัญหาเกี่ยวกับอาจารย์ที่ปรึกษา		→																		
3. ค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง			→																	
4. ออกแบบเครื่อง				→																
5. สร้างชุดทดสอบการเคลื่อนที่					→						→									
6. ออกแบบเครื่องใหม่								→												
7. ทดสอบความแข็งแรงของรอยต่อ กระสอบ									→											
8. ทดสอบหาแรงที่กระทำกับปากกระสอบ										→										
9. ปรึกษากับตัวแทนจำหน่ายลูกสูบ											→									
10. คำนวณความแข็งแรงและขนาดลูกสูบ												→								
11. จัดทำรายงานปริญญานิพนธ์													→							
12. สอบปริญญานิพนธ์																			→	

ช่วงหลังคือเดือน ธันวาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2562 ทางทีมวิศวกรของโรงงาน จัดหาสิ่งซื้ออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับสร้างเครื่องพับปากกระสอบ หลังจากอุปกรณ์ที่ได้สั่งซื้อมาครบได้เริ่ม ดำเนินการสร้างเครื่องพับปากกระสอบ ในระหว่างการสร้างเครื่องพับปากกระสอบได้มีการปรับแก้ไข แบบโครงสร้างในส่วนตรงตัวที่กางกระสอบเพื่อต่อการติดตั้ง หลังจากสร้างเครื่องพับปากกระสอบ เสร็จได้ทำการทดสอบการทำงาน ปรับการทำงานของอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับการทำงานใน ไลน์การผลิตวิเคราะห์ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องพับปากกระสอบ สรุปผลที่ได้จากการทดสอบและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อภิปรายผล จัดทำรายงานปฏิญาณนิพนธ์สอบปฏิญาณนิพนธ์ ส่งรายงานปฏิญาณนิพนธ์ ฉบับสมบูรณ์
 ระยะเวลาในการดำเนินงานดังแสดงในตาราง 1.2

ตารางที่ 1.2 แผนดำเนินงานเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ.2562

การดำเนินงาน	ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม				มิถุนายน							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. จัดหาสิ่งซื้ออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับสร้างเครื่องฟักปากกระสอบ																																
2. สร้างเครื่องฟักปากกระสอบ																																
3. แก้ไขแบบโครงสร้าง																																
4. ทดสอบเครื่องฟักปากกระสอบ																																
5. ปรับการทำงานของอุปกรณ์ให้เหมาะสม																																
6. วิเคราะห์ผลการทดสอบการทำงาน ของเครื่องฟักปากกระสอบ																																
7. สรุปผลและอภิปราย																																
8. จัดทำรายงานปฏิญาณนิพนธ์																																
9. สอบปฏิญาณนิพนธ์																																
10. ส่งรายงานปฏิญาณนิพนธ์ฉบับสมบูรณ์																																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้

เราคาดหวังว่าเครื่องที่ออกแบบนี้สามารถพบปากกระสอบบรรจุอาหารได้ตามที่ต้องการ กระสอบไม่เสียหาย ตัวเครื่องมีความแข็งแรง ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และหวังอย่างยิ่งว่าทาง โรงงานผลิตอาหารสัตว์บก CPF ที่จังหวัดราชบุรี สามารถขยายผลโครงการนี้พัฒนา และต่อยอดตัวเครื่องต้นแบบที่ได้ต่อไปในอนาคต เพื่อช่วยเพิ่มกำลังการผลิตในหลาย ๆสายการผลิต ทั้งในโรงงานและโรงงานอื่น ๆในเครือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีตั้งแต่เริ่มต้นศึกษาค้นคว้าข้อมูล วิธีการทำงานและการออกแบบเครื่อง พับปากกระสอบ การทดสอบบางอย่างเพื่อหาค่าตัวแปรเริ่มต้นในการคำนวณ รวมไปถึงตัวอย่างเครื่องจักรที่นำมาเป็นแนวทางในการออกแบบการทำงานของเครื่อง ซึ่งในการศึกษาการทำงานโครงการนี้ เกี่ยวกับการออกแบบเครื่องพับปากกระสอบมีหัวข้อดังนี้

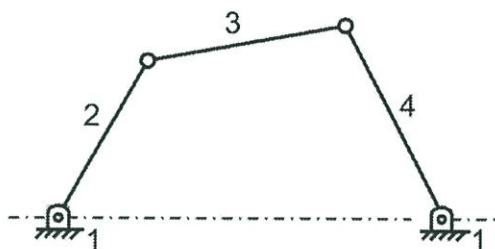
2.1 ทฤษฎี

การออกแบบโครงสร้างของเครื่องได้มีการคำนึงถึงปัจจัยข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ โดยจากการสังเกตพบวก่อนที่ปากกระสอบพับลงมาได้รูปทรงที่ต้องการ จำเป็นต้องวางปากกระสอบให้ตั้งเสถียรก่อน รวมไปถึงข้อจำกัดของพื้นที่ในการติดตั้ง ระยะการติดตั้งที่เครื่องพับปากกระสอบทำงาน มีระยะประมาณ 1.2 เมตร ด้วยพื้นที่ที่จำกัดนี้เราจึงพยายามออกแบบให้เครื่องมีความกะทัดรัดรูปทรงเรียบง่าย และเนื่องด้วยสายพานที่มีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา เพื่อคงความสามารถในการทำงานไว้ จึงออกแบบตัว Stopper เพิ่มเติมเพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของกระสอบบรรจุอาหาร ณ ช่วงเวลาหนึ่งเพื่อประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรที่ดีและทันกับเวลาที่กระสอบใบใหม่เข้ามา

2.1.1 ชิ้นส่วนทางกล

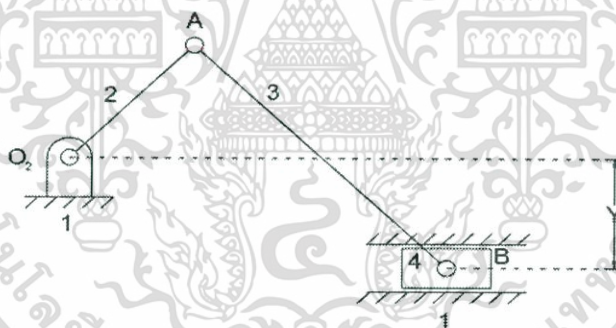
การต่อชิ้นส่วนทางกลเป็นกลไกที่สามารถส่งแรงหรือการเคลื่อนที่ได้ ในการออกแบบโครงสร้างตรงบริเวณที่วางปากกระสอบให้ตั้งนั้นอาศัยการเคลื่อนที่ของลูกสูบโดยใช้ลมเป็นตัวดันให้เกิดการเคลื่อนที่ของกลไกต่อโยงพื้นฐานหรือกลไก 4 ก้านต่อโยง (Four Bar Linkage) ซึ่งกลไกนี้เป็นกลไกที่พบบ่อย เช่น ใช้เป็นกลไกที่ปิดน้ำฝนในรถยนต์ กลไกบังคับเลี้ยวของรถ เป็นต้น กลไกสี่ก้านต่อโยงประกอบไปด้วยชิ้นส่วน 4 ชิ้น ซึ่งต่อกันด้วยข้อต่อเป็นรูปปิดและมีการเคลื่อนที่ที่สัมพันธ์กัน ดังรูปที่

2.1



รูปที่ 2.1 แสดงกลไก 4 ก้านต่อโยง (Four Bar Linkage)

เหตุผลที่เลือกกลไกประเภทนี้เนื่องจากสามารถปรับกลไกให้มีความสอดคล้องคล้ายกับการเคลื่อนที่ของแขนที่มีข้อต่อ และกลไกนี้ยังเคลื่อนที่ได้หลายทิศทางอีกด้วย ซึ่งได้มีการปรับใช้กลไก 4 ก้านต่อโยง โดยแทนคู่สัมผัสแบบหมุนคู่หนึ่งด้วยคู่สัมผัสแบบเลื่อนไถล เรียกกกลไกแบบนี้ว่า กลไกเลื่อนข้อเหวี่ยง (Slider-Crank Mechanism) ทำให้กลไกนี้สามารถเลื่อน ตำแหน่งไปด้วยและหมุนไปด้วยได้ แต่เนื่องจากกลไกที่เราออกแบบระดับของ link 1 ต่างกัน จึงเรียกว่า Offset Slider Crank ดังรูปที่ 2.2 ส่งผลให้ link 4 ข้างลงเล็กน้อย



รูปที่ 2.2 แสดงรูปกลไกเลื่อนข้อเหวี่ยงแบบต่างระดับ (Offset Slider Crank)

การศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในลักษณะต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กันของชิ้นส่วนของกลไกรวมกัน เป็นหลักการทำงานของกลไกและความสามารถในการเคลื่อนไหวของกลไก (Mobility) ที่มีระดับความเป็นอิสระในการเคลื่อนไหว (Degree of Freedom, DOF) ที่กลไกมีอยู่โดยทำการศึกษาจากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

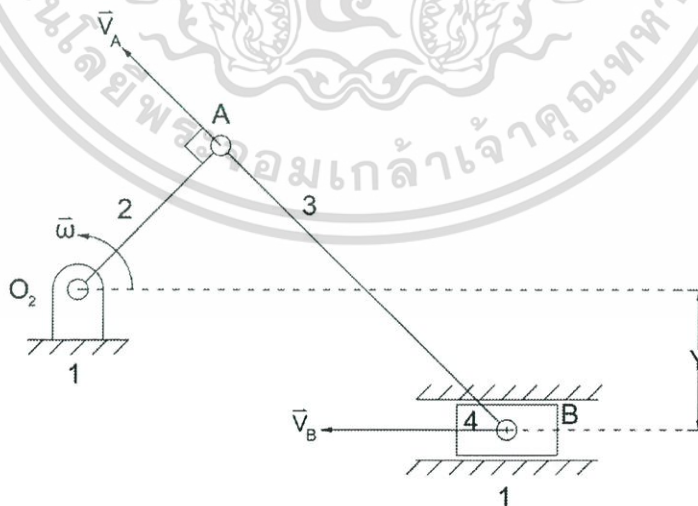
$$M = 3(n-1) - 2f_1 - f_2 \quad (2.1)$$

- เมื่อ M คือ จำนวน DOF
- n คือ จำนวนก้านต่อเชื่อมของกลไก
- f_1 คือ จำนวน Joint ที่มี DOF = 1
- f_2 คือ จำนวน Joint ที่มี DOF = 2

ซึ่งจำนวน DOF ที่เกิดขึ้นบอกถึงจำนวนการเคลื่อนที่อย่างอิสระของกลไกการเคลื่อนที่

ในการวิเคราะห์หาความเร็วของกลไกต่าง ๆ มักใช้รูปแทนกลไกเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.3 ขึ้นต่อยังอยู่สองส่วน คือ OA และ AB ตรงการเคลื่อนที่แบบหมุน จุดหมุนอยู่ที่จุด O และตรงการเคลื่อนที่แบบเลื่อน อยู่ตรงจุด B ดังนั้นกลไกนี้ สามารถเคลื่อนตำแหน่งและเคลื่อนที่ไปพร้อม ๆ กันได้ วิธีการวิเคราะห์ความเร็วสามารถทำได้จากวิธีความเร็วสัมพันธ์ เป็นวิธีที่ใช้ได้ทั้งการเขียนภาพและคำนวณ แต่เราใช้วิธีการคำนวณ เนื่องจากเป็นวิธีการที่มีความแม่นยำมากกว่าการใช้การเขียนภาพ

วิธีการวิเคราะห์ความเร็วด้วยวิธีความเร็วสัมพันธ์ทำได้โดย



รูปที่ 2.3 แสดงเวกเตอร์ความเร็วของ link 2 กับ link 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.3 นำมาใช้ประกอบการคำนวณเพื่อหาขนาดความเร็วจากสมการ

$$\vec{v} = \vec{R} \times \vec{\omega} \quad (2.2)$$

เมื่อ \vec{v} คือ เวกเตอร์ความเร็ว (m/s)

$\vec{\omega}$ คือ เวกเตอร์ความเร็วเชิงมุมที่เกิดจากการหมุนไป (rad / s)

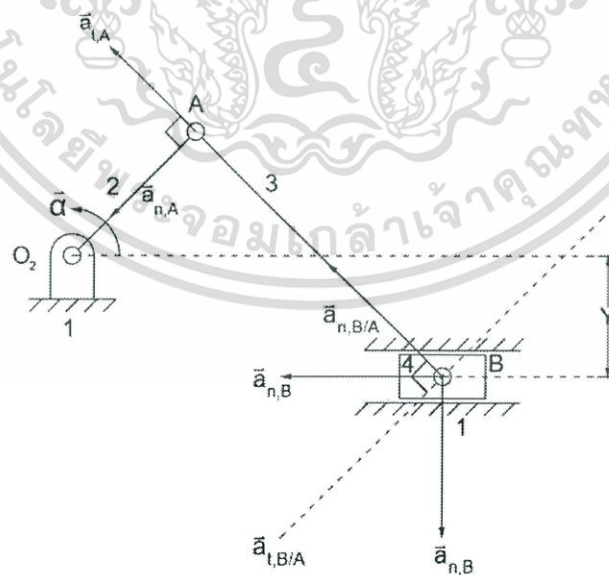
กำหนดให้ ทิศตามเข็มนาฬิกา (Clockwise) มีเครื่องหมายเป็น ลบ

ทิศทวนเข็มนาฬิกา (Counterclockwise) มีเครื่องหมายเป็น

บวก

\vec{R} คือ เวกเตอร์ความยาวของแกนตั้งแต่เวกเตอร์ความเร็วถึงจุดหมุน (m)

วิธีการวิเคราะห์ความเร่งมีวิธีคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์หาความเร็ว



รูปที่ 2.4 แสดงเวกเตอร์ความเร่งของ link 2 กับ link 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 นำมาใช้ประกอบการคำนวณเพื่อหาขนาดความเร่งจากสมการ

$$\vec{a}_n = \vec{v} \times \vec{\omega} \quad (2.3)$$

เมื่อ \vec{a}_n คือ เวกเตอร์ความเร่งที่อยู่บนแกน มีทิศพุ่งเข้าหาจุดอ้างอิง (m/s^2)

$\vec{\omega}$ คือ เวกเตอร์ความเร็วเชิงมุมที่เกิดจากการหมุนไป (rad/s)

\vec{v} คือ เวกเตอร์ความเร็ว (m/s)

และ

$$\vec{a}_t = \vec{R} \times \vec{\alpha} \quad (2.4)$$

เมื่อ \vec{a}_t คือ เวกเตอร์ความเร่งแนวสัมผัสวงกลม (m/s^2)

$\vec{\alpha}$ คือ ความเร่งเชิงมุมที่เกิดจากการหมุน (rad/s^2)

\vec{R} คือ เวกเตอร์ความยาวของแกนตั้งแต่เวกเตอร์ความเร็วถึงจุดหมุน (m)

วิธีการวิเคราะห์แรง

โดยใช้ความสัมพันธ์ของแรงปฏิกิริยาระหว่างแกนที่เกิดจากแรงภายนอกกระทำ ใช้หลักสมดุลในโครงสร้างภายในเพื่อหาแรงภายในของแต่ละแกน จากสมการ

$$\sum F_x = 0 \quad (2.5)$$

$$\sum F_y = 0 \quad (2.6)$$

$$\sum M = 0 \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\vec{T} = \vec{R} \times \vec{F} = I \times \vec{\alpha} \quad (2.8)$$

เมื่อ \vec{T} คือ แรงบิดหรือทอร์ก เป็นปริมาณของแรงที่ต้องใช้ในการหมุน ($N \cdot m$)

\vec{F} คือ แรง (N)

\vec{R} คือ ระยะที่ตั้งฉากระหว่างแนวแรงกับจุดหมุน (m)

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย หรือ Mass Moment of Inertia

โดย I เป็นปริมาณที่บอกความเฉื่อยในการหมุนของวัตถุ ที่พยายามรักษาสภาพเดิมของการหมุนเอาไว้รอบแกนของการหมุน

2.1.2 คาน

การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลจำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางด้านกลศาสตร์วัสดุและพลศาสตร์วัสดุ มาประกอบร่วมกันซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงาน การใช้งาน เนื่องจากชิ้นส่วนจักรกลจำนวนมากรับแรงในแนวตั้งลักษณะ เช่นเดียวกับคานทั่วไป จึงใช้ความเค้นดัด (Bending Stress) เป็นข้อจำกัดในการออกแบบ ความเค้นดัดสูงสุดเกิดที่ผิวนอกสุดของคาน ณ ตำแหน่งที่โมเมนต์ดัด (Bending Moment) มีค่าสูงสุดซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_d = \frac{Mc}{I_x} \quad (2.9)$$

โดยที่ σ_d คือ ความเค้นที่ใช้ออกแบบหรือความเค้นอนุญาต (σ_{all} : Allowable Stress) (N/m^2)

M คือ โมเมนต์ดัดที่กระทำกับคาน ($N \cdot m$)

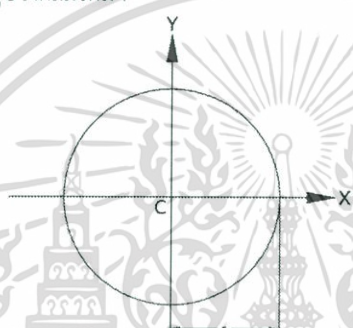
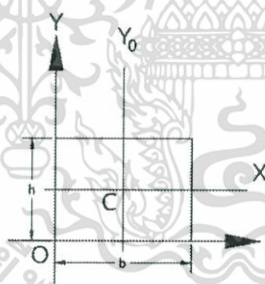
c คือ ระยะแกนสะเทิน (Neutral Axis) ไปยังผิวนอกสุด (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I_x คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่หน้าตัดคานรอบแกนสะเทิน (Neutral Axis, N-A) (m^2)

สำหรับหน้าตัดบางชนิด ค่า I_x ดูได้จากตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของหน้าตัดแสดงสูตรการหา Mass Moment of Inertia ของหน้าตัดต่าง ๆ

รูปทรงเรขาคณิต	สูตร
1. รูปวงกลมรัศมี r 	$I_{ox} = \frac{\pi r^4}{4}$ $I_{oy} = \frac{\pi r^4}{4}$
2. สี่เหลี่ยมผืนผ้า 	$I_{ox} = I_{oy} = \frac{bh^3}{12}$ $I_x = I_y = \frac{1}{3}bh^3$

ทางที่วิศวกรของโรงงานได้แนะนำว่าตัวโครงสร้างที่มีการเคลื่อนที่และขึ้นส่วนที่มีความใกล้ชิดกับอาหารควรใช้เป็นวัสดุสแตนเลสหรือเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) ที่ไม่เป็นสนิมเนื่องจากมีฟิล์มโครเมียมออกไซด์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง โครเมียม (Cr) กับออกซิเจนเคลือบบาง ๆ บนผิวเพื่อป้องกันการเกิดสนิม จากการค้นคว้า ตระกูลของสแตนเลสที่นิยมใช้ในงานโครงสร้างคือ Series 300 ตระกูลออสเทนนิติก ซึ่งเราเลือกเป็น Stainless Steel 304 มีคุณสมบัติไม่เป็นสนิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทนต่อการกัดกร่อนสูงสามารถขึ้นรูปเย็นเชื่อมได้ดี[11][12] และมีคุณสมบัติด้านความความแข็งแรง ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงคุณสมบัติโดยทั่วไปของวัสดุ Stainless Steel [10]

Grade	YS(Mpa)≥	TS(Mpa)≥	EI(%)≥	Hardness(HV)≤
304	200	520	50	165-175

ความเค้นที่ใช้ออกแบบ สามารถหาได้จากสมการ

$$\sigma_d = \frac{\sigma_y}{N}$$

(2.10)

โดยที่ σ_d คือ ความต้านทานแรงดึงครากของวัสดุ (N/m^2)

N คือ ค่าความปลอดภัย (ค่าความปลอดภัย; Factor of Safety)

ความเค้นเฉือนที่ใช้ออกแบบ สามารถหาได้จากสมการ

$$\tau = \frac{3V_{\max}}{2A}$$

(2.11)

โดยที่ τ คือ ความเค้นเฉือน (Shear Stress) (N/m^2)

