

เครื่องทดสอบแรงดึง

Tensile Test Machine



นาย ภาณุพงศ์ แสงรัตน์

MR. Panupong Sangrat

นาย ฐากร พวงระย้า

Mr. Thakorn Pongraya

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 49858

จัดเดือน 2 เม.ย. 2547

.b.....
.j.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49858

หัวข้อปริญญานิพนธ์

เครื่องทดสอบแรงดึง

Tensile Test Machine

นักศึกษา

นายภาณุพงศ์ แสงรัตน์

รหัสประจำตัว

42010588

นักศึกษา

นายฐากร พวงระย้า

รหัสประจำตัว

42010649

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา

2545

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องทดสอบแรงดึง
นักศึกษา	นายภาณุพงศ์ แสงรัตน์ นางฐากร พวงระย้า
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ศส.พรศักดิ์ อรรถวานิช อ.พลชัย โชติปราชญกุล

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องทดสอบแรงดึง(Tensile Test Machine) ซึ่งควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการทดสอบคุณสมบัติด้านความแข็งแรงดึงของเหล็กและอลูมิเนียม เครื่องทดสอบแรงดึงนี้ประกอบด้วย ระบบการวัดแรงซึ่งใช้สัญญาณแกว่งความเครียด (Strain gage) ชนิดโพลีคาร์บอเนต ระบบการวัดระยะยืด โดยอาศัยการทำงานของชุดเอนโคเดอร์ข้อมูลที่ได้จากระบบการวัดจะถูกส่งไปประมวลผลยังโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ถูกสร้างขึ้น โดยผ่านทางพอร์ตขนานและแสดงผลการคำนวณออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยสามารถหาค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด ความเค้นสูงสุด ระยะยืดของชิ้นทดสอบ กราฟความเค้น-ความเครียด โดยค่าที่ได้จากการทดสอบสามารถบันทึก อ่าน และพิมพ์เป็นรายงานออกทางเครื่องพิมพ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Thesis	Tensile Test Machine
Student	Mr. Panupong Sangrat Mr. Thakorn Pongraya
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2002
Advisor	Asst. Prof. Pomsak Aattawanit Mr. Pholchai Chotipraynakol

ABSTRACT

This thesis concerns a study of designing and establishment of Tensile Test Machine, which is control by personal computer. This testing is test tensile strength properties of iron and aluminium. Tensile Test Machine is consist of force measurement system, it is measure by strain gage type loadcell and elongation measurement system which measure by encoder. The device of measurement data from this machine is sent to calculate by the computer application that is developed in this project, pass parallel port. Eventually, program is operated and the simulations are displayed on the screen that can calculate ultimate tensile strength, ultimate tensile stress, elongation and stress-strain diagram. This properties are save, open and print for report.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ผศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช และอาจารย์พลชัย โชติปราชญ์กุล ที่ได้ช่วยแนะนำและให้คำปรึกษามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ดร.สรรพสิทธิ์ ลีมนรรัตน์ ที่ให้การสนับสนุนทางด้านกำลังทรัพย์

ขอขอบพระคุณอาจารย์อุคม จันทร์จรัสสุข ที่ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณอาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมโยธาที่ได้ช่วยแนะนำและให้คำปรึกษามาโดยตลอด และผู้ควบคุมดูแลการทดลองเครื่องดึงเหล็ก

ขอขอบพระคุณอาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมวัดคุมที่ได้ช่วยแนะนำและให้คำปรึกษามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณอาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ได้ช่วยแนะนำและให้คำปรึกษามาโดยตลอด

ท้ายที่สุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา บุรพคณาจารย์ทุกท่านผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชา และให้ความช่วยเหลือในทุกด้านแก่ผู้วิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 ประวัติโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา	1
1.3 วัตถุประสงค์.....	1
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชี้นทดสอบ.....	3
2.2 การเตรียมชี้นทดสอบ	5
2.3 ลักษณะการยัดชี้นทดสอบ	6
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด	7
2.5 ข้อควรสังเกตการทดสอบโดยการดึง	9
2.6 ผลกระทบอื่นที่มีต่อผลการทดสอบ.....	12
2.7 การทดสอบแรงดึงและแผนภาพความเค้นความเครียดวิศวกรรม.....	14
2.8 สเตรนเกจและ โหลดเซลล์.....	21
2.9 รีเลย์ควบคุมไฟฟ้าแบบเชิงกล	23
2.10 เอน โคคเตอร์เซนเซอร์	25
2.11 ทฤษฎีเกี่ยวกับพอร์ตขนาน.....	28
2.12 A/D คอนเวอร์เตอร์	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การดำเนินงาน

3.1 แผนการดำเนินงานด้านฮาร์ดแวร์.....	37
3.2 แผนการดำเนินงานด้านวงจรไฟฟ้า.....	40
3.3 แผนการดำเนินงานด้าน โปรแกรมควบคุม.....	44
3.4 แผนการทดสอบ.....	49

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการดำเนินงานด้านฮาร์ดแวร์.....	51
4.2 ผลการดำเนินงานส่วนวงจรควบคุม.....	53
4.3 ผลการดำเนินงานส่วนโปรแกรม.....	53
4.4 ผลการทดลอง.....	56

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	59
5.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน.....	59
5.3 แนวทางพัฒนาและปรับปรุงในอนาคต.....	60

บรรณานุกรม..... 61

ภาคผนวก..... ก-ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 โมดูลัสของความหยุ่นของ โลหะและ โลหะผสมบางชนิด	17
ตารางที่ 2.2 หน้าที่และการทำงานของขาต่างๆของพอร์ตขนาน.....	29
ตารางที่ 2.3 แสดงแอดเดรสของรีจิสเตอร์ของพอร์ตขนาน.....	29
ตารางที่ 2.4 แสดงแอดเดรสของพอร์ตขนาน	30
ตารางที่ 2.5 แสดงสัญญาณและจุดเชื่อมต่อที่ขาต่างๆ ของคอนเนกเตอร์ K2 ชนิด DB25PIN ตัวเมีย.....	31
ตารางที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ของบิต SGL/DIFF และบิตODD/SIGN	33
ตารางที่ 2.7 แสดงรายละเอียดและการทำงานของกลุ่มสัญญาณข้อมูล	34
ตารางที่ 2.8 แสดงรายละเอียดและการทำงานของกลุ่มสัญญาณควบคุม.....	35
ตารางที่ 2.9 แสดงรายละเอียดและการทำงานของกลุ่มสัญญาณ.....	35
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเทียบกับเครื่องที่ภาควิศวกรรม โยธา.....	56
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อน.....	56
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความสามารถในการทำซ้ำ.....	57



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ลักษณะชั้นทดสอบภาคตัดขวางกลมและสี่เหลี่ยมมุมฉาก	3
รูปที่ 2.2 ลักษณะชั้นทดสอบภาคตัดขวางกลมหลังจากขาด	4
รูปที่ 2.3 ขนาดชั้นทดสอบ โดยการดึงมีภาคตัดขวางกลม	4
รูปที่ 2.4 ข้อผิดพลาดสำหรับการเตรียมชั้นทดสอบแบบ	5
รูปที่ 2.5 ลักษณะปลายยึดชั้นทดสอบโดยการดึง	6
รูปที่ 2.6 ลักษณะลิ่มยึดที่ใช้ยึดชั้นทดสอบโดยการดึง	6
รูปที่ 2.7 ลักษณะการยึดชั้นทดสอบด้วยลิ่มยึด	7
รูปที่ 2.8 แผนภาพความเค้น-ความเครียดของเหล็กกล้า	7
รูปที่ 2.9 การหาค่าความเค้นพิสูจน์	8
รูปที่ 2.10 การหาค่าความยืด โดยวิธีประมาณ	10
รูปที่ 2.11 ความยืดในแต่ละช่วงบนความยาวที่กัด	10
รูปที่ 2.12 ชนิดของเครื่องวัดการยืด	11
รูปที่ 2.13 ลักษณะรอยแตกขาดของชั้นทดสอบแบบต่างๆ	11
รูปที่ 2.14 การเปลี่ยนแปลงความแข็งและความเหนียวเมื่อเปลี่ยนรูปร่างชั้นทดสอบ	12
รูปที่ 2.15 ผลกระทบของการให้แรงดันเบื้องต้นต่อความเครียด	13
รูปที่ 2.16 อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความต้านทานแรงดึงและความแข็งแรงที่จุดคราก	14
รูปที่ 2.17 เครื่องทดสอบแรงดึง	15
รูปที่ 2.18 หลักการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดึง	15
รูปที่ 2.19 แสดงแผนภาพความเค้น – ความเครียดสำหรับ โลหะผสมอลูมิเนียมมีความแข็งแรงสูง	16
รูปที่ 2.20 แผนภาพความเค้น – ความเครียด สำหรับเหล็กกล้าละมุนในการทดสอบแรงดึง	17
รูปที่ 2.21 แผนภาพความเค้น – ความเครียด แสดงส่วนที่เป็นเส้นตรงของรูปที่ 2.20 ขยายแกนความเครียด เพื่อที่จะหา 0.2 เปอร์เซนต์ ออฟเซต ความแข็งแรงที่จุดคราก ได้ละเอียดขึ้น	18
รูปที่ 2.22 เส้นโค้งความเค้น – ความเครียดทางวิศวกรรมสำหรับ โลหะและ โลหะผสมที่สำคัญ	19
รูปที่ 2.23 เส้นโค้งความเค้น – ความเครียดทางวิศวกรรมเปรียบเทียบกับความเค้น – ความเครียดจริงของเหล็กกล้า เปอร์เซนต์คาร์บอนต่ำ	20
รูปที่ 2.24 แสดงรูปแบบการทำงานของสเตรนเกจ	21
รูปที่ 2.25 โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ	22
รูปที่ 2.26 รีเลย์ไฟฟ้าแบบเชิงกล	23
รูปที่ 2.27 การใช้รีเลย์ควบคุมโหลดกระแสสูง	24
รูปที่ 2.28 สัญญาณของทิศทาง การหมุน ทวนเข็มนาฬิกาและตามเข็มนาฬิกา	26
รูปที่ 2.29 เอนโคเดอร์เซ็นเซอร์	26
รูปที่ 2.30 อินครีเมนทอลเอนโคเดอร์	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.31 โครงสร้างภายในของ เอนโคเคอร์.....	27
รูปที่ 2.32 แสดงตำแหน่งขาสัญญาณของพอร์คขนาน	28
รูปที่ 2.33 แสดงไคอะแกรมการทำงานภายในของ LTC1298	32
รูปที่ 2.34 แสดงไทมิ่งไคอะแกรมของการอ่านและเขียนข้อมูลกับการกำหนดค่าของบิต MSBF	33
รูปที่ 3.1 โหลดเซลล์แบบรับแรงอัด LionTech Model 276A	40
รูปที่ 3.2 แสดงการติดตั้ง โหลดเซลล์และแผ่นโลหะ บนเครื่องทดสอบแรงดึง.....	41
รูปที่ 3.3 ระบบการติดตั้งเอนโคเคอร์	42
รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมการทำงานของระบบ โหลดเซลล์.....	43
รูปที่ 3.5 อนาคตทูลิจิตอล ET - ADI2.....	44
รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมการทำงานของเอนโคเคอร์	45
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์	46
รูปที่ 3.8 บล็อกไคอะแกรมแสดงระบบควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดึง	47
รูปที่ 3.9 แผนภูมิแสดงขบวนการการทำงานของโปรแกรมหลัก	49
รูปที่ 3.10 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรม A/D	50
รูปที่ 3.11 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมเอนโคเคอร์	51
รูปที่ 3.12 รูปแสดงแบบขึ้นงานทดสอบมาตรฐาน	49
รูปที่ 3.13 ขึ้นงานกลึงสำหรับทดสอบเครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้น	50
รูปที่ 3.14 ขึ้นงานกลึงสำหรับทดสอบเครื่องทดสอบแรงดึงที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา	51
รูปที่ 4.1 เครื่องทดสอบแรงดึง	52
รูปที่ 4.2 แสดงการติดตั้ง โหลดเซลล์	53
รูปที่ 4.3 แสดงการติดตั้งเอนโคเคอร์	53
รูปที่ 4.4 แสดงวงจรควบคุม.....	54
รูปที่ 4.5 แสดงโปรแกรมส่วนหน้าต่างหลัก	55
รูปที่ 4.6 แสดงโปรแกรมส่วนรับค่าความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบ	55
รูปที่ 4.7 แสดงกราฟความเค้น-ความเครียดของอลูมิเนียม	56
รูปที่ 4.8 แสดงค่าความเค้น ความเครียด แรงสูงสุด ของอลูมิเนียม	56
รูปที่ 4.9 ขึ้นงานก่อนการทดสอบ	59
รูปที่ 4.10 ขึ้นงานหลังการทดสอบ	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงการและที่มาของโครงการ

ปัจจุบันในวงการอุตสาหกรรมได้มีการผลิตและใช้วัสดุประเภทโลหะ โลหะผสม และอลูมิเนียมอย่างกว้างขวาง ซึ่งการนำวัสดุเหล่านี้มาใช้งานจะต้องทราบถึงคุณสมบัติทางกลของวัสดุเหล่านี้เพื่อที่จะนำไปออกแบบและนำใช้งานต่อไป จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลของโลหะ ซึ่งคุณสมบัติทางกลอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญก็คือคุณสมบัติทางด้านการทดสอบแรงดึง (Tensile test)

การทดสอบแรงดึงจะให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง (Tensile) และความยืด (Elongation) ที่กระทำกับชิ้นทดสอบ (Specimens) ซึ่งสามารถนำมาสร้างแผนภาพความเค้น - ความเครียด (Stress - Strain Diagram) และสามารถชี้แผนภาพดังกล่าวคำนวณหาคุณสมบัติทางกลได้ เช่น ความแข็งแรงสูงสุด (Ultimate strength) จุดคราก (Yield point) พิกัดความยืดหยุ่น (Elastic limit) เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากในงานทางด้านวิศวกรรมและข้อมูลดังกล่าวยังนำมาใช้ในการตัดสินใจเลือกวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบและวางแผนจัดสร้างเครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Test Machine) ขึ้นเพื่อตอบรับกับความต้องการของทางภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและความสำคัญของความรู้ทางด้านนี้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงหลักการและรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องทดสอบแรงดึง
2. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบแรงดึงขนาด 100 กิโลนิวตัน
3. เพื่อออกแบบและสร้างโปรแกรมในการควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดึง
4. สามารถใช้เครื่องทดสอบแรงดึงในการทดลองทางวิศวกรรมและหาคุณสมบัติทางกลของวัสดุ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ออกแบบ เลือกใช้ และติดตั้งเครื่องมือวัดแรงดึงที่กระทำกับชิ้นงานทดสอบ
2. ออกแบบ เลือกใช้ และติดตั้งเครื่องมือวัดความยืดของชิ้นงานทดสอบ
3. ออกแบบและสร้างระบบควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดึง
4. ออกแบบและสร้างโปรแกรมในการควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดึงและหาคุณสมบัติทางกลของวัสดุ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถทดลองดึงชิ้นงานซึ่งใช้แรงดึงไม่เกิน 10 ตัน ได้
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานในเชิงวัสดุศาสตร์ของชิ้นงานทดสอบ
3. สามารถอ่านค่าของแรงดึงชิ้นงานแต่ละชนิดได้ โดยโปรแกรมจะทำการอ่านค่าและประมวลผลออกมาเป็นตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สามารถอ่านค่าของระยะขีดของชิ้นงานแต่ละชนิดได้ โดยโปรแกรมจะทำการอ่านค่าและประมวลผลออกมาเป็นตัวเลข
5. สามารถควบคุมการทำงาน โดยการสั่งผ่านคอมพิวเตอร์
6. การแสดงผลการทดลอง โดยแสดงผลออกมาในรูปแบบของกราฟ ความเค้น - ความเครียด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

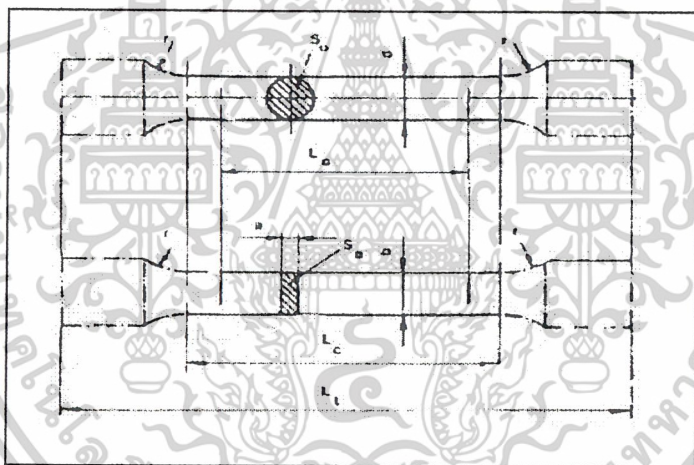
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทดสอบโดยการดึง เป็นวิธีการทดสอบที่ง่ายที่สุดในวิธีการทดสอบคุณสมบัติทางกลวัสดุ และนิยมทดสอบกันมาก เพราะสามารถที่จะให้ผลที่เป็นคุณสมบัติทางกลพื้นฐานพอสมควร เช่น ให้ผลเกี่ยวกับ ความต้านทานแรงดึง ความยืดตัว ความเหนียว ความเปราะ และลักษณะการแตกหักของวัสดุ ซึ่งนับว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบและเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับการใช้งานต่อไป โดยทั่วไปการทดสอบก็ต้องใช้แรงดึงที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอถึงขั้นทดสอบให้ยึดออก และขาดในที่สุด สำหรับการทดสอบโดยการดึงนั้นนิยมนำวัสดุที่มีคุณสมบัติเหนียวมากกว่าวัสดุเปราะ

2.1 ชั้นทดสอบ(Specimens)[2:P32]

ชั้นทดสอบโดยการดึงนั้น จะมีลักษณะภาคตัดขวางหลายแบบคือ อาจจะเป็นวงกลม สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือในกรณีพิเศษอาจจะเป็นรูปอื่นก็ได้ สำหรับชั้นทดสอบที่เป็นโลหะส่วนมากจะเตรียมโดยการกลึงให้มีพื้นที่ภาคตัดขวางกลม หรืออาจจะเตรียมให้มีพื้นที่ภาคตัดขวาง สี่เหลี่ยมมุมฉากก็ได้ ดังรูปที่ 2.1



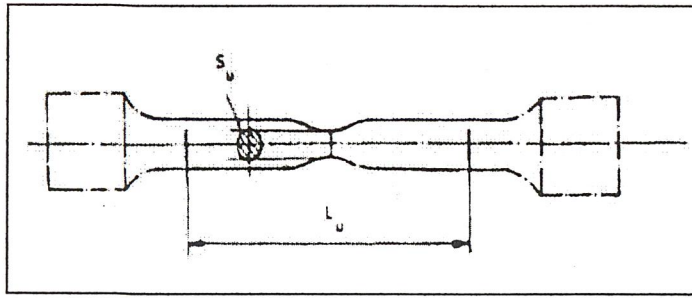
รูปที่ 2.1 ลักษณะชั้นทดสอบภาคตัดขวางกลมและสี่เหลี่ยมมุมฉาก[2:P32]

ส่วนสำคัญต่างๆของชั้นทดสอบ

1. ความยาวพิกัด (Gauge Length) หมายถึง ความยาวระหว่างจุดที่กำหนดขึ้น 2 จุด ในส่วนที่ขนานกันของชั้นทดสอบ เพื่อให้หาความยืดระหว่างการทดสอบ

- ความยาวพิกัดเดิม (L_o) หมายถึง ความยาวพิกัดก่อนการทดสอบ
- ความยาวพิกัดสุดท้าย (L_u) หมายถึง ความยาวพิกัดหลังจากชั้นทดสอบถูกดึงให้ขาด แล้วนำส่วนที่ขาดมาวางต่อเข้าด้วยกันให้สนิทที่สุดในแนวเส้นตรงเดียวกัน ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ลักษณะชิ้นทดสอบภาคตัดขวางกลมหลังจากขาด[2:P33]

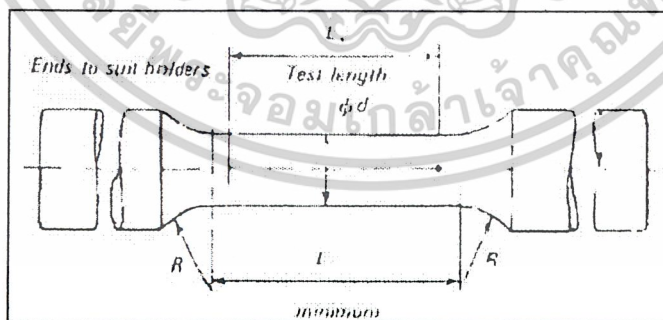
2. ความยาวพิคัดสำหรับเครื่องวัดความยืด (Extensometer gauge length, L_c) หมายถึง ความยาวระหว่างจุดที่กำหนดขึ้น 2 จุด ในส่วนขนานของชิ้นทดสอบ เพื่อใช้สำหรับวัดการยืด โดยเครื่องวัดความยืดความยาวนี้อาจจะแตกต่างจากความยาวพิคัดเดิม (L_0) และอาจจะมีค่าใดก็ได้ที่มากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) หรือความกว้าง (b) ของชิ้นทดสอบแต่ต้องน้อยกว่าความยาวของส่วนขนาน (L_c)

3. สัญลักษณ์และความหมาย

จากรูป 2.1 และ 2.2 จะมีสัญลักษณ์และความหมายในมาตรฐานของชิ้นทดสอบส่วนอื่นๆเพิ่มเติมจากที่ได้กล่าวมาแล้วดังนี้

- a = ความหนาของส่วนขนานของชิ้นทดสอบ
- L_t = ความยาวรวมของชิ้นทดสอบ
- S_0 = พื้นที่ภาคตัดขวางเดิมภายในความยาวพิคัด
- S_u = พื้นที่ภาคตัดขวางน้อยที่สุดหลังจากขาด
- r = รัศมีของบ่าชิ้นทดสอบ

ชิ้นทดสอบมาตรฐาน (Standard specimen) ชิ้นทดสอบต่างๆที่มีรูปทางเรขาคณิตคล้ายกัน และมีความสัมพันธ์ระหว่างความยาวพิคัดและพื้นที่ภาคตัดขวางที่กำหนดไว้ เรียกว่า ชิ้นทดสอบได้สัดส่วน สำหรับชิ้นทดสอบโดยการดึง ก็จัดไว้ในประเภทของชิ้นทดสอบได้สัดส่วนเหมือนกัน และก็มีขนาดกำหนดตามมาตรฐาน



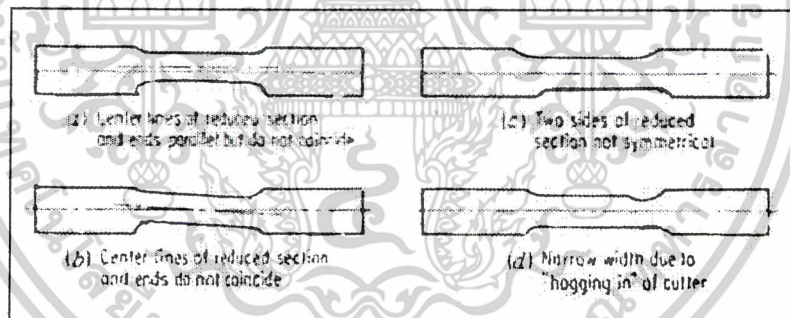
รูปที่ 2.3 ขนาดชิ้นทดสอบโดยการดึงมีภาคตัดขวางกลม[2:P34]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ[2:P34]

การเตรียมชิ้นทดสอบ นับว่าเป็นสิ่งสำคัญมากต่อความถูกต้อง แม่นยำ ของผลการทดสอบ กล่าวคือ ถ้ารูปร่างของชิ้นทดสอบไม่ได้สัดส่วนและขนาดที่ถูกต้อง ก็จะเป็นผลทำให้แรงทดสอบส่งแรงกระทำไม่ได้ตามแนวแกนของชิ้นทดสอบจริงๆ ดังนั้นการเตรียมชิ้นทดสอบจึงมีข้อควรพิจารณาดังนี้

1. การตัดชิ้นทดสอบออกจากชิ้นตัวอย่าง ต้องระวังการเสียรูป และให้เกิดความร้อนน้อยที่สุด ในส่วนที่จะนำไปใช้ทดสอบ ควรหลีกเลี่ยงการตัดด้วยเปลวไฟ วิธีที่ดีที่สุดคือ ใช้เลื่อยตัด และมีการระบายความร้อนด้วย
2. ทิศทางในแนวแกนของชิ้นทดสอบ ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุของมาตรฐานผลิตภัณฑ์นั้นๆ ถ้าทิศทางของแนวแกนไม่ได้ระบุไว้ ให้ตัดชิ้นทดสอบ โดยมีแนวแกนตามยาวตั้งได้ฉากกับทิศทางของการรีดเหล็กครั้งสุดท้าย
3. ผิวของชิ้นทดสอบที่ต้องมีการตกแต่งโดยเครื่องมือกล จะต้องระวังไม่ให้เกิดความร้อนเกินไป หรือเกิดความแข็งโดยทางกล ขอบที่คมต้องลบให้มนและไม่ให้มีรอยเครื่องมือ หรือร่องคานแนวขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่จุดสัมผัสระหว่างส่วนโค้งของปากกับความยาวส่วนขนาน
4. การทำเครื่องหมายความยาวที่กัด เพื่อความสะดวกในการทดสอบ อาจทำเครื่องหมายบนผิวชิ้นทดสอบเป็นเส้นขนานกับแกนยาว ถ้าเป็นชิ้นทดสอบแบนให้ขีดกึ่งกลางความกว้างของชิ้นทดสอบ โดยขีดเป็นเส้นบางๆ ไม่ควรทำเครื่องหมายเป็นรอยลึก ในเนื้อเหล็กที่ไวต่อการแตกร้าวเมื่อมีรอบบาก
5. ในการเตรียมชิ้นทดสอบแบน อาจเกิดข้อผิดพลาดที่ควรระวังเสมอดังรูป



รูปที่ 2.4 ข้อผิดพลาดสำหรับการเตรียมชิ้นทดสอบแบน[2:P35]

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าข้อผิดพลาดสำหรับการเตรียมชิ้นทดสอบแบนในหลายลักษณะแต่ละรูป คือ

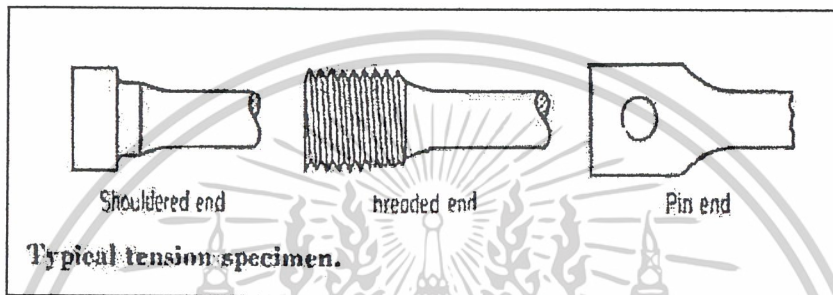
- a) เส้นศูนย์กลางของส่วนขนานและปลายยึดของชิ้นทดสอบขนานกัน แต่ไม่ทับกัน
- b) เส้นศูนย์กลางของส่วนขนานและปลายยึดของชิ้นทดสอบไม่ทับกัน
- c) ด้านทั้งสองของส่วนขนาน ไม่สมมาตรกัน
- d) เกิดร่องแคบตามแนวขวางระหว่างส่วนโค้งของปากกับความยาวส่วนขนาน เนื่องจากอุปกรณ์ตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ลักษณะการยึดชิ้นทดสอบ[2:P35]

