



เครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียม

ดร.กุศล สมุทรคชรินทร์

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

พ.ศ. 2558

เครื่องจักรป้องกันอุบัติเหตุ

ดร.กุล สมุทรสินธุ์

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

พ.ศ. 2558

ชื่อโครงการ	เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม
โดย	ดร.กุศล สมุทรศรีรินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ปี พ.ศ.	2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม ซึ่งเป็นการพัฒนาจากเครื่องเดิมที่เคยมีการจัดทำขึ้นแล้ว เป็นการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและเหมาะสมกับการนำไปใช้ในสถานที่สาธารณะต่างๆ เพราะกระป๋องอลูมิเนียมเป็นขยะที่ทำให้เกิดปัญหาในการจัดเก็บเนื่องจากปริมาณของตัวกระป๋องเอง และส่วนใหญ่แล้วกระป๋องอลูมิเนียมยังสามารถนำกลับมาหลอมและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Recycle)

วิธีการดำเนินการสร้างโดยแบ่งออกเป็นขั้นตอน คือ ทำการศึกษาค้นคว้าเนื้อหา ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ออกแบบ จัดสร้าง และนำไปทดลองอัดกระป๋องอลูมิเนียม โดยใช้ระบบนิวแมติกส์มาเป็นเครื่องต้นกำลังเพื่อลดขนาดความสูงของกระป๋องอลูมิเนียม โดยในช่องกระป๋องจะใช้ระบบแสงเลเซอร์ในการตรวจจับกระป๋อง เพื่อทำการคัดแยกว่าเป็นกระป๋องอลูมิเนียมหรือไม่ ถ้าไม่ใช่ก็จะทำการดันกระป๋องออก ถ้าใช่ช่องจะเปิดรับกระป๋องอลูมิเนียม กระป๋องจะไหลลงช่องอัด แสงเลเซอร์จะส่งสัญญาณว่ามีกระป๋องอยู่ในช่องแสงเลเซอร์จะส่งสัญญาณให้กระบอกสูบเลื่อนออกมาอัดกระป๋อง

จากการทดลองเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม โดยใช้ความดันลมที่ 6 บาร์ สามารถอัดกระป๋องอลูมิเนียมขนาด 240 มิลลิตร ให้ยุบตัวได้เฉลี่ย 80.13 เปอร์เซ็นต์ กระป๋องอลูมิเนียมขนาด 330 มิลลิตร ให้ยุบตัวได้เฉลี่ย 79.91 เปอร์เซ็นต์ และกระป๋องอลูมิเนียมขนาด 500 มิลลิตร ให้ยุบตัวได้เฉลี่ย 81.16 เปอร์เซ็นต์ ผลเฉลี่ยการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียมทั้ง 3 ขนาด เฉลี่ยได้ 80.40 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วในการอัดกระป๋อง ภายในเวลา 1 นาที สามารถอัดกระป๋องได้จำนวน 13 กระป๋อง เมื่อนำผลการทดลองมาทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่าแล้ว สามารถทำงานได้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนดไว้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำงานวิจัยเรื่อง เครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียม สามารถลွ่งไปได้ด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำโครงการได้รับการฝึกฝนและอบรมจากครูบาอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี ซึ่งให้คำปรึกษาเสนอแนะ ตลอดจนถึงการออกแบบและจัดสร้าง ทั้งยังถ่ายทอดประสิทธิ์ประสาทวิชาและการและความรู้ด้านต่าง ๆ ให้ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ฉะนั้นถ้างานวิจัยชุดนี้มีประโยชน์ในการศึกษาและผู้ที่สนใจทางคณะผู้จัดทำขอมอบเป็นเกียรติคุณแก่อาจารย์ที่มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

สวพ.
มทร.สุวรรณภูมิ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
สารบัญแผนภูมิ	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
ขอบเขตของโครงการ	4
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
ประโยชน์ของโครงการ	4
2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
ระบบนิเวศิกส์	5
พรีอักษิมิตีเซ็นเซอร์	34
ความเค้น	50
งานเชื่อม	53
การเปรียบเทียบทางหลักเศรษฐศาสตร์	57
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโครงการ	58
3 วิธีการดำเนินโครงการ	60
ขั้นตอนการดำเนินงาน	61
การศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม	62
การคำนวณและออกแบบเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม	62
ดำเนินการในการสร้างและพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม	75
การทดลองเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม	79
เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมที่พร้อมใช้งาน	80

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการทดลอง	82
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	82
วิธีการทดลอง	82
ผลการทดลอง	82
5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	91
สรุปผล	91
อภิปรายผล	92
ข้อเสนอแนะ	92
บรรณานุกรม	94
ภาคผนวก	95
ภาคผนวก ก แบบเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม	96
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม	110

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศประมาณ 16 ล้านตัน หรือวันละ 43,800 ตัน	2
1.2 เปรียบเทียบระหว่างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่าและตัวใหม่	3
2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างพรีอักษิมิตี้เซ็นเซอร์กับสวิตช์กลไก	35
2.2 ตัวอย่างค่าประกอบ (factor) ของวัตถุตัวกลางชนิดต่างๆ	41
3.1 ผลการทดสอบจุดต่างๆภายในตัวเครื่อง	79
3.2 ผลการสังเกตการรั่วซึมของลม	79
3.3 ผลการทดสอบการทำงานของวงจรไฟฟ้า	80
4.1 แสดงผลความเร็วในการอัดกระป๋องเครื่องคีมอลูมิเนียม	83
4.2 แสดงผลการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียม ขนาด 240 ml	86
4.3 แสดงผลการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียม ขนาด 330 ml	87
4.4 แสดงผลการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียม ขนาด 500 ml	89
4.5 การเปรียบเทียบผลจริงระหว่างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่าและเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่	90

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การอ่านค่าระดับความดันต่างๆ	8
2.2 กฎของปาสคาล	10
2.3 การถ่ายทอดแรง	10
2.4 ปริมาตรและความดันตามกฎของบอยล์	11
2.5 ชุดปรับปรุงคุณภาพลมอัด	13
2.6 วาล์วลดความดันชนิดที่ใช้แรงดันของสปริงสมดุลกับแรงดันในระบบ	14
2.7 วาล์วลดความดันชนิดที่ใช้แรงดันสมดุลทั้งสองข้าง	15
2.8 เกจวัดความดัน	16
2.9 การเกิดละอองฝอยของน้ำมันหล่อลื่น	16
2.10 ลักษณะข้อต่อลมชนิดต่างๆ	18
2.11 ลักษณะการเสียบสายลมเข้ากับข้อต่อ	19
2.12 เครื่องมือที่ใช้ในการตัด	19
2.13 การถอดสายลม	20
2.14 การทำงานของลูกสูบและก้านสูบในกระบอกสูบ	21
2.15 ลักษณะของกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง	22
2.16 ลักษณะของกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางมีเบาะกันกระแทก	23
2.17 ลักษณะการจับยึดกระบอกสูบโดยใช้สกรู	23
2.18 ลักษณะการจับยึดกระบอกสูบโดยใช้ตัวจับยึดตามลักษณะงาน	24
2.19 ความสัมพันธ์ของความยาวช่วงชักและติดตั้งกระบอกสูบลมแบบตั้ง	25
2.20 ความสัมพันธ์ของความยาวช่วงชักและติดตั้งกระบอกสูบลมแบบนอน	26
2.21 ระยะเพื่อความยาวช่วงชัก	27
2.22 วาล์วควบคุมอัตราการไหลปรับโดยมือหมุน	29
2.23 วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดใช้กลไกควบคุม	30
2.24 ลักษณะของวาล์วลดการไหล	30
2.25 โครงสร้างภายในของลิ้มิตสวิตช์	31
2.26 การทำงานของหน้าสัมผัสชนิดทำงานซ้ำ	31
2.27 ลักษณะการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเข้ากับลิ้มิตสวิตช์	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.28 การเลือกกลไกในการบังคับการทำงานของลิมิตสวิตช์	32
2.29 การหยุดกลไกต่างๆ โดยถูกวิธี	33
2.30 วาล์วแบบลูกสูบเลื่อน 5 / 2 D.C.V. ใช้การเซตและรีเซตด้วยไฟฟ้าและลม	34
2.31 ตัวอย่างพรีอักษิมิตีเซนเซอร์ชนิดต่างๆ	34
2.32 ตัวอย่างเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำชนิดต่างๆ	36
2.33 แสดงส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ	37
2.34 หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ	38
2.35 ระยะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับ	38
2.36 ภาพตัดขวางส่วนหัวของเซนเซอร์	40
2.37 การปรับโพเทนชิโอมิเตอร์	41
2.38 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ชนิดเก็บบรรจุ	42
2.39 การติดตั้งเซนเซอร์รูปทรงกระบอกแบบฝัง	42
2.40 การติดตั้งเซนเซอร์รูปทรงกระบอกแบบไม่ฝัง	43
2.41 การติดตั้งเซนเซอร์รูปทรงสี่เหลี่ยมแบบไม่ฝัง	44
2.42 การติดตั้งเซนเซอร์รูปทรงสี่เหลี่ยมแบบฝัง	44
2.43 เซนเซอร์มีสายสัญญาณ 2 เส้น	45
2.44 เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 3 เส้น เอาต์พุตต่อใช้งานแบบ PNP	46
2.45 เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 3 เส้น เอาต์พุตต่อใช้งานแบบ NPN	46
2.46 เซนเซอร์แบบมีสัญญาณ 4 เส้น	47
2.47 การต่อเซนเซอร์อนุกรม	48
2.48 การต่อเซนเซอร์แบบขนาน	49
2.49 ความเก้มนิ่ง	50
2.50 ความเก้มนัด	50
2.51 ความเก้มนื่อน	51
2.52 แผนภาพความเก้มนัด - ความเก้มนัด	52
2.53 รูปแสดงการไหลซึมของโลหะ	54
2.54 จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเป็นหลุม	54

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.55 แสดงทิศทางการเชื่อม	55
2.56 แสดงความหนาของตะเข็บเชื่อม (a)	55
2.57 ลักษณะการถูกดึงของตะเข็บเชื่อม	56
2.58 ตะเข็บถูกตัดเฉือน	57
3.1 โครงสร้างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม	63
3.2 แรงและโมเมนต์ตัดในแนวคืบ	64
3.3 แรงที่ก้านสูบกระทำกับแผ่นอัดกระป๋อง	68
3.4 แรงที่แผ่นอัดกระป๋องกระทำกับกระป๋อง	69
3.5 แรงคืบที่เหล็กยึดแต่ละเส้น	70
3.6 แนวเชื่อมที่เหล็กยึดแต่ละแผ่น	71
3.7 แรงที่เหล็กยึดถูกกระทำ	72
3.8 การออกแบบวงจรไฟฟ้าควบคุมระบบนิวเมติกส์	73
3.9 ลักษณะและโครงสร้างของเครื่องอัดกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียม	76
3.10 ช่องใส่กระป๋อง ประตู เปิด – ปิด และ ชุดลำเลียงกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียม	76
3.11 ชุดอัดกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียม	77
3.12 ถาดรองรับกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียม	77
3.13 การตั้งวงจรระบบไฟฟ้าควบคุมนิวเมติกส์	78
3.14 การวางระบบนิวเมติกส์และถังปั๊มลม	78
3.15 เครื่องอัดกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียม (ด้านหน้า)	80
3.16 เครื่องอัดกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียม (ด้านหลัง)	81
4.1 การทดลองการพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม	83
4.2 ผลการทดลองการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียมขนาด 240 ml	85
4.3 ผลการทดลองการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียมขนาด 330 ml	87
4.4 ผลการทดลองการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียมขนาด 500 ml	88

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่	หน้า
1.1 ค่าเฉลี่ยขยะอลูมิเนียม 20 % จากปริมาณขยะ/วัน	2
3.1 แสดงขั้นตอนการพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม	61
4.1 ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างเครื่องอัดกระป๋อง อลูมิเนียมตัวเก่าและเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่	84
4.2 การเปรียบเทียบผลจริงระหว่างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่า และเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่	90

สวพ.
มทร.สุวรรณภูมิ

บทที่ 1

บทนำ

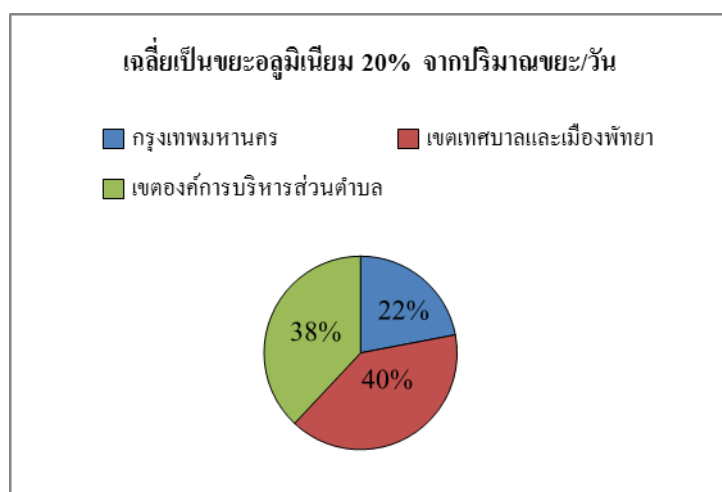
หลักการและเหตุผล

เนื่องจากในปัจจุบันมีสิ่งที่จะอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์เป็นจำนวนมาก จึงทำให้เกิดจำนวนขยะในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนทำให้เกิดปัญหาในการขนส่ง และในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีก็มีความเจริญก้าวหน้าขึ้นเรื่อยๆ ได้เข้ามาตอบสนองความต้องการของมนุษย์ เช่น ในการซื้อขายสินค้าบางประเภทไม่จำเป็นต้องมีร้านค้าและผู้ขาย แต่ใช้เครื่องขายสินค้าอัตโนมัติแทนเครื่องเหล่านี้สามารถติดตั้งได้ตามสถานที่ต่าง ๆ ใช้พื้นที่ไม่มาก สะดวกต่อผู้ซื้อและยังสามารถใช้ได้ง่ายได้ง่าย ไม่ว่าจะอย่างไรก็ตามสินค้าในเครื่องขายสินค้าอัตโนมัตินี้จะต้องมีการบรรจุหีบห่ออย่างดี และจะต้องสามารถป้องกันการเสียหายของสินค้าได้ จึงอาจต้องใช้วัสดุที่มีความทนทานมากขึ้น ราคาอาจจะสูงขึ้นตามไปด้วย เครื่องขายสินค้าอัตโนมัติที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ก็คือ เครื่องขายน้ำดื่มอัตโนมัติ น้ำดื่มที่ขายกันอยู่ ได้แก่ น้ำอัดลม กาแฟ ฯลฯ ซึ่งสินค้าประเภทนี้จะมีการบรรจุอยู่ในวัสดุที่ใช้แตกต่างกัน โดยวัสดุที่ใช้บรรจุน้ำอัดลมจะเป็นกระป๋องอลูมิเนียม ส่วนเครื่องขายเครื่องดื่มอัตโนมัตินี้ใช้กันอย่างแพร่หลายมากในสถานที่ต่างๆ เช่น ห้างสรรพสินค้า สวนสนุก สวนสาธารณะ โรงพยาบาล รวมไปถึงสถานศึกษาต่างๆ และสถานที่ราชการเป็นต้น เพราะเครื่องขายน้ำดื่มอัตโนมัตินี้ให้ความสะดวกแก่ผู้ซื้ออย่างมาก ในวันหนึ่งๆ จึงมีผู้ใช้จำนวนมาก ผลที่ตามมาคือมีขยะกระป๋องเกิดขึ้นจำนวนมากในแต่ละวันในสถานที่เหล่านั้น

ทั้งนี้ ปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศยังคงเพิ่มขึ้นทุกปี โดยปี 2554 มีปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศประมาณ 16 ล้านตัน หรือวันละ 43,800 ตัน เพิ่มขึ้น 0.84 ล้านตัน หรือร้อยละ 5.5 ตามการขยายตัวของชุมชนและประชากรที่เพิ่มขึ้น โดยกรุงเทพมหานครมีขยะมูลฝอยประมาณวันละ 9,500 ตัน คิดเป็นร้อยละ 22 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ขณะที่เขตเทศบาลและเมืองพัทยา มีขยะมูลฝอยประมาณวันละ 17,488 ตัน คิดเป็นร้อยละ 40 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ขณะที่เขตองค์การบริหารส่วนตำบลมีขยะมูลฝอยประมาณวันละ 16,792 ตัน คิดเป็นร้อยละ 38 ของปริมาณมูลฝอยทั่วประเทศ ส่วนปริมาณขยะออลูมิเนียม นั้น คิดเป็นร้อยละ 20 ของปริมาณขยะทั่วประเทศ แสดงเป็นตาราง แผนภูมิรูปวงกลมนี้

ตารางที่ 1.1 ปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศประมาณ 16 ล้านตัน หรือวันละ 43,800 ตัน

พื้นที่	คิดเป็นร้อยละ	เฉลี่ยต่อวัน	เฉลี่ยเป็นขยะอูมิเนียม 20% จากปริมาณขยะ/วัน
กรุงเทพมหานคร	22	9,500	1,900
เขตเทศบาลและ เมืองพัทยา	40	17,488	3,498
เขตองค์การบริหาร ส่วนตำบล	38	16,792	3,358



แผนภูมิที่ 1.1 ค่าเฉลี่ยขยะอูมิเนียม 20% จากปริมาณขยะต่อวัน

เมื่อพิจารณาถึงขยะกระป๋องเหล่านี้นี้ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่า กระป๋องอูมิเนียมก็เป็นตัวที่ทำให้เกิดปัญหาเนื่องจากปริมาตรของตัวกระป๋องเองและส่วนใหญ่แล้วกระป๋องอูมิเนียมยังสามารถนำกลับมาหลอมและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Recycle) แล้วนำกลับมาใช้ได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น หากเราสามารถลดปริมาตรของกระป๋องได้ก็จะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งแต่อย่างไรก็ดี โดยลักษณะรูปทรงของกระป๋อง คือเป็นทรงกระบอกกลวง ทำให้เปลืองเนื้อที่ในการจัดเก็บและการขนส่ง ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องจักรเพื่อช่วยลดขนาดกระป๋องลงก่อนที่จะนำกลับมาใช้ใหม่เรียกว่าเครื่องอัดกระป๋อง โดยตัวเครื่องนี้จะถูกออกแบบมาเพื่อใช้ใน

การอัดกระป๋องอูมิเนียมเพื่อที่จะทำให้กระป๋องน้ำอูมิเนียมที่ถูกใช้แล้วนั้นมีปริมาตรลดลงซึ่งจะทำให้ใช้พื้นที่ในการจัดเก็บน้อยที่สุดและสะดวกต่อการที่จะนำไปส่งเข้าสู่เตาหลอม

สาเหตุที่โครงการจะประดิษฐ์เครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมนั้น เนื่องจากได้มีผู้จัดสร้างเครื่องมาแล้ว ทางคณะผู้จัดทำโครงการได้สังเกตเห็นแล้วว่า สามารถที่จะนำเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมมาพัฒนาได้อีก จึงได้ทำการเรียนรู้จากเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมตัวเก่า เพื่อหาข้อดี ข้อด้อย แล้วจึงนำมาพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมตัวใหม่ พร้อมกับเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้เพิ่มมากขึ้นกว่าเดิมโดยมีการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องตัวเก่ากับเครื่องตัวใหม่ ตามตารางดังนี้

ตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบระหว่างเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมตัวเก่าและตัวใหม่

เครื่องอัดกระป๋องตัวเก่า	เครื่องอัดกระป๋องตัวใหม่
❖ อัดกระป๋องได้ 8 กระป๋องต่อนาที	❖ อัดกระป๋องได้ไม่ต่ำกว่า 10 กระป๋องต่อนาที
❖ กระป๋องมีปริมาตรลดลง 75 - 80%	❖ กระป๋องมีปริมาตรลดลง 75- 85%
❖ อัดกระป๋องได้ 1 ขนาด - 330 มิลลิลิตร	❖ อัดกระป๋องได้ 3 ขนาด - 500 มิลลิลิตร - 330 มิลลิลิตร - 240 มิลลิลิตร

จากเหตุดังกล่าว ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงมีแนวความคิดที่จะออกแบบ สร้างและพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเพื่อให้งานการทำงานของเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมนี้ดีขึ้นและใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเดิมโดยการจัดทำเป็นโครงการเรื่องพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียม และในการทำโครงการนี้ประโยชน์ที่ได้รับ คือ สามารถช่วยลดปริมาณขยะ ทำให้การขนถ่ายขยะได้ครั้งละปริมาณมาก ๆ และสะดวกในการขนย้าย และยังทำให้กระป๋องมีปริมาตรลดลง 75 - 85% ก่อนที่จะส่งหรือขนเข้าสู่เตาหลอม

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อพัฒนาในการสร้างเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมขึ้น ตามแบบที่กำหนดไว้

2. เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม และ ทดลองการใช้งาน
3. เพื่อประเมินผลการทดลองการใช้งานเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม และ สรุปผล

ขอบเขตของโครงการ

1. เครื่อง (คุณสมบัติของเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม)
 - ใช้ระบบนิวเมติกส์ในการอัดกระป๋องอลูมิเนียม
 - ใช้ระบบไฟฟ้าในการควบคุมอุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์
 - มีตัวบีมลม อยู่ในเครื่อง
2. กระป๋อง (คุณสมบัติของกระป๋อง)
 - สามารถทำการบีบอัดได้เฉพาะกระป๋องอลูมิเนียมเท่านั้น
 - ขนาดกระป๋อง เช่น 500 มิลลิลิตร , 330 มิลลิลิตร , 240 มิลลิลิตร เท่านั้น
3. นำไปใช้จริง
 - นำไปใช้ในสถานศึกษา เช่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ เป็นต้น

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมจำนวนหนึ่งเครื่อง
2. ช่วยลดปริมาณขยะ ที่เกิดจากกระป๋องอลูมิเนียมซึ่งย่อยสลายยาก ซึ่งมีผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน
3. เพื่อให้บุคคลที่อยู่ในสถานทีนั้นๆ ได้รับประโยชน์สูงสุดจากเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมนี้

ประโยชน์ของโครงการ

1. นักศึกษาได้รับประโยชน์ในการศึกษาเรื่องระบบนิวเมติกส์
2. สถานประกอบการต่างๆ เช่น ร้านรับซื้อของเก่า จะได้รับประโยชน์ในเรื่องของความสะดวกในการจัดเก็บกระป๋องอลูมิเนียม
3. โรงงานผลิตกระป๋อง จะได้รับประโยชน์ในการนำกระป๋องเก่าที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นการลดปริมาณขยะได้อีกทางหนึ่ง

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ก่อนที่จะทำการ ดำเนินงานการสร้างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม ต้องทำการศึกษาและค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม ซึ่งได้ทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังหัวข้อดังกล่าวต่อไปนี้

1. ระบบนิวเมติกส์
2. ฟร็อกซิมิตีเซ็นเซอร์
3. ความเค้น
4. งานเชื่อม
5. การเปรียบเทียบทางหลักเศรษฐศาสตร์
6. ตัวอย่างการพัฒนาโครงการในรูปแบบต่างๆ

ระบบนิวเมติกส์ (มทล , 2552 : 2 – 4)

นิวเมติกส์ (Pneumatics) มาจากคำศัพท์ภาษากรีกว่า “ Pneuma ” หมายถึงหายใจหรือลม นิวเมติกส์ หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของลม แต่ในปัจจุบันหมายถึง การนำลมอัดไปใช้กับเครื่องมือกลในงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการนำมาใช้ขับเคลื่อนและควบคุมอุปกรณ์เครื่องมือกลต่างๆ

1. วิวัฒนาการทางเทคนิคของลมอัด (Development of Compressed Air – Technique)

มนุษย์คนแรกที่ใช้ลมอัดมาใช้ให้เป็นประโยชน์ประมาณ 2,000 กว่าปีที่แล้วมานี้ คือ ชาวกรีก ชื่อ เทซิเบียส (Ktezibios) เขาได้คิดค้นสร้างกระบอกปืนใหญ่ และได้ใช้ลมอัดเป็นตัวดันกำลังในการยิงลูกปืนใหญ่ ลมอัดที่เขาสร้างขึ้นมีกำลังในการสูงมากพอสมควรลมอัดอีกชนิดหนึ่งซึ่งเราได้เรียนรู้มาจากพวกอินเดียแดง คือ การใช้ไม้ซาง สำหรับเป่าลูกดอกเพื่อการล่าสัตว์และต่อสู้ป้องกันตัวโดยใช้ลมอัดเป็นตัวดันกำลังซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยเกี่ยวกับการระเบิดและทำงานได้ในอุณหภูมิต่างๆในระยะแรกๆเครื่องมือที่คิดค้นขึ้นมาใช้ได้แก่ฆ้อนลม (Air Hammer) และเครื่องมือที่ทำให้เกิดแรงหมุนต่างๆ (Rotary – Type Tools)

วิวัฒนาการของการเปลี่ยนไปใช้เครื่องจักรแบบใหม่และการใช้เครื่องจักรแทนแรงงานคนในระหว่าง 20 กว่าปีที่แล้วมานี้ทำให้นักประดิษฐ์คิดค้นของลมอัดเป็นพิเศษและมีเหตุผลที่ยิ่งขึ้นประโยชน์ที่ได้รับจากอุปกรณ์ต่างๆที่ทำงานด้วยลมอัดเหล่านี้ได้เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปแล้วตามโรงงานต่างๆซึ่งนิยมใช้เพิ่มขึ้นอย่างมากมาย

ในปัจจุบันนี้แทบจะกล่าวได้ว่าไม่มีโรงงานใดที่เกิดขึ้นใหม่ในขณะนี้ที่ไม่รู้จักการใช้ลมอัดให้เป็นประโยชน์ทุกวันนี้ขอบข่ายการใช้ระบบนิวเมติกส์ได้แพร่หลายกว้างขวางขึ้นมากมายและได้วิวัฒนาการจากการใช้ระบบการทำงานแบบง่ายๆธรรมดาเป็นระบบการทำงานโดยอัตโนมัติด้วยเครื่องจักรกลอันทันสมัย

2. ข้อดีของลมอัด (Advantages of Compressed Air) (ประวัติ, 2540 : 29 - 30)

2.1 ทนต่อการระเบิด ลมอัดไม่มีอันตรายจากระเบิดหรือติดไฟ ดังนั้น จึงไม่จำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์ราคาแพงสำหรับป้องกันการระเบิด

2.2 รวดเร็ว ลมอัดมีความรวดเร็วในการทำงานสูง ลูกสูบมีความรวดเร็วในการทำงาน 1 ถึง 2 เมตรต่อวินาที ถ้าเป็นลูกสูบแบบพิเศษสามารถใช้ความเร็วในการทำงานถึง 10 เมตรต่อวินาที

2.3 การส่งถ่ายง่าย การส่งลมอัดไปตามท่อในระยะทางไกลๆ สามารถทำได้ง่ายและลมอัดที่ใช้แล้วไม่ต้องนำกลับ ปลดทิ้งสู่บรรยากาศได้เลย

2.4 เก็บรักษาได้ง่าย ลมอัดสามารถเก็บกักไว้ในถังเก็บลมได้ง่าย เพราะฉะนั้นอุปกรณ์การทำงานสามารถทำงานได้ต่อเนื่องจากการใช้ลมอัดนี้

2.5 ความปลอดภัยจากการเกินกำลังอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบอัดลม จะไม่เกิดการเสียหายแม้ว่างานจะเกินกำลัง (Over Load)

2.6 การควบคุมอัตราความเร็ว ความเร็วของลูกสูบ สามารถปรับได้ง่ายตามต้องการโดยใช้วาล์วควบคุมความดัน

2.7 ลมอัดมีความสะอาดทำให้อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้สะอาดหมดจด

2.8 โครงสร้างง่ายๆ เช่น ลูกสูบจะมีโครงสร้างง่ายๆธรรมดา มีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงจะไม่มีกลไกยุ่งยาก ส่วนอื่นๆ เช่น แขนเหวี่ยงเยื้องศูนย์ เพลาเกลิยวและอื่นๆ

2.9 การตั้งระยะช่วงชัก โดยการปรับระยะหยุดหรือช่วงชักของลูกสูบ ทำให้เราสามารถปรับระยะช่วงชักได้ทุกตำแหน่งจากน้อยสุดจนถึงมากที่สุดตามที่ต้องการ

2.10 อุณหภูมิขณะใช้งาน ลมอัดที่สะอาด (ปราศจากความชื้น) สามารถทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง

2.11 ไม่ต้องใช้ท่อลมกลับ ลมอัดที่ใช้แล้วสามารถปลดทิ้งสู่บรรยากาศได้เลย ไม่จำเป็นต้องมีท่อนำกลับ

2.12 ข้อดีอื่นๆ ของอุปกรณ์นิวแมติกส์ กะทัดรัด ทนทาน น้ำหนักเบา และซ่อมแซมบำรุงรักษาได้ง่าย

3. ข้อเสียของลมอัด (Disadvantages of Compressed Air)

3.1 ลมอัดถูกอัดตัวได้ เหตุที่อากาศสามารถอัดตัวได้จะมีผลทำให้การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงาน(ลูกสูบ) ไม่สม่ำเสมอ

3.2 ลมอัดมีความชื้น ลมอัดถูกทำให้เย็นลง หลังจากการถูกอัดเข้าในถังเก็บ ซึ่งทำให้เกิดการกลั่นตัวของหยดน้ำภายในถังเก็บลม และ ท่อลมในวงจร

3.3 ลมอัดต้องการเนื้อที่มาก เนื่องจากความดันที่ใช้ในวงจรนิวแมติกส์ไม่สูงมากนัก ทำให้กระบอกสูบต้องมีขนาดใหญ่มาก ถ้าต้องการใช้แรงมากๆ

3.4 ลมอัดมีเสียงดัง เมื่อลมอัดที่ถูกระบายออกมาจากอุปกรณ์ทำงาน (ลูกสูบ) ไอเสียที่คายออกมจะทำให้เกิดเสียงดังมาก ดังนั้นจึงต้องใช้ตัวเก็บเสียง (Silencer)

3.5 ความดันของลมอัดของลมอัดจะเปลี่ยนแปลง ความดันของลมอัดจะเพิ่มขึ้น ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นและความดันจะลดลงถ้าอุณหภูมิต่ำลง

4. พื้นฐานทางฟิสิกส์ของนิวแมติกส์ (Physic Fundamentals of Pneumatics)

ในระบบนิวแมติกส์ที่กล่าวถึงจะมีความสัมพันธ์กันอยู่ระหว่าง แรง อุณหภูมิ ความดันและปริมาตร ดังนั้น กฎเบื้องต้นของนิวแมติกส์ ได้แก่ กฎการถ่ายความดันของปาสคาล (Pascal's Law) กฎ - ปริมาตร และกฎความดันของบอยล์ (Boyle's Law) ก่อนที่จะกล่าวถึงกฎต่างๆใครจะขอกกล่าวพื้นฐานทางฟิสิกส์ของระบบนิวแมติกส์เสียก่อน

4.1 ความดัน ความดันบรรยากาศในแต่ละแห่งของพื้นผิวโลก มีค่าแตกต่างกันตามสภาพของระดับความสูงของสภาพภูมิอากาศ แต่ปกติทั่วไปถือว่าความดันที่ระดับน้ำทะเลเป็นความดันบรรยากาศ การหาค่าความดันบรรยากาศเราสามารถหาได้จากเครื่องมือหลายชนิด เช่นเกจวัดความดันบาโรมิเตอร์หรือแมนอมิเตอร์

หน่วยวัดความดันทางเทคนิคโดยทั่วไป คือ กิโลปอนด์ / ตารางเซนติเมตร (kp / cm^2) หรือวัดเป็นบรรยากาศทางเทคนิค (at)

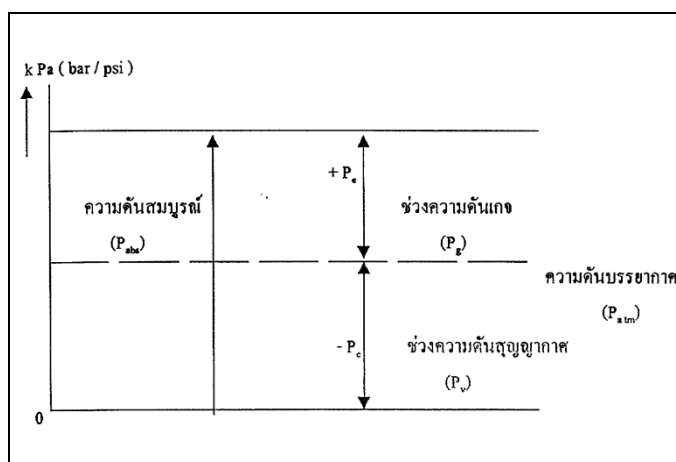
$$1 \text{ at} = 1 \text{kp} / \text{cm}^2 = 10 \text{ m ความสูงของน้ำ}$$

แต่หน่วยความดันที่นิยมใช้ในระบบ SI มีหน่วยดังนี้

$$1 \text{pa (ปาสคาล)} = 1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ bar}$$

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kp} / \text{cm}^2 = 1 \text{ bar}$$

เนื่องจากความดันสูงของระดับพื้นโลกในแต่ละท้องถิ่นมีค่าไม่เท่ากัน หากวัดความดันจาก 0 at ขึ้นไป จนถึงระดับความดันบรรยากาศ เรียกว่า ความดันสุญญากาศ (Vacuum) และเหนือความดันบรรยากาศขึ้นไป เรียกว่า ความดันเกจ (Gauge Pressure) ดังรูปที่ 2.1 เราสามารถหาค่าความดันสมบูรณ์ได้จากสมการต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 การอ่านค่าระดับความดันต่าง ๆ

ในกรณีที่ความดันที่อ่านจากเครื่องวัดสุญญากาศมีค่าเป็นบวก คือ ค่าความดันบรรยากาศบวกกับค่าความดันเกจจะเท่ากับค่าความดันสมบูรณ์ และถ้ากรณีที่ความดันที่อ่านจากเครื่องมือวัดสุญญากาศมีค่าเป็นลบ คือ ค่าความดันบรรยากาศลบกับค่าความดันเกจจะเท่ากับค่าความดันสมบูรณ์ โดยที่ความดันสมบูรณ์ คือ ความดันที่มีค่าเป็นศูนย์ที่สุญญากาศได้ใช้ตัวย่อ P_{abs} ความดันบรรยากาศ คือ ค่าความดันที่บรรยากาศ จะมีค่าเท่ากับ 1.013 บาร์ (ระบบ SI) 1.033 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร (ระบบเมตริก) 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (ระบบอังกฤษ) ใช้ตัวย่อ P_{atm} และ ความดันเกจ คือ ค่าความดันที่มีค่าเป็นศูนย์ที่ความดันบรรยากาศใช้ตัวย่อ P_g

4.2 ความชื้น คือ จำนวนปริมาณของน้ำที่ปะปนอยู่ในอากาศ จะสามารถรวมตัวและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาวะของอากาศในขณะนั้นๆ ค่าความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำลงและค่าความชื้นจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้ คือ ค่าความชื้นที่วัดได้หารกับค่าความชื้นสมบูรณ์จะเท่ากับค่าความชื้นสัมพัทธ์ โดยค่าความชื้นที่วัดได้ คือ การกลายเป็นไอของน้ำในปริมาตรและอุณหภูมิขณะนั้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ ค่าความชื้นสมบูรณ์ คือ จำนวนสูงสุดของการกลายเป็นไอที่อากาศสามารถรับไว้ได้จนถึงจุดอิ่มตัวมีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

4.3 อุณหภูมิ เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความร้อนของสารตัวกลางที่สภาวะต่างๆ หน่วยของอุณหภูมิในระบบ SI อุณหภูมิสมบูรณ์มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน (Kelvin ; K)

$$K = ^\circ C + 273$$

4.4 แรงจากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน จะให้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{แรง } \alpha \text{ (มวลสาร) } \times \text{ (ความเร็ว)}$$

$$\text{แรง} = (\text{ค่าคงที่}) \times (\text{มวลสาร}) \times (\text{ความเร็ว})$$

ในระบบ SI ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 1

$$\text{แรง} = (\text{มวลสาร}) \times (\text{ความเร็ว})$$

ในระบบ SI หน่วยของแรงมีหน่วยเป็นนิวตัน ใช้ตัวย่อ N

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m / sec}^2$$

ในการคำนวณทางเทคนิคใช้ค่าประมาณ $1 \text{ kp} = 1 \text{ N}$

5. กฎเบื้องต้นของลมอัด

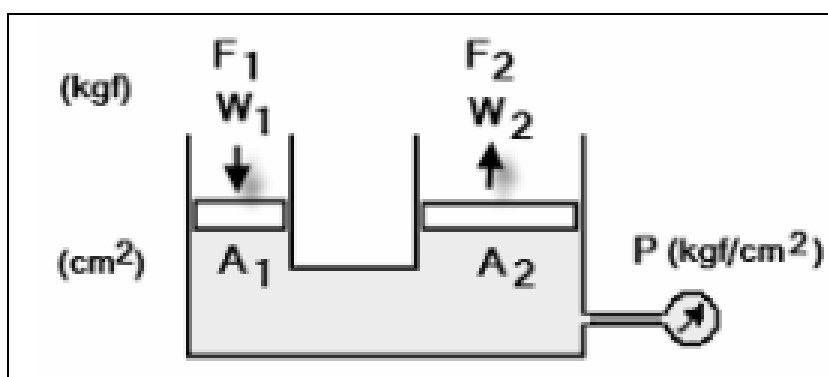
กฎเบื้องต้นของลมอัด ได้แก่ กฎการถ่ายเทความดันของปาสคาล และกฎปริมาตรและความดันของลมบอยล์

5.1 กฎของปาสคาล ที่กล่าวถึงการถ่ายเทความดันแบบไม่เคลื่อนที่ ซึ่งปาสคาลได้ทดลองพิสูจน์ให้เห็นจริงและได้สรุปเป็นกฎว่า เมื่อทำให้เกิดความดันต่อของไหลที่อยู่ในภาชนะปิดจะเกิดแรงกระทำจากของไหลต่อทุกๆส่วนของผิวภาชนะในแนวตั้งฉากตามรูปที่ 2.2 กำหนดให้แรง F_1 กดลงบนลูกสูบซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A_1 จะเกิดการถ่ายแรง F_2 ขึ้นที่ลูกสูบซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A_2 จะได้ว่า

