



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
เครื่องต้นแบบการวัดความแข็งแรงของธรรมชาติแบบไม่ทำลาย
ในสายการผลิตแบบอัตโนมัติ

โดย

ดร. ณัฐพงศ์ นิธิอุทัย และคณะ

31 มีนาคม 2551

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ เครื่องต้นแบบการวัดความแข็งแรงของวัสดุแบบไม่ทำลาย
ในสายการผลิตแบบอัตโนมัติ

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. ดร. ณัฐพงศ์ นิธิอุทัย	ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
2. รศ.ดร.สถาพร ลักษณะเจริญ	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
3. สุชนวีร์ จันทร์ต๊ะ	ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
4. พสิน ประเสริฐทวีลาภ	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5. ศรัณย์ ช่อไสว	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชุดโครงการ โครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเป็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปรายงานสำหรับผู้บริหาร

เครื่องต้นแบบการวัดความแข็งฟองยางธรรมชาติแบบไม่ทำลายในสายการผลิตแบบอัตโนมัติ

An automatic hardness testing machine for non-destructive testing in manufacturing line.

ดร. ณัฐพงศ์ นิธิอุทัย

ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี อ.เมือง จ. ปัตตานี 94000

โทรศัพท์ 073-313930-50 ext. 1863, โทรสาร 073-331099

E-mail: nattapong@nrfoam.org

นักศึกษาหรือนักวิจัย : สุธันวดี จันทร์ตัน, พศิน ประเสริฐทวีลาภ, ศรัณย์ ช่อไธสง

ระยะเวลาดำเนินงาน 9 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2550 ถึงวันที่ 30 มีนาคม 2550

ปัญหาที่ท้าวิจัยและความสำคัญ

ในอุตสาหกรรมฟองยางธรรมชาติมีการซื้อขายฟองยางด้วยการกำหนดสมบัติด้านความแข็งของฟองยางเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามการควบคุมความแข็งในสายการผลิตโดยความหนาแน่นนั้นในบางครั้งมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งเกิดจากปัจจัยทางการผลิตที่หลากหลาย การกำหนดวัดความแข็งที่มีในมาตรฐาน และเครื่องมือวัดที่มีในปัจจุบัน มีความจำเป็นที่จะต้องคัดชิ้นงานขนาดใหญ่ ซึ่งถือเป็นการทดสอบแบบทำลาย และไม่สามารถใช้วัดผลิตภัณฑ์จริง ๆ ได้ ดังนั้นในอุตสาหกรรมจึงใช้วิธีวัดทางอ้อมด้วยความหนาแน่น และวิธีการวัดโดยระบบสัมผัสจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งไม่มีความแน่นอน และขาดความเป็นมาตรฐาน ความเสียหายจากการส่งสินค้าที่มีความแข็งไม่ตรงกับความต้องการ หรือความเข้าใจของลูกค้า นับเป็นความเสียหายที่สูงทั้งในด้านของต้นทุนค่าของสินค้า และความไว้วางใจในระบบคุณภาพของลูกค้าต่อผู้ผลิตด้วย ดังนั้นจึงมีประโยชน์เป็นอย่างมากที่จะมีระบบวัดความแข็งที่จะสามารถวัดความแข็งของชิ้นงานจริง ๆ ได้ อย่างอัตโนมัติในสายงานผลิต เพื่อสร้างมาตรฐาน และความแน่นอนให้กับผลิตภัณฑ์ฟองยางธรรมชาติ

วัตถุประสงค์

1. สร้างเครื่องต้นแบบในการวัดความแข็งฟองยางธรรมชาติ ที่สามารถวัดแบบไม่ทำลายบนผลิตภัณฑ์จริงในสายงานผลิตแบบอัตโนมัติ
2. สร้างความสัมพันธ์กับนักวิจัยในสาขาอื่น เพื่อร่วมวิจัยในการพัฒนาอุตสาหกรรมยางของประเทศ

ผลการดำเนินงาน

ในการวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบระบบวัดความแข็งแรงของฟองยางธรรมชาติ โดยศึกษาการทำงานในสายการผลิตของอุตสาหกรรมในปัจจุบัน และมาตรฐานการวัดความแข็งแรงของฟองยางธรรมชาติตามมาตรฐานอุตสาหกรรม โดยออกแบบระบบควบคุมเพื่อให้เป็นระบบอัตโนมัติ ซึ่งมีความจำเป็นต้องมีระบบการวัดความหนาของผลิตภัณฑ์ ระบบวัดแรงกด ระบบควบคุมระยะกด ระบบการคำนวณระยะกดที่เหมาะสม และระบบแปรผลการวัดออกเป็นค่ามาตรฐานตามมาตรฐานอุตสาหกรรม สร้างเครื่องต้นแบบ และทดสอบการใช้งานในสายการผลิตจริง ๆ โดยผลที่ได้คือเครื่องต้นแบบที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้จริง และความร่วมมือแบบบูรณาการสามฝ่ายคือ ฝ่ายอุตสาหกรรม นักวิจัยในสาขาวิชาช่าง และนักวิจัยในสาขาวิศวกรรมเครื่องกล

ข้อเสนอแนะ

เครื่องระบบนี้สามารถพัฒนาเพิ่มเติมให้มีหัวกดเพิ่มขึ้นเป็น 2-3 หัวกด เพื่อนำผลการทดสอบมาเฉลี่ยกันได้อย่างรวดเร็ว และถ้าหากพัฒนาโต๊ะสำหรับรองรับที่มีการขับเคลื่อนด้วยสายพานจะทำให้การทำงานได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยเฉพาะถ้ามีการควบคุมร่วมกับระบบทดสอบจะให้ระบบที่ทำงานอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น ระบบที่สมบูรณ์ที่สุดอาจจะเพิ่มเติมด้วยระบบการออกบาร์โค้ด หรือการพิมพ์เลเซอร์บนตัวสินค้าเพื่อบ่งบอกค่าการวัด ซึ่งทั้งหมดทั้งนี้จำเป็นต้องขยายเป็นโครงการใหญ่เนื่องจากต้นทุนการสร้างจะมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นไปอย่างมาก

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตที่นอนยางพาราจะไม่สามารถกำหนดความหนาแน่นที่แน่นอนได้ เนื่องจากปัญหาในด้านการควบคุมฟองอากาศหรือคุณภาพของน้ำยาง และการใช้ความหนาแน่นเป็นพารามิเตอร์ควบคุมทางอ้อม ซึ่งเมื่อผลิตเสร็จสิ้นกระบวนการแล้วที่นอนจะมีความแข็งไม่คงที่ ส่งผลให้มีความจำเป็นจะต้องคัดแยกคุณภาพของที่นอนยางพาราตามที่มาตราฐานของ มอก. เพื่อความสะดวกในการจำแนกสำหรับผู้บริโภค ในการวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบความแข็งของที่นอนยางพาราเพื่อให้ผู้ผลิตสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรมสามารถใช้งาน โดยสามารถคัดแยกความแข็งของที่นอนได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ โดยเครื่องทดสอบนี้ จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการทำงาน สามารถทดสอบที่นอนทั้งชิ้นโดยไม่ทำลายได้ และสามารถทดสอบแรงกดในแต่ละระยะความหนาของที่นอนที่ 25% และ 65% ตามมาตรฐาน มอก.173/2529 ที่กำหนดไว้ โดยมีระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ

Abstract

In manufacturing of natural rubber foam mattress, hardness of rubber foam can not be accurately controlled. Due to a fluctuation of air pressure control or latex quality and indirect control over hardness by controlling foam density leading to fluctuation in final foam hardness. Thus it is necessary to quantify foam hardness using Thailand Industry Standard (TIS) to facilitate product differentiation of customer. In this research, an automatic hardness testing machine was designed and built to be tested and utilize in natural rubber foam manufacturing facility. Resulted machine can be used to quantify natural rubber foam hardness quickly and accurately. The electric motor is able to apply pressure to different positions at 25% and 65% thickness of the mattress according to TIS 173/2529. The machine is able to test the mattress automatically in manufacturing line without having to destroy product.

ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

ในอุตสาหกรรมฟองยางธรรมชาติมีการซื้อขายฟองยางด้วยการกำหนดสมบัติด้านความแข็งของฟองยางเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามการควบคุมความแข็งในสายการผลิตโดยความหนาแน่นนั้นในบางครั้งมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งเกิดจากปัจจัยทางการผลิตที่หลากหลาย การกำหนดวัดความแข็งที่มีในมาตรฐาน และเครื่องมือวัดที่มีในปัจจุบัน มีความจำเป็นที่จะต้องตัดชิ้นงานขนาดใหญ่ ซึ่งถือเป็นการทดสอบแบบทำลายและไม่สามารถใช้วัดผลิตภัณฑ์จริง ๆ ได้ ซึ่งเป็นวิธีที่กำหนดเป็นมาตรฐานโดย มอก. ดังนั้นในอุตสาหกรรมจึงใช้วิธีวัดทางอ้อมด้วยความหนาแน่น และวิธีการวัดโดยระบบสัมผัสจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งไม่มีความแน่นอน และขาดความเป็นมาตรฐาน ความเสียหายจากการส่งสินค้าที่มีความแข็งไม่ตรงกับความต้องการ หรือความเข้าใจของลูกค้า นับเป็นความเสียหายที่สูงทั้งในด้านของตัวมูลค่าของสินค้า และความไว้วางใจในระบบคุณภาพของลูกค้าต่อผู้ผลิตด้วย ดังนั้นจึงมีประโยชน์เป็นอย่างมากที่จะมีระบบวัดความแข็งที่สามารถวัดความแข็งของชิ้นงานจริง ๆ ได้ อย่างอัตโนมัติในสายงานผลิต เพื่อสร้างมาตรฐาน และความแน่นอนให้กับผลิตภัณฑ์ฟองยางธรรมชาติ ซึ่งมาตรฐานคุณภาพของฟองยางธรรมชาติกำหนดโดยมาตรฐาน มอก. นั้นแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติฟองยางธรรมชาติตามมาตรฐาน มอก. 173/2529

ชนิด	ชั้นคุณภาพ	แรงกดที่ทำให้ความหนาของยางพองน้ำลดลงร้อยละ 25 ก่อนอบด้วยความร้อนนิวตันต่อ325 ตารางเซนติเมตร
กลวง	RC 5	22 ± 13
	RC10	44 ± 13
	RC 15	67 ± 18
	RC 20	89 ± 18
	RC 25	111 ± 22
	RC 30	133 ± 27
	RC 40	178 ± 31
	RC 50	222 ± 36
	RC 60	267 ± 40
	RC 70	311 ± 53
	RC 90	400 ± 62
ตัน	RU 11	49 ± 18
	RU 20	89 ± 22
	RU 35	156 ± 44
	RU 55	245 ± 44
	RU 80	356 ± 67
	RU 150	667 ± 245

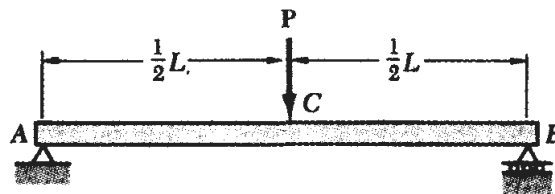
วัตถุประสงค์

1. สร้างเครื่องต้นแบบในการวัดความแข็งแรงของธรรมชาติ ที่สามารถวัดแบบไม่ทำลายบนผลิตภัณฑ์จริงในสายงานผลิตแบบอัตโนมัติ
2. สร้างความสัมพันธ์กับนักวิจัยในสาขาอื่น เพื่อร่วมวิจัยในการพัฒนาอุตสาหกรรมยางของประเทศ

ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณการรับน้ำหนักของคาน

แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์คัตสำหรับคานช่วงเดียว AB ซึ่งมีความยาวเท่ากับ L และรับน้ำหนักกระทำเป็นจุด P ตรงจุด C ซึ่งอยู่ตรงกึ่งกลางความยาวคาน (รูปที่ 1)

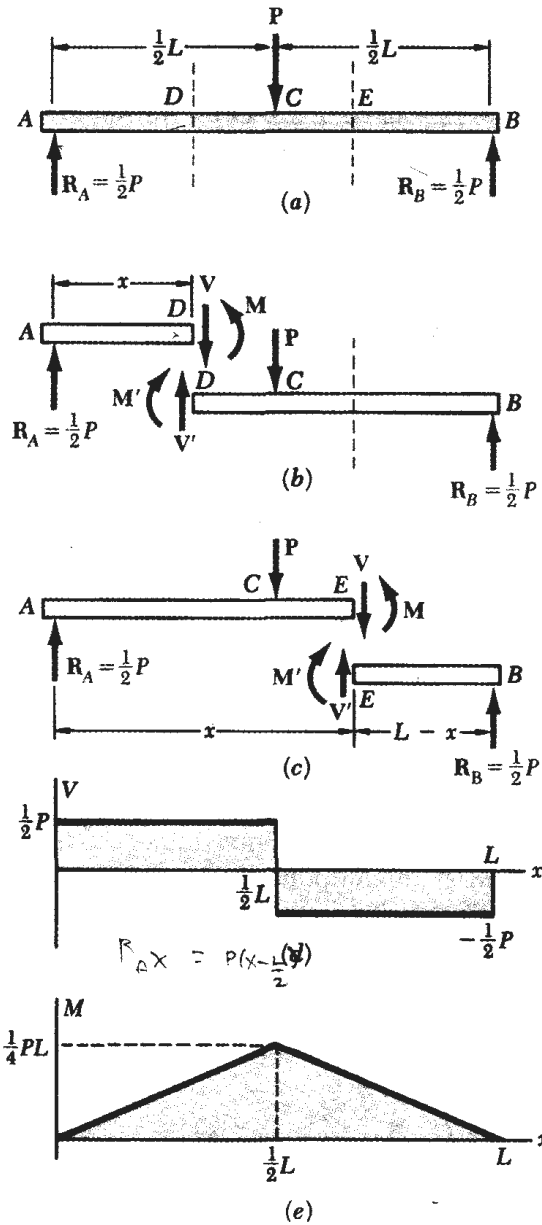


รูปที่ 1 คานรับน้ำหนักกึ่งกลางคาน

ค่าของแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับจากรูปแสดงการสมดุลของคานทั้งหมด (รูปที่ 2a) จะได้ว่าขนาดของแรงปฏิกิริยามีค่าเท่ากับ $\frac{P}{2}$ หน้าตัดที่จุด D ซึ่งอยู่ระหว่างจุด A และ C และเขียนรูปแสดงการสมดุลของช่วง AD และ DB (รูปที่ 2b) สมมติว่าแรงเฉือนและโมเมนต์คัตมีค่าเป็นบวก ดังนั้นเราจะเขียนทิศทางของแรงภายใน V และ V' และโมเมนต์ภายใน M และ M' ดังแสดงในรูปที่ 2a พิจารณารูปแสดงการสมดุล AD และเขียนสมการว่าผลรวมของแรงในแนวดิ่งทั้งหมด และผลรวมของโมเมนต์รอบจุด D ซึ่งเกิดจากแรงที่กระทำบนชิ้นส่วนนี้ทั้งหมดมีค่าเป็นศูนย์ จะได้ว่า $V = +\frac{P}{2}$ และ $M = +\frac{Px}{2}$

