เครื่องจัดเรียงฝาเกลียวในระบบบรรจุน้ำแบบโรตารีขนาดเล็ก
SCREW CAP SORTING MACHINE IN A SMALL ROTARY FILLER

นางสาวจิณห์นิภา พิทยรังสฤษฏ์
นายชัชพงศ์ รุ่งวชิรา
นายยศกร ตุลย์สถิตย์ศักดิ์
นายวีรภัทร พร้าโต

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เครื่องจัดเรียงฝาเกลียวในระบบบรรจุน้ำแบบโรตารีขนาดเล็ก
SCREW CAP SORTING MACHINE IN A SMALL ROTARY FILLER

นางสาวจิณห์นิภา พิทยรังสฤษฏ์
นายชัชพงศ์ รุ่งวชิรา
นายยศกร ตุลย์สถิตย์ศักดิ์
นายวีรภัทร พร้าโต

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCREW CAP SORTING MACHINE IN A SMALL ROTARY FILLER

MS. JINNIPA PITTAYARUNGSARIT
MR. CHATPHONG RUNGWACHIRA
MR. YOSSAKORN TUNSATHITSAK
MR. WERAPAT PRATO

THIS THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE BACHELOR DEGREE OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องจัดเรียงฝาเกลียวในระบบบรรจุน้ำแบบโรตารีขนาดเล็ก

SCREW CAP SORTING MACHINE IN A SMALL ROTARY FILLER

ผู้จัดทำ

1. นางสาวจิณห์นิภา พิทยรังสฤษฏ์ รหัสนักศึกษา 56010174
2. นายชัชพงศ์ รุ่งวชิรา รหัสนักศึกษา 56010284
3. นายยศกร ตุลย์สถิตย์ศักดิ์ รหัสนักศึกษา 56010985
4. นายวีรภัทร พร้าโต รหัสนักศึกษา 56011157

.....

(อาจารย์สมัคร รักแม่)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องจัดเรียงฝาเกลียวในระบบบรรจุน้ำแบบโรตารีขนาดเล็ก
นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวจิณห์นิภา พิทยรังสฤษฏ์
นายชัชพงศ์ รุ่งวชิรา
นายยศกร ตุลย์สถิตย์ศักดิ์
นายวีรภัทร พร้าโต
ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมัคร รักแม่

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการจัดเรียงฝาเกลียวในระบบบรรจุน้ำแบบโรตารีขนาดเล็ก ทำการศึกษาระบบการทำงานของเครื่องจัดเรียงฝา โดยการคัดแยกฝาอาศัยจุดศูนย์ถ่วงของฝาในการคัด เครื่องคัดแยกฝาที่ออกแบบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 455 มม. ด้านในมีจานคัดแยกฝาเส้นผ่านศูนย์กลาง 450 มม. หนา 3 มม. มีช่องแยกฝาทั้งหมด 28 ช่อง เส้นผ่านศูนย์กลางช่อง 34 มม. ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังในการหมุนจานคัดแยกฝา สามารถปรับมุมเอียงของเครื่องได้ ฝาที่ผ่านการคัดแยกจะถูกบังคับให้เข้าสู่รางลำเลียงและป้อนลงสู่ขวดด้วยอุปกรณ์ป้อนฝา เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการปิดฝาเกลียวต่อไป จากการทดลองพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถคัดแยกฝาได้ 69.8 ± 3.0 ฝาต่อนาที มุมเอียงของเครื่องคัดแยกฝา 60 องศา ความเร็วรอบของจานคัดแยกฝาที่ 15 รอบต่อนาที การปิดฝาประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือมีอุปกรณ์กดฝาให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม จากนั้นจึงเข้าสู่เครื่องหมุนปิดฝาเป็นขั้นตอนสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Screw Cap Sorting Machine in a Small Rotary Filler
Students	Ms. Jinnipa Pittayarungsarit
	Mr. Chatphong Rungwachira
	Mr. Yossakorn Tunsathitsak
	Mr. Werapat Prato
Thesis for	The Bachelor Degree of Engineering
	Department of Food Engineering
	Faculty of Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.
Academic Year	2016
Project Advisor	Mr. Samak Rakmae

Abstract

This project aimed to study the screw cap sorting machine for designed and build a prototype of a small rotary filler. The center of gravity concept was used in the sorting. The designed sorting machine has 455 mm. with adjustable slope. A sorting cap disk has a diameter 450 mm. and 3 mm thickness, the disk has 28 slots and each slot have 34 mm diameter. Using a motor to drives the sorting disk. The sorted cap has been control through the deliver rail to capping section. The results of the study were found that the sorting machine prototype can sorted 75-80 caps/min while the machine was sloped 60–70 degrees, rotational velocity at 15 rpm. For capping section is divided into 2 steps, first step is press a cap into suitable position by using pressing tool and the last step is screwing a cap by using a capping tool.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จขึ้นมาได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายๆ ท่าน ดังนี้

อาจารย์สมัคร รักแม่ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่กรุณาเอื้อเฟื้อข้อมูล ให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เกี่ยวกับเครื่องจัดเรียงฝาและปิดฝาเกลียว ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งทั้งในเวลาและนอกเวลาราชการ ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่าน ผู้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทดสอบและออกแบบเครื่องจัดเรียงฝาและปิดฝาเกลียว และความห่วงใยถึงความคืบหน้าของโครงงานอยู่เสมอ

คุณอำนาจ คูตะคุ เจ้าพนักงานประจำห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือและให้คำแนะนำด้านการปฏิบัติ ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยรวมถึงให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เอื้อต่อการทำโครงงาน

ขอบคุณเพื่อนๆ ที่ช่วยกันสร้างสรรค์โครงงานนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ของคณะผู้จัดทำโครงงานทุกท่าน สำหรับโอกาสในการศึกษาเล่าเรียน ความห่วงใย กำลังทรัพย์ และกำลังใจในการศึกษาเล่าเรียนเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นักศึกษาผู้จัดทำโครงงาน

นางสาวจิณห์นิภา พิทยรังสฤษฏ์

นายชัชพงศ์ รุ่งวชิรา

นายยศกร ตุลย์สถิตย์ศักดิ์

นายวีรภัทร พร้าโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและแรงจูงใจของการทำปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ขอบเขตของงาน	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	
2.1 ระบบปิดฝา (Capping System)	3
2.1.1 ประเภทของเครื่องปิดฝาขวด	4
2.1.1.1 เครื่องปิดฝาขวดแบบอัตโนมัติ	4
2.1.1.2 เครื่องปิดฝาขวดกึ่งอัตโนมัติ	7
2.1.2 ประเภทของฝา	10
2.2 ระบบคัดแยกฝา	13
2.2.1 การคัดแยกฝาโดยใช้จุดศูนย์ถ่วง	13
2.2.2 การคัดแยกฝาโดยการสั่น	15
2.2.3 การคัดแยกฝาโดยใช้ลม	16
2.2.4 การคัดแยกฝาโดยสายพาน และจานหมุน	16
2.2.5 การคัดแยกฝาโดยใช้เซนเซอร์แสง	17
2.3 เครื่องบรรจุขวดน้ำประเภทโรตารี	18
2.3.1 กลไกการบรรจุ (filling machine)	18
2.3.2 หัวบรรจุ	18
2.3.3 วาล์ว	18
2.4 ระบบลำเลียง	19
2.4.1 ประเภทสายพานที่เหมาะสมกับงานด้านต่าง ๆ	19
2.4.2 ประเภทของสายพานลำเลียง	20
2.4.3 การบรรจุขวดและบรรจุภัณฑ์ลำเลียง	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 อุปกรณ์และระบบที่ใช้การควบคุมการทำงาน	21
2.5.1 เซ็นเซอร์	21
2.5.1.1 ชนิดของเซ็นเซอร์	22
2.5.1.2 ประเภทของเซนเซอร์แสง	22
2.5.2 การออกแบบวงจรไฟฟ้าควบคุมระบบนิวเมติก	25
2.5.2.1 อุปกรณ์นิวเมติก	25
2.5.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าควบคุม	31
2.5.2.3 วงจรไฟฟ้าควบคุมนิวเมติกพื้นฐาน	36
บทที่ 3 ส่วนประกอบ และการออกแบบ	
3.1 ระบบคัดแยกฝา	39
3.1.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ	39
3.1.2 การออกแบบเครื่องคัดแยกฝา	39
3.1.3 การออกแบบหัวป้อนฝา	43
3.1.4 การควบคุมระบบคัดแยกฝา	44
3.2 ระบบปิดฝา	45
3.2.1 การออกแบบระบบปิดฝา	45
3.2.2 การควบคุมระบบปิดฝา	48
3.3 ระบบบรรจุน้ำ	49
3.3.1 การออกแบบระบบบรรจุน้ำ	49
บทที่ 4 วิธีการทดสอบ และผลการทดสอบ	
4.1 การทดสอบด้วยชุดทดสอบการจัดเรียงฝา	52
4.1.1 การทดสอบหามุมเอียงของเครื่องจัดเรียงฝา	52
4.1.2 การทดสอบหาผลกระทบความเร็วการหมุนของจานคัดแยก	54
4.1.3 การทดสอบความสามารถในการคัดแยกฝา	55
4.2 การทดสอบเครื่องจัดเรียงฝาต้นแบบ	56
4.2.1 การทดสอบความสามารถในการคัดแยกฝา	57
4.3 ทดสอบมุมและประสิทธิภาพของหัวป้อนฝา	58
4.4 การทดสอบหาแรงกดที่เหมาะสม	59
บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบ	
ข้อเสนอแนะ	61
ภาคผนวก	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	รายละเอียดโครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว	28
2.2	รายละเอียดโครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง	30
4.1	ผลการทดสอบเพื่อหาองศาที่เหมาะสม	53
4.2	ผลการทดสอบเพื่อหาความถี่ที่เหมาะสม	54
4.3	ตารางการทดสอบหาเวลาที่ใช้ในการทดสอบของการคัดแยกฝาของชุดทดสอบ	55
4.4	ค่าเฉลี่ยในการคัดแยกฝาของชุดทดสอบการจัดเรียงฝา	56
4.5	ตารางการทดสอบหาเวลาที่ใช้ในการทดสอบของการคัดแยกฝาของเครื่องต้นแบบ	57
4.6	ค่าเฉลี่ยในการคัดแยกฝาของเครื่องจัดเรียงฝาต้นแบบ	57
4.7	ผลการทดสอบเพื่อมุมและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ป้อนฝา	58
4.8	ผลการทดสอบหาแรงกดที่ทำให้ฝาขวดอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	เครื่องต้นแบบเครื่องบรรจุน้ำแบบโรตารีขนาดเล็ก	1
2.1	เครื่องปิดฝาขวดแบบเพลาหมุนอัตโนมัติ	4
2.2	เครื่องปิดฝาขวดอัตโนมัติแบบทีคอร์คกิ้ง	5
2.3	เครื่องปิดฝาขวดอัตโนมัติแบบหัวเหวี่ยง	5
2.4	ระบบกลไกควบคุมหัวเหวี่ยงฝาขวดอัตโนมัติ	6
2.5	เครื่องปิดฝาขวดอัตโนมัติแบบหนึ่งหัวเหวี่ยง	6
2.6	เครื่องปิดฝาขวดแบบกระจายฝาอัตโนมัติ	7
2.7	เครื่องปิดฝาขวดกึ่งอัตโนมัติแบบอินไลน์	8
2.8	เครื่องปิดฝาขวดด้วยมือแบบไฟฟ้า	8
2.9	เครื่องปิดฝาขวดด้วยมือแบบระบบนิวเมติก	9
2.10	เครื่องปิดฝาขวดด้วยมือแบบระบบนิวเมติก	9
2.11	เครื่องปิดฝากึ่งอัตโนมัติแบบหัวเหวี่ยง	10
2.12	ลักษณะฝาจีบ	10
2.13	ลักษณะฝาเกลียว	11
2.14	ลักษณะเกลียวของฝาเกลียว	11
2.15	ขวดน้ำขนาด 200 มิลลิลิตร	11
2.16	ชนิดและขนาดของคอขวดมาตรฐานที่ใช้โดยทั่วไปสำหรับบรรจุน้ำดื่ม	12
2.17	ฝาเกลียวที่ผ่านการปิดโดยสมบูรณ์	12
2.18	ลักษณะฝาเกลียวที่ผ่านการเปิด	13
2.19	ลักษณะฝาขวดแบบต่าง ๆ	13
2.20	ตัวอย่างสิทธิบัตรที่ใช้จุดศูนย์ถ่วงในการคัดแยก	14
2.21	ตัวอย่างสิทธิบัตรที่ใช้จุดศูนย์ถ่วงในการคัดแยก	14
2.22	ตัวอย่างสิทธิบัตรที่ใช้การสั่นในการคัดแยก	15
2.23	ตัวอย่างสิทธิบัตรที่ใช้การสั่นในการคัดแยก	15
2.24	ตัวอย่างสิทธิบัตรที่ใช้ลมในการคัดแยก	16
2.25	ตัวอย่างสิทธิบัตรที่ใช้สายพาน และจานหมุนในการคัดแยก	17
2.26	ตัวอย่างสิทธิบัตรที่ใช้เซนเซอร์แสงในการคัดแยก	17
2.27	ลักษณะของ Solinoid valve	19
2.28	สายพานลำเลียง	21
2.29	การทำงานของเซนเซอร์แสงประเภทตรวจจับโดยตรง	23
2.30	การทำงานของเซนเซอร์แสงประเภทลำแสงสะท้อนกลับ	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.31	การทำงานของเซนเซอร์แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด	24
2.32	องค์ประกอบภายในและหลักการทำงานของกระบอกสูบทางเดียว	27
2.33	การสั่งงานให้กระบอกสูบทางเดียว	27
2.34	โครงสร้างภายในของกระบอกสูบทางเดียว	27
2.35	สัญลักษณ์ของกระบอกสูบทางเดียวแบบปกติเข้าและปกติออก	28
2.36	องค์ประกอบภายในของกระบอกสูบสองทาง	29
2.37	หลักการทำงานภายในของกระบอกสูบสองทางเมื่อจ่ายลมอัดภายใน	29
2.38	โครงสร้างภายในของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง	29
2.39	กระบอกสูบชนิดพิเศษ	
	(ก) กระบอกสูบแบบสองก้าน	30
	(ข) กระบอกสูบแบบหลายช่วงชัก	30
2.40	สัญลักษณ์กระบอกสูบชนิดต่าง	31
2.41	สัญลักษณ์พื้นฐานของสวิตช์	31
2.42	สวิตช์ไฟฟ้าแบบกดติดปล่อยดับชนิดหน้าสัมผัสสองทางและหน้าสัมผัสสามทาง	32
2.43	สวิตช์ไฟฟ้าแบบต่าง ๆ	32
2.44	ลักษณะของลิมิตสวิตช์	33
2.45	ตัวอย่างวงจรควบคุมแบบซีเควนซ์	34
2.46	โซลีนอยด์วาล์ว	34
2.47	ส่วนประกอบและการทำงานภายในรีเลย์	35
2.48	รีเลย์	35
2.49	ตัวตั้งเวลา	36
2.50	ตัวอย่างการใช้รีเลย์ในการควบคุมกระบอกสูบทางเดียว	
	(ก) วงจรนิวเมติกควบคุม	36
	(ข) วงจรไฟฟ้าควบคุมทางตรง	36
	(ค) วงจรไฟฟ้าควบคุมทางอ้อม	36
2.51	ตัวอย่างการใช้รีเลย์ในการควบคุมกระบอกสูบสองทางเดียวด้วยวงจร self locking	
	(ก) วงจรนิวเมติกควบคุม	37
	(ข) วงจรไฟฟ้าควบคุม	37
2.52	ตัวอย่างการใช้รีเลย์ในการควบคุมกระบอกสูบแบบกึ่งอัตโนมัติ	37
3.1	เครื่องบรรจุน้ำแบบโรตารี	38
3.2	ตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของฝา	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.3	free-body diagram ของการคัดแยกฝาคว่ำ	40
3.4	free-body diagram ของการคัดแยกฝาหงาย	40
3.5	ชุดทดสอบการจัดเรียงฝา	41
3.6	ส่วนประกอบของเครื่องคัดแยกฝาต้นแบบ	41
3.7	แผ่นคลี่เครื่องคัดแยกฝา	42
3.8	ตัดสร้างชิ้นส่วน และการประกอบ	43
3.9	เครื่องจัดเรียงฝา	43
3.10	หัวป้อนฝา	44
3.11	ลักษณะการวางตัวของฝาหลังผ่านหัวป้อนฝา	44
3.12	จุดที่ทำการติดตั้งของหัวป้อนฝาบนเครื่องบรรจุน้ำแบบโรตารี	44
3.13	ขั้นตอนการทำงานของระบบบรรจุน้ำขนาดเล็ก	45
3.14	หัวป้อนฝา	
	(ก)การป้อนฝาด้วยหัวป้อนฝา	45
	(ข)ลักษณะของฝาหลังการป้อนฝา	45
3.15	หัวปิดฝา	46
3.16	การทำงานของหัวปิดฝา	46
3.17	ลักษณะของฝาที่ผ่านการปิดแบบหมุนพร้อมกด	
	(ก) ปิดฝาได้สมบูรณ์	47
	(ข) ปิดฝาได้ไม่สมบูรณ์	47
	(ค) ฝาเสียหายและหลุดจากปากขวด	47
3.18	ลักษณะของฝาที่เหมาะสมก่อนการหมุนปิดฝา	47
3.19	การปิดฝา	47
3.20	ขั้นตอนการทำงานของระบบบรรจุน้ำขนาดเล็ก	48
3.21	การทำงานของหัวกดฝา และหัวปิดฝา	48
3.22	วงจรนิวเมติกไฟฟ้าของระบบปิดฝาและกดฝาขวด	49
3.24	วงจรนิวเมติกไฟฟ้าของระบบบรรจุน้ำ	51
4.1	ชุดทดสอบการจัดเรียงฝา	52
4.2	ชุดทดสอบการจัดเรียงฝาที่มุม 55 องศา 60 องศา และ75 องศา	54
4.3	เครื่องจัดเรียงต้นแบบ	56
4.4	ทดสอบมุมและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ป้อนฝา	59
4.5	แสดงวิธีการทดสอบหาแรงกดที่เหมาะสม	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

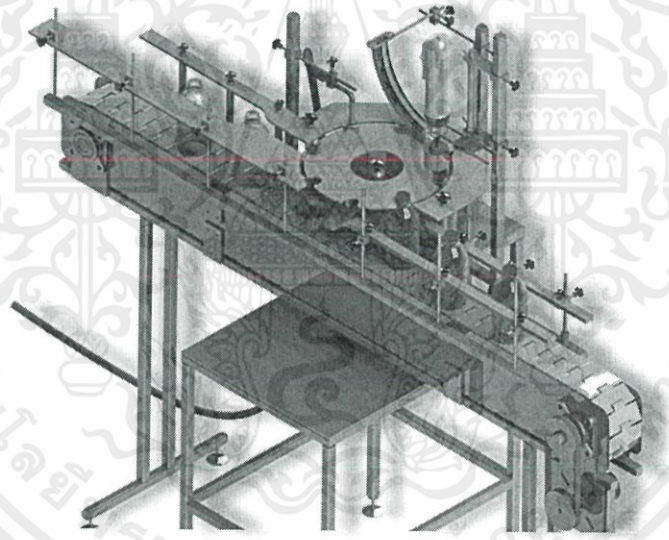
4.6 บ่าของคอขวดที่เสียหาย 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและแรงจูงใจของการทำปริญญานิพนธ์

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบระบบบรรจุและปิดฝาเกลียวแบบโรตารีขนาดเล็ก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจัดเรียงฝาและสร้างเครื่องต้นแบบขนาดเล็ก เพื่อศึกษากลไกการทำงานใช้ในการเรียนรู้ของนักศึกษาและเพื่อพัฒนาให้เป็นเครื่องจัดเรียงฝาสำหรับผู้ประกอบการขนาดเล็ก ทำการออกแบบและสร้างเครื่องจัดเรียงฝาเกลียวสำหรับเครื่องบรรจุแบบโรตารีขนาดเล็ก ขนาด 8 ขวดต่อรอบการบรรจุ มี 1 หัวบรรจุ 1 หัวฝาปิด เส้นผ่านศูนย์กลางฝาขวดขนาด 32 มม. สูง 17 มม. และบรรจุภัณฑ์มีขนาดคอขวด 28 มม. (กษิดิ์เดช และศิรประภา, 2558) ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 เครื่องต้นแบบเครื่องบรรจุน้ำแบบโรตารีขนาดเล็ก

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องจัดเรียงฝา
2. เพื่อศึกษาระบบควบคุมของการบรรจุของเหลว และการปิดฝาเกลียว

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ต้นแบบเครื่องคัดแยกฝา และปิดฝาเกลียวขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของงาน

1. เครื่องบรรจุแบบโรตารีขนาด 8 ขวดต่อรอบการบรรจุ มี 1 หัวบรรจุน้ำ และ 1 หัวฝาปิด
2. บรรจุภัณฑ์ขวดน้ำเป็นชนิดฝาเกลียว ขนาดคอขวด 28 มิลลิเมตร
3. เส้นผ่านศูนย์กลางฝาขวดขนาด 32 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

2.1 ระบบปิดฝา (Capping System)

การเลือกใช้เครื่องจักรในการปิดฝาจะแปรตามประเภทของฝาที่ใช้ ระบบการทำงานที่นิยมทั่วไป คือ ระบบตัวหนีบทำงานด้วยทำงานด้วยกลและระบบทำงานด้วยลม ระบบลมจะเป็นระบบที่ทำงานได้สะดวกกว่าระบบกล ในปัจจุบันเครื่องปิดฝามักจะผสมผสานทั้ง 2 ระบบเข้าด้วยกัน

การทำงานของเครื่องปิดฝา

มีทั้งแบบอัตโนมัติ แบบกึ่งอัตโนมัติ และแบบใช้แรงงานคน ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. เครื่องปิดฝาอัตโนมัติ

กระป๋องที่บรรจุอาหารจะวางบนแท่นรองกระป๋อง จากนั้นฝาจะถูกเลื่อนด้วยเครื่องกลไกอัตโนมัติมาวางบนกระป๋องพอดี ต่อจากนั้นแท่นรองกระป๋องจะถูกยกขึ้นเพื่อให้สวมเข้าไปในแท่นสวมฝา การทำงานของลูกกลิ้งลูกที่หนึ่งจะเริ่มขึ้นทันที และติดตามด้วยลูกที่สอง การทำงานของลูกกลิ้งจะสัมพันธ์กับแท่นสวมฝา ต่อจากนั้นแท่นรองกระป๋องจะลดต่ำลงและปล่อยกระป๋องออก

2. เครื่องกึ่งอัตโนมัติ

การทำงานของเครื่องลักษณะนี้ต้องใช้คนวางฝากระป๋องลงบนกระป๋อง แล้วยกกระป๋องขึ้นโดยใช้คันกระเดื่องยกแท่นรองกระป๋อง แท่นสวมฝาจะสวมเข้าไปในฝากระป๋องพอดี เมื่อแท่นสวมฝาเข้าแล้ว การทำงานของลูกกลิ้งลูกที่หนึ่งและสองจะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติ

3. เครื่องปิดฝาแบบใช้แรงงานคน

เครื่องปิดฝาแบบนี้การทำงานทุกขั้นตอนต้องใช้แรงงานคนทั้งหมด นับตั้งแต่การวางฝากระป๋องลงบนกระป๋อง การยกแท่นรองกระป๋อง การเริ่มทำงานของลูกกลิ้งและการปล่อยกระป๋องออกจากเครื่องปิดฝา ลูกกลิ้งที่กล่าวมาแล้วทั้งสอง มีการทำงานแบบเดียวกัน โดยเริ่มด้วยลูกกลิ้งลูกแรกจะกดตะเข็บที่ส่วนนอกของฝาและหมุนไปรอบ ๆ ส่วนในของฝาจะขนานไปกับปากของตัวกระป๋องที่บานออกเล็กน้อยและพับลงเล็กน้อยในขณะที่ปลายของฝาจะม้วนตัวและสอดเข้าไปอยู่ใต้ของตัวกระป๋อง โดยมีปลายขอบเกือบชิดตัวกระป๋อง การทำงานของลูกกลิ้งตัวแรกนี้มีความสำคัญมาก ถ้ามีความผิดพลาดเกิดขึ้น การแก้ไขเพื่อให้ตะเข็บดีขึ้นในระยะต่อมาทำได้ยาก

การปรับลูกกลิ้งลูกแรกไม่ควรแน่นหรือหลวมเกินไป มิฉะนั้นจะทำให้ตะเข็บไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งแสดงถึงข้อบกพร่องและการปรับลูกกลิ้งลูกแรกในลักษณะต่าง ๆ กันเมื่อการทำงานของลูกกลิ้งลูกแรกสิ้นสุดลงแล้ว ลูกกลิ้งลูกที่สองจะเข้าทำงานแทนที่โดยกดตะเข็บให้แน่นแนบชิดกับตัวกระป๋อง ความแน่นของตะเข็บจะขึ้นอยู่กับการปรับลูกกลิ้งลูกที่สองนี้ ลูกกลิ้งที่มีร่องและลักษณะไม่ถูกแบบหรือกร่อนมากจะทำให้ตะเข็บไม่แน่นเท่าที่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างการปิดฝาต้องใช้แรงมาก ยางกันรั่วควรจะอยู่ในตะเข็บทั้งหมด อุดช่องว่างในตะเข็บป้องกันไม่ให้กระป๋องรั่ว การใช้ยางกันรั่วจะช่วยให้กระป๋องปิดสนิท ตำแหน่งและปริมาณของยางต้องพอเหมาะ ถ้ามีความบกพร่องอย่างหนึ่งอย่างใดก็จะทำให้กระป๋องรั่วได้

ตัวกระป๋องและฝาอาจจะทำด้วยโลหะชนิดต่าง ๆ ขึ้นกับสิ่งที่นำไปใช้ กระป๋องที่ใช้ความดันสูงจะมีรูปร่างแตกต่างจากกระป๋องที่ใช้บรรจุภายใต้สุญญากาศ ฝากระป๋องอาจทำด้วยอะลูมิเนียม แผ่นเคลือบดีบุก หรือแผ่นเหล็กธรรมดา อาจเป็นแบบที่เปิดง่ายหรือทำเป็นหน้าต่างเพื่อให้เห็นอาหารภายในก็ได้ แต่เมื่อทำตะเข็บต้องเป็นตะเข็บคู่เสมอ

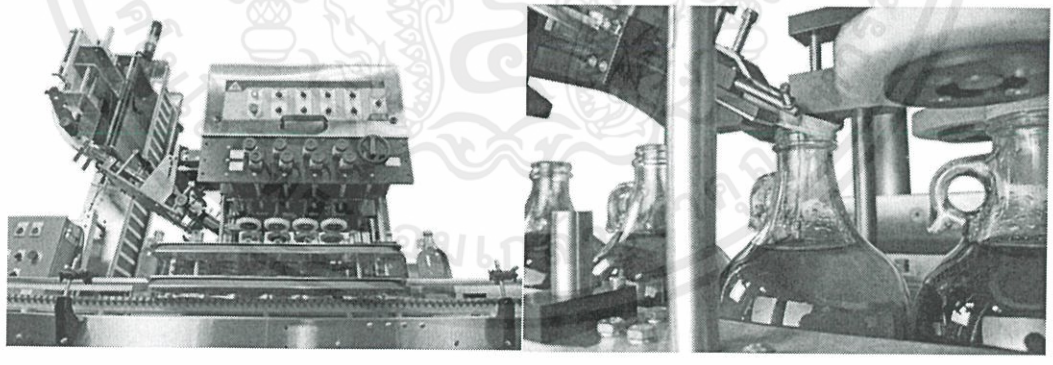
เมื่อปิดฝาเรียบร้อยแล้วจะต้องมีการทดสอบรูรั่ว แต่ก่อนที่จะมีการทดสอบจะต้องตรวจสอบคุณภาพอื่น ๆ เสียก่อน เช่น ตัวกระป๋อง และตะเข็บ การควบคุมคุณภาพที่ดีจะทำให้ได้กระป๋องที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ

2.1.1 ประเภทของเครื่องปิดฝาขวด

2.1.1.1 เครื่องปิดฝาขวดแบบอัตโนมัติ

1. เครื่องปิดฝาขวดแบบเพลาหมุนอัตโนมัติ (Automatic Spindle Capping Machine)

เครื่องปิดฝาขวดอัตโนมัติสำหรับบรรจุของเหลว มีความยืดหยุ่นแข็งแรงและทำงานร่วมกับภาชนะบรรจุในปริมาณมากได้ สามารถปิดฝาได้หลายชนิด ทั้งฝาแบน ฝาโลหะและอื่น ๆ อีกมากมาย โดยเครื่องสร้างขึ้นบนโครงสร้างที่ใหญ่และหนัก และเชื่อมโครงเหล็กสแตนเลส กับแผ่นอลูมิเนียมทำให้สามารถทนทานได้ในเกือบทุกสภาพแวดล้อมของการบรรจุภัณฑ์ การออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องช่วยให้เริ่มต้นการปิดฝาขวดได้ง่ายขึ้นและเพิ่มความสามารถของเครื่องจักรได้เมื่อต้องการ ดังรูปที่ 2.1

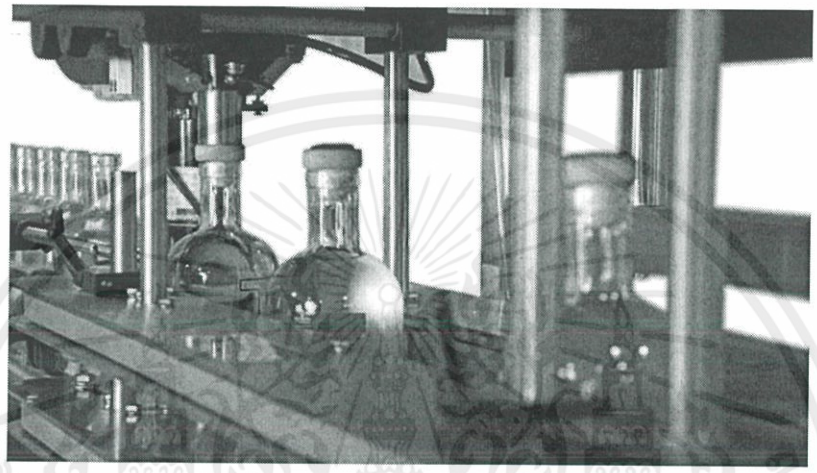


รูปที่ 2.1 เครื่องปิดฝาขวดแบบเพลาหมุนอัตโนมัติ (ที่มา : www.apacks.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องปิดฝาขวดอัตโนมัติแบบทีคอร์คกิ้ง (Automatic T-Corking Machine)

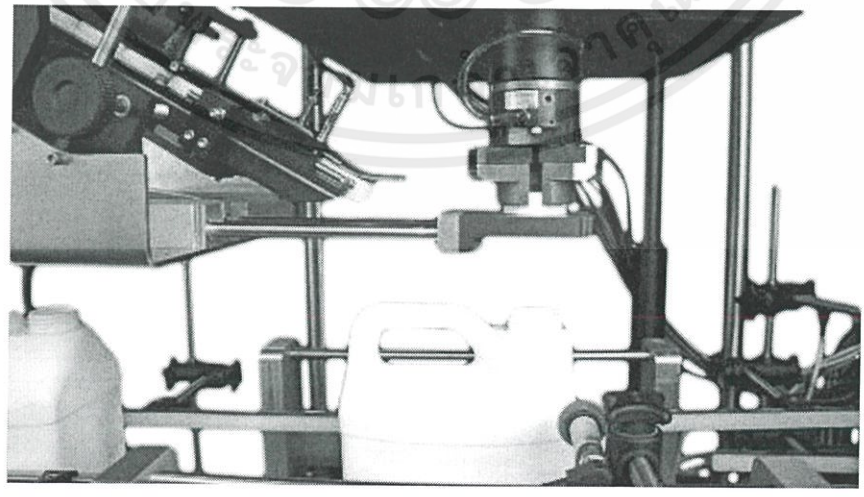
เครื่องบรรจุฝาขวดน้ำแบบทีคอร์คกิ้งสำหรับขวดบรรจุของเหลวที่มีลักษณะเป็นตัวที มีความยืดหยุ่นแข็งแรง และทำงานร่วมกับภาชนะบรรจุที่มีปริมาณมากได้ เครื่องสร้างขึ้นบนโครงเหล็กสแตนเลสเชื่อมกับการสร้างแผ่นอลูมิเนียมที่จะให้ความทนทานในเกือบทุกสภาพแวดล้อมของการบรรจุภัณฑ์ มีการออกแบบส่วนระกอบต่าง ๆ เพื่อช่วยให้เริ่มต้นใช้งานได้ง่ายเพิ่มความสามารถของตัวเครื่องได้เมื่อต้องการ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เครื่องปิดฝาขวดอัตโนมัติแบบทีคอร์คกิ้ง (ที่มา : www.apacks.com)

3. เครื่องปิดฝาขวดอัตโนมัติแบบหัวเหวี่ยง (Automatic Chuck Capping Machine)

เครื่องปิดฝาขวดโดยใช้แรงบิดฝาปิดสนิทกับขวดแบบอัตโนมัติ โดยฝาขวดจะเรียงลำดับเป็นแนวเดียวเพื่อให้ตัวเครื่องหยิบขึ้นมาแล้วแกว่งแขนกลเพื่อเหวี่ยงฝาขวดไปปิดบนภาชนะบรรจุ โดยใช้ระบบนิวเมติกที่มีความเสถียรภาพกับตัวขวด หลังจากใช้แรงบิดเหวี่ยงฝาให้เหมาะสมกับภาชนะบรรจุแล้ว ก็จะทำการเลื่อนขวดที่ปิดฝาแล้ว ไปยังสายพานลำเลียงต่อไป ดังรูปที่ 2.3

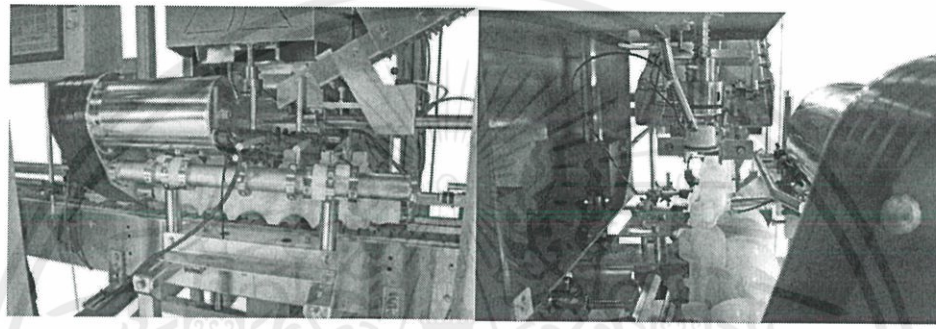


รูปที่ 2.3 เครื่องปิดฝาขวดอัตโนมัติแบบหัวเหวี่ยง (ที่มา : www.apacks.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ระบบกลไกควบคุมหัวเหวี่ยงฝาขวดอัตโนมัติ (Automatic Servo Chuck Capping Machine)

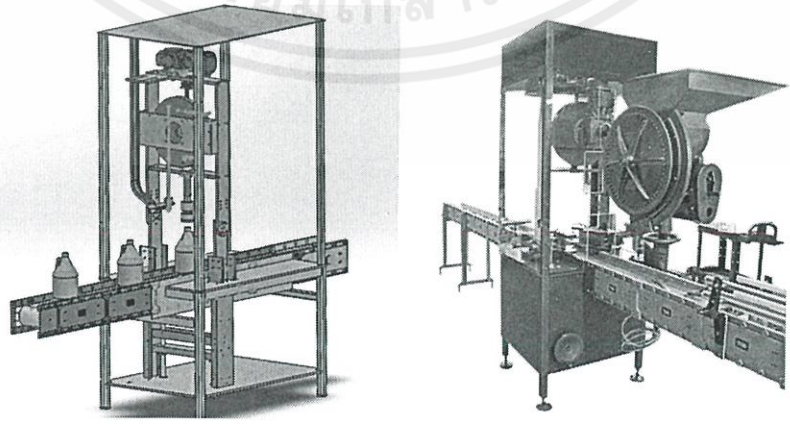
เครื่องประเภทนี้จะเหวี่ยงฝาขวดอัตโนมัติโดยแรงบิดของเครื่อง ฝาขวดแต่ละอันจะถูกหยิบขึ้นมาด้วยแขนกลแล้วแกว่งไปวางบนขวดภาชนะ เมื่อวางในตำแหน่งที่ถูกต้องตามที่กำหนดไว้แล้ว ฝาจะถูกบิดไปยังหัวข้อคอขวดเพื่อทำการปิดฝาให้สนิท เครื่องนี้มีไว้สำหรับบรรจุฝาขวดที่ต้องการความเร็วประมาณ 10-15 นาทีต่อขวด สำหรับคอขวดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้วขึ้นไปและขนาดฝาขวด 53 mm. ขึ้นไป สำหรับส่วนประกอบของขวด/ฝาขวดขนาดใหญ่จะถูกแยกต่างหากเพื่อวัตถุประสงค์ในการกำหนดค่าต่าง ๆ ตามขนาดที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ระบบกลไกควบคุมหัวเหวี่ยงฝาขวดอัตโนมัติ (ที่มา : www.apacks.com)

