338.

การทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่างยางรีเคลมและยางคอมเปานด์ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตยางรถจักรยานยนต์

ปริญญานิพนธ์

ของ

สุรชัย บุญเจริญ

ม.ค. 2541

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
กุมภาพันธ์ 2541

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

.....ประธาน
(ดร.บรรชา รัตนวัย)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประดิษฐ์ คุณรัตน์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน
(ดร.บรรชา รัตนวัย)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประดิษฐ์ คุณรัตน์)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์วีระ โกษาคาร)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

วันที่ 19 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ 2541

ประกาศคุณูปการ

ผลงานวิจัยฉบับนี้ได้รับความอนุเคราะห์คำแนะนำแก้ไขจาก ดร.บรรชา รัตนวัย และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประดิษฐ์ คุณรัตน์ ซึ่งทำให้ผลงานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้จัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ คุณวีระ โกษาคาร ที่ได้ให้คำแนะนำและกรุณามาเป็นกรรมการสอบ ทำให้งานวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย

ขอขอบคุณ คุณเชาวลิต มีทองคำ และคุณสุชาติ คูจิรตะการ ผู้จัดการแผนกวิจัยและพัฒนา บริษัทไอ.อาร์.ซี. เอเชีย รีเสริช์ จำกัด รวมทั้งพนักงานบริษัทอีโนเว รับเบอร์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

ผู้วิจัยขอมอบความดีทั้งหมดของงานวิจัยนี้แด่บุคคลที่ได้ให้การสนับสนุนทุกท่าน รวมทั้งคุณพ่อ-คุณแม่ ครูอาจารย์ และข้าพเจ้าหวังว่างานวิจัยในครั้งนี้จะนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สังคมต่อไป

สุรชัย บุญเจริญ

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	จุดมุ่งหมายของในการวิจัย	3
	ความสำคัญของการวิจัย	3
	ขอบเขตการวิจัย	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	6
	สมมุติฐานงานวิจัย	8
2	เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
	วิวัฒนาการของอุตสาหกรรมยาง	9
	ยางธรรมชาติ	10
	ยางสังเคราะห์	11
	ยางรีเคลม	12
	สารเคมีที่ใช้ในการผสมยาง	16
	ทฤษฎีการผสมยางและการใช้เครื่องผสมยาง	18
	กระบวนการผลิตยางรถจักรยานยนต์	20
	มาตรฐานและการทดสอบ	22
	การลดต้นทุนในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมยางรถจักรยานยนต์	26
	ยางกับสภาพแวดล้อม	27
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
	สรุป	29
3	วิธีดำเนินการวิจัย	30
	ประชากร	30
	ตัวแปร	30
	เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	31
	สถานที่ใช้ในการทดลอง	31
	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	31
	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	31

บทที่ หน้า

บุคคลากรที่ช่วยในการทดลอง 32
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง 32
ขั้นตอนในการปฏิบัติงานในการทดลอง 33
ขั้นตอนการใช้เครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง 33
การทำยางผสม 33
การทดสอบยางผสม 34
การเป่ายาง 38
การเตรียมสร้างแบบยาง 38
วิธีการสร้างแบบยาง 39
การอบแบบยาง 39
การตรวจสอบคุณภาพ 40
การวิเคราะห์ข้อมูล 42

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 43
ผลการวิเคราะห์การทดสอบคุณสมบัติด้านกายภาพของยางผสม 43
คุณสมบัติด้านความหนืด 43
คุณสมบัติด้านเวลาในการสุกของยาง 48
ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติยางรถจักรยานยนต์ที่ผลิตขึ้น 56
ลักษณะทั่วไป 56
ผลการวิเคราะห์ความต้านทานพลังงานทำลาย 58
ผลการวิเคราะห์ความคงทนและความทนทาน 59
การศึกษาและการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต 60
ต้นทุนวัตถุดิบทางตรง 60
ต้นทุนค่าแรงทางตรง 64
ค่าใช้จ่ายในการผลิต 64