V คือ แรงเฉือนในเนื้อวัสดุ (N)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของเนื้อวัสดุ (Surface Area) (m^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความปลอดภัย[6] หมายถึง ค่าเผื่อไว้สำหรับการออกแบบเพื่อป้องกันไม่ให้แรงหรือกำลังต่าง ๆ ที่มากระทำกับชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลมากเกินไปกว่ากำลังที่ชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลรับได้ จึงนำเอาค่าความปลอดภัยที่เหมาะสมกับเครื่องพับปากกระสอบมาคำนวณหาค่าความต้านทานแรง ดึงคราก (ค่าที่ทำให้วัสดุเริ่มเปลี่ยนรูปไป) เพื่อให้ได้ความเค้นใช้งานของชิ้น ส่วนที่กำลังออกแบบ หรือก็คือความเค้นออกแบบ (Design stress) ซึ่งเป็นความเค้นใช้งาน ค่าความปลอดภัยขึ้น กับปัจจัยหลายอย่างสามารถดูค่าความปลอดภัย (factor of safety) ได้จากตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าความปลอดภัยในการออกแบบโครงสร้างโดยทั่วไป (Factor of Safety General Design)

การนำไปใช้	Factor of safety (FOS)
สำหรับวัสดุที่มีความน่าเชื่อถือสูงโดยที่โหลดและเงื่อนไขสภาพแวดล้อมไม่เข้มงวด และน้ำหนักเป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณา	1.3 ถึง 1.5
สำหรับวัสดุที่มีความน่าเชื่อถือที่โหลดและเงื่อนไขสภาพแวดล้อมไม่เข้มงวด	1.5 ถึง 2
สำหรับวัสดุธรรมดาที่โหลดและเงื่อนไขสภาพแวดล้อมไม่เข้มงวด	2 ถึง 2.5
สำหรับวัสดุเปราะที่โหลดและเงื่อนไขสภาพแวดล้อมไม่เข้มงวด	2.5 ถึง 3
สำหรับวัสดุที่มีคุณสมบัติไม่น่าเชื่อถือ โหลดและเงื่อนไขสภาพแวดล้อมไม่เข้มงวด หรือวัสดุที่น้ำหนักหรืออายุการใช้งานสำคัญ	3 ถึง 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 กระบอกลม

พลังงานที่ทำให้กลไกเคลื่อนที่ได้เราใช้เป็นพลังงานจากระบบลม (Pneumatic System) เนื่องจากโครงสร้างของเครื่องจักรที่ออกแบบมีขนาดไม่ใหญ่มาก เหมาะกับระบบ Pneumatic ที่ใช้กับงานที่ภาระน้อย ๆ และระบบ Pneumatic เป็นพลังงานหลักที่ใช้กับเครื่องจักรอื่น ๆ ในโรงงานอยู่เต็มแล้ว

จากการคำนวณแรงในการตีในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งต้องสอดคล้องกับความเร็วของกระบอกลมเพื่อให้กระบอกลมสามารถส่งกำลังไปให้กับที่งานให้ทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด ในการคำนวณนี้ได้มาซึ่งขนาดของกระบอกลมและความดันที่ใช้จริง เมื่อได้ขนาดกระบอกลมแท้จริงและเกิดความคุ้มค่าที่สุด สามารถหาได้จากสมการ

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.12)$$

เมื่อ P คือ ความดันภายในกระบอกลม (kPa)
 F คือ แรงสุทธิที่กระบอกลมดันได้ (N)
 A คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกลมที่ใช้ (m^2)

และอัตราการไหลของลมหาได้จาก สมการ

$$Q = V \cdot A \quad (2.13)$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหลของของไหล (m^3/s)

V คือ ความเร็วลม (m/s)

2.1.4 ระบบลมเคลื่อนที่แบบแกนหมุน

กระบอกสูบชนิดนี้เมื่อจ่ายลมอัดเข้าภายในก้านสูบเกิดการหมุนไปมาได้แต่ไม่สามารถหมุนรอบตัวมากกว่า 360 องศาได้ สามารถควบคุมการหมุนได้ทั้งสองทิศทาง คือ ตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา ในการเลือกใช้งานสามารถกำหนดมุมในการกวาดด้วยการปรับตั้งสลักที่ฐานหมุนโดยใช้สมการ

$$POWER = P \cdot Q = T \cdot \omega \quad (2.14)$$

เมื่อ P คือ ความดันภายในกระบอกสูบ (kPa)
 Q คือ อัตราการไหลของของไหล (m^3/s) $= N \cdot V_d$
 N คือ รอบต่อนาที (rev/min)
 V_d คือ displacement volume (cm^3/rev)
 T คือ Torque หรือแรงบิด ที่ใช้ในการหมุน ($N \cdot m$)
 ω คือ เวกเตอร์ความเร็วเชิงมุมที่เกิดจากการหมุนไป (rad/s)

จากสมการ

$$T = F \cdot s \quad (2.15)$$

เมื่อ F คือ แรงที่กระทำในแนวตั้งฉากจากจุดหมุน (N)
 s คือ ระยะจากแนวแรงถึงจุดหมุน (m)

จากสมการ

$$Q = N \cdot V_d \quad (2.16)$$

เมื่อ N คือ ความเร็วรอบในการหมุน ($rev/min : rpm$)

V_d คือ Displacement Volume ปริมาตรทั้งหมด (cm^3 / rev)

การเลือกขนาดและชนิดของกระบอกลม Pneumatic และ Rotary ได้มีการนัดไปพูดคุยปรึกษากับ Supplier ของทางบริษัท SMC ที่โรงงาน CPF โดย รายละเอียด ต่าง ๆ อ้างอิง จากระยะทำงานของกระบอกสูบในการเลือก Stroke และการคำนวณในการเลือกขนาด ของกระบอกหรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง(Bore)

การหาการส่งอากาศอิสระ (Free Air Delivery, FAD) เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณลมที่ใช้ในเครื่องปั๊มปากกระสอบ ซึ่งหาได้จากสมการ

$$P_{FAD} Q_{FAD} = P_{work} Q_{work} \quad (2.17)$$

เมื่อ P_{FAD} คือ ความดันที่กำหนด (kPa)

P_{work} คือ ความดันที่แต่ละกระบอกสูบใช้งาน (kPa)

Q_{FAD} คือ อัตราการไหลที่เครื่องปั๊มปากกระสอบต้องการ (m^3 / s)

Q_{work} คือ อัตราการไหลที่แต่ละกระบอกสูบต้องใช้ (m^3 / s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาวัตถกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้ศึกษาเพิ่มเติมจากเครื่องจักรที่ทางโรงงานเคยใช้เมื่อนานมาแล้ว (รูปที่ 2.5) ถึงแม้ในการค้นคว้าเพิ่มเติมมีหลายโรงงานที่นิยมใช้เครื่องประเภทนี้ แต่เนื่องจากการทำงานของเรื่องพับนี้จำเป็นต้องให้คนดึงปากกระสอบให้ตึงแล้วค่อยนำเข้าเครื่องพับ เราจึงเปลี่ยนรูปแบบลักษณะการพับใหม่ โดยศึกษาจากเครื่องที่ ติดตั้งในไลน์การผลิตที่ 5 ของโรงงาน CPF มาสร้างแนวความคิดเพิ่มเติม แต่เนื่องจากพื้นที่ทำงานที่กำลังทำอยู่มีพื้นที่จำกัดไม่เหมาะสมกับรูปแบบการทำงานของเครื่องผลิตที่ 5 จึงไม่เหมาะสม และตัวอย่าง สุดท้าย (รูปที่ 2.6) เป็นเครื่องที่ประจำอยู่ที่สาขาอื่น ซึ่งมีการทำงานที่ดีและน่าสนใจแต่ไม่ได้ มีขั้นตอนการพับปากกระสอบตามที่ต้องการ และระบบที่ใช้กางปากกระสอบไม่ได้ออกแบบมาให้ดีพอ จึงเกิดปัญหากระบอกลม ทำงานไม่สัมพันธ์กับการตีแต่ทั้งหมดที่กล่าวมาถือเป็นต้นแบบและข้อมูล ที่ใช้ในการออกแบบได้เป็น อย่างดี



รูปที่ 2.6 เครื่องพับปากกระสอบเดิม



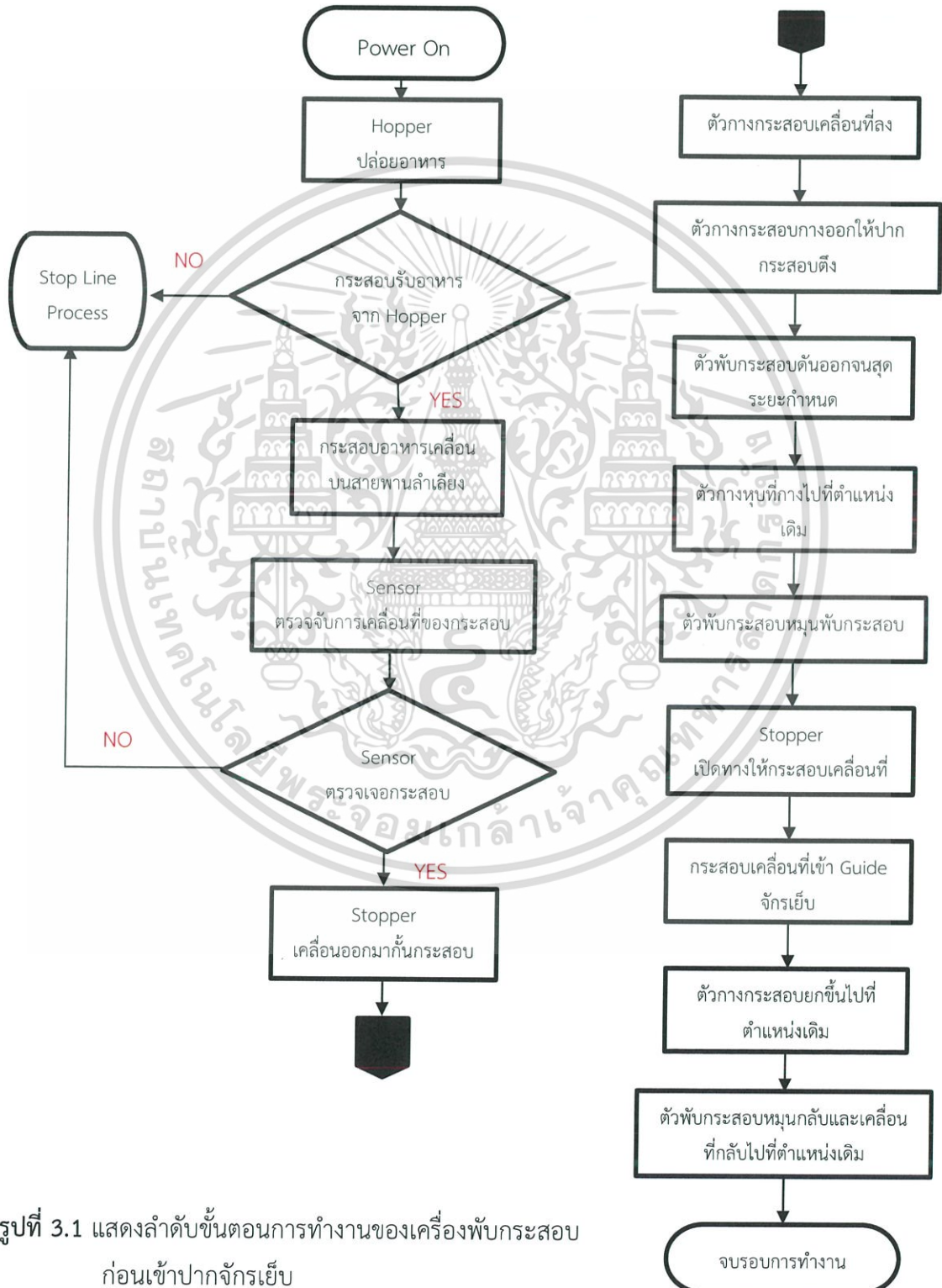
รูปที่ 2.5 เครื่องจักรบริเวณที่เกี่ยวข้องสาขาอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบเครื่องพับปากกระสอบ

3.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องพับปากกระสอบ



รูปที่ 3.1 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องพับกระสอบ ก่อนเข้าปากจักรเย็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานโดยรวมของเครื่องพับปากกระสอบในรูปที่ 3.1 นั้นมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง กระสอบรับอาหารจากเครื่องปล่อยอาหาร (Hopper) ถ้ากระสอบไม่ได้รับอาหารจากเครื่องปล่อยอาหารไลน์การผลิตหยุดทำกระบวนการต่อ ถ้ากระสอบได้รับอาหารกระสอบอาหารเคลื่อนที่ต่อบนสายพานลำเลียง

ขั้นตอนที่สอง เซ็นเซอร์ (Sensor) ตรวจจับกระสอบอาหารที่เคลื่อนที่บนสายพานลำเลียงก่อนถึงตำแหน่งของเครื่องพับปากกระสอบ ถ้าเซ็นเซอร์ตรวจไม่พบกระสอบอาหารไลน์การผลิตหยุดทำกระบวนการต่อ ถ้าเซ็นเซอร์ตรวจพบกระสอบเคลื่อนที่มา ที่กั้น (Stopper) เคลื่อนออกมากับกระสอบให้หยุดในตำแหน่งทำงานของเครื่องพับปากกระสอบ ตัวกางกระสอบ (Spreader) เคลื่อนที่ลงและกางออกตีปากกระสอบให้ตึงหลังจากนั้นตัวพับกระสอบ (Folding) ดันออกมาจนสุดระยะกำหนดตัวกางกระสอบหุบกลับ ตัวพับกระสอบหมุนพับกระสอบ หลังจากพับเสร็จที่กั้นเปิดทางให้กระสอบเคลื่อนที่ต่อเข้าช่องจักรเย็บหลังจากนั้นตัวพับและตัวกางเคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งเดิม

3.2 ขั้นตอนการสั่งการเครื่องจักร



รูปที่ 3.2 Programmable Logic Controller (PLC)



รูปที่ 3.3 สวิตช์

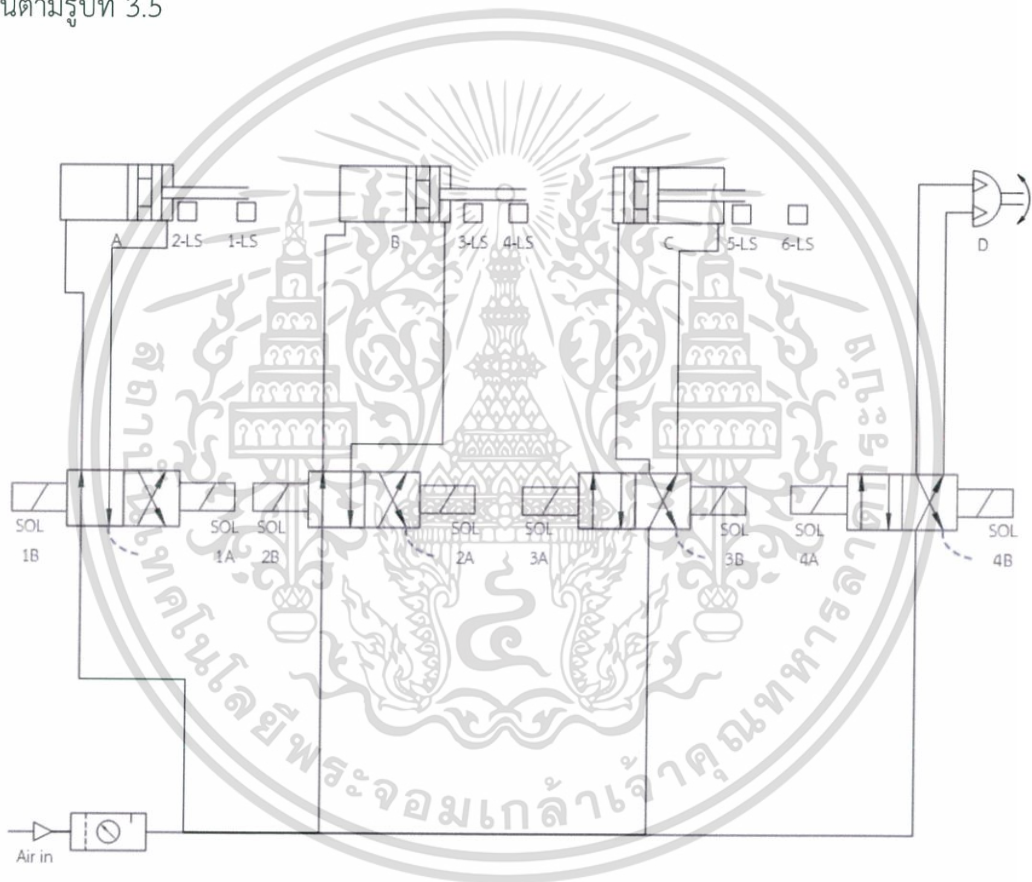


รูปที่ 3.4 Power supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

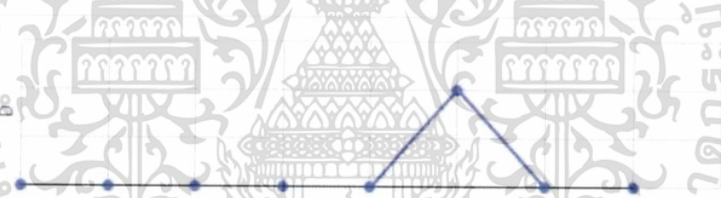
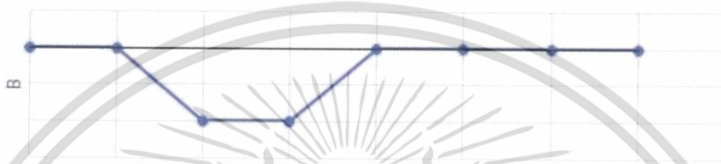
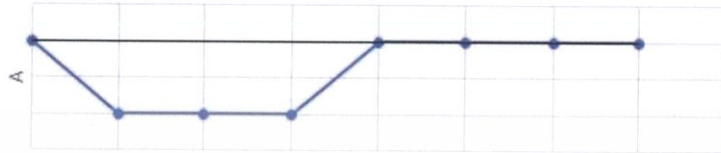
จากการออกแบบเครื่องพับปากกระสอบที่มีการทำงานหลายขั้นตอน เรามีการกำหนดขั้นตอนการทำงานโดยผ่านระบบไฟฟ้า ซึ่งใช้อุปกรณ์ PLC เป็นตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูลที่ทำให้เครื่องจักรทำงานตามที่ออกแบบไว้ โดยเริ่มจากต่ออุปกรณ์ (PLC (รูปที่ 3.2) สวิตช์ (รูปที่ 3.3) Power Supply (รูปที่ 3.4) ให้เข้าที่เหมาะสมกับการวางสายไฟ แล้วต่อสายไฟแต่ละตัวเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ (Power supply) เพื่อที่สามารถจ่าย ไฟไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต่อรวม

การต่อวงจรของนิวเมติกนั้นใช้วาล์ว 4/2 ในการควบคุมลมให้ไปดันกระบอกสูบซึ่งมีไฟฟ้าไปเข้า โซลินอยด์ เพื่อปรับเปลี่ยนช่องของวาล์ว 4/2 และวงจรของเครื่องพับปากกระสอบที่ออกแบบเป็นตามรูปที่ 3.5



