

การออกแบบเครื่องทดสอบแรงดึงราคาถูก
Design of Low-Cost Universal Tensile Testing Machine



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์

บัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

DESIGN OF LOW-COST UNIVERSAL TENSILE TESTING MACHINE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญาโทปีการศึกษา 2563
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบเครื่องทดสอบแรงดึงราคาถูก
Design of Low-Cost Universal Tensile Testing Machine

ผู้จัดทำ

1. นาย วรุตม์ แซ่จั้ง รหัสประจำตัว 60010911
2. นางสาวอกนิษฐ์ วงษ์เที่ยง รหัสประจำตัว 60011129
3. นางสาวอภิสนันท์ สาสวรรค์ รหัสประจำตัว 60011147



อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร. อุหนัต พิณโสภณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การออกแบบเครื่องทดสอบแรงดึงราคาถูก

นาย วรุตม์ แซ่จั้ง 60010911
 นางสาวอภิญญา วงษ์เที่ยง 60011129
 นางสาวอภัสสนันท์ สาวสวรรค์ 60011147
 ผศ.ดร. อุन्नัต พิณโสภณ อาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

เครื่องทดสอบแรงดึง (UTM) สำหรับโครงการนี้ถูกออกแบบเพื่อถูกใช้เพียงสำหรับการเรียนการสอนในวิชาแลปวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องทดสอบแรงดึงนี้ถูกสร้างจากอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วและจากอุปกรณ์เพิ่มเติมราคาประหยัด การทดสอบของเครื่องทดสอบนี้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM E8/E8M-13a แรงดึงที่ใช้มาจากกระบอกสูบไฮดรอลิก ขณะเดียวกันความเร็วการดึงจะถูกควบคุมด้วยวาล์วควบคุมอัตราการไหล ในระหว่างดึงโปรแกรม LabVIEW จะเก็บรวบรวมข้อมูลจาก draw wire potentiometer และ load cell จากนั้นแสดงออกมาในรูปความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียด

การทำโครงการนี้เริ่มต้นจากการเลือกชิ้นทดสอบจากมาตรฐาน ASTM E8/E8M-13a โดยเลือกชิ้นทดสอบขนาดเล็กเนื่องจากใช้แรงและระยะยืดน้อยกว่า ซึ่งเหมาะสมกับขนาดของเครื่องทดสอบแรงดึงนี้ หัวจับชิ้นทดสอบถูกออกแบบโดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อวิเคราะห์ความเค้นที่จุดวิกฤติ ค่าความปลอดภัยในการออกแบบคือ 1.97 จากนั้นทำการสร้างหัวจับชิ้นทดสอบและเตรียมพร้อมอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อติดตั้งเครื่องทดสอบแรงดึงในช่วงเวลาที่พอดีกับการระบาดของโควิด-19 รอบที่ 2 ของประเทศไทย เนื่องด้วยเหตุนี้ สิ่งที่ต้องทำที่เหลือของโครงการนี้จึงเปลี่ยนจากเดิมคือการติดตั้งเครื่องทดสอบแรงดึงเพื่อทำการสอบเทียบ draw wire potentiometer และ load cell และทำการตรวจสอบความถูกต้องของความถูกต้องของการคำนวณความสัมพันธ์ของความเค้น-ความเครียดของโปรแกรม LabVIEW จึงทำการเปลี่ยนแนวทาง ด้วยการนำข้อมูลความสัมพันธ์แรง-ระยะทางจากความอนุเคราะห์จากภาควิศวกรรมอุตสาหการมาใส่ในโปรแกรม LabVIEW ผลการทดสอบแสดงความสัมพันธ์ของความเค้น-ความเครียดออกมากถูกต้อง ณ ตอนนี้อย่างแน่นอนทุกส่วนของเครื่องทดสอบแรงดึงนี้ได้ถูกเตรียมพร้อมและโปรแกรม LabVIEW พร้อมต่อการใช้งาน เครื่องทดสอบแรงดึงนี้จึงพร้อมต่อการติดตั้งทุกส่วนเข้าด้วยกันหลังสถานการณ์โควิด-19 ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Universal Testing Machine for mechanical engineering laboratory

Mr.Waroot Sae-Jung	60010911
Miss.Akanit Wongthiang	60011129
Miss.Apatsanun Saowsawan	60011147
Asst.Prof.Dr Unnat Pinsopon	Advisor
Year 2020	

Abstract

The universal tensile testing machine (UTM) in this project was designed to be sufficiently used as a teaching tool in the Mechanical Engineering Laboratory class. The machine was built around some already available parts, and other additional acquired parts were of economical prices. Testing procedures of the machine follows the ASTM E8/E8M-13a testing standard. Tensile force would be exerted by a hydraulic cylinder, while the pulling speed would be regulated with a flow control valve. During the test, LabVIEW program would collect the data of displacement and force from draw wire potentiometer and load cell, and display the calculated results of stress-strain relationship of the test specimen.

The research started with the selection of test specimens from the ASTM E8 / E8M standard. Small specimen was selected for smaller required tensile force and smaller elongation, suitable for the size of the testing machine. The grip (specimen holder) was designed using finite element analysis to analyze the critical stress. The safety factor achieved for the grip design was 1.97. The grip was then manufactured, and all other components of the machine were prepared to construct to the testing machine at about the time of Thailand 2nd covid-19 wave crisis began. As a result of the situation, the remaining actions according to the project plan was changed from constructing the testing machine to: calibration of load cell and draw wire potentiometer, and confirming the correctness of stress-strain calculation on LabVIEW program. Force-displacement test data

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

from a standard UTM, courtesy of the Department of Industrial Engineering, was input to the LabVIEW code, and the stress-strain relationship was calculated correctly. With all the parts of the testing machine were already prepared and the LabVIEW code was verified, the UTM designed in this project is ready for setting up once the covid-19 situation is recovered.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก ผศ.ดร.อุษนัต พิณโสภณ อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์ คณะผู้จัดทำปริญญาานิพนธ์รู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง อีกทั้งขอขอบคุณคณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ สำหรับคำแนะนำเพิ่มเติม ทำให้ปริญญาานิพนธ์มีความสมบูรณ์

ขอกราบขอพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพยิ่งซึ่งได้เลี้ยงดูพร้อมทั้งให้โอกาสทางการศึกษาอย่างเต็มที่และยังให้กำลังใจอย่างเสมอมาในทุกๆด้านอันหาที่เปรียบไม่ได้

ขอขอบพระคุณทางภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้และให้เข้าไปศึกษารวมถึงให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำงานจริงของเครื่องทดสอบแรงดึง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้โอกาสผู้จัดทำปริญญาานิพนธ์เข้ามารับการศึกษาและทำการทดลองที่ภาควิชาแห่งนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัยอำนวยการอำนวยพรความสุขสวัสดิ์จงมีแก่ทุกท่าน

นาย วรุตม์ แซ่จั้ง
นางสาวกนิษฐา วงษ์เทียง
นางสาวอภัสสนันท์ สาวสวรรค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(i)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ii)
กิตติกรรมประกาศ	(iv)
สารบัญ	(v)
สารบัญรูป	(viii)
สารบัญตาราง	(xi)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	2
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อวัสดุ	4
2.1.1 ความสำคัญของวัสดุทำเครื่องจักรกล	4
2.1.2 ความเค้นและความเครียดของวัสดุ	4
2.1.3 การเตรียมวัสดุเพื่อให้เหมาะสมต่อการทดสอบการดึง	5
2.1.4 ความเร็วในการดึงขึ้นทดสอบ	8
2.2 การทำกระบวนการทางความร้อนกับหัวจับขึ้นทดสอบ	9
2.3 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักร	10
2.3.1 ทฤษฎีการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเบื้องต้น	11
2.4 ระบบไฮดรอลิก	15
2.5 ระบบดาด้าแอกควิสสิชั่น	17
2.6 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	18
2.6.1 ขั้นตอนการเตรียมกระบวนการ	18
2.6.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์	18
2.6.3 ขั้นตอนการนำเสนอกระบวนการ	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.7 เซนเซอร์	19
2.7.1 เซนเซอร์วัดแรง	19
2.7.2 เซนเซอร์วัดระยะยืด	19
2.8 ค่าสัดส่วนความปลอดภัยในการออกแบบ	20
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	22
3.1 อุปกรณ์	22
3.1.1 hydraulic power unit	22
3.1.2 โครงสร้างยึดและฐาน	24
3.1.3 กระบอกสูบ	25
3.1.4 Ni USB-6008	25
3.1.5 โปรแกรม LabVIEW	26
3.1.6 ตัวตรวจวัดสัญญาณแรงดึง	28
3.1.7 draw wire potentiometer	28
3.1.8 strain gauge amplifier	29
3.1.9 DC power supply	29
3.1.10 ชั้นทดสอบ	30
3.1.11 หัวจับชั้นทดสอบ	30
3.2 ระเบียบวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์	32
3.3 วิธีการทดลอง	37
3.4 รายละเอียดของเครื่องทดสอบแรงดึง	37
บทที่ 4 ขั้นตอนและผลการทดลอง	40
4.1 ขั้นตอนการทำงานของชุดทดลอง	40
4.2 ทดสอบการรับค่าของเซนเซอร์วัดระยะยืดและโหลดเซลล์	42
4.2.1 กราฟแสดงผลระยะยืดกับเวลาและค่าระยะยืด	42
4.2.2 กราฟแสดงผลของมวลกับเวลา	44
4.3 การจำลองกราฟแสดงผลของแรงดึงกับระยะยืด	44
4.3.1 การจำลองกราฟแรงกับระยะยืดด้วย LabVIEW	46
4.3.2 การจำลองกราฟความเค้นกับความเครียดด้วย LabVIEW	47
4.4 ตัวอย่างแผ่นบันทึกการทดลอง	49

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 4.5 | วิจารณ์ผลการทดลอง | ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่น การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	55
5.1 สรุปผลการทดลอง	55
5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อสานต่อโครงการ	56
5.3 ข้อเสนอแนะนอกการพัฒนาอื่นนอกเหนือจากโครงการ	57
บรรณานุกรม	59



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนภาพของระบบทั้งหมดของเครื่องทดสอบแรงดึง	3
2.2 รูปแสดงความสัมพันธ์ค่าความเค้น ความเครียด	4
2.3 รูปทรงของชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E8/E8M-13a	6
2.4 ขนาดของชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E8/E8M-13a	6
2.5 ตัวอย่างหัวจับชิ้นทดสอบรูปแบบต่างๆ	7
2.6 ความเข้มข้นของความเค้นที่เกิดขึ้นในรูปแบบต่างๆ	7
2.7 ความเข้มข้นของความเค้นในรูปร่างกลม	8
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง L และ d และลักษณะความเสียหายของวัสดุ	8
2.9 ตาราง yield strength หลังการทำกระบวนการความร้อน	9
2.10 กราฟ TTT-diagram	10
2.11 ความเค้นตามแนวแกน	11
2.12 ความเค้นเฉือน	11
2.13 ความเค้นแบกรีับ	12
2.14 ความเค้นดัด	12
2.15 ความเค้นที่รับในแรงแนวแกนของโบลต์แต่ละเกรด	13
2.16 Mohr's Circle	14
2.17 ภาพตัวอย่างแสดงการการพล็อตลงบน Von Mises Stress และ MSS	14
2.18 แผนภาพอย่างง่ายของกระบอกไฮดรอลิกในการขยายการเคลื่อนที่	15
2.19 แผนผังร่างกายอิสระของลูกสูบกระบอกสูบภายใต้แรงกระทำ	16
2.20 block diagram ของระบบการเก็บข้อมูลแบบดาต้าแอกควิสสิชั่น	17
2.21 block diagram ของการวิเคราะห์ข้อมูลระบบการเก็บข้อมูลแบบดาต้าแอกควิสสิชั่น	18
2.22 ขั้นตอนการใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์	19
2.23 ตัวต้านทานของโพเทนชิโอมิเตอร์	20
2.24 ค่าสัดส่วนความปลอดภัยในเงื่อนไขต่างๆ	21
3.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	22
3.2 ปัมป์ประเภท external gear pump	22
3.3 วาล์วควบคุมแรงดัน	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของภาควิชาการช่างเครื่องกลเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4	วาล์วควบคุมการไหล	23
3.5	วาล์วควบคุมทิศทางการไหล	24
3.6	โครงสร้างยึดและฐาน	24
3.7	กระบอกสูบแบบแกนเพลลาเดี่ยวเคลื่อนที่ 2 ทาง	25
3.8	Ni USB-6008	25
3.9	โครงสร้างองค์ประกอบฟังก์ชันการใช้งานของ Ni USB-600	26
3.10	front panel	27
3.11	block diagram	27
3.12	ตัวอย่าง icon และ connector	28
3.13	load cell	28
3.14	draw wire potentiometer	29
3.15	strain gauge amplifier ของ KYOWA รุ่น WGA-100B	29
3.16	DC power supply	30
3.17	ขนาดและรูปร่างของชิ้นทดสอบ	30
3.18	หัวจับชิ้นทดสอบที่ได้ทำการออกแบบ	31
3.19	หัวจับยึดชิ้นทดสอบที่ได้ทำการปรับปรุงรูปแบบ	32
3.20	ผลลัพธ์ของค่าความเค้นที่ได้จากการใช้โปรแกรม Abaqus	33
3.21	ผลลัพธ์ของการยึดตัวที่ได้จากการใช้โปรแกรม Abaqus	33
3.22	ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	34
3.23	Mesh Convergence Analysis	35
3.24	จุดวิกฤตที่เกิดขึ้นในหัวจับชิ้นทดสอบ	35
3.25	พื้นที่รับแรงเครื่องทดสอบแรงดึงที่จะสร้างขึ้น	36
4.1	แผนผังการทำงานของชุดลอง	40
4.2	แผนผังการทำงานของโปรแกรม LabVIEW ที่ใช้กับเครื่องทดสอบแรงดึง	41
4.3	วิธีการทดสอบเซนเซอร์วัดระยะยึด	42
4.4	กราฟของระยะยึดที่เกิดจากการดึงเซนเซอร์วัดระยะยึดเพื่อทดลองการรับค่าระยะยึด	42
4.5	วิธีการทดสอบโพลดเซลล์	43
4.6	กราฟของมวล(กิโลกรัม)กับเวลา(วินาที)	44
4.7	ชุดทดลอง Tensile testing Lab เครื่องทดสอบรุ่น SHIMADZU Autograph AGX	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีลาดคราบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.9 ขนาดของชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E8M	45
4.10 กราฟจำลองการแสดงผลแรง (N) กับระยะยืด (mm)	46
4.11 กราฟจำลองการแสดงผลความเค้น (N/mm ²) กับความเครียด	47



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 รายละเอียดของเครื่องทดสอบแรงดึง	38
3.2 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องทดสอบแรงดึง	38



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทดสอบหาคุณสมบัติทางกลของวัสดุสามารถทำได้หลายวิธี อาทิ เช่น 1) การทดสอบทางแรงดึง 2) การทดสอบทางแรงกด 3) การทดสอบทางแรงกระแทก 4) การทดสอบความแข็ง โดยในแต่ละวิธีมีการทดสอบที่ต่างกัน ทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ วิธีการทดสอบ ค่าใช้จ่ายในการทดลองและอุปกรณ์ รวมถึงผลการทดสอบที่ได้ ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้จัดทำได้เลือกการทดสอบทางแรงดึงโดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine) แสดงผลการทดสอบเป็นกราฟความสัมพันธ์ของแรงกับระยะยืดและความเค้นกับความเครียดเพื่อให้ได้ค่ามอดูลัสของยัง (Young's modulus) ค่า yield strength และค่า ultimate strength เพื่อใช้ในการศึกษาคุณสมบัติทางกลของวัสดุที่ทำการทดสอบ

ความแข็งแรงของวัสดุขึ้นอยู่กับความสามารถในการรองรับน้ำหนักโดยไม่ทำให้เสียรูปทรงหรือล้มเหลวจนเกินไป คุณสมบัตินี้มีอยู่ในตัววัสดุและต้องพิจารณาจากการทดลองเนื่องจากอาจวัดได้ทั้งในแง่ของความเค้นที่จำเป็นต่อการทำให้เสียรูปหรือความเค้นสูงสุดที่วัสดุสามารถทนได้ การทดสอบแรงดึงเป็นการทดสอบที่ใช้กันทั่วไปในการกำหนดคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ ในทางทฤษฎีนี้เป็นการทดสอบที่ดีเนื่องจากความเรียบง่ายที่ชัดเจนซึ่งสามารถทำได้และเนื่องจากเงื่อนไขการโหลดแกนเดียวส่งผลให้มีการกระจายความเค้นที่สม่ำเสมอทั่วทั้งส่วนตัดขวางของชิ้นทดสอบทดสอบ

เครื่องทดสอบแรงดึงจึงเป็นอุปกรณ์สำคัญต่อการเรียนรู้คุณสมบัติทางกลของวัสดุ และราคาเครื่องทดสอบแรงดึงในปัจจุบันมีราคาที่สูง ผู้จัดทำจึงมีความสนใจในการจัดทำชุดทดสอบทางแรงดึงโดยใช้ระบบไฮดรอลิกเป็นต้นกำลังเนื่องด้วยมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำแลปทดลอง รวมถึงเป็นการลดราคาในการจัดซื้อเครื่องทดสอบแรงดึง และคณะผู้จัดทำเล็งเห็นถึงความสำคัญของการเรียนรู้คุณสมบัติทางกลของวัสดุเพราะจะสามารถนำความรู้ไปต่อยอดได้ในอนาคต เนื่องด้วยทางอาจารย์ที่ปรึกษามีโครงสร้างของระบบไฮดรอลิกหนึ่งกระบอกสูบ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้นำโครงสร้างของระบบไฮดรอลิกมาพัฒนาต่อยอดเป็นเครื่องทดสอบแรงดึงเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องทดสอบแรงดึง พร้อมทั้งนำประสิทธิภาพของเครื่องที่สร้างเปรียบเทียบกับเครื่องที่มีมาตรฐานรับรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบแรงดึงเพื่อใช้ในแลปการทดลองวิศวกรรมเครื่องกล ที่มีราคาประหยัดและง่ายต่อการซ่อมบำรุงด้วยตนเอง

1.2.2 เพื่อให้นักศึกษาในรุ่นต่อไปได้ทำการเรียนรู้คุณสมบัติทางกลของวัสดุ และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

1.2.3 เพื่อศึกษาระบบไฮดรอลิกและออกแบบระบบควบคุมการทำงานของไฮดรอลิก

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

เมื่อออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบแรงดึง คณะผู้จัดทำมีความคาดหวังดังต่อไปนี้

1.3.1 เครื่องทดสอบแรงดึงสามารถที่จะดึงชิ้นทดสอบได้จนขาดและหยุดการดึงชิ้นทดสอบ

1.3.2 เครื่องทดสอบแรงดึงต้องทำงานสอดคล้องกับเซนเซอร์ทั้งหมดที่รับค่า

1.3.3 โปรแกรม LabVIEW สามารถที่จะรับค่าจากเซนเซอร์และแสดงกราฟของความเค้นกับความเครียดออกมาได้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ศึกษาและจัดทำเครื่องทดสอบแรงดึงทำงานด้วยระบบไฮดรอลิกหนึ่งกระบอกสูบขนาดมอเตอร์ 1.5 กิโลวัตต์ ควบคุมความเร็วการดึงด้วยวาล์วควบคุมอัตราการไหลพร้อมกับวาล์วบังคับทิศทางด้วยมือ

1.4.2 ใช้ชิ้นทดสอบแบบกลมตามมาตรฐาน ASTM E8/E8M-13a ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทดสอบ 6 มิลลิเมตร ความยาวระยะยึดเริ่มต้นของชิ้นทดสอบ 30 มิลลิเมตร ใช้คู่กับหัวจับประเภทล็อกสวม

1.4.3 สามารถแสดงผลการทดสอบเป็นกราฟความสัมพันธ์ของแรงกับระยะยึดและความเค้นกับความเครียด

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

โครงการนี้เริ่มต้นโดยการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบไฮดรอลิก คุณสมบัติทางกลของวัสดุที่สนใจและการเลือกรูปแบบชิ้นทดสอบตามมาตรฐานในการทดสอบแรงดึง และศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมและรับค่าจากเครื่องทดสอบแรงดึง ทำการออกแบบที่ยึดจับชิ้นทดสอบทดสอบโดยใช้โปรแกรม Abaqus ในการวิเคราะห์การรับแรงของที่ยึดจับชิ้นทดสอบ โดยทำการทดลองพร้อมเก็บบันทึกข้อมูลผลการทดสอบในรูปแบบของกราฟและชุดข้อมูลแล้วนำค่าการทดสอบที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าคุณสมบัติของวัสดุนั้นๆ จนได้ผลตามที่ต้องการและสรุปผลพร้อมวิเคราะห์การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

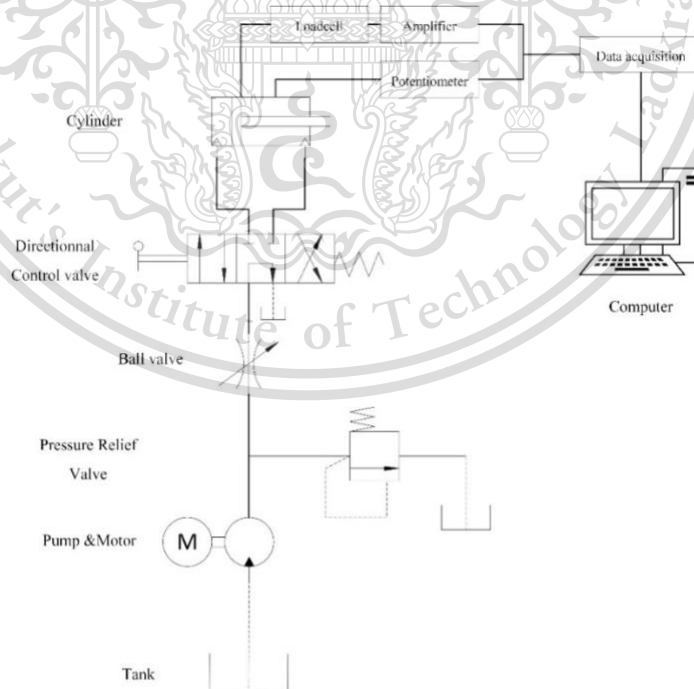
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างโมเดลจำลองของเครื่องทดสอบแรงดึงต้องอาศัยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและอุปกรณ์เพื่อใช้ในการออกแบบและควบคุมการทำงานของตัวเครื่องให้เป็นไปตามขอบเขตการศึกษาที่กำหนดและแผนภาพของระบบทั้งหมดดังรูปที่ 2.1 การควบคุมการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบนั้นเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่และทิศทางโดยใช้วาล์วควบคุมทิศทางการไหล (directional control valve) ในขั้นตอนแรกนำขึ้นทดสอบมาติดตั้งกับหัวจับขึ้นทดสอบ เมื่อทำการติดตั้งขึ้นทดสอบเรียบร้อยแล้ว จะใช้วาล์วควบคุมทิศทางการไหลทำให้กระบอกสูบเคลื่อนที่ขึ้นเพื่อดึงขึ้นทดสอบ เมื่อเริ่มการทดลองเซนเซอร์วัดระยะยัดและโหลดเซลล์จะทำการเก็บระยะยัดและแรงดึงเพื่อนำไปคำนวณด้วยโปรแกรม LabVIEW เพื่อแสดงผลเป็นกราฟของความเค้น - ความเครียด และกราฟแรง - ระยะยัด ณ เวลาต่างๆ โดยเครื่องทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