5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ 65
จุดมุ่งหมายของการวิจัย 65
สมมุติฐานการวิจัย 65
ขอบเขตของการวิจัย 65
กลุ่มประชากร 65

บทที่ หน้า

ตัวแปร 66
กระบวนการทดลอง 66
วัตถุดิบ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 67
การดำเนินงานวิจัย 67
การวิเคราะห์ข้อมูล 68
สรุปผลการวิจัย 68
อภิปรายผล 72
ข้อเสนอแนะ 73

บรรณานุกรม 75

ภาคผนวก 78

ประวัติย่อของผู้วิจัย 101

บัญชีตาราง

ตาราง หน้า

1 แสดงขนาดของยางนอก ขนาดวงล้อ ความกว้าง เส้นผ่านศูนย์กลาง ความดันลม และน้ำหนักที่ใช้ในบรรทุกของยางนอก 4

2 แสดงหน่วยตัวอย่าง Phr ของส่วนผสมและหน้าที่ในการใช้งาน 19

3 แสดงอุณหภูมิค่าความหนืดของยางผสมที่มีหน่วยเป็นมูนี่ 44

4 แสดงเวลาค่าความหนืดของยางผสมที่มีหน่วยเป็นมูนี่ 45

5 แสดงค่าความหนืดของยางผสม ML(1+4) 47

6 สรุปค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของยางผสม 48

7 แสดงค่าแรงที่ต่ำสุดจากกราฟที่ได้ของเครื่องรีโอมิเตอร์ 49

8 แสดงค่าแรงสูงสุดจากกราฟที่ได้ของเครื่องรีโอมิเตอร์ 50

9 แสดงเวลาที่ยางเริ่มสุกร้อยละ 10 52

10 แสดงเวลาที่ยางเริ่มสุกร้อยละ 90 53

11 แสดงเวลาในการสุกของยาง 54

12 แสดงค่าเฉลี่ยในการสุกของยาง 55

13 แสดงผลการตรวจลักษณะทั่วๆไปของยางรถจักรยานยนต์ 57

14 แสดงความต้านทานพลังงานทำลายของยางรถจักรยานยนต์ 58

15 แสดงค่าความคงทนและความทนทานของยางรถจักรยานยนต์ 59

16 แสดงการวิเคราะห์หาต้นทุนราคาวัตถุดิบที่นำมาผลิตมาเป็น ยางคอมเปานด์ 61

17 แสดงผลการวิเคราะห์หาต้นทุนราคาวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมระหว่าง ยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์ 62

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงกระบวนการทำยางรีเคลมแบบ digester process	14
2 แสดงขั้นตอนกระบวนการทำยางรีเคลมโดยวิธี heater หรือ pan process	15
3 แสดงขั้นตอนกระบวนการทำยางรีเคลมโดยวิธี reclaimator process	15
4 กระบวนการผลิตยางรถจักรยานยนต์	20
5 แสดงลักษณะของกราฟที่ได้จากเครื่อง mooney viscometer	35
6 แสดงค่ากราฟ mooney viscometer plot	36
7 แสดงค่ากราฟการหาเวลาในการสุกของยาง	37
8 แสดงการหมุนของจานโลหะของเครื่อง mooney viscometer	44
9 แสดงแรงบิดโรเตอร์ในยางทดลองของเครื่องรีโอมิเตอร์	49