การยึดชิ้นทดสอบโดยการดึงนั้น จะต้องยึดด้วยวิธีที่เหมาะสมว่าจะใช้อุปกรณ์ใดยึดชิ้นทดสอบ และวิธีไหนจึงจะสะดวก ข้อสำคัญในการยึดชิ้นทดสอบ คือต้องพยายามอย่างดีที่สุดที่จะทำให้แรงทดสอบกระทำอยู่ในแนวแกนของชิ้นทดสอบ และจะต้องมีความแน่ใจในคว่าอุปกรณ์จับยึดชิ้นทดสอบมีความแข็งแรงเพียงพอต่อแรงกระทำจนชิ้นทดสอบขาด

สำหรับวิธียึดชิ้นทดสอบมีอยู่หลายวิธี เช่น ใช้ลิ่มยึด เกลียวยึด บ่ายึด โดยแต่ละวิธียึดชิ้นทดสอบนั้นจะต้องไม่เกิดการบิดแกว่ง หรือเกิดการตักโค้งขณะที่ทำการทดสอบ ดังนั้นตรงปลายยึดชิ้นทดสอบจึงต้องมีการเตรียมให้มีรูปร่างลักษณะยึดตามวิธีเหมาะสมดังรูป

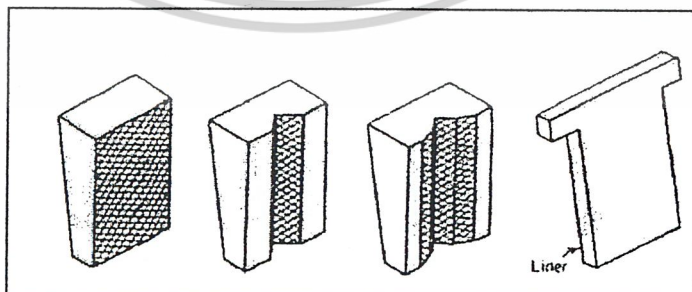


รูปที่ 2.5 ลักษณะปลายยึดชิ้นทดสอบโดยการดึง[2:P35]

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าลักษณะปลายยึดชิ้นทดสอบจะถูกเตรียมได้หลายแบบ ดังนี้คือ

1. ปลายยึดแบบบ่า(Shouldered end)
2. ปลายยึดแบบเกลียว(Thread end)
3. ปลายยึดแบบเจาะรูใส่สลัก(Pin end)

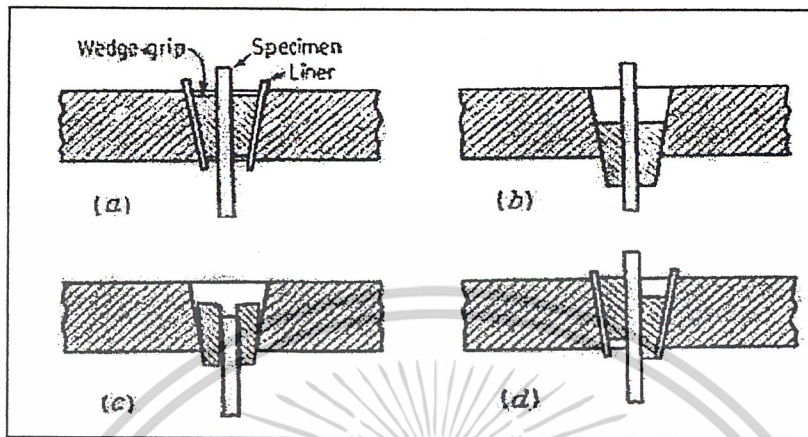
อุปกรณ์สำหรับการยึดชิ้นทดสอบนั้นมีอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมหรือสะดวกต่อการใช้และสะดวกต่อการเตรียมปลายยึดชิ้นทดสอบนั้นก็คือ ลิ่มยึด (Wedge grips) การยึดด้วยวิธีใช้ลิ่มยึดนั้นเหมาะสำหรับกับชิ้นทดสอบที่เป็นโลหะเหนียวมากกว่าโลหะเปราะ เพราะการยึดชิ้นทดสอบโลหะเปราะจะทำให้ผิวแตกและอาจจะเกิดการดึงขาดใกล้บริเวณที่จับยึดชิ้นทดสอบก็ได้



รูปที่ 2.6 ลักษณะลิ่มยึดที่ใช้ยึดชิ้นทดสอบโดยการดึง[2:P36]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิมยึดจากรูปจะเห็นว่าทั้งลิมยึดหน้าราบที่ใช้ยึดชิ้นทดสอบแบน และลิมยึดร่องควิวี่ที่ใช้ยึดชิ้นทดสอบแบบกลมเรียบ การปรับยึดชิ้นทดสอบสามารถปรับแต่งได้ง่ายโดยใช้แผ่นรอง (Liner) ซึ่งจะช่วยให้ยึดชิ้นทดสอบในแนวแกนศูนย์กลางของเครื่องทดสอบ และลักษณะการยึดชิ้นทดสอบด้วยลิมยึดที่ถูกต้องดังรูป 2.7

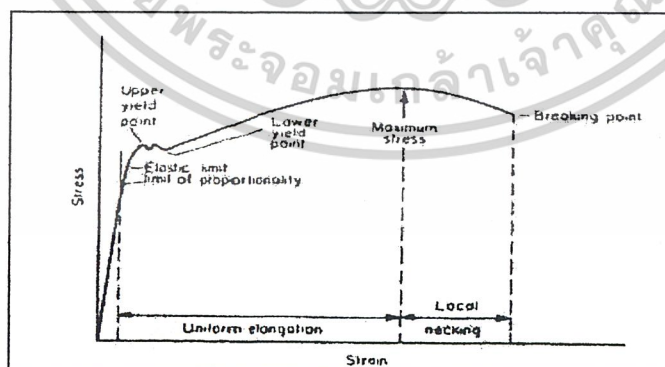


รูปที่ 2.7 ลักษณะการยึดชิ้นทดสอบด้วยลิมยึด
(a)ลักษณะการยึดที่ถูกต้อง(b),(c),(d) ลักษณะการยึดที่ผิด [2:P36]

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด[2:P36]

ในการทดสอบโดยการดึงนั้น จะทำให้เกิดความเค้นและความเครียดในชิ้นทดสอบแล้วก็นำค่าทั้งสองนี้มาเขียนแผนภาพ โดยให้ค่าทางแกนนอนแทนความเครียด แกนตั้งแทนความเค้นแผนภาพนี้จึงเป็นแผนภาพความเค้น-ความเครียด (Stress – strain diagram) แต่ในการทดสอบจริงนั้น แผนภาพที่เขียนจากเครื่องทดสอบจะเป็นแผนภาพของแรงกับการยึด ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับแผนภาพความเค้นกับความเครียด

สำหรับแผนภาพความเค้นกับความเครียด จะมีส่วนต่างๆที่สำคัญแสดงถึงคุณสมบัติทางกลของวัสดุเป็นช่วงๆ ดังรูป



รูปที่ 2.8 แผนภาพความเค้น-ความเครียดของเหล็กกล้า[2:P37]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

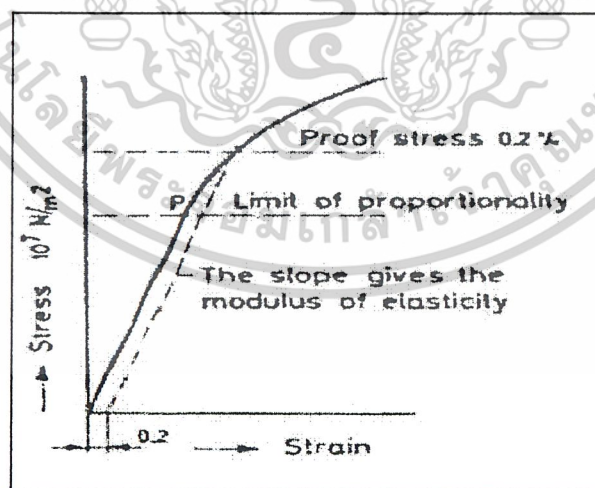
พิกัดความเป็นสัดส่วน (Proportion limit) หมายถึง ค่าความเค้นสูงสุดที่วัสดุรับไว้ได้ โดยที่ความเค้นยังเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเครียด ดังนั้นกราฟในช่วงแรกนี้จะเป็นเส้นตรง และวัสดุยังคงลักษณะตามกฎของฮุกส์

พิกัดความยืดหยุ่น (Elastic limit) หมายถึง พฤติกรรมของวัสดุที่ได้รับความเค้น ซึ่งอยู่ภายในช่วงของการคืนรูป ไม่เกิดการแปรรูปอย่างถาวร คือเมื่อปล่อยแรงดึง วัสดุก็จะหดกลับสู่สภาพเดิม ในการทดสอบบางครั้งการที่จะกำหนดพิกัดความยืดหยุ่นให้กราฟทำได้ยาก เพราะโลหะหรือวัสดุบางชนิดจะมีพิกัดความยืดหยุ่นเกือบจะเป็นตำแหน่งเดียวกันในกราฟ แต่โดยส่วนมากแล้ว พิกัดความยืดหยุ่นจะอยู่เหนือพิกัดความเป็นสัดส่วนเล็กน้อย ดังรูป 2.8

จุดคราก (Yield point) เมื่อวัสดุได้รับแรงกระทำเกินพิกัดความยืดหยุ่น ก็จะเกิดการแปรรูปอย่างถาวรจนถึงจุดหนึ่งที่ทำให้วัสดุแปรรูปง่ายคือ อัตราการตัวจะสูงกว่าตอนแรก เมื่อเป็นเช่นนี้วัสดุจะแปรรูปทั้งๆที่ความเค้นคงที่ซึ่งเรียกที่จุดนี้ จุดครากบน (Upper yield point) สำหรับเหล็กกล้าแล้วในช่วงนี้จะมีอัตราการยืดตัวสูงมาก เร็วกว่าแรงดึงขณะทดสอบจะเพิ่มขึ้นได้ทันที จึงเหมือนว่า การดึงในช่วงนี้ใช้แรงดึงน้อยกว่าเดิม จึงมีจุดครากล่าง (lower yield stress) ในแผนภาพดังรูป 2.8 ซึ่งปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นกับวัสดุที่มีความเหนียวมาก เช่น เหล็กกล้าหรืออะลูมิเนียม เท่านั้น

ความเค้นคราก (Yield stress) หมายถึง ความเค้นที่จุดคราก และความเค้นนี้จะทำให้วัสดุแปรรูปอย่างถาวร และดำเนินต่อไปด้วยความเค้นซึ่งเกือบคงที่ สำหรับเหล็กกล้าจะมีทั้งความเค้นครากบน (Upper yield stress) และความเค้นครากล่าง (lower yield stress)

ความเค้นพิสูจน์ (Proof stress) สำหรับโลหะหลายชนิด เช่น อะลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง และเหล็กหล่อจะมีแผนภาพ ความเค้น-ความเครียด ที่ไม่แสดงจุดครากให้เห็น ดังนั้นการกำหนดความเค้นครากก็ทำได้ยาก แต่ก็อาศัยคุณสมบัติที่เรียกว่า ความเค้นพิสูจน์ แทนได้ ซึ่งหมายถึงความเค้นที่วัดโดยกำหนดให้มีการแปรรูปถาวรค่าหนึ่ง ซึ่งส่วนมากจะใช้ 0.2% strain แล้วก็กำหนดค่านี้บนแกนความเครียดในแผนภาพความเค้น-ความเครียด แล้วก็ลากเส้นตรงขนานกับส่วนที่เป็นเส้นตรงในช่วงพิกัดความเป็นสัดส่วน ไปตัดกับเส้นกราฟที่ได้ ก็จะเป็นค่าความเค้นพิสูจน์หรือความเค้นครากด้วยดังรูป 2.9



รูปที่ 2.9 การหาค่าความเค้นพิสูจน์ [2:P39]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแข็งแรงสูงสุด (Ultimate strength) หมายถึง ความเค้นสูงสุด (Maximum stress) ที่วัสดุรับไว้ได้ก่อนที่จะขาดแตก หรือหัก ในทางวิศวกรรมบางทีก็เรียกว่า ความแข็งแรงดึงสูงสุด (ultimate tensile strength) ความแข็งแรงอัดสูงสุด (ultimate compressive strength) แล้วแต่ลักษณะของแรงที่มากระทำกับวัสดุนั้น ถ้าดูในแผนภาพความเค้น-ความเครียดของเหล็กกล้า จะพบว่าค่าความแข็งแรงสูงสุด จะอยู่ที่จุดสูงสุดของกราฟ ถัดจากจุดนี้ไปค่าความเค้นจะลดลงเรื่อยๆและจะเริ่มสังเกตว่าเกิดการคอดตัวของพื้นที่หน้าตัด จนในที่สุดวัสดุจะขาดหรือแตกหักที่จุดแตกหัก(breaking point) แล้วเรียกความแข็งแรงที่จุดวัสดุแตกหักว่า Breaking strength

เปอร์เซ็นต์ความยืด (Percent elongation) หมายถึง ความยืดถาวรของความยาวที่วัดหลังจากขึ้นทดสอบคิดเป็นร้อยละของความยาวที่วัดเดิม ดังนั้น

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความยืด} = \frac{Lu - Lo}{Lo} \times 100$$

ในเมื่อ Lo = ความยาวที่วัดเดิม
 Lu = ความยาวที่วัดเดิม

การลดลงของพื้นที่หน้าตัด (Reduction in area) หมายถึง การที่พื้นที่ภาคตัดขวางของชิ้นทดสอบลดลงมากที่สุดหลังจากขึ้นทดสอบขาด โดยการคิดเป็นร้อยละของพื้นที่ภาคตัดขวางเดิม ดังนั้น

$$\text{การลดลงของพื้นที่หน้าตัด} = \frac{So - Su}{So} \times 100$$

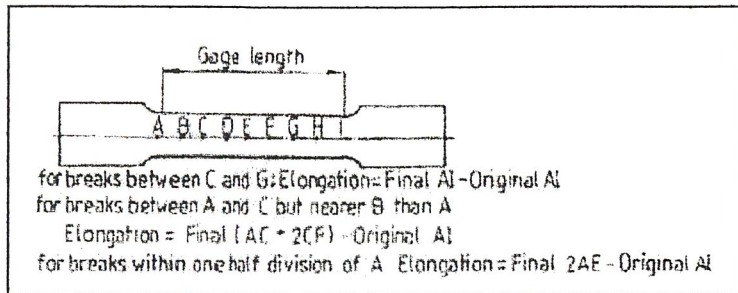
ในเมื่อ So = พื้นที่ภาคตัดขวางเดิมภายในความยาวที่วัด
 Su = พื้นที่ภาคตัดขวางน้อยที่สุดหลังจากขาด

2.5 ข้อควรสังเกตการทดสอบโดยการดึง[2:P40]

ในขณะที่ทำการทดสอบโดยการดึงกับเครื่องทดสอบที่มียางทำงานแบบอัตโนมัติ ก็จะสะดวกต่อการบันทึกข้อมูลได้ถูกต้อง แต่ถ้าทำการทดสอบกับเครื่องมือแบบง่ายๆธรรมดา ก็ต้องใช้ข้อสังเกตหลายอย่าง เช่น ความเร็วในการทดสอบความเค้น ความเครียด ค่าความยืด การลดลงของพื้นที่หน้าตัด ความแข็งแรงดึงสูงสุด และรอยแตกหักที่ข้อขาดของชิ้นทดสอบ เป็นต้น

2.5.1 ความยืด (Elongation)

ความยืดของชิ้นทดสอบภายหลังที่ถูกดึงจนขาดแล้ว วัดได้จากกการนำชิ้นทดสอบมาวางต่อเข้าด้วยกันให้สนิทที่สุดในแนวเส้นตรง แต่ต้องพิจารณาถึงตำแหน่งที่ชิ้นทดสอบขาดด้วย คือ ถ้าขาดใกล้กับส่วนปลายยึดชิ้นทดสอบซึ่งจะไม่อยู่ในช่วงของความยาวที่วัด ก็ต้องทำการทดสอบใหม่ และถ้าขาดในช่วงต่างๆของความยาวที่วัด ก็ให้วัดความยืดโดยวิธีประมาณ ตามรูปที่เสนอแนะมาดังนี้



รูปที่ 2.10 การหาค่าความยืดโดยวิธีประมาณ[2:P40]

จากรูปจะเห็นว่า ได้แสดงการหาค่าความยืดโดยวิธีประมาณ ตามลักษณะตำแหน่งการขาดของชิ้นทดสอบในช่วงต่างๆของความยาวพิคคังนี้

1. ขาดระหว่างจุด C และ G

$$\text{ความยืด} = \text{ความยาวสุดท้าย AI} - \text{ความยาวเดิม AI}$$

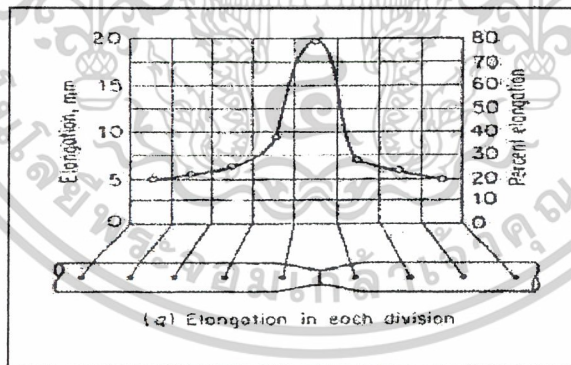
2. ขาดระหว่างจุด A และ C แต่ใกล้ B มากกว่า A

$$\text{ความยืด} = \text{ความยาวสุดท้าย (AC + 2CF)} - \text{ความยาวเดิม AI}$$

3. ขาดภายในครึ่งของช่วง A

$$\text{ความยืด} = \text{ความยาวสุดท้าย 2AE} - \text{ความยาวเดิม AI}$$

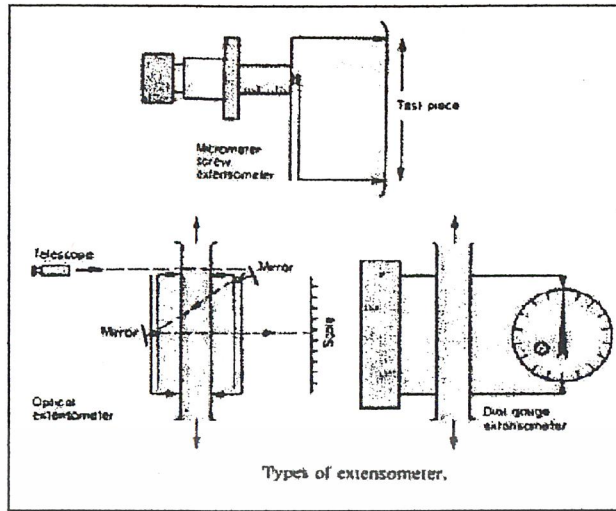
จากการทดสอบ โดยการดึง โลหะเหนียวขึ้นนั้น ส่วนมากเปอร์เซ็นต์ความยืดหรือความยืดจะเกิดขึ้นมาตรงบริเวณจุดขาดของชิ้นทดสอบ เพราะโลหะเหนียวจะถูกดึงยืดออกจนเกิดคอคอดแล้วก็ขาดในที่สุด สำหรับความยืดของแต่ละช่วงบนความยาวพิคคังชิ้นทดสอบที่เป็นเหล็กกล้า จะมีลักษณะดังรูป 2.11



รูปที่ 2.11 ความยืดในแต่ละช่วงบนความยาวพิคคัง[2:P41]

ในการทดสอบ โดยการดึงนั้น ถ้าต้องการวัดความยืดให้ได้ผลที่ถูกต้องแน่นอนก็ต้องใช้อุปกรณ์วัดการยืด เรียกว่า เครื่องวัดการยืด (Extensometers) ซึ่งมีลักษณะดังรูป 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

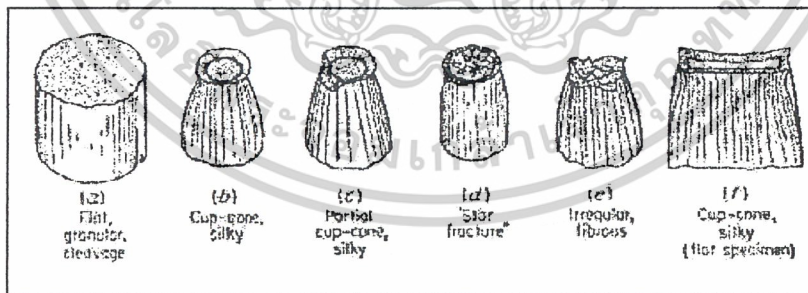


รูปที่ 2.12 ชนิดของเครื่องวัดการยืด[2:P41]

เครื่องวัดการยืดนี้ จะถูกนำไปประกอบกับชิ้นทดสอบตรงส่วนที่เป็นความยาวพิคัดสำหรับเครื่องวัดการยืด จากรูปจะเห็นว่าเครื่องวัดการยืดมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ และทุกแบบนี้จะต้องมีความไวในการวัดความยาวพิคัดของชิ้นทดสอบที่เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็ตาม เครื่องวัดการยืด โดยทั่วไปจะเป็นแบบไมโครมิเตอร์วัดหรือแบบอ่านค่าความยืดจากนาฬิกาวัด หรือแบบ โลหะสองแท่งประกอประกกันแล้ว มีกระจกสะท้อนแสง ซึ่งเครื่องวัดการยืดแบบนี้สามารถอ่านได้ละเอียดมาก

2.5.2 ลักษณะรอยแตกขาดของชิ้นทดสอบ

โดยทั่วไปลักษณะรอยแตกขาดของชิ้นทดสอบภายหลังการดึง มีอยู่ด้วยกันหลายแบบและหลายลักษณะด้วยกัน ดังรูป



รูปที่ 2.13 ลักษณะรอยแตกขาดของชิ้นทดสอบแบบต่างๆ [2:P42]

สำหรับโลหะบางชนิดจะมีรอยแตกขาดภายหลังการทดสอบที่แน่นชัด เช่น เหล็กกล้าจะมีรอยแตกขาดเป็นแบบถ้วยและกรวย(Cup-cone) เหล็กหล่อจะมีลักษณะรอยแตกขาดเป็นแบบหน้าราบ (Mat) และโลหะที่ผ่านการทำงานแบบเย็น หรือ โลหะที่มีความเค้นหลงเหลือภายใน เนื่องจากผ่านขบวนการอบชุบมาจะมีลักษณะรอยแตกขาดแบบstar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

fracture ดังรูป d เหตุนี้เองการพิจารณาลักษณะรอยแตกขาดของชิ้นทดสอบก็พอที่จะทำนายได้ว่า โลหะใดเหนียวหรือเปราะหรือมีความแข็งแรงต่ำ

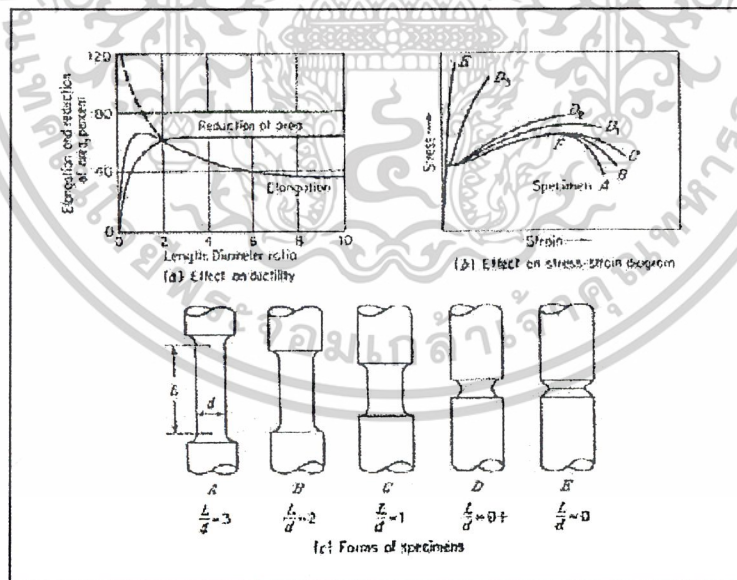
บางครั้งโลหะจะมีรอยแตกขาดที่ไม่สมมาตรกัน อันเนื่องจากแรงทดสอบไม่ได้กระทำตามแนวแกนชิ้นทดสอบ หรืออาจจะเกิดจากโลหะมีความบกพร่องต่างๆอยู่ภายใน เช่น รูพรุน สลัก และสิ่งเจือปน เป็นต้น

2.6 ผลกระทบอื่นที่มีต่อผลการทดสอบ[2:P43]

จุดประสงค์ของการทดสอบโดยการดึง ก็เพื่อต้องการทราบผลการทดสอบซึ่งแสดงคุณสมบัติของวัสดุ แต่ในบางครั้งผลทดสอบที่ได้อาจจะเปลี่ยนแปลงไป ทั้งๆที่วัสดุนั้นมีคุณภาพหรือมีเนื้อเดียวกันตลอดทั้งชิ้นทดสอบ การที่เป็นเช่นนี้ก็อาจเนื่องมาจากผลกระทบอื่น เช่น เปลี่ยนแปลงขนาดรูปร่างชิ้นทดสอบ หรือเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทดสอบ หรืออุณหภูมิที่ขณะทำการทดสอบ เป็นต้น และผลกระทบอื่นที่มีผลการทดสอบโดยการดึงนั้นพอสรุปได้ดังนี้

เปลี่ยนแปลงขนาดรูปร่างชิ้นทดสอบ จากการทดลองกำหนดให้ชิ้นทดสอบมีความยาวพิคัด $L_0 = k\sqrt{S_0}$ คือพื้นที่ภาคตัดขวางเดิมในความยาวพิคัด และ k คือค่าคงที่สำหรับชนิดของชิ้นทดสอบ ความยืดหยุ่นมีค่าคงที่ด้วย ชิ้นทดสอบมาตรฐานโดยทั่วไปจะกำหนดความยาวพิคัด $L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$ หรือ $L_0 \approx 5d$

แต่จากการเตรียมชิ้นทดสอบ โลหะเหนียวชนิดหนึ่งให้มีอัตราส่วนความยาวพิคัดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (L/d) มีค่าต่างๆกัน ตามรูป c แล้วศึกษาว่าอัตราส่วน L/d ดังกล่าวจะมีผลต่อทั้งความยืดและการลดลงของพื้นที่หน้าตัด ดังรูป 2.14



รูปที่ 2.14 การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงและความเหนียวเมื่อเปลี่ยนรูปร่างชิ้นทดสอบ[2:P43]