- 1) การส่งกำลังของระบบไฮดรอลิก ประกอบด้วย power unit และวาล์ว
- 2) การรับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย load cell, draw wire potentiometer, โปรแกรม LabVIEW และ NI-USB6008



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.1 แผนภาพของระบบทั้งหมดของเครื่องทดสอบแรงดึง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

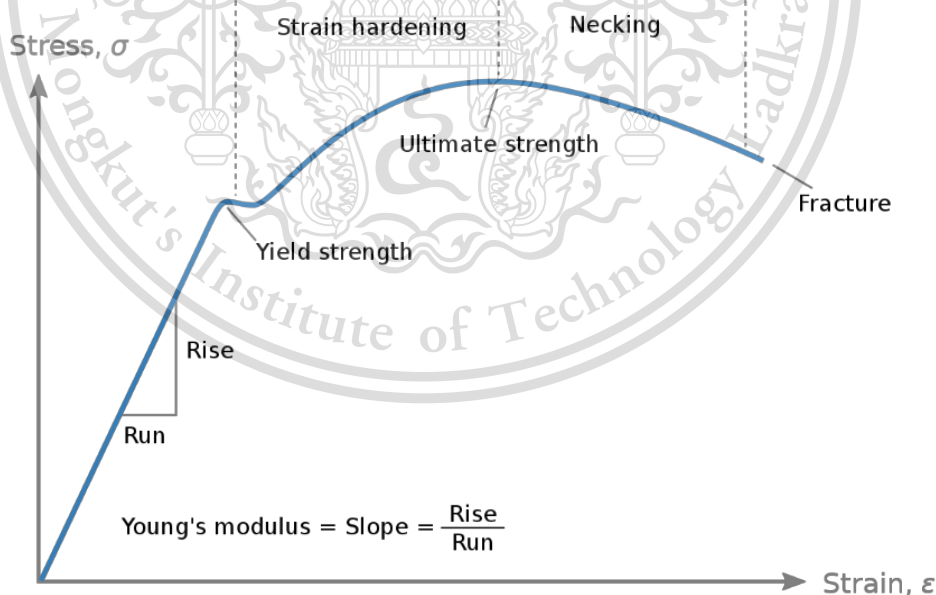
2.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อวัสดุ

2.1.1 ความสำคัญของวัสดุทำเครื่องจักรกล

ในการออกแบบชิ้นทดสอบเครื่องจักรกล การเลือกวัสดุที่เหมาะสมต่อการทำงานวัสดุเป็นเรื่องสำคัญ เพื่อที่จะทำให้ชิ้นทดสอบมีการส่งกำลังเป็นไปตามที่วิศวกรได้ออกแบบไว้ ทนต่อภาระแรงที่ได้รับ และการมีอายุการใช้งานที่นานทนทานต่อสภาพแวดล้อมการทำงานต่างๆ จึงเป็นการสำคัญที่เราจะต้องศึกษาความเค้น ความเครียด และมอดุลัสสภาพยืดหยุ่นของวัสดุ เพื่อเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมต่อชิ้นส่วนเครื่องจักรกลนั้น

2.1.2 ความเค้นและความเครียดของวัสดุ

วัสดุแต่ละชนิดมีค่าความต้านแรง (strength) และค่าความเครียด (strain) เป็นของตัวเอง การที่จะหาค่าความแข็งแรงและความเครียดจะต้องนำวัสดุไปทดสอบกับเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ในการทดสอบวัสดุแต่ละประเภทก็จะมีวิธีการทดสอบที่แตกต่างกันไป เช่น การใช้แรงกด การตัด แต่ในวัสดุทั่วไปดึงวัสดุเหนียวจะใช้การดึง เพื่อวัดค่าความเค้นและความเครียด ผลที่ได้ออกมาจะเป็นดังรูปที่ 2.2 เราจะเห็นว่าวัสดุจะมีค่า yield strength (ความต้านแรงที่จุดคราก) , ultimate Strength (ความต้านแรงสูงสุด) และค่า Young's modulus ซึ่งมีค่าเท่ากับความชันในช่วงก่อนจุดคราก (ที่จุด yield strength)



รูปที่ 2.2 รูปแสดงความสัมพันธ์ค่าความเค้น ความเครียด และมอดุลัสสภาพยืดหยุ่นของวัสดุเหนียว [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 2.2 เมื่อทำการทดสอบวัสดุด้วยการดึงผ่านเครื่อง Universal Testing Machine แรงที่ใช้ในการดึงจะถูกแปรเปลี่ยนไปเป็นค่าความเค้น และระยะยืดจะถูกแปรเปลี่ยนไปเป็นค่าความเครียด โดยมีความสัมพันธ์สมการข้างล่างนี้

ความเค้น (stress) คือ ค่าที่เกิดจากแรงที่กระทำต่อวัสดุ ที่จะทำให้วัสดุเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือเกิดความเสียหายต่อวัสดุอย่างถาวร

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1.1)$$

เมื่อ F คือ แรงที่กระทำตั้งฉากต่อพื้นผิววัสดุ

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่ถูกแรงกระทำ

ความเครียด (strain) คือ ค่าบ่งบอกเปอร์เซ็นต์ระยะยืดของวัสดุเมื่อเทียบกับความยาวตั้งต้น

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (1.2)$$

เมื่อ ΔL คือ ความยาวที่เปลี่ยนแปลง

L คือ ความยาวเริ่มต้น

มอดูลัสสภาพยืดหยุ่น (Young's modulus) คือ ค่าที่บ่งบอกความยืดหยุ่นของวัสดุในช่วงก่อนที่จะเกิดความเสียหายอย่างถาวร หรือคือในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

$$\sigma = E \epsilon \quad (1.3)$$

เมื่อ E คือ มอดูลัสสภาพยืดหยุ่น

2.1.3 การเตรียมวัสดุเพื่อให้เหมาะสมต่อการทดสอบการดึง

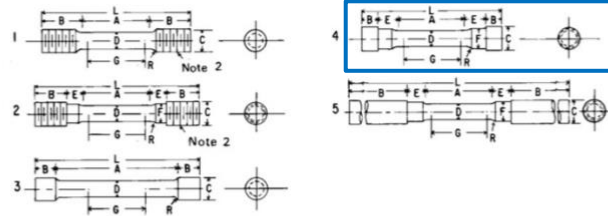
มาตรฐานการทดสอบ ASTM E8/E8M-13a คือ มาตรฐานการทดสอบนี้เหมาะสมสำหรับวัสดุโลหะ ที่มีคุณสมบัติเหนียว โดยมีรูปทรงของชิ้นทดสอบดังรูปที่ 2.3 และขนาดดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

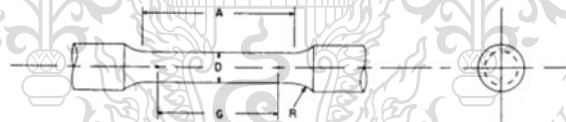
E8/E8M - 13a



	Dimensions, mm [in.]				
	For Test Specimens with Gauge Length Four times the Diameter [E8]				
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gauge length	50 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	50 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	50 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	50 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	50 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	10 [0.375]	2 [0.0625]	10 [0.375]	10 [0.375]
A—Length of reduced section	56 [2.25]	56 [2.25]	100 [4]	56 [2.25]	56 [2.25]
L—Overall length, approximate	145 [5]	155 [5.5]	155 [5.5]	140 [4.75]	255 [9.5]
B—Length of end section (Note 3)	35 [1.375] approximate	25 [1] approximate	20 [0.75] approximate	15 [0.5] approximate	75 [3] min
C—Diameter of end section	20 [0.75]	20 [0.75]	20 [0.75]	22 [0.875]	20 [0.75]
E—Length of shoulder and fillet section, approximate		15 [0.625]		20 [0.75]	15 [0.625]
F—Diameter of shoulder		15 [0.625]		15 [0.625]	15 [0.625]

	Dimensions, mm [in.]				
	For Test Specimens with Gauge Length Five times the Diameter [E8M]				
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gauge length	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	10 [0.375]	2 [0.0625]	10 [0.375]	10 [0.375]
A—Length of reduced section	75 [3] min	75 [3] min	75 [3] approximate	75 [3] min	75 [3] min
L—Overall length, approximate	145 [5]	155 [5.5]	155 [5.5]	140 [4.75]	255 [9.5]
B—Length of end section (Note 3)	35 [1.375] approximate	25 [1] approximate	20 [0.75] approximate	15 [0.5] approximate	75 [3] min
C—Diameter of end section	20 [0.75]	20 [0.75]	20 [0.75]	22 [0.875]	20 [0.75]
E—Length of shoulder and fillet section, approximate		15 [0.625]		20 [0.75]	15 [0.625]
F—Diameter of shoulder		15 [0.625]		15 [0.625]	15 [0.625]

รูปที่ 2.3 รูปทรงของชิ้นทดสอบขนาดเล็กตามมาตรฐาน ASTM E8/E8M-13a [6]



	Dimensions, mm [in.]				
	Standard Specimen		Small-Size Specimens Proportional to Standard		
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gage length	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	36.0 ± 0.1 [1.400 ± 0.005]	24.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.005]	16.0 ± 0.1 [0.640 ± 0.005]	10.0 ± 0.1 [0.450 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	9.0 ± 0.1 [0.350 ± 0.007]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]	4.0 ± 0.1 [0.160 ± 0.003]	2.5 ± 0.1 [0.113 ± 0.002]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	8 [0.25]	6 [0.188]	4 [0.156]	2 [0.094]
A—Length of reduced section, min (Note 2)	56 [2.25]	45 [1.75]	30 [1.25]	20 [0.75]	16 [0.625]

	Dimensions, mm [in.]				
	Standard Specimen		Small-Size Specimens Proportional to Standard		
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gage length	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]	45.0 ± 0.1 [1.750 ± 0.005]	30.0 ± 0.1 [1.250 ± 0.005]	20.0 ± 0.1 [0.800 ± 0.005]	12.5 ± 0.1 [0.565 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	9.0 ± 0.1 [0.350 ± 0.007]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]	4.0 ± 0.1 [0.160 ± 0.003]	2.5 ± 0.1 [0.113 ± 0.002]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	8 [0.25]	6 [0.188]	4 [0.156]	2 [0.094]
A—Length of reduced section, min (Note 2)	75 [3.0]	54 [2.0]	36 [1.4]	24 [1.0]	20 [0.75]

รูปที่ 2.4 ขนาดของชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E8/E8M-13a [6]

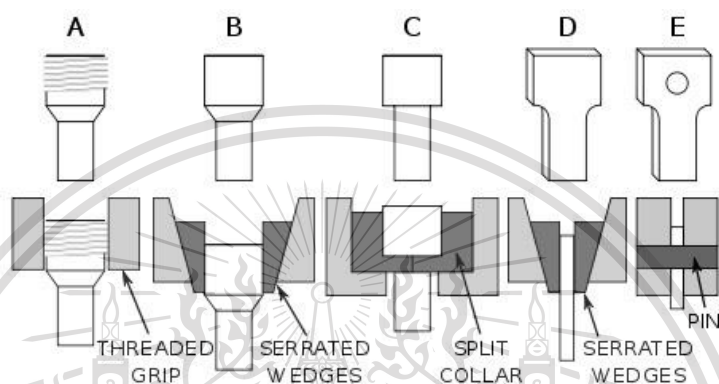
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

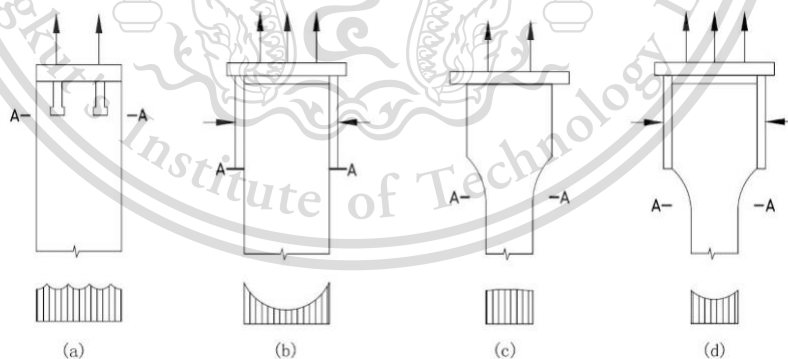
ในการทำขึ้นทดสอบขนาดเล็กสามารถใช้การเทียบอัตราส่วนของขนาดกับขนาดมาตรฐานของขึ้นทดสอบได้ ดังนั้นจึงนำขึ้นทดสอบจากที่เลือกจากรูปที่ 2.3 มาทำให้มีขนาดเท่ากับรูปที่ 2.4 ดังภาพ ซึ่งขนาดขึ้นทดสอบจะอยู่ในบทยึดไป

ปัจจัยของรูปทรงในการ ASTM E8/E8M-13a ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ดังนี้ 1) บริเวณส่วนจับขึ้นทดสอบ ที่ส่งผลต่อ stress flow ในขึ้นทดสอบที่แสดงรูปแบบตามรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างหัวจับขึ้นทดสอบรูปแบบต่างๆ [7]

โดยในแต่ละหัวจับและขึ้นทดสอบต่างๆ มีการเกิดความเค้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแตกต่างกันซึ่งหัวจับขึ้นทดสอบบางรูปแบบอาจทำให้เกิดความเค้นเพิ่มเข้ามาในเนื้อขึ้นทดสอบ ซึ่งผลต่อการทดสอบวัสดุดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ความเข้มข้นของความเค้น (stress concentration) ที่เกิดขึ้นในรูปแบบต่างๆ [8]

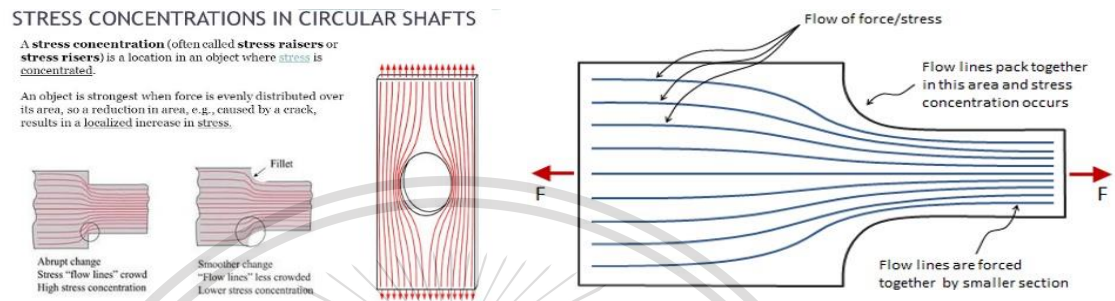
ในรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าเส้น stress flow ที่เกิดขึ้นในหัวจับแบบกด (b,d) จะเกิดความเค้นที่สูงกว่าที่ปลายขอบของขึ้นทดสอบ ในขณะที่ขึ้นทดสอบรูปแบบอื่น (a,c) เส้น stress flow เกิดขึ้นเท่ากัน ทั่วแทบทุกจุดซึ่งเหมาะสมต่อการทดสอบมากกว่า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

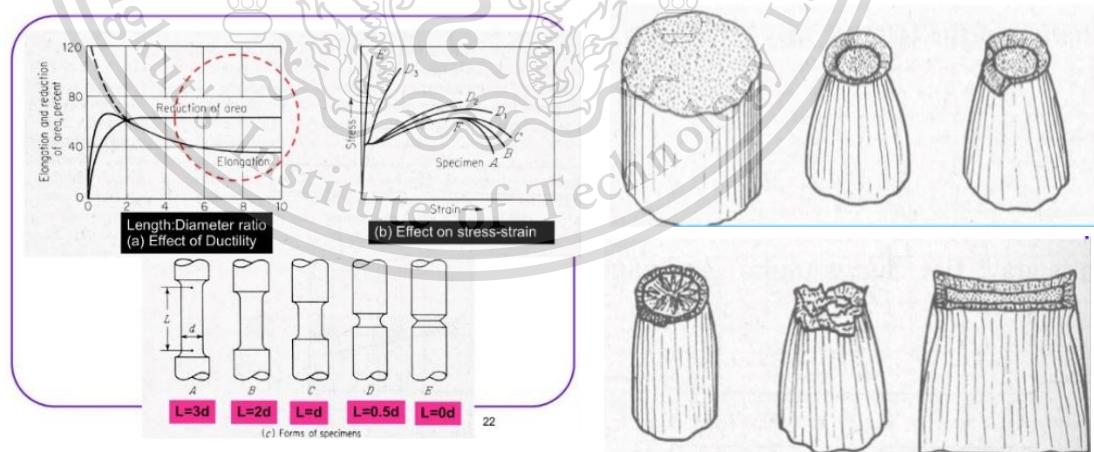
นอกจากนี้การลบมุมแหลม (fillet) ช่วยลดความเข้มข้นของความเค้น (stress concentration) เพื่อไม่ให้ชิ้นทดสอบเกิดความเสียหายที่ส่วนลดพื้นที่หน้าตัดแทนที่จะเป็นส่วนที่ทำการทดลองดังแสดงในรูปที่ 2.6 ในรูปที่ 2.7 จะแสดงให้เห็นถึงความเข้มข้นการไหลของเส้นแรงที่เกิดขึ้นเมื่อมีการลบมุมแหลม และไม่มี การลบมุมแหลม



รูปที่ 2.7 ความเข้มข้นของความเค้นในรูปร่างกลม [9]

ความเค้นเฉพาะจุดจะอยู่สูงบริเวณชิ้นทดสอบที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดอย่างกระทันหัน ซึ่งชิ้นทดสอบไม่ควรมีความเค้นเฉพาะจุดที่สูง

2) บริเวณที่ต้องการเกิดความเสียหาย เมื่อมีความเค้นตามแนวแกนวัสดุบนชิ้นทดสอบ แต่ชิ้นทดสอบโลหะจะขาดออกจากกันเนื่องจากความเค้นเฉือนดังนั้นเราจึงต้องการให้ชิ้นทดสอบมีรูปทรงที่เหมาะสมเพื่อให้เห็นความเสียหายเนื่องจากความเค้นเฉือนชัดเจน ซึ่งเป็นไปตามอัตราส่วน L/d มากกว่าเท่ากับ 4 แต่ไม่เกิน 5 ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง L และ d และลักษณะความเสียหายของวัสดุเนื่องจากความเค้นเฉือน [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.4 ความเร็วในการดึงขึ้นทดสอบ

ในการทดสอบแรงดึงเพื่อให้ได้ค่าผลการทดลองที่ถูกต้องตามมาตรฐานการทดสอบ จะต้องดึงขึ้นทดสอบด้วยอัตราการเปลี่ยนแรงดึงที่ต่ำมาก หรือหมายถึงความเร็วในการดึงมีค่าต่ำมาก เพื่อให้การทดสอบเป็นไปตามหลัก Quasi Static Equilibrium ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ เพียงพอที่ระบบจะปรับตัวเองภายใน เพื่อให้คุณสมบัติทั้งหมดที่จุดใดจุดหนึ่งของระบบไม่เปลี่ยนแปลงเร็วกว่าจุดอื่นภายในระบบ

การทดสอบแรงดึงของเครื่องนี้ใช้ความเร็วการดึงขึ้นทดสอบที่ความเร็ว 25 มิลลิเมตรต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วที่ช้าเพียงพอที่จะทำให้ขึ้นทดสอบทดสอบถูกต้องตามหลักมาตรฐานการทดสอบ และไม่ช้าเกินไปที่จะทำให้เวลาในการทดสอบนานเกินไป โดยค่าความเร็วนี้อ้างอิงมาจากการทดสอบจาก Tensile Testing Lab ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการซึ่งใช้เครื่อง Universal Testing Machineมาตรฐานทำการทดสอบกับวัสดุโลหะเหมือนกับโครงงานนี้

2.2 การทำกระบวนการทางความร้อนกับหัวจับขึ้นทดสอบ

การทำกระบวนการทางความร้อนคือการทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปแบบของเกรนไป เพื่อให้วัสดุนั้นมีคุณสมบัติเป็นไปตามที่ต้องการมากขึ้นในด้านการเพิ่มความแข็งแรง (strength) หรือเพิ่มความเหนียว (elasticity) โดยกรรมวิธีการทำนั้นซึ่งค่าความแข็งแรงเป็นไปตามรูปที่ 2.9 ทำด้วยการให้ความร้อนแก่วัสดุจนมีอุณหภูมิเกินจุด Eutectoid temperature หรือ จุดที่เกรนทั้งหมดเป็น Stable Austenite ที่แสดงในรูปที่ 2.10 จากนั้นเริ่มลดอุณหภูมิของวัสดุให้เป็นไปตามรูปแบบเกรนต่างๆ เช่น Bainite หรือ Martensite ดังที่ต้องการให้วัสดุนั้นเป็น

Yield Strength

Datasheet 2, Yield strength in different diameter and conditions.

