สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องพับโลหะขนาดเล็กควบคุมการทำงานด้วยระบบอิเลคโทรไฮดรอลิก

Compact Bender control by Electrohydraulic Systems

โดย

นาย รัฐกร สถิตวิลัย

นาย สมเกียรติ วัฒนพงษ์

นาย อนุสร เอื้อประโยชน์กุล

TO55015

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. จำลอง ปรางแก้ว

ดร. อุนนัต พิณโสภณ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์

บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่ .....
เลขทะเบียน 55015
วัน,เดือน,ปี - 4 มิ.ย. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องพับโลหะขนาดเล็กควบคุมการทำงานด้วยระบบอิเลคโทรไฮดรอลิก

Compact Bender control by Electrohydraulic systems

ผู้จัดทำ

1. นาย รัฐกร สถิตวิลัย รหัสประจำตัว 43010746
2. นาย สมเกียรติ วัฒนพงษ์ รหัสประจำตัว 43010788
3. นาย อนุสร เอื้อประโยชน์กุล รหัสประจำตัว 43010831

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.จำลอง ปราบแก้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องพับโลหะขนาดเล็กควบคุมการทำงานด้วยระบบอิเลคโทรไฮดรอลิก

นาย รัฐกร สถิตวิลัย 43010746
นาย สมเกียรติ วัฒนพงษ์ 43010788
นาย อนุสร เอื้อประโยชน์กุล 43010831
ผศ. จำลอง ปราบแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร. อุนนัต พิณโสภณ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

เนื่องจากเครื่องพับโลหะที่ใช้กันอยู่ทั่วไปเป็นเครื่องพับโลหะที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งถ้านำมาใช้พับชิ้นงานที่มีขนาดเล็กแล้วจะเป็นการสิ้นเปลืองทั้งเงิน สถานที่ เวลา แรงงาน และไม่ปลอดภัยในการทำงาน เราจึงคิดที่จะออกแบบ เครื่องพับโลหะขนาดเล็กที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องขนาดใหญ่ โดยการนำเอาระบบอิเลคโทรไฮดรอลิกมาประยุกต์ใช้ ซึ่งระบบนี้สามารถตอบสนองการทำงานทางไฮดรอลิก ได้รวดเร็ว และเนื่องจากขนาดของตัวเครื่องที่เล็กจึงสามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานลงได้ ในการขนย้ายตัวเครื่องสามารถทำได้โดยสะดวก และยังปลอดภัยในการทำงานมากกว่าเครื่องขนาดใหญ่ จึงเหมาะสมกับการพับชิ้นงานที่มีขนาดเล็กและไม่มีความซับซ้อนมาก เช่น การพับกล่องโลหะ การพับขอบหรือมุมของแผ่นโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Compact Benders control by Electrohydraulic systems

Mr.Rattakorn Satitwilai	43010746
Mr.Somkiat Watthanapong	43010788
Mr.Anusorn Eurprayotkool	43010831
Asst.Prof..Chamlong Prabkeaw	Adviser
Dr.Unnat Pinsopon	Adviser

Abstract

Because of the size of the compact benders are very big which will be wasteful to use them with the small size of the job which is supposed to be wasted on cost, area of installation , length of time, labor force, and also not to be safe when they are working. That's why we have an idea of designing the small-sized compact bender which contains the same amount efficiency as the big one. To do this, we apply the Electrohydraulics system which can rapidly be able to response to Hydraulic. And because of the smaller size, we can also reduce the cost in term of electricity and fuel. To remove the machine can be done conveniently. And it is safer, compared to the big-sized. That's why the small-sized machine is considered to be suitable for bending the small job with no complication such as metal-box bending, edge of a plate bending.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการเรียนวิชา PROJECT ให้นักศึกษาได้นำความรู้ความสามารถในภาคทฤษฎีมาทำการปฏิบัติการ เป็นการเพิ่มพูนความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ให้แก่นักศึกษาได้เป็นอย่างดี

ข้าพเจ้า ขอขอบคุณ ผศ.จำลอง ปราบแก้ว ที่คอยให้คำแนะนำ และจัดหาเอกสารเกี่ยวกับเครื่องพับโลหะ รวมถึงแนะนำหนังสือที่สามารถค้นคว้าข้อมูลได้ อีกทั้ง ต้องขอขอบคุณ ดร.อุนนัต พิณโสภณ ที่แนะนำ และให้ความรู้เกี่ยวกับการทำงานของระบบวาล์วและไฮดรอลิก รวมถึงระบบการทำงานของเครื่อง

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ คือ บิดา มารดา อันเป็นที่รัก และเคารพ อย่างยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูข้าพเจ้าจนเติบโตมาและให้พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่ดูแลตลอดมาในทุกๆเรื่อง อันเป็นพระคุณที่หาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

รัฐกร สถิตวิลัย
สมเกียรติ วัฒนพงษ์
อนุสร เอื้อประโยชน์กุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญภาพ VI

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน 2

1.4 ขอบเขตของงาน 2

1.5 วิธีดำเนินการ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานของไฮดรอลิก

2.1 ระบบไฮดรอลิก 3

2.2 การใช้งานของระบบไฮดรอลิก 4

2.3 น้ำมันไฮดรอลิก 5

2.4 ปั๊มไฮดรอลิก 6

2.5 กระบอกสูบไฮดรอลิก 7

2.6 ถังพักน้ำมันไฮดรอลิก 9

2.7 พร็อพพอร์ชันนัลวาล์ว (Propotional Valves) 11

2.8 เงื่อนไขการซ้อนของสปูล 12

2.9 อัตราการไหล 13

2.10 ฮีสเตอรีซีส (Hysteresis) 16

2.11 เทรสโฮลด์ (Threshold) 16

2.12 ข้อดีของระบบไฮดรอลิก 16

บทที่ 3 การออกแบบเครื่องพับ และความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแม่พิมพ์เครื่องพับ

3.1 การออกแบบชุด Punch และ Die 18

3.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแม่พิมพ์เครื่องพับ 19

3.3 คุณสมบัติของแม่พิมพ์ที่ดี 19

3.4 วัสดุในการทำแม่พิมพ์, กระบวนการทางความร้อน และกระบวนการผลิต 19

3.5 การเลือกค่า Clearance ของแม่พิมพ์ให้เหมาะกับประเภทเครื่องเจาะ (Punch Press) เพื่อยืดอายุการใช้งานแม่พิมพ์ 23

3.6 ความแตกต่างระหว่างการทำงานของเครื่องเจาะระบบแมคคานิคกับระบบไฮดรอลิก 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ความแตกต่างของลักษณะผิวตัดที่ได้จากเครื่องระบบแมคคานิค กับเครื่องระบบไฮดรอลิก 24

บทที่ 4 อุปกรณ์ในการควบคุมเครื่องพับโลหะ

4.1 กระบอกสูบไฮดรอลิก 31
4.2 คอมพิวเตอร์ 32
4.3 โรตารีเอนโคดเดอร์ (Rotary Encoder) 32
4.4 การ์ดนับรอบ (Data Acquisition Card) 33
4.5 แอมปลิไฟเออร์(Amplifier) 33
4.6 พร็อพอชันนัลคอนโทรลวาล์ว (Proportional Control Valve) 34
4.7 อุปกรณ์ควบคุมความดัน 36
4.8 ชุดเพาว์เวอร์ยูนิต (Power Unit) 37
4.9 สายน้ำมันไฮดรอลิก 38

บทที่ 5 ระบบวงจรควบคุมการทำงาน

5.1 หลักการทำงานของวงจร 39
5.2 Flow Chart 41

บทที่ 6 ขั้นตอนและผลการทดลอง

6.1 วิธีการทดลอง 43
6.2 สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการพับโลหะ 45
6.3 แนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต 46

บรรณานุกรม 47
ภาคผนวก 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่1.1 แสดงชุดเครื่องพับโลหะขนาดใหญ่ที่ใช้ในระบบอุตสาหกรรม 1
รูปที่2.1 แสดงอุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบไฮดรอลิก 3
รูปที่2.2 แสดงน้ำมันไฮดรอลิกช่วยในการหล่อลื่นและเป็นซีลของชิ้นงานการทำงาน 6
รูปที่2.3 แสดงการไหลหมุนเวียนของน้ำมันไฮดรอลิกช่วยในการระบายความร้อน ในระบบปั๊มไฮดรอลิก 6
รูปที่2.4 แสดงส่วนประกอบของกระบอกสูบแบบทำงาน 2 ทาง 8
รูปที่2.5 แสดงการทำงานของกระบอกสูบ 2 ทิศทาง 8
รูปที่2.6 โครงสร้างและส่วนประกอบของถังพักน้ำมัน 9
รูปที่2.7 ทิศทางการไหลของน้ำมัน 10
รูปที่ 2.8 a แสดงสปูลซึ่งมีพื้นที่เกินกว่าขอบของพอร์ต (over – lab) 11
รูปที่ 2.8 b แสดงสปูลซึ่งมีพื้นที่พอดีขอบของพอร์ต (zero or critical lab) 11
รูปที่ 2.8 c แสดงพื้นที่ขอบของสปูลที่มีค่าน้อยไม่สามารถปิดพอร์ตได้พอดี (under – lab) 12
รูปที่ 2.9 แสดงการเกิด Dead band 12
รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลกับสัญญาณอินพุท 14
รูปที่ 2.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลกับสัญญาณอินพุทเมื่อไม่มี Dead band 14
รูปที่ 2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลกับสัญญาณอินพุทเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง รอบตำแหน่งศูนย์ 14
รูปที่ 2.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลกับสัญญาณอินพุทเมื่อการซ้อนของสปูล น้อยกว่าขอบของพอร์ต 15
รูปที่ 2.14 แสดงสปูลของกระบอกสูบที่ปิดไม่สนิท 15
รูปที่ 2.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลกับสัญญาณอินพุทเมื่อสปูลอยู่ในตำแหน่งต่างๆ 15
รูปที่ 2.16 แสดงการไหลด้านเอาท์พุทแตกต่างกันเพราะยีสเตอรีซีส 16
รูปที่ 2.17 แสดงอัตราการไหลลดลงเพราะเทรสโฮลด์ 16
รูปที่ 3.1 โครงเครื่องที่ได้ออกแบบมา ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้ 18
รูปที่ 3.2 ชุด Punch ที่ได้ออกแบบไว้ 18
รูปที่ 3.3 ชุด Punch และ Die ที่ติดตั้งกับเครื่องพับ 18
รูปที่ 3.4 ตารางแสดงกระบวนการทางความร้อนและวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ 21
รูปที่ 3.5 แสดงชุด punch แบบต่างๆ 21
รูปที่ 3.6 แสดงกระบวนการผลิตของแม่พิมพ์ชุบแข็ง โดยทั่วไปแม่พิมพ์ที่มีการชุบแข็ง จะมีขั้นตอนการ 21
รูปที่ 3.7 กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ชุบแข็ง 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 เครื่องลับผิวนอก “profile grinding” สำหรับแม่พิมพ์ 2V Die 22
รูปที่ 3.9 ล้อหินเจียรที่ตกแต่งขึ้นรูปด้วยลูกกลิ้งบดอัด 23
รูปที่ 3.10 แสดงระบบขับเคลื่อนหัวตอก 23
รูปที่ 3.11 แสดงระบบขับเคลื่อนของเครื่องเจาะรุ่น VIPROS 24
รูปที่ 3.12 แสดงผลทดสอบระหว่างเครื่องระบบแมคคานิค และ ไฮดรอลิก 25
รูปที่ 3.13 แสดงลักษณะของ Die และความสูงในการติดตั้ง Die 26
รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะของ 1V die 26
รูปที่ 3.15 แสดงลักษณะของ 2V die และ 1V die 27
รูปที่ 3.16 แสดงลักษณะของ 3U die 27
รูปที่ 3.17 แสดงลักษณะของการพับแบบ Bottoming และ Partial bending 28
รูปที่ 3.18 เป็นภาพถ่ายของ Sectionalized punch 28
รูปที่ 3.19 แสดงตัวอย่างของ Sectionalized punch 29
รูปที่ 3.20 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ต้องใช้ punch ที่มีหู 29
รูปที่ 3.21 แสดง ตัวจับ punch และ Radius ruler 30
รูปที่ 3.22 แสดงตัวจับ Die 30
รูปที่ 3.23 แสดงลักษณะของฐานรอง Die 30
รูปที่ 4.1 แสดงชุดควบคุมการทำงานของเครื่องพับโลหะขนาดเล็ก 31
รูปที่ 4.2 แสดงกระบอกสูบที่ใช้ในระบบ 31
รูปที่ 4.3 แสดงชุดคอมพิวเตอร์ควบคุม 32
รูปที่ 4.4 แสดง Encoder ของ OMRON 33
รูปที่ 4.5 แสดงการ์ดนับรอบและ Data Acquisition Card 33
รูปที่ 4.6 แสดง Amplifier ของ Proportional DCV และ Pressure Control Valve 34
รูปที่ 4.7 แสดงการแปลงสัญญาณ และขยายสัญญาณเพื่อส่งไปยัง Proportional Control valve 34
รูปที่ 4.8 แสดงภาพตัดของ Proportional Pressure Control Valve ที่ใช้ในเครื่องพับ 34
รูปที่ 4.9 แสดงสัญลักษณ์ของ Proportional Pressure Control Valve 35
รูปที่ 4.10 แสดงProportional Pressure Control Valve ที่นำมาใช้กับเครื่องพับ 35
รูปที่ 4.11 แสงภาพตัดของ Proportional Direction Control Valve 35
รูปที่ 4.12 แสดงสัญลักษณ์ของ Proportional Direction Control Valve 4/3 36
รูปที่ 4.13 แสดงProportional Direction Control Valve ที่นำมาใช้กับเครื่องพับ 36
รูปที่ 4.14 แสดงPressure Transducer 36
รูปที่ 4.15 แสดงรูปอุปกรณ์ที่ใช้ในการอ่านค่าความดัน 37
รูปที่ 4.16 แสดงการต่อของ Serviceman กับ Pressure Transducer 37
รูปที่ 4.17 แสดงชุด Power Unit 38
รูปที่ 4.18 แสดงสายน้ำมันไฮดรอลิกที่ใช้ในเครื่องพับ 38

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

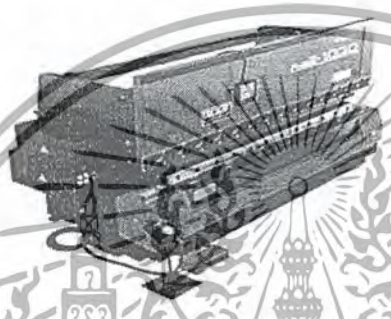
รูปที่ 5.1 แสดงวงจรไฮดรอลิกของเครื่องพับโลหะ 39
รูปที่ 5.2 แสดง Flow Chart การทำงานของเครื่องพับโลหะ 40
รูปที่ 6.1 ตารางแสดงความดันที่วัดได้เมื่อจ่ายโวลต์ที่ 0-10 โวลต์ ให้กับวาล์ว 43
รูปที่ 6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Pressureและ Volts ที่จ่ายให้กับวาล์ว 44
รูปที่ 6.3 เปรียบเทียบกราฟของการทดลอง กับ Characteristic Curve ของ Pressure Valve 44
รูปที่ 6.4 แสดงหลักการในการควบคุมมุมในการพับชิ้นงาน 45
รูปที่ 6.5 ตัวอย่างการขยายตัวของโลหะเมื่อถูกพับ 46
รูปที่ 6.6 ตารางแสดงค่าการยืดตัวของโลหะ เมื่อถูกพับด้วยมุมแหลมและมุมป้าน 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เครื่องพับโลหะเครื่องพับโลหะขนาดเล็กควบคุมด้วยระบบอิเลคโทรไฮดรอลิกนี้เกิดขึ้นจากแนวความคิดที่ว่า จะทำอย่างไรเพื่อความสะดวก และประหยัดในการพับชิ้นงานขนาดเล็ก และงานพับที่ไม่ยุ่งยากมากนักโดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องพับขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองเป็นอย่างมาก การใช้งานและการบำรุงรักษาก็ยุ่งยากด้วย



รูปที่1.1 แสดงชุดเครื่องพับโลหะขนาดใหญ่ที่ใช้ในระบบอุตสาหกรรม

เราจึงออกแบบเครื่องพับโลหะขนาดเล็ก ควบคุมการงานด้วยระบบอิเลคโทรไฮดรอลิก ซึ่งการใช้งานของระบบนี้จะใช้ Proportional Control Valve ควบคุมอัตราการไหลของน้ำมัน ทำให้ปรับความเร็วของกระบอกสูบได้ โดยจะมีการควบคุม และป้อนค่าต่างๆผ่านทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมแรงกดตามขนาด และความหนาของชิ้นงานได้ โดยการสั่งวาล์วควบคุมความดันให้ปรับค่าความดันให้ได้ตามต้องการ อีกทั้งตัวเครื่อง มีขนาดเล็กกะทัดรัด สามารถนำไปใช้งานตามที่ต่างได้อย่างสะดวก

เมื่อคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้เครื่องขนาดเล็กก็จะมีมากกว่าซึ่งสามารถให้นักศึกษารุ่นน้องและบุคคลอื่นๆได้ใช้งานและเรียนรู้ระบบการทำงานของเครื่องในห้องทดลองได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.เพื่อสร้างเครื่องพับโลหะขนาดเล็ก ที่สามารถควบคุมการทำงานด้วยระบบอิเลคโทรไฮดรอลิก

2.เพื่อสร้างชุดโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบไฮดรอลิกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องพับให้ทำการพับชิ้นงานได้ในมุมต่างๆตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงงาน

สามารถสร้างเครื่องพับโลหะแผ่นขนาดเล็ก และสามารถควบคุมระบบการทำงานของเครื่องโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุม ระบบไฮดรอลิกและการทำงานของระบบวาล์ว และสามารถควบคุมความเร็วของลูกสูบ มุมในการพับชิ้นงาน และความดันที่ต้องการได้

1.4 ขอบเขตของงาน

1. ออกแบบและสร้างตัวเครื่องของเครื่องพับโลหะขนาดเล็ก
2. ออกแบบและจัดทำชุดแม่พิมพ์เครื่องพับขนาดเล็ก
3. ติดตั้งระบบอิเลคโทรไฮดรอลิกเพื่อใช้ในการทำงานและควบคุมระบบ
4. ติดตั้งโรตารีเอนโคดเดอร์และประยุกต์เพื่อใช้งานในระบบ
5. สร้างโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
6. ทำการทดลองพับชิ้นงานในมุมต่างๆ และปรับตั้งให้มีความแม่นยำในการใช้งานจริง

1.5 วิธีดำเนินการ

โครงงานนี้เริ่มต้นด้วยการสร้างตัวโครงเครื่องของเครื่องพับ และประกอบส่วนต่างๆของระบบไฮดรอลิก ได้แก่ กระบอกสูบไฮดรอลิก ระบบวาล์ว แอมปลิฟลายเออร์ ชุดเพาเวอร์ยูนิต และศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆเพื่อใช้งานได้ถูกต้อง จากนั้นหลังจากทำการศึกษาแล้วก็ทำการเดินเครื่องโดยการควบคุมด้วยมืออย่างง่ายๆก่อนเพื่อดูการทำงานของกระบอกสูบ เมื่อระบบสามารถทำงานได้แล้ว จากนั้นจึงทำชุด punch และ die มาติดเข้ากับระบบ เพื่อทดลองพับแผ่นโลหะ

จากนั้นจึงติดตั้ง โรตารีเอนโคดเดอร์และประยุกต์ใช้ในระบบเพื่อเป็นตัวควบคุมระยะการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ หลังจากนั้นเป็นการสร้างและการใช้โปแกรมคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ Turbo C^{++} ในการสั่งงานต่อไปยังอุปกรณ์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานของไฮดรอลิก

2.1 ระบบไฮดรอลิก

คำว่าไฮดรอลิก hydraulic มาจากคำในภาษากรีก 2 คำ คือ Hydro หมายถึงน้ำ และ Aulis ซึ่งหมายถึงท่อ เดิมคำว่า hydraulic จึงมีความหมายหมายถึงเฉพาะการไหลของน้ำในท่อเท่านั้น แต่ปัจจุบันคำนี้หมายถึงการไหลของของเหลวทุกชนิดที่ใช้ในระบบ เพื่อเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดกำลังงานของของไหลเป็นกำลังงานกล คือทำให้กระบอกสูบไฮดรอลิกและมอเตอร์ไฮดรอลิกทำงาน ตัวอย่างเช่น ระบบเบรกในรถยนต์ แม่แรงไฮดรอลิก ระบบเกียร์อัตโนมัติ ระบบเครน รถแทรคเตอร์ รถยก และเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ โดยระบบไฮดรอลิกจะต้องมีอุปกรณ์พื้นฐานดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์ต้นกำลังไฮดรอลิก (primary component)
2. อุปกรณ์เก็บและปรับปรุงคุณภาพน้ำมันไฮดรอลิก(storage and treatment component)
3. อุปกรณ์สร้างการไหล(transferring component)
4. อุปกรณ์ควบคุมกรทำงาน(controlling component)
5. อุปกรณ์การทำงาน(actuator or working component)
6. อุปกรณ์ในระบบท่อทาง(piping system)