ดังนั้นทั้งแรงเฉือนและโมเมนต์คัตมีเครื่องหมายเป็นบวก ซึ่งเราสามารถตรวจสอบได้โดยสังเกตว่าแรงปฏิกิริยาที่จุด A พยายามเฉือนและคัตคานที่จุด D ดังแสดงในรูปที่ 2b และ 2c ต่อไปเราจะต้องพล็อตค่าของ V และ M ในช่วงจากจุด A และ C (รูปที่ 2d และ 2e) แรงเฉือนจะมีค่าคงที่ $V = \frac{P}{2}$ ในขณะที่โมเมนต์คัตจะเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงจาก $M=0$ ที่ $X=0$ จนกระทั่งถึง $M = \frac{PL}{4}$ ที่ $X = \frac{L}{2}$

ต่อไปเราจะตัดหน้าตัดคานที่จุด E ซึ่งอยู่ระหว่างจุด C และ B และพิจารณารูปแสดงการสมดุล EB (รูปที่ 2c) เราจะเขียนสมการว่าผลรวมของแรงในแนวดิ่งทั้งหมด และผลรวมของโมเมนต์รอบจุด E ซึ่งเกิดจากแรงที่กระทำบนชิ้นส่วนนี้ทั้งหมดมีค่าเป็นศูนย์ จะได้ว่า $V = -\frac{P}{2}$ และ $M = \frac{P(L-x)}{2}$



รูปที่ 2 ภาพตัดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด

ดังนั้น แรงเฉือนมีเครื่องหมายเป็นลบและโมเมนต์ดัดมีเครื่องหมายเป็นบวกซึ่งเราสามารถตรวจสอบได้ โดยสังเกตว่าแรงปฏิกิริยาที่จุด B พยายามคัดค้านที่จุด E ดังแสดงในรูปที่ 2c แต่จะพยายามเฉือนคานในลักษณะที่ ตรงกันข้ามกับในรูปที่ 2b ต่อไปเราจึงเขียนแผนภาพของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดดังในรูปที่ 2d และ 2e แรง เฉือนจะมีค่าคงที่ $V = \frac{P}{2}$ จากจุด C ถึงจุด B ในขณะที่โมเมนต์ดัดจะลดลงเป็นเส้นตรงจาก $M = \frac{PL}{4}$ ที่ $X = \frac{L}{2}$ จนกระทั่งถึง $M=0$ ที่ $X=L$

จะสังเกตได้ว่าเมื่อคานรับเฉพาะน้ำหนักที่กระทำเป็นจุด แรงเฉือนจะมีค่าคงที่ในช่วงระหว่างตำแหน่งของ น้ำหนัก และโมเมนต์ดัดจะแปรผันเป็นเส้นตรงในช่วงระหว่างตำแหน่งของน้ำหนัก ในสภาวะดังกล่าวเราสามารถ

เขียนแผนภาพของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดได้อย่างง่ายดาย โดยเราเพียงจะต้องทราบค่าของ V และ M บนหน้าตัดที่อยู่ทางด้านซ้ายมือและขวามือของจุดที่มีน้ำหนักและแรงปฏิกิริยามากระทำ

วิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการออกแบบเครื่องต้นแบบในการวัดความแข็งแรงแบบอัตโนมัติที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานจริงในสายการผลิต สำหรับวิธีการดำเนินการนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือในส่วน of ระบบทางกล (Mechanical System) และ ส่วน of ระบบควบคุม (Control System) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ระบบทางกล

การออกแบบโครงสร้าง ได้ใช้โปรแกรมการออกแบบโดยอาศัยการคำนวณความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Material) ชื่อโปรแกรม Cosmos ซึ่งเป็นส่วนประกอบในโปรแกรม Solid Works ซึ่งหลังจากที่ได้ค่าต่างๆ ที่ต้องการแล้วจึงจะนำไปเลือกเหล็กโครงสร้าง

ขั้นตอนถัดไปทำการออกแบบในส่วน of ชุดทด ซึ่งในที่นี้ได้เลือกที่จะใช้บอลสกรู (Ball screw) เป็นตัวส่งผ่านแรงทดที่จะส่งมาจากมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อให้ได้ความเร็วในการทดเท่ากับ 5 mm/s ซึ่งเป็นค่ากลางจากมาตรฐานของ มอก. 173/2529 ที่กำหนดไว้ $0.2 - 10 \text{ mm/s}$

2. ระบบควบคุม

ในที่นี้ได้ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ในการควบคุมการทำงานต่างๆ of เครื่องจักรเครื่องนี้โดยเลือกชิพ รุ่น PIC16F877 และใช้เซนเซอร์ที่จะใช้ร่วมกับเครื่องจักรนี้ 2 ชนิด คือ เซนเซอร์น้ำหนัก (Load cell) พร้อมตัวแสดงผล (Indicator) และ เซนเซอร์วัดระยะ (LVDT)

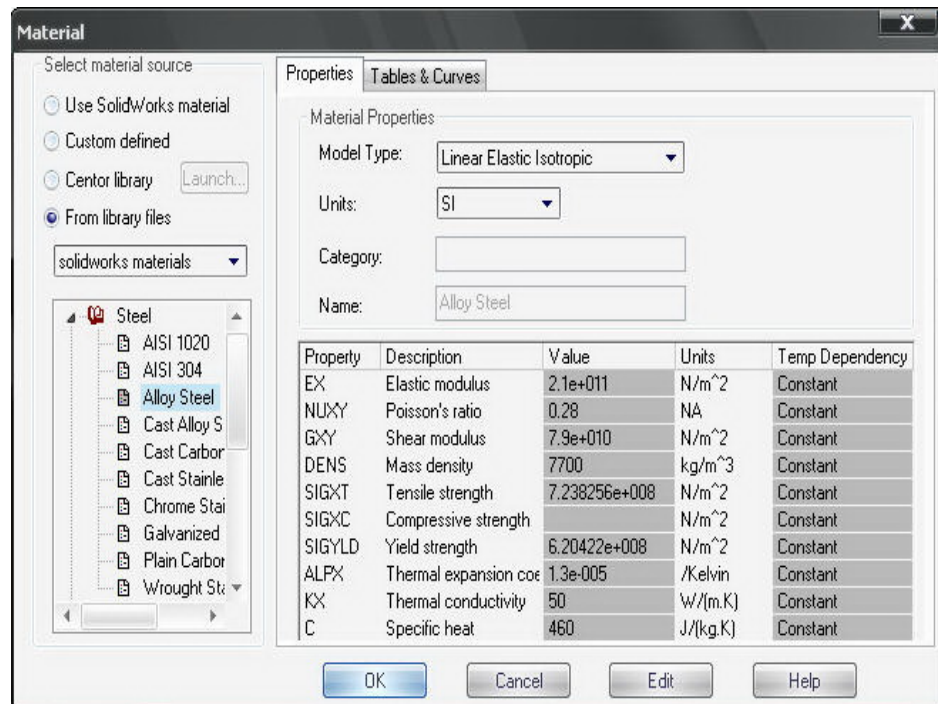
เครื่องมือที่ออกแบบได้จะทำการเทียบวัดกับเครื่อง universal testing machine (Instron 5567) และนำไปทดสอบการใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผล

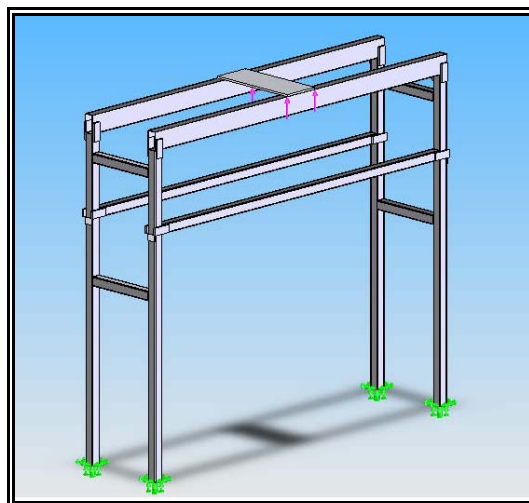
การคำนวณโครงสร้าง

ในการวิเคราะห์โครงสร้างนั้น เราได้ใช้โปรแกรม Cosmos ซึ่งเป็นโปรแกรมหนึ่งที่ติดตั้งมาพร้อมกับโปรแกรม Solid works และใช้ร่วมกัน โดย Cosmos เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อหา Maximum Stress และหา Deflection ที่เกิดขึ้นในทุกจุดของโครงสร้างได้อย่างแม่นยำ