Steel (Steel number)	Yield strength (MPa)		Conditions
	MPa, \geq	Diameter (d), Thickness (t) in mm	
C45 (1.0503)	490	$d \leq 16$ $t \leq 8$	Quenched and tempered (for the ruling section)
	430	$16 < d \leq 40$ $8 < t \leq 20$	
	370	$40 < d \leq 100$ $20 < t \leq 60$	
	340	$d, t \leq 16$	Normalized (for products)
	305	$16 < d, t \leq 100$	
	275	$100 < d, t \leq 250$	

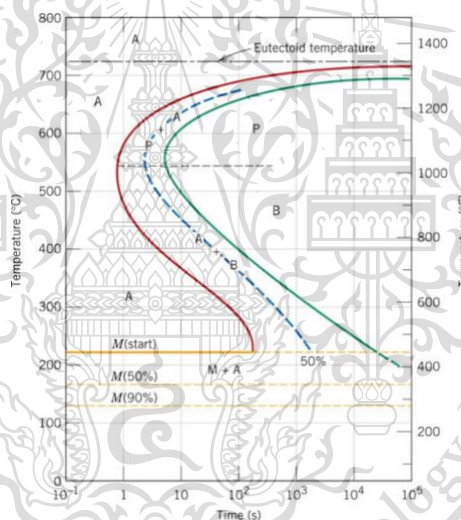
รูปที่ 2.9 ตารางแสดงค่า yield strength หลังการทำกระบวนการทางความร้อน โดยมีเงื่อนไขความเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า หนาหรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและกรรมวิธีการกระบวนการทางความร้อนเป็นตัวกำหนด [11] ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กรรมวิธีทางความร้อนซึ่งมีวิธีการกระบวนการทางความร้อนดังนี้ 1) การอบอ่อน (Annealing) คือ การอบอ่อนจะใช้เวลาปล่อยให้วัสดุเย็นตัวลงในเตาอบจนเย็นตัวลงถึงอุณหภูมิห้องทำให้วัสดุมีความเหนียวเนื่องจากเกรนมีลักษณะเป็น Bainite 2) การอบทั่ว (Normalizing) คือ การอบทั่วไปจะใช้ตัวกลางซึ่งเป็นอากาศในการทำให้วัสดุเย็นตัวลงเร็วกว่าการปล่อยให้เย็นตัวในเตาอบ 3) การชุบแข็ง (Quenching) คือ การชุบแข็งใช้ตัวกลางที่เป็นน้ำหรือน้ำมันเพื่อให้วัสดุเกิดการเย็นตัวที่รวดเร็วทำให้ได้เกรนรูปแบบ Martensite เป็นส่วนใหญ่ 4) การอบคืนตัว (Tempering) คือ การอบคืนตัวเป็นการอบที่ใช้คู่กับการชุบแข็งเพื่อเพิ่มความเหนียวหรือให้ได้ค่าความแข็งตามต้องการ โดยอุณหภูมิในช่วงปฏิบัติขึ้นอยู่กับช่วงที่ต้องการปรับแต่งรูปแบบเกรน

โดยได้เลือกวิธีการชุบแข็งในการปรับปรุงคุณภาพหัวจับขึ้นทดสอบเพื่อให้ yield strength มีค่าสูงขึ้น เพื่อให้เหมาะต่อการออกแบบของหัวจับขึ้นทดสอบ



รูปที่ 2.10 กราฟ TTT-Diagram [12]

2.3 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักร

เครื่องจักรกลหรือเครื่องกลนั้นเป็นที่รู้จักกันดีมาตั้งแต่ในสมัยโบราณ ทั้งเครื่องกลอย่างง่ายที่เปลี่ยนแปลงทิศทางหรือขนาดของแรงได้โดยง่าย เช่น รอก คาน พินเอียง แต่เมื่อเวลาผ่านไปการพัฒนา ด้านเครื่องจักรมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เข้าสู่ยุคเครื่องจักรกลที่ซับซ้อนมากขึ้นในช่วงยุคปฏิวัติ อุตสาหกรรมครั้งแรกหรือเรียกว่าปฏิวัติอุตสาหกรรมอน้ำ ในยุคนั้นมีเครื่องจักรที่ซับซ้อนมากขึ้นและมี

ประสิทธิภาพมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น หัวรถจักรไอน้ำ ระบบเฟืองสุริยะ เครื่องสำเนาเอกสาร เครื่องจักร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เพล็ก เครื่องจักรปั้นฝ้าย เป็นต้น เครื่องจักรเหล่านี้ทำให้ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมนั้นขับเคลื่อนโลกไปอย่าง ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รวดเร็ว จนกระทั่งมาถึงยุคปัจจุบันที่มีการใช้ระบบไฟฟ้าเข้ามาช่วยควบคุมการทำงานของเครื่องจักรให้มีความสะดวกสบายยิ่งขึ้น และในอนาคตก็มีเริ่มมีการใช้ AI หรือสมองกลเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ประเมินผลที่อาจเกิดขึ้น และตรวจสอบระบบเครื่องจักรกลนั้นให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นด้วย ทั้งหมดนี้ทำให้เราเห็นว่าเครื่องจักรกลนั้นมีความสำคัญต่อมนุษย์อย่างมาก ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่ดีที่เราจะให้ความสำคัญต่อการเรียนรู้และพัฒนาเครื่องจักรกล

2.3.1 ทฤษฎีการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเบื้องต้น

การออกแบบเครื่องจักรกลจำเป็นต้องเข้าใจความเค้นที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนต่างๆ ทางกลเพื่อให้ปลอดภัยต่อการใช้งานและอายุการใช้งานที่ยาวนานตามที่ต้องการ โดยความเค้นเค้นที่เกิดขึ้นในชิ้นทดสอบมีรูปแบบต่างๆ มากมาย ดังนี้

ความเค้นตามแนวแกน (normal stress) คือ ความเค้นที่กระทำตั้งฉากกับแนวแกนของวัสดุอาจเป็นได้ทั้งความเค้นดึงหรือความเค้นกด



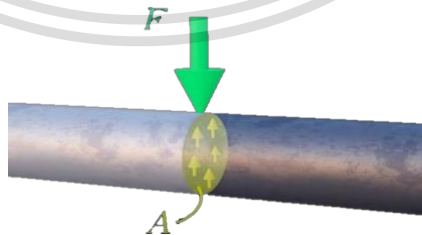
รูปที่ 2.11 ความเค้นตามแนวแกน [13]

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3.1)$$

เมื่อ F คือ แรงที่กระทำตั้งฉากต่อพื้นผิววัสดุ

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับแรงกระทำ

ความเค้นเฉือน (shear stress) คือ ความเค้นที่กระทำตามแนวเดียวกับพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ



รูปที่ 2.12 ความเค้นเฉือน [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา $\tau = \frac{F}{A}$ นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใด ๆ (3.2) การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

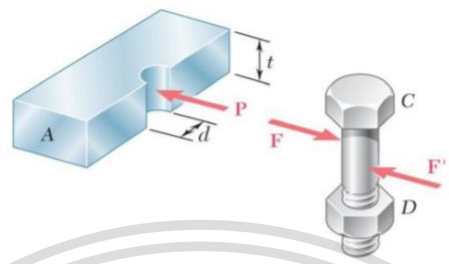
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เมื่อ F คือ แรงที่กระทำแนวขนานกับหน้าพื้นที่หน้าตัด

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่ขนานกับแนวแรง

ความเค้นแบกรับ (bearing stress) คือ ความเค้นที่เกิดขึ้นในวัสดุที่มีลักษณะเป็นร่องกลม



รูปที่ 2.13 ความเค้นแบกรับ [1]

$$\sigma = \frac{F}{td}$$

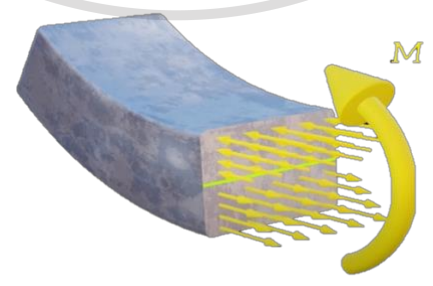
(3.3)

เมื่อ F คือ แรงที่กระทำแนวขนานกับหน้าพื้นที่หน้าตัด

t คือ ความหนา

d คือ ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลาง

ความเค้นดัด (pure bending stress) คือ ความเค้นเมื่อวัสดุถูกดัดงอ ทำให้แบ่งส่วนที่ความเค้นที่เกิดขึ้นเป็นทั้งความเค้นกดและความเค้นดึงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ความเค้นดัด [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$\sigma = \frac{My}{I} \quad (3.4)$$

เมื่อ M คือ โมเมนต์ดัด

y คือ ระยะจากแกนศูนย์กลาง (neutral axis)

I คือ area moment of inertia

ความเค้นโบลต์ที่รับในแรงแนวแกน คือ ความเค้นดิ่งที่เกิดขึ้นในโบลต์

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3.5)$$

เมื่อ F คือ แรงกระทำตามแนวแกนโบลต์

A หรือ A_t คือ พื้นที่หน้าตัดของขนาดโบลต์

ซึ่งโบลต์แต่ละชนิดก็จะมีเกรดในการรับความเค้นที่ต่างกันดังรูปที่ 2.15

SAE Grade No.	Size Range Inclusive, in	Minimum Proof Strength, kpsi	Minimum Tensile Strength, kpsi	Minimum Yield Strength, kpsi	Material	Head Marking
1	$\frac{1}{4}$ -1	33	60	36	Low or medium carbon	
2	$\frac{1}{4}$ -1	55	74	57	Low or medium carbon	
		33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ -1	65	115	100	Medium carbon, cold-drawn	
		85	120	92		
5	$\frac{1}{4}$ -1	74	105	81	Medium carbon, Q&T	
		85	120	92		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Low carbon martensite, Q&T	
7	$\frac{1}{4}$ -1	105	133	115	Medium carbon alloy, Q&T	
		120	150	130		
8	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Medium carbon alloy, Q&T	
		120	150	130		
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Low carbon martensite, Q&T	

รูปที่ 2.15 ความเค้นที่รับในแรงแนวแกนของโบลต์แต่ละเกรด [1]

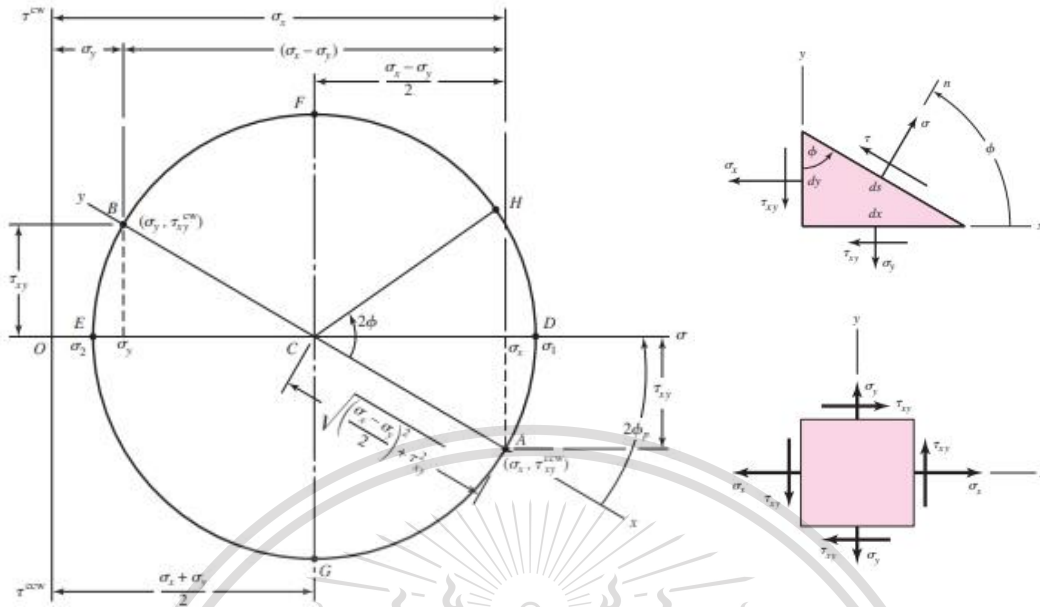
Mohr's Circle

การออกแบบวัสดุจะต้องคำนึงถึงความเค้นที่อาจเกิดขึ้นสูงสุดในเอลิเมนต์ ณ ตำแหน่งที่มีความเค้นสูงสุด เราจึงต้องสร้างวงกลมโมห์เพื่อให้ง่ายต่อการดูค่าความเค้นที่เกิดขึ้นสูงสุดในเอลิเมนต์นั้นดังรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

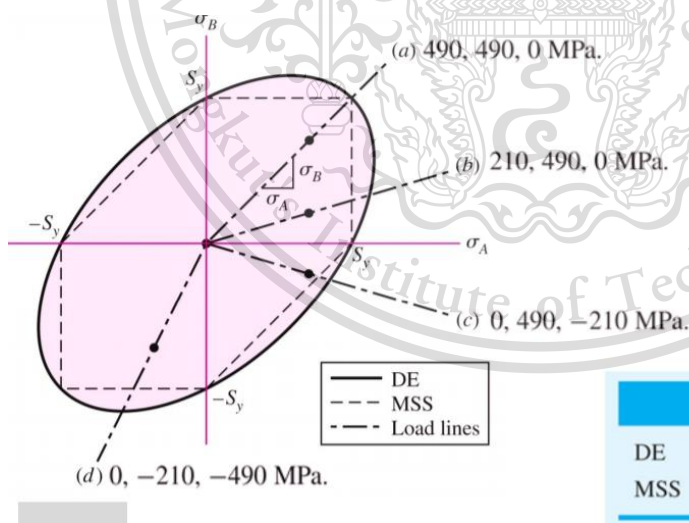
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.16 Mohr's Circle [1]

ดังรูปที่ 2.16 เราจะเห็นว่าตำแหน่งที่ σ_1 และ σ_2 เป็นความเค้นหลัก (principal stress) หรือตำแหน่งที่มีความเค้นสูงสุดนั่นเอง

Von Mises Stress and Maximum Shear Stress



รูปที่ 2.17 ภาพตัวอย่างแสดงการการพล็อตลบน Von Mises Stress และ MSS [1]

Von Mises Stress and Maximum Shear Stress ที่แสดงในรูปที่ 2.17 เป็นค่าที่กำหนดขอบเขตเอกสารนี้เป็นให้การออกแบบชิ้นส่วนทางกลเป็นไปอย่างปลอดภัยภายใต้ภาระที่กระทำต่อชิ้นส่วน ซึ่งถ้าความเค้น มากกว่าค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแต่ละตำแหน่งของชิ้นส่วนอยู่ในกรอบของ Von Mises Stress หรือ MSS ก็จะสามารถรับภาระโหลดได้อย่างปลอดภัย แต่อย่างไรก็ตามในการออกแบบชิ้นส่วนทางกลยังอาจต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ในขณะทำงานอีก เช่น การสั่นสะเทือน อุณหภูมิ การเป็นสนิมของวัสดุโลหะ เป็นต้น

โดยทั่วไปแล้วจะมีความเค้นหลากหลายรูปแบบเกิดขึ้น ทฤษฎี Von Mises Stress เปรียบเสมือนค่าเฉลี่ยความเค้นต่างๆที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงตัดสินใจเลือกใช้ Von Mises Stress เป็นในการคำนวณความเค้นต่างๆเป็นหลัก

เมื่อเราได้ค่า σ_1 และ σ_2 หรือ σ_3 จากนั้นนำมาพล็อตในกราฟดังรูป เพื่อหาค่า safety factor ในการออกแบบชิ้นส่วนนั้น หรือใช้วิธีหาค่าความเค้นจากสูตร Von Mises Stress เพื่อง่ายต่อการหาค่า safety factor ดังนี้

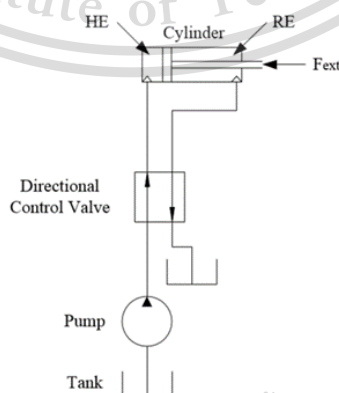
$$\sigma' = \left[\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]^{1/2} \quad (3.6)$$

$$\sigma = \frac{S_y}{n} \quad (3.7)$$

2.4 ระบบไฮดรอลิก

การทำงานของกระบอกสูบไฮดรอลิกในช่วงที่กระบอกสูบชักออกดังแผนภาพอย่างง่ายในรูปที่ 2.18 ป้อนน้ำมันเข้าทางด้านหัว (Head End, HE) ของกระบอกสูบ น้ำมันจากทางด้านก้านสูบ (Rod End, RE) ไหลกลับลงถัง ความเร็วของลูกสูบ (v_{cyl}) ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิก (Q_p) ที่จ่ายโดยปั๊ม เป็นไปตามสมการ 4.1 โดยที่ A_{HE} เป็นพื้นที่หน้าตัดของลูกสูบฝั่ง HE

$$v_{cyl} = \frac{Q_p}{A_{HE}} \quad (4.1)$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.18 แผนภาพอย่างง่ายของกระบอกไฮดรอลิกในการขยายการเคลื่อนที่
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.19 แสดงผังวัตถุอิสระของลูกสูบภายใต้แรงทั้งหมดที่กระทำ (ไม่พิจารณาแรงเสียดทาน) สมการ 4.2 แสดงการสมดุลแรงของแรงที่กระทำบนลูกสูบ P_{HE} และ P_{RE} คือความดันของน้ำมันที่ด้าน HE และ RE ของกระบอกสูบ A_{RE} คือพื้นที่หน้าตัดของลูกสูบฝั่ง RE และ F_{ext} คือแรงเนื่องจากโหลดภายนอก

$$P_{HE}A_{HE} - P_{RE}A_{RE} = F_{ext} \quad (4.2)$$



รูปที่ 2.19 แผนผังร่างกายอิสระของลูกสูบกระบอกสูบภายใต้แรงกระทำ

ความดันของน้ำมันที่ด้าน RE ของกระบอกสูบ (P_{RE}) โดยทั่วไปมีค่าพอแค่นะค่าการสูญเสียความดันของท่อฝั่งไหลกลับถึง แต่ก็ยังมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับความดันของน้ำมันที่ด้าน HE ของกระบอกสูบ (P_{HE}) ถ้าไม่พิจารณาค่าความดันของน้ำมันที่ด้าน RE แล้ว ค่าความดันของน้ำมันที่ด้าน HE ของกระบอกสูบจะขึ้นอยู่กับแรงเนื่องจากโหลดภายนอก ดังสมการ 4.3

$$P_{HE} \approx \frac{F_{ext}}{A_{HE}} \quad (4.3)$$

จากรูปที่ 2.18 จะเห็นว่า ด้านขาออกของปั๊มจะถูกเชื่อมกับด้าน HE ของกระบอกสูบในขณะที่กระบอกสูบชักออก ดังนั้นความดันของน้ำมันที่ด้านขาออกของปั๊ม (P_p) จะมีค่าเท่ากับความดันที่ด้าน HE ของกระบอกสูบบวกกับค่าการสูญเสียความดันระหว่างด้านขาออกของปั๊มถึงด้านขาเข้า HE ของกระบอกสูบ และถ้าไม่พิจารณาค่าการสูญเสียความดันแล้ว ความดันของน้ำมันที่ด้านขาออกของปั๊มจะประมาณเท่ากับค่าความดันของน้ำมันที่ด้าน HE ของกระบอกสูบ หรือ $P_p \approx P_{HE}$. กำลังที่ปั๊มไฮดรอลิกจ่ายคำนวณได้จากผลคูณของค่าความดันของน้ำมันที่ด้านขาออกของปั๊ม (P_p) กับค่าอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิก (Q_p) เมื่อแทนค่า Q_p จากสมการ 4.1 และค่า P_p (ที่ประมาณเท่ากับค่าของ P_{HE}) จากสมการ 4.3 ค่ากำลังที่จ่ายโดยปั๊มไฮดรอลิกสามารถคำนวณได้จากสมการ 4.4

$$\text{Power}_{\text{pump}} = P_p Q_p \approx (v_{\text{cyl}} A_{HE}) \left(\frac{F_{ext}}{A_{HE}} \right) \approx F_{ext} v_{\text{cyl}} \quad (4.4)$$

สมการ 4.4 แสดงให้เห็นว่า เมื่อไม่พิจารณาการสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบ ค่ากำลังที่ปั๊มจ่ายออกไปมีค่าประมาณเท่ากับกำลังที่จ่ายออกไปที่โหลด [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5 ระบบดาด้าแอกควิสสิชั่น (Data Acquisition)

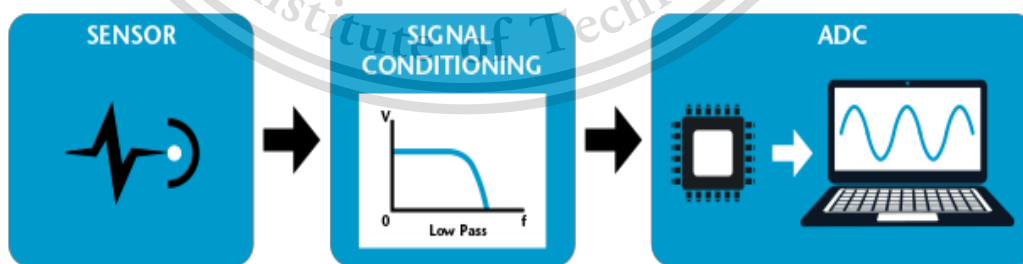
เป็นการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจริงในงานวิจัยและทดสอบงานทางด้านวิศวกรรมเชิงคุณภาพและประสิทธิภาพผ่านคอมพิวเตอร์โดยมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำการวัดค่าสัญญาณต่างๆ เช่น ระยะการยืด แรงที่ใช้ ความดัน อัตราการไหล เป็นต้น จากนั้นจะทำการแปลงสัญญาณที่รับมาผ่านอุปกรณ์ตัวกลางที่สามารถแปลงชนิดข้อมูลเป็นรูปแบบของสัญญาณทางไฟฟ้าสู่คอมพิวเตอร์ จากนั้นจึงทำการจัดการข้อมูลเหล่านั้นด้วยซอฟต์แวร์ที่เราเลือกใช้ ซึ่งสามารถรับข้อมูลได้ตามเวลาจริงที่ทำการทดลอง

ระบบดาด้าแอกควิสสิชั่น แบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. เซนเซอร์ (sensors) หรือมักถูกเรียกว่าทรานสดิวเซอร์ เป็นการแปลงค่าค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพที่วัดมาได้ เช่น อุณหภูมิ แรง และการเคลื่อนที่ ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เช่น โวลต์หรือกระแส เพื่อให้สามารถอินพุตค่าสู่ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

2. วงจรปรับสัญญาณ (signal conditioning) ในการทำให้สัญญาณที่วัดจากทรานสดิวเซอร์มีคุณภาพมักจะต้องมีการใช้วงจรเพิ่มเติมที่จำเป็นในช่วงก่อนจะส่งค่าที่วัดได้จากทรานสดิวเซอร์สู่ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล โดยทั่วไปวงจรนี้เปรียบเสมือนการปรับสภาพสัญญาณและรวมไปถึงการขยายสัญญาณ การลดทอนสัญญาณ และการกรอง เป็นต้น แต่ละทรานสดิวเซอร์จะมีวงจรปรับสัญญาณที่แตกต่างกันออกไป

3. ตัวแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล หลักการทำงานสำคัญในระบบดาด้าแอกควิสสิชั่น คือ ตัวแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลซึ่งหมายถึงการนำข้อมูลและทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในระดับที่โปรเซสเซอร์สามารถตีความได้ยิ่งจำนวนบิตของอุปกรณ์มีค่ามากเท่าไรความละเอียดของข้อมูลก็จะมากขึ้นเท่านั้นตัวแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลมักถูกใช้ในการนำข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์และควบคุมโดยใช้ซอฟต์แวร์ประยุกต์ในการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้น เช่น Assembly Basic C C++ C# Fortran LabVIEW Lisp และ Pascal เป็นต้น