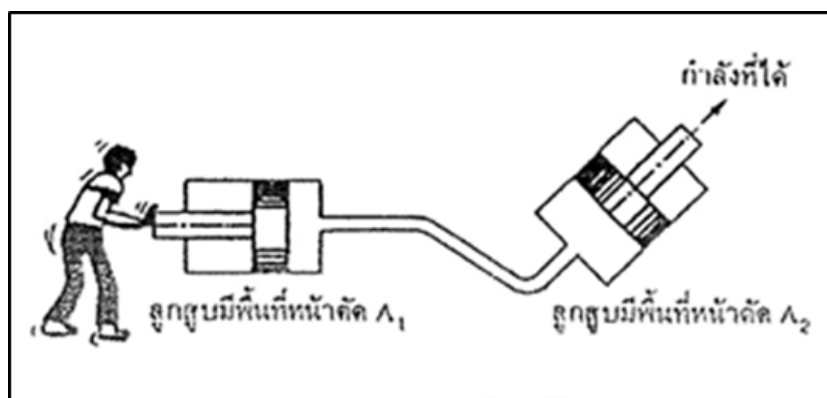
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} = P \text{ N/m}^2$$

$$\therefore F_2 = F_1 \times \frac{A_2}{A_1}$$

ถ้าพื้นที่หน้าตัด A_1 น้อยกว่า A_2 แรง F_1 จะน้อยกว่า F_2



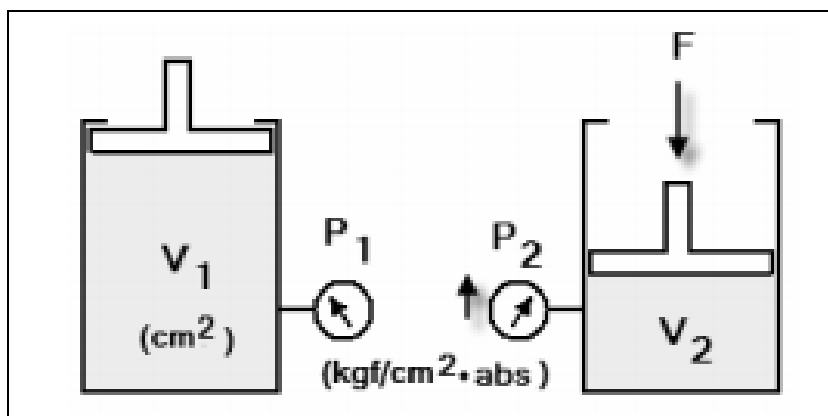
รูปที่ 2.2 กฎของปาสกาล



รูปที่ 2.3 การถ่ายทอดแรง

จากกฎของปาสกาลแสดงให้เห็นได้ ดังรูปที่ 2.3 เมื่อชายคนหนึ่งผลักลูกสูบมีพื้นที่หน้าตัด A_1 (เช่นเดียวกับเครื่องอัดลมในท่อลม) ทำให้ลูกสูบที่มีพื้นที่หน้าตัด A_2 เคลื่อนที่ (เช่นเดียวกับการทำงานของกระบอกสูบเมื่อป้อนลมอัดเข้าไป)

5.2 กฎของบอยล์ กฎนี้ได้กล่าวไว้ว่า ณ ที่อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะเปลี่ยนแปลงเป็นอัตราส่วนผกผันกับความดันก๊าซนั้น ตามรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงการที่ลูกสูบของกระบอกสูบ ซึ่งมีก๊าซบรรจุภายในปริมาตรก๊าซจะลดลงในขณะที่ความดันก๊าซเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.4 ปริมาตรและความดันตามกฎของบอยล์

5.3 กฎของเกย์ลูสแซก กล่าวไว้ว่า ถ้าปริมาตรคงที่ในขณะที่ก๊าซหรืออากาศจำนวนหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ ความดันจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสมบูรณ์ สามารถเขียน สมการได้ดังนี้

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

หรือ

$$\frac{T_1}{P_1} = \frac{T_2}{P_2}$$

$$\frac{T}{V} = \text{ค่าคงที่}$$

ถ้านำเอากฎของบอยล์และกฎของเกย์ลูสแซกรวมเข้าด้วยกัน สภาพของก๊าซหรืออากาศนี้เรียกว่า ไอdeal ก๊าซ ซึ่งเป็นการรวมสูตรของก๊าซโดยทั่วไป สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

หรือ

$$\frac{PV}{T} = \text{ค่าคงที่}$$

$$\therefore PV = mRT \quad (2.1)$$

เมื่อ	P	คือ	ความดันของอากาศ (bar)
	V	คือ	ปริมาตรของอากาศ (m^3)
	m	คือ	มวลอากาศ (kg)
	R	คือ	ค่าคงที่ของก๊าซ ($kJ / kg K$)
	T	คือ	อุณหภูมิของอากาศ (K)

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ทำให้ปริมาตรของอากาศเปลี่ยนไปจากเดิม เช่น ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 K ปริมาตรของอากาศเปลี่ยนไป $1 / 273$ เท่าของปริมาตรเดิม โดยมีเงื่อนไขว่าจะต้องมีความดันคงที่สามารถสรุปสูตรได้ดังนี้

$$V_2 = V_1 + \frac{V_1}{273}(T_2 - T_1) \quad (2.2)$$

V_1 คือ ปริมาตรของอากาศที่อุณหภูมิ T_1

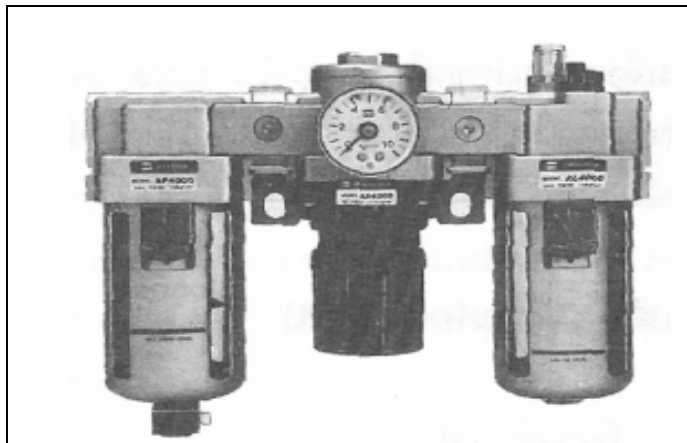
V_2 คือ ปริมาตรของอากาศที่อุณหภูมิ T_2

อากาศในบรรยากาศมีสถานะเป็นก๊าซ ประกอบไปด้วยก๊าซไนโตรเจน ประมาณ 78% และก๊าซออกซิเจน 20% และ อีก 2% เป็นพวกก๊าซเฉื่อย ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยปริมาตร อุณหภูมิแต่ละช่วงของบรรยากาศมีอิทธิพลต่อลมอัดมาก นอกจากนี้ความชื้นในบรรยากาศก็มีผลต่ออุปกรณ์ของลมอัดเช่น (โดยปกติความชื้นของน้ำที่อยู่ในบรรยากาศมีประมาณ 1% โดยน้ำหนัก)

6. การเตรียมลมอัด (ปานเพชรและคณะ , 2535 : 45 - 53)

6.1 ชุดปรับปรุงคุณภาพลมอัด เนื่องจากในระบบนิวแมติกส์ ลมอัดถือว่าเป็นสารตัวกลางที่ต้องใช้ในการทำงานเพื่อไปดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ อากาศที่ส่งเข้าไปในระบบนิวแมติกส์จะต้องผ่านทางท่อทาง อุปกรณ์และลิ้นควบคุมต่างๆ มาอัดที่จะนำไปใช้งานจึงต้องปราศจากสิ่งสกปรกต่างๆ และปราศจากน้ำด้วยจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมียูนิทที่ทำหน้าที่ในการกรองฝุ่นและน้ำออกจากลมอัดก่อน ถึงแม้ว่าใน โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะมีเครื่องกำจัดน้ำออกจากลมอัดบ้างแล้วก็ตามแต่ไม่สามารถกำจัดได้ร้อยเปอร์เซ็นต์ จึงจำเป็นที่จะต้องมียูนิทปรับปรุงคุณภาพลมอัด (Service Unit) ก่อนเข้าเครื่องจักรอีกทีหนึ่ง ก่อน สำหรับอุปกรณ์ของเครื่องจักรบางประเภทจำเป็นจะต้องมีการหล่อลื่น ก็ต้องติดอุปกรณ์ช่วยการหล่อลื่นด้วย ซึ่งอุปกรณ์ชุดปรับปรุงคุณภาพประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้กรองเศษฝุ่นผง น้ำ เรียกว่า ฟิวเตอร์ (Filter) อุปกรณ์ที่ใช้ปรับหรือควบคุมความดันใน

ระบบลมเรียกว่า เรกกูเลเตอร์ (Regulator) อุปกรณ์ที่ช่วยในการหล่อลื่น ภายในระบบลมนั้น เรียกว่า ลูบริเคเตอร์ (Lubricator)



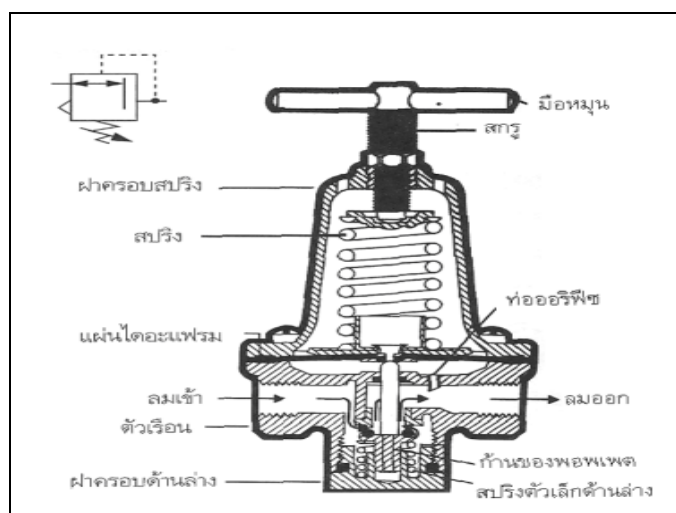
รูปที่ 2.5 ชุดปรับปรุงคุณภาพลมอัด

ฟیلเตอร์หรือตัวกรอง ทำหน้าที่กรองเศษผง และน้ำ ลมอัดจะผ่านเข้ามาทางซ้ายมือลมอัดที่เข้ามานี้จะมีความดันและไหลผ่านลงไปในตัวกรองที่เป็นรูปกรวย ทำให้ลมอัดวังหมุนวน เพื่อเหวี่ยงที่จะฝุ่นละออง และน้ำที่ปนมากับลมอัดออก น้ำจะตกลงด้านล่างของถ้วย ส่วนฝุ่นละอองจะตกค้างอยู่ที่ไส้กรอง ปล่อยให้อากาศให้อากาศที่สะอาดไหลผ่านออกไปใช้งาน ด้านล่างจะมีแป้นเพื่อจะให้ลมมาปะทะ เป็นการดักสิ่งสกปรกที่ปนมากับลมอัดออก ตัวกรองที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป ยังจำแนกออกเป็น 3 ประเภท คือ ตัวกรองก่อนเข้าเครื่องจักร ตัวกรองเมนและตัวกรองชนิดกำจัดน้ำมันรวมทั้งน้ำมันดิน

6.2 วาล์วลดความดันลมอัด บางครั้งเรียกว่า เรกกูเลเตอร์ (Regulator) ปกติเครื่องอัดลมจะป้อนลมอัดให้มีค่าความดันสูงกว่าระดับของความดันใช้งาน ดังนั้น วาล์วลดความดันจึงมีหน้าที่ปรับความดันให้ค่าความดันของลมอัดมีความดันเท่ากับความดันใช้งานในระบบนิวแมติกส์ หากไม่ลดความดันก่อนที่จะนำไปใช้งาน อุปกรณ์ต่างๆ จะเกิดปัญหาในการทำงานขึ้นมา เช่น การทำงานของวงจรเกิดการผิดพลาด อุปกรณ์นิวแมติกส์อาจเกิดการชำรุดเสียหายหรืออาจทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์นิวแมติกส์มีอายุการใช้งานสั้นลง จากเหตุผลดังกล่าวแล้วจึงจำเป็นที่จะต้องเลือกวาล์วปรับลดความดันให้เหมาะสมกับการใช้งาน

การทำงานของวาล์วลดความดันแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ชนิดที่ใช้แรงดันของสปริงสมดุลกับแรงดันในระบบ ดังรูปที่ 2.6 และชนิดใช้ความดันสมดุลทั้งสองข้างดังรูปที่ 2.7 และ ชนิดที่ใช้แรงดันของสปริงสมดุลกับแรงดันในระบบ การทำงานเมื่อหมุนมือหมุน จะ

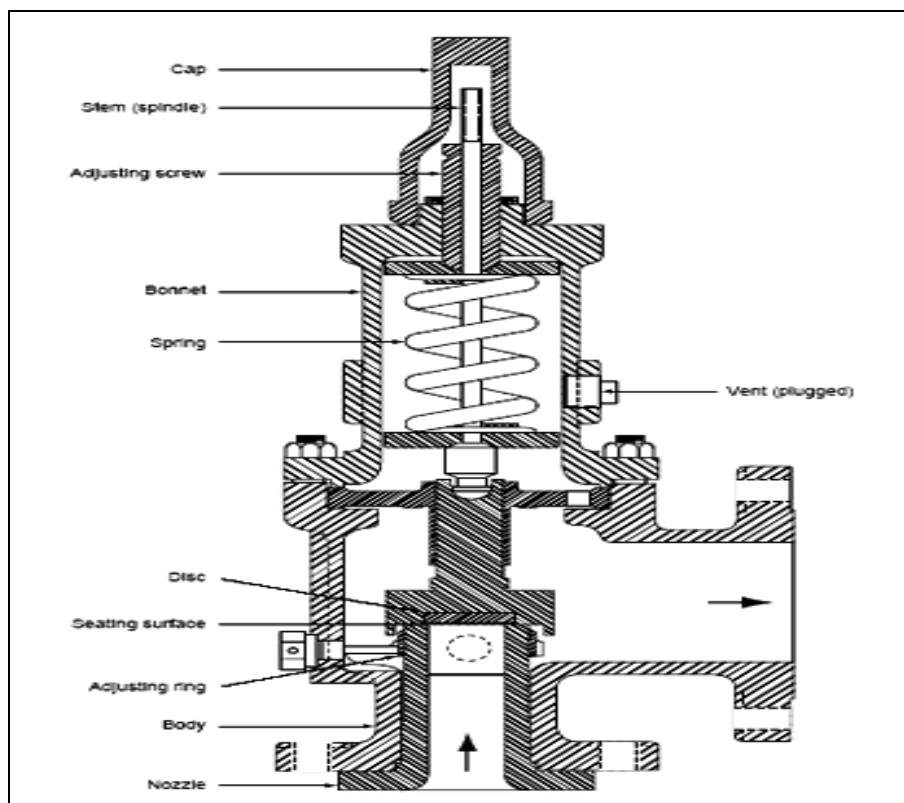
กดสปริงปรับความดันและจะส่งแรงถ่ายทอดไปเปิดวาล์วให้ลมจากทางไหลเข้า ไหลผ่านห้องลมได้แผ่นไดอะแฟรมออกไปทางด้านใช้งาน เมื่อความดันสูงถึงระดับที่ตั้งไว้ ลมอัดทางด้านส่งออกไปใช้งานจะมีความดันย้อนกลับมากกระทำกับแผ่นไดอะแฟรม ทำให้เกิดแรงยกขึ้นจนกระทั่งแรงที่เกิดขึ้นสูงพอชนะแรงดันของสปริง แผ่นไดอะแฟรมเลื่อนขึ้นจากระดับเดิมทำให้วาล์วปิดบ่าวาล์วไม่ให้ลมไหลผ่านวาล์วไปได้ จนกระทั่งความดันที่ใช้งานในระบบต่ำกว่าความดันที่กำหนดแล้ว แผ่นไดอะแฟรมก็จะเลื่อนลงมาอีกครั้งหนึ่ง ทำให้วาล์วปิดบ่าวาล์วให้ลมผ่านไปอีกจะทำงานเช่นนี้สลับไปมา วาล์วลดความดันชนิดใช้แรงดันของสปริงสมดุลกับแรงดันในระบบยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือชนิดไม่ระบายลมทิ้ง (ดังรูปที่ 2.6) เหมาะกับงานที่ใช้วาล์วลดความดันกับก๊าซอะเซทิลีน เป็นต้น ส่วนอีกชนิดเป็นแบบที่ระบายลมทิ้ง แต่เปลี่ยนโครงสร้างของวาล์วในวงกลมไปใส่แทนที่เหมาะสมกับงานที่ใช้ระบบลมอัดทั่วไป



รูปที่ 2.6 วาล์วลดความดันชนิดที่ใช้แรงดันของสปริงสมดุลกับแรงดันในระบบ

ชนิดที่ใช้ความดันสมดุลทั้งสองข้าง วาล์วชนิดนี้การทำงานจะมาใช้แรงดันของสปริงไปเปิดทางลมให้ ลมที่ไหลจากทางเข้าผ่านไปทางด้านออกได้โดยตรง แต่ว่าใช้ลมในทางด้านเข้าไปกดแผ่นไดอะแฟรมด้านล่าง โดยผ่านวาล์วชนิดป๊อปเปดที่แรงสปริงปรับความดันกดให้เปิดอยู่เมื่อปริมาณลมไหลผ่านเข้ามาเต็มห้องไดอะแฟรมกระทั่งแรงกระทำเกิดขึ้นพอที่กดให้แผ่นไดอะแฟรมเคลื่อนลง ลมจากทางเข้าจะไหลออกไปยังทางออกได้ เมื่อเกิดความดันย้อนกลับ ลมจะไหลผ่านทางด้านล่างของแผ่นไดอะแฟรมด้านข้างออกไปใช้งาน ทำให้เกิดแรงกระทำกับแผ่นไดอะแฟรมด้านล่าง ถ้าแรงของแผ่นไดอะแฟรม ด้านล่างมีแรงกระทำสูงกว่าด้านบน แผ่นไดอะแฟรมจะถูกยกขึ้นทำให้บ่าวาล์วที่จ่ายลมปิดไม่ยอมให้ลมไหลผ่านไป ได้ ซึ่งทำงานเช่นนี้สลับ

ไปมาว่าลวชนิดนี้มีข้อดีที่ความดันในระบบเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งค่าความดันค่อนข้างจะละเอียดกว่าแบบแรก



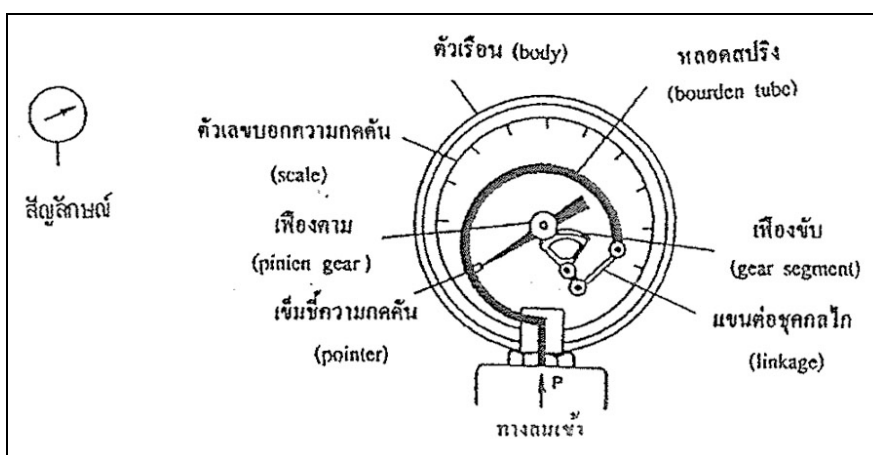
รูปที่ 2.7 วาล์วลดความดันชนิดที่ใช้แรงดันสมดุลทั้งสองข้าง

6.3 เกจวัดความดัน (Pressure Gauge) (ประวัติ 2540 : 72 – 73)

จะทำหน้าที่วัดความดันในระบบนิวแมติกส์ ตำแหน่งที่ติดตั้งจากชุดควบคุมลมอัด (ทางด้านใช้งาน) และติดตั้งบนถังลมแสดงความกดดันในลม

ลักษณะการสร้างของเกจวัดความกดดัน จะทำให้จากหลอดสปริงที่มีลักษณะเป็นเขตพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมกลวง (ขอบมน) ปลายข้างหนึ่งต่อมาจากท่อหรือข้อต่อความกดดัน ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งปิดตายและต่อกับชุดกลไก ดังรูปที่ 2.8

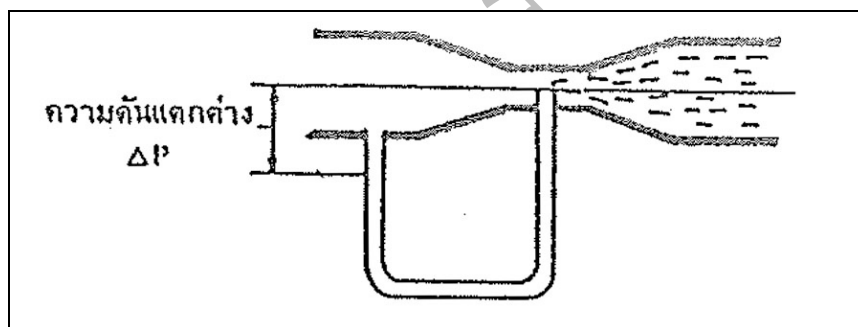
หลักการทำงาน โดยอาศัยการยืดตัวของหลอดสปริงที่ปลายหลอดสปริง นำชุดกลไกมาต่อรวมกัน มีผลทำให้ชุดกลไกทำงานด้วยกัน (การยืดตัวของหลอดสปริงได้เพราะพื้นที่ด้านโค้งบนและด้านล่างแตกต่างกัน) ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เกจวัดความดัน

6.4 อุปกรณ์หล่อลื่นลมอัด (ปานเพชร , 2 : 2535 : 54 - 71)

ในการทำงานของอุปกรณ์นิวแมติกส์ จะมีการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นและการเคลื่อนที่นี้ ชิ้นส่วนของอุปกรณ์จะมีการเสียดสี ซึ่งเป็นสาเหตุของการสึกหรอ ผู้ที่ออกแบบพยายามคิดค้นวิธีการป้องกันการสึกหรอโดยใช้การผสมน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปกับลมอัดอาศัยหลักการทำให้เกิดความเร็วแตกต่างกันบริเวณคอขวด ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การเกิดละอองฝอยของน้ำมันหล่อลื่น

การเปลี่ยนแปลงความเร็วนี้ทำให้ความดันแตกต่างด้วย จึงทำให้การดูดน้ำมันขึ้นผสมกับลมอัดในลักษณะการเกิดเป็นละอองฝอย นอกจากนั้นผู้ออกแบบอุปกรณ์นิวแมติกส์ที่ไม่จำเป็นต้องหล่อลื่น โดยจะใช้วัสดุจำพวกเทอร์โมพลาสติกมาสร้างเป็นชิ้นส่วนของอุปกรณ์ดังในงานบางประเภทก็ห้ามมีน้ำมันผสมกับลมอัดเลยเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันและจาระบีปะปนเข้าไปในขบวนการผลิต ได้แก่ เครื่องจักรในการผลิตอาหาร เครื่องจักรอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องจักรในการผลิตเคมีภัณฑ์ต่าง

การบำรุงรักษาชุดควบคุมและปรับปรุงคุณภาพลมอัด (Maintenance of Service Unit) สิ่งที่ต้องปฏิบัติในการบำรุงรักษาอยู่เป็นประจำ

1. ชุดกรองลมอัด

- ตรวจสอบระดับน้ำในกระเปาะทุกวัน ไม่ให้สูงเกินกว่าขีดที่กำหนด
- ใส้กรองอากาศจะต้องทำงานสม่ำเสมอ ตามระยะเวลาที่ผู้ผลิตกำหนด
- กระเปาะและชิ้นส่วนภายในที่ทำเป็นพลาสติก ห้ามนำไปล้างทำความสะอาดด้วยสาร

ที่ทำลายพลาสติก

2. ชุดควบคุมความกดดัน อุปกรณ์ชนิดนี้ไม่จำเป็นต้องบำรุงรักษา ถ้าหากติดตั้งต่อจากชุดหม้อกรองลมอัด

3. เกจวัดความกดดัน

- อย่าตั้งความกดดันสูงเกินขีดที่กำหนดให้
- ก่อนจะจ่ายลมผ่านเข้าไปในวงจรนั้น ควรคลายสกรูตัวตั้งความดัน ให้ต่ำสุดก่อน แล้วค่อยๆปรับเพิ่มขึ้นจนถึงค่าที่ต้องการเพื่อป้องกันการระเบิดกระแทกของเข็มวัดแล้วชุดกลไกภายใน

4. ชุดผสมละอองน้ำมันหล่อลื่น

- ตรวจสอบระดับน้ำมันภายในกระเปาะเป็นประจำและเติมน้ำมันให้ได้ระดับที่ต้องการเสมอ

- น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ SAE 10 หรือเบอร์ที่ผู้ผลิตแนะนำ
- เมื่อมีน้ำผสมเข้ากับน้ำมันหล่อลื่นในกระเปาะ น้ำมันจะเปลี่ยนเป็นสีขุ่นขาว หรือ สีเทาให้รีบล้าง และ เปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นใหม่ทันที

7. วัสดุที่ใช้ทำท่อลมสำหรับเครื่องจักรนิวแมติกส์

มักนิยมใช้ท่ออ่อนที่ทำมาจากพวก ในล่อนหรือวัสดุอื่นๆ เพื่อใช้ในการต่อเชื่อมโยงระหว่างวาล์วต่างๆกับลูกสูบ ข้อดีของท่ออ่อน คือต่อได้ง่าย ราคาถูก สะดวกต่อการติดตั้ง ง่ายต่อการบำรุงรักษา และท่อแบบนี้เหมาะกับงานที่มีการเคลื่อนไหวไปมาสามารถถอดและใส่ได้สะดวก วัสดุที่ใช้ในการทำท่ออ่อนมีหลายประเภทและแต่ละประเภทต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงาน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

7.1 Nylon E, 11, 12 ซึ่งเป็นท่อลมที่ใช้กับเครื่องจักรนิวแมติกส์ทั่วไป ประมาณ 80% นิยมใช้วัสดุประเภทนี้ในการทำ แต่ Nylon 6 จะอ่อนเกินไป

7.2 Polyctnyline วัสดุอุปกรณ์ประเภทนี้วงการอุตสาหกรรมนิวแมติกส์โดยทั่วไปนิยมใช้ประมาณ 12 %

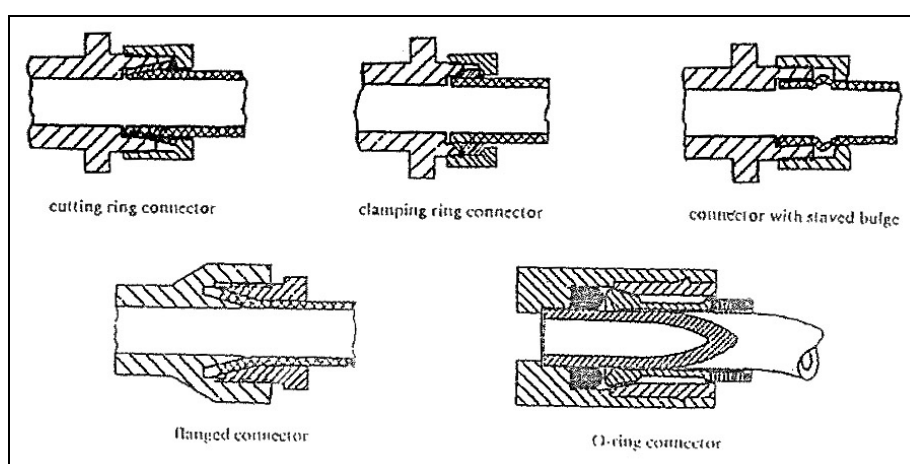
7.3 Polyurethane วัสดุประเภทนี้จะเป็นท่อจ่ายลมอัดที่ ทนความอัดได้เพียง 6 ถึง 7 บาร์ เท่านั้น ซึ่งไม่ค่อยปลอดภัยนักในการทำงานสำหรับงานอุตสาหกรรมที่ใช้ระบบนิวแมติกส์ ความนิยมวัสดุประเภทนี้ใช้ประมาณ 80 %

7.4 Teflon วัสดุประเภทนี้จะใช้กับงานอุตสาหกรรมประเภทอาหารและยา ในประเทศที่เจริญแล้วจะบังคับให้ใช้วัสดุประเภทนี้ในการใช้งาน

สีของท่อส่งลมอัดแบบท่ออ่อนมีอยู่หลายสีด้วยกัน เช่น สีขาวธรรมชาติ ดำ น้ำเงิน แดง เขียว เหลือง โดยทั่วไปในเครื่องจักรนิวแมติกส์ใช้ท่อที่มีสีแดงสำหรับท่อที่มีความดันสูง ท่อสีขาวมักจะมีการใช้งานสั้นกว่าสีอื่น อาจเกิดรังสีที่มีอยู่ในอากาศ

8. ลักษณะข้อต่อลม

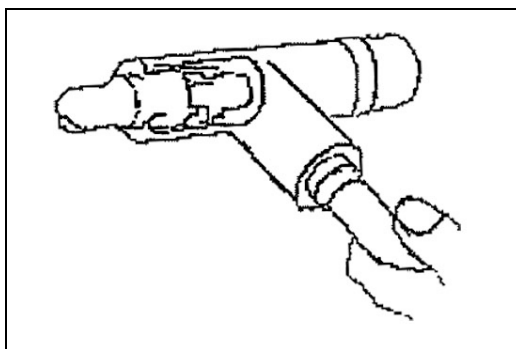
ข้อต่อที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์มีการออกแบบอยู่หลายลักษณะแล้วแต่ผู้ที่จะเลือกใช้ แต่ทุกๆแบบมีความสะดวกในการประกอบพอๆกัน



รูปที่ 2.10 ลักษณะข้อต่อลมชนิดต่างๆ

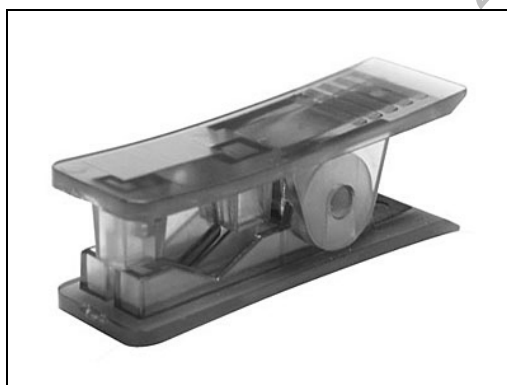
9. การต่อสายลมเข้าอุปกรณ์นิวแมติกส์

การต่อสายลมเข้ากับข้อต่อลม ถ้าการเสียบสายไม่ถูกต้องหรือเสียบไม่สุดจะทำให้เกิดอันตรายสายลมอาจหลุดจากหัวเสียบทำให้เหวี่ยงไปมาได้ การเสียบสายลมควรทำดังรูปที่ 2.11



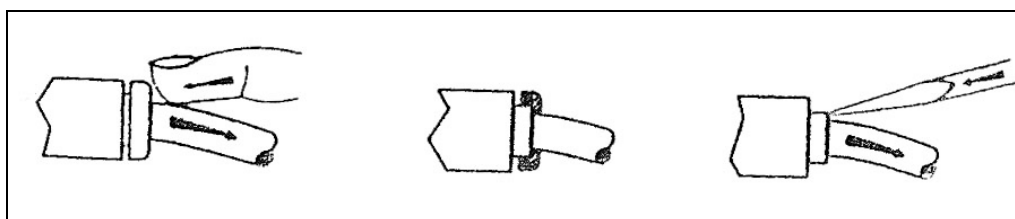
รูปที่ 2.11 ลักษณะการเสียบสายลมเข้ากับข้อต่อ

การตัดสายลมนั้นก็ควรตัดให้ตรง ไม่ควรใช้ มีด คัตเตอร์ กรรไกร เพราะจะทำให้การตัดนั้นไม่ตรงอาจจะทำให้ลมรั่วได้ ในการตัดสายลมนั้นมักจะใช้เครื่องมือในการตัดสาย ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 เครื่องมือที่ใช้ในการตัด

สำหรับการถอดสายลมนั้นมีวิธีการถอด คือ ต้องใช้นิ้วกดลงไปที่ยางแหวนรอบสายแล้วดึงสายลมออกวิธีแบบนี้จะพบในเครื่องมือนิวแมติกส์ที่ใช้กับการฝึกหัดหรือแบบทดสอบ แต่สำหรับในเครื่องจักรนิวแมติกส์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมแล้วมักไม่มีวงแหวนอยู่โดยรอบ ดังนั้นการถอดออกจึงใช้ไขควงกดที่ขอบหัวต่อสายแล้วจึงดึงสายลมออก



รูปที่ 2.13 การถอดสายลม

10. ลักษณะการไหลของลมอัดที่ผ่านวาล์ว

การหาปริมาณการไหลโดยคิดจากพื้นที่หน้าตัดใช้งานจริง

$$\begin{aligned}
 \text{เมื่อ} \quad P_1 &\geq 1.89 P_2 \\
 Q &= 11.1 S P_1 \\
 \text{เมื่อ} \quad P_1 &\leq 1.89 P_2 \\
 Q &= 22.2 S \sqrt{P_1 (P_1 - P_2)} \quad (2.3)
 \end{aligned}$$

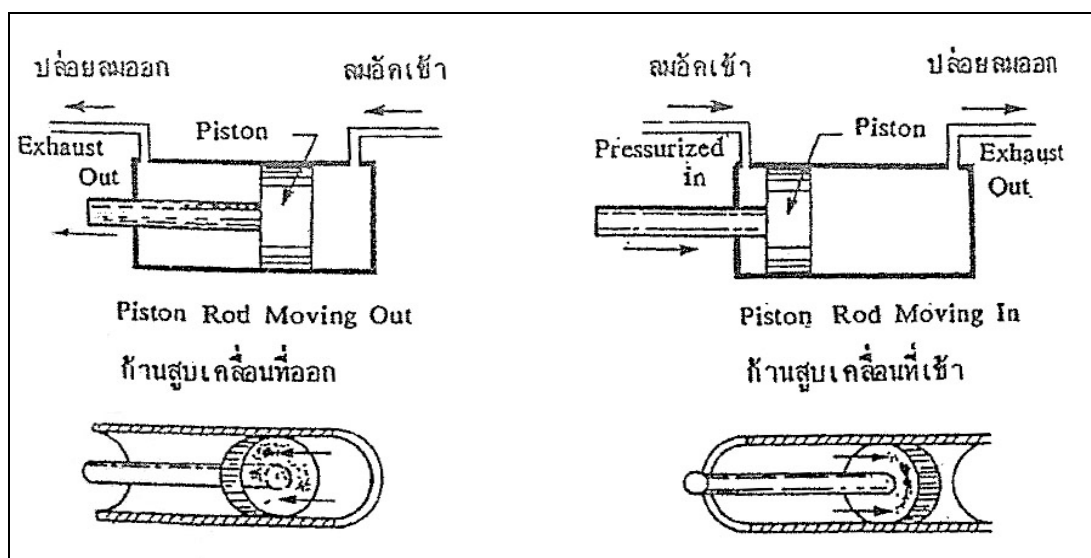
โดยที่

- Q คือ ปริมาณการไหลแปลงเป็นความดันบรรยากาศ (l/min)
- P_1 คือ ความดันสัมบูรณ์ทางด้านเข้า (kgf/cm² สัมบูรณ์)
- P_2 คือ ความดันสัมบูรณ์ทางด้านออก (kgf/cm² สัมบูรณ์)
- S คือ พื้นที่หน้าตัดใช้งานจริง (mm²)

11. อุปกรณ์การทำงานของระบบนิวเมติกส์ (ปานเพรช, 2535 : 78 – 117)

11.1 กระบอกสูบลมทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดเป็นงานกล ลักษณะการเคลื่อนที่เป็น การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงในสมัยก่อนที่ถูกสูบจะเข้ามามีบทบาทในงานอุตสาหกรรมยังใช้ ทาง กลไก และทางไฟฟ้ามีความยุ่งยากในการควบคุม และปัญหาของช่วงชักจำกัด ดังนั้นใน อุตสาหกรรมสมัยใหม่จึงมีการพัฒนาลูกสูบลมมาใช้งานจนถึงปัจจุบันตัวกระบอกสูบมักจะทำด้วย ท่อชนิดที่ไม่มีตะเข็บ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม ทองเหลือง สแตนเลส ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ใช้ ภายในท่อจะต้องเจียรนัยให้เรียบ เพื่อลดการสึกหรอของซิลที่จะเกิดขึ้นและยังลดแรงเสียดทาน ภายในกระบอกสูบอีกด้วย ตัวฝาสูบทั้งสองด้านส่วนใหญ่นิยมการหล่อขึ้นรูปบางแบบอาจใช้การ อัดขึ้นรูป การยึดตัวกระบอกสูบเข้ากับฝาอาจใช้เกลียวขันให้เหมาะสำหรับกระบอกสูบที่มีเส้น ผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 25 มิลลิเมตรลงมา ถ้าหากโตกว่านี้นิยมใช้สกรูร้อยขันรัดหัวท้ายไว้ สำหรับ ก้านสูบทำด้วยสแตนเลสหรือเหล็กชุบผิวโครเมียม เกลียวปลายก้านสูบจะทำด้วยกรรมวิธีรัดขึ้นรูป