ลักษณะของโปรแกรมนั้นเราจะนำรูปโครงสร้างที่วาดจาก Solid Works เพื่อนำมากำหนดชนิดวัสดุและรูปแบบของการรับแรงที่มากระทำบนโครงสร้าง



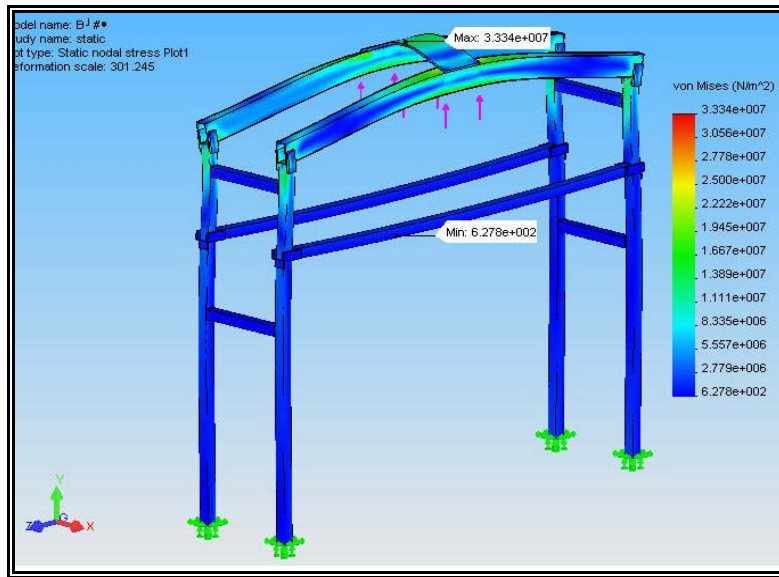
รูปที่ 3 แสดงการเลือกวัสดุในโปรแกรม cosmos



รูปที่ 4 แสดงลักษณะของแรงที่กระทำ

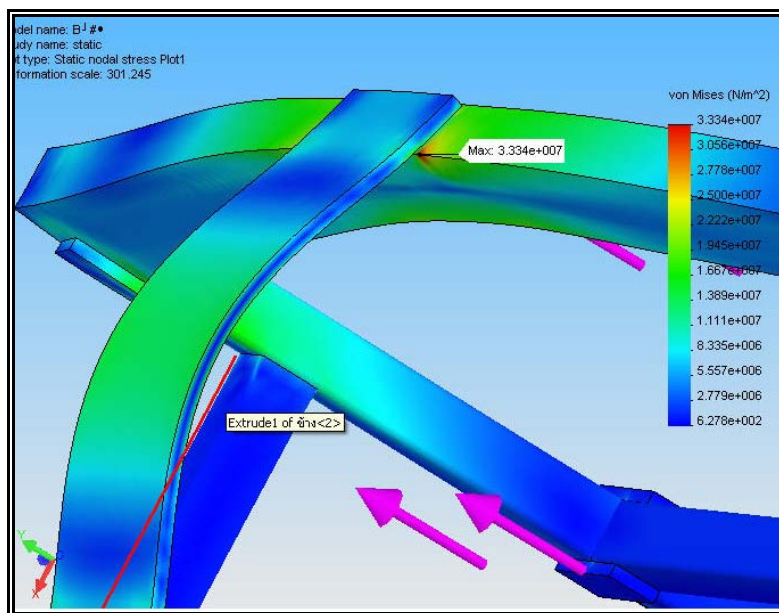
พิจารณาจากรูปโครงสร้างของเครื่องทดสอบความแข็ง รูปแบบของแรงนั้นเป็นแรงกระจายในช่วงความกว้างของแผ่นใหญ่บนดังรูปที่ 4

ผลจากการคำนวณของโปรแกรมก็จะแสดงดังรูปที่ 5

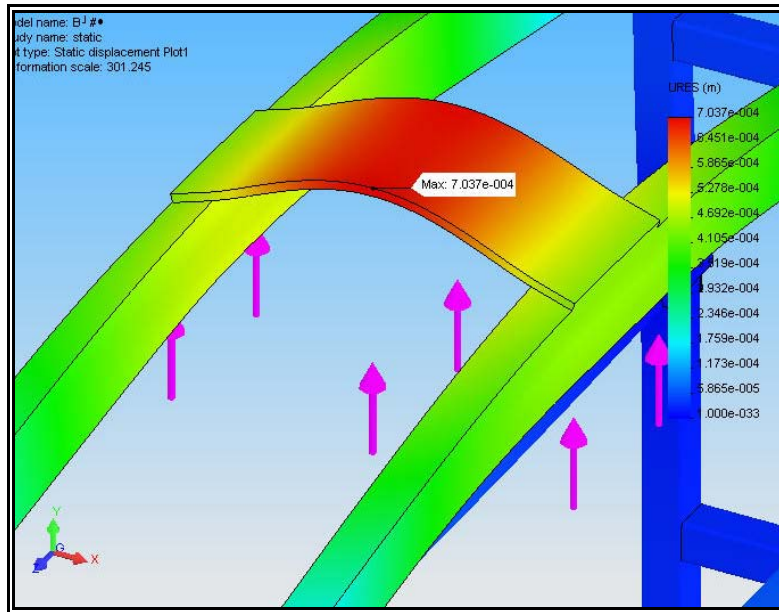


รูปที่ 5 แสดงลักษณะของคานเมื่อถูกแรงกระทำ

จะเห็นได้ว่าเกิดความเค้นสูงสุดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของคานโดยมีขนาดโดยประมาณ $3 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 แสดงตำแหน่งการเกิดความเค้นสูงสุด



รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งการเกิดความเครียดสูงสุด

ส่วนค่าการบิดรูปจะเกิดสูงสุดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของคานบนดังรูปที่ 7 และมีขนาดประมาณ 0.7 mm.

การเลือกมอเตอร์

เราเลือกใช้มอเตอร์ AC แบบเฟสเดียว 220V 50 Hz เนื่องจากให้ทอร์กสูงกว่ามอเตอร์ DC และเราจำเป็นต้องใช้ความเร็วคงที่ในการกดที่นอน มีความเร็วรอบต่ำและมอเตอร์ต้องสามารถหมุนกลับทางได้ และต้องมีเบรกเนื่องจากที่บอลสกรูนั้นมีเป็นกดยึดเป็นมวลถ่วงอยู่ ซึ่งถ้ามอเตอร์ที่ไม่มีเบรกก็จะทำให้บอลสกรูค้างที่ตำแหน่งไม่ได้ นอกเหนือจากข้อกำหนดเหล่านี้เราจำเป็นต้องเลือกกำลังของมอเตอร์ให้ถูกต้องแก่การใช้งานที่ Load ประมาณ 1000 N ด้วยโดยจะต้องพิจารณาเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. กำลัง มอเตอร์จะต้องกดที่นอนด้วยความเร็ว 5 มิลลิเมตรต่อวินาที และเกิดแรงกดขนาดประมาณ 1000 N ซึ่งจะต้องใช้กำลัง 5 watts ในการกดที่นอนด้วยความเร็ว 5 มิลลิเมตรต่อวินาที
2. ความเสียหาย เราจำเป็นต้องพิจารณาความเสียหายเนื่องจากแรงบิดที่แกนของมอเตอร์ด้วยว่า เมื่อออกแรงกดแล้วจะเกิด ทอร์กที่แกนมอเตอร์ขนาดเท่าไร และสามารถรับได้หรือไม่ ซึ่งจากการคำนวณแรงบิดที่แกนมอเตอร์มีค่า 4.7 N.m