รูปที่2.1 แสดงอุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานของระบบไฮดรอลิก

2.1.1. อุปกรณ์ต้นกำลังไฮดรอลิก เป็นตัวทำหน้าที่เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกเพื่อจ่ายน้ำมันให้แก่ระบบ ประกอบด้วยเครื่องยนต์ หรือ มอเตอร์ไฟฟ้า

2.1.2 อุปกรณ์เก็บและปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันไฮดรอลิก เป็นตัวพักของน้ำมันไฮดรอลิก ขจัดสิ่งสกปรก ขจัดฟองอากาศและยังเป็นที่ระบายความร้อนของระบบไฮดรอลิกได้อีกด้วย ถังน้ำมันไฮดรอลิกประกอบไปด้วย ไส้กรองน้ำมัน และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆที่ใช้กับถังพักน้ำมัน

2.1.3. อุปกรณ์สร้างการไหล ทำหน้าที่สร้างอัตราการไหล ประกอบด้วยปั๊มไฮดรอลิกชนิดต่างๆ

2.1.4. อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน หมายถึง วาล์วควบคุมชนิดต่างๆในระบบไฮดรอลิก เช่นวาล์วควบคุมทิศทางการไหลใช้ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของก้านสูบ วาล์วควบคุมอัตราการไหลเพื่อใช้จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำมันที่เข้าลูกสูบเพื่อควบคุมความเร็วของก้านสูบ และ วาล์วควบคุมความดันใช้เพื่อควบคุมความดันในระบบ

2.1.5. อุปกรณ์การทำงาน ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของของไหลให้เป็นกำลังงานกล เช่น กระบอกสูบไฮดรอลิก หรือ มอเตอร์ไฮดรอลิก

2.1.6. อุปกรณ์ในระบบท่อทาง ทำหน้าที่เป็นท่อทางการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกในระบบประกอบด้วยท่อแป๊บ (pipe) ข้องอ(Bending) ข้อต่อ(Fitting) ท่อ (Tube) สายน้ำมันไฮดรอลิก(Hoses)

2.2 การใช้งานของระบบไฮดรอลิก

- ระบบไฮดรอลิกในโรงงานอุตสาหกรรม
- ระบบไฮดรอลิกในอุตสาหกรรมเหล็กกล้า
- ระบบไฮดรอลิกในงานวิศวกรรมโยธา
- ระบบไฮดรอลิกในยานยนต์อุตสาหกรรม
- ระบบไฮดรอลิกในเรือเดินทะเล
- ระบบไฮดรอลิกในงานเฉพาะอย่าง

1. **ระบบไฮดรอลิกในโรงงานอุตสาหกรรม** ในงานระบบอุตสาหกรรมได้มีการนำระบบไฮดรอลิกมใช้งานในเครื่องมือต่างๆ เช่น เครื่องฉีดพลาสติก เครื่องฉีดอลูมินียม แท่นอัด แท่นปั๊มชิ้นงาน แท่นแม่พิมพ์ เครื่องป้อนและเครื่องตัดชิ้นงาน เครื่องประกอบและเครื่องขึ้นรูปชิ้นงาน เครื่องจักรขนาดใหญ่ เครื่องกลึงและเครื่องเจียระนัย และเครื่องจักรอีกมากมาย

2. **ระบบไฮดรอลิกในอุตสาหกรรมเหล็กกล้า** ในปัจจุบันงานอุตสาหกรรมเหล็กกล้าส่วนใหญ่จะต้องมีการใช้อุปกรณ์ไฮดรอลิกตัวอย่าง เช่น ใช้กับแท่นเลื่อย แขนโยก ฐานป้อนและส่ง เครื่องปรับขนาดลูกกลิ้ง อุปกรณ์แยกและส่ง อุปกรณ์ควบคุมท่อหล่อเย็น

3. **ระบบไฮดรอลิกในงานวิศวกรรมโยธา** การประยุกต์ใช้ในงานด้านนี้ ได้แก่ ระบบปิด-เปิดประตูกั้นน้ำ เขื่อนกันน้ำ การควบคุมการ ปิด-เปิดช่องทางการเดินเรือ การควบคุมการปิดเปิดสะพาน การยกการเคลื่อนย้ายโครงสร้างของการก่อสร้าง

4. **ระบบไฮดรอลิกในยานยนต์อุตสาหกรรม** การใช้งานในของระบบไฮดรอลิกในระบบยานยนต์อุตสาหกรรมได้แก่ ระบบในรถแทรกเตอร์ รถเทย์เลอร์ ปั้นจั่น รถยก เครน รถกว้าน รถตัก เครื่องจักรกลการเกษตร รถกระเช้า รถขนย้ายวัสดุ และเครื่องจักรกลการก่อสร้างต่างๆ

5. **ระบบไฮดรอลิกในเรือเดินทะเล** เช่นะบบนำร่องอัตโนมัติ ระบบเครื่องหางเสือเรือทั้งแบบธรรมดาและระบบอัตโนมัติ การควบคุมการปล่อยอวน การควบคุมระบบระบายน้ำใต้ท้องเรือ เป็นต้น

6. **ระบบไฮดรอลิกในงานเฉพาะอย่าง** งานที่นำเอาระบบไฮดรอลิกไปใช้งานนั้น ตัวอย่างเช่น กล้องเทเลสโคป ระบบสื่อสารทางอากาศ ทุ่นเก็บข้อมูลทางสมุทรศาสตร์ และอุตุนิยมศาสตร์ทางทะเล เครื่องขุดเจาะน้ำมันในทะเล เครื่องเจาะและสำรวจแหล่งแร่ เครื่องมือสำรวจชั้นดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 น้ำมันไฮดรอลิก

น้ำมันไฮดรอลิกเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในระบบไฮดรอลิก เพราะถ้าปราศจากน้ำมันไฮดรอลิก ระบบก็ไม่สามารถทำงานได้ น้ำมันไฮดรอลิกมีหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดกำลังงานจากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่งในระบบเพื่อเปลี่ยนแปลงกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล เป็นตัวหล่อลื่นและลดแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของอุปกรณ์ต่างๆ น้ำมันไฮดรอลิกจะทำหน้าที่เป็นซีลด้วยเพื่อให้มีการรั่วซึมเกิดขึ้นน้อยที่สุดภายในชิ้นส่วนของอุปกรณ์ การไหลเวียนของน้ำมันไฮดรอลิกขณะทำงานจะช่วยถ่ายเทความร้อนที่เกิดกับอุปกรณ์ต่างๆ อันเนื่องมาจากการสูญเสียกำลังงานในระบบ ถ้าเลือกใช้น้ำมันไฮดรอลิกผิดประเภท ไม่เหมาะสมกับเครื่องจักรตามที่บริษัทผู้ผลิตได้กำหนดไว้ เครื่องจักรก็จะทำงานได้ไม่เต็มที่หรืออาจจะขัดข้องไปทั้งระบบเนื่องจากเครื่องจักรต่างๆ ที่ใช้ระบบไฮดรอลิกมีลักษณะของการใช้แรงไม่เหมือนกันและระยะเบียดของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ภายใต้เครื่องจักรไม่เท่ากันรวมทั้งอุณหภูมิในการทำงานของเครื่องจักรแต่ละชนิดด้วย ดังนั้น การเลือกใช้น้ำมันไฮดรอลิกแต่ละชนิดจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะงานตามที่บริษัทผู้ผลิตได้กำหนดไว้ ถึงแม้ว่าเราจะเลือกใช้ชนิดของน้ำมันไฮดรอลิกได้อย่างถูกต้องแล้วก็ตาม ในขณะใช้งานก็ยังต้องดูแลบำรุงรักษาน้ำมันไฮดรอลิกให้อยู่ในสภาพดี คือ สะอาด มีอุณหภูมิพอเหมาะ และเปลี่ยนใหม่เมื่อถึงอายุการใช้งาน รวมทั้งควรตรวจสอบให้มีน้ำมันไฮดรอลิกอยู่ในระดับที่พอเพียงสำหรับการใช้งานในระบบอย่างเหมาะสมสม่ำเสมอ

หน้าที่ของน้ำมันไฮดรอลิก (Function of hydraulic fluids)

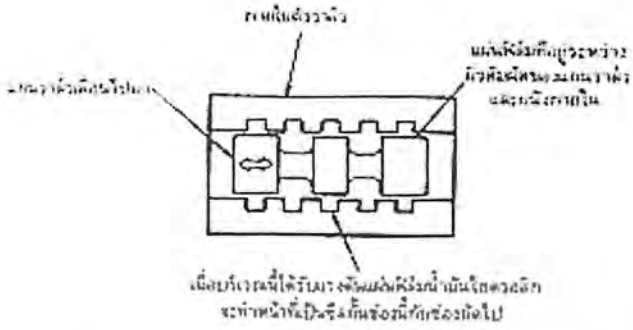
หน้าที่หลักของน้ำมันไฮดรอลิก มี 4 ประการ คือ

1. การส่งผ่านกำลัง (power transmission) น้ำมันไฮดรอลิกมีหน้าที่เป็นตัวกลาง ในการถ่ายทอดกำลังงาน จากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่งในระบบเพื่อเปลี่ยนแปลงกำลังงานของของไหล ให้เป็นกำลังงานกล ซึ่งถ้าจะให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว น้ำมันไฮดรอลิกที่ไหลในท่อทาง หรือไหลผ่านวาล์วควบคุมต่างๆ จะต้องไหลไปได้อย่างราบรื่น แต่ถ้า เกิดมีความต้านทานการไหลมากๆ ก็จะทำให้กำลังงานสูญเสียไป และน้ำมันไฮดรอลิก จะต้องไม่ยุบตัว ตามความดันในขณะทำงาน เช่น เมื่อปั๊มทำงานดูดอัดเพื่อส่งน้ำมันไปยังท่อทาง วาล์วเลื่อนทำงาน และในขณะที่กระบอกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิก กำลังทำงานขับโหลด

2. การหล่อลื่น (lubrication) น้ำมันไฮดรอลิกจะทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นและลดแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของอุปกรณ์ต่างๆในระบบ เช่น ชิ้นส่วนของปั๊ม มอเตอร์ไฮดรอลิก ลูกสูบ กระบอกสูบ แกนวาล์ว และส่วนประกอบต่างๆที่มีการเคลื่อนที่ โดยที่น้ำมันไฮดรอลิกจะมีสภาพเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ กั้นระหว่างผิวสัมผัสของชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่เสียดสีกันทั้งในขณะที่ระบบทำงานและหยุดนิ่ง ฟิล์มน้ำมันไฮดรอลิก จะช่วยในการหล่อลื่น เพื่อลดการเสียดสีของผิวสัมผัส ระหว่างแกนวาล์ว กับผนังภายในตัววาล์ว แผ่นฟิล์มดังกล่าวจะต้องมีความหนืดพอเหมาะที่จะแทรกซึมเข้าไปในรูเล็กๆ และรอยต่อของชิ้นส่วน ภายในอุปกรณ์ ละสามารถรับน้ำหนักของวัตถุที่กดทับหรือรับแรงกดอยู่ได้ ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนี้เรียกว่า ความแข็งของฟิล์ม นอกจากนี้ น้ำมันไฮดรอลิกยังควรมีคุณสมบัติในการลื่นไหลได้ดีด้วย กล่าวคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่น้ำมันไอดรอลิกเป็นฟิล์มยึดติดกับส่วนใด ก็สามารถจะลื่นไหลไปกับชิ้นส่วนนั้นๆ และช่วยให้เคลื่อนไปได้อย่างคล่องตัวด้วย คุณสมบัติข้อนี้เรียกว่า ความลื่น (lubrication)



รูปที่2.2 แสดงน้ำมันไฮดรอลิกช่วยในการหล่อลื่นและเป็นซีลของชิ้นงานการทำงาน

3. การซีล (sealing) น้ำมันไฮดรอลิก จะทำหน้าที่เป็นซีล เพื่อให้ที่การรั่วซึมเกิดขึ้นน้อยที่สุด ภายในชิ้นส่วนของอุปกรณ์ในระบบไฮดรอลิกเมื่อมีความดันเกิดขึ้น การซีลนี้จะขึ้นอยู่กับความหนืดของน้ำมันไฮดรอลิกแต่ละชนิด

4. การระบายความร้อน(cooling) การไหลเวียนของน้ำมันไฮดรอลิก ในระบบขณะการทำงาน จะช่วยถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ต่างๆ อันเนื่องมาจากการสูญเสียกำลังงานระบบความร้อนนี้ก็จะถูกพาไปโดยน้ำมันและไหลลงสู่ถังพักแล้วแพร่กระจายความร้อนผ่านผนังของถังพัก

รูปที่2.3 แสดงการไหลหมุนเวียนของน้ำมันไฮดรอลิกช่วยในการระบายความร้อนในระบบปั๊มไฮดรอลิก

2.4 ปั๊มไฮดรอลิก

ปั๊มไฮดรอลิกทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานของไหลภายใต้ความดัน กล่าวคือเมื่อป้อนกำลังงานกลไปที่เพลาขับ (rotating shaft) ของปั๊มให้ทำงาน ปั๊มก็จะเปลี่ยนพลังงานกลนั้นให้เป็นพลังงานจลน์ในของไหล น้ำมันไฮดรอลิกก็จะถูกดูดจากถังพักแล้วส่งออกไปตามท่อทางในระบบเพื่อใช้งานได้ การไหลของน้ำมันจะต้องมีพลังงานศักย์มากเพียงพอที่จะผ่านแรงต้านทานของระบบ แรงต้านทานการไหลในระบบนี้เองที่ทำให้เกิดความดันในระบบไฮดรอลิกขึ้น ซึ่งจะถูกนำไปใช้งาน ณ จุดต่างๆ ของระบบ ในโรงงานอุตสาหกรรมกำลังงานกลที่ใช้ขับปั๊มส่วนมากได้จากมอเตอร์ไฟฟ้า แต่ถ้าไม่ใช่ในโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมหรือในที่ที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าก็จะใช้เครื่องยนต์เป็นตัวขับ โดยการแบ่งประเภทของปั๊มจะพิจารณาจากลักษณะโครงสร้าง และหลักการขั้นพื้นฐานในการทำงาน ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. ปั๊มประเภทดูดเหวี่ยง (non-positive displacement pump) คือปั๊มที่ทำงานโดยอาศัยแรงเหวี่ยงของใบพัด แรงดันที่เกิดขึ้นภายในตัวปั๊มขึ้นอยู่กับความเร็วของปั๊ม

2. ปั๊มประเภทดูด – อัด (positive displacement pump) เป็นปั๊มที่มีหลักการทำงานในแบบที่เรียกว่าไฮโดรสแตติก (hydrostatic) ได้แก่ ปั๊มแบบฟันเฟือง แบบสกรู แบบเวน และแบบลูกสูบ ปั๊มแบบดูด-อัดนี้ โครงสร้างภายในที่ทำงานมีการซีลแบบกลไก ซึ่งเป็นชนิดโลหะผสมซึ่งกันและกัน กั้นไม่ให้ท่อทางเข้าและทางออกต่อถึงกันซึ่งช่วยลดปริมาณการรั่วซึมภายในได้ดี จึงเหมาะสำหรับใช้ในความดันสูงๆ แม้ว่าอัตราความดันในระบบไฮดรอลิกจะขึ้นหรือลง ก็ไม่มีผลกระทบต่อการทำงานในทุกๆ ระยะชักหรือทุกรอบของการหมุนของปั๊ม

เมื่อปั๊มประเภทดูด-อัดทำงานจะทำให้เกิดสุญญากาศภายในท่อดูดของปั๊ม ทำให้ความดันบรรยากาศปกติบรรยากาศในถังพักช่วยดันน้ำมันไปสู่ทางท่อดูดและไหลเข้าปั๊ม จากนั้นน้ำมันก็จะถูกอัดให้มีความดันสูงจนสามารถส่งออกไปสู่ระบบได้ จะให้ความดันสูงกว่าปั๊มแบบดูดเหวี่ยงและสามารถส่งน้ำมันออกได้ไกลกว่าหรือส่งขึ้นที่สูงๆ ได้มากกว่า และอัตราการสูญเสียกำลังก็น้อยกว่า อัตราการไหลที่ส่งออกของปั๊มแบบดูด-อัด จะขึ้นอยู่กับปริมาตรความจุของการดูด (capacity of displacement) และความดันที่สามารถกระทำได้ ปกติสเปคของปั๊มแต่ละตัวจะบอกอัตราส่งไว้ว่า ปั๊มตัวนี้สามารถส่งน้ำมันได้เป็นแกลลอนต่อนาทีที่ความเร็วรอบต่อนาที และกำหนดความดันสูงสุดในการทำงานของปั๊มตัวนี้ไว้ด้วย เช่น ส่งน้ำมันได้ 3 แกลลอน ต่อนาที ที่ 1200 รอบต่อนาที ความดันสูงสุดในการทำงาน 3000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ปั๊มประเภทดูด-อัด ยังแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ปรับอัตราการไหลไม่ได้ (fixed displacement) เป็นปั๊มประเภทที่ไม่สามารถจะปรับโครงสร้างและส่วนประกอบของกลไกลที่สร้างขึ้นในตัวปั๊มเพื่อเปลี่ยนแปลงปริมาตรความจุได้ ได้แก่ ปั๊มแบบฟันเฟืองนอก ปั๊มแบบฟันเฟืองใน และปั๊มแบบสกรู ส่วนปั๊มเวน และปั๊มแบบลูกสูบจะมีทั้งแบบปรับค่าไม่ได้และปรับค่าได้

2. แบบปรับอัตราการไหลได้ (variable displacement) เป็นปั๊มที่สามารถจะแก้ไขเพิ่มเติมและปรับโครงสร้างและส่วนประกอบของกลไกลควบคุมที่สร้างขึ้นภายในตัวปั๊ม เพื่อเปลี่ยนแปลงปริมาตรความจุได้ ในกรณีที่ต้องการปรับค่าอัตราการไหลที่ส่งออกจากปั๊ม ปั๊มแบบนี้มีโครงสร้างภายในซับซ้อนกว่าปั๊มแบบปรับค่าไม่ได้ จึงมีราคาแพงกว่าแต่ประสิทธิภาพภายในจะต่ำกว่า อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบ
จากทั้งระบบแล้ว ปั๊มแบบปรับค่าได้กลับมีประสิทธิภาพสูงกว่า ได้แก่ ปั๊มเวน ปั๊มลูกสูบชนิดปรับค่าได้

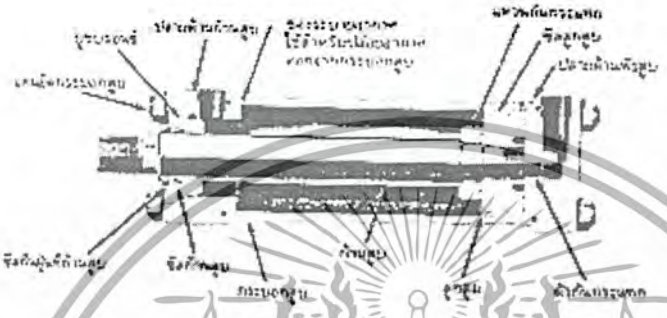
2.5 กระบอกสูบไฮดรอลิก (Hydraulic cylinder)

กระบอกสูบไฮดรอลิกมีหน้าที่รับน้ำมันไฮดรอลิกที่ส่งมาจากปั๊มและวาล์วควบคุมต่างๆ เพื่อเปลี่ยนกำลังงานไฮดรอลิกให้เป็นกำลังงานกล โดยการเปลี่ยนความดันและความเร็วของน้ำมันไฮดรอลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