5. เครื่องปิดฝาขวดอัตโนมัติแบบหนึ่งหัวเหวี่ยง (Automatic Servo One Chuck Capping Machine)

ใช้การออกแบบชดเชยแรงบิดในการวางและบิดฝาขวดโดยอัตโนมัติด้วยความเร็วสูงถึง 20 ขวด/นาที มันมาพร้อมกับมาตรฐานการควบคุมแพคเกจอัลเลนแบรดลีย์และกรอบเหล็กอ่อนผงเคลือบที่มีความปลอดภัยประสานกับประตูโพลีคาร์บอเนต ระบบลูกเบี้ยวเดี่ยวควบคุมความสูงของหัวเหวี่ยงเช่นเดียวกับการเลือกออก มีเซ็นเซอร์สำหรับรางเคลื่อนขวด ปิดฝาขวดได้ทีละ 1 ขวดและใช้ได้กับฝาขวดที่มีขนาด 1 ถึง 33 mm ใช้สำหรับบรรจุคอตรงและแบบมุมเอียง 45 องศาดังรูปที่ 2.5

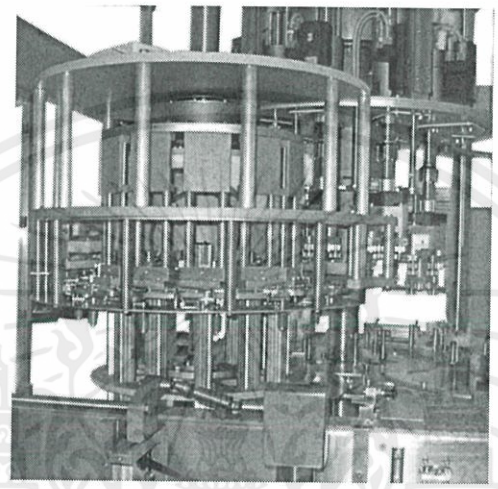


รูปที่ 2.5 เครื่องปิดฝาขวดอัตโนมัติแบบหนึ่งหัวเหวี่ยง (ที่มา : www.apacks.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เครื่องปิดฝาขวดแบบกระจายฝาอัตโนมัติ (Automatic Spray Bottle Capping Machine)

คุณสมบัติพิเศษของสเปรย์อัตโนมัติฝาขวดคือ สามารถรักษาแรงบิดให้คงที่ในแต่ละฝาขวดได้ และในการจัดการกับการใช้งานพิเศษ เช่น ฝาขวดที่เปราะบางหรือฝาขวดที่ใช้แรงบิดต่ำมาก ในความเป็นจริงค่าแรงบิดของแต่ละหัวเหวี่ยงสามารถควบคุมจาก 0.02 นิวตันเมตร ถึง 6.0 นิวตันเมตร และสามารถเพิ่มได้ตามสูตรของผู้ผลิต ดังนั้นสำหรับทุกฝาขวด ตัวเครื่องสามารถจดจำค่าแรงบิดที่ถูกต้องและแม่นยำได้ ทำให้ใช้งานได้ง่ายและสะดวก ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เครื่องปิดฝาขวดแบบกระจายฝาอัตโนมัติ (ที่มา : www.apacks.com)

ลักษณะการทำงาน

ประกอบด้วยสองขั้นตอนแบบต่อเนื่อง :

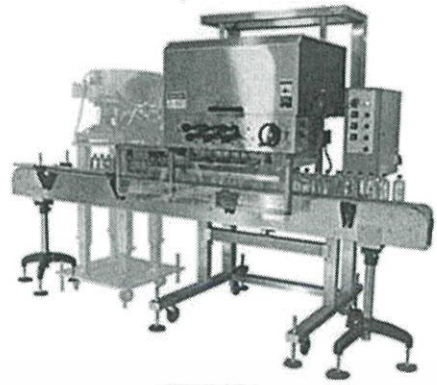
1. การใส่ท่อปั๊มเพื่อบรรจุน้ำลงในภาชนะ ซึ่งควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์แรงบิดของสกรูบนของฝาหรือแรงกดหรือแรงล็อคในตำแหน่งของฝาขวด โดยกลไกการปั๊มจะถูกเลือกและมุ่งเน้นโดยเรียงลำดับตามความเหมาะสม

2. วิธีในการขนส่งสำหรับถ่ายโอนหลอดในภาชนะ เป็นหน้าที่ของหัวอิเล็กทรอนิกส์ของหัวเหวี่ยงฝาขวด โดยตัวหัวเหวี่ยงจะยกปั๊มจากการรับฝาขวดด้วยวิธีการที่เหมาะสม หัวเหวี่ยงสามารถกำหนดให้ควบคุมการเปิดและปิดของลูกเบี้ยวหัวคู่ได้ ทั้งยังสามารถกดกและล็อกตำแหน่งของฝาขวดตามที่ต้องการได้อีกด้วย

2.1.1.2 เครื่องปิดฝาขวดกึ่งอัตโนมัติ

1. เครื่องปิดฝาขวดกึ่งอัตโนมัติแบบอินไลน์ (Semi-Automatic Inline Capping Machines) สามารถปรับขนาดหัวเหวี่ยงได้อย่างเต็มที่สำหรับฝาขวดจาก 8 มิลลิเมตรจนถึง 110 มิลลิเมตรได้ และปรับความสูงของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภาชนะได้ 1-14 นิ้ว ไม่มีอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนขนาดภาชนะที่ต่างไปจากที่กำหนด ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 เครื่องปิดฝาขวดกึ่งอัตโนมัติแบบอินไลน์ (ที่มา : www.apacks.com)

2. เครื่องปิดฝาขวดด้วยมือแบบไฟฟ้า (Hand Held Capper - Electric)

ตัวเครื่องพกพาได้ สามารถปิดหรือเปิดฝาขวดประเภทสกรูได้ คลัทช์ปรับลดความเสียหายของฝาขวดและช่วยลดการสึกหรอได้ ใช้งานได้ที่ความดันง่าย ๆ โดยการผลักดันเบา ๆ ลงบนด้านบนของขวด โดยไม่มีการเปิด / ปิดสวิทช์หรือคันโยก เมื่อฝาปิดสนิทแล้วจะหยุดโดยอัตโนมัติและสามารถย้ายหรือปรับสมดุลสายงุ้มเพื่อช่วยให้เครื่องมือปิดการใช้ ดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 เครื่องปิดฝาขวดด้วยมือแบบไฟฟ้า (ที่มา : www.apacks.com)

ตัวเครื่องพกพาได้ สามารถปิดหรือเปิดฝาขวดประเภทสกรูได้ คลัทช์ปรับลดความเสียหายของฝาขวดและช่วยลดการสึกหรอได้ ใช้งานได้ที่ความดันง่าย ๆ โดยการผลักดันเบา ๆ ลงบนด้านบนของขวด โดยไม่มีการเปิด / ปิดสวิทช์หรือคันโยก เมื่อฝาปิดสนิทแล้วจะหยุดโดยอัตโนมัติและสามารถย้ายหรือปรับสมดุลสายงุ้มเพื่อช่วยให้เครื่องมือปิดการใช้

3. เครื่องปิดฝาขวดด้วยมือแบบระบบนิวเมติก (Handheld Pneumatic Chuck Capper)

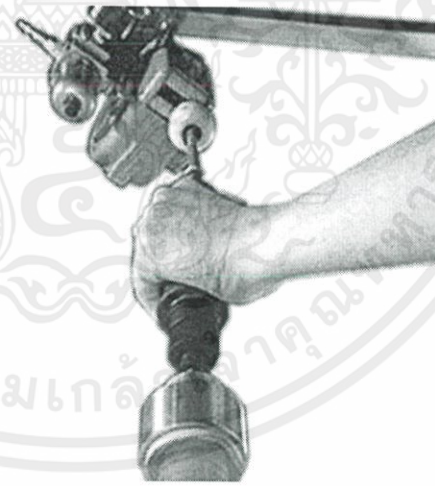
ใช้ระบบนิวเมติกในการทำงานเพื่อปิดฝาขวด พกพาได้ สามารถปิดหรือเปิดฝาขวดประเภทสกรูได้ คลัทช์ปรับลดความเสียหายของฝาขวดและช่วยลดการสึกหรอได้ ใช้งานที่ความดันเริ่มต้นง่าย ๆ โดยการผลักดันเบา ๆ ลงบนด้านบนของขวด โดยไม่มีการเปิด / ปิดสวิทช์หรือคันโยก เมื่อฝาปิดสนิทจะหยุดโดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 เครื่องปิดฝาขวดด้วยมือแบบระบบนิวเมติก (ที่มา : www.apacks.com)

4. เครื่องปิดฝาขวดด้วยมือแบบระบบหัวเหวี่ยง (Handheld Pneumatic Chuck Capper)

ตัวเครื่องพกพาได้ สามารถปิดหรือเปิดฝาขวดประเภทสกรูได้ คลัทช์ปรับลดความเสียหายของฝาขวดและช่วยลดการสึกหรอได้ ใช้งานได้ที่ความดันง่าย ๆ โดยการผลักดันเบา ๆ ลงบนด้านบนของขวด โดยไม่มีการเปิด / ปิดสวิทช์หรือคันโยก เมื่อฝาปิดสนิทแล้วจะหยุดโดยอัตโนมัติและสามารถย้ายหรือปรับสมดุลสายงุ้มเพื่อช่วยให้เครื่องมือปิดการใช้งาน ไม่มีค่าใช้จ่ายในการทำงาน ช่วยลดความเมื่อยล้าของแรงงานได้ด้วย ดังรูปที่ 2.10

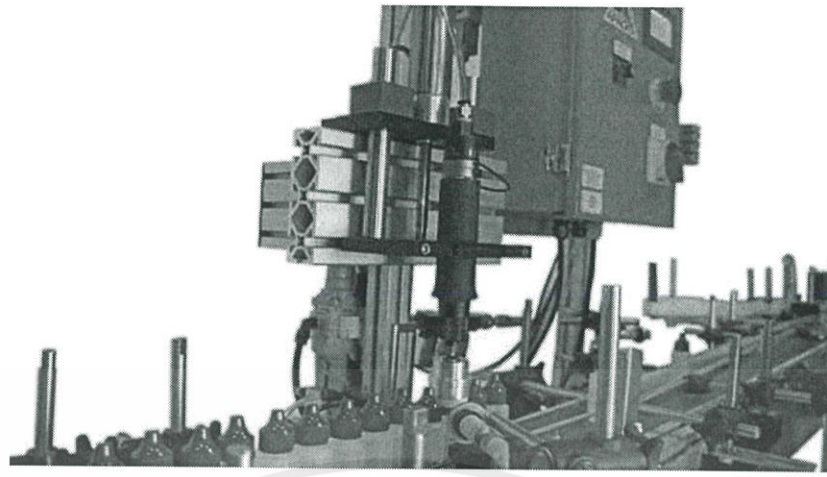


รูปที่ 2.10 เครื่องปิดฝาขวดด้วยมือแบบระบบนิวเมติก (ที่มา : www.apacks.com)

5. เครื่องปิดฝากึ่งอัตโนมัติแบบหัวเหวี่ยง (Semi-Automatic Chuck Capping Machine)

เครื่องถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้หลากหลายและใช้งานง่าย เมื่อบรรจุน้ำลงขวดเรียบร้อยแล้ว จากนั้นวางมือบนฝาขวดแล้วออกแรงบิดฝาขวดที่ต้องการเพื่อปิดฝาขวดให้แน่น ดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 เครื่องปิดฝากึ่งอัตโนมัติแบบหัวเหวี่ยง (ที่มา : www.apacks.com)

2.1.2 ประเภทของฝา

ฝาที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ส่วนใหญ่แบ่งเป็น 3 ประเภท ฝาแต่ละประเภทมีลักษณะดังนี้คือ

1. ฝาจีบ (Crown Cork)

เป็นฝาที่คุ้นเคยเนื่องจากใช้กับขวดน้ำอัดลมเป็นส่วนใหญ่ เครื่องจักรที่ใช้เป็นการกด (Press) บริเวณฝาที่เป็นจีบลงไปในร่องของปากขวด ดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 ลักษณะฝาจีบ (ที่มา : www.kenplas.com)

2. ฝาเกลียว

เป็นฝาที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับบรรจุภัณฑ์พลาสติก เครื่องจักรที่ใช้จะมีตัวหนีบฝา (Chuck) ให้หมุนไปตามเกลียวของขวด ในกรณีใช้ฝาอะลูมิเนียมกับขวดพลาสติก ตัวฝาอะลูมิเนียมจะไม่ได้มีเกลียวมาก่อน แต่ตัวเกลียวจะรัดฝาอะลูมิเนียมที่นิ่มเข้ากับร่องขวดทำให้ฝาแนบสนิทกับปากขวดแก้ว ดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.13 ลักษณะฝาเกลียว (ที่มา : www.kenplas.com)

โดยภายในของฝามีลักษณะดังรูปที่ 2.14

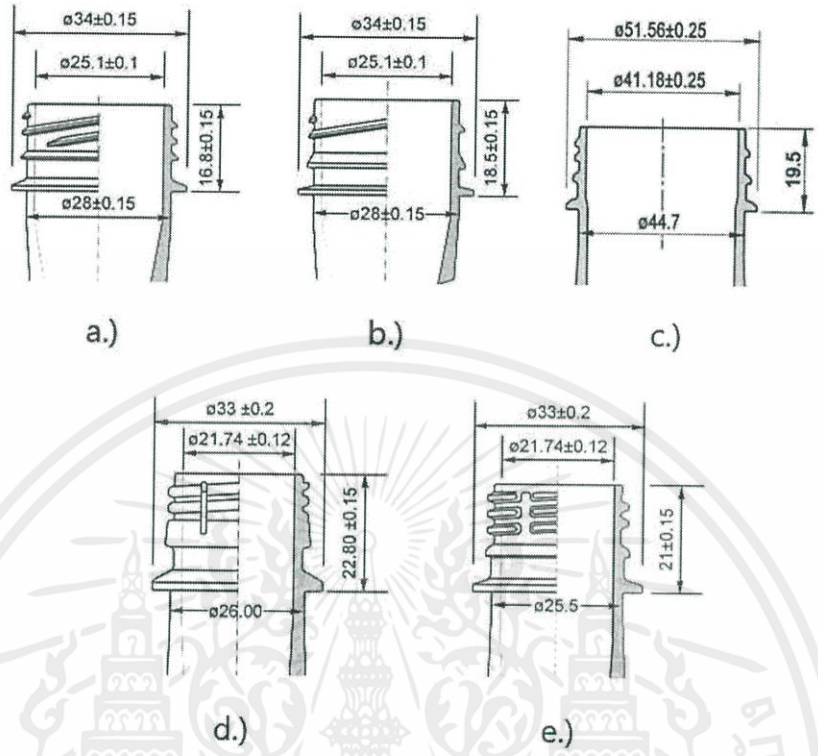
รูปที่ 2.14 ลักษณะเกลียวของฝาเกลียว

ขวดน้ำพลาสติกที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม นิยมใช้ขนาด 200, 350, 550, 600 และ1,500 มิลลิลิตร และมีมาตรฐานของเส้นผ่านศูนย์กลางของปากขวดน้ำอยู่ที่ 30 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 ขวดน้ำขนาด 200 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานของคอขวดที่รองรับฝาเกลียวที่ใช้โดยทั่วไปสำหรับบรรจุน้ำดื่ม ดังรูปที่ 2.16



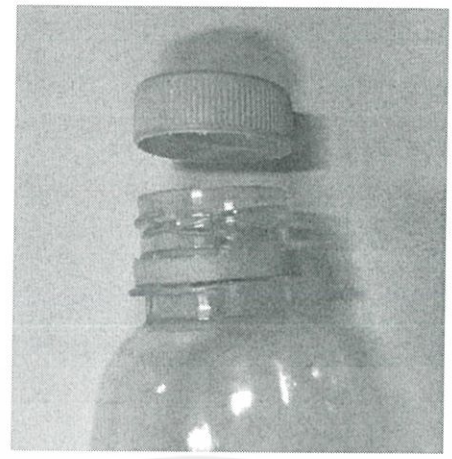
รูปที่ 2.16 ชนิดและขนาดของคอขวดมาตรฐานที่ใช้โดยทั่วไปสำหรับบรรจุน้ำดื่ม a.) 30/25 Low (16.8mm) b.) 30/25 High (18.5mm) c.) 48/40 neck-finish d.) Standard BPF e.) Standard PCO (ที่มา : www.kenplas.com)

โดย a.) b.) c.) เป็นมาตรฐานปากขวดที่ใช้สำหรับบรรจุน้ำดื่มปกติที่นิยมใช้ และ d.) e.) เป็นมาตรฐานปากขวดสำหรับบรรจุน้ำอัดลม (CSD : Carbonated Soft Drink) (Hangzhou, ม.ป.ป.)

โดยขวดน้ำที่ผ่านการปิดฝาเรียบร้อยแล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.17 และเมื่อขวดน้ำผ่านการเปิดฝา ฝาเกลียวจะมีลักษณะเปลี่ยนไปดังรูปที่ 2.18

รูปที่ 2.17 ฝาเกลียวที่ผ่านการปิดโดยสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ลักษณะฝาเกลียวที่ผ่านการเปิด

3. ฝาลัก (Lug)

ส่วนใหญ่เป็นฝาโลหะที่มีติ่งอยู่ใต้ฝา มักใช้กับขวดปากกว้างสำหรับบรรจุอาหารประเภทต่าง ๆ ข้อดีของฝาประเภทนี้ คือ หมุนฝาเพียงเศษ 1 ส่วน 4 รอบก็จะสามารถเปิดฝาได้อย่างง่ายดายเช่น ฝาที่มี 4 lug ดังรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 ลักษณะฝาขวดแบบต่าง ๆ (ที่มา : www.crowncork.com)

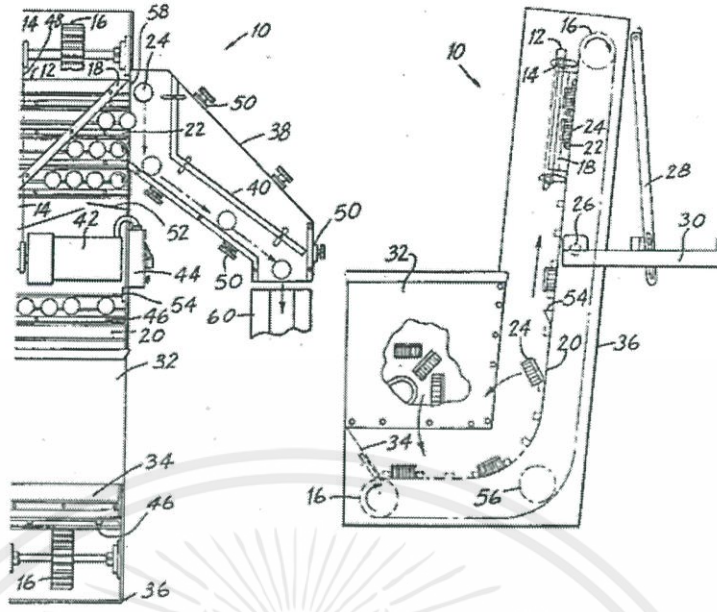
2.2 ระบบคัดแยกฝา

สามารถแยกประเภทของระบบคัดแยกฝาได้เป็น 5 ประเภทได้แก่

2.2.1 การคัดแยกฝาโดยใช้จุดศูนย์ถ่วง

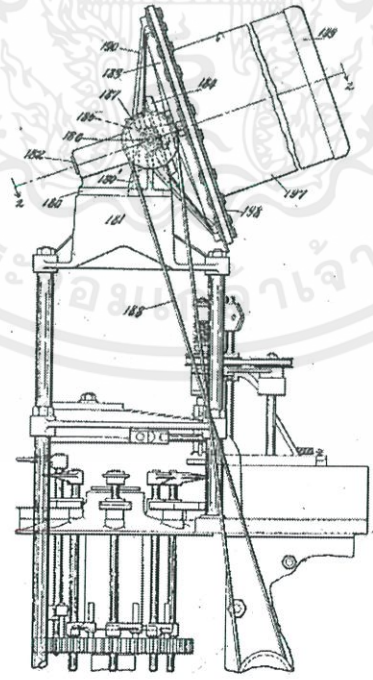
1. เครื่องนี้จะอาศัยหลักการที่ฝาจะถูกป้อนเข้ามาในกล่อง จากนั้นถูกลำเลียงตามสายพานขึ้นไป โดยฝาจะถูกคัดแยกโดยการตกลงมาดังรูปที่ 2.20 (ฝาที่คว่ำจะตกราง) เนื่องจากจุดศูนย์ถ่วงอยู่นอกแผ่นกั้น และเมื่อฝามาชนแผ่นกั้นจะถูกดันให้เข้าสู่รางเพื่อนำไปสู่กระบวนการต่อไป (Herzog, 1988)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 ตัวอย่างสิทธิบัตรที่ใช้จุดศูนย์ถ่วงในการคัดแยก
(ที่มา : U.S. Patent No. 4,735,343, 1988)

2. เครื่องนี้จะอาศัยหลักการที่ฝาถูกใส่เข้ามาที่กล่องด้านบน และมีการลำเลียงฝาโดยใช้จานหมุนที่มีช่องสำหรับใส่ฝา โดยที่ช่องนั้นจะเป็นตัวลำเลียงฝาขึ้นไปข้างบน จากนั้นจะทำการคัดแยกฝาโดยใช้จุดศูนย์ถ่วง ทำให้ฝาที่คว่ำอยู่จะตกกลับมาอยู่ที่ด้านล่าง ส่วนฝาที่หงายจะถูกลำเลียงเข้าสู่รางลำเลียง เพื่อเข้าสู่กระบวนการปิดฝาต่อไป ดังรูปที่ 2.21 (Suiter, 1925)

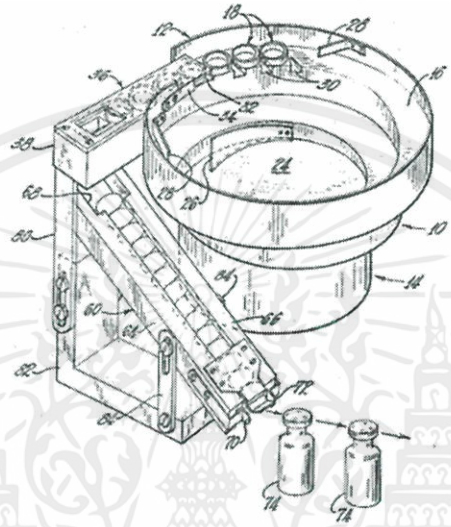


รูปที่ 2.21 ตัวอย่างสิทธิบัตรที่ใช้จุดศูนย์ถ่วงในการคัดแยก
(ที่มา : U.S. Patent No. 1,562,599, 1925)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

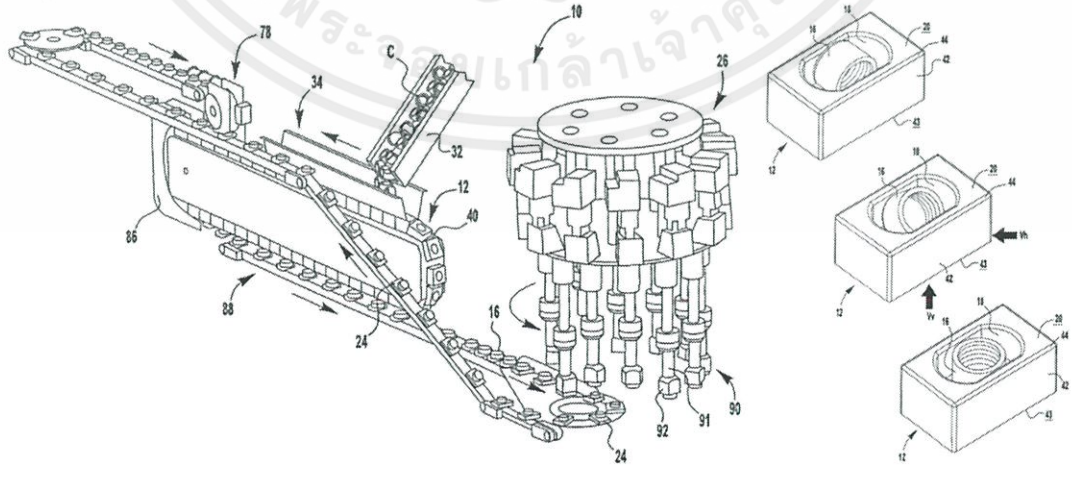
2.2.2 การคัดแยกฝาโดยการสั่น

1. เครื่องนี้จะอาศัยหลักการที่ฝาจะถูกเทลงไปกลางเครื่องคัดแยกฝา จากนั้นเครื่องจะลำเลียงฝาโดยการสั่น เพื่อนำฝาขึ้นไปตามรางด้านบน หลังจากนั้นจะผ่านที่กั้นเพื่อจะทำการกั้นฝาที่ซ้อนกันอยู่ออกไป แล้วทำการคัดฝาโดยใช้ร่องที่บาก โดยเมื่อฝาที่คว่ำเคลื่อนที่ผ่านร่องฝาจะตกลงไปในเครื่องคัดแยกฝาเช่นเดิม จากหลักจุดศูนย์ถ่วง ส่วนฝาที่หงายก็จะถูกลำเลียงผ่านรางที่สั่นไปกระบวนการต่อไป ดังรูปที่ 2.22 (Gess, 1972)



รูปที่ 2.22 ตัวอย่างสิทธิบัตรที่ใช้การสั่นในการคัดแยก (ที่มา : U.S. Patent No. 3,656,605, 1972)

2. เครื่องนี้จะอาศัยหลักการที่เมื่อฝาถูกเลียงลำจากรางสู่สายพาน ฝาจะตกลงสู่หลุมบนสายพาน ดังรูปด้านบน ในขณะที่ลำเลียงนั้นสายพานจะสั่นไปด้วย โดยอาศัยหลักการจุดศูนย์ถ่วงของฝาที่หลังฝา ทำให้ฝาอยู่ในลักษณะหงาย จากนั้นทำการพลิกฝาให้คว่ำโดยใช้การม้วนกลับของสายพาน เพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการปิดฝาต่อไป ดังรูปที่ 2.23 (Cassoni, Papsdorf, 2013)

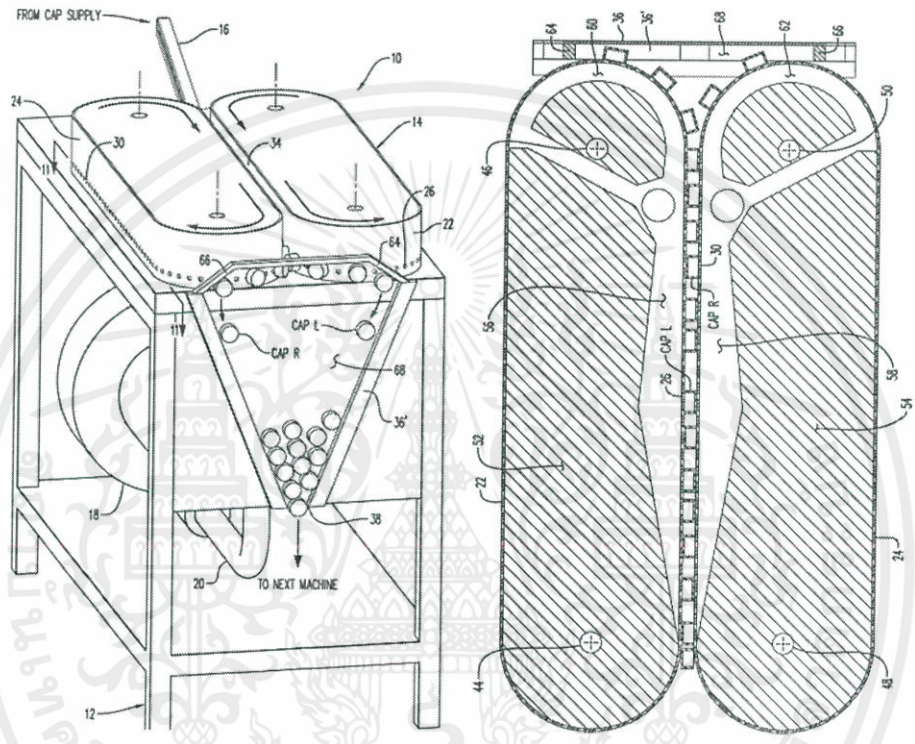


รูปที่ 2.23 ตัวอย่างสิทธิบัตรที่ใช้การสั่นในการคัดแยก (ที่มา : U.S. Patent No. 8,413,789, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การคัดแยกฝาโดยใช้ลม

เครื่องนี้จะอาศัยหลักการที่ฝาจะถูกลำเลียงมาจากรางทางด้านหลัง จากนั้นฝาที่ถูกลำเลียงมานั้นจะเข้ามาอยู่ระหว่างสายพาน 2 เส้น โดยสายพานทั้ง 2 เส้นนี้มีลักษณะการหมุนในทิศตรงข้ามกัน และมีรูที่สายพานเพื่อให้ลมดูดฝาด้านที่กลวง ทำให้ฝาด้านที่กลวงติดกับสายพานเส้นนั้น ๆ จากนั้นที่ทางออกของระบบลำเลียงฝาจะหมุนมาชนกับที่กั้น ทำให้ฝาตกลงมาในลักษณะที่หันไปทางด้านเดียวกัน ดังรูปที่ 2.24 (Zittel, 2012)

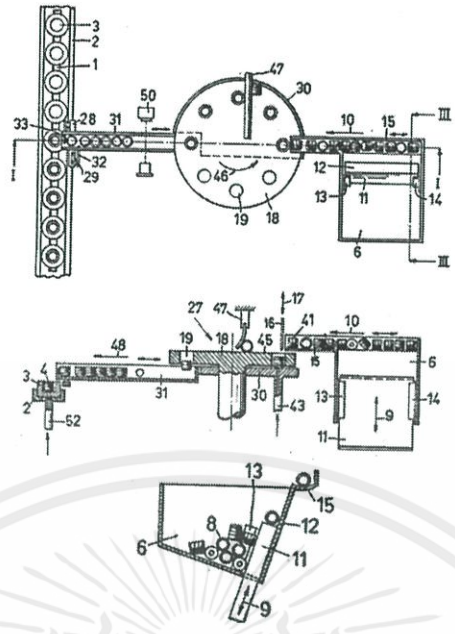


รูปที่ 2.24 ตัวอย่างสิทธิบัตรที่ใช้ลมในการคัดแยก (ที่มา : U.S. Patent No. 899,182, 2012)

2.2.4 การคัดแยกฝาโดยสายพาน และจานหมุน

เครื่องนี้จะอาศัยหลักการที่ฝาในกล่องจากรูปที่ 2.25 จะโดนแผ่นหมายเลข 9 ดันขึ้นไปยังรางหมายเลข 10 จากนั้นฝาจะถูกลำเลียงมายังจานหมุน ให้ตกลงในรูของจานหมุน โดยถ้าฝาคว่ำจะโดนเป่าออกโดยลม จากหมายเลข 43 ฝาที่โดนเป่าออกจะติดอยู่กับแท่งหมายเลข 47 ฝาที่หงายจะเข้าสู่กระบวนการปิดฝาต่อไป (Ponsen, 1965)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

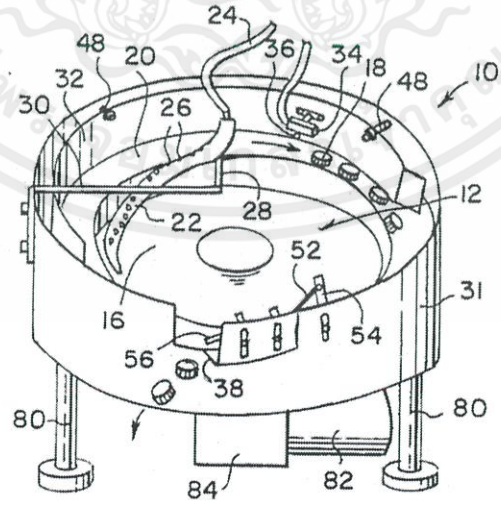


รูปที่ 2.25 ตัวอย่างสิทธิบัตรที่ใช้สายพาน และจานหมุนในการคัดแยก

(ที่มา : U.S. Patent No.74,614, 1965)

2.2.5 การคัดแยกฝาโดยใช้เซนเซอร์แสง

เครื่องนี้จะอาศัยหลักการที่ฝาจะถูกเทลงกลางเครื่องบนแผ่นหมุน และถูกลำเลียงขึ้นไปตามราง โดยฝาจะดันกันขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงสายพานลำเลียงที่หมุนอยู่ด้านบน จากนั้นฝาจะลำเลียงผ่านที่กั้นเพื่อไม่ให้ฝาซ้อนกัน และลำเลียงผ่านเซนเซอร์แสง จากนั้นเซนเซอร์แสงจะทำการคัดฝาที่อยู่ในลักษณะที่ไม่ต้องการออกไปโดยการใช้ลมเป่าจากท่อลม ให้ตกลงไปยังแผ่นหมุนอีกครั้ง ดังรูปที่ 2.26 (Herzog, 1987)



รูปที่ 2.26 ตัวอย่างสิทธิบัตรที่ใช้เซนเซอร์แสงในการคัดแยก

(ที่มา : U.S. Patent No.708,074, 1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เครื่องบรรจุขวดน้ำประเภทโรตารี

เครื่องบรรจุแบบโรตารี (rotary filling machine) หมายถึงเครื่องบรรจุ (filling machine) ที่ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง มีหัวบรรจุมากกว่า 1 หัว เรียงกันเป็นแนววงกลม ขณะบรรจุของเหลวหัวบรรจุจะหมุนตามอัตราเร็วของเครื่อง บรรจุภัณฑ์ลำเลียงเข้าสู่เครื่องบรรจุโดยจานป้อนเข้าหรือเรียกว่า star wheel ซึ่งมีลักษณะเป็นจานหมุนที่มีส่วนเว้าระยะห่างพอดีที่จะสามารถจัดบรรจุภัณฑ์ให้ตรงกันกับหัวบรรจุเมื่อบรรจุเรียบร้อยแล้วจะถูกลำเลียงออกโดยมี star wheel ที่ทำงานได้อย่างสัมพันธ์กัน และเคลื่อนที่ต่อเพื่อเข้าสู่เครื่องปิดฝาต่อไป

เครื่องบรรจุแบบโรตารี (rotary filling machine) เป็นเครื่องที่ใช้อุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดใหญ่ กำลังการผลิตของเครื่องสูงกว่าเครื่องบรรจุแบบแถวตรง (in-line filling machine) เหมาะสำหรับผู้ผลิตที่ผลิตสินค้าจำนวนมาก มีการบรรจุโดยใช้บรรจุภัณฑ์ขนาดเดียวกันตลอด โดยไม่ค่อยเปลี่ยนขนาด เนื่องจากต้องเสียเวลาในการเปลี่ยนจานป้อนเข้าและออก พร้อมทั้งเปลี่ยนหัวบรรจุ

2.3.1 กลไกการบรรจุ (filling machine)

เครื่องบรรจุแบบกระบอกสูบ (piston filling machine) หรือ volumetric piston เป็นเครื่องบรรจุ (filling machine) ที่ใช้สำหรับบรรจุอาหารเหลวให้ได้ปริมาตรตามที่ต้องการ โดยใช้กระบอกสูบ (piston) สูบอาหารเหลวให้ได้ปริมาตรตามที่ต้องการ แล้วจ่ายเข้าสู่บรรจุภัณฑ์

เครื่องบรรจุแบบกระบอกสูบใช้กับอาหารเหลวเกือบทุกชนิด ทั้งที่มีความหนืดน้อย ความหนืดปานกลาง แต่นิยมใช้กับอาหารที่มีความหนืดมากเช่น มายองเนส น้ำสลัด น้ำพริกแกง น้ำพริกเผา

ส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องบรรจุแบบลูกสูบ

1. กระบอกสูบ (piston)
2. แกนลูกสูบ
3. วาล์ว (valve)

โดยผลิตภัณฑ์จะไหลลงจากถังเก็บ และถูกดูดเข้าไปในกระบอกสูบเมื่อลูกสูบเลื่อนมาข้างหลัง โรตารีวาล์วจะเปลี่ยนตำแหน่ง ลูกสูบถูกดันให้เลื่อนมาข้างหน้า บังคับให้ผลิตภัณฑ์ไหลผ่านหัวบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ (พิมพ์เพ็ญ, นิธิยาม, ม.ป.ป., Apacks, ม.ป.ป.)