จากค่าทอร์กและค่ากำลังที่ได้จะเห็นได้ว่าค่าที่เป็นตัวกำหนดในการเลือกมอเตอร์คือค่า ทอร์ก ดังนั้นเราจึงเลือกมอเตอร์ขนาด 90 Watts ซึ่งมีค่า ทอร์ก เท่ากับ 14.5 N.m ซึ่งได้ Safety factor ประมาณ 3 ซึ่งก็เพียงพอต่อการใช้งานในอนาคตที่อาจจะใช้งานที่สูงกว่านี้

การคำนวณอัตราทด

สำหรับความเร็วที่ 5 mm/s ซึ่งเป็นค่ากลางของมาตรฐานและใช้บอลสกรูความยาว Lead เท่ากับ 10 mm. ดังนั้นเราจึงคำนวณหาความเร็วรอบที่ต้องการใช้ได้ดังนี้คือ 30 รอบต่อเมื่อกลับมาพิจารณาที่มอเตอร์ จากความเร็วรอบของมอเตอร์คือ 1500 รอบต่อนาที ต้องใช้ชุดเฟืองทดเป็น เบอร์ 50 จึงจะได้ความเร็วเป็น 30 รอบต่อนาที

บอลสกรู

บอลสกรูมีหน้าที่ส่งผ่านกำลังที่มาจากมอเตอร์ผ่าน Coupling และต่อมายังบอลสกรูซึ่งได้ต่อแกนเพลลาไว้กับเป็นกดเพื่อ กวดัดความแข็งของที่นอน

- ขนาดของแรงที่บอลสกรูสามารถรับ dynamic load ได้ และมี safety factor ที่มากพอสำหรับรับแรงกดที่มากที่สุดประมาณ 1000 N

- พิจารณาถึงขนาดความยาวของบอลสกรู โดยอ้างอิงความหนาของที่นอนสูงสุดจากทางบริษัทที่มีความยาว 300 มิลลิเมตรเป็นตัวออกแบบ โดยจะต้องมีระยะเฟื่อก่อนกดเพื่อให้สามารถเคลื่อนย้ายที่นอนเข้า-ออกได้อย่างสะดวก

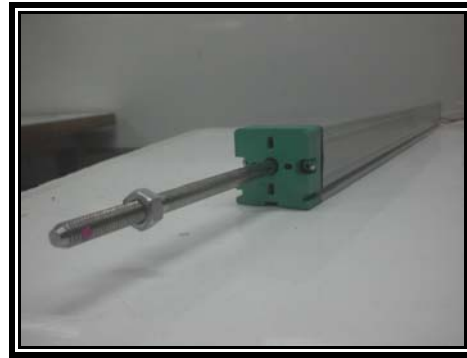


รูปที่ 8 บอลสกรู

จากข้อกำหนดทั้งหมด สามารถเลือกบอลสกรูได้โดยมีข้อมูลพอสังเขปดังนี้ คือ บอลสกรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพลลา 15 มิลลิเมตร มีค่า Dynamic load ได้ถึง 4450 N ซึ่งมีค่า Safety factor ถึง 4 มีความยาวเท่ากับ 490 มิลลิเมตรซึ่งเพียงพอต่อการเคลื่อนย้ายที่นอนเข้า-ออก และมีระยะฟิดเท่ากับ 10 มิลลิเมตรซึ่งเมื่อใช้ความเร็วรอบของมอเตอร์เท่ากับ 30 รอบต่อนาที จะได้ความเร็วเชิงเส้นเท่ากับ 5 มิลลิเมตรต่อวินาทีซึ่งเป็นค่ากลางของมาตรฐานของ มอก.

LVDT (Linear Variable Differential Transformers)

ข้อกำหนดในการเลือก LVDT จะพิจารณาถึงความยาวและสัญญาณ Output เป็นหลัก LVDT คืออุปกรณ์เซนเซอร์ระยะที่ทำหน้าที่คอยวัดระยะทางเชิงเส้น เนื่องจากต้องใช้งานในช่วงที่เหมาะสมเท่านั้นเพราะเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูง (ขึ้นอยู่กับความยาว) และต้องมีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว และแม่นยำ สัญญาณ Output ที่ออกมาสามารถใช้งานร่วมกับ controller ได้อย่างดี เนื่องจากงานที่ออกแบบมีลักษณะการทำงานในทิศทางแกนเดียว และต้องการความเป็นเชิงเส้นสูงเราจึงเลือกใช้ LVDT ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 LVDT

จากข้อกำหนดทั้งหมดเราได้เลือก ความยาวที่ 400 มิลลิเมตรเนื่องจาก 400 มิลลิเมตรเป็นความยาวที่มากพอที่จะเคลื่อนย้ายได้และมีราคาที่เหมาะสมที่สุด โดยให้สัญญาณ Output ออกมาเป็นสัญญาณ Analog ที่อยู่ในช่วง 0-5V ซึ่งต้องไปต่อกับ A-D Converter (Analog to Digital Converter) และนำค่าที่ได้ไปใช้กับระบบ Control ต่อไป

Load cell and Indicator

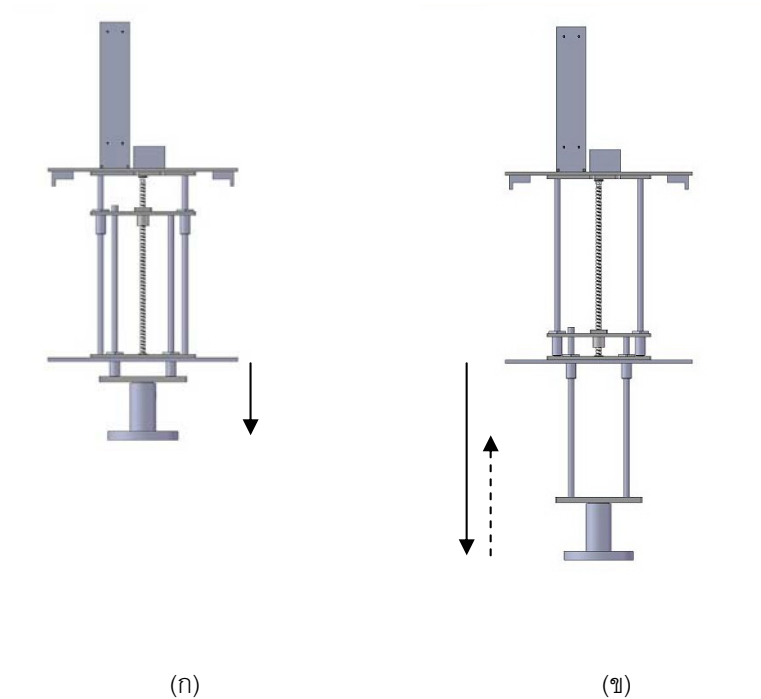
ข้อกำหนดในการเลือก Load cell และ Indicator เราจำเป็นต้องวัดค่าแรงกดที่ได้จากการกดที่นอน และจะต้องมีความแม่นยำสูงด้วย Load cell เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์วัดแรง ส่วน Indicator นั้นเป็นตัวแสดงผลของแรงที่ได้โดยที่ไม่ต้องแปลงค่าได้อีกสามารถใช้ได้ทันที ซึ่งเหตุผลที่จะต้องใช้ตัว Indicator นั้นคือไฟเลี้ยงของ Load cell เนื่องจากปัญหาในเรื่องการจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ Load cell หากเราใช้หม้อแปลงธรรมดาพบว่าปัญหาคือไฟเลี้ยงที่เข้า Load cell 12 V นั้นไม่คงที่เปลี่ยนไปตาม Load ที่เกิดขึ้นทำให้ค่าที่ได้ผิดพลาด และ Indicator ตัวนี้นอกจากจะมีไฟเลี้ยงแล้วยังสามารถให้ output ออกมาได้อีกด้วยโดยที่สามารถเลือกได้ใช้ได้ถึง 3 แบบทั้ง 0-5 v, 0-10 v, 4-20 mA ซึ่งเป็นสัญญาณ Analog มาตรฐานอยู่แล้ว โดยนำไปต่อเข้ากับระบบ Control และใช้งานได้ทันที ในที่นี้เราพิจารณา Load cell จากค่า Max. Load ซึ่งเราได้เลือก Load cell ขนาด 200 Kg หรือ ประมาณ 1962 N ซึ่งให้ Safety factor ประมาณ 2 ส่วน Indicator นั้นพิจารณาจาก สัญญาณ Output เป็นหลักและเลือกตัวที่มีขนาดเล็กที่สุดดังรูปที่ 10