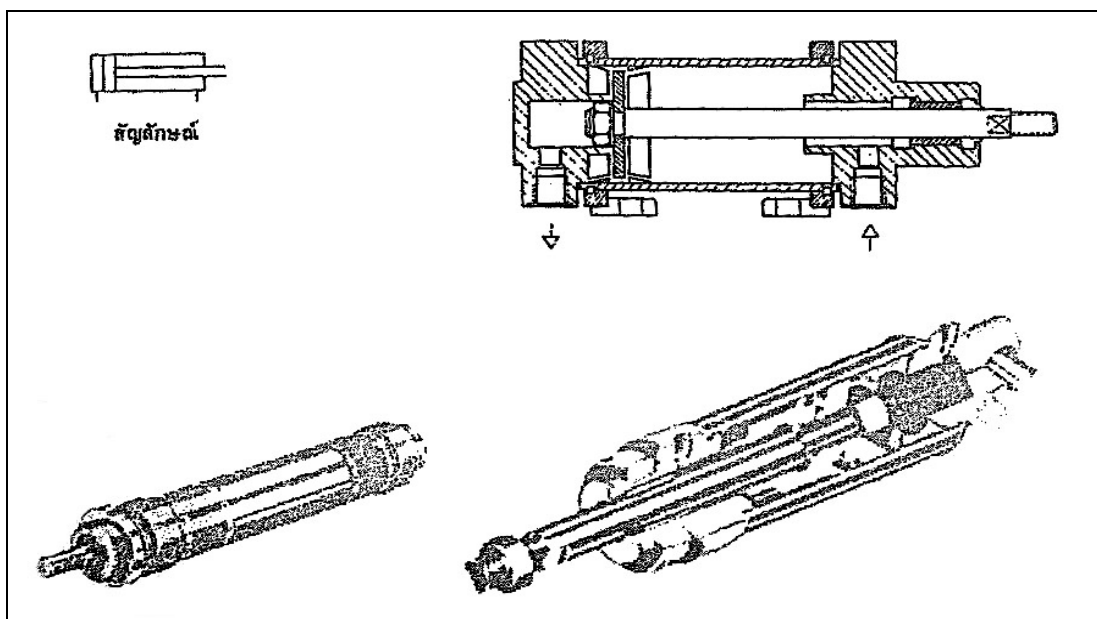
หลักการทํางาน ลูกสูบและก้านสูบในกระบอกสูบทํางานได้ โดยป้อนลมอัดเข้าด้านหนึ่งของกระบอกสูบ (ด้านหัวลูกสูบ) ดันให้ลูกสูบและก้านสูบเคลื่อนที่ ดังในรูปที่ 2.14 ขณะเดียวกันต้องการให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า ป้อนลมอัดเข้ากระบอกสูบทางด้านก้านสูบ ลูกสูบจะกลับเข้าที่เดิม



รูปที่ 2.14 การทํางานของลูกสูบและก้านสูบในกระบอกสูบ

ในปัจจุบันได้มีการนำกระบอกสูบลมแบบต่างๆ มาใช้ในงานอุตสาหกรรม ซึ่งแต่ละแบบมีลักษณะการทํางานและการนำไปใช้งานแตกต่างกันไปดังต่อไปนี้

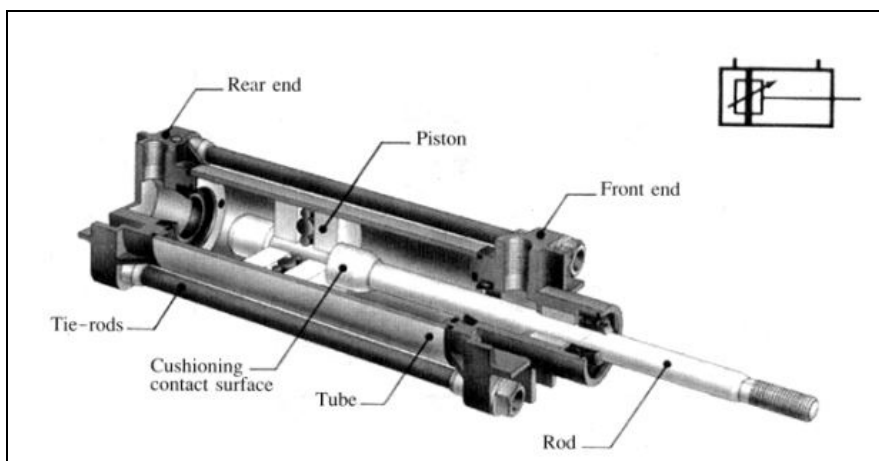
11.2 กระบอกสูบลมชนิดทํางานสองทาง จะใช้ลมดันหัวลูกสูบทั้งตอนเคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่เข้า ทำให้ได้แรงทั้งสองทิศทาง เหมาะกับงานที่ต้องการใช้แรงในตอนลูกสูบเลื่อนออกและเลื่อนเข้า รวมทั้งลักษณะงานที่ต้องการช่วงชักยาว ปัญหาที่เกิดขึ้นในกรณีช่วงชักยาวเกินไปจะทำให้ก้านสูบชนเกิดการโก่งงอได้ ดังนั้นช่วงชักของกระบอกสูบแบบนี้ต้องมีคํานวณหาระยะช่วงชักที่อนุญาตให้ใช้งานได้ ซึ่งจะกล่าวในตอนท้ายของบทนี้ นอกจากปัญหาดังกล่าวถ้ากระบอกสูบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตเกินไปจะทำให้เกิดความสั่นเปลืองลมมาก



รูปที่ 2.15 ลักษณะของกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง

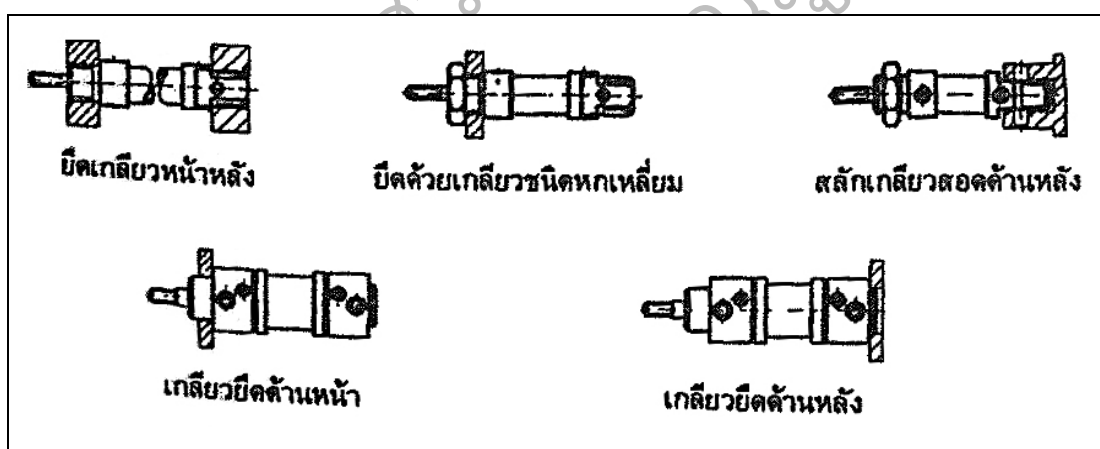
ลักษณะของกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางที่ใช้การอุสาหกรรมมีอยู่หลายชนิด เช่น กระบอกสูบลมชนิดที่ไม่มีเบาะลมนั้นกระแทก กระบอกสูบลมแบบนี้เป็นกระบอกสูบลมที่มี ราคา ถูกเหมาะกับงานที่ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่มากนัก ถ้านำไปใช้กับงานที่มีการเคลื่อนเร็วจะทำให้ในปลายช่วงชักตอนกลับสุดของลูกสูบเกิดการกระแทกกับผนังหัวท้ายของกระบอกสูบทำให้เกิดความเสียหายได้

กระบอกสูบลมชนิดที่มีเบาะกันกระแทก ถูกสร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาของกระบอกสูบลมชนิดที่ไม่มีเบาะลมนั้นกระแทกเบาะกันกระแทกมีไว้เพื่อช่วยลดความเร็ว หรือลดอัตราหน่วยของลูกสูบ เมื่อสุดระยะชัก เป็นการป้องกันการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างลูกสูบกับผนังหัวท้ายของกระบอกสูบโดยการปรับสกรูกันกระแทกที่ติดตั้งไว้ที่หัวท้ายของกระบอกสูบ เมื่อหัวลูกสูบเข้าถึงเบาะกันกระแทก ลมที่ถูกกระบายทิ้งจะผ่านออกไปได้ยากมากต้องผ่านสกรูปรับกันกระแทกได้ทางเดียวเท่านั้น ทำให้เกิดความดันด้านกลับ ในทำนองเดียวกันถ้าลูกสูบเคลื่อนที่ช้าลงเนื่องจากความดันด้านกลับ ในทำนองเดียวกันเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่กลับเมื่อใกล้สุดระยะชักเข้าก็จะเกิดอาการเช่นเดียวกันขึ้น โดยทั่วไประยะกันกระแทกจะอยู่ประมาณ 10 ถึง 30 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางระยะชักของกระบอกสูบ

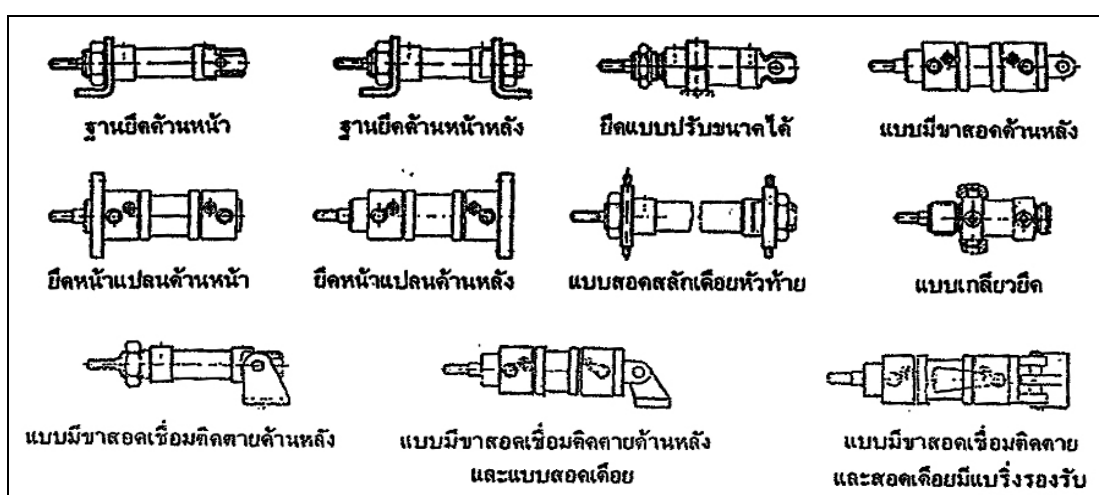


รูปที่ 2.16 ลักษณะของกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางมีเบาะกันกระแทก

11.3 ลักษณะการจับยึดกระบอกสูบ การนำเอากระบอกสูบลมไปติดตั้งกับเครื่องจักรที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์ไปบังคับในการทำงานมีการจับยึด 2 วิธี คือ การจับยึดโดยใช้สกรู และการจับยึดโดยใช้ตัวจับยึดตามลักษณะของงาน



รูปที่ 2.17 ลักษณะการจับยึดกระบอกสูบโดยใช้สกรู



รูปที่ 2.18 ลักษณะการจับยึดกระบอกลูกสูบโดยใช้ตัวจับยึดตามลักษณะงาน

11.4 การเลือกขนาดกระบอกลูกสูบ การเลือกขนาดของกระบอกลูกสูบให้มีขนาดพอที่เหมาะสมกับงานในระบบนิวเมติกส์มีองค์ประกอบในการพิจารณาอยู่หลายประการด้วยกัน เช่น

1. ความดันของลมที่ใช้ในระบบ
2. น้ำหนักของงานที่กระบอกลูกสูบจะต้องไปกระทำ
3. ความยาวของช่วงชักของก้านสูบที่จะรับภาระ
4. ความเร็วของลูกสูบที่ต้องการใช้
5. ลักษณะงานที่จะนำกระบอกลูกสูบไปใช้งาน

11.5 การคำนวณหาขนาดของกระบอกลูกสูบลม แรงที่ได้รับจากลูกสูบเพื่อไปดันก้านสูบไปกระทำกับโหลดให้เคลื่อนที่จะขึ้นอยู่กับความดันลมที่ใช้ เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบและแรงเสียดทานของซีลที่กระทำต่อกระบอกลูกสูบ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการตามกฎของปาสคาล

$$F_{th} = 10 (A \times P) \quad (2.4)$$

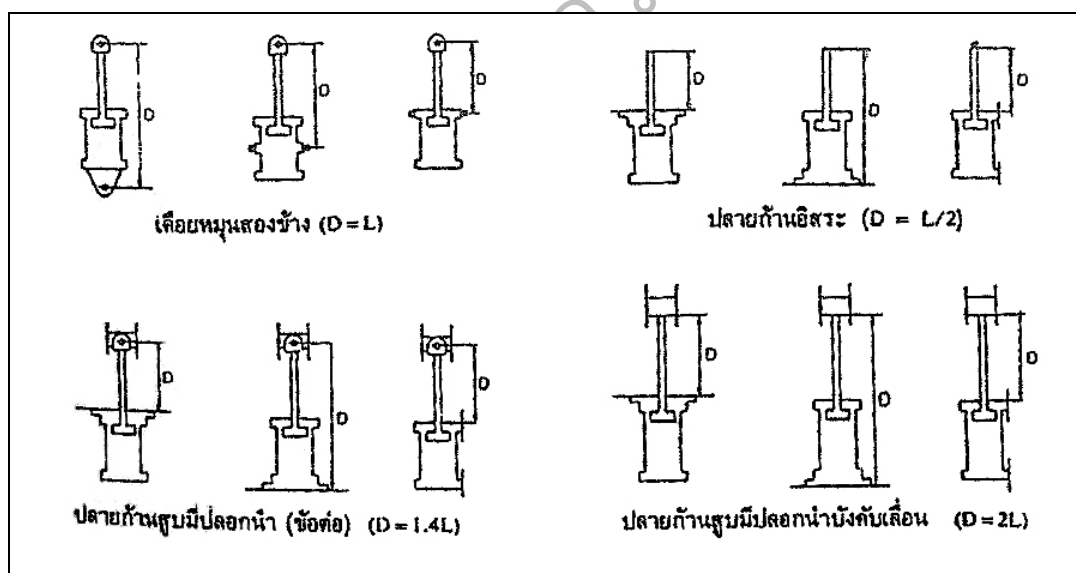
เมื่อ	F_{th}	คือ	แรงที่ได้จากลูกสูบทางทฤษฎี (N)
	A	คือ	พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (cm^2)
	P	คือ	ความดันใช้งาน (bar)

แรงที่ได้จากการคำนวณทางสมการนั้นเป็นแรงทางทฤษฎี แต่ในการปฏิบัตินั้นขณะที่ทำงานแรงจะลดลงเนื่องจากค่าความเสียดทานมีค่าประมาณ 3 ถึง 10% ของแรงที่คำนวณได้ตามทฤษฎี (ในกรณีที่ค่าความดันลมที่ใช้งานอยู่ระหว่าง 4 ถึง 8 บาร์) นั่นคือ แรงทางปฏิบัติจะมีค่า

$$F_n = 10(A \times P) - F_R \quad (2.5)$$

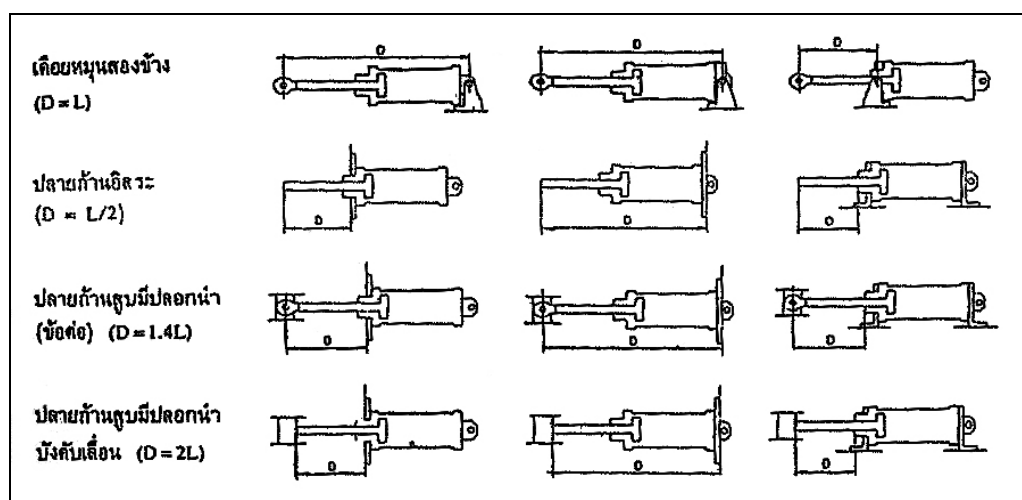
เมื่อ F_n คือ แรงที่ได้สุทธิในการทำงาน (N)
 F_R คือ แรงที่เกิดจากการเสียดทาน (N)

11.6 การหาความยาวช่วงชัก ความยาวช่วงชักของก้านสูบที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 2000 มิลลิเมตร เพราะทำให้ความสิ้นเปลืองมากเกินไปไม่เป็นการประหยัด อย่างไรก็ตามก็มีความยาวของก้านสูบที่ยาวกว่านี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ต้องการและโหลดที่กระทำกับก้านสูบความยาวสูงสุดที่มีตามมาตรฐาน JIS มีความยาวถึง 7400 มิลลิเมตร ลักษณะของกระบอกสูบที่มีก้านยาวมากๆ มักจะมีปัญหาเรื่องการคดงอของก้านสูบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่กระบอกสูบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบเล็กและความยาวช่วงชักมากเกินไปจะทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว ดังนั้นความยาวช่วงชักแรงที่กระทำ รวมทั้งเส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ จะต้องมีความสัมพันธ์กัน



รูปที่ 2.19 ความสัมพันธ์ของความยาวช่วงชักและติดตั้งกระบอกสูบแบบตั้ง

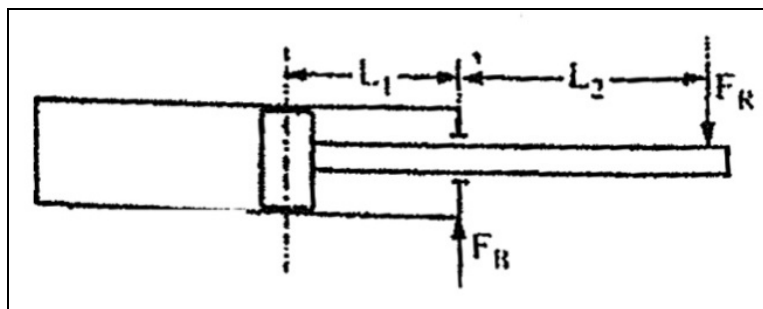
ค่าความยาวช่วงชักที่เป็นการผลักหรือดันโหลดโดยตรงเท่านั้น ไม่ได้คิดถึงโหลดที่กระทำด้านข้าง (ตั้งฉากกับก้านสูบ) ซึ่งจากการพิจารณาลักษณะของโหลดชนิดนี้กล่าวในตอนต่อไป สำหรับความยาวช่วงชักนั้น จะต้องสัมพันธ์กับการติดตั้งกระบอกลูกสูบลมด้วย ซึ่งในรูปที่ 2.19 เป็นการติดตั้งกระบอกลูกสูบแบบตั้งและรูปที่ 2.20 เป็นการติดตั้งแบบนอน กำหนดให้ D คือ ระยะทางจากจุดจับยึดกระบอกลูกสูบถึงศูนย์กลางของก้านสูบ L คือ ความยาวช่วงชักของก้านสูบ



รูปที่ 2.20 ความสัมพันธ์ของความยาวช่วงชักและการติดตั้งกระบอกลูกสูบลมแบบนอน

ถ้าความยาวของก้านสูบลมมากเกินไป นอกจากมีผลต่อการโก่งงอเกิดขึ้นกับก้านสูบแล้วยังทำให้สิ้นเปลืองลมมากเกินไป ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการสร้างกระบอกลูกสูบลมแบบลูกสูบเคลื่อนที่และให้ก้านสูบอยู่กับที่ (Rodless) ซึ่งกระบอกลูกสูบนี้มีระยะชักได้ยาวมากกว่ากระบอกลูกสูบแบบธรรมดา และประหยัดปริมาณได้หลายเท่า

ในกรณีที่ต้องการใช้งานที่มีช่วงชักยาวๆ ต้องเลือกให้ความยาวช่วงชักยาวกว่าช่วงชักที่ต้องการใช้งานเล็กน้อย เพื่อให้ระยะทางระหว่างจุดรับน้ำหนักของก้านสูบไม่น้อยเกินไปดังรูปที่ 2.21 ระยะเพื่อความยาวช่วงชักควรมีค่าประมาณ 20% ของความยาวช่วงชักทั้งหมด



รูปที่ 2.21 ระยะเพื่อความยาวช่วงชัก

11.7 อัตราความสิ้นเปลืองลม การหาอัตราความสิ้นเปลืองลมที่นำมาใช้กับอุปกรณ์การทำงาน เช่น ลูกสูบ มอเตอร์ลม ก็เพื่อที่จะได้เตรียมลมอัดให้เพียงพอกับการทำงานของอุปกรณ์ เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ ความยาวช่วงชักของกระบอกสูบ จำนวนครั้งต่อเวลาในการทำงาน ซึ่งในการคำนวณหาอัตราความสิ้นเปลืองลมอัดสามารถใช้สมการดังต่อไปนี้ คือ

$$Q_a = \frac{(A_1 + A_2) \times L \times (P + 1.033) \times N}{1.033} \quad (2.6)$$

เมื่อ	Q_a	คือ	อัตราความสิ้นเปลือง
	L	คือ	ช่วงชักกระบอกสูบ (cm)
	A_1	คือ	พื้นที่หน้าตัดของหัวลูกสูบ (cm^2)
	A_2	คือ	พื้นที่หน้าตัดสุทธิทางด้านก้านสูบ (cm^2)
	P	คือ	ความดันลมอัดก่อนเข้ากระบอกสูบ (kgf/cm^2)
	N	คือ	จำนวนครั้งการเลื่อนเข้าออกต่อนาที
	D	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (cm)
	d	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ (cm)

การคำนวณสมการนี้ เป็นการคำนวณหาปริมาตรลมที่ใช้ภายในกระบอกสูบเท่านั้นไม่ได้รวมปริมาณของลมในท่อทางส่งลมอัดซึ่งต่ออยู่ระหว่างวาล์วกับกระบอกสูบ เนื่องจากปริมาตรลมภายในท่อขึ้นอยู่กับระบบการเดินท่อลม

11.8 การหาปริมาณลมทั้งหมดที่กระบอกสูบต้องการ ปริมาณลมที่กระบอกสูบต้องการจะต้องพิจารณาลมที่ใช้ภายในกระบอกสูบและปริมาณลมที่อยู่ในท่อทางส่งลมด้วย ซึ่งปริมาณดังกล่าวจะมีผลต่อการทำงานของกระบอกสูบสามารถหาค่าปริมาณลมที่ต้องได้จากสมการต่อไปนี้

ในกรณีที่ก้านสูบเคลื่อนที่ออก

$$Q_1 = \frac{\square}{4} (D_1^2 \times L + d^2 \times l) \frac{P_1 + 1.033}{1.033} \times \frac{1}{1000} \text{ ลิตร} \quad (2.7)$$

ในกรณีที่ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า

$$Q_2 = \frac{\square}{4} (D_1^2 - D_2^2 \times L + D_2^2 \times l) \frac{P_1 + 1.033}{1.033} \times \frac{1}{1000} \text{ ลิตร} \quad (2.8)$$

เมื่อ	Q_1	คือ	ปริมาณลมที่ต้องการให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออก
	Q_2	คือ	ปริมาณลมที่ต้องการให้ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า
	D_1	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางในกระบอกสูบ (cm)
	D_2	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบ (cm)
	L	คือ	ระยะชักกระบอกสูบ (cm)
	I	คือ	ความยาวท่อทางส่งลม (cm)
	P_1	คือ	ความดันลมอัดที่ใช้ในระบบ (kgf/cm ₂)

12. วาล์วควบคุมทิศทางการไหล (ปานเพชร , 2535: 217 – 152)

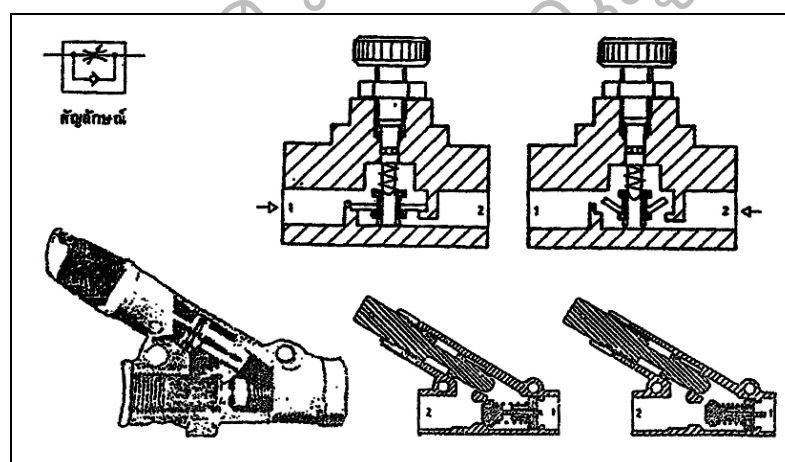
มีหน้าที่เลือกทิศทางการไหลของลมอัดให้ไปตามทิศทางที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้อุปกรณ์ทำงาน เช่น กระบอกสูบลม มอเตอร์ลม สามารถทำงานได้และเคลื่อนที่ในทางที่ถูกต้อง โดยใช้หลักการเปิด-ปิดลมอัดจากรูลมอัด (Port) หนึ่งไปยังรูลมอัดอีกรูหนึ่ง จำนวนของรูลมอัด วาล์วควบคุมทิศทางการไหลมีอยู่หลายแบบ เช่น 2, 3, 4, 5 รูลมอัด ซึ่งประกอบด้วยรูลมอัดสำหรับท่อจ่ายลมอัดเข้า (Supply Port) ต่อไปยังคัปอุปกรณ์ทำงานหรือนำไปใช้งานและรูลมอัดสำหรับระบายลมทิ้ง (Exhaust Port) โดยทั่วไปวาล์วชนิดนี้นิยมเรียกว่า D.C.V (Directional Control Valves)

13. วาล์วปรับอัตราไหล

หรือเรียกว่าวาล์วควบคุมความเร็ว (Speed Control Valve) ที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์เป็นวาล์วที่ใช้หลักการผสมระหว่างวาล์วปรับอัตราไหลและวาล์วกันกลับ

ตามปกติแล้ววาล์วชนิดนี้จัดเป็นวาล์วชนิดลมไหลทางเดียว (Non – Return Valve) ประเภทหนึ่ง ฉะนั้น การควบคุมปริมาณลมหรือการปรับอัตราการไหลของลมที่ผ่านวาล์วกันกลับซึ่งลมจะวิ่งสะดวกกว่า ผ่านช่องแคบปรับอัตราไหลวาล์วชนิดนี้มีประโยชน์ คือ ใช้ควบคุมความเร็วของลูกสูบ โดยการติดตั้งโดยตรงที่ท่อทางลมเข้าและออกของลูกสูบ

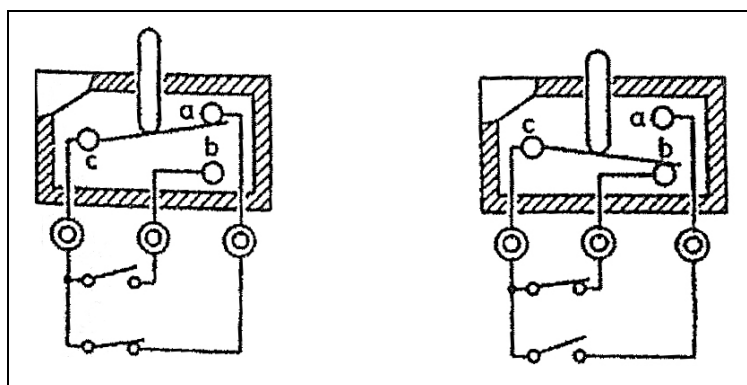
13.1 วาล์วควบคุมอัตราการไหลปรับโดยมือหมุนหรือเรียกว่า วาล์วบังคับความเร็ว ประกอบด้วยวาล์วลดการไหลและวาล์วกันกลับต่อขนานกัน ลมอัดจึงสามารถไหลได้อย่างอิสระได้ทางหนึ่งและโดยการบังคับการไหลอีกทางหนึ่ง ดังรูปที่ 2.22 ซึ่งในการทำงานของวาล์วแบบนี้ ถ้าลมเข้ามาจากรูม 1 จะผ่านวาล์วกันกลับไป ไม่ได้ต้องผ่านทางวาล์วปรับปริมาณลม (วาล์วเข็ม) จึงออกไปทางรู 2 ได้ ปริมาณลมอัดมากขึ้นขึ้นอยู่กับระยะการปรับวาล์วปรับปริมาณลม แต่ถ้าลมผ่านเข้าทางรู 2 จะไหลผ่านวาล์วกันกลับออกไปได้เลยไม่ต้องผ่านวาล์วปรับปริมาณลม วาล์วชนิดนี้ใช้ในการปรับความเร็วของกระบอกสูบลม



รูปที่ 2.22 วาล์วควบคุมอัตราการไหลปรับโดยมือหมุน

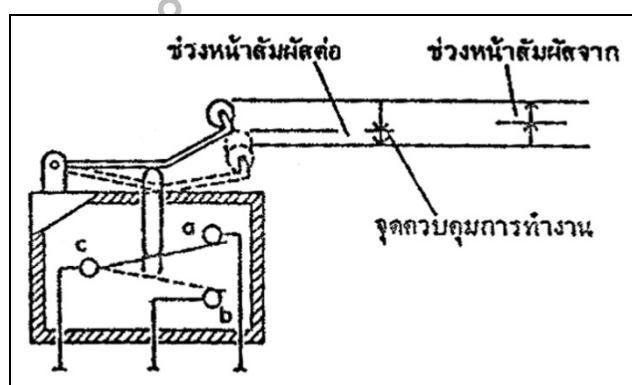
15. ลิมิตสวิตช์ (ปานเพชร, 2535 : 283 – 285)

มีหลักการทำงานสามารถดูได้จากรูปที่ 2.25 ในตำแหน่งปกติ หมายถึง ตำแหน่งที่ยังไม่มีอะไรมากระทำปุ่มกดบนลิมิตสวิตช์ขณะทำงาน ซึ่งตำแหน่งนี้หน้าสัมผัสจะต่ออยู่ระหว่างจุด c กับจุด a เมื่อก้านสูบมากดหรือมีอะไรมากระทำที่ปุ่มกด จะทำให้หน้าสัมผัสระหว่างจุด c กับจุด b จะสังเกตได้ว่าหน้าสัมผัสระหว่างจุด c กับจุด a จะเป็นปกติปิด และหน้าสัมผัสระหว่างจุด c กับจุด b จะเป็นปกติเปิดซึ่งมีหน้าสัมผัสในลิมิตสวิตช์มีลักษณะการทำงานอยู่ 2 แบบคือ



รูปที่ 2.25 โครงสร้างภายในของลิมิตสวิตช์

15.1 หน้าสัมผัสชนิดทำงานซ้ำ ดังรูปที่ 2.26 เมื่อมีการกระทำที่ขาบังคับของลิมิตสวิตช์จะบังคับ หน้าสัมผัสจากจุด a แต่ในขณะเดียวกันก็ยังไม่ต่อจุด b ทันที จะมีระยะอยู่ช่วงหนึ่งถึงจะทำให้หน้าสัมผัสต่อระหว่างจุด c กับจุด b แต่ถ้าปล่อยขาปุ่มกดก่อนที่หน้าสัมผัสจะต่อจุด b จะทำให้หน้าสัมผัสกลับไปต่อระหว่างจุด c กับจุด a อีก

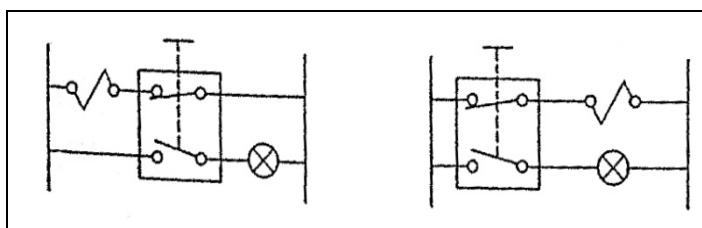


รูปที่ 2.26 การทำงานของหน้าสัมผัสชนิดทำงานซ้ำ

15.2 หน้าสัมผัสทำงานทันทีแบบนี้ต่างจากแบบแรก คือ เมื่อมีการกระทำที่ขาบังคับของลิมิตสวิตช์จะบังคับหน้าสัมผัสจากจุด a มาต่อจุด b ทันทีด้วยความเร็วของสปริงในตัวของลิมิตสวิตช์ไม่เกี่ยวข้องกับความเร็วของขาบังคับของลิมิตสวิตช์

หลักการเลือกใช้ลิมิตสวิตช์ การเลือกใช้ลิมิตสวิตช์จะต้องใช้ให้ถูกกับงานที่ใช้เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น ให้พิจารณาตามหลักการดังต่อไปนี้

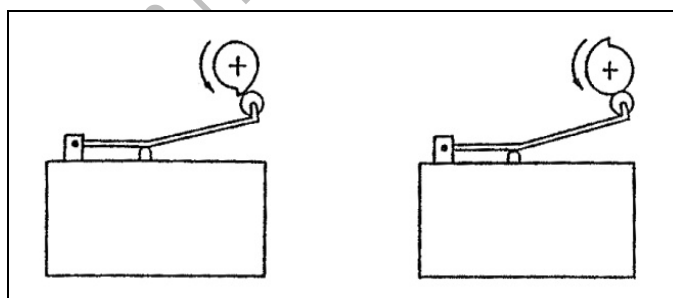
ห้ามต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าคนละด้านกับหน้าสัมผัส จะต้องต่อเข้ากับลิมิตสวิตช์เสียก่อนจึงจะต่อเข้ากับอุปกรณ์อื่นๆ ได้



รูปที่ 2.27 ลักษณะการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเข้ากับลิมิตสวิตช์

ห้ามใช้ลิมิตสวิตช์เกินกำลังจากที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดเอาไว้ ยกตัวอย่างเช่น ลิมิตสวิตช์ถูกออกแบบ เพื่อทนกระแสไฟฟ้า 10 แอมแปร์ ไม่ควรนำมาใช้กับมอเตอร์หรืออุปกรณ์ ไฟฟ้าต้องการกระแส 10 แอมแปร์ เพราะบางครั้งกระแสไฟฟ้าจะสูงกว่ากำหนด ซึ่งเป็นสาเหตุให้หน้าสัมผัสไหม้ได้

การติดตั้งลิมิตสวิตช์ไม่ควรให้เกิดการกระแทก หรือการตีกลับอย่างทันทีทันใด ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการสึกหรอของกลไกในลิมิตสวิตช์และชำรุดเร็วกว่าปกติ ดังรูปที่ 2.28

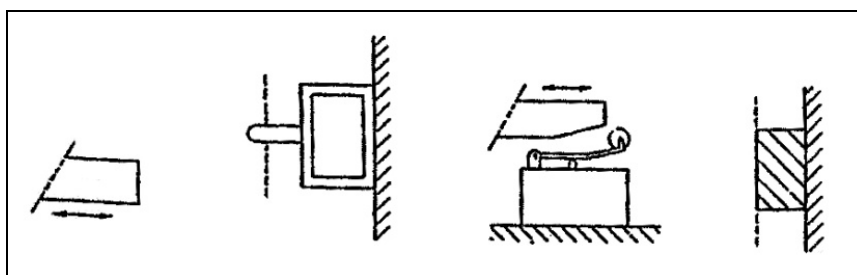


รูปที่ 2.28 การเลือกกลไกในการบังคับการทำงานของลิมิตสวิตช์

ต้องแน่ใจว่ากลไกบังคับปุ่มกดให้ลิมิตสวิตช์ทำงานมีแรงกระทำเพียงพอที่จะให้ลิมิตสวิตช์ทำงานได้ โดยปกติทั่วไปแล้วลิมิตสวิตช์จะใช้เวลาในการทำงานประมาณ 1 ใน 5 วินาที ในการส่ง

สัญญาณไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า บางครั้งในเครื่องจักรถ้าต้องการเร่งการทำงาน เพื่อเพิ่มผลผลิตในการปรับความเร็วในการผลิตให้เร็วขึ้น เครื่องจักรอาจทำงานได้ไม่ดีเหมือนเดิม เพราะว่า ลิ้มิตสวิตซ์ไม่สามารถส่งสัญญาณได้นานเพียงพอในการกระตุ้นให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานได้ทัน

อย่าใช้ลิ้มิตสวิตซ์เป็นที่ยึดของก้านสูบหรือกลไกต่างๆ ถ้าต้องการให้มีที่ยึด ควรจะใช้กลไกทางกลเป็นตัวยึด เพื่อความแม่นยำในการหยุดชิ้นงานในจังหวะสุดช่วงชักพอดี โดยที่ไม่มีผลเสียหายกับลิ้มิตสวิตซ์



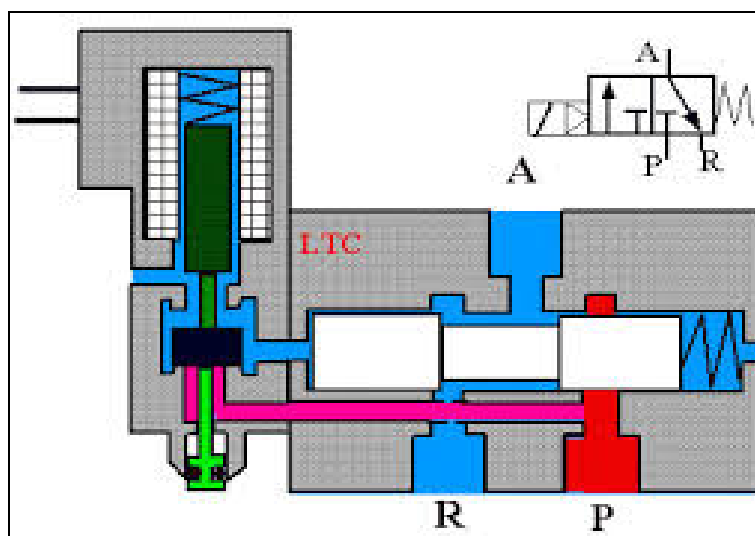
รูปที่ 2.29 การหยุดกลไกต่างๆ โดยถูกวิธี

อย่าใช้กลไกบังคับการทำงานลิ้มิตสวิตซ์ที่หนักหรือยาวเกินไป ควรใช้กลไกที่บริษัทผู้ผลิตออกแบบมาให้ ถ้าระยะระหว่างลิ้มิตสวิตซ์และชิ้นงานที่กระทำกับขาของลิ้มิตสวิตซ์ห่างเกินไปที่จะใช้ลิ้มิตสวิตซ์มาตรฐานได้ อาจใช้วิธีติดตั้งลิ้มิตสวิตซ์ให้ใกล้เข้ามาหรือออกแบบชิ้นใหม่ จะทำให้ลิ้มิตสวิตซ์มีอายุการใช้งานได้มากขึ้น

