

การศึกษาการเพิ่มสมบัติสปริงให้กับยางธรรมชาติด้วยสารตัวเติม

The Study Increased Property of Spring to Natural Rubber using Fillers

ธีระวัฒน์ เพชรดี^{1*}, เจริญยุทธ เดชวายุกุล¹, วิริยะ ทองเรือง¹ และ ตุลวิลา แซ่โจ้ว²¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90110² ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90110

*ติดต่อ: T.petdee@yahoo.com, 094-593-2408

บทคัดย่อ

การเพิ่มสมบัติสปริงให้กับยางรองส้นเท้า(ยี่ห้อ Heel soother) โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ายางรองส้นเท้าป้องกันและบรรเทาอาการปวดได้ 62.34% จากการเดิน ยืน และวิ่ง เป็นเวลานานๆ มีสมบัติกระจายแรงได้ดี แต่สำหรับกีฬาบางประเภทที่ต้องการรองเท้าเพื่อเพิ่มศักยภาพในการกระโดดได้ดี พื้นรองต้องมีค่าสมบัติการเป็นสปริงและความยืดหยุ่นสูง งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาพัฒนาสมบัติยางธรรมชาติ โดยเติมสารฟู และผงดินขาว ทำให้ยางเป็นโฟมมีรูพรุน ความหนาแน่นและน้ำหนักเบา นำมาทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลกับยาง ได้แก่ แรงกด ความแข็ง วงรอบฮิสเทอรีซิส และค่าพลังงานที่สูญเสีย ผลการวิจัยพบว่า โฟมมีน้ำหนักเบากว่ายาง 30% มีค่าความแข็งใกล้เคียงกัน และค่าพลังงานที่สูญเสียเท่ากับ 41.32 kPa คิดเป็น 40.52% เมื่อเทียบกับสูตรยางรองส้นเท้า จึงทำให้โฟมมีค่าสมบัติการเป็นสปริงสูงหรือมีความกระด้างกระดอนมากกว่ายาง จากข้อมูลที่ได้สามารถนำมาพัฒนาและขึ้นรูปเป็นยางรองส้นเท้าและทดลองใช้กับนักกีฬาได้ต่อไป

คำหลัก: ยางรองส้นเท้า ยางธรรมชาติ วงรอบฮิสเทอรีซิส โฟมยางจากยางธรรมชาติ

Abstract

Property of spring was increased for the heel cushion (Heel soother band). The last research found to protect 62.34% for patience had a plantar heel pain from walk, stand and run long time but some category sports needed high efficient sport shoe for well jump. The heel pad had to spring a flexible properties. This research was studied development properties of natural rubber addition blowing agent and china clay made to porous in foam, density and more weight than rubber. So that testing would compare mechanical properties as compression, hardness and hysteresis loop test. The findings of the study were that foam lighter than rubber 30 percent, energy loss was 41.32 kPa and 40.52%, foam was high spring or bounced over rubber. There are data expanding and performing heel cushion and testing with the following sportsman.

Keywords: Heel cushion, Natural rubber, Hysteresis loop, Natural rubber foam

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการผลิตยางพาราเป็นจำนวนมาก ถือได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่และสร้างความมั่นคงให้แก่เกษตรกร ส่งผลให้เกิดอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องที่สร้างมูลค่าให้แก่ประชาชนในประเทศได้เป็นอย่างมาก [1] ยางพาราหรือเรียกว่ายางธรรมชาติ ซึ่งมี

คุณสมบัติเชิงกลที่ดีหลายประการหนึ่งในนั้นคือ ความทนต่อแรงดึง (Tensile strength) [2] และมีความยืดหยุ่นสูง จึงเหมาะที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์บางประเภท เช่น ถังมือยาง ถังยางอนามัย ยางรัดของ เป็นต้น มีความทนต่อการฉีกขาด (Tear resistance) ที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง จึง