รูปที่ 10. load cell และ indicator

การออกแบบชุดทด

ในการออกแบบส่วนของชุดทด หลักการคือต้องการให้โบลสกรูอยู่กับที่ จึงใช้ระบบมอเตอร์ขับเคลื่อนผ่านโบลสกรูเป็นต้นกำลัง และสร้างแผ่น plate มาต่อเพื่อให้เคลื่อนที่ ขึ้น – ลง ได้ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 การเคลื่อนที่ของชุดทด ก.ชุดทดยกขึ้นสุด ข.ชุดทดถูกกดลงสุด

หลักการทำงาน

หลักการทำงานของชุดทดนั้น เริ่มจากต้นกำลังคือ มอเตอร์จะเป็นตัวส่งกำลังผ่านมายัง Coupling ซึ่งจะต่อด้านหนึ่งไว้กับมอเตอร์และอีกด้านหนึ่งเข้ากับ โบลสกรู โดยที่ตัวโบลสกรูนั้น ถูกยึดติดกับแผ่นบน และ แผ่นล่างของเครื่อง โดยมี Thrust Bearing เป็นตัวรับแรงในแนวตั้ง ซึ่งเมื่อมอเตอร์หมุน Coupling จะขับเคลื่อนโบลสกรูให้หมุนอยู่กับที่ โดยที่ตัวนัทที่อยู่บนโบลสกรูนั้นจะเป็นตัวเลื่อนแทน ซึ่งตัวนัทนั้น ได้ต่อเข้ากับแผ่นกดที่ติดด้านปลายไว้กับแผ่นกดที่มีขนาดตามมาตรฐานของ มอก. เมื่อตัวนัทเลื่อนลงเป็นกดก็จะเลื่อนลงตามไปด้วยดังรูปที่ 11

ระบบควบคุม

เครื่องทดสอบความแข็งแรงที่นอนยางพารา นี้ ถูกควบคุมโดยระบบควบคุมซึ่งใช้ไมโครฯ ของ Microship ในรุ่น PIC16F877 โดยสามารถโปรแกรมขั้นตอนการทำงานของเครื่องทดสอบนี้โดยใช้ PICC Compiler และทำงานดาวน์โหลดโปรแกรมผ่านทางชุด PICKit 2 V2.4D

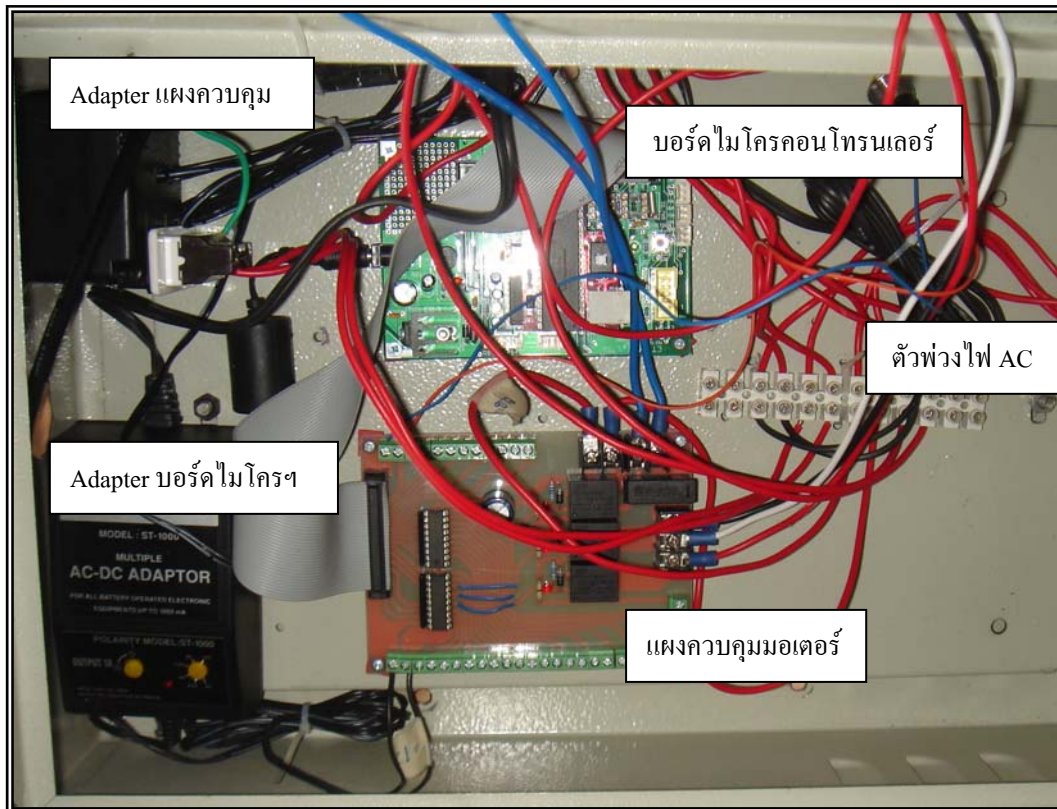
ในตู้ควบคุมประกอบไปด้วย (รูปที่ 12)

1. บอร์ดไมโคร ฯ ใช้บอร์ดของ ett รุ่น CP – PIC 877 V1 ซึ่งบอร์ดนี้ ใช้ไมโคร ฯ PIC16F877 โดยมีชุดดาวน์โหลดโปรแกรมประกอบไว้แล้ว

2. บอร์ดกลางสำหรับต่อสายไฟไปยังส่วนต่าง ๆ ของระบบควบคุม ในบอร์ดกลางนี้ประกอบไปด้วย

3 ส่วนหลัก คือ

- ส่วนรับสัญญาณจากสวิทช์ไปสู่บอร์ดควบคุม
- ส่วนรับสัญญาณจากบอร์ดไปตั้งรีเลย์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์
- ส่วนรับสัญญาณจากบอร์ดแสดงผลเกรด RC ที่หลอดไฟ 12 V



รูปที่ 12 อุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในกล่องคอนโทรล

3. ชุดหม้อแปลงเปลี่ยนจากไฟ AC 220V เป็นไฟสำหรับบอร์ดไมโครฯ DC5 V1 ตัวและแปลง ไฟ จาก AC 220V ไปเป็นไฟ DC ที่มากกว่า 12V เพื่อใช้สำหรับเป็นไฟขับหลอดไฟ 12 V