การนำลิ้มิตสวิตซ์มาใช้งานแต่ละอย่างควรศึกษาเกี่ยวกับขนาด และทิศทางของแรงที่มากระทำกับลิ้มิตสวิตซ์ตลอดระยะเวลาการใช้งานควรจะใช้กลไกแบบลูกกลิ้งเป็นตัวรับแรงกระทำ

16. วาล์วแบบลูกสูบเลื่อน 5 / 2 D.C.V. (ปานเพชร, 2535 : 146 – 147)

ใช้การเชดและเรียงเชดด้วยไฟฟ้าและลมตำแหน่งปกติของวาล์วโดยทั่วไปรูลม 1 ต่อกับรูลม 2 ส่วนรูลม 4 ต่อกับรูลม 5 ตำแหน่งการทำงาน เมื่อไม่มีสัญญาณไฟเข้าทั้ง 12 และ 14 สปริงจะดันแกนป๊อปเปตวาล์วช่องบนให้กดกับรูลมช่วงล่าง ซึ่งต่อทะลุอยู่กับรูจ่ายลม 1 ของวาล์ว เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าคอยล์ 14 แกนวาล์วช่วงบนจะยกตัวขึ้น ลมซึ่งมาจากรูจ่ายลม 1 จะดันแกนกลับไปทางขวาทำให้ลมจากรู 1 ผ่านไปยังรู 4 และลมจากรู 2 ต่อกับรูลม 3 วาล์วชนิดนี้เหมาะกับการที่จะไปใช้บังคับกระบอกสูบชนิดทำงานสองทาง



รูปที่ 2.30 วาล์วแบบลูกสูบเลื่อน 5 / 2 D.C.V. ใช้การเซตและรีเซตด้วยไฟฟ้าและลม

พรีอักษิตีเซนเซอร์ (พริจิต , 2541 : 11 – 51)

พรีอักษิตีเซนเซอร์ คือ เซนเซอร์กลุ่มที่สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก โดยลักษณะของการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ดังต่อไปนี้คือ สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง และสัญญาณลม ส่วนการนำเซนเซอร์ประเภทนี้ไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับตำแหน่ง ระดับขนาดและรูปร่าง นอกจากนั้น ยังสามารถส่งสัญญาณไปให้ตัวนับจำนวนของชิ้นงานได้ รวมไปถึงการนำไปใช้งาน ด้านความปลอดภัยไม่ว่าจะเป็นโรงงานหรือตามที่พักอาศัย เซนเซอร์ประเภทนี้จะใช้กับงาน ควบคุมเสียเป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างพรีอักษิตีเซนเซอร์ชนิดต่างๆ

เมื่อนำฟร็อกซิมีดีเซนเซอร์ มาใช้งานในกระบวนการผลิตแทนสวิตช์แบบกลไกแล้วจะไม่ทำให้เกิดการสึกหรอหรือแตกหักใดๆ ทั้งสิ้น วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่บรรจุอยู่ภายในจะถูกซัลด์ไว้อย่างสมบูรณ์ จึงสามารถป้องกันฝุ่น ละออง และความชื้นได้ รวมทั้งรับประกันความเชื่อถือได้

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างฟร็อกซิมีดีเซนเซอร์กับสวิตช์แบบกลไก

คุณสมบัติ	สวิตช์แบบกลไก	ฟร็อกซิมีดีเซนเซอร์
● การชำรุดเนื่องจากการสัมผัสหรือถูกกระแทก ● ความทนทาน	● มีเพราะจะต้องสัมผัสหรือกระแทกให้สวิตช์ทำงาน ● มีอายุการใช้งานจำกัดเนื่องจากเป็นกลไกหน้าสัมผัสมีการสึกหรอได้ในขณะทำงานหรืออาจเกิดจากอาร์คขึ้นได้เป็นเหตุให้เกิดการสึกหรอเร็วขึ้น	● ไม่มีเพราะทำงานโดยไม่ต้องสัมผัส ● ความทนทานสูงเนื่องจากภายในเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ และไม่เกิดการอาร์คในขณะทำงาน
● ความเร็วการทำงาน	● ต่ำเนื่องจากเป็นกลไก	● สูงเนื่องจากเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์
● ความเที่ยงตรง	● การเลื่อนของจุดทำงาน (สัญญาณ) มีค่าปานกลางและเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ตำแหน่งในการทำงานมีความเที่ยงตรงดิ่ง	● การเลื่อนของจุดทำงาน (สัญญาณ) มีค่าต่ำทำให้ตำแหน่งที่ตรวจจับมีความเที่ยงตรงสูง
● กระแสไหลด	● เป็นหน้าสัมผัสจึงออกแบบให้สามารถจ่ายกระแสไหลดสูงๆ ได้	● เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์จึงจ่ายกระแสไหลดได้ต่ำ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างพรีอักษิมิตีเซนเซอร์กับสวิทช์แบบกลไก

คุณสมบัติ	สวิทช์แบบกลไก	พรีอักษิมิตีเซนเซอร์
● การติดตั้ง ● ความทนทานต่อสภาพแวดล้อม	● จำเป็นต้องดัดแปลงหรือต่อเติมชิ้นส่วนกลไกให้มากคสวิทช์ เช่น กระเดื่อง ลูกเบี้ยว เป็นต้น ● เนื่องจากมีกลไกที่ จะต้องถ่ายทอดแรงไปกดหน้าสัมผัสจึงจำเป็นต้องมีซิลด์ยางที่แกน ซึ่งมีโอกาสเสื่อมสภาพและ เป็นเหตุให้ฝุ่นละอองหรือน้ำเข้าไปภายในได้	● ทำได้ง่ายไม่จำเป็นต้องดัดแปลงหรือต่อเติมใดๆ เพียงแต่ติดตั้งเข้าไปตรงจุดที่ต้องการตรวจจับเท่านั้น ● ดีมาก เพราะถูกซิลด์ด้วยตัวเรือนพลาสติก หรือโลหะไว้ทั้งหมดและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในถูกห่อหุ้มไว้ด้วย epoxy resin จึงสามารถป้องกันฝุ่นละอองและน้ำได้

1. เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor)

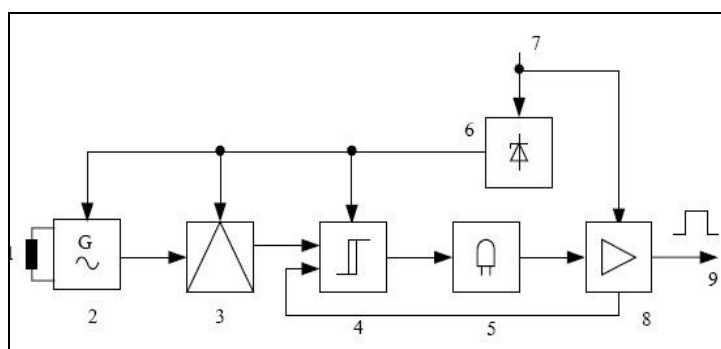
เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ หรือเรียกกันทางภาษาเทคนิคว่า อินดักตีฟเซนเซอร์ เป็นเซนเซอร์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีผลต่อชิ้นงานหรือวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น



รูปที่ 2.32 ตัวอย่างเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำชนิดต่างๆ

1.1 ส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

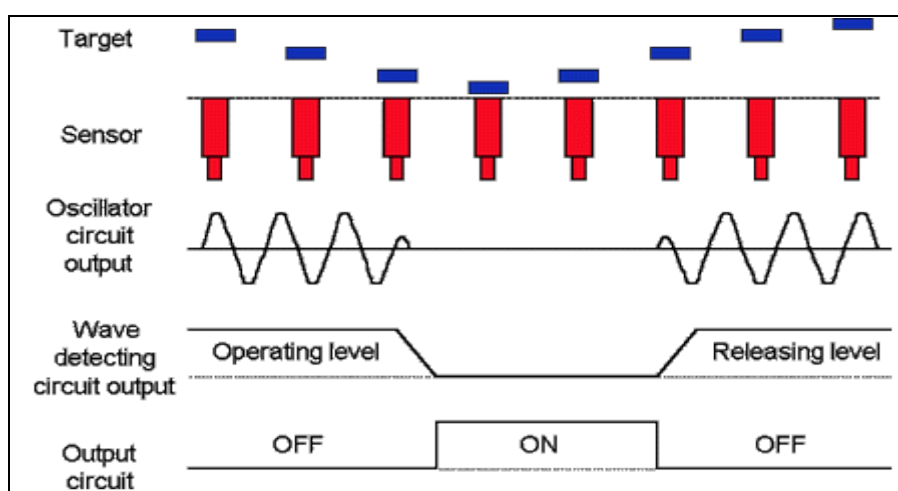
ส่วนประกอบหลักของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำจะประกอบไปด้วย (1) วงจรกำเนิดคลื่นความถี่สูง (oscillator) (2) วงจรหรือส่วนของกระบวนการผล (evaluator) (3) วงจรแยกแยะสถานะและสัญญาณ (trigger) (4) หลอดไฟแสดงสถานะในการทำงาน (status display) (5) วงจรขยายสัญญาณและป้องกันด้านเอาต์พุต (output with protective circuit) (6) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากภายนอก (external voltage) (7) วงจรรักษาระดับแรงดันภายในให้คงที่ (internal constant voltage supply) (8) ส่วนหรือพื้นที่ ที่ใช้ในการตรวจจับซึ่งมีขดลวดอยู่ภายใน (active zone ; coil) (9) เอาต์พุตของเซนเซอร์ ข้างในพื้นที่นี้จะเป็นแบบทำงานหรือไม่ทำงาน (on - off) จากส่วนประกอบหลักดังกล่าวสามารถแสดงได้ด้วยรูป 2.33 ต่อไปนี้



รูปที่ 2.33 แสดงส่วนประกอบของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

1.2 หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

ที่บริเวณส่วนหัว (8) ของเซนเซอร์จะมีสนามแม่เหล็กซึ่งมีความถี่สูง โดยได้รับสัญญาณมาจากวงจรกำเนิดความถี่ (1) ในกรณีที่วัตถุหรือชิ้นงานที่เป็นโลหะเข้ามาอยู่บริเวณที่สนามแม่เหล็กสามารถส่งไปถึง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทำให้เกิดการหน่วงออสซิลเลท (oscillate) ลดลงไป หรือบางที่อาจถึงจุดที่หยุดการ ออสซิลเลท และเมื่อนำเอาวัตถุนั้นออกจากบริเวณตรวจจับ วงจรกำเนิดคลื่นความถี่ก็เริ่มต้นการออสซิลเลทให้มีครั้งหนึ่ง ภาวะดังกล่าวในช่วงต้นจะถูกแยกแยะได้ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายใน (2) และ (3) หลังจากนั้นก็จะส่งผลไปยังเอาต์พุต (5) ว่าให้ทำงานหรือไม่ทำงาน โดยทั้งนี้ จะขึ้นอยู่กับชนิดของเอาต์พุตว่าเป็นแบบไหนเพื่อเป็นการลดจินตนาการในการทำความเข้าใจการทำงานเซนเซอร์ชนิดนี้ จึงขอแสดงด้วยรูปที่ 2.34 ต่อไปนี้

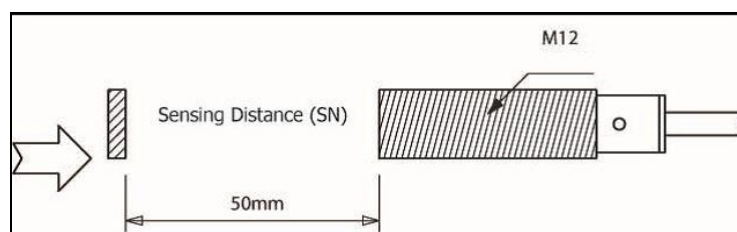


รูปที่ 2.34 หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ

ระยะการตรวจจับมาตรฐานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำนั้น หาได้โดยใช้แผ่นเหล็กอ่อน (Mild Steel) เป็นวัตถุที่ต้องการตรวจจับเป็นโลหะชนิดอื่น เช่น อลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง ฯลฯ ระยะการตรวจจับก็น้อยลง ทั้งนี้เราสามารถหาค่าได้โดยการเอาค่าตัวประกอบ (factor) คูณด้วยระยะตรวจจับมาตรฐาน ตัวอย่าง เช่น ค่าตัวประกอบของเหล็กอ่อน เท่ากับ 1 ทองเหลือง เท่ากับ 0.35 ทองแดงเท่ากับ 0.25 ดังนั้นหากระยะตรวจจับมาตรฐาน (เหล็กอ่อน) เท่ากับ 10 มิลลิเมตร เมื่อนำไปตรวจจับทองเหลืองก็จะเป็น 3.5 และทองแดงเป็น 2.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ เป็นต้น

1.3 รายละเอียดทางเทคนิค

ในการนำเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำมาใช้ในงาน จำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องทราบรายละเอียดหรือข้อมูลทางด้านเทคนิค ทั้งนี้ก็เพื่อประโยชน์และประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสุด



รูปที่ 2.35 ระยะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับ

- ระยะการตรวจจับ (Sensing Rang) คือ ระยะที่เมื่อแผ่นโลหะที่ตรวจจับเคลื่อนที่เข้ามาใกล้ด้านหน้าของส่วนตรวจจับ แล้วมีผลทำให้สัญญาณเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น เปิด (on) เป็น ปิด (off) หรือ ปิด (off) เป็น เปิด (on)

- ระยะตรวจจับทั่วไป (Norminal sensing Rang ; Sn) คือ ค่าระยะตามลักษณะโดยไม่ได้คิดรวมถึงผลคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการผลิตในแต่ละตัว หรือผลกระทบจากภายนอก เช่น อุณหภูมิ และแรงดันไฟฟ้า

- ระยะการตรวจจับจริง (Rreal sensing rng ; Sr) คือ ระยะการตรวจจับ ซึ่งวัดค่าได้โดยใช้แหล่งจ่ายไฟตามค่าที่กำหนด อุณหภูมิที่กำหนด ระยะการตรวจจับจริงจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 90% ถึง 110% ของระยะการตรวจจับแบบทั่วไป (Sn)

- ระยะการตรวจจับที่ใช้ประโยชน์ (Useful Sensing rang ; Su) คือ ระยะการตรวจจับ ซึ่งวัดตามวิธีการวัดที่หนึ่งตามมาตรฐาน En 50010 โดยใช้แหล่งจ่ายไฟ และอุณหภูมิแวดล้อมอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ระยะตรวจจับที่ใช้ประโยชน์จะมีค่าอยู่ในระหว่าง 81% ถึง 121% ของระยะการตรวจจับแบบทั่วไป (Sn)

- ระยะตรวจจับในการทำงาน (Working Sensing rang ; Sw) คือ ระยะใดๆ ที่เซนเซอร์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ที่อุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

- ค่าในการชดเชยระยะที่ถูกต้อง ระยะตรวจจับทั่วไป (Sn) ของเซนเซอร์สามารถจะตรวจจับวัตถุได้ตามระยะตรวจจับที่กำหนดได้โดยใช้แผ่นเหล็กอ่อน (mild steel) เป็นวัตถุสำหรับถูกตรวจจับการใช้แผ่นโลหะที่มีขนาดเล็กกว่าที่กำหนดไว้ จะทำให้ระยะเวลาการตรวจจับสั้นลง เช่นเดียวกันถ้าแผ่นโลหะนั้นมีผิวโค้งก็จะมีผลต่อการตรวจจับด้วย และระยะเวลาการตรวจจับจะเปลี่ยนแปลงไปถ้าวัตถุที่ตรวจจับเป็นโลหะประเภทอื่น ซึ่งจะทราบได้ว่าระยะตรวจจับสำหรับโลหะประเภทนั้นเป็นเท่าไร โดยคูณระยะมาตรฐานด้วยค่าตัวประกอบ (Factor) ที่ระบุไว้ในตารางคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละรุ่น การใช้เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ ตรวจจับแผ่นโลหะบางๆ นั้น อาจทำให้ระยะการตรวจจับน้อยกว่าระยะการตรวจจับของแผ่นโลหะที่หนากว่าปกติได้ กรณีนี้ขึ้นอยู่กับว่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถทะลุผ่านแผ่นโลหะบางนั้นไปได้มากน้อยเพียงใด ถ้าความหนาของแผ่นโลหะนั้นน้อยกว่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของแผ่นโลหะทะลุผ่านไปจะทำให้แผ่นโลหะนั้นเกิดกระแสไหลวน (eddy current) ซึ่งมีผลทำให้ค่าความนำไฟฟ้าของแผ่นโลหะนั้นมีค่าต่ำกว่าปกติ จากผลที่เกิดขึ้นนี้ทำให้ระยะการตรวจจับลดลงตามไปด้วย

- ค่าความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) สามารถหาได้โดย การวัดสองครั้งติดต่อกันภายใต้สภาวะที่กำหนดของ EURO - NORM ซึ่งเซนเซอร์ที่ดีควรมีระยะที่เท่ากัน

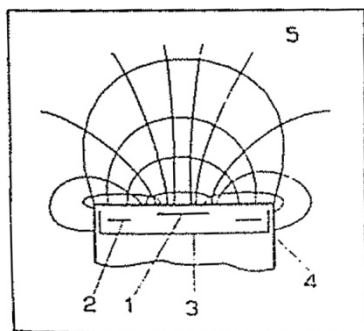
- ค่าฮิสเตอร์รีซิสของการตัดต่อ (Switching Hysteresis) คือ ระยะความแตกต่างระหว่างเซนเซอร์ทำงาน (on) กับหยุดทำงาน (off) เมื่อนำแผ่นโลหะที่ใช้ทดสอบเลื่อนเข้ามาใกล้หรือถอย

ห่างจากบริเวณด้านหน้าส่วนตรวจจับของเซนเซอร์ค่าฮิสเตอร์รีซิสจะมีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของระยะตรวจจับจริง

2. เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ (Capacitive Sensor)

เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ หรือภาษาด้านเทคนิคเรียกว่าคาปาซิฟเซนเซอร์ เป็นเซนเซอร์ที่วัดการเปลี่ยนแปลงค่าของความจุ (Capacitance)

เซนเซอร์ประเภทนี้จะมีโครงสร้างทั้งภายนอกและภายในคล้ายกับเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ การเปลี่ยนแปลงค่าของความจุ ซึ่งเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของวัตถุชนิดหนึ่งเข้าใกล้สนามไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ สนามไฟฟ้าที่บริเวณส่วนตรวจจับของตัวเซนเซอร์กำเนิดขึ้น โดยใช้ Active Electrode และ Earth Electrode นอกจากนั้นยังมีอิเล็กโทรดชดเชย ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันและชดเชยผลของความชื้น ที่ด้านหน้าของบริเวณตรวจจับถ้ามีวัตถุเคลื่อนที่เข้ามาในบริเวณนี้ ค่าความจุของวงจรกำเนิดคลื่นความถี่ก็จะเปลี่ยนแปลงไป



รูปแสดงภาพตัดขวางส่วนหัว (ส่วนตรวจจับ) ของเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ และการเกิดสนามแม่เหล็ก

1. Active Electrode
2. อิเล็กโทรดชดเชย
3. Earth Electrode
4. ตัวเรือน
5. สนามไฟฟ้า

รูปที่ 2.36 ภาพตัดขวางส่วนหัวของเซนเซอร์

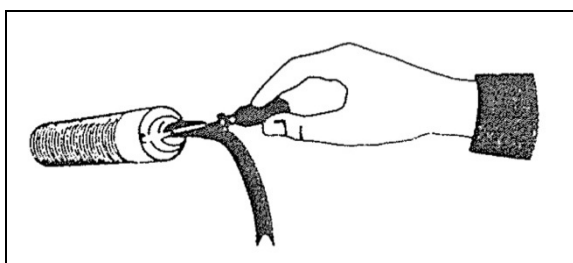
รูปที่ 2.36 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ แต่เซนเซอร์ชนิดนี้จะทำงานโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความจุ ลักษณะการกระจายของสนามไฟฟ้า ที่บริเวณด้านหน้าของส่วนตรวจจับจะคล้ายคลึงกันกับเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ กล่าวคือ เมื่อมีวัตถุใดๆเคลื่อนที่เข้ามาในบริเวณสนามไฟฟ้านี้ ก็จะทำให้ค่าความจุของวงจรกำเนิดคลื่นความถี่มีการเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าดังกล่าวนี้จะขึ้นอยู่กับค่า ระยะทางระหว่างตัวกลางหรือวัตถุกับด้านหน้าของส่วนตรวจจับ ค่าคงที่ทางไฟฟ้าของตัวกลาง (Dielectric Constant) รวมทั้งขนาดและรูปร่างของตัวกลาง (Dielectric Constant) รวมทั้งขนาดและรูปร่างของตัวกลาง

เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ สามารถตรวจจับวัตถุกลางได้ทั้งที่เป็นโลหะและไม่ได้เป็นโลหะ
สภาวะการทำงาน (on) และไม่ทำงาน (off) นั้นเกิดจากการแยกแยะสภาวะของวงจรกำเนิดคลื่น
ความถี่ ว่ามีการออสซิลเลทหรือไม่มีการออสซิลเลทด้วยวิธีการเช่นเดียวกับเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ
นั่นเอง ระยะการตรวจจับมาตรฐานของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำได้โดยการใช้แผ่นโลหะเป็นวัตถุ
ตัวกลาง เมื่อตัวกลางเป็นวัตถุชนิดอื่นระยะทางก็แตกต่างกันออกไป โดยคูณด้วยค่าตัวประกอบ
(Factor) ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างค่าตัวประกอบ (factor) ของวัตถุตัวกลางชนิดต่างๆ

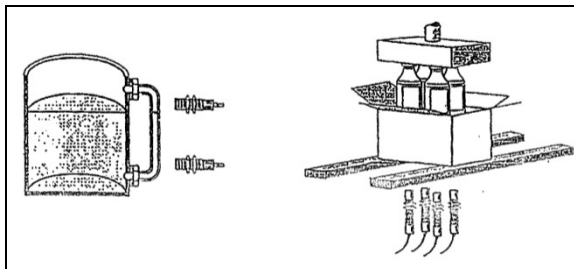
ชนิดของวัตถุ	ค่าตัวประกอบ
โลหะทุกชนิด	1.0
น้ำ	1.0
แก้ว	0.3...0.5
พลาสติก	0.3...0.6
กระดาษแข็ง	0.3...0.5
ไม้ (ขึ้นอยู่กับความชื้น)	0.2...0.7
น้ำมัน	0.1...0.3

ตัวปรับโพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) ของเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ มีไว้สำหรับ การ
ปรับแต่งความไวของระยะการตรวจจับ ซึ่งจะมีประโยชน์ในการปรับแต่งไม่ให้ตรวจจับวัตถุ
บางอย่างที่ขวางกั้นอยู่หน้าวัตถุที่ต้องการตรวจจับ ตัวอย่าง เช่น การตรวจจับน้ำที่อยู่ในภาชนะ
บรรจุ ตรวจจับขวดในกล่องกระดาษ เป็นต้น



รูปที่ 2.37 การปรับโพเทนชิโอมิเตอร์

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุในรูปที่ 2.38 เป็นการตรวจจับระดับของเหลวในภาชนะบรรจุ และการตรวจเช็คจำนวนขวดในกล่องกระดาษ



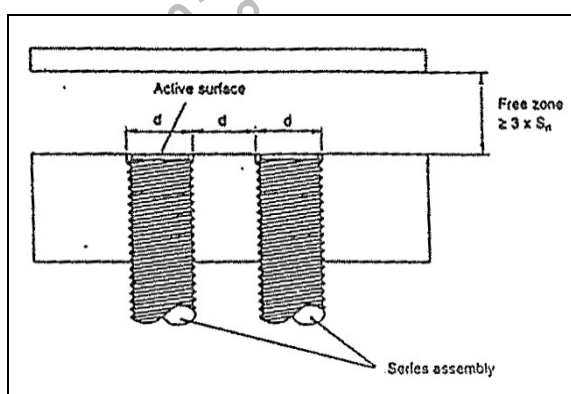
รูปที่ 2.38 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ

3. การติดตั้งเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำและชนิดเก็บประจุ

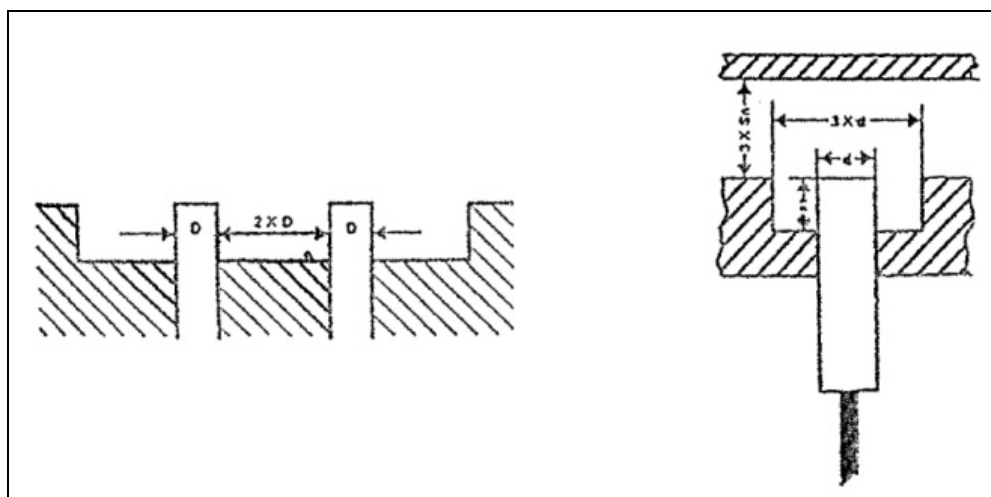
การติดตั้งเซนเซอร์ประเภทดังกล่าวโดยทั่วไปสามารถกระทำได้ 2 ลักษณะด้วยกัน คือ แบบฝัง (flush) และแบบติดตั้งภายนอกหรือไม่ฝัง (Non - Flush) โดยทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน

3.1 การติดตั้งเซนเซอร์รูปทรงกระบอก

การติดตั้งแบบฝัง (Flush) สามารถติดตั้งให้ด้านหน้าส่วนตรวจจับสัมผัสกับโลหะที่ยึดได้ โดยด้านตรงข้ามของเซนเซอร์ไม่ควรมีโลหะอื่นอยู่ใกล้กว่า 3 เท่าของระยะตรวจจับ และในกรณีที่ติดตั้งเซนเซอร์หลายตัวระยะห่างของแต่ละตัวควรมีค่ามากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเซนเซอร์ แสดงดังรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.39 การติดตั้งเซนเซอร์รูปทรงกระบอกแบบฝัง



รูปที่ 2.40 การติดตั้งเซนเซอร์รูปทรงกระบอกแบบไม่ฝัง

เมื่อกำหนดให้

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเซนเซอร์

$2 \times S_n$ = ส่วนปลายของหัวตรวจจับจะต้องสูงจากโลหะเป็น 2 เท่าของระยะตรวจจับ

$3 \times S_h$ = ส่วนปลายของหัวตรวจจับไม่ควรมีโลหะอื่นอยู่ใกล้กว่า 3 เท่าของระยะตรวจจับ

$3 \times d$ = ระยะห่างทั้งสองด้านของเซนเซอร์ควรมีระยะมากกว่า 3 เท่าของเส้นผ่าน

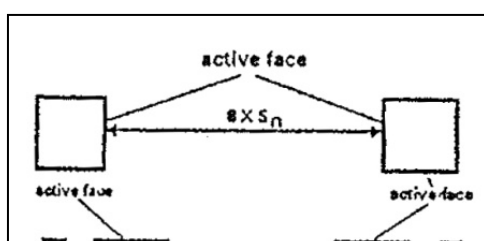
ศูนย์กลางของเซนเซอร์

$2 \times d$ = การติดตั้งเซนเซอร์ 2 ตัวไว้ใกล้กันควรมีระยะห่างเป็น 2 เท่าของเส้นผ่าน

ศูนย์กลางของเซนเซอร์

3.2 การติดตั้งเซนเซอร์รูปทรงสี่เหลี่ยม

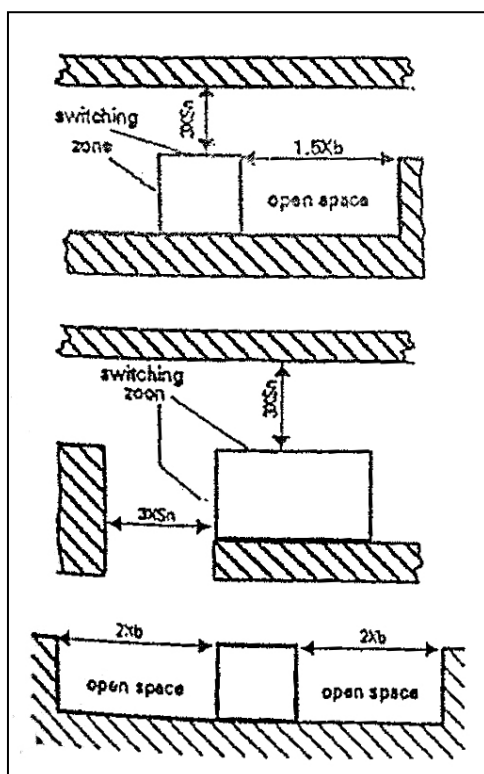
เพื่อให้เป็นมาตรฐาน EURO (EN 50023) ในการติดตั้งยึดเข้ากับโลหะทั้งในแบบฝัง (Flush) และ ไม่ฝัง (Non - Flush) จะต้องระมัดระวังในสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้



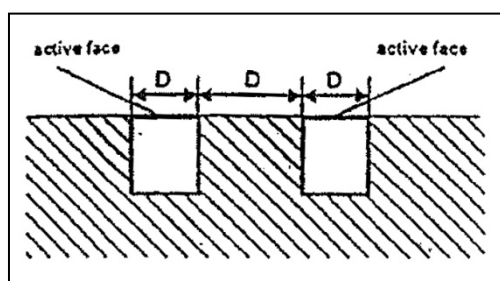
การติดตั้งตรงข้ามกันต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 8 เท่าของระยะตรวจจับกรณีติดตั้งเซนเซอร์ในแนวเดียวกันต้องมีระยะห่างเป็น 2 เท่าของความกว้างของตัวเซนเซอร์

เมื่อกำหนดให้

- B = ความกว้างของเซนเซอร์
 S_n = ระยะการตรวจจับของตัวเซนเซอร์
 $1.5xb$ = ด้านข้างของตัวเซนเซอร์จะต้องมีระยะห่างจากวัตถุเป็น 1.5 เท่าของความกว้างของตัวเซนเซอร์
 $3xS_n$ = ด้านบนและด้านตรงข้างของเซนเซอร์ไม่ควรมีโลหะอื่นอยู่ใกล้กว่า 3 เท่าของระยะการตรวจจับ
 $2xb$ = หากมีวัตถุอยู่ทั้ง 2 ด้าน ควรมีระยะห่างเป็น 2 เท่าของความกว้างของเซนเซอร์



รูปที่ 2.41 การติดตั้งเซนเซอร์รูปทรงสี่เหลี่ยมแบบไม่ฝัง



การติดตั้งแบบฝัง (Flush) ในแนวเดียวกันต้องมีระยะห่างเป็น 1 เท่าของความกว้างของตัวเซนเซอร์

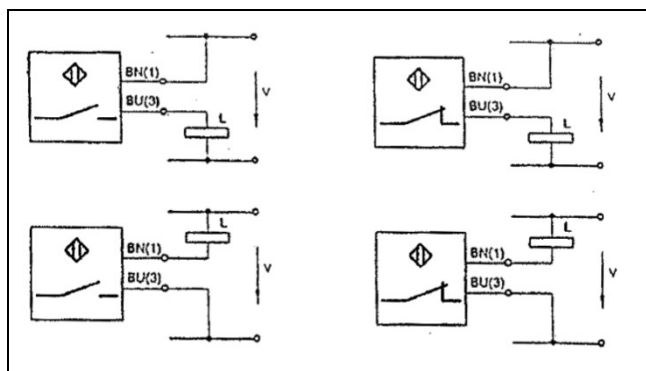
รูปที่ 2.42 การติดตั้งเซนเซอร์รูปทรงสี่เหลี่ยมแบบฝัง

4. פרק סיכום: סנצורים ותחזוקה

ในการนำพรีอักษิมีดีเซนเซอร์ประเภทต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นไปประยุกต์ใช้งานนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกและพิจารณาในเรื่องของลักษณะงานที่จะนำไปใช้ ชนิดและระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้รวมทั้งความสามารถในการจ่ายกระแสให้กับโหลดหรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่จะนำมาต่อร่วมกับเซนเซอร์ซึ่งในที่นี้เราจะกล่าวถึงเฉพาะเซนเซอร์ที่ให้สัญญาณแบบทำงานหรือไม่ทำงาน (on - off)

4.1 เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 2 เส้น

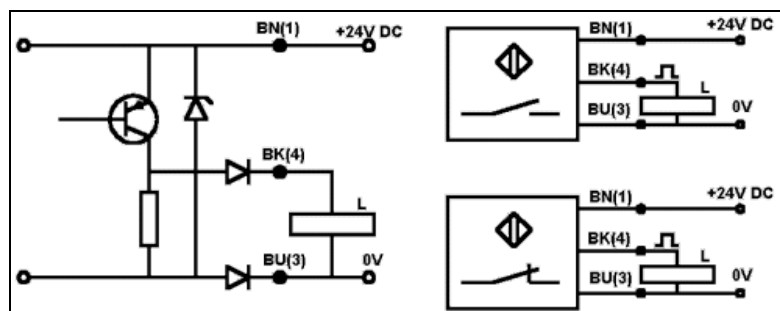
เซนเซอร์แบบนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะตามสัญญาณไฟที่ใช้ คือ แบบที่ใช้กับไฟกระแสตรงและไฟกระแสสลับ นอกจากนั้นในแต่ละกลุ่มยังมีการแบ่งย่อยออกเป็นปกติทำงาน (N.C.) กับปกติไม่ทำงาน (N.O.) การต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับเซนเซอร์ประเภทนี้สามารถกระทำได้โดยการต่ออนุกรมเข้ากับสายเส้นใดเส้นหนึ่ง แสดงดังรูป 2.43



รูปที่ 2.43 เซนเซอร์มีสายสัญญาณ 2 เส้น

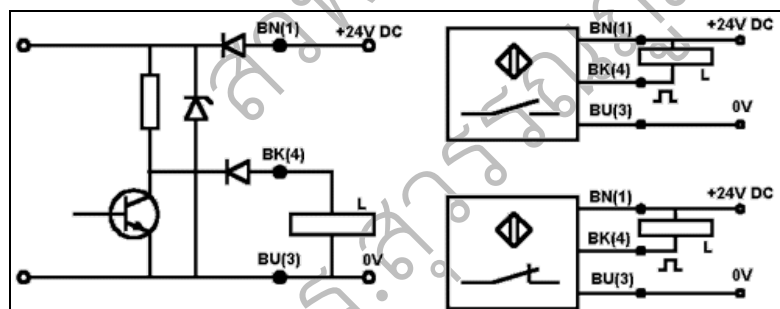
4.2 เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 3 เส้น

เซนเซอร์แบบนี้ส่วนใหญ่ใช้กับไฟกระแสตรง มีทั้งแบบปกติทำงานและปกติไม่ทำงาน นอกจากนี้สายสัญญาณจะต่อเข้ากับโหลดหรืออุปกรณ์ต่างๆ ก็มีให้เลือกทั้งที่เป็นไฟบวกหรือไฟลบ เซนเซอร์แบบสายสัญญาณ 3 เส้น โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 ประเภทด้วยกัน คือ แบบ PNP และ NPN ซึ่งแบ่งตามชนิดของทรานซิสเตอร์ที่อุปกรณ์ขยายสัญญาณที่อยู่ภายใน



รูปที่ 2.44 เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 3 เส้น เอาต์พุตต่อใช้งานแบบ PNP

จากรูปที่ 2.44 แสดงโครงสร้างภายในภาคเอาต์พุตซึ่งจะมีทรานซิสเตอร์แบบ PNP ทำหน้าที่เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับสั่งให้ทำงานหรือไม่ทำงาน เซนเซอร์ไดโอดที่ต่อคร่อมอยู่ระหว่างขั้วบวกและลบ จะทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันจากแหล่งจ่ายให้คงที่ ไดโอดที่ สัญญาณหมายเลข 3 หรือขั้วลบทำหน้าที่ป้องกันการต่อผิ้ว ส่วนไดโอดที่สายสัญญาณ หมายเลข 4 หรือสัญญาณเอาต์พุตจะทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลย้อนกลับซึ่งเนื่องมาจากการต่อโหลด

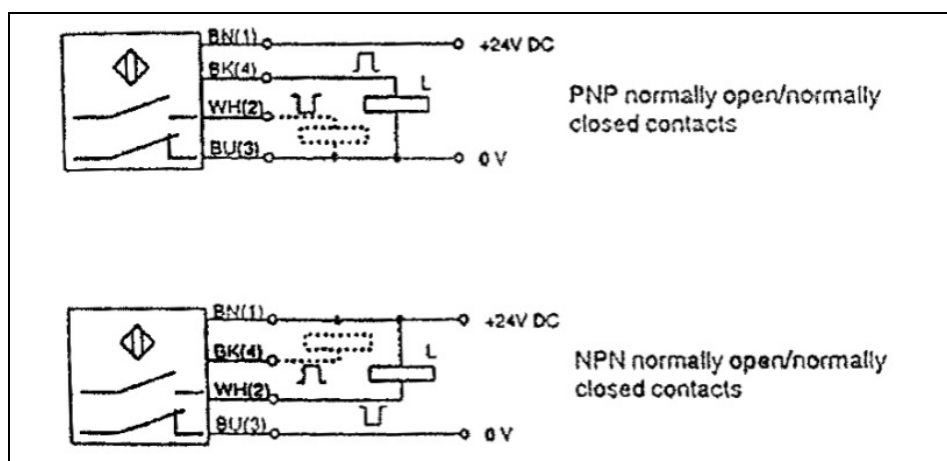


รูปที่ 2.45 เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 3 เส้น เอาต์พุตต่อใช้งานแบบ NPN