เหมาะกับการผลิตกันที่ผลิตโดยใช้เข้าเป็นแบบ เพราะเวลาแกะชิ้นงานออกจากเบ้า ระหว่างกระบวนการผลิตจะต้องตั้งชิ้นงานออกจากเบ้าพิมพ์ในขณะที่ร้อน อย่างไม่ใช้จึงต้องมีความต้านทานต่อการฉีกขาดขณะมีความร้อนสูง มีความทนทานต่อการเสียดสีสูง (Abrasion resistance) และมีความยืดหยุ่นสูง (Elasticity) ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของยางธรรมชาติ เมื่อมีแรงภายนอกมากกระทำก็จะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิมอย่างรวดเร็ว[3] นอกจากนี้แล้วยางธรรมชาติยังมีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมด้วยความเหนียวติดกัน (Tack) ซึ่งเป็นสมบัติสำคัญของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยการประกอบชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน เช่น ยางรถยนต์ เป็นต้น แม้ว่ายางธรรมชาติจะมีคุณสมบัติที่ดีเหมาะสำหรับการผลิตยางต่างๆมากมาย แต่ยางธรรมชาติก็ยัง มีข้อเสียคือ การเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วภายใต้แสงแดด ออกซิเจน โอโซน และความร้อนเนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีพันธะคู่ (Double bond) จึงทำให้ยางมีความไวต่อการทำปฏิกิริยากับ ออกซิเจนและโอโซน ซึ่งมีแสงแดดและความร้อนเป็นตัวเร่ง [4]

ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์อย่างหนึ่งที่ผลิตมาจากยางธรรมชาติคือ ฟันยางรองสันเท้า [5] ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับคนที่มีการปวดสันเท้า ที่มีสาเหตุมาจากการยืนเป็นเวลานานจากการทำงาน การออกกำลังกาย และการเดิน เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์ที่ช่วยบรรเทาอาการปวดที่มีวางขายในท้องตลาดมีอยู่หลายยี่ห้อ และเป็นวัสดุที่ทำจากยางสังเคราะห์ โฟม หรือซิลิโคน ซึ่งมีข้อเสียคือ มีคุณสมบัติการยุบตัวถาวรและไม่คงทนต่อการใช้งาน โดยในปัจจุบันได้มีผลิตภัณฑ์ยางรองสันเท้าที่ทำจากยางธรรมชาติ ซึ่งมีความคงทนใช้งานได้ยาวนาน แต่มีข้อเสียจากผลข้อมูลเชิงคุณภาพ พบว่าผู้ใช้ไม่สวมถุงเท้าและมีเหงื่อออกมาก จะสวมใส่ไม่สบาย ดังนั้นนักวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะปรับเปลี่ยนสูตรเพื่อให้เข้ากับความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น โดยจะเน้นในการเพิ่มประสิทธิภาพของการกระโดดโดยการเพิ่มสมบัติการเป็นสปริงให้กับผลิตภัณฑ์ยางรองสันเท้าด้วยการเติมสารตัวเติมเพิ่มคุณสมบัติ เพื่อนำไปใช้กับรองเท้ากีฬาบาง

ประเภทที่ต้องการพื้นรองเท้าที่มีสมบัติการเป็นสปริงที่ดีจะช่วยส่งเสริมในการกระโดด โดยจะศึกษาการขึ้นรูปแบบโฟมยางโดยใช้ยางแห้งเป็นวัตถุดิบ และศึกษาตัวแปรดังนี้ การรับแรงกด ค่าความแข็งของชิ้นงาน การพองตัวของชิ้นงานเมื่อเติมสารฟลู (Blowing agents) น้ำหนักของชิ้นงาน ขนาดของรูพรุน การกระจายแรงที่เกิดจากการดูดซับพลังงาน และสมบัติการเป็นสปริงโดยการลดพลังงานที่สูญเสียภายในวงรอบฮีสเทอรีซิส

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยจะใช้ยางธรรมชาติ ชนิด ยาง STR 5L เป็นวัตถุดิบหลัก และสารเคมี แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 ตารางที่ 1 แสดงชนิดและปริมาณของสารที่นำมาผสมเป็นยางคอมปาวด์