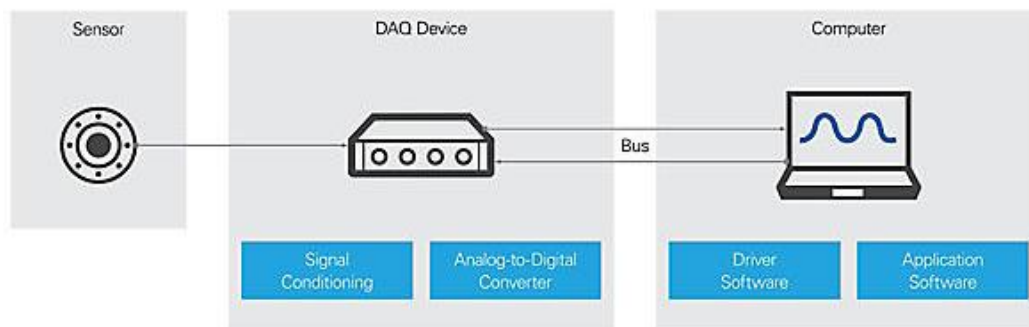


รูปที่ 2.20 block diagram ของระบบการเก็บข้อมูลแบบดาด้าแอกควิสสิชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.21 block diagram ของการวิเคราะห์ข้อมูลระบบการเก็บข้อมูลแบบด้าแอกควิสลิชั่น

2.6 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis)

ในอดีตการออกแบบรูปร่างที่มีความซับซ้อนจะมีวิธีการใช้การฉายรังสีเอ็กซเรย์เพื่อใช้ในการประกอบการออกแบบ แต่ในปัจจุบันมีการใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มาช่วยในการจำลอง เพื่อเพิ่มความถูกต้องและหาข้อผิดพลาด

การใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์โดยปกติทั่วไปจะประกอบด้วย 3 ขั้นตอนที่สามารถจัดเรียงลำดับขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

2.6.1 ขั้นตอนการเตรียมกระบวนการ (Pre processing) คือขั้นตอนที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองของส่วนที่จะทำการวิเคราะห์ ซึ่งแบ่งรูปร่างเรขาคณิตออกเป็นชิ้นส่วนย่อยๆ เรียกว่า เอลิเมนต์ โดยที่เอลิเมนต์แต่ละเอลิเมนต์จะเชื่อมต่อกันด้วยจุดโหนด แนนอนที่สุกดโหนดนี้จะถูกกำหนดการเคลื่อนที่ และนอกเหนือจากนี้จะต้องทำการกำหนดวัสดุ แรงหรือภาระและเงื่อนไขเริ่มต้นต่างๆ ที่มากระทำกับชิ้นทดสอบที่ต้องวิเคราะห์ในขั้นตอนเตรียมการ

2.6.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) ข้อมูลต่างๆ เช่นแบบจำลองเอลิเมนต์ เงื่อนไขต่างๆ ฯลฯ ที่ได้ถูกเตรียมการจากขั้นตอนการเตรียมกระบวนการจะถูกนำมาใช้ป้อนเข้าสู่ระเบียบการไฟไนต์เอลิเมนต์ตามหลักการของระเบียบการที่สร้าง และแก้ปัญหาแบบเชิงเส้น (linear) หรือไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear) ด้วยสมการทางพีชคณิต

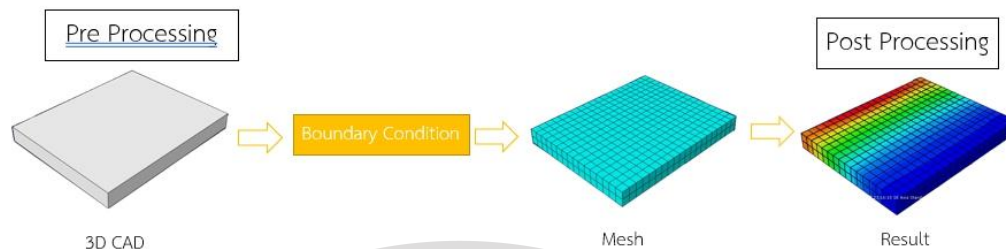
2.6.3 ขั้นตอนการนำเสนอกระบวนการ (Post processing) การแสดงและประเมินผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และความเค้นลงบนแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา ด้วยวิธีนี้ทำให้พบข้อผิดพลาด และจุดอันตราย ซึ่งรูปแบบของการนำเสนอทางกราฟฟิกส์จะแสดงเป็นระดับชั้นสีของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ค่าที่ต้องการทราบทั้งค่าความเค้น การเปลี่ยนรูปร่างจนเต็มบนแบบจำลองซึ่งภาพรวมของขั้นตอนแสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ขั้นตอนการใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

2.7 เซนเซอร์

2.7.1 เซนเซอร์วัดแรง

โพลีเมอร์แบบเกจวัดความเครียดเป็นชนิดที่พบบ่อยที่สุดในอุตสาหกรรม เหมาะอย่างยิ่งเนื่องจากมีความแม่นยำสูงใช้งานได้หลากหลายและประหยัดค่าใช้จ่าย โครงสร้างโพลีเมอร์มีตัวโลหะที่ยึดเกจวัดความเครียด ตัวเครื่องมักทำจากอลูมิเนียมเหล็กอัลลอยด์หรือสแตนเลสสตีลซึ่งทำให้แข็งแรงมากแต่ยังยืดหยุ่นน้อยที่สุด ความยืดหยุ่นนี้ก่อให้เกิดคำว่า "องค์ประกอบสปริง" ซึ่งหมายถึงตัวของโพลีเมอร์เมื่อมีการใช้แรงกระทำกับโพลีเมอร์องค์ประกอบสปริงจะเสียรูปเล็กน้อยและหากบรรทุกมากเกินไปก็จะกลับคืนสู่รูปร่างเดิมเสมอ เมื่อองค์ประกอบสปริงเปลี่ยนรูปร่างวัดความเครียดก็เปลี่ยนรูปร่างเช่นกัน ผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงความต้านทานในสเตรนเกจสามารถวัดเป็นแรงดันไฟฟ้าได้ การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าเป็นสัดส่วนกับจำนวนแรงที่กระทำกับเซลล์ดังนั้นจึงสามารถคำนวณปริมาณแรงได้จากเอาท์พุทของโพลีเมอร์

2.7.2 เซนเซอร์วัดระยะยืด

โพเทนชิโอมิเตอร์อาจเป็นอุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่ที่รู้จักกันดีที่สุดประกอบด้วยความต้านทานที่มีหน้าสัมผัสที่เคลื่อนย้ายได้ดังแสดงในรูปที่ 2.23 โดยความต้านทานแปรผันตามความยาวของลวดต้านทานแรงดันไฟฟ้า V_s ถูกนำไปใช้กับปลายทั้งสอง A และ B ขององค์ประกอบความต้านทานและแรงดันไฟฟ้าขาออก V_o วัดระหว่างจุดสัมผัส C ของชิ้นส่วนเลื่อนและจุดสิ้นสุดขององค์ประกอบความต้านทาน A ความสัมพันธ์เชิงเส้นมีอยู่ระหว่างเอาท์พุทแรงดันไฟฟ้า V_o และ ความต้านทาน AC สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 7.1

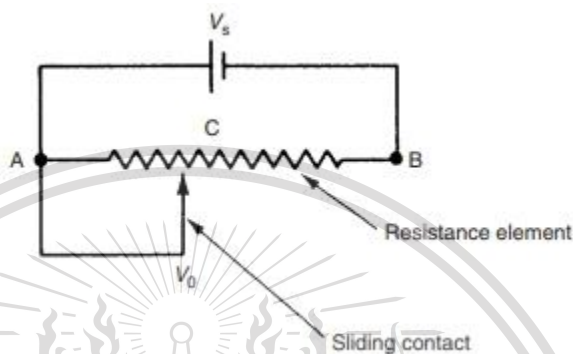
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์ $\frac{V_o}{V_s} = \frac{R_{AC}}{R_{AB}} = \frac{AC}{AB}$ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$\overline{AC} = \frac{V_0}{V_s} \overline{AB} \quad (7.1)$$

ส่วนที่กำลังวัดการเคลื่อนไหวเชื่อมต่อกับชิ้นส่วนเลื่อนของโพเทนชิโอมิเตอร์เพื่อให้การเคลื่อนที่ของวัตถุทำให้เกิดระยะทางที่เท่ากัน ขนาดของแถบเลื่อนพร้อมกับความต้านทานและการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกันแรงดันขาออก V_0



รูปที่ 2.23 ตัวต้านทานของโพเทนชิโอมิเตอร์ [2]

ปัญหาในการทำงานของโพเทนชิโอมิเตอร์ทั้งหมดเกิดขึ้นที่จุดสัมผัสระหว่างการเลื่อนและความต้านทาน ปัญหาที่พบบ่อยคือสิ่งสกปรกใต้ตัวเลื่อนซึ่งเพิ่มความต้านทานและทำให้การอ่านค่าแรงดันเอาต์พุตผิดพลาดหรือในกรณีที่เลวร้ายที่สุดทำให้สูญเสียผลผลิตทั้งหมด การเคลื่อนไหวความเร็วสูงของแถบเลื่อนสามารถยังทำให้หน้าสัมผัสแดงทำให้เอาต์พุตไม่ต่อเนื่อง แรงเสียดทานระหว่างแถบเลื่อนและแท่งอาจเป็นปัญหาในระบบการวัดบางระบบที่วัตถุที่กำลังวัดการเคลื่อนไหวจะถูกเคลื่อนย้ายด้วยแรงที่คล้ายกับขนาดของแรงเสียดทาน [2]

2.8 ค่าสัดส่วนความปลอดภัยในการออกแบบ (Safety Factor)

แสดงให้เห็นว่าระบบมีความแข็งแรงสำหรับโหลดที่ตั้งใจไว้มากเพียงใด ปัจจัยด้านความปลอดภัยมักคำนวณโดยใช้การวิเคราะห์โดยละเอียดเนื่องจากการทดสอบแบบครอบคลุมไม่สามารถทำได้ แต่ความสามารถของระบบในการรับน้ำหนักต้องได้รับการพิจารณาให้มีความแม่นยำที่เหมาะสม ระบบจำนวนมากถูกสร้างขึ้นโดยเจตนาให้แข็งแรงกว่าที่จำเป็นสำหรับการใช้งานปกติเพื่อให้เกิดสถานการณ์ฉุกเฉินการโหลดที่ไม่คาดคิดการใช้งานผิดประเภทหรือการเสื่อมสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Estimating the Contribution for the Material

$FS_{\text{material}} = 1.0$	If the properties for the material are well known, if they have been experimentally obtained from tests on a specimen known to be identical to the component being designed and from tests representing the loading to be applied
$FS_{\text{material}} = 1.1$	If the material properties are known from a handbook or are manufacturer's values
$FS_{\text{material}} = 1.2-1.4$	If the material properties are not well known

Estimating the Contribution for the Load Stress

$FS_{\text{stress}} = 1.0-1.1$	If the load is well defined as static or fluctuating, if there are no anticipated overloads or shock loads, and if an accurate method of analyzing the stress has been used
$FS_{\text{stress}} = 1.2-1.3$	If the nature of the load is defined in an average manner, with overloads of 20-50%, and the stress analysis method may result in errors less than 50%
$FS_{\text{stress}} = 1.4-1.7$	If the load is not well known or the stress analysis method is of doubtful accuracy

Estimating the Contribution for Geometry (Unit-to-Unit)

$FS_{\text{geometry}} = 1.0$	If the manufacturing tolerances are tight and held well
$FS_{\text{geometry}} = 1.0$	If the manufacturing tolerances are average
$FS_{\text{geometry}} = 1.1-1.2$	If the dimensions are not closely held

Estimating the Contribution for Failure Analysis

$FS_{\text{failure theory}} = 1.0-1.1$	If the failure analysis to be used is derived for the state of stress, as for uniaxial or multiaxial static stresses, or fully reversed uniaxial fatigue stresses
$FS_{\text{failure theory}} = 1.2$	If the failure analysis to be used is a simple extension of the preceding theories, such as for multiaxial, fully reversed fatigue stresses or uniaxial nonzero mean fatigue stresses
$FS_{\text{failure theory}} = 1.3-1.5$	If the failure analysis is not well developed, as with cumulative damage or multiaxial nonzero mean fatigue stresses

Estimating the Contribution for Reliability

$FS_{\text{reliability}} = 1.1$	If the reliability for the part need not be high, for instance, less than 90%
$FS_{\text{reliability}} = 1.2-1.3$	If the reliability is an average of 92-98%
$FS_{\text{reliability}} = 1.4-1.6$	If the reliability must be high, say, greater than 99%

รูปที่ 2.24 ค่าสัดส่วนความปลอดภัยในเงื่อนไขต่างๆ [14]

จากค่าการประมาณข้างต้นจะสามารถเลือกนำมาใช้ตามลักษณะงานที่ออกแบบได้ เพื่อประมาณค่าสัดส่วนความปลอดภัยได้จากสมการที่ 8.1

$$FS = FS_{\text{material}} \times FS_{\text{stress}} \times FS_{\text{geometry}} \times FS_{\text{failure analysis}} \times FS_{\text{reliability}} \quad (8.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

อุปกรณ์และการออกแบบการทดลอง

บทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องทดสอบแรงดึงจากกระบอกสูบไฮดรอลิก และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 Hydraulic Power Unit

hydraulic power unit ประกอบไปด้วย 1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ 50 เฮิรต ความเร็วสูงสุด 1450 รอบต่อนาที ต่อตรงเข้ากับไฟบ้านขนาด 220 โวลต์



รูปที่ 3.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

2) ปั๊มประเภท external gear pump ความดันใช้งานต่อเนื่องสูงสุดที่ 250 บาร์ การกระจัดเชิงปริมาตร 10 ซีซีต่อรอบ โดยปั๊มประกอบด้วยเฟือง 2 อัน ได้แก่ เฟืองขับและเฟืองตาม โดยเฟืองขับต่อตรงเข้ากับมอเตอร์



รูปที่ 3.2 ปั๊มประเภท external gear pump

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3) วาล์วควบคุมแรงดัน (pressure relief valve) ใช้วาล์ว รุ่น RV-04T-3-30 ผลิตโดย HydroTechnic สามารถรับความดันได้สูงสุด 250 บาร์และที่อัตราการไหลสูงสุด 50 ลิตรต่อนาที ทำหน้าที่ควบคุมความดันสูงสุดของระบบ ควบคุมการทำงานของปั๊ม และปรับความดันในวงจรต่าง ๆ



รูปที่ 3.3 วาล์วควบคุมแรงดัน

4) วาล์วควบคุมการไหล (ball valve) ใช้วาล์วรุ่น TL-KHB-G1/4 สามารถรับความดันได้สูงสุดถึง 500 บาร์ ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำมันไฮดรอลิก



รูปที่ 3.4 วาล์วควบคุมการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5) วาล์วควบคุมทิศทางการไหล 4/3 (directional control valve) ทำหน้าที่ในการควบคุมทิศทางการของกระบอกสูบ



รูปที่ 3.5 วาล์วควบคุมทิศทางการไหล

3.1.2 โครงสร้างยึดและฐาน

โครงการนี้เลือกใช้โครงสร้างไฮดรอลิกจากตัวเก่าซึ่งมีอยู่ในภาคเครื่องกลอยู่แล้ว เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำโครงการครั้งนี้ โดยโครงสร้างทำจากโลหะที่มีความแข็งแรงสูง สามารถรับภาระที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทดสอบแรงดึงได้ โดยขนาดของโครงสร้างมีขนาด กว้าง x ยาว x สูง ดังนี้ 300 x 500 x 540 มิลลิเมตร และเสารับแรง 4 อันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.6 โครงสร้างยึดและฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงชื่อเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.3 ครอบอกสูบ

ครอบอกสูบแบบแกนเพลลาเดี่ยวเคลื่อนที่ 2 ทาง (เข้า - ออก) ครอบอกสูบรับความดันสูงสุด 200 บาร์สัมบูรณ์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก 90 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางใน 70 มิลลิเมตร ระยะชัก 220 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ 45 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.7 ครอบอกสูบแบบแกนเพลลาเดี่ยวเคลื่อนที่ 2 ทาง

3.1.4 Ni USB-6008 คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณที่รับค่ามาจากอุปกรณ์ที่ทำการวัดค่าต่างๆ โดยสามารถแปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาล็อกและจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลข้อมูลที่รับมาจากอุปกรณ์วัดค่าต่างๆได้ ซึ่ง Ni USB-6008 จะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยพอร์ต USB



รูปที่ 3.8 Ni USB-6008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

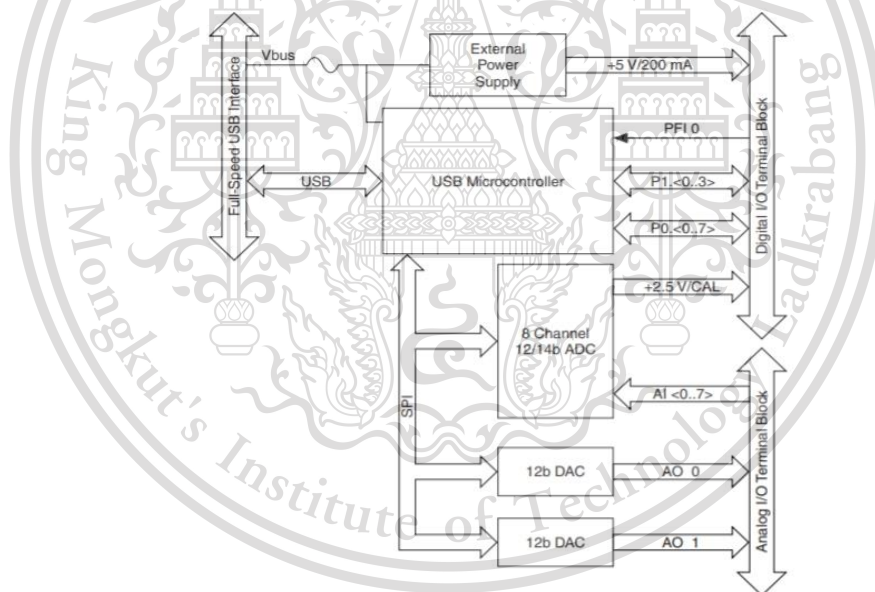
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คุณสมบัติของ Ni USB-6008

- ความละเอียดอนาล็อกอินพุต ขนาด 12 บิต
- อนาล็อกอินพุต 8 ช่อง
- อนาล็อกเอาต์พุต 2 ช่อง
- ดิจิตอลอินพุต/เอาต์พุต 12 ช่อง
- counter ขนาด 32 บิต
- พอร์ตแบบ USB รับส่งข้อมูลแบบ full speed

โครงสร้างองค์ประกอบฟังก์ชันการใช้งานของ Ni USB-6008 มีส่วนประกอบหลัก ดังนี้

- USB ไมโครคอนโทรลเลอร์
- หน่วยรับและส่งออกข้อมูลอนาล็อก I/O (input/output)
- หน่วยส่งออกข้อมูลดิจิตอล
- แหล่งจ่ายไฟภายนอก +5V, 200 มิลลิแอมป์



รูปที่ 3.9 โครงสร้างองค์ประกอบฟังก์ชันการใช้งานของ Ni USB-6008

3.1.5 โปรแกรม LabVIEW

โปรแกรม LabVIEW คือ โปรแกรมประยุกต์ที่ใช้การเขียนโปรแกรมแบบกราฟิกหรือภาษารูปภาพ (graphic language) ลักษณะการทำงานแบบ data flow เป็นโปรแกรมที่ถูกนำมาใช้กับเครื่องมือวัดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang การวัดในทางวิศวกรรม การทำงานหลักของโปรแกรมนี้นี้เพื่อการจัดการในด้านการวัดและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาอย่างมีประสิทธิภาพ โปรแกรมที่เราเขียนขึ้นมาจะเรียกว่า Virtual Instrument (VI) หรือเครื่องมือ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

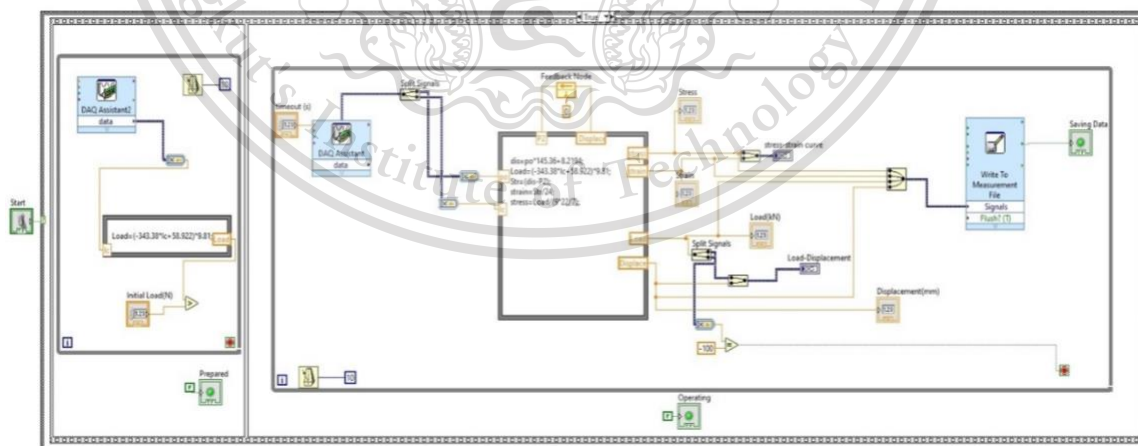
วัดเสมือนจริงเพราะตัวโปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถทำให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการทำงานอุปกรณ์ต่างๆ ได้ Virtual Instrument หนึ่งแบบ จะประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ

1) front panel ใช้ในการควบคุมการทำงานและการป้อนค่าอินพุต เอาท์พุตและแสดงผล



รูปที่ 3.10 front panel

2) block diagram เป็น code ที่เราเขียนใน LabVIEW ซึ่งอยู่ในรูปของภาษา G ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยค่าตัวแปร ฟังก์ชัน และการควบคุมการทำงานต่างๆ



รูปที่ 3.11 block diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3) connector และ icon เป็นส่วนหนึ่งของ block diagram ซึ่งจะมีการส่งผ่านข้อมูลทั้งเข้าและออกจาก Icon ดังรูปที่ 3.12 โดย connector ซึ่ง subroutine นี้ เราเรียกว่า Sub Vi



รูปที่ 3.12 ตัวอย่าง icon และ connector

3.1.6 load cell เลือกใช้อุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณแรงดึงที่แสดงในรูปที่ 38 รุ่น ZNL.BU-3T เนื่องจากขอบเขตของแรงที่สนใจ มีขนาดไม่เกิน 3000 กิโลกรัม ตัวตรวจวัดสัญญาณแรงดึงรุ่นนี้จะแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดกับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ในช่วง 5-15 โวลต์ โดยต่อเข้ากับแอมพลิไฟเออร์ก่อนเข้าการ์ดติดต่อสื่อสาร