4. Display แสดงขนาดแรงที่ใช้ในการกดและมีสัญญาณ output 0 – 10 V ส่งไปยังบอร์ดไมโครฯ เพื่อใช้ในการควบคุม

5. สวิตช์ปุ่มกด แบบกดติดปัลลอสดับ จำนวน 5 ปุ่ม

โดยสวิตช์แต่ละปุ่มถูกกำหนดให้มีฟังก์ชันการทำงานดังนี้

B0 ใช้สำหรับสั่งให้ชุดกดเคลื่อนที่ขึ้นเองจนถึงตำแหน่งสูงสุดหรือกด B0 อีกครั้งหนึ่ง เพื่อหยุดการเคลื่อนที่ขึ้นเองนี้

B1 ใช้กดค้าง เพื่อสั่งให้ชุดกดเคลื่อนที่ขึ้น

B2 ใช้กดค้าง เพื่อสั่งให้ชุดกดเคลื่อนที่ลง

B4 ใช้สำหรับกด เพื่อให้ชุดกดทำงานอัตโนมัติตามมาตรฐานตามเกรด RC

- B5 ใช้สำหรับกด เพื่อทดสอบแรงกดที่ระยะ 65% ของความหนาเริ่มต้นที่กึ่งอัตราโนมัล
6. สวิตช์ ON – OFF, Emergency Switch 2 ตัว
 7. หลอดไฟแสดงเกรด RC และหลอดไฟแสดง Power Supply

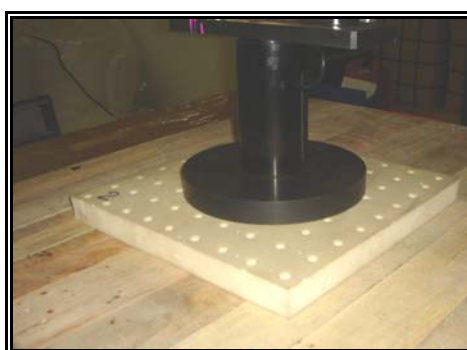
ขั้นตอนการทดลองเครื่อง

เครื่องทดสอบนี้มีพื้นที่หน้าตัดการกดเป็นลักษณะวงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 15 ซม. และใช้ความเร็วในการกดเท่ากับ 5 มม./วินาที โดยแผ่นฟองยางที่นำมาทดสอบมีความหนาโดยประมาณ 1 นิ้วกว้างและยาวประมาณ 30x30 ซม. โดยใช้การซ้อนกัน 1-5 ชั้นเพื่อจำลองความหนาของฟองยางต่าง ๆ และกดตามมาตรฐาน มอก. 173/2529 นั่นคือ กดจนกระทั่งมีแรงกด 4 นิวตันแล้วให้ความหนานั้นเป็นความหนาเริ่มต้น หลังจากนั้นกดทดสอบเป็นระยะร้อยละ 25 หรือ 65 ตามที่ต้องการจึงบันทึกความเค้นกด



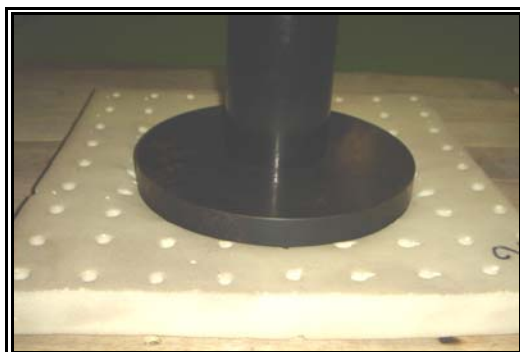
รูปที่ 13 เครื่องทดสอบความแข็งของฟองยางพารา

การทดสอบที่ความหนาของยาง 1 แผ่นทดสอบ โดยกดปุ่ม Auto 25% ก็ีระบบจะทำการกดลง โดยเริ่มแรกจะกดลงไปที่แรงเริ่มต้น 4 N



รูปที่ 14 การกดที่แรง 4 N

จากนั้นระบบจะเริ่มจำค่าของระยะที่เหลือจากการกดที่แรงเริ่มต้น แล้วกด ลงไปอีก 25% ของระยะที่เหลือ จะได้ค่าแรงที่ 25% ออกมา ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 การกดขงที่ระยะ 25%

ผลการสอบเทียบกับเครื่อง Universal Testing Machine

หลังจากได้เครื่องทดสอบความแข็งแรงพร้อมใช้งาน เราจำเป็นต้องทำการทดลองเพื่อทดสอบคุณภาพของเครื่องทดสอบความแข็งแรง ว่าสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์หรือไม่ โดยเราจะเริ่มทำการทดลองทดสอบขงในจำนวนความหนาต่าง ๆ เพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลที่เกิดขึ้น ทั้งนี้ในการทดสอบด้วยเครื่อง Universal Testing Machine จะทำการทดลองกับแผ่นฟองขงตั้งแต่ 1 ถึง 10 แผ่น โดยแปรอัตราเร็วในการกดตั้งแต่ 1 ถึง 10 mm/s ระยะกด 0-65% ซึ่งผลจากการทดลองเพื่อสอบเทียบนั้น จะนำข้อมูลบางส่วนเพื่อนำเสนอให้เข้าใจได้โดยง่ายในพื้นที่การนำเสนอที่จำกัด โดยเลือกการนำเสนอข้อมูลทีระยะ 25% และ 65% เท่านั้น

ตารางที่ 2 ผลการทดลองจากเครื่อง universal

ความหนา (จำนวนแผ่น)	1		5	
speed (mm/s)	Universal force (N)			
	25%	65%	25%	65%
2	109.6108	612.4866	180.9980	833.8969
3	113.4286	701.5428	166.8365	861.1703
4	115.1945	782.2173	166.4586	917.1166
5	93.7089	880.1923	165.4458	909.1939
6	98.8624	989.1639	167.0243	893.0902
7	-	-	163.0099	928.5372
8	-	-	163.3716	868.5654

เลือกค่าที่ความเร็วในการกด 5 mm/s เพื่อให้ตรงตามเครื่องทดสอบที่สร้างขึ้น ผลที่ได้จากเครื่องทดสอบมีดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการทดลองที่การกดที่ 25%

25%					
ความหนา (จำนวนแผ่น)	Compression Testing Machine For Rubber Mattress (force N)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
1	116.5	117.6	115.2	117.9	114.6
2	131.2	120.5	123.3	128.4	125.1
3	140.3	144.5	142.2	145.1	141.6
4	162.5	161.2	160.4	162.2	160.3
5	159.9	161.1	158.3	162.5	160.9
6	156.3	170.2	166.3	168.4	166.2
7	162.6	162.2	164.5	167.5	163.8
8	165.9	165.3	164	163.5	164.9
9	157.1	160.4	161.8	160.7	161.1
10	160.2	164.9	161.3	161.4	162.7