ชนิดสารเคมี	ปริมาณของสาร (phr*)
Stearic acid	1
ZnO	5
Stroktol	6
DPT	vary
Wing Stay L	1
MBT	2
Oil	40
clay	vary
Sulphur	2

*Part per hundred rubber

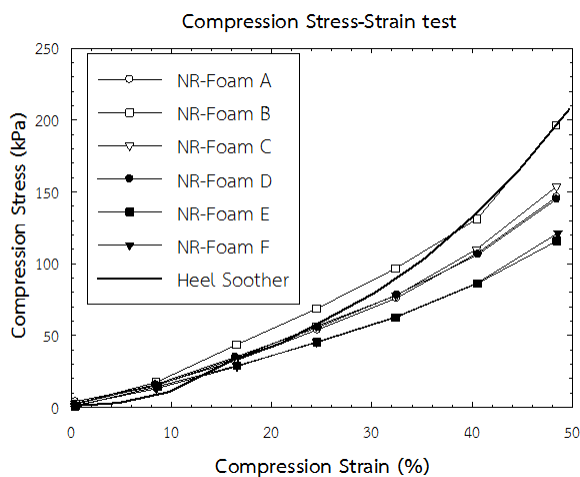
ในงานวิจัยนี้จะศึกษาสูตรยาง 6 สูตร คือสูตรยางที่เติมสารฟลู (DPT) และสารตัวเติมหางแร้ดินขาว (China clay) ที่เพิ่มการไหลของแต่ละสูตรดังแสดงในตารางที่ 1 เทียบกับสูตรยางของยางรองสันเท้า โดยนำสารเคมีมาบดผสมด้วยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง โดยใช้เวลา 10 นาที จากนั้นนำยางคอมปาวด์ไปทดสอบหาค่าการสุกหรือการวัลคะไนซ์ โดยนำไปวัดค่า (Moving Die Rheometer, MDR) และได้ค่าอุณหภูมิกับเวลาของการสก๊อตของยางเพื่อนำไปอัดขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการวัลคะไนซ์เซชัน แล้วนำมาอัดขึ้นรูปในแม่พิมพ์ตามชิ้นงานตัวอย่างที่มีขนาดมาตรฐานการทดสอบ

2.2 การทดสอบวัสดุ

การทดสอบวัสดุนั้นจะอ้างอิงจากมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ โดยทดสอบความต้านทานต่อแรงกด (compression test) ตามมาตรฐาน ASTM D575-91 ทดสอบวงฮิสเทอรีซิส (Hysteresis loop) ASTM D623-99 และค่าความแข็ง (Hardness) ตามมาตรฐาน Shore A โดยผลการทดสอบที่ได้จะนำมาวิเคราะห์เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์คุณสมบัติเชิงกลของแต่ละสูตร