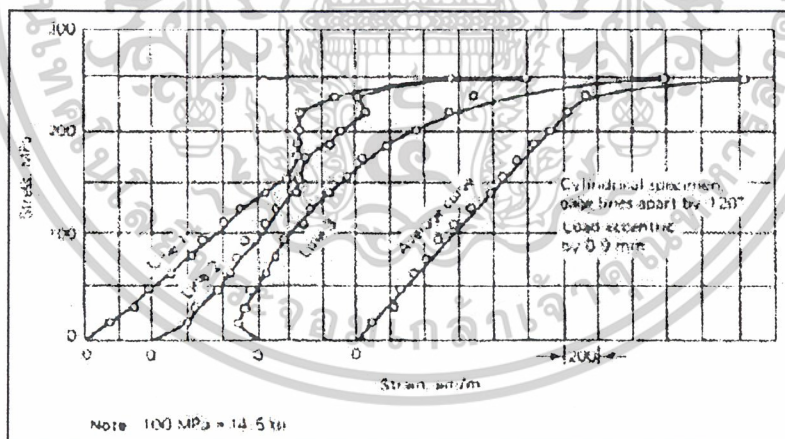
จากรูป a จะเห็นว่าสำหรับค่า L/d ที่มีค่ามากกว่า 2 จะไม่มีผลกระทบต่อ ทั้งการลดลงของพื้นที่หน้าตัดและความยืด แต่ถ้า L/d มีน้อยกว่า 2 จะทำให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของพื้นที่หน้าตัดและความยืดลดลงมาถึงศูนย์เปอร์เซ็นต์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยืดไม่มีโอกาสสูงขึ้นตามเส้น โคง์ประได้โดย ซึ่งหมายความว่าผลกระทบต่อคุณสมบัติทางด้านความเหนียวนั้นเอง

สำหรับรูป b ถ้าอัตราส่วน L/d มีค่ามากกว่า 1 จะไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงสูงสุด (maximum strength) ที่จุด F แต่จะมีผลกระทบต่อส่วนโค้งที่ถัดจากจุด F ไป คือ ถ้าอัตราส่วน L/d ยังมีค่าน้อยหรือขึ้นทดสอบมีความยาวพิคคิน้อย ส่วนโค้งที่ถัดจากจุด F จะสูงขึ้น นั่นหมายถึง ความแข็งแรงที่จุดวัสดุแตกหัก (breaking strength) จะเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะขึ้นทดสอบที่มีอัตราส่วน $L/d = 0$ จะทำให้แผนภาพความเค้น – ความเครียดเหมือนกับเส้นกราฟ E ซึ่งแสดงพฤติกรรมของโลหะเปราะ คือ เกิดการยืดหรือเปลี่ยนแปลงรูปไปได้น้อย โลหะก็จะขาดออกจากกัน

สำหรับรูป c จะเห็นว่าอัตราส่วน L/d ที่มีค่า 0 นั้นจะไม่ใช้ความยาวพิคคิน แต่กลับจะเป็นร่องบาก (notch) บนขึ้นทดสอบ ร่องบากนี้จะเป็บริเวณรวมของความเค้น (stress concentration) ซึ่งจะทำให้เกิดการขาดที่ร่องบากนี้ ขึ้นทดสอบที่มีลักษณะนี้นั้น เวลานำไปทดสอบจะสามารถรับความแข็งแรงได้เพิ่มขึ้น แต่ความยืดจะลดลงทั้งๆที่เป็นวัสดุหรือโลหะเหนียว ตัวอย่างในการทดสอบโดยการดึงเหล็กกล้าคาร์บอนผสมสูง ที่ถูกเตรียมเป็นขึ้นทดสอบมาตรฐาน ผลการทดสอบว่ามีความต้านทานแรงดึงสูงสุด 703Mpa แต่ถ้าเตรียมขึ้นทดสอบให้มีลักษณะเป็นร่องบากสี่เหลี่ยมขนาดร่องกว้าง 0.8 มิลลิเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ฐานร่องบาก เท่ากับขึ้นทดสอบมาตรฐาน ภายหลังการทดสอบพบว่ามีความต้านแรงดึงสูงเพิ่มขึ้นกว่าเดิมเป็น 1124 Mpa แต่สำหรับ โลหะเปราะนั้นร่องบากที่เตรียมบนขึ้นทดสอบนั้นกลับจะเป็นเหตุทำให้ถูกลดความแข็งแรงลงไป

การเยื้องศูนย์กลาง (Eccentricity) การเยื้องศูนย์กลาง หมายถึงขณะที่ทำการดึงขึ้นทดสอบในบางครั้งการจับยึดขึ้นทดสอบ ไม่ถูกต้อง ก็จะเป็นผลทำให้ความเค้นดิ่งที่เกิดขึ้นในขึ้นทดสอบกระจายไม่ทั่วทั้งพื้นที่ภาคตัดขวาง เนื่องจากแรงดิ่งทดสอบไม่สามารถกระทำตามแนวแกนขึ้นทดสอบได้ และก็จะทำให้พิคคความเป็สัดส่วนในแผนภาพความเค้น – ความเครียด ที่ได้จากการทดสอบมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง ดังรูป 2.15



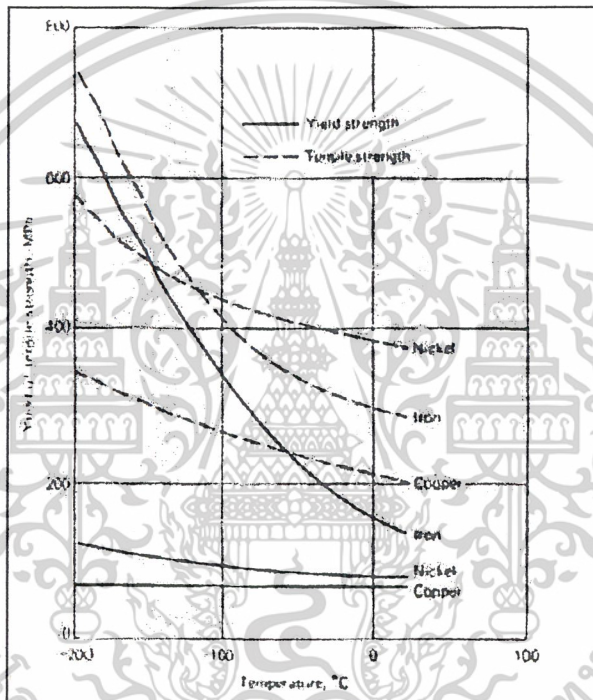
รูปที่ 2.15 ผลกระทบของการให้แรงดิ่งเยื้องศูนย์กลางต่อความเครียด[2:P45]

ดังนั้นการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติความยืดหยุ่นของวัสดุจะต้องมีความระมัดระวังมาก คืออย่าให้เกิดการดึงอย่างเยื้องศูนย์กลางขึ้นขณะทำการทดสอบเป็นอันขาด เพราะจะทำให้ผลการสอบผิดพลาดไปได้ การเยื้องศูนย์กลางขณะดิ่งนั้นจะไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของโลหะเหนียว แต่จะมีผลกระทบต่อความแข็งแรงของโลหะเปราะมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วทดสอบ (Test speed) ความเร็วทดสอบ หมายถึง ความเร็วขณะทำการทดสอบ โดยการดึง ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณสมบัติความต้านทานแรงดึงของวัสดุ คือถ้าเพิ่มความเร็วในการดึงขึ้นทดสอบจะทำให้เพิ่มความแข็งแรงดึงขึ้นแต่ความเหนียวจะมีแนวโน้มลดลง ความเร็วขณะทำการทดสอบ โดยการดึงนี้จะมีผลกระทบที่ปรากฏเด่นชัดมากสำหรับ โลหะที่มีอุณหภูมิหลอมละลายต่ำ เช่น ตะกั่ว สังกะสี พลาสติก แต่ถ้าเป็น โลหะที่มีอุณหภูมิหลอมละลายสูง เช่น เหล็กกล้า จะมีผลกระทบน้อยกว่า

การทดสอบที่อุณหภูมิต่ำ (Test at low Temperatures) ในบางครั้งก็มีความจำเป็นที่ต้องทำการทดสอบ โดยการดึงที่อุณหภูมิต่ำมาก เพราะบาง โอกาสวัสดุถูกนำไปใช้งาน ในบริเวณที่มีอากาศหนาว โดยส่วนมาก โลหะจะมีความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ แต่ความแข็งแรงที่จุดคราก (Yield strength) ไม่ได้เพิ่มขึ้นในระดับเดียวกับความต้านทานแรงดึงที่เพิ่มขึ้น ดังรูป 2.16



รูปที่ 2.16 อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความต้านทานแรงดึงและความแข็งแรงที่จุดคราก[2:P46]

2.7 การทดสอบแรงดึงและแผนภาพความเค้นความเครียดวิศวกรรม(The Tensile Test and Engineering Stress – Strain Diagram) [3:P162]

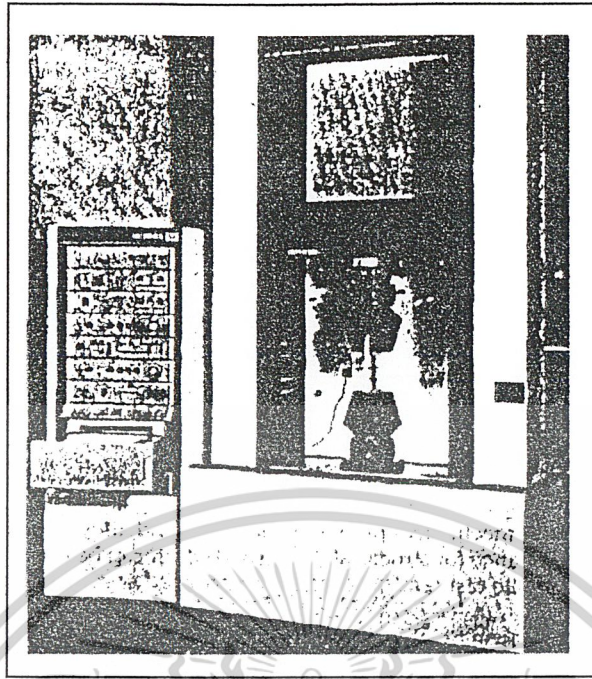
การทดสอบแรงดึงของวัสดุมีประสงค์เพื่อที่จะหาค่าทางกลของวัสดุเมื่อมีแรงประเภทแกนเดียวและกระจายสม่ำเสมอ ทั้งพื้นที่หน้าตัดของแท่งทดสอบ โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง(Tensile testing machine)

ระหว่างการทดสอบ แรงที่ใช้ในการดึงวัสดุจะถูกบันทึกไว้บนแผ่นกระดาษกราฟ ซึ่งเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา ในขณะที่เดียวกันค่าความเครียดที่สมนัยกับแรงคงจะถูกบันทึกไว้บนกระดาษกราฟเช่นเดียวกัน ค่าความเครียดได้มาจากสัญญาณจากเครื่องวัดการยืดตัวไว้กับชิ้นงานทดสอบ รูปที่ 2.18 เป็นรูปแสดงหลักการการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดึง

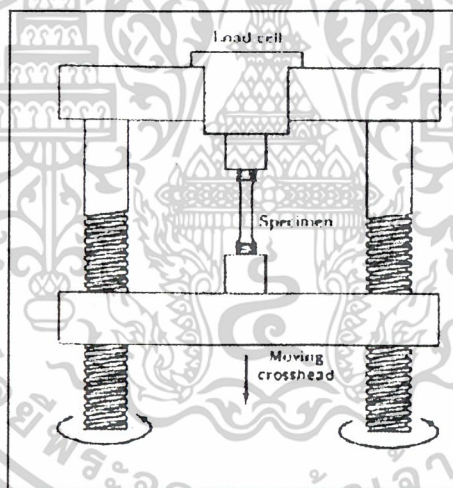
การทดสอบจะใช้ชิ้นทดสอบแรงดึงมีรูปร่างลักษณะต่างๆกันตามมาตรฐาน DIN,ASTM,JIS,BS ซึ่งจะกำหนดรูปร่างและขนาดไว้อย่างละเอียดคงแสดงไว้ในรูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



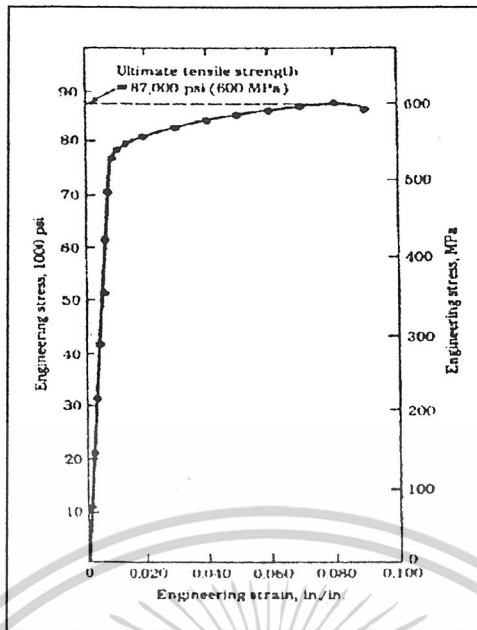
รูปที่ 2.17 เครื่องทดสอบแรงดึง[3:P163]



รูปที่ 2.18 หลักการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดึง[3:P163]

ข้อมูลของแรงที่ได้จากการบันทึก สำหรับการทดสอบแรงดึงสามารถแปลงเป็นความเค้นวิศวกรรม และพลอตค่าความเค้นกับความเครียด รูปที่ 2.20 แสดงแผนภาพความเค้น – ความเครียดวิศวกรรมสำหรับเหล็กกล้าละมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงแผนภาพความเค้น – ความเครียดสำหรับโลหะผสมอลูมิเนียมที่มีความแข็งแรงสูง[3:P164]

2.7.1 คุณสมบัติทางกลที่ได้จากการทดสอบแรงดึงและแผนภาพความเค้น – ความเครียด (Mechanical Property Data Obtained From The tensile Test and Stress – Strain Diagram)[3:P165]

คุณสมบัติทางกลของโลหะและโลหะผสมซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบโครงสร้างซึ่งสามารถหาได้จาก การทดสอบแรงดึงคือ

1. โมดูลัสของความยืดหยุ่น
2. ความแข็งแรงล้า
3. กำลังรับแรงดึงประลัย
4. เปอร์เซ็นต์การยืดที่จุดขาด
5. เปอร์เซ็นต์การลดของพื้นที่หน้าตัดที่จุดขาด

โมดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

ในการทดสอบแรงดึงของโลหะเมื่อมีแรงดึงกระทำต่อชิ้นงานทดสอบจะเกิดการยืดตัวออกและถ้าปล่อยแรงดึง ออก ชิ้นงานนั้นก็จะกลับคืนสู่สภาพเดิม สำหรับโลหะ การเสียรูปแบบคืนรูป ได้มากที่สุดปกติจะน้อยกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยทั่วไปแล้วสำหรับโลหะผสมจะมีความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดในช่วงการคืนรูปของแผน ภาพความเค้น – ความเครียดวิศวกรรม ซึ่งเป็นไปตามกฎของฮุคส์ (Hooke’s law)

$$\sigma \text{ (ความเค้น)} = E \epsilon \text{ (ความเครียด)} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \text{ (หน่วยเป็น Pa หรือ psi)}$$

เมื่อ E คือ โมดูลัสของความยืดหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

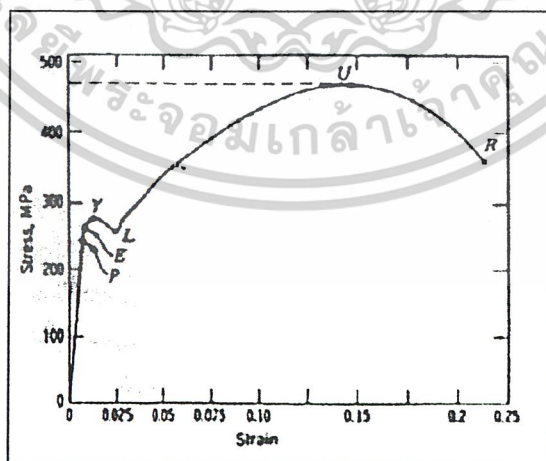
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โมดูลัสของความยืดหยุ่นจะสัมพันธ์กับความแข็งแรงของพันธะระหว่างอะตอมในโลหะทองแดงและโลหะผสม ตามตารางที่ 2.1 เป็นค่า โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโลหะบางชนิด โลหะที่มีค่า โมดูลัสของความยืดหยุ่นสูงจะมีความแข็งตึง (Stiffness) สูงตัวอย่างเช่นเหล็กกล้าจะมีค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นสูงประมาณ 30×10^6 psi (207 GPa) ในขณะที่อะลูมิเนียมผสมมีค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นประมาณ 10 ถึง 11×10^6 psi (69-67 GPa) จะสังเกตเห็นว่าในช่วงการคืนรูป จะมีค่าคงที่

ตารางที่ 2.1 โมดูลัสของความยืดหยุ่นของโลหะและโลหะผสมบางชนิด[3:P165]

Material	Modulus of elasticity, 10^{-6} psi (GPa)	Shear modulus, 10^{-6} psi (GPa)	Poisson's ratio
Aluminum alloys	10.5 (72.4)	4.0 (27.5)	0.31
Copper	16.0 (110)	6.0 (41.4)	0.33
Steel (plain carbon and low-alloy)	29.0 (200)	11.0 (75.8)	0.33
Stainless steel (18-8)	28.0 (193)	9.5 (65.6)	0.28
Titanium	17.0 (117)	6.5 (44.8)	0.31
Tungsten	58.0 (400)	22.8 (157)	0.27

ความแข็งแรงต่ำ (yield strength) ค่าความแข็งแรงต่ำมีความสำคัญมากในการออกแบบโครงสร้างในทางวิศวกรรม เพราะว่าเป็นความแข็งแรงที่ซึ่งในเชิงแรงที่ซึ่งโลหะหรือโลหะผสมแสดงนัยสำคัญ ของการเสียรูปแบบคงรูป ค่าความแข็งแรงต่ำ สามารถสังเกตเห็น ได้ชัดจาก แผนภาพความเค้น - ความเครียด ของเหล็กกล้าอะลูมิเนียม รูปที่ 2.20 จุด y คือจุดที่แสดงค่าความแข็งแรงต่ำ แต่สำหรับ โลหะบางชนิด เมื่อทดสอบแรงดึงแล้วพลอตแผนภาพความเค้น-ความเครียด ในแผนภาพจะไม่แสดงจุด ล้า(yield point)อย่างเด่นชัด เช่น แผนภาพความเค้น - ความเครียดของโลหะผสมอะลูมิเนียมความแข็งแรงสูงรูปที่ 2.19

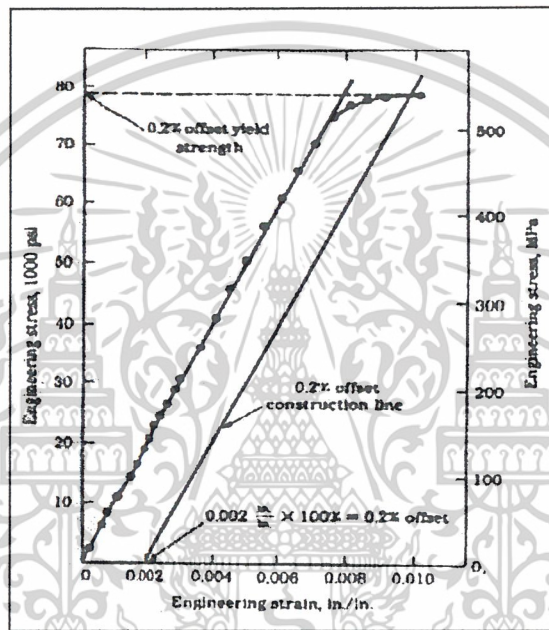


รูปที่ 2.20 แผนภาพความเค้น - ความเครียด สำหรับเหล็กกล้าอะลูมิเนียมในการทดสอบแรงดึง[3:P166]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีเช่นนี้ เมื่อความเครียดคงรูป จะเริ่มเกิดขึ้นดังนั้นจึงกำหนดจุดด้าวไว้ที่ความแข็งแรง เมื่อมีปริมาณของความเครียดคงรูป เกิดขึ้นแน่นอนค่าหนึ่งโดยทั่วไป และจะกำหนดความแข็งแรงด้าวไว้ที่จุด ซึ่งเมื่อเกิดความเครียดแบบคงรูป 0.2 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปแผนภาพความเค้นความเครียด รูปที่ 2.21

ค่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ความแข็งแรงด้าว อาจจะเรียกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ ออฟเซ็ท ความแข็งแรงด้าว ซึ่งหาได้จากแผนภาพความเค้น – ความเครียด รูปที่ 2.21 โดยการลากเส้นจากจุดที่มีความเครียด 0.002 in/in(mm/mm)ขนานไปกับส่วนที่แสดงการคืนรูป(ช่วงเป็นเส้นตรง) และตัดกับส่วนที่พ้นจากช่วงการคืนรูป(ช่วงเป็นเส้นตรง)และตัดกับส่วนที่พ้นจากช่วงการคืนรูปของเส้นโค้งของความเค้น – ความเครียด จากจุดตัดนี้ลากเส้นในแนวระดับไปตัดแนวแกนความเค้นในกรณีของ รูปที่ 2.21 จะได้ค่าความแข็งแรงด้าวเท่ากับ 78000 psi ในบางแห่งเช่น ในอังกฤษใช้ค่าความแข็งแรงด้าวเท่ากับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ออฟเซ็ท ความแข็งแรงด้าว



รูปที่ 2.21 แผนภาพความเค้น – ความเครียด แสดงส่วนที่เป็นเส้นตรงของรูปที่ 2.20 ขยายแกนความเครียด เพื่อที่จะหา 0.2 เปอร์เซ็นต์ ออฟเซ็ท ความแข็งแรงด้าวได้ละเอียดขึ้น[3:P167]

กำลังรับแรงดึงประลัย(Ultimate tensile strength) เป็นค่าความแข็งแรงสูงสุดในเส้นโค้ง ความเค้น-ความเครียด เมื่อเลยจากจุดนี้แล้วความเค้นจะมีค่าลดลง เนื่องจากการคำนวณค่าความเค้นนั้น ใช้พื้นที่หน้าตัดเดิมของชิ้นทดสอบ แต่ตามความเป็นจริงแล้วเมื่อเลยจากจุดความเค้นสูงสุดในแผนภาพความเค้น – ความเครียดนี้แล้ว ความเค้นจะยังคงเพิ่มขึ้นถ้าคิดความเค้นจากพื้นที่หน้าตัดจริงๆของชิ้นทดสอบ เนื่องจากในช่วงนี้พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบจะหดลง (necking) จนกระทั่งขาด ดังนั้นค่าความเค้นจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนกระทั่งขาด

กำลังรับแรงดึงประลัย ของโลหะ หาได้โดยลากเส้นในแนวระดับจุดสูงสุดบนเส้นโค้งความเค้น – ความเครียดไปยังแกนความเค้นความเครียดที่เส้นนี้ตัดกับแกนความเค้นเรียกว่า กำลังรับแรงดึงประลัย หรือเรียกว่า ความแข็งแรงของการดึง สำหรับโลหะออลูมิเนียมผสม ของรูปที่ 2.19 มีค่าความแข็งแรงสูงสุดเท่ากับ 87000 psi

โดยปกติสำหรับโลหะหรือโลหะผสมที่มีความเหนียว (Ductility) สูงจะไม่ใช้ค่า กำลังรับแรงดึงประลัยมาคำนวณการออกแบบ เนื่องจากที่จุดนี้จะมีการเกิด การเสียรูปแบบคงรูปมากเกินไป อย่างไรก็ตามค่า กำลังรับแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประลัย สามารถบ่งบอกถึงตำแหน่งที่เกิดขึ้นในชิ้นงานได้ ถ้าโลหะมีรูปพรรณรวมอยู่ด้วยจะทำให้ค่า กำลังรับแรงดึงประลัย ลดลงไปอย่างมากจากค่าปกติ

เปอร์เซ็นต์การยืด (Percent elongation) ปริมาณการยืดของชิ้นงานที่เกิดขึ้นในการทดสอบแรงดึงจะเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณสมบัติด้านความเหนียวของวัสดุโดยปกติ ถ้าความเหนียวของโลหะสูงขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดจะสูงขึ้นเช่นกัน

$$\begin{aligned} \% \text{ การยืด} &= \frac{\text{ความยาวสุดท้าย} - \text{ความยาวเริ่มต้น}}{\text{ความยาวเริ่มต้น}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2) \\ &= \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\% \end{aligned}$$

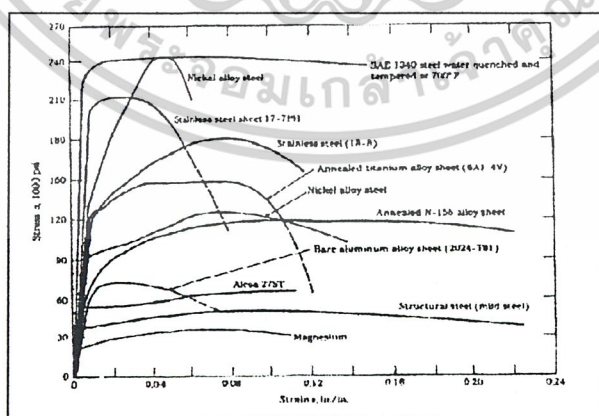
ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดที่จุดขาด มีความสำคัญมากในทางวิศวกรรม ซึ่งไม่เพียงแต่บอกค่าความเหนียวแต่ยังเป็นครุขันธ์บอกคุณภาพของโลหะด้วย

เปอร์เซ็นต์การลดของพื้นที่หน้าตัด (Percent reduction in area) ความเหนียวของโลหะและโลหะผสมผสานสามารถพิจารณาได้จากค่าเปอร์เซ็นต์การลดพื้นที่หน้าตัด ปริมาณนี้สามารถหาได้จากการทดลองแรงดึง คือ

$$\begin{aligned} \% \text{ การยืด} &= \frac{\text{พื้นที่เริ่มต้น} - \text{พื้นที่สุดท้าย}}{\text{พื้นที่เริ่มต้น}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3) \\ &= \frac{l_0 - l_f}{l_0} \times 100\% \end{aligned}$$

เปอร์เซ็นต์การลดของพื้นที่หน้าตัดเหมือนกับเปอร์เซ็นต์การยืดเป็นการบอกค่าความเหนียวของโลหะและในขณะเดียวกัน เป็นตัวบอกคุณภาพของวัสดุด้วย เปอร์เซ็นต์การลดของพื้นที่หน้าตัด จะลดลง ถ้ามีความบกพร่องในชิ้นงานทดสอบ

เส้นโค้งความเค้นความเครียดสำหรับโลหะและโลหะผสมที่สำคัญแสดงในรูป 2.22 วัสดุผสมและการอบชุบมีผลต่อความแข็งแรงและความเหนียวของโลหะเป็นอย่างมาก เส้นโค้งความเค้นความเครียดของรูปที่ 2.22 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของกำลังรับแรงดึงประลัย(UTS) วัสดุแมกนีเซียมมี UTS เท่ากับ 35ksi ในขณะที่เหล็กกล้า 1340 ชุบแข็งในน้ำ แล้วทำการอบคลายที่ 700(370°C) มีค่า UTS เท่ากับ 240 ksi



รูปที่ 2.22 เส้นโค้งความเค้น – ความเครียดทางวิศวกรรมสำหรับโลหะและโลหะผสมที่สำคัญ [3:P170]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 ความเค้น – ความเครียดจริง(True stress,True strain)[3:P169]

ความเค้นความเครียดวิศวกรรมคำนวณได้จาก แรงหารด้วยพื้นที่หน้าตัดเดิม A_0 เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานทดสอบจะเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างการทดสอบความเค้นความเครียดวิศวกรรมจึงเป็นค่าโดยประมาณ ในระหว่างการทดสอบหลังจากเกิดการคอด (necking) เป็นผลให้ค่าความเค้นวิศวกรรมมีค่าสูงสุดดังแสดง ในรูปที่ 2.23 แต่ในขณะที่ทดสอบแรงคั้นนั้นเกิดการคอดในหน้าตัดของชิ้นทดสอบขึ้น เป็นผลให้ความเค้นจริงมีค่าสูงกว่าความเค้นวิศวกรรม สามารถหาความเค้นจริง – ความเครียดจริงได้ดังนี้