เมื่อเซนเซอร์แบบสายสัญญาณ 3 เส้น มี 2 ประเภท คือ PNP และ NPN แล้วจะเลือกแบบไหนไปใช้งานดี ในการเลือกไปใช้งานนั้นถ้าหากโหลดเป็นอุปกรณ์พวก รีเลย์ หลอดไฟ โซลินอยด์ ฯลฯ จะเลือกแบบไหนไปใช้งานก็ได้เนื่องจากมีคุณสมบัติพอๆกัน แต่หากนำสัญญาณที่ได้ไปใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรืออุปกรณ์ควบคุม เช่น PLC ต้องพิจารณาให้ดีเนื่องจากอุปกรณ์เหล่านั้นมีทิศทางการไหลของกระแสไฟ โดยทั่วไปจะมีการระบุเอาไว้ว่าจะใช้เซนเซอร์เอาต์พุตประเภทไหน ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า จะเลือกเซนเซอร์เอาต์พุตแบบไหนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและความต้องการของอุปกรณ์ควบคุมเป็นสำคัญ

4.3 เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 4 เส้น

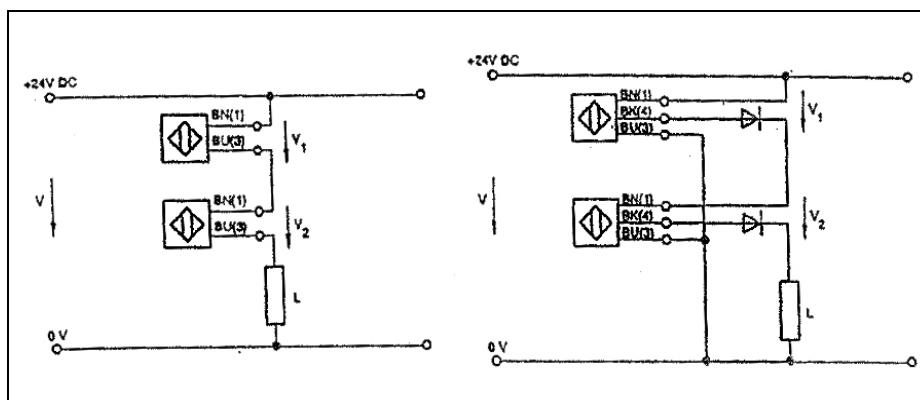
ในบางครั้งเพื่อความประหยัด หรือลดพื้นที่ในการติดตั้ง หรือความต้องการสัญญาณมากกว่าหนึ่งสัญญาณ ณ. จุดที่ต้องการตรวจจับเพียงจุดเดียว ความต้องการต่างๆ เหล่านี้สามารถตอบสนองได้ด้วย เซนเซอร์เพียงตัวเดียวที่มีสัญญาณที่มี 4 เส้น นั่นคือ จะมีสายสัญญาณเอาต์พุตปกติทำงาน (NC) และไม่ปกติทำงาน (NO) รวมอยู่ในตัวเดียวกัน ซึ่งมีทั้งแบบ PNP และ NPN แสดงดังรูปที่ 2.46



รูปที่ 2.46 เซนเซอร์แบบมีสัญญาณ 4 เส้น

4.4 การต่อเซนเซอร์อนุกรม

สำหรับงานบางลักษณะที่ต้องการฟังก์ชันการทำงานเป็นลอจิกแอนด์ (AND) ตัวอย่าง เช่น มีเซนเซอร์อยู่ 2 ตัว ที่ใช้ในการตรวจสอบรูปร่างของชิ้นงาน โหลดจะทำงานก็ต่อเมื่อเซนเซอร์ทั้ง 2 ตัวต้องทำงานเท่านั้น จากวัตถุประสงค์ดังกล่าวเราสามารถที่จะนำเซนเซอร์ 2 ตัวนั้นมาต่ออนุกรมกันได้ นอกจากนั้นการต่อเซนเซอร์ในลักษณะดังกล่าวหากเรานำสัญญาณมาต่อเข้ากับ PLC ก็สามารที่จะประหยัดหน่วยอินพุตของ PLC ได้อีกด้วย รูปที่ 2.48 การต่อเซนเซอร์ 2 ตัว ต่ออนุกรมกัน



รูปที่ 2.47 การต่อเซนเซอร์อนุกรม

1. การต่ออนุกรมของเซนเซอร์แบบสายสัญญาณ 2 เส้น

โดยปกติจะไม่แนะนำให้ต่อเซนเซอร์แบบนี้อนุกรมกัน ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่า แรงดัน ตกคร่อมที่ตัวเซนเซอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนของเซนเซอร์ ซึ่งจะมีผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่โหลดมีค่าน้อยกว่าที่ควร

$$V_L = V_S - V_D \quad (2.9)$$

โดยที่ V_L = แรงดันไฟฟ้าที่โหลด (V)

V_S = แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย (V)

V_D = แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่เซนเซอร์แต่ละตัวรวมกัน (V)

ถ้าโหลดหรืออุปกรณ์ที่นำมาต่อรวมเป็นพวงขดลวดในขณะที่เปลี่ยนสถานะ on / off จะมีความแตกต่างของเฟสเกิดขึ้นด้วย ในการใช้งานจึงต้องคำนึงถึงมุมเฟสในการ on / off ด้วย แล้วควรจะต่อเซนเซอร์อนุกรมกันไม่เกิน 2 ถึง 3 ตัว

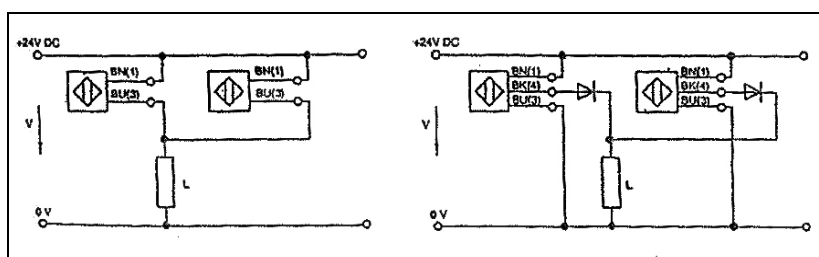
2. การต่ออนุกรมของเซนเซอร์แบบสายสัญญาณ 3 เส้น

การต่ออนุกรมกันของเซนเซอร์ประเภทนี้ จะมีแรงดันตกคร่อมเซนเซอร์แต่ละตัวประมาณ 1 ถึง 2.5 โวลต์ จะต้องระวังว่าผลรวมของแรงดันตกคร่อมเซนเซอร์ที่ต่ออนุกรมกันนั้น จะทำให้แรงดันตกคร่อมโหลดลดลง ซึ่งจะต้องพิจารณาว่าแรงดันตกคร่อมโหลดที่เหลือนั้น จะยังคงทำให้โหลดทำงานได้ตามปกติหรือไม่ รวมทั้งในเรื่องของกระแสก็จะต้องพิจารณาด้วยว่า เซนเซอร์ตัวแรกจะสามารถจ่ายกระแสเอาต์พุตได้เพียงพอที่จะเลี้ยงเซนเซอร์ตัวอื่นๆ ที่เหลือและโหลดได้หรือไม่ เนื่องจากลักษณะการต่ออนุกรมของเซนเซอร์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสถานะพร้อมกัน

เพื่อให้โหลด on หรือ off นั้น โหลดจะถูกหน่วยงานให้ซาลงไป (บางครั้งมากกว่า 100 ms)
เมื่อต้องคำนึงถึงปัญหาดังกล่าวจึงควรต่อเซ็นเซอร์แบบ 3 สาย อนุกรมกันสูงสุดไม่เกิน 5 ถึง 10 ตัว

4.5 การต่อเซ็นเซอร์ขนานกัน

ในทำนองเดียวกันเมื่อเซ็นเซอร์สามารถนำมาต่ออนุกรมกันเพื่อสร้างฟังก์ชันแอนด์(AND) ได้ การต่อเซ็นเซอร์แบบขนานกันเพื่อสร้างฟังก์ชันออร์ (OR) ก็ย่อมที่จะสามารถกระทำได้เช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.48 การต่อเซ็นเซอร์แบบขนาน

1. การต่อขนานของเซ็นเซอร์แบบสายสัญญาณ 2 เส้น

ให้สังเกตว่ากระแสรั่วไหล (Leakage Current) จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อต่อเซ็นเซอร์แบบ 2 สายขนานกัน จึงต้องคำนึงถึงผลรวมของกระแสรั่วไหลที่เกิดขึ้นจากเซ็นเซอร์แต่ละตัวซึ่งจะต้องมีค่าต่ำกว่ากระแสที่ทำให้โหลดทำงาน (Holding Current) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต่อเซ็นเซอร์เข้ากับ PLC อีกสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงก็คือ เมื่อเซ็นเซอร์ตัวหนึ่งมีสถานะเป็น on แรงดันไฟเลี้ยงที่ตกคร่อมเซ็นเซอร์ตัวอื่นๆ ที่ต่อขนานอยู่ จะมีค่าลดลง ซึ่งมีผลทำให้อาจจะแสดงสถานะที่ไม่ถูกต้องได้ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้เราควรจะต่อเซ็นเซอร์แบบ 2 สายขนานกันไม่เกิน 5 ถึง 10 ตัว

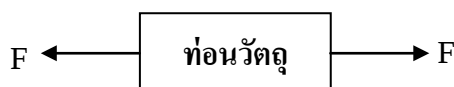
2. การต่อขนานของเซ็นเซอร์แบบสายสัญญาณ 3 เส้น

สามารถต่อเซ็นเซอร์แบบ 3 สายขนานกันได้ไม่เกิน 20 ถึง 30 ตัว สิ่งที่จะต้องระวังมีเพียงเรื่องเดียว คือ ผลรวมของกระแสรั่วไหลในขณะที่มีสถานะ off แต่อย่างไรก็ตามกระแสรั่วไหลของเซ็นเซอร์แบบ 3 สาย จะมีค่าที่ต่ำมากจึงสามารถต่อขนานกันได้เป็นจำนวนมากนั่นเอง ข้อสังเกตอีกอย่างหนึ่งของการต่อเซ็นเซอร์แบบขนานกันก็คือว่า หากเซ็นเซอร์ตัวใดตัวหนึ่งทำงานก็จะมีกระแสไหลย้อนกลับเข้าไปยังเอาต์พุตของเซ็นเซอร์ตัวที่เหลือ ดังนั้นจึงใส่ไดโอดไว้เพื่อเป็นการป้องกันดังกล่าว

ความเค้น (Stress) (สุระเชษฐ , 2521 : 10 – 12)

ความเค้น คือ แรงภายนอกที่มากระทำผ่านจุดศูนย์กลางของพื้นที่หน้าตัดของวัสดุนั้นๆ หรือแรงภายนอกต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. ความเค้นดึง (Tensile Stress) หรือ σ_t จะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ใต้แรงดึง โดยแรงดึงจะต้องกระทำตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดที่กระทำนั้น

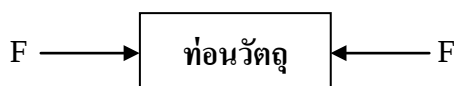


รูปที่ 2.49 ความเค้นดึง

จะได้
$$\sigma_t = \frac{F}{A} \quad (2.10)$$

ถ้าให้ σ_t คือ ความเค้นดึงที่เกิดขึ้น
 A คือ พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ
 F คือ แรงดึงที่กระทำกับท่อนวัตถุ

2. ความเค้นอัด (Compressive Stress) หรือ σ_c จะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงอัด โดยแรงอัดจะต้องกระทำตั้งที่กระทำนั้น

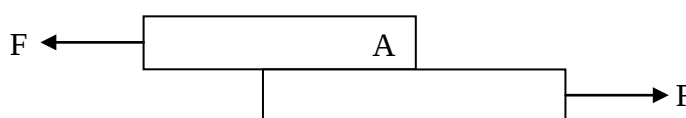


รูปที่ 2.50 ความเค้นอัด

จะได้
$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad (2.11)$$

ถ้าให้ σ_c	คือ	ความเค้นอัดที่เกิดขึ้น
A	คือ	พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ
F	คือ	แรงดึงที่กระทำกับท่อนวัตถุ

3. ความเค้นเฉือน (Shear Stress) หรือ τ เป็นแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัตถุนั้น โดยพยายามทำให้วัตถุเกิดการขาดจากกันตามแนวระนาบที่ขนานกับทิศทางของแรงนั้น



รูปที่ 2.51 ความเค้นเฉือน

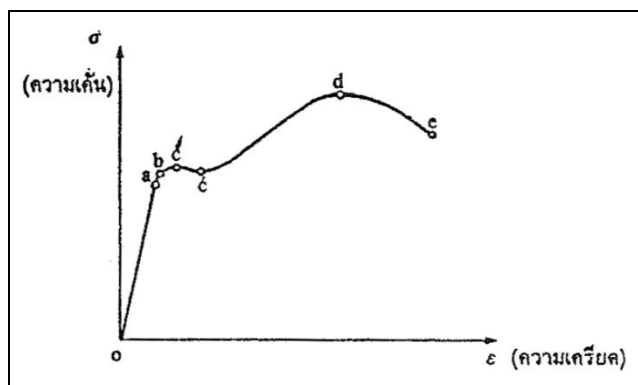
จะได้ $\tau = \frac{F}{A}$ (2.12)

ถ้าให้ τ	คือ	ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้น
A	คือ	พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ
F	คือ	แรงดึงที่กระทำกับท่อนวัตถุ

4. คุณสมบัติทางกลของวัสดุ (วริทธิ์และคณะ , 2537 : 21 – 22)

ในการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลและต้องคำนวณหาชิ้นส่วนต่างๆ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติทางกลของวัสดุเป็นสำคัญ ซึ่งพบว่ามีชื่อเรียกต่างๆ อยู่มาก ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการอ้างอิงต่อไปจึงจะได้นิยามความหมายของชื่อต่างๆ ไว้พอสังเขปดังต่อไปนี้

ความต้านแรงดึงอัลติเมต (Ultimate Tensile Strength) σ_u เป็นความเค้นสูงสุดที่วัสดุจะรับได้ซึ่งคำนวณได้จากการนำแรงที่ใช้ดึงวัสดุตัวอย่างหารด้วยพื้นที่หน้าตัดเดิมและแทนด้วยจุด C ดังรูปที่ 2.53 ในบางครั้งอาจเรียกให้สั้นลงได้ว่าความต้านแรงดึง (Tensile Strength)



รูปที่ 2.52 แผนภาพความเค้น – ความเครียด

ความดันแรงดึงคราก (Yield Strength) σ_y เป็นจุดที่ชิ้นทดสอบยืดออกได้มาก โดยที่เพิ่มแรงอีกนิดหน่อยเท่านั้น (หรือไม่ได้เพิ่ม) ซึ่งแทนด้วยรูปจุด B ดังรูปที่ 2.52 หรือที่เรียกว่าจุดคราก ความเค้นที่จุดนี้ถือเป็นหลักในการออกแบบทั่วไป

คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง คือความต้านทานแรงเฉือนคราก (Yield strength in shear) τ_y ซึ่งใช้ในการออกแบบเสมอ คือ

$$\tau_y = 0.6\sigma_y \quad (2.13)$$

5. ค่าความปลอดภัย (Factor of Safety or Safety Factor) (สุระเชษฐ , 2521 : 17 – 18)

ค่าความเค้นสูงสุดที่หาได้จากชิ้นงานทดสอบของวัสดุนั้น เราไม่สามารถนำค่าเหล่านั้นมาใช้ในการออกแบบหรือคำนวณได้เลย เพราะแรงหรือน้ำหนักที่เกิดขึ้นจริงในโครงสร้างนั้นอาจสูงกว่าค่าที่ได้มาจากชิ้นทดสอบ ดังนั้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเค้นเกิดขึ้นจริงเกินค่าสูงสุดในโครงสร้างนั้นจะรับได้ เราจึงจำเป็นต้องกำหนดค่าความปลอดภัยหรือค่าความเผื่อในการออกแบบชิ้นงาน ถ้าใช้ความเค้นสูงสุดของวัสดุเป็นเกณฑ์จะได้ดังนี้

$$\text{ค่าความปลอดภัย} = \frac{\text{ค่าความเค้นสูงสุด}}{\text{ค่าความเค้นใช้งาน}}$$

$$N_u = \frac{\sigma_u}{\sigma_w} \quad (2.14)$$

และถ้าใช้ความเค้นครากของวัสดุเป็นเกณฑ์จะได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความปลอดภัย} &= \frac{\text{ค่าความเค้นคราก}}{\text{ค่าความเค้นใช้งาน}} \\ N_u &= \frac{\sigma_y}{\sigma_w} \end{aligned} \quad (2.15)$$

งานเชื่อม (Welding Joint) (บรรเลงและคณะ , 2530 : 122 – 162)

ในงานเชื่อม คือ การนำชิ้นงานสองชิ้นหรือมากกว่ามาประสานกัน โดยมีหลักอยู่ว่า ชิ้นงานต้องต่อกันโดยการหลอมละลายของโลหะทั้งสอง ณ อุณหภูมิที่เหมาะสม โดยจะมีการเติมตัวประสานโลหะ (Filler metal) หรือไม่เติมก็ได้

1. ประเภทของงานเชื่อมอาจแบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ

1.1 Fusion Welding ชิ้นส่วนของงานเชื่อมชนิดนี้จะเชื่อมติดกัน โดยที่โลหะบริเวณแนวเชื่อมจะหลอมละลาย (Melted condition) เข้าติดกันโดยมีการเติมโลหะ (Filler Metal) หรือไม่เติมก็ได้

1.2 Pressure Welding ชิ้นส่วนของงานเชื่อมชนิดนี้จะเชื่อมติดกัน โดยที่โลหะบริเวณแนวเชื่อมจะอยู่ในสภาวะที่เริ่มจะเป็นของเหลว (Plastic Condition) แล้วใช้แรงกดบริเวณแนวเชื่อมให้อัดติดกัน การเชื่อมแบบนี้จะไม่มีการเติมโลหะเชื่อม

2. วัสดุที่สามารถเชื่อมต่อกันได้นั้น แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.1 Low Carbon Steel เหล็กที่มีคาร์บอนผสมต่ำ คือ มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนอยู่ไม่เกิน 0.3% แต่ถ้าเกินไปได้แก่ เหล็กชนิด High Carbon Steels จะเชื่อมได้ก็จะต้องใช้ลวดเชื่อม Electrode ชนิดพิเศษ และจะต้องใช้ช่างเชื่อมที่มีความชำนาญพอสมควร

2.2 โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก Non - Ferrous Metals ได้แก่ โลหะในจำพวกทองแดง ทองเหลือง บรอนซ์ สังกะสี และอลูมิเนียม

3. การออกแบบงานเชื่อม การออกแบบ (Design) งานเชื่อม พยายามนึกถึงหลักในการออกแบบ 2 ประการ คือ

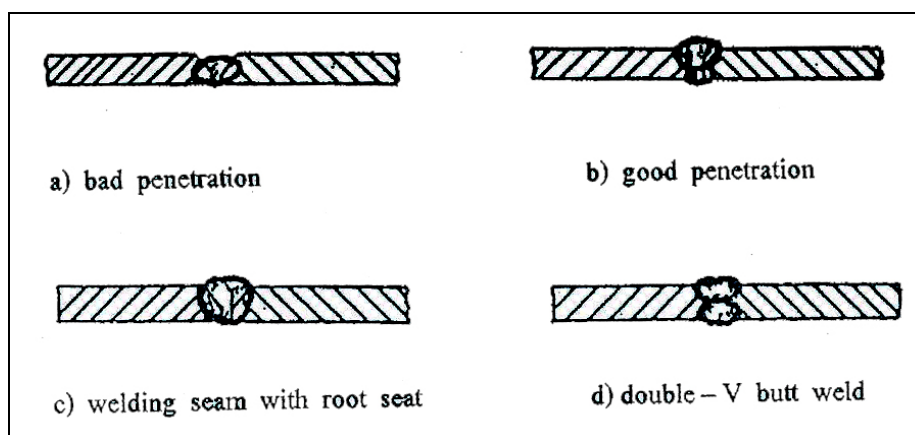
3.1 ราคาในการสร้างควรจะถูกที่สุด

3.2 ความแข็งแรง เมื่อราคาถูกแล้วชิ้นงานนั้นจะต้องแข็งแรงด้วยเมื่อผู้ออกแบบออกงานเชื่อมออกมาแล้ว เขาจะต้องตรวจสอบดูความแข็งแรงของงานอีกทีหนึ่ง แต่ในการออกแบบยังมีข้อที่ควรพิจารณาดังนี้ คือ

1. ชนิดของการต่อ

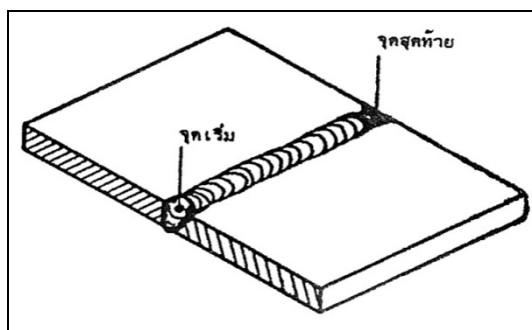
2. ข้อบกพร่องในการเชื่อม
3. การหักเหของแรง ขณะรับโมเมนต์ดัด
4. การสะสมความร้อนในแนวเชื่อม
4. ข้อบกพร่องในการเชื่อมเนื่องจากรอยบาก (Notch Effect)

การเชื่อมที่ไม่ดีพอจะทำให้เกิดการไหลซึมของโลหะที่ไม่ดี และจากสาเหตุอันนี้จะทำให้เกิดสะสมของความเค้น (Stress Concentration) ที่บริเวณแนวเชื่อม และเมื่อชิ้นงานรับภาระแบบสั่นสะเทือน (Vibration Loading) แล้วงานจะพังได้ง่าย



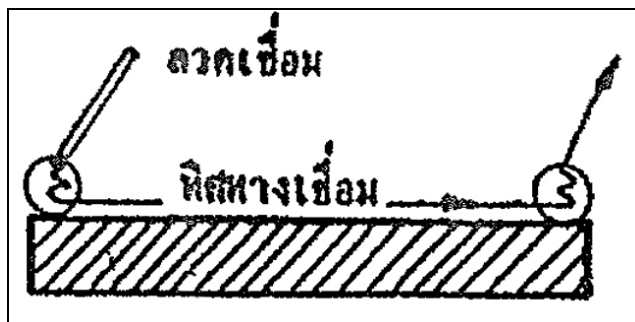
รูปที่ 2.53 รูปแสดงการไหลซึมของโลหะ

นอกจากนี้แล้ว การสะสมของความเค้น (Stress) ยังเกิดขึ้นจากเชื่อมที่บริเวณจุดเริ่มต้นเชื่อม และจุดปลายแนวเชื่อม คือ มีโลหะเชื่อมอยู่น้อยกว่าปกติ ทำให้เป็นหลุม สาเหตุที่เกิดเนื่องมาจากขณะที่เราดึงลวดเชื่อมแล้วรีบเดินหรือรีบยกลวดเชื่อม ในขณะที่เริ่มต้นเชื่อมและจุดสุดแนวเชื่อม



รูปที่ 2.54 จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเป็นหลุม

ข้อแก้ไขเราทำได้โดยเดินลวดเชื่อมให้ช้ากว่าปรกติหรือเดินกลับไปมาในบริเวณที่มีโลหะน้อยๆ ได้จากรูปข้างล่างนี้

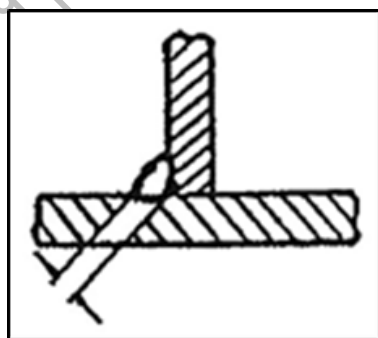


รูปที่ 2.55 แสดงทิศทางการเชื่อม

ด้วยเหตุที่เกิดการสะสมของความเค้น (Stress) ขึ้น ดังนั้น เวลาคำนวณความแข็งแรงของแนวเชื่อม จึงคิดความยาวของแนวเชื่อมโดยใช้ความยาวจริงลบออกด้วย 2 เท่าของความกว้างรอยเชื่อม

$$L_c = L - 2a \quad (2.16)$$

เมื่อ L_c = ความยาวของตะเข็บที่ใช้ในการคำนวณ
 L = ความยาวของตะเข็บจริง
 a = ความหนาของตะเข็บ



รูปที่ 2.56 แสดงความหนาของตะเข็บเชื่อม (a)

5. การคำนวณความแข็งแรงของแนวเชื่อม

5.1 เมื่อแนวเชื่อมรับแรงดึงการคำนวณความแข็งแรงของแนวเชื่อม กล่าวถึงกรณีที่แรงกระทำตรงกลางชิ้นงานไม่มี โมเมนต์ (Moment) มาเกี่ยวข้อง เพราะฉะนั้นความแข็งแรงที่เกิดขึ้นงาน จะมีค่าเท่ากับแรงที่กระทำหารด้วยพื้นที่รอยเชื่อมถูกตัดเฉือน

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \sigma_{all} \quad (2.17)$$

เมื่อ σ = ค่าความเค้นแรงดึงที่เกิดขึ้นในแนวเชื่อม (N/mm^2)

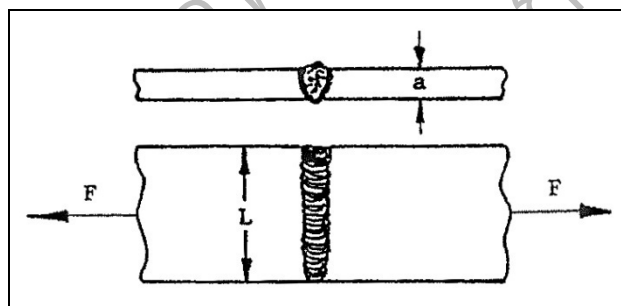
F = แรงที่กระทำ (N)

A = พื้นที่รอยเชื่อมที่ถูกตัดเฉือน (mm^2)

$A = L_c \times a$

$L_c = L - 2a$ (ค่าความยาวที่เหลือ Safety เอาไว้)

σ_{all} = ค่าความเค้นแรงดึงที่ยอมให้ (N/mm^2)



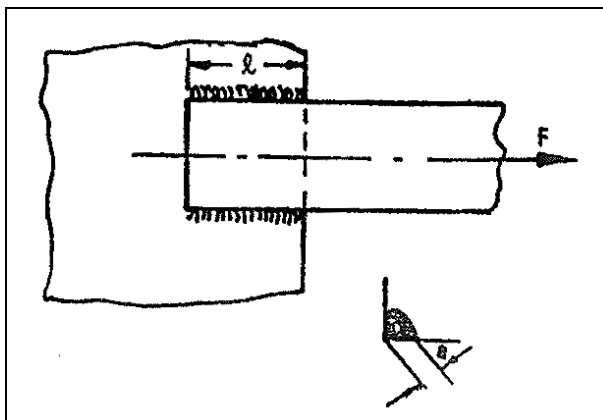
รูปที่ 2.57 ลักษณะการถูกดึงของตะเข็บเชื่อม

5.2 เมื่อแนวเชื่อมรับแรงตัดเฉือน

$$\tau = \frac{F}{A} \leq \tau_{all}$$

$$\tau = \frac{F}{2(L_c \times a)} \quad (2.18)$$

- เมื่อ $\square$ = ค่าความเค้นตัดเฉือนที่เกิดขึ้นในแนวเชื่อม N/mm^2
 F = แรงที่กระทำ (N)
 A = พื้นที่แนวเชื่อมที่ถูกตัดเฉือน (mm^2)
 L_c = $L - 2a$ (ค่าความยาวที่เผื่อ Safety เอาไว้)
 τ_{all} = ค่าความเค้นตัดเฉือนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ (N/mm^2)



รูปที่ 2.58 ตะเข็บถูกตัดเฉือน

การเปรียบเทียบทางหลักเศรษฐศาสตร์

ในหลักเศรษฐศาสตร์นั้นการลงทุนทำอย่างใดอย่างหนึ่งจะต้องคำนึงถึงค่าตอบแทนที่ได้รับว่าคุ้มแค่ไหน ในการวิเคราะห์ตัดสินใจเลือกลงทุนนอกจากจะพิจารณาจนคุ้มทุนแล้ว บางครั้งยังต้องทราบว่าจะคืนทุนระยะเวลาเท่าไร การคำนวณหาจะต้องแปลงมูลค่าของเป็นมูลค่าปัจจุบัน รายปีที่ได้ปีที่ทำให้รายจ่ายเท่ากับรายรับ นั่นคือระยะเวลาก่อนการจ่ายคืนทุน

$$0 = P + A \left(\frac{P}{A}, i\%, n \right) + F \left(\frac{P}{A}, i\%, n \right) \quad (2.19)$$

เมื่อ P หมายถึง มูลค่าเงินรวมในปัจจุบันหรือ ณ จุดเวลาเริ่มต้นโครงการ

F หมายถึง มูลค่าเงินรวมในอนาคต ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่งที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งมันจะเกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป n ช่วง และจะมีมูลค่าเทียบเท่ากับ P เมื่อมีอัตราดอกเบี้ย i กำหนดคิดดอกเบี้ย n ครั้ง

A หมายถึง มูลค่าของเงินจำนวนเท่ากันที่เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการคิดดอกเบี้ย (Interest Period) แต่ละช่วง (Period) ซึ่งมีช่วงเวลาติดต่อกัน n ช่วง

$(P/A, i\%, n)$ คือ Uniform Series present Worth Factor เขียนแทน $\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$

$(P/A, i\%, n)$ คือ Single Payment Present Worth Factor เขียนแทน $\frac{1}{(1+i)^n}$

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโครงการ

1. การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะข้าวกล้องเพื่อใช้ในครัวเรือน

นาย พิชิต สุวะมาตย์ (2553) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการกะเทาะข้าวกล้องเพื่อใช้ในครัวเรือน ด้วยหลักการกะเทาะแบบลูกยาง สำหรับข้าวที่นำมาทำการทดสอบคือ ข้าวหอมมะลิแดงและข้าวมะลิขาว มีปัจจัยศึกษา 2 ปัจจัยได้แก่ ความเร็วที่ใช้ในการกะเทาะ 4 ระดับ (4.8 ,5.8 ,6.9 และ 8.0 เมตรต่อวินาที) และระยะห่างของลูกยางกะเทาะ 2 ระดับ คือ ระยะห่าง 0.5 มิลลิเมตร และ 1 มิลลิเมตร สามารถ สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

สำหรับข้าวมะลิแดงความเร็วของลูกยางที่เหมาะสมที่สุดคือ 5.8 เมตรต่อวินาที และระยะห่างของลูกยางกะเทาะเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งจะได้เปอร์เซ็นต์ เมล็ดข้าวเต็มเท่ากับ 48.70 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวที่แตกหักเท่ากับ 9.20 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ เมล็ดข้าวที่กะเทาะไม่หมดเท่ากับ 13.7 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ เมล็ดข้าวสูญเสียเนื่องจากพัดลมดูด 0.25 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ แกลบมีค่าเท่ากับ 23.65 และเปอร์เซ็นต์ สูญเสียเท่ากับ 4.50 เปอร์เซ็นต์

สำหรับข้าวมะลิขาวความเร็วของลูกยางที่เหมาะสมที่สุดคือ 5.8 เมตรต่อวินาที และระยะห่างของลูกยางกะเทาะเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งจะได้เปอร์เซ็นต์ เมล็ดข้าวเต็มเท่ากับ 47.0 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวที่แตกหักเท่ากับ 8.45 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ เมล็ดข้าวที่กะเทาะไม่หมดเท่ากับ 16.45 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ เมล็ดข้าวสูญเสียเนื่องจากพัดลมดูด 0.55 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ แกลบมีค่าเท่ากับ 21.45 และเปอร์เซ็นต์ สูญเสียเท่ากับ 6.0 เปอร์เซ็นต์

2. การควบคุมการทำงานระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้าแบบหลายสถานีด้วย Profibus – DP

นาย ชันติ บัวสำราญ (2553) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเชื่อมต่อการทำงานของ PLC ด้วย Profibus – DP และ MPI Program โดยทำการเชื่อมต่อ CPU Siemens S7 – 300 ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมสถานีงานอุปกรณ์นิวเมติกส์ไฟฟ้าแต่ละตัวให้สามารถได้สัมพันธ์กันโดยใช้สาย Profibusเป็นตัวช่วยส่งผ่านข้อมูลจากแต่ละสถานีงานและมีการส่งถ่ายโอนข้อมูลจาก CPU ไปยังคอมพิวเตอร์โดยผ่าน MPI Adapter เพื่อเป็นการช่วยลดจำนวนการต่อสายไฟระหว่างอุปกรณ์ให้น้อยลงให้สถานีงานมีความเป็นระเบียบสวยงามและลดความผิดพลาดในการทำงานในระบบได้อย่างดียิ่งขึ้น

3. การปรับปรุงเครื่องตัดอ้อยขนาดเล็ก

นาย เทิดเกียรติ ลาจันทิก (2555) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับออกแบบปรับปรุงเครื่องตัดอ้อยขนาดเล็ก เนื่องจากโครงการเครื่องตัดอ้อยขนาดเล็กเดิมยังมีข้อเสียคือ ตัวรถไม่มีระบบรับน้ำหนัก และระบบขับเคลื่อนและเมื่อรถเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ขรุขระจึงทำให้ตัวรถเครื่องตัดอ้อยขนาดเล็กพลิกคว่ำได้ง่าย จากข้อด้อยดังกล่าวทางกลุ่มจึงทำโครงการนี้ เพื่อปรับปรุงเครื่องตัดอ้อยขนาดเล็ก โดยติดตั้งระบบขับเคลื่อนให้กับตัวรถโดยใช้ระบบมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนและปรับปรุงช่วงล่างให้เป็นระบบรองรับน้ำหนักแบบอิสระ ลักษณะเป็นแบบปีกนกกลางที่มีโช้คอัพรองรับเบอร์ดร่วมทำงาน ระบบรองรับน้ำหนักมีมุมแคมเบอร์ลบ 5 องศา และมุมโทอิน 2 องศา เพื่อช่วยให้ตัวรถมีการทรงตัวได้มากขึ้นและ ซึ่งการออกแบบและการสร้างปรับปรุงเครื่องตัดอ้อยขนาดเล็กได้กระทำพร้อมกันและได้มีการทดสอบภาคสนามเรียบร้อยแล้ว ได้ผลบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ และแสดงให้เห็นประสิทธิภาพของรถตัดอ้อยขนาดเล็กซึ่งได้อัตราการสูญเสียน้ำมัน 1.58 L ต่ออ้อย 600 ตารางเมตร ความสูงของตออ้อยเฉลี่ย 5.05 เซนติเมตร กำลังไฟฟ้าที่ใช้ 21.6 Watt ความสามารถในการไถความชัน 27.5 องศา อัตราความเร็วเฉลี่ยในการตัดอ้อย 24.4 ลำต่อนาที และมุมสูงสุดที่ทำให้รถพลิกคว่ำ 33 องศา ซึ่งทำให้เครื่องตัดอ้อยขนาดเล็กใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถใช้ทดแทนกำลังงานได้

4. การศึกษาและออกแบบเครื่องแยกสัดมูลไก่แบบใช้เกลียวอัด

นาย ธรรมบุญ บุญรากูล (2555) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบสร้างและประเมินสมรรถนะของเครื่องแยกสัดมูลไก่แบบใช้เกลียวอัดโดยได้ทำการออกแบบเครื่องแยกสัดมูลไก่แบบใช้เกลียวอัด ขนาดกำลังการผลิต 68.4 kg / hr โดยมีความกว้าง 60 เซนติเมตร ความยาว 160 เซนติเมตร ความสูง 120 เซนติเมตร เครื่องแยกมีตะแกรงของรูระบายมีขนาด 3 มิลลิเมตร และสามารถปรับความเร็วรอบของเครื่องได้ระหว่าง 17.45 – 87 รอบต่อนาที จากนั้นทำการทดสอบการแยกมูลไก่จำนวน 4.65 kg ต่อครั้ง โดยใช้ความเร็วรอบ 5 ค่า คือ 17.45 , 34.8 , 52.2 , 69.6 และ 87 รอบต่อนาที และศึกษาสมรรถนะการแยกกากและการใช้พลังงานของเครื่อง จากการทดสอบพบว่าเครื่องแยกสัดมูลไก่ที่ออกแบบมีสมรรถนะในกากแยกมูลไก่แห้ง 24.28 kg / hr ความเร็วรอบ 87 รอบต่อนาที และมีการใช้พลังงานไฟฟ้า 0.024 kwh / kg ของมูลไก่

บทที่ 3

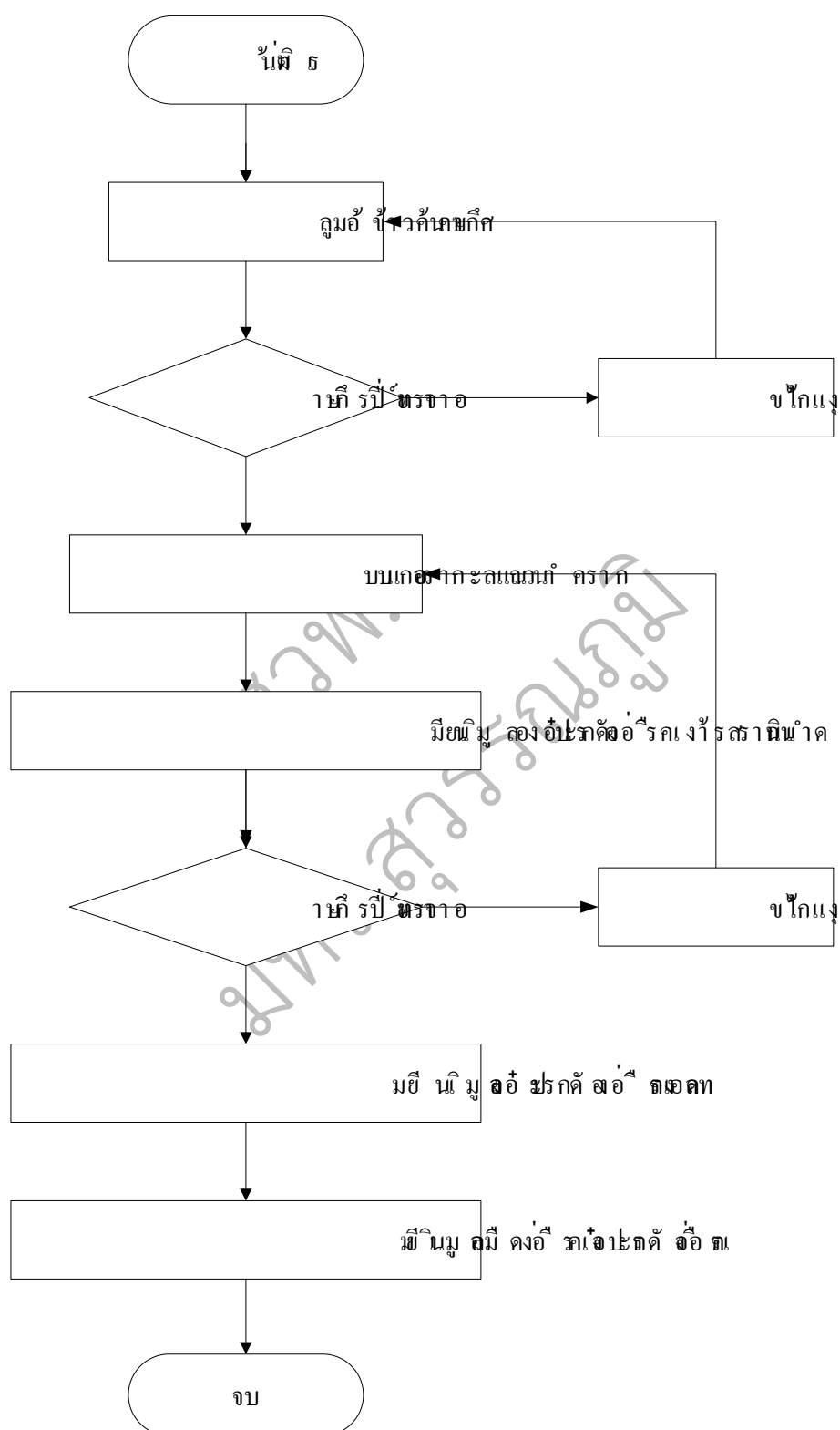
วิธีการดำเนินโครงการ

ในการดำเนินโครงการเพื่อให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และมีประสิทธิภาพ จึงได้วางลำดับขั้นตอนในการสร้างชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม โดยกำหนดขั้นตอนการดำเนินโครงการ ดังที่จะแสดงต่อไปนี้

1. ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม
2. เริ่มทำการคำนวณและออกแบบเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม
3. ดำเนินการในการสร้างและพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม
4. ทำการทดลองเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม
5. เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมที่พร้อมใช้งาน

จากขั้นตอนการทำงานจะทราบได้ว่าในการสร้างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมนั้นมีลำดับขั้นตอนในการทำงานและนำขั้นตอนการทำงานมาเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินงาน



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม

การศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม

ในการศึกษาค้นคว้าข้อมูลนั้น ได้ทำการศึกษาข้อมูลของเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่า เพื่อนำข้อมูลมาพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่ ซึ่งทำข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่าและเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่ ซึ่งเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่า ความเร็วในการอัดกระป๋อง สามารถอัดกระป๋องได้จำนวน 8 กระป๋อง ภายในเวลา 1 นาที ความสามารถในการยวบตัวกระป๋องได้ 75 – 80 เปอร์เซ็นต์ ขนาดของกระป๋องที่ทำการอัด สามารถอัดกระป๋องได้ขนาดเดียว คือ ขนาด 330 มิลลิลิตร ในส่วนของเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่ ความเร็วในการอัดกระป๋อง สามารถอัดกระป๋องได้จำนวน ไม่ต่ำกว่า 10 กระป๋อง ภายในเวลา 1 นาที ความสามารถในการยวบตัวกระป๋องได้ 75 – 85 เปอร์เซ็นต์ ขนาดของกระป๋องที่ทำการอัด สามารถอัดกระป๋องได้ 3 ขนาด คือ ขนาด 240 มิลลิลิตร, 330 มิลลิลิตร, 500 มิลลิลิตร

เมื่อทำการศึกษาข้อมูลที่ทำกรพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมแล้ว จึงได้ทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ คำนวณ ออกแบบและสร้างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม ซึ่งได้ทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังหัวข้อต่อไปนี้ระบบนิเวศน์ศาสตร์ ฟรีดริชมิเตอร์ เซ็นเซอร์ ความเค้น งานเชื่อม การเปรียบเทียบทางหลักเศรษฐศาสตร์ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโครงการซึ่งรายละเอียดทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องแต่ละหัวข้อนี้จะอยู่ในบทที่ 2 ที่กล่าวมาทั้งหมด

ทำการคำนวณและออกแบบเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม

ในการออกแบบเครื่องจักรกลนั้น จำเป็นต้องทำการคิดวิเคราะห์และการคำนวณก่อนดำเนินการสร้างชิ้นงานขึ้นมา เพื่อเป็นการคิดวิเคราะห์ว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ที่จะสร้างเครื่องจักรกลขึ้นมาให้ได้อย่างที่ต้องการ ถ้าหากได้คำนวณทางทฤษฎีแล้วว่ามีความเป็นไปได้จึงลงมือปฏิบัติ เพื่อป้องกันความสิ้นเปลืองวัสดุและอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการสร้างเครื่องจักร

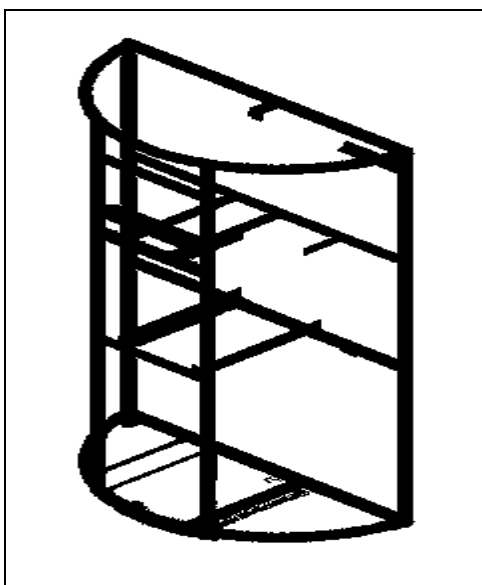
การออกแบบเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ ระบบอัดกระป๋องอลูมิเนียม ซึ่งกระป๋องอลูมิเนียมจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตที่สุด 6.5 ซม. สูง 11.6 ซม. ความหนาของผนัง 0.115 มม. ทำจาก Aluminum และจากการทดลองใช้น้ำหนักขนาด 150 กก. กดทับทำให้กระป๋องอลูมิเนียมยุบตัวได้ 80% จากความสูงเดิม โดยใช้เวลาในการกดทับ 1 วินาที กระป๋องอลูมิเนียมก็จะเสียรูปอย่างถาวร ในการคำนวณใช้ความดัน 6 บาร์

การคำนวณและการออกแบบแบ่งส่วนออกเป็น 4 ส่วน คือ

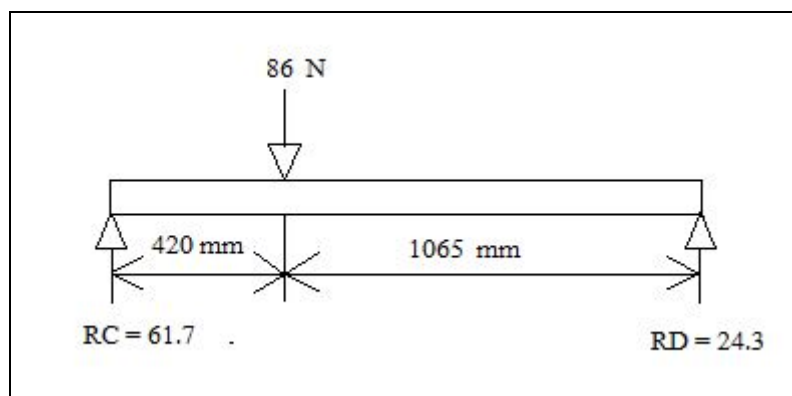
1. การออกแบบและการคำนวณ โครงสร้าง
2. การออกแบบระบบนิวเมติกส์
3. การคำนวณชุดอัดกระป๋องอูมิเนียม
4. การออกแบบวงจรไฟฟ้าและหลักการทำงาน

1. การออกแบบและการคำนวณ โครงสร้าง

จากการศึกษาข้อมูลและตั้งขอบเขตของเครื่องไว้จึงต้องมีการออกแบบโครงสร้างเครื่องให้มีขนาดเหมาะสมต่อการใช้งาน และสามารถติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆได้อย่างเหมาะสม เมื่อได้วิเคราะห์แบบโครงสร้างแล้ว จึงต้องการหาขนาดของเหล็กในการทำโครงสร้างจากการวิเคราะห์โครงสร้างด้าน A รับแรงมากที่สุดจึงต้องหาขนาดของเหล็กเพื่อมาใช้ในการทำโครงสร้างทั้งหมด



รูปที่ 3.1 โครงสร้างเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียม



รูปที่ 3.2 แรงและโมเมนต์ตัดในแนวดิ่ง

$$\sum M_c = 0 = 86 \times 420 - R_d \times 1485$$

$$R_d = \frac{86 \times 420}{1485} = 24.3 \text{ N}$$

$$R_c = 86 - 24.3 = 61.7 \text{ N}$$

$$M_{\max} = 61.7 \times 420 = 25914 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\text{เลือกใช้ค่าความปลอดภัย} = 3$$

$$\text{ใช้เหล็ก 1020 CD มีค่า } \sigma_y = 66 \text{ Ksi}$$

$$\sigma_d = \frac{\sigma_y}{N_y} = \frac{66 \times 6.895}{3}$$

$$= 151.63 \text{ N/mm}^2$$

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

$$A = \frac{86 \text{ N}}{151.69 \text{ N/mm}^2} = 0.53 \text{ mm}^2$$

ต้องการเหล็กที่มีพื้นที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.53 mm^2 ในที่นี้เลือกเหล็กกล่องขนาด $3/4 \times 3/4$

หนา 2 mm

$$\begin{aligned}
 1 \text{ in} &= 25.4 \text{ mm} \\
 A &= (19 \times 2) \times 4 \\
 &= 152 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

ดังนั้นจึงได้เลือกใช้เหล็กขนาด $3/4 \times 3/4$ นิ้วหนา 2 mm

2. การออกแบบระบบนิวแมติกส์

2.1 กำหนดหาขนาดกระบอกสูบ

เลือกใช้กระบอกสูบชนิดทำงาน 2 ทาง เพื่อลดแรงต้านทานเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ออกแรงที่ใช้ในการอัดกระป๋องอูมิเนี่ยมยวบตัวได้ 80% จากปริมาตรเดิม คือ $150 \times 9.81 = 1471.5 \text{ N}$ โดยใช้ความดัน 7 bar คัดแรงเสียดทานรวม 20% ของแรงใช้งาน จะได้

$$\begin{aligned}
 F &= 1471.5 \times 1.2 = 1765.8 \text{ N} \\
 \text{จากสมการ} \quad P &= \frac{F}{A} \\
 P &= 7 \text{ bar} = 7 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \\
 A &= \frac{\pi D^2}{4} \\
 \therefore D &= \sqrt{\frac{4F}{\pi P}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 1765.8}{\pi \times 7 \times 10^5}} = 0.0567 \text{ m} = 56.7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

จากตาราง ก10 เลือกใช้ขนาดกระบอกสูบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 63 mm และจะได้เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบเท่ากับ 22 mm

พื้นที่หน้าตัดใช้งานสุทธิ

$$\text{เคลื่อนที่ออก} \quad A_1 = 31.2 \text{ cm}^2$$

$$\text{เคลื่อนที่เข้า} \quad A_2 = 28.0 \text{ cm}^2$$

$$\text{หาแรงดันสุทธิ} \quad F_{th} = 10 \times A \times P \times \eta$$

$$A_1 = 31.2 \text{ cm}^2$$

$$P = 7 \text{ bar}$$

$$\eta = 1 \text{ เพื่อจะได้แรงสูงสุดเพื่อใช้ในการคำนวณโครงสร้าง}$$

$$F_{th} = 10 \times 31.2 \times 7 \times 1 = 2184 \text{ N}$$

กระป๋องอลูมิเนียมมีความสูง 11.6 cm ลดขนาดลง 80% จะเหลือ 2.32cm จะได้ระยะการทำงานของก้านสูบ = 11.6 - 2.32 = 9.28 cm เพื่อระยะช่องว่าง 1 cm จะได้ระยะของการทำงานของก้านสูบ = 10.28 cm

2.2 หาอัตราการสิ้นเปลืองลม

$$\text{จากสมการ} \quad Q_a = \frac{(A_1 + A_2) \times L \times (P + 1.033) \times N}{1.033} \quad (\text{จากสมการที่ 2.6 หน้า 27})$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ} \quad A_1 &= 31.2 \text{ cm}^2 \\ A_2 &= 28 \text{ cm}^2 \\ L &= 10.28 \text{ cm} \\ P &= 7 \text{ bar} \\ N &= 10 \text{ ครั้ง} \\ \text{จะได้} \quad Q_a &= \frac{(31.2 + 28) \times 10.28 \times (7 + 1.033) \times 10}{1.033} \\ &= 47325.18 \text{ cm}^3 / \text{min} = 47.32 \text{ l / min} \end{aligned}$$

หาขนาดของ Main Valve ต้องการให้ลมที่ไหลผ่านวาล์วมีอัตราการไหล $Q_a = 47.31 \text{ (l / min)}$

$$\therefore \frac{(7 + 1.013) \times 5}{100} = 0.4 \text{ bar}$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ} \quad P_1 &= 8.033 \text{ bar} \\ P_2 &= 7.633 \text{ bar} \\ P_1 &< 1.89 \text{ } P_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad \text{สมการ} \quad Q &= 22.2 \text{ S} \quad \sqrt{P_2 (P_1 - P_2)} \quad (\text{จากสมการที่ 2.6 หน้า 27}) \\ 47.32 &= 22.2 \text{ S} \quad \sqrt{7.633(8.033 - 7.633)} \end{aligned}$$

$$S = \frac{47.32}{38.74} = 1.22 \text{ mm}^2$$

$$\text{จาก} \quad S = \frac{\square D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1.22}{\pi}} = 1.29 \text{ mm}$$

เลือกใช้ Main Valve ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 mm เลือกใช้ท่อ Nylon ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ Main Valve

การหาปริมาณลมอัดทั้งหมดที่กระบอกสูบต้องการในกรณีที่กำลังสูบเคลื่อนที่ออก

$$\text{จากสมการ } Q_1 = \frac{\pi}{4} (D_1^2 \times L + d^2 \times l) \times \frac{p_1 + 1.033}{1.033} \times \frac{1}{1000}$$

(จากสมการที่ 2.7 หน้า 28)

เมื่อ

$$D_1 = 6.3 \text{ cm}$$

$$L = 10.28 \text{ cm}$$

$$d_{\text{ท่อ}} = 0.2 \text{ cm}$$

$$l = 100 \text{ cm}$$

$$P_1 = 7 \text{ bar}$$

$$= 2.516 \text{ l/min}$$

การปริมาณลมอัดทั้งหมดที่กระบอกสูบต้องการในกรณีที่กำลังสูบเคลื่อนที่เข้า

$$\text{จากสมการ } Q_2 = \frac{\pi}{4} \left\{ (D_1^2 - D_2^2) \times L \times d^2 \times l \right\} \times \frac{p_1 + 1.033}{1.033} \times \frac{1}{1000}$$

(จากสมการที่ 2.7 หน้า 28)

เมื่อ

$$D_2 = 2 \text{ cm}$$

จะได้

$$Q_2 = \frac{\pi}{4} \left\{ (6.3^2 - 2^2) \times 10.28 \times (0.2)^2 \times 100 \right\} \times \frac{p_1 + 1.033}{1.033} \times \frac{1}{1000}$$

(จากสมการที่ 2.8 หน้า 28)

$$= 2.265 \text{ l/min}$$

กระบอกสูบเคลื่อนที่เข้าออก 10 ครั้งต่อนาที จะได้อัตราความสิ้นเปลืองลมต่อนาที

$$Q = (Q_1 + Q_2) \times N$$

$$= (2.516 + 2.265) \times 10 = 47.81 \text{ l/min}$$

3. การคำนวณชุดอัดกระป๋องอลูมิเนียม

การออกแบบลักษณะการทำงานเป็นการทำซ้ำทิศทางเดียว มีการกระแทกเล็กน้อย จะได้ $N_y = 3$ จากการคำนวณแรงสูงสุดที่จะผ่านมาก้านสูบ = 2184 N การสร้างใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา AISI 1010 HR ซึ่งมีค่า $\sigma_y = 41 \text{ ksi} = 42 \times 6.895 = 289.6 \text{ N/mm}^2$

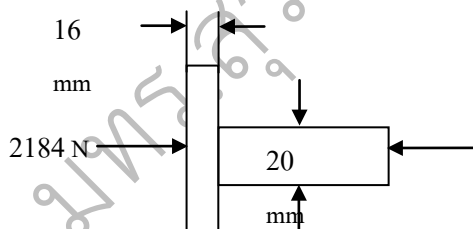
$$\text{จากสมการ } \sigma_y = 0.6 \sigma_y \quad (\text{จากสมการที่ 2.13 หน้า 52})$$

$$= 0.6 \times 289.6 = 173.76 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{จาก } \sigma_d &= \frac{\sigma_y}{N_y} \\ &= \frac{289.6}{3} = 96.53 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_d &= \frac{\sigma_y}{N_y} \\ &= \frac{173.76}{3} = 57.92 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

คำนวณหาแรงที่ก้านสูบกระทำกับแผ่นอัดกระป๋อง



รูปที่ 3.3 แรงที่ก้านสูบกระทำกับแผ่นอัดกระป๋อง

ก้านสูบอัดกับแผ่นอัดที่หน้าตัดของก้านสูบ จะได้พื้นที่รับแรง

$$A = \frac{d^2}{4}$$

$$\text{เมื่อ } d = 20 \text{ mm}$$

$$\text{จะได้ } A = \frac{\pi(20)^2}{4} = 314 \text{ mm}^2$$

$$\text{จากสมการ } \sigma_d = \frac{F}{A} \quad (\text{จากสมการที่ 2.11 หน้า 50})$$

$$= \frac{2184}{314} = 6.96 \text{ N/mm}^2$$

❖ แผ่นอัดสามารถทนต่อการอัดแตกได้

คำนวณเนื้อแผ่นอัดขาดตามเส้นรอบวงของก้านสูบ จะได้พื้นที่รับแรง

$$A = \square dt$$

เมื่อ $t = 16 \text{ mm}$

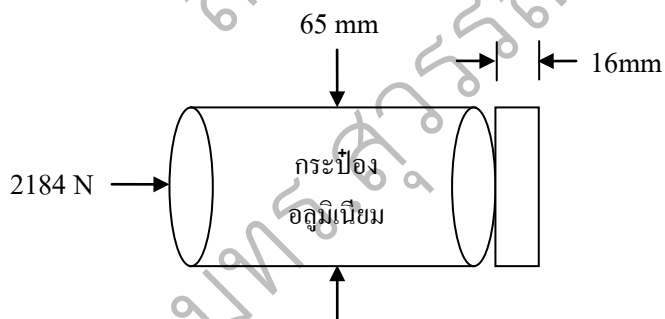
จะได้ $A = \square (20)(16) = 1004.8 \text{ mm}^2$

จากสมการ $\square_d = \frac{F}{A}$ (จากสมการที่ 2.12 หน้า 51)

$$= \frac{2184}{1004.8} = 2.18 \text{ N/mm}^2$$

❖ แผ่นอัดสามารถทนต่อการเฉือนขาดได้

คำนวณหาแรงแผ่นอัดกระป๋องกระทำกับกระป๋อง



รูปที่ 3.4 แรงที่แผ่นอัดกระป๋องกระทำกับกระป๋อง

สมมติให้กระป๋องสามารถทนต่อแรงกระทำได้ และ กระป๋องมีลักษณะเป็นทรงกระบอกมีหน้าตัดที่เท่ากันหมด ซึ่งแผ่นอัดอัดกับกระป๋องที่หน้าตัดของกระป๋อง จะได้พื้นที่รับแรง

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

เมื่อ $d = 65 \text{ mm}$

จะได้ $A = \frac{\pi (65)^2}{4} = 3318.3 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } \sigma_d &= \frac{F}{A} && (\text{จากสมการที่ 2.11 หน้า 50}) \\ &= \frac{2184}{3318.3} = 0.658 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

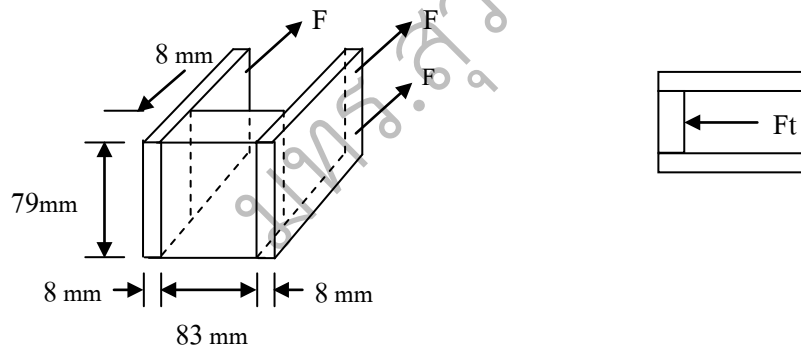
■ แผ่นอัดสามารถทนต่อการอัดแตกได้

กระป๋องเชื่อมแผ่นอัดขาดตามเส้นรอบวงของกระป๋อง จะได้พื้นที่รับแรง

$$\begin{aligned} A &= \sigma dt \\ \text{เมื่อ } t &= 9 \text{ mm} \\ \text{จะได้ } A &= \sigma (65)(9) = 1836.9 \text{ mm}^2 \\ \text{จากสมการ } \sigma_d &= \frac{F}{A} && (\text{จากสมการที่ 2.12 หน้า 51}) \\ &= \frac{2184}{1836} = 1.19 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

■ แผ่นรองรับแรงอัดสามารถทนต่อการเฉือนได้

คำนวณหาแรงดึงที่เหล็กยึดแต่ละแผ่น



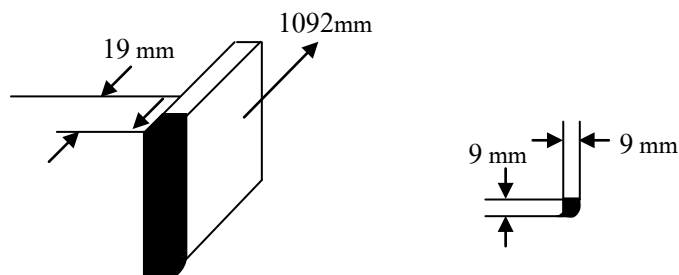
รูปที่ 3.5 แรงดึงที่เหล็กยึดแต่ละเส้น

สมมติ แรงที่ได้รับจากการอัดกระป๋องนั้นกระทำที่จุดศูนย์กลางของแผ่นรองรับแรงอัดพอดี
จะได้ แรงดึงที่เหล็กยึดแต่ละแผ่น

$$\begin{aligned} F &= \frac{F_t}{2} \\ &= \frac{2184}{2} = 1092 \text{ N} \end{aligned}$$

■ เหล็กยึดแต่ละแผ่นรับแรงดึง เท่ากับ 1092 N

คำนวณแนวเชื่อมที่เหล็กยึดแต่ละแผ่น



รูปที่ 3.6 แนวเชื่อมที่เหล็กยึดแต่ละแผ่น

สมมติให้การเชื่อมมีแนวเชื่อมส่วนขา 9 mm จะให้ความหนาของตะเข็บ

$$A = 9 \cos 45^\circ = 6.36 \text{ mm}$$

$$L_c = L - 2a \quad (\text{จากสมการที่ 2.16 หน้า 55})$$

เมื่อ

$$L = 79 \text{ mm}$$

$$L_c = 79 - 2(6.36) = 66.28 \text{ mm}$$

พิจารณาแนวเชื่อมรับแรงเฉือน

$$\text{จากสมการ} \quad \tau = \frac{F}{2(L_c \times a)} \quad (\text{จากสมการที่ 2.18 หน้า 56})$$

เมื่อ

$$F = 1092 \text{ N}$$

$$L_c = 66.28 \text{ mm}$$

$$a = 6.36 \text{ mm}$$

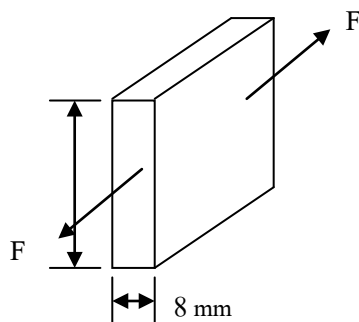
จะได้

$$\tau = \frac{1092}{2(66.28 \times 6.36)} = 1.3 \text{ N/mm}^2$$

กำหนดให้ลวดเชื่อมเป็นโลหะชนิดเดียวกับแผ่นรองรับการอัด

■ แนวเชื่อมสามารถทนต่อแรงเฉือนได้

คำนวณแรงที่เหล็กยึดถูกกระทำ



รูปที่ 3.7 แรงที่เหล็กยึดถูกกระทำ

จะได้พื้นที่รับแรง

$$\begin{aligned}
 A &= 75 \times 9 = 675 \text{ mm}^2 \\
 \text{จากสมการ } \sigma &= \frac{F}{A} \\
 \frac{1092}{675} &= 1.62 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

■ เหล็กยึดสามารถทนต่อแรงดึงได้

4. การออกแบบวงจรไฟฟ้าและหลักการทำงาน

4.1 การออกแบบวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงานของเครื่องนั้น จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. ช่องใส่กระป๋องและประตูเปิด-ปิดทางเข้า

มีหน้าที่ ในการคัดแยกกระป๋อง ก่อนที่กระป๋องเข้าทำการอัดกระป๋องต่อไป

2. ชุดอัดกระป๋องเครื่องคีมอลูมิเนียม

มีหน้าที่ ในการอัดกระป๋อง เพื่อ ลดปริมาตรและขนาดของกระป๋องให้เล็กลง

3. ถาดรับกระป๋องเครื่องคีมอลูมิเนียมที่อัดแล้ว

มีหน้าที่ ในการตรวจนับจำนวนและปริมาณของกระป๋องที่ถูกอัดแล้ว อยู่ในระดับ เต็มถาดรองรับกระป๋อง มีสัญญาณแจ้งกับหลอดไฟเตือนแจ้งสถานะ กระป๋องเต็มถาดรองรับ กระป๋อง เพื่อให้ผู้ดูแลเครื่องนั้นนำกระป๋องที่อยู่ในถาดรองรับออกไป

4.2 หลักการทำงานของระบบไฟฟ้าควบคุมการทำงานของเครื่องอัดกระป๋องนั้น มีรายละเอียดของตัวอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

1. สะพานไฟฟ้า 10A (Safety Breaker)
2. หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า 220 : 24 V
3. กล่องคอมพิวเตอร์ Programmable Logic Controller (PLC)
4. Photo Sensor จำนวน 3 ตัว
5. Proximity Sensor จำนวน 1 ตัว
6. หลอดไฟฟ้าบอกสถานะ (Pilot Lamp)
7. วงจรชุดกิตเชิงคนตรี
8. รีเลย์ DC 24 V ทั้งหมด 4 ตัว
9. โซลินอยด์วาล์ว 4/2ทาง จำนวน 2 ตัว
10. โซลินอยด์วาล์ว 5/2 ทาง จำนวน 1 ตัว
11. Ring

4.3 อธิบายหลักการทำงาน

เมื่อตรวจสอบเครื่องเรียบร้อยแล้วว่าไม่มีสิ่งใดมาขวางใน ช่องว่างกระป๋อง ชุดลำเลียง และ ชุดอัดกระป๋อง จากนั้นทำการเสียบปลั๊กไฟฟ้า ขกเบรกเกอร์ (ACB) ไปที่ตำแหน่ง ON จากนั้น เปิดวาล์วลม ที่ปั๊มลม จากนั้น เช็คที่ ตัว PLC ว่าอยู่ ตำแหน่ง RUN หรือ STOP ถ้าอยู่ในตำแหน่ง STOP ทำการกดสวิทช์ไปที่ตำแหน่ง RUN จากนั้น หลอดไฟในตัว PLC จะติดซึ่งแสดงให้ผู้ปฏิบัติทราบว่าเครื่องพร้อมที่จะทำงานแล้วเมื่อวงจรพร้อมทำงานแล้วข้างต้น ทำการใส่กระป๋องไปที่ช่องใส่กระป๋อง ภายในช่องใส่กระป๋องนั้น จะมี Sensor ตรวจจับอยู่ ด้วยกัน 2 ตัว Sensor ตัวที่ 1.คือ Photo Sensor เอาไว้จับว่า มีกระป๋องมาวางที่ช่องใส่กระป๋องแล้วหรือยัง จากนั้นจะมี Sensor ตัวที่ 2. คือ Proximity Sensor เอาไว้จับว่า กระป๋อง ชนิดนั้น เป็น วัตถุโลหะหรือไม่ เมื่อ Sensor ทั้ง 2 ตัว ได้ทำการตรวจจับกระป๋องที่วางในช่องแล้ว จะส่งสัญญาณไปที่ ตัว PLC แล้ว ตัว PLC จะทำการประมวลผล แล้วผลจะออกมาจะมี 2 กรณี คือ ในกรณีที่ 1. ถ้าผลออกมาว่า กระป๋องชนิดนั้นไม่เป็นวัตถุโลหะ ตัว PLC จะสั่งการไปที่ Solenoid Valve ตัวที่ 2 ดังแสดงในรูป เพื่อให้เป่าลม ทำการเป่ากระป๋องชนิดนั้นให้กระเด็นออกจากช่องว่างกระป๋อง ในกรณีที่ 2. ถ้าผลออกมาว่า กระป๋องชนิดนั้นเป็นวัตถุโลหะ ตัว PLC จะสั่งการไปที่ Solenoid Valve ตัวที่ 1 ดังแสดงในรูป เพื่อทำการเปิดประตู ให้ตัวกระป๋องชนิดนั้น ไหลลงไปที่ ชุดอัดกระป๋องเมื่อกระป๋องไหลลงไปที่ชุดอัดกระป๋องแล้ว จะทำการปิดประตูในช่องว่างกระป๋องทันที

เมื่อตัวกระป๋องได้ไหลลงมาที่ชุดอัดกระป๋องแล้ว จะมี Photo Sensor ตัวที่ 2 ดังแสดงในรูป คอยตรวจจับว่ามีกระป๋องได้ไหลลงมาแล้ว จะส่งสัญญาณไปที่ตัว PLC ตัว PLC จะทำการประมวลผลแล้ว จะทำการไปไปที่ Solenoid Valve ตัวที่ 3 พร้อมกับ ชุดคิกเสียงดนตรี เพื่อลูกสูบที่เป็นตัวอัดกระป๋องได้ทำงานพร้อมกับมีเสียงดนตรีประกอบไปด้วย เมื่อกระบอกสูบทำการอัดกระป๋องไปจนได้ปริมาณตามต้องการซึ่งมีจุดที่ปริมาณต้องการนั้นจะมี Limit Switch ติดอยู่ เมื่อก้านกระทุ้งของกระบอกสูบไปทำการเตะลูกกลิ้งของ Limit Switch จะทำให้ Limit Switch ทำงาน เมื่อ Limit Switch ทำงานนั้น จะมีหน่วงเวลาให้กระบอกสูบ เพื่อต้องการให้ตัวกระป๋องยุบตัวได้ตามต้องการก่อนได้สนิท แล้วรีเลย์ R3 ก็จะไม่ทำงาน ซึ่งทำให้ Solenoid Valve ตัวที่ 3 ปลดปล่อยผ่านเข้าไปอีกทางทำให้กระบอกสูบถอยกลับมา เพื่อที่จะรอกระป๋องใบใหม่ไหลลงที่ชุดอัดกระป๋องอีกครั้ง

เมื่อมีการอัดกระป๋องแล้ว ตัวที่ถูกลูกสูบจะตกลงสู่ถาดรับกระป๋อง ซึ่งข้างบนถาดนั้นจะมี Photo Sensor อีกตัวหนึ่งคอยตรวจจับอยู่ เมื่อจำนวนกระป๋องที่ตกลงมาที่ถาดรับกระป๋อง ในปริมาณที่ Photo Sensor ตรวจได้ Sensor ก็จะส่งสัญญาณไปที่หลอดไฟเตือน เพื่อเตือนให้ผู้ดูแลมาเก็บที่ทำการอัดเรียบร้อยแล้วออกไป

ดำเนินการในการสร้างและพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียม

เมื่อทำการออกแบบเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ ทำการดำเนินการก่อสร้างเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียม ทำการเตรียม อุปกรณ์และเครื่องมือให้เรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการสร้างเครื่องโดยการจะแยกสร้างออกเป็นแต่ละชิ้นส่วน ตามลำดับการสร้างดังต่อไปนี้

1. การสร้างโครงสร้างและตัวถังเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียม

เมื่อได้วัสดุและขนาดตามต้องการแล้วขั้นตอนต่อไปก็นำวัสดุเจาะรูยึดสกรูกับโครงสร้างตามรูปที่ 3.9 ซึ่งมีรายละเอียดตามหมายเลขแบบที่ 4 ในภาคผนวก ก.



รูปที่ 3.9 ลักษณะและโครงสร้างของเครื่องอัดกระป๋องเครื่องดื่มนม

2. การสร้างช่องใส่กระป๋อง

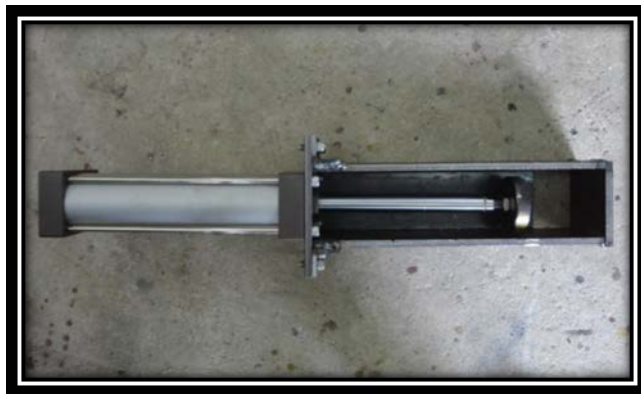
ประตู เปิด - ปิด และ ชุดลำเลียงกระป๋องเครื่องดื่มนมเมื่อได้วัสดุและขนาดตามต้องการ แล้วขั้นตอนต่อไปก็นำวัสดุมาพับ เชื่อม และผ่าร่องเพื่อแผ่นที่เป็นแผ่นประตูสามารถเลื่อน เปิด - ปิด ได้ตามรูปที่ 3.10 ซึ่งมีรายละเอียดหมายเลขแบบที่ 2 ในภาคผนวก ง.



รูปที่ 3.10 ช่องใส่กระป๋อง ประตู เปิด - ปิด และ ชุดลำเลียงกระป๋องเครื่องดื่มนม

3. การสร้างชุดอัดกระป๋องอลูมิเนียม

เมื่อได้วัสดุและขนาดตามต้องการแล้วขั้นตอนต่อไปก็นำวัสดุที่ได้ทำการตัดและเชื่อม ตามรูปที่ 3.11 ซึ่งมีรายละเอียดตามหมายเลขแบบที่ 3 ในภาคผนวก ง.



รูปที่ 3.11 ชุดอัดกระป๋องเครื่องดัดมอลูมิเนียม

4. การสร้างถาดรองรับกระป๋องเครื่องดัดมอลูมิเนียม

เมื่อได้วัสดุและขนาดตามต้องการแล้วขั้นตอนต่อไปก็นำวัสดุที่ได้ทำการตัดและเชื่อม ตามรูปที่ 3.12 ซึ่งมีรายละเอียดตามหมายเลขแบบที่ 5 – 6 ในภาคผนวก ง.



รูปที่ 3.12 ถาดรองรับกระป๋องเครื่องดัดมอลูมิเนียม

5. การวางตู้วงจรระบบไฟฟ้าควบคุมนิวเมติกส์

เมื่อได้ทำการออกแบบตามที่ต้องการแล้วขั้นตอนต่อไป ก็ทำการติดตั้งตามรูปที่ 3.13 ซึ่งมีรายละเอียดตามแบบวงจรไฟฟ้า ในภาคผนวก ง



รูปที่ 3.13 การตู้วงจรระบบไฟฟ้าควบคุมนิวเมติกส์

6. การวางระบบนิวเมติกส์และถังปัมลม

เมื่อได้ทำการออกแบบตามที่ต้องการแล้วขั้นตอนต่อไป ก็ทำการติดตั้งตามรูปที่ 3.14 ซึ่งมีรายละเอียดตามแบบระบบนิวเมติกส์ ในภาคผนวก ง.