3. ผลการทดลอง

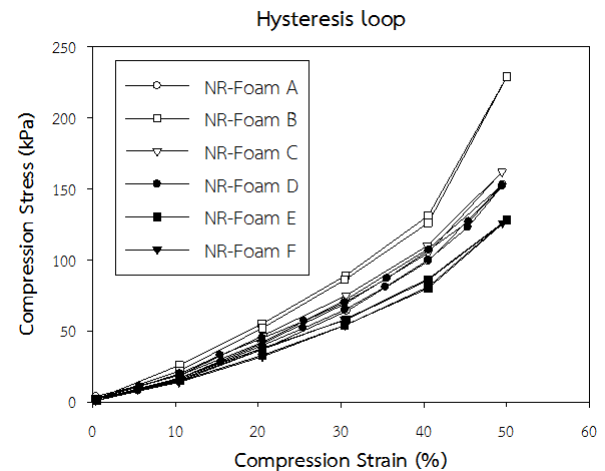
3.1 ผลการทดสอบการกด



รูปที่ 1 แสดงผลการทดสอบแรงกดของชิ้นงานสูตรต่างๆ

ผลจากการทดสอบแรงกดพบว่า ยางสูตร NR-Foam B มีค่าความเค้นและความเครียดใกล้เคียงกับยางสูตร Heel soother มากกว่าสูตร NR-Foam A, C, D, E, และ F ดังแสดงรูปที่ 1 โดยมีค่าความเค้น 229.26 kPa ที่ระยะยุบ 6.25 mm คิดเป็น 50% ของชิ้นงาน และค่าความเครียด 207.32 kPa ที่ระยะยุบ 6.25 mm 50% ของชิ้นงาน แต่มีความหนาแน่นที่ต่างกัน ซึ่งยางสูตร NR-Foam B มีน้ำหนักน้อยกว่ายางสูตร Heel soother อยู่ 70% จากข้อมูลดังกล่าวก็จะนำไปทดสอบค่าพลังงานสะสมโดยการทดสอบวงฮิสเทอรีซิส เพื่อดูพื้นที่และพลังงานที่สูญเสียภายในของยางแต่ละสูตร

3.2 ผลการทดสอบฮิสเทอรีซิสของสูตรโฟมยาง



รูปที่ 2 แสดงผลการทดสอบวงฮิสเทอรีซิส โดยกำหนดแรงกดที่ค่าความเครียดที่ 50% ของชิ้นงาน (ทดสอบเฉพาะสูตรโฟมยาง)

ในการทดสอบจะทดสอบที่ค่าความเครียดคงที่ ที่ 50% ของระยะยุบซึ่งในการทดสอบนี้จะพิจารณาเฉพาะสูตรยางที่เป็นโฟมยางเพื่อดูแนวโน้มของพลังงานสะสมโดยวงรอบฮิสเทอรีซิสที่มีค่าน้อย จากการทดสอบพบว่า ยางสูตร NR-Foam B มีค่าพลังงานสะสมที่น้อยสุด ที่ค่าเท่ากับ 19.54 kPa ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งหมายความว่า ยางสูตรดังกล่าว มีการดูดซับพลังงานที่น้อย และมีความเป็นสปริงที่ดีเมื่อเทียบกับสูตรต่างๆที่ทำการทดสอบ

3.3 พลังงานดูดซับ (Energy loss)

ตารางที่ 2 แสดงค่าพลังงานดูดซับของสูตรโฟมยางแต่ละสูตร ที่แรงกดที่ค่าความเครียด 50% ของชิ้นงาน

สูตรยาง	energy loss (kPa)	%พลังงานสูญเสีย
NR-Foam A	33.08	20.03
NR-Foam B	19.54	9.39
NR-Foam C	29.28	17.55
NR-Foam D	23.71	14.21
NR-Foam E	30.54	20.44
NR-Foam F	30.16	21.40

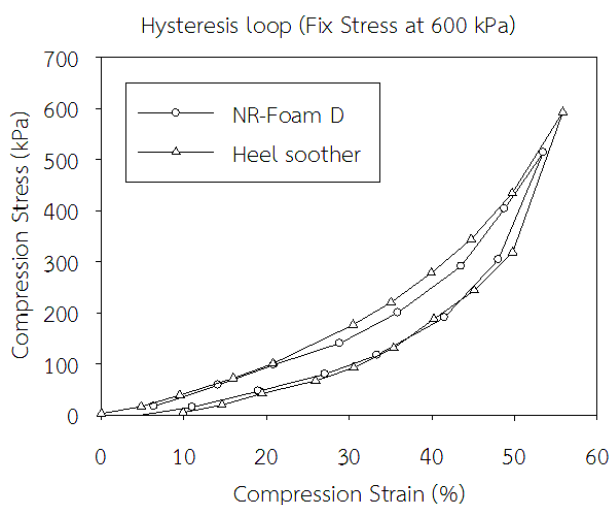
3.4 การทดสอบค่าความแข็ง (Hardness)