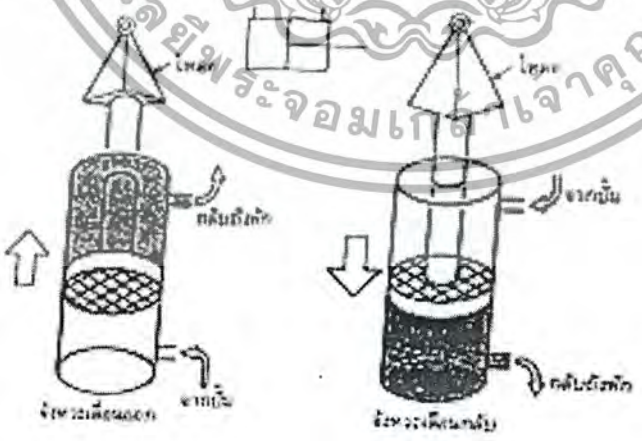
ในท่อทางให้เป็นการเคลื่อนที่ของลูกสูบ เมื่อน้ำมันป้อนเข้าสู่กระบอกสูบทำให้เกิดแรงดันขึ้นโดยอัตรา การไหลของน้ำมันจะเป็นตัวกำหนดความเร็วของลูกสูบ กำลังงานกล(แรงม้า) ที่เกิดขึ้นที่กระบอกสูบ โดยทั่วๆ ไปมี 2 ลักษณะคือแบบทำงานสองทาง (double acting cylinder) และแบบทำงานทางเดียว (single acting cylinder)

2.5.1 กระบอกสูบแบบทำงานสองทาง กระบอกสูบแบบมาตรฐานส่วนใหญ่เป็นแบบทำงานได้สองทางตัวกระบอกทำจากท่อเหล็กชุบโครเมี่ยม



รูปที่2.4 แสดงส่วนประกอบของกระบอกสูบแบบทำงาน 2 ทาง

กระบอกสูบแบบนี้สามารถทำงานได้ 2 ด้าน ตัวกระบอกส่วนมากทำจากเหล็กกล้าแบบไม่มีตะเข็บ โดยปิดทั้งด้านหัวและด้านท้ายไม่ให้มีการรั่ว และมีซีลป้องกันการรั่วที่ก้านสูบอีกชั้นหนึ่ง หรืออาจใช้แบบริ่งแบบลูกปืน ซึ่งสามารถซีลและรองรับก้านสูบให้เคลื่อนที่ในแนวตรง โดยไม่เกิดแรงกระแทกที่ด้านใดด้านหนึ่ง ส่วนตัวก้านสูบเองอาจทำจากเหล็กกล้า หรือเหล็กหล่อมีความมันวาว ไม่มีรอยขีดข่วน และทดการเสียดสีได้ดี ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้ซีลสึกหรอเร็ว



รูปที่2.5 แสดงการทำงานของกระบอกสูบ 2 ทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นลักษณะการทำงานของกระบอกสูบให้เลื่อนไปอีกด้าน ในขณะเดียวกันน้ำมันที่ด้านนี้ก็จะถูกลูกสูบดันกลับสู่ถังพักที่ความดันบรรยากาศหรือความดันต่ำ การทำงานเช่นนี้จะเกิดขึ้นสลับกันทั้ง 2 ด้านทำให้ถูกเลื่อนกลับไปกลับมา โดยมีวาล์วควบคุมทิศทางเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำมันป้อนให้แก่กระบอกสูบ ส่วนความดันในกระบอกสูบที่เกิดขึ้นจนทำให้ลูกสูบเคลื่อนทำงานได้ จะมีมากน้อยขึ้นอยู่กับโหลดที่กระทำอยู่ที่ปลายก้านสูบ

2.6 ถังพักน้ำมันไฮดรอลิก

ถังพักน้ำมันไฮดรอลิกมีหน้าที่ต่างๆดังต่อไปนี้

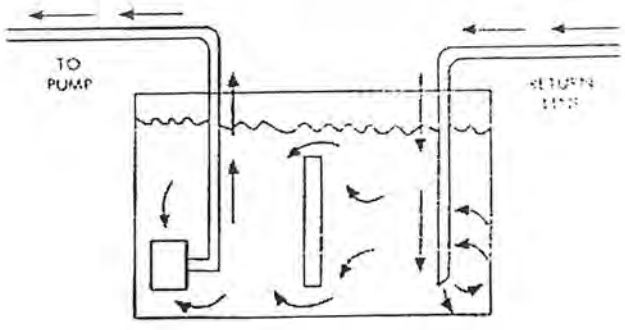
- เป็นที่เก็บและที่พักน้ำมัน
- เป็นที่ขจัดสิ่งสกปรกต่างๆ
- เป็นที่ระบายความร้อนของน้ำมันในระบบ
- เป็นที่ขจัดฟองอากาศ

รูปที่2.6 โครงสร้างและส่วนประกอบของถังพักน้ำมัน

การออกแบบขนาดของถังพักน้ำมัน ควรเผื่อขนาดพื้นที่ด้านบนของถังพักไว้ประมาณ 10% ของปริมาณน้ำมัน เพื่อให้ฟองอากาศสามารถเล็ดลอดขึ้นมาจากน้ำมันได้ท่อไหลกลับของน้ำมันควรอยู่สูงจากพื้นด้านล่างของถังประมาณ 2 นิ้ว ท่อที่ต่อไปยังปั๊มควรอยู่สูงจากด้านล่างของถังไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว

ขนาดและถังพักน้ำมันโดยทั่วไป จะมีปริมาตรเป็น 3 เท่าของอัตราการส่งจ่ายน้ำมันของปั๊มไฮดรอลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.7 ทิศทางการไหลของน้ำมัน

ขนาดถังพักน้ำมัน (gal.) = 3 X Pump Flow Rate (gpm.)

แต่ในกรณีที่เป็นยวดยานที่มีการใช้ระบบไฮดรอลิก อาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากต้องคำนึงถึงพื้นที่และน้ำหนัก

ฟิลเตอร์และสเตรนเนอร์ (Filter and Strainer)

ในระบบไฮดรอลิกมีการติดตั้งหม้อกรองเพื่อกรองน้ำมันอยู่หลายวิธี บางวิธีติดตั้งที่ท่อทางดูดของปั๊ม ซึ่ง เรียกว่า สเตรนเนอร์ บางระบบอาจติดตั้งเพิ่มที่ตำแหน่งอื่นๆ อีก เช่น ในด้านท่อใช้งาน และท่อไหลกลับ ซึ่งเรียกหม้อกรองแบบนี้ว่า ฟิลเตอร์

สเตรนเนอร์ จะใช้กรองตะกอนขนาดใหญ่ หรือกรองหยาบ ส่วน ฟิลเตอร์ จะใช้กรองตะกอนละเอียดขนาดเล็กๆ หน่วยที่ใช้ในการกรองของ สเตรนเนอร์และฟิลเตอร์ มี 2 หน่วย คือ เมช(Mesh) และไมครอน (Micron)

เบอร์เมช หมายถึง จำนวนลวดที่สานเป็นตะแกรงกรองต่อความยาว 1 นิ้ว

ไมครอน คือ ขนาดช่องของไส้กรองโดย 1 มีค่าเท่ากับ μm./1000mm.

อุปกรณ์หล่อเย็น (Oil Cooler)

การรักษาและควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันที่กำลังใช้งานควรให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะ คือ อยู่ระหว่าง 110-150 ^{0}F หากมีค่าสูงกว่านี้ต้องใช้วิธีและอุปกรณเข้ามาช่วยระบายความร้อนดังนี้

1. อุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบใช้พัดลมเป่า (Air-Cooled Heat Exchange)

อุปกรณ์ชนิดนี้ต้องมีพื้นผิวมากเพียงพอ สำหรับการระบายความร้อน แต่เนื่องจากถังถ่ายเทความร้อนแบบนี้ระบายความร้อนโดยขึ้นกับอุณหภูมิรอบข้าง ดังนั้นหากอุณหภูมิในที่ดังกล่าวเกิน 210 ^{0}F การระบายความร้อนโดยวิธีนี้จะไม่ได้ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนแบบใช้น้ำหล่อเย็น (Water-Cooler Heat Exchange)

การระบายความร้อนวิธีนี้จะดีกว่าแบบแรก เพราะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยกว่า และสะดวกกว่า เนื่องจากมีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักเบา

การติดตั้งถังระบายความร้อน จะไม่ติดตั้งในส่วนที่มีความดันสูง เนื่องจากตัวมันทนความดันได้ไม่เกิน 150-210 psi จึงติดตั้งถังนี้ไว้ในส่วนที่มีความดันต่ำของระบบ และส่วนมากจะนิยมติดตั้งไว้ในส่วนของท่อที่ไหลกลับถังพัก

2.7 พร็อพพอร์ชันนัลวาล์ว (Propotional Valves)

พร็อพพอร์ชันนัลวาล์ว คือวาล์วสัดส่วนหรือวาล์วที่แปรผันโดยตรง และจากคำจำกัดความดังกล่าวนี้สามารถอธิบายได้ว่า วาล์วประเภทนี้ สัญญาณเอาท์พุทหรือการเลื่อนตัวของสปูลภายในตัววาล์วจะเป็นสัดส่วนหรือแปรผันโดยตรงกับสัญญาณอินพุทที่ใช้ในการสั่งงาน ดังนั้นวาล์วประเภทนี้จึงมีความสามารถในการเลื่อนตัวของสปูลให้ไปอยู่ในตำแหน่งใดก็ได้ภายในตัววาล์ว โดยทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับสัญญาณอินพุทที่ใช้ในการสั่งงาน ซึ่งต่างกับวาล์วแบบเปิดปิด (on/off or switching valve) วาล์วในระบบไฮดรอลิกนั้นจะมีอยู่ 3 กลุ่มใหญ่ๆด้วยกัน คือ วาล์วควบคุมทิศทาง วาล์วควบคุมอัตราการไหล(ความเร็ว) และวาล์วควบคุมความดัน(แรง) พร็อพพอร์ชันนัลวาล์ว ก็สามารถแบ่งประเภทออกได้ในลักษณะทำนองเดียวกัน

2.7.1 พร็อพพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทาง (Proportional Direction Control Valves)

พร็อพพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทางจะมีข้อได้เปรียบกว่าวาล์วควบคุมทิศทางแบบเปิด/ปิด ตรงที่สปูลภายในตัววาล์วค่อยๆเลื่อนตัวได้ โดยทั้งนี้จะขึ้นกับขนาดทิศทางของกระแสหรือแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับชุดโซลินอยด์ ดังนั้นการทำงานจึงราบเรียบกว่าและนอกจากนั้นยังสามารถควบคุมอัตราการไหลได้อีกด้วย แบ่งได้ 3 ชนิดคือ แบบทำงานโดยตรงไม่มีสัญญาณย้อนกลับ แบบทำงานโดยตรงมีสัญญาณย้อนกลับ และแบบทำงานโดยอ้อม(สำหรับอัตราการไหลของน้ำมันจำนวนมาก)

2.7.2 พร็อพพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมการไหล (Proportional Flow Control Valves)

วาล์วควบคุมการไหลแบบพร็อพพอร์ชันนัล ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิก โดยปรับการปิด – เปิดวาล์วเป็นสัดส่วนกับแรงของโซลินอยด์ เพื่อให้ความเร็วของอุปกรณ์ทำงาน (Actuator) เพิ่มขึ้นหรือลดลงวาล์วแบบนี้แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ ชนิดไม่มีสัญญาณย้อนกลับและชนิดมีสัญญาณย้อนกลับ

2.7.3 พร็อพพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมความดัน (Proportional Pressure Valves)

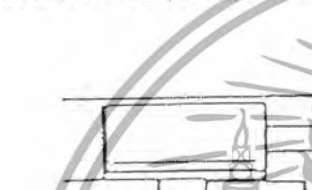
วาล์วควบคุมความดัน 2 ชนิด คือ รีลีฟวาล์ว(Relief Valves) และรีดิวซิ่งวาล์ว(Reducing Valves) จะมีชิ้นส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ควบคุมอย่างเดียว ชุดควบคุมการไหลของไพลอต (Pilot Stage) จะใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กเป็นตัวควบคุม ส่วนชุดวาล์วหลัก (Main Stage) จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

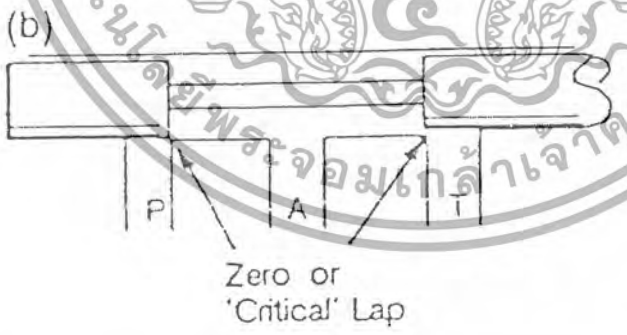
ต้องใช้ขนาดวาล์วที่ใหญ่เพื่อให้อัตราการไหลของน้ำมันผ่านไปได้ตามต้องการ วาล์วควบคุมความดันจะประกอบด้วยวาล์วที่ทำงานลักษณะต่างๆ กัน เช่นแบบหัวฉีด(Nozzle – Type Relief Valve) แบบพอพเพต (Poppet - Type Relief Valve) ซึ่งมีระบบส่งสัญญาณย้อนกลับได้ (LVDT) และแบบแผ่น (Plate – Type Relief Valve)

2.8 เงื่อนไขการซ้อนของสปูล (Lab Condition)

ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมตำแหน่ง ความเร็ว หรือแรง เราสามารถที่จะนำเอาพร็อพพอร์ชันนัลหรือเซอร์โววาล์ว แบบควบคุมทิศทางมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมดังกล่าวได้ทั้งหมด ดังนั้นในที่นี้จึงขอให้ความสำคัญกับพร็อพพอร์ชันนัลและเซอร์โววาล์วแบบควบคุมทิศทางเป็นกรณีพิเศษ การเคลื่อนตัวของสปูลหลักของวาล์วควบคุมทิศทางจะสร้างการไหลผ่านวาล์ว ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของขอบสปูลและขอบของพอร์ด (Port) ในตำแหน่งศูนย์ (Null position)

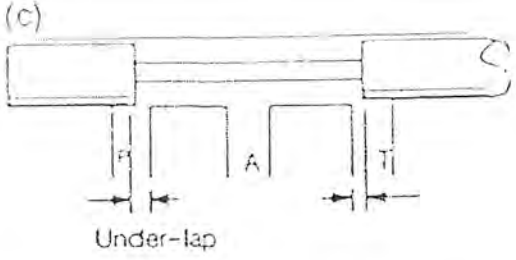


รูปที่ 2.8 a แสดงสปูลซึ่งมีพื้นที่เกินกว่าขอบของพอร์ต (over – lab)



รูปที่ 2.8 b แสดงสปูลซึ่งมีพื้นที่พอดีขอบของพอร์ต (zero or critical lab)

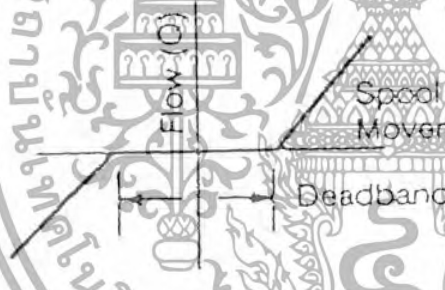
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8c แสดงพื้นที่ขอบของสปูลที่มีค่าน้อยไม่สามารถปิดพอร์ตได้พอดี (under – lab)

ค่าของพื้นที่ที่เกินหรือน้อยกว่าขอบของพอร์ตโดยทั่วไปจะบอกหรือแสดงอยู่ในเทอมของเปอร์เซ็นต์ของระยะเคลื่อนที่ของสปูลหรือเปอร์เซ็นต์ของสัญญาณอินพุท

การพิจารณาคุณสมบัติเงื่อนไขการซ้อนของสปูล เราจะสมมุติให้สปูลเลื่อนไปทางขวาโดยให้สปูลมีพื้นที่ขอบเกินกว่าขอบของพอร์ต (รูปที่ 2.9) ดังนั้นในช่วงแรกแม้ว่าสปูลจะมีการเลื่อนตัวไปแล้วแต่ก็ยังไม่มีการไหลผ่านวาล์ว (dead band) ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากพื้นที่ของขอบสปูลที่มีมากกว่าขอบของพอร์ตนั่นเอง แสดงด้วยรูปที่ 2.9



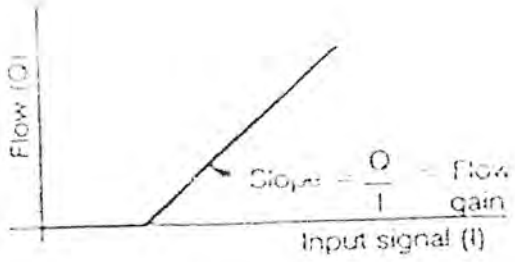
รูปที่ 2.9 แสดงการเกิด Dead band

หลักการที่ขอบของสปูลเลื่อนตัวพ้นจากขอบของพอร์ตแล้ว อัตราการไหล (Q) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะในการเลื่อนตัวของสปูลกับอัตราการไหลอาจไม่เป็นเชิงเส้นเสมอไปก็ได้ ซึ่งทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความคม (sharpe) หรือลักษณะรูปร่างของพอร์ตและสปูล

2.9 อัตราการไหล (Flow gain)

เกนการไหล คือ อะไร คำว่าเกน (gain) ก็หมายถึง อัตราการขยายตัว หรืออัตราส่วนระหว่างเอาท์พุทต่ออินพุท เมื่อเอาท์พุทในที่นี้คืออัตราการไหลต่อสัญญาณอินพุทหรือกระแสไฟฟ้านั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

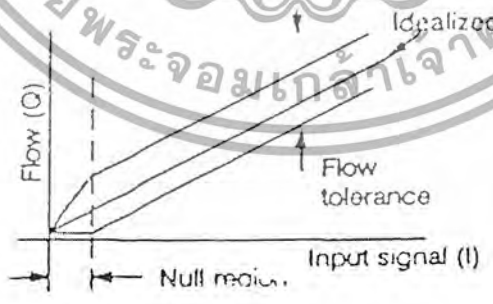


รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลกับสัญญาณอิพุท

หากสัญญาณอินพุทที่มีค่ามากพอที่จะสร้างการไหลผ่านวาล์ว อัตราการไหลจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสัญญาณอินพุท ณ ที่ความดันแตกต่างตามที่กำหนด ด้วยแสดงด้วยรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลกับสัญญาณอิพุทเมื่อ ไม่มี Dead band

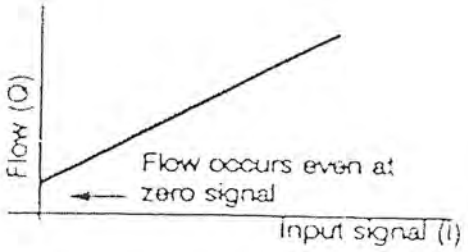
สำหรับการซ้อนของสปูลที่เป็นศูนย์ขอบของสปูลจะพอดีกับพอร์ตทำให้ไม่มีค่าแดดแบนด์ (dead band) การไหลผ่านวาล์วจะปรากฏที่ระดับสัญญาณต่ำมากๆ ซึ่งทำให้วาล์วสารมารถตอบสนองรอบตำแหน่งศูนย์ได้ (null region) ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลกับสัญญาณอิพุทเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรอบตำแหน่งศูนย์

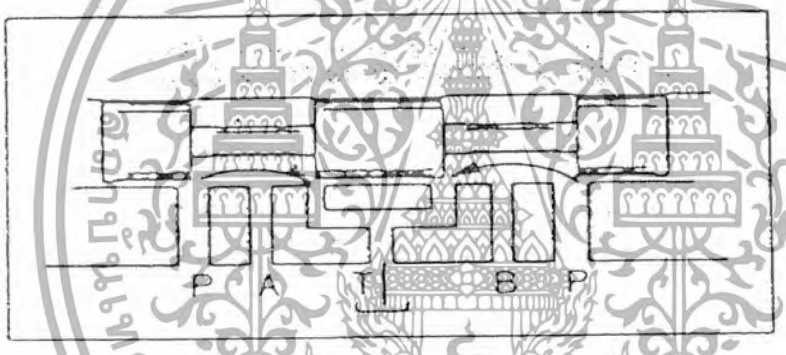
แต่จริงๆ แล้วเกนการไหลอาจมีการเปลี่ยนแปลงจากค่าปรกติรอบตำแหน่งศูนย์ได้ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากการผลิตและลักษณะพอร์ต รวมทั้งสปูลของตัววาล์ว รูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