2.3.2 หัวบรรจุ

ใช้กระบวนการแบบ Volume matric ในการควบคุมระบบการบรรจุ โดยมีชนิดการบรรจุ ดังนี้

- Level แบบใช้กระบอกสูบในการควบคุมปริมาตร
- Over Flow ใช้ปริมาณน้ำที่ล้นออกมาเป็นตัวควบคุม
- Timer ใช้เวลาในการควบคุม โดยวัดจากขนาดขวด น้ำหนักขวดต่าง ๆ

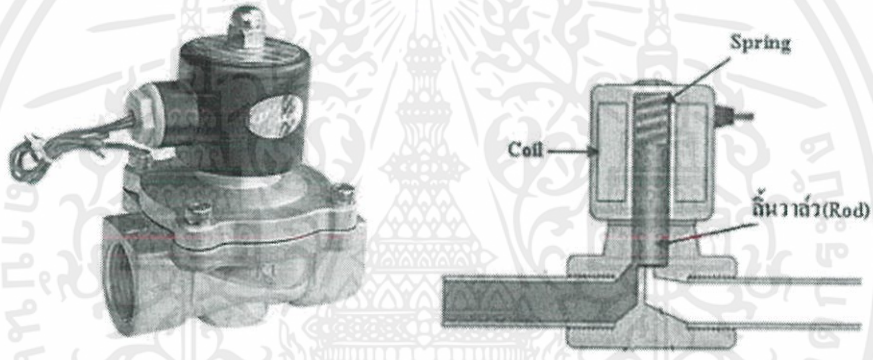
2.3.3 วาล์ว

หน้าที่หลักของวาล์วคือการควบคุมการไหล ไม่ว่าจะเป็นการปิด-เปิด (คือการทำงานโดยที่วาล์วอยู่ที่ตำแหน่งวาล์วปิดสนิทหรือวาล์เปิดเต็มที่) หรือปรับอัตราการไหล (วาล์วเปิดตั้งแต่ 0-100%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซลินอยด์ (Solenoid)

เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ที่มีหลักการทำงานคล้ายกับรีเลย์(Relay) ภายในโครงสร้างของโซลินอยด์จะประกอบด้วยขดลวดที่พันอยู่รอบแท่งเหล็กที่ภายในประกอบด้วยแม่เหล็กชุดบนกับชุดล่าง เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันรอบแท่งเหล็ก ทำให้แท่งเหล็กชุดล่างมีอำนาจแม่เหล็กดึงแท่งเหล็กชุดบนลงมาสัมผัสกันทำให้ครบวงจรทำงาน เมื่อวงจรถูกตัดกระแสไฟฟ้าทำให้แท่งเหล็กส่วนล่างหมดอำนาจแม่เหล็ก สปริงก็จะดันแท่งเหล็กส่วนบนกลับสู่ตำแหน่งปกติ จากหลักการดังกล่าวของโซลินอยด์ก็จะนำมาใช้ในการเลื่อนลิ้นวาล์วของระบบนิวเมติก การปิด-เปิดการจ่ายน้ำหรือของเหลวอื่น ๆ โครงสร้างของ Solenoid โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ เลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยสปริง (Single Solenoid Valve) และเลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยโซลินอยด์วาล์ว (Double Solenoid Valve) ในที่นี้ใช้แบบ เลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยสปริง (Single Solenoid Valve) (MO Memoir, 2552) ดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 ลักษณะของ Solinoid valve (ที่มา : www.globalspec.com)

2.4 ระบบลำเลียง

ระบบสายพานลำเลียง ใช้เป็นสายพานลำเลียงสำหรับอุตสาหกรรมต่าง ๆ (ตามรายการด้านล่าง) สายพานนี้สามารถทำงานได้ทั้งบนสายพาน PE (Polyethylene) อัดสวมแถบหรือเครื่องติดตามสายพาน PE (Polyethylene) ซึ่งอาจมีหรือไม่มีแท็บสำหรับการเก็บรักษาก็ได้

สำหรับสายพานที่ไม่มีแท็บยึดติดไว้ จะใช้แม่เหล็กในการยึดติดตัวสายพานไว้ ประโยชน์ของมันคือสามารถถอดโซ่สายพานออกจากตัวยึดในสถานที่ต่าง ๆ เพื่อทำความสะอาดภายใต้ตัวยึดสายพานนั้น ๆได้

2.4.1 ประเภทสายพานที่เหมาะสมกับงานด้านต่าง ๆ

- สายพานโซ่เหล็กแบน (FST) - โดยปกติจะใช้สำหรับการจัดการแก้ว ใช้วัสดุคือสแตนเลส และเหล็กคาร์บอน
- มาตรฐานแรงเสียดทานต่ำอะซีตัล (F) – การใช้งานทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แรงเสียดทานต่ำอะซีตัลโซ่ (FLF) – แรงเสียดทานต่ำกว่าแรงทั่วไป เหมาะสมกับความเร็วที่สูงขึ้น เช่น สายเครื่องดื่ม
- NG - รุ่นใหม่ (FNG) - แรงเสียดทานต่ำสุดที่มีความมั่นคงสูงและปลอดภัยในชีวิต ส่วนใหญ่เหมาะสำหรับการใช้งานในลักษณะแห้ง นอกจากนี้ยังช่วยลดเสียงรบกวนได้อีกด้วย
- โซ่สายพานแรงเสียดทานสูง (FVG) – ฟังก์ชั่นทั่วไปรวมถึงแนวโน้มที่สามารถลดขนาดสายพานได้ตามความเหมาะสมในงานที่ใช้
- กลับความดันให้ต่ำลง (FLB) – ใช้สำหรับสะสมความดันน้อย ๆ ของภาชนะบรรจุ
- จานโซ่สายพานแบบลูกกลิ้งยอดนิยม (FTP) – เมื่อต้องการความแข็งแรงและความเครียดของลักษณะงานที่มากกว่า
- การบรรจุลัง / ผลิตภัณฑ์ (FCA) – การเชื่อมโยงห่วงโซ่สายพานที่ยืดหยุ่นได้ ประเภทนี้จะใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีเสถียรภาพในกรณีที่ไม่มีด้านบน ใช้กันอย่างแพร่หลายในการบรรจุลัง
- โซ่สายพานกริปเปอร์ (FGC) - พลาสติกหรือห่วงโซ่สายพานเหล็กมียางนิ้วมือกริปเปอร์ที่มีความยืดหยุ่น ใช้สำหรับการยกระดับหรือลดระดับของผลิตภัณฑ์

ส่วนประกอบของสายพานลำเลียง

สายพานลำเลียงใช้กับการรองรับสายผลิตภัณฑ์ที่กว้างที่สุดโดยรองรับระบบพลาสและรวมถึงส่วนประกอบของสายพานลำเลียงที่ไม่จำกัดสำหรับการจัดการติดตั้งของระบบอัตโนมัติที่ดี ทางเลือกที่มีแทบจำกัดและการอธิบายนวัตกรรมใหม่ที่นำเสนอความเป็นไปได้ที่จะจัดการระบบให้เหมาะสมกับความต้องการการผลิตที่หลากหลายให้ได้มากที่สุด

วัสดุที่สามารถทนทานในสภาวะการทำงานที่ยากและมีโครงสร้างของแต่ละองค์ประกอบที่ช่วยอำนวยความสะดวกในขั้นตอนการทำงานของโรงงานทั้งหมดได้แก่ โซ่ฟันเฟืองขับ , สายกลุ่มร่วม , คู่มือ, ที่หนีบและทุกชนิดของแท่นรองรับทั้งหมดที่ผลิตตามมาตรฐานที่เข้มงวดของระบบพลาสท์ที่มีมานานหลายปี

ระบบสายพานลำเลียงขวด

ผู้ผลิตขวดจะมีระบบลำเลียงสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องจักรบรรจุภัณฑ์ ระบบสายพานลำเลียงที่สมบูรณ์ คือสายพานลำเลียง และสามารถถอดตัวสายพานได้ เพื่อความสะดวกแก่การทำความสะอาดและเคลื่อนย้าย

2.4.2 ประเภทของสายพานลำเลียง

1. สายพานกำหนดค่า

สายพานประเภทนี้สามารถกำหนดค่าการลำเลียงได้ เพราะถูกออกแบบให้กรอกข้อมูลของตัวเครื่องได้ รวมทั้งมีการเคลือบพิเศษสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันการกัดกร่อน สะอาด ปลอดภัย และเป็นโซ่สายพานวัสดุพิเศษ

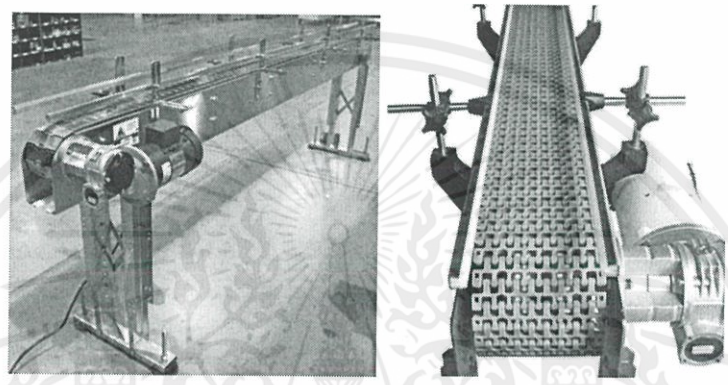
2. สายพานลำเลียงแบบโซ่ตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายพานลำเลียงประเภทนี้กว้าง 4 นิ้ว ใช้สแตนเลส 304 ในการลำเลียงการบรรจุขวดและตัวสายพานเป็นโซ่ตรงแบบ polyoxymethyene (POM) ใช้ Gear motor ขับเคลื่อน สามารถปรับระดับความสูง

3. สายพานชุดลำเลียงบรรจุขวด

คือสายพานลำเลียงกว้าง 4.5 นิ้ว โดยสายพานลำเลียงทำจากสแตนเลส 304 ในการบรรจุขวดและตัวสายพานเป็น polyoxymethyene (POM) ทำงานเป็นลักษณะสายตรง ใช้ Gear motor ขับเคลื่อน สามารถปรับระดับความสูงได้ ดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 สายพานลำเลียง (ที่มา : www. Alibaba.com)

2.4.3 การบรรจุขวดและบรรจุภัณฑ์ลำเลียง

การลำเลียงจะมีตัวแปรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความเร็วตัวแปรหลายระดับ และยังมีขนาดของความยาว , ความกว้างและส่วนตรงหรือส่วนโค้งที่หลากหลาย เพื่อสามารถปรับให้พอดีกับพื้นที่และความต้องการในการผลิตได้ โดยมีมาตรฐานของตัวเครื่องเป็นสแตนเลส 304 ซึ่งมีคุณสมบัติลดความอันตรายจากการไวไฟ ป้องกันการกัดกร่อน จึงทำให้โครงสร้างของเครื่องมีความปลอดภัยมาก

ใช้ในการลำเลียงในกระบวนการผลิตเครื่องสำอาง, อาหารและเครื่องดื่ม, การทำความสะอาดและสารเคมีชนิดพิเศษ, ยา และอื่น ๆ

2.5 อุปกรณ์และระบบที่ใช้การควบคุมการทำงาน

2.5.1 เซ็นเซอร์

เซ็นเซอร์คืออุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณหรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ เสียง แสง การสัมผัส แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณที่สอดคล้องหรืออุปกรณ์ควบคุมสามารถตอบสนองได้ ซึ่งเซนเซอร์อยู่ในชีวิตประจำวันของเรา เช่น ลิฟต์, โคมไฟที่ปรับความสว่างโดยการสัมผัสที่ฐาน นอกจากนี้ยังมีการใช้งานนับไม่ถ้วนสำหรับเซ็นเซอร์ซึ่งรวมถึงรถยนต์, เครื่องบิน, การแพทย์, การผลิต และหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.1 ชนิดของเซ็นเซอร์

Optical Sensor หรือ Photo Sensor คือ เซนเซอร์ชนิดใช้แสง โดยทั่วไปใช้ในงานตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุ และการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุ เซนเซอร์ชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการส่งและรับแสง

Temperature Sensor คืออุปกรณ์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ หรือความชื้นในบริเวณที่ใช้งาน ซึ่งเหมาะสำหรับห้องควบคุมอุณหภูมิความชื้น, อุตสาหกรรมอาหาร, ห้องอบ, ห้องแช่เย็น, ห้องควบคุมระบบคอมพิวเตอร์, Clean Room

Pressure Sensor คือ อุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้วัดความดันของของเหลวและก๊าซ โดยระดับความดันจะเปลี่ยนตามความโค้งงอของแผ่นไดอะแฟรมที่ประกอบอยู่ภายในของเซนเซอร์ เซนเซอร์วัดความดันนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ทั้งในด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการแพทย์ได้อีกด้วย ยกตัวอย่างเช่น เครื่องวัดความดันโลหิต, วัดระดับน้ำ, ระบบทำน้ำเย็น เป็นต้น

Proximity Sensor คือ เซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก โดยลักษณะของการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง และ สัญญาณลม ส่วนการนำเซนเซอร์ประเภทนี้ไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับ ตำแหน่ง ระดับ ขนาด และรูปร่าง มีด้วยกัน 2 ประเภทคือ

1. เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ(Inductive Sensor) เป็นเซนเซอร์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีผลต่อชิ้นงานหรือวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น หรือเรียกกันทางภาษาเทคนิคว่า “อินดักตีฟเซนเซอร์ ”

ข้อเด่นของเซนเซอร์ชนิดนี้ คือ ทนทานและสามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง (wide temperature ranges) สามารถทำงานในสภาวะที่มีการรบกวนทางแสง (Optical) และเสียง (Acoustic) ซึ่งเทียบเท่ากับชนิดเก็บประจุ

2. เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ (Capacitive Sensor) เซนเซอร์ประเภทนี้มีโครงสร้างทั้งภายนอกและภายในคล้ายกับแบบเหนี่ยวนำ การเปลี่ยนแปลงของความจุ ซึ่งเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของวัตถุชนิดหนึ่งเข้ามาใกล้สนามไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ เซนเซอร์ชนิดนี้สามารถตรวจจับอุปกรณ์ที่ไม่ได้เป็นโลหะได้ และเป็นโลหะได้

2.5.1.2 ประเภทของเซนเซอร์แสง

โดยทั่วไปใช้ในงานการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุ และการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุ เซนเซอร์ชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการส่งและรับแสง มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ ตัวส่งแสง (emitter) และตัวรับแสง (receiver) ลักษณะการตรวจจับเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งแสง ส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุ ส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สภาวะที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับแสงส่วนใหญ่นิยมใช้โฟโต้ไดโอด (photo diode) หรือโฟโต้ ทรานซิสเตอร์ (photo transistor) ส่วนตัวส่งแสงนั้นโดยทั่วไปใช้ LED (Light Emitting Diode) เนื่องจากการต่อใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

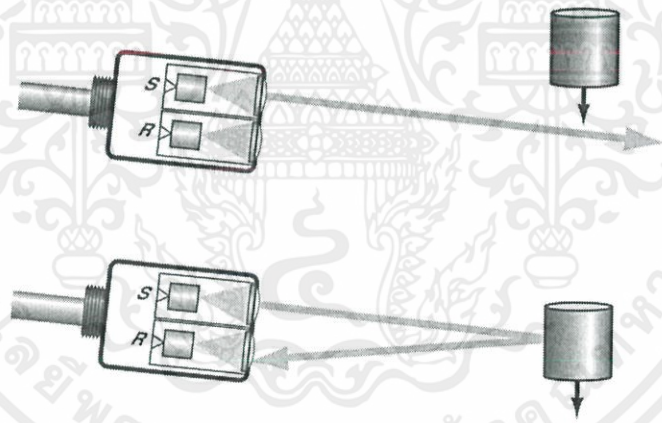
งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำได้ง่าย สะดวกในการบำรุงรักษา ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ และไม่ได้รับผลกระทบจากสภาวะรอบข้างไม่ว่าจะเป็นสนามแม่เหล็ก, ความถี่, ความร้อน, ความชื้น หรือการสั่นสะเทือน

ประเภทของเซนเซอร์ใช้แสงสามารถแบ่งตามลักษณะการตรวจจับ และตำแหน่งการติดตั้งตัวรับแสงและตัวส่งแสงได้ 3 ประเภท

1. ประเภทตรวจจับโดยตรง (Diffuse - reflective)

เซนเซอร์ประเภทนี้ภายในตัวเซนเซอร์จะมีตัวส่งแสง (emitter) และ ตัวรับแสง (receiver) ติดตั้งภายในตัวเดียวกัน ทำให้ไม่จำเป็นต้องเดินสายไฟทั้งสองฝั่ง ทำให้การติดตั้งใช้งานได้ง่าย

เซ็นเซอร์ชนิดนี้จะใช้ในการตรวจจับชิ้นงานที่มีลักษณะทึบแสง และ โปร่งแสงได้ ซึ่งในสภาวะการทำงานปกติตัวรับแสงจะไม่สามารถรับสัญญาณจากตัวส่งแสงได้ เนื่องจากไม่มีวัตถุที่จะทำหน้าที่เป็นตัวสะท้อนลำแสงกลับมายังตัวรับแสง โดยเซนเซอร์นี้จะทำหน้าตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัดผ่านที่หน้าของเซนเซอร์ โดยวัตถุหรือชิ้นงานที่ผ่านหน้าเซ็นเซอร์จะทำหน้าที่สะท้อนลำแสงที่ส่งมาจากตัวส่งแสง กลับไปยังตัวรับแสง จึงทำให้ตัวรับแสง สามารถรับลำแสงที่จะสะท้อนกลับมาได้ ซึ่งจะทำให้วงจรภายในรับรู้ได้ว่า มีวัตถุหรือชิ้นงานขวางอยู่ ทำให้สถานะของเอาท์พุตของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป ดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 การทำงานของเซนเซอร์แสงประเภทตรวจจับโดยตรง (ที่มา : www.ab.com)

2. ประเภทลำแสงสะท้อนกลับ (Retro - reflective)

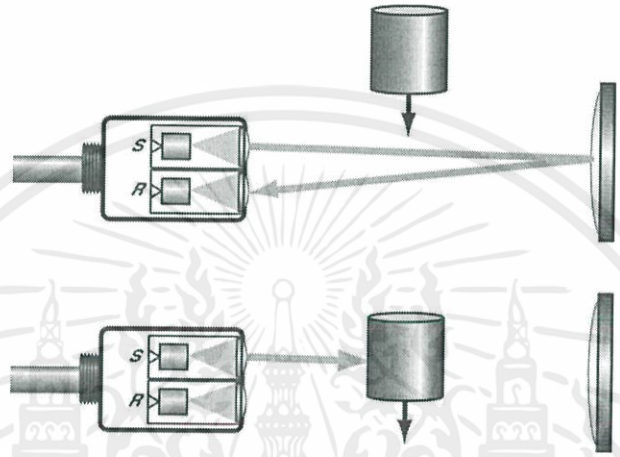
เซนเซอร์ประเภทนี้ภายตัวเซนเซอร์แบบนี้จะมีตัวส่งแสงและตัวรับแสงติดตั้งภายในตัวเดียวกัน ทำให้ไม่จำเป็นต้องเดินสายไฟทั้งสองฝั่ง ทำให้การติดตั้งใช้งานได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องติดตั้งตัวแผ่นสะท้อนหรือ Reflector ไว้ตรงข้ามกับตัวเซนเซอร์เอง โดยโฟโตเซนเซอร์แบบที่ใช้แผ่นสะท้อนนี้จะเหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะทึบแสงไม่เป็นมันวาว เนื่องจากอาจทำให้ตัวเซ็นเซอร์เข้าใจผิดว่าเป็นตัวแผ่นสะท้อนและทำให้ทำงานผิดพลาดได้

เซ็นเซอร์นี้จะมีช่วงในการทำงานหรือระยะในการตรวจจับจะได้ใกล้ ซึ่งในสภาวะการทำงานปกติตัวรับแสง จะสามารถรับสัญญาณแสงจากตัวส่งแสงได้ตลอดเวลา เนื่องจากลำแสงจะสะท้อนกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นสะท้อน (Reflector) อยู่ตลอดเวลา หน้าที่หลักของเซนเซอร์ชนิดนี้ จะคอยตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัดผ่านหน้าเซนเซอร์ เมื่อวัตถุหรือชิ้นงานผ่านเข้ามาที่หน้าเซนเซอร์ แล้วจะการขวางลำแสงที่ส่งจากตัวส่งแสงที่ส่งไปยังแผ่นสะท้อน จึงทำให้ตัวรับแสงไม่สามารถรับลำแสงที่จะสะท้อนกลับมาได้

ซึ่งจะทำให้วงจรภายในรับรู้ได้ว่า มีวัตถุหรือชิ้นงานขวางอยู่ ทำให้สถานะของเอาท์พุตของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป ดังรูปที่ 2.30

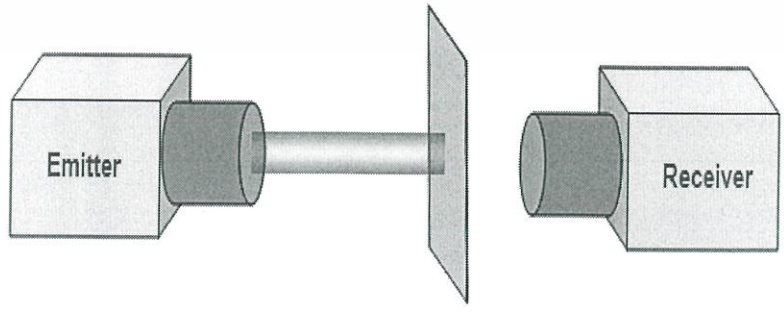


รูปที่ 2.30 การทำงานของเซนเซอร์แสงประเภทลำแสงสะท้อนกลับ (ที่มา : www.ab.com)

3. ประเภทลำแสงผ่านตลอด (Through Beam)

เซนเซอร์ประเภทนี้จะติดตั้งตัวส่งแสงและตัวรับแสงแยกกัน โดยจะวางให้อยู่ตรงข้ามกัน ซึ่งเป็นโฟโตเซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีขนาดใหญ่ และ ช่วงระยะในการตรวจจับมากที่สุด ซึ่งในสภาวะการทำงานปกติตัวรับแสงจะสามารถรับสัญญาณแสงจากตัวส่งแสงได้ตลอดเวลา

เซ็นเซอร์นี้จะใช้ในการตรวจจับชิ้นงานที่มีลักษณะทึบแสงเท่านั้น โดยทำหน้าตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัดผ่านหน้าเซ็นเซอร์ ซึ่งวัตถุหรือชิ้นงานที่ผ่านหน้าเซ็นเซอร์จะขวางลำแสงที่ส่งจากตัวส่งแสงไปยังตัวรับแสง เมื่อลำแสงไม่สามารถถึงตัวรับ จะทำให้วงจรภายในรับรู้ได้ว่า มีวัตถุหรือชิ้นงานขวางอยู่ ทำให้สถานะของเอาท์พุตของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป (นวภัทรา, ทวีพล, 2555) ดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 การทำงานของเซนเซอร์แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด (ที่มา : www.ab.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การออกแบบวงจรไฟฟ้าควบคุมระบบนิวเมติก

2.5.2.1 อุปกรณ์นิวเมติก

1. ถังเก็บลม (Air Tanks)

ใช้กักเก็บลมที่ถูกอัดตัวไว้ และส่วนใหญ่จะติดตั้งที่ทางลมออกของเครื่องอัดลม อาจจะอยู่รวมกับเครื่องอัดลมหรือติดตั้งอีกตัวหนึ่งนอกเครื่องอัดลมก็ได้ ซึ่งณรงค์ ตันชีวะวงศ์ ได้กล่าวถึงถังเก็บลม ซึ่งทำหน้าที่ ทำให้ความดันที่จ่ายออกจากเครื่องอัดลมมีค่าสม่ำเสมอ ป้องกันการลดลงของความดันลมอัดอย่างรวดเร็วเมื่อลมอัดถูกนำไปใช้ในปริมาณมากภายในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ถังเก็บลมประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เกจวัดความดัน (pressure gauge) วาล์วนิรภัย (safety valve) และสวิตช์ความดัน (Pressure switch) ดังนั้นถังเก็บลมจะต้องเป็นไปตามกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เหมือนกับภาชนะทนความดันอื่น ๆ

2. เครื่องระบายความร้อน (aftercooler)

เครื่องระบายความร้อนมักจะติดตั้งอยู่ถัดจากเครื่องอัดลมเพื่อทำลมให้เย็นลงและจำกัดไอน้ำที่มีความร้อนจำนวนมากที่ผสมรวมอยู่กับลมอัด เพราะถ้าไอน้ำเหล่านี้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำในอุปกรณ์นิวเมติกก็จะเกิดการกัดกร่อนหรือความเสียหายได้ เครื่องระบายความร้อนแบ่งได้เป็นแบบใช้น้ำหล่อเย็นและแบบใช้ลมเป่าระบายความร้อน เครื่องระบายความร้อนทั้งสองแบบนี้ควรลดอุณหภูมิของลมอัดให้เหลือประมาณ 40 องศาเซลเซียส

เครื่องระบายความร้อนแบบใช้ลมเป่าจะใช้ครีบระบายความร้อนซึ่งติดตั้งที่ท่าจ่ายลมอัด และใช้พัดลมเป่าผ่านครีบเหล่านี้ ครีบเหล่านี้จะถูกติดตั้งห่างจากฝาผนังและโครงสร้างอื่น ๆ ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่ามีการระบายอากาศที่ดี ส่วนเครื่องระบายความร้อนแบบใช้น้ำหล่อเย็นจะใช้น้ำไหลหมุนเวียนในท่อเพื่อระบายความร้อนภายในภาชนะที่ลมอัดไหลผ่าน

3. เครื่องกรองในท่อหลัก (main line air filter)

เครื่องกรองในท่อหลักจะทำการกำจัดฝุ่นละอองน้ำ และคราบน้ำมันที่ปะปนกับลมอัดที่อยู่ในท่อหลักก่อนที่จะส่งลมอัดนั้นไปใช้งานหรือผ่านการกรองละเอียดอีกครั้งหนึ่ง

4. เครื่องทำลมแห้งด้วยความเย็น (Refrigerated Air Dryer)

ลมที่ถูกอัดจะมีไอน้ำปะปนมาด้วย เมื่ออุณหภูมิของไอน้ำลดลงหรือระดับอุณหภูมิห้องที่ปลายท่อลมอัด ไอน้ำก็จะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำซึ่งบางครั้งจะไหลหยดออกทางช่องระบายของวาล์ว ดังนั้นเครื่องทำลมแห้งด้วยความเย็นนี้จะทำให้ลมอัดเย็นลงและจะควบแน่นไอน้ำที่ปะปนกับลมอัดให้กลายเป็นหยดน้ำ ซึ่งหยดน้ำจะถูกแยกออกและลมแห้งเท่านั้นที่ไหนผ่านออกไปได้

5. ตัวกรองลมอัด (Air Filter)

เครื่องกรองลมอัดจะทำการกำจัดฝุ่นละอองสนิมภายในท่อหรือสิ่งปรกอื่น ๆ ที่ติดมากับลมอัดเพื่อป้องกันความเสียหายต่ออุปกรณ์ ถ้าเครื่องกรองลมอัดถูกติดตั้งในท่อลมโดยที่ไม่มีเครื่องทำลมแห้งด้วยความเย็น เครื่องกรองลมอัดนี้จะช่วยกรองน้ำ (หยดน้ำ) ฝุ่นละออง และสนิมภายในท่อลมอัดได้ อัตราการกรองจะละเอียดกว่าเครื่องกรองในท่อหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. วาล์วควบคุมความดัน (Air regulator)

โดยปกติลมอัดที่เกิดจากเครื่องอัดลมจะมีค่าความดันค่าหนึ่งซึ่งจะมีค่าสูงกว่าความดันที่ต้องการใช้งานเล็กน้อย ดังนั้นวาล์วควบคุมความดันจะทำหน้าที่ลดความดันลมอัดให้อยู่ในระดับที่ต้องการและรักษาระดับให้คงที่ในการใช้งาน

7. ตัวเติมน้ำมันหล่อลื่น (Air Lubricator)

อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่นจะใช้สารหล่อลื่นปนไปกับการไหลของลมอัด เพื่อช่วยให้อุปกรณ์ทำงานอย่างราบรื่นและช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์

8. ตัวเก็บเสียง (air sileneer)

ลมอัดจะมีเสียงดังเมื่อทิ้งออกนอกทีรูระบายของวาล์วดังนั้นตัวเก็บเสียงจะช่วยลดเสียงที่เกิดขึ้นได้ระดับหนึ่ง

9. วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลมอัด (directional control valve)

วาล์วชนิดนี้จะเปลี่ยนทิศทางการไกลของลมอัดโดยการเปิด – ปิด วาล์วให้สัมพันธ์กับสัญญาณไฟฟ้าหรือสัญญาณลม วาล์วเปลี่ยนทิศทางการไหลของลม ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ไปกลับของก้านสูบภายในกระบอกสูบ

10. วาล์วควบคุมความเร็ว (Speed Control Valve)

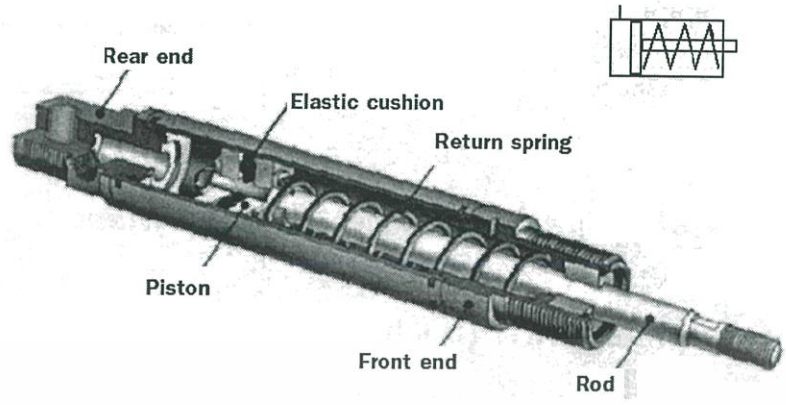
วาล์วนี้จะควบคุมความเร็วก้านสูบภายในกระบอกสูบ โดยการปรับปริมาตรการไหลของลมอัดที่เข้ากระบอกสูบ

11. กระบอกสูบ

11.1 กระบอกสูบทางเดียว (Single-acting cylinder)

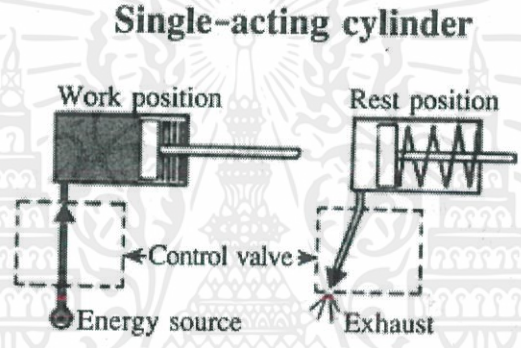
อุปกรณ์มีลักษณะเป็นทรงกระบอกภายในกลวงและมีก้านสูบที่เคลื่อนที่ไปมาตามแกนกลาง ที่ปลายก้านสูบมีซีลกันลมรั่วและมีสปริงอยู่ระหว่างก้านสูบกับกระบอกสูบดังแสดงในรูปที่ 2.32 ระยะการเคลื่อนที่ของก้านสูบมีค่าคงที่ขึ้นกับความยาวของกระบอกสูบ การสั่งงานให้ก้านสูบเคลื่อนที่ได้เพียงทิศทางเดียว ด้วยการจ่ายลมอัดเข้ากระบอกสูบในทิศทางต้านกับแรงกระทำของสปริง เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่และเมื่อหยุดจ่ายลมอัดให้กระบอกสูบ ก้านสูบจะเคลื่อนที่กลับมาตำแหน่งปกติด้วยแรงกระทำจากสปริงดังแสดงในรูปที่ 2.33 และมีโครงสร้างภายใน ดังรูปที่ 2.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

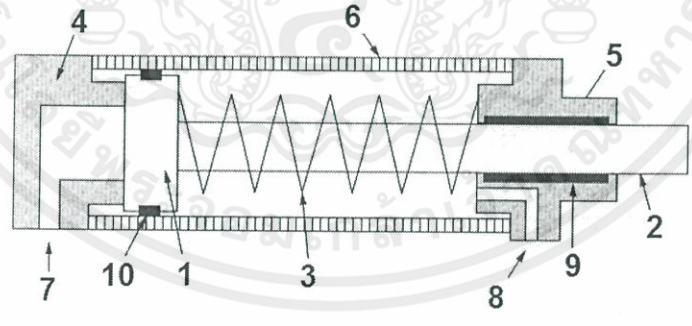


รูปที่ 2.32 องค์ประกอบภายในและหลักการทำงานของกระบอกสูบทางเดียว

(ที่มา : Chalermchon, 2006)



รูปที่ 2.33 การสั่งงานให้กระบอกสูบทางเดียว (ที่มา : Chalermchon, 2006)



รูปที่ 2.34 โครงสร้างภายในของกระบอกสูบทางเดียว (ที่มา : Chalermchon, 2006)

(รายละเอียดดังตารางที่ 2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดโครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว

หมายเลข	รายละเอียด
1	ลูกสูบ
2	ก้านสูบ
3	สปริงดันกลับ
4	ฝาครอบท้าย
5	ฝาครอบหัว
6	กระบอกสูบ
7	รูต่อลม
8	บูชก้านสูบ
9,10	ซีลลูกสูบ

กระบอกสูบแบบทางเดียวมีให้เลือก 2 ลักษณะ คือ แบบปกติเข้า หรือแบบปกติออก ซึ่งการเข้าหรือออกขึ้นอยู่กับตำแหน่งสปริงภายใน แสดงดังรูปที่ 2.35

ปกติเข้า ปกติออก

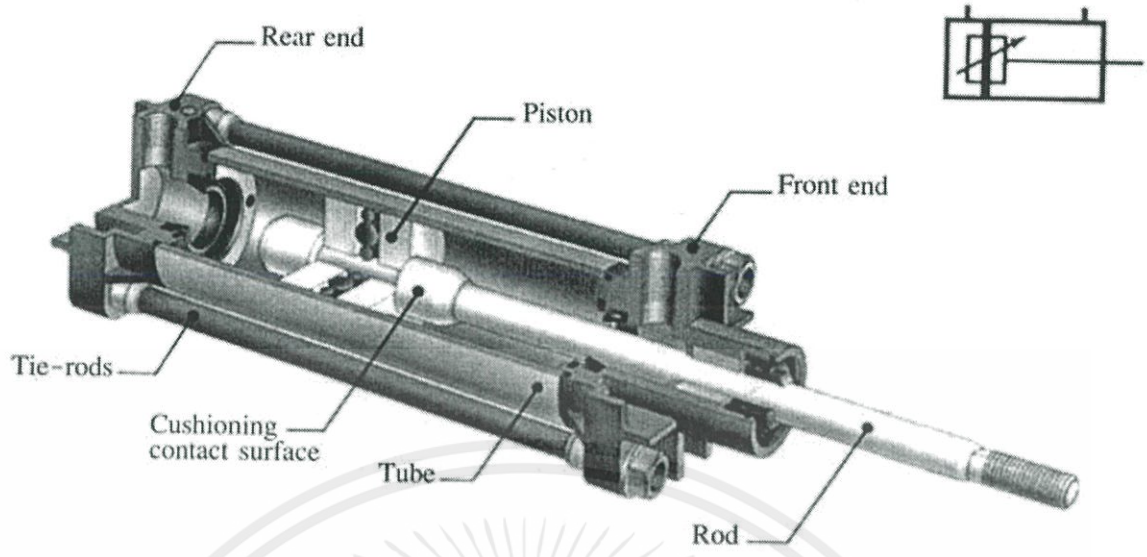
รูปที่ 2.35 สัญลักษณ์ของกระบอกสูบทางเดียวแบบปกติเข้าและปกติออก

(ที่มา : Chalermchon, 2006)

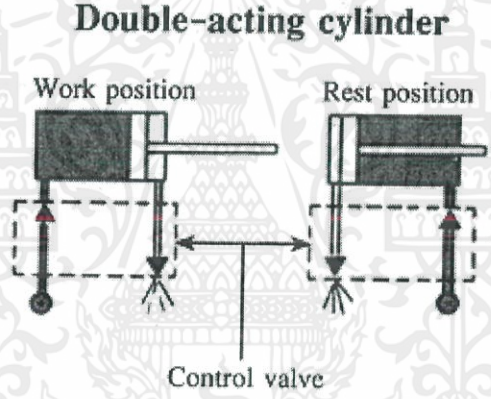
11.2 กระบอกสูบสองทาง Double-acting cylinder

กระบอกสูบชนิดนี้จะมีลักษณะการทำงานและรูปลักษณ์ภายนอกเช่นเดียวกับกระบอกสูบทางเดียว แตกต่างเฉพาะภายในดังรูปที่ 2.36 และสามารถสั่งงานได้ทั้งสองทิศทาง ด้วยการจ่ายลมอัดเข้ากระบอกที่หัวหรือที่ท้ายกระบอกสูบจะทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้าหรือออก เมื่อจ่ายลมอัดเข้าที่ท้ายกระบอกสูบจะทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกและเกิดการระบายลมที่ค้างในกระบอกสูบออกทางด้านหัวกระบอกสูบ แสดงการทำงานดังรูปที่ 2.37 เมื่อไม่มีลมอัดจ่ายให้กระบอกสูบ ก้านสูบจะหยุดค้างอยู่ ณ ตำแหน่งสุดท้ายที่เคลื่อนที่และสามารถใช้มือดึงก้านสูบได้เคลื่อนไปมาได้โดยอิสระแสดงส่วนประกอบภายในกระบอกสูบสองทางดังรูปที่ 2.38 และตารางที่ 2.2 แสดงชื่อส่วนประกอบภายในกระบอกสูบ

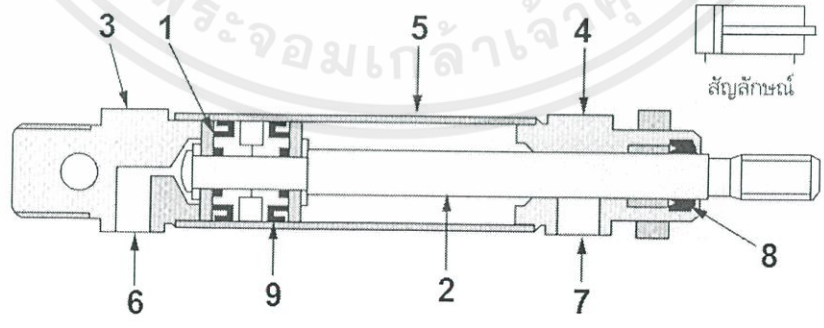
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 องค์ประกอบภายในของกระบอกสูบสองทาง (ที่มา : Chalermchon, 2006)



รูปที่ 2.37 หลักการทำงานภายในของกระบอกสูบสองทางเมื่อจ่ายลมอัดภายใน
(ที่มา : Chalermchon, 2006)



รูปที่ 2.38 โครงสร้างภายในของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง (ที่มา : Chalermchon, 2006)
(รายละเอียดดังตารางที่ 2.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

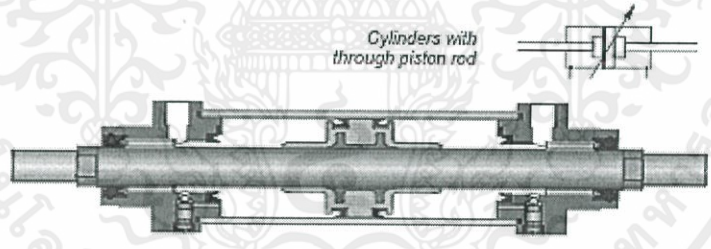
ตารางที่ 2.2 รายละเอียดโครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง

หมายเลข	รายละเอียด
1	ลูกสูบ
2	ก้านสูบ
3	ฝาครอบท้าย
4	ฝาครอบหัว
5	กระบอกสูบ
6	รูต่อลมด้านลูกสูบ
7	รูต่อลมด้านก้านสูบ
8	ซีลก้านสูบ
9	ซีลลูกสูบ

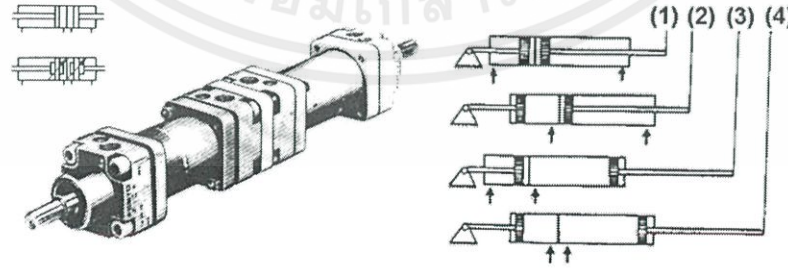
11.3 กระบอกสูบชนิดพิเศษ

กระบอกสูบแบบสองก้านสูบแสดง ดังรูปที่ 2.39 (ก) ซึ่งก็คือกระบอกสูบปกติที่มีก้านสูบยาวทะลุทั้งสองด้านและเคลื่อนไปเข้าและออกสลับด้านกันเสมอ

กระบอกสูบแบบช่วงชักหลายตำแหน่ง (Multi-Position cylinder) เป็นการนำกระบอกสูบสองตัวต่อกัน ดังรูปที่ 2.39 (ข) ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้ 4 ตำแหน่ง (Chalermchon, ม.ป.ป.)