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

อุตสาหกรรมยางได้มีการพัฒนามาโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวสก๊อต ซึ่งได้ผลิตเสื้อกันฝน ถุงมือ สายโยงกางเกง สายรัดรองเท้า พื้นรองเท้า (จุไรรัตน์ ดวงเดือน. 2535 : 270) ต่อมาชาร์ล กู๊ดเยียร์ เป็นผู้ค้นพบวิธีทำยางคงรูปเป็นคนแรกในปีพุทธศักราช 2386 (วิชิต สุวรรณปรีชา. ม.ป.ป. : 17) เป็นการพัฒนามาสู่เชิงอุตสาหกรรมโดยเฉพาะการผลิตยางนอกและยางในรถยนต์ ยางรถจักรยานยนต์ ซึ่งเป็นแหล่งที่ใช้ปริมาณยางจำนวนมาก กำลังการผลิตของโรงงานมีปริมาณเพิ่มขึ้น ความต้องการใช้งานสูงขึ้น การแข่งขันจึงต้องนำเทคโนโลยีมาพิจารณาเชิงเศรษฐศาสตร์ในด้านคุณค่า การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงวิธีการลดต้นทุน (วันชัย ริจิรวนิช และชอุ่ม พลอยมีค่า. 2531 : 21) การนำยางมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ ถ้าใช้แต่เนื้อยางล้วนๆ จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ถ้าสามารถผสมสารราคาถูกลงไปได้จะทำให้ลดต้นทุนการผลิต (บุญธรรม นิธิอุทัย, พรพรรณ นิธิอุทัย และปรีชา ป้องภัย. 2533 : 2)

ยางมีผลต่อสภาพแวดล้อมในการนำไปทิ้งหรือทำลาย ยางรถเมื่อเผาไฟจะเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้มีเขม่าควัน และสารไฮโดรคาร์บอนเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากพร้อมกับกลิ่นเหม็น และแก๊สพิษที่เกิดจากสารต่างๆที่ใส่เป็นส่วนผสมอยู่ในยาง เมื่อหายใจเข้าไปจะเกิดอาการวิงเวียนศีรษะ อารมณ์หงุดหงิด ถ้าเป็นมากจะคลื่นไส้อาเจียนได้ ส่วนเขม่าควันก็จะทำให้บ้านเรือน สิ่งของเครื่องใช้ น้ำกินน้ำใช้เปรอะเปื้อน และที่สำคัญเมื่อหายใจได้รับเอาสารเหล่านี้เข้าไปในร่างกายนานๆ ก็จะก่อให้เกิดมะเร็งร้ายในอวัยวะต่างๆของระบบทางเดินหายใจ ด้วยเหตุนี้ยางรถที่ทิ้งแล้วหรือไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกก็ไม่ควรอย่างยิ่งที่จะนำไปเผาหรือเป็นเชื้อเพลิงทั้งในบ้านเรือนและอุตสาหกรรม (ยางรถยนต์เศษวัสดุที่ไม่ควรใช้เป็นเชื้อเพลิง. 2536 : 7) ดังนั้นวิธีการที่ช่วยลดมลพิษได้ทางหนึ่งคือ นำยางที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่โดยทำเป็นยางรีเคลม แล้วนำผ่านกระบวนการผลิตทุกขั้นตอนเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ได้อีก

ยางรีเคลม (reclaimed rubber) หมายถึงยางที่วัลคาไนซ์ซึ่งใช้งานแล้วนำกลับมาผ่านกระบวนการให้ยางนั้นมาใช้ใหม่ได้อีก (บุญธรรม นิธิอุทัย และปรีชา ป้องภัย. 2530 : 325) ในขั้นตอนกระบวนการทำยางรีเคลม เป็นการทำให้โมเลกุลยางแตกออกขนาดเล็กและสามารถนำมาใช้งานได้อีกครั้งหนึ่ง เมื่อโมเลกุลของยางมีขนาดเล็กลงจนได้ขนาดตามที่ต้องการ ก็สามารถนำไปผสมกับสารเคมี แล้วนำไปผ่านกระบวนการวัลคาไนซ์ใหม่