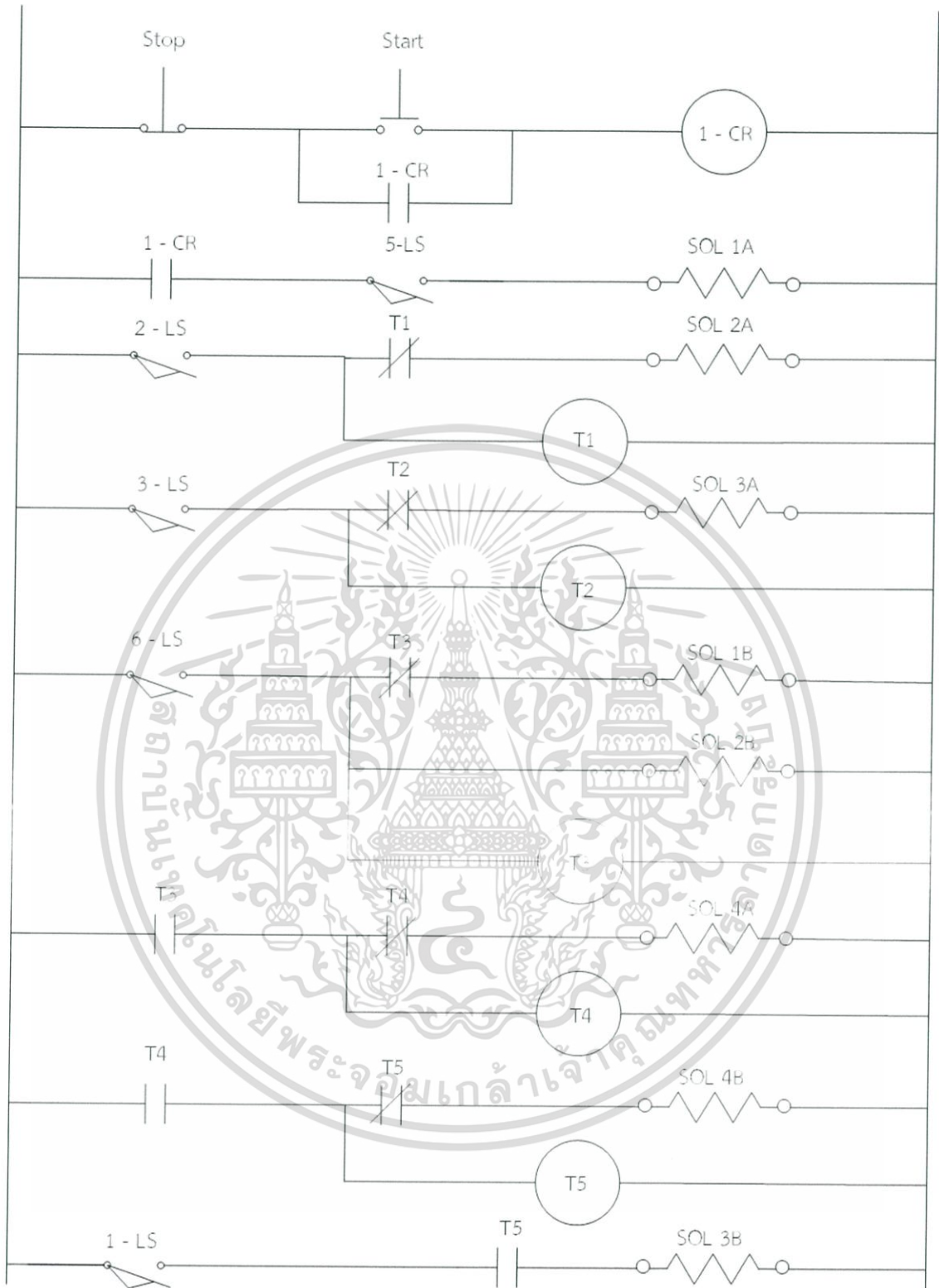
รูปที่ 3.5 วงจรนิวเมติก

ซึ่งขั้นตอนการทำงานได้มีการออกแบบคร่าวๆไว้ ในลักษณะของ Ladder diagram ดังรูปที่ 3.7 เพื่อให้ง่ายต่อการวางสายไฟ และการเขียนบนโปรแกรม เพื่อใช้สั่งการแบบระบบอัตโนมัติ (Automation) และมี Motion Diagram ดังรูปที่ 3.6 ($A- / B- / C+ / B+ / D+ / D- / C-$)
 $A+$



รูปที่ 3.6 Motion Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 Ladder Diagram ของวงจรนิวเมติก

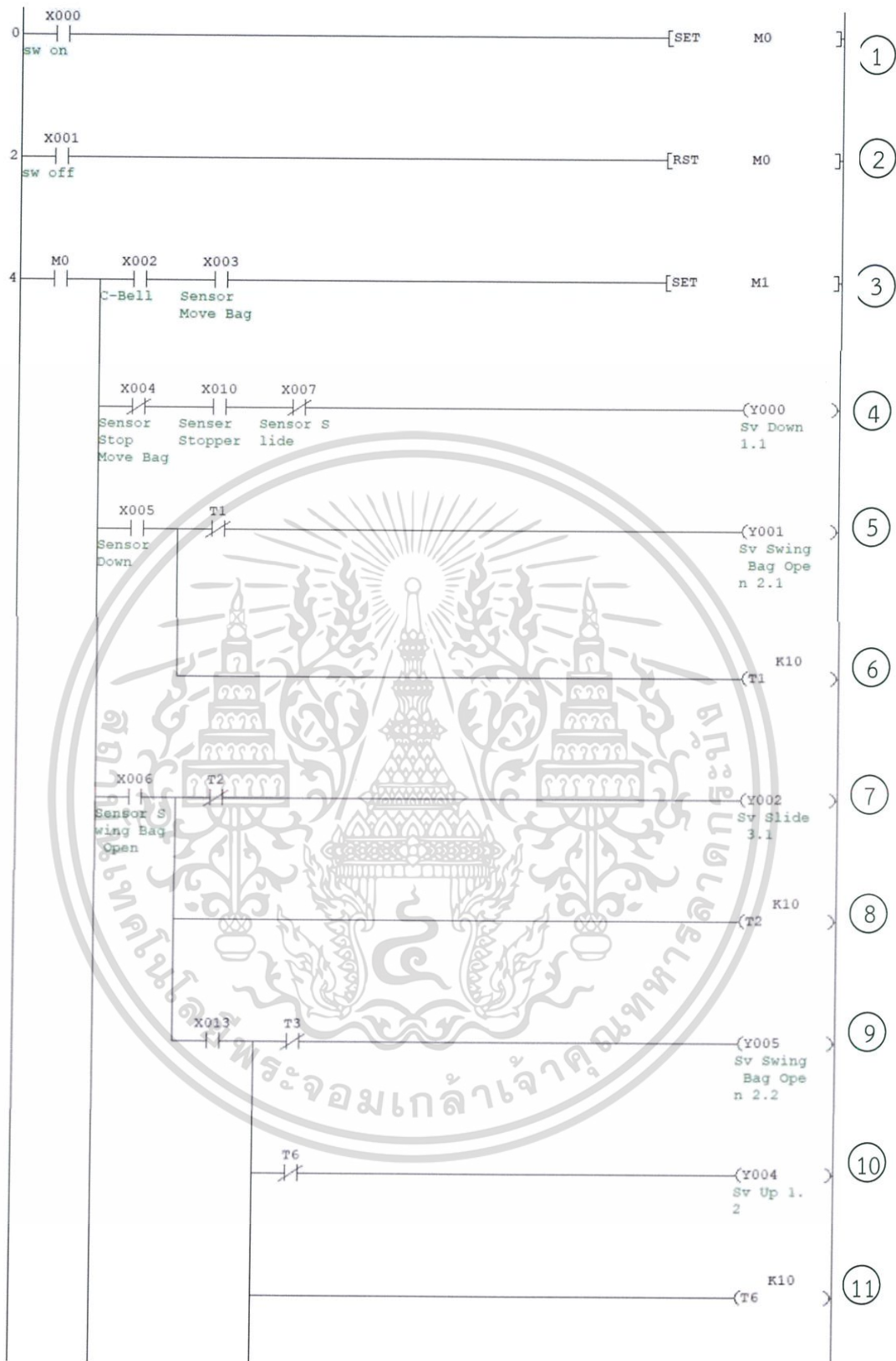
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของอุปกรณ์ PLC สามารถสร้างวงจรโดยการป้อนโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC เพื่อควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักร ผ่านการเชื่อมต่อระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ได้วางโปรแกรม (MELSOFT series GX Developer) ไว้ โดยวงจรที่ใช้สั่งการแสดงดังรูปที่ 3.8 และสัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในวงจร

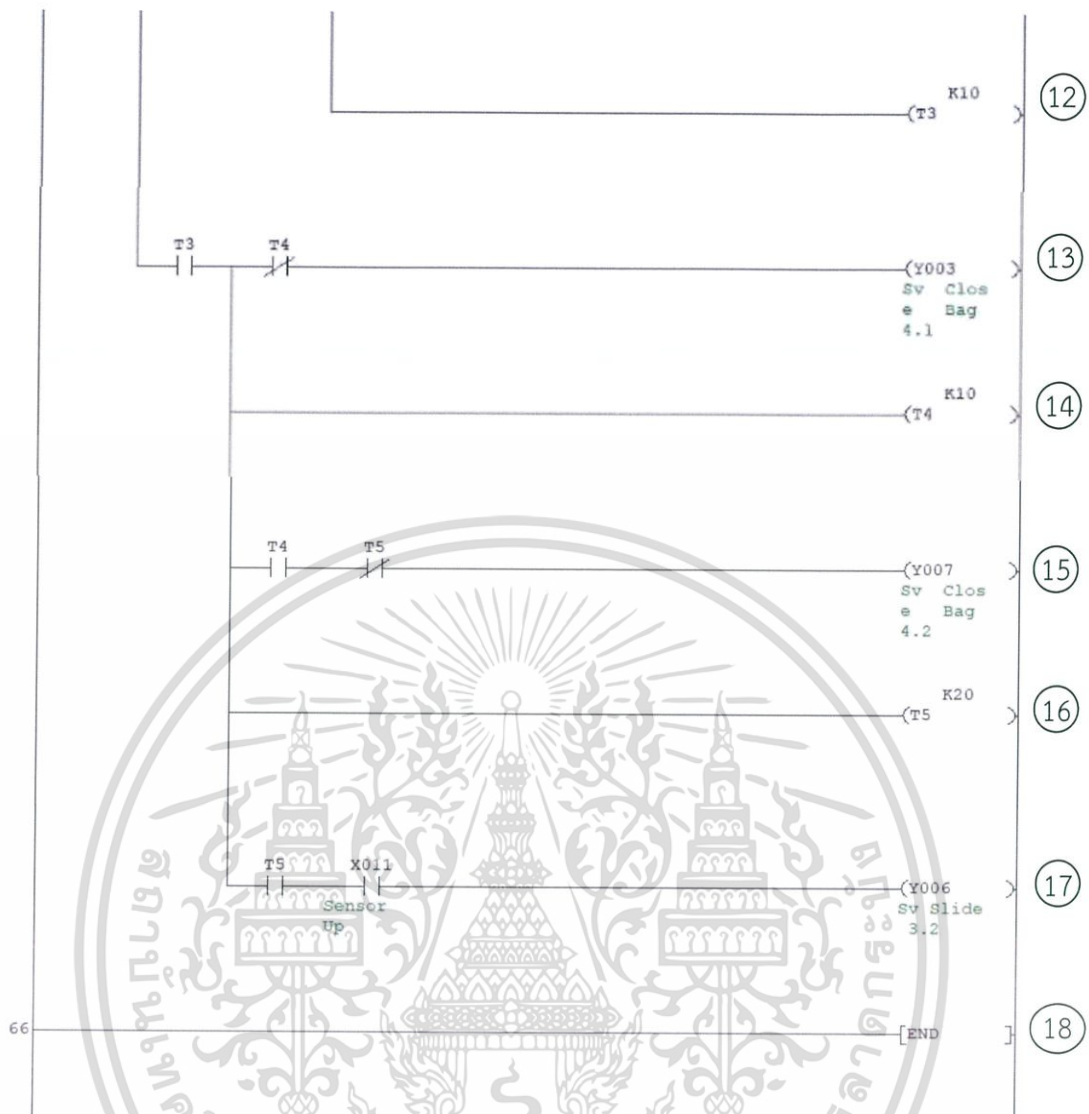
Input	สัญลักษณ์	อุปกรณ์	Output	สัญลักษณ์	อุปกรณ์
	X000	Switch on		Y000	Solenoid 1A (กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวตั้งเคลื่อนที่ลง (A-))
	X001	Switch off		Y001	Solenoid 2A (ที่กางปากกระสอบทางออก (B-))
	X002	เซนเซอร์การทำงานของสายพาน		Y002	Solenoid 3A (กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวราบยืดออกไปด้านหน้า (C+))
	X003	เซนเซอร์ตรวจสอบกระสอบ		Y003	Solenoid 4A (Rotary หมุนพับปากกระสอบ (D+))
	X004	เซนเซอร์หยุดการทำงานเมื่อกระสอบไม่มาตาม		Y004	Solenoid 1B (กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวตั้งเคลื่อนที่ขึ้น (A+))
	X005	2-LS		Y005	Solenoid 2B (ที่กางปากกระสอบหุบ (B+))
	X006	3-LS		Y006	Solenoid 3B (กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวราบกลับที่เดิม (C-))
	X007	5-LS		Y007	Solenoid 4B (Rotary หมุนกลับที่เดิม (D-))
	X010	เซนเซอร์เมื่อ Stopperทำงาน			
	X011	1-LS			
	X012	4-LS			
	X013	6-LS			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรที่ใช้ต่อกับ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรที่ใช้ต่อกับ PLC (ต่อ)

จาก Ladder Diagram ที่ออกแบบไว้ในรูปที่ 3.7 สามารถแปลงเป็น Ladder Diagram บนหน้าจอโปรแกรม ดังรูปที่ 3.8 ที่ชื่อโปรแกรมว่า MELSOFT series GX DEVELOPER ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ประยุกต์บนเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับติดต่อกับ PLC มี Relay เป็นตัวเลี้ยงไฟเพื่อให้ไฟสามารถวิ่งในวงจรได้ต่อเนื่องแม้ไม่กดสวิทช์ค้าง แทนด้วยสัญลักษณ์ MO ใช้หรีดสวิทช์ เป็นเซ็นเซอร์ เพื่อตรวจสอบและควบคุมการเคลื่อนที่การทำงานให้กับเครื่องจักรแต่ละตัว หรีดสวิทช์ จัดเป็นอินพุต ตัวหนึ่ง สัญลักษณ์หน้าสัมผัสเป็น X000 ถึง X007 และ X010 เป็นต้นไป トラบใดที่กระบอกลมตัวก่อนหน้าไม่ทำงาน การทำงานของกระบอกลมตัวต่อไปก็ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ เป็นผลให้การทำงานของเครื่องจักรหยุดลง เพื่อป้องกันไม่ให้งานของเครื่องจักรทำงานในสภาวะไม่ปกติ มีอุปกรณ์ตั้งเวลาหรือ Timer เป็นตัว ตัดไฟหรือต่อไฟในวงจรเพื่อให้อุปกรณ์โซลินอยด์วาล์ว พร้อมสับช่องการจ่ายลมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีไฟมาสั่งการอีกทางหนึ่ง โดยการตั้งเวลาเพื่อหน่วงเวลาไว้ก่อนที่จะตัดไฟ หรือต่อไฟให้ กับหน้าสัมผัสที่ออกแบบไว้สำหรับอุปกรณ์ตั้งเวลาตัวนั้น ๆ อุปกรณ์ตั้ง เวลานี้จำเป็นต้องติดตั้งเพิ่มเติมโดยค่านึงจากการออกแบบบนโปรแกรมว่าหน้าที่ของ Timer นั้นต้องการให้ทำหน้าที่ที่อย่างไรในวงจร แล้วจึงเลือกใช้ตัวที่มีหน้าสัมผัสเท่ากับหน้าที่ที่สำหรับวงจรของเรา หลักการตั้งเวลาตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการหน่วงเวลา 5 วินาที ที่หน้าสัมผัส อุปกรณ์ตั้งเวลา T0 ใช้เป็นอุปกรณ์หน่วงค่าเวลา 100 milli second ตั้งเป็น T0 K50 หมายความว่าเวลาที่ได้เป็น 50 คูณ 100 millisecond หรือ 0.1 second เป็นเวลา 5 วินาที

ขั้นแรกเมื่อกดสวิตช์เปิด (X000) จากหน้าสัมผัสปกติเปิด เป็นหน้าสัมผัสปกติปิดทำให้กระแสไฟไหลสู่ Relay หรือ Coil (M0) เพื่อให้หน้าสัมผัส M0 ในบรรทัดที่สามจากปกติเปิดเป็นปกติปิดตลอดการทำงานจนกว่าจะมีการกดสวิตช์ปิด (X001) ในบรรทัดที่สองเพื่อให้หน้าสัมผัส M0 กลับมาเปิดอีกครั้งเพื่อหยุดการทำงาน ในวงจรช่วงเริ่มต้น มีการวางขั้นตอนของเซ็นเซอร์สายพาน (X002) ในบรรทัดที่สาม เมื่อกระสอบรับอาหารเสร็จและตกลงบนสายพาน X002 จากหน้าสัมผัสปกติ เปิดเป็นปกติปิด เมื่อกระสอบเคลื่อนที่ผ่านเซ็นเซอร์ตรวจสอบการเคลื่อนที่ของกระสอบบนสายพาน (X003) ในบรรทัดที่สามจากหน้าสัมผัสปกติเปิดเป็นปกติปิด และตราบนเท่าที่ สายพานล่า เสียงกระสอบยังทำงานอยู่ เซ็นเซอร์ (X004) ในบรรทัดที่สี่ จะไม่มีการเปลี่ยนหน้า สัมผัสเป็นปกติเปิดเพื่อตัดไฟ เมื่อวงจรในบรรทัดที่สามนี้เป็นสถานะปกติปิดทั้งเส้น กระแสไฟสามารถผ่านไปยัง Relay (M1) เพื่อให้อีกรวงจรที่ต้องทำงานร่วมกับการทำงานของเครื่องพับปากกระสอบ มีกระแสไฟไหลเข้าตลอดเพื่อการทำงานที่ต่อเนื่อง ในบรรทัดที่สี่

เมื่อตัว Stopper เคลื่อนตัว ไป หยุด กระสอบ ได้แล้วเซ็นเซอร์ ที่ Stopper (X010) ในบรรทัดที่สี่ จากหน้าสัมผัสปกติเปิดเป็นปกติปิด กระแสไฟไหล เข้า Output ที่แทนอุปกรณ์โซลินอยด์วาล์ว (Y000) ในบรรทัดที่สี่ สำหรับสับช่องจ่ายลมให้ กระบอกลมแนวตั้ง เคลื่อนที่ลงมา เมื่อกระบอกลมแนวตั้งเคลื่อนที่ลงถึงระยะที่หรีดสวิตช์ 2-LS ที่ติดตั้งอยู่ข้างกระ บอก ลมส่งผลให้เซ็นเซอร์ (X005) ในบรรทัดที่ห้า ที่แทนหรีดสวิตช์ 2-LS จากหน้า สัมผัส ปกติเปิดเป็นปกติ ปิด เพื่อให้กระแสไฟไหลเข้าสู่ Output ที่แทนอุปกรณ์โซลินอยด์ (Y001) ในบรรทัด ที่ห้า เพื่อจ่ายลม ให้กระบอกลมตัวกางปาก กระสอบสามารถกางปากกระสอบให้ตึง โดยในเวลาเดียวกันกระแสไฟได้ ไหลเข้า Output ที่แทน อุปกรณ์ตั้งเวลา (T1 K10) ในบรรทัดที่หกที่ ตั้งเวลาไว้หนึ่งวินาที ก่อนเปลี่ยน หน้าสัมผัสของอุปกรณ์ ตัวตั้งเวลา (T1) จากปกติเปิดเป็นปกติเปิด เพื่อตัดไฟที่โซลินอยด์วาล์วด้าน Y001 หลังจากกระบอกลม กางปากกระสอบเคลื่อน ที่ถึงระยะ ที่หรีดสวิตช์ 3-LS เซ็นเซอร์ (X006) ในบรรทัดที่เจ็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่แทนหรีดสวิตช์ 3-LS จากหน้าสัมผัสปกติ เปิดเป็นปกติปิด เพื่อให้กระแสไฟไหลเข้า สู่ Output ที่แทนอุปกรณ์โซลินอยด์วาล์ว (Y002) ในบรรทัดที่เจ็ด เพื่อจ่ายลมให้กระบอกลมตัวยืน ก้านพับปากกระสอบออกไป โดยในเวลาเดียวกันกระแสไฟได้ ไหลเข้า Output ที่แทนอุปกรณ์ตั้งเวลา (T2 K10) ในบรรทัดแปด ที่ตั้งเวลาไว้หนึ่งวินาที ก่อนเปลี่ยน หน้าสัมผัสของอุปกรณ์ตัวตั้งเวลา (T2) จากปกติปิดเป็นปกติเปิด เพื่อตัดไฟที่โซลินอยด์วาล์วด้าน Y002 ในบรรทัดที่เจ็ด เมื่อกระบอกลมตัวยืน เลื่อนออกไปจากตำแหน่งเดิมเซ็นเซอร์ (X007) ในบรรทัดที่สี่ ที่แทนหรีดสวิตช์ 5-LS จากหน้าสัมผัส ปกติปิดเป็นปกติเปิดเพื่อตัดกระแสไฟ ที่จ่ายให้ โซ ลินอยด์วาล์ว (Y000) ในบรรทัดที่สี่ เมื่อกระบอก ลมตัวยืนเลื่อนถึงระยะที่หรีดสวิตช์ 6-LS เซ็นเซอร์ (X013) ในบรรทัดที่เก้า ที่แทนหรีดสวิตช์ 6-LS จาก หน้าสัมผัสปกติเปิดเป็นปกติปิด กระแส ไฟ ไหล เข้าสู่ Output ที่แทนอุปกรณ์โซลินอยด์วาล์ว (Y005) ในบรรทัดที่เก้า และโซลินอยด์วาล์ว (Y004) ในบรรทัดที่สิบ เพื่อจ่ายลมให้กระบอกสูบตัววาง และ กระบอกสูบแนวตั้งตามลำดับ เคลื่อน ที่ กลับ สู่ สภาวะการทำงานเริ่มต้น ซึ่งเมื่อกระบอกสูบแนวตั้ง เคลื่อนที่ถึงสภาวะการทำงานเริ่มต้นแล้ว ทำให้เซ็นเซอร์ (X011) ในบรรทัดที่สิบเจ็ด เปลี่ยนจากหน้า สัมผัสปกติเปิดเป็นปกติปิดเพื่อรอ เวลาทำงานต่อไป ในจังหวะที่อุปกรณ์โซลินอยด์วาล์ว (Y005) ในบรรทัดที่เก้า และโซลินอยด์วาล์ว (Y004) ในบรรทัดที่สิบ กลับสู่สภาวะเริ่มต้นกระแสไฟก็ไหลเข้า Output ที่แทนอุปกรณ์ตั้งเวลา (T6 K10 และ T3 K10) ในบรรทัดที่สิบเอ็ดและสิบสามตามลำดับที่ ตั้งเวลาไว้หนึ่งวินาที ก่อน เปลี่ยนหน้า สัมผัสอุปกรณ์ตัวตั้งเวลา (T6 และ T3) จากปกติปิดเป็นปกติ เปิด ในบรรทัดที่สิบเอ็ดและสิบสองตามลำดับ