(ก) กระบอกสูบแบบสองก้าน

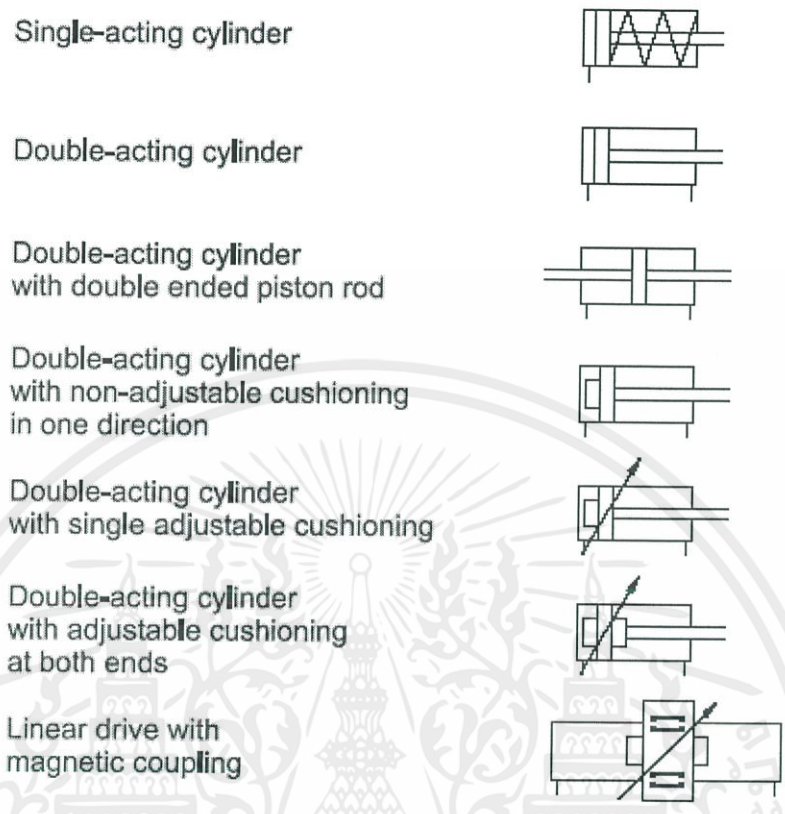


(ข) กระบอกสูบแบบหลายช่วงชัก

รูปที่ 2.39 กระบอกสูบชนิดพิเศษ (ที่มา : Chalermchon, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์ของกระบอกสูบชนิดต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.40



รูปที่ 2.40 สัญลักษณ์กระบอกสูบชนิดต่าง ๆ (ที่มา : Chalermchon, 2006)

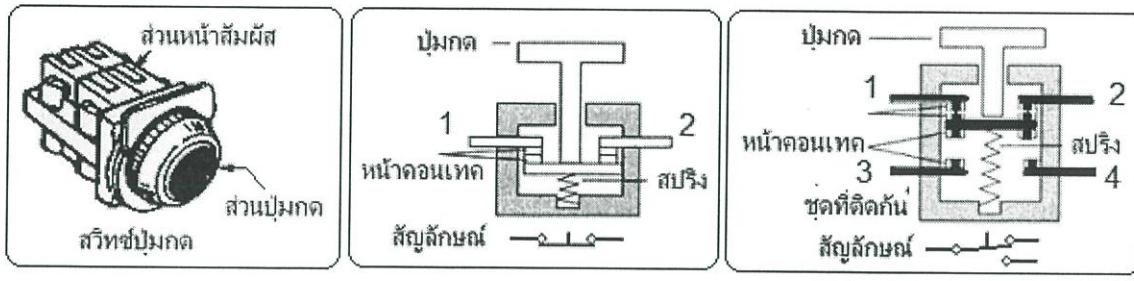
2.5.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าควบคุม

1. สวิตช์ (switch)

สวิตช์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าสัมผัสภายในสำหรับควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ถ้าหน้าสัมผัสเปิด หมายถึง หน้าสัมผัสไม่สัมผัสกันกระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้และหน้าสัมผัสปิด หมายถึง หน้าสัมผัสมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ โดยมีชุดควบคุมหน้าสัมผัสให้เปิดและปิดด้วยกลไกลหรือกระแสไฟฟ้า การเลือกใช้งานจำเป็นต้องคำนึงความทนกระแสและวิธีควบคุมที่เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งมีทั้งหน้าสัมผัสสองทาง หรือหน้าสัมผัสสามทางดังรูปที่ 2.41 และ 2.42

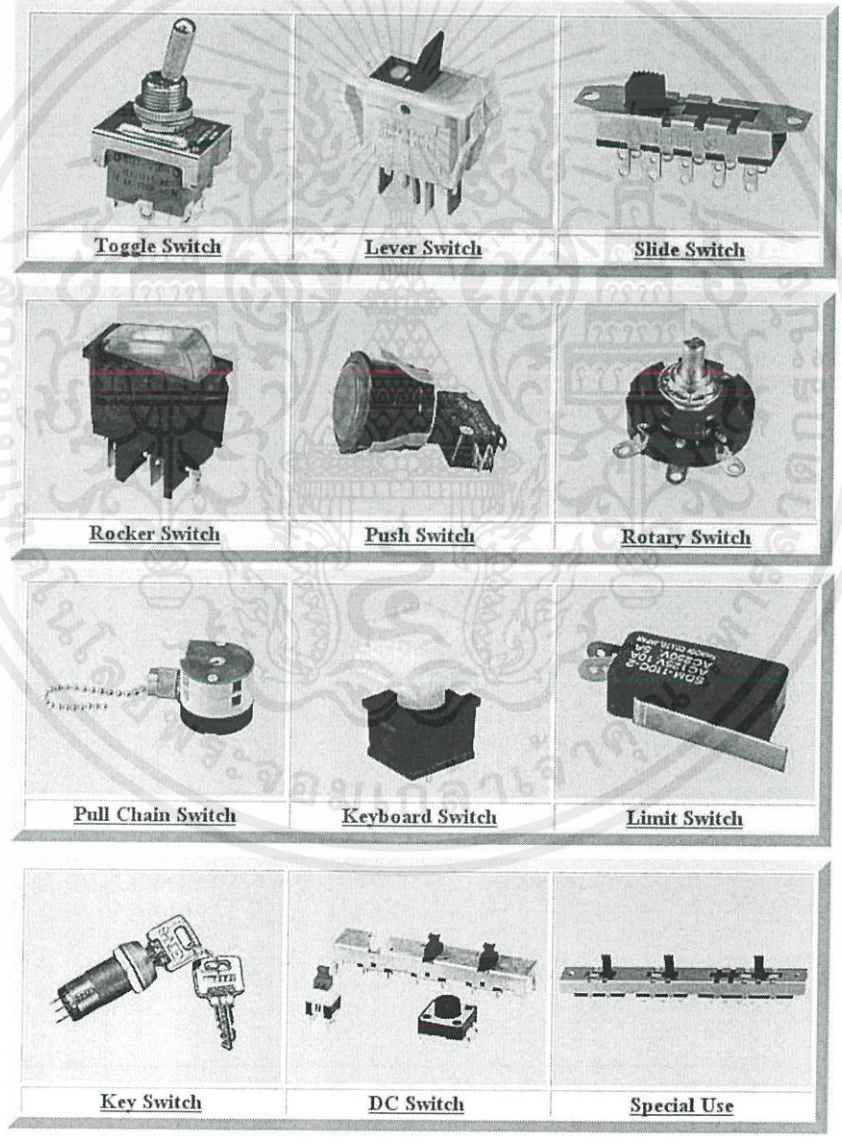
รูปที่ 2.41 สัญลักษณ์พื้นฐานของสวิตช์ (ที่มา : Chalermchon, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.42 สวิตช์ไฟฟ้าแบบกดติดปล่อยดับชนิดหน้าสัมผัสสองทางและหน้าสัมผัสสามทาง (ที่มา : www.indiamart.com)

สวิตช์ไฟฟ้าแบบต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.43

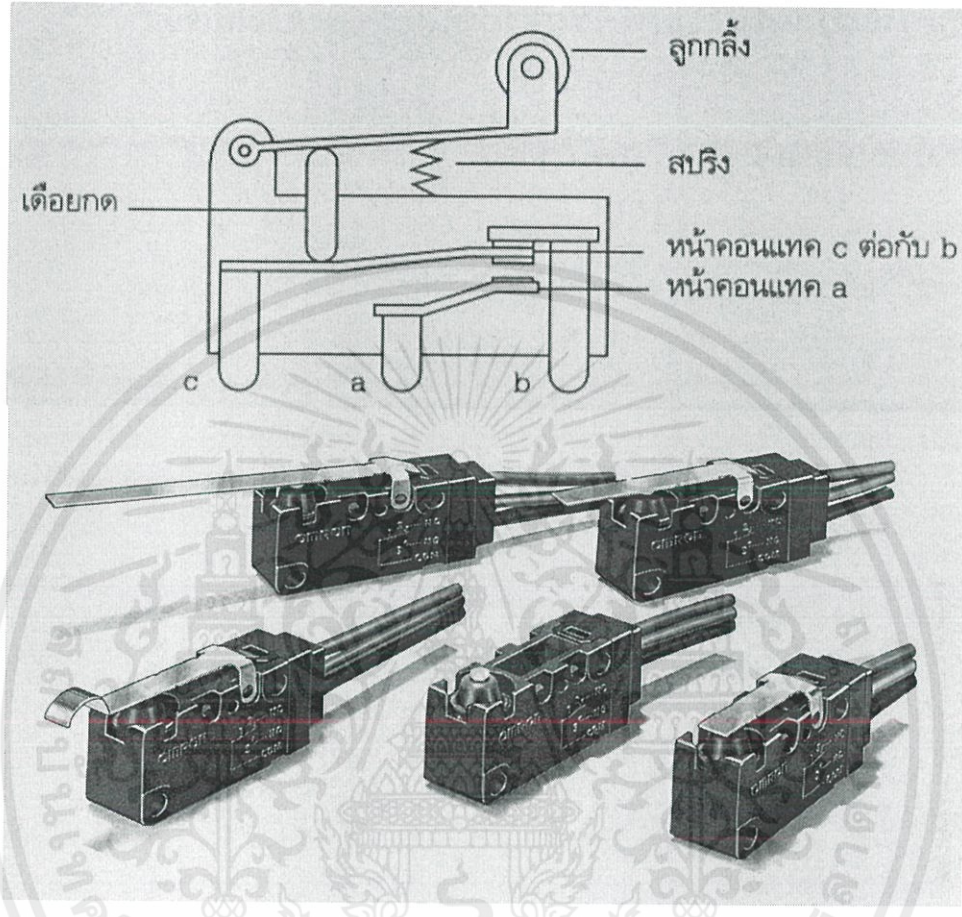


รูปที่ 2.43 สวิตช์ไฟฟ้าแบบต่างๆ (ที่มา : Chalermchon, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลิมิตสวิตช์ (Limit switch)

เป็นสวิตช์ไฟฟ้าที่ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของชิ้นงานหรือชิ้นส่วนของเครื่องจักร การเปิดและปิดหน้าสัมผัสภายในอาศัยแรงกดของวัตถุตรวจจับกดทับลูกกลิ้ง ดังรูปที่ 2.44

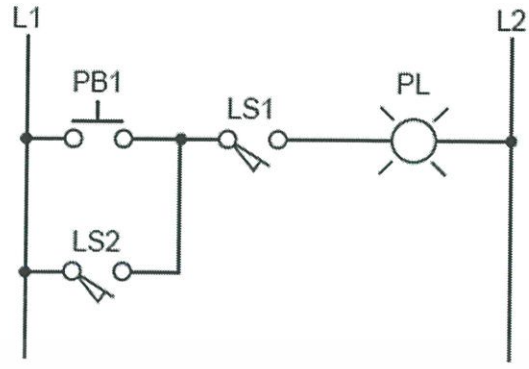


รูปที่ 2.44 ลักษณะของลิมิตสวิตช์ (ที่มา : www.directindustry.com)

วงจรไฟฟ้าควบคุมแบบซีเควนซ์ (Sequential control)

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าให้มีการทำงานตามลำดับที่แน่นอนด้วยวงจรสวิตช์ไฟฟ้า โดยมีเหตุการณ์ในการทำงานก่อนหลังที่ถูกกำหนดด้วยเงื่อนไขที่แน่นอน หรืออาจเกิดขึ้นทันทีหรืออาจเว้นช่วงเวลาหนึ่งหลังจากงานที่ดำเนินอยู่จบลง ซึ่งเป็นผลจากทำงานของงานลำดับที่ผ่านมา แสดงตัวอย่างวงจรและอุปกรณ์ดังรูปที่ 2.45

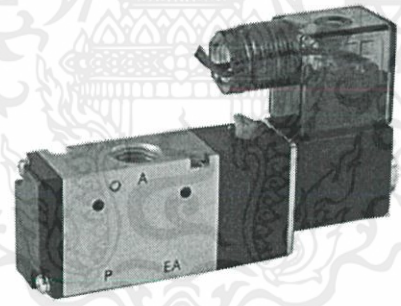
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.45 ตัวอย่างวงจรควบคุมแบบซีเควนซ์ (ที่มา : Chalermchon, 2006)

3. โซลีนอยด์ (Solenoid)

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เกิดงานเชิงกล โดยภายในประกอบด้วยขดลวดตัวนำไฟฟ้าขดกันเป็นเกี้ยวและมีแกนเหล็กอยู่ภายในขดลวดที่ปลายยึดด้วยสปริงดังรูปที่ 2.46 โดยมีหลักการทำงานดังนี้ คือ เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดจะเกิดการเหนี่ยวนำกระแสเหล็กขึ้นภายในใจกลางขดลวดทำให้เกิดสภาพแม่เหล็กไฟฟ้าแบบไม่ถาวรขึ้น ส่งผลให้แกนเหล็กภายในขดลวดถูกดูดให้เคลื่อนที่ เมื่อตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ขดลวดตัวนำ สภาพแม่เหล็กไฟฟ้าหมดไปและแกนเหล็กจะเคลื่อนที่กลับด้วยแรงดึงจากสปริง



รูปที่ 2.46 โซลีนอยด์วาล์ว (ที่มา : www.stcvalve.com)

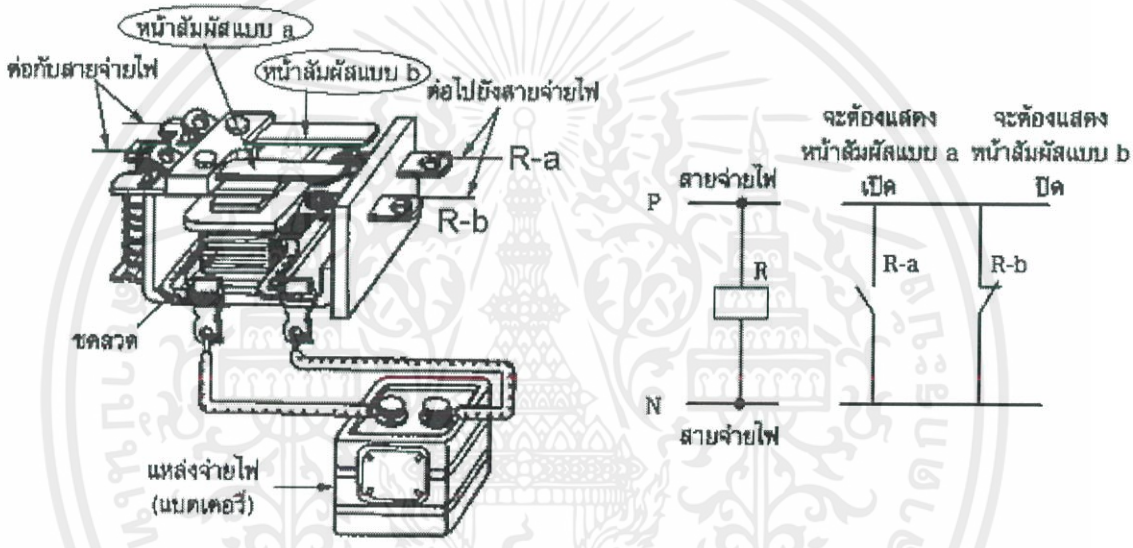
โซลีนอยด์ (Solenoid) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แรงแม่เหล็กไฟฟ้าในการดูดหรือดันแกนเหล็กให้เคลื่อนที่หรือดัน (plunger) เพื่อใช้ในการเปิดปิดวาล์วลมหรือหน้าสัมผัส ชุดหน้าสัมผัสที่ควบคุมการเปิดและปิด ด้วยโซลีนอยด์จะเรียกว่า รีเลย์ (Relay) และวาล์วลมที่ควบคุมการเปิดและปิดด้วยโซลีนอยด์จะเรียกว่า โซลีนอยด์วาล์ว

4. รีเลย์ Relay

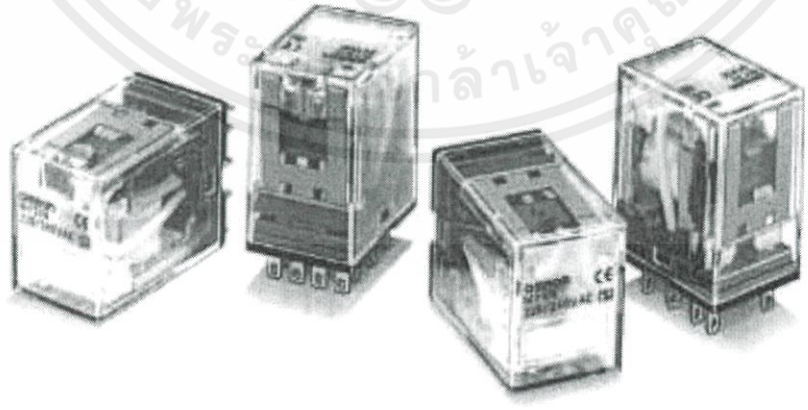
เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยชุดหน้าสัมผัสและโซลีนอยด์ภายในดังแสดงในรูปที่ 2.47 และ2.48 เมื่อจ่ายกระไฟฟ้าให้กับขดลวดภายในโซลีนอยด์จะเกิดกระแสแม่เหล็กไฟฟ้าไม่ถาวรเกิดขึ้นและเกิดแรงดึงดูดให้กระเดื่อง (Armature) เคลื่อนที่ ส่งผลให้หน้าสัมผัสสัมผัสปิดเกิดการครบวงจร โดยชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าสัมผัสและโซลีนอยด์จะไม่มีการสัมผัสกัน รีเลย์ที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมมีทั้งชนิดหน้าสัมผัส 2 ชุดและ 4 ชุด โดยแต่ละชุดใช้งานแยกกันอิสระ แต่มีจังหวะเปิดหรือปิดพร้อมกันทำให้สามารถควบคุมเครื่องจักรหลายเครื่องให้ทำงานพร้อมกันในจังหวะเดียวกันได้ ในการควบคุมอุปกรณ์ที่การกินกระแสแตกต่างกันนั้น จะใช้วงจรสวิตช์ไฟฟ้าควบคุมกินกระแสไฟฟ้าต่ำ(12V/24V) สั่งงานรีเลย์ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้อุปกรณ์ที่กินกระแสไฟฟ้าสูง(220V/ไฟฟ้า 3 เฟส) ซึ่งมีข้อดีดังนี้ คือ วงจรสวิตช์ควบคุมและวงจรหน้าสัมผัสที่ควบคุมอุปกรณ์ที่กินกระแสสูงจะแยกกัน เมื่อเกิดความเสียของวงจรใดวงจรหนึ่งจะไม่เกิดความเสียหายทั้งหมด การใช้วงจรสวิตช์ควบคุมที่กินกระแสไฟฟ้าต่ำเพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงาน การเลือกใช้งานนั้นต้องพิจารณาถึงความทนกระแสที่หน้าสัมผัสรับได้สูงสุด ลักษณะการใช้งานแบบปกติเปิดหรือปิดซึ่งมีให้เลือกทั้งแบบหน้าสัมผัสสองทางและสามทาง



รูปที่ 2.47 ส่วนประกอบและการทำงานภายในรีเลย์ (ที่มา : Chalermchon, 2006)



รูปที่ 2.48 รีเลย์ (ที่มา : www.evsource.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

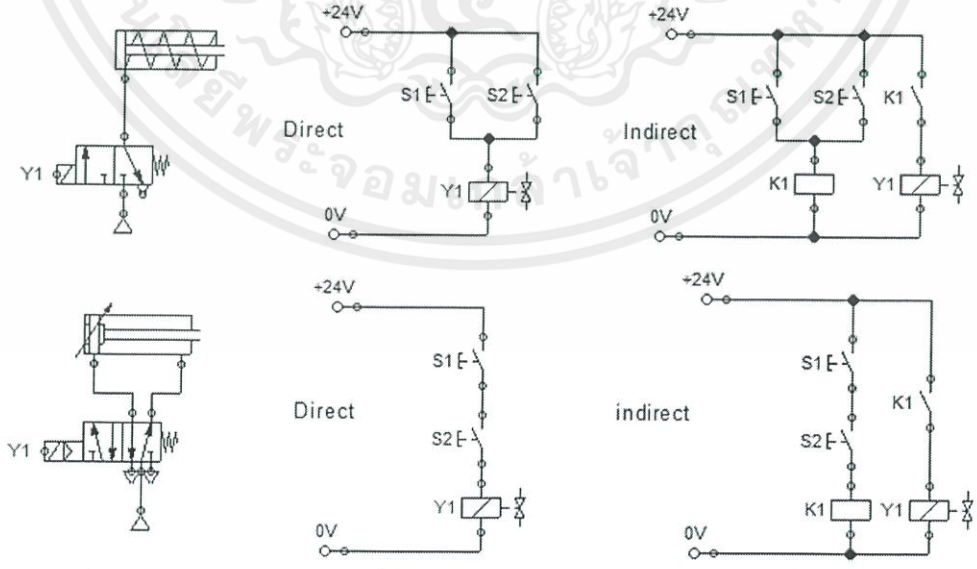
5. ตัวตั้งเวลา (Timer)

เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยหน้าสัมผัสและชุดตั้งเวลา มีลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับรีเลย์ แตกต่างที่หน้าสัมผัสมีการทำงานตามช่วงเวลาที่สามารถกำหนดได้ ชุดตั้งเวลาควบคุมมีทั้งแบบลานไขและอิเล็กทรอนิกส์ ดังแสดงในรูปที่ 2.49

รูปที่ 2.49 ตัวตั้งเวลา (ที่มา : http://www.made-in-china.com)

2.5.2.3 วงจรไฟฟ้าควบคุมนิวเมติกพื้นฐาน

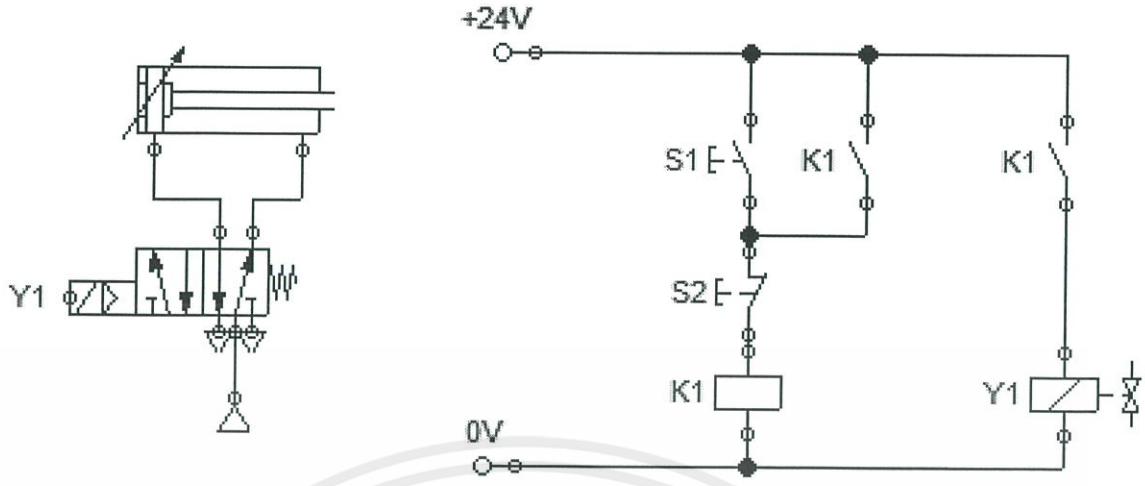
การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์นิวเมติกด้วยวงจรไฟฟ้าเป็นที่นิยมใช้งานมากกว่าการควบคุมด้วยวงจรนิวเมติกด้วยวาล์วลม เนื่องจากมีราคาถูกกว่าเป็นง่ายต่อการซ่อมและปรับเปลี่ยนการทำงาน การทำงานจะประกอบด้วยวงจรนิวเมติกและวงจรไฟฟ้าควบคุมดังรูปที่ 2.50 ซึ่งยังสามารถออกแบบการควบคุมได้ทั้งแบบทางตรงและทางอ้อม แสดงตัวอย่าง (Chalermchon, ม.ป.ป.) ดังรูปที่ 2.51 และ2.52



(ก) วงจรนิวเมติกควบคุม (ข) วงจรไฟฟ้าควบคุมทางตรง (ค) วงจรไฟฟ้าควบคุมทางอ้อม

รูปที่ 2.50 ตัวอย่างการใช้รีเลย์ในการควบคุมกระบอกสูบทางเดียว (ที่มา : Chalermchon, 2006)

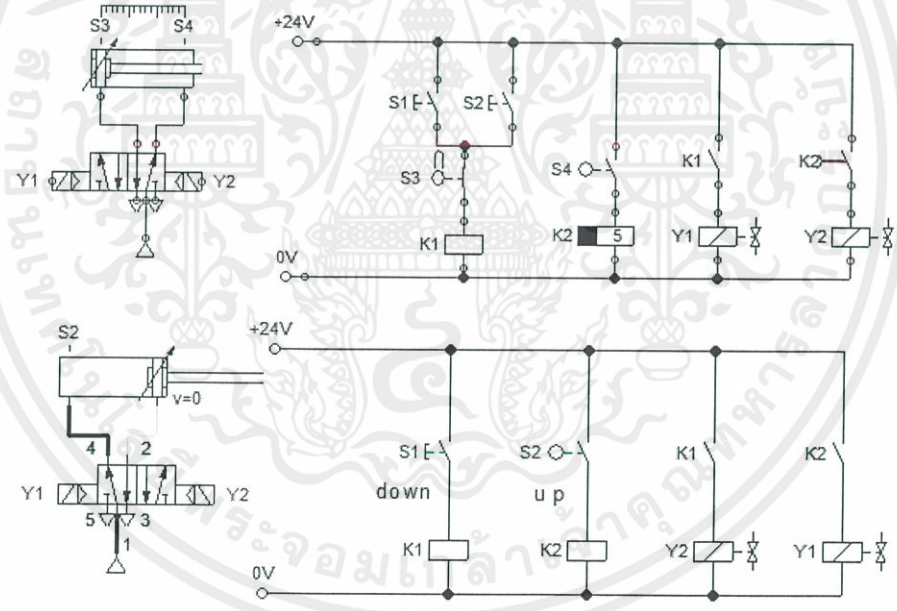
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจรนิวเมติกควบคุม (ข) วงจรไฟฟ้าควบคุม

รูปที่ 2.51 ตัวอย่างการใช้รีเลย์ในการควบคุมกระบอกสูบสองทางเดียวด้วยวงจร self locking

(ที่มา : Chalermchon, 2006)



รูปที่ 2.52 ตัวอย่างการใช้รีเลย์ในการควบคุมกระบอกสูบแบบกึ่งอัตโนมัติ

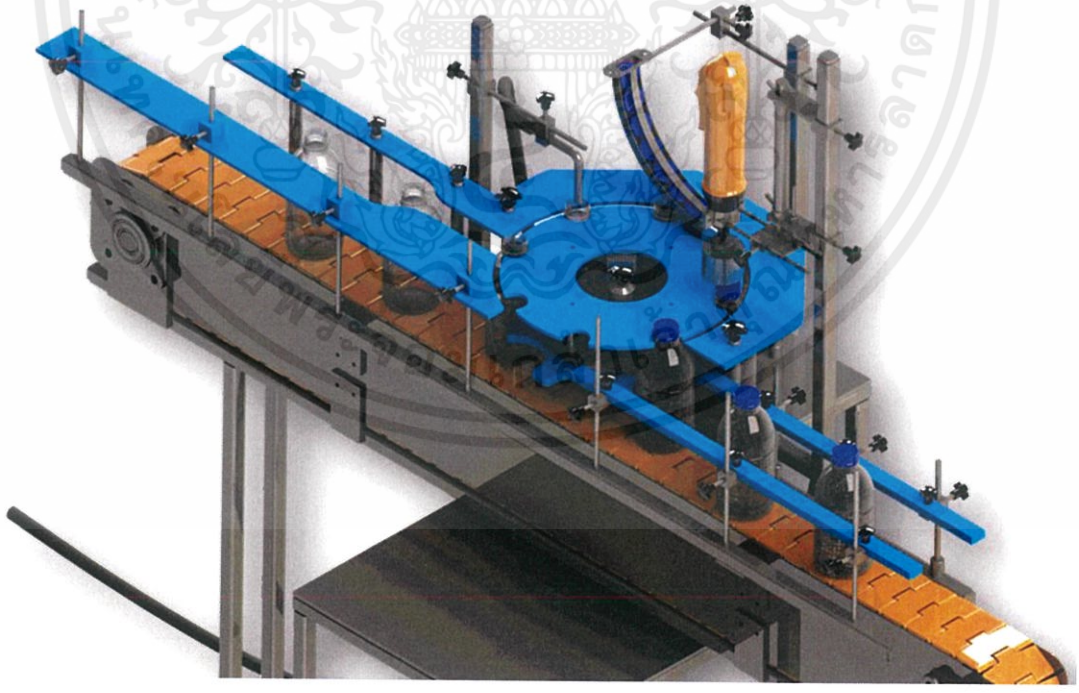
(ที่มา : Chalermchon, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ส่วนประกอบ และการออกแบบ

ในระบบบรรจุน้ำแบบโรตารีมีขั้นตอนใหญ่ ๆอยู่สามระบบคือ ระบบคัดแยกฝา ระบบปิดฝา และระบบเติมน้ำ โดยลำดับการทำงานของระบบบรรจุน้ำแบบโรตารี (รูปที่ 3.1) มีดังต่อไปนี้

1. นำขวดที่จะทำการบรรจุเข้าสู่สายพานลำเลียง
2. เมื่อขวดลำเลียงมาถึงจานลำเลียงขวดชุดจานขับเคลื่อนจะผลักจานลำเลียงขวดเพื่อนำขวดไปอยู่ในตำแหน่งบรรจุ
3. ที่ตำแหน่งบรรจุจะใช้เวลา 5 วินาทีในการทำการบรรจุด้วยกระบอกบรรจุที่มีปริมาตรคงที่ (ขวดน้ำขนาด 200 มิลลิลิตร)
4. ขวดน้ำจะถูกลำเลียงผ่านใต้รางใส่ฝา จากนั้นปากขวดจะเกี่ยวฝาขวดทำให้ขวดน้ำมีฝาวางอยู่บนปากขวด
5. ขวดจะถูกลำเลียงต่อไปยังตำแหน่งปิดฝาขวดที่มีเครื่องปิดฝาขวดติดตั้งอยู่ เครื่องปิดฝาขวดจะเคลื่อนลงมากดและหมุนเกลียวฝาขวดให้แน่นสนิท
6. ขวดจะถูกพาให้เคลื่อนที่กลับสู่สายพานเพื่อลำเลียงขวดออกจากเครื่องบรรจุ



รูปที่ 3.1 เครื่องบรรจุน้ำแบบโรตารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ระบบคัดแยกฝา

จากการศึกษาสิทธิบัตรเกี่ยวกับการคัดแยกฝา จึงได้เลือกใช้การคัดแยกฝาโดยใช้จุดศูนย์กลางมวลของฝา เนื่องจากมีความซับซ้อน ออกแบบได้ง่าย ต้นทุนต่ำ เหมาะแก่ผู้ประกอบการขนาดเล็ก อีกทั้งยังทีประสิทธิภาพสูงในการคัดแยกฝา โดยที่ฝาที่คว่ำจะพลิกตกลงมาจากจานคัดแยกของฝาและฝาที่หงายจะติดไปกับจานคัดแยกของฝา โดยมีทฤษฎีและการออกแบบดังต่อไปนี้