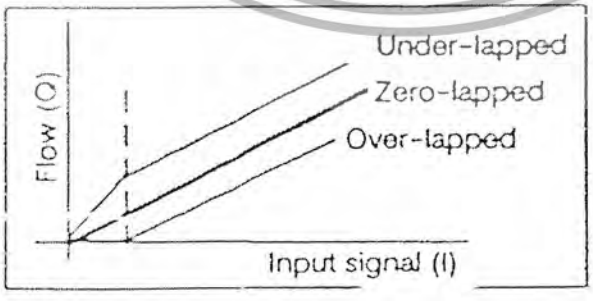
รูปที่ 2.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลกับสัญญาณอิพุทเมื่อการซ้อนของสปูลน้อยกว่าขอบของพอร์ต

ในกรณีเงื่อนไขการซ้อนของสปูลที่น้อยกว่าขอบของพอร์ต (under – lab) หากเราพิจารณาเพียงพอร์ตเดียวคุณสมบัติของเกนการไหลสามารถแสดงได้ด้วยรูปที่ 2.9 กล่าวคือ จะมีการไหลปรากฏอยู่แม้จะไม่มีสัญญาณอินพุทก็ตามทั้งนี้เนื่องมาจากผลของสปูลปิดไม่สนิทนั่นเอง ดังแสดงด้วยรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.14 แสดงสปูลของกระบอกสูบที่ปิดไม่สนิท

หากสมมุติให้ค่าของการซ้อนในแต่ละด้านเท่ากันในตำแหน่งศูนย์ ดังนั้นความดันที่พอร์ต A และพอร์ต B จะมีค่าที่เท่ากัน ทำให้สามารถป้องกันการไหลได้ดังรูปที่ 2.15



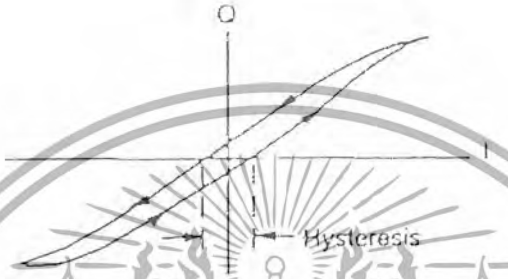
รูปที่ 2.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลกับสัญญาณอิพุทเมื่อสปูลอยู่ในตำแหน่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสปูลมีการเลื่อนตัวจะทำให้พอร์ตด้านหนึ่งเปิดและอีกด้านหนึ่งปิด การเลื่อนตัวของสปูลดังกล่าวจะมีค่าเกนของการไหลที่แตกต่างกัน โดยทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะการซ้อนของสปูลดังรูปที่ 2.11

2.10 ฮีสเตอรีซีส (Hysteresis)

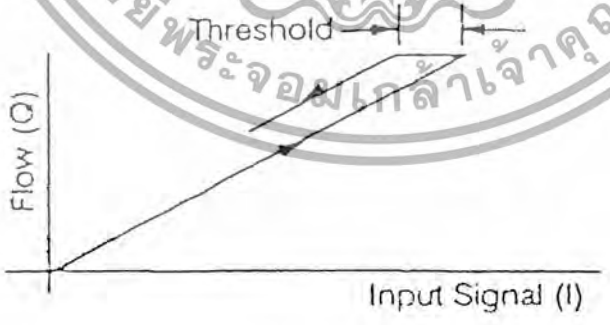
ฮีสเตอรีซีส ถือว่าเป็นค่าความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากตาของอุปกรณ์เอง การให้สัญญาณอินพุทที่แตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มขึ้นหรือลดลง (แม้ว่าจะเป็นค่าเดียวกัน) จะทำให้อัตราการไหลของวาล์วด้านเอาท์พุทแตกต่างกันดังแสดงด้วยรูปที่ 2.12 ค่าฮีสเตอรีซีสโดยทั่วๆไปจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของพิกัดสูงสุดของสัญญาณอินพุท



รูปที่ 2.16 แสดงการไหลด้านเอาท์พุทแตกต่างกันเพราะฮีสเตอรีซีส

2.11 เทรสโฮลด์ (Threshold)

เทรสโฮลด์จะมีคุณสมบัติคล้ายกับฮีสเตอรีซีส ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าเทรสโฮลด์ ก็คือความผิดพลาดอย่างหนึ่งของวาล์วนั่นเอง กล่าวคือเป็นค่าความแตกต่างของสัญญาณอินพุทที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลให้เป็นการลดลงดังรูป เทรสโฮลด์โดยทั่วไปจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของพิกัดสูงสุดของสัญญาณอินพุทดังรูป 2.13



รูปที่ 2.17 แสดงอัตราการไหลลดลงเพราะเทรสโฮลด์

2.12 ข้อดีของระบบไฮดรอลิก

ระบบไฮดรอลิกมีข้อได้เปรียบหลายประการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ง่ายต่อการควบคุม โดยปรกติแล้วการส่งกำลังโดยกลไกจะมีความยุ่งยากเกี่ยวกับโครงสร้างที่จะควบคุมให้เกิดการเคลื่อนที่ทำงานทั้งแบบหมุนหรือแนวเส้นตรง แต่ระบบไฮดรอลิกทำงานได้ง่ายและดีทั้งในแนวตรงและในแนวหมุนเพียงแต่ใช้กำลังงานของไหลไปเปลี่ยนแปลงเป็นกำลังงานกลเพื่อทำงานที่ต้องการแรงผลักดันหรือแรงบิดมากๆได้

2. การปรับเปลี่ยนความเร็วของลูกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิกกระทำได้ง่าย สามารถปรับเปลี่ยนความเร็วได้ทุกระดับ โดยปรับที่วาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันส่วนมอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์นั้นควรทำงานที่ความเร็วคงที่มากกว่า

3. แรงคงที่ ระบบไฮดรอลิกสามารถที่จะให้แรงคงที่ได้โดยไม่จำกัดความเร็ว

4. ตั้งขนาดของแรงที่ต้องการใช้งานได้ เพราะปริมาณน้ำมันที่ความดันส่วนเกินจะไหลออกไปทางวาล์วจำกัดความดันหมด

5. การทำงานกลับทิศไปมาได้ กระบอกสูบและมอเตอร์ไฮดรอลิกสามารถทำงานกลับทิศได้ โดยไม่ต้องรอให้หยุดก่อน โดยอาศัยวาล์วควบคุมทิศทางการไหล ส่วนปัญหาการโอเวอร์โหลดขณะทำงานกลับทิศจะไม่มีเช่น ก้านสูบเลื่อนออกสุดระยะชักแล้ว แต่ปั๊มยังคงส่งอัตราการไหลไปในระบบความดันก็เพิ่มขึ้นแต่จะถูกจำกัดโดยวาล์วปลดความดัน

6. ควบคุมการทำงานได้ที่ยังตรง แม่นยำ และถูกต้อง เพราะมีวาล์วที่สามารถควบคุมทั้งความเร็วและความดัน

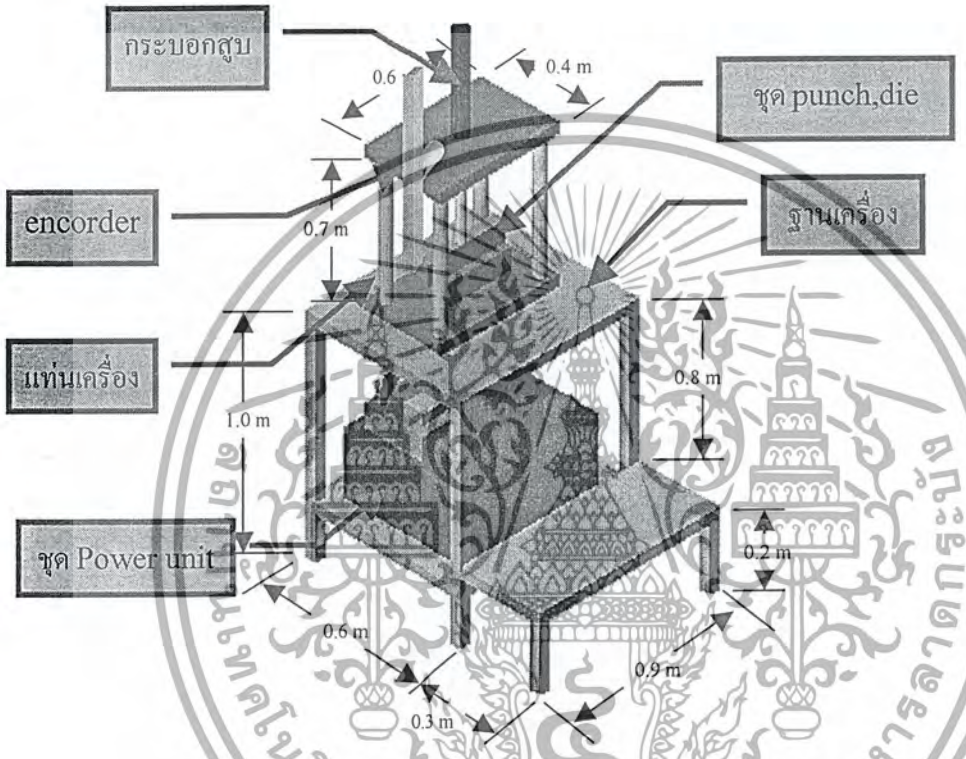
7. กะทัดรัด กินเนื้อที่ในการติดตั้งและน้ำหนักน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดและกำลังเดียวกัน เช่น ปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกขนาด 9 แรงม้า จะมีน้ำหนักเพียง 5 กิโลกรัม เท่านั้น ในขณะที่มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 10 แรงม้า จะมีน้ำหนักมากกว่าหลายสิบกิโลกรัม และในบริเวณที่ไม่เหมาะสมก็สามารถที่จะติดตั้งได้เพียงแต่มีที่ว่างให้วางท่อเท่านั้น

8. สามารถหยุดชะงัก เนื่องจากการรับโอเวอร์โหลดนานๆได้ เมื่อโหลดลดลงก็ทำงานต่อไปได้ทันที ไม่มีปัญหาจากการฟิวส์ขาดเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อรับโอเวอร์โหลดนานๆ ระบบก็ยังคงทำงานต่อไปได้เพียงแต่ความดันน้ำมันส่วนเกินจะไหลออกทางวาล์วจำกัดความดัน

9. ปลอดภัย ระบบไฮดรอลิกจะมีความปลอดภัยสูง แม้ว่าจะรับภาระโหลดนานๆ ไม่มีปัญหาไฟฟ้าลัดวงจรเหมือนระบบไฟฟ้า จึงทำให้เป็นที่สนใจและนำไปใช้ในโรงงานได้ดีกว่าระบบอื่นๆ

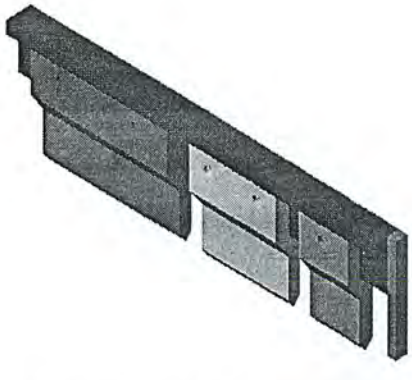
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบเครื่องพับโลหะ และ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแม่พิมพ์เครื่องพับ

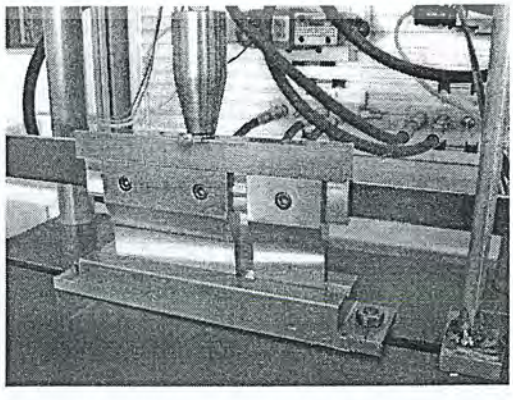


รูปที่3.1 โครงเครื่องที่ได้ออกแบบมา ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบชุดพับ Punch และ Die



รูปที่3.2 ชุด Punch ที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่3.3 ชุด Punch และ Die ที่ติดตั้งกับเครื่องพับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแม่พิมพ์เครื่องพับ

ความสำคัญของความรู้ทั่วไป

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงข้อมูลพื้นฐานโดยทั่วไปของเครื่องพับมาตรฐาน เพื่อให้ผู้อ่านมาความรู้เกี่ยวกับแม่พิมพ์บน(punch) และแม่พิมพ์ล่าง (die) ที่ใช้ในงานพับ โดยจะกล่าวถึงเรื่องทั่วไปเกี่ยวกับแม่พิมพ์เครื่องพับ เช่น คุณสมบัติของแม่พิมพ์ที่ดี วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์และกระบวนการผลิต

โดยทั่วไป ผู้ปฏิบัติงาน ผู้ปฏิบัติงานจะตระหนักถึงความสำคัญ และ จดจำสิ่งที่เกี่ยวกับแม่พิมพ์เฉพาะที่อยู่ในขอบเขตของงานที่ทำอยู่เท่านั้น และยังมักจะไม่สนใจมากนักเกี่ยวกับความรู้ทั่วไปของแม่พิมพ์ อย่างไรก็ตาม ความเที่ยงตรง วัสดุ และความแข็งของ punch และ die คือสิ่งที่เกี่ยวข้องโดยตรงต่อความแม่นยำของชิ้นงานซึ่งผู้ปฏิบัติงานต้องการ ยิ่งผู้ปฏิบัติงานเรียนรู้เกี่ยวกับแม่พิมพ์มากขึ้นเท่าไร ก็มีโอกาสที่ผลิตชิ้นงานได้ตามต้องการมากขึ้นเท่านั้น

3.3 คุณสมบัติของแม่พิมพ์ที่ดี

เมื่อจะทำการตรวจสอบตัดสินคุณภาพของ punch และ die เราจะต้องพิจารณาคุณสมบัติของแม่พิมพ์ที่ดีร่วมด้วยนอกจากนี้ เรายังต้องทราบด้วยว่าคุณสมบัติเหล่านี้เกี่ยวข้องกับงานพับอย่างไร

แม่พิมพ์ที่ดีมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ความยาวของแม่พิมพ์ควรจะง่ายต่อการติดตั้งและเคลื่อนย้าย
2. ผ่านกระบวนการปรับปรุงทางความร้อนที่สมบูรณ์เพื่อที่จะ ได้ความแข็งมากขึ้นและความทนทานต่อการสึกหรอมากขึ้น
3. ความถูกต้องแม่นยำสูง
4. สามารถเปลี่ยนแม่พิมพ์ได้ โดยไม่ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์อื่นๆ

กล่าวโดยสรุป แม่พิมพ์ที่ดีจะประกอบด้วย punch และ die ซึ่งง่ายต่อการหยิบจับเคลื่อนย้าย, อายุการใช้งานนาน, ความแม่นยำสูง, และสามารถเปลี่ยนแม่พิมพ์ได้สะดวก

3.4 วัสดุในการทำแม่พิมพ์, กระบวนการทางความร้อน และกระบวนการผลิต

ในขณะที่ทำการพับ แม่พิมพ์จะได้รับแรงจากการพับซ้ำๆกัน เช่น แรงกดและโมเมนต์ของการพับ แม่พิมพ์อาจต้องทำงานซ้ำๆกันเหล่านี้ถึงวันละ 3,000 ครั้งต่อวัน เท่ากับ 70,000-80,000 ครั้งต่อเดือน และ800,000-1,000,000 ครั้งต่อปี การที่จะทนต่อการทำงานซ้ำๆกันอย่างนี้ได้นั้น แม่พิมพ์ต้องมีความแข็งแรงและทนทานต่อการสึก ซึ่งต้องใช้วัสดุในการทำแม่พิมพ์ที่มีคุณภาพ และผ่านกระบวนการทางความร้อนที่เหมาะสมแล้วเท่านั้น

กระบวนการทางความร้อน (heat treatment) ที่ใช้อยู่มี 2 วิทีคือ “การชุบแข็ง (hardening)” และ “thermal refining” คำว่า “แม่พิมพ์ชุบแข็ง” หรือ “แม่พิมพ์แบบ thermal refining” ก็คือแม่พิมพ์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านกระบวนการทางความร้อนด้วยวิธีเหล่านี้ โดยทั่วไป ถ้ากล่าวถึงแม่พิมพ์ที่ใช้ในการพับจะหมายถึงแม่พิมพ์ทั้งแบบที่ผ่านการชุบแข็งหรือแบบ thermal refining

นอกจากนี้ยังมีแม่พิมพ์ชนิดอื่นที่ผลิตขึ้นจากวัตถุดิบที่ไม่ผ่านกระบวนการทางความร้อนซึ่งก็ไม่ควรนำมาใช้ เพราะเหล็กที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์ ถ้าไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนจะมีความแข็งไม่พอ หรือไม่มีประสิทธิภาพ (คุณภาพวัตถุดิบที่ใช้จะต้องเหมาะสมกับกระบวนการทางความร้อนด้วย)

แม่พิมพ์ชุบแข็ง (Hardened tooling)

จากที่กล่าวมาแล้วจุดประสงค์ของการทำกระบวนการทางความร้อนก็เพื่อเพิ่มความทนทานต่อการสึกและความแข็งแรงต่อแรงในการพับ ถึงแม้ว่าวัสดุที่ใช้จะแตกต่างกันตามผู้ผลิตแม่พิมพ์ แต่โดยทั่วไปวัสดุที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์ชุบแข็งนั้นก็คือเหล็กกล้าผสม (alloy tool steel) ต่อไปจะอธิบายถึงเหล็กชนิด chromium molybdenum steel (type 4) และ DM

(1) เหล็กโครเมียมโมลิบดีนัม, แบบ 4 (SCM 4)

เหล็กโครเมียมโมลิบดีนัมเป็นเหล็กโครงสร้างที่ทำมาจากเหล็กผสมชนิดหนึ่ง (structural alloy steel) จัดว่าเป็นเหล็กที่มีโครงสร้างแบบเพิร์ลไลท์ (pearlite) ประกอบด้วยเหล็กโครเมียมโมลิบดีนัมปริมาณเล็กน้อย เหล็กชนิดนี้เหมาะที่จะผลิตแม่พิมพ์เพราะมีคุณสมบัติเหนียวทนทานต่อการสึกสูงและสามารถชุบแข็งได้ดีด้วยกระบวนการทางความร้อน เหล็กชนิดนี้สามารถผ่านการชุบแข็งได้แบบทั้งหมดหรือเพียงบางส่วนซึ่งจะได้ความแข็งระดับ HRC 43-48 โดย HRC คือมาตราวัดของ Rockwell hardness C scale ซึ่งเป็นการวัดความแข็งของชิ้นงานชนิดหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้ในหลายๆแห่ง เพราะเป็นวิธีวัดที่ง่าย

(2) DM

DM คือชื่อทางการค้าของ " Yasuki Streel " ซึ่งผลิตโดย Hitachi Metal วัสดุชนิดนี้เมื่อเทียบกับมาตรฐานเหล็กกล้าผสมของ JIS แล้วก็เท่ากับ SKT4 แต่ว่า DM จะผสมนิเกิลมากกว่าเพื่อเพิ่มความเหนียวให้วัสดุในลักษณะเดียวกับเหล็กโครเมียมโมลิบดีนัม DM จะมีความเหนียวและความทนทานต่อการสึกดีเยี่ยม และมีความเครียดจากการชุบแข็ง (ลักษณะและแนวโน้มที่จะเกิดการงอ, แอ่น หรือบิดตัวหลังจากการชุบแข็ง) น้อยกว่าวัสดุชนิดอื่นดังนั้น scm4 จะใช้ทำแม่พิมพ์ทั่วๆไป ส่วน DM จะใช้ทำแม่พิมพ์พิเศษที่มีรูปร่างหน้าตัดที่จะมีโอกาสเกิดความเครียดจากการชุบแข็งมาก ความแข็งที่ได้จะเท่ากับ SCM 4 ตาราง 3.4.1 จะเปรียบเทียบกระบวนการทาวความร้อนของวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์

กรรมวิธี / วัสดุ	การชุบแข็ง (Hardening)	การเทมเพอริ่ง (Tempering)	ความแข็ง (HRC)
SCM4	850°C 4.5 ชั่วโมง ทำให้เย็นด้วยน้ำมัน	420°C 5 ชั่วโมง ทำให้เย็นด้วยอากาศ	43-48
DM	860°C-880°C 1.5 ชั่วโมง ทำให้เย็นด้วยอากาศ	450°C-520°C 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นด้วยอากาศ	43-48
S45C	850°C 4.5 ชั่วโมง	680°C 5 ชั่วโมง	23-28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ทำให้เย็นด้วยน้ำมัน	ทำให้เย็นด้วยอากาศ	

รูปที่3.4 ตารางแสดง กระบวนการทางความร้อนและวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์