ความเค้นจริง $\sigma = \frac{F}{A_i}$ (2.4)

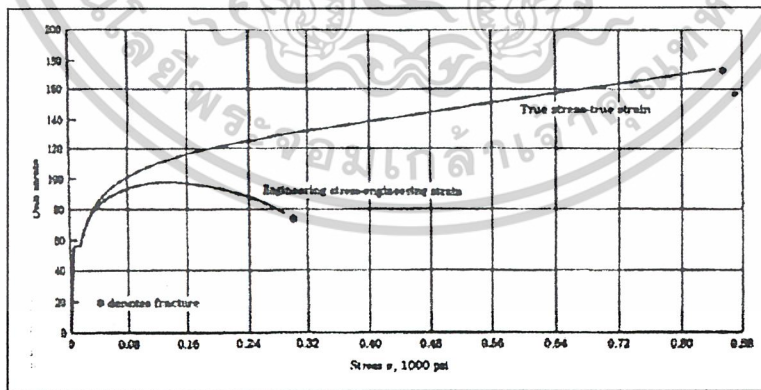
ความเครียดจริง $\epsilon = \int_{l_0}^{l_i} \frac{dl}{l}$ (2.5)

$= \ln \frac{l_i}{l_0}$

เมื่อ F มีค่าเป็นแรงเฉลี่ยตามแนวแกนของชิ้นงานทดสอบ A_i มีค่าเป็นพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานขณะนั้น l_0 เป็นความยาวเกจเริ่มต้นของชิ้นงานทดสอบและ l_i เป็นความยาวเกจที่ยืดออกในขณะนั้นๆ สมมติว่าปริมาณของชิ้นงานทดสอบในช่วงงานทดสอบช่วงความยาวเกจมีค่าคงที่ ดังนั้น $l_0 A_0 = l_i A_i$ หรือ $\frac{l_i}{l_0} = \frac{A_0}{A_i}$ และ $\epsilon =$

$\ln \frac{l_i}{l_0} = \ln \frac{A_0}{A_i}$

อย่างไรก็ตามในการออกแบบทางวิศวกรรมจะไม่ใช้ค่าความเค้นจริงที่จุดแตกมาใช้ในการคำนวณ เนื่องจากพอเลยจากจุดจำนวน (Yield point) วัสดุจะเริ่มเสียรูป วิศวกรจะใช้ค่า 0.2 เปอร์เซนต์ความเค้นจำนวนวิศวกรรม ในการคำนวณออกแบบ พร้อมทั้งใช้ค่าตัวประกอบความปลอดภัย (safety factor) ที่เหมาะสม สำหรับความเค้นความเครียดจริงนั้น อาจจะมีค่าจำเป็นต้องใช้ในการวิจัย



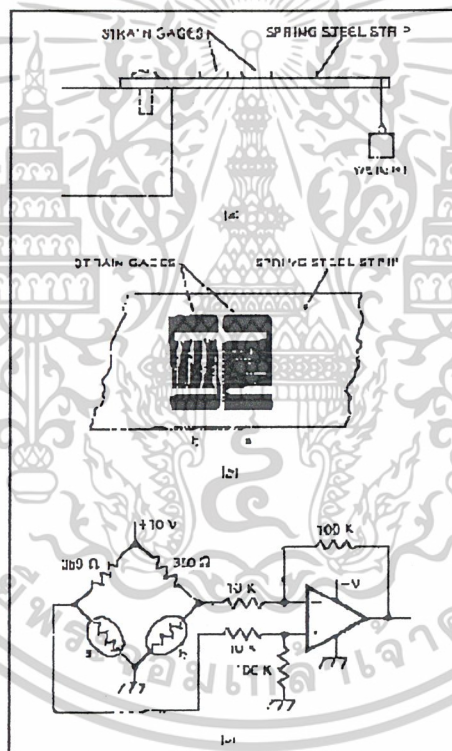
รูปที่ 2.23 เส้นโค้งความเค้น – ความเครียดทางวิศวกรรมเปรียบเทียบกับความเค้น – ความเครียดจริงของเหล็กกล้า เฟอร์ริต์คาร์บอนต่ำ[3:P171]

2.8 สเตรนเกจและโหลดเซลล์ (Strain gages and Loadcell)

ในการเปลี่ยนแรงหรือความกดดัน (แรง / พื้นที่) ให้เป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ โดยปกติจะใช้ สเตรนเกจ หรือตัวแปลงความแตกต่างเชิงเส้น (LVDTs) ทั้งสองวิธีได้นำมาแก้ไขให้สามารถทำงานได้เหมือนเซนเซอร์

ตัวสเตรนเกจหรือตัวต้านทานตัวเล็ก ซึ่งค่าจะเปลี่ยนเมื่อค่าความยาวถูกทำให้เปลี่ยน สเตรนเกจอาจจะทำจาก เส้นลวดเล็กๆ แผ่นโลหะบาง หรือ โลหะกึ่งตัวนำ ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.24 แสดงการติดตั้งสำหรับการวัดแรงหรือน้ำหนัก กับเตรนเกจ ส่วนปลายของสปริงจะถูกติดให้ถึงกับผิวหน้า สเตรนเกจจะถูกติดบนคานที่ไม่ขยับแรงหรือน้ำหนักที่วัดจะถูกนำมาใช้ติดบนปลายของคาน ทำให้สเตรนเกจถูกยืดออก ค่าความต้านทานภายในสเตรนเกจจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของแรงที่มากกระทำกับคาน ซึ่งจะทำให้แรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงด้วย

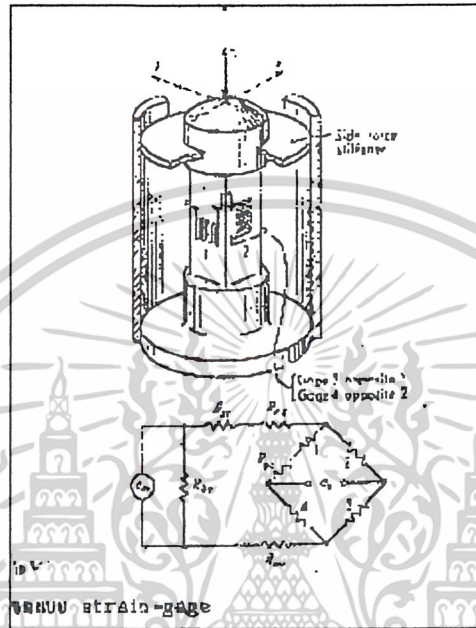
ข้อบกพร่องของตัวต้านทานแบบสเตรนเกจคือความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การแก้ไขสำหรับปัญหานี้โดยใช้ 2 สเตรนเกจติดเป็นมุมฉากกัน ดังแสดงรูปที่ 2.24 และเมื่อตัวต้านทาน 2 ตัวได้ต่อกันเป็นวงจรแบบบริดจ์ แสดงดังรูปที่ 2.24 ซึ่งจะทำการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิไม่มีผลต่อความต้านทานภายใน ความต้านทานภายในที่เปลี่ยนแปลงจะผลิตแรงดัน ไฟฟ้าที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเพียง 2 – 3 mv



รูปที่ 2.24 แสดงรูปแบบการทำงานของสเตรนเกจ

โครงสร้างของโหลดเซลล์ที่ใช้สเตรนเกจวัดแรงทางด้านกด อยู่ในรูปที่ 2.24 สำหรับเซลล์ที่จะต้องวัดแรงทั้งดึงและกด ก็จะต้องมีปลายที่เหมาะสมกับแรงดึง ชิ้นส่วนที่สัมผัสโหลดจะต้องสั้นพอที่จะไม่ทำให้เกิดการบิดแน่น (Buckle) ที่แรงกดเต็มที่ และสัดส่วนของตัววัดจะออกแบบให้เกิดความเครียดประมาณ 1,500 $\mu\epsilon$ เมื่อถูกกดเต็มที่ ค่าความเครียดนี้เป็นค่าปกติที่ใช้ในการออกแบบสเตรนเกจแบบฟอลท์ทั่วไป วัสดุที่ใช้ทำจะเป็นเหล็ก SAE 4340 เหล็กทนการกัดกร่อน 17 – 4 PH และออลอยของอลูมิเนียม 2024 – T4 โดยอลูมิเนียมเป็นวัสดุที่นิยมใช้ในการออกแบบโหลดเซลล์ เกจโลหะแผ่นบางจะใช้ติดกับชิ้นส่วนทั้งสี่ด้าน เกจ 1 และ เกจ 3 วัดความเครียดเนื่องจาก F₁ เกจ 2 และ เกจ 4 วัดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเค้นทางขวางเนื่องจากสัดส่วนของพอยซอน μ การวางโครงสร้างแบบนี้ จะให้ความไวเป็น $2(1 + \mu)$ ของเกจตัวเดียวในสะพาน และทำให้ผลลัพธ์ของอุณหภูมิเพราะเกจทั้ง 4 ตัวอยู่ที่อุณหภูมิเดียวกัน การวางเกจแบบนี้ไม่ว่าต่อความเค้นคัตเนื่องจากการกด F_x เชื้องศูนย์ด้วยแรงตรงศูนย์และโมเมนต์ โมเมนต์นี้จะแตกออกไปทาง X และ Y ซึ่งทำให้เกิดการคัตตัวของชิ้นส่วนถ้าหากว่าเกจวางให้สมมาตรกัน ความเค้นในเกจ 1 และ เกจ3 จะตรงข้ามกันและ e_0 จะไม่มีผลลบในเกจ 2 และ 4 จากการคัตเพราะการรับแรงเชื้องศูนย์ ก็อาจแสดงให้เห็นโดยวิธีเดียวกันตัวเสริมด้านข้างจะลดผลของการเกิดเป็นมุม เพราะตัวเสริมนี้จะกระด้างมากทางรัศมี (x, y) แต่ยืดหยุ่นได้ในทิศทาง Z



รูปที่ 2.25 โหลดเซลล์แบบสะพานเกจ

การยุบตัวภายใต้แรงเต็มทีของโหลดเซลล์ชนิดนี้ จะประมาณ 0.001 ถึง 0.015 นิ้ว แสดงให้เห็นว่ามีความกระด้างมาก ตามปกติแล้วความถี่ธรรมชาติของเซลล์แบบนี้จะไม่กล่าวไว้ในคู่มือ เพราะจะเป็นผลมาจากมวลที่ส่งแรงภายนอกของเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ในการชั่งน้ำหนัก ความกระด้างสูงอาจหมายถึงความไวต่ำด้วย ถ้าต้องการเพิ่มความไวในเซลล์ที่รับแรงน้อยโดยไม่เสียความคงตัวของส่วนที่เป็นแกน (Column) และพื้นที่ที่ใช้ติดตั้งเกจ ก็อาจใช้ชิ้นส่วนกลวงสี่เหลี่ยมที่มีรูกลมภายในในการรับแรง

เพื่อให้ได้ความแม่นยำสูงที่จะต้องใช้ในงานหลายประเภท ก็อาจต้องเพิ่มเติมส่วนผลลัพธ์ของอุณหภูมิอีก และทำได้โดยการใช้ตัวต้านทานที่ไวต่ออุณหภูมิความต้านทาน R_{ge} และ ความต้านทาน R_{me} ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.25 ตัวต้านทานเหล่านี้จะติดตั้งไว้ภายในโหลดเซลล์ เพื่อให้เป็นอุณหภูมิเดียวกับเกจ จุดมุ่งหมายของ ความต้านทาน R_{ge} คือแก้ไขความแตกต่างของสัมประสิทธิ์ความต้านทานต่ออุณหภูมิที่มีอยู่ระหว่างเกจทั้ง 4 ตัว จุดมุ่งหมายของ ความต้านทาน R_{me} ก็คือปรับปรุงความคลาดเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัสดุที่ใช้รับแรง ถึงแม้ว่าเราต้องการวัดแรงแต่เกานั้นวัดความเครียด ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของโมดูลัสความยืดหยุ่น (modulus of elastic) จะทำให้ความเครียดแตกต่างกันออกไปและให้ e_0 ไม่ถูกต้อง ถึงแม้แรงกระทำจะเท่าเดิม เนื่องจากโลหะทุกตัวมีการเปลี่ยนแปลงโมดูลัสความยืดหยุ่นกับอุณหภูมิ ดังนั้นจึงเป็นผลให้ความไวเปลี่ยนแปลง ตัวต้านทาน R_{me} ลดผลลัพธ์ด้วยการเปลี่ยนแรงคั้นกระดุนที่ส่งไปยังสะพานเป็นจำนวนที่จะลดลงกับผลของการเปลี่ยนโมดูลัสความยืดหยุ่น

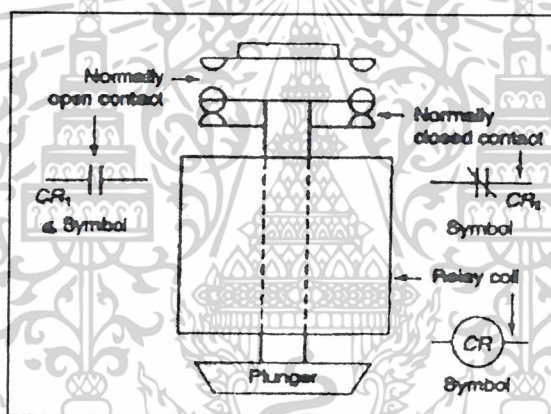
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโหลดเซลล์ที่มีขาย อาจพบตัวต้านทานอีกสองตัวคือความต้านทานRss ซึ่งใช้ปรับให้ความไวสำหรับความต่างศักย์ไฟฟ้าEex ใดๆเป็นค่ามาตรฐานของตัวต้านทาน Rrs ใช้ในการปรับความต้านทานขาเข้าให้เป็นค่าที่ต้องการ

ถ้าหากการวางชิ้นส่วนแบบกบ / คิง ไม่สามารถจะให้ความไวที่ต้องการได้ ก็อาจใช้การคัดแทน การคัดทำให้ค่าความเครียดสูงกว่าต่อหน่วยแรงกระทำ แม้จะทำให้ความกระด้างและความถี่ธรรมชาติลดลง รูปที่ 2.25 ได้แสดงถึงสองแบบที่ทำได้ การวางแถบบนคานแคนทิลเวอร์ทำให้ได้ความไวเป็น 4 เท่าของเกจเดี่ยว และได้การลบล้างผลของอุณหภูมิ ความไม่ไวต่อทิศทาง X และ Y

2.9 รีเลย์ควบคุมไฟฟ้าแบบเชิงกล

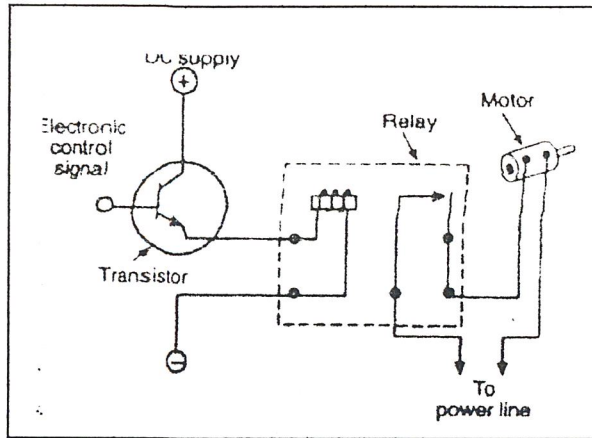
รีเลย์ไฟฟ้าแบบเชิงกล(Electro Mechincal Relay:EMR) เป็นสวิตช์แม่เหล็กที่ทำหน้าที่เปิดและปิดวงจรของโหลดที่มีการกระตุ้นด้วยแม่เหล็ก ไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดการคอนแทกหรือไม่คอนแทกของวงจร การประยุกต์รีเลย์ไฟฟ้าแบบเชิงกลมีทั้งในวงจร ไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างเช่น การใช้ควบคุมวาล์วการไหลและใช้ควบคุมการไหล และใช้ควบคุมเครื่องจักรหลายประเภท เช่น เครื่องขุดเจาะ เครื่องขุดบ่อ โคปคัตรีเลย์ จะมีขดลวดเพียงขดเดียว แต่สามารถมีหลายคอนแทกได้ ลักษณะรีเลย์ไฟฟ้าแบบเชิงกล แสดงดังรูป 2.26



รูปที่2.26 รีเลย์ไฟฟ้าแบบเชิงกล

รีเลย์ไฟฟ้าเชิงกลประกอบด้วยคอนแทกที่อยู่กับที่และเคลื่อนที่ได้ คอนแทกที่เคลื่อนที่ได้จะติดอยู่กับปลังเจอร์ (plunger)คอนแทกมีทั้งแบบเปิดปกติและปิดปกติ เมื่อกระตุ้นขดลวด ขดลวดจะผลิตสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะทำให้ปลังเจอร์เคลื่อนที่ผ่านขดลวดทำให้การเปิดปกติ และการปิดปกติ ระยะทางที่ปลังเจอร์เคลื่อนที่จะไม่เกิน ¼ นิ้ว คอนแทกมีทั้งแบบเปิดปกติจะเปิดไม่มีกระแสในขดลวด และจะปิดทันทีเมื่อมีกระแสไหล คอนแทกแบบปิดปกติจะปิดเมื่อขดลวดไม่ถูกกระตุ้นและจะเปิดเมื่อถูกกระตุ้นคอนแทกแต่ละคอนแทกจะถูกดึงออกมาเมื่อ ไม่มีการกระตุ้นของลวดรีเลย์ควบคุมเครื่องจักรกลสามารถเปลี่ยนสลับระหว่างคอนแทกแบบเปิดปกติและปิดปกติได้การประยุกต์รีเลย์อีกประการหนึ่งก็คือ การควบคุมโหลดกระแสสูงด้วยวงจรควบคุมกระแสต่ำที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าคอนแทกทนกระแสสูงได้กว่ากระแสที่กระตุ้นขดลวดรีเลย์ยังสามารถควบคุมได้ด้วยสัญญาณกระแสต่ำจากวงจรไอซี และทรานซิสเตอร์ ดังแสดงในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 การใช้รีเลย์ควบคุมโหลดกระแสสูง

ในวงจรดังกล่าวนี้สวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมสัญญาณให้เปิดหรือให้ปิดทรานซิสเตอร์ได้จึงทำให้ขดลวดได้รับกระแสหรือไม่ได้รับกระแสในวงจรควบคุม ซึ่งประกอบด้วยทรานซิสเตอร์และขดลวดรีเลย์มีขนาดเล็ก กระแสของวงจรกำลังซึ่งประกอบไปด้วยคอนแทคและมอเตอร์ขนาดเล็ก จะมีค่ามากกว่ามากระดับแรงดันที่รีเลย์ เป็นผลให้เกิดคอนแทคสวิทช์ซึ่งมีชื่อเรียกว่าแรงดัน (Pick-up voltage) หลังจากกรีเลย์ได้รับการกระแสระดับแรงดันของขดลวดที่คอนแทคจะย้อนกลับมาที่เดิม เราเรียกแรงดันครีป-เอาท์ (Drop-out voltage) โดยปกติจะออกแบบริเลย์ไม่ครีป-เอาท์ จนกว่าแรงดันจะตกลงมีค่าน้อยที่สุดประมาณ 85% ของอัตราแรงดันโดยปกติขดลวดจะทำงานอย่างต่อเนื่องถึง 100% ของอัตราแรงดันโดยที่ขดลวดไม่เสียหายได้ ในปัจจุบันเราผลิตรีเลย์เป็นโครงสร้างโมดูลทำให้เราสามารถป้องกันความชื้นและการรบกวนเชิงกลได้มีความแตกต่างของกระแสในขดลวดรีเลย์จากเวลาที่ขดลวดถูกกระตุ้นครั้งแรก กับเมื่อคอนแทคทำงานอย่างสมบูรณ์ เมื่อขดลวดได้รับการกระตุ้น พลังเจอร์จะเคลื่อนที่ออกมาเนื่องจากมีช่องว่างระหว่างเส้นทางแม่เหล็กจึงทำให้กระแสเริ่มต้นของขดลวดมีค่าสูง กระแสในขณะเวลาดังกล่าวมีชื่อเรียกว่า อิน-รัช เคอร์เรนท์ (In-rush current) ขณะที่พลังเจอร์เคลื่อนที่กลับเข้าไปในขดลวด จะทำให้ช่องว่างลดลงระดับกระแสจะลดลงต่ำลง ซึ่งมีชื่อเรียกว่า ซีลด์-เคอร์เรนท์ (Sealed-current) อิน-รัช เคอร์เรนท์มีค่ามากกว่าประมาณ 8 เท่า ของซีลด์เคอร์เรนท์ เราจำแนกรีเลย์ออกเป็นรีเลย์กระแสตรงและกระแสสลับ การใช้งาน ในแรงดันกระแสความต้านทาน และกำลัง ขดลวดรีเลย์ออกเป็นรีเลย์ที่มีความไวสูงอาจจะมีอัตรากระแสเป็น มิลลิแอมแปร์ ซึ่งใช้กันมากในทรานซิสเตอร์หรือ ไอซี รูปเป็นรีเลย์แบบเปิดไม่มีเปลือกหุ้ม ฉะนั้นจึงสามารถเห็นคอนแทค ขดลวดและส่วนต่างๆที่เคลื่อนที่ได้ ในกรณีที่เป็นรีเลย์แบบเปิดจะมีกรอบพลาสติกหุ้มรีเลย์ไว้เพื่อป้องกันการฟูก่อนรีเลย์แต่ละตัวจะมีความแตกต่างกันในจำนวนและการจัดคอนแทค บางชนิดเป็นแบบซิงเกิล-เบรก - คอนแทค (Single-brake-contact) แต่ที่นิยมใช้กันมากในการควบคุมเครื่องจักรคือ รีเลย์แบบ ดับเบิล-เบรก- คอนแทค (Double-brake-contact) คอนแทคทุกอันจะกระทบเปิดวงจรทำให้รีเลย์งานอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาได้การใช้รีเลย์แบบดับเบิล-เบรก- คอนแทค จะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้ รายละเอียดที่สำคัญของที่ควรทราบของรีเลย์คือ อัตรากระแส ซึ่งเป็นขนาดที่สูงสุดที่คอนแทคของรีเลย์ทนได้ อัตรากระแสของรีเลย์มี 3 แบบคือ

- อิน-รัช หรือเมคคอนแทค คาปาซิที
- กระแสปกติหรือต่อเนื่อง คาปาซิที
- โอเพนนิ่ง (Opening) หรือ เบรก คาปาซิที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละคอนแทกจะระบุดัชนีแรงดันไม่ว่าจะเป็นไฟสลัปหรือไฟกระแสตรงไว้ รหัสที่ใช้ในการควบคุมจะมีอัตราแรงดันจาก 0-5 แอมแปร์ และแรงดันสูงสุด 600 โวลต์ในปัจจุบัน คอนแทกของรีเลย์จะเป็นโลหะผสมเงิน(Silver alloy) มากกว่าจะเป็นทองแดง เนื่องจากโลหะเงินนำไฟฟ้าได้ดีกว่า

2.9 เอนโคเดอร์เซนเซอร์

เอนโคเดอร์เซนเซอร์(Encoder sensor) เปลี่ยนการหมุนเชิงเส้นและการหมุนมาเป็นสัญญาณดิจิทัลแสดงในรูปแบบ ชนิดของเอนโคเดอร์ ที่มีการเคลื่อนที่เป็นวงกลมมี 2 ชนิด คือ

1. อินครีเมนทัลเอนโคเดอร์ (Incremental Encoder) ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนการหมุนเป็นสัญญาณพัลส์สเต็ป (Pulse step) ของแต่ละรอบการหมุนของอุปกรณ์ การหาค่าระยะทางและความเร็วเชิงมุมสามารถได้โดยการนับจำนวนพัลส์ (Pulse) พร้อมกับการใช้สัญญาณนาฬิกาาร่วมด้วยกัน

2. แอบโซลูทเอนโคเดอร์(Absolute Encoder) ให้รหัสเลขฐานสอง เฉพาะแต่ละตำแหน่งเชิงมุมของอุปกรณ์ เมื่อจานดิสก์หมุนจำนวนของรอบ มีค่าเทียบเท่ากับ จำนวนของแทรค (Track) บนดิสก์จำนวนของแต่ละสัญญาณพัลส์ จะมีสองระดับ(เช่น สถานะของเลขฐานสอง) ดังนั้นชุดของสัญญาณรอบจะให้ค่าของตัวเลขฐานสอง ในแต่ละครั้ง แต่ละแทรคบนจานหมุน จะทำให้เกิดการรวมของรูปแบบของรหัสนั่นคือแต่ละรหัสเลขฐานสอง เฉพาะในที่นี้จะอธิบายการทำงานเฉพาะอินครีเมนทัลเอนโคเดอร์ เท่านั้นเนื่องจากว่าโครงการนี้ทางนักศึกษาได้ใช้เอนโคเดอร์ ชนิดอินครีเมนทัลเอนโคเดอร์แต่เพียงอย่างเดียว

มีรูปแบบ 2 รูปแบบสำหรับ อินครีเมนทัลเอนโคเดอร์ ดิสก์ (Incremental Encoder disk)

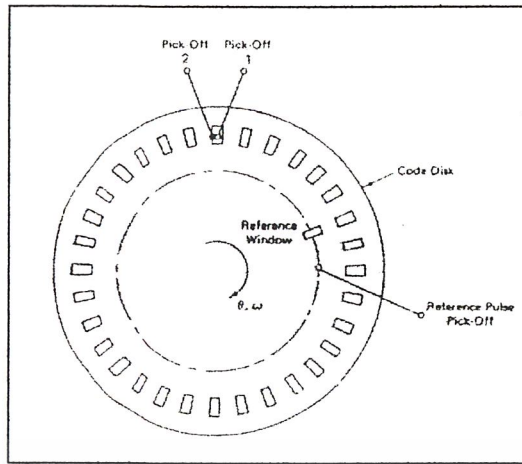
1. เดอะ ออฟเซ็ท เซนเซอร์ คอนฟิกูเรชัน (The offset sensor configuration)
2. เดอะ ออฟเซ็ท แทรค คอนฟิกูเรชัน (The offset track configuration)

รูปแบบที่ 1 ดังแสดงในรูป 2.28 จานหมุน มี แทรควงกลมเดี่ยวที่ประกอบด้วยช่องต่างๆที่มีพื้นที่ ที่ทับเท่ากับส่วนที่ทะลุมีโฟโตไดโอดเซนเซอร์ (Photo diode sensor) 2 ตัว เป็นตัวเก็บ (Pick off) 1,2 ในรูป เซนเซอร์จะอยู่ในตำแหน่งที่เท่ากับระยะครึ่งหนึ่งของความยาวของช่องว่าง (Quarter-Pitch) รูปแบบทางอุดมคติของสัญญาณเอาต์พุต (V1 และ V2) หลังผ่านวงจรที่สร้างสัญญาณพัลส์ ดังรูป(a)และ(b) สำหรับ 2 ทิศทางการหมุน รูปแบบที่ 2 ของอินครีเมนทัลเอนโคเดอร์ มี 2 แทรค คือ แทรคที่ 1 จะอยู่ห่างจากแทรค ที่ 2 เป็นระยะเท่ากับระยะครึ่งหนึ่งของความยาวของช่องว่าง ในกรณีนี้แต่ละเซนเซอร์จะอยู่ตำแหน่งด้านหน้าของแต่ละแทรคในแนวรัศมี สัญญาณช่องที่เซนเซอร์สามารถตรวจจับได้ แทรคเริ่มต้นสร้างพัลส์อ้างอิง(Index pulse) ต่อการหมุนของจานหมุน(ดูรูปที่ 2.28) พัลส์นี้จะถูกใช้เริ่มแรกในการนับยิ่งกว่านั้น การนับพัลส์อ้างอิงจะให้จำนวนที่สมบูรณ์ของการหมุนที่ซึ่งต้องใช้ในการวัดการหมุนเชิงมุมสมบูรณ์ สังเกตว่าความกว้างของรอบเอนโคเดอร์จะคงที่ในแต่ละสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากเซนเซอร์ เมื่อจานหมุนหมุนที่ค่าความเร็วเชิงมุมคงที่ เมื่อจานหมุนมีความเร่งความกว้างของสัญญาณพัลส์จะลดลง ถ้าจานหมุนมีความเร่งลดลงจะทำให้ ความกว้างของสัญญาณพัลส์เพิ่มขึ้น