ตารางที่ 3 แสดงค่าความแข็งของสูตรยางต่างๆโดยวัดตามมาตรฐาน Shore A

สูตรยางคอมพาวด์	ค่าความแข็งเฉลี่ย (Shore A)	%การลดลงของค่าความแข็ง
ยางธรรมชาติ	40.0±0.0	0
Heel Soother	8.2±0.6	79.5
NR-Foam A	14.50±0.2	63.75
NR-Foam B	15.60±0.3	61
NR-Foam C	15.00±0.0	62.5
NR-Foam D	15.90±0.6	60.25
NR-Foam E	14.50±0.2	63.75
NR-Foam F	15.40±0.1	61.5

ค่าความแข็งสูตรยางต่างจากตารางที่ 3 พบว่าสูตรยาง NR-Foam A-F มีค่าความแข็งที่อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน แต่ถ้านำมาเปรียบเทียบกับสูตรยาง Heel Soother พบว่ามีค่าน้อยกว่าสูตรยางรองสันเท้า ซึ่งตัวแปรที่ส่งผลดังกล่าวมาจากสารตัวเติมหางแร้ดินขาว (China clay) ที่ทำให้ยางมีค่าของความแข็งเพิ่มขึ้น (ค่ามากยางจะนิ่ม) ซึ่งแสดงในตารางที่ 3

3.5 ผลจากการเกิดจากแรงกด (กำหนดความเค้นคงที่ 600 kPa เทียบกับยางรองสันเท้า)



รูปที่ 3 แสดงผลฮิสเทอรีสิสของสูตรยาง NR-Foam B เทียบกับสูตรยาง Heel soother

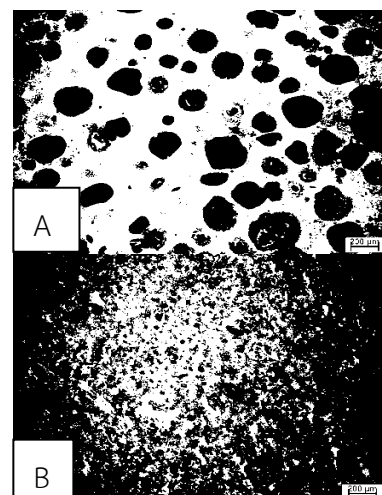
จากผลการทดสอบพลังงานสะสมภายในวงฮิสเทอรีสิส ดังแสดงในรูปที่ พบว่า ค่าพลังงานสะสมในสูตรยาง NR-Foam B เทียบกับ สูตรยาง Heel soother มีค่าต่างกัน โดยสูตรยาง NR-Foam B มีค่าพลังงานสะสมเท่ากับ 41.32 kPa และมีเปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่สูญเสียที่ 40.52% มีค่าน้อยกว่าสูตรยาง Heel soother ซึ่งมีค่ามีค่าพลังงานสะสมเท่ากับ 62.67 kPa และมีเปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่สูญเสียที่ 62.34% ดังแสดงในรูปที่ 3 และตารางที่ 4 ซึ่งจากผลดังกล่าวสามารถพบว่า สูตรยาง NR-Foam B มีค่าพลังงานดูดซับที่ลดลง และทำให้มีค่าคุณสมบัติความเป็นสปริงเพิ่มมากขึ้นซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปพัฒนาการรองสันเท้าที่สามารถนำไปใช้กับรองเท้ากีฬาที่ต้องการแรงส่งเพื่อใช้ในการกระโดดที่ดี

3.6 ผลของพลังงานดูดซับ (กำหนดความเค้นคงที่ 600 kPa เทียบกับยางรองสันเท้า)

ตารางที่ 4 แสดงค่าพลังงานที่สูญเสียในสูตรยาง NR-Foam B เทียบกับ สูตรยาง Heel soother

สูตรยาง	energy loss (kPa)	%พลังงานสูญเสีย
NR-Foam B	41.32	40.52
Heel soother	62.67	62.34

3.7 ลักษณะผิวของชิ้นงานหลังอัดขึ้นรูป



รูปที่ 4 แสดงรูปพรุนที่อยู่ภายในของชิ้นงาน (A) สูตร NR-Foam B และ (B) สูตร Heel soother

จากการอัดขึ้นรูปพบว่าสูตรยาง NR-Foam B มีชิ้นงานที่เรียบ และมีการจัดเรียงของรูปพรุน ดังแสดงในรูป