หมายเหตุ

1. เพิร์ลไลท์ (pearlite) เป็นเหล็กที่มีเหล็กต่างชนิดกันผสมกันอยู่ เมื่อส่องดูด้วยกล้องขยายจะสามารถมองเห็นโครงสร้างดังกล่าวได้

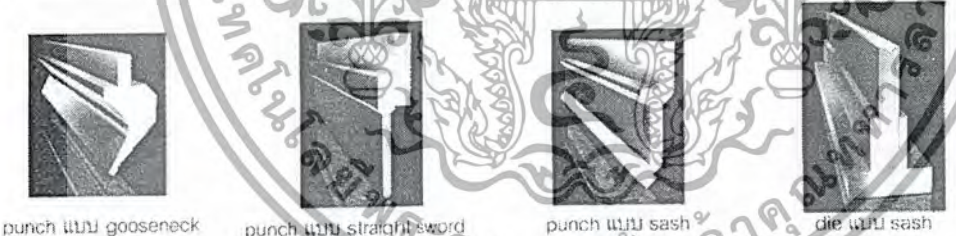
2. การชุบแข็งเพียงบางส่วน หมายถึง การใช้กระบวนการทางความร้อนกับเฉพาะเพียงบางส่วนของแม่พิมพ์ เช่นปลาย punch และร่องวี(v) ของ die วิธีนี้ไม่ทำให้เกิดความเครียดในเนื้อวัสดุจากการชุบแข็ง (hardening strain) มากนัก และส่วนที่ต้องทำการลับเจียรก็น้อย แต่จะไม่ได้ความแข็งแรงเพียงพอในส่วนที่สำคัญของแม่พิมพ์ (ตัวอย่างเช่น ในส่วนของ punch ที่มีแรงโมเมนต์สูงสุดของการพับกระทำอยู่)

3. ความเครียดจากการชุบแข็ง (hardening strain) การชุบแข็งเป็นการเปลี่ยนจุลโครงสร้าง (microstructure) ภายในเนื้อโลหะ ซึ่งจะมีผลทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ, ขนาด ซึ่งเรียกได้ว่ามีความเครียด จุดที่มีความเครียดสูงจะมีโอกาสบิดงอหรือแตกร้าวได้ง่ายระหว่างใช้งาน

4. JIS (Japanese Industrial Standard) มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น

5. เทมเพอริ่ง ปรกติเหล็กกล้าที่ได้รับการชุบแข็ง จะมีคุณสมบัติแข็งมาก, เปราะและมีความเค้นสูง ถ้าปล่อยไว้อาจจะเกิดการแตกร้าวได้ จึงต้องทำการเทมเพอริ่งให้เกิดความแข็งและเหนียว

6. รูปร่างหน้าตัดที่มีโอกาสเกิดความเครียดจากการชุบแข็งมาก หมายถึง รูปร่างหน้าตัดของ punch แบบ gooseneck , straight sword, sash และ die แบบ sash รูปร่างที่มีส่วนโค้งเว้ามาก, เรียวบาง และมีความหนาเปลี่ยนแปลงมากจะมีโอกาสเกิดความเครียดจากการชุบแข็งมาก



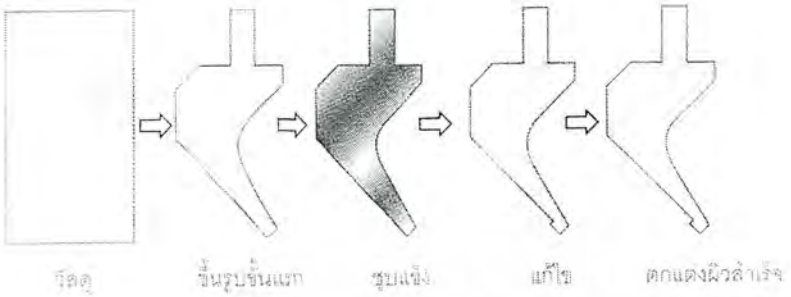
รูปที่3.5 แสดงชุด punch แบบต่างๆ

(3) กระบวนการผลิตแม่พิมพ์

รูปที่3.6 แสดงกระบวนการผลิตของแม่พิมพ์ชุบแข็ง โดยทั่วไปแม่พิมพ์ที่มีการชุบแข็งจะมีขั้นตอนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

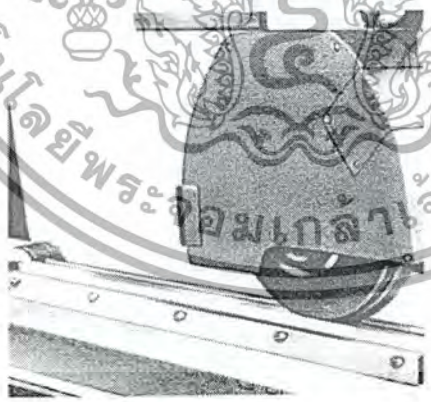
ผลิตดังนี้



รูปที่3.7 กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ชุบแข็ง

แม่พิมพ์ที่ขึ้นรูปแล้วจะนำไปชุบแข็ง แล้วทำการตรวจสอบแก้ไขจากนั้นจะนำไปตกแต่งผิวสำเร็จขั้นสุดท้ายด้วยการลับเจียรด้วยเครื่องลับ

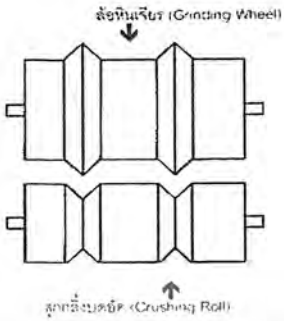
การตกแต่งผิวสำเร็จสามารถทำได้อย่างมีคุณภาพมากที่สุดด้วยการใช้เครื่องลับผิวนอกแบบที่เรียกว่า " profile grinding" (หินลับเจียรจะมีรูปร่างเหมือนสิ่งที่จะลับ) รูปที่ 3.5 แสดงการลับแม่พิมพ์แบบ 2 ร่อง (2V die) ด้วยเครื่องลับ profile grinding จากรูปจะเห็นว่าเส้นแนวขอบ รวมทั้งร่อง V (แต่ละร่องจะประกอบด้วยผิวร่อง, ป่าโค้ง R และพื้นร่อง R) และผิวหน้าจะถูกลับไปพร้อมๆกันเมื่อใช้เครื่องลับแบบ profile grinding



รูปที่3.8 เครื่องลับผิวนอก "profile grinding" สำหรับแม่พิมพ์ 2V Die

หินลับเจียรซึ่งมีลักษณะเป็นล้อหมุน (grinding wheel) ที่ใช้ในเครื่องลับ profile grinding นั้นจะถูกตัดตกแต่งขึ้นรูปด้วยตัวตัดที่ทำจากเพชร แล้วปรับแต่งให้ผิวสำเร็จมีความแม่นยำสูงโดยใช้ลูกกลิ้งบดอัด (crushing roll) (รูป 3.9) หน้าที่ของลูกกลิ้งบดอัดคือ ทำให้ผิวขรุขระบนล้อหินเจียรที่เกิดขึ้นหลังการตัดแต่งด้วยเพชรเรียบขึ้นเพื่อให้ล้อหินเจียรทำงานอย่างมีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.9 ล้อหินเจียรที่ตกแต่งขึ้นรูปด้วยลูกกลิ้งบดขัด

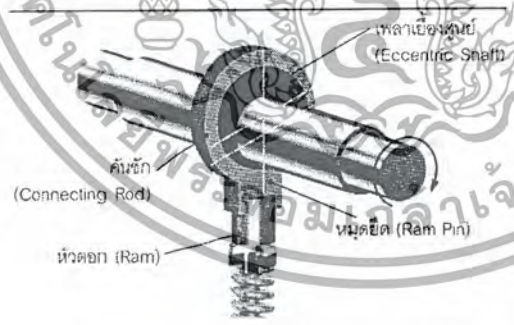
3.5 การเลือกค่า Clearance ของแม่พิมพ์ให้เหมาะกับประเภทเครื่องเจาะ (Punch Press) เพื่อยืดอายุการใช้งานแม่พิมพ์

ก่อนที่จะกล่าวถึงการเลือกค่า clearance ที่เหมาะสมจะขออธิบายถึงความแตกต่างของวิธีการเจาะระหว่างเครื่องระบบแมคคานิคและระบบไฮดรอลิกเพื่อให้สามารถทำความเข้าใจได้มากขึ้น

3.6 ความแตกต่างระหว่างการทำงานของเครื่องเจาะระบบแมคคานิคและระบบไฮดรอลิก

- ระบบแมคคานิค

เครื่องเจาะระบบแมคคานิค เช่น เครื่องเจาะรุ่น PEGA, COMA, ARIES, ของอะมะดะมีระบบขับเคลื่อนหัวตอกโดยใช้เพลาเยื้องศูนย์ ดังรูป



รูปที่3.10 แสดงระบบขับเคลื่อนหัวตอก

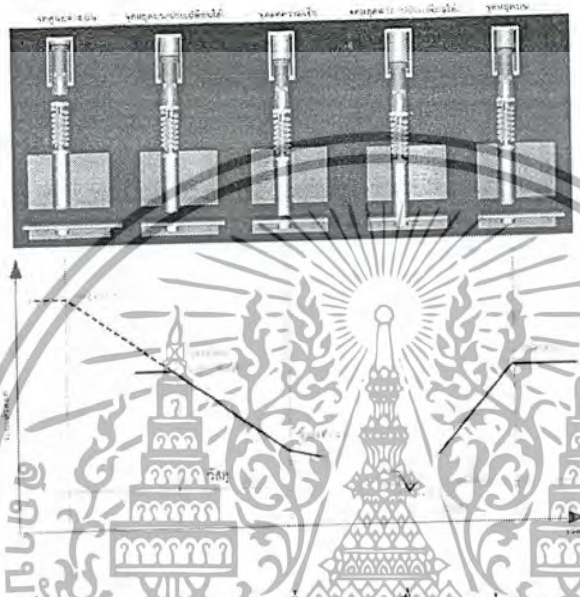
เนื่องจากการเยื้องศูนย์ของเพลา ดังนั้นเมื่อเพลาหมุนจึงทำให้หัวตอกเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นลง แต่เนื่องจากระยะการเยื้องศูนย์คงที่ จึงทำให้ระยะการเคลื่อนที่ขึ้นลง (stroke) รวมทั้งตำแหน่งจุดศูนย์ตายบนและจุดศูนย์ตายล่างของหัวตอกคงที่ด้วยดังนั้นเราจึงไม่สามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วของการเคลื่อนที่และตำแหน่งของหัวตอกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วของหัวตอกในขณะตอกชิ้นงานจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของหัวตอก ตัวอย่างเช่น เมื่อตอกเหล็กหนา 1.6 ม.ม. ความเร็วขณะตอกจะอยู่ที่ประมาณ 400 ม.ม. / วินาที

- ระบบไฮดรอลิก

เครื่องเจาะระบบไฮดรอลิก เช่น เครื่องเจาะรุ่น VIPROS จะมีระบบขับเคลื่อนหัวตอกโดยใช้กระบอกสูบไฮดรอลิก ดังรูป



รูปที่3.11 แสดงระบบขับเคลื่อนของเครื่องเจาะรุ่น VIPROS

เนื่องจากระบบขันเคลื่อนโดยใช้ระบบไฮดรอลิกจึงสามารถปรับเปลี่ยนระยะการเคลื่อนที่ขึ้นลง และตำแหน่งหยุดที่จุดบนและจุดล่างได้ดังนั้นเราจึงสามารถเลือกใช้งานในแบบที่มีระยะเคลื่อนที่น้อยๆได้ ความเร็วของการเคลื่อนที่และตำแหน่งหัวตอกสามารถกำหนดปรับเปลี่ยนได้และความเร็วหัวตอกในขณะตอกชิ้นงานก็สามารถปรับตั้งได้ตั้งแต่ 250-25 ม.ม./วินาที

ความเร็วของหัวตอกในขณะที่กำลังตอกชิ้นงานให้ขาดของเครื่องระบบแมคคานิคจะเร็วกว่าเครื่องระบบไฮดรอลิก การที่เรากำหนดความเร็วหัวตอกของเครื่อง Vipros (ไฮดรอลิก) ไว้ในช่วง 250-25 ม.ม./วินาที ก็เพื่อลดเสียงรบกวน, การสั่นสะเทือนและประหยัดพลังงาน

ดังนั้นจึงดูเหมือนว่าเครื่องระบบไฮดรอลิกจะช้ากว่าระบบแมคคานิค แต่ความเร็วในการตอกจริงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อตอกเหล็กแผ่นบางเครื่องระบบไฮดรอลิกจะเร็วกว่า เนื่องจากมีระยะการเคลื่อนที่ขึ้นลงของหัวตอกที่สั้นกว่า

3.7 ความแตกต่างของลักษณะผิวตัดที่ได้จากเครื่องระบบแมคคานิคกับเครื่องระบบไฮดรอลิก

ความยาวของส่วนที่เป็นผิวตัด (ส่วนที่ผิวเรียบเป็นมันวาว ; Burnished Section) ขึ้นอยู่กับความเร็วของหัวตอก และขนาด Clearance ของแมพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปด้านล่างเป็นผลทดสอบระหว่างเครื่องระบบแมคคานิค (PEGA) และเครื่องระบบไฮดรอลิก (VIPROS) โดยมีเงื่อนไขการทำงานเหมือนกัน (ใช้ Clearance เท่ากันและใช้วัสดุเดียวกัน)

PEGA	VIPROS	VIPROS
ความเร็วหัวตอก	ความเร็วหัวตอก F1	ความเร็วหัวตอก F5
(400 ม.ม./วินาที)	(250 ม.ม./วินาที)	(25 ม.ม./วินาที)

รูปที่3.12 แสดงผลทดสอบระหว่างเครื่องระบบแมคคานิค และ ไฮดรอลิค

ความแตกต่างของความยาวส่วนที่เป็นผิวตัดจะมีผลอย่างมากต่ออายุการใช้งานแม่พิมพ์เมื่อพิจารณาดูจะพบว่า ผิวด้านข้างของปลายแม่พิมพ์บน (punch) จะเป็นส่วนที่มีสัมผัสเสียดสีกับส่วนที่เป็นผิวตัดของวัสดุในขณะทำการเจาะ

ส่วนที่เป็นผิวตัดมากขึ้นแสดงว่าส่วนที่มีการเสียดสีกันระหว่าง punch กับวัสดุมีมากขึ้น จึงทำให้มีการหลอมเชื่อมของเศษโลหะติดที่ผิวด้านข้างของ punch มากขึ้นและอายุการใช้งานของแม่พิมพ์สั้นลง

ด้วยเหตุนี้ เมื่อเราใช้ค่า Clearance เดียวกัน แม่พิมพ์ที่ใช้กับเครื่องระบบไฮดรอลิกจึงมีอายุการใช้งานสั้นกว่าระบบแมคคานิค

ดังนั้นการเลือกใช้ค่า Clearance ของ แม่พิมพ์ที่ใช้กับเครื่องระบบไฮดรอลิก (ที่มีความเร็วขณะตอกช้ากว่าระบบแมคคานิค) จึงต้องเลือกค่า Clearance ให้ใหญ่กว่าที่ใช้กับระบบแมคคานิค

โดยทั่วไป เมื่อวัสดุเป็นเหล็ก (SPCC)

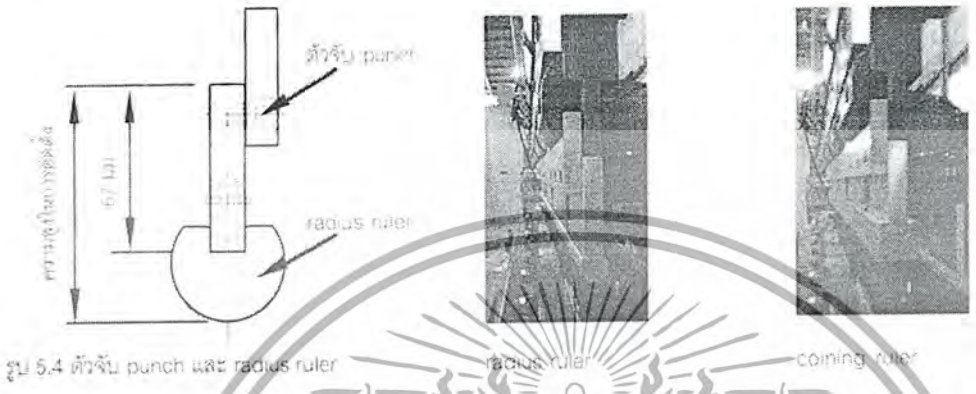
ค่า Clearance ที่เหมาะสมสำหรับระบบแมคคานิค คือ 10 – 15 % ของความหนาวัสดุ

ค่า Clearance ที่เหมาะสมสำหรับระบบไฮดรอลิก คือ 20 – 25 % ของความหนาวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสูงในการติดตั้ง (Installed Heigh)

ความสูงของPunch หมายถึงความสูงในการติดตั้ง ดังรูปในกรณีของแม่พิมพ์พับโค้ง(radius ruler, R punch)หรือแม่พิมพ์พับแบน(coining ruler) ความสูงในการติดตั้งคือผลรวมของความสูงของตัวจับ Punch กับความสูงของ ruler ความสูงในการติดตั้งมีหลายระยะ เช่น 65 67 70 90 95 100 104 105 และ 120 มม.



รูป 5.4 ตัวจับ punch และ radius ruler

รูปที่3.13 แสดงลักษณะของ Die และความสูงในการติดตั้ง Die

Dies (แม่พิมพ์ล่าง)

Dies สามารถแบ่งเป็นประเภทได้โดยอาศัย

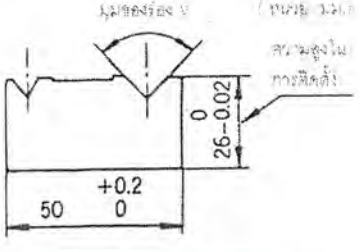
1. รูปร่างของร่อง
2. จำนวนของร่อง

die ที่มีร่องตัว (v) เพียง 1 ร่องเรียกว่า 1V die และ die ที่มีร่องเป็นรูปตัว V 2 ร่อง เรียกว่า 2v die นอกนั้นยังมี die ที่มีร่องลี่เหลี่ยม 3 ร่อง เรียกว่า 3u die

1V die

1v die จะมีร่อง v เพียง 1 ร่อง สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ชนิดแรกสำหรับพับชิ้นงานที่มีความหนาเกิน 4 มม. อีกชนิดหนึ่งใช้สำหรับทำขอบหน้าต่าง(sash die) ชนิดแรกจะมี "working relief" อยู่แต่ละฝั่งของร่องตัว V ดังแสดงในรูป

สำหรับ sash die จะไม่มี relief จากรูป แสดงการติดตั้ง sash die เข้ากับตัวจับและใช้ร่วมกับ sash punch

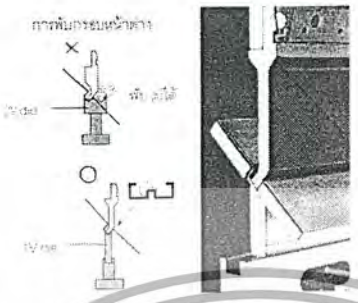


รูปที่3.14 แสดงลักษณะของ 1V die

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2V die

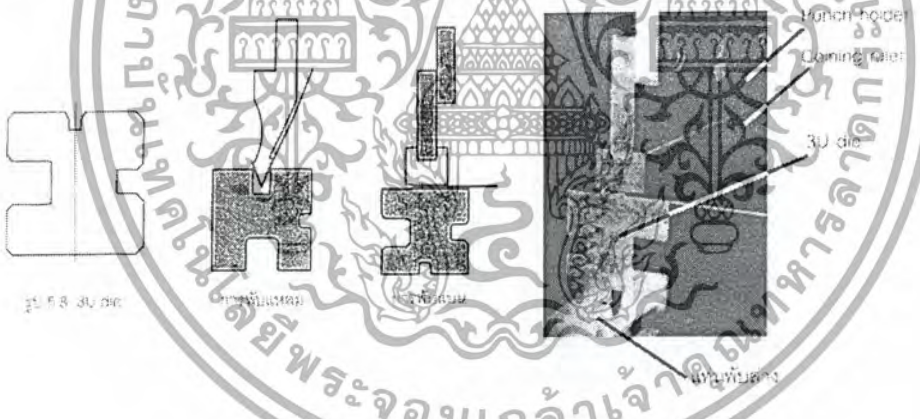
2v die คือ bottoming die ซึ่งสามารถพับชิ้นงานได้ความหนาสูงสุด 3.2 มม. โดยมีร่องตัว v 2 ร่อง ที่มีความกว้างร่องตัว v ต่างกัน แต่มีมุมของร่องตัว v เท่ากัน 2v die จะติดตั้งกับตัวจับ die เมื่อต้องการใช้ die ชนิดนี้จะไม่มี working relief ในร่อง v เช่นเดียวกับ sash die