2.9.1 ทิศทางการหมุน

ระยะครึ่งหนึ่งของความยาวของช่องว่างในตำแหน่งเซนเซอร์ หรือ ตำแหน่งแทรคจะถูกใช้หาทิศทางของการหมุนเช่นรูป (a) จะแสดงสัญญาณเอาต์พุตทางอุดมคติ (V1และ V2) เมื่อจานดิสก์หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และรูป(b) แสดงทิศทางการหมุนทวนเข็มนาฬิกา มันเห็นอย่างชัดเจนว่า ถ้าหมุนเข็มนาฬิกา V1 จะนำ V2 อยู่ $\frac{1}{4}$ ของรอบ (เช่น เฟสตามหลัง 90) และถ้าเป็นการหมุนทวนเข็มนาฬิกา V1จะนำV2อยู่ $\frac{3}{4}$ ของรอบ ดังนั้นทิศทางการหมุนจะได้จากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

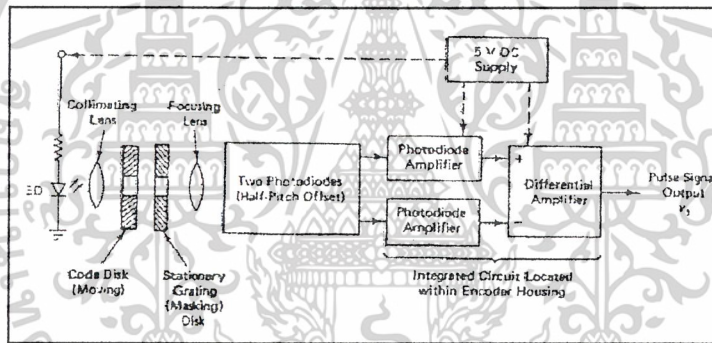
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 อินทรีย์เม็นทอลเอนโคดเดอร์

2.9.2 รูปแบบของโครงสร้าง

แท้จริงแล้วอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ภายในของเอนโคดเดอร์ มีความซับซ้อนดังรูป 2.31



รูปที่ 2.31 โครงสร้างภายในของเอนโคดเดอร์

รูป 2.31 แผนผังการเกิดสัญญาณเริ่มต้นใน ออปติคัล อินทรีย์เม็นทอล เอนโคดเดอร์ (Optical incremental Encoder) แสงกำเนิด โดยหลอด LED (Light-Emitting-diode) จากนั้นแสงที่เป็นลำแสงแบบขนานจะถูก รวมแสง โดยเลนส์ การรวมตัวกันของลำแสงแสงที่ขนานจะผ่านช่องว่างของจานหมุน มาสกกิ้งดิสก์ (Masking disk) จะไม่เคลื่อนที่และมีแตรคของช่องว่าง เช่นเดียวกับจานหมุน ความสำคัญของการรวมแสง จะผ่านช่องนั้น ได้ถ้าแสงเป็นเส้นตรงเพราะว่าแสงที่อยู่หน้ากรตติงดิสก์ (Grating disk) (โดยแท้จริงแล้วโฟโตเซนเซอร์ จะตรวจจับแสงไม่ได้) ด้วยเหตุนี้เมื่อจานดิสก์เคลื่อนที่ลำแสงที่ผ่านได้และจุดที่บจะตรวจจับ โดยช่องว่างของสัญญาณความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่จ่ายจากแหล่งจ่าย (Power supply Voltage) จะมีผลกระทบ โดยตรงต่อระดับแสงที่รับ โดยตรงต่อระดับแสงที่รับ โดยโฟโตเซนเซอร์ ถ้าค่าความไวของโฟโตไดโอด ไม่สูงพอระดับแสงที่ต่ำจะไม่ถูกตรวจจับ (จะเสมือนว่าไม่มีลำแสงเกิดขึ้น) จะทำให้การวัดผิดพลาด การแก้ไขความไม่แน่นอน และกำจัดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า สามารถแก้ไขโดยการ ใช้ 2 โฟโตไดโอดเซนเซอร์ ตำแหน่งแรกของเซนเซอร์ จะอยู่ที่ระยะทางครึ่งหนึ่งของระยะทางพิทซ์ จากตัวที่ 2 ที่ อยู่ในแต่ละความยาวของแตรค การทำเช่นนี้จะสามารถแยกความแตกต่างของการตรวจจับเมื่อ เซนเซอร์อยู่ด้านหน้าของส่วนที่บแสงของมาสกกิ้งดิสก์

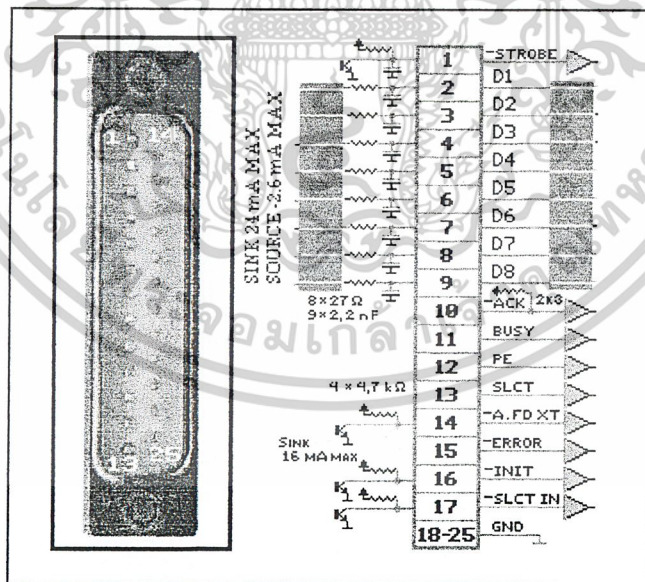
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะอ่านค่าสัญญาณเข้าไปยังอุปกรณ์ขยายสัญญาณความแตกต่าง(Difference amplifier) ถ้าเอาท์พุท คือ ระดับสูงจะมีการเกิดพัลส์ ในรูปแบบนี้ความคงที่และแม่นยำของสัญญาณเอาท์พุทสามารถได้รับในกรณีที่เกิดค่าไม่แน่นอนของแหล่งจ่ายไฟ จะถูกจ่ายแยกในฐานะที่เป็นอุปกรณ์ภายนอกระดับ ความต่างศักย์ไฟฟ้าและความกว้างของสัญญาณพัลส์ ของสัญญาณเอาท์พุท คือการทำงานร่วมกันของ (Transister-To-Transister Logic, TTL) ซึ่งสามารถอ่านค่าได้โดยตรง ในรูปแบบนี้ก็จะแสดงการกำเนิด(V1)เท่านั้นส่วน(V2)และพัลส์อ้างอิงจะใช้รูปแบบการทำงานเหมือนกับแผงสัญญาณของ เอน โคคเคอร์ 3 ขา จะเป็นสัญญาณเอาท์พุท ส่วนขา อื่นๆ จะเป็นขาจากแหล่งจ่ายไฟแบบกระแสตรง (DC Power supply voltage)

2.10 ทฤษฎีเกี่ยวกับพอร์ตขนาน (Port Printer)

พอร์ตขนานหรือพอร์ตเครื่องพิมพ์ของคอมพิวเตอร์มีขั้วเป็นคอนเนกเตอร์แบบ D ขนาด 25 ขา (DB-25) มีหน้าที่การทำงานแสดงในตารางที่ 2.2 และตารางที่ 2.3 ภายในพอร์ตขนานประกอบด้วยรีจิสเตอร์พื้นฐานที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูล 3 ตัว คือรีจิสเตอร์ คำคำ (Data), สเตตัส (Status) และคอนโทรล(Control) โดยแอดเดรสของรีจิสเตอร์ทั้งสามนี้มีตำแหน่งไหลเรียงกัน ไปตามลำดับขึ้นอยู่กับแอดเดรสของพอร์ตขนานเช่น ที่พอร์ตขนานLPT1 แอดเดรสของรีจิสเตอร์คำคำ อยู่ที่&H378(&Hเป็นตัวย่อที่แสดงว่าข้อมูลนี้เป็นข้อมูลเลขฐาน 16) ในขณะที่แอดเดรสของรีจิสเตอร์สเตตัส จะอยู่ที่&H379 และแอดเดรสของรีจิสเตอร์คอนโทรล จะอยู่ที่&H37A โดยความสัมพันธ์ระหว่างแอดเดรสพอร์ตขนานกับแอดเดรสของรีจิสเตอร์พื้นฐานทั้งสามตัว

จากตารางที่ 2.2 สามารถแบ่งคุณสมบัติของพอร์ตขนานได้ 2 รูปแบบคือ พอร์ตที่ทำหน้าที่เป็นเอาท์พุทและพอร์ตที่ทำหน้าที่อินพุท ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.32 แสดงตำแหน่งขาสัญญาณของพอร์ตขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 หน้าที่และการทำงานของขาต่างๆของพอร์ตขนาน

ขา	หน้าที่	พอร์ต		ทิศทาง
		ชื่อ	บิต	
1	Strobe	Control	C0	เอาต์พุต
2	Data บิต 0	Data	D0	เอาต์พุต
3	Data บิต 1	Data	D1	เอาต์พุต
4	Data บิต 2	Data	D2	เอาต์พุต
5	Data บิต 3	Data	D3	เอาต์พุต
6	Data บิต 4	Data	D4	เอาต์พุต
7	Data บิต 5	Data	D5	เอาต์พุต
8	Data บิต 6	Data	D6	เอาต์พุต
9	Data บิต 7	Data	D7	เอาต์พุต
10	Acknowledge	Status	S6	อินพุต
11	Busy	Status	S7	อินพุต
12	Out of paper	Status	S5	อินพุต
13	Select	Status	S4	อินพุต
14	Line Feed	Control	C1	เอาต์พุต
15	Error	Status	S3	อินพุต
16	Initial	Control	C2	เอาต์พุต
17	Select In	Control	C3	เอาต์พุต
18-25	Ground			

ตารางที่ 2.3 แสดงแอดเดรสของรีจิสเตอร์ของพอร์ตขนาน

พอร์ตขนาน	แอดเดรสของ		
	Data	Status	Control
LPT1	&H378	&H379	&H37A
LPT2	&H3BC	&H3BD	&H3BE
LPT3	&H278	&H279	&H37A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ตขนาน

พอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์จะมีลักษณะเช่นเดียวกับอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตตัวอื่นๆคือ เมื่อต้องการติดต่อจะต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการติดต่อกับ ตารางที่ 2.4 แสดงแอดเดรสของพอร์ตขนาน โดยแบ่งออกเป็น 3 ตำแหน่งคือ แอดเดรสของรีจิสเตอร์ค่าต่ำ, รีจิสเตอร์สเตตัสและรีจิสเตอร์คอนโทรล โดยแอดเดรสนี้จะอยู่ทั้งหมด 3 ชุด สำหรับพอร์ตขนาน 3 ชุดคือ LPT1,LPT2และ LPT3

ตารางที่ 2.4 แสดงแอดเดรสของพอร์ตขนาน

ชื่อพอร์ต	LPT1:		LPT2:		LPT3:	
	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	ฐานสิบ	ฐานสิบหก	ฐานสิบ	ฐานสิบหก
Data	888	378H	956	3BCH	632	278H
Status	889	379H	957	3BDH	633	278H
Control	890	37AH	958	3BEH	634	27AH

การเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ตขนานด้วย Visual BASIC

การเขียนโปรแกรมด้วย Visual BASIC ชุดคำสั่งส่วนใหญ่จะมีรูปแบบใกล้เคียงกับQBASIC แต่ Visual BASIC จะไม่มีคำสั่งสำหรับการติดต่อกับพอร์ตโดยตรงคือ คำสั่งInp()และคำสั่ง OUT เหมือนกับ QBASIC ดังนั้นเพื่อให้สามารถติดต่อกับพอร์ตขนาน ได้จึงจำเป็นต้องเพิ่มโปรแกรมบางตัวเข้าไป โดยโปรแกรมที่เพิ่มเข้าไปจะอยู่ในรูปของ DLL(Dynamic Linked Library)

ไฟล์ DLL นี้จะมีอยู่ 2 ไฟล์คือ inpout.dll และ inpout32.dll โดย inpout.dll นั้นใช้สำหรับระบบปฏิบัติการ 16 บิต หรือวินโดวส์ 3.1 นั่นเอง ส่วนinpout32.dll จะใช้สำหรับระบบปฏิบัติการที่เป็น 32 บิตซึ่งก็คือวินโดวส์ 95 หรือวินโดวส์ 98

สำหรับตำแหน่งที่ใช้เก็บไฟล์ inpout.dll หรือ inpout32.dll นั้นจะต้องเก็บไว้ที่ไดเรกทอรี SYSTEM ซึ่งอยู่ภายในไดเรกทอรีที่เก็บโปรแกรมวินโดวส์ โดยส่วนใหญ่จะมีชื่อเป็น Windows

2.11 อนาลอกทูดิจิตอลคอนเวอร์เตอร์(Analog to Digital Converter; A/D)

การผสมผสานระหว่างระบบควบคุมแบบดิจิตอลกับวงจรภายนอกที่ทำงานแบบอนาลอกเป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงได้ยากในปัจจุบัน เพราะวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 2 แบบนี้ยังมีความเกี่ยวพันกันละยังจำเป็นต้องมีองค์ประกอบทั้งสองส่วนนี้ทำงานร่วมกันอยู่เสมอๆ การนำระบบคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือเครื่องพีซีที่มีใช้งานอยู่ตามบ้านหรือในออฟฟิศมาใช้ควบคุมหรือประมวลผลร่วมกับวงจรภายนอกจึงเป็นหนทางหนึ่งที่มีแนวโน้มใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่การเชื่อมต่อระหว่างสัญญาณอนาลอกจากวงจรภายนอกเข้ากับพีซีโดยตรงนั้นเป็นสิ่งที่ทำไม่ได้เนื่องจากระบบสัญญาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นข้อมูลดิจิตอล(A/D คอนเวอร์เตอร์) เป็นตัวอินเตอร์เฟสระหว่างพีซีและวงจรมอนาลอกภายนอก

บอร์ด A/D ที่จัดทำขึ้นเป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ใช้เปลี่ยนสัญญาณอนาลอกไปเป็นดิจิตอล ที่สามารถให้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลดิจิตอลขนาด 12 บิตได้ ตัวเครื่องถูกออกแบบให้เป็นบอร์ดขนาดเล็กใช้เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องพีซีผ่านทางพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาหรือพอร์ตเครื่องพิมพ์ (printer port) ทำให้การเชื่อมต่อทำได้โดยง่ายเพราะไม่ต้องเปิดฝาเครื่องคอมพิวเตอร์แต่อย่างใด ส่วนทางด้านการพัฒนาโปรแกรมสำหรับใช้งานก็สามารถทำได้โดยง่ายเช่นกัน โดยสามารถเขียน โปรแกรมบนเครื่องพีซีได้มากมายหลายภาษาตามความถนัดของผู้ใช้เช่น ภาษาซี,ภาษาปาสคาล,ภาษาเบสิก และ ภาษาแอสเซมบลีหรือภาษาอื่นๆ ที่มีคำสั่งการสนับสนุนการสั่งการพอร์ตเครื่องพิมพ์ได้คือมีคำสั่งสำหรับอ่านค่าข้อมูลจากพอร์ต และเขียนข้อมูลออกไปยังพอร์ต

2.11.1 หลักการทำงาน

วงจรที่สมบูรณ์ของเครื่อง A/D คอนเวอร์เตอร์สำหรับพีซีดังแสดงในรูปที่ 2.33 หัวใจของการทำงานของวงจรทั้งหมดอยู่ที่ไอซี1 เบอร์ LTC1298 ซึ่งเป็นไอซี A/D คอนเวอร์เตอร์ขนาด 12 บิต สัญญาณควบคุมและข้อมูลที่ได้ออกการแปลงสัญญาณอนาลอก จะถูกส่งออกผ่านทางพอร์ตเครื่องพิมพ์ ส่วนทางด้านขาอินพุตรับสัญญาณอนาลอกจะมี C1-C2 และ ZD1-ZD2 ทำหน้าที่จำกัดแรงดันและกรองสัญญาณรบกวน จากนั้นจึงเชื่อมต่อไปยังคอนเนกเตอร์ K2 สำหรับสัญญาณอนาลอกจากภายนอกที่ขา 11 (ช่อง 0) และที่ ขา9 (ช่อง1) สำหรับ VR1และVR2 ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงปรับค่าได้ภายใน (เป็นอุปกรณ์เสริม) สำหรับทำการป้อนแรงดันทางอินพุตให้กับ IC1 เป็นการจำลองการทำงานขณะที่ยังไม่ได้ต่อสัญญาณอนาลอกจากภายนอกจริงโดยต้องทำการลัดวงจรที่ขา13 และ 10 เข้าด้วยกัน (ช่อง 0) และขาที่ 12 และ 8 เข้าด้วยกัน (ช่อง 1) สำหรับการต่อใช้งานที่ขาต่างๆ ของคอนเนกเตอร์ K2 สามารถสรุปได้ดังในตารางที่2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงสัญญาณและจุดเชื่อมต่อที่ขาต่างๆ ของคอนเนกเตอร์ K2 ชนิด DB25PIN ตัวเมีย

ชื่อสัญญาณของบอร์ด A/D	ตำแหน่งของคอนเนกเตอร์ DB25PIN ตัวเมีย
สัญญาณอนาลอกอินพุตแชนเนล 0	ขา11 ของคอนเนกเตอร์ DB25PIN ตัวเมีย
สัญญาณอนาลอกอินพุตแชนเนล 1	ขา9 ของคอนเนกเตอร์ DB25PIN ตัวเมีย
ไฟเลี้ยงวงจร(+VCC = +9VCC)	ขา25 ของคอนเนกเตอร์ DB25PIN ตัวเมีย
กราวด์	ขา 21,22,23,24ของคอนเนกเตอร์ DB25PIN ตัวเมีย

สำหรับวงจรจ่ายไฟใช้ไอซีเบอร์ 7805 ทำหน้าที่เรกูเรตแรงดันไฟเลี้ยงจากภายนอก 9 โวลต์ให้เหลือเพียง 5 โวลต์สำหรับใช้เป็นไฟเลี้ยงวงจร โดยมี D1 ทำหน้าที่ป้องกันการต่อแรงดันผิดขั้วและ C3-C6 ทำหน้าที่ฟิลเตอร์

สำหรับการเขียนข้อมูลให้กับ LTC 1298 นั้น ไอซีจะต้องการสัญญาณข้อมูลอินพุตจำนวน 4 บิต เพื่อกำหนดการทำงานก่อน โดยก่อนที่จะเริ่มเขียนข้อมูลต้องกำหนดให้ขาสัญญาณ CS ถูกอินทิเบิ้ลโดยป้อนลอจิก “0” ก่อนแล้วจึงเขียนข้อมูลให้กับไอซี LTC 1298 ในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา โดยข้อมูลที่จะเขียนให้กับ ไอซีมีดังนี้

START	SGL/DIFF	ODD/SIGN	MSBF
-------	----------	----------	------

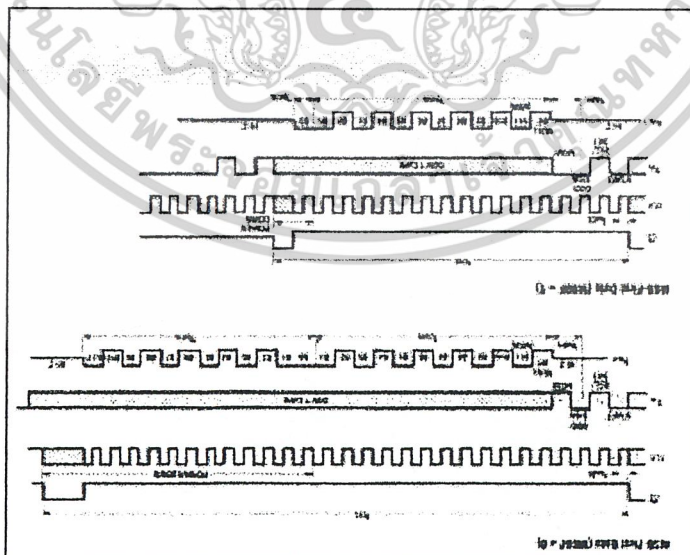
บิต START เป็นข้อมูลที่กำหนดการเริ่มต้นโดยต้องส่งเป็นบิตแรกหลังจากสัญญาณ CS เป็นลอจิก “0” แล้ว ซึ่งค่าของบิต START นี้ต้องมีค่าเป็นลอจิก “1” เสมอ

บิต SGL/DIFF และบิต ODD/SIGN เป็นข้อมูลสำหรับกำหนดและเลือกแขนแนลของสัญญาณที่ต้องการให้ทำการแปลง และกำหนดรูปแบบของสัญญาณอนาล็อกอินพุตดังแสดงความสัมพันธ์ของทั้ง 2 บิตดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ของบิต SGL/DIFF และบิต ODD/SIGN

SGL/DIFF	ODD/SIGN	CH0	CH1	GND
1	0	+	-	-
1	1	+	+	-
0	0	+	-	+
0	1	-	+	+

บิต MSBF เป็นการกำหนดลำดับของข้อมูลเอาท์พุตที่อ่านไอซี LTC1298 ดังแสดงในรูปที่ 2.34



รูปที่ 2.34 แสดงไทมิงไดอะแกรมของการอ่านและเขียนข้อมูลกับการกำหนดค่าของบิต MSBF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 การติดตั้งบอร์ด A/D กับเครื่องคอมพิวเตอร์

การติดตั้งบอร์ด A/D สามารถทำได้โดยง่าย เพียงเสียบเข้ากับพอร์ตเครื่องพิมพ์ซึ่งจะมีคอนเนกเตอร์เป็นแบบ DB25PIN ตัวเมีย ต้องนำแผงบอร์ดค้ำที่เป็นคอนเนกเตอร์ตัวผู้ (K1) เสียบเข้าไป ส่วนคอนเนกเตอร์ DB25PIN ตัวเมีย (K2) ซึ่งอยู่ทางด้านท้ายจะใช้เป็นจุดสำหรับเชื่อมต่อสัญญาณอนาล็อกอินพุตและแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก โดยสัญญาณอนาล็อกอินพุตที่ป้อนให้บอร์ด จะต้องมึระดับแรงดันอยู่ระหว่าง 0-5 โวลต์ดีซี

สำหรับในขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมอยู่ หากยังไม่ต้องการเชื่อมสัญญาณอนาล็อกจากภายนอกสามารถทำการใส่ตัวต้านทานปรับค่าได้ VR1-VR2 ในแผงวงจรแล้วปรับความต้านทานเพื่อปรับแรงดันออกจากตัว VR1 และ VR2 เพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอนาล็อกอินพุตก่อนก็ได้ ในกรณีนี้ผู้ใช้ต้องทำการลัดวงจรที่ขา 10 และ 13 ของ K2 เข้าด้วยกันสำหรับปรับในแชนเนล 0 และทำการลัดวงจรที่ขา 8 และ 12 ของ K2 สำหรับปรับในแชนเนล 1 แต่เมื่อทดสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว หากต้องการที่จะเชื่อมต่อสัญญาณอนาล็อกภายนอกจริงก็ให้ทำการปิดวงจรที่ขา 8,10,12,และ13 ออก

2.11.3 การเขียนโปรแกรมควบคุม

ก่อนที่จะกล่าวถึงวิธีการเขียน โปรแกรม ผู้ใช้งานควรจะต้องทราบหลักการการทำงานของเครื่องพิมพ์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อนดังนี้

พอร์ตเครื่องพิมพ์หรือพอร์ตขนานของเครื่องพีซีประกอบด้วยสายสัญญาณทั้งหมด 25 เส้น โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆตามลักษณะของหน้าที่ดังนี้

กลุ่มของสัญญาณข้อมูล (data) ขนาด 8 บิต เป็นรีจิสเตอร์เอาต์พุตขนาด 8 บิตซึ่งมีตำแหน่งพอร์ตในการติดต่อคือ 0378H (LPT1) หรือ 0278H (LPT2) เราสามารถส่งค่าข้อมูลออกได้โดยใช้คำสั่ง OUT ซึ่งเมื่อเขียนข้อมูลออกไปที่พอร์ตนี้จะทำให้สัญญาณมีค่าเหมือนกับข้อมูลที่เขียนออกไป เช่นถ้าเขียนค่าข้อมูลเป็น "1" ออกไปที่บิตใดของพอร์ตนี้ จะทำให้ขาสัญญาณของบอร์ดนั้นเป็น "1" ตามไปด้วยซึ่งในพอร์ตนี้สามารถอ่านค่าของข้อมูลที่เร้าเขียนออกไปแล้วกลับเข้ามาเพื่อตรวจสอบว่าสัญญาณที่ถูกส่งออกไปนั้นมีการถูกเปลี่ยนแปลงโดยอุปกรณ์ภายนอกหรือไม่ ดังแสดงรายละเอียดและการทำงานของกลุ่มสัญญาณข้อมูลนี้ในตารางที่2.7

ตารางที่2.7 แสดงรายละเอียดและการทำงานของกลุ่มสัญญาณข้อมูล

บิตสัญญาณข้อมูลที่อ่าน/เขียน	สัญญาณที่พอร์ตเมื่อถูกเขียนด้วยลอจิก "1"	สัญญาณที่พอร์ตเมื่ออ่านได้เป็นลอจิก "1"	ขาสัญญาณของ DB25
0	HIGH	HIGH	2
1	HIGH	HIGH	3
2	HIGH	HIGH	4
3	HIGH	HIGH	5
4	HIGH	HIGH	6
5	HIGH	HIGH	7
6	HIGH	HIGH	8
7	HIGH	HIGH	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มสัญญาณควบคุม (Control) ขนาด 4 บิต โดยมีตำแหน่งค่าพอร์ตในการติดต่ออยู่ที่ 037H (LPT1) หรือ 027AH (LPT2) เราสามารถเขียนและอ่านข้อมูลจากพอร์ตนี้ได้ ซึ่งสัญญาณของบิต 0,1 และ 3 จะถูกกลับสภาวะเป็นตรงกันข้ามจากค่าของข้อมูลที่เป็น “1” ออกไปที่บิตเหล่านี้จะทำให้สัญญาณกลับเป็น “0” หรือถ้าสัญญาณที่คอนเนกเตอร์มีค่าเป็น “0” อยู่เมื่ออ่านค่าเข้ามาจะได้ค่าเป็น “1” ดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 แสดงรายละเอียดและการทำงานของกรุปสัญญาณควบคุม

บิตสัญญาณข้อมูลที่อ่าน/เขียน	สัญญาณที่พอร์ตเมื่อถูกเขียนด้วยลอจิก "1"	สัญญาณที่พอร์ตเมื่ออ่านได้เป็นลอจิก "1"	ขาสัญญาณของ DB25
0	LOW	LOW	1
1	LOW	LOW	14
2	HIGH	HIGH	16
3	LOW	LOW	17
4	ENABLE IRQ7	ENABLE IRQ7 BIT	-
5-7	-	-	-