3.1.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ

จุดศูนย์กลางมวล

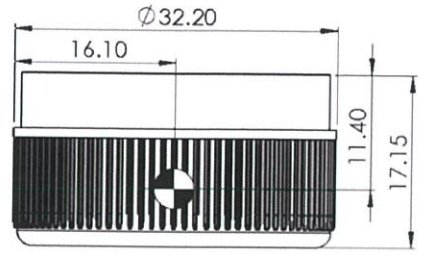
ศูนย์กลางมวล (center of mass) ของระบบหนึ่งๆ เป็นจุดเฉพาะเจาะจงซึ่งเสมือนหนึ่งมวลของระบบรวมตัวกันอยู่ ณ จุดนั้น เป็นฟังก์ชันของตำแหน่งและมวลขององค์ประกอบที่รวมกันอยู่ในระบบ ในกรณีที่ระบบเป็นวัตถุแบบ rigid body ตำแหน่งของศูนย์กลางมวลมักเป็นส่วนหนึ่งอยู่ในวัตถุหรือมีความเกี่ยวพันกับวัตถุนั้น แต่ถ้าระบบมีมวลหลายชิ้นสัมพันธ์กันอย่างหลวมๆ ในพื้นที่ว่าง ตัวอย่างเช่น การยิงกระสุนออกจากปืน ตำแหน่งศูนย์กลางมวลจะอยู่ในอากาศระหว่างวัตถุทั้งสองโดยอาจไม่สัมพันธ์กับตำแหน่งของวัตถุแต่ละชิ้นก็ได้ หากระบบอยู่ภายใต้สนามแรงโน้มถ่วงที่เป็นเอกภาพ มักเรียกศูนย์กลางมวลว่าเป็น ศูนย์ถ่วง (center of gravity) คือตำแหน่งที่วัตถุนั้นถูกกระทำโดยแรงโน้มถ่วง

3.1.2 การออกแบบเครื่องคัดแยกฝา

ในการออกแบบเครื่องคัดแยกฝา จำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาขนาดของฝาขวดน้ำที่จะใช้ในระบบบรรจุน้ำ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงในการออกแบบแผ่นคัดแยกฝา มุมที่ใช้ในการคัดแยกฝา ท่อลำเลียงฝา และขนาดของที่ปิดฝาขวด รวมทั้งศึกษาเครื่องคัดแยกฝารูปแบบต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์หารูปแบบในการคัดแยกฝาที่เหมาะสมในระบบโรตารีขนาดเล็ก โดยจากการศึกษาวิธีการคัดแยกฝาหลายๆแบบเช่น คัดแยกโดยใช้ลมเป่า คัดแยกโดยใช้การสั่น และคัดแยกโดยใช้จุดศูนย์ถ่วงเป็นต้น ซึ่งระบบการคัดแยกที่เลือกนำมาใช้คือ การคัดแยกฝาโดยการใช้จุดศูนย์ถ่วงของฝา เนื่องจากออกแบบได้ง่าย ไม่ซับซ้อน ใช้พื้นที่น้อย อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการคัดแยกที่ดี ในที่นี้กำหนดความหนาของจานคัดแยกฝา เท่ากับ 3 มิลลิเมตร เนื่องจากไม่หนาและไม่บางเกินไป สามารถให้ฝาเข้าไปในร่องคัดแยกฝาได้ง่าย

การเลือกมุมเอียงในการวางเครื่องคัดแยกฝาจากการคำนวณหามุมสูงสุดด้วยจุดศูนย์ถ่วงของฝา ในกรณีฝาคว่ำจุดศูนย์ถ่วงของฝาจะอยู่เลยจุดหมุน นั่นคือฝาจะพลิกตกลงมาจากจานคัดแยกฝา ส่วนฝาหงายจุดศูนย์ถ่วงของฝาจะอยู่ต่ำกว่าจุดหมุนจึงทำให้ฝาไม่สามารถพลิกตกลงมา จากโปรแกรมเขียนแบบเพื่อจำลองฝาขวดตามขนาดและ วัสดุจริง หาจุดศูนย์ถ่วงได้ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

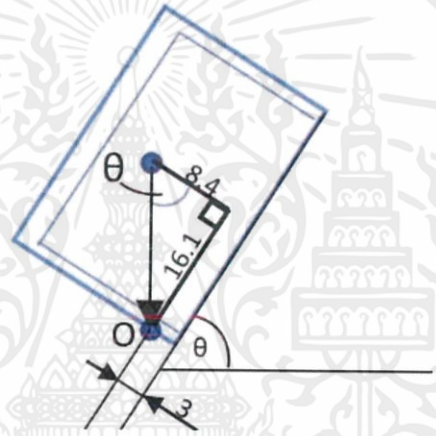


รูปที่ 3.2 ตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของฝา

วิเคราะห์จากรูปที่ 3.3 จะทราบขนาดของมุมที่ทำให้ฝาคว่ำพลิกตก คำนวณได้จาก

$$\theta = \tan^{-1}\frac{16.1}{8.4}$$

$$\theta = 62.45°$$

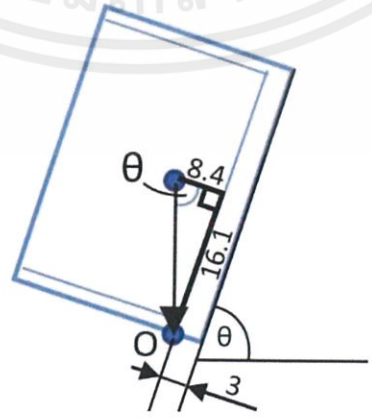


รูปที่ 3.3 free-body diagram ของการคัดแยกฝาคว่ำ

วิเคราะห์จากรูปที่ 3.4 จะทราบขนาดของมุมที่ทำให้ฝาหงายพลิกตก คำนวณได้จาก

$$\theta = \tan^{-1}\frac{16.1}{2.75}$$

$$\theta = 80.31°$$



รูปที่ 3.4 free-body diagram ของการคัดแยกฝาหงาย

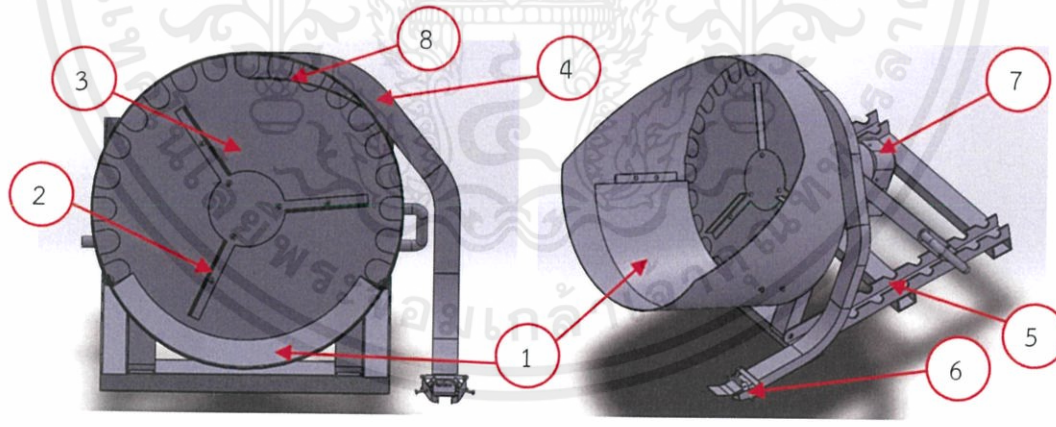
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะทราบมุมที่เหมาะสมในการคัดแยกฝา คือมุมที่ 62.45 ถึง 80.31 องศา

จากนั้นได้สร้างแบบจำลองขึ้นเพื่อทดสอบหลักการที่ได้ออกแบบไว้ เลือกใช้กระดาษแข็งในการทำถังใส่ฝา และเลือกใช้แผ่นพลาสวูด ในการทำจานคัดแยกฝา จากนั้นนำมาประกอบกันเป็นเครื่องคัดแยกฝา ดัง รูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ชุดทดสอบการจัดเรียงฝา

จากผลการศึกษาพบว่ากลไกการคัดแยกฝาที่ออกแบบขึ้นสามารถทำงานได้จริง โดยจะสร้างเครื่องคัดแยกฝาตามหลักการที่ออกแบบไว้ ซึ่งวัดขนาดแบบจำลองเครื่องจัดเรียงฝาแล้วนำขนาดที่วัดได้ไปเขียนแบบเครื่องจัดเรียงฝาโดยใช้อัตราส่วนเท่ากับขนาดจริงมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบของเครื่องคัดแยกฝาต้นแบบ

โดยเครื่องคัดแยกฝามีส่วนประกอบต่าง ๆดังต่อไปนี้

หมายเลข 1 คือ แผ่นกั้นฝา ป้องกันฝาวางตัวแนวตั้งในช่องคัดแยกฝา

หมายเลข 2 คือ ครีบกวนฝา ทำหน้าที่เกลี่ยฝาเพื่อไม่ให้ฝากองรวมกันบริเวณที่กั้นฝา

หมายเลข 3 คือ จานคัดแยกฝาเส้นผ่านศูนย์กลาง 450 มม. หนา 3 มม. ช่องคัดฝา 34 มม. จำนวน 28 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 4 คือ ช่องทางออกของฝาเพื่อเข้าไปสู่รางลำเลียงฝา

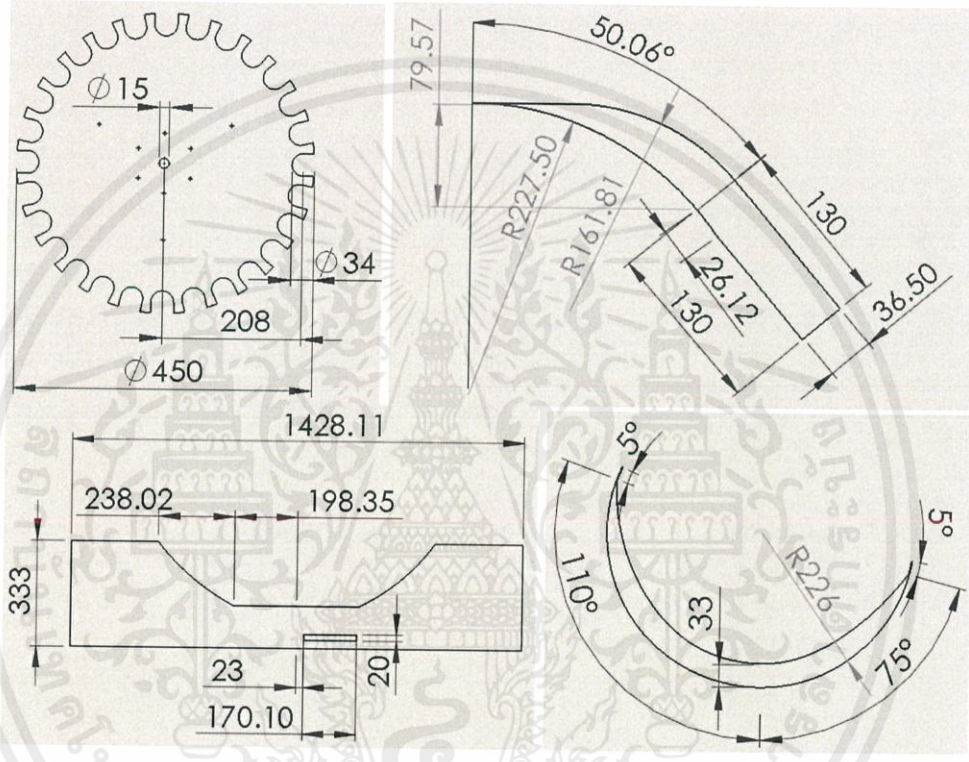
หมายเลข 5 คือ ฐานวางเครื่องและมอเตอร์

หมายเลข 6 คือ อุปกรณ์ป้อนฝา

หมายเลข 7 คือ มอเตอร์ต้นกำลัง

หมายเลข 8 คือ แผ่นบังคับฝาให้เข้าสู่รางลำเลียง

จากนั้นนำแบบที่ได้ไปสร้างภาพคลี่ ดังรูปที่ 3.7

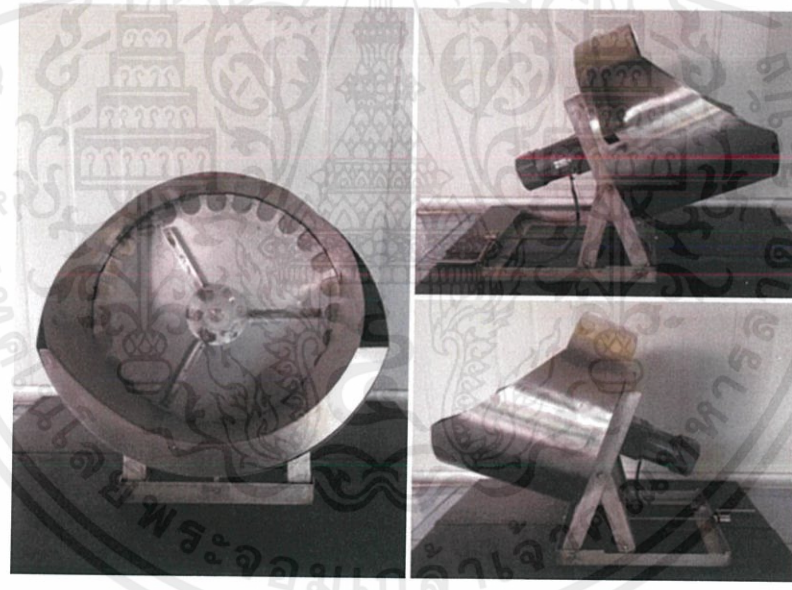


รูปที่ 3.7 แผ่นคลี่เครื่องคัดแยกฝา

นำแผ่นคลี่ไปตัดและสร้างชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยใช้วัสดุสแตนเลส แล้วนำแต่ละชิ้นส่วนมาประกอบเข้าด้วยกันดังรูปที่ 3.8 เป็นเครื่องจัดเรียงฝาต้นแบบ แสดงดังรูปที่ 3.9 จากนั้นนำเครื่องคัดแยกฝามาทดสอบหาประสิทธิภาพในการทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 ตัดสร้างชิ้นส่วน และการประกอบ

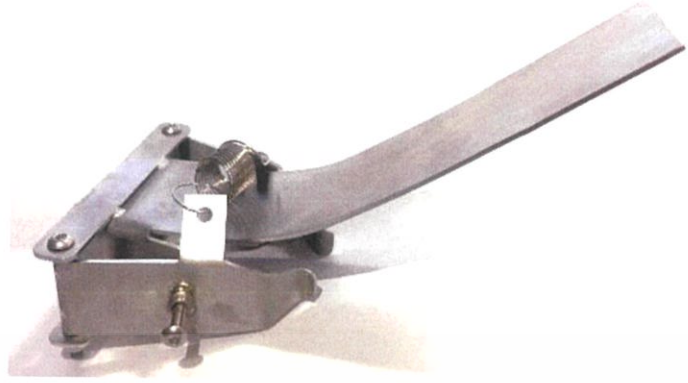


รูปที่ 3.9 เครื่องจัดเรียงฝา

3.1.3 การออกแบบหัวป้อนฝา

หัวป้อนฝา (รูปที่ 3.10) ทำหน้าที่รองรับฝาที่ผ่านการคัดแยกมาจากเครื่องคัดแยกของฝาแล้วไหลมาตามรางลำเลียงและเมื่อขวดทำการเคลื่อนที่ผ่านหัวป้อนฝาไปฝาจะทำการเกี่ยวติดไปกับปากขวดโดยมีลักษณะการวางตัวของฝาดังรูปที่ 3.11 เข้าปสู่ระบบการกดฝาและหมุนปิดฝาต่อไป โดยหัวป้อนฝามีจุดที่ทำการติดตั้งตัวอยู่บนเครื่องบรรจุน้ำแบบโรตารีดังรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 หัวป้อนฝา

รูปที่ 3.11 ลักษณะการวางตัวของฝาหลังผ่านหัวป้อนฝา

รูปที่ 3.12 จุดที่ทำการติดตั้งของหัวป้อนฝาบนเครื่องบรรจุน้ำแบบโรตารี

3.1.4 การควบคุมระบบคัดแยกฝา

เป็นเครื่องที่มีการทำงานอย่างต่อเนื่อง แต่ จำเป็นต้องมีการควบคุมให้เครื่องหยุดทำงานเมื่อฝาถูกคัดจน เต็มรางลำเลียงเพื่อป้องกันความเสียหายของเครื่องจักรและฝา จึงต้องมีเซนเซอร์ในการควบคุมการเปิด-ปิดของเครื่องคัดแยก ฝา ซึ่งจะติดตั้งพร็อกซิมิตี้ เซนเซอร์ ชนิดเก็บประจุ (Capacitive Proximity Sensor) ไว้ที่ส่วนเริ่มต้นและส่วนปลายของรางลำเลียง เซนเซอร์ที่ตำแหน่ง

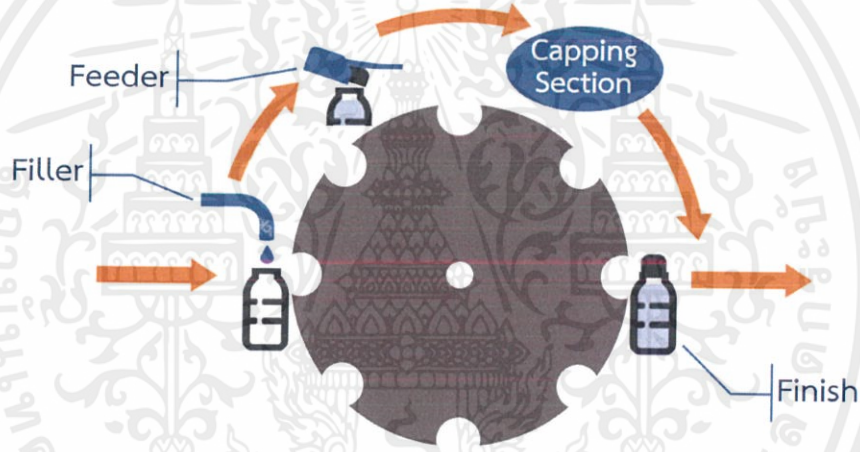
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นของรางลำเลียงจะทำหน้าที่สั่งให้เครื่องคัดแยกฝาหยุดทำงานหากฝาอยู่ที่ตำแหน่งตรวจจับเกินระยะเวลา 3 วินาที และเซนเซอร์ที่ส่วนปลายของรางจะทำหน้าที่สั่งให้เครื่องคัดแยกฝาหมุนอีกครั้งเมื่อไม่มีฝาอยู่ในตำแหน่งตรวจจับเกินระยะเวลา 3 วินาที เนื่องจากในระบบการคัดแยกของฝามีความสามารถในการคัดแยกได้มากกว่าระบบบรรจุน้ำในอัตราส่วนที่มากกว่ามากในเวลาที่เท่ากัน

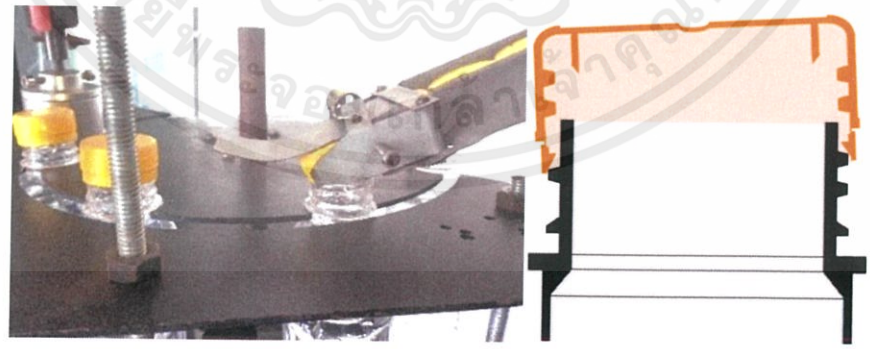
3.2 ระบบปิดฝา

3.2.1 การออกแบบระบบปิดฝา

ระบบบรรจุและปิดฝา มีลำดับการทำงานดังรูปที่ 3.13 ระบบปิดฝาเป็นส่วนสำคัญที่อยู่ต่อจากระบบคัดแยกฝา โดยฝาขวดที่ผ่านการจัดเรียงแล้วลำเลียงผ่านท่อและเกี่ยวกับปากขวดด้วยการป้อนของหัวป้อนฝา (Cap Feeder) และมีลักษณะดังรูปที่ 3.14 จากนั้นขวดที่มีฝาวางอยู่บนปากขวดจะลำเลียงไปยังระบบปิดฝาต่อไป



รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการทำงานของระบบบรรจุน้ำขนาดเล็ก



ก. ข.

รูปที่ 3.14 ก = การป้อนฝาด้วยหัวป้อนฝา, ข = ลักษณะของฝาหลังการป้อนฝา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

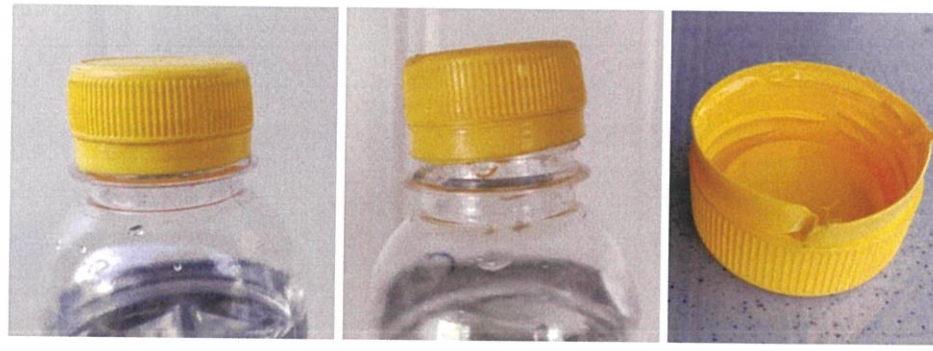
ในที่นี้ได้ทำการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องปิดฝาโดยใช้กระบอกสูบนิวเมติกส์และเครื่องปิดฝาเกลียวไฟฟ้ามาติดตั้งเข้ากับระบบดังรูปที่ 3.15 แล้วจึงทำการทดลองปิดฝา หัวปิดฝาหมุนลงมากดและปิดฝา

รูปที่ 3.15 หัวปิดฝา

ทดสอบโดยนำขวดที่เติมน้ำเข้าขั้นตอนการปิดฝาด้วยวิธีการหมุนพร้อมกดปิด ดังรูปที่ 3.16 จากการทดลองพบว่าขวดจำนวน 20 ขวดนี้ มี 6 ขวดที่ฝาปิดไม่สนิทและฝาเสียหาย ดังรูปที่ 3.17 ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากฝาขวดวางตัวไม่อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมบนปากขวด คือ มีการวางเอียงทำให้เกลียวของฝาขวดไม่ได้ถูกกดให้เข้าล็อกกับเกลียวของปากขวด ดังรูปที่ 3.18 เมื่อโดนหมุนอย่างรวดเร็วจึงทำให้ฝาไม่ลงล็อกหรือหลุดจากปากขวดได้

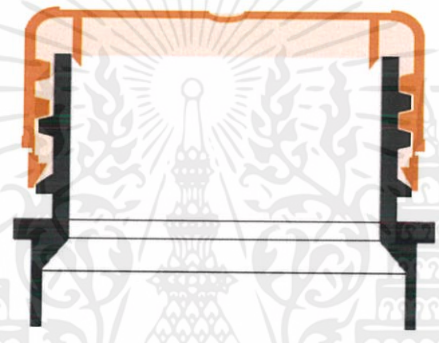
รูปที่ 3.16 การทำงานของหัวปิดฝา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก ข ค

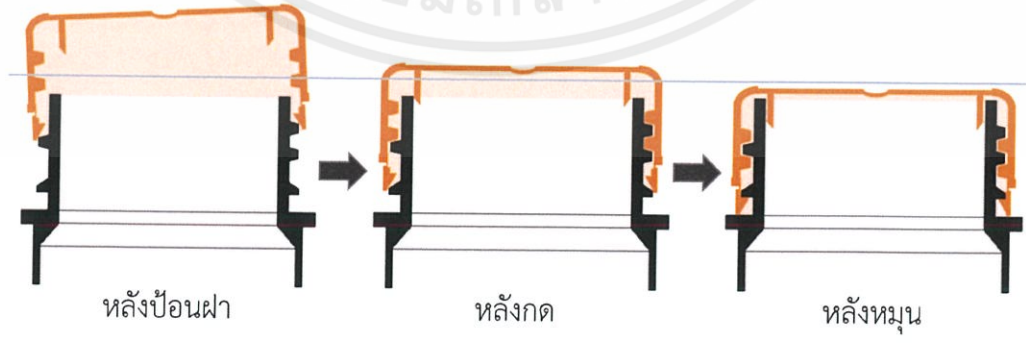
รูปที่ 3.17 ลักษณะของฝาที่ผ่านการปิดแบบหมุนพร้อมกด
ก = ปิดฝาได้สมบูรณ์, ข = ปิดฝาได้ไม่สมบูรณ์, ค = ฝาเสียหายและหลุดจากปากขวด



รูปที่ 3.18 ลักษณะของฝาที่เหมาะสมก่อนการหมุนปิดฝา

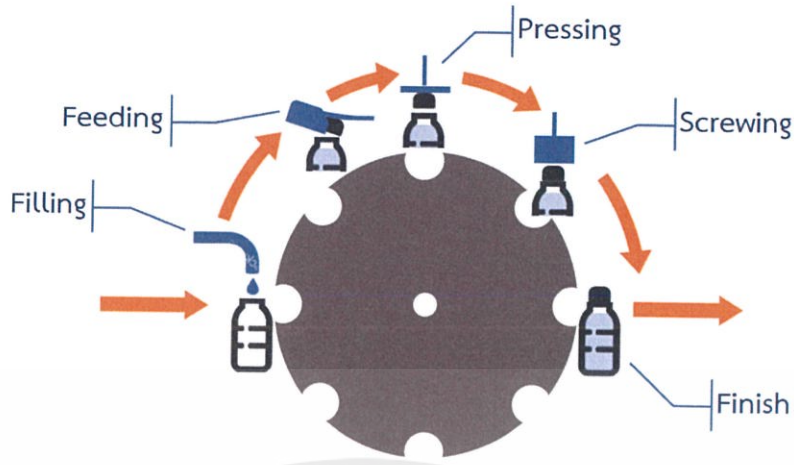
สรุปได้ว่าวิธีการปิดฝาแบบหมุนพร้อมกดนั้นไม่เหมาะสำหรับการปิดฝาขวด เพราะไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายได้

เมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่าควรเพิ่มขั้นตอนการกดฝาเพื่อกดฝาให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสมและแนบสนิทกับขวดก่อนนำไปหมุนปิดที่หัวปิดฝาดังรูปที่ 3.19 ซึ่งทำให้ระบบบรรจุน้ำนี้มีขั้นตอนการทำงานเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.19 การปิดฝา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 ขั้นตอนการทำงานของระบบบรรจุน้ำขนาดเล็ก

โดยอุปกรณ์กดฝาทำจากกระบอกลมที่ปลายลูกสูบติดด้วยแผ่นยางเพื่อช่วยดูดซับแรงกดไม่ให้ขวด เกิดความเสียหาย ดังรูปที่ 3.21

รูปที่ 3.21 การทำงานของหัวกดฝา และหัวปิดฝา

จากการทดสอบด้วยการนำขวดที่เติมน้ำและเกี่ยวฝาแล้วจำนวน 20 ขวด เข้าขั้นตอนการปิดฝาด้วยวิธีการกดก่อนแล้วจึงค่อยหมุนปิดฝา พบว่าขวดที่ผ่านวิธีการปิดนี้ทั้ง 20 ขวด ฝาปิดสนิททุกขวด และไม่มีฝาที่เสียหายอีกด้วย

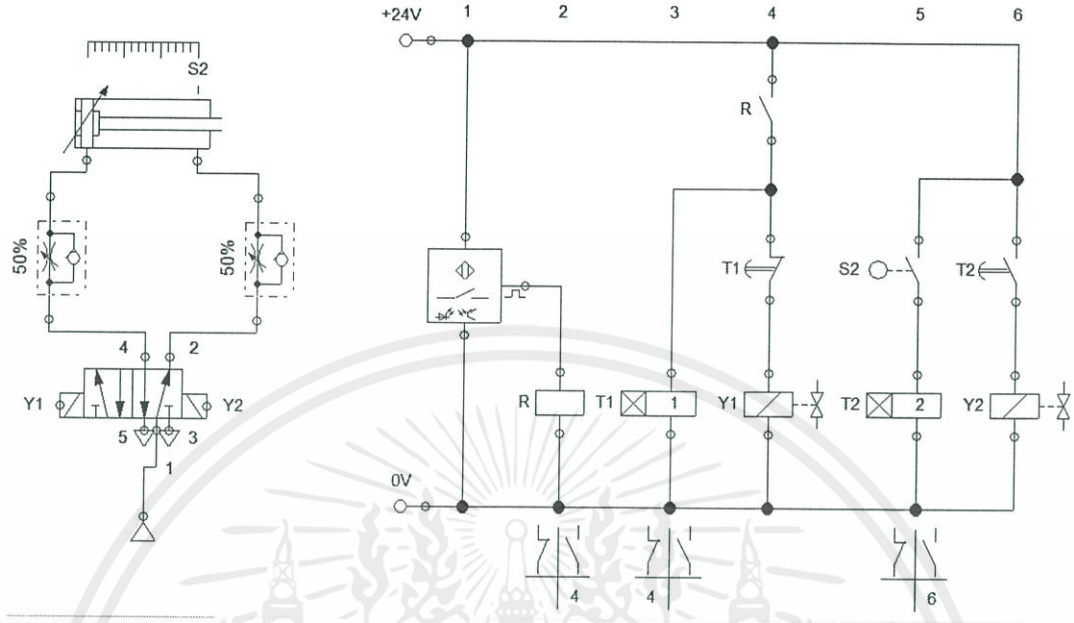
จึงทำให้ทราบว่าวิธีการปิดฝาแบบกดให้ฝาแนบสนิทกับปากขวดก่อนหมุนปิดฝานั้นสามารถใช้งานได้จริง จึงนำวิธีการปิดฝานี้ไปใช้กับระบบปิดฝาขวดสำหรับเครื่องบรรจุน้ำแบบโรตารีขนาดเล็ก

3.2.2 การควบคุมระบบปิดฝา

ในระบบปิดฝาขวดมี อุปกรณ์กดฝาและและหมุนปิดฝาขวด โดยทั้งสองระบบใช้นิวเมติกไฟฟ้า (Electrical pneumatic) ในการควบคุมการทำงานโดยจะมีเซนเซอร์แสง (optical sensor) ใช้ในการตรวจจับขวดโดยเมื่อมีขวดเข้ามาในตำแหน่งที่กำหนดไว้ เซนเซอร์จะทำการสั่งให้กระบอกสูบเคลื่อนที่ลงจนสุดระยะชักและหยุดนิ่งเป็นเวลา 3 วินาทีสำหรับอุปกรณ์กดฝาขวดและ 4 วินาทีสำหรับอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปิดฝาขวดโดยใช้ตัวหน่วงเวลา (Timer relay) เป็นตัวควบคุมเวลาจากนั้นลูกสูบจึงเคลื่อนที่กลับสู่ตำแหน่งเดิมดังรูปที่ 3.22



ก) วงจรนิวเมติก ข) วงจรไฟฟ้า

รูปที่ 3.22 วงจรนิวเมติกไฟฟ้าของระบบปิดฝาและกดฝาขวด

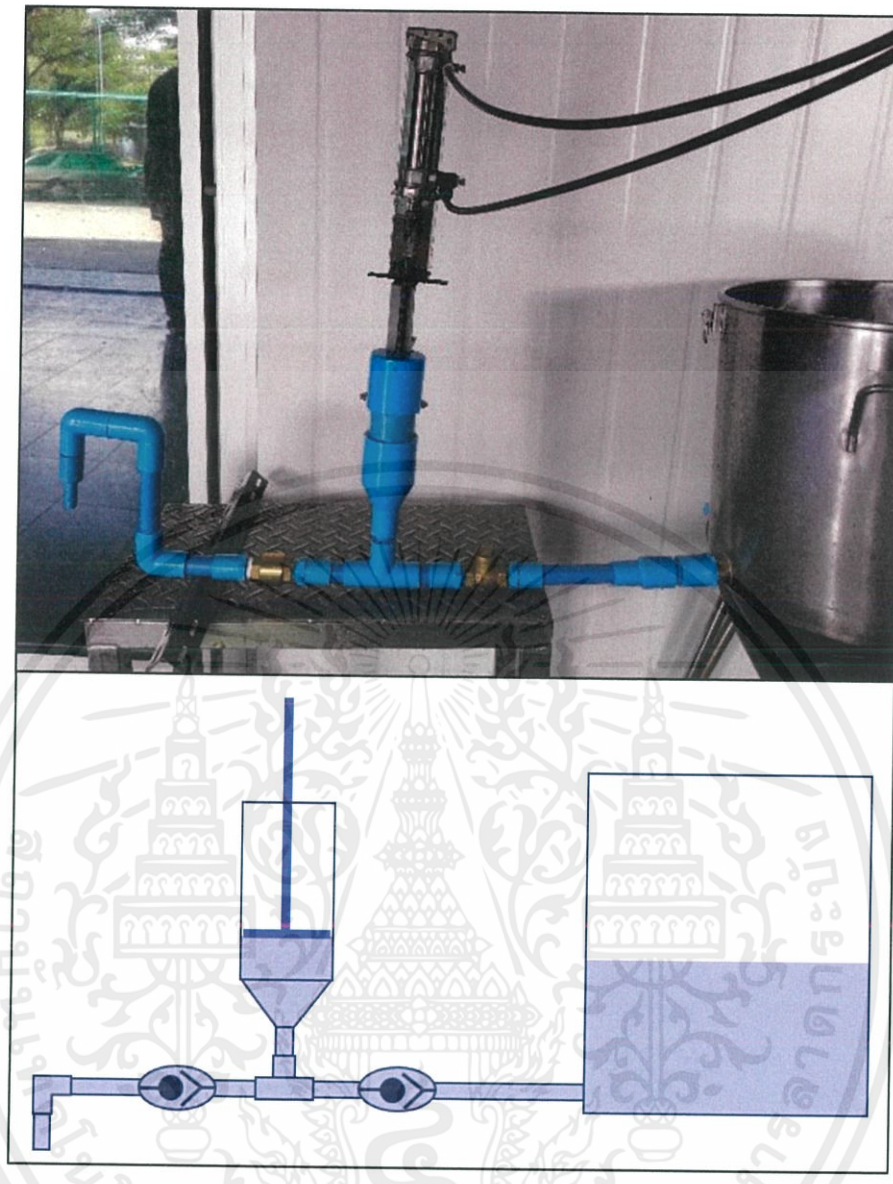
จากรูป 3.22 ข) ระบบเริ่มทำงานเมื่อขวดน้ำเคลื่อนที่มาโดนเซนเซอร์แสง ทำให้รีเลย์ R ส่งสัญญาณให้สวิตช์ R ทำงาน ทำให้วงจรที่ 4 ครบวงจร ซึ่งทำให้โซลินอยด์วาล์ว Y1 ทำงาน โดยเชื่อมกับวาล์วควบคุมทิศทางการไหล 5/2 ดังรูป 3.22 ก) ซึ่งเป็นตัวสั่งให้กระบอกสูบเคลื่อนที่ออก เมื่อกระบอกสูบเคลื่อนที่ออกจนสุดระยะชัก จะชนกับสวิตช์ S2 ทำให้timer relay นับเวลาถอยหลังตามที่ตั้งไว้เป็นเวลา 2 วินาที จากนั้นรีเลย์T2 จะส่งสัญญาณให้สวิตช์ T2 ทำงาน ทำให้โซลินอยด์วาล์ว Y2 ทำงาน ซึ่งทำให้วาล์วควบคุมทิศทางการไหล 5/2 ทำงานอีกรอบ กระบอกสูบจึงเคลื่อนที่กลับ ในส่วนของ timer relay T1 นั้น ทำหน้าที่ตัดวงจรที่ 4 เมื่อกระบอกสูบเคลื่อนที่ออก เพื่อป้องกันไม่ให้เป็นระบบอัตโนมัติ โดยวงจรจะทำงานอีกครั้งเมื่อขวดเคลื่อนที่ออกและขวดใหม่เข้ามาแทนที่เท่านั้น

3.3 ระบบบรรจุน้ำ

3.3.1 การออกแบบระบบบรรจุน้ำ

อุปกรณ์บรรจุน้ำได้เลือกใช้วิธีการกำหนดปริมาตรของกระบอกสูบเป็นตัวกำหนดปริมาตรของน้ำที่ออกมา โดยได้ทดลองสร้างอุปกรณ์ต้นแบบจากท่อ PVC และใช้วาล์วทางเดียวในการควบคุมทิศทางการไหลของน้ำ ดังรูปที่ 3.23 และใช้ระบบนิวเมติกในการกำหนดระยะชักของกระบอกสูบ เพื่อให้ได้ปริมาตรตามต้องการ