รูปที่3.15 แสดงลักษณะของ 2V die และ 1V die

3U die

ดังแสดงในรูป 3u die จะประกอบด้วยร่องสี่เหลี่ยมขนาดต่างๆกัน 3 ร่อง ใช้สำหรับพับแบบ partial bending ใช้ร่วมกับ punch 45^0 ส่วนอีกด้านหนึ่งจะเป็นผิวเรียบ ใช้สำหรับพับแบน(hemming) die ชนิดนี้จะติดตั้งเข้ากับแท่นพับด้านล่างโดยตรงโดยไม่ต้องใช้ตัวจับ die



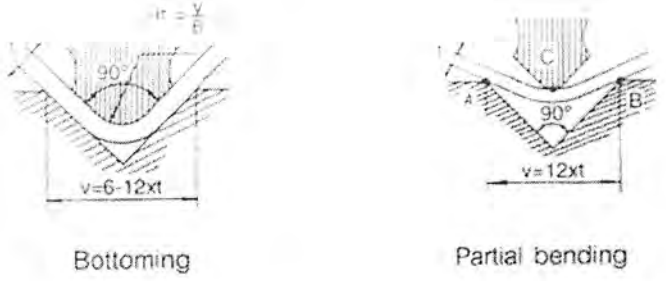
รูปที่3.16 แสดงลักษณะของ 3U die

การพับแบบต่างๆ

Air bending เป็นการพับที่ใช้แรงพอประมาณ เป็นการพับที่ยังมีช่องว่างอยู่ระหว่างชิ้นงานและร่อง die เป็นวิธีที่นิยมกันมาก

Bottoming คือการพับที่กดแม่พิมพ์ลงจนสุดปลาย punch และร่อง v จะต้องมีมุมองศาเท่ากันPartial bending การพับที่ไม่ได้กดแม่พิมพ์ลงจนสุด punch ชิ้นงาน และ die จะสัมผัสกันเพียงบางจุดเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



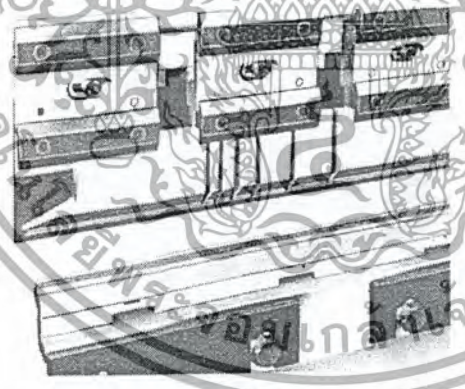
Bottoming Partial bending

รูปที่3.17 แสดงลักษณะของการพับแบบ Bottoming และ Partial bending

ทั้ง Bottoming และ Partial bending ก็จัดว่าเป็น Air bending ประเภทหนึ่ง Working relief จะช่วยลดเวลาในการขึ้นรูปของ die และปรับปรุงความแม่นยำของผิวร่อง โดยทั่วไป die ที่มีขนาดความกว้างร่อง v มาก จะมี Working relief ส่วน die ที่มีความกว้างร่อง v น้อยจะไม่มี

แม่พิมพ์แบบแบ่งส่วน (Sectionalized)

แม่พิมพ์แบบ Sectionalized ที่กล่าวถึงในที่นี้แตกต่างจากแบบแบ่งหลายๆชิ้น แม่พิมพ์แบบแบ่งหลายๆชิ้นเป็นคำทั่วไปที่ใช้เรียกเพื่อจำแนกให้ทราบว่าแตกต่างจากแม่พิมพ์แบบชิ้นเดียว แต่แม่พิมพ์แบบ Sectionalized จะเฉพาะเจาะจงกว่าคือหมายถึง punch หรือ die ที่ถูกแบ่งเป็นชิ้นเล็กๆที่มีขนาดแน่นอนหลายๆชิ้น

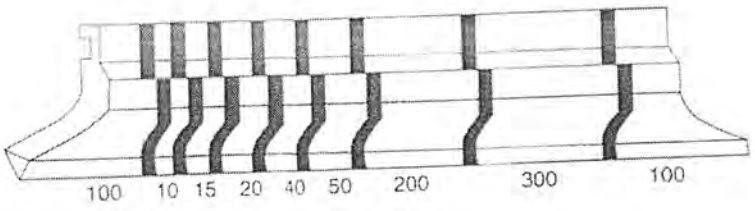


รูปที่3.18 เป็นภาพถ่ายของ Sectionalized punch

Sectionalized punch

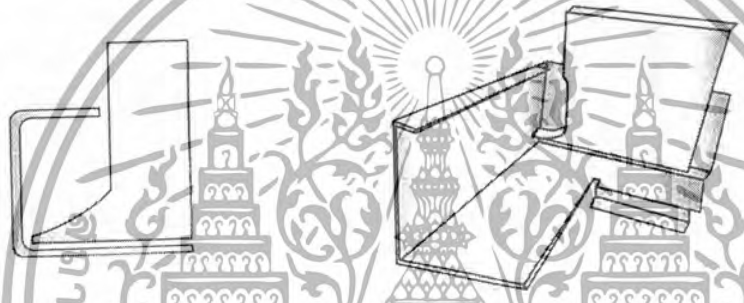
รูปด้านล่างคือตัวอย่างของ Sectionalized punchรูปร่างของ Sectionalized punch จะเหมือนกันกับขนาด L S เพื่อให้นำมาใช้ร่วมกันได้ เมื่อนำ Sectionalized punch หลายๆชิ้นหลายๆขนาดมาต่อเรียงกัน ก็จะสามารถพับชิ้นงานขนาดต่างๆตามต้องการได้ การใช้ punch ชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพมากในการพับงานที่มีลักษณะเป็นกล่อง(พับขึ้นมาทั้ง 4 ด้าน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.19 แสดงตัวอย่างของ Sectionalized punch

Sectionalized punch จะแบ่งเป็นชิ้นๆตามขนาดต่างๆ ดังเช่น 10 , 15 , 20 , 40 , 50 , 100 , 200 และ 300 มม. สำหรับ punch ชิ้นที่มีขนาด 100 มม. จะมี 2 ชิ้น ดังรูปและมีส่วนที่เรียกว่าปีกหรือหูยื่นออกมาจากปลายด้านซ้าย ส่วนอีกชิ้นจะมีหูยื่นออกมาที่ปลายด้านขวา รูปร่างของหูจะมีลักษณะเหมือนกันหมด สำหรับแบบแม่พิมพ์มาตราฐาน ลักษณะหูนี้มีประโยชน์มากในการพับงานรูปกล่อง



รูปที่ 3.20 แสดงลักษณะชิ้นงานที่ต้องใช้ punch ที่มีหู

Sectionalized die

Sectionalized die จะต้องวางไว้บนราง (rial) ซึ่งยึดติดกับตัวจับ die (die holder) อีกต่อหนึ่งดังแสดงในรูป ขนาดของ H จะแสดงถึงความสูงของปีกที่พับได้ นั่นคือถ้า H = 10 มม. หมายความว่าชิ้นงานที่สามารถพับได้ต้องมีปีกสูงไม่เกิน 10 มม. ทำนองเดียวกัน ถ้า H = 40 มม. หมายถึงปีกสูงไม่เกิน 40 มม. Sectionalized die ที่มีความสูงของ H 10 มม. สามารถติดตั้งเป็นแถวใช้ร่วมกับ die

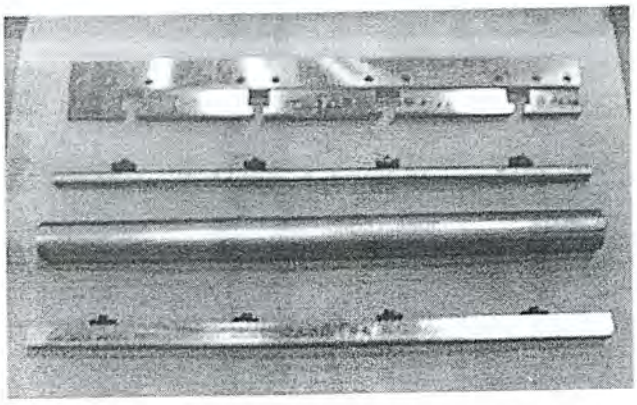
ตัวจับ (Holder)

วิธีการติดตั้งแม่พิมพ์เข้ากับเครื่องจักรมีอยู่ 2 วิธี

- วิธีแรก คือยึด punch หรือ die เข้ากับแท่นพับบนหรือล่างดดยตรง
- วิธีที่สอง คือ ยึด punch หรือ die เข้ากับตัวจับ (Holder) แล้วจับยึดเข้ากับแท่นพับแบบตัวบนหรือล่างอีกทีหนึ่ง

ตัวจับ punch ดังแสดงในรูป การใช้ตัวจับช่วยทำให้สามารถติดตั้ง punch รูปร่างต่างๆ เช่น แม่พิมพ์พับโค้ง(Radius ruler) ที่มีรัศมีความโค้งต่างๆกัน หรือใช้ติดตั้งแม่พิมพ์พับแบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.21 แสดง ตัวจับ punch และ Radius ruler

ตัวจับ die (die holder)

ตัวจับ die แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของ die ชนิดแรกใช้ในงานพับกรอบหน้าต้าง อีกชนิดหนึ่งคือตัวจับ die ที่ใช้กับ 2v die ดังรูป ซึ่งเราต้องเลือกตัวจับ die ให้เหมาะสมกับรูปร่างของชิ้นงานที่จะพับ

รูปที่3.22 แสดงตัวจับ Die

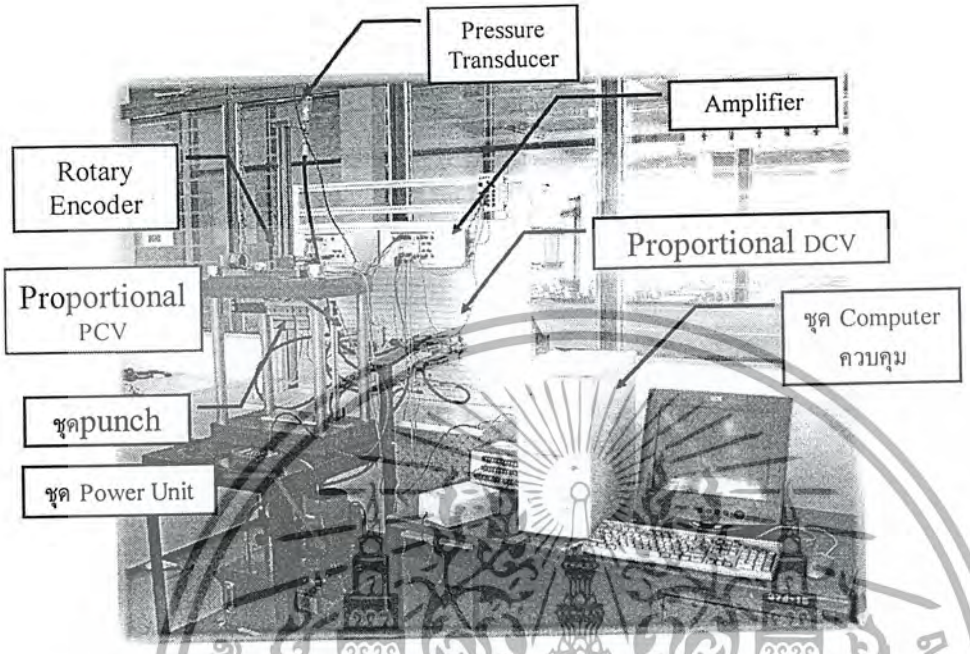
ฐานรองdie (die base, die block)

ปกติการพับชิ้นงานด้วย 1v die (แบบที่ใช้กับชิ้นงานหนา, ไม่ใช่ sash die) จะเกิดปัญหาเนื่องจากระยะเคลื่อนที่ของแท่นพับไม่เพียงพอ ซึ่งเกิดจากการใช้เครื่องพับที่มีหน้าปัดเครื่อง(open heigh) สูงมาก จึงต้องนำฐานรอง die มารองด้านล่างของ 1v die ให้สูงขึ้น เพื่อให้สามารถพับได้

รูปที่3.23 แสดงลักษณะของฐานรอง Die

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
อุปกรณ์ในการควบคุมเครื่องพับโลหะ



รูปที่4.1 แสดงชุดควบคุมการทำงานของเครื่องพับโลหะขนาดเล็ก

4.1 กระบอกสูบไฮดรอลิก

กระบอกสูบไฮดรอลิกมีหน้าที่รับน้ำมันไฮดรอลิกที่ส่งมาจากปั๊มและวาล์วควบคุมต่างๆ เพื่อเปลี่ยนกำลังงานไฮดรอลิกให้เป็นกำลังงานกล โดยการเปลี่ยนความดันและความเร็วของน้ำมันไฮดรอลิกในท่อทางให้เป็นการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ซึ่งในโครงงานนี้จะใช้กระบอกสูบแบบ Double Acting ขนาดของลูกสูบ 4 เซนติเมตร ความยาว Stoke 30 เซนติเมตร

รูปที่4.2 แสดงกระบอกสูบที่ใช้ในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 คอมพิวเตอร์ (Computer)

คอมพิวเตอร์ใช้ในการรับและส่งข้อมูลผ่านการแปลสัญญาณจาก Data Acquisition Card และคำนวณค่าต่างๆ โดยส่งคำสั่งไปที่วาล์วเพื่อควบคุมการทำงานของกระบอกสูบ ให้กระบอกสูบเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง และความเร็วตามที่เราต้องการ โดยมี SPEC ดังนี้

คอมพิวเตอร์ : Authentic AMD AMD-K6(tm)

3D+Process 64.0 MB Ram.

System : Microsoft Windows98 (Second Edition)

โปรแกรมที่ใช้เขียน : Turbo c

ภาษาที่ใช้ : ภาษา C

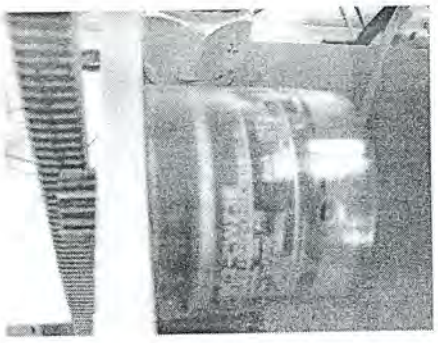
รูปที่4.3 แสดงชุดคอมพิวเตอร์ควบคุม

4.3 โรตารีเอนโคดเดอร์ (Rotary Encoder)

โรตารีเอนโคดเดอร์เป็นตัวแปลรหัสจากการเคลื่อนที่ ขึ้นลงของลูกสูบโดยมีตัวเชื่อมคือฟันเฟืองให้ตัวเอนโคดเดอร์มีการหมุนเมื่อลูกสูบมีการเคลื่อนที่ ซึ่งได้ทำการติดตั้งที่ด้านบนของโครงเครื่องพับและและทำงานร่วมกับเฟืองซึ่งเราต่ออยู่ทางด้านซ้ายของโครงเครื่อง เมื่อวัดการเคลื่อนที่ที่เปลี่ยนแปลงแล้ว โรตารี่เอนโคดเดอร์จะส่งข้อมูลย้อนกลับเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อเปลี่ยนสัญญาณจากพัลส์(Pulse) เป็นความเร็วของลูกสูบที่เคลื่อนที่ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึงระยะที่เรากำหนดโดยการจับระยะของตัวเอนโคดเดอร์ โปรแกรมที่เราตั้งไว้ก็จะทำงาน เช่น เราต้องการให้ลูกสูบเคลื่อนที่ถึงระยะต่ำลงมาระดับที่ต้องการแล้ว ก็สั่งให้ลูกสูบเคลื่อนที่ช้าลง หรือ ลูกสูบชักกลับ ก็ได้ โดยมีตัวเอนโคดเดอร์เป็นตัวจับระยะการเคลื่อนที่

โรตารี่เอนโคดเดอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้ เป็นของ Omron รุ่น E6C2-CWZ3E ความละเอียดเท่ากับ 1,000 พัลส์/รอบ ซึ่งมีลักษณะดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

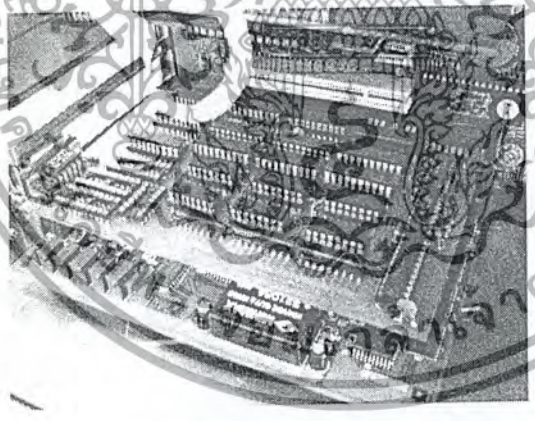


รูปที่4.4 แสดง Encoder ของ OMRON

4.4 การ์ดนับรอบ (Data Acquisition Card)

Data Acquisition Card เป็นการ์ดที่ใช้รับค่าที่ส่งมาจากการ์ดนับรอบ และส่งคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ออกไปยังแอมพลิไฟเออร์ เพื่อควบคุมวาล์ว รุ่นที่ใช้คือ NuDAQ ACL-8216 16 – bit High Resolution

การ์ดนับรอบ เป็นการ์ดที่ใช้นับจำนวนพัลส์ (Pulse) ที่ส่งมาจากโรตารีเอนโค๊ดเดอร์ และเปลี่ยนสัญญาณจาก อนาลอก เป็น สัญญาณดิจิตอล จากนั้นก็ส่งสัญญาณไปยัง Data Acquisition Card ซึ่งการ์ดที่ใช้นี้มีอัตราการขยายเป็น 4 เท่าของโรตารีเอนโค๊ดเดอร์

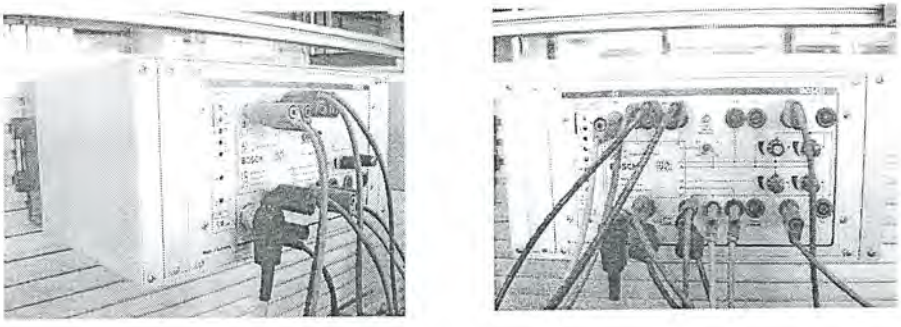


รูปที่4.5 แสดงการ์ดนับรอบและ Data Acquisition Card

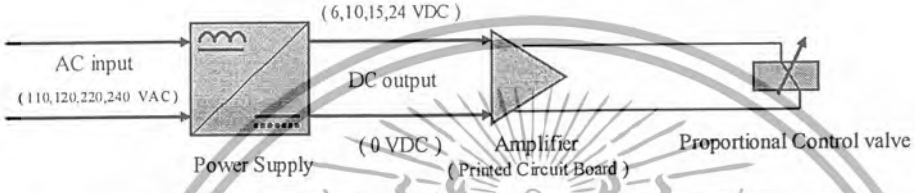
4.5 แอมปลิไฟเออร์(Amplifier)

เป็นตัวขยายสัญญาณอินพุทจาก Data Acquisition Card ซึ่งมีค่าสัญญาณอินพุทต่ำ แต่ Propertional Control valves ต้องการสัญญาณไฟฟ้าที่จะต้องสูงเพียงพอกับการควบคุม ตำแหน่งของสปูล ดังนั้นจึงต้องเพิ่มสัญญาณก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.6 แสดง Amplifier ของ Proportional DCV และ Pressure Control Valve