รูปที่ 3.13 load cell

3.1.7 draw wire potentiometer คือ อุปกรณ์วัดระยะทางโดยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและระยะการเคลื่อนที่ให้อยู่ในรูปของค่าความต้านทานไฟฟ้า ส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์นี้คือสายวัดที่มีลักษณะเป็นเส้นลวดและเซ็นเซอร์ซึ่งมีการเปลี่ยนตำแหน่งหรือระยะที่วัดได้เป็นสัญญาณไฟฟ้าตามสัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.14 draw wire potentiometer

3.1.8 strain gauge amplifier คือ อุปกรณ์วงจรไฟฟ้าแบบหนึ่งที่ใช้ในการขยายสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มความสามารถในการอ่านค่าเซนเซอร์ที่ต้องการใช้งานเลือกใช้ amplifier ของ KYOWA รุ่น WGA-100B โดยมีอัตราการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทอยู่ที่ (-10) ถึง 10 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์



รูปที่ 3.15 strain gauge amplifier ของ KYOWA รุ่น WGA-100B

3.1.9 DC power supply คือ พาวเวอร์ซัพพลายรุ่น GPS-3303 3-ช่องสัญญาณ ผลิตโดย Instek แรงดันขาออก 0 ถึง 30 โวลต์ และมีกระแสขาออก 0 ถึง 3 แอมแปร์ ทำหน้าที่เป็นแหล่งทางไฟฟ้าให้กับเซนเซอร์วัดค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.16 DC power supply

3.1.10 ชิ้นทดสอบ ชิ้นทดสอบอ้างอิงจากมาตรฐาน ASTM E8/E8M-13a เป็นมาตรฐานการทดสอบแรงดึงของวัสดุที่เป็นโลหะ มีขนาดและรูปร่างดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ขนาดและรูปร่างของชิ้นทดสอบ

3.1.11 หัวจับชิ้นทดสอบ (split collar grip)

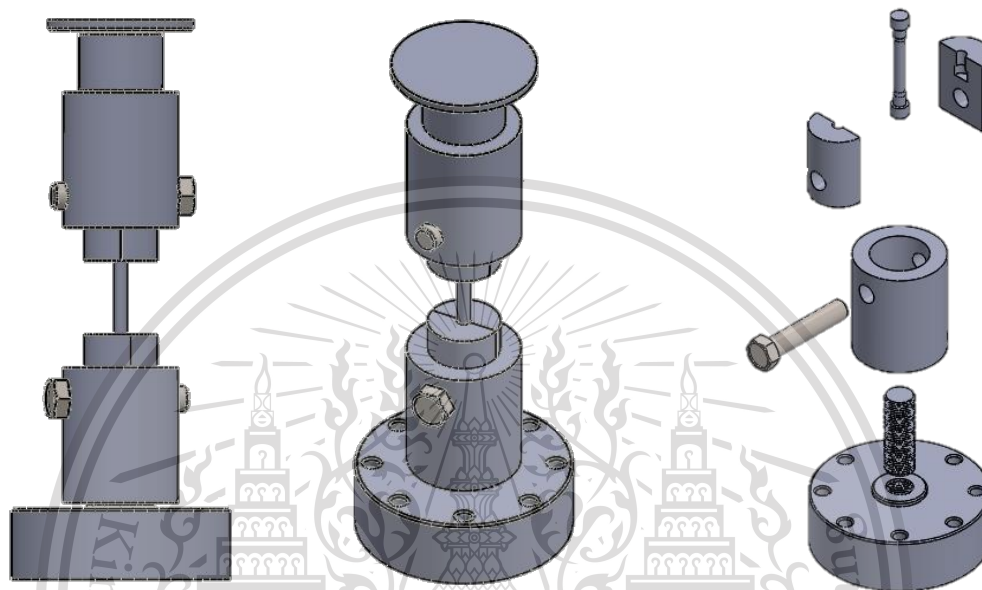
หัวจับชิ้นทดสอบหรือกริป เป็นแบบปลอกสวมแยก หัวจับชิ้นทดสอบประเภทนี้จะใช้คู่กับชิ้นทดสอบ ใช้ได้กับประเภทที่การทำบ่าเพลลาเท่า ซึ่งข้อดีของหัวจับชิ้นทดสอบประเภทนี้นอกจากง่ายต่อการผลิตแล้วยังไม่มีการกดเพื่อเพิ่มแรงเสียดทานไม่ให้ชิ้นทดสอบหลุดระหว่างการดึงเหมือนกับหัวจับชิ้นทดสอบทั่วไป ดังนั้นหัวจับชิ้นทดสอบนี้จึงไม่มีแรงภายนอกมากกระทบซึ่งก่อให้เกิดความเค้นมากขึ้นในตัวชิ้นทดสอบและ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ค่าสัดส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 1.6 โดยการประมาณค่าสัดส่วนความปลอดภัยจากรูปที่ 2.24 ได้ $FS = 1 \times 1.1 \times 1 \times 1.1 \times 1.3 = 1.573$ โดย $FS_{\text{material}}=1.1$, $FS_{\text{stress}}=1.1$, $FS_{\text{geometry}}=1$, $FS_{\text{failure theory}}=1.1$, $FS_{\text{reliability}}=1.3$ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดโดยประมาณ 55 มิลลิเมตร และความยาวรวม 2 ด้าน (บน - ล่าง) 160 มิลลิเมตรดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 หัวจับขึ้นทดสอบที่ได้ทำการออกแบบ

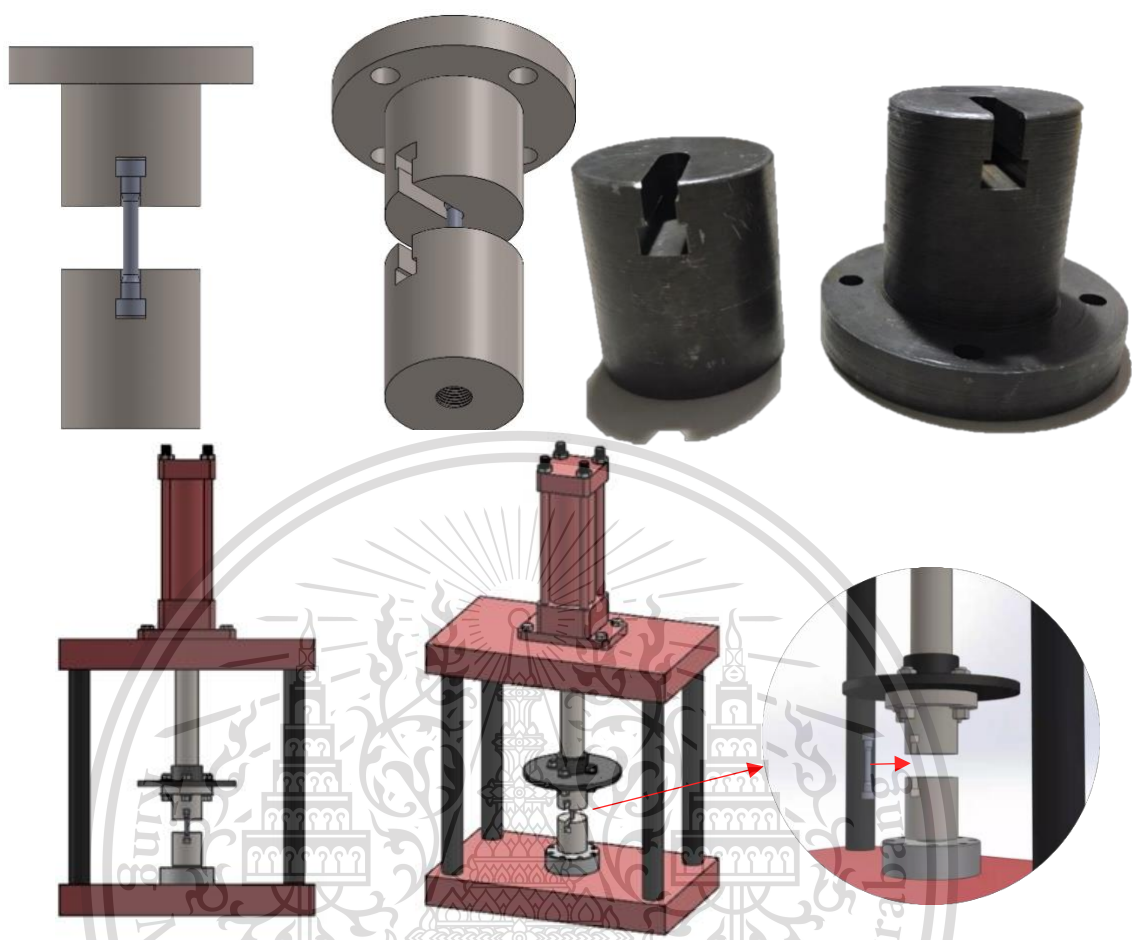
แต่ในการสร้างหัวจับขึ้นทดสอบเกิดปัญหาในส่วนของ การตัดแบ่งครึ่งขึ้นทดสอบจะส่งผลให้หัวจับขึ้นทดสอบไม่สามารถประกบกันสนิทซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายกับหัวจับขึ้นทดสอบและเกิดการบีบอัดกับขึ้นทดสอบทดสอบมีผลให้ค่าในการทดสอบเกิดความผิดพลาด ซึ่งการทำขึ้นทดสอบรูปแบบเดิมจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงเกินไป จึงได้ดำเนินการปรับปรุงรูปแบบของหัวจับขึ้นทดสอบให้มีความคล้ายคลึงกับที่จำลองและสามารถติดตั้งขึ้นทดสอบในขณะที่ทำการทดลองง่ายขึ้นดังรูปที่ 3.19 และทำการชุบแข็งหัวจับขึ้นทดสอบเพื่อเพิ่มค่า yield strength ของวัสดุ

โดยลักษณะของหัวจับขึ้นทดสอบใหม่ออกแบบให้เหลือเป็นเพียงชิ้นเดียว พื้นที่บริเวณบ่ารับแรงมีขนาดเล็กลงเนื่องจากทำร่องเพื่อให้ขึ้นทดสอบสามารถใส่เข้ามาได้ง่ายดังรูปที่ 3.19 วิธีประกอบเข้ากับขึ้นทดสอบ สามารถทำโดยให้ระยะของหัวจับด้านบนเลื่อนลงมาถึงระยะที่กำหนดไว้ จากนั้นใส่ขึ้นทดสอบเข้าไปสุดด้านในของหัวจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.19 หัวจับยึดชิ้นทดสอบที่ได้ทำการปรับปรุงรูปแบบ

3.2 ระเบียบวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์

ระเบียบวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์นำระเบียบวิธีการวิเคราะห์และออกแบบเครื่องทดสอบแรงดึง เพื่อประเมินค่าความเค้นที่เกิดขึ้นในหัวจับชิ้นทดสอบโดยเลือกใช้โปรแกรม Abaqus ในการวิเคราะห์ โดยมีการทำ verification of simulation model เพื่อหาความน่าเชื่อถือของโปรแกรม

จากชิ้นทดสอบทราบว่าต้องใช้กับวัสดุ SR24 ซึ่งมี ultimate strength เท่า 385 เมกะปาสคาล มีพื้นที่หน้าตัด 2.83×10^{-5} ตารางเมตร จำเป็นต้องใช้แรง

$$F = S_{ut}A$$

$$F = 385 \times 10^6 \times 2.83 \times 10^{-5} \approx 11000 \text{ นิวตัน}$$

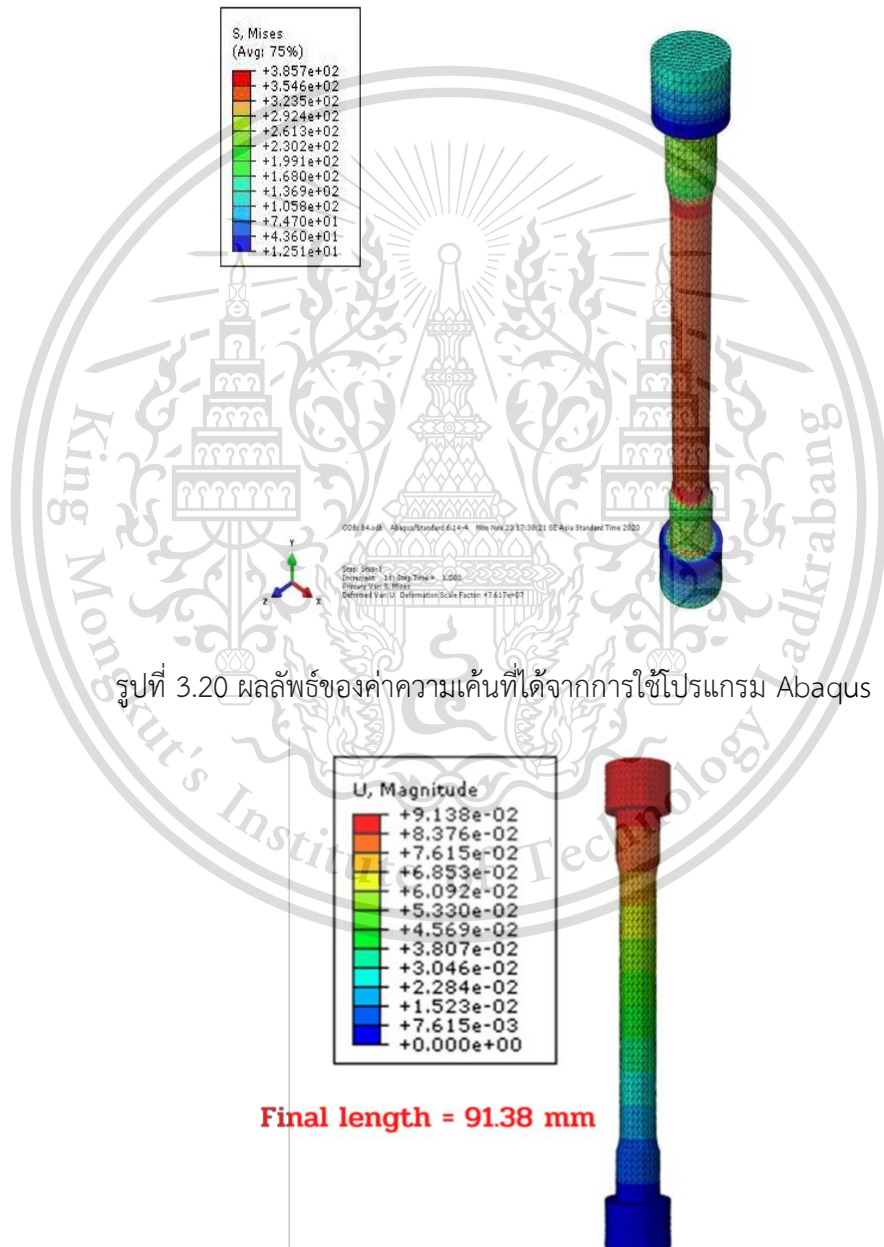
นำแรงที่ได้ไปกำหนดเงื่อนไขการจำลองค่าความเค้น ผลลัพธ์ที่ได้ต้องมีค่าใกล้เคียง ultimate strength ของ SR24 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มีค่าสูงสุดของ Von Mises Stress เท่ากับ 385.7 เมกะปาสคาล ดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ การค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 3.20 วัสดุ SR24 มีค่า ultimate strength เท่ากับ 385 เมกะปาสคาล เมื่อนำมาหาค่า error ได้เท่ากับ 0.18% และในส่วนของ การยืดตัว (elongation) วัสดุ SR24 มีค่า %elongation เท่ากับ 21% โดยกำหนดความยาวเริ่มต้น 69.6 มิลลิเมตร จะได้ความยาวสุดท้ายเท่ากับ 84.216 มิลลิเมตร จากผลลัพธ์การจำลองได้ความยาวสุดท้ายเท่ากับ 91.38 มิลลิเมตรดังรูปที่ 3.21 เมื่อนำมาหาค่า error ได้เท่ากับ 8.5% ซึ่งค่า error ทั้งหมดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ จึงสรุปได้ว่าโปรแกรม Abaqus สามารถใช้เป็นค่าอ้างอิงในการคำนวณ



รูปที่ 3.20 ผลลัพธ์ของค่าความเค้นที่ได้จากการใช้โปรแกรม Abaqus

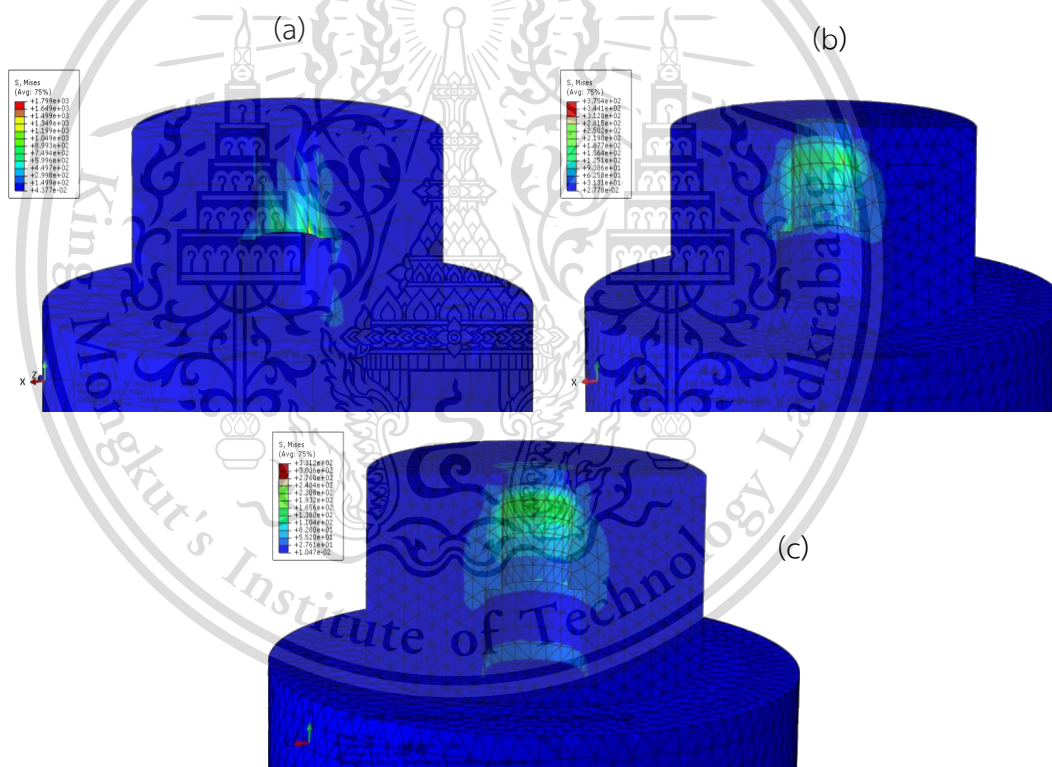
รูปที่ 3.21 ผลลัพธ์ของการยืดตัวที่ได้จากการใช้โปรแกรม Abaqus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุตบแต่งแก้ไข และเปลี่ยนแปลงแก้ไข โดยยกเว้นทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากนั้นได้ทำการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม Abaqus คำนวณหาค่า Von Mises Stress ณ จุดวิกฤติที่เกิดขึ้นในหัวจับขึ้นทดสอบ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและหาข้อผิดพลาดของการออกแบบหัวจับขึ้นทดสอบ โดยกำหนดเมชเริ่มต้นเท่ากับ 0.005 ซึ่งมีจำนวนเอลิเมนต์ เท่ากับ 27,831 เอลิเมนต์ จะได้ผลลัพธ์ค่า Von Mises Stress เท่ากับ 8.93×10^3 เมกะปาสคาล ดังรูปที่ 3.22(a) แล้วทำการเพิ่มจำนวนเอลิเมนต์ โดยการปรับเมชลดลงจากเดิมซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0025 มีจำนวนเอลิเมนต์ เท่ากับ 59,846 เอลิเมนต์ จะได้ผลลัพธ์ค่า Von Mises Stress เท่ากับ 1.56×10^2 เมกะปาสคาล ดังรูปที่ 3.22(b) และปรับเมชลดลงซึ่งเท่ากับ 0.0015 มีจำนวนเอลิเมนต์ เท่ากับ 97,408 เอลิเมนต์ จะได้ผลลัพธ์ค่า Von Mises Stress เท่ากับ 1.65×10^2 เมกะปาสคาล ดังรูปที่ 3.22(c) และจากรูปที่ 3.23 สังเกตหาค่า Von Mises Stress เริ่มจะลู่เข้าที่จำนวนเมชสูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกค่า Von Mises Stress จากจำนวนเมชที่สูงสุดที่มีจำนวนเอลิเมนต์เท่ากับ 97,408 เอลิเมนต์มาใช้ในการคำนวณต่อไป



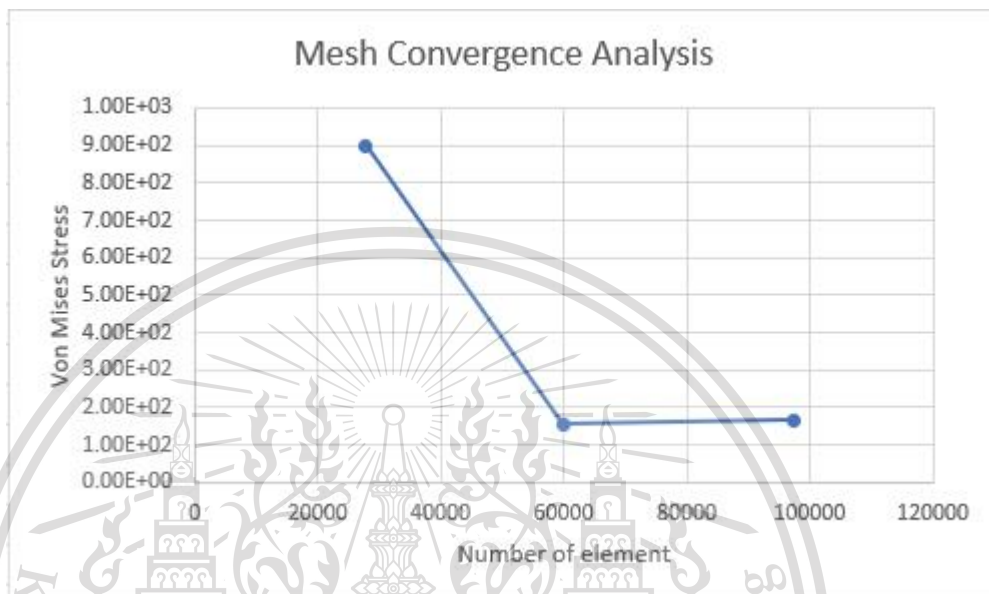
รูปที่ 3.22 ผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