จากนั้นเปลี่ยนหน้าสัมผัสของ T3 ในบรรทัดที่สิบสามซึ่งเป็นจังหวะเดียวกับหน้าสัมผัส T3 ในบรรทัดที่เก้าเปิด จากปกติเปิดเป็นปกติปิดไปพร้อมกัน เพื่อตัดไฟที่โซลินอยด์วาล์วด้าน Y005 และ Y004 ในบรรทัดที่เก้าและสิบตามลำดับ และต่อ ไฟให้ ไหลเข้าสู่ Output ที่แทนอุปกรณ์ โซลินอยด์วาล์ว (Y003) ใน บรรทัดที่สิบสาม เพื่อจ่ายลมให้อุปกรณ์ลม Rotary พับปากกระสอบ ที่ใช้ อุปกรณ์ตั้งเวลา T3 อีกหน้า สัมผัส แทนการใช้หรีดสวิตช์ เนื่องจาก ต้องการให้อุปกรณ์ลม Rotary ทำงานในเวลาไล่เลี่ยกับตอนที่ กระบอกตัววางและกระบอกแนวตั้งเคลื่อนที่กลับสู่สภาวะการทำงาน เดิมโดยไม่จำเป็นต้องรอให้ กระบอกสูบเคลื่อนผ่านหรีดสวิตช์ เพื่อเริ่มการทำงาน ช่วยให้การงาน สิ้นลง ในเวลาเดียวกันกระแส ไฟไหลเข้า Output ที่แทนอุปกรณ์ ตั้งเวลา (T4 K10) ในบรรทัดที่สิบสี่ ที่ตั้งเวลาไว้หนึ่งวินาที ก่อน เปลี่ยนหน้าสัมผัสของอุปกรณ์ ตัวตั้งเวลา (T4) ในบรรทัดที่สิบสาม จาก ปกติปิดเป็นปกติเปิด และหน้า สัมผัสของอุปกรณ์ตัวตั้งเวลา T4 อีกหน้าสัมผัสหนึ่งในบรรทัดที่สิบห้า จากปกติเปิดเป็นปกติปิดไป พร้อมกันเลย เพื่อตัดไฟ ที่โซลินอยด์ วาล์วด้าน Y003 ในบรรทัดที่สิบสาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และต่อไฟในบรรทัดที่สิบห้า เพื่อให้กระแสไฟไหลเข้าสู่ Output ที่ แทนอุปกรณ์โซลินอยด์วาล์ว (Y007) ในบรรทัดที่สิบห้า เพื่อ จ่ายลมให้อุปกรณ์ลม Rotary พับปากกระสอบ กลับสู่สภาวะเริ่มต้นการทำงาน และในเวลาเดียวกัน กระแสไฟได้ไหลเข้า Output ที่แทน อุปกรณ์ ตั้ง เวลา (T5 K20) ในบรรทัดที่สิบหก ที่ตั้งเวลาไว้สอง วินาที ก่อนเปลี่ยนหน้าสัมผัสของอุปกรณ์ตัวตั้งเวลา (T5) ในบรรทัดที่สิบห้า จากปกติปิดเป็นปกติเปิด เพื่อตัดไฟที่โซลินอยด์วาล์วด้าน Y007 ในบรรทัด ที่สิบห้า และในเวลาเดียวกันเพื่อเปลี่ยนหน้าสัมผัส ของอุปกรณ์ตัวตั้งเวลา T5 อีกหน้า สัมผัสหนึ่งใน บรรทัดที่สิบเจ็ด จากปกติเปิดเป็นปกติปิดไปพร้อม กัน ทำให้กระแสไฟไหลเข้าสู่ Output ที่แทนอุปกรณ์โซลินอยด์วาล์ว (Y006) ในบรรทัดที่สิบเจ็ด เพื่อ จ่ายลมให้กระบอกลมตัวอื่นกลับสู่ สภาวะเริ่มต้นการทำงานเพื่อไปเปลี่ยนหน้าสัมผัสของเซ็นเซอร์ (X007) ในบรรทัดที่สี่ให้ กลับเป็นแบบปกติปิดอีกรอบเพื่อเริ่มการทำงานรอบใหม่ โดยในรอบการทำงานใหม่ เมื่อกระบอก สูบแนวตั้งเคลื่อนที่ลงทำให้ทำให้เซ็นเซอร์ (X011) ในบรรทัดที่สิบเจ็ดเปลี่ยน จากหน้าสัมผัสปกติ ปิดเป็นปกติเปิดเพื่อตัดกระแสไฟที่จ่ายให้อุปกรณ์โซลินอยด์วาล์ว (Y006) ใน บรรทัดที่สิบเจ็ดเพื่อ เตรียมพร้อมในการทำงานรอบต่อไป



รูปที่ 3.11 หรีดสวิตช์ (Reed Switch)



รูปที่ 3.12 กล่องควบคุม (Control Box)

จากรูปที่ 3.10 เป็นรูปของกล่องควบคุม (Control Box) ที่ใช้สำหรับเป็นตัว Output ให้กับการสั่งการจาก PLC ภายในมีโซลินอยด์วาล์ว ซึ่งเมื่อได้รับคำสั่งการทำงานมาจาก อุปกรณ์ PLC โซลินอยด์มี หน้าทีควบคุมทิศทางการไหลของลมอัดตามคำสั่งจากโปรแกรม เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่เข้า-ออกของ กระบอกสูบลม และมีหรีดสวิตช์ (รูปที่3.) เป็นตัวจำกัดระยะทางของกระบอกสูบซึ่งหรีดสวิตช์ ใช้การเหนี่ยวนำแม่เหล็กในการทำงานโดยเมื่อตัวกระบอกสูบเลื่อนมาถึงตำแหน่งที่หรีดสวิตช์อยู่ ทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาวะการทำงานของสวิตช์ มีผลให้กระแสไฟสามารถผ่านไปได้อหรือไม่ได้ หลังจากต่ออุปกรณ์ PLC เข้ากับตัวควบคุมต่าง ๆ เครื่องพับปากกระสอบ มีการทำงานตามรูปที่ 3.1

3.3 ผลการทดลองของเครื่อง Universal Testing Machine

เนื่องจากแรงภายนอกที่ใช้เพื่อกางกระสอบ มีการทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อดูแนวโน้มของแรงที่ขึ้นเนื่องจากการเหวี่ยงของที่กางตามความเร็วที่ได้ออกแบบไว้ สถานที่ทำการทดลองเพื่อหาค่าแรงที่กระสอบรับได้ว่าเกิดความเสียหายเมื่อไหร่ ณ บริษัท Narin Instrument โดยประยุกต์กับเครื่องทดสอบความสามารถรับแรงดึงของวัสดุ (NRI Testing Machine) [16] ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.13 เครื่องทดสอบ NRI และหน้าจอแสดงข้อมูลที่ได้

เริ่มต้นที่การทดสอบความแข็งแรงของกระสอบ (ตัวอย่างกระสอบแสดงในรูปที่ 3.12) ในบริเวณที่มีการ seal เพื่อตรวจสอบว่าสามารถรับแรงได้สูงสุดเท่าไรก่อนที่กระสอบเริ่มขาด โดยทำการทดลองครั้งละ 5 รอบทั้งสองฝั่งซ้าย และขวาดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างกระสอบที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 3.18 ขณะเครื่องดึงทดสอบความแข็งแรงตรงบริเวณรอยต่อ (Seal)

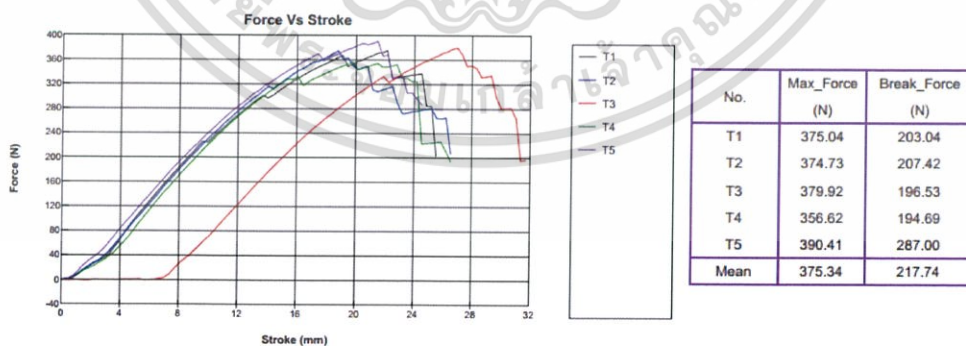
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองเพิ่มเติมเพื่อหาแรงที่ใช้ในการตีกระสอบให้ตั้ง ณ โรงงาน CPF ราชบุรี โดยใช้ อุปกรณ์ Load Cell (รูปที่ 3.14) เพื่อวัดแรงในการตีกระสอบว่าใช้แรงประมาณเท่าไร และนำ ค่าดังกล่าวมาคำนวณต่อไป



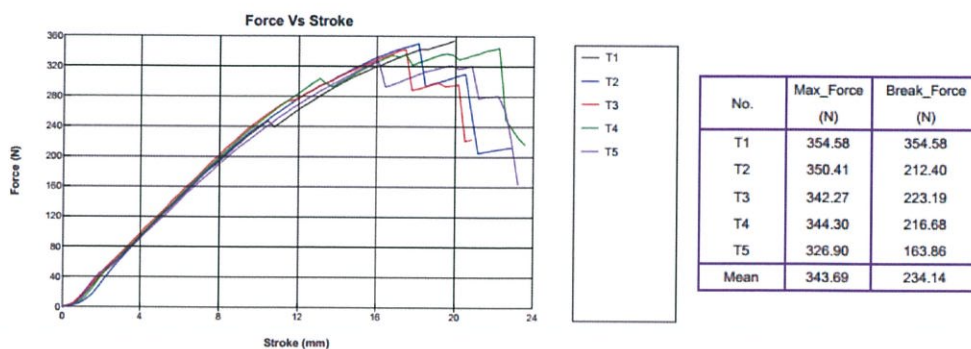
รูปที่ 3.19 Load Cell ในการทดลอง และหน้าจอแสดงผลการทดลอง

จากการทดสอบความแข็งแรงในการ seal ของกระสอบทั้งด้านซ้ายและขวา แสดงอยู่ในรูปของกราฟใน รูปที่ 3.15 และรูปที่ 3.16[16]



รูปที่ 3.21 กราฟแสดงค่าความสามารถทนแรงดึงได้ตรงบริเวณรอยต่อด้านขวา (Seal ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 กราฟแสดงค่าความสามารถทนแรงดึงได้ตรงบริเวณรอยต่อด้านซ้าย (Seal ซ้าย)

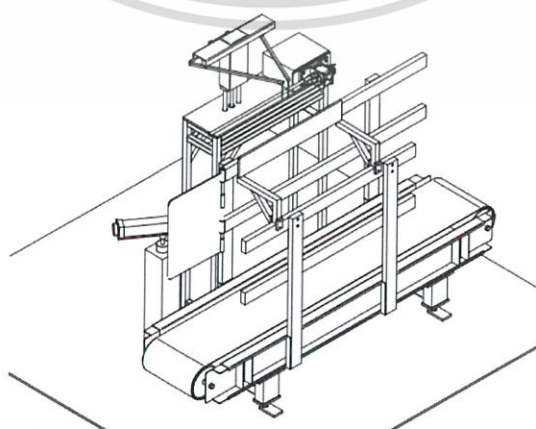
จากกราฟค่าแรงดึงที่ทำให้กระสอบเริ่มเสียรูปคือแรงที่ประมาณ 240 นิวตัน

ผลการทดลองทดสอบแรงตีกระสอบให้ทาง โดยใช้อุปกรณ์ Load Cell ผลที่ได้ เก็บข้อมูลลงใน Microsoft Excel ค่าต่าง ๆ ที่ได้เกิดจากการกดเพื่อเก็บค่าร้อยละที่ ที่ทางสัมผัสกับ Load Cell เพื่อความแม่นยำจึงมีการกดรอไว้ก่อนและค่าที่โตดขึ้นมาคือค่าที่เป็นแรงจริง และมีการทำซ้ำหลายครั้งเพื่อป้องกันความผิดพลาด

ค่าเฉลี่ยของแรงที่ตีกระสอบอยู่ที่ประมาณ 52.83 นิวตัน ซึ่งเรานำมาตั้งเป็นสมมติฐานของแรงในการตีเพื่อทางกระสอบที่ใช้ในการคำนวณต่อไป

3.4 ลักษณะหน้าตาเครื่อง

จากการออกแบบเครื่องพับปากกระสอบในโปรแกรม Solid edge ได้ลักษณะของเครื่องพับปากกระสอบตามรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.24 แสดงโครงสร้างของเครื่องพับกระสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบทางกล

3.5.1 การคำนวณกลศาสตร์เครื่องจักรกล

การออกแบบที่ทางปากกระสอบให้ตั้งโดยอาศัยกลไกโครงสร้าง Four Bar Linkage การตรวจสอบระดับความสามารถการเคลื่อนไหวของกลไกที่มีชั้นความเสรีในการเคลื่อนไหว (Degree of Freedom) จากสมการที่ 2.1

$$M = 3(n - 1) - 2f_1 - f_2$$

$$M = 3(4 - 1) - 2(4) - 0$$

$$M = 1 \text{ DOF}$$

แสดงว่ากลไก Four Bar Linkage ที่ออกแบบนี้สามารถเคลื่อนไหวได้จริงโดยอาศัยการเคลื่อนที่แค่หนึ่งการเคลื่อนที่ที่เป็น Input ในการขับเคลื่อนกลไกทั้งหมด การวิเคราะห์หาความเร็วของแต่ละแกนด้วยวิธีความเร็วสัมพันธ์ จากรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.25 แสดงเวกเตอร์ความเร็วของแต่ละ Link

มุมมองที่ออกแบบไว้มาจากความเหมาะสมของระยะต่าง ๆ ที่ทางโรงงานกำหนดมาซึ่งถ้ามุมมองทางหุ่นยนต์น้อยเกินไปก็ทำให้โอกาสที่ทางมีโอกาสหลุดปากกระสอบ แต่ถ้าแคบไปอาจเกิดการกระแทกกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่าง ก้านกาง และระยะต่าง ๆ มาจากการออกแบบไว้ตามระยะจริงของบริเวณการทำงานและมุมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมาจากการวาดระยะจริงลงใน Solid Work เพื่อความแม่นยำ

เงื่อนไขเริ่มต้นของเวลา ในการกางกระสอบที่ออกแบบไว้เท่ากับ 0.335 วินาที

- (เวลาที่ได้ออกแบบจากโปรแกรม Automation ใน Solid Edge)

พิจารณาที่ Link ที่ 1

จาก
$$\bar{\omega}_2 = \frac{\bar{\theta}}{t}$$

$$\bar{\omega}_2 = \frac{37 \cdot \frac{\pi}{180}}{0.335}$$

$$\bar{\omega}_2 = 1.9277 \text{ rad/s} \quad \text{ทิศ CCW}$$

จาก

$$\vec{V}_{A_2} = \vec{R}_{A_2/O_2} \times \bar{\omega}$$

$$\vec{V}_{A_2} = (1.9277 \vec{k})(-0.07 \sin 25 \vec{i} - 0.07 \cos 25 \vec{j})$$

$$\therefore |\vec{V}_{A_2}| = 0.1349 \text{ m/s}$$

จาก

$$\vec{V}_B = \vec{V}_A \cdot \vec{V}_{B/A} \quad ; \quad [\vec{V}_B = \vec{V}_{B/O}]$$

$$\vec{V}_B \vec{i} = [-0.05703 \vec{j} + 0.1223 \vec{i}] + V_{B/A} [\cos 86 \vec{i} + \sin 86 \vec{j}]$$

เมื่อ ทิศ \vec{i} ;

$$\vec{V}_B = 0.1223 + \vec{V}_{B/A} \cos 86$$

สมการที่ 1

\vec{j} ;

$$0 = -0.05703 + \vec{V}_{B/A} \sin 86$$

$$\vec{V}_{B/A} = 0.05717 \text{ m/s}$$

สมการที่ 2

จาก

$$\vec{V}_{B/A} = \vec{R} \times \bar{\omega}$$

$$\bar{\omega}_3 = \frac{0.05717}{0.084} = 0.6806 \text{ rad/s} \quad \text{ทิศ CCW}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 1

$$\therefore \vec{V}_B = 0.1263 \text{ m/s} \rightarrow$$

ดังนั้นความเร็วของกระบอกสูบในการเคลื่อนที่ต้องเป็น 0.1263 เมตรต่อวินาที เพื่อให้กลไกของ ก้านตีทำงานได้ตามเวลาที่กำหนด และจากการวาดตามขนาดจริงของกลไกลงใน AutoCAD ดังรูปที่ 3.22 ได้ระยะ Stroke ของกระบอกสูบเป็น 44.3796 มิลลิเมตร หรือประมาณ 4.438 เซนติเมตร

การวิเคราะห์หาความเร่งของแต่ละแกนด้วยวิธีแบบหาความเร็วสัมพัทธ์ โดยเวกเตอร์ความเร่ง แสดงดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.27 แสดงเวกเตอร์ความเร่งของแต่ละ link

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad \vec{a}_{n,A} &= \vec{V}_2 \times \vec{\omega} \\ &= \vec{R}_{A/O} \times \vec{\omega}_2 \times \vec{\omega}_2 \\ &= 1.9277\vec{k} \cdot 1.9277\vec{k} \cdot (-0.07 \sin 25\vec{i} - 0.07 \cos 25\vec{j}) \\ \vec{a}_{n,A} &= 0.10993\vec{i} + 0.23575\vec{j} \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad \vec{a}_{t,A} &= \vec{R}_{A/O} \times \vec{\alpha}_2 \\ &= \alpha_2 \vec{k} (-0.07 \sin 25\vec{i} - 0.07 \cos 25\vec{j}) \\ \vec{a}_{t,A} &= \alpha_2 0.07 \cos 25\vec{i} - \alpha_2 0.07 \sin 25\vec{j} \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