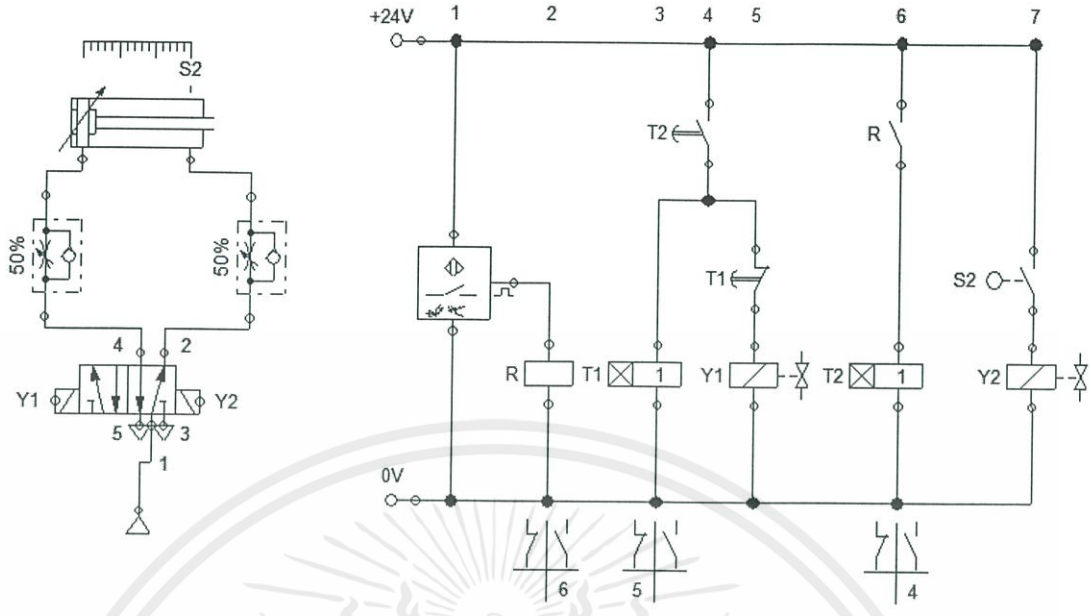
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 อุปกรณ์ต้นแบบในการบรรจุน้ำ

ใช้ระบบนิวเมติกไฟฟ้าเป็นตัวควบคุมการทำงานของกระบอกสูบโดยใช้เซนเซอร์แสงเป็นตัวรับสัญญาณทางไฟฟ้าโดยเมื่อขวดผ่านเข้ามาในสถานีเซนเซอร์แสงจะทำการหน่วงการกดของกระบอกสูบก่อนเพื่อรอให้ปากขวดเข้ามาตรงกับหัวจ่ายน้ำก่อน แล้วจากนั้นทำการกดกระบอกสูบลงเพื่อทำการบรรจุน้ำลงไปในขวด หลังจากนั้นทำการดึงกระบอกสูบขึ้นเพื่อดึงน้ำจากแทงค์น้ำเข้ามาในกระบอกสูบโดยเวลาที่ใช้ในกระบวนการนี้ทั้งหมดใช้เวลา 6 วินาที ดังรูปที่ 3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก) วงจรนิวเมติก ข) วงจรไฟฟ้า

รูปที่ 3.24 วงจรนิวเมติกไฟฟ้าของระบบบรรจุน้ำ

จากรูป 3.24 ข) ระบบเริ่มทำงานเมื่อขวดน้ำเคลื่อนที่มาโดนเซนเซอร์แสง ทำให้รีเลย์ R ส่งสัญญาณให้สวิตช์ R ทำงาน ทำให้ timer relay T2 นับเวลาถอยหลังตามที่ตั้งไว้เป็นเวลา 1 วินาที จากนั้นรีเลย์จะส่งสัญญาณไปที่สวิตช์ T2 ทำงาน ซึ่งทำให้โซลินอยด์วาล์ว Y1 ทำงาน โดยเชื่อมกับวาล์วควบคุมทิศทางการไหล 5/2 ดังรูป 3.24 ก) ซึ่งเป็นตัวสั่งให้กระบอกสูบเคลื่อนที่ออก เมื่อกระบอกสูบเคลื่อนที่ออกจนสุดระยะชัก จะชนกับสวิตช์ S2 ทำให้โซลินอยด์วาล์ว Y2 ทำงาน ซึ่งทำให้วาล์วควบคุมทิศทางการไหล 5/2 ทำงานอีกรอบ กระบอกสูบจึงเคลื่อนที่กลับ ในส่วนของ timer relay T1 นั้น ทำหน้าที่ตัดวงจรที่ 4 เมื่อกระบอกสูบเคลื่อนที่ออก เพื่อป้องกันไม่ให้เป็นระบบอัตโนมัติ โดยวงจรจะทำงานอีกครั้งเมื่อขวดเคลื่อนที่ออกและขวดใหม่เข้ามาแทนที่เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีการทดสอบ และผลการทดสอบ

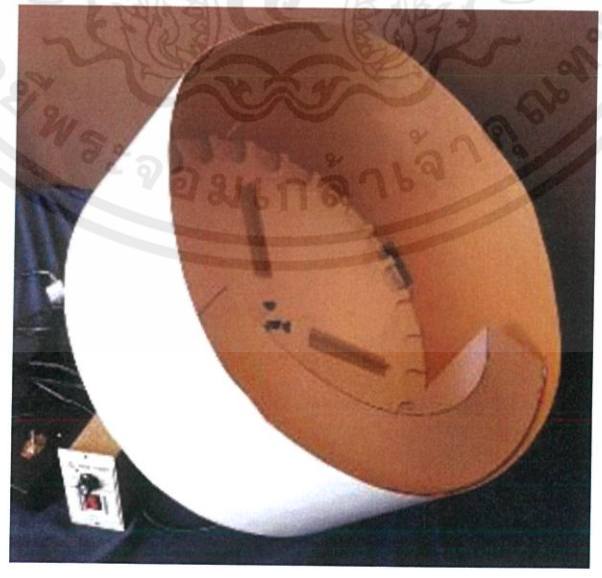
การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบระบบคัดแยกฝา และการทดสอบระบบปิดฝา โดยการทดสอบระบบคัดแยกฝาเริ่มทำการทดสอบด้วยชุดทดสอบการจัดเรียงฝาซึ่งมีทั้งหมด 4 การทดสอบ ได้แก่ การทดสอบหามุมเอียงของเครื่องจัดเรียงฝา การทดสอบหาผลกระทบความเร็วการหมุนของจานคัดแยก การทดสอบความสามารถในการคัดแยกฝา และการทดสอบมุมและประสิทธิภาพของหัวป้อนฝา จากนั้นนำผลการทดสอบที่ได้ไปสร้างเครื่องจัดเรียงฝาต้นแบบและทำการทดสอบความสามารถในการคัดแยกฝาอีกครั้ง ส่วนการทดสอบระบบปิดฝานั้นมี 1 การทดสอบ คือ การทดสอบหาแรงกดที่เหมาะสม รวมมีทั้งหมด 6 การทดสอบ

ส่วนที่ 1 การทดสอบระบบคัดแยกฝา

4.1 การทดสอบด้วยชุดทดสอบการจัดเรียงฝา

4.1.1 การทดสอบหามุมเอียงของเครื่องจัดเรียงฝา

ทำการทดสอบด้วยชุดทดสอบการจัดเรียงฝาดังรูปที่ 4.1 เพื่อหามุมที่สามารถคัดแยกฝาหงายออกจากฝาคว่ำ มีเป้าหมายว่าคัดแยกฝาหงายเท่านั้นและไม่มีฝาคว่ำปนออกมาด้วย ทดสอบโดยปรับถังใส่ฝาเอียงทำมุมกับพื้นระนาบตั้งแต่ 50 องศา และเพิ่มขึ้นทีละ 5 องศา ไปจนถึง 80 องศา ดังรูปที่ 4.2 กำหนดความเร็วการหมุนของจานคัดแยกที่ 7.0 rpm โดยทำการทดสอบครั้งละ 10 ฝา จัดเรียงให้ฝาคว่ำหรือหงายก่อนการทดสอบ ทดสอบ 3 ซ้ำ นับจำนวนฝาคว่ำและฝาหงายที่ได้จากการทดสอบ



รูปที่ 4.1 ชุดทดสอบการจัดเรียงฝา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ

1. นำฝาขวดไปจัดเรียงในลักษณะคว่ำ และหงายอย่างละ 10 ฝา บนจานคัดแยกฝา
2. หมุนจานคัดแยกฝาโดยใช้มอเตอร์ที่ความถี่ 7 rpm
3. บันทึกผลการทดสอบ

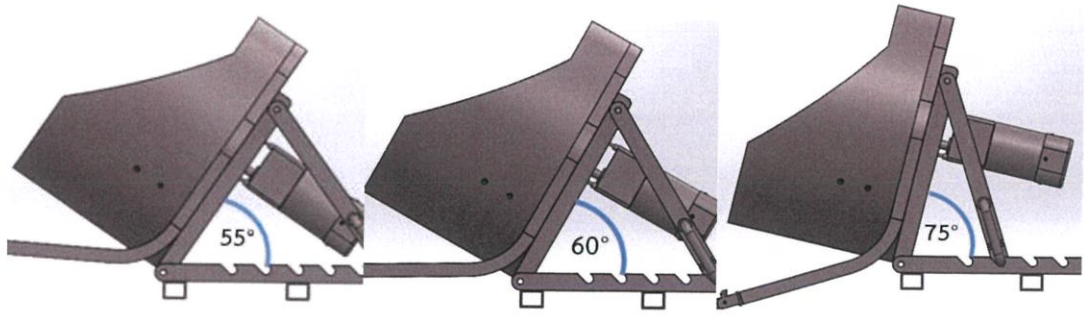
ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเพื่อหาองศาที่เหมาะสม

มุม (องศา)	ลักษณะการวางฝา	จำนวนฝาที่ตก (ฝา)			ผลสรุป
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
50	คว่ำ	0	0	0	ไม่ผ่าน
	หงาย	0	0	0	
55	คว่ำ	0	0	0	ไม่ผ่าน
	หงาย	0	0	0	
60	คว่ำ	10	10	10	ผ่าน
	หงาย	0	0	0	
65	คว่ำ	10	10	10	ผ่าน
	หงาย	0	0	0	
70	คว่ำ	10	10	10	ผ่าน
	หงาย	0	0	0	
75	คว่ำ	10	10	10	ไม่ผ่าน
	หงาย	10	10	10	
80	คว่ำ	10	10	10	ไม่ผ่าน
	หงาย	10	10	10	

ผลการทดสอบพบว่าที่มุมเอียง 50 และ 55 องศา ทั้งฝาคว่ำและหงายไม่มีฝาใดตกเพราะมีความเอียงน้อยเกินไป ในส่วนของมุม 60 65 และ 70 องศาสามารถคัดแยกฝาคว่ำออกและมีเพียงฝาที่หงายเท่านั้นที่ผ่านไปได้ ส่วนมุม 75 และ 80 องศา ทั้งฝาคว่ำและฝาหงายตกทั้งหมด มุมเอียงจากการทดสอบจริงใกล้เคียงกับมุมที่คำนวณได้แต่ที่ต่างกันเล็กเล็กน้อยอาจเกิดเนื่องจากผลกระทบจากแรงสั่นสะเทือน แรงเสียดทานของฝาและจาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ชุดทดสอบการจัดเรียงฝาที่มุม 55 องศา 60 องศา และ75 องศา ตามลำดับ

4.1.2 การทดสอบหาผลกระทบความเร็วการหมุนของจานคัดแยก

เป็นการหาความสามารถในการคัดแยกฝาเมื่อจานหมุนหมุนด้วยความเร็วรอบต่าง ๆ ที่มุม 60 65 และ 70 องศา ทดสอบโดยการจัดเรียงฝาลงในจานคัดแยกในลักษณะฝาหงาย 10 ฝา แล้วหมุนด้วยความถี่ 7.0 10.5 15.0 และ 19.5 rpm ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ

1. นำฝาขวดไปจัดเรียงในลักษณะคว่ำ จำนวน 20 ฝา บนจานคัดแยกฝา
2. หมุนจานคัดแยกฝาโดยใช้มอเตอร์ที่ความถี่ 7.0, 10.5, 15.0 และ 19.5 rpm
3. บันทึกผลการทดสอบ

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบเพื่อหาความถี่ที่เหมาะสม

มุมของถังใส่ฝา (องศา)	ความเร็วรอบ (rpm)	จำนวนฝาที่คัดแยกสำเร็จ			ประสิทธิภาพ(%)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
60	7.0	20	20	20	100.0
	10.5	20	20	20	100.0
	15.0	20	20	20	100.0
	19.5	9	12	11	60.0
65	7.0	20	20	20	100.0
	10.5	20	20	20	100.0
	15.0	20	20	20	100.0
	19.5	15	13	13	68.3
70	7.0	20	20	20	100.0
	10.5	20	20	20	100.0
	15.0	20	20	20	100.0
	19.5	15	17	15	78.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบพบว่าที่ความเร็วรอบจานคัดแยกที่ 7.0 10.5 และ 15.0 rpm สามารถคัดแยกฝาหงายออกมาได้ทั้งหมดแต่ที่ความเร็วรอบ 19.5 rpm มีความเร็วที่สูงเกินไป ฝาเคลื่อนที่ออกตรงช่องทางออกไม่ทัน ทำให้ไม่สามารถคัดแยกฝาได้ ดังนั้นที่ความเร็วจานหมุน 15.0 rpm จึงมีความเหมาะสมในการออกแบบเครื่องคัดแยกฝา เพราะมีอัตราคัดแยกฝามากที่สุดและไม่ทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว

4.1.3 การทดสอบความสามารถในการคัดแยกฝา

การทดสอบนี้เป็นการหาความสามารถในการคัดแยกฝาโดยรวม ทดสอบในลักษณะเดียวกันกับการใช้งานจริง โดยนำฝาปิดจำนวน 100 ฝาเทลงในเครื่องเรียงฝาปล่อยให้คละกัน ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบการหมุนแผ่นคัดแยก 15.0 rpm ปรับมุมของเครื่องคัดแยกไปที่ 60 65 และ 70 องศา จับเวลาที่ใช้ในการคัดแยกฝา 100 ฝาได้จนหมด โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ

1. เทฝาจำนวน 100 ฝาลงในถังบรรจุฝา
2. หมุนจานคัดแยกฝาโดยใช้มอเตอร์ที่ความถี่ที่ 15.0 rpm
3. บันทึกผลการทดสอบ

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.3 ตารางการทดสอบหาเวลาที่ใช้ในการทดสอบของการคัดแยกฝาของชุดทดสอบ

มุม (องศา)	เวลาที่ใช้ในการคัดแยก 100 ฝา (วินาที)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
60	74.4	98.5	80.4
65	82.4	89.1	94.6
70	87.9	98.2	83.9

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยในการคัดแยกฝาของชุดทดสอบการจัดเรียงฝา

มุม (องศา)	จำนวนของฝาที่คัดแยกได้ใน 1 นาที
60	72.06 ± 10.11^{a}
65	67.86 ± 4.72^{a}
70	66.96 ± 5.33^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 ได้ผลการคำนวณทางสถิติดังต่อไปนี้

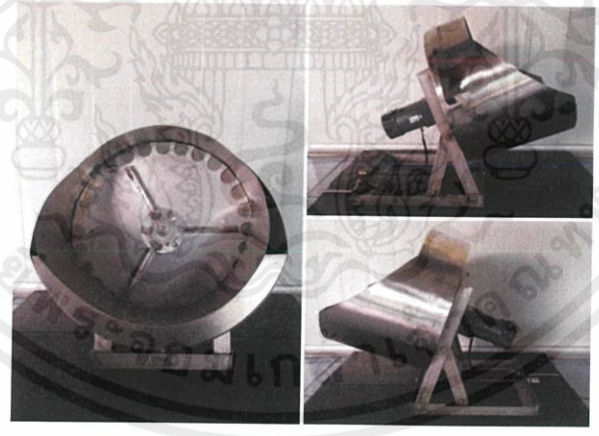
Time

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	290.496	2	145.248	3.369	.105
Within Groups	258.713	6	43.119		
Total	549.209	8			

และจากการเปิดตารางหาค่า $F_{0.05,2,6}$ ได้เท่ากับ 5.14 หมายความว่าค่า $F_{ตาราง} > F_{คำนวณ}$ ทำให้สามารถสรุปได้ว่ามุมของการทดสอบไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการคัดแยกของฝา หรือเครื่องต้นแบบมีความสามารถในการคัดแยกฝา 65 - 70 ฝาต่อนาที และจากผลการทดสอบพบว่าเวลาเฉลี่ยในการคัดแยกฝา 100 ฝา อยู่ประมาณ 74.4 - 80 วินาที

4.2 การทดสอบเครื่องจัดเรียงฝาต้นแบบ

จากผลทดสอบของชุดทดสอบสรุปได้ว่าประสิทธิภาพในการคัดแยกฝาของชุดทดสอบอยู่ที่ประมาณ 65 - 70 ฝาต่อนาที เมื่อปรับให้เครื่องคัดแยกมีมุม 60 - 70 องศา และใช้ความเร็วรอบของจานหมุนคัดแยกฝาเท่ากับ 15 rpm ดังนั้นจึงนำข้อสรุปนี้ไปทดสอบกับเครื่องจัดเรียงฝาต้นแบบดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 เครื่องจัดเรียงต้นแบบ

4.2.1 การทดสอบความสามารถในการคัดแยกฝา

เพื่อหาความสามารถในการคัดแยกฝาโดยรวมโดยนำฝาปิดจำนวน 100 ฝาเทลงในเครื่องเรียงฝาปล่อยให้คละกัน ทำการทดสอบที่ความเร็วรอบการหมุนแผ่นคัดแยก 15.0 rpm ปรับมุมของเครื่องคัดแยกไปที่ 60 65 และ 70 องศา จับเวลาที่ใช้ในการคัดแยกฝา 100 ฝาได้จนหมด โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ

1. เทฝาจำนวน 100 ฝาลงในถังบรรจุฝา
2. หมุนจานคัดแยกฝาโดยใช้มอเตอร์ที่ความถี่ที่ 15.0 rpm
3. บันทึกผลการทดสอบ

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.5 ตารางการทดสอบหาเวลาที่ใช้ในการทดสอบของการคัดแยกฝาของเครื่องต้นแบบ

มุม (องศา)	เวลาที่ใช้ในการคัดแยก 100 ฝา (วินาที)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
60	89	82	87
65	170	149	138
70	195	240	325

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยในการคัดแยกฝาของเครื่องจัดเรียงฝาต้นแบบ

มุม (องศา)	จำนวนของฝาที่คัดแยกได้ใน 1 นาที
60	69.85 ± 2.98^{a}
65	39.68 ± 4.12^{b}
70	24.74 ± 6.16^{c}

จากตารางที่ 4.5 ได้ผลการคำนวณทางสถิติดังต่อไปนี้

Time

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	53112.667	2	26556.333	32.709	.001
Within Groups	4817.333	6	811.889		
Total	57994.000	8			

และจากการเปิดตารางหาค่า $F_{0.05,2,6}$ ได้เท่ากับ 5.14 หมายความว่าค่า $F_{ตาราง} < F_{คำนวณ}$ ทำให้สามารถสรุปได้ว่ามุมของการทดสอบมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการคัดแยกของฝา

สรุปได้ว่าควรเลือกใช้มุมในการคัดแยกฝาที่ 60 องศา เนื่องจากใช้เวลาในการคัดแยกน้อยที่สุด โดยมีอัตราการคัดแยกฝาในช่วง 65-70 ฝาต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ทดสอบมุมและประสิทธิภาพของหัวป้อนฝา

เป็นการทดสอบเพื่อหามุมวางของอุปกรณ์ป้อนฝาเพื่อให้ลำเลียงฝาไปสู่ขวดในตำแหน่งที่เหมาะสม โดยจะทำการทดสอบนำอุปกรณ์ป้อนฝาไปติดตั้งในระบบบรรจุทำมุม 10, 20, 30 , 40 และ 50 องศากับปากขวด จากนั้นเปิดระบบบรรจุเพื่อทดสอบว่าฝาจะลำเลียงไปสู่ขวดได้แม่นยำเพียงใดดังรูปที่ 4.4 โดยทำการทดสอบกับฝาขวดทั้งหมด 20 ฝา และทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ

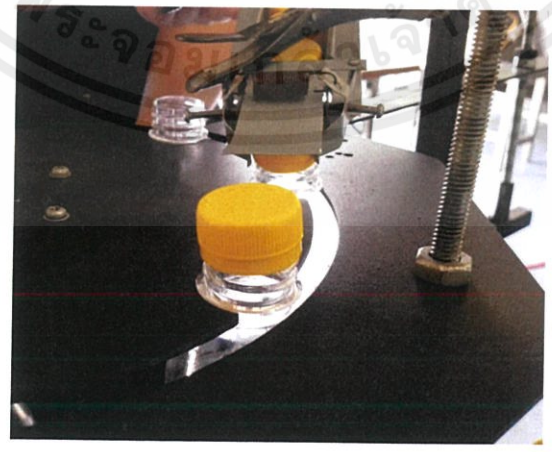
1. ติดตั้งหัวป้อนฝาเข้ากับเครื่องบรรจุน้ำแบบโรตารี ที่มุมต่าง ๆ
2. เปิดระบบบรรจุ
3. บันทึกผลการทดสอบ

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบเพื่อมุมและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ป้อนฝา

มุมของอุปกรณ์ป้อนฝา (องศา)	จำนานที่ลำเลียงฝาสำเร็จ (ฝา)			เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
10	2	1	1	1.3
20	10	10	10	10.0
30	10	10	10	10.0
40	10	10	10	10.0
50	7	8	7	7.3

การหามุมในการติดตั้งอุปกรณ์ป้อนฝาพบว่า ที่มุม 20, 30, 40 องศาเป็นมุมที่สามารถทำให้ฝาที่ไหลมาจากอุปกรณ์ป้อนฝา แนบกับปากขวดได้พอดี



รูปที่ 4.4 ทดสอบมุมและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ป้อนฝา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 การทดสอบระบบปิดฝา

4.4 การทดสอบหาแรงกดที่เหมาะสม

ทำการทดสอบหาแรงกดที่เหมาะสม โดยนำขวดที่มีฝาวางอยู่บนปากขวดแล้ววางบนเครื่องชั่ง จากนั้นนำเครื่องกดฝากดลงบนฝาขวดดังรูปที่ 4.5 แล้วบันทึกน้ำหนักที่ทำให้ฝาแนบสนิทกับปากขวด

รูปที่ 4.5 แสดงวิธีการทดสอบหาแรงกดที่เหมาะสม

ขั้นตอนและวิธีการทดสอบ

1. นำขวดวางลงบนตราชั่งสปริงที่ผ่านการสอบเทียบ
2. วางฝาบนขวด
3. กดฝาลงกับขวดจนกว่าฝาจะอยู่ตำแหน่งที่เหมาะสม และอ่านค่าน้ำหนักขณะนั้น
4. บันทึกผลการทดสอบ

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบหาแรงกดที่ทำให้ฝาขวดอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม

ขวดน้ำ	ขนาดของแรงกด (N)
1	47.04
2	45.08
3	41.16
4	37.24
5	49.00
6	37.24
7	33.32
8	43.12
9	41.16
10	33.32
เฉลี่ย	41.6±5.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบเพื่อหาขนาดของแรงกดฝาทั้ง 10 ครั้ง พบว่ามีขนาดของแรงกดเฉลี่ยคือ 41.6 N โดยมีขนาดของแรงกดที่มากที่สุดคือ 49 N จึงต้องใช้แรงกดของกระบอกสูบให้มากกว่า 49 N เพราะถ้าหากน้อยกว่านี้จะทำให้มีโอกาสที่จะกดฝาไม่สนิทได้ และจากการทดสอบแรงกดที่จะทำให้บ่าของคอขวดเสียหายได้คือ 200 N เนื่องจากบ่าของคอขวดกดกับจานลำเลียงคอขวด ทำให้บ่าของคอขวดเสียหายดังรูปที่ 4.6 จากนั้นนำผลการทดสอบที่ได้ไปคำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบนิวเมติกได้

รูปที่ 4.6 บ่าของคอขวดที่เสียหาย

การหาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบนิวเมติก

จากสมการความดัน

$$F = PA$$

เมื่อ

F คือ แรงที่ใช้กดฝา (N)

P คือ ความดัน (N/m^2)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบนิวเมติก

สามารถรู้ค่า F ได้จากการทดสอบการหาแรงที่เหมาะสมในการกดฝา ซึ่งแรงที่น้อยที่สุดที่ใช้สำหรับการกดฝาคือ 49 N และการจากการทดสอบหาแรงที่มากที่สุดที่จะทำให้บ่าของขวดเสียหายคือ 200 N ค่าความดันที่ใช้ในการคำนวณอยู่ระหว่าง 4 - 6 bar ซึ่งเป็นความดันที่ใช้ทั่วไปของกระบอกสูบนิวเมติก และในการหาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบนิวเมติกหาได้จาก $A = \pi(d/2)^2$ โดยจากการ trial and error ทำให้ทราบขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบนิวเมติกอยู่ที่ 20 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบชุดทดสอบการจัดเรียงฝา ในการทดสอบหามุมเอียงที่เหมาะสม สรุปได้ว่าที่ 60, 65 และ70 องศา สามารถทำการคัดแยกฝาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจากการทดสอบหาความเร็วในการคัดแยกสรุปได้ว่าที่ 19.5 rpm เป็นความเร็วที่สูงเกินไป ทำให้ไม่สามารถคัดแยกฝาได้ จึงได้เลือกใช้ความเร็วจานหมุนที่ 15.0 rpm ในการออกแบบเครื่องคัดแยกฝา และได้ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของการคัดแยกฝาของชุดทดสอบ พบว่ามีความสามารถในการคัดแยกฝา 65-70 ฝาต่อนาที

จากการทดสอบเครื่องจัดเรียงฝาต้นแบบ สรุปได้ว่าควรเลือกใช้มุมในการคัดแยกฝาที่ 60 องศา เนื่องจากใช้เวลาในการคัดแยกน้อยที่สุด โดยมีอัตราการคัดแยกฝาในช่วง 65-70 ฝาต่อนาที โดยอัตราการคัดแยกของเครื่องต้นแบบและเครื่องจริงมีความแตกต่างกันอาจเป็นเพราะเครื่องที่สร้างมีความหนาของแผ่นคัดแยกฝา แรงเสียดทานต่างกันจากวัสดุต่างชนิด และการสั่นสะเทือนมากกว่าเครื่องต้นแบบ

จากการทดสอบมุมและประสิทธิภาพของหัวป้อนฝา พบว่าที่มุม 20, 30 และ 40 องศา เป็นมุมที่สามารถทำให้ฝาที่ไหลมาจากอุปกรณ์ป้อนฝา แนบกับปากขวดได้พอดี

ข้อเสนอแนะ

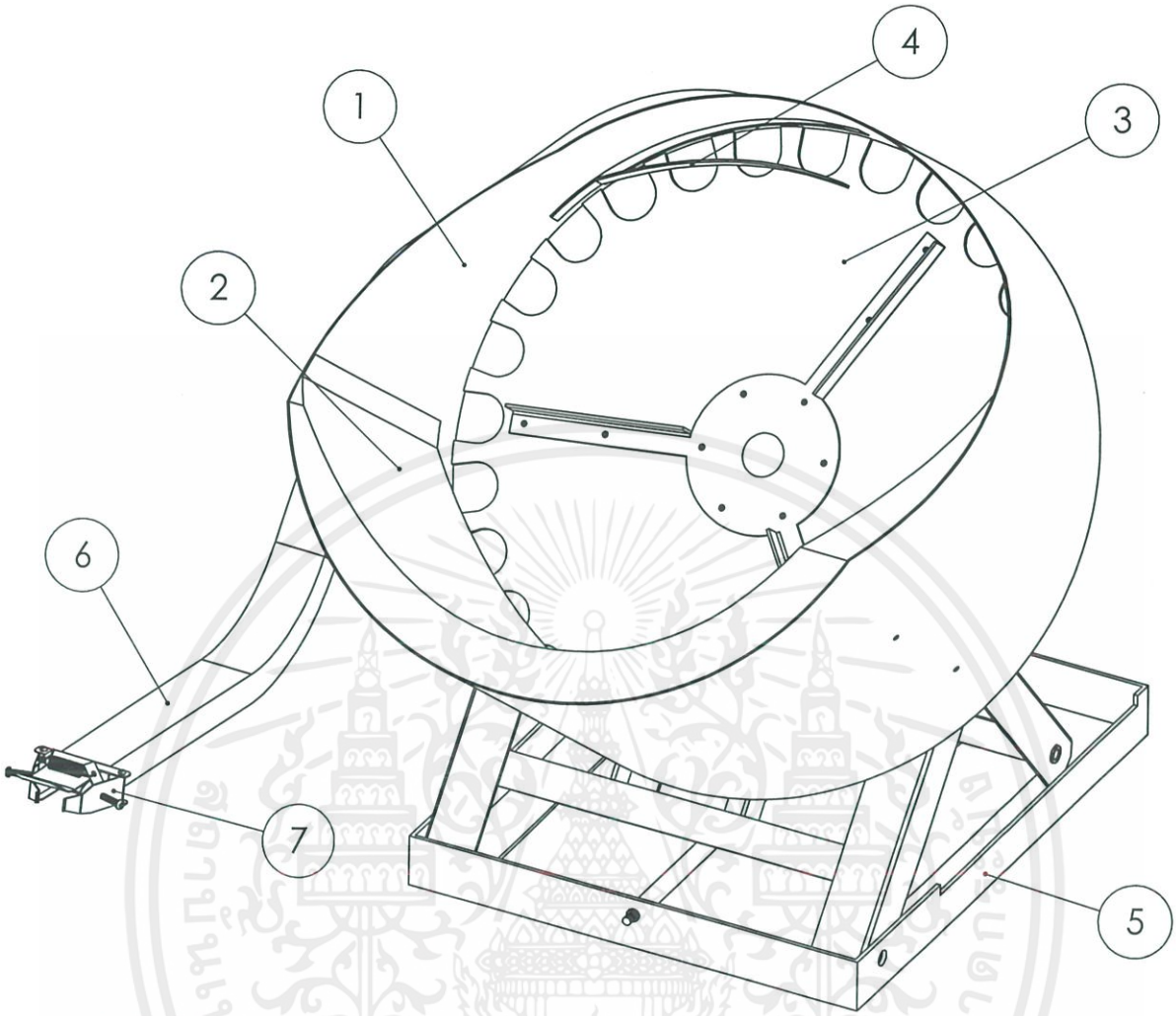
จากการศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อทดสอบการศึกษาการทำงานเบื้องต้น เนื่องจากข้อจำกัดของอุปกรณ์ในการสร้าง ต้องติดตั้งสวิตช์ และเซนเซอร์เพิ่ม เพื่อให้การทำงานเป็นแบบต่อเนื่อง และในการสร้างและประกอบชิ้นงาน ต้องให้มีความเที่ยงตรง แม่นยำเพื่อให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRIMETRIC VIEW



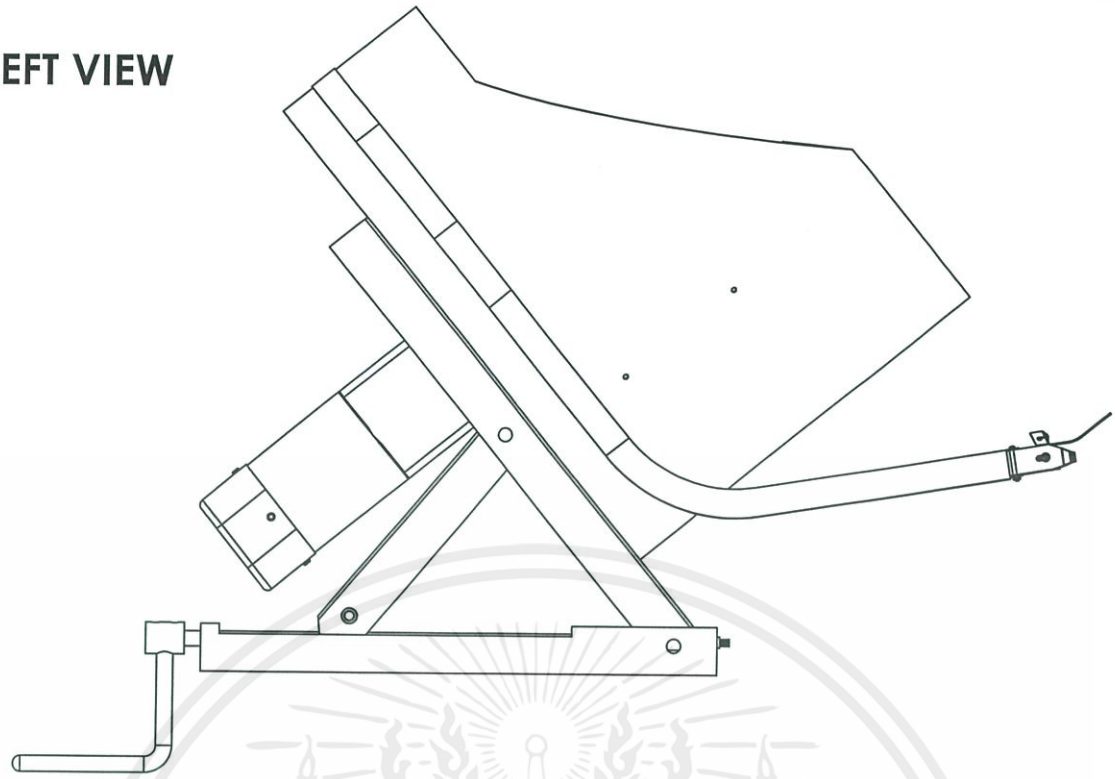
COMPONENT

1. BUCKET (No.003)
2. CAP DIRECTION CONTROL (No.004)
3. SORTING DISK (No.005)
4. DIRECTIONAL PLATE (No.010)
5. BASE (No.011)
6. RAIL (No.015)
7. CAP FEEDER (No.018)

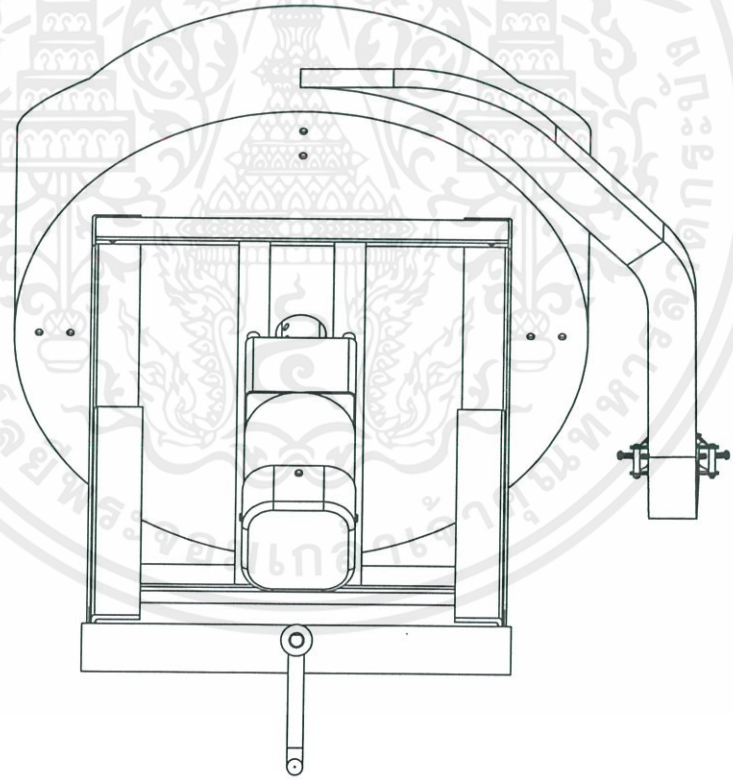
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION			
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE: CAP SORTER MACHINE COMPONENT VIEW (TRIMETRIC VIEW)
DRAWN							
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A							
MATERIAL: SUS 304				DWG NO. 001			A4
WEIGHT:				SCALE : 1:5			SHEET 1 OF 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LEFT VIEW



BACK VIEW



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

CAP SORTER MACHINE (LEFT VIEW AND BACK VIEW)