กลุ่มสัญญาณควบคุมสถานะ ขนาด 5 บิต พอร์ตนี้มีตำแหน่งในการติดต่ออยู่ที่ 0379H (LPT1) หรือ (LPT2) ซึ่งสัญญาณข้อมูลจากพอร์ตนี้ใช้สำหรับอ่านสถานะของสัญญาณอินพุตแบบรีเลย์ 5 ไทม์จากภายนอกเพื่อส่งค่าไปประมวลผล ดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 แสดงรายละเอียดและการทำงานของกรุปสัญญาณ

บิตสัญญาณข้อมูลที่อ่าน/เขียน	สัญญาณที่พอร์ตเมื่ออ่านได้เป็นลอจิก "1"	ขาสัญญาณของ DB25
0	-	-
1	-	-
2	-	-
3	HIGH	15
4	HIGH	13
5	HIGH	12
6	HIGH	10
7	LOW	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามสัญญาณที่นำมาใช้เชื่อมต่อเพื่อใช้ควบคุมและอ่านเขียนข้อมูลกับบอร์ด จะใช้สัญญาณจากพอร์ต เครื่องพิมพ์เพียง 4 สัญญาณเท่านั้นคือ

สัญญาณจากพอร์ตข้อมูลมีตำแหน่งของการติดต่อยู่ที่ 0378H (LPT1) และ 0278H (LPT2) โดยใช้สัญญาณ จากพอร์ตนี้จำนวน 3 เส้นเท่านั้นคือ D0,D1, และ D3 สัญญาณ D0 ถูกใช้สำหรับเป็นสัญญาณข้อมูลที่จะเขียนให้กับ LTC 1298 ทางขาข้อมูลเข้า (D1) สัญญาณ D1 ถูกใช้สำหรับเป็นสัญญาณนาฬิกา (CLK) เพื่อใช้กำหนดการอ่าน/เขียนข้อมูล ระหว่างเครื่องพีซีกับไอซีให้สัมพันธ์สอดคล้องกัน สำหรับสัญญาณ D3 ถูกใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเลือกการทำงาน (CS) ของ LTC1298

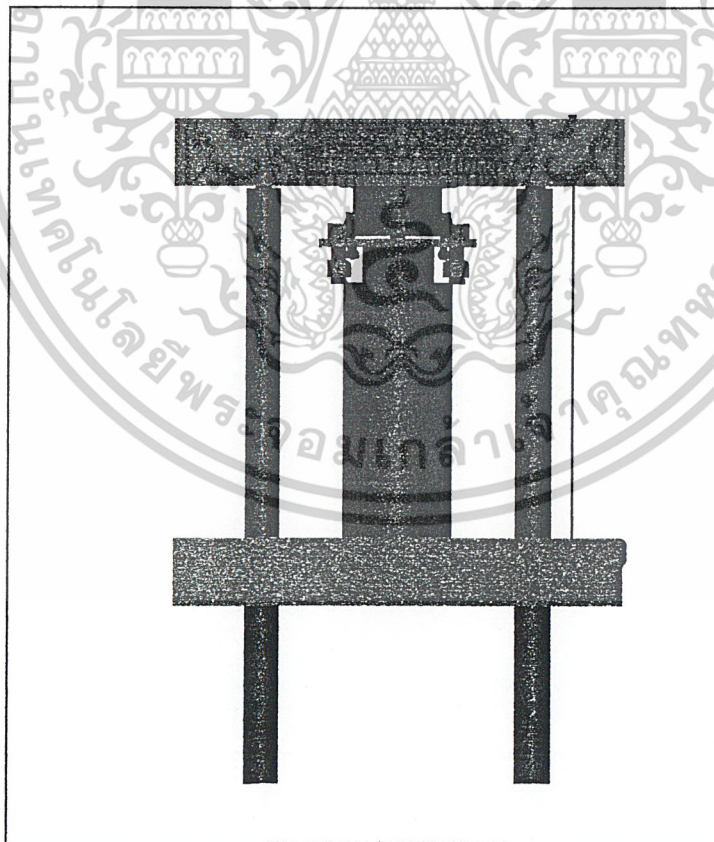
สัญญาณจากพอร์ตอินพุตสถานะมีตำแหน่งของการติดต่อยู่ที่ 0379H (LPT1) หรือ 0279 (LPT2) โดยใช้ สัญญาณจากพอร์ตนี้เพียง 1 เส้น คือ บิตที่ 7 (BUSY) สัญญาณนี้จะใช้เพียง 1 เส้น คือบิตที่ 7 (BUSY) สัญญาณนี้จะใช้ เป็นอินพุตสำหรับการอ่านค่าของข้อมูลที่ไ้จากการแปลงที่ส่งออกจาก LTC 1298 ที่ขา D₀



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Output	$350 \Omega \pm 5 \Omega$	$700 \Omega \pm 10 \Omega$
Temp . Range	Compensate	-10 ~ 50 °C	
	Operating	-20 ~ 70 °C	
Temp . Coef	Output	$\pm 0.1 \% \text{ Load} / 10^\circ\text{C}$	
	Zero	$\pm 0.05 \% \text{ R.O.} / 10^\circ\text{C}$	
Safe Overload		150 % R.C.	
Cable		$\phi 5 \text{ mm} * 4\text{C} * 3\text{m}$	
Creep Error (20min)		0.03 % Load	
Insulation Resistance @50 VDC		2000 M Ω	
Protection Class		Hermetically Sealed	

โหลดเซลล์จะสามารถรับแรงอัดได้สูงสุด 10 ตัน ซึ่งเท่ากับแรงสูงสุดที่ไฮดรอลิกส์ สามารถกระทำกับชิ้นทดสอบได้ โดยเมื่อมีแรงมากระทำกับโหลดเซลล์จะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ส่งออกมาเปลี่ยนแปลงในอัตรา 2 mv / v เนื่องจากเป็น โหลดเซลล์ชนิดรับแรงอัดจึงติดตั้งโหลดเซลล์ระหว่างส่วนบนของกระบอกไฮดรอลิกกับคานส่วนบนของเครื่องทดสอบแรงดึงดังรูปที่ 3.2 โดยโหลดเซลล์จะต้องติดตั้งระหว่างแผ่น โลหะ(Plate)แบบเรียบ2แผ่นที่อยู่ส่วนบนและล่างของโหลดเซลล์



รูปที่ 3.2 แสดงการติดตั้งโหลดเซลล์และแผ่นโลหะเรียบบนเครื่องทดสอบแรงดึง

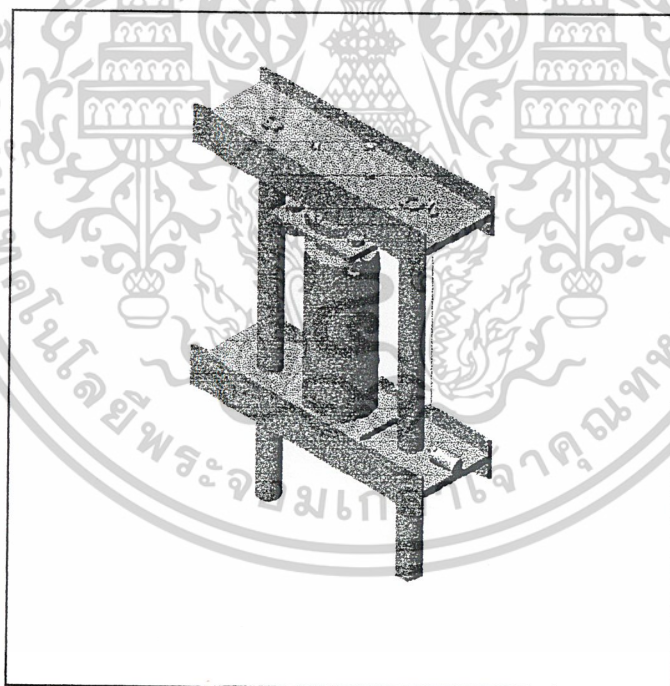
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเครื่องทดสอบแรงดึงซึ่งขึ้นทดสอบไฮดรอลิกจะบีบออกและกดแผ่น โลหะ ทำให้โพลีเอทิลีนถูกแรงกดจากไฮดรอลิก ความต้านทานภายในโพลีเอทิลีนเปลี่ยนแปลงทำให้ความตึงเครียดไฟฟ้าที่โพลีเอทิลีนส่งออกมาเพิ่มขึ้นแปรผันตรงตามแรงที่กระทำกับชิ้นทดสอบ

3.1.2 การออกแบบระบบเครื่องมือวัดระยะยืด

การศึกษาถึงคุณสมบัติทางกลในด้านการดึงของวัสดุ นอกจากจะวัดค่าความต้านทานการดึงของวัสดุต่างๆเช่น ความเค้นดึงสูงสุด ความเค้นคราก เป็นต้นแล้วจะต้องศึกษาถึงผลการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของชิ้นงานที่เกิดขึ้นด้วย ซึ่งได้แก่การศึกษาลักษณะของการแตกหักว่าเป็นแบบเปราะหรือแบบเหนียวเปอร์เซ็นต์ของการลดลงของพื้นที่รวมทั้งเปอร์เซ็นต์การยืดของชิ้นงานในขณะที่ดึงซึ่งสามารถทำได้โดยอาศัยการทำงานของเอนโคเดอร์

การติดตั้งเอนโคเดอร์เพื่อใช้ในการวัดระยะยืดของชิ้นทดสอบ ได้ถูกออกแบบโดยใช้เอนโคเดอร์ความละเอียด 80 พัลส์ต่อรอบติดตั้งเอนโคเดอร์ที่คานด้านล่างที่รองรับกระบอกลูกสูบไฮดรอลิก โดยเอนโคเดอร์ที่ติดตั้งจะมีเพลลาที่มีลวดสลิงม้วนรอบไว้ อีกด้านหนึ่งของลวดสลิงจะถูกยึดติดไว้กับคานที่อยู่ด้านบนของกระบอกลูกสูบไฮดรอลิก โดยเพลลาจะมีแบริ่งคอยรับแรงไว้ ส่วนอีกด้านหนึ่งของเพลลาจะติดตั้งระบบสปริงซึ่งจะคอยม้วนตัวกลับให้ลวดสลิงตั้งอยู่ตลอดเวลา โดยระบบการติดตั้งเอนโคเดอร์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ระบบการติดตั้งเอนโคเดอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

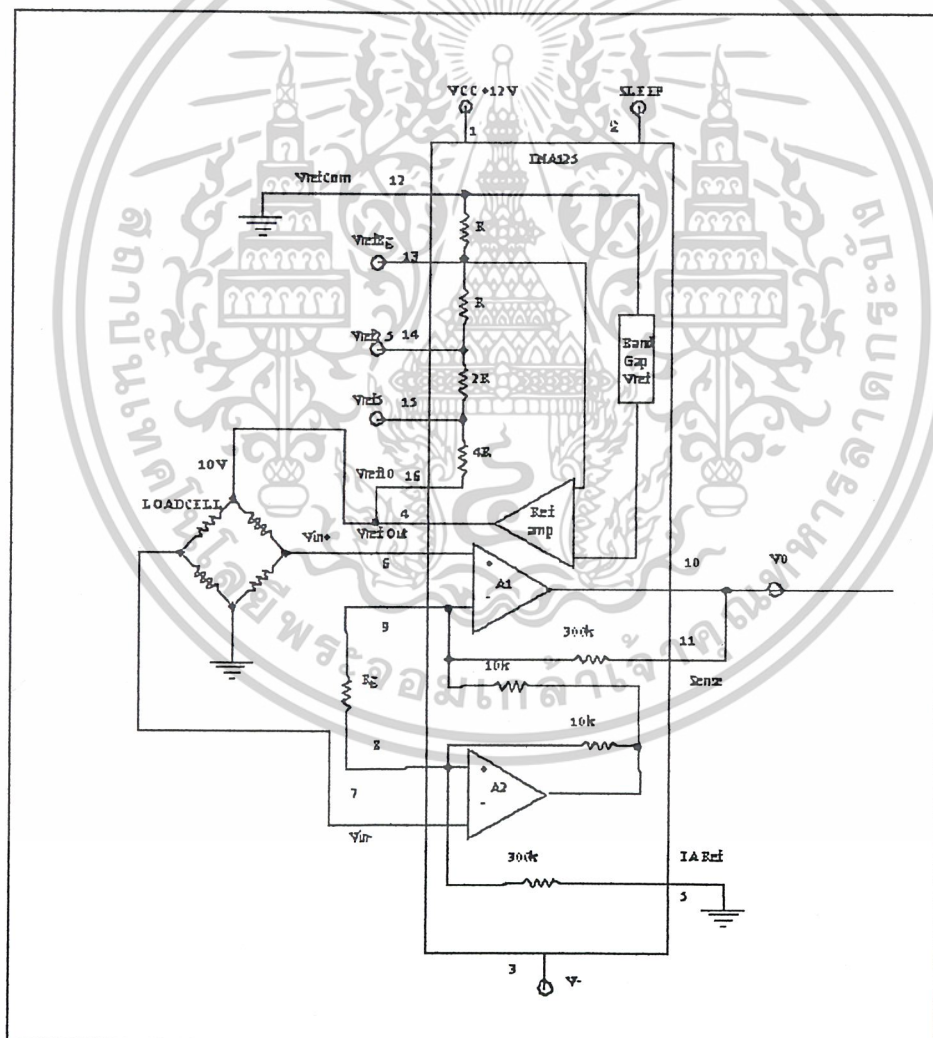
3.2 แผนการดำเนินงานด้านวงจรไฟฟ้า

การออกแบบส่วนวงจรควบคุม

วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดึงสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

3.2.1 การออกแบบวงจรขยายแรงดัน

เนื่องจากโหลดเซลล์เป็นเครื่องมือวัดที่สามารถเปลี่ยนแรงที่มากกระทำกับโหลดเซลล์เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ปล่อยออกมา แต่แรงดันที่ออกมานั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก การจะนำแรงดันที่เปลี่ยนแปลงไปใช้งานนั้นจึงต้องผ่านอุปกรณ์ขยายแรงดัน เพื่อจะทำให้แรงดันเพิ่มขึ้นและเพิ่มเป็นอัตราส่วนที่สามารถปรับได้ตามความต้องการ จึงต้องผ่านอุปกรณ์ชนิดอุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Instrument amplifier) แล้วจะได้แรงดันที่มากขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้ ดังรูปที่ 3.4 แรงดันเมื่อออกจากอุปกรณ์ขยายสัญญาณ ผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่าอานาลอกทูดิจิตอล เพื่อที่จะเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลก่อนส่งเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปประมวลผล



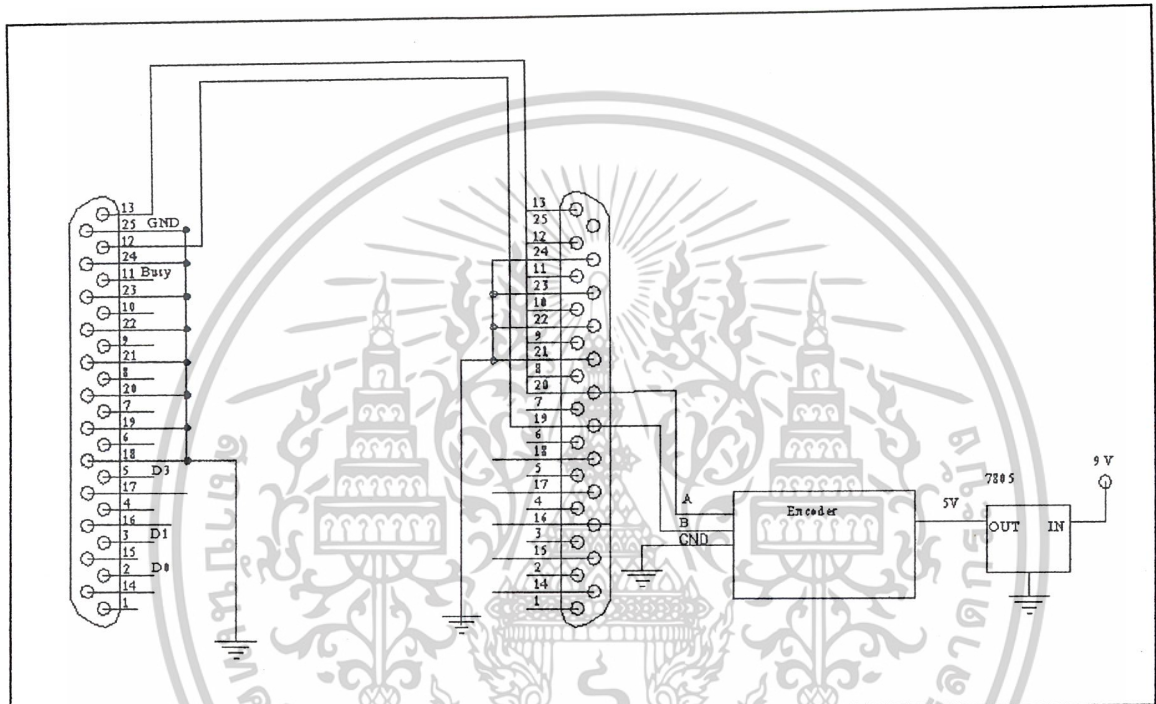
รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมการทำงานของระบบโหลดเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แรงดันไฟฟ้าที่ไหลออกจาก INA125 แล้วไหลเข้า ET-AD12 ที่ช่อง 0 แรงดันไฟฟ้า ก็จะ ถูก เปลี่ยน ให้เป็น สัญญาณดิจิทัล และถูกส่งเข้าทางพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ที่รีจิสเตอร์สเตทัส ตำแหน่งบิตที่ S7

3.2.3 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของเอนโคเดอร์

เอนโคเดอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดระยะขีดของชิ้นทดสอบ โดยเอนโคเดอร์ต้องมีไฟเลี้ยง 5 โวลท์ และจะส่งสัญญาณดิจิทัลออกมา 2 สายสัญญาณเป็นสัญญาณ A และสัญญาณ แล้วถูกส่งเข้าทางพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมการทำงานของเอนโคเดอร์

ขั้นตอนการทำงานของวงจรควบคุมระบบเอนโคเดอร์ สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. เมื่อเอนโคเดอร์หมุนสัญญาณที่สาย A และ B จะถูกส่งออกมา โดยถ้าเป็นการหมุนตามเข็มนาฬิกา สัญญาณ A จะออกมาก่อนสัญญาณ B แต่ถ้าเป็นการหมุนทวนเข็มนาฬิกา สัญญาณ B จะออกมาก่อนสัญญาณ A
2. สัญญาณ A และ B ที่ออกมาจะถูกส่งเข้าทางพอร์ตขนาน โดยสัญญาณ A จะถูกส่งเข้าที่รีจิสเตอร์สเตทัส ที่ตำแหน่งบิต S4 ส่วน B จะถูกส่งเข้าที่รีจิสเตอร์ Status ที่ตำแหน่งบิต S3

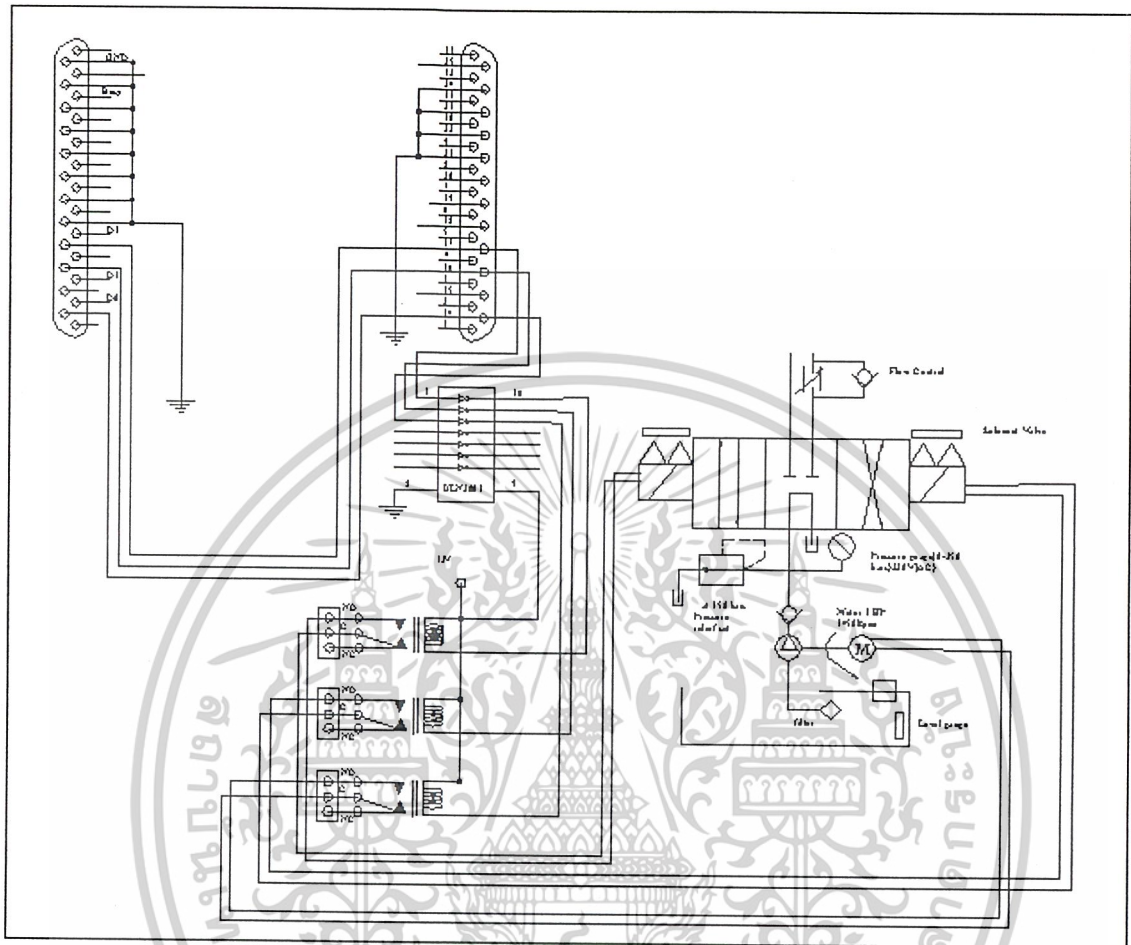
3.2.4 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์

ระบบไฮดรอลิกจะมีส่วนที่ต้องควบคุมอยู่ 3 ส่วนคือ

1. ส่วนโซลินอยด์ที่ควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้นของกระบอกไฮดรอลิกส์
2. ส่วนโซลินอยด์ที่ควบคุมการเคลื่อนที่ลงของกระบอกไฮดรอลิกส์
3. ส่วนควบคุมการทำงานของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 3 ได้ถูกออกแบบให้ใช้รีเลย์ไฟฟ้าแบบเชิงกล (ElectroMechanical Relay : EMR) ในการควบคุมการปิด - เปิด การทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 3 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์

ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมการทำงานของไฮดรอลิกส์

- เมื่อโปรแกรมถูกสั่งให้เริ่มการทำงานสัญญาณจากพอร์ตขานานที่รีจิสเตอร์คอนโทรล ตำแหน่งบิตที่ C1 และ C3จะถูกส่งออกมาผ่าน ULN2003ANซึ่งเป็นน็อตเกท ทำให้รีเลย์ตัวที่ควบคุมโซลินอยด์ขาขึ้นและมอเตอร์ ทำงานทำให้ไฮดรอลิกส์เลื่อนขึ้น

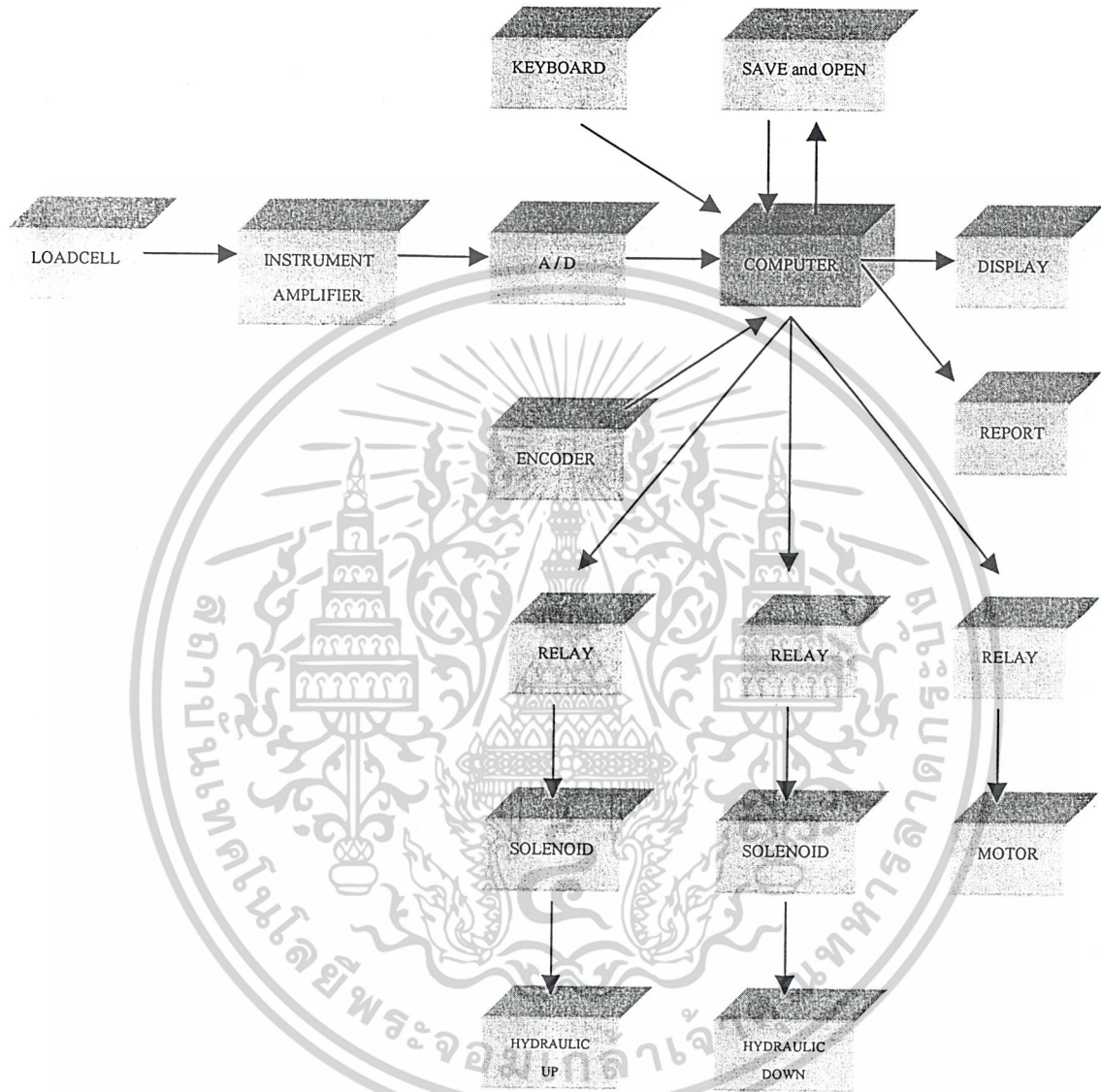
- เมื่อชิ้นงานขาดโปรแกรมจะส่งสัญญาณจากพอร์ตขานานที่รีจิสเตอร์คอนโทรล ตำแหน่งบิตที่ C1 และ C2จะถูกส่งออกมาผ่าน ULN2003ANซึ่งเป็นน็อตเกท ทำให้รีเลย์ตัวที่ควบคุมโซลินอยด์ขาลงและมอเตอร์ ทำงานทำให้ไฮดรอลิกส์เลื่อนลง