ยางรีเคลม นิยมนำมาใช้ทำการผสมเพื่อทำการผลิตยางรองพื้นรถยนต์ ยางแบตเตอรี่ ยางพื้นรองเท้าและส้นรองเท้า อุตสาหกรรมทำกาว ยางใช้กับเครื่องกลทั่วไป และอุปกรณ์เกี่ยวกับรถยนต์อื่นๆ (พรพรรณ นิธิอุทัย. 2528 : 338) ยางรถจักรยานยนต์มีใช้กันอย่างแพร่หลายในเมืองไทย จะมีส่วนผสมของวัตถุดิบ คือ ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ เขม่าดำ สี สารเคมีต่างๆ ผ้าใบไนล่อน และเส้นขดลวด (รุ่งเรือง อิศรางกูร ณ อยุธยา. 2519 : 28) ความต้องการทางด้านโรงงานอุตสาหกรรมยางรถจักรยานยนต์มีปริมาณความต้องการผลิตสูงขึ้น เพราะเป็นสิ่งที่ช่วยให้ผู้ใช้ในการอำนวยความสะดวกต่อการเดินทาง และการประกอบอาชีพ เหมาะสมกับกลุ่มรายได้น้อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะทดลองการนำยางรีเคลมกลับมาใช้ เป็นส่วนผสมในการผลิตยางรถจักรยานยนต์ เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิต และยังเป็นการช่วยลดมลภาวะที่เป็นพิษ สร้างจิตสำนึกในการรับผิดชอบต่อสังคม นอกจากนั้นยังใช้เป็นข้อมูลสำหรับผู้ประกอบการทางด้านอุตสาหกรรมยาง และผู้ที่สนใจที่จะนำยางรีเคลม ไปผสมในการทำผลิตภัณฑ์ใหม่ซึ่งอาจจะมีขึ้นในอนาคต

ในการศึกษากระบวนการทดลองกรรมวิธีการผลิตยางรถจักรยานยนต์ ที่มีการนำยางรีเคลมกลับมาใช้ใหม่ มีรายละเอียดเกี่ยวกับปัญหาทั้งในด้านการผลิต และการทดสอบ ซึ่งเริ่มด้วยการผสมยางโดยใช้อัตราส่วนของยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และสารเคมีซึ่งเป็นสารเสริมหรือตัวเติม หลังจากการผสมแล้วจะออกมาเป็นยางที่เรียกชื่อว่า "ยางคอมเปานด์" จะมีสารกระตุ้น สารตัวเร่ง สารทำให้ยางสุก น้ำมัน สารช่วยในการแปรรูป สารป้องกันการเสื่อมสภาพ สารหน่วง สารฟู และสารเคมีอื่นๆที่ใช้แล้วเหมาะสมที่สุด มีคุณสมบัติใช้งานได้ตามมาตรฐาน ต่อมาจะเป็นการนำยางเข้าเครื่องผสม จะได้เป็นยางแผ่นออกมาผ่านกระบวนการผลิต เพื่อขึ้นรูปโดยเริ่มที่ขั้นตอน การเป่ายาง การเคลือบยางลงบนผ้าใบไนล่อน การตัดผ้าใบ การทำขอบยางจากลวด การสร้างแบบยาง การอบยาง และการนำยางไปทดสอบ ซึ่งในด้านการทดสอบจะมีการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆตั้งแต่การนำวัตถุดิบเข้าเครื่องจนได้เป็นยางผสมออกมา และนำมาหาค่าการทดสอบความหนืดของยาง การทดสอบหาเวลาในการสุกของยาง เมื่อผ่านกระบวนการผลิตเป็นยางขึ้นรูปสินค้ามีการหาค่าการทดสอบพลังงานทำลาย การทดสอบความคงทนและความทนทานเมื่อความเร็วสูง (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2530 : 16) เป็นการจำลองสภาพถนนเทียม และน้ำหนักการบรรทุกเพื่อให้ได้ความปลอดภัยเมื่อนำไปใช้งาน

การศึกษาวิจัยงานทดลองในครั้งนี้ เป็นการค้นหาอัตราส่วนผสมของการใช้ยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์ เพื่อเป็นส่วนผสมในการผลิตยางรถจักรยานยนต์ ที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และเป็นพื้นฐานการวิจัยด้วย การนำยางมาทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ ประโยชน์และการนำผลงานวิจัยไปใช้ในครั้งนี้ เป็นการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการลดต้นทุน โดยมีคุณภาพ

เป็นตัวควบคุมในกระบวนการผลิต และลดมลภาวะของสภาพแวดล้อมที่มีต่อสังคมโดยรวม เป็นสิ่งกระตุ้นเตือนจิตสำนึก ของผู้ประกอบการธุรกิจที่