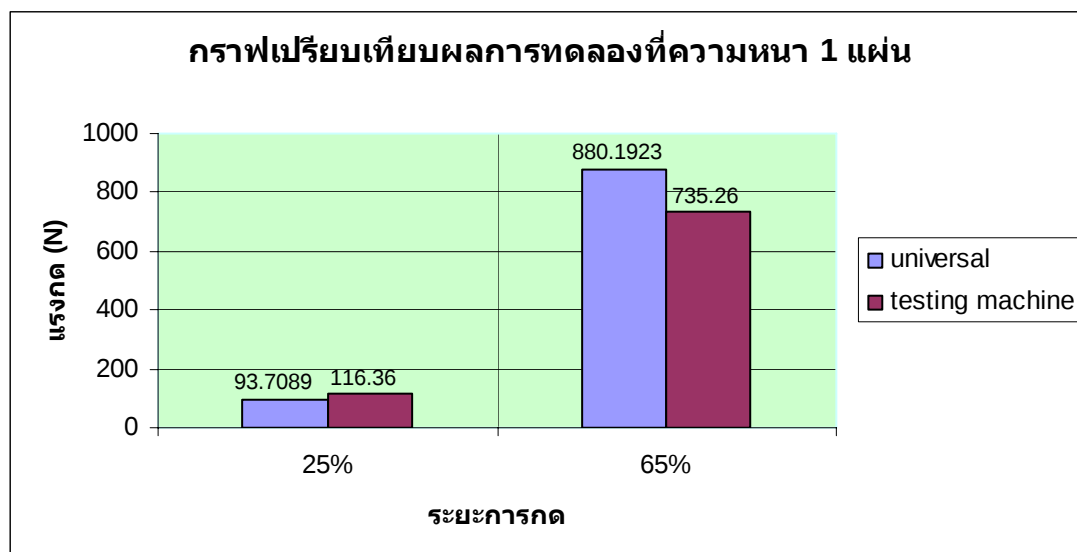
ตารางที่ 4 ผลการทดลองที่การกดที่ 65%

65%					
ความหนา (จำนวนแผ่น)	Compression Testing Machine For Rubber Mattress (force N)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
1	737.3	734.3	736.6	735.8	732.3
2	728.7	811.3	770.3	784.6	785.4
3	874.6	882.3	877.7	875.2	879.3
4	871.7	867.3	880.5	874.1	872.3
5	850.4	852.1	845.3	846.2	849.7
6	938.1	920.3	918.4	912.6	925.3
7	941.6	940.1	940.9	936.3	942.2
8	947.6	920.1	933.9	935.4	938.2
9	940.1	954.6	945.3	947.2	940.8
10	940.3	938.5	950.4	944.6	949.7

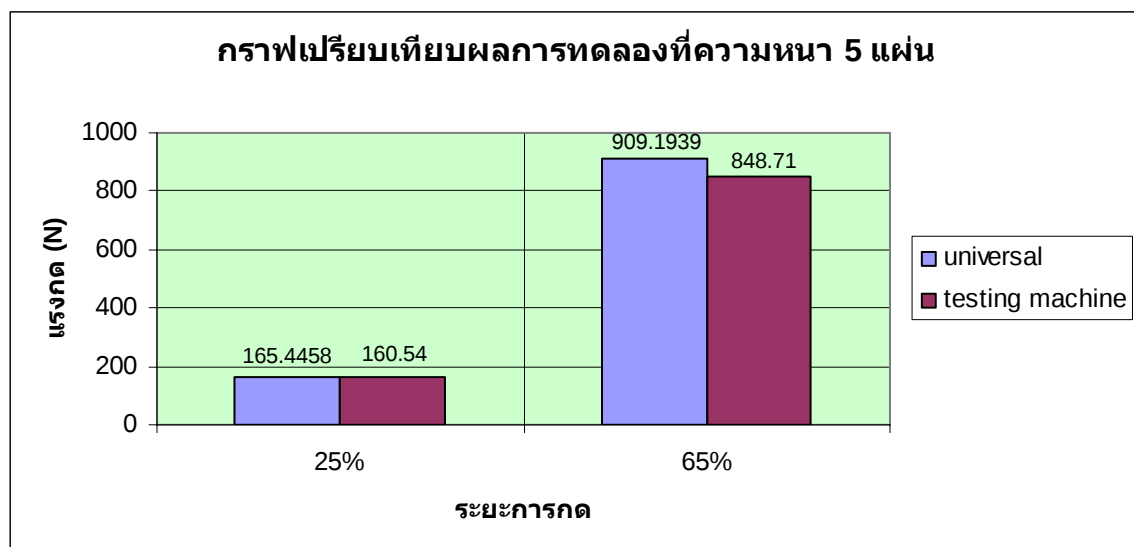
เลือกที่ความหนา 1 แผ่นและ 5 แผ่น เปรียบเทียบผลที่ได้เฉลี่ย ดังนี้

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลการทดลองที่ความเร็วในการกด 5 mm/s

ความหนา (จำนวนแผ่น)	universal		testing machine	
	25%	65%	25%	65%
1	93.7089	880.1923	116.36	735.26
5	165.4458	909.1939	160.54	848.74



รูปที่ 16 กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองที่ความหนา 1 แผ่น



รูปที่ 17 กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองที่ความหนา 5 แผ่น

จากรูปที่ 17 จะเห็นว่าด้วยเครื่องวัดที่สร้างขึ้นจะสามารถวัดแรงกดได้ใกล้เคียงกับการใช้เครื่อง universal testing machine ทั้งระยะกด 25% และ 65% ในสภาวะความหนาฟองยาง 1 ชั้น และ 5 ชั้น แสดงว่าเครื่องที่สร้างขึ้นสามารถใช้วัดความแข็งของฟองยางได้อย่างแม่นยำ ความแตกต่างที่เกิดขึ้นมีค่าประมาณ 3% ในกรณีระยะกด 25% และ 7-19% ในกรณีที่ระยะกด 65% ซึ่งคาดว่าในกรณีที่ระยะกดมีค่ามากนั้นในเครื่องทดสอบซึ่งใช้แผ่นรองที่เป็นชั้นไม้ซึ่งอาจเกิดการอ่อนตัวเมื่อมีแรงกดสูงทำให้แรงที่อ่านได้จึงมีค่าน้อยกว่า

สรุปผล

ในการวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบความแข็งของฟองยางพาราเพื่อให้ผู้ผลิตสินค้าในโรงงานอุตสาหกรรมสามารถใช้งานในสายการผลิตได้ โดยสามารถคัดแยกความแข็งของฟองยางได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ โดยเครื่องทดสอบที่สร้างขึ้นนี้จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการทำงานโดยส่งกำลังผ่านบอลสกรู และวัดแรงผ่าน load cell โดยควบคุมด้วย microcontroller เครื่องที่สร้างขึ้นสามารถทดสอบฟองยางทั้งชั้นโดยไม่ทำลายได้ และสามารถทดสอบแรงกดในแต่ละระยะความหนาของฟองยางที่ 25% และ 65% ตามมาตรฐาน มอก.173/2529 ที่กำหนดไว้ โดยมีระบบการทำงานแบบอัตโนมัติ

ข้อเสนอแนะ

- เครื่องระบบนี้สามารถพัฒนาเพิ่มเติมให้มีหัวกดเพิ่มขึ้นเป็น 2-3 หัวกด เพื่อนำผลการทดสอบมาเฉลี่ยกันได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น
- การพัฒนาโต๊ะสำหรับรองรับที่มีการขับเคลื่อนด้วยสายพานจะทำให้การทำงานได้รวดเร็วยิ่งขึ้น และหากมีการควบคุมร่วมกับระบบทดสอบจะให้ระบบที่ทำงานอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น
- ระบบที่สมบูรณ์ที่สุดอาจจะเพิ่มเติมด้วยระบบการออกบาร์โค้ด หรือการพิมพ์เลเซอร์บนตัวสินค้าเพื่อป้องกันข้อผิดพลาด

เอกสารอ้างอิง

1. ประจัน พลังสันติกุล., “PIC microcontroller programming with CCS C compiler” : 1978
2. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ 2529
3. Ferdinand Beer, E.Russell Johnston., “Mechanics of Materials (กลศาสตร์ของวัสดุ) ,2002

ตอบข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มจำนวนครั้งที่ใช้ทดสอบ

ตอบ จำนวนครั้งในการทดสอบมีเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามไม่สามารถนำมาเสนอในรูปแบบที่กระชับในพื้นที่ที่จำกัดได้ จึงได้เลือกตัวอย่างเพื่อนำมาแสดงเพื่อเป็นตัวอย่างในรายงานเท่านั้น

2. เพิ่มเติมเหตุผลที่เมื่อวัดแล้วได้ผลไม่เท่ากัน ระหว่างเครื่องที่สร้าง กับ Universal Testing Machine

ตอบ เพิ่มเติมเหตุผลในรายงานแล้ว