สมการที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก $\vec{a}_{n,B/A} = \vec{V}_3 \times \vec{\omega}_2$

$$= \vec{R}_{B/A} \times \vec{\omega}_3 \times \vec{\omega}_3$$

$$= 0.6806\vec{k} \cdot 0.6806\vec{k} \cdot (0.084 \cos 4\vec{i} - 0.084 \sin 4\vec{j})$$

$$\vec{a}_{n,B/A} = -0.038815\vec{i} + 0.002714\vec{j} \text{ m/s}^2$$

จาก $\vec{a}_{t,B/A} = \vec{R}_{B/A} \times \vec{\alpha}_3$

$$= \alpha_3 \vec{k} \cdot (0.084 \cos 4\vec{i} - 0.084 \sin 4\vec{j})$$

$$\vec{a}_{t,B/A} = 0.0058595\alpha_3\vec{i} + 0.0838\alpha_3\vec{j} \text{ m/s}^2$$

สมการที่ 2

จาก $\vec{a}_{B/O} = \vec{a}_B = \vec{a}_{t,B} + \vec{a}_{n,B} = \vec{a}_A + \vec{a}_{B/A}$

เนื่องจาก $\vec{a}_{n,B} = 0$; จาก $\vec{a}_B = \frac{\vec{V}_B^2}{R}$; $R = \infty$

และ $\vec{a}_B = \frac{(\vec{v} - \vec{u})}{t}$ เมื่อ $\vec{u} = 0 \text{ m/s}$, $\vec{v} = 0.1263 \text{ m/s}$, $t = 0.335\text{s}$

$$= \frac{0.1263 - 0}{0.335}$$

$$\vec{a}_B = 0.377 \text{ m/s}^2$$

ดังนั้น $\vec{a}_B = \vec{a}_{t,B} = \vec{a}_{n,A} + \vec{a}_{n,B/A} + \vec{a}_{t,B/A}$

เมื่อ ทิศ \vec{i} ; $0.377 = 0.10993 - 0.038815 + 0.005859\alpha_3 + \alpha_2 0.07 \cos 25$ สมการที่ 3

ทิศ \vec{j} ; $0 = 0.23575 + 0.002714 + 0.0838\vec{\alpha}_3 - \vec{\alpha}_2 0.07 \sin 25$ สมการที่ 4

$$\therefore \vec{\alpha}_2 = 4.927 \text{ rad/s} \quad \text{ทิศ CCW}$$

$$\vec{\alpha}_3 = -1.1065 \text{ rad/s}^2 \quad \text{ทิศ CW}$$

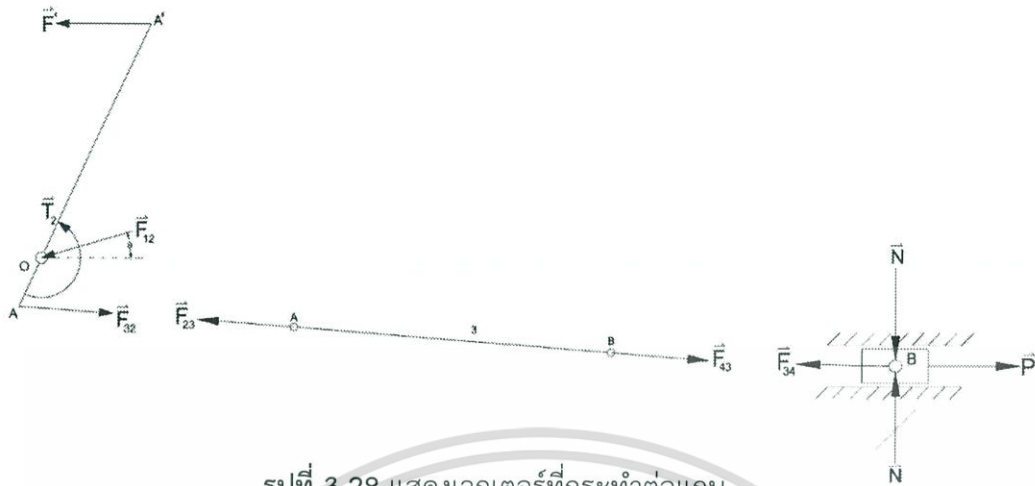
$$\vec{a}_{t,B} = 0.377 \text{ m/s}^2 \rightarrow$$

ข้อมูลความเร่งที่เกิดขึ้นใช้ในการคำนวณหาแรงต่อไป

การวิเคราะห์แรง แรงที่กระทำต่อที่กางปากกระสอบแสดงดังรูปที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Free Body Diagram



รูปที่ 3.28 แสดงเวกเตอร์ที่กระทำต่อแกน

- เมื่อ P คือ แรงดันของก้านกระบอกสูบ (N)
- \bar{N} คือ แรงปฏิกิริยาจากตัวกระบอกสูบกระทำต่อก้านสูบ (N)
- N ตัวล่งที่ตัดเพื่อให้แรงปิด Loop เพื่อหาทิศทางของแรงลัพธ์
- \bar{F} คือ แรงภายในชิ้นส่วนที่กระทำต่อกัน เช่น F_{12} คือ แรงที่ Link 1 กระทำต่อ Link 2 (N)
- \bar{F}' คือ แรงที่ที่ก้านกระทำต่อกระบอกสูบ (N)

จากแรงที่ได้จากการทดลองของ Load Cell ข้างต้น แรงเท่ากับ 52.83 นิวตัน

Take Moment รอบจุด o

$$+\circlearrowleft; \quad \sum \bar{M}_o = 0$$

$$(\bar{F}_{1,32} \cdot 0.07) + T_2 - (\bar{F}'_1 \cdot 0.3375) = 0$$

$$(\bar{F}_{1,32} \cdot 0.07) + (I_{2z} \times \bar{\alpha}_2) - (\bar{F}' \cos 25 \cdot 0.3375) = 0$$

ค่า Mass Moment of Inertia ของ Stainless Steel 304 หาจากโปรแกรม Solid Work
ได้ค่าดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของ $I_{2z} = L_{yy} = 6 \times 10^{-6}$

และ $\bar{\alpha}_2 = 4.927 \text{ rad/s}^2$

ค่าของมุมต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.30 แสดงเวกเตอร์แรงต่าง ๆ และมุมต่าง ๆ

$$(\bar{F}_{t,32} \cdot 0.07) + (6 \cdot 10^{-6} \cdot 4.927) - (52.83 \cos 25 \cdot 0.3375) = 0$$

$$\bar{F}_{t,32} = 228.5 \text{ N}$$

$$\bar{F}_{32} \cos 21 = \bar{F}_{t,32}$$

$$\bar{F}_{32} = 244.794 \text{ N}$$

$$+ \rightarrow; \quad \sum \bar{F}_x = 0$$

$$\bar{F}_{t,32} + \bar{F}'_t - \bar{F}_{12} \cos \theta = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\vec{F}_{12} \cos \theta = \vec{F}_{1,32} + \vec{F}' \cos 25$$

$$\vec{F}_{12} \cos \theta = 228.5 + 47.88$$

$$\vec{F}_{12} \cos \theta = 276.4 \text{ N}$$

สมการที่ 1

$$+\uparrow; \quad \sum F_y = 0$$

$$\vec{F}'_n + \vec{F}_{n,32} - \vec{F}_{12} \sin \theta = 0$$

$$\vec{F}_{12} \sin \theta = \vec{F}' \sin 25 + \vec{F}_{32} \sin 21$$

$$\vec{F}_{12} \sin \theta = 22.33 + 87.73$$

$$\vec{F}_{12} \sin \theta = 110 \text{ N}$$

สมการที่ 2

นำสมการที่ 2 หารด้วยสมการที่ 1

$$\tan \theta = \frac{110}{276.412}$$

$$\tan \theta = 0.398$$

$$\theta = 21.7^\circ$$

จากสมการที่ 2

$$\vec{F}_{12} \sin \theta = 110.053$$

$$= \frac{110.053}{\sin 21.7}$$

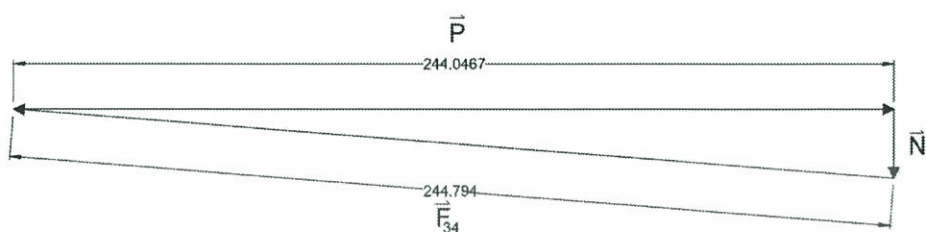
$$\therefore \vec{F}_{12} = 297.644 \text{ N}$$

เนื่องจากแรงปฏิกิริยาภายในแกนทำให้ $\vec{F}_{32} = \vec{F}_{23} = \vec{F}_{43} = \vec{F}_{34} = 244.8 \text{ N}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธี Graphical Method

จาก โปรแกรม Auto Cad ได้แรงที่ลูกสูบต้องทำดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.31 แสดงขนาดเวกเตอร์โดยวิธี Graphical

ได้แรงที่กระบอกสูบ (Piston Force ; P) เท่ากับ 244 นิวตัน

จาก

กำหนดใช้ความดันลมที่ 0.4 เมกะปาสคาล

$$P = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{0.4}$$

$$\pi \frac{d^2}{4} = \frac{244.0467}{0.4 \cdot 10^6}$$

$$d = 0.02787 \text{ m} = 27.87 \text{ mm}$$

∴ กระบอกลมสำหรับที่กางปากกระสอบ จากระยะ Stroke ที่ได้ประมาณ 45 มิลลิเมตร ขนาด Bore (d) ประมาณ 28 มิลลิเมตร

3.5.2 จุดที่เสี่ยงต่อความเสียหาย

เงื่อนไขเริ่มต้น σ_y ของ Stainless Steel 304 เท่ากับ 200 เมกะปาสคาล

จากตารางที่ 2.3 Safety Factor ของ Stainless Steel เท่ากับ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การคำนวณหา Bending Moment ของวัสดุ Stainless Steel

บริเวณของแท่ง Stainless Steel สำหรับที่ทางกระสอบ เริ่มที่หาขนาดแท่งมวลที่ปลายแขนกาง

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad \sigma_d &= \frac{\sigma_y}{N} \\ \sigma_d &= \frac{200 \cdot 10^6}{2} \\ \sigma_d &= 100 \text{ MPa} \end{aligned}$$

เนื่องจาก Maximal Stress (σ_{\max}) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ Desired Stress หรือ Allowable Stress (σ_d) ดังนั้นจึงเลือกให้ $\sigma_{\max} = \sigma_d$

$$\therefore \sigma_{\max} = \frac{Mc}{I}$$

$$\text{จาก} \quad M = F \cdot s \quad \text{เมื่อ} \quad F = 52.83 \text{ N}, s = 8 \text{ cm} = 0.08 \text{ m}$$

$$\text{ได้} \quad M = 52.83 \cdot 0.08$$

$$M = 4.2264 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\text{จาก} \quad \sigma_{\max} = \sigma_d = 100 \text{ MPa}$$

$$\text{ได้} \quad 100 \cdot 10^6 = \frac{4.2264 \cdot c}{I}$$

จากตารางที่ 2.1 ค่าของ Mass moment of Inertia (I) = $\frac{\pi r^4}{4}$

$$\text{ค่า} \quad c = \frac{r}{2}$$

$$\text{ได้} \quad r = \sqrt[3]{\frac{4.2264 \cdot 2}{100 \cdot 10^6 \pi}}$$

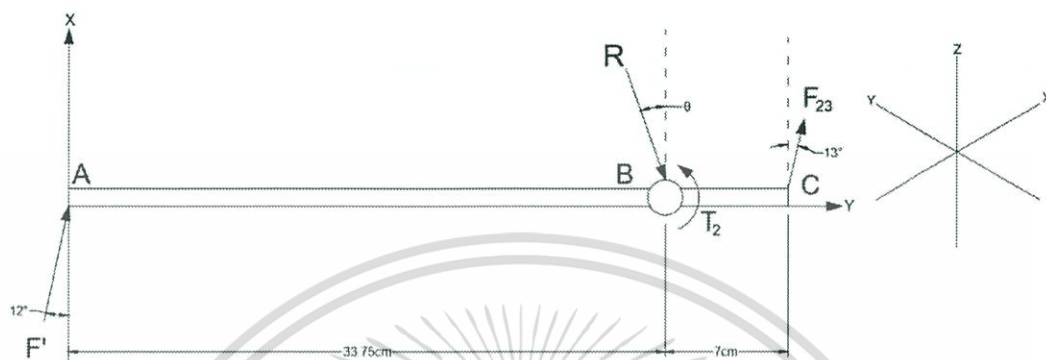
$$r = 2.996 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2.996 \text{ mm}$$

ได้ว่าเลือกขนาดแท่ง Stainless Steel 304 เส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่ำที่สุด 5.996 มิลลิเมตร ดังนั้นเลือกขนาดแท่ง Stainless Steel 304 เส้นผ่านศูนย์กลาง 1/4 นิ้ว หรือ ประมาณ 6.35 มิลลิเมตร ความยาวที่ใช้ 8 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณส่วนที่กางกระสอบให้ตั้ง (Link 2)

แรงที่กระทำต่อที่กางปากกระสอบในหน้าตัด X-Y แสดงดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.33 แสดงเวกเตอร์ของแรงที่กระทำกับก้านตีกระสอบบนแกน X-Y

จาก $F' = 52.83 \text{ N}$

$$F_{32} = 244.794 \text{ N}$$

$$F_{12} = 297.644 \text{ N}$$

จาก

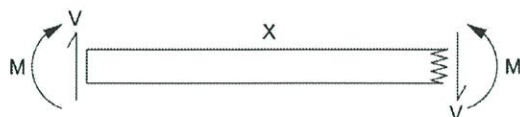
$$\sum F_x = 0$$

$$52.83 \cos(12) + 244.794 \cos(13) = 297.644 \cos(\theta)$$

$$\theta = 12.845$$

$$T_2 = 1.9 \cdot 10^{-8} \cdot 4.927 = 9.3613 \cdot 10^{-8} \text{ N} \cdot m$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ช่วง A-B

$$+\uparrow \sum F = 0 ; \quad F' \cos 12 - V_1 = 0$$

$$V_1 = 52.83 \cos 12$$

$$V_1 = 51.675 \text{ N}$$

$$+\curvearrowright \sum M = 0 ; \quad M_1 - F' \cos 12 \cdot (x) = 0$$

$$M_1 = F' \cos 12 \cdot (x) \quad \text{เมื่อ } x = 0.3375 \text{ m}$$

$$M_1 = 17.440 \text{ N} \cdot \text{m}$$

ช่วง B-C

$$+\uparrow \sum F = 0 ; \quad F' \cos 12 - V_2 - R \cos 12.822 = 0$$

$$V_2 = F' \cos 12 - R \cos 12.845$$

$$V_2 = 51.675 - 290.195$$

$$V_2 = -238.520 \text{ N}$$

$$+\curvearrowright \sum M = 0 ; \quad M_2 - F' \cos 12 \cdot (0.3375 + x) + (R \cos 12.845 \cdot X) + T_2 = 0$$

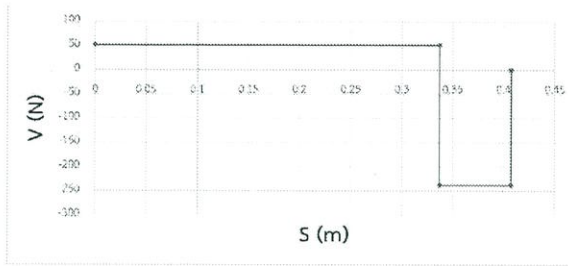
$$M_2 = 17.440 + 51.675x - 290.195x - 9.3613 \cdot 10^{-8}$$

$$\text{เมื่อ } x = 0.07 \text{ m}$$

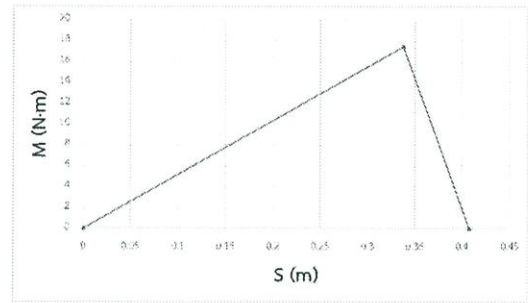
$$M_2 = 17.440 + 51.675(0.07) - 290.195(0.07) - 9.3613 \cdot 10^{-8}$$

$$M_2 = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.34 แสดง V-s Diagram
ของที่กางปากกระสอบ



รูปที่ 3.37 แสดง M-s Diagram
ของที่กางปากกระสอบ

จาก Moment Diagram (รูปที่ 3.25) โมเมนต์มากที่สุดเท่ากับ 16.1596 นิวตันเมตร

$$\text{จาก } \sigma_d = 100 \text{ MPa} = \sigma_{\max} \text{ ที่ } M_{\max} = 17.44 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{Mc}{I}$$

$$100 \cdot 10^6 = \frac{17.44c}{I}$$

จากตารางที่ 2.1 ค่าของ Moment of Inertia (I) = $\frac{1}{12}bh^3$

ค่า $c = \frac{b}{2} = \frac{h}{2}$; $b = h$ (กำหนดให้ surface area เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส)

$$\text{ได้ } 100 \cdot 10^6 = \frac{17.44c}{I}$$

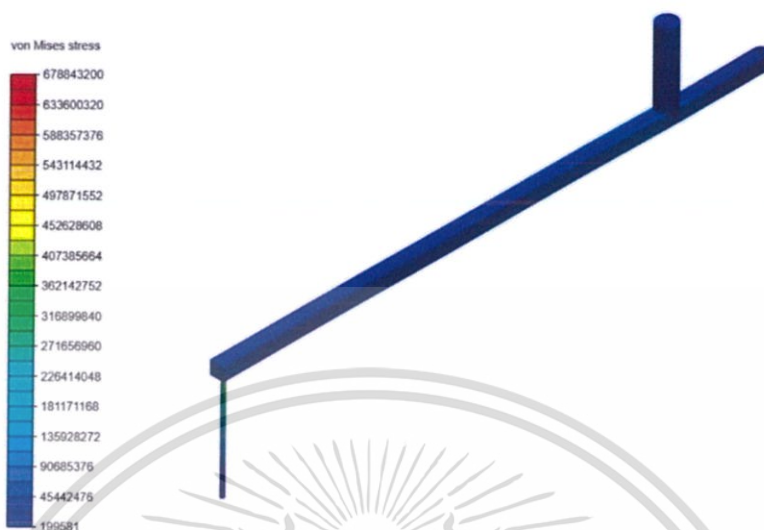
$$100 \cdot 10^6 = \frac{17.44 \cdot \frac{b}{2}}{\frac{1}{12}b^4}$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 17.44}{100 \cdot 10^6}}$$

$$b = 0.01015 \text{ m} = 10.15 \text{ mm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงเลือกเหล็กแท่ง Stainless Steel หน้าตั้งสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1/2 x 1/2 นิ้ว



รูปที่ 3.40 ผลการจำลองที่ทางปากกระสอบด้วย Simscale[17]

3.5.4 การคำนวณเพื่อเลือกกระบอกลมที่เคลื่อนที่แนวตั้ง

พิจารณาตรงโครงสร้างที่ทางกระสอบ

เพื่อใช้ประกอบการเลือกขนาดของกระบอกลมที่เขี่ยตัวที่ทาง ตามเวลาที่กำหนด จากการ Designed ขนาดลักษณะตัวเครื่องที่ทางปากกระสอบ ซึ่งประกอบไปด้วย

- แขนที่ทางปากกระสอบ 2 แขน มวลประมาณ 0.816 กิโลกรัม
- แขนเชื่อมระหว่างแขนทางกับก้านกระบอกลม 2 แขน มวลประมาณ 0.128 กิโลกรัม
- ตัว Body โครงสร้างมวลประมาณ 9.4 กิโลกรัม
- กระบอกลมที่ติดตั้งเพื่อขับกลไกทางกระสอบ มวลประมาณ 0.779 กิโลกรัม