เมื่อออกแบบวงจรทั้ง 3 ส่วนแล้วจะได้วงจรรวมดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 43 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 แผนการดำเนินงานด้านโปรแกรมควบคุม

การออกแบบระบบการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดึงเป็นดังรูปที่ 3.8 ซึ่งเป็นบล็อกไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดึงสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดึง

เมื่อโปรแกรมถูกสั่งให้เริ่มต้นการทำงาน คอมพิวเตอร์จะสั่งให้ Relay ตัวที่ควบคุมมอเตอร์ทำงานทำให้มอเตอร์บีบน้ำมันทำให้แรงดันเพิ่มขึ้นและรีเลย์ (Relay) ตัวที่ควบคุมโซลินอยด์ (Solenoid) ด้านที่ควบคุมให้กระบอกสูบไฮดรอลิกส์ เคลื่อนที่ขึ้นทำงานทำให้ไฮดรอลิกส์ เคลื่อนที่ขึ้นจึงขึ้นทดสอบให้ยืดออกทำให้เอนโคเดอร์ หมุนและส่งค่าเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้าทางพอร์ตขนานของเครื่องคอมพิวเตอร์ ในขณะที่ไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่ขึ้น โหลดเซลล์ที่ติดตั้งอยู่ด้านบนของกระบอกไฮดรอลิกส์ ก็ถูกอัดด้วยแรงค่าเดียวกับแรงที่กระทำกับชิ้นทดสอบทำให้ความต้านทานภายในของโหลดเซลล์ เปลี่ยนแปลงมีผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากโหลดเซลล์มีค่าที่เปลี่ยนแปลง แต่ค่าของแรงดันไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

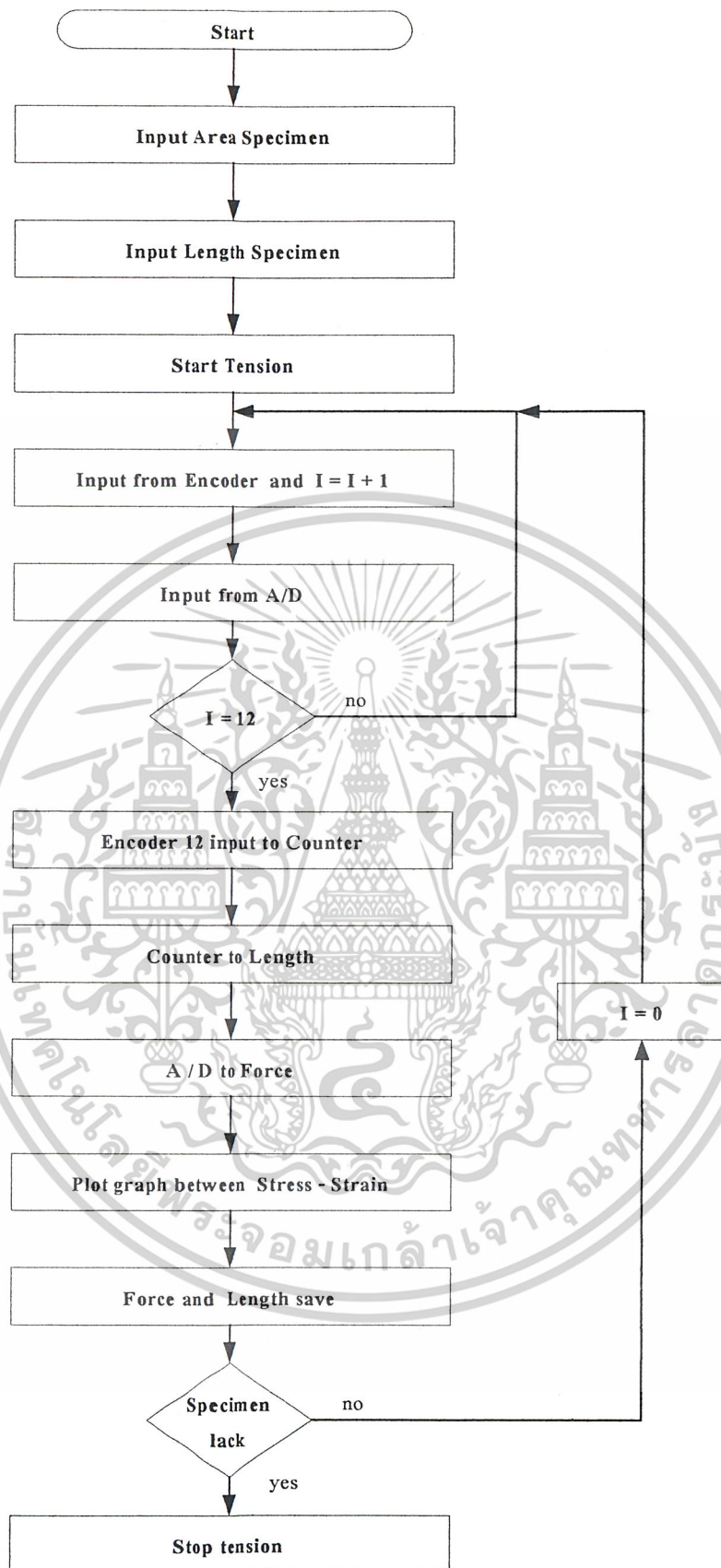
ฟ้าที่ออกมาจากโหลดเซลล์ มีค่าน้อยมากเมื่อผ่านอุปกรณ์ขยายสัญญาณ ก็จะถูกขยายให้เป็นแรงดันไฟฟ้าสูงมากขึ้น แรงดันไฟฟ้า ก็จะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณดิจิทัลโดยอนาลอกทูดิจิทัลคอนเวอร์เตอร์ และถูกส่งเข้าคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตขนาน สัญญาณดิจิทัลที่ได้จากแอน โคลด์เออร์และโหลดเซลล์ จะถูกแปลงเป็นระยะที่ขึ้นทดสอบยึดออกและแรงที่กระทำกับขึ้นทดสอบตามลำดับค่าที่ได้นี้จะนำไปคำนวณเป็นค่าความเค้นและความเครียดของขึ้นทดสอบ โดยจะมีคุณสมบัติของขึ้นทดสอบที่ต้องป้อนเข้าโปรแกรมทางแป้นพิมพ์จากนั้น โปรแกรมก็จะนำค่าความเค้น และความเครียดมาพล็อตเป็นแผนภาพความเค้น – ความเครียด และคำนวณคุณสมบัติทางกลของขึ้นทดสอบ เมื่อขึ้นทดสอบขาดรีเลย์ ตัวที่ควบคุมให้ ไฮดรอลิกส์ หดเข้าก็ทำงานจนถึงตำแหน่งที่ ลิมิตสวิทช์ (Limit switch) ตัวล่างทำงาน

การออกแบบส่วนประกอบของเครื่องทดสอบแรงดึงแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนการติดตั้งเครื่องมือวัด ส่วนวงจรควบคุม และส่วน โปรแกรม ที่การออกแบบส่วน โปรแกรมได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆคือ

1. ส่วนโปรแกรมติดต่อ(User Interface)
2. ส่วนหาค่าคุณสมบัติของขึ้นงานทดสอบ
3. ส่วนการอ่านข้อมูล บันทึกข้อมูลและทำรายงาน

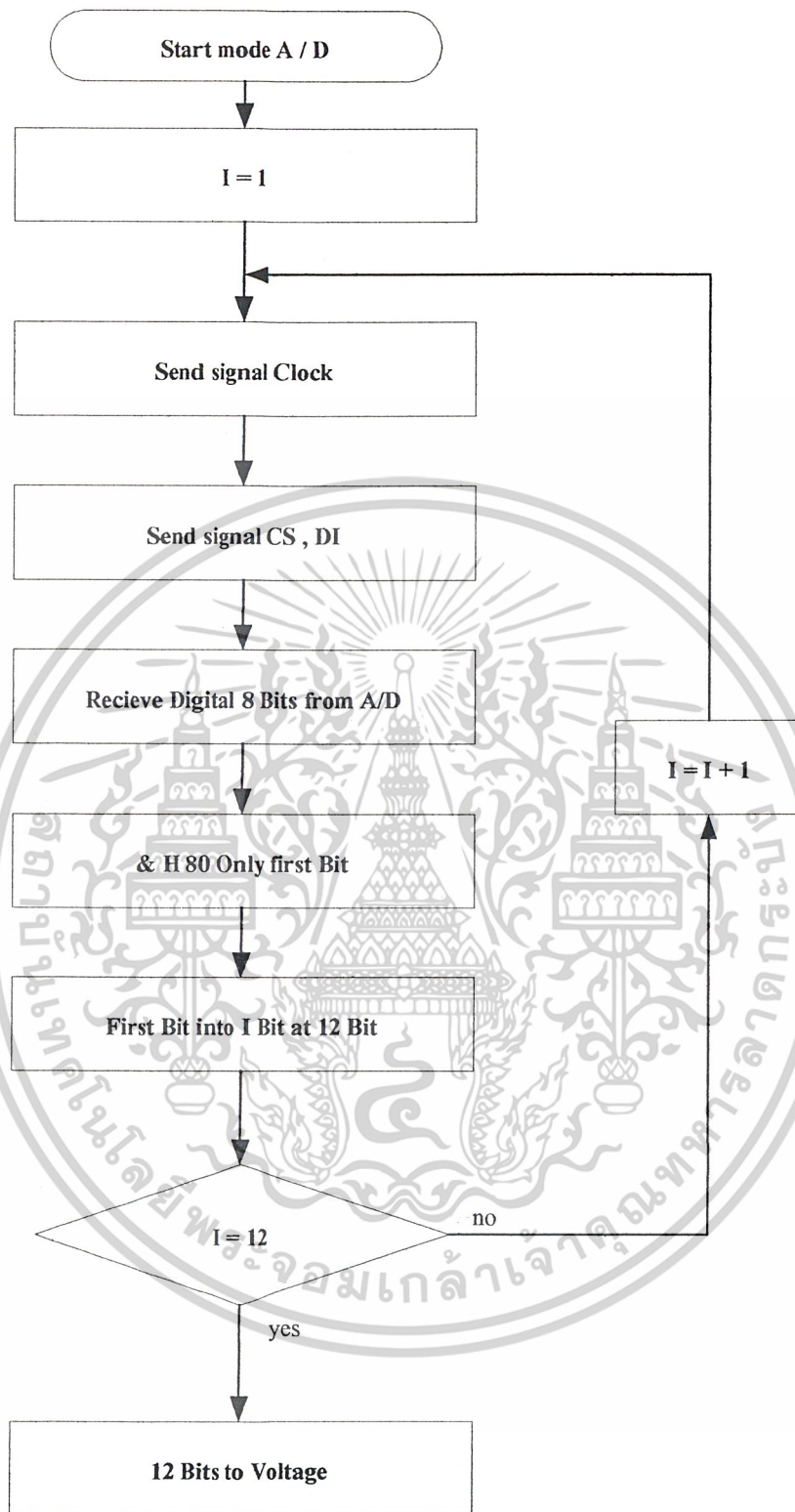
โดยมีหลักการทำงานโดยรวมของโปรแกรมดังรูปที่ 3.9 ส่วนรูปที่ 3.10 เป็นการทำงานส่วนของโปรแกรมการรับค่าจากอุปกรณ์ อนาลอกทูดิจิทัล และรูปที่ 3.11 เป็นการทำงานส่วนของโปรแกรมการรับค่าจาก แอน โคลด์เออร์





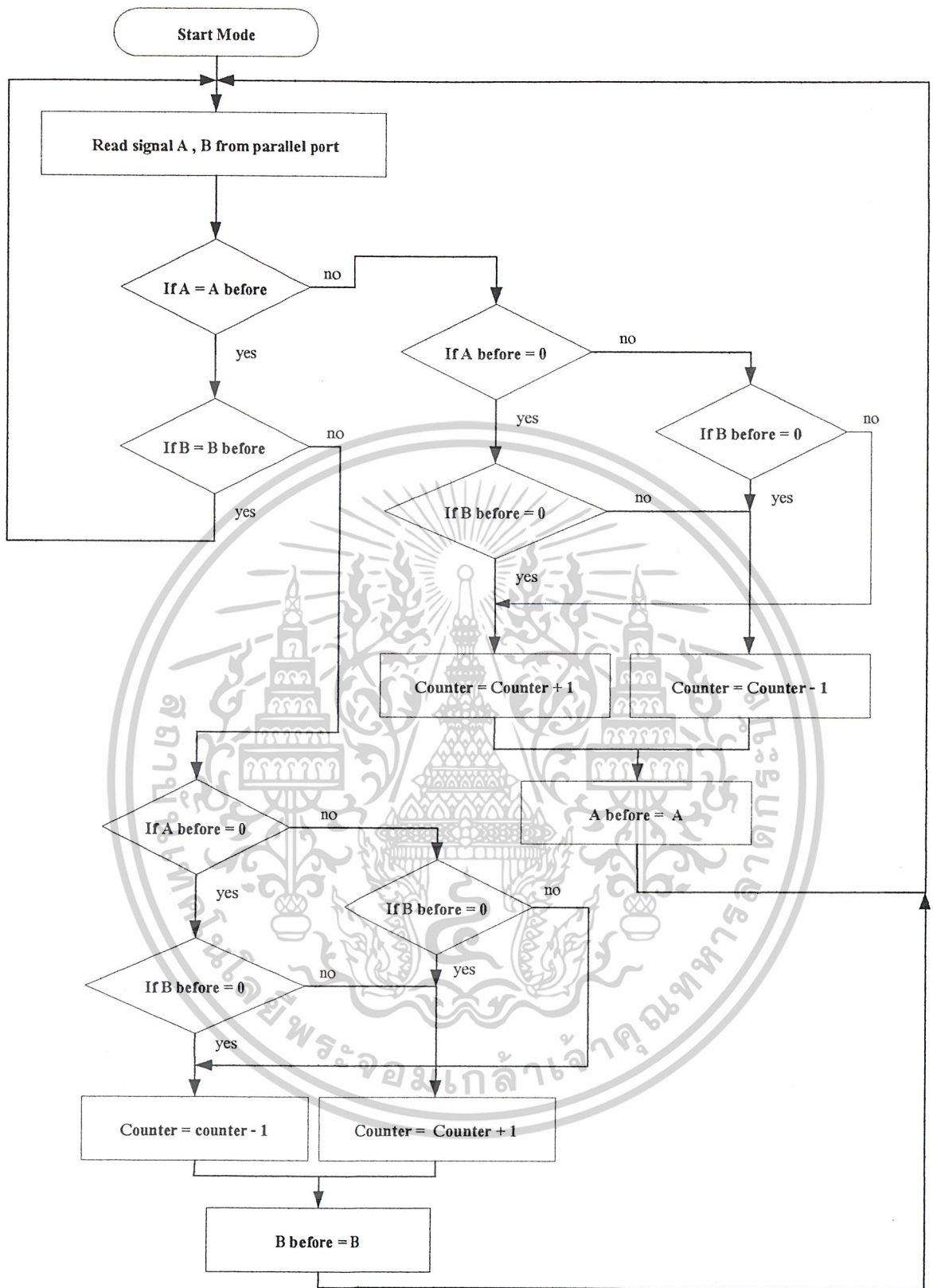
รูปที่ 3.9 แผนภูมิแสดงขบวนการการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรม A/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมอินเทอร์พรัตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 แผนการทดสอบ

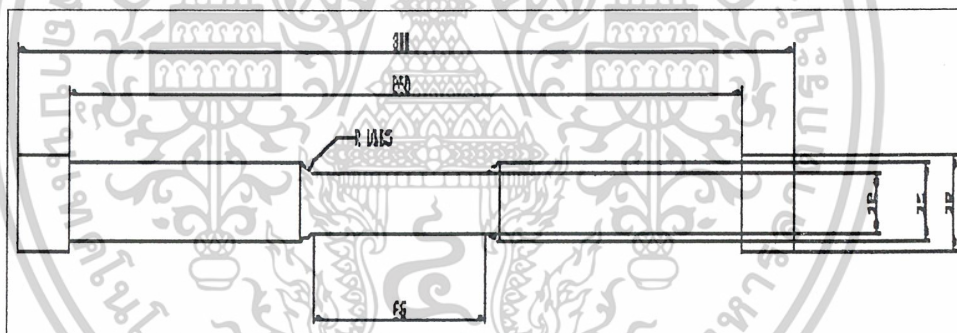
3.4.1 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

ค่ามาตรฐานของชิ้นงานทดสอบ

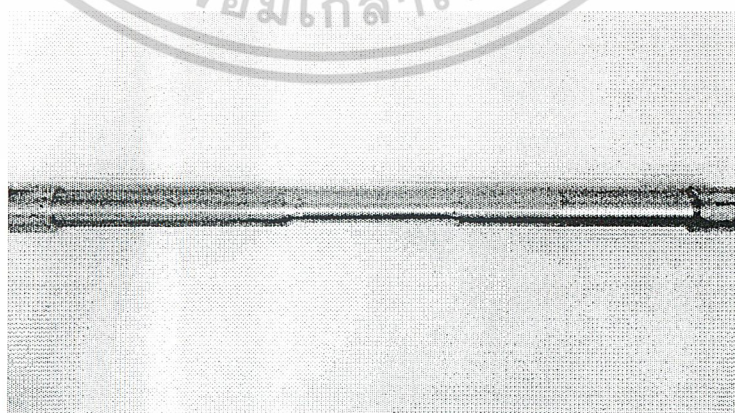
- เส้นผ่านศูนย์กลางของส่วนขนานของชิ้นงานทดสอบมีภาคตัดกลมขนาด 12 มิลลิเมตร
- ความยาวพิคัดเค็มมีขนาด 60.086 มิลลิเมตร
- ความยาวพิคัดสำหรับเครื่องวัดการยืดมีขนาด 66 มิลลิเมตร
- ความยาวชิ้นงานทดสอบรวม 220-300 มิลลิเมตร
- รัศมีของบ่าชิ้นงานทดสอบมีขนาด 10.85 มิลลิเมตร
- ชิ้นงานทดสอบมีความยาวส่วนขนานมีค่าอยู่ระหว่าง 66.086 ถึง 84.086 มิลลิเมตร

การเตรียมชิ้นงานทดสอบสำหรับเครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้น

วัสดุที่ใช้ในการเตรียมชิ้นงานทดสอบเป็นวัสดุประเภท อะลูมิเนียมหน้าตัดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางของอะลูมิเนียมหน้าตัดกลมจะต้องมีขนาดอย่างน้อย 4 Һัน เพื่อสามารถนำชิ้นงานมากลึงให้ได้ตามแบบมาตรฐานที่กำหนดไว้ จากการคำนวณค่าต่างๆจากมาตรฐานของหนังสือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ความยาวของชิ้นงานทดสอบ 220-300 มิลลิเมตรซึ่งรวมความยาวของบ่าทั้งสองข้างและด้ามสำหรับไว้จับ แบบแสดงชิ้นงานมาตรฐานรูปที่ 3.12 ชิ้นงานกลึงตามแบบมาตรฐานรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 รูปแสดงแบบชิ้นงานทดสอบมาตรฐาน

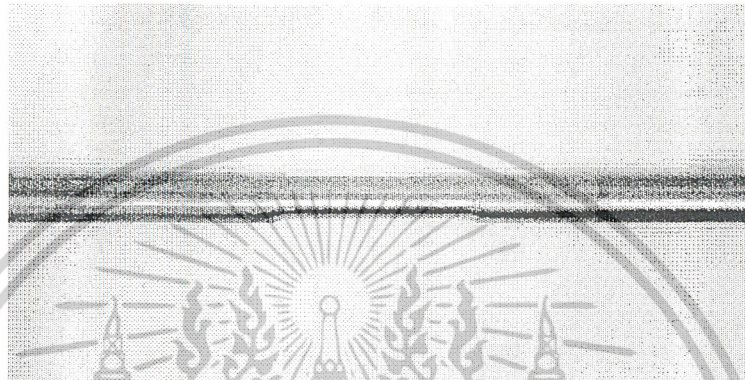


รูปที่ 3.13 ชิ้นงานกลึงสำหรับทดสอบเครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา⁴⁹ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมชิ้นงานทดสอบสำหรับเครื่องทดสอบแรงดึงที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

ชิ้นงานทดสอบรูปที่ 3.14 จะมีลักษณะขนาดเท่ากับชิ้นงานทดสอบสำหรับเครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้น แต่มีลักษณะแตกต่างคือ ชิ้นงานทดสอบจะไม่มีลักษณะเป็นบ่าสำหรับไว้จับ เนื่องจากเครื่องทดสอบแรงดึงที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธามีลักษณะการจับโดยใช้กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ในการบีบจับชิ้นงานทดสอบ ชิ้นงานทดสอบที่นำมาทดสอบต้องมีขนาดไม่ใหญ่มาก ดังนั้นเพื่อป้องกันการเลื่อนของชิ้นงานทดสอบจะต้องกลึงชิ้นงานให้เรียบไม่มีบ่าหรือไว้จับเหมือนชิ้นงานทดสอบสำหรับเครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้น



รูปที่ 3.14 ชิ้นงานกลึงสำหรับทดสอบเครื่องทดสอบแรงดึงที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

3.4.2 ขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนแสดงการทดสอบชิ้นงานกับเครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้น

- กลึงชิ้นงานทดสอบให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้
- นำชิ้นงานทดสอบที่ได้ ไปใส่ในหัวจับให้ถูกต้อง
- เตรียมความพร้อมการทำงาน of เครื่องทดสอบแรงดึงกับเครื่องคอมพิวเตอร์
- กำหนดค่าต่างๆของชิ้นงานทดสอบ ลงใน โปรแกรม เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลค่าเอาท์พุทของชิ้นงานทดสอบ
- ทำการทดสอบชิ้นงาน โดยการสั่งงานผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ ไปยังเครื่องทดสอบแรงดึง
- อ่านผลการทดสอบที่ได้และทำการบันทึกผลจากการทดสอบลงในคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษาและวิเคราะห์ผล

3.4.3 การวิเคราะห์ผล

เมื่อกลึงชิ้นงานได้ตามมาตรฐานที่กำหนด นำชิ้นงานไปทำการทดสอบโดยเครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้น และเครื่องทดสอบแรงดึงที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธาแล้ว จากนั้นจึงนำผลที่ได้จากการทดสอบแรงดึงมาทำการประเมินค่าที่ได้ ดังต่อไปนี้

- ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดสอบกับเครื่องทดสอบแรงดึงที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
- ผลการทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อน
- ผลการทดสอบความสามารถในการทำซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

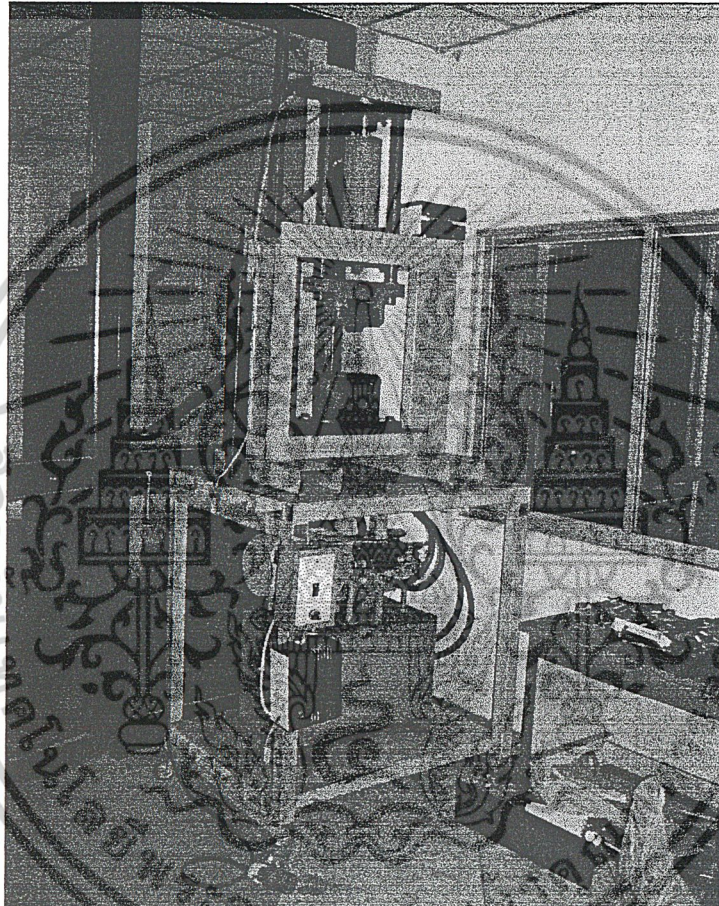
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 50 จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการดำเนินงานด้านฮาร์ดแวร์

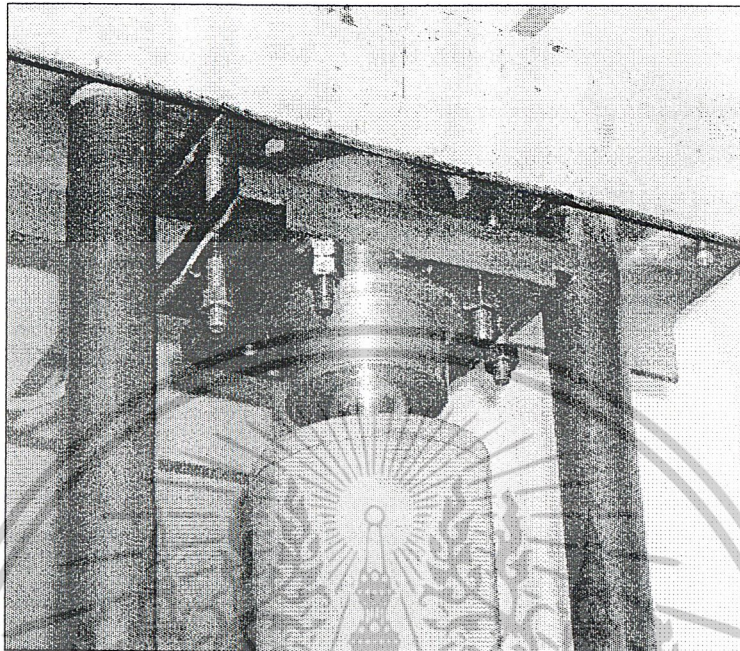
รูปที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องทดสอบแรงดึง โดยภาพนี้เป็นภาพเครื่องทดสอบแรงดึงที่สมบูรณ์ที่สามารถพร้อมนำทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ



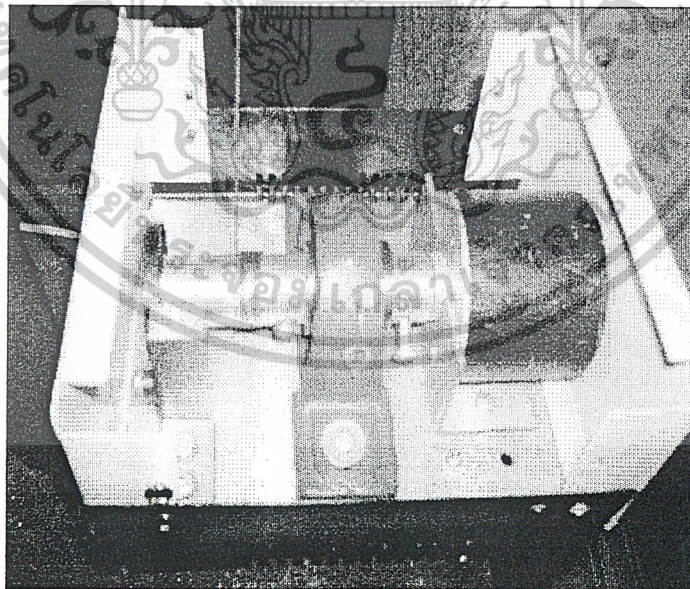
รูปที่ 4.1 เครื่องทดสอบแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงการติดตั้งโพลคเซลล์ และอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อที่จะให้โพลคเซลล์สามารถติดตั้งได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยมีเพลาเรียบประกบบนล่างของโพลคเซลล์และเพลาเรียบที่มีบล็อกไว้คอยสวมกับกระบอกไฮดรอลิก



รูปที่ 4.2 แสดงการติดตั้งโพลคเซลล์



รูปที่ 4.3 แสดงการติดตั้งเอนโคเดอร์

รูปที่ 4.3 แสดงส่วนประกอบและการติดตั้งเอนโคเดอร์เพื่อใช้ในการวัดระยะขีดยกของจีนทศอบ ซึ่งประกอบไปด้วยเอนโคเดอร์ แบร์ริง เพลา สปริงลาน และสายสร้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหรือต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการดำเนินงานส่วนวงจรควบคุม

วงจรควบคุมประกอบไปด้วยส่วนของสวิตช์เบรกเกอร์ของเครื่องทดสอบแรงดึง สวิตช์นี้มีหน้าที่ในการจ่ายหรือตัดไฟให้กับเครื่องทดสอบแรงดึง ก่อนการทดสอบต้องมีการสับสวิตช์เพื่อให้มีไฟฟ้าไหลผ่านเสมอไม่ว่าจะเป็นการควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติหรือระบบควบคุมด้วยมือ

รูปที่ 4.4 แสดงส่วนของวงจรควบคุมเครื่องทดสอบแรงดึง ซึ่งสามารถควบคุมได้ทั้งสองระบบไม่ว่าจะเป็นระบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ และระบบที่ควบคุมด้วยมือ โดยในส่วนของวงจรประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนควบคุมการทำงานของไฮดรอลิกส์ ส่วนรับค่าจากโหลดเซลล์ และส่วนรับค่าจากเอนโคเดอร์ โดยมีส่วนประกอบของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลักดังนี้

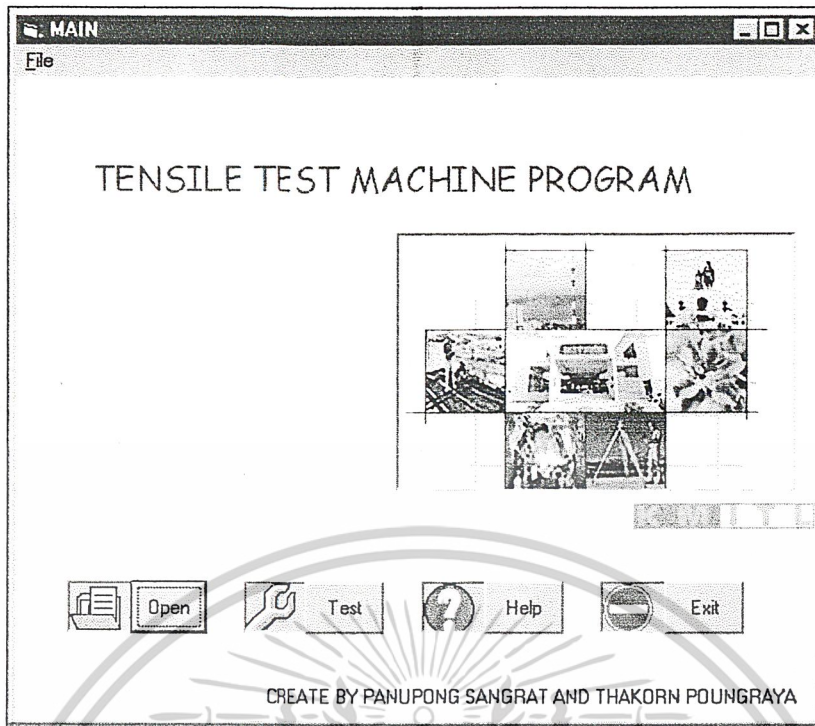
1. คอนแทกเตอร์ 3 หน้าสัมผัส
2. รีเลย์ 1 หน้าสัมผัส และ 2 หน้าสัมผัส
3. อินสตุเมนแอมป์ไฟเออร์ INA 125



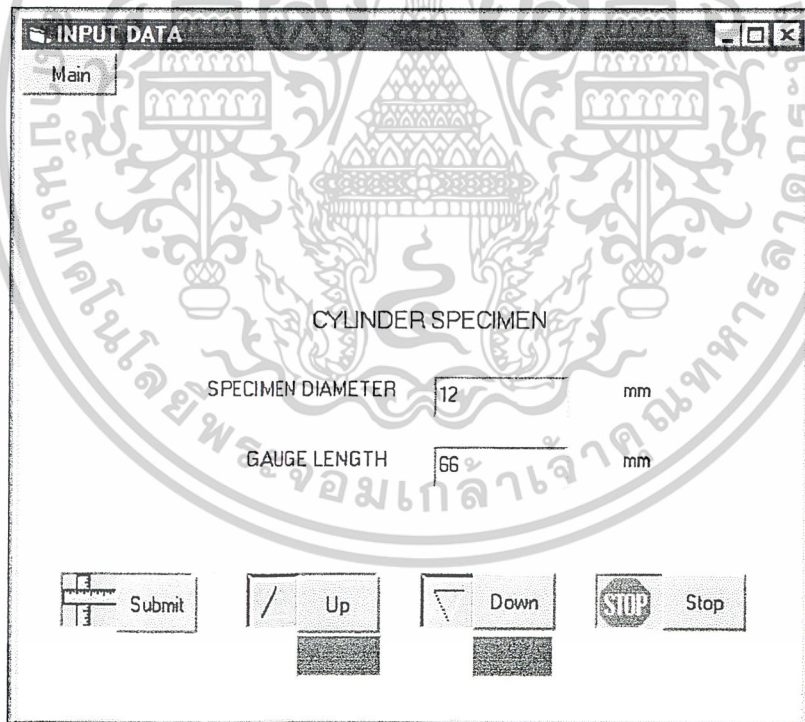
รูปที่ 4.4 แสดงวงจรควบคุม

4.3 ผลการดำเนินงานส่วนของโปรแกรม

รูปที่ 4.5 แสดงหน้าต่างโปรแกรมหลัก โดยสามารถเลือกเข้าสู่โหมดการทำงานต่างได้ เช่น ทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ เปิดดูข้อมูลการทดสอบเก่าที่ได้บันทึกไว้ เป็นต้น



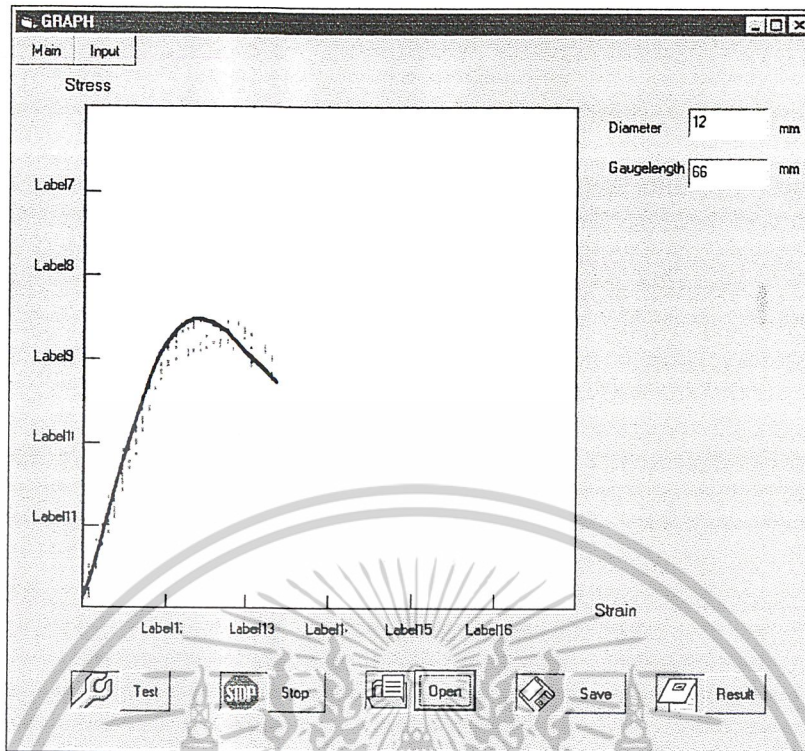
รูปที่ 4.5 แสดงโปรแกรมส่วนหน้าต่างหลัก



รูปที่ 4.6 แสดงโปรแกรมส่วนรับค่าความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบ

รูปที่ 4.6 แสดงหน้าต่างโปรแกรมส่วนรับค่าความยาว(Gauge length) และเส้นผ่านศูนย์กลาง(Diameter) ของชิ้นงานทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงกราฟความเค้น-ความเครียดของอลูมิเนียม

รูปที่ 4.7 แสดงกราฟที่ได้จากการดึงอลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร และความยาวของชิ้นทดสอบ 66 มิลลิเมตร

TIME	FORCE	DISTANCE	STRESS	STRAIN
146	1525.8789	2.9167	13.5034	.0442
147	1428.2227	2.9167	12.6391	.0442
148	1488.8164	2.9167	13.1577	.0442
149	1511.2305	2.9167	13.3737	.0442
150	1440.4297	2.9167	12.7472	.0442
151	1538.1836	2.9167	14.4972	.0442
152	1672.3633	2.9167	14.7937	.0442
153	1591.7969	2.9167	14.0867	.0442
154	1611.3281	3.0208	14.2595	.0458
155	1599.1211	3.0208	14.1515	.0458
156	1799.3164	3.0208	15.9232	.0458
157	1787.1094	3.0208	15.8151	.0458
158	1838.3789	3.0208	16.2688	.0458
159	1821.2891	3.0208	16.1176	.0458
160	1765.1367	3.0208	15.6207	.0458
161	1765.1367	3.125	15.6207	.0473
162	1938.4766	3.125	17.1547	.0473
163	1955.5664	3.2292	17.3059	.0489
164	1948.2422	3.2292	17.2411	.0489
165	1882.3242	3.2292	16.6577	.0489
166	1904.2969	3.2292	16.8522	.0489
167	1838.3789	3.2292	16.2688	.0489
168	2092.2652	3.3333	18.5158	.0505
169	2119.1406	3.3333	18.7535	.0505
170	2072.7539	3.3333	18.343	.0505
171	1965.5664	3.3333	17.3059	.0505
172	1972.6562	3.3333	17.4571	.0505
173	1945.8008	3.3333	17.2195	.0505
174	2136.2305	3.4375	18.9047	.0521
175	2170.4102	3.4375	19.2072	.0521

RESULT

Ultimate Force: 2314.4531 kgf

Ultimate Stress: 20.4819 MPa

Distance: 6.0417 mm

Specimen Area: 113.0973 sqmm.

รูปที่ 4.8 แสดงค่าความเค้น ความเครียด แรงสูงสุด ของอลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 แสดงค่าความเค้น ความเครียด แรง และระยะยืด ของอลูมิเนียม รวมทั้ง ค่าความเค้นสูงสุด แรงสูงสุด และระยะยืดสูงสุดของอลูมิเนียม

4.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองดึงชิ้นงาน 6 ชิ้นของเครื่องทดสอบแรงดึงที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา และเครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้นได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเทียบกับเครื่องที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

ชิ้นงานที่	เครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้น		เครื่องทดสอบแรงดึงที่ภาควิชาโยธา	
	แรงสูงสุด(Kgf)	ระยะยืดสูงสุด(mm)	แรงสูงสุด(Kgf)	ระยะยืดสูงสุด(mm)
1	2314	5.1042	2250	4.5
2	2350	5.3126	2370	6
3	2289	5.1042	2280	5
4	2345	5.8336	2365	6
5	2324	5.3126	2295	5.5
6	2298	4.8958	2275	5
ค่าเฉลี่ย	2320	5.2605	2305.83	5.33
เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	0.6144	1.3656		

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อน

ชิ้นงานที่	เครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้น	เครื่องทดสอบแรงดึงที่ภาควิชาโยธา	ความคลาดเคลื่อน
	แรงสูงสุด(Kgf)	แรงสูงสุด(Kgf)	
1	2314	2250	64
2	2350	2370	20
3	2289	2280	9
4	2345	2365	20
5	2324	2295	29
6	2298	2275	23
ค่าเฉลี่ย			27.5
แรงดึงสูงสุด	10000		
เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน			0.275

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความสามารถในการทำซ้ำ

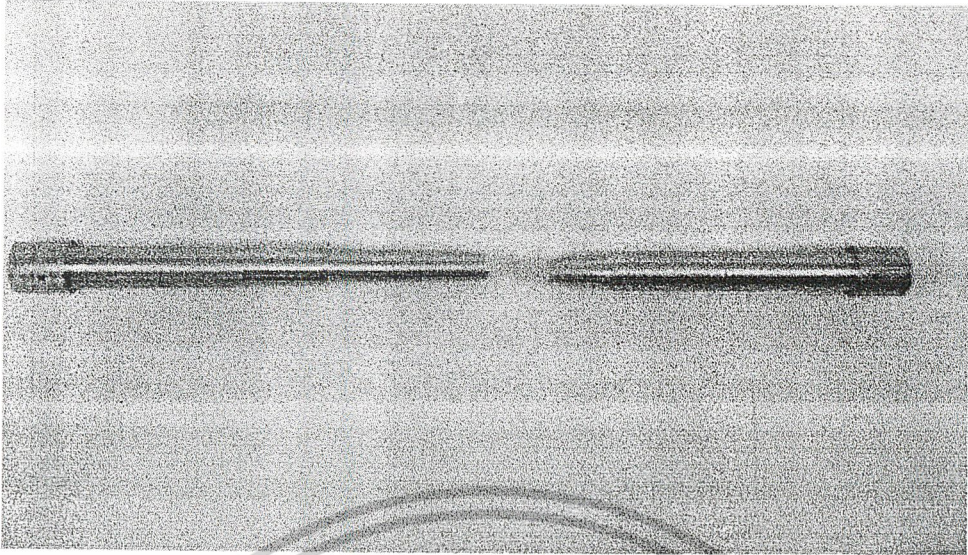
ชั้นงานที่	เครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้น			
	แรงสูงสุด(Kgf)	คลาดเคลื่อน(Kgf)	ระยะยืดสูงสุด(mm)	คลาดเคลื่อน(mm)
1	2314	6	5.1042	0.1563
2	2350	30	5.3126	0.0521
3	2289	31	5.1042	0.1563
4	2345	25	5.8336	0.5731
5	2324	4	5.3126	0.0521
6	2298	22	4.8958	0.3647
ค่าเฉลี่ย	2320	19.667	5.26	0.23
เปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนทำซ้ำ		10.9945		0.1436

ชั้นงานทดสอบก่อนการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้น รูปที่ 4.14 และชั้นงานทดสอบหลังจากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้น รูปที่ 4.1



รูปที่ 4.9 ชั้นงานก่อนการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ชิ้นงานหลังการทดสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

- สรุปผลการดำเนินงานด้านฮาร์ดแวร์

การดำเนินงานด้านฮาร์ดแวร์ คือ การศึกษาการทำงานและสร้างระบบควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดึง โดยมีการติดตั้งเครื่องมือวัดแรง และเครื่องมือวัดระยะยืดของชิ้นทดสอบ พร้อมทั้งออกแบบวงจรควบคุมในการรับค่าจากเครื่องมือวัดทั้งสอง แล้วส่งค่าเข้าทางพอร์ตนานของคอมพิวเตอร์ ในการสร้างระบบควบคุมเครื่องทดสอบแรงดึง สามารถทำงานได้ 2 ระบบ คือควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ และควบคุมด้วยระบบมือ

- สรุปผลการดำเนินงานด้านซอฟต์แวร์

การดำเนินงานส่วนของซอฟต์แวร์ คือการสร้างโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดึงให้สามารถดึงชิ้นงานทดสอบให้ขาดได้ และ โปรแกรมสามารถประมวลผลและแสดงออกมาเป็นกราฟ ความเค้น – ความเครียด แรงสูงสุดที่กระทำกับชิ้นทดสอบ ความเค้นสูงสุดที่กระทำกับชิ้นทดสอบ ระยะยืดของชิ้นทดสอบ ค่าความเค้น ความเครียด แรง ระยะยืดที่กระทำกับชิ้นทดสอบ ณ เวลาต่างๆ และสามารถส่งพิมพ์เป็นรายงานออกทางเครื่องพิมพ์ โปรแกรมสามารถที่จะบันทึกผลการทดลองและเปิดผลการทดลองเดิมที่ได้บันทึกเอาไว้ โดยบันทึกผลการทดลองแบบเท็กทีไฟล์

5.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

เมื่อได้ทดสอบดึงชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้นมา และนำค่าของผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับความผิดพลาดจากเครื่องทดสอบแรงดึงของภาควิชาวิศวกรรมโยธา ค่าของแรงสูงสุดที่กระทำกับชิ้นทดสอบมีร้อยละความคลาดเคลื่อน 0.6144 ค่าของระยะยืดของชิ้นงานทดสอบมีร้อยละความคลาดเคลื่อน 1.3656 และร้อยละความคลาดเคลื่อนของแรงสูงสุดเมื่อเทียบกับค่าสูงสุดที่เครื่องสามารถออกแรงทำได้เป็น ร้อยละ 0.275 ค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจาก

- การกลึงชิ้นงานทดสอบที่ไม่ได้ขนาดมาตรฐาน มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น
- การทดลองที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา เป็นเครื่องทดสอบที่ต้องใช้สายคาบการเปลี่ยนแปลงของเข็มบน หน้าปัดของเครื่องจึงทำให้การอ่านค่า ณ เวลาชิ้นงานทดสอบขาดมีความคลาดเคลื่อน
- การใช้เอนโคเดอร์ที่มีความละเอียดน้อยเกินไปทำให้ระยะยืดของชิ้นทดสอบที่ได้มีความคลาดเคลื่อน
- ความไม่คงที่ของอนุลอกทูดิจิตอล ทำให้ที่ความต่างศักย์เท่ากันแปลงเป็นตัวเลขดิจิตอลคนละค่ากัน

เมื่อได้ทดสอบดึงชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงที่สร้างขึ้นมา และนำค่าของผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับความสามารถในการทำซ้ำ ค่าของแรงสูงสุดที่กระทำกับชิ้นทดสอบมีร้อยละความคลาดเคลื่อน 10.9945 ค่าของระยะยืดของชิ้นงานทดสอบมีร้อยละความคลาดเคลื่อน 0.1436ค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจาก

- การกลึงชิ้นงานทดสอบที่ไม่ได้ขนาดมาตรฐาน มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น
- การใช้เอนโคเดอร์ที่มีความละเอียดน้อยเกินไปทำให้ระยะยืดของชิ้นทดสอบที่ได้มีความคลาดเคลื่อน

- ความไม่คงที่ของอนุลอกทูดิจิตอล ทำให้ที่ความต่างศักย์เท่ากันแปลงเป็นตัวเลขดิจิตอลคนละค่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางพัฒนาและปรับปรุงในอนาคต

1. เปลี่ยนเอน โคคเคอร์ที่มีความละเอียดมากกว่านี้เดิมเอน โคคเคอร์ที่ใช้มีความละเอียด 60 พัลซ์ต่อรอบ ควรใช้เอน โคคเคอร์ที่มีจำนวน พัลซ์ต่อรอบมากกว่านี้
2. การเตรียมชิ้นงานทดสอบเพื่อใช้ในการทดลองควรกลึงให้ได้ตามขนาดมาตรฐาน
3. ปรับปรุงส่วนของ โปรแกรมให้สามารถแสดงกราฟจากค่าที่ได้จากวงจรควบคุมจริง โดยไม่ต้องมาคำนวณหาสมการที่เป็นตัวแทนของจุดต่างๆของกราฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Archie Higdon, Edward H. Ohlsen, William B. Stiles, John A. Weese and William F. Riley. "MECHANICS OF MATERIALS". Fourth Edition, John Willey & Sons, 1985.
- [2] ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์และชาญ ถนัดงาน. "การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1". ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2521.
- [3] ผศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช. "วัสดุศาสตร์". ตำราชุดวิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ, 2536
- [4] มณฑล ฉายอรุณ. "ทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ". ยูไนเต็คนิกส์, 2531



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LC-F General-purpose compression load cells

Features

- Allowable overload rating of 200%
- Ease of handling

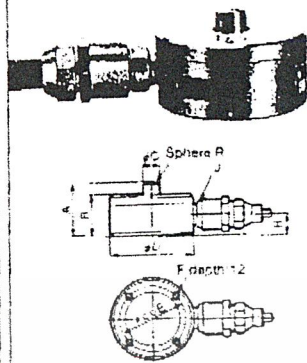
Specifications

Safe overload rating: 200%
 Rated output: 1.5mV/V(3000 \times 10⁻⁶strain)
 \pm 0.2%
 Non-linearity: \pm 0.1%RO(50kg), \pm 0.2%RO
 Hysteresis: \pm 0.1%RO(50kg), \pm 0.2%RO
 Recommended excitation voltage: 1 to 12V AC or DC
 Safe excitation voltage (max): 20V AC or DC
 Bridge resistance: 350 Ω \pm 0.5%
 Repeatability: 0.05%RO or better
 Compensated temperature range: -10 to +70°C
 Safe temperature range: -20 to +80°C
 Temperature effect on zero balance: \pm 0.05%RO/°C
 Temperature effect on output: \pm 0.05%/°C
 Cable: 0.5mm ϕ or 0.8mm ϕ 4-conductor shielded chloroprene 3m

terminated in connector plug (NDS Standard)

Model	Rated load	Natural freq.	Weight (app.)
LC-50KF	490.3N 50kgf	3.2kHz	1.5kg
LC-100KF	980.7N 100kgf	5.1kHz	1.5kg
LC-200KF	1.961kN 200kgf	7.2kHz	1.5kg
LC-500KF	4.903kN 500kgf	11kHz	1.5kg
LC-1TF	9.807kN 1Tf	18.9kHz	1.5kg
LC-2TF	19.61kN 2Tf	21kHz	1.5kg
LC-5TF	49.03kN 5Tf	18.7kHz	2.6kg
LC-10TF	98.07kN 10Tf	11.4kHz	4.2kg
LC-20TF	196.1kN 20Tf	8.6kHz	8.5kg

Overload rating: 200%



Manufactured upon customer order. In addition, high-temperature load cells (LC-FH, -10 to 150°C) and low-temperature load cells (LC-FL, -196 to 30°C) with the same rated loads and dimensions are manufactured upon customer order. For the dimensions including accessories (saddle, movable saddle and mount base), contact KYOWA.

LC-N Series Small-size compression load cells

Feel free to install these transducers to existing facilities. They are remarkably compact and lightweight. The completely airtight construction formed by stainless steel (SUS304) counts whenever dependability performance is demanded in corrosive environments.

Features

- Compact, lightweight, competitively priced
- High corrosion resistance provided by the stainless steel mainframe
- Completely airtight construction filled with inert gas

Specifications

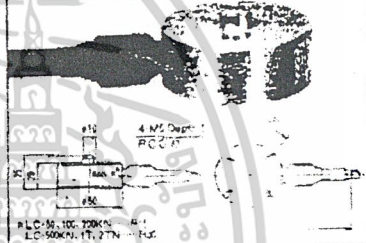
Safe overload rating: 200%
 Rated output: 2mV/V \pm 0.5% (4000 \times 10⁻⁶ strain)
 Non-linearity: \pm 0.15%RO
 Hysteresis: \pm 0.10%RO

Recommended excitation voltage: 1-12V AC or DC
 Safe excitation voltage: 20V max. AC or DC
 Bridge resistance: 350 Ω \pm 1.75%
 Repeatability: 0.05%RO or better
 Compensated temperature range: -10 to +70°C
 Safe temperature range: -20 to +80°C
 Temperature effect on zero balance: \pm 0.05%RO/°C
 Temperature effect on output: \pm 0.015%/°C

Materials: Mainframe, SUS304, bottom plate and cable outlet, SUS304 (Cable protector, excluded)
 Cable: 0.5mm ϕ , 0.8mm ϕ 4-conductor shielded chloroprene 3m, terminated in fork terminal

Model	Rated load	Natural freq.	Weight (app.)
LC-50KN	490.3N	6400Hz	250g
LC-100KN	980.7N	6300Hz	250g
LC-200KN	1.961kN	7600Hz	250g
LC-500KN	4.903kN	13000Hz	250g
LC-1TN	9.807kN	18100Hz	250g
LC-2TN	19.61kN	24100Hz	250g

Small size, stainless-steel construction



Model	Rated load	Natural freq.	Weight (app.)
LC-50KN	490.3N	6400Hz	250g
LC-100KN	980.7N	6300Hz	250g
LC-200KN	1.961kN	7600Hz	250g
LC-500KN	4.903kN	13000Hz	250g
LC-1TN	9.807kN	18100Hz	250g
LC-2TN	19.61kN	24100Hz	250g

LC-V Small-size compression load cells

These compact, lightweight performers boast of non-linearity of 0.05% to ensure supreme measurement accuracy. The completely airtight construction ensures long-lasting dependability.

Features

- Compact, lightweight, installable in limited space
- 1/2000 measurement accuracy
- Completely airtight construction filled with inert gas
- Long service life (10⁶ operations)
- Use of BISELCOF gages reduces thermal effects to a minimum

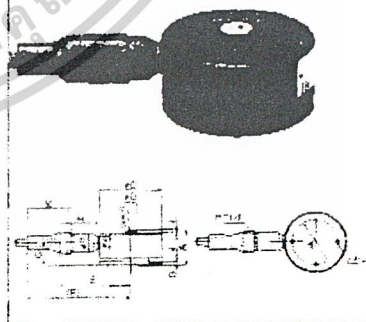
Specifications

Safe overload rating: 100%
 Rated output: 2.5mV/V \pm 0.2% (5000 \times 10⁻⁶ strain)

Non-linearity: \pm 0.05%RO
 Hysteresis: \pm 0.05%RO
 Recommended excitation voltage: 1-10V AC or DC
 Safe excitation voltage (max.): 20V AC or DC
 Bridge resistance: 350 Ω \pm 1.75%
 Repeatability: 0.03%RO or better
 Compensated temperature range: -10 to +70°C
 Safe temperature range: -20 to +80°C
 Temperature effect on zero balance: \pm 0.005%RO/°C
 Temperature effect on output: \pm 0.005%/°C

Weight: 0.5g (0.0011lb) weight
 Cable: 0.5mm ϕ or 0.8mm ϕ 4-conductor shielded chloroprene 3m, terminated in J-box fit terminal
 Natural freq.: LC-STV 17kHz, LC-10TV 18kHz, LC-20TV 15kHz

High accuracy: 1/2000



Model	Rated load	Natural freq.	Weight (app.)	Mount base	Shape	Material
LC-STV	17kN	17kHz	0.5g	None	Cylindrical	SUS304
LC-10TV	18kN	18kHz	0.5g	None	Cylindrical	SUS304
LC-20TV	15kN	15kHz	0.5g	None	Cylindrical	SUS304

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