ที่ 4 (A) ที่อยู่ภายในอย่างเป็นระเบียบ ซึ่งผลมาจากสารตัวเติมทางแร่ดินขาว (China clay) ที่ปริมาณเหมาะสมซึ่งทำให้สูตรยางที่เป็นโฟมยางนั้นมีการไหลที่ดีที่ค่าอุณหภูมิในการอัดที่ 120 องศาเซลเซียส แต่ยางสูตร Heel soother นั้น ไม่เป็นโฟมยางจึงไม่มีรูพรุน ดังแสดงในรูปที่ 4 (B)

3.8 ผลของผลิตภัณฑ์ยางรองส้นเท้าหลังการอัดขึ้นรูป



รูปที่ 5 แสดงผลิตภัณฑ์ยางรองส้นเท้าหลังการอัดขึ้นรูป

ผลของการอัดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางรองส้นเท้าพบว่าขึ้นงานหลังจากการอัดมีผิวเรียบเนียนเนื่องจากผลของสารตัวเติมทางแร่ดินขาว และมีน้ำหนักเบากว่ายางรองส้น (Heel soother) 30% ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยอัดขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางรองส้นเท้าเพื่อจะนำไปทดสอบกับการใช้งานของอาสาสมัครที่เป็นนักกีฬาต่อไป

4.สรุปผล

การพัฒนาวัสดุที่เพิ่มค่าสมบัติการเป็นสปริงให้กับยางธรรมชาติเพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ยางรองส้นเท่านั้น พบว่าการเติมสารฟูล์ทำให้ยางกลายเป็นโฟมยาง มีข้อดีทำให้ยางมีน้ำหนักเบากว่าสูตรยางเดิมถึง 30% โดยน้ำหนัก และมีการระบายอากาศที่ดีกว่าเพราะมีรูพรุนกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วชิ้นงาน และสูตรยาง NR-Foam B นั้นยังมีค่าของการรับน้ำหนักและระยะยุบใกล้เคียงกับยางรองส้นเท้า (สูตรยาง Heel soother) และยังมีค่าของการดูดซับพลังงานที่น้อยกว่าซึ่งหมายถึงยังส่งผลไปถึงค่าความเป็นสปริงที่ดี ซึ่งจะส่งผลไปถึงการใช้งานของรองเท้ากีฬาที่ต้องการคุณสมบัติความเป็นสปริงและการส่งแรงที่ดีสำหรับการกระโดด จากนั้นงานวิจัยก็ยังพบว่าการเติมสารตัวเติมทางแร่ดินขาว

(China clay) ทำให้ผิวชิ้นงานมีความเรียบเนียน และทำให้มีการไหลในแม่พิมพ์ที่ดีที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสที่เวลา 10 นาที อย่างไรก็ตามในส่วนของการพัฒนาจากผลิตภัณฑ์เดิมเพื่อนำไปขยายในเชิงพาณิชย์ และไปทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้งานจริงเพื่อเก็บข้อมูลของการใช้งานเพื่อนำมาวิเคราะห์ และนำไปปรับปรุงให้ดีขึ้นในอนาคตต่อไป

5.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนทุนสำหรับงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] เทคโนโลยียางมหาวิทยาลัยมหิดล. ยางธรรมชาติ จาก: <http://rubber.sc.mahidol.ac.th/rubbertech/NR.htm>
- [2] พงษ์ธร แสงอยู่, “สารเคมียาง”, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2548.
- [3] เบญจพร, 2551. วัสดุผสมสามองค์ประกอบทำจากยางธรรมชาติและตัวเติมนาโนเป็นตัวตรวจรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [4] ไพรัตน์ แซ่ลิ้ม, 2554. การพัฒนายางปูพื้นเพื่อลดการแตกหักของกระดูกสะโพกในผู้สูงอายุ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [5] อาทิตย์ สวัสดิ์รักษา, 2553. การพัฒนาวัสดุและการออกแบบอุปกรณ์รองส้นเท้าเพื่อลดความดันในส้นเท้า. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.