สรุปมวลทั้งหมดโดยประมาณเท่ากับ 15 กิโลกรัม

เนื่องจากตัวทางกระสอบขนาดมวล 15 กิโลกรัม ต้องเคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยความเร็วตามระยะเวลาที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาที่เครื่องเคลื่อนที่เท่ากับ 0.686 วินาที เป็นระยะทาง 8 เซนติเมตร คิดเป็นความเร็วในการ

$$\text{เคลื่อนที่ } v = \frac{s}{t} = \frac{0.08}{0.686} = 0.117 \text{ m/s} \text{ จากจุดหยุดนิ่ง } u = 0 \text{ m/s}$$

$$\text{ดังนั้นจาก } a = \frac{v-u}{t} = \frac{0.117-0}{0.686} = 0.17 \text{ m/s}$$

คิดเป็นโหลดที่กระบอกลมด้วยต้องรับ พิจารณาตอนยกขึ้นซึ่งเป็นโหลดที่มากกว่าขาลง

$$\text{จาก } \sum F = ma$$

$$F - mg = ma$$

$$F = mg + ma = m(g + a)$$

$$F = 15 \cdot (9.81 + 0.17)$$

$$F = 149.7 \text{ N}$$

ดังนั้นแรงที่กระบอกลมด้วยพิจารณาที่แรงประมาณ 150 นิวตัน



Bore size (mm)	Rod size (mm)	Coaxing direction	Piston area (mm ²)	Operating pressure (MPa)									
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
20	8	OUT	314	62.8	94.2	126	157	188	220	251	283	314	
		IN	264	52.8	79.2	106	132	158	185	211	238	264	
25	10	OUT	491	98.2	147	196	246	295	344	393	442	491	
		IN	412	82.4	124	165	206	247	288	330	371	412	
32	12	OUT	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804	
		IN	691	138	207	276	346	415	484	553	622	691	
40	16	OUT	1260	252	378	504	630	756	882	1010	1130	1260	
		IN	1060	212	318	424	530	636	742	848	954	1060	
50	20	OUT	1960	392	588	784	980	1180	1370	1570	1760	1960	
		IN	1650	330	495	660	825	990	1160	1320	1490	1650	

Note) Theoretical output (N) = Pressure (MPa) x Piston area (mm²)

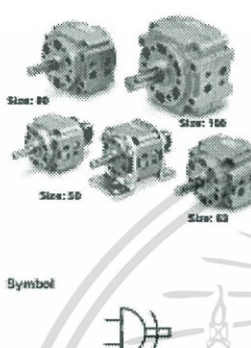
รูปที่ 3.42 Specification ของกระบอกลมด้วยกและค่าแรงที่กระบอกลมทำได้[18]

ดังนั้นจาก รูปที่ 3.27 ของกระบอกลมเลือกกระบอกลมจากระยะ Stroke ที่ได้จากการออกแบบ 80 มิลลิเมตร ขนาด Bore (d) 25 มิลลิเมตร ที่ความดันระหว่าง 0.3-0.4 เมกะปาสกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.6 การคำนวณก้านพับกระสอบ

โดยใช้ Rotary เป็นตัวขับเคลื่อนจากการออกแบบระยะเวลาในการทำงานที่ต้องการประมาณ 0.4 วินาทีและข้อมูลของ Rotary ที่ทาง SMC แนะนำมาตอนเห็นงานออกแบบเป็นรุ่น CDRB1BW50-180s-T79L ดังรูปที่ 3.31



Size: 80

Size: 100

Size: 50

Size: 63

Symbol

Volume [cm³]

Classification	Rotating angle	Single vane (S)				Double vane (D)			
		50	63	80	100	50	63	80	100
Standard	90°	30	70	88	186	48	98	136	272
	180°	49	94	138	281	—	—	—	—
	270°	66	118	188	376	—	—	—	—
Semi-standard	100°	32	73	93	197	52	104	146	294
	190°	51	97	143	292	—	—	—	—
	280°	68	121	193	387	—	—	—	—

Weight [g]

Model	Rotating angle	Single vane (S)				Double vane (D)			
		50	63	80	100	50	63	80	100
Main body	90°	810	1365	2070	3990	830	1410	2120	4150
	180°	790	1330	2010	3880	—	—	—	—
	270°	770	1290	1950	3760	—	—	—	—
	100°	808	1360	2065	3980	822	1400	2100	4100
	190°	788	1325	2005	3870	—	—	—	—
	280°	786	1285	1940	3735	—	—	—	—
Auto switch unit + 2 auto switches		65	85	95	165	65	85	95	165
Foot bracket assembly		384	785	993	1722	364	785	993	1722

รูปที่ 3.43 Specification ของ Rotary[18]

จากรูปที่ 3.31 ตัว Rotary ที่ใช้ Specification ดังนี้

- ขนาด Bore 50 mm. Rotating angle 180°
- Displacement Volume (V_d) เท่ากับ $49 \text{ cm}^3/\text{rev}$
- รอบการทำงานต่อนาที (N) เท่ากับ $\frac{0.5(\text{rev}) \cdot 60(\text{s})}{0.4(\text{s}) \cdot 1(\text{min})} = 75 \text{ rev/min}$
(เมื่อ รอบการทำงานเท่ากับ 0.5 รอบ ที่ระยะเวลา 0.4 วินาที)
- ความดันใช้งานที่ประมาณ 4 บาร์ หรือ 0.4 เมกะปาสคาล

จาก $Power = p \cdot Q = p \cdot N \cdot V_d$

$$P = 4 \cdot 10^5 \cdot \frac{75}{60} \cdot 49 \cdot 10^{-6}$$

$$P = 24.5 \text{ W}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก $Power = T \cdot \omega$

ดังนั้น $T \cdot \omega = p \cdot Q$

$$T = \frac{p \cdot N \cdot V_d}{2\pi N} = \frac{p \cdot V_d}{2\pi}$$

$$T = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot 49 \cdot 10^{-6}}{2\pi}$$

$$T = 3.12 \text{ N} \cdot \text{m}$$



รูปที่ 3.45 แสดงลักษณะของก้านพับกระสอบและแรงที่เกี่ยวข้อง

จากรูปที่ 3.29 เป็นแท่งกลม Stainless Steel ต้น ระยะเวลา R เท่ากับ 3 เซนติเมตร หรือ 0.03 เมตร

จาก $T = F \cdot s$

$$F = \frac{T}{s} = \frac{3.12}{0.03} = 104 \text{ N}$$

ดังนั้นแรงในการตีกระสอบให้พับเท่ากับ 104 นิวตัน

แรงเฉื่อยที่กระทำตลอดแท่ง Stainless Steel ตกบริเวณตรงกลางแท่งที่มีความยาว 55 เซนติเมตร
เพื่อคำนวณหาขนาดต่อไป

จาก $M = F \cdot \frac{s}{2}$

$$M = 104 \cdot \frac{0.55}{2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M = 28.6 \text{ N}$$

จาก
$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} c}{I}$$

จากตารางที่ 2.1 ค่าของ Mass Moment of Inertia (I) = $\frac{\pi r^4}{4}$

ค่า
$$c = \frac{r}{2}$$

จาก
$$\sigma_d = 100 \text{ MPa} = \sigma_{\max}$$

ได้
$$r = \sqrt[3]{\frac{28.6 \cdot 2}{100 \cdot 10^6 \pi}}$$

$$r = 0.00567 \text{ m} = 5.67 \text{ mm}$$

ใช้แท่ง Stainless Steel เส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่ำที่สุด 11.34 มิลลิเมตร

ดังนั้นเลือกขนาดแท่ง Stainless Steel 304 จากตารางที่ 2.6 เส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว หรือเท่ากับ 12.700 มิลลิเมตร ความยาวที่ใช้ 55 เซนติเมตร น้ำหนักทั้งหมดของก้านพับกระสอบประมาณ 0.710 กิโลกรัม



รูปที่ 3.46 ผลการจำลองก้านพับกระสอบด้วย Simscale[17]

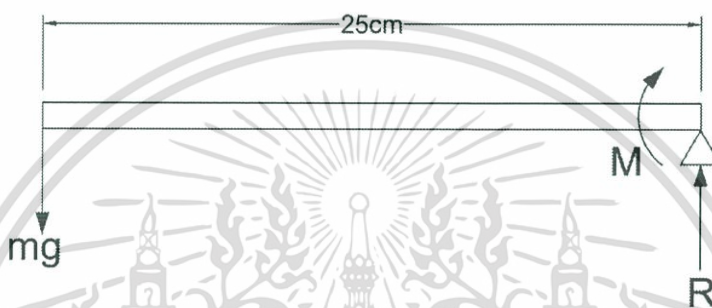
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.7 การคำนวณที่ก้านกระบอกสูบสำหรับยึดก้านพับกระสอบโดยมี Rotary ที่ปลายสุด

จากการออกแบบ Stroke ของกระบอกลมระยะประมาณ 210 มิลลิเมตร

และมีน้ำหนักของ Rotary กับน้ำหนักของก้านตีเป็นโหลดที่ปลายสุด (m) เท่ากับ

พิจารณาตอนกระบอกยึดสุดโดยแรงที่กระบอกสูบตัวนี้ต้องรับแสดงดังรูปที่ 3.39



รูปที่ 3.48 เวกเตอร์แรงที่กระทำที่ก้านกระบอกลมด้วยยื่น

เมื่อ mg เท่ากับ 14.715 นิวตัน

Moment สูงสุดของแท่งกระบอกลมนี้เท่ากับ 3.67875 นิวตันเมตร

จาก
$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} c}{I}$$

จากตารางที่ 2.1 ค่าของ Moment of Inertia (I) = $\frac{\pi r^4}{4}$

ค่า $c = \frac{r}{2}$

วัสดุของ Piston rod กรณี Stainless Steel ($\phi 12$ to $\phi 25$) $\sigma_d = 100 \text{ MPa} = \sigma_{\max}$

$$\text{ได้} \quad r = \sqrt[3]{\frac{3.67875 \cdot 2}{100 \cdot 10^6 \pi}}$$

$$r = 0.00286 \text{ m} = 2.86 \text{ mm}$$

ใช้ Piston rod แท่ง Stainless Steel เส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่ำที่สุด 5.72 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.8 พิจารณาตอนกระบอกสูบเคลื่อนที่

ระยะเคลื่อนที่ของ Stroke เท่ากับ 210 มิลลิเมตร ในเวลา 0.857 วินาที

$$\text{คิดเป็นความเร็วในการเคลื่อนที่ } v = \frac{s}{t} = \frac{0.210}{0.857} = 0.245 \text{ m/s} = 245 \text{ mm/s}$$

Specifications	
Bore size [mm]	12 16 20 25 32 40 50 63 80 100
Action	Double acting
Fluid	Air
Proof pressure	1.5 MPa
Maximum operating pressure	1.0 MPa
Minimum operating pressure	0.12 MPa 0.1 MPa
Ambient and fluid temperature	-10 to 60°C (No freezing)
Piston speed *1	50 to 500 mm/s 50 to 400 mm/s
Cushion	Rubber bumper on both ends
Lubrication	Not required (Non-lube)
Stroke length tolerance	± 0.1 mm

*1: Maximum speed with no load. Depending on the operating conditions, the piston speed may not be satisfied.
Make a model selection, considering a load according to the graph on pages 439 to 445.

Standard Strokes	
Bore size [mm]	Standard stroke [mm]
12, 16	10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250
20, 25	20, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400
32 to 100	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400

รูปที่ 3.49 Specification ของกระบอกลมตัวยัด

จากรูปที่ 3.40 ขนาด Bore ของกระบอกสูบตัวยัด ตั้งแต่ ϕ 12 ถึง 63 มิลลิเมตร มี Piston speed ตั้งแต่ 50 ถึง 500 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งอยู่ในช่วงที่เราต้องการคือ ที่ 245 มิลลิเมตรต่อวินาที และ ขนาด Bore เล็กที่สุดที่ต้องใช้คือ 5.72 มิลลิเมตร ดังนั้นเลือก Bore ขนาดเล็กสุดที่ ϕ 12 มิลลิเมตร Stroke 210 มิลลิเมตร

3.6 คำนวนระบบลมที่เครื่องจักรใช้

เนื่องจากการนำระบบลมไปเพิ่มในโรงงานที่ใช้ระบบลมเป็นหลัก จำเป็นที่ต้องหาระบบลมที่เครื่องจักรที่ไปติดตั้งเพิ่ม เพื่อพิจารณาระบบลมของโรงงานสามารถส่งลมให้เครื่องจักรได้อย่างเพียงพอและไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องจักรเดิมที่มีอยู่โดยการคำนวณอัตราการไหลของแต่ละลูกสูบเพื่อหาอุปกรณ์ที่ใช้อัตราการไหลสูงสุด

3.6.1 การคำนวณอัตราการไหลของแต่ละอุปกรณ์

การคำนวณอัตราไหลของลมต้องใช้ระยะชักของกระบอกสูบ เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.6 ระยะต่าง ๆ ของแต่ละกระบอกสูบ

อุปกรณ์	เส้นผ่านศูนย์กลาง,Bore (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง,Rod (mm)	ระยะชัก,Stoke (mm)	เวลาการทำงาน (s)
1.กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวระนาบ	32	14	210	0.875
2.กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวตั้ง	50	-	-	0.686
3.กระบอกสูบที่กางปากกระสอบ	25	10	80	0.335
4.Rotary	32	12	45	0.4

จากความต้องการของทางโรงงาน มีเป้าหมายเพิ่มผลผลิตให้ได้ 270 ตันต่อวัน หรือ 3,000 กระสอบต่อช่วงเวลาการทำงาน ซึ่ง 1 วัน มี 3 ช่วงเวลาการทำงาน และแต่ละช่วงเวลาการทำงานทำงาน 7 ชั่วโมง ได้ว่ารอบการทำงานของเครื่องพับปากกระสอบ คือ 8.6 วินาทีต่อรอบการทำงาน คิดเป็น 7 รอบการทำงานต่อนาที (N = 7)

จาก

$$\begin{aligned}
 Q_{work} &= Q_{HE} + Q_{RE} \\
 &= [V_{HE} \times N] + [V_{RE} \times N] \\
 &= \left[\frac{\pi}{4} D^2 \times S \times N \right] + \left[\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \times S \times N \right]
 \end{aligned}$$

1.ที่กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวระนาบ

จาก

$$A_{HE} = \frac{\pi}{4} \times \frac{32^2}{100} = 8.04 \text{ cm}^2$$

ได้

$$\begin{aligned}
 V_{HE} &= A_{HE} \times S \\
 &= 8.04 \times \frac{210}{10} \\
 &= 168.84 \text{ cm}^3 / \text{rev}
 \end{aligned}$$

จาก

$$A_{RE} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \times \frac{(32^2 - 14^2)}{100} = 6.503 \text{ cm}^2$$

ได้

$$\begin{aligned}
 V_{RE} &= A_{RE} \times S \\
 &= 6.503 \times \frac{210}{10} \\
 &= 136.6 \text{ cm}^3 / \text{rev}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาการทำงานของกระบอกสูบเคลื่อนที่แนวระนาบตามที่ออกแบบคือ 0.4 วินาที และเวลารวมของกระบวนการทั้งหมดของเครื่องปั๊มปากกระสอบคือ 4 วินาที ได้อัตราไหลคือ

$$\therefore Q_{work1} = [168.84 \times 7] + [136.6 \times 7] = 2,138 \text{ cm}^3 / \text{min} = 2.138 \text{ L} / \text{min}$$

2. ที่กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวตั้ง

จาก

$$A_{HE} = \frac{\pi}{4} \times \frac{25^2}{100} = 4.91 \text{ cm}^2$$

ได้

$$\begin{aligned} V_{HE} &= A_{HE} \times S \\ &= 4.91 \times 8 \\ &= 39.28 \text{ cm}^3 / \text{rev} \end{aligned}$$

จาก

$$A_{RE} = \frac{\pi}{4} \times (25^2 - 10^2) = 4.123 \text{ cm}^2$$

ได้

$$\begin{aligned} V_{RE} &= A_{RE} \times S \\ &= 4.123 \times 8 \\ &= 32.98 \text{ cm}^3 / \text{rev} \end{aligned}$$

เวลาการทำงานของกระบอกสูบเคลื่อนที่แนวระนาบตามที่ออกแบบคือ 0.686 วินาที และเวลารวมของกระบวนการทั้งหมดของเครื่องปั๊มปากกระสอบคือ 4 วินาที ได้อัตราไหลคือ

$$\therefore Q_{work2} = [39.28 \times 7] + [32.98 \times 7] = 505.8 \text{ cm}^3 / \text{min} = 0.5058 \text{ L} / \text{min}$$

3. ที่กระบอกสูบที่กางปากกระสอบ

จาก

$$A_{HE} = \frac{\pi}{4} \times \frac{32^2}{100} = 8.04 \text{ cm}^2$$

ได้

$$\begin{aligned} V_{HE} &= 2 \times A_{HE} \times S \\ &= 2 \times 8.04 \times 4.5 \\ &= 72.36 \text{ cm}^3 / \text{rev} \end{aligned}$$

จาก

$$A_{RE} = \frac{\pi}{4} \times \frac{32^2 - 12^2}{100} = 6.912 \text{ cm}^2$$

ได้

$$\begin{aligned} V_{RE} &= 2 \times A_{RE} \times S \\ &= 2 \times 6.912 \times 4.5 \\ &= 62.21 \text{ cm}^3 / \text{rev} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาการทำงานของกระบอกสูบเคลื่อนที่แนวระนาบตามทีออกแบคือ 0.335 วินาที และเวลารวมของกระบวนการทั้งหมดของเครื่องปั๊มปากกระสอบคือ 4 วินาที ได้อัตราไหลคือ

$$\therefore Q_{work3} = [72.36 \times 7] + [62.21 \times 7] = 942 \text{ cm}^3 / \text{min} = 0.942 \text{ L} / \text{min}$$

4.ที่ Rotary

$$\text{Displacement Volume}(V_d) = 49 \text{ cm}^3 / \text{rev}(180^\circ)$$

และมี V_d เท่ากันทั้ง HE และ RE

$$Q_{HE} = Q_{RE}$$

เวลาการทำงานของกระบอกสูบเคลื่อนที่แนวระนาบตามทีออกแบคือ 0.4 วินาที และเวลารวมของกระบวนการทั้งหมดของเครื่องปั๊มปากกระสอบคือ 4 วินาที ได้อัตราไหลคือ

$$\therefore Q_{work4} = 49 \times 7 \times 2 = 686 \text{ cm}^3 / \text{min} = 0.686 \text{ L} / \text{min}$$

3.6.2 คำานวนความดันที่แต่ละอุปกรณ์ใช้

ช่วงความดันของแต่ละกระบอกสูบที่ทำให้กระบอกสูบสามารถใช้งานได้แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.9 เงื่อนไขการทำงานของกระบอกสูบ

อุปกรณ์	ช่วงความดันที่กระบอกสูบสามารถทำงานได้ (Bar)	เวลาการทำงาน (s)
1.กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวระนาบ	1.2-10	0.875
2.กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวตั้ง	2-10	0.686
3.กระบอกสูบที่แกงปากกระสอบ	0.5-10	0.335
4.Rotary	1.5-10	0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวระนาบ

จาก

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$0.21 = 0 + \frac{1}{2}a(0.875)^2$$

$$a = 0.5486 \text{ m/s}^2$$

มวลของชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่รวมคือ

$$m_{rod} + m_{rotary} + m_{folder} + m_{guide} = 0.32 + 0.709 + 0.71 + 1.64 = 3.379 \text{ kg}$$

แรงที่ต้องใช้

$$\sum F = ma$$

$$= 3.379 \times 0.5486$$

$$= 1.854 \text{ N}$$

ดังนั้นความดันที่กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวระนาบต้องใช้คือ

$$P = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{1.854}{\frac{\pi}{4} \times \frac{32^2}{10^6}}$$

$$= 0.023 \text{ bar}$$

จากกระคำนวณความดันที่ต้องใช้ในกระบอกสูบเคลื่อนที่แนวระนาบคือ 0.023 บาร์ แต่ความดันต่ำสุดที่กระบอกสูบตัวนี้สามารถทำงานได้คือ 1.2 บาร์ ดังนั้นความดันที่กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวระนาบต้องใช้คือ 1.2 บาร์