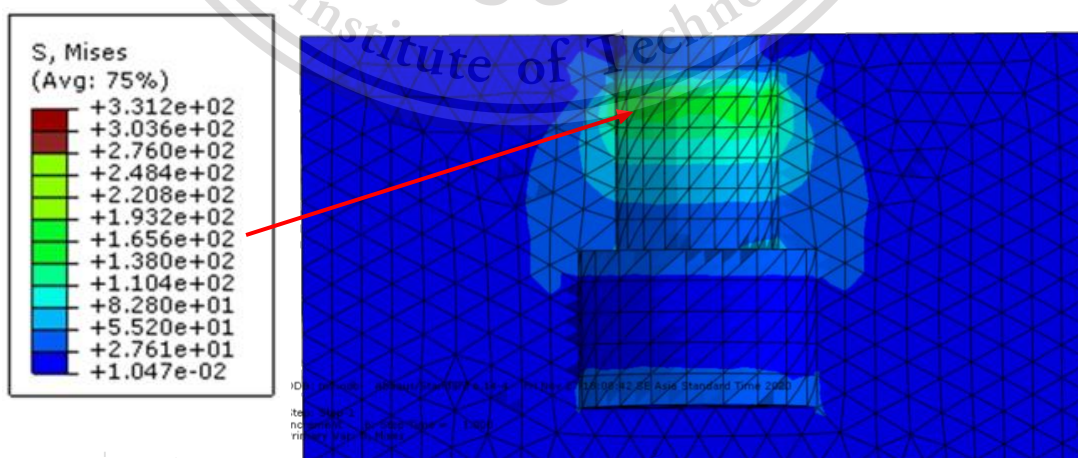
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยแต่ละรูปมีค่า Von Mises Stress ดังนี้ 3.22(a) จำนวน 27,831 เอลิเมนต์ทำให้เกิด 8.93×10^2 เมกะปาสคาล, 3.22(b) จำนวน 59,846 เอลิเมนต์ทำให้เกิด 1.56×10^2 เมกะปาสคาล และ 3.22(c) ความละเอียดเมช 97,408 เอลิเมนต์ทำให้เกิด 1.65×10^2 เมกะปาสคาล



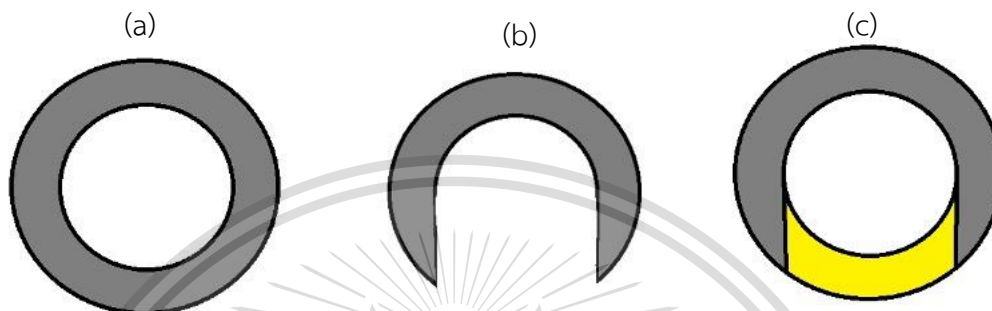
รูปที่ 3.23 Mesh Convergence Analysis

จึงนำค่า Von Mises Stress จุดวิกฤตที่มีจำนวนสูงสุด (97,408 เอลิเมนต์) เท่ากับ 1.65×10^2 เมกะปาสคาล ที่แสดงในรูปที่ 3.24 มาเปรียบเทียบกับไม่เกินค่า yield strength ของเหล็ก S45C ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.90×10^2 เมกะปาสคาล ซึ่งมีค่าสัดส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 2.96 ค่าที่ได้มากกว่าที่ได้ประมาณไว้ ส่งผลให้หัวจับชั้นทดสอบทดสอบที่ออกแบบไว้สามารถเชื่อถือต่อการใช้งานได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
รูปที่ 3.24 จุดวิกฤตที่เกิดขึ้นในหัวจับชั้นทดสอบ

สำหรับหัวจับขึ้นทดสอบแบบที่สอง การประเมินค่า Von Mises Stress จากค่าเดิมของหัวจับขึ้นทดสอบแบบที่หนึ่ง เนื่องจากไม่สามารถใช้คอมพิวเตอร์ของสถาบันในการจำลองได้ จึงใช้การประเมินด้วยอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดของส่วนที่รับแรงของหัวจับแบบที่สองต่อพื้นที่หน้าตัดหัวจับอันเก่า ซึ่งมีรูปที่ 3.25(b) เหมือนกัน ต่างกันเพียงพื้นที่บางส่วนที่หายไปเนื่องจากการออกแบบ มีลักษณะดังรูปที่ 3.25(c)



รูปที่ 3.25 พื้นที่รับแรง (a) แสดงส่วนที่รับแรงของแบบแรก (b) แสดงส่วนที่รับแรงของแบบที่สอง (c) สีเหลืองแสดงพื้นที่ส่วนที่หายไปของแบบที่สองเมื่อเทียบกับแบบแรก

จากการสังเกตลักษณะความเค้นหลักที่เกิดขึ้นในหัวจับเป็นความเค้นเฉือนเป็นหลักเนื่องจากลักษณะที่เกิดขึ้นอยู่ที่บริเวณจุดศูนย์กลางของบ่าดังรูปที่ 3.25(c)

ดังนั้นเมื่อทราบว่าเป็นความเค้นเฉือนส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นบนบ่า ส่วนที่รับแรงพื้นที่เป็นสัดส่วนกัน ค่า Von Mises Stress ก็ควรจะมีความเป็นสัดส่วนเหมือนกันด้วยดังนี้

$$\frac{\text{Area of new grip}}{\text{Area of old grip}} = \frac{62.83 - 20.90}{62.83} = 0.667$$

$$\sigma' = \sqrt{3}\tau = \sqrt{3} \times \frac{F}{A}$$

$$166 \times 10^6 = \sqrt{3} \times \frac{11000}{A}$$

$$\sigma'_{new} = \sqrt{3} \times \frac{F}{0.667A}$$

$$\sigma'_{new} = \sqrt{3} \times \frac{(11000)}{0.667 \times A}$$

$$\sigma'_{new} = \frac{(166 \times 10^6)}{0.667}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ $\sigma'_{new} = 249 \text{ MPa}$ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประมาณค่า Von Mises Stress ได้ประมาณ 249 เมกะปาสกาล

จากรูปที่ 2.9 ตารางแสดงผลลัพธ์ความแข็งแรงของกระบวนการทางความร้อนที่ขึ้นอยู่กับความหนาหรือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวจับ และเมื่อพิจารณาความแข็งแรงของหัวจับในส่วนของต้องแบกรับภาระโหลด (ส่วนล็อกขึ้นทดสอบ) จะได้ 490 เมกะปาสกาล เนื่องจากมีความหนาน้อยกว่า 8 มิลลิเมตร ตามตารางค่าสัดส่วนความปลอดภัยของการออกแบบหัวจับแบบที่สอง คือ

$$SF = \frac{490}{249} = 1.97 \text{ ซึ่งมากกว่า } 1.6 \text{ ที่ได้กำหนดไว้}$$

3.3 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้จึงอยากให้ผู้ทดลองตระหนักถึงความสำคัญของคุณสมบัติทางกลของวัสดุและเลือกใช้วัสดุในการออกแบบได้ดีและเหมาะสมยิ่งขึ้น

วิธีการทดลอง

1. ปรับระยะหัวจับให้อยู่ในระยะที่พอดีต่อการใส่ชิ้นทดสอบ และนำชิ้นทดสอบใส่ไปให้สุดระยะล็อก
2. เริ่มการทดสอบแรงดึงด้วยการบังคับค้ำโยกค้ำไว้ เพื่อให้หัวจับด้านบนเริ่มดึงชิ้นทดสอบจนขาดออกจากกันแล้วจึงหยุดการทดสอบ โดยขณะดึงระบบจะควบคุมความเร็วของลูกสูบ
3. ระหว่างที่เกิดการดึงชิ้นทดสอบ ค่าที่เก็บได้จากโหลดเซลล์และเซนเซอร์วัดระยะยืดจะถูกนำไปวิเคราะห์ตามโปรแกรมที่เขียนไว้อัตโนมัติ และแสดงผลออกมาในรูปแบบความสัมพันธ์กราฟ ความเค้น ความเครียดนอกจากนั้นข้อมูลความเค้นและความเครียด ณ เวลาต่างๆ จะถูกบันทึกลง Microsoft Excel
4. เมื่อได้ค่าชิ้นทดสอบทั้งแล้วมาศึกษาความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้น เพื่อหาค่าคุณสมบัติทางกลที่สำคัญ ได้แก่ yield strength, ultimate strength และ Young's modulus
5. สรุปผลการทดลอง

3.4 รายละเอียดของเครื่องทดสอบแรงดึง

เครื่องทดสอบแรงดึงสำหรับแลปการทดลองวิศวกรรมเครื่องกลที่ทำการออกแบบจากอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วในภาคและที่ซื้อเพิ่มเติม เพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งานตามวัตถุประสงค์ของโครงการมีรายละเอียดดังนี้ ตารางที่ 3.1 และ 3.2 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของเครื่องทดสอบแรงดึง

Maximum Load	11 kN
Number of Cylinder	1
Max. tensile space	160 mm
Round specimen(diameter)	6 mm
Gauge length	24 mm
Piston stroke	120 mm
Piston speed	25 mm/min
Clamping mode	manual
Position control device	4/3 (directional control valve)
Data collector	LabVIEW
Dim. of frame	500x300x900 mm, (LxWxH)
Dim. of oil source	600x550x350 mm, (LxWxH)
Electrical source	220 V (AC ,1 phase)
Weight	200 kg

ตารางที่ 3.2 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องทดสอบแรงดึง

1	Hydraulic power unit	already in Lab
2	Hydraulic piston cylinder	already in Lab
3	Grip	1500 baht
4	Load cell	2500 baht
5	Draw wire potentiometer	already in Lab
6	Ni USB	already in Lab
7	Strain gauge amplifier	500 baht
8	tools	500 baht
	total	5000 baht

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากค่าใช้จ่ายที่แสดงดังในตารางที่ 2 มีราคาในการทำเพียง 5,000 บาทสุทธิ หากใช้การจ้างทำ โดยใช้อุปกรณ์ดังตารางก็ยอมมีค่าใช้จ่าย 20,000-30,000 (ไม่รวมค่าแรง) บาท หรือหากซื้อเครื่อง Universal Testing Machine มาตรฐาน ราคาเครื่องที่ขายก็มีราคาขั้นต่ำ 200,000-300,000 บาท ซึ่งมีราคาสูงมากถ้านำมาใช้เพียงเพื่อการทดลองแลป

จึงเป็นการดีที่ได้ใช้เงินเพียง 5,000 บาท และอุปกรณ์ที่วางต่อการใช้งานในภาคให้เป็นประโยชน์ สูงสุดในการทำเครื่องทดสอบแรงดึงสำหรับแลปการทดลองวิศวกรรมเครื่องกล และผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้ คือผลการทดสอบดึงวัสดุได้ใกล้เคียงกับการทดสอบของเครื่อง Universal Testing Machine มาตรฐาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

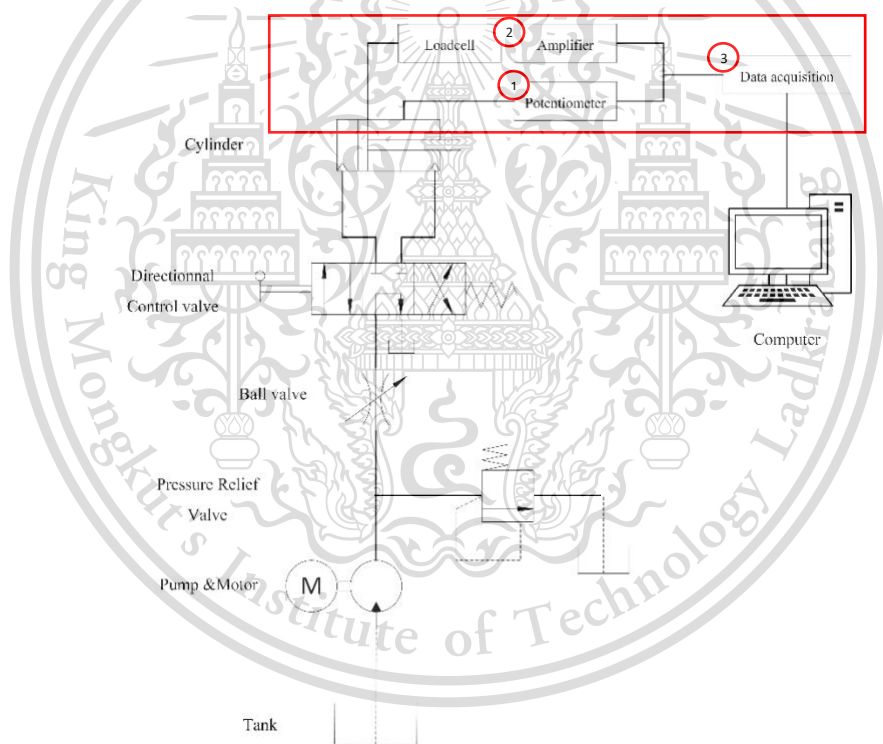
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ขั้นตอนและผลการทดลอง

4.1 ขั้นตอนการทำงานของชุดทดลอง

การควบคุมการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบนั้นเป็นควบคุมการเคลื่อนที่และทิศทางโดยใช้วาล์วควบคุมทิศทางการไหล (directional control valve) ในขั้นตอนแรกนำขึ้นทดสอบมาติดตั้งกับหัวจับขึ้นทดสอบ เมื่อทำการติดตั้งขึ้นทดสอบเรียบร้อยแล้ว จะใช้วาล์วควบคุมทิศทางการไหลทำให้กระบอกสูบเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็ว 25 มิลลิเมตรต่อวินาทีเพื่อตั้งขึ้นทดสอบ เมื่อเริ่มการทดลองเซนเซอร์วัดระยะยัดและโหลดเซลล์จะทำการเก็บระยะยัดและแรงดึงเพื่อคำนวณด้วยโปรแกรม LabVIEW เพื่อแสดงผลเป็นกราฟความสัมพันธ์ของความเค้นกับความเครียด และกราฟแรงกับระยะยัด ณ เวลาต่างๆ



รูปที่ 4.1 ผังการทำงานของชุดทดลอง

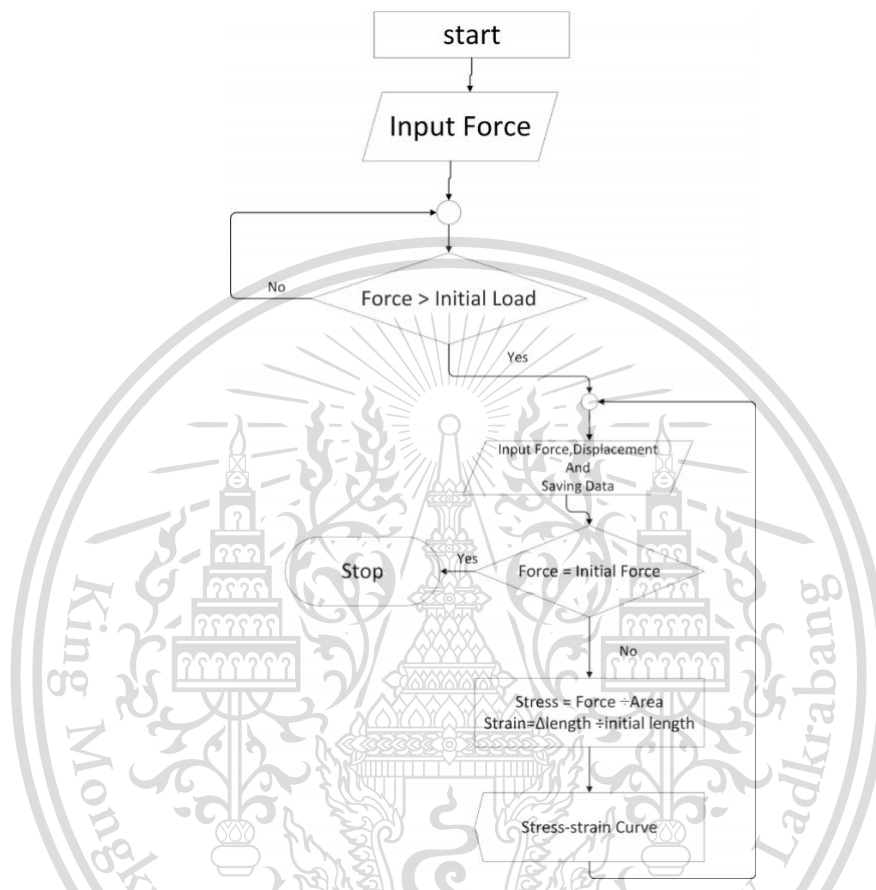
จากรูปที่ 4.1 เป็นผังการทำงานของเครื่องประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ 1) การส่งกำลังของระบบไฮดรอลิก 2) การรับและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งการทำงานของส่วนรับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลต้องทำการทดลองร่วมกับชุดทดลองจริงที่เราทำขึ้นมา แต่จากสถานการณ์โควิด-19 ทำให้ทางคณะผู้จัดทำไม่สามารถนำอุปกรณ์เหล่านี้ไปทดสอบกับชุดทดลองจริงได้ เราจึงได้ออกแบบตัวโปรแกรม LabVIEW เพื่อ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ทดสอบการรับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลของอุปกรณ์เซนเซอร์วัดระยะยืดและโหลดเซลล์ โดยมีอุปกรณ์ส่งผ่านข้อมูลเป็น Ni-USB6008 เพื่อแสดงถึงความพร้อมในด้านอุปกรณ์และโปรแกรมควบคุม โดยมีผังการทำงานของโปรแกรม LabVIEW ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แผนผังการทำงานของโปรแกรม LabVIEW ที่ใช้กับเครื่องทดสอบแรงดึง

จากรูปที่ 4.2 ผังการทำงานของโปรแกรม LabVIEW หลังจากที่เราติดตั้งขึ้นทดสอบเข้าไปที่ตัวเครื่องแล้วจะทำการเริ่มต้นเมื่อเรากดปุ่ม start ที่ front panel จากนั้นเราจะรับค่าแรงที่ได้จากโหลดเซลล์เข้ามาแล้วทำการตรวจสอบกับค่าแรงตั้งที่โหลดเซลล์อ่านได้เมื่อยังไม่ใส่ขึ้นทดสอบ (initial load) ซึ่งเป็นค่าที่เราทำการเก็บค่าไว้ก่อนล่วงหน้าแล้ว หากค่าแรงที่โหลดเซลล์อ่านได้มากกว่าค่า initial load นั้นหมายความว่ามีการดึงเกิดขึ้นแล้วจากนั้นตัวโปรแกรมจะเริ่มทำการบันทึกค่าของแรงตั้งและระยะยืดที่อ่านได้พร้อมทั้งแสดงผลออกเป็นกราฟความเค้นกับความเครียดและกราฟแรงกับระยะยืดในเวลาเดียวกัน หากโหลดเซลล์รับค่าแรงตั้งได้เท่ากับ initial load นั่นคือขึ้นทดสอบมีการขาดแล้ว ตัวโปรแกรมจะหยุดโดยอัตโนมัติและบันทึกค่าความเค้น ความเครียด มวล และระยะยืด ไว้ที่ไฟล์ Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

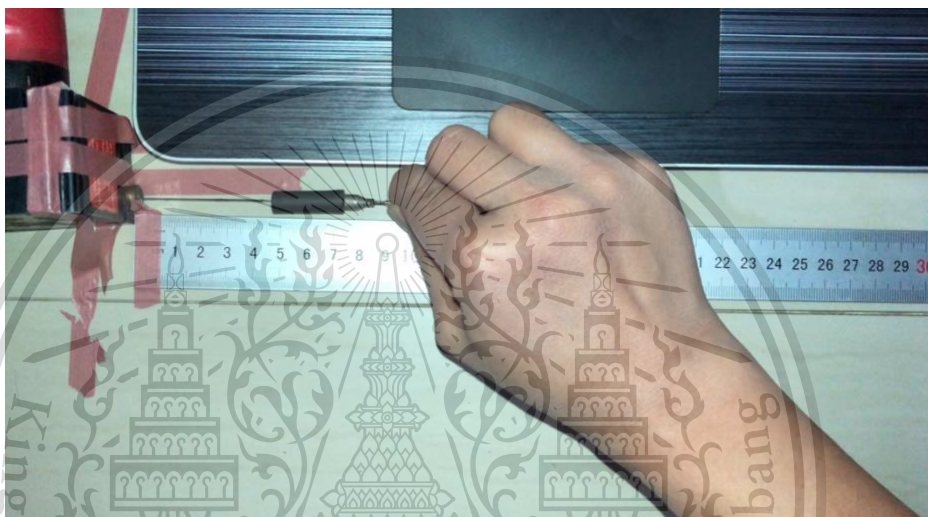
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2 การทดสอบการรับค่าของเซนเซอร์วัดระยะยัดและโพลดเซลล์โดยใช้โปรแกรม LabVIEW และ Ni-USB6008

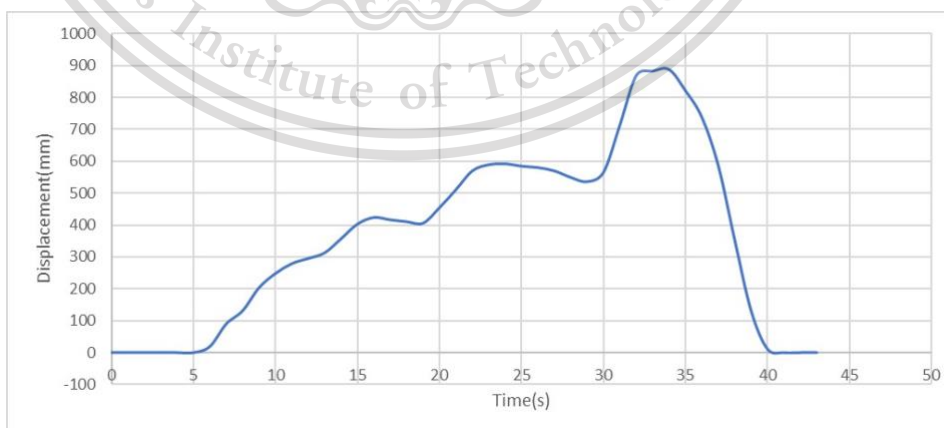
จากสถานการณ์โควิด-19 ทำให้ไม่สามารถนำอุปกรณ์เซนเซอร์วัดระยะยัดและโพลดเซลล์ไปติดตั้งกับชุดทดลองได้ เราจึงทำการทดสอบการรับค่าของอุปกรณ์เพื่อเตรียมความพร้อมในการติดตั้งชุดทดลอง

4.2.1 กราฟแสดงผลระยะยัด (มิลลิเมตร) กับเวลา (วินาที) จากการทดสอบอุปกรณ์เซนเซอร์วัดระยะยัด



รูปที่ 4.3 วิธีการทดสอบเซนเซอร์วัดระยะยัดที่เกิดจากการดึงเซนเซอร์วัดระยะยัดเทียบกับไม้บรรทัด