MATERIAL: SUS 304

DWG NO. 002

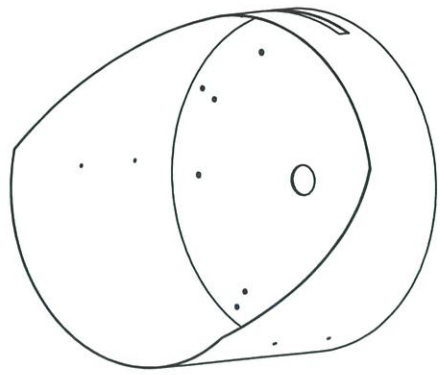
A4

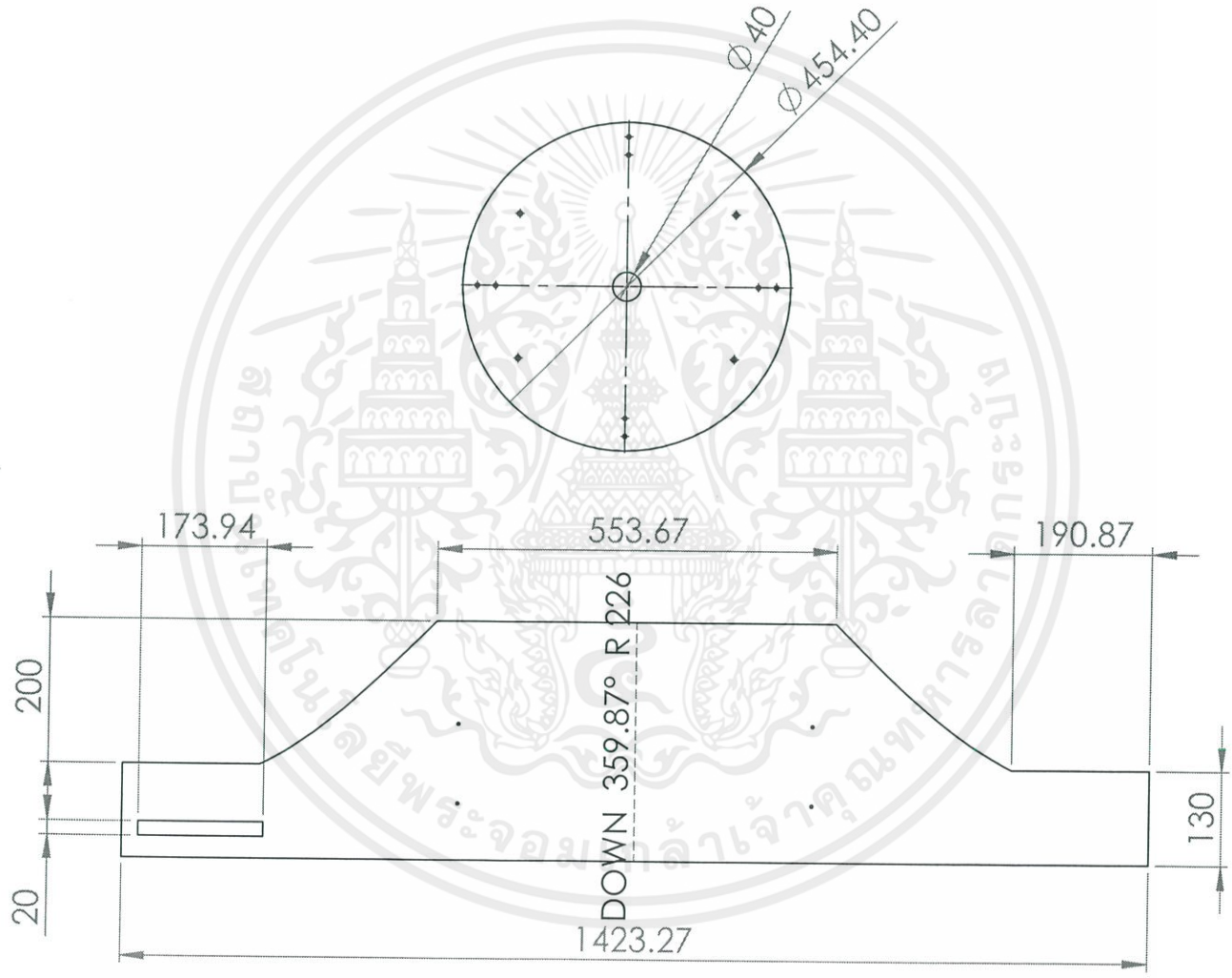
WEIGHT:

SCALE : 1:10

SHEET 2 OF 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE: BUCKET

MATERIAL: SUS 304

DWG NO. 003

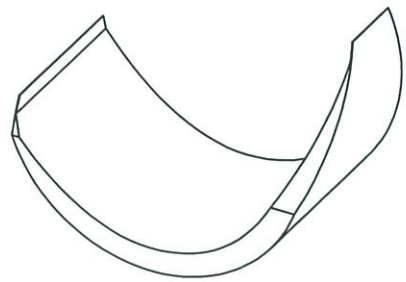
A4

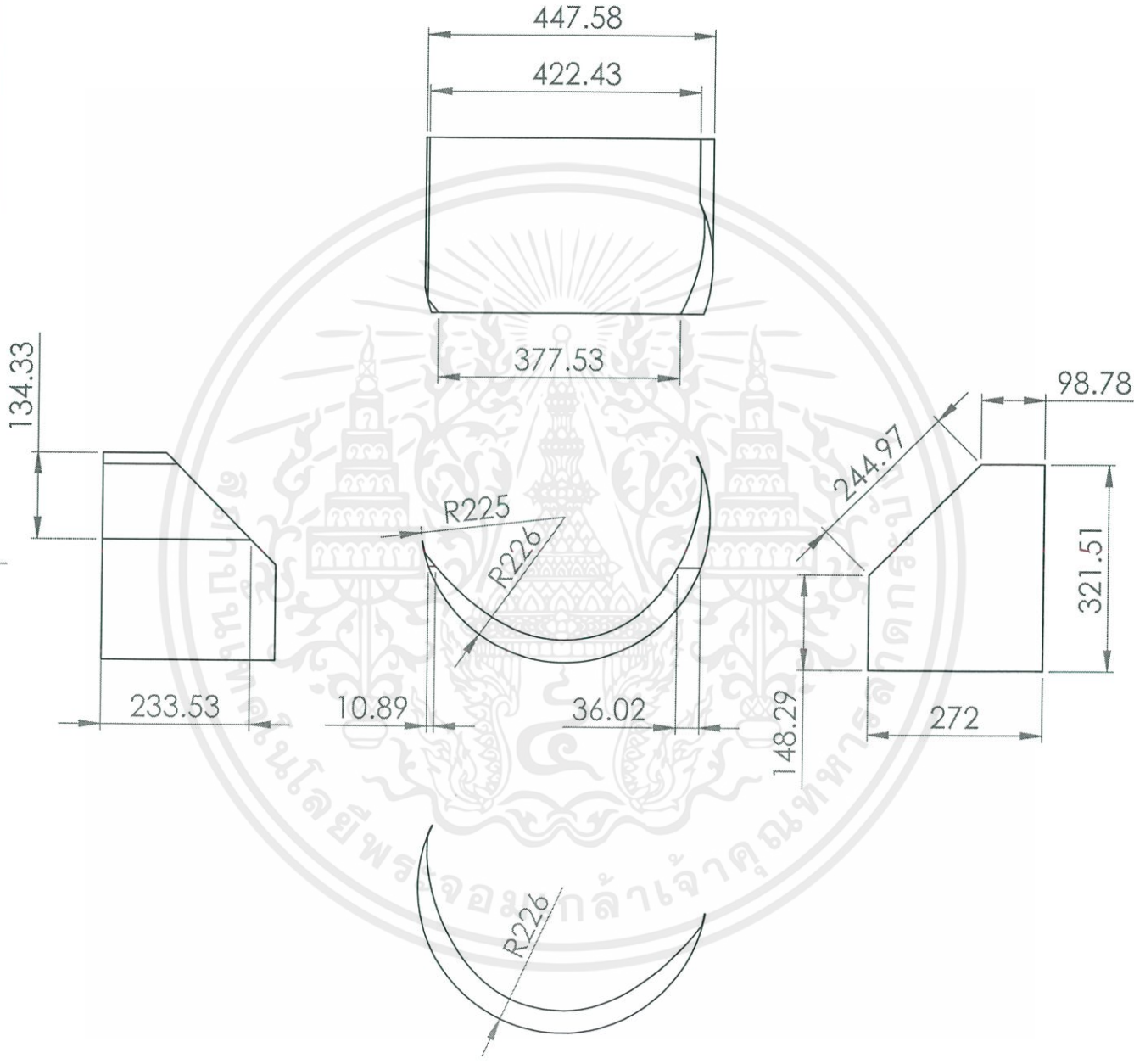
WEIGHT:

SCALE : 1:5

SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

CAPDIRECTION CONTROL

MATERIAL: SUS 304

DWG NO. 004

A4

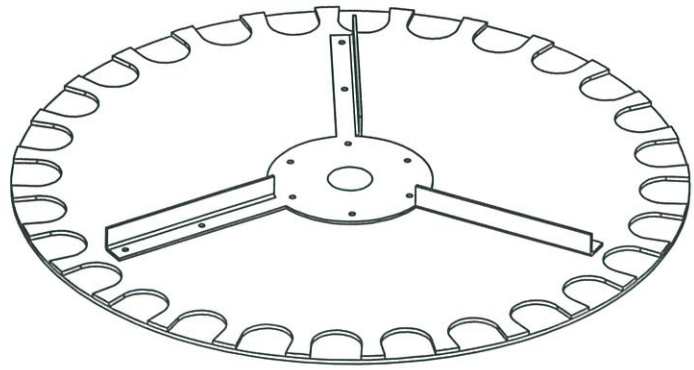
WEIGHT:

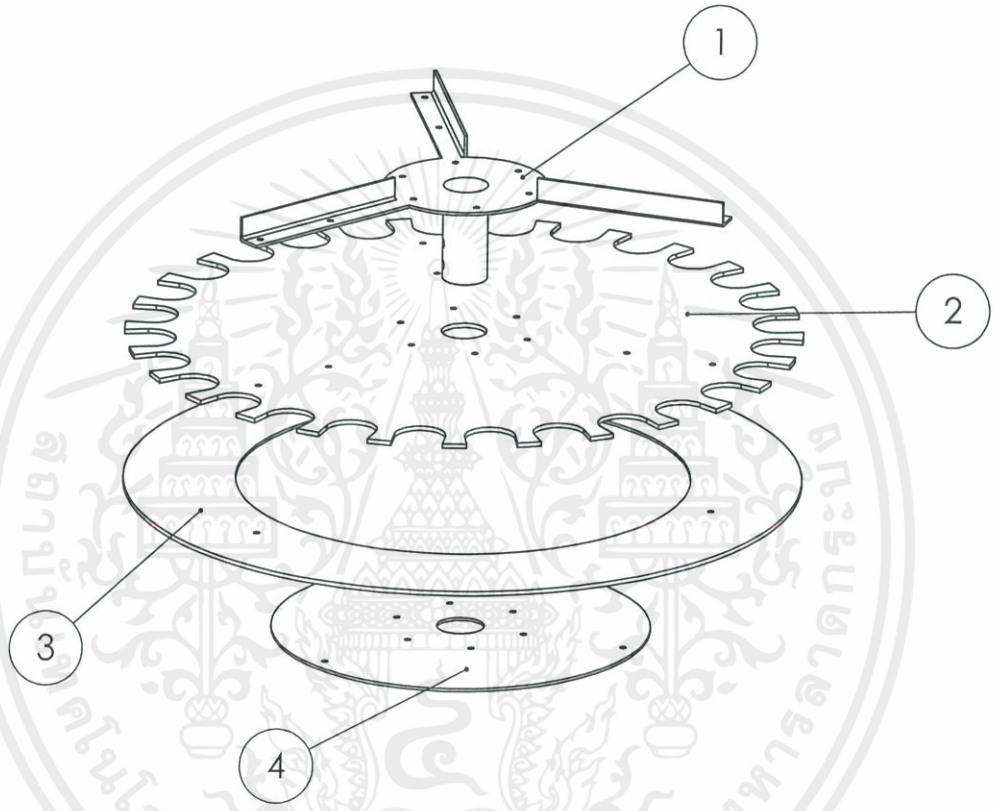
SCALE : 1:10

SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRIMETRIC VIEW



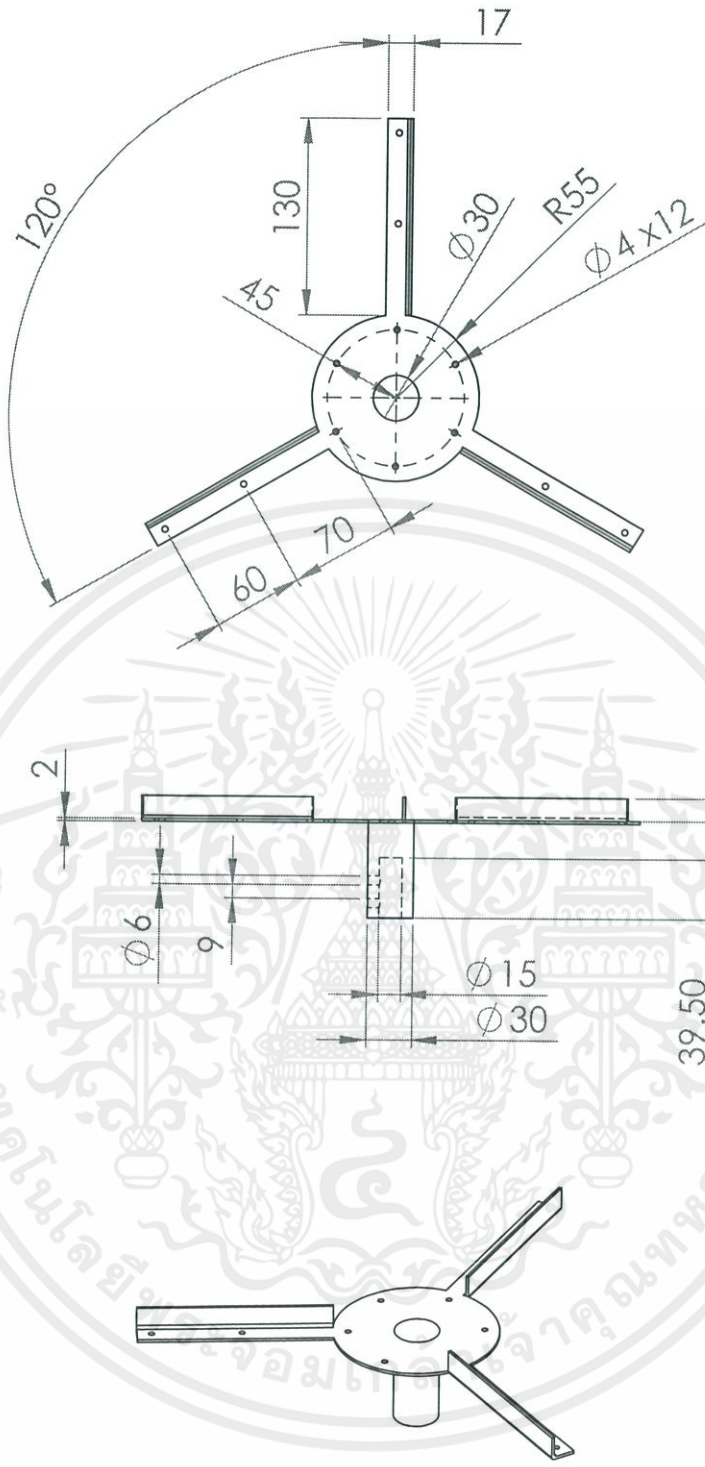


COMPONENT

1. STIRRING (No.006)
2. SORTING DISK (No.007)
3. BASE OF SORTING DISK (No.008)
4. LOCKED PLATE (No.009)

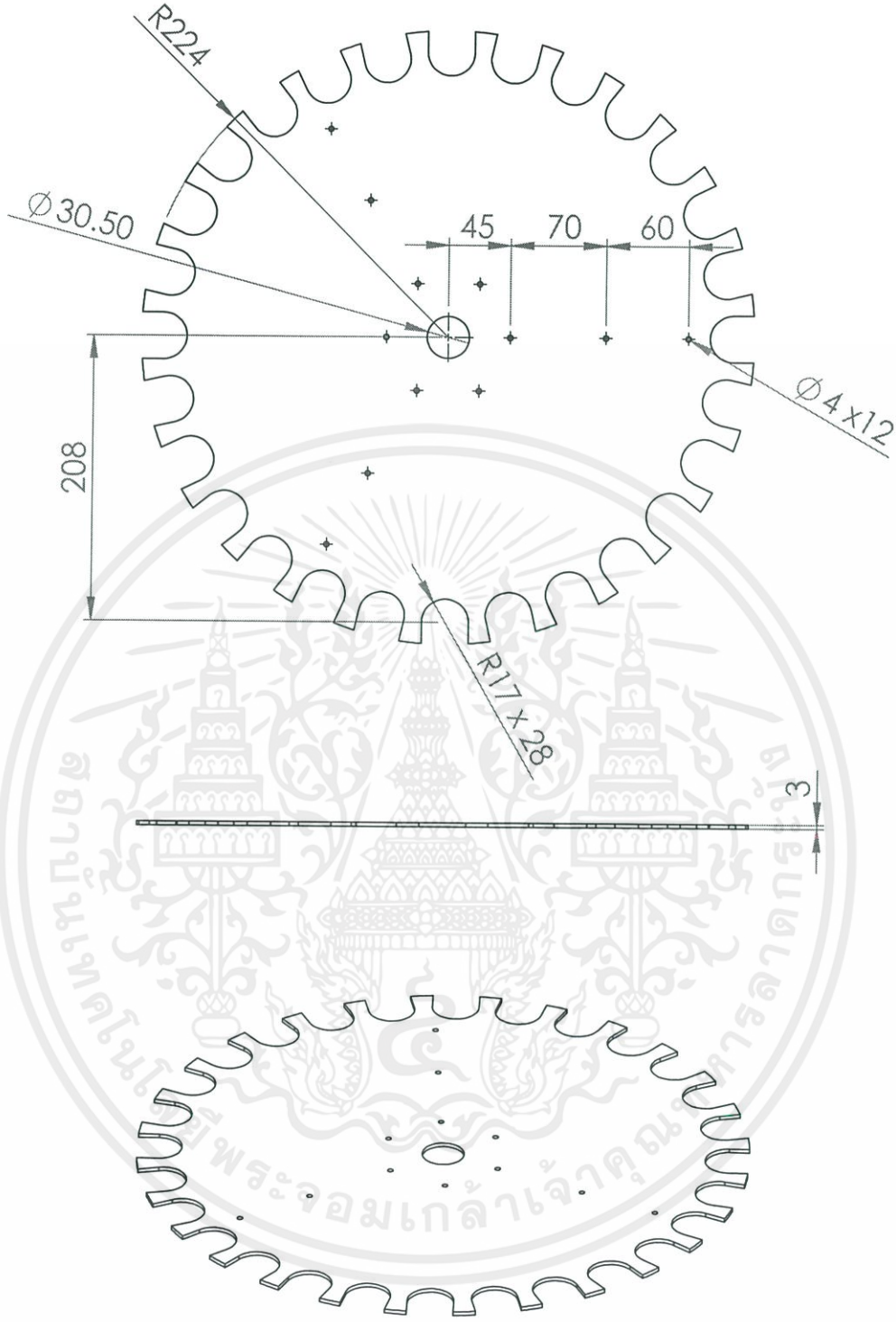
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED			DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE: SORTING DISK COMPONENT VIEW (TRIMETRIC VIEW)		
DRAWN							
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A					MATERIAL: SUS 304	DWG NO. 005	A4
					WEIGHT:	SCALE : 1:5	SHEET 1 OF 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: STIRRING		
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
				MATERIAL: SUS 304	DWG NO. 006	A4
				WEIGHT:	SCALE : 1:5	SHEET 2 OF 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE: SORTING DISK

MATERIAL: SUS 304

DWG NO. 007

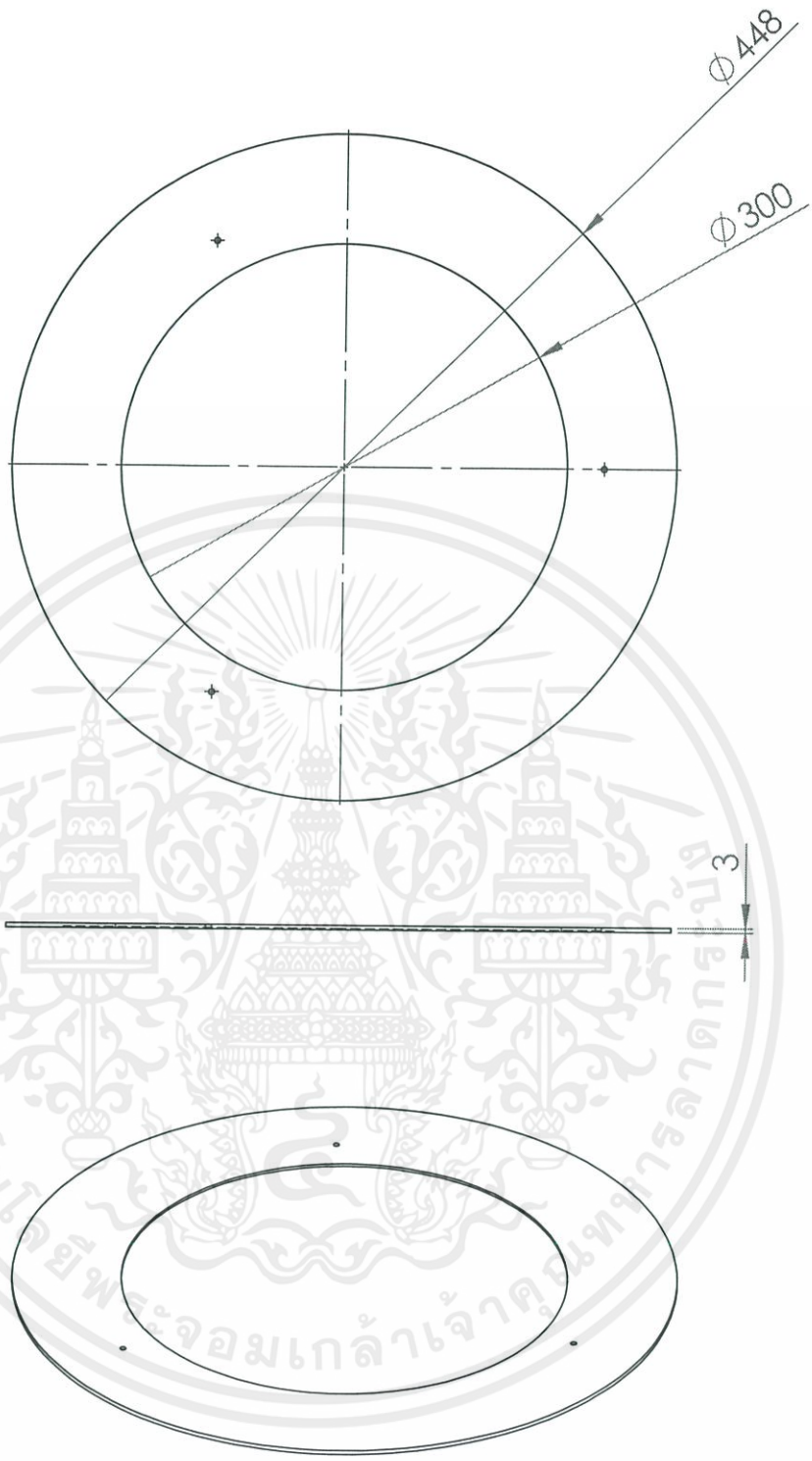
A4

WEIGHT:

SCALE : 1:5

SHEET 3 OF 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

BASE OF SORTING DISK

MATERIAL: SUS 304

DWG NO. 008

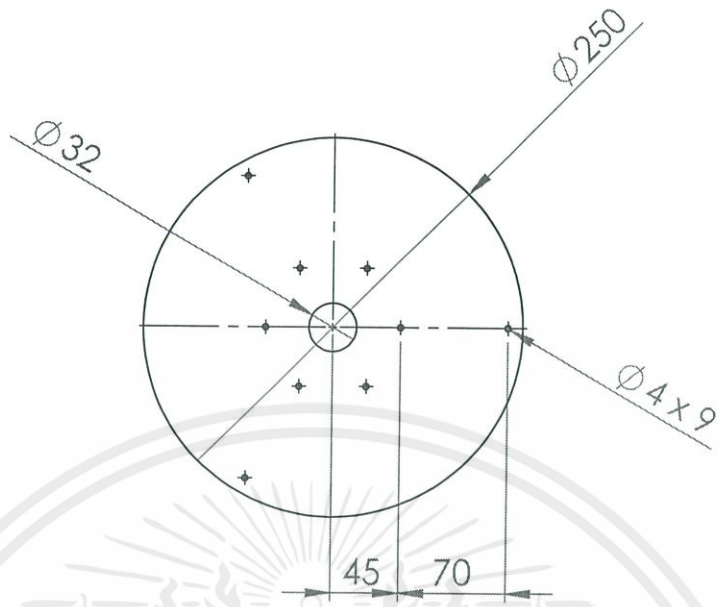
A4

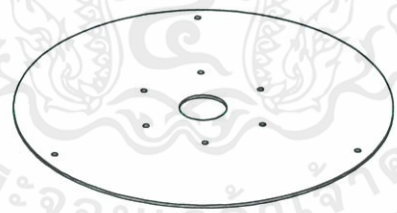
WEIGHT:

SCALE : 1:5

SHEET 4 OF 5

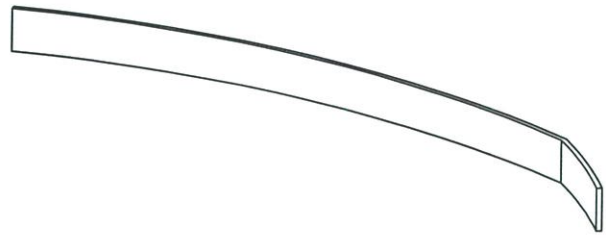
ลิขสิทธิ์เป็นของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

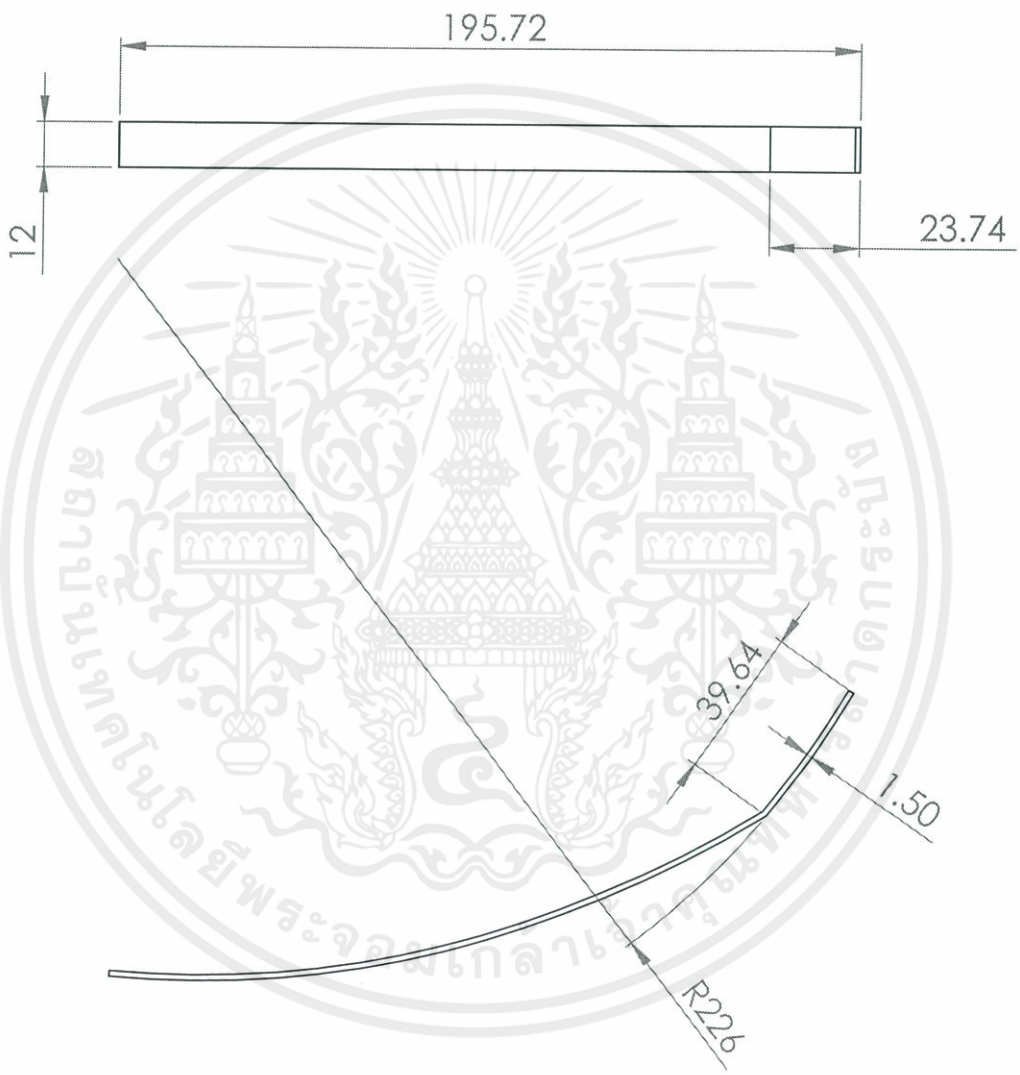




UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		
	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN				TITLE:		
CHK'D				LOCKED PLATE		
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG NO.	A4
				SUS 304	009	
				WEIGHT:	SCALE : 1:5	SHEET 5 OF 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		
	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						

TITLE:

DIRECTIONAL PLATE

MATERIAL: SUS 304

DWG NO. 010

A4

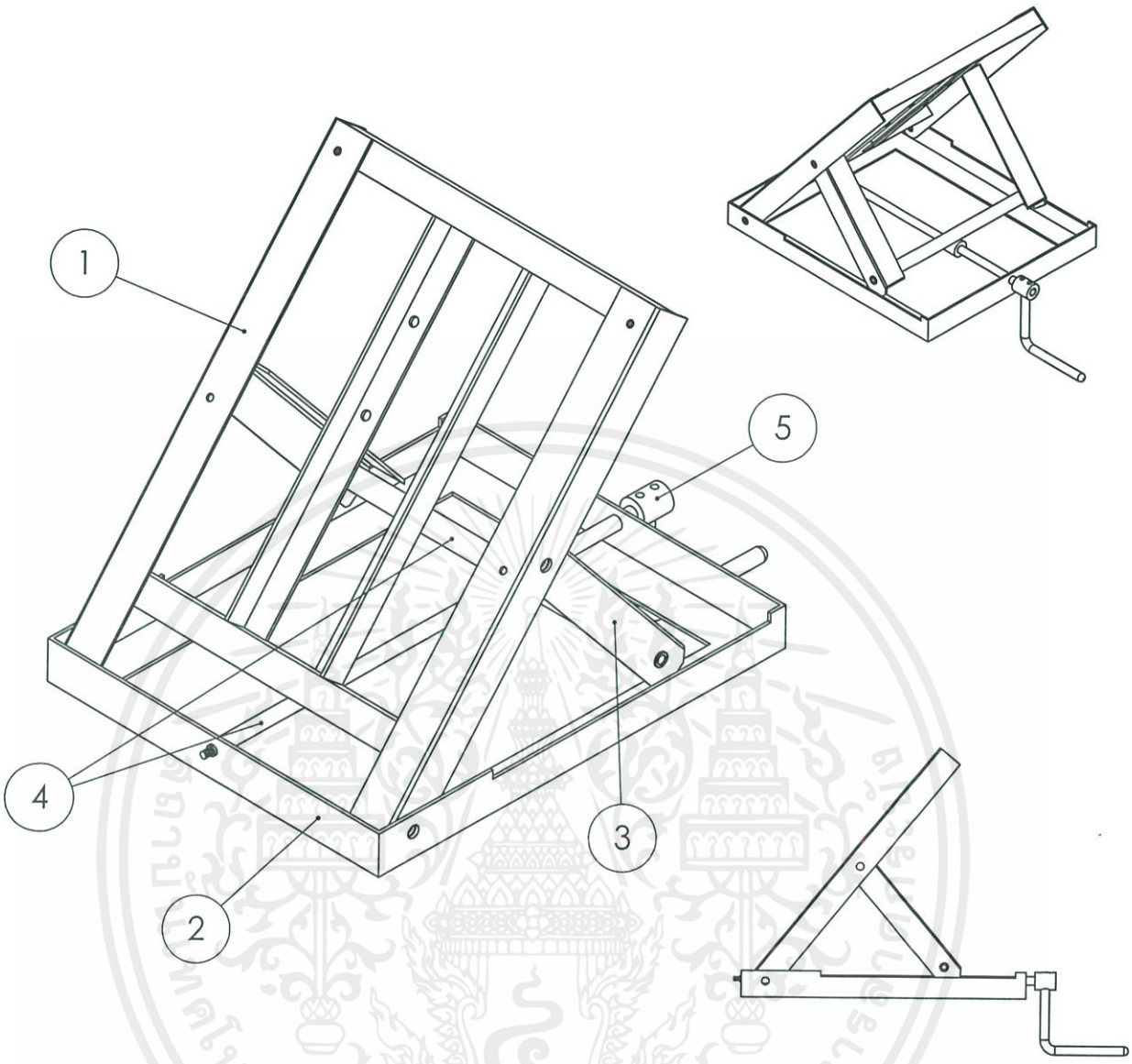
WEIGHT:

SCALE : 1:2

SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISOMETRIC VIEW

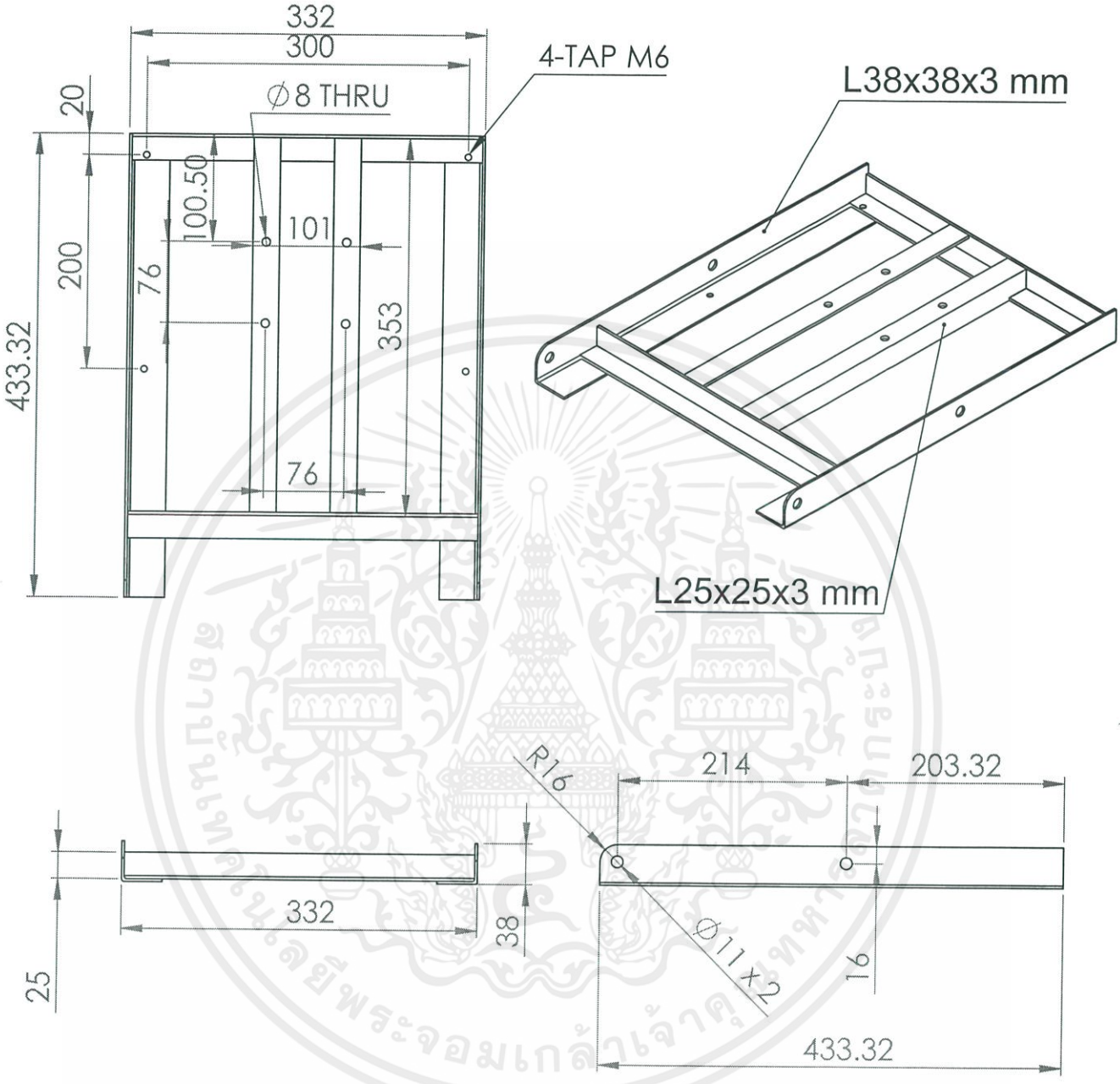


COMPONENT

1. BUCKET AND MOTOR BASE (No.012)
2. MACHINE BASE (No.013)
3. SUPPORT BAR (No.014)
4. ADJUSTER (No.015)
5. HANDLE (No.016)

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: BASE COMPONENT VIEW (ISOMETRIC VIEW)			
DRAWN							
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A							
MATERIAL: SUS 304				DWG NO. 011			A4
WEIGHT:				SCALE : 1:5		SHEET 1 OF 6	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		

	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						

TITLE:

BUCKET AND MOTOR BASE

MATERIAL: SUS 304

DWG NO. 012

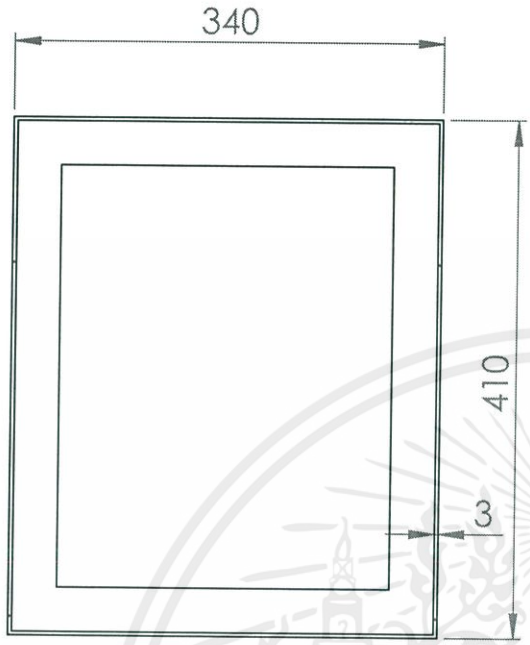
A4

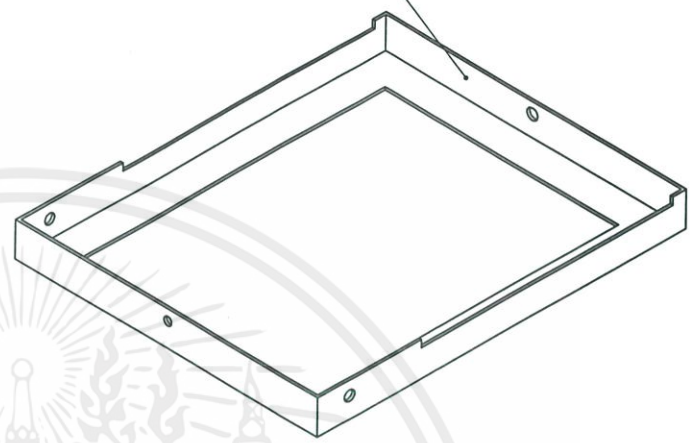
WEIGHT:

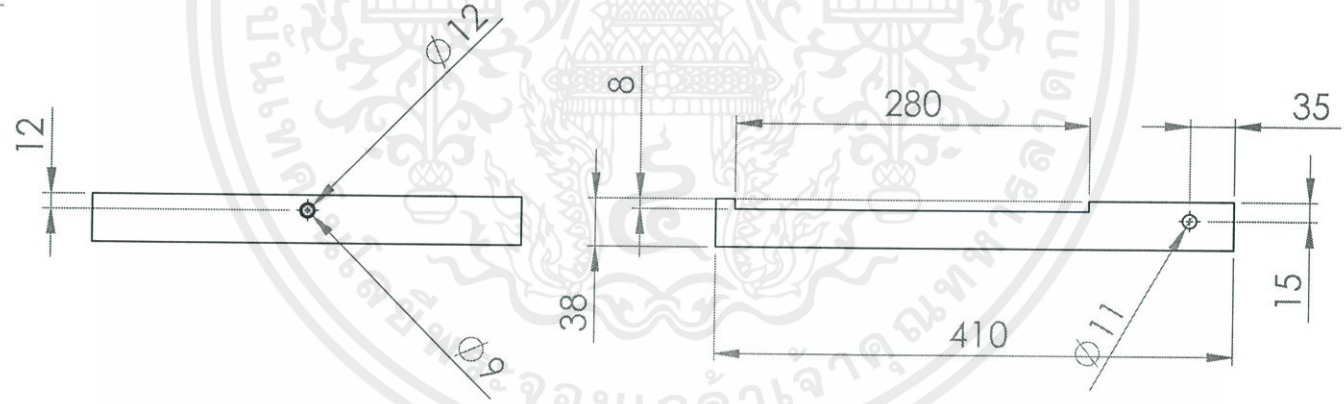
SCALE : 1:6

SHEET 2 OF 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

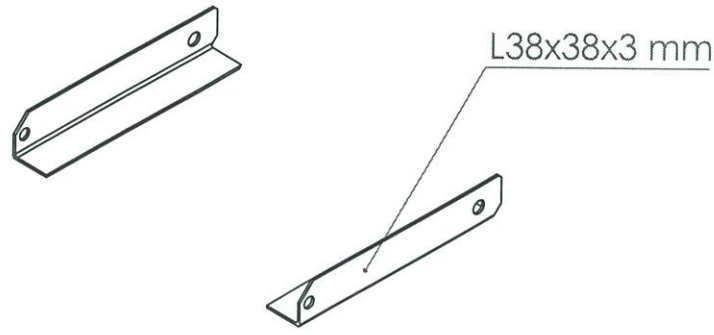


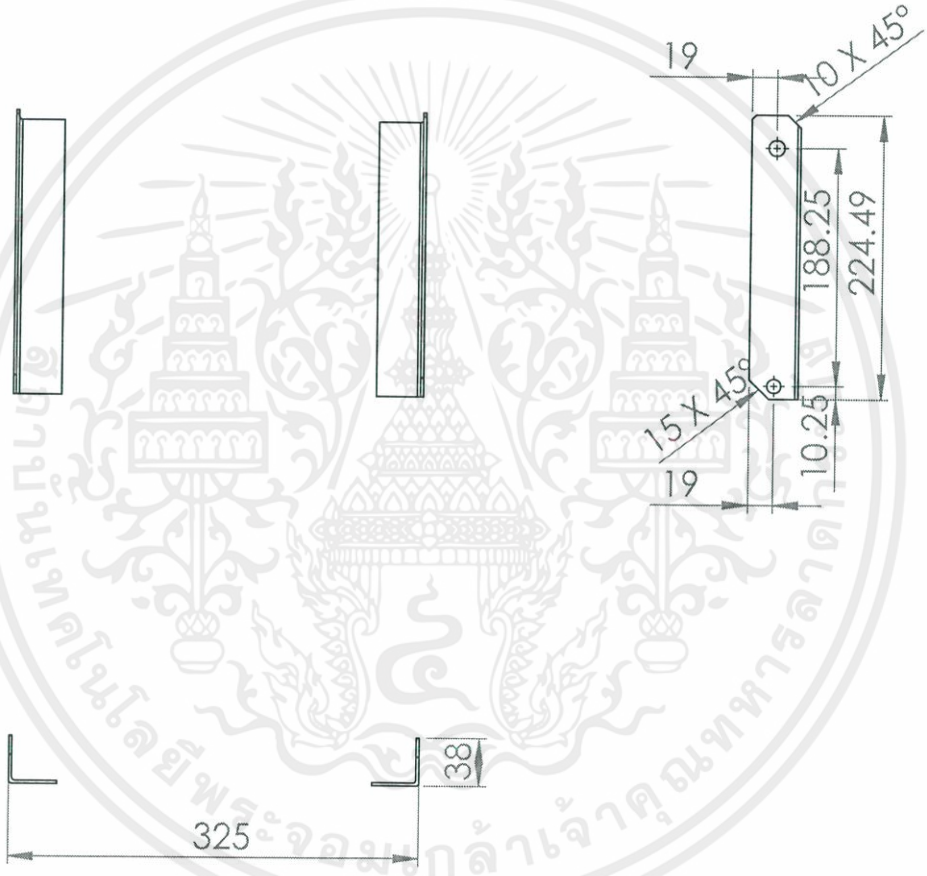




UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		
	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN				TITLE: MACHINE BASE		
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
				MATERIAL: SUS 304	DWG NO. 013	A4
				WEIGHT:	SCALE : 1:6	SHEET 3 OF 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE: SUPPORT BARS

MATERIAL: SUS 304

DWG NO. 014

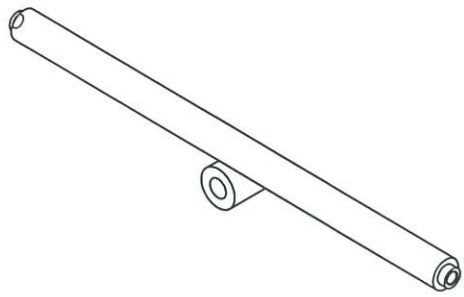
A4

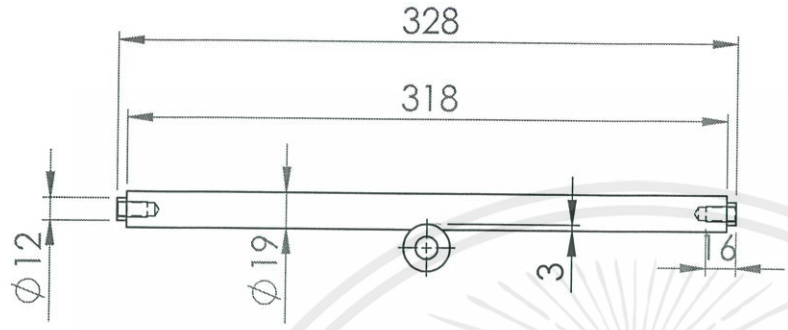
WEIGHT:

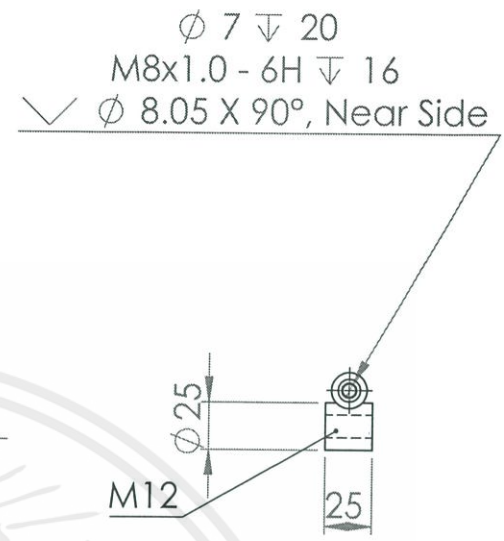
SCALE : 1:6

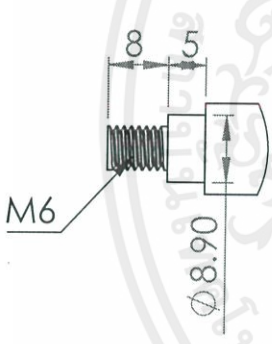
SHEET 4 OF 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

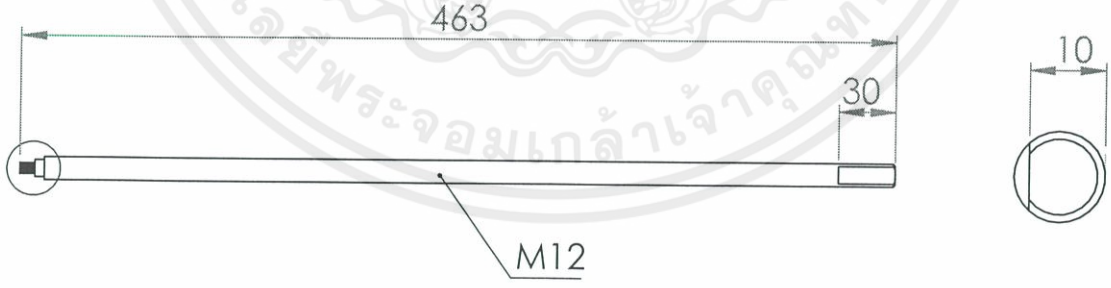








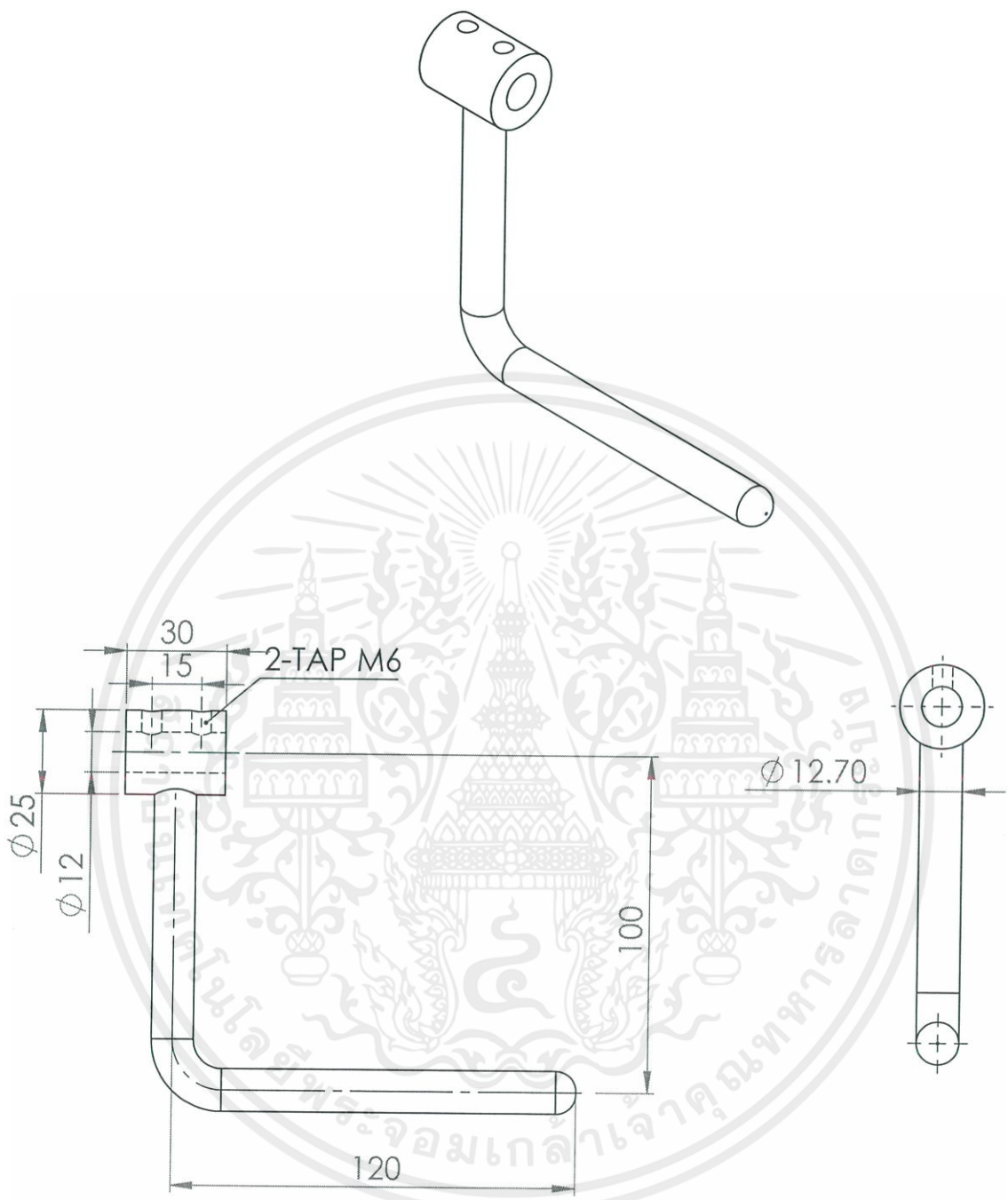
DETAIL A
SCALE 1 : 1



A

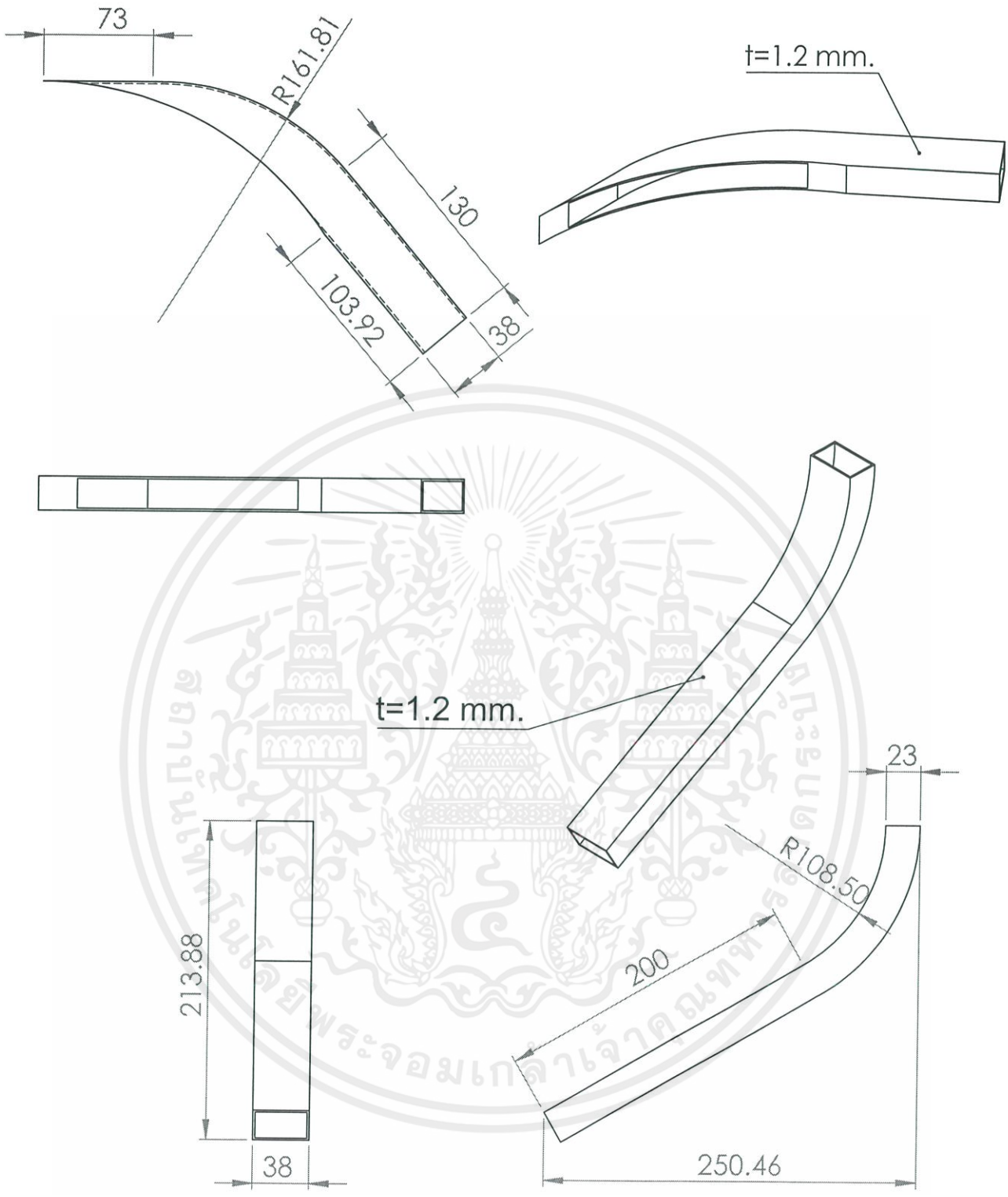
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: ADJUSTER		
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
	MATERIAL: SUS 304			DWG NO. 015		A4
	WEIGHT:			SCALE : 1:4	SHEET 5 OF 6	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		
	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE: HANDLE	
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL: SUS 304	DWG NO. 016	A4
				WEIGHT:	SCALE : 1:2	SHEET 6 OF 6

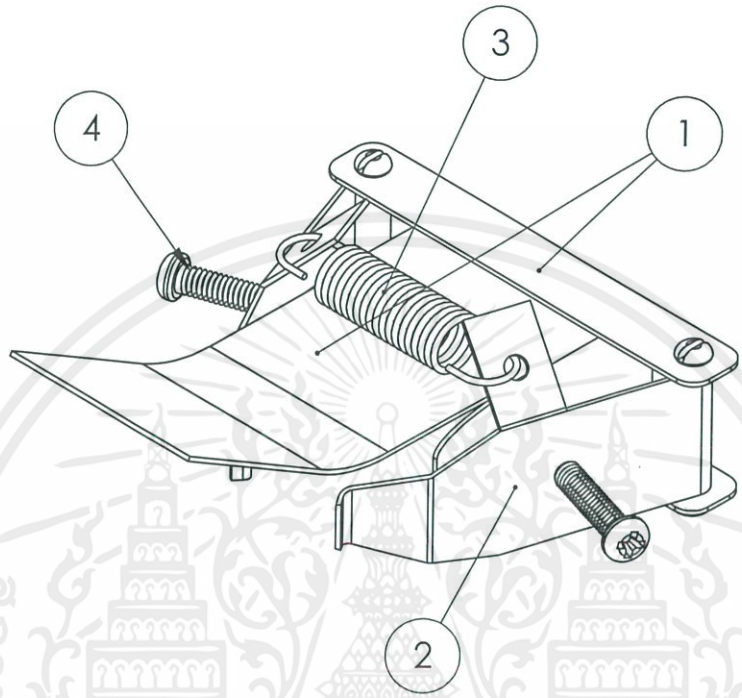
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		
	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN				TITLE:		
CHK'D				RAIL		
APPV'D						
MFG						
Q.A						
	MATERIAL:			DWG NO.		A4
	SUS 304			017		
	WEIGHT:			SCALE : 1:4	SHEET 1 OF 1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISOMETRIC VIEW



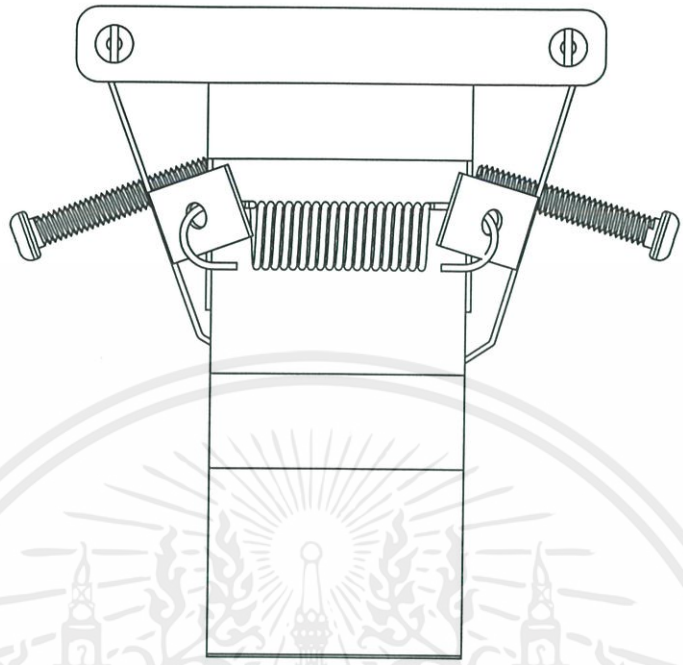
COMPONENT

1. BODY OF CAP FEEDER (No.020)
2. CAP CLAMP (No.021)
3. SPRING
4. M5 KNURLED POINT SCREW

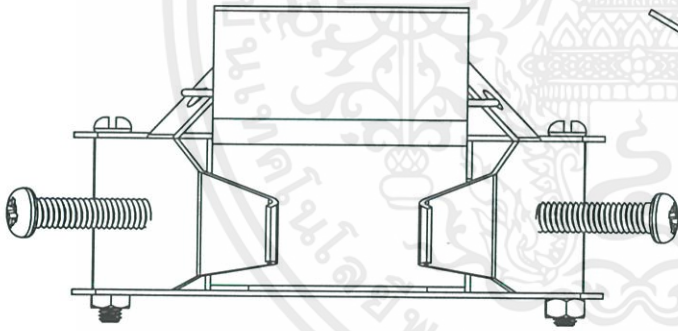
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION			
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE: CAP FEEDER COMPONENT VIEW (ISOMETRICVIEW)
DRAWN							
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A							
	MATERIAL: SUS 304			DWG NO. 018			A4
	WEIGHT:			SCALE : 1:1			SHEET 1 OF 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

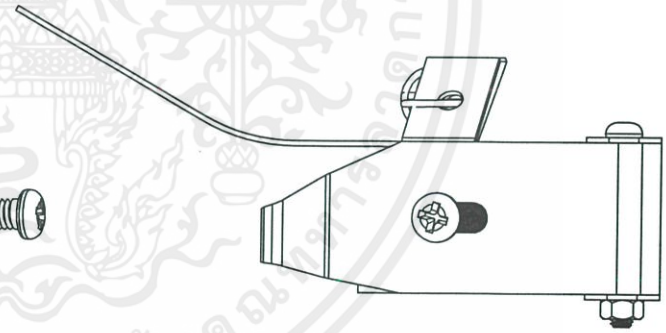
TOP VIEW



FRONT VIEW



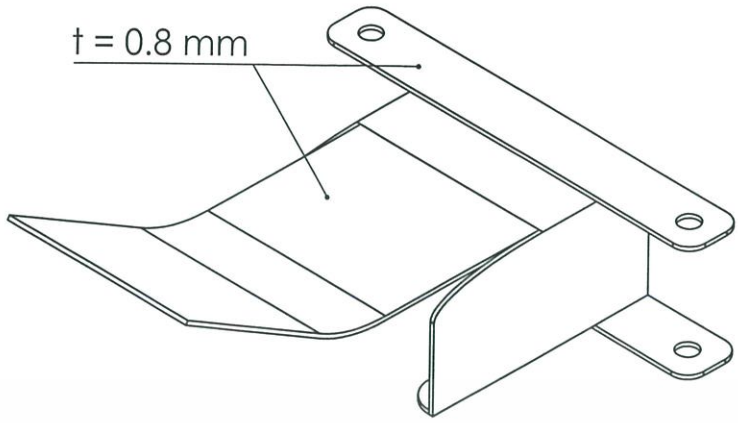
RIGHT VIEW

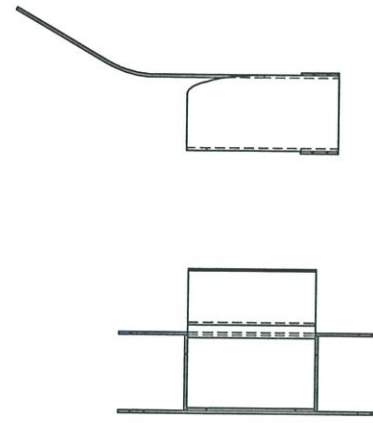


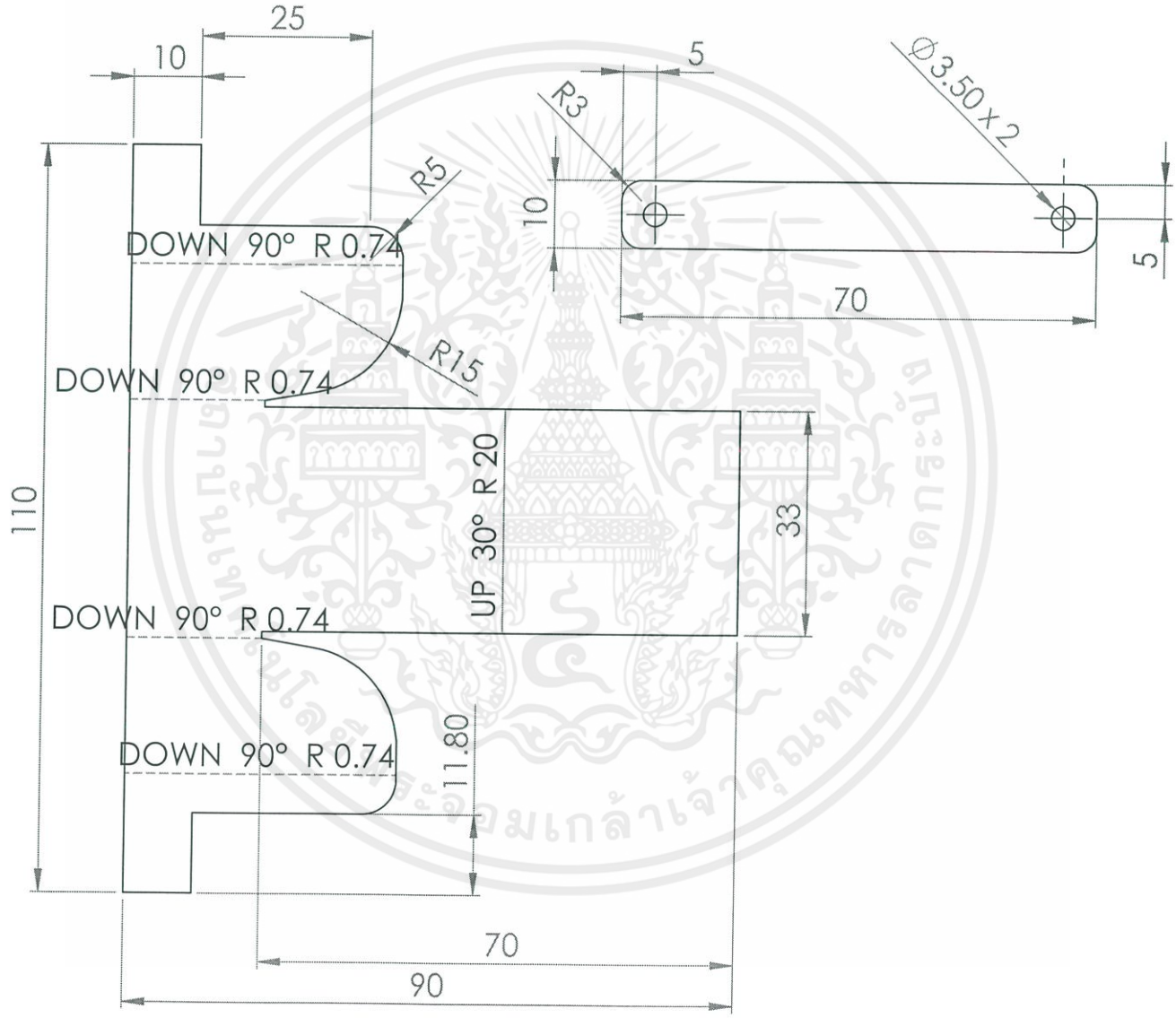
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		
	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN				TITLE: CAP SORTER VIEW (TOP VIEW, FRONT VIEW AND RIGHT VIEW)		
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
			MATERIAL: SUS 304	DWG NO. 019		A4
			WEIGHT:	SCALE : 1:1	SHEET 2 OF 4	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISOMETRIC VIEW



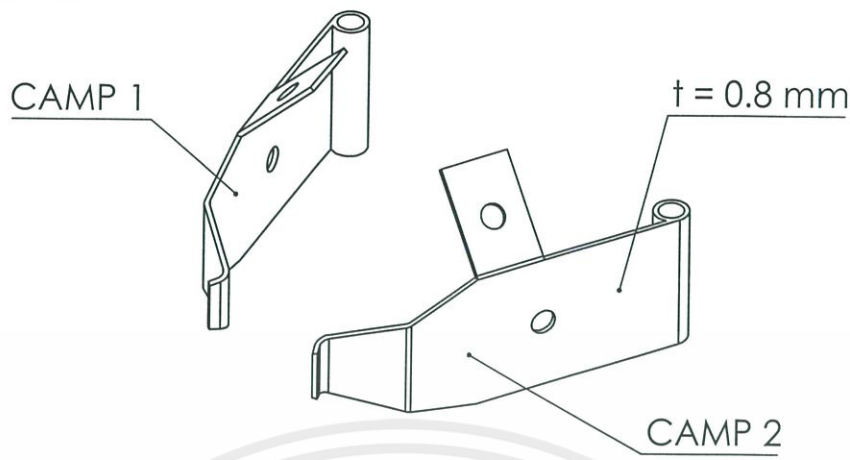


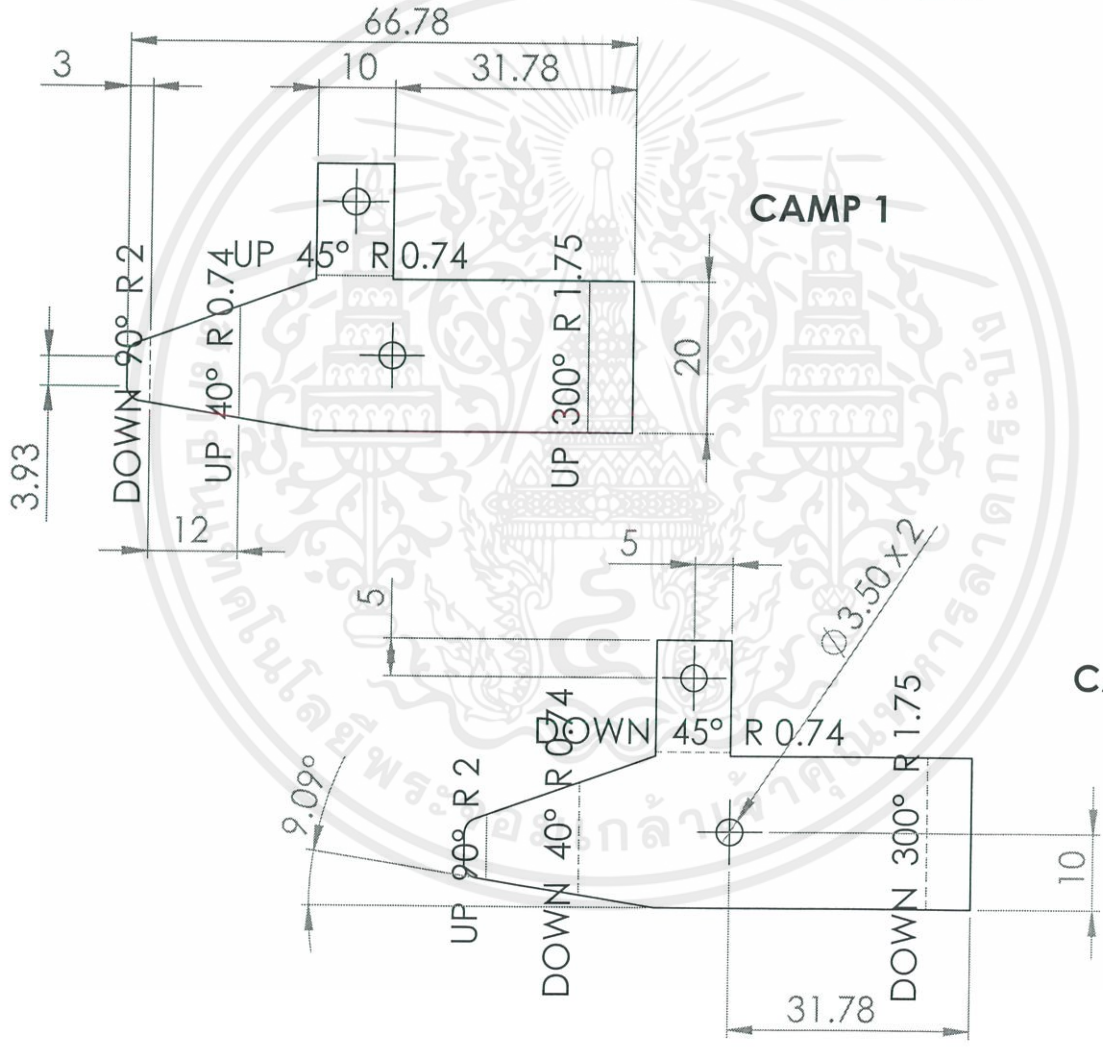


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: BODY OF CAP FEEDER		
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
MATERIAL: SUS 304				DWG NO. 020		A4
WEIGHT:				SCALE : 1:1		SHEET 3 OF 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISOMETRIC VIEW





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: FINISHED		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: CAP CLAMP		
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
		MATERIAL: SUS 304		DWG NO. 021		A4
		WEIGHT:		SCALE : 1:1	SHEET 4 OF 4	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. ม.ป.ป. **เครื่องบรรจุภัณฑ์ และเครื่องบรรจุแบบโรตารี.** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4042/rotary-filling-machine. (สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2559)

MO Memoir. 2552. **ประเภทของวาล์วบรรจุน้ำ.** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://tamagozzilla.blogspot. com/2009/08/mo-memoir-1_23.html. (สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2559)

นวภัทรา หนูนาค และ ทวีพล ซื่อสัตย์. 2555. **การวัดและเครื่องมือวัด ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร.** คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 24-43.

กษิดิ์เดช ปโกฏิประภา และศิรประภา ปุรินทราภิบาล. 2558. **การศึกษาเพื่อออกแบบระบบเครื่องบรรจุน้ำแบบโรตารีขนาดเล็ก.** ปริญญาตรี. สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Kenplas Industry Limited, Hangzhou Kenplas Machinery Ltd. ม.ป.ป. **PET Preform Neck Finish.** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.kenplas.com/project/pet/neckfinish. (สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2559)

Chalermchon. ม.ป.ป. **ระบบนิวเมติกไฟฟ้า.** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://utcc2.utcc.ac.th/engineer/learning/chalermchon_vis/download/automation/Automation06.pdf. (สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2560)

Chalermchon. ม.ป.ป. **อุปกรณ์นิวเมติกพื้นฐาน.** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://utcc2.utcc.ac.th/engineer/learning/chalermchon_vis/download/automation/Automation02.pdf. (สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2560)

Gess, L.C. 1972. Apparatus for orienting and feeding caps. United States Patent No. US 3656605 A. April 1972.

Apacks. ม.ป.ป. **Liquid Filling Machines.** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.apacks.com/liquid-filling-machines. (สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2559)

Herzog, M. 1987. Rotary Feeder to Orient and Feed Bottle Caps and Similar. United States Patent No. US 4709798 A. December 1987.

Herzog, M. 1988. Feeder for Bottle Capper. United States Patent No. US 4735343 A. April 1988.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ponsen, W. 1965. Device for Orienting and Feeding Articles to a Movable Support. United States Patent No. US 3174614 A. March 1965.

Suiter, A.W. 1925. Bottle - Cap Sorting and Feeding Mechanism. United States Patent No. US 1562599 A. November 1925.

Cassoni, R.P., and Papsdorf, C.T. 2013. Method and Apparatus for Orienting Articles. United States Patent No. US 8413789 B2. April 2013.

Zittel, S.A. 2012. Bottle Cap Orienting Apparatus. United States Patent No. US 8276741 B1. October 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้