2. ลูกสูบเคลื่อนที่แนวตั้ง

จากการคำนวณแรงที่ลูกสูบเคลื่อนที่แนวตั้งต้องใช้ในหัวข้อ 3.5.4 ได้แรงที่ต้องใช้คือ 150 นิวตัน

ดังนั้นความดันที่ลูกสูบเคลื่อนที่แนวตั้งต้องใช้คือ

$$P = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{150}{\frac{\pi}{4} \times \frac{25^2}{10^6}}$$

$$= 3.056 \text{ bar}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ลูกสูบที่ทางปากกระสอบ

ลูกสูบที่ทางปากกระสอบนี้มีความดันต่ำสุดที่เริ่มทำงานอยู่ที่ 0.5 บาร์ และเริ่มต้นลูกสูบอันนี้ไม่ได้รับแรงใด ๆ ดังนั้นลูกสูบที่ทางปากกระสอบจึงใช้ความดันทำงานที่ 0.5 บาร์ จาก การ ออก แบบ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เข้าสู่ทำให้ที่ทางปากกระสอบทางสุด กระสอบจึงดึงตามที่ได้ออกแบบไว้ แรงเมื่อทางปากกระสอบคือ

$$\begin{aligned} F &= PA \\ &= 0.5 \times 10^5 \times \frac{\pi}{4} \times \frac{32^2}{10^6} \\ &= 40.2 \text{ N} \end{aligned}$$

จากการทดสอบความแข็งแรงของกระสอบจากเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ในหัวข้อที่ 3.3 กระสอบสามารถทนแรง ได้ 240 นิวตัน ก่อนเกิดการเสียรูป ดังนั้นที่ความดัน 0.5 บาร์จะไม่ทำให้ปากกระสอบเสียหายอย่างแน่นอน

4. Rotary

Rotary มี Displace volume = $49 \text{ cm}^3 / \text{rev}$ มีแรงบิด = $3.12 \text{ N} \cdot \text{m}$

และมีรัศมีการหมุนเท่ากับ 0.03 m

จาก

$$v = \omega r$$

ได้

$$\begin{aligned} v &= \frac{75}{60} \times 2\pi \times 0.03 \\ &= 0.2356 \text{ m/s} \end{aligned}$$

ความเร่งหาได้จาก

$$\begin{aligned} a &= \frac{v - u}{t} \\ &= \frac{2356 - 0}{0.4} \\ &= 0.59 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่ Rotary ต้องใช้ โดยที่น้ำหนักของก้านพับคือ 0.71 นิวตัน

$$\begin{aligned}\sum F &= ma \\ &= 0.71 \times 0.59 \\ &= 0.42 N\end{aligned}$$

ดังนั้นความดันที่ Rotary ต้องใช้คือ

$$\begin{aligned}PQ &= T\omega \\ P &= \frac{T \times 2\pi N}{V_d \times N} \\ &= \frac{F \times r \times 2\pi}{V_d} \\ &= \frac{0.42 \times 0.03 \times 2\pi}{49 \times 10^{-6}} \\ &= 0.016 \text{ bar}\end{aligned}$$

จากกระคำนวณความดันที่ต้องใช้ใน โรตารี (Rotary) คือ 0.023 บาร์ แต่ความดันต่ำสุดที่กระบอกสูบตัวนี้สามารถทำงานได้คือ 1.5 บาร์ ดังนั้นความดันที่ โรตารี (Rotary) ต้องใช้คือ 1.2 บาร์

3.6.3 การคำนวณ FAD ของเครื่องพับปากกระสอบ

ความดันที่ตั้งไว้ให้เครื่องพับปากกระสอบทำงานคือ 4 บาร์ แล้วนำมาคำนวณหา FAD ของแต่ละ อุปกรณ์

1. กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวระนาบ

$$\begin{aligned}Q_{FAD1} P_{FAD1} &= Q_{work1} P_{work1} \\ Q_{FAD1} &= \frac{2.138 \times 1.2}{4} \\ Q_{FAD1} &= 0.6414 \text{ L / min}\end{aligned}$$

2. กระบอกสูบเคลื่อนที่แนวตั้ง

$$\begin{aligned}Q_{FAD2} P_{FAD2} &= Q_{work2} P_{work2} \\ Q_{FAD2} &= \frac{0.5058 \times 3.056}{4} \\ Q_{FAD2} &= 0.3864 \text{ L / min}\end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กระบอกสูบที่แกว่งปากกระสอบ

$$Q_{FAD3} P_{FAD3} = Q_{work3} P_{work3}$$

$$Q_{FAD3} = \frac{0.942 \times 0.5}{4}$$

$$Q_{FAD3} = 0.1178 \text{ L / min}$$

4. Rotary

$$Q_{FAD4} P_{FAD4} = Q_{work4} P_{work4}$$

$$Q_{FAD4} = \frac{0.686 \times 1.2}{4}$$

$$Q_{FAD4} = 0.2058 \text{ L / min}$$

ดังนั้น FAD รวมที่เครื่องพับปากกระสอบต้องใช้คือ

$$Q_{FAD1} + Q_{FAD2} + Q_{FAD3} + Q_{FAD4} = 0.6414 + 0.3864 + 0.1178 + 0.2058$$

$$= 1.351 \text{ L / min}$$

$$= 81.1 \text{ L / hr}$$

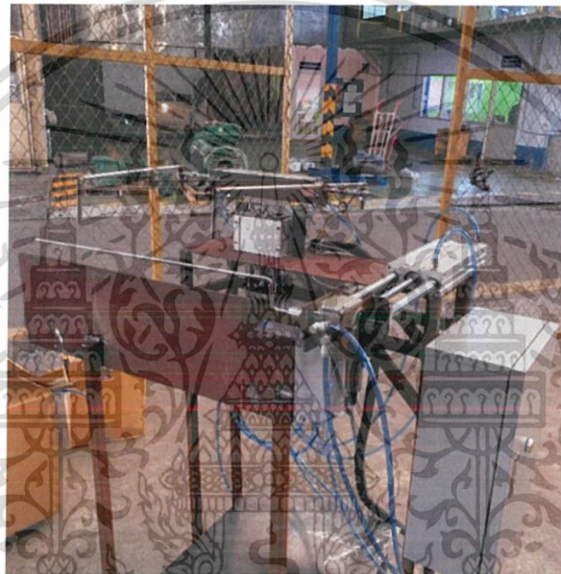
$$= 1,703 \text{ L / day}$$

ดังนั้น FAD รวมที่เครื่องพับปากกระสอบต้องใช้คือ 1,703 ลิตรต่อวัน และความดันที่เหมาะสมสำหรับเครื่องจักรควรตั้งอยู่ที่ 4 บาร์ ถึงรองรับการใช้งานความดันของแต่ละกระบอกสูบได้

บทที่ 4

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

หลังจากสร้างเครื่องพับปากกระสอบบรรจุอาหารสัตว์สำหรับหีบเข้าเครื่องจักรเย็บเสร็จแล้ว ได้รูปทรงเครื่องดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 เครื่องพับปากกระสอบ

เครื่องพับปากกระสอบมีลักษณะการทำงานโดยเริ่มจากการเคลื่อนที่ลงจากด้านบนเพื่อนำแกนสำหรับกางปากให้ตึง เมื่อกางได้สำเร็จมีตัวพับปากยื่นออกมาจากด้านหน้าเพื่อพับปากกระสอบก่อนที่สายพานลำเลียงจะเข้าเครื่องเย็บปากกระสอบ ซึ่งเป็นไปตามการทำงานที่ออกแบบไว้ดังรูปที่ 3.1 การทำงานต่าง ๆ ขับเคลื่อนโดยใช้ระบบลม (Pneumatic System) โดยจุดประสงค์หลักของการออกแบบเครื่องดังกล่าว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตให้ต่อเนื่องมากขึ้นรวมถึงการเพิ่มระยะเวลาการทำงานในการ บรรจุอาหารให้ได้นานขึ้นและผลพลอยได้คือช่วยลดความเสี่ยงด้านสุขภาพทั้งระบบหายใจและ ร่างกายที่ต้องทำงานท่ามกลางเครื่องจักรและผงของอาหารเม็ดที่มีความละเอียดสูงเป็นระยะเวลานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดสอบการทำงานของเครื่องพับปากกระสอบบรรจุอาหารสัตว์ก่อนเข้าเครื่องจักรเย็บ



รูปที่ 4.2 ลักษณะปากกระสอบเมื่อมีการทดสอบพับ

จากการทดสอบ เห็นได้ว่ากระสอบสามารถพับได้ตามที่โรงงานต้องการ โดยระยะที่พับลงมาประมาณ 9 เซนติเมตร และมีรอบพับที่ เรียบเสมอกันตลอดแนวพับ ซึ่งมีการทดสอบซ้ำ อีกหลายครั้ง โดยเงื่อนไขการทดสอบ คือ ไม่มีลมภายนอกรบกวน เพื่อสร้างเครื่องพับปากกระสอบ ให้สามารถพับกระสอบได้เหมือนกับที่คนพับ ได้รูปทรงของปากกระสอบที่พับตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบเครื่องปั๊มปากกระสอบ

เนื่องจากความดันที่ทางโรงงานสามารถผลิตได้อยู่ที่ประมาณ 7 บาร์ ดังรูปที่ 4.3 ความดันจริงที่เข้ามาเพื่อใช้งานเป็น 6.5 บาร์ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 ความดันที่โรงงานผลิตได้จาก



รูปที่ 4.4 ความดันจากเกทวัดที่ใช้ทดสอบ

Compressor

โดยจากการคำนวณขนาดของกระบอกสูบลมแต่ละตัวคือ ลูกสูบแนวตั้งเคลื่อนที่ขึ้น-ลงลูกสูบทางปากกระสอบ ลูกสูบแนวอนนียดเข้า-ออก และโรตารีหมุนปั๊มปากกระสอบ จึงกำหนดให้ความดันใช้งานของเครื่องปั๊ม ปากกระสอบอยู่ที่ 4 บาร์ โดยใช้ตัวปรับความดัน (Regulator) ที่แสดงในรูปที่ 4.5 ในการลดความดัน ที่รับมาจากโรงงานให้อยู่ที่ ความดันของ เครื่องปั๊มปากกระสอบใช้งาน และทดสอบเพื่อสังเกตความเร็วในการทำงานของเครื่องได้ผลตาม ตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.5 Air Regulator ที่ความดัน 4 บาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเครื่องปั๊มปากกระสอบที่ความดัน 4 บาร์

อุปกรณ์	เวลาการทำงาน	
	เฉพาะกระบอกสูบตามที่ออกแบบ (วินาที)	เฉพาะกระบอกสูบตามที่จับเวลาได้จริง (วินาที)
1. ลูกสูบแนวตั้งเคลื่อนที่ลง	0.686	0.6
2. ลูกสูบกางปากกระสอบ	0.335	0.4
3. ลูกสูบแนวอนยึดไปด้านหลัง	0.857	0.75
4. โรตารีหมุนปั๊มปากกระสอบพร้อม ลูกสูบที่กางปากกระสอบหุบกับลูกสูบ แนวตั้งเคลื่อนที่ขึ้น	0.4	0.5
5. โรตารีหมุนกลับที่เดิม	0.4	0.9
6. ลูกสูบแนวอนหดกลับที่เดิม	0.857	1
รวม	3.535	4.15

ที่กั้น (Stopper) สำหรับหยุดกระสอบให้อยู่ระยะทำงานของเครื่องปั๊มปากกระสอบ
เวลารวมกันและเปิดทั้งหมด 0.465 วินาที

จากตารางที่ 4.1 พบว่าที่ความดัน 4 บาร์ เครื่องปั๊มปากกระสอบโดยรวมใช้เวลาในการปั๊มปาก
กระสอบมากกว่าที่กำหนดไว้ โดย

1. ลูกสูบแนวตั้งเคลื่อนที่ลง ใช้เวลาใกล้เคียงกับเวลาที่กำหนดไว้
2. ลูกสูบกางปากกระสอบ ใช้เวลามากกว่าเวลาที่กำหนดไว้เล็กน้อย
3. ลูกสูบแนวอนยึดไปด้านหลัง ใช้เวลาเร็วกว่าเวลาที่กำหนดไว้
4. โรตารีหมุนปั๊มปากกระสอบและหมุนกลับที่เดิม ใช้เวลานานกว่าเวลาที่กำหนดไว้
5. ลูกสูบแนวอนยึดหดกลับที่เดิม ใช้เวลานานกว่าเวลาที่กำหนดไว้

จากผลการทดสอบเห็นได้ว่ามีกระบอกสูบที่ใช้เวลาใกล้เคียง มากกว่า หรือน้อยกว่านั้นอาจเกิด
ความผิดพลาดในการจับเวลาในโปรแกรมตัดต่อวิดีโอ และ รวมไปถึงการปรับเวลา ให้นานขึ้นเนื่อง
จากในบางอุปกรณ์จำเป็นต้องใช้เวลานานในการทำงาน ยกตัวอย่างเช่น โรตารีหมุนปั๊มปากกระสอบ
และหมุนกลับที่เดิม เพราะที่ใช้เวลาตามที่กำหนดแล้วทำให้ปั๊มปากกระสอบออกมาแล้วไม่เรียบร้อย
โดยมีการควบคุมความเร็ว ในการทำงานของกระบอกสูบโดยใช้อุปกรณ์ ตัวปรับความเร็วลม(Flow
Control Valve) ที่บริเวณด้านจ่ายลมเข้า-ออกของกระบอก เพื่อเพิ่มหรือลดระยะเวลาปริมาณลม
ที่เข้ากระบอกสูบสำหรับควบคุมความเร็วและความนุ่มนวลในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความต้องการของทางโรงงาน มีเป้าหมายเพิ่มผลผลิตให้ได้ 270 ตันต่อวัน หรือ 3,000 กระสอบต่อช่วงเวลาการทำงาน ซึ่ง 1 วัน มี 3 ช่วงเวลาการทำงาน และแต่ละช่วงเวลาการทำงาน 7 ชั่วโมง ได้ว่ารอบการทำงานของเครื่องพับปากกระสอบ คือ 8.6 วินาทีต่อรอบการทำงาน คิดเป็น 7 รอบการทำงานต่อนาที ($N = 7$) ซึ่งจากเวลา 8.6 วินาที แบ่งเป็น

1. 4 วินาที คือเวลาที่ เครื่องพับปากกระสอบทำงาน
2. 4.6 วินาที คือเวลา เริ่มตั้งแต่กระสอบรับอาหารถึงหยุดที่ระยะทำงานของเครื่องพับปากกระสอบ รวมกับหลังจากที่ปากกระสอบพับเสร็จเข้าจักรเย็บ

จากผลการทดสอบเวลารวมที่เครื่องพับปากกระสอบใช้คือ 4.15 วินาที ซึ่งถ้ารวมที่กั้น (Stopper) อีก 0.465 วินาที แล้วได้เท่ากับ 4.615 วินาที เป็นเวลาที่ได้จริงจากการทดสอบ ทำให้ได้รอบการทำงานเป็น $4.615 + 4.6 = 9.215$ วินาที ผลผลิตที่คาดว่าจะหวังไว้คือ 246 ตันต่อวัน ซึ่งน้อยกว่าที่ตั้งเป้าไว้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวน 240 ตันต่อวัน ที่พนักงานทำได้แล้ว ที่พนักงานทำแล้วมีแนวโน้มที่ดีกว่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

โรงงานผลิตอาหารสัตว์ CPF ต้องการที่จะเพิ่มผลผลิตจาก 240 ตันต่อวัน เป็น 270 ตันต่อวัน เพราะในปัจจุบันในการบรรจุอาหารสัตว์จะใช้พนักงานในการพับปากกระสอบแล้วเอาไปเข้าเครื่องเย็บปากกระสอบซึ่งจะมีปัญหาคือพนักงานจำเป็นที่จะต้องหยุดไลน์การผลิตเป็นช่วง ๆ เนื่องจากต้องทำการเตรียมกระสอบเพื่อรอการบรรจุอาหาร ซึ่งกระสอบที่บรรจุเสร็จเพื่อตรวจสอบดู ปริมาณว่าถูกต้องหรือไม่ ไปจนถึงการดูแลเครื่องจักรในไลน์การผลิตนั้นที่ทำงานขัดข้อง ซึ่งที่กล่าวมานั้นเป็นหน้าที่ที่พนักงานต้องทำให้กระบวนการผลิตสามารถดำเนินต่อไปได้ ทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องในการผลิตจึงต้องใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วยในการทำให้เกิดความต่อเนื่องในการผลิตอาหารมากขึ้น

หัวข้องานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องพับปากกระสอบสำหรับเข้าเครื่องเย็บ โดยในการออกแบบนั้นทางโรงงานผลิตอาหารสัตว์ CPF ได้ให้ข้อจำกัดในการออกแบบ คือ พื้นที่ในการติดตั้งเครื่องพับปากกระสอบ ซึ่งมีความกว้างของตัวเครื่องไม่เกิน 1.2 เมตร เครื่องพับปากกระสอบทำงานที่ความดัน 4 บาร์ ระยะเวลาในการพับปากกระสอบภายใน 4 วินาทีเพื่อให้ได้ผลผลิต 270 ตันต่อวันตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ ใช้เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) เป็นชิ้นส่วนที่สัมผัสอาหาร จากการออกแบบให้เครื่องจักรใช้กระบอบอกสูบลมในการเคลื่อนไหวนของชิ้นส่วนต่าง ๆ เพื่อพับปากกระสอบ จึงได้ทำการเขียนวงจรให้สามารถใช้กับ PLC เพื่อทำให้เครื่องพับปากกระสอบเป็นระบบอัตโนมัติ โดยมีที่ทางปากกระสอบให้ตั้งแล้วมีลูกสูบดันก้านพับออกมาพับแล้วรอให้กระสอบที่พับแล้วเข้าเครื่องจักรเย็บ จากนั้นลูกสูบก็จะกลับไปอยู่จุดเริ่มต้นรอกระสอบต่อไปมาถึงจุดพับ ในการคำนวณหาขนาดของกระบอบอกสูบลมแต่ละอันจะใช้ แรงที่ต้องทำ ความเร็ว ความดัน มาคำนวณ ส่วนเวลาที่กระบอบอกสูบแต่ละอันต้องใช้นั้นใช้โปรแกรม Solid Edge ในการหาเวลาของแต่ละกระสอบสูบที่ทางปากกระสอบอาศัยเรื่องของ Four Bar Linkage มาใช้คำนวณเนื่องจากการเคลื่อนที่ของที่ทางปากกระสอบมีการเคลื่อนที่เป็นแบบ Four Bar Linkage ซึ่งแรงที่ต้องใช้ทางปากกระสอบใช้ Load Cell ในการหาโดยนำ Load Cell ไป วัดแรง ที่ใช้ ทางปากกระสอบของเครื่องจักรอื่นที่ใช้ทางปากกระสอบให้ตั้งเช่นกัน นำแรงที่ได้ และเวลาการทำงานของกระบอบอกสูบมาหาขนาดของกระบอบอกสูบที่ทางปากกระสอบ จากนั้นนำแรงที่ลูกสูบกระทำกับ แรงที่ทางถูกให้ตั้งมาหาขนาดของที่ทางปากกระสอบโดยวาด Free Body