รูปที่ 3.14 การวางระบบนิวเมติกส์และถังปัมลม

ทำการทดลองเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียม

เป็นการทดลองการทำงานของเครื่องและเป็นการทดสอบเพื่อหาข้อผิดพลาดจากการสร้าง เช่น รอยร้าวที่เกิดจากการตอกกันระหว่างสายลมกับข้อต่อสายลมหรือข้อต่างๆ รวมถึงการหาข้อผิดพลาดของการออกแบบที่ไม่เหมาะสมของชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดการทดสอบดังต่อไปนี้

1. ทดสอบการทำงานของถังปั๊มลม ช่องใส่กระป๋อง ระบบนิวเมติกส์ ถาดรองรับกระป๋อง ว่าได้ค่าตามที่ออกแบบและสร้างหรือไม่
2. เปิดวงจรควบคุม เดินเครื่องแล้วสังเกตจุดต่างๆ ดังนี้ การไหลของกระป๋องหลังจากที่ประตูได้ทำการเปิดแล้ว แรงดันในการอัดกระป๋องเครื่องคีมอูมิเนียม รอยต่อต่างๆ ข้อต่อทุกจุด และการทำงานของระบบไฟฟ้าทั้งหมด (วงจร PLC)

ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบจุดต่างๆภายในตัวเครื่อง

จุดที่ทำการทดสอบ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
1. ช่องตรวจจับวัสดุ	✓		
2. ชุดอัดกระป๋อง	✓		
3. ถาดรองรับกระป๋อง	✓		

ตารางที่ 3.2 ผลการสังเกตการรั่วซึมของลม

จุดที่ทำการทดสอบ	การรั่วซึมของลม		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
1. กระบอกสูบนิวเมติกส์		✓	
2. โซลินอยด์วาล์ว 5/2 กับข้อต่อ	✓		พ่นเกลียวน้อยเกินไป
3. โซลินอยด์วาล์ว 4/2 กับข้อต่อ		✓	
4. ชุดปรับปรุงคุณภาพลมอัดกับข้อต่อ		✓	
5. วาล์วปรับอัตราการไหล		✓	
6. ถังปั๊มลมกับข้อต่อ	✓		พ่นเกลียวน้อยเกินไป
7. ข้อต่อทุกจุด	✓		พ่นเกลียวน้อยเกินไป

เมื่อพบข้อบกพร่องจากการสังเกต จะเกิดขึ้นกับข้อต่อท่อ และทำการแก้ไข โดยใช้เทปพันเกลียวก่อนการขันข้อต่อที่จุดต่างๆ และทำการทดสอบแก้ไขจนกระทั่งไม่มีการรั่วซึมของลมเกิดขึ้นในระบบทำงานอีกเลย

ตารางที่ 3.3 ผลการทดสอบการทำงานของวงจรไฟฟ้า

ชิ้นส่วน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
1. สัญญาณร็อกซิมิตี	✓		
2. สัญญาณไฟโต้	✓		
3. PLC	✓		
4. ลิมิทสวิตช์ไฟฟ้า	✓		
5. เบรกเกอร์ไฟฟ้า	✓		
6. ชุดคิทเสียงดนตรี	✓		

เครื่องอัดกระป๋องอูมูนิเยมที่พร้อมใช้งาน

เมื่อได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอัดกระป๋องเครื่องคั่มอูมูนิเยมแล้ว นำชิ้นส่วนที่สร้างประกอบเข้าด้วยกันแล้วก็มีลักษณะดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.15 เครื่องอัดกระป๋องเครื่องคั่มอูมูนิเยม (ด้านหน้า)



รูปที่ 3.16 เครื่องอัดกระป๋องเครื่องดื่มอุมิเนียม (ด้านหลัง)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

หลังจากที่ได้ทำการดำเนินการสร้างเครื่องและทดสอบตัวเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการทดลอง เพื่อที่จะทดสอบว่าสิ่งที่ออกแบบนั้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่ได้กำหนดไว้หรือไม่

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม
2. กระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียม
3. เครื่องอัดลมที่ทำความดันได้สูงสุด 7 bar และมี $Q \leq 48.79 \text{ L/min}$

วิธีการทดลอง

1. เช็บบล๊ักถังลม
2. ปรับความดันที่ชุดปรับปรุงคุณภาพลมอัดให้มีค่าเท่ากับ 6 bar
3. ใส่กระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียมที่ทำการทดลอง
4. ทดลองอัดกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียม จับเวลาในการทำงาน
5. วัดความสูงของกระป๋องอลูมิเนียมเปรียบเทียบกับความสูงเดิม

ผลการทดลอง

สถานที่ใช้ในการทดลอง อาคาร 16 คณะเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตนนทบุรี

ชนิดกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียมที่ใช้ทำการทดลอง ได้แก่ กระป๋องน้ำอัดลม ขนาด 240 มิลลิลิตร, ขนาด 330 มิลลิลิตร และกระป๋องเบียร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร โดยใช้ความดันลมในการอัด 6 bar ซึ่งมีหลักการในการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. ทดลองความเร็วในการอัดกระป๋องอลูมิเนียมจำนวน 10 กระป๋องต่อ 1 นาที (โดยใช้วิธีการสุ่มขนาดกระป๋อง) มีรูปแบบดังต่อไปนี้
2. ทดลองการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียมขนาด 240 มิลลิลิตร, 330 มิลลิลิตร, 500 มิลลิลิตร

การทดลองความเร็วในการอัดกระป๋องอลูมิเนียม

การทดลองความเร็วในการอัดกระป๋องอลูมิเนียมของเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมโดยใช้กระป๋องอลูมิเนียมจำนวน 10 กระป๋อง ทำการจับเวลา ซึ่งใช้ความดันลมในการอัดแต่ละครั้งที่ทำการทดลองแตกต่างกัน ดังภาพที่ 4.1



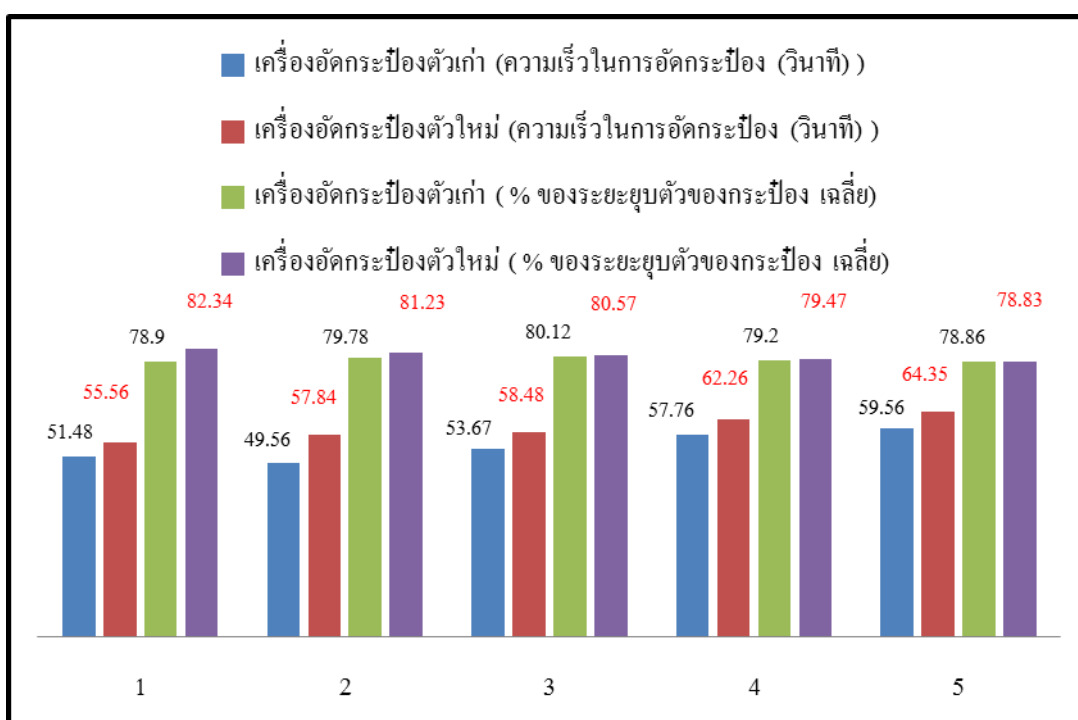
รูปที่ 4.1 การทดลองเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม

ตารางที่ 4.1 แสดงผลความเร็วในการอัดเครื่องดื่มาลูมิเนียม

ผลการทดลอง ครั้งที่	ความดันลมใน การอัด (bar)	จำนวน กระป๋อง	เวลาในการอัดกระป๋อง (วินาที)	% ของระยะการ ยุบตัวของกระป๋อง เฉลี่ย
1	7	10	55.56	82.34
2	6.5	10	57.84	81.23
3	6	10	58.48	80.57
4	5.5	10	62.26	79.47
5	5	10	64.35	78.83
เฉลี่ย			59.59	80.48

เมื่อทำการทดลองความเร็วในการอัดกระป๋องออลูมิเนียมซึ่งใช้ความดันลมแตกต่างกัน ผลที่ได้ออกมาจากตามตารางจึงสรุปได้ว่า เครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียมใช้ความดันลม 6 บาร์ ดีที่สุดในการอัดกระป๋องออลูมิเนียม และเพียงพอต่อการใช้งานของเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียม

ในการพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียม ได้ทำข้อมูลเชิงเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียมตัวเก่าและเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียมตัวใหม่มาทำในรูปแบบแผนภูมิ ดังตารางที่ 4.1



แผนภูมิที่ 4.1 ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียมตัวเก่าและเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียมตัวใหม่

สรุปผลการทดลองเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียมตัวเก่าและเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียมตัวใหม่ ดังในรูปที่ 4.2 ซึ่งผลการทดลองความเร็วในการอัดกระป๋องออลูมิเนียมระหว่างเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียมตัวเก่าและเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียมตัวใหม่ ซึ่งเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียมตัวเก่าใช้ความดันลมอัดอยู่ที่ 7 บาร์ สามารถอัดกระป๋องออลูมิเนียมได้จำนวน 8 กระป๋อง ในเวลา 54.56 วินาที ส่วนเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียมตัวใหม่ใช้ความดันลมอัดอยู่ที่ 6 บาร์ สามารถอัดกระป๋องออลูมิเนียมได้จำนวน 10 กระป๋อง ในเวลา 58.48 วินาที และผลการทดลองเปอร์เซ็นต์การยุบตัวของกระป๋องออลูมิเนียมระหว่างเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียมตัวเก่าและเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียมตัวใหม่ ซึ่งเครื่องอัดกระป๋องออลูมิเนียมตัวเก่า สามารถอัดกระป๋องออลูมิเนียมให้ยุบตัวได้เฉลี่ย 79.80%

ส่วนเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่ สามารถอัดกระป๋องอลูมิเนียมให้ยุบตัวได้เฉลี่ย 80.40% ซึ่งผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่าและเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่ ซึ่งผลออกมาเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่สามารถทำงานได้ดีกว่าเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่า ในเรื่องความเร็วในการอัดกระป๋องอลูมิเนียมและการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียม ซึ่งผลออกมาได้ใกล้เคียงกัน

การทดลองการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียม

1. การทดลองการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียมขนาด 240 มิลลิลิตร ซึ่งมีความสูงของกระป๋องก่อนทำการอัดที่ 92 มิลลิเมตร โดยใช้ความดันลม 6 บาร์ ในการอัดกระป๋อง ดังในรูปและตารางต่อไป



รูปที่ 4.2 ผลการทดลองการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียมขนาด 240 มิลลิลิตร

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียม ขนาด 240 มิลลิเมตร

ผลการทดลอง ครั้งที่	ขนาดความสูง ก่อนอัด (mm)	ขนาดความสูง หลังอัด (mm)	เปอร์เซ็นต์การ ยุบตัว (%)	เวลาในการอัด (วินาที)
1	92	17.23	81.27	5.45
2	92	18.52	79.86	4.46
3	92	18.32	80.08	5.23
4	92	17.56	80.91	5.13
5	92	18.22	80.19	5.26
6	92	18.45	79.94	5.35
7	92	18.43	79.96	5.13
8	92	18.79	79.57	5.43
9	92	18.45	79.94	6.10
10	92	18.76	79.60	5.16
การยุบตัวเฉลี่ย		18.27	80.13	-
รวมเวลาในการอัด		-	-	52.70

จากตารางแสดงผลการยุบตัวขนาด 240 มิลลิเมตร ทดลอง 10 ครั้ง ความสูงก่อนอัดขนาด 92 มิลลิเมตร ความสูงหลังอัดจริงขนาด 18.27 มิลลิเมตร นับเป็นเปอร์เซ็นต์ 80.13 เปอร์เซ็นต์ ได้เวลาในการอัดรวม 52.70 วินาที

2. การทดลองการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียมขนาด 330 มิลลิเมตร ซึ่งมีความสูงของกระป๋องก่อนทำการอัดที่ 116 มิลลิเมตร โดยใช้ความดันลม 6 บาร์ ดังในรูปและตารางต่อไปนี้



รูปที่ 4.3 ผลการทดลองการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียมขนาด 330 มิลลิลิตร

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียม ขนาด 330 มิลลิลิตร

ผลการทดลอง ครั้งที่	ขนาดความสูง ก่อนอัด (mm)	ขนาดความสูง หลังอัด (mm)	เปอร์เซ็นต์การ ยุบตัว (%)	เวลาในการอัด (วินาที)
1	116	21.53	81.43	5.35
2	116	24.34	78.84	5.56
3	116	23.72	79.55	6.13
4	116	23.45	79.78	6.02
5	116	23.50	79.74	5.05
6	116	22.80	80.34	5.56
7	116	23.56	79.68	5.45
8	116	23.50	79.74	5.27
9	116	23.48	79.75	5.18
10	116	22.82	80.32	5.78
การยุบตัวเฉลี่ย		23.28	79.91	-
รวมเวลาในการอัดกระป๋อง		-	-	55.35

จากตารางแสดงผลการยุบตัวขนาด 330 มิลลิลิตร ทดลอง 10 ครั้ง ความสูงก่อนอัดขนาด 116 มิลลิเมตร ความสูงหลังอัดจริงขนาด 23.28 มิลลิเมตร นับเป็นเปอร์เซ็นต์ 79.75 เปอร์เซ็นต์ ได้เวลาในการอัดรวม 55.35 วินาที

3. การทดลองการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียมขนาด 500 มิลลิลิตร ซึ่งมีความสูงของกระป๋องก่อนทำการอัดที่ 167 มิลลิเมตร โดยใช้ความดันลม 6 บาร์ ดังในรูปและตารางต่อไปนี้



รูปที่ 4.4 ผลการทดลองการยุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียมขนาด 500 มิลลิลิตร

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการชุบตัวของกระป๋องอลูมิเนียม ขนาด 500 มิลลิลิตร

ผลการทดลอง ครั้งที่	ขนาดความสูง ก่อนอัด (mm)	ขนาดความสูง หลังอัด (mm)	เปอร์เซ็นต์การ ชุบตัว (%)	เวลาในการอัด (วินาที)
1	167	32.35	80.62	5.35
2	167	30.82	81.54	5.42
3	167	30.54	81.71	5.67
4	167	31.65	81.04	5.53
5	167	32.24	80.69	6.12
6	167	31.53	81.11	6.31
7	167	30.54	81.71	5.51
8	167	32.45	80.56	5.56
9	167	31.56	81.10	6.35
10	167	30.78	81.56	6.18
การชุบตัวเฉลี่ย		31.44	81.16	-
รวมเวลาในการอัดกระป๋อง		-	-	58.48

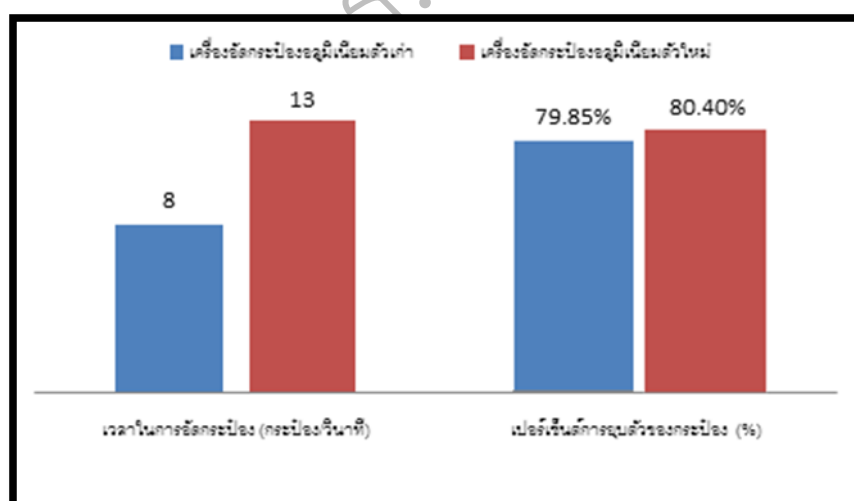
จากตารางแสดงผลการชุบตัวขนาด 500 มิลลิลิตร ทดลอง 10 ครั้ง ความสูงก่อนอัดขนาด 167 มิลลิเมตร ความสูงหลังอัดจริงขนาด 31.44 มิลลิเมตร นับเป็นเปอร์เซ็นต์ 81.16 เปอร์เซ็นต์ ได้เวลาในการอัดรวม 58.48 วินาที

เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพผลจริงการทำงานระหว่างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่าและเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่ ซึ่งแสดงในตารางดังนี้

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบผลจริงระหว่างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่าและเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่

เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่า	เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่
อัดกระป๋องได้ 8 กระป๋อง/นาทีก	อัดกระป๋องได้ 13 กระป๋อง/นาทีก
ยวบตัวกระป๋องได้ 79.80 %	ยวบตัวกระป๋องได้ 80.40 %
อัดกระป๋องได้ 1 ขนาดคือ - 330 มิลลิลิตร	อัดกระป๋องได้ 3 ขนาดคือ - 240 มิลลิลิตร - 330 มิลลิลิตร - 500 มิลลิลิตร

ผลจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมทั้งตัวเก่าและตัวใหม่ตามตารางที่ 4.5 สามารถพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่ได้ดีกว่าเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่า คือ เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่า ความเร็วในการอัดกระป๋องได้ 8 กระป๋องต่อ 1 นาที อัดกระป๋องให้ยวบตัวได้ 79.80 เปอร์เซ็นต์ สามารถอัดกระป๋องได้ 1 ขนาด คือ 330 มิลลิลิตร ส่วนเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่ ความเร็วในการอัดกระป๋องได้ 13 กระป๋องต่อ 1 นาที อัดกระป๋องให้ยวบตัวได้ 80.40 เปอร์เซ็นต์ สามารถอัดกระป๋องได้ 3 ขนาด คือ 240 มิลลิลิตร 330 มิลลิลิตร 500 มิลลิลิตร ซึ่งแสดงผลในรูปแบบแผนภูมิ ดังตารางที่ 4.5



แผนภูมิที่ 4.2 การเปรียบเทียบผลจริงระหว่างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวเก่าและเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมตัวใหม่

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงการในการพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมที่ได้ผ่านการคำนวณในทางทฤษฎี ผ่านการออกแบบคิดค้นเพื่อพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นจากเดิมจนมาถึงขั้นตอนการสร้างเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียม ทางผู้จัดทำโครงการได้จัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่มีคุณภาพมาเพื่อประกอบกันเป็นเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียม หลังจากนั้นจึงได้มีการทดลองเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมและได้มีการปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จนมาถึงผลสรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะในบทนี้ ดังนี้

สรุปผล

1. การพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมนั้นได้ทำการศึกษาข้อมูลของเครื่องอัดกระป๋องตัวเก่า แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการพัฒนาและสร้างเครื่องอัดกระป๋องตัวใหม่ ซึ่งผลที่ได้ที่ได้คือเครื่องอัดกระป๋องสามารถอัดกระป๋องอูมิเนียมได้มากกว่า 1 ขนาด และได้ทำการติดตั้งปั๊มลมไว้ในตัวเครื่อง เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน และได้นำระบบ PLC เข้ามาใช้ควบคุมระบบการทำงานของตัวเครื่อง ทำให้เครื่องอัดกระป๋องทำงานได้เต็มประสิทธิภาพและทำงานได้อย่างต่อเนื่องและแม่นยำ

2. ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียม ที่ได้พัฒนาขึ้นมาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องตัวเก่าแล้ว การทำงานของเครื่องตัวใหม่สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่ได้กำหนดเอาไว้ และสามารถทำงานได้ดีกว่าเครื่องตัวเก่าอย่างเห็นได้ชัด

3. เมื่อทำการประเมินผลการใช้งานของเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมผลที่ได้ คือเครื่องอัดกระป๋องตัวใหม่ที่ได้พัฒนาเสร็จสมบูรณ์ สามารถอัดกระป๋องอูมิเนียมได้ทั้งหมด 3 ขนาดซึ่งได้แก่ขนาด 240 มิลลิลิตร 320 มิลลิลิตร และ 500 มิลลิลิตร ซึ่งในการอัดกระป๋องทั้ง 3 ขนาดนี้เครื่องอัดกระป๋องใช้แรงดันลมอยู่ที่ 6 บาร์ก็สามารถอัดกระป๋องให้ยุบตัวลงได้ซึ่งกระป๋องทั้ง 3 ขนาดสามารถยุบตัวเฉลี่ยอยู่ที่ 80.48 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการอัดกระป๋องอูมิเนียมในเวลา 1 นาที ซึ่งก็ตรงตามขอบเขตที่กำหนดเอาไว้ โดยค่าต่างๆที่ได้มานั้น ได้มาจากการทดลองอัดกระป๋องอูมิเนียมทั้ง 3 ขนาดซ้ำๆกันหลายรอบจนได้ค่าที่สมบูรณ์ที่สุดออกมา กระป๋องจะใช้เวลาเฉลี่ย 5 วินาที

อภิปรายผล

1. ข้อดีของเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเครื่องนี้

1.1 เครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเครื่องนี้ สามารถอัดกระป๋องอูมิเนียมได้มากกว่า 1 ขนาด สามารถใช้งานได้สอดคล้องกับความต้องการในท้องตลาด

1.2 เครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเครื่องนี้ มีถึงปั๊มลมอัดภายในตัวเครื่อง สามารถเคลื่อนย้าย และติดตั้งเครื่องได้ แม้พื้นที่นั้นไม่มีถึงปั๊มลมภายนอกอยู่พื้นด้วยก็ตาม

1.3 เครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเครื่องนี้ได้นำระบบ PLC (Programmable Logic Control) เข้ามาควบคุมการทำงาน ทำให้เครื่องอัดกระป๋องทำงานได้แม่นยำและต่อเนื่อง

1.4 เครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเครื่องนี้ได้นำ ไฟโต้เซ็นเซอร์ และ ฟร็อกซิมีตี้เซ็นเซอร์ ซึ่งไฟโต้เซ็นเซอร์ ช่วยในการจับต้องวัตถุได้แม่นยำมากขึ้น และ ฟร็อกซิมีตี้เซ็นเซอร์ ช่วยในการ คัดแยกวัตถุได้ดียิ่งขึ้น

1.5 เครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเครื่องนี้ได้นำระบบการคัดแยกวัตถุ ช่วยในการป้องกันวัตถุ อื่นๆที่ไม่ใช่โลหะ เช่น ขวดแก้ว ขวดพลาสติก และอื่นๆ ที่จะเข้าไปทำเสียหายกับเครื่องอัดกระป๋อง อูมิเนียมเครื่องนี้ได้

1.6 เครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเครื่องใหม่ สามารถอัดกระป๋องได้จำนวนที่มากกว่าเก่า

2. ข้อเสียของเครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเครื่องนี้

2.1 เครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเครื่องนี้มีขนาดถึงปั๊มลมที่เล็ก ทำให้ปั๊มลมต้องทำงานบ่อย ขึ้น ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของปั๊มลมสั้นลง

2.2 เครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเครื่องนี้ไม่สามารถป้องกันกระป๋องที่ทำมาจากวัสดุเหล็ก หรือสังกะสีได้ เช่น กระป๋องกาแฟ เป็นต้น เมื่อกระป๋องชนิดนี้เข้าไปในเครื่องอัดกระป๋องนี้แล้ว เครื่องไม่สามารถทำการอัดกระป๋องให้ยุบตัวลงได้ จึงต้องมีช่างมาทำการเซอร์วิสเครื่อง เพื่อนำ กระป๋องที่ไม่สามารถอัดให้ยุบตัวลงได้นำออกจากเครื่อง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการทำโครงการนี้

1.1 เครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเครื่องนี้ สามารถอัดกระป๋องอูมิเนียมได้มากกว่า 1 ขนาด สามารถใช้งานได้สอดคล้องกับความต้องการในท้องตลาด

1.2 เครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเครื่องนี้ มีถึงปั๊มลมอัดภายในตัวเครื่อง สามารถเคลื่อนย้าย และติดตั้งเครื่องได้ แม้พื้นที่นั้นจะไม่มีถึงปั๊มลมภายนอกอยู่ในพื้นด้วยก็ตาม

1.3 เครื่องอัดกระป๋องอูมิเนียมเครื่องนี้ได้นำระบบ PLC (Programmable Logic Control) เข้ามาควบคุมการทำงาน ทำให้เครื่องอัดกระป๋องทำงานได้แม่นยำ และต่อเนื่อง

1.4 เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมเครื่องนี้ได้นำ โฟโต้เซ็นเซอร์ และ พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์ ซึ่งโฟโต้เซ็นเซอร์ ช่วยในการจับต้องวัตถุได้แม่นยำมากขึ้น และ พร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์ ช่วยในการ คัดแยกวัตถุได้ดีมากขึ้น

1.5 เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมเครื่องนี้ได้นำระบบการคัดแยกวัตถุ ช่วยในการป้องกันวัตถุ อื่นๆที่ไม่ใช่โลหะ เช่น ขวดแก้ว ขวดพลาสติก และอื่นๆ ที่จะเข้าไปทำลายกับเครื่องอัดกระป๋อง อลูมิเนียมเครื่องนี้ได้

2. ข้อเสนอแนะในการจัดทำโครงการครั้งต่อไป

2.1 ควรใช้ถังบีบลมที่มีขนาดใหญ่มากขึ้นหรือเพิ่มถังพักสำรองลม เพื่อให้มีปริมาณลมอัดที่ เพียงพอกับการใช้งาน เพื่อให้บีบลมทำงานน้อยลง จะช่วยยืดอายุการใช้งานของบีบลมมากขึ้น

2.2 ควรเพิ่มเซ็นเซอร์ที่ใช้การชั่งน้ำหนักของกระป๋อง เพื่อใช้ในการป้องกันไม่ให้กระป๋อง เหล็กหรือสังกะสี เช่น กระป๋องกาแฟเบอร์ดี กระป๋องเนสกาแฟ เข้ามาทำความเสียหายกับเครื่องอัด กระป๋องนี้ได้

2.3 ควรใช้กระบอกสูบที่มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มกำลังในการอัดกระป๋องที่เป็นรูปแบบ ของโลหะอื่นๆ เช่น กระป๋องกาแฟ ที่เป็นวัสดุทำมาจาก เหล็กหรือสังกะสี สามารถขุดตัวกระป๋อง ให้แบนลงได้

บรรณานุกรม

ขันดี บัวสำราญ. ควบคุมการทำงานระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้าแบบหลายสถานีด้วย Profibus – DP

ขอนแก่น : คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2553.

บรรเลง ศรีนิล, และ กิตติ นงสานนท์. การคำนวณและออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล ระบบ SI.

กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2530.

ประวิตร ลิปะวัฒนา. นิวเมติกส์-ไฮดรอลิกส์. กรุงเทพมหานคร : พัทธอักษร , ม.ป.ป.

ปานเพชร ชินินทร, และขวัญชัย สันทิพย์สมบุรณ์, นิวเมติกส์อุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร :

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 2535.

พรจิต ประทุมสุวรรณ. เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์. กรุงเทพมหานคร :

เรือนแก้วการพิมพ์ , 2541.

มงคล อาทิกาน. นิวเมติกส์1. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร:

บริษัท โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด , 2522.

วิรัช อิงภากรณ์, และ ชายุ ถนัดงาน. การออกแบบเครื่องจักรกล. กรุงเทพมหานคร :

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 2537.

สุระเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์. กลศาสตร์ของแข็ง. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด. 2521.

พิจิต สุวะมาตย์. การออกแบบและสร้างเครื่องกระแทกข้าวกล้องเพื่อใช้ในครัวเรือน. : ขอนแก่น.

คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2553.

เทิดเกียรติ์ ลาจันทร์. การปรับปรุงเครื่องตัดอ้อยขนาดเล็ก. : ขอนแก่น. คณะวิศวกรรมศาสตร์.

มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2555.

ธรรมบุญ บุษรากุล. การศึกษาและออกแบบเครื่องแยกสัดมูลไก่แบบใช้เกลียวอัด. : ขอนแก่น.

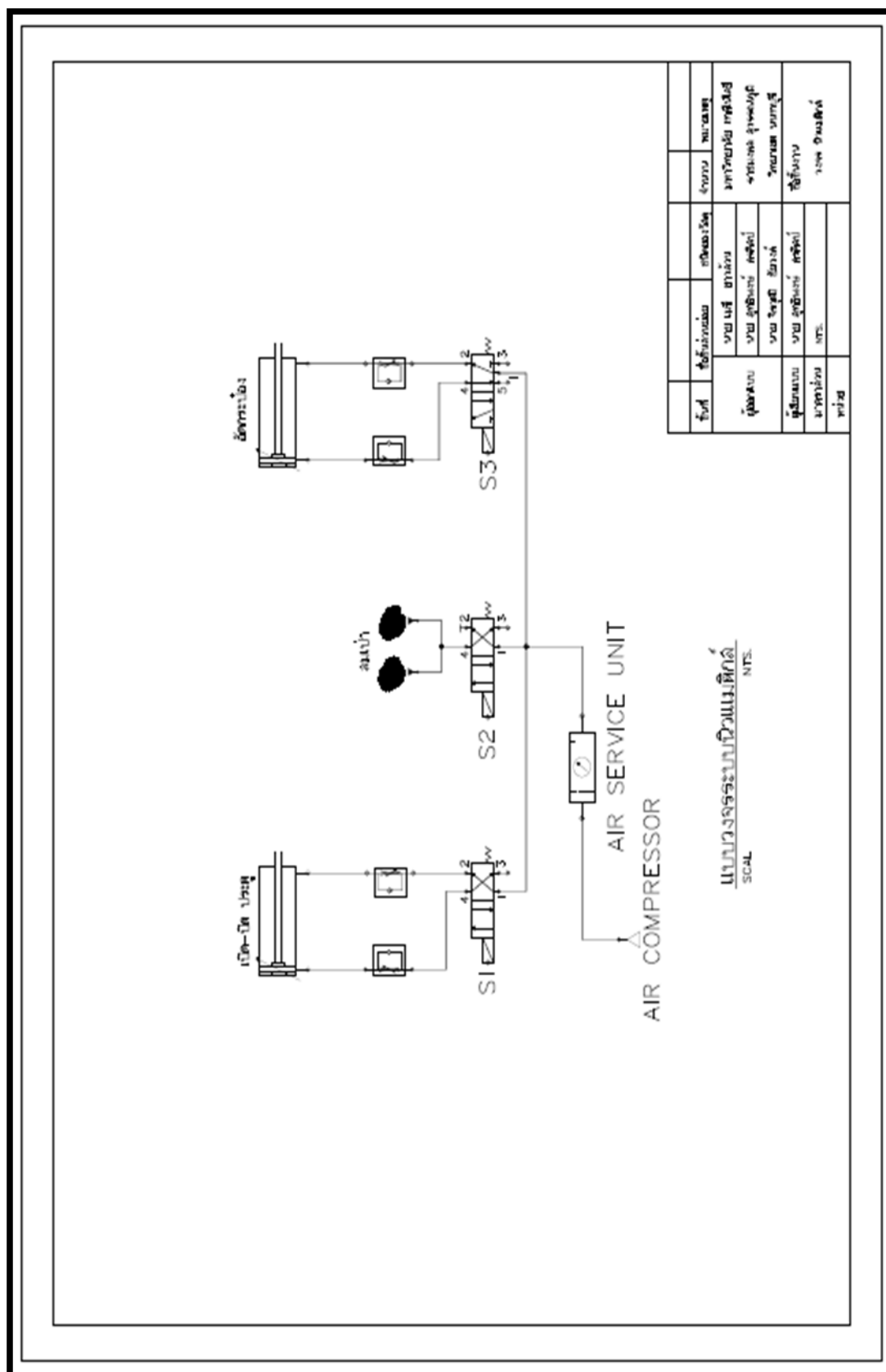
คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2555.

สวพ.

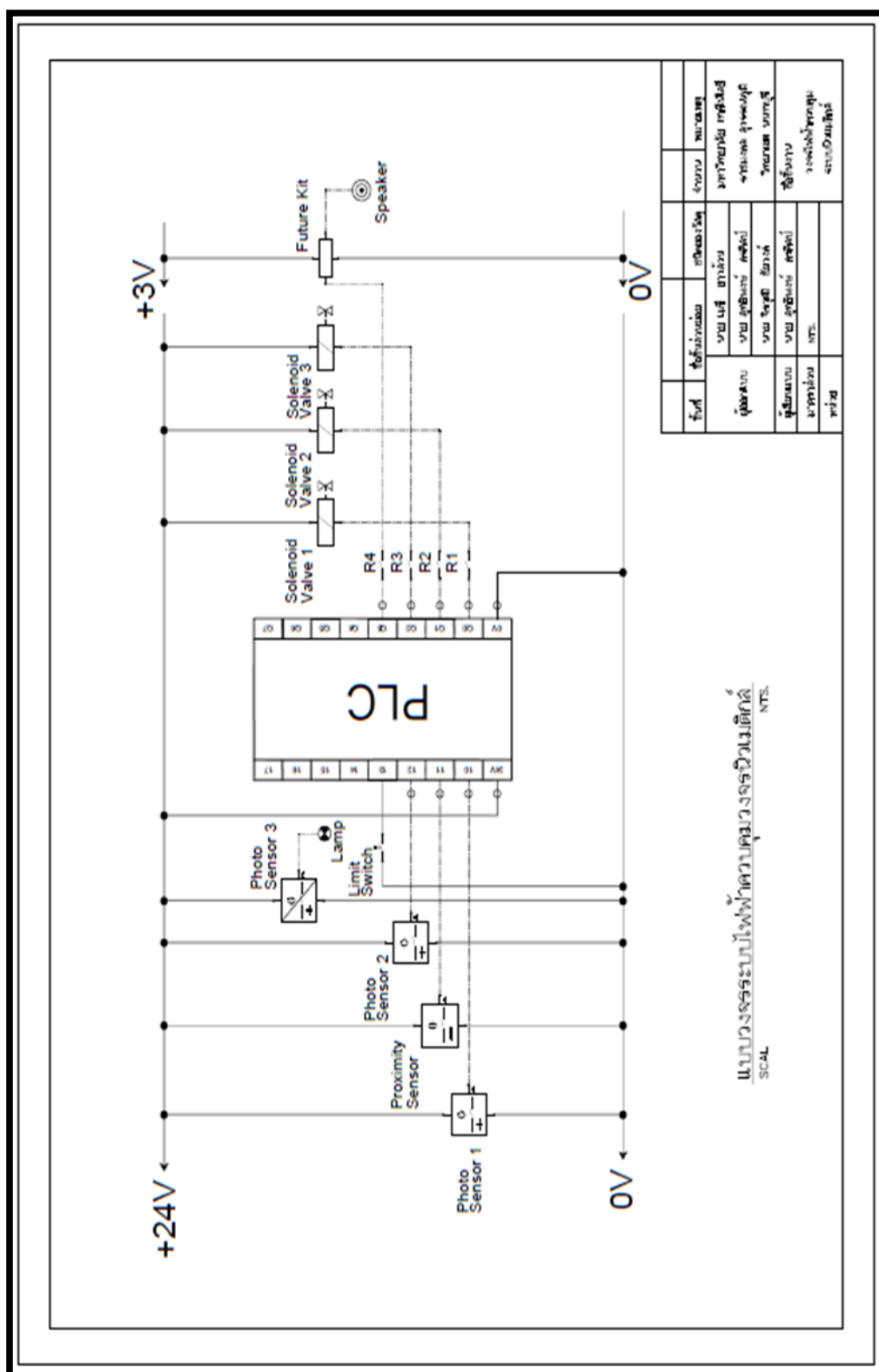
ภาคผนวก

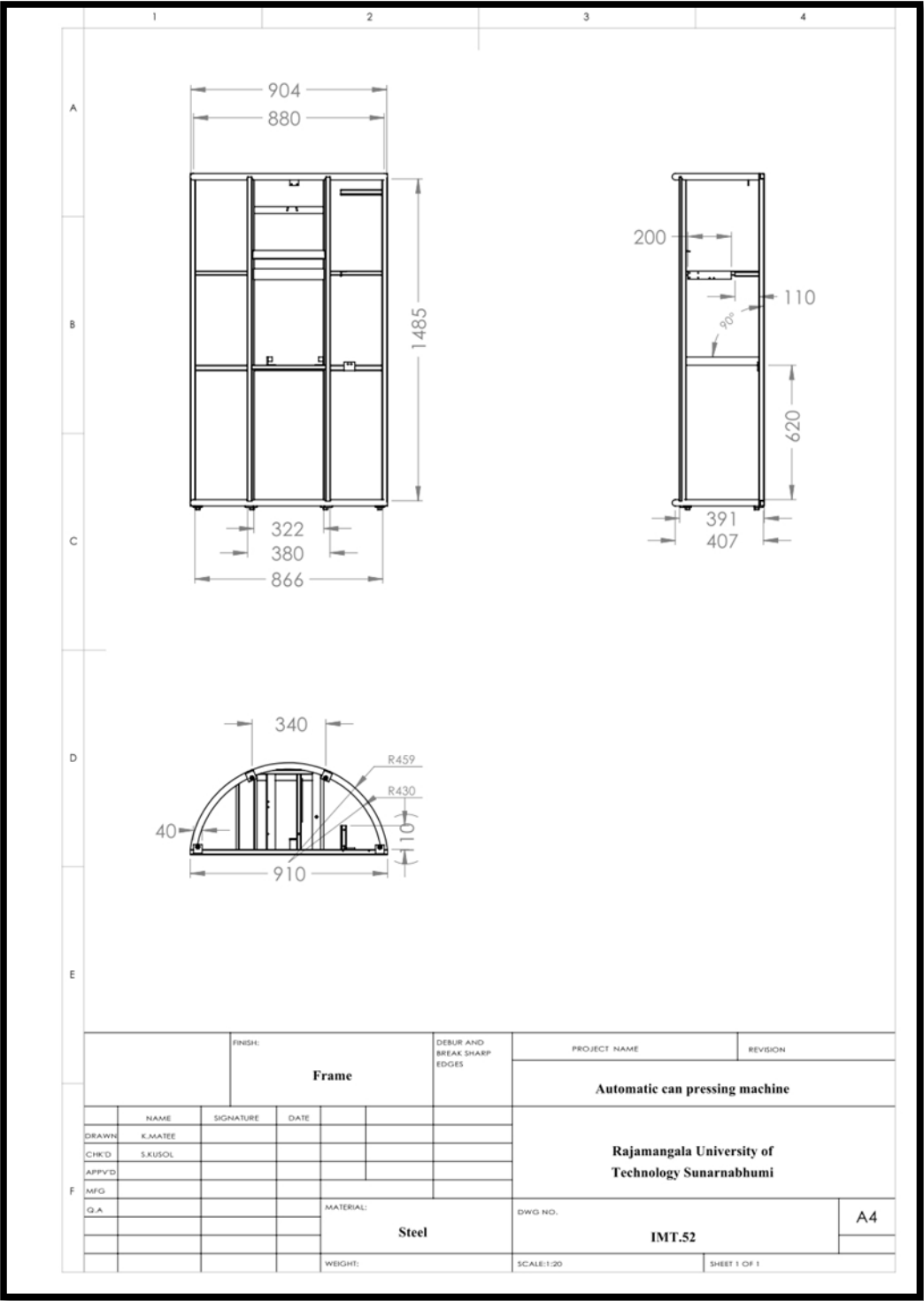
น.ท.ร.ส.ว.ร.ณ.ณ.ม.