กราฟแสดงผลของระยะยัดต่อเวลาที่ได้เกิดจากการทดลองอุปกรณ์เซนเซอร์วัดระยะยัดในหมายเลข 1 ที่แสดงอยู่ในผังการทำงานรูปที่ 4.1 โดยมีวิธีการทดสอบดังรูปที่ 4.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 4.4 เป็นกราฟของระยะยัดที่เกิดจากการดึงเซนเซอร์วัดระยะยัดเพื่อทดลองการรับค่าระยะยัดจากการดึง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.3 เป็นการแสดงกราฟระยะยัดที่เกิดจากการดึงเซนเซอร์วัดระยะยัดเพื่อทดลองการรับค่าระยะยัดโดยใช้โปรแกรม LabVIEW และ Ni-USB6008 ในการรับข้อมูลจากเซนเซอร์วัดระยะยัด โดยเราทำการดึงเซนเซอร์วัดระยะยัดเป็นระยะ 90 เซนติเมตร โดยเทียบระยะตามไม้บรรทัดและดึงด้วยมือให้หนึ่งที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับค่าระยะยัดที่วัดที่วินาทีที่ 34 พบว่าวัดระยะได้ 90 เซนติเมตร เท่ากันถือว่าอุปกรณ์นี้มีความแม่นยำ เมื่อสิ้นสุดการทดสอบอุปกรณ์ค่าระยะยัดที่ได้จากการทดลองจะถูกบันทึกลงในไฟล์ Excel จากนั้นจึงนำค่านั้นมาพล็อตกราฟ ค่าระยะยัดที่วัดได้จากการนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้มาทำการสอบเทียบและหาสมการความสัมพันธ์เพื่อแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เซนเซอร์วัดระยะยัดส่งมาให้เป็นค่าระยะยัด โดยมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร เซนเซอร์วัดระยะยัดสามารถนำมาใช้ในการติดตั้งชุดทดสอบ วิธีการดึงเป็นไปตามรูปที่ 4.4

4.2.2 กราฟแสดงผลของมวล (กิโลกรัม) กับเวลา (วินาที) จากการทดสอบโหลดเซลล์ด้วยมวล

กราฟแสดงผลของมวลต่อเวลาที่ได้เกิดจากการทดลองอุปกรณ์โหลดเซลล์ที่มีการต่อเข้ากับแอมพลิไฟเออร์ เป็นการทดสอบอุปกรณ์ในหมายเลข 2 ที่แสดงอยู่ในผังการทำงานรูปที่ 4.1

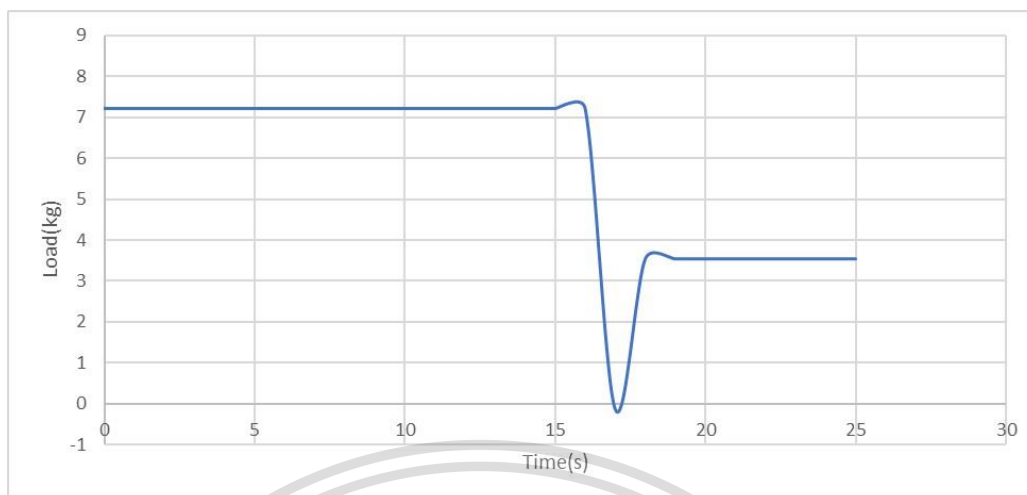


รูปที่ 4.5 วิธีการทดสอบโหลดเซลล์ โดยมีมวลถ่วงเป็นน้ำในขวดที่มีขนาดมวลแตกต่างกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลของมวล (กิโลกรัม) กับเวลา (วินาที) เพื่อทดสอบแรงดึงของโหนดเซลล์

จากรูปที่ 4.6 เป็นกราฟแสดงผลของมวล (กิโลกรัม) กับเวลา (วินาที) จากทดสอบการรับค่าแรงดึงของโหนดเซลล์โดยใช้โปรแกรม LabVIEW และ Ni-USB6008 ในการรับข้อมูลจากโหนดเซลล์เมื่อสิ้นสุดการทดสอบอุปกรณ์ค่ามวลที่วัดได้จากการทดลองจะถูกบันทึกลงในไฟล์ Excel จากนั้นจึงนำค่านั้นมาพล็อตกราฟ โดยจากกราฟคือการนำมวลจำนวน 2 มวลมาทดสอบอุปกรณ์ ซึ่งจากการทดสอบการรับค่าของโหนดเซลล์ได้ค่ามวลตามขนาดจริง โดยมีวิธีการทดสอบดังรูปที่ 4.5 มวลที่ใช้ในการทดสอบตามรูปที่ 4.5 คือมวลของน้ำในขวดน้ำที่ทำการชั่งมาแล้ว

4.3 การจำลองกราฟแสดงผลของแรงดึงกับระยะยืดและความเค้นกับความเครียดโดยใช้โปรแกรม LabVIEW เป็นตัววิเคราะห์และแสดงผล

การจำลองกราฟแสดงผลแรงกับระยะยืดและกราฟความเค้นกับความเครียดเป็นการจำลองกราฟเพื่อทดสอบการทำงานของโปรแกรม LabVIEW ตามส่วนประกอบหมายเลข 3 ในไดอะแกรมรูปที่ 4.1 โดยมีการขอค่าการทดลองจาก Tensile Testing Lab ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เครื่องที่ใช้ในการทดสอบรุ่น SHIMADZU Autograph AGX ขนาดการใช้งาน 100 กิโลนิวตัน และใช้ TrapeziumX เป็นซอฟต์แวร์ในควบคุมการทำงานและแสดงผล ค่าที่ได้จากการทดลอง Tensile Testing Lab มีค่า 1) แรงดึง 2) ระยะยืด 3) ความเค้นและ 4) ความเครียด รายละเอียดการทดลอง Tensile Testing Lab มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

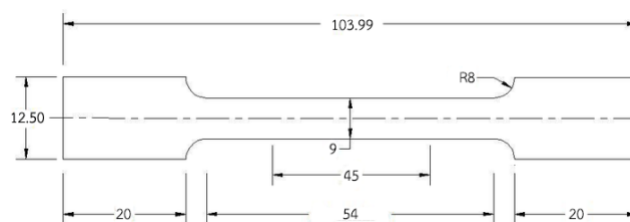


รูปที่ 4.7 ชุดทดลอง Tensile Testing Lab เครื่องทดสอบรูน SHIMADZU Autograph AGX ขนาดการ
ใช้งาน 100 กิโลนิวตัน และใช้ TrapeziumX เป็นซอฟต์แวร์ในควบคุมการทำงานและแสดงผล

ขนาดของชิ้นทดสอบของ Tensile Testing Lab ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นแบบกลมดังรูปที่ 4.8 มีขนาดหน้าตัดและความยาวตาม
มาตรฐาน ASTM E8M ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.8 ชิ้นทดสอบแบบกลมที่ใช้ใน Tensile Testing Lab



รูปที่ 4.9 ขนาดของชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E8M

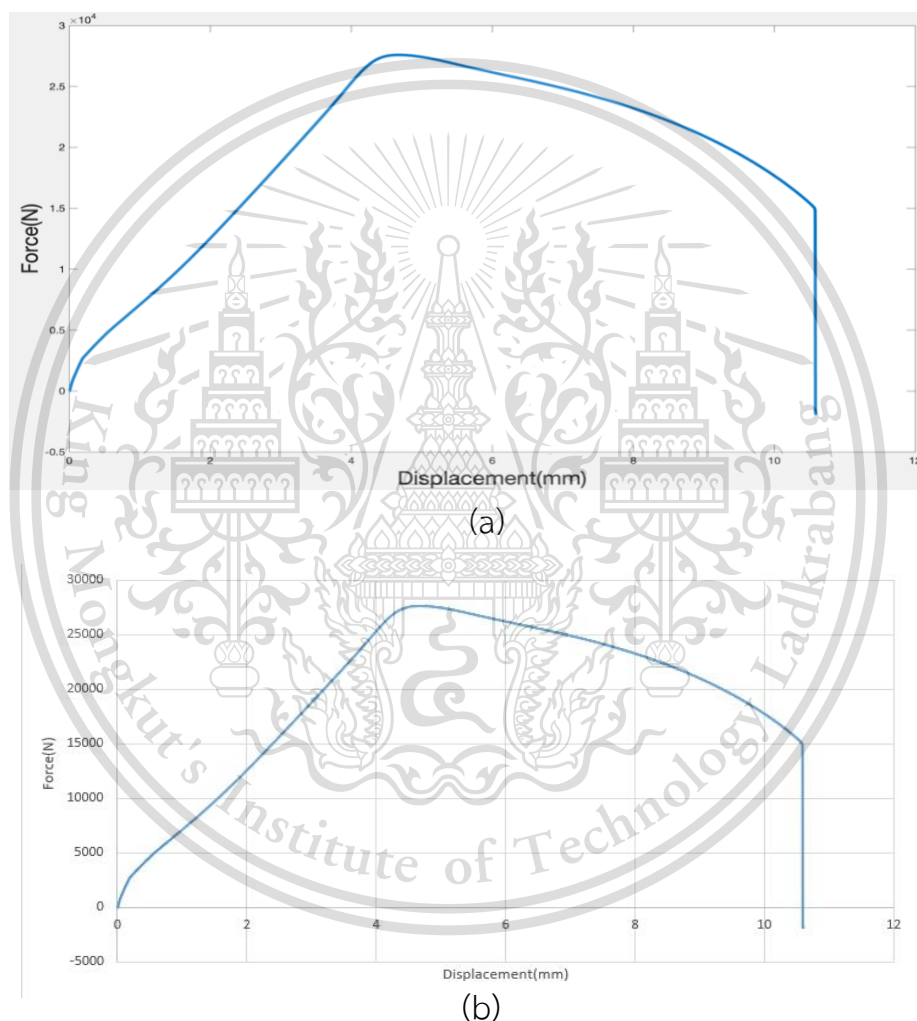
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3.1 การจำลองกราฟแรงกับระยะยืดจากค่าแรงและระยะยืดที่ได้จาก Tensile Testing Lab ด้วย LabVIEW

การจำลองกราฟแรง (นิวตัน) กับระยะยืด (มิลลิเมตร) โดยใช้ค่าจาก Tensile Testing Lab ของ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยการนำค่าดังกล่าวมาผ่านโปรแกรม LabVIEW แล้วแสดงผลดังรูป 4.10(a) เปรียบเทียบกับกราฟแรง (นิวตัน) กับระยะยืด (มิลลิเมตร) ที่ได้จากรายงานผลการทดลอง Tensile Testing Lab ดังรูป 4.10(b)



รูปที่ 4.10 (a) กราฟจำลองการแสดงผลแรง (นิวตัน) กับระยะยืด (มิลลิเมตร) ด้วยโปรแกรม LabVIEW (b) กราฟแรง (นิวตัน) กับระยะยืด (มิลลิเมตร) จากรายงานการทดลอง Tensile Testing Lab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

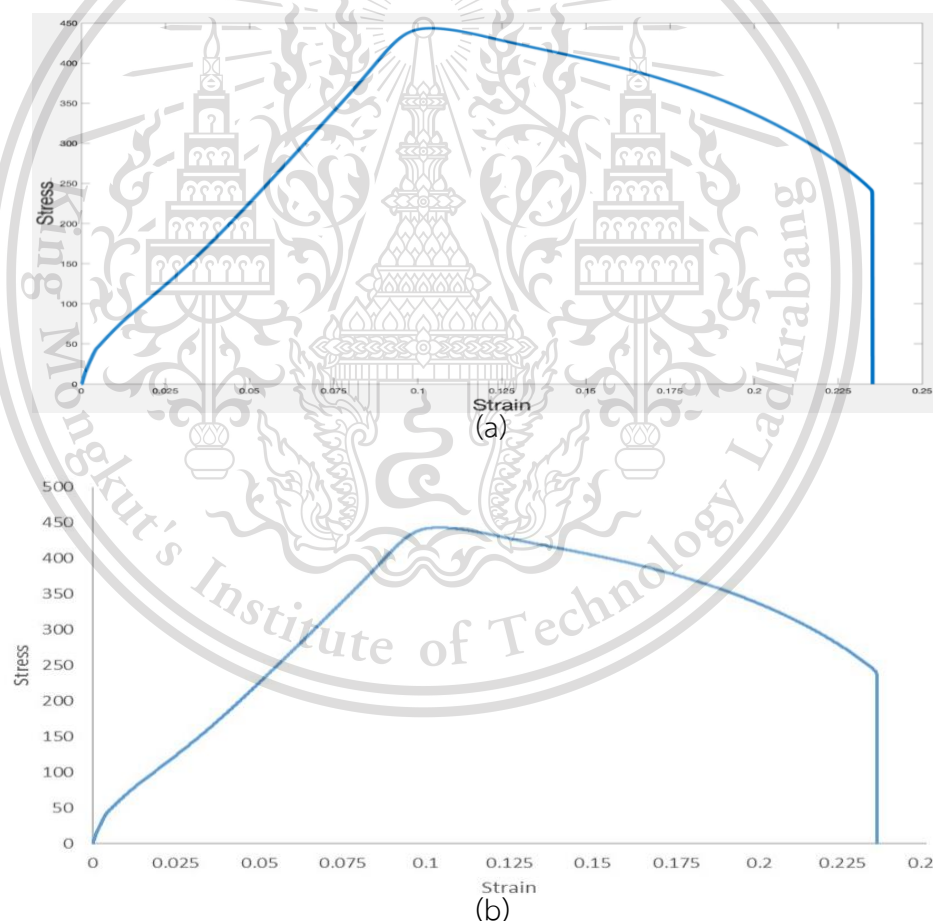
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.10 เมื่อเปรียบเทียบกราฟ (a) กับ กราฟ (b) พบว่าแนวโน้มของกราฟ (a) มีแนวโน้มเหมือนกันกับกราฟ (b) ซึ่งเป็นกราฟจาก Tensile Testing Lab แสดงให้เห็นว่า LabVIEW สามารถแสดงผลได้ หากได้รับค่าแรงและระยะยืดจากเซนเซอร์

4.3.2 การจำลองกราฟความเค้นกับความเครียดจากค่าแรงและระยะยืดที่ได้จาก Tensile Testing Lab ด้วย LabVIEW

การจำลองกราฟความเค้น (เมกะปาสคาล) กับความเครียด โดยใช้ค่าแรง (นิวตัน) และระยะยืด (มิลลิเมตร) จาก Tensile Testing Lab ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยการนำค่าดังกล่าวมาผ่านการคำนวณด้วยโปรแกรม LabVIEW เพื่อแสดงผลเป็นกราฟ Stress-Strain curve ดังรูป 4.11(a) และนำมาเปรียบเทียบกับกราฟ Stress-Strain curve ที่ได้จากรายงานผลการทดลอง Tensile Testing Lab ดังรูป 4.11(b)



รูปที่ 4.11 (a) กราฟจำลองการแสดงผลความสัมพันธ์ของความเค้น (เมกะปาสคาล) กับ ความเครียดด้วยโปรแกรม LabVIEW (b) กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเค้น (เมกะปาสคาล) กับ ความเครียดจากรายงานผลการทดลองของ Tensile Testing Lab

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.11 เมื่อเปรียบเทียบกราฟ (a) กับ กราฟ (b) พบว่าแนวโน้มของกราฟ (a) มีแนวโน้มเหมือนกันกับกราฟ (b) ซึ่งเป็นกราฟจากรายงานผลการทดลอง Tensile Testing Lab แสดงให้เห็นว่า LabVIEW สามารถแสดงผลได้ หากได้รับค่าแรงและระยะยืดจากเซนเซอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4 ตัวอย่างแผ่นบันทึกการทดลอง

Universal Testing Machine Laboratory



วัตถุประสงค์ของการศึกษา
 เพื่อให้นักศึกษาได้ทำการเรียนรู้คุณสมบัติทางกลของวัสดุจำพวกโลหะ

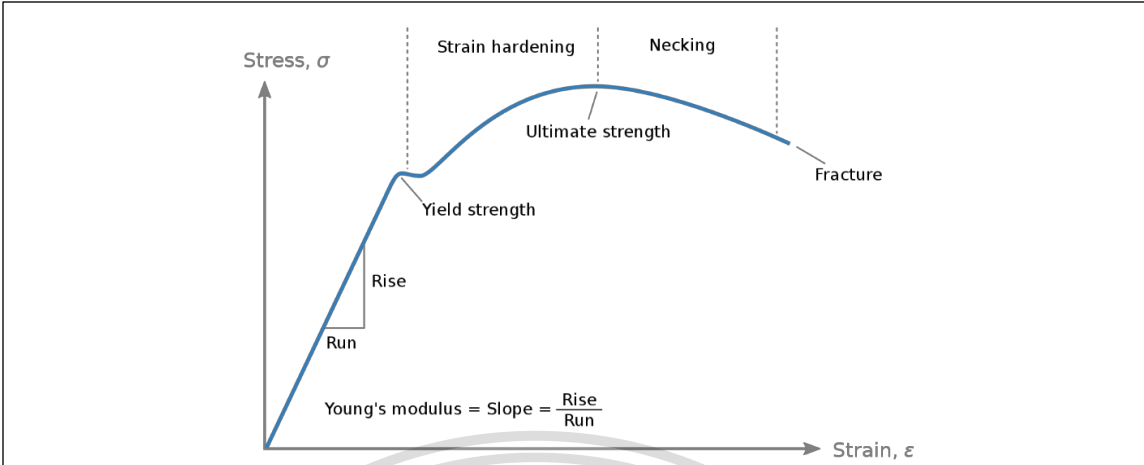
ทฤษฎี

1. วัสดุของชิ้นทดสอบ

ในการออกแบบชิ้นทดสอบเครื่องจักรกล การเลือกวัสดุที่เหมาะสมต่อการทำงานวัสดุเป็นเรื่องสำคัญ เพื่อที่จะทำให้ชิ้นทดสอบมีการส่งกำลังเป็นไปตามที่วิศวกรได้ออกแบบไว้ ทนต่อภาระแรงที่ได้รับ และการมีอายุการใช้งานที่นานทนทานต่อสภาพแวดล้อมการทำงานต่างๆ จึงเป็นการสำคัญที่เราจะต้องศึกษาความเค้น ความเครียด และมอดุลัสสภาพยืดหยุ่นของวัสดุ เพื่อเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมต่อชิ้นส่วนเครื่องจักรกลนั้น

2. ความเค้นและความเครียดของวัสดุ

วัสดุแต่ละชนิดมีค่าความแข็งแรง (strength) และความเครียด (strain) เป็นของตัวเอง การที่จะหาค่าความแข็งแรงและความเครียดจะต้องนำวัสดุไปทดสอบกับเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ในการทดสอบวัสดุแต่ละประเภทก็จะมีทดสอบที่แตกต่างกันไป เช่น การใช้แรงกด การดัด แต่ในวัสดุทั่วไปดึงวัสดุเหนียวจะใช้การดึง เพื่อวัดค่าความเค้นและความเครียด ผลที่ได้ออกมาจะเป็นดังรูปด้านล่าง ทำให้ทราบว่าวัสดุจะมีค่า yield strength (ความต้านแรงที่จุดคราก) ultimate strength (ความต้านแรงสูงสุด) และค่า Young's modulus ซึ่งมีค่าเท่ากับความชันในช่วงก่อนจุดคราก (ที่จุด yield strength) และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงความสัมพันธ์ค่าความเค้น ความเครียด และมอดุลัสสภาพยืดหยุ่นของวัสดุเหนียว

ความเค้น (stress)

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

เมื่อ F คือ แรงที่กระทำตั้งฉากต่อพื้นผิววัสดุ

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่ถูกแรงกระทำ

ความเครียด(strain)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

เมื่อ ΔL คือ ความยาวที่เปลี่ยนแปลง

L คือ ความยาวเริ่มต้น

มอดุลัสสภาพยืดหยุ่น (Young's modulus)

$$\sigma = E\epsilon$$

เมื่อ E คือ มอดุลัสสภาพยืดหยุ่น

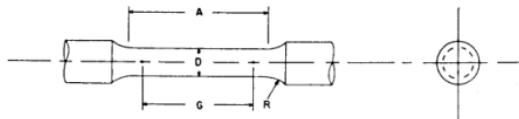
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. การเตรียมวัสดุเพื่อให้เหมาะสมต่อการทดสอบการดึง

มาตรฐานการทดสอบ ASTM E8/E8M-13a คือ มาตรฐานการทดสอบนี้เหมาะสมสำหรับวัสดุโลหะ โดยรูปทรงของชิ้นทดสอบจะเป็นไปตามรูปดังนี้



Dimensions, mm [in.]
For Test Specimens with Gauge Length Four times the Diameter [E8]

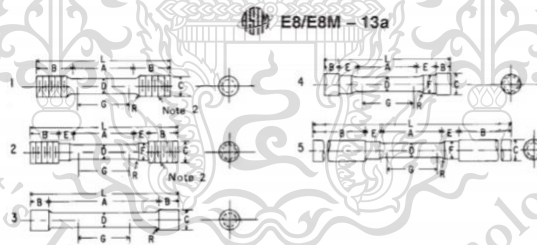
	Small-Size Specimens Proportional to Standard				
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gage length	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	36.0 ± 0.1 [1.400 ± 0.005]	24.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.005]	16.0 ± 0.1 [0.640 ± 0.005]	10.0 ± 0.1 [0.450 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	9.0 ± 0.1 [0.350 ± 0.007]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]	4.0 ± 0.1 [0.160 ± 0.003]	2.5 ± 0.1 [0.113 ± 0.002]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	8 [0.25]	6 [0.188]	4 [0.156]	2 [0.094]
A—Length of reduced section, min (Note 2)	56 [2.25]	45 [1.75]	30 [1.25]	20 [0.75]	16 [0.625]

Dimensions, mm [in.]
For Test Specimens with Gauge Length Five times the Diameter [E8M]

	Small-Size Specimens Proportional to Standard				
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gage length	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]	45.0 ± 0.1 [1.750 ± 0.005]	30.0 ± 0.1 [1.250 ± 0.005]	20.0 ± 0.1 [0.800 ± 0.005]	12.5 ± 0.1 [0.565 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	9.0 ± 0.1 [0.350 ± 0.007]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]	4.0 ± 0.1 [0.160 ± 0.003]	2.5 ± 0.1 [0.113 ± 0.002]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	8 [0.25]	6 [0.188]	4 [0.156]	2 [0.094]
A—Length of reduced section, min (Note 2)	75 [3.0]	54 [2.0]	36 [1.4]	24 [1.0]	20 [0.75]

รูปแสดงขนาดของชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E8/E8M-13a

ในการทำชิ้นทดสอบขนาดเล็กสามารถใช้การเทียบอัตราส่วนของขนาดกับขนาดมาตรฐานของชิ้นทดสอบได้



Dimensions, mm [in.]
For Test Specimens with Gauge Length Four times the Diameter [E8]

	Small-Size Specimens Proportional to Standard				
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gauge length	50 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	50 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	50 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	50 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	50 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	10 [0.375]	2 [0.0625]	10 [0.375]	10 [0.375]
A—Length of reduced section	56 [2.25]	56 [2.25]	100 [4]	56 [2.25]	56 [2.25]
L—Overall length, approximate	145 [5]	155 [5.5]	155 [5.5]	140 [4.75]	255 [9.5]
B—Length of end section (Note 3)	35 [1.375]	25 [1]	20 [0.75]	15 [0.5]	75 [3]
C—Diameter of end section	20 [0.75]	20 [0.75]	20 [0.75]	22 [0.875]	20 [0.75]
E—Length of shoulder and fillet section, approximate	20 [0.75]	15 [0.625]	20 [0.75]	20 [0.75]	15 [0.625]
F—Diameter of shoulder	20 [0.75]	15 [0.625]	20 [0.75]	15 [0.625]	15 [0.625]

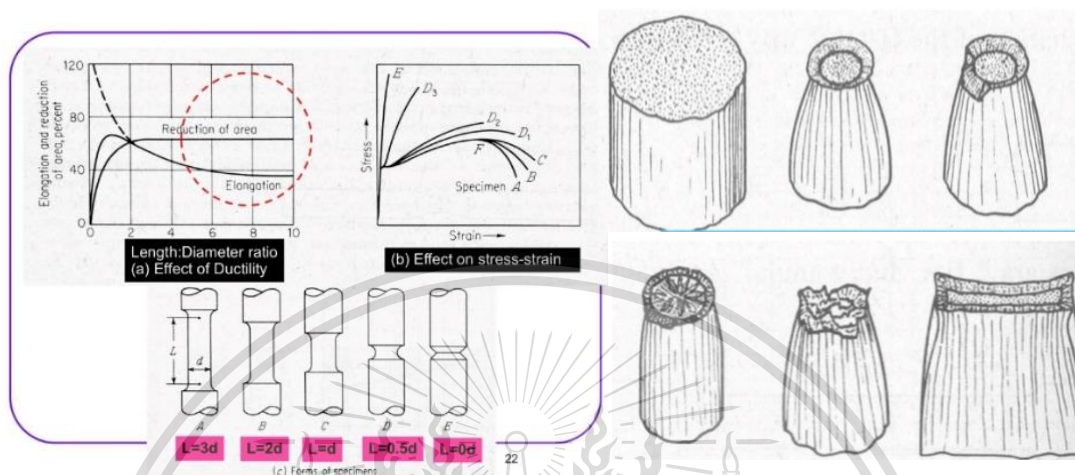
Dimensions, mm [in.]
For Test Specimens with Gauge Length Five times the Diameter [E8M]

	Small-Size Specimens Proportional to Standard				
	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gauge length	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	10 [0.375]	2 [0.0625]	10 [0.375]	10 [0.375]
A—Length of reduced section	75 [3]	75 [3]	75 [3]	75 [3]	75 [3]
L—Overall length, approximate	145 [5]	155 [5.5]	155 [5.5]	140 [4.75]	255 [9.5]
B—Length of end section (Note 3)	35 [1.375]	25 [1]	20 [0.75]	15 [0.5]	75 [3]
C—Diameter of end section	20 [0.75]	20 [0.75]	20 [0.75]	22 [0.875]	20 [0.75]
E—Length of shoulder and fillet section, approximate	20 [0.75]	15 [0.625]	20 [0.75]	20 [0.75]	15 [0.625]
F—Diameter of shoulder	20 [0.75]	15 [0.625]	20 [0.75]	15 [0.625]	15 [0.625]

รูปแสดงรูปทรงของชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E8/E8M-13a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ขออนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์

เมื่อมีความเค้นตามแนวแกนบนชิ้นทดสอบ แต่ชิ้นทดสอบโหลจะขาดออกจากกันเนื่องจากความเค้นเฉือน ดังเราจึงต้องการให้ชิ้นทดสอบมีรูปทรงที่เหมาะสมเพื่อให้เห็นความเสียหายเนื่องจากความเค้นเฉือนชัดเจน ซึ่งเป็นไปตามอัตราส่วน L/d มากกว่าเท่ากับ 4 แต่ไม่เกิน 5



รูปแสดงลักษณะการแตกเนื่องจากปัจจัยรูปทรงและคุณสมบัติทางกลของวัสดุ

วิธีการทดลอง

1. ปรับระยะหัวจับให้อยู่ในระยะที่พอดีต่อการใส่ชิ้นทดสอบ และนำชิ้นทดสอบใส่ไปให้สุดระยะล็อก
2. เริ่มการทดสอบแรงดึงด้วยการบังคับค้ำโยกค้ำไว้ เพื่อให้หัวจับด้านบนเริ่มดึงชิ้นทดสอบจนขาดออกจากกันแล้วจึงหยุดการทดสอบ
3. ระหว่างที่เกิดการดึงชิ้นทดสอบ ค่าที่เก็บได้จาก load cell และ draw wire potentiometer จะถูกนำไปวิเคราะห์ตามโปรแกรมที่เขียนไว้อัตโนมัติ และแสดงผลออกมาในรูปแบบความสัมพันธ์กราฟ stress-strain นอกจากนั้นข้อมูลความเค้นและความเครียด ณ เวลาต่างๆจะถูกบันทึกลง Microsoft Excel
4. เมื่อได้ค่าชิ้นทดสอบทั้งแล้วมาศึกษาความของค่าความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้น เพื่อหาค่าคุณสมบัติทางกลที่สำคัญ ได้แก่ yield strength, ultimate strength และ Young's modulus
5. สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ผลการทดลอง

กราฟ Stress-Strain curve

ค่า Yield Strength

ค่า Ultimate Strength

ค่า Young's modulus

สรุปผลการทดลอง

-วิเคราะห์ว่าชิ้นทดสอบที่นำมาทดสอบเป็นวัสดุเหนียวหรือเปราะเพราะเหตุใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5 วิจารณ์ผลการทดลอง

1.จากการทดลองรับค่าของเซนเซอร์วัดระยะยัดเพื่อรับข้อมูลเข้ามาแสดงผลในโปรแกรม LabVIEW และแสดงผลเป็นกราฟระยะยัดกับเวลา เมื่อเปรียบเทียบกับระยะอ้างอิงพบว่าค่าที่วัดได้มีความแม่นยำ พร้อมต่อการติดตั้งและใช้งานกับชุดทดลองจริง แต่หากนำไปติดตั้งกับชุดทดลองจริงต้องมีการสอบเทียบใหม่เพื่อความแม่นยำและความเหมาะสมต่อการใช้งานอีกครั้ง

2.จากการทดลองรับค่าของโหลดเซลล์เพื่อรับข้อมูลเข้ามาแสดงผลในโปรแกรม LabVIEW และแสดงผลเป็นกราฟมวลกับเวลา เมื่อเปรียบเทียบกับมวลอ้างอิงพบว่าค่าที่วัดเข้ามาได้มีความแม่นยำ แต่หากนำไปติดตั้งกับชุดทดลองจริง ต้องทำการสอบเทียบของโหลดเซลล์อีกครั้งเพื่อให้มีความแม่นยำและเหมาะสมต่อลักษณะการใช้งานและการติดตั้ง

3.จากการจำลองกราฟการแสดงผลของแรงกับระยะยัดและความเค้นกับความเครียดด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยใช้ค่าการทดลองจาก Tensile Testing Lab ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อทดสอบการใช้งานโปรแกรม LabVIEW พบว่า หากโปรแกรม LabVIEW ได้รับค่าจากการทดลองจะสามารถแสดงผลเป็นกราฟแรงกับระยะยัดและความเค้นกับความเครียด โดยเทียบกับกราฟจากรายงานการทดลองของ Tensile Testing Lab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลการทำการสร้างเครื่องทดสอบแรงดึงสำหรับแลปวิศวกรรมเครื่องกลยังไม่เสร็จสมบูรณ์เนื่องจากสถานการณ์โควิด-19 ที่ระบาดในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม พ.ศ.2564 ทำให้ไม่สามารถเข้าไปติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ และทำการทดสอบเครื่องได้ จึงทำการปรับเปลี่ยนแผนงานในด้านการเตรียมความพร้อมให้อุปกรณ์ต่างๆ มีความพร้อมต่อการติดตั้งและใช้งานบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการทำโครงการนี้มากที่สุด

เครื่องทดสอบแรงดึงสำหรับแลปวิศวกรรมเครื่องกลนี้ ใช้มาตรฐานการทดสอบวัสดุจำพวกโลหะ ASTM E8/8M-13a เป็นมาตรฐานการทดสอบ ทำให้ได้ชิ้นทดสอบขนาดเล็กเพื่อลดแรงที่ใช้ในการดึงและระยะยึดจนขาด มีปลายทั้ง 2 ด้านเป็นลักษณะเป็นบ่าเพื่อใช้ล็อกกับหัวจับขึ้นทดสอบ

ในส่วนของหัวจับขึ้นทดสอบใช้หัวจับขึ้นทดสอบรูปแบบที่ 2 หรือหัวจับขึ้นทดสอบแบบปรับปรุง เนื่องจากหัวจับขึ้นทดสอบรูปแบบที่ 1 มีค่าใช้จ่ายในการผลิตที่สูงเกินไป จึงทำการปรับเปลี่ยนรูปของหัวจับขึ้นทดสอบให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำลง แต่ยังคงฟังก์ชันการทำงานและการรับภาระแรงไว้ดังเดิม ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยการทำไฟไนต์เอลิเมนต์ 3 ความละเอียด เลือกใช้ความละเอียดที่มากที่สุดคือ 0.0015 หรือ 97,408 เอลิเมนต์ และเป็นจุดที่ค่า Von Mises Stress ที่เกิดขึ้นสูงแล้ว จึงสามารถวิเคราะห์ Von Mises Stress ที่เกิดขึ้น ณ จุดวิกฤติสำหรับทั้งหัวจับทั้ง 2 แบบได้ดังนี้ 166 เมกะปาสคาล และ 249 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ค่าความปลอดภัยในการออกแบบของหัวจับทั้ง 2 แบบคิดเป็น 2.95 และ 1.97 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าค่าความปลอดภัยในการออกแบบที่ตั้งไว้การออกแบบคือ 1.6 ทำให้หัวจับทั้งคู่สามารถยอมรับได้ แต่เนื่องด้วยเหตุผลทางค่าใช้จ่ายในการผลิตทำให้ต้องเลือกหัวจับขึ้นทดสอบรูปแบบที่ 2

การเตรียมความพร้อมในด้านของอุปกรณ์เซนเซอร์ ได้ทำการทดสอบอุปกรณ์เซนเซอร์ 2 ชนิด คือ เซนเซอร์วัดระยะยึดและโหลดเซลล์ เพื่อเตรียมความพร้อมในการติดตั้งกับเครื่องทดสอบแรงดึง โดยมีการสอบเทียบและทดสอบการรับค่าของอุปกรณ์ทั้งสอง ผ่าน NI-USB6008 ร่วมกับ โปรแกรม LabVIEW และแสดงค่าที่ได้ นั่นคือ ระยะยึดและมวล เซนเซอร์วัดระยะยึดแสดงผลเป็นกราฟระยะยึด (มิลลิเมตร) กับเวลา (วินาที) โหลดเซลล์แสดงผลเป็นมวล (กิโลกรัม) กับเวลา (วินาที) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับระยะ

อ้างอิงและมวลอ้างอิงพบว่าอุปกรณ์เซนเซอร์ทั้ง 2 ชนิดสามารถทำงานได้และมีการวัดที่แม่นยำ แต่เมื่อนำไปติดตั้งกับเครื่องทดสอบแรงดึง ควรมีการสอบเทียบใหม่อีกครั้งเพื่อความแม่นยำและเหมาะสมต่อการ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ใช้งาน ในด้านโปรแกรม LabVIEW ที่ควบคุมและวิเคราะห์ผลได้ทำการทดสอบทดสอบโปรแกรมโดยการจำลองกราฟแรง (นิวตัน) กับระยะยืด (มิลลิเมตร) และกราฟความเค้น (เมกะปาสคาล) กับความเครียด โดยมีการนำค่าการทดลอง นั่นคือ แรงดึง, ระยะยืด, ความเค้นและความเครียด จาก Tensile Testing Lab ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อนำค่าเหล่านั้นมาผ่านโปรแกรม LabVIEW และแสดงผลเป็นกราฟความสัมพันธ์ โดยค่าแรงดึงและระยะยืดแสดงผลเป็นกราฟแรง (นิวตัน) กับระยะยืด (มิลลิเมตร) ส่วนความเค้นกับความเครียดแสดงผลเป็นกราฟความเค้น (เมกะปาสคาล) กับความเครียด เมื่อนำกราฟที่โปรแกรม LabVIEW แสดงผลได้มาเปรียบเทียบกับกราฟจากรายงานการทดลองของ Tensile Testing Lab พบว่าโปรแกรม LabVIEW สามารถแสดงผลเป็นกราฟได้เหมือนกันหากได้รับค่าจากการทดลองจริง

จากสิ่งที่กล่าวไปข้างต้นเนื่องจากสถานการณ์โควิด-19 ทำให้ผู้จัดทำไม่สามารถทำการเข้าไปติดตั้งและทดสอบการใช้งานของเครื่องทดสอบแรงดึงได้ ทำให้โครงการการสร้างเครื่องทดสอบแรงดึงสำหรับแลปการทดลองวิศวกรรมเครื่องกลนี้ยังไม่บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ตอนแรก 2 ข้อดังนี้

1) เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine) เพื่อใช้ในการทดลองวิศวกรรมเครื่องกล ที่มีราคาประหยัดและง่ายต่อการซ่อมบำรุงด้วยตนเอง 2) เพื่อให้นักศึกษาในรุ่นต่อไปได้ทำการเรียนรู้คุณสมบัติทางกลของวัสดุ และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ในส่วนข้อที่ 3) เพื่อศึกษาระบบไฮดรอลิกและออกแบบระบบควบคุมการทำงานของไฮดรอลิก ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาการเพิ่มเติมเป็นอันบรรลุวัตถุประสงค์เป็นที่เรียบร้อย ทางผู้จัดทำได้จัดการเตรียมอุปกรณ์และคำแนะนำไว้ให้พร้อมและเป็นประโยชน์มากที่สุดสำหรับการพัฒนาต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อสานต่อโครงการ

โครงการนี้ยังไม่เสร็จสมบูรณ์เนื่องจากสถานการณ์โควิด-19 ทำให้ไม่สามารถนำอุปกรณ์ต่างๆไปติดตั้งกับตัวโครงสร้างที่อยู่ในภาคใต้ จากอุปกรณ์ต่างๆที่ได้เตรียมพร้อมไว้ให้แล้ว ทำให้สามารถนำไปติดตั้งโดยการออกแบบที่ทำไว้แล้ว อาจเกิดปัญหาในทางเทคนิคเกิดขึ้นดังนี้

1) การติดตั้งโหลดเซลล์กับโครงสร้างควรมีแผ่นรองยึดระหว่างโหลดเซลล์กับตัวโครงสร้างขนาดความหนาขั้นต่ำ 8 มิลลิเมตร การมีแผ่นรองเพื่อสร้างเกลียวในจำนวน 8 เกลียวเพื่อยึดกับโหลดเซลล์ และ 2 เกลียวบนแผ่นรองเพื่อยึดติดกับเหล็กที่สล๊อตของตัวโครงสร้าง การติดตั้งที่กล่าวไปทำให้ติดตั้งโหลดเซลล์มีความง่ายกว่าการติดตั้งโหลดเซลล์ลงไปกับตัวโครงสร้างโดยตรง ซึ่งมีความหนาสูง

2) โหลดเซลล์ที่ซื้อมาเป็นแบบกด การใช้งานแบบดึงจะต้องติดตั้งโหลดเซลล์แบบกลับด้าน เพื่อให้แรงที่เกิดขึ้นในโหลดเซลล์เป็นแรงกดในขณะที่เครื่องทดสอบกำลังดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารวิชาการไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น โปรดอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เซนเซอร์วัดระยะยึดที่ใช้อยู่เป็นตัวเก่า ควรมีความระมัดระวังในการดึงและปล่อยสาย ควรดึงสายอย่างช้าและชะลอการปล่อย ห้ามปล่อยเพื่อให้เกิดการกระแทก เพราะจะทำให้สายขาดและหลุดเข้าไปด้านในตัวเคส ซึ่งลำบากต่อการซ่อมบำรุง

4) การสร้างชิ้นทดสอบแรงดึงสามารถได้ตามแบบที่กำหนดไว้ โดยอุปกรณ์การทำได้จัดหาไว้ให้แล้ว โดยเฉพาะจุดที่มีส่วนโค้งของชิ้นทดสอบ ได้จัดซื้อมีดกลึงปกติ มีดกลึงกลมและด้ามสำหรับมีดกลมกลึงรัศมี 6 มิลลิเมตรไว้แล้ว ขาดแค่เพียงวัสดุที่ใช้ทำชิ้นทดสอบที่ต้องมีขนาด Ultimate Tensile Strength ไม่เกิน 385 เมกะปาสคาล

5) เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์กับตัวโครงสร้างแล้ว ควรต้องทำการสอบเทียบอุปกรณ์โหลดเซลล์อีกครั้งเพื่อความแม่นยำ

6) เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์และสอบเทียบอุปกรณ์แล้ว ควรวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเค้น - ความเครียด จากการทดสอบว่ามีความแตกต่างกับการทดลองของเครื่องจริงมากน้อยแค่ไหน สามารถทำให้ใกล้เคียงได้อย่างไรบ้าง

5.3 ข้อเสนอแนะการพัฒนาออกเหนือจากโครงการ

เครื่องทดสอบแรงดึงที่ทำนี้ใช้วาล์วควบคุม 2 ประเภทด้วยกันได้แก่ ball valve และ manual directional control valve ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นของการใช้ร่วมกันของ 2 อุปกรณ์นี้คือ

1) ball valve ไม่สามารถควบคุมการไหลของน้ำมันให้คงที่ได้ตลอดเมื่อความดันน้ำมันของฝั่งขาออกวาล์วเกิดการเปลี่ยนแปลง

2) manual directional control valve ไม่มีปัญหาทางการทดสอบวัสดุใดๆ แต่ไม่สามารถทำให้หัวจับชิ้นทดสอบเลือกลงมาที่ตำแหน่งพอดีได้ทันที วิธีแก้สามารถทำได้ด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ คือ directional control valve (ควบคุมด้วยไฟฟ้า) และ proportional valve

เพื่อการพัฒนาเครื่องทดสอบแรงดึงให้ดียิ่งขึ้นผู้จัดทำได้แนะนำการติดตั้งไว้ 3 รูปแบบดังนี้

1) ball valve (ตัวเดิม) กับ directional control valve (ควบคุมด้วยไฟฟ้า) การติดตั้งแบบนี้จะทำให้ควบคุมตำแหน่งการเลื่อนลงของหัวจับให้พอดีกับตำแหน่งการใส่ชิ้นทดสอบได้ และสามารถหยุดดึงชิ้นทดสอบได้เองเมื่อชิ้นทดสอบขาด แต่ไม่สามารถควบคุมความเร็วของการดึงให้คงที่ได้

2) pressure compensated flow control valve กับ directional control valve (ควบคุมด้วยไฟฟ้า) การติดตั้งแบบนี้จะทำให้ควบคุมตำแหน่งการเลื่อนลงของหัวจับให้พอดีกับตำแหน่งการใส่ชิ้น

ทดสอบได้ สามารถหยุดดึงชิ้นทดสอบได้เองเมื่อชิ้นทดสอบขาด และยังสามารถควบคุมความเร็วของการดึงให้คงที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3) proportional valve ตัวเดียว การติดตั้งแบบนี้จะทำให้ควบคุมตำแหน่งการเลื่อนลงของหัวจับให้พอดีกับตำแหน่งการใส่ชิ้นทดสอบได้ สามารถหยุดดึงชิ้นทดสอบได้เองเมื่อชิ้นทดสอบขาด และยังสามารถควบคุมความเร็วของการดึงให้คงที่ได้เหมือนกับรูปแบบที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

- [1] Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke, Richard G. Budynas.
Mechanical Engineering Design. Seventh Edition. McGrawHill.
- [2] Alan S Morris. **Measurement & Instrumentation Principles**. Third Edition.
Butterworth-Heinemann. 2001.
- [3] Anthony Esposito. **Fluid Power with Applications**. Sixth Edition. PRENTICEHALL,
Inc. 1995.
- [4] วิศรุต ศรีรัตน์. **เซนเซอร์และทรานซ์ดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม**. ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด(มหาชน),
ปี พ.ศ. 2550.
- [5] **Stress-Strain Curve**, Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Tensile_testing
- [6] Zainab Raheem, **Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials**
,Researchgate. https://www.researchgate.net/profile/Zainab-Raheem-2/publication/332383202_Designation_E8E8M_13a_Standard_Test_Methods_for_Tension_Testing_of_Metallic_Materials_1/links/5cb0e474299bf12097623491/Designation-E8-E8M-13a-Standard-Test-Methods-for-Tension-Testing-of-Metallic-Materials-1.pdf
- [7] **Tensile testing**, Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Tensile_testing
- [8] Shu Zhang and Yubin Lu, **Experimental and numerical investigation on the dumbbell-shaped specimen of concrete-like materials under tension**, Sceilo
<http://www.scielo.br/j/lajss/a/JyTS6CJtrKdLbwXD3P9rJyp/?lang=en>
- [9] **Stress Concentration Factor (Kt)**, CorrosionPedia
<https://www.corrosionpedia.com/definition/1035/stress-concentration-factor-kt>
- [10] Dr. Sukangkana Lee, Industrial Materials Testing.
<http://202.28.49.89/f20090909sukangkana128.pdf>
- [11] World Material, **EN 1.0503 Material C45 Steel Equivalent**, Properties, Composition,
The World Material. <https://www.theworldmaterial.com/1-0503-material-c45-steel/>
- [12] Steven W. and Haynes A. G., **The Temperature of Formation of Martensite and Bainite in Low-alloy Steel**, J.I.S.I., 1983 (1965) 349-359.
- [13] **An Introduction to Stress and Strain**, Efficient Engineer
<https://www.youtube.com/watch?v=aQf6Q8t1FQE&t=318>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

[14] David G. Ullman (2010). The Mechanical Design Process. Fourth edition. McGraw-Hill.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.