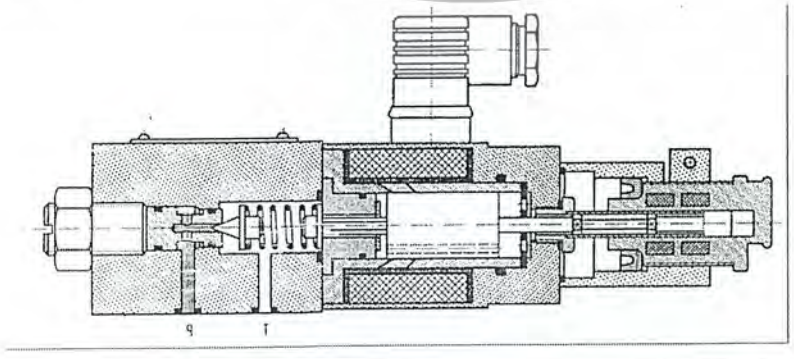
รูปที่4.7 แสดงการแปลงสัญญาณ และขยายสัญญาณเพื่อส่งไปยัง Proportional Control valve

ซึ่งกระแส AC เข้าสู่ Power Supply แปลงออกมาเป็นกระแส DC แล้วจึงเข้าสู่ Amplifier เพื่อขยายสัญญาณส่งต่อไปยัง Proportional Control Valve

4.6 พร็อพอชันนัลคอนโทรลวาล์ว (Proportional Control Valve)

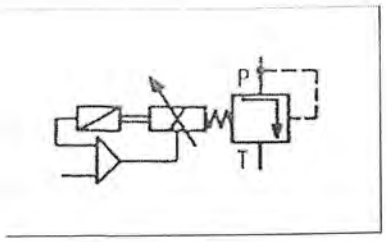
Electrohydraulic Proportional Control Valve เป็นวาล์วใช้ในการควบคุมระบบของไหลกำลัง (Fluid Power) โดยจะใช้ระบบอิเลคทรอนิคควบคุมตำแหน่งของ Spool EHPVสามารถควบคุมทิศทาง ความดันและอัตราการไหลได้ในวาล์วเดียวกัน เมื่อจ่ายการแสไฟให้ Solenoid จะเกิดสนามแม่เหล็ก แรงผลักสปูลให้เลื่อนขยับ เพื่อเปิดทางน้ำมันให้ไหลผ่านไปได้ แบ่งเป็น

4.6.1 Proportional Pressure Control Valve วาล์วควบคุมความดัน เราสามารถควบคุมความดันการทำงานของเครื่องพับได้ โดยค่าของความดันจะขึ้นอยู่กับโวลต์ที่จ่ายให้กับวาล์ว วาล์วที่เลือกใช้เป็นของ BOSCH รุ่น NG6

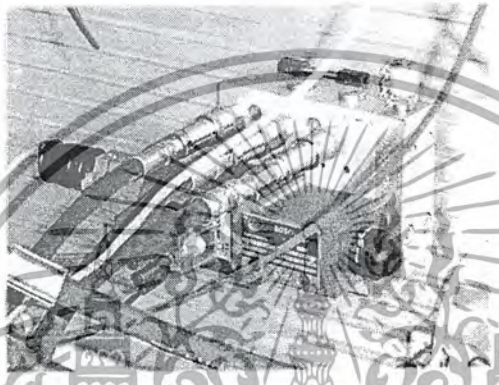


รูปที่4.8 แสดงภาพตัดของ Proportional Pressure Control Valve ที่ใช้ในเครื่องพับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

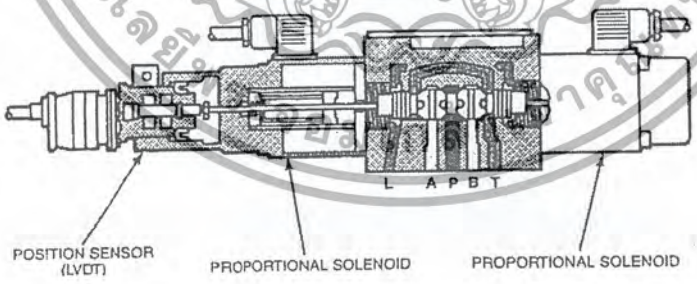


รูปที่4.9 แสดงสัญลักษณ์ของ Proportional Pressure Control Valve



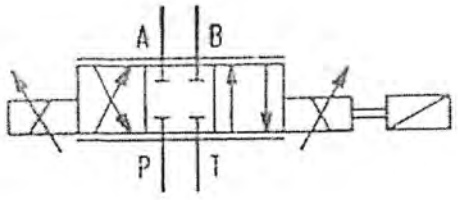
รูปที่4.10 แสดงProportional Pressure Control Valve ที่นำมาใช้กับเครื่องพับ

4.6.2 Proportional Direction Control Valve เป็นวาล์วที่ใช้ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ และอัตราการไหลของกระบอกสูบ ให้เคลื่อนที่ขึ้นหรือลงด้วยความเร็วที่ต่างๆ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับโวลต์ที่จ่ายให้กับวาล์ว วาล์วที่เลือกใช้เป็นของ BOSCH รุ่น NG6



รูปที่ 4.11 แสงภาพตัดของ Proportional Direction Control Valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.12 แสดงสัญลักษณ์ของ Proportional Direction Control Valve 4/3

รูปที่4.13 แสดงProportional Direction Control Valve ที่นำมาใช้กับเครื่องพับ

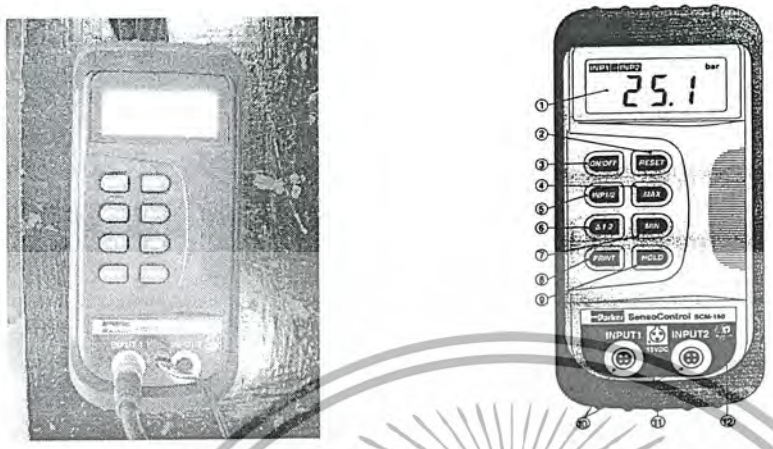
4.7 อุปกรณ์ควบคุมความดัน

4.7.1 PRESSURE TRANSDUCER การควบคุมความดันของเครื่องพับเราใช้อุปกรณ์ Pressure Transducer เป็นตัวอ่านค่าความดัน โดยการติดตั้งไว้ที่ส่วนบนของกระบอกสูบ เมื่อลูกสูบเกิดการทำงาน และค่าความดันใช้งานที่ได้จะถูกวัดด้วยอุปกรณ์ตัวนี้และเราจะต่อออกมาเพื่ออ่านค่าทางอุปกรณ์ที่เรียกว่า เซอร์วิสแมน

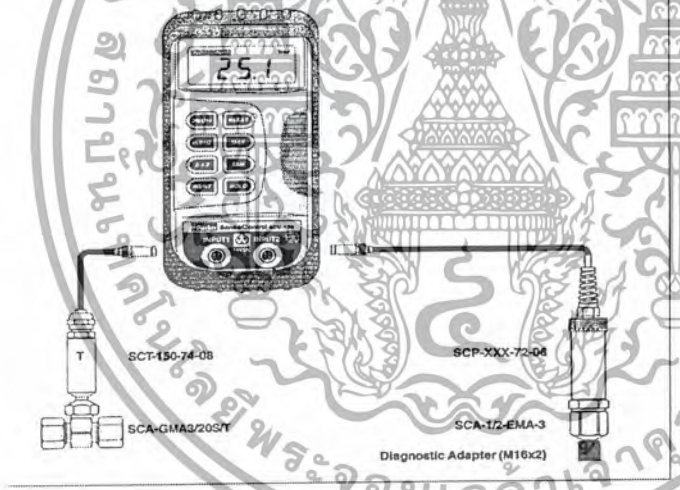
รูปที่4.14 แสดงPressure Transducer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.2 SERVICEMAN เป็นอุปกรณ์อ่านค่าที่ได้มาจาก Pressure Transducer ทำให้เรา ทราบค่าความดันที่เราใช้อยู่ในขณะนั้น Pressure Transducer ที่เลือกใช้นั้น เป็นของ Parker สามารถอ่านค่าความดันจาก 0ถึง 1000 bar



รูปที่4.15 แสดงรูปอุปกรณ์ที่ใช้ในการอ่านค่าความดัน



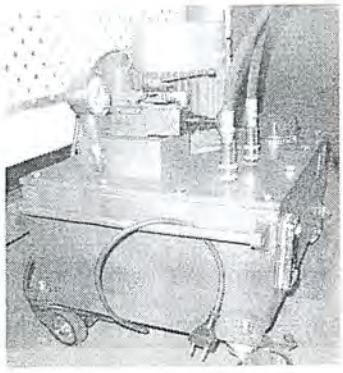
รูปที่4.16 แสดงการต่อของ Serviceman กับ Pressure Transducer

4.8 ชุดเพาว์เวอร์ยูนิต (Power Unit)

Pump น้ำมันไฮดรอลิก

น้ำมันไฮดรอลิกจะบรรจุอยู่ในถังและถูกจ่ายผ่านทางสายน้ำมันไฮดรอลิกด้วยปั๊ม เพื่อเข้าสู่ระบบเมื่อระบบทำงาน วาล์วจะเป็นตัวควบคุมระบบการไหลของน้ำมันเข้ากระบอกสูบ การทำงานควบคุมความดันของระบบจะถูกควบคุมโดย pressure transducer ปั๊มที่เราเลือกใช้ตัวนี้เป็นแบบดูด-อัด ขนาด 100 bar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.17 แสดงชุด Power Unit

4.9 สายน้ำมันไฮดรอลิก

สายน้ำมันไฮดรอลิกเป็นตัวลำเลียงน้ำมันในระบบทั้งหมด การเลือกขนาดของสายน้ำมัน ควรเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งาน เพื่อความเหมาะสมและความปลอดภัย

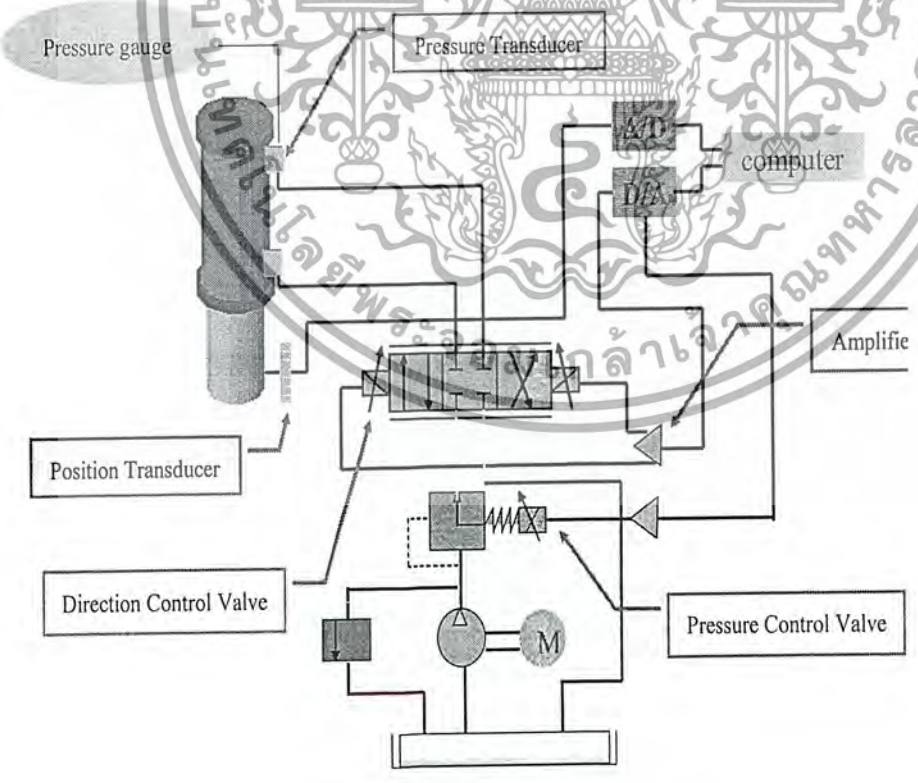
รูปที่4.18 แสดงสายน้ำมันไฮดรอลิกที่ใช้ในเครื่องพับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ระบบวงจรควบคุมการทำงาน

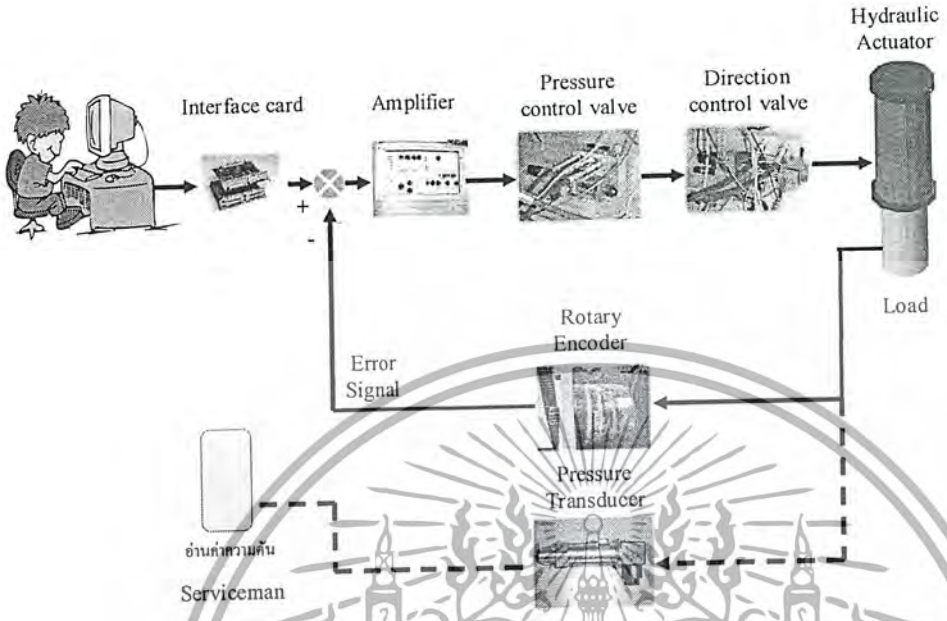
5.1 หลักการทำงานของวงจร

เครื่องพับโลหะเครื่องนี้ใช้ระบบไฮดรอลิกเป็นตัวกดโดยใช้ของไหลกำลังคือ น้ำมันไฮดรอลิก หลักการทำงาน คือ กระบอกสูบจะเคลื่อนที่ลงกดตัว punch ให้อัดลงกับ die พับชิ้นงานให้เป็นรูปตามแบบ การควบคุมทำได้โดยการป้อนค่า ความหนา มุมที่ต้องการพับชิ้นงาน ความดันที่ต้องการใช้ จำนวนครั้งที่ต้องการพับชิ้นงาน ใส่ลงในคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษา c เป็นตัวประมวลผล หลังจากนั้นคอมพิวเตอร์จะรับค่าที่ได้ไปคำนวณแรงที่ต้องใช้กด และความเร็วของกระบอกสูบ โดยระยะและความเร็วในแต่ละช่วงเราจะควบคุมได้เองในตัวโปรแกรม ซึ่งเราได้คำนวณเป็นสูตรและบันทึกลงในตัวโปรแกรมแล้ว จากนั้นระบบจะส่งเป็นสัญญาณดิจิตอลไปยังตัวแปลง สัญญาณ(Interface card) แล้วขยายสัญญาณด้วย Amplifier ส่งผลไปยังวาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำมัน ให้น้ำมันไหลเข้ากระบอกสูบ สำหรับการควบคุมระยะชักของกระบอกสูบนั้นสามารถทำได้ โดยใช้เอนโคดเดอร์เป็นตัวจับการขึ้นลงของลูกสูบ ผ่านทางเฟืองด้านข้างของ ตัวเครื่องแล้วแปลงสัญญาณพัลส์ออกมาเป็น ระยะชักของกระบอกสูบทำให้ทราบระยะที่แน่นอนของกระบอกสูบได้ ซึ่งทำให้การพับชิ้นงานเป็นการควบคุมที่แม่นยำมากขึ้น



รูปที่5.1 แสดงวงจรไฮดรอลิกของเครื่องพับโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