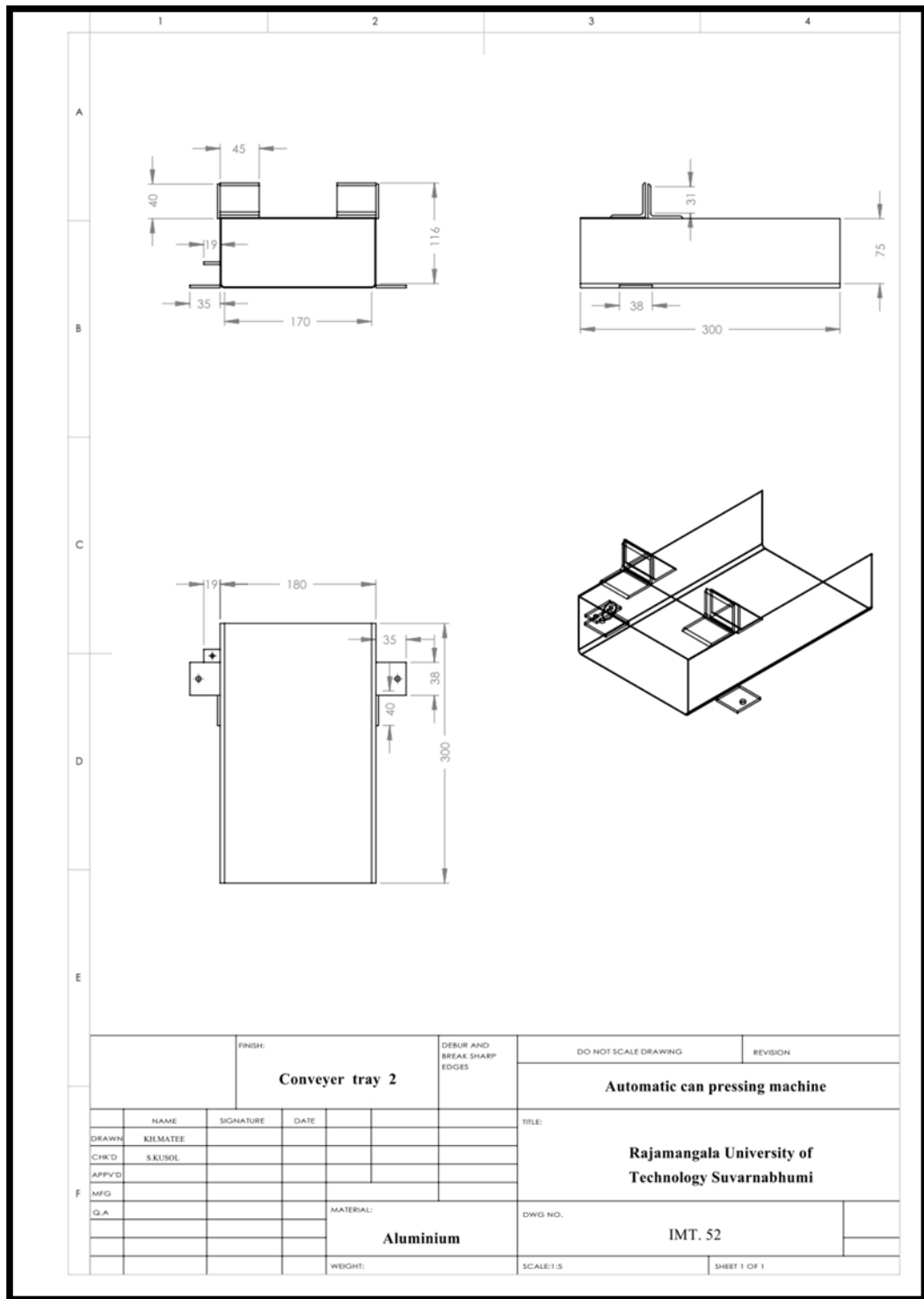
ศาสตราจารย์
ภาคผนวก ก.
ภาพแบบเครื่องอัดกระป๋องอคูนิยม

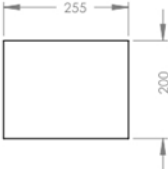
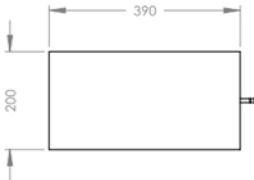
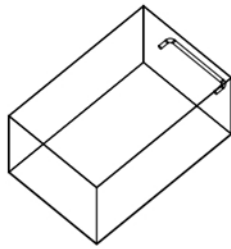


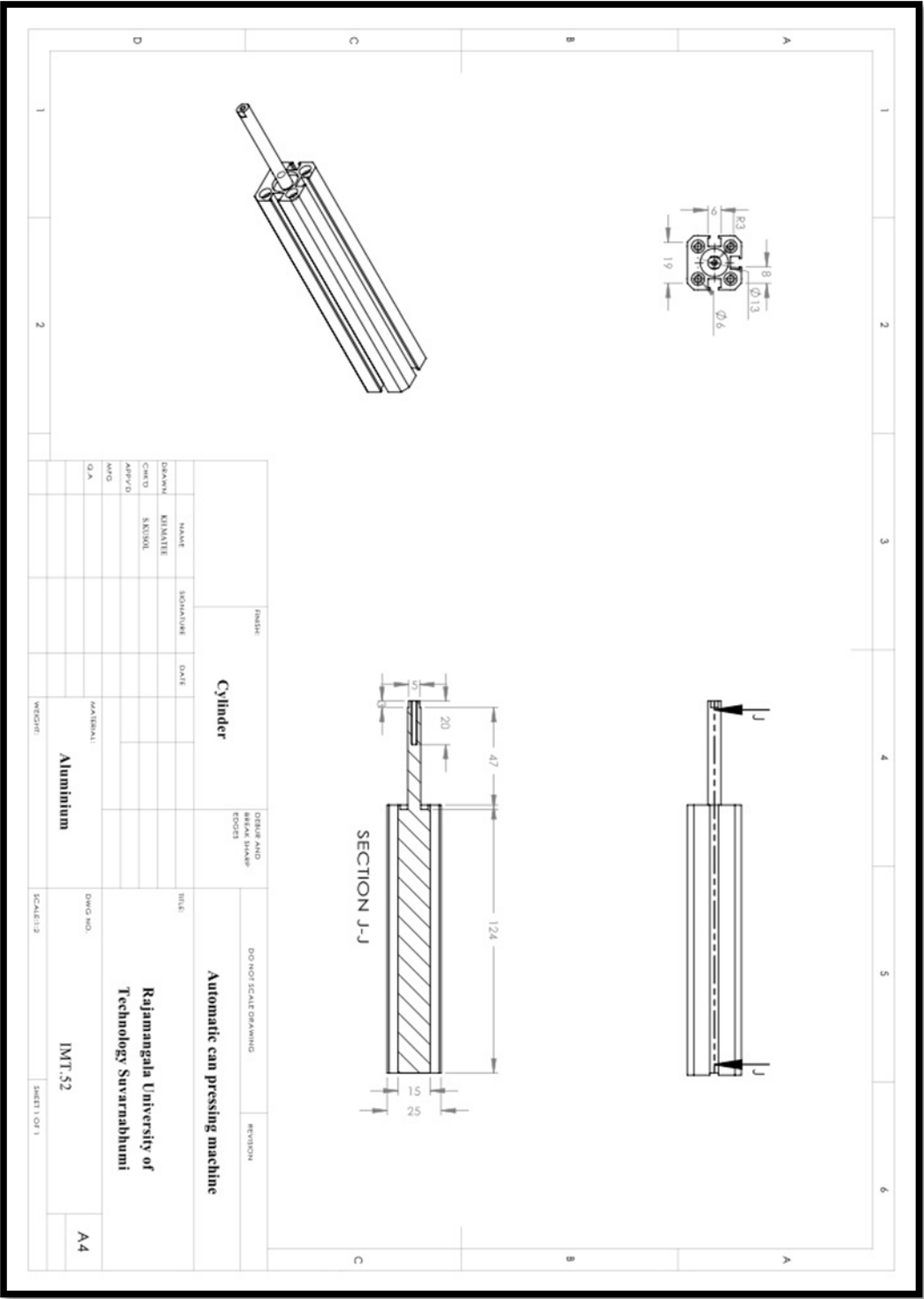
สวพ.
นทร.สุวรรณภูมิ

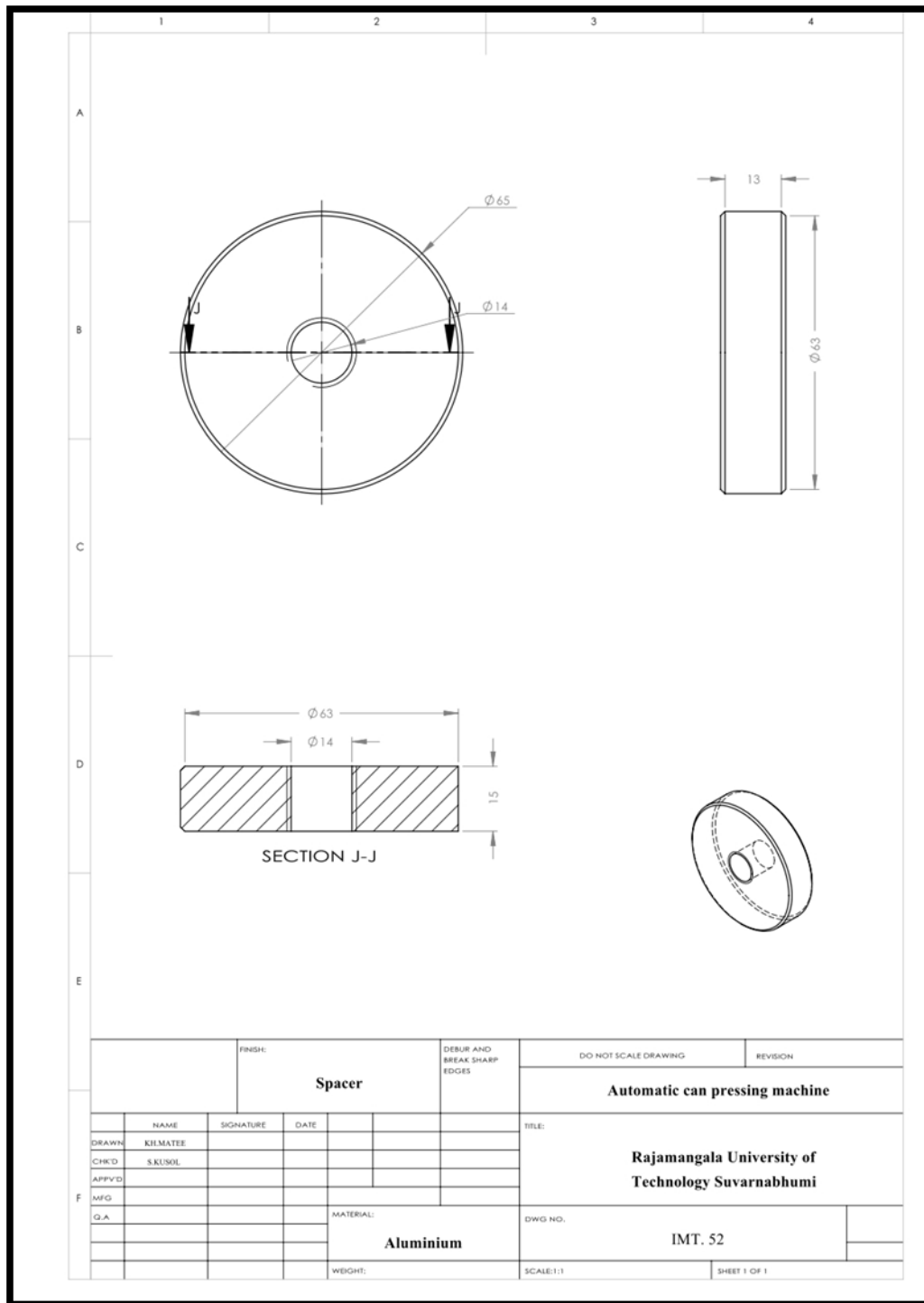


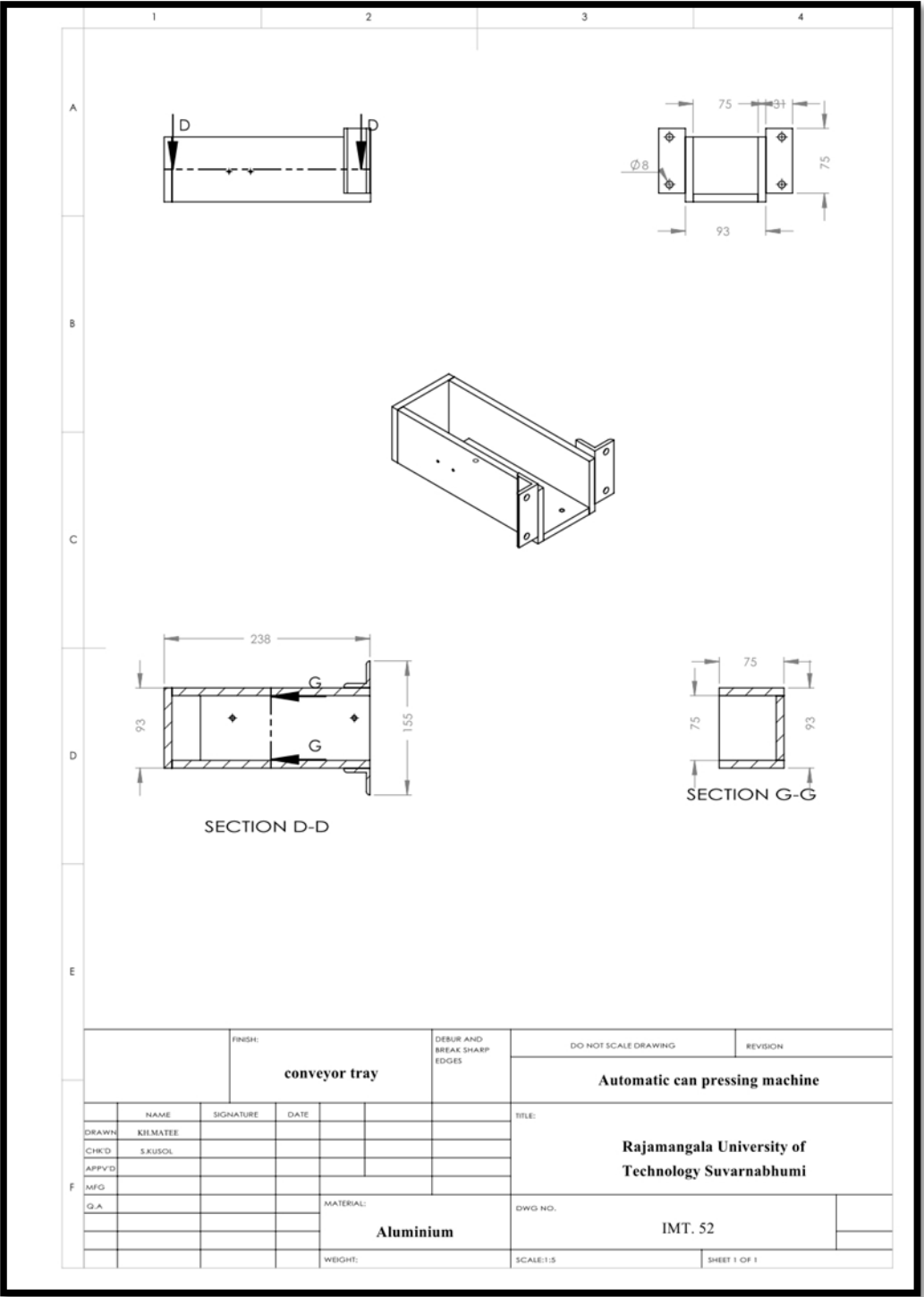


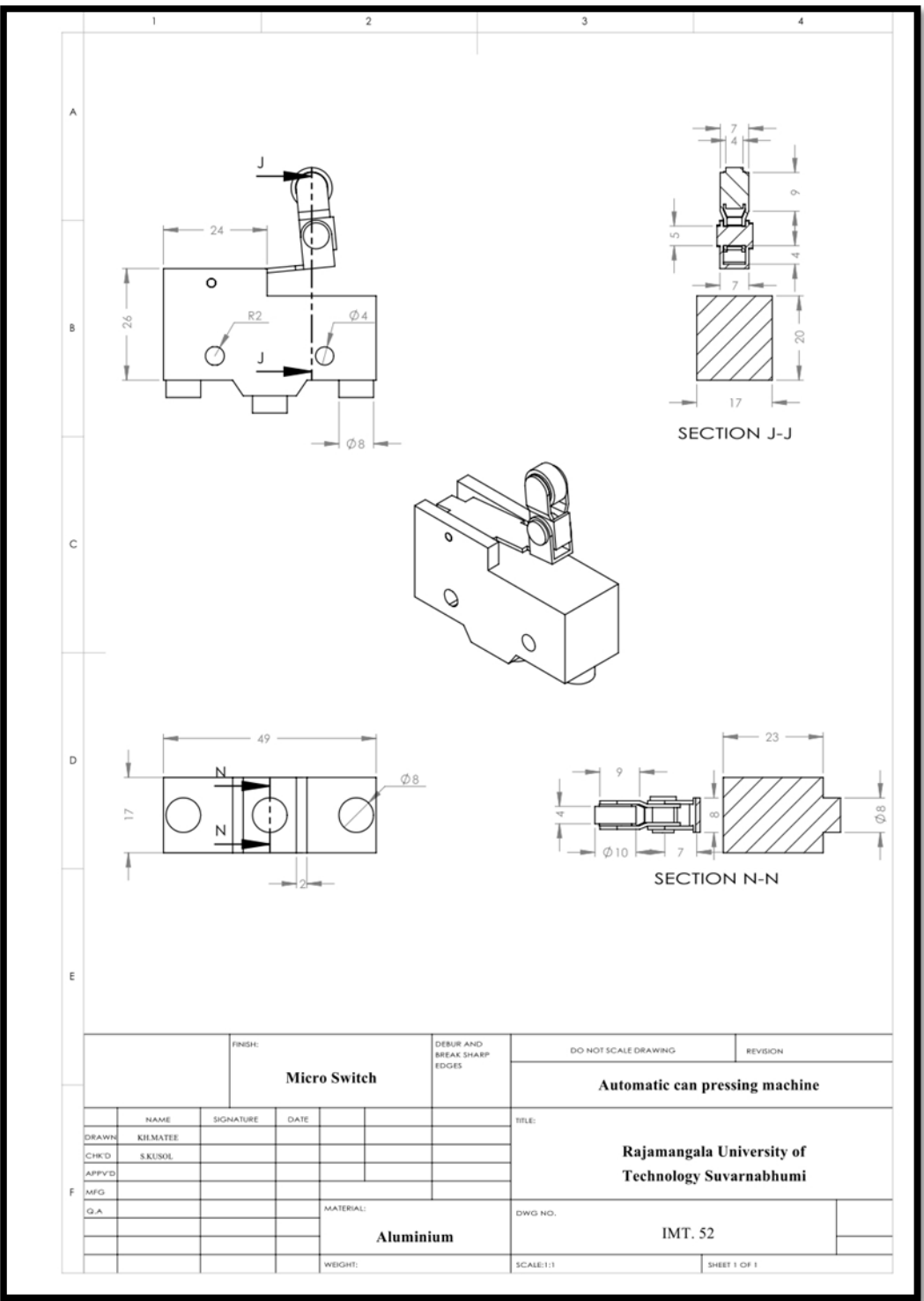


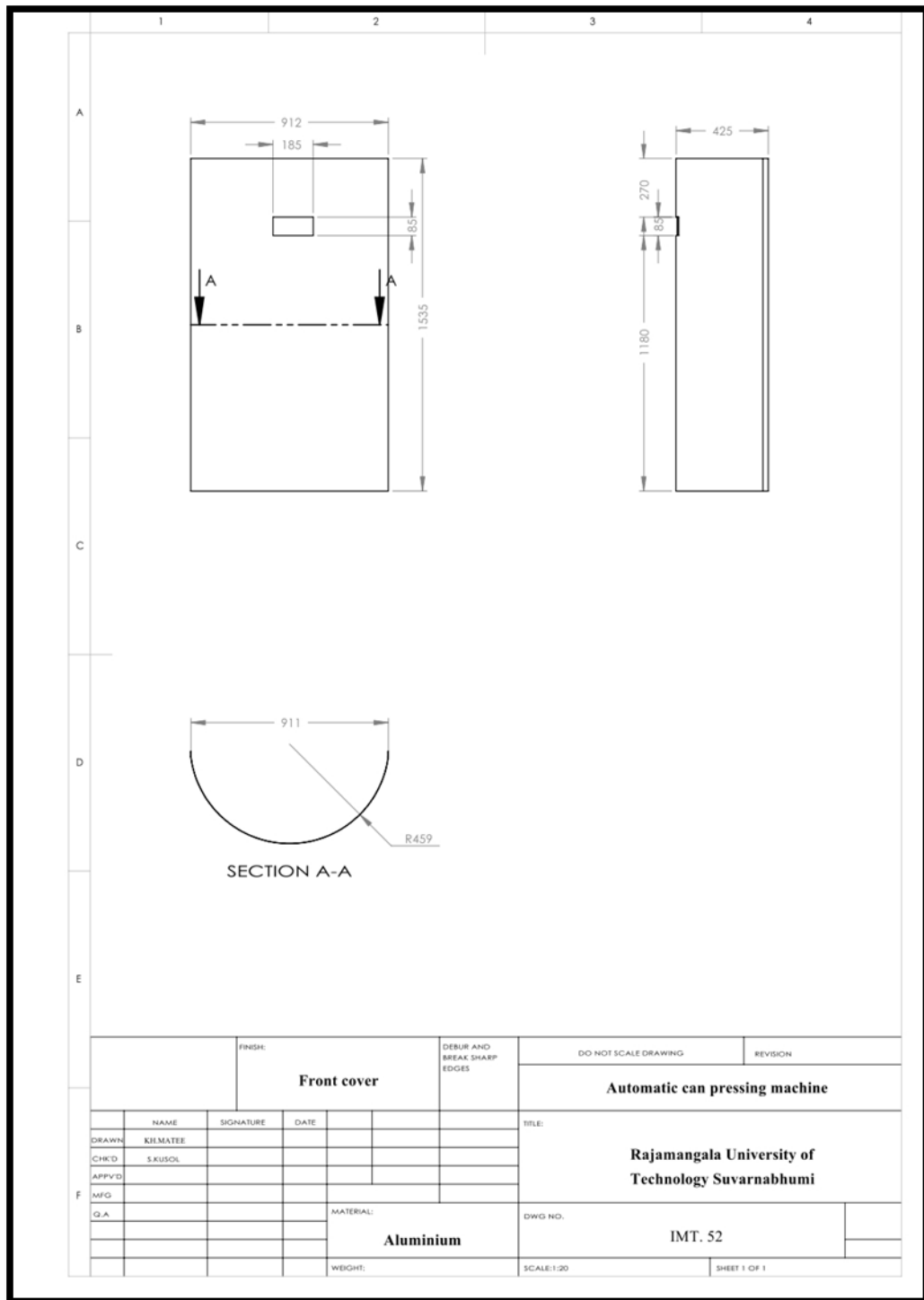
		1		2		3		4																									
A																																	
B	 255 200  390 200																																
C																																	
D																																	
E																																	
		FINISH:				DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING																									
		conveyor tray						Automatic can pressing machine																									
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>NAME</th> <th>SIGNATURE</th> <th>DATE</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DRAWN</td> <td>KIEMATEE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CHK'D</td> <td>S.KUSOL</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APP'VD</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					NAME	SIGNATURE	DATE			DRAWN	KIEMATEE					CHK'D	S.KUSOL					APP'VD						Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi			
	NAME	SIGNATURE	DATE																														
DRAWN	KIEMATEE																																
CHK'D	S.KUSOL																																
APP'VD																																	
F																																	
				MATERIAL:		DWG NO.																											
				Aluminium		IMT. 52																											
		WEIGHT:				SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1																									

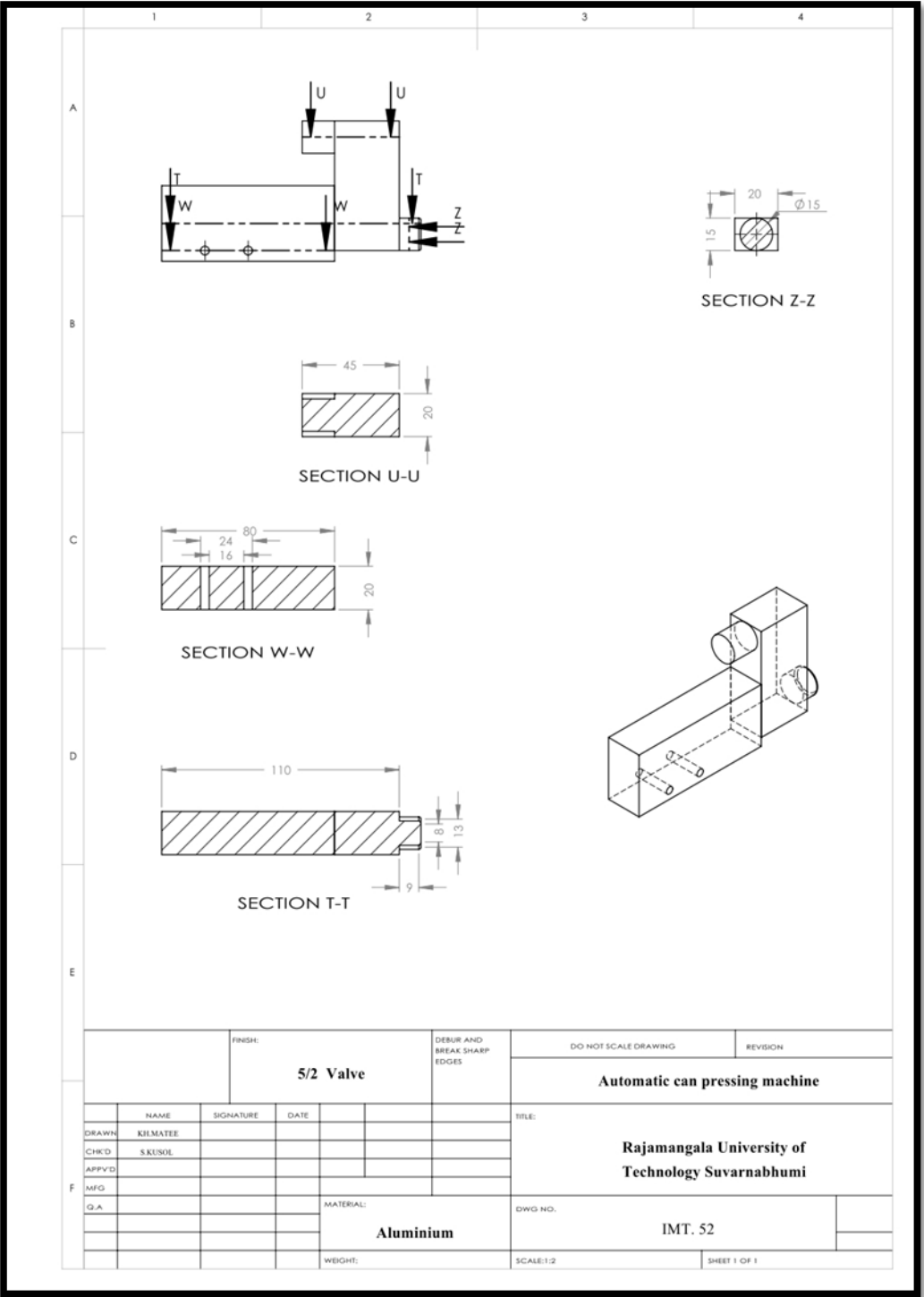


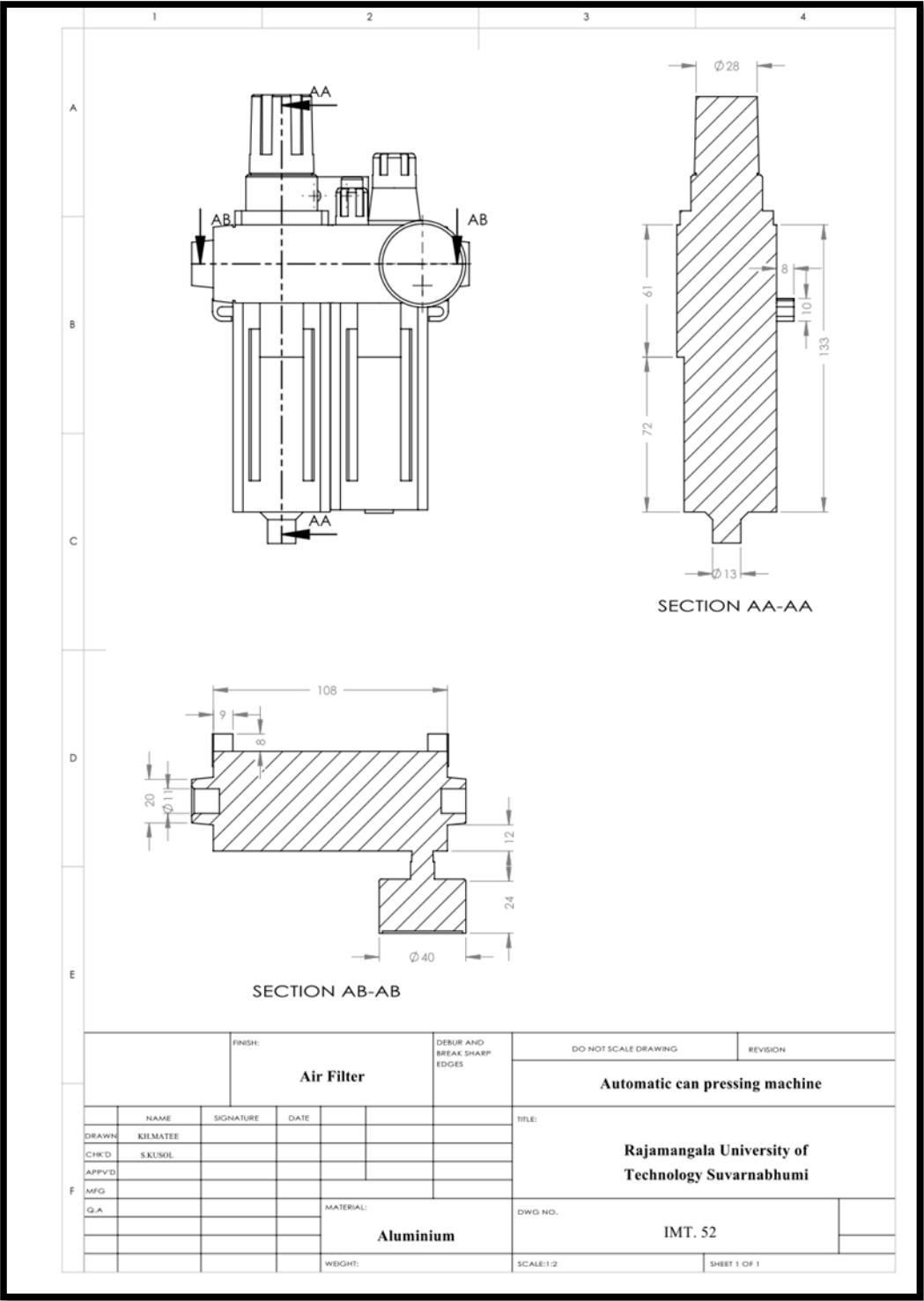








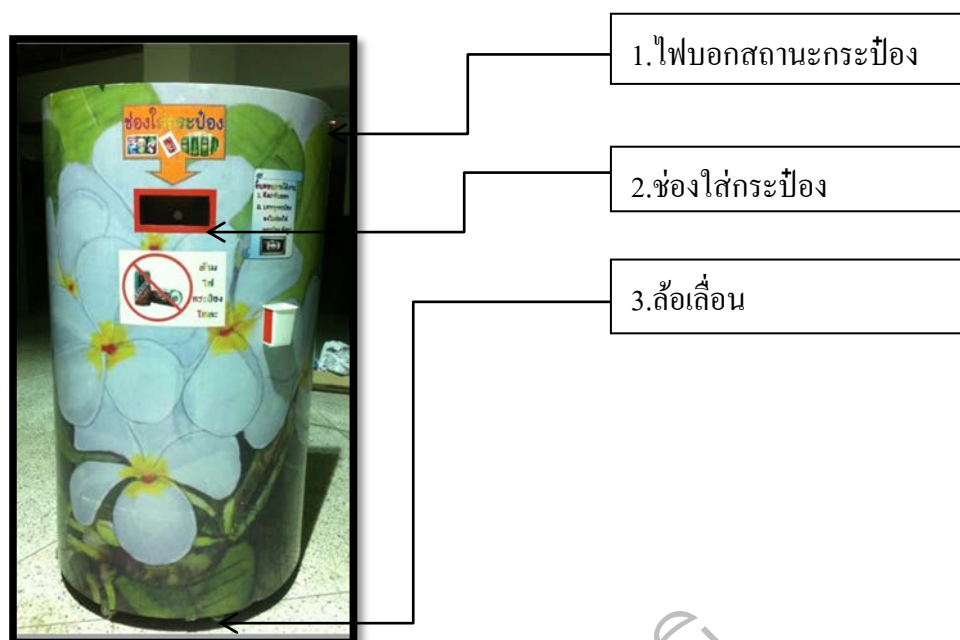




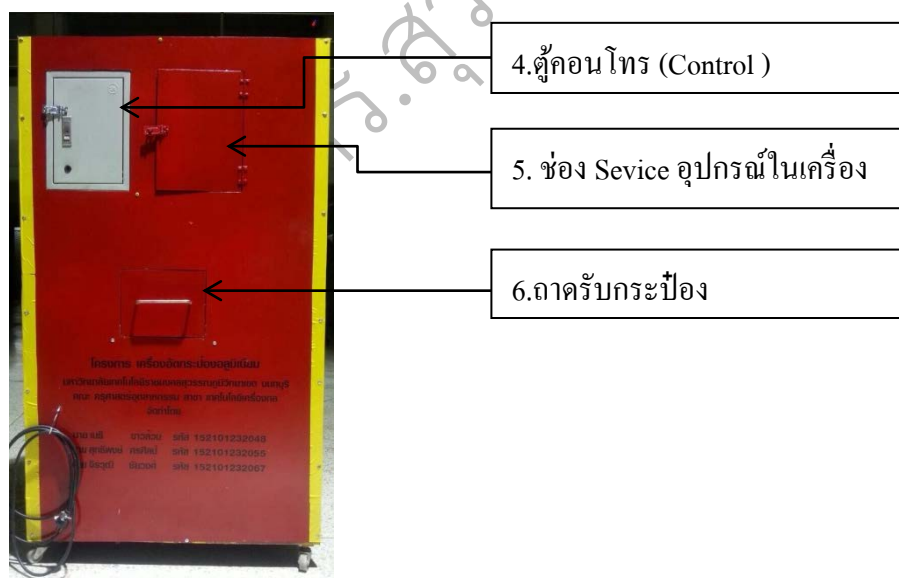
ภาคผนวก ข.

คู่มือการใช้งาน

คู่มือการใช้งาน



รูปที่ ก.1 เครื่องอัดกระป๋องเครื่องดีมอูมิเนียม(ด้านหน้า)



รูปที่ ก.2 เครื่องอัดกระป๋องเครื่องดีมอูมิเนียม (ด้านหลัง)

ขั้นตอนการใช้งาน

1. เสียบปลั๊กไฟเข้าเต้าเสียบ



รูปที่ ค.3 การเสียบปลั๊กไฟ

2. ทำการเปิดสวิตช์ โดยการยกสวิตช์เบรกเกอร์ให้อยู่ตำแหน่งON



รูปที่ ค.4 การเปิดสวิตช์เบรกเกอร์

3. ทำการโยกสวิตช์ ตัวPLCให้ไปอยู่ตำแหน่ง RUN



รูปที่ ค.5 การ โยกสวิตช์ตัว PLC

4. ทำการเปิด วาล์วลม โดยการ โยกวาล์วลม



รูปที่ ค.6 การเปิดวาล์วลม

5. ใส่กระป๋องที่บริเวณช่องใส่กระป๋อง



รูปที่ ค.7 การใส่กระป๋องที่บริเวณช่องใส่กระป๋อง

6. เครื่องเริ่มต้นการทำงาน



รูปที่ ค.8 การทำงานของเครื่อง

7. เมื่อกระป๋องที่ถูกอัดเต็มถาดรับ จะมีไฟสีแดงสว่างขึ้นที่บริเวณหน้าเครื่อง



รูปที่ ค.8 ไฟเตือนจะสว่างขึ้นเมื่อกระป๋องเต็มถาดรับ

8. เมื่อต้องการหยุดการทำงานของเครื่องทันทีให้กดสวิทช์ที่ตัว PLC ให้อยู่ตำแหน่ง STOP เครื่องจะหยุดทำงานทันที



รูปที่ ค.9 การใช้สวิทช์หยุดเครื่องฉุกเฉิน

9. จากนั้นก็นำเอากระป๋องที่ถูกอัดแล้วออกจากถาดรับกระป๋อง



รูปที่ ค.10 การนำกระป๋องออกจากถาดรับกระป๋อง

10. เมื่อต้องการเลิกใช้งานเครื่องอัดกระป๋องเครื่องดัดมอลูมิเนียมแล้ว ให้ทำการย้อนขั้นตอนจากข้อที่ 4 – ข้อที่ 1

ข้อควรระวังในการใช้งาน

1. ไม่ควรใช้งานความดันต่ำกว่า 7 bar และสูงเกินกว่า 8 bar
2. ห้ามใส่สิ่งของอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากกระป๋องเครื่องดัดมอลูมิเนียม ในช่องใส่กระดุมมอลูมิเนียม
3. ควรติดตั้งเครื่องอัดกระป๋องดัดมอลูมิเนียมให้อยู่บนพื้นเรียบ และอยู่ในแนวระดับ
4. อย่าถอดปลั๊กไฟในขณะที่เครื่องกำลังทำงาน

การบำรุงรักษา

1. ถ่ายน้ำที่คักน้ำของชุดอุปกรณ์ควบคุมคุณภาพลมทุกวัน
2. ตรวจสอบระดับน้ำมันที่ชุดปรับปรุงคุณภาพลมอัดทุกวัน
3. ทำความสะอาดกรองลมทุก 6 เดือน
4. ตรวจสอบการรั่วของวาล์วทุก 6 เดือน
5. ตรวจสอบอากาศรั่วที่ก้านสูบทุกเดือน
6. ตรวจสอบชิ้นการทำงานของปั๊มลมอัดทุก 3 เดือน