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Diagram แล้วเขียนกราฟ V-S Diagram และ M-S Diagram เพื่อนำค่าของจุดที่มีโมเมนต์สูงสุดมาหาขนาดของที่แกว่งปากกระสอบ จากนั้นคำนวณหาขนาดกระบอกสูบที่ยกที่แกว่งปากกระสอบ กระบอกสูบอันนี้จะรับภาระจาก น้ำหนักของที่แกว่งปากกระสอบจึงใช้น้ำหนักรวมของที่แกว่งปากกระสอบ และความเร็วในการเคลื่อนที่ มาหาขนาดของกระบอกสูบนี้ ในการพับปากกระสอบจะใช้ก้าน Stainless หมุนโดย มีแผ่นเหล็กที่เป็นตัวทำให้สามารถพับได้พับได้อย่างเรียบร้อยสวยงาม จากนั้นคำนวณหาขนาดของกระบอกสูบ สำหรับยึดก้านพับกระสอบโดยมีน้ำหนักของตัวก้านพับติดอยู่ที่ปลายกระบอก หลังจากที่ได้ คำนวณตัวแปรต่าง ๆ แล้วนำไปหาขนาดกระบอกสูบลม (Pneumatic Cylinder) ของแต่ละอุปกรณ์ หลังจากนั้นนำขนาด ข้อมูล และเวลาของแต่ละกระบอกสูบมาคำนวณปริมาณลมที่ใช้ของเครื่องพับปากกระสอบ โดยเริ่มจากคำนวณอัตราการไหลของแต่ละกระบอกสูบ ซึ่งรอบการทำงานของแต่ละกระบอกสูบที่ออกแบบไว้คือ 7 รอบต่อนาที ซึ่งในแต่ละรอบเวลารวมที่ใช้ทั้งหมดคือ 8.6 วินาที หากความดัน ใช้งานแต่ละกระบอกสูบ นำอัตราการไหลกับ ความดันของแต่ละกระบอกสูบมาหา FAD ทั้งหมด ของเครื่องพับปากกระสอบที่ต้องใช้คือ 1,703 ลิตรต่อวัน ทำการสั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ และกระบอกสูบลม หลังจากที่กระบอกสูบลมที่สั่งซื้อมาถึงก็เริ่มทำการสร้างโครงสร้างของเครื่องพับปากกระสอบ พอสร้างเครื่องพับปากกระสอบเสร็จแล้วก็นำวงจรที่เขียนเอาไว้ไปต่อกับเครื่องพับปากกระสอบทำให้เป็นระบบอัตโนมัติ และเริ่มการทดสอบว่าเครื่องพับปากกระสอบที่ออกแบบไว้สามารถพับกระสอบได้จริงโดยที่เครื่องพับปากกระสอบใช้ความดัน 4 บาร์ แล้วเปรียบเทียบเวลาการทำงานของเครื่องพับปากกระสอบที่สร้างกับที่ออกแบบเอาไว้

จากผลการทดสอบจะพบว่าเครื่องพับปากกระสอบสามารถพับปากกระสอบได้ และปากกระสอบมีรูปทรงที่พร้อมเข้าจักรเย็บ ไม่มีความเสียหายที่กระสอบ การทำงานทั้งหมดอยู่ที่ 9.215 วินาที ต่อ 1 รอบการทำงาน ผลผลิตรวมอยู่ที่ 246 ดันต่อวัน เป็นปริมาณการผลิตที่มากกว่าพนักงานที่ทำได้ในปัจจุบัน หลังที่ได้ทำการทดสอบเครื่องนี้ทางโรงงานผลิตอาหารสัตว์ CPF จังหวัดราชบุรีขยายผลงานวิจัยนี้พัฒนา และต่อยอดตัวเครื่องพับปากกระสอบสำหรับจักรเย็บนี้ต่อไป เพื่อช่วยเพิ่มกำลังการผลิตในหลายๆ สายการผลิต ทั้งในโรงงานจังหวัดราชบุรีนี้เองไปจนถึงโรงงานอื่น ๆ ในเครือของ CPF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

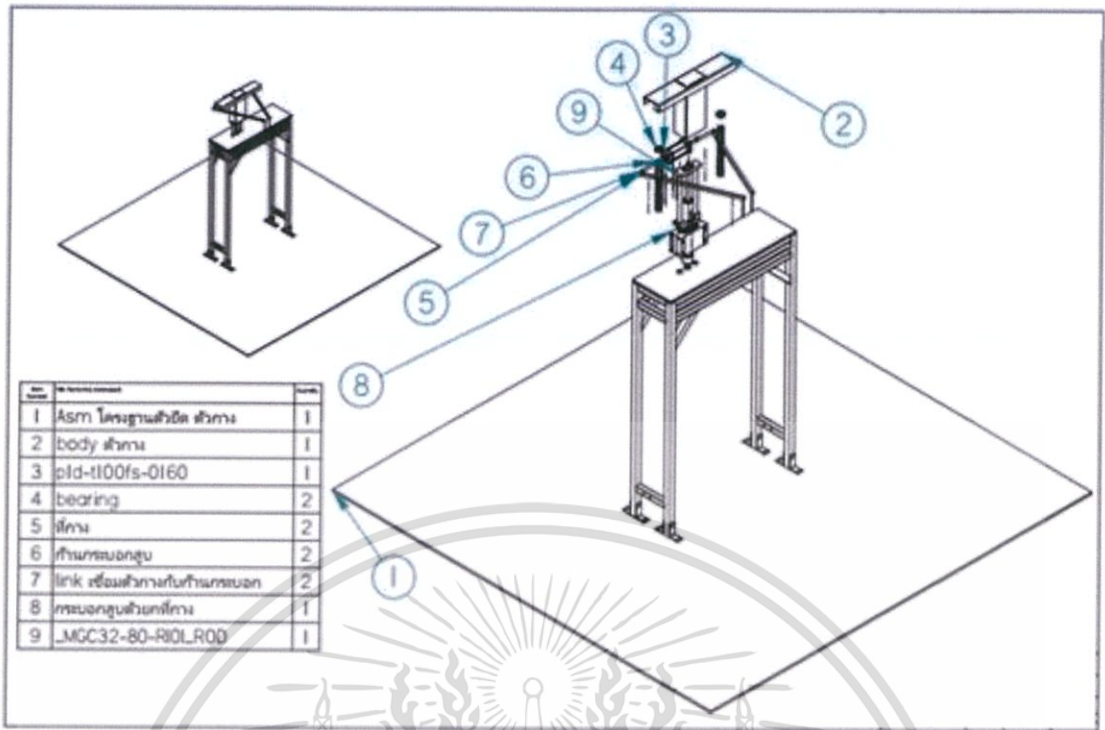
5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้เพื่อควบคุมระยะเวลาในช่วงเวลาแต่ละขั้นตอนของกระบวนการเมื่อเข้าไปวางในระบบทำงานจริงต้องมีการปรับเวลาการทำงานของเครื่องใหม่ให้เหมาะสมกับเครื่องจักรอื่น ๆ หรือคนงานที่ทำงานร่วมกัน

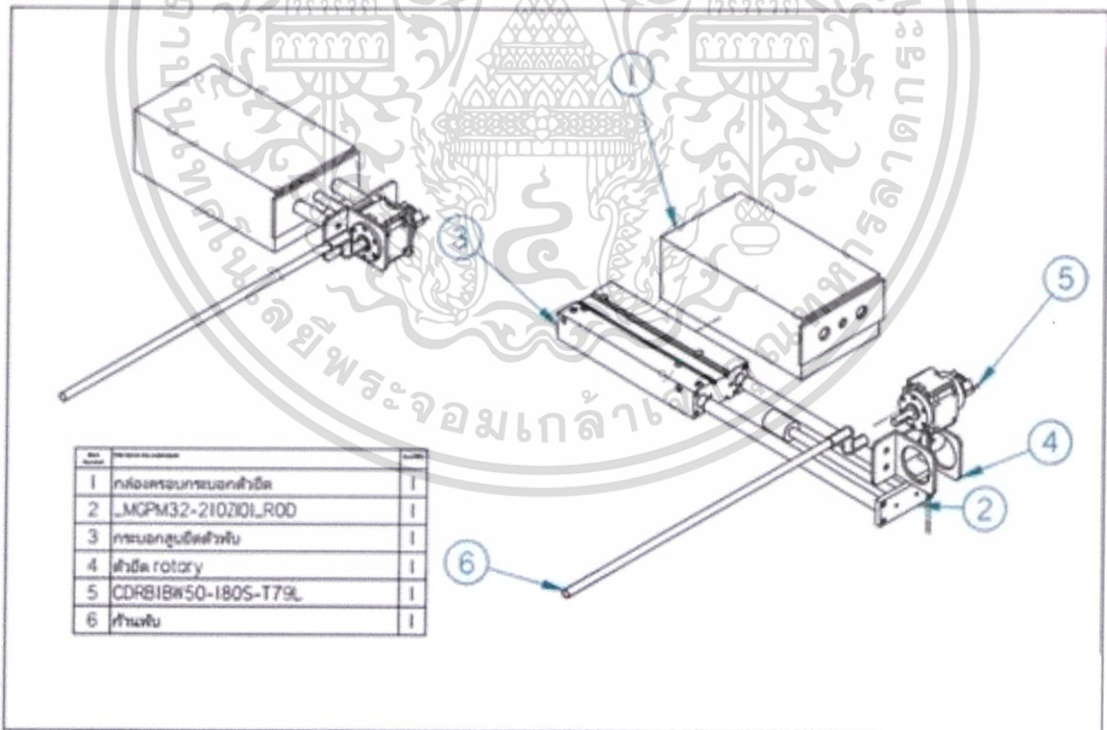
5.2.2 เนื่องจากวงจรลมอัด (Compressor Air) โดยปกติไม่มีอุปกรณ์ประกอบมากมายนักเพราะใช้งานที่ความดันต่ำ ในกรณีที่โรงงานต้องติดตั้งเครื่องจักรที่ใช้ลมซึ่งอาจส่งผลให้ความดันที่จ่ายเข้ามาเกิดการแกว่งไปมาไม่คงที่ ทำให้เครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพและสูญเสียพลังงานเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเปลี่ยนเป็นถังเก็บลมที่ใหญ่เกินไปก็ทำให้ปั๊มลมทำงานหนัก ต้องเปลี่ยนขนาดปั๊มเพิ่มอีก ขณะนี้ทางโรงงาน CPF ได้มีการสำรองเครื่องอัดความดันลม (Compressor) ไว้หลายตัว และถ้าเกิดปัญหาเพิ่มเติมขึ้นก็สามารถต่อถังเก็บลม (Air Reservoir Tank) ซึ่งมีหน้าที่เก็บลมอัดที่ปั๊มขึ้น (Compressor) สร้างขึ้นมาเพื่อเตรียมจ่ายไปยังอุปกรณ์และเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ใช้ลมอัด นอกจากนี้ยังช่วยให้แรงดันลมอัดที่จ่ายไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้นมีค่าคงที่ไม่ลดลงมากเกินไปในช่วงที่เครื่องจักรต่าง ๆ ใช้ลมอัดเป็นจำนวนมากพร้อมกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

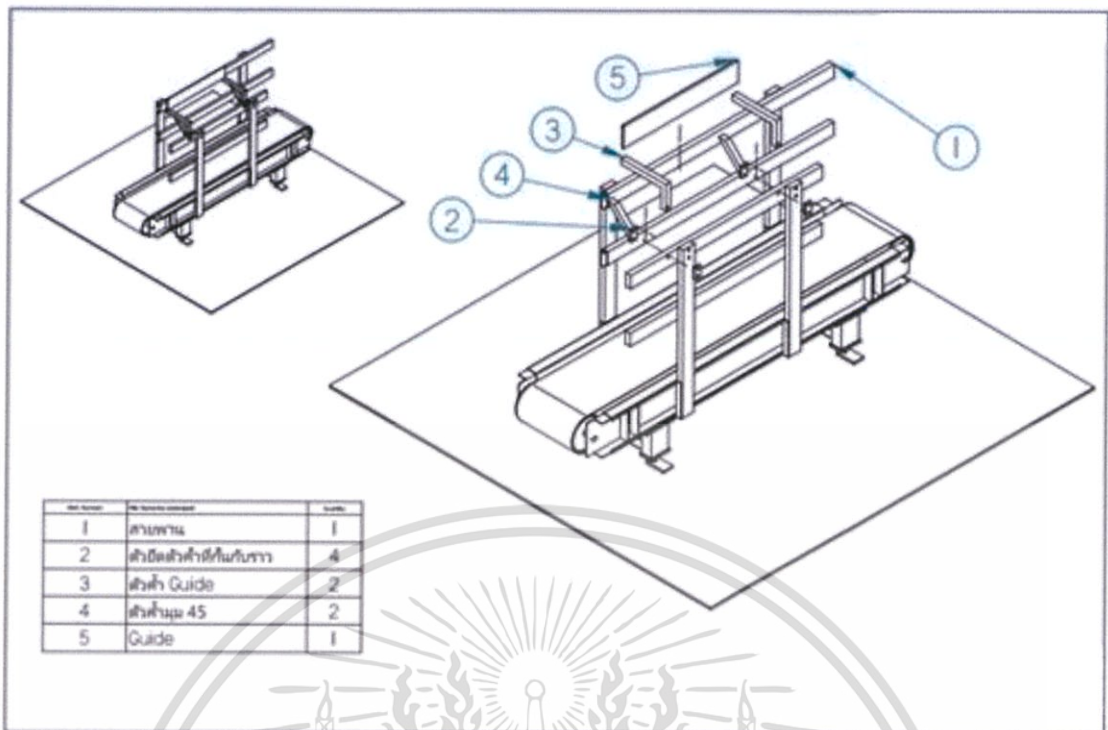


รูปที่ ก.1 ส่วนประกอบที่ทางปากกระสอบ

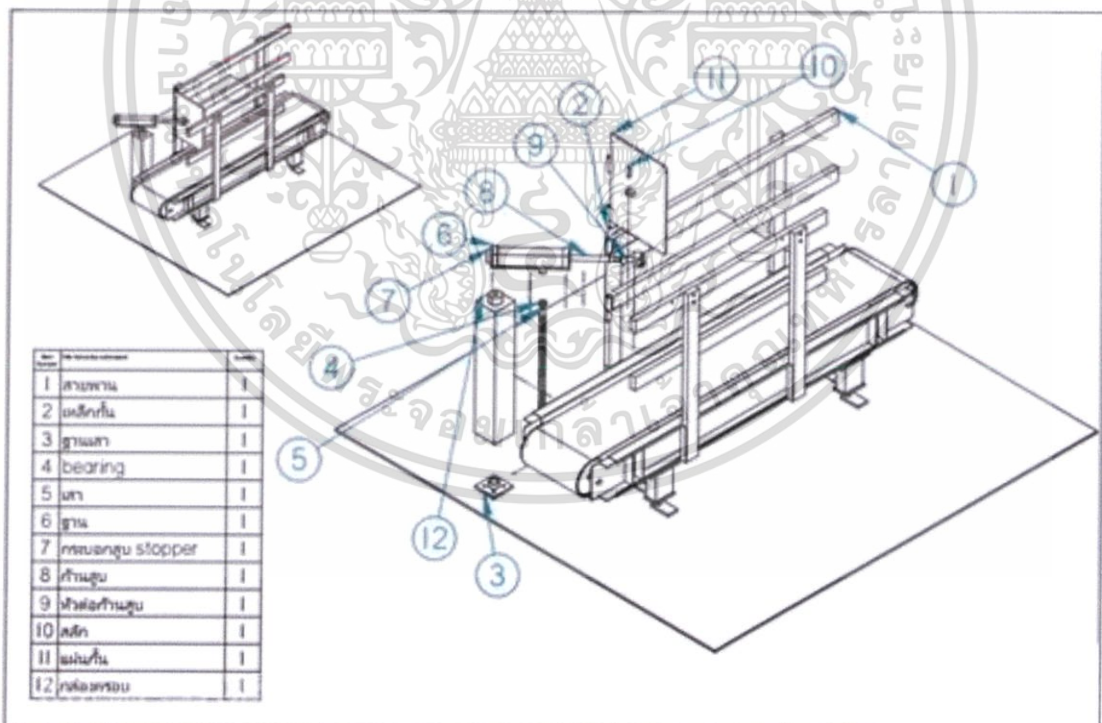


รูปที่ ก.2 ส่วนประกอบที่พับปากกระสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

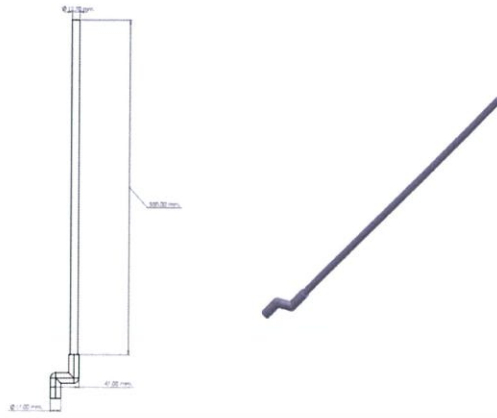


รูปที่ ก.3 ส่วนประกอบที่กั้นเพื่อช่วยในการพับปากกระสอบ

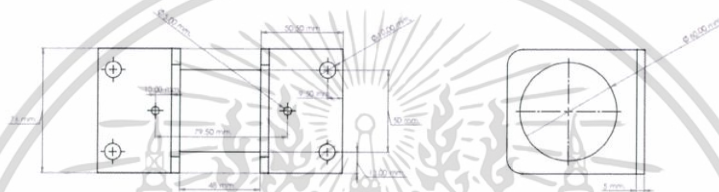


รูปที่ ก.4 ส่วนประกอบตัว Stopper ช่วยกันให้กระสอบหยุดที่ตำแหน่งทำงาน

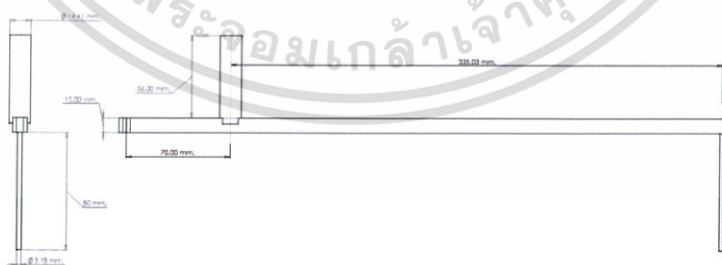
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 ก้านพับปากกระสอบ



รูปที่ ก.6 ตัวยึด Rotary



รูปที่ ก.7 กางปากกระสอบให้ตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ้างอิง

- [1] Hamilton H. Mabie, Charles F. Reinholtz Editor: **Mechanisms and Dynamics of Machinery**. 4th ED. John Wiley & Sons, Inc.1987
- [2] Ferdinand P.Beer,E.Russell Johnston,JR.,John T.Dewolf,David F.Mazurek Editor: **Mechanics of Materials**. 7th ED. New York: McGraw-Hill, Inc.2015
- [3] The constructor civil engineering home (2009). *Characteristics of Beams for Its Analysis and Design*, URL: theconstructor.org
- [4] แผนกช่างก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคน่าน(2014). *โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.ajmanut.com>
- [5] อิศระพงศ์ คชชา, จารุวัตร ล่องคลอง (2558). รายงานวิจัยเรื่องการออกแบบ และสร้างบริหาร ข้อเข่ามหาวิทยาลัยบูรพา,หน้า 12-13
- [6] Richard G. Budynas , J. Keith Nisbett Editor: **Shigley's Mechanical Engineering Design**.9th ED.New York:McGraw-Hill,Inc.2011
- [7] One stock home (2009). *ท่อเหล็กกล่อ่ง*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.onestockhome.com>
- [8] บริษัท ไชยเจริญเทค จำกัด (1998). *ประเภทของเหล็กรูปพรรณเหล็กเส้นและลวดเหล็กตามการใช้งานจริง*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.chi.co.th>,
- [9] Thai Metallic (2016). *เหล็กกล่อ่ง*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.thaimetallic.com>
- [10] Shanghai Bozhong Metal Group (2006). *Stainless Steel Bar/Rod*[online],HRL: <https://www.steelsino.com>
- [11] บริษัท แมนูแพคเจอร์ โอเวอร์ฮอล ราฟิด แอนด์ ออพติมอล จำกัด(1996). *คุณสมบัติของ สแตนเลส*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.moro.co.th>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] ห้างหุ้นส่วนจำกัด ยงไทยโลหะภัณฑ์ (2013). *ความรู้เกี่ยวกับสแตนเลส*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.yongthaimetal.com>
- [13] บริษัท วนวัฒน์ สแตนเลส สตีล จำกัด(2013). *เพลาสแตนเลส 304*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.wanawatstainless.com>
- [14] บริษัท จุฬาวรรณ จำกัด(1978). *STAINLESS LONG PRODUCTS*, [ระบบออนไลน์],แหล่งที่มา <http://www.juthawan.co.th>
- [15] Anthony Esposito Editor: *Fluid Power with Application*. 7th ED. Person Education Limited 2014
- [16] ASTM international (1994). *Standard Test Method for Seal Strength of Flexible Barrier Materials*, [online], HRL: <https://www.astm.org>
- [17] Simscale(2011). *ภาพการจำลองโครงสร้าง*, [ออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.simscale.com>
- [18] บริษัท เอส.เอ็ม.ซี. (ประเทศไทย) จำกัด(1994). *ข้อมูลผลิตภัณฑ์*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.smcthai.co.th>