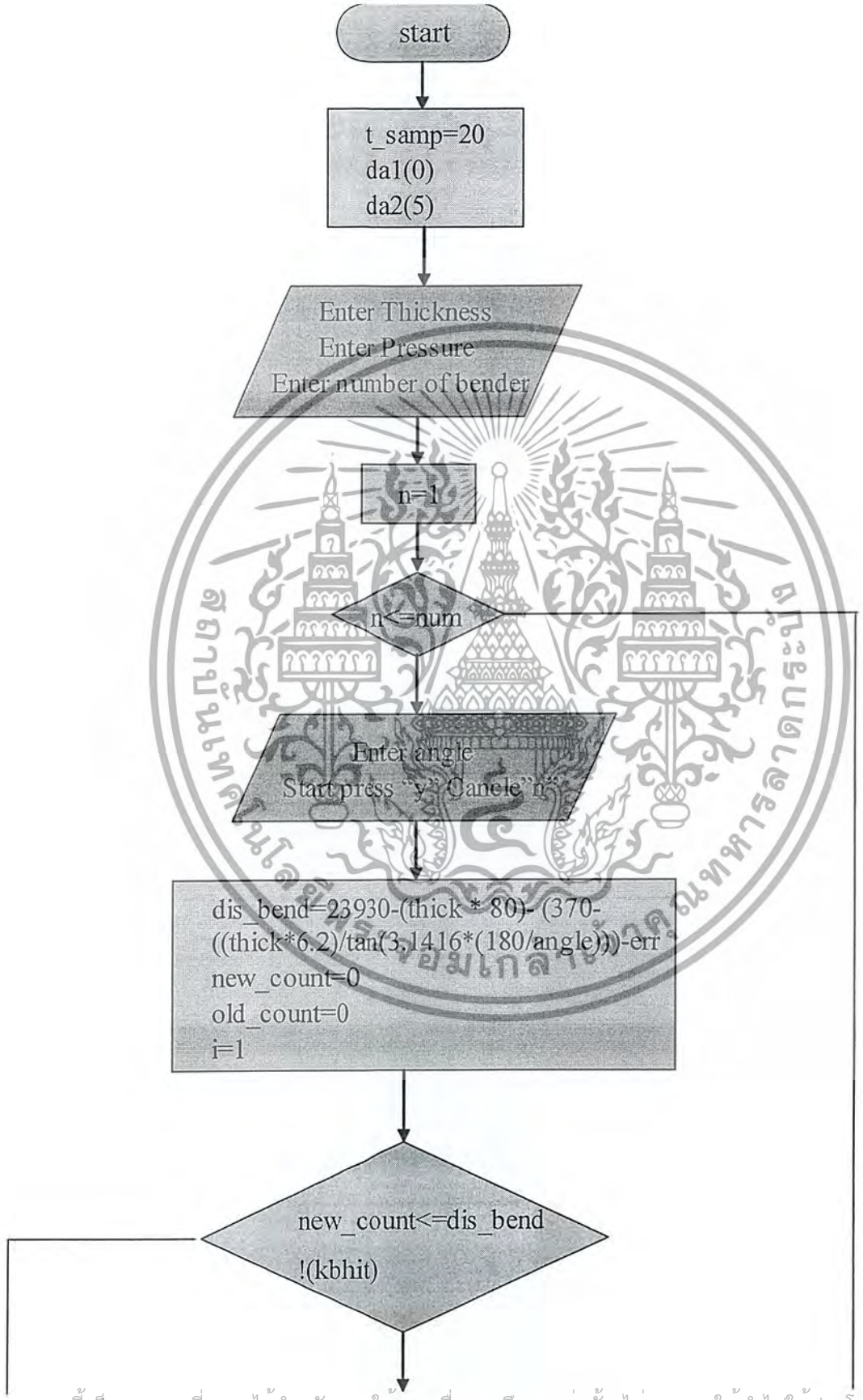


รูปที่5.2 แสดง Flow Chart การทำงานของเครื่องพับโลหะ

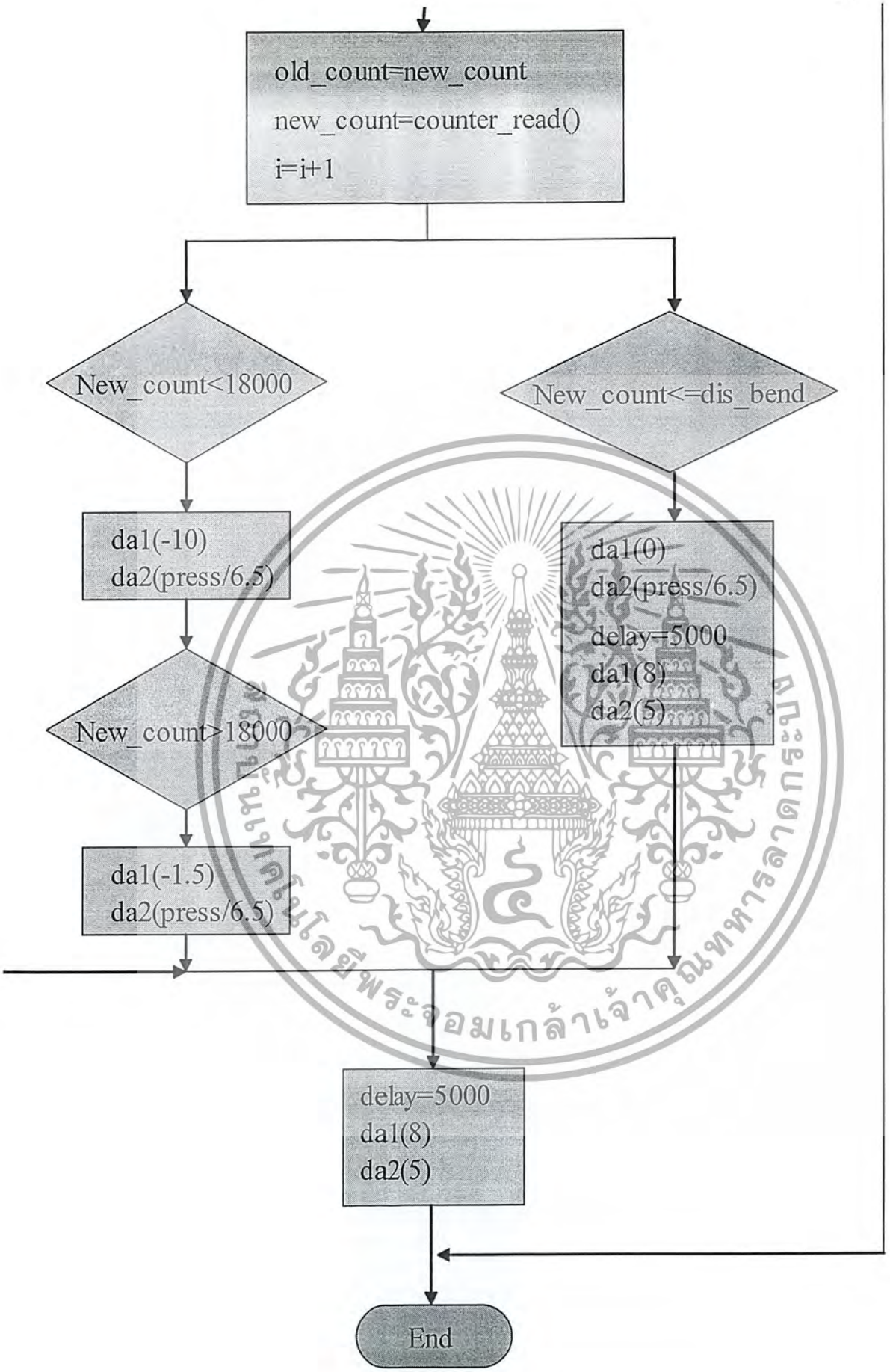
จากรูปที่5.2 ในตอนเริ่มแรกที่เราต้องการที่จะพับชิ้นงาน เราจะทำการป้อนค่าต่างๆของชิ้นงาน และค่ามุมที่ต้องการจะพับ โดยดูจากตารางของเครื่อง ซึ่งค่าของ Pressure จะขึ้นอยู่กับชนิดของชิ้นงาน และความหนาของชิ้นงาน หลังจากนั้นค่าที่ป้อนจะผ่านการประมวลผลในโปรแกรมที่เขียนขึ้น โดยใช้ภาษา C จากนั้นคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณผ่านการ์ดแปลงสัญญาณ และขยายสัญญาณโดย Amplifier จากนั้นก็จะจ่ายโวลต์ให้กับวาล์วเพื่อจ่ายน้ำมันเข้ากระบอกสูบให้กระบอกสูบทำการพับชิ้นงาน โดยในการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบนั้นจะมี Encorder เป็นตัววัดระยะการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ ระยะที่วัดได้จะนำมาเทียบกับค่าที่เขียนไว้ในโปรแกรม เพื่อเป็นตัวกำหนดความเร็ว และความดันของกระบอกสูบที่ตำแหน่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 Flow Chart ของโปรแกรมที่ควบคุมการทำงานของเครื่องพับโลหะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ขั้นตอนและผลการทดลอง

เนื้อหาของบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทำการทดลอง รวมทั้งแสดงผลที่ได้จากการทดลอง เพื่อนำผลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ในตัวโปรแกรมควบคุมเครื่องพับ และทำการหาค่าการประมวลผลเพื่อให้ได้ค่าการควบคุมที่ใกล้เคียงมากที่สุด เพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องพับดีที่สุด

6.1วิธีการทดลอง

ในการทดลองเพื่อหาค่าการควบคุมตัวเครื่องพับในส่วนต่างๆ ซึ่งเราจะแบ่งออกเป็น การทดลองเพื่อควบคุม ความดันในการใช้พับชิ้นงาน การควบคุมมุมที่ต้องการพับชิ้นงาน

6.1.1 การควบคุมความดันภายในกระบอกสูบ

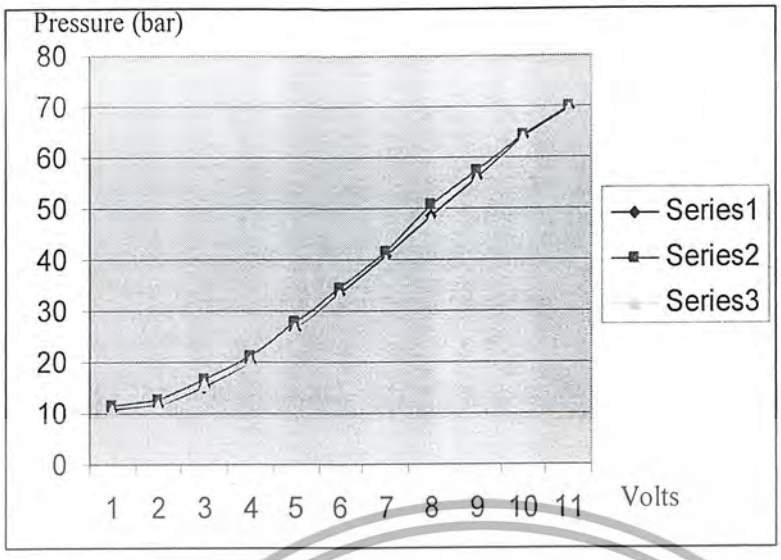
เป็นการทดลองเพื่อหาค่าความดันที่ใช้งานในกระบอกสูบไฮดรอลิกโดยเราป้อนความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าในค่าต่างๆกันให้แก่ Pressure Valve แล้วดูค่าความดันที่ได้ออกมาเปรียบเทียบกับ Characterristic Curve ตามทฤษฎี ว่ามีค่าใกล้เคียงกันอย่างไร โดยค่าความดันที่ได้เราจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Service man เป็นตัวอ่านค่าโดยต่อกับ Pressure Transducer ที่ติดตั้งไว้ที่ส่วนปลายด้านบนของกระบอกสูบ แล้วทำการบันทึกผล ได้ดังตาราง

	Pressure		
Volts	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3
0	10.6	11.6	11.3
1	11.6	12.6	10.3
2	15.3	16.6	15.6
3	20	21	20.3
4	26.3	27.6	26.6
5	33.3	34.6	33.6
6	40.6	41.3	41
7	48.6	50.6	49.6
8	56	57.3	57.3
9	64	64.3	64.3

รูปที่6.1 ตารางแสดงความดันที่วัดได้เมื่อจ่ายโวลต์ที่ 0-10 โวลต์ ให้กับวาล์ว

เมื่อทำการทดลองซ้ำๆกัน แล้วนำค่าที่ได้นั้นมาพลอตกราฟจะได้กราฟดังรูปข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Pressureและ Volts ที่จ่ายให้กับวาล์ว

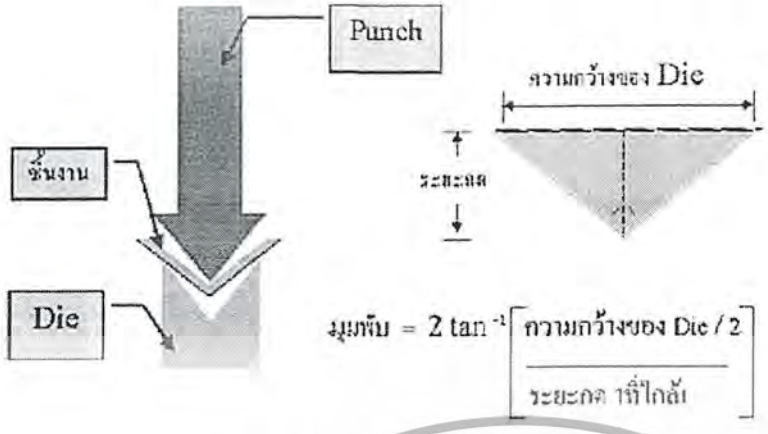
หลังจากที่ทำการทดลองซ้ำๆและบันทึกผลการทดลองแล้วนำค่าที่ได้มาพลอตกราฟแล้ว เราจะทำการเปรียบเทียบกราฟที่ได้จากการทดลองของเครื่อง กับCharacteristic Curve ตามทฤษฎี ว่ามีค่าใกล้เคียงกันอย่างไร ซึ่งผลที่ได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก

รูปที่6.3 เปรียบเทียบกราฟของการทดลอง กับ Characteristic Curve ของ Pressure Valve

6.1.2 การทดลองเพื่อควบคุมและหาค่ามุมของชิ้นงานที่พับ

จากหลักการควบคุมระยะกดของการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ ถ้าเราควบคุมระยะการเลื่อนลงของกระบอกสูบได้นั้นจะทำให้เราสามารถควบคุมมุมของชิ้นงานที่เราจะทำการพับได้ ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นดังภาพข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่6.4 แสดงหลักการในการควบคุมมุมในการพับชิ้นงาน

แต่เนื่องจากในการใช้งานของเครื่องพับนั้นมีปัจจัยหลายๆอย่างที่ทำให้การควบคุมระยะการกดของกระบอกสูบนั้นมีค่าไม่ถูกต้อง อันเนื่องมาจากการติดตั้งเครื่อง การอ่านค่าพัลส์ที่ได้จากตัว เอนโคดเดอร์ หรือแม้กระทั่งในตัวโปรแกรมควบคุม ก็ล้วนแล้วแต่เป็นสาเหตุให้เกิดความคาดเคลื่อนได้ทั้งสิ้น

ดังนั้นเราจึงต้องทำการทดลองพับชิ้นงานหลายๆครั้งเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของมุมที่พับได้แล้วทำการปรับตั้งและ.....แล้วบันทึกผลค่าความคลาดเคลื่อนนั้นเพื่อย้อนกลับไปแก้ไขที่ตัวโปรแกรมควบคุม แล้วทำการคำนวณค่าที่ได้นั้นออกมาเพื่อให้ได้ระยะและมุมของการพับมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดและมีค่าแม่นยำที่สุด

หลังจากทำการทดลองหลายๆครั้งและทำการบันทึกผล จากนั้นนำค่าที่ได้มาปรับแก้ ค่าความคลาดเคลื่อน ในสมการที่เขียนโปรแกรมจนได้มุมที่ใกล้เคียงที่สุด และคำนวณเป็นสูตรออกมาในตัวโปรแกรมควบคุม สูตรที่ได้เป็นดังนี้

ระยะกด = 23930 – (Thick*80)-(370-((Thick*6.2)
/tan(มุมกด/2)*80))-err

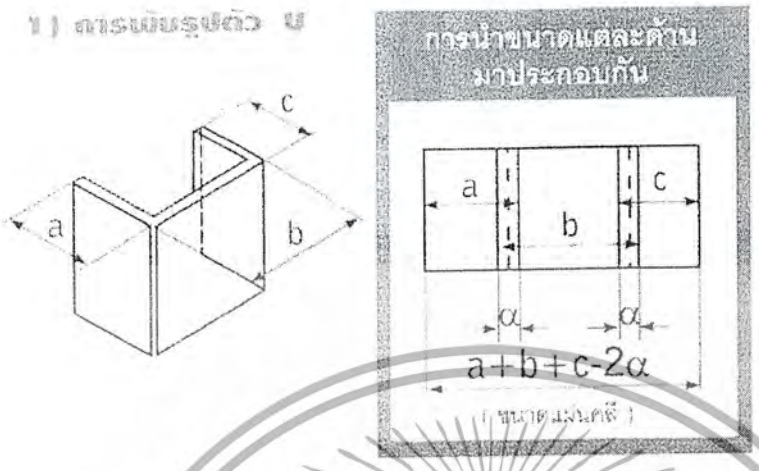
- Thick เป็นความหนาของแผ่นโลหะที่ทำการทดลองพับ
- มุมที่ใช้เป็น เรเดียล เนื่องจากเราใช้ Rotary Encoder
- ค่า err หาได้จากการทดลองที่ผ่านมาซึ่งจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ จนใกล้ค่าจริงมากที่สุด

6.2 สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการพับโลหะ

6.2.1 จุด Yield Strength ถ้าในการพับมีค่าไม่ถึง จุด Yield จะไม่สามารถทำการพับโลหะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.2 การขยายตัวของโลหะเมื่อถูกกดทับโดย Punch และ Die ในการพับโลหะ



รูปที่6.5 ตัวอย่างการขยายตัวของโลหะเมื่อถูกพับ

t \ θ	45°	60°	120°	135°
1.0(V=6)	0.66	1.01	0.86	0.56
1.2(V=8)	0.80	1.26	0.94	0.68
1.6(V=10)	1.04	1.54	1.38	0.88
2.3(V=16)	1.54	2.40	2.02	1.30
3.2(V=25)	2.24	2.48	2.94	1.90

รูปที่6.6 ตารางแสดงค่าการยืดตัวของโลหะ เมื่อถูกพับด้วยมุมแหลมและมุมป้าน

6.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

- ติดตั้งโต๊ะสำหรับป้อนชิ้นงานได้อย่างอัตโนมัติและควบคุมตำแหน่งได้
- ปรับแต่งสภาพภายนอกของเครื่องให้มีความกระทัดรัดมากกว่านี้
- พัฒนาการพับให้หลากหลาย และมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ , ชาญ ฉนัดงาน : "การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1" , ซีเอ็ดยูเคชั่น , กรุงเทพ.2541

[2] สมชัย นรเศรษฐ์โสภณ: "กลศาสตร์เครื่องจักรกล" , โครงการตำราสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[3] ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ , ปานเพชร ชินินทรณ์ : "ไฮดรอลิกอุตสาหกรรม" , ซีเอ็ดยูเคชั่น , กรุงเทพ.2541

[4] พรจิต ประทุมสุวรรณ , "แมคคาทรอนิกส์: การควบคุมงานกล ด้วยไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์" เรือนแก้วการพิมพ์.2537

[5] เฉลิม สัมพันธ์ธนรักษ์ , ปริญญานิพนธ์: แขนกลไฮดรอลิกควบคุมการทำงานด้วยคอมพิเตอร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[6] นิตยาสาร CREATION , Amada(Thailand) co,Ltd,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*****************************************************************/
/*  projecttest.c  test program for control cylinder 7/03/03 */
/*****************************************************************/
#include <graphics.h>
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <math.h>
#include <time.h>

#include "c:\tc\control\io.c"
#include "c:\tc\control\counter.c"

void main(void)
{
        long int count,old_count,new_count;
        int data_ad, ch=10,press,num,i,i1,angle,n;
        float volts,
t_samp=5,thick,new_thick,dis_bend,dis_angle,err,new_angle;
        char cond;

        clrscr();
        timer_set(t_samp);
        counter_init();
        set_adch(ch);
        da1(5);
        da2(0);
        printf("\nEnter Thickness(mm.) ");
        scanf(" %f",&thick);
        printf("\nThickness=%f",thick);
        new_thick=thick*70.0;
        err=170.0;

        do
        {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            printf("\n\nEnter pressure(10-70bar) ");
            scanf(" %d",&press);
            printf("\nPressure=%d",press);
}while((press<10)||(press>70));
da2(5);
do
{
printf("\n\nEnter number of press ");
scanf(" %d",&num);
printf("\nNumber of press=%d",num);
}while(num==0);

n=1;
do
{
            do
            {
                  printf("\n\nEnter angle (90,100,110,...,170)");
                  scanf("%d",&angle);
                  printf("\nAngle=%d",angle);
            }while((angle<90)||(angle>170));

            new_angle=tan(3.1416/(180.0/(angle/2.0)));

            dis_angle=300.0-(((6.2-thick)/new_angle)*80.0);

            dis_bend=23396-new_thick-dis_angle-err;

            printf("\n\nDis_angle=%f",dis_angle);

            printf("\n\ndis_bend= %f",dis_bend);

            printf("\n\nStart bending Please press 'y'and Stop bending Please
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
press
'n' ");
                scanf(" %c",&cond);

                if(cond=='y')
                {
                counter_init();                 /* Initialize the encoder counter */
                old_count=0;new_count=0;

                i=0;
                        do
                        {
                                data_ad=ad();
                                old_count=new_count;
                                new_count=counter_read();
                                printf("\ncount=%ld",new_count);
                                i++;
                                if(new_count<20000.0)
                                {
                                        da1(-10.0);
                                        da2(press/6.7);
                                }
                                else if(new_count>20000.0)
                                {
                                        da1(-1.2);
                                        da2(press/6.7);
                                }

                                if(new_count>=dis_bend)
                                {
                                        da1(0.0);
                                        da2(press/6.75);
                                }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                }while((new_count<=dis_bend)&&(!kbhit()));

                delay(5000);
                da1(8.0);
                da2(6.0);
                n++;
        }

        }while((num>=n)&&(cond!='n'));
        da1(8.0);
        da2(5.0);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*********************************************/
/* Subroutine for encoder counter            */
/*********************************************/
int base_counter=0x280;

void counter_init(void)                    /* Initialize counter */
{
        outportb(base_counter+4,0);
        outportb(base_counter+4,4);
}

long int counter_read(void)        /* Read no. of counts */
{
        int P0,P1,P2;
        long int pos;

        outportb(base_counter+4,5);
        outportb(base_counter+4,4);

        P0=inportb(base_counter);          /* Read Low Byte */
        P1=inportb(base_counter+1);
        P2=inportb(base_counter+2);        /* Read High Byte */
        pos=8388607-((long int)(P2)*65536+(long int)P1*256+(long int)P0);

        return(pos);

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*******************************************************/
/*  Subroutine for timer, A/D and D/A                  */
/*******************************************************/

int base=0x220;

void timer_set(float msec)
{
        int n1, n2, n1lb, n1hb, n2lb, n2hb;

        n2=20;                  n1=(int)(msec*100.0);
        outportb(base+3,0x76);  outportb(base+3,0xB6);   // Set timer 1 & 2
        n1hb=(int)(n1/256);     n1lb=n1-256*n1hb;
        n2hb=(int)(n2/256);     n2lb=n2-256*n2hb;
        outportb(base+1,n1lb);  outportb(base+1,n1hb);   // Load timer 1 no. of counts
        outportb(base+2,n2lb);  outportb(base+2,n2hb);   // Load timer 2 no. of counts
        outportb(base+11,0x6);                           // Set pacer trigger and transfer interupt
}

void timer_wait(void)
{
        int flag;

        do{flag=inportb(base+8) & 32;}                   // Wait for interupt
        while(flag!=0);
        outportb(base+8,0);                              // Clear interupt
}

void set_adch(int ch)                                    // Set single A/D channel
{
        if(ch<=7)
                outportb(base+10,16+ch);
        else
                outportb(base+10,32+ch);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        outportb(base+9,0);                    // Set gain 1 (+-10V.)
}

int ad(void)
{
        int idata;

        idata=0x8000-inport(base+4);
        return(idata);
}

void da1(float volts)                          // D/A channel 1
{
        int idata;
        float v_comp;
        float mult=10.0/4095.0;                // D/A range 0-10 V.
        volts=(volts+10.0)/2.0;                // convert +-10 V. to 0-10 V.
        v_comp=0.02067*volts-0.00035;
        volts=volts+v_comp;                    // compensate for circuit loading
        idata=(int)(volts/mult);
        if(idata<0)     idata=0;
        if(idata>4095)      idata=4095;
        outport(base+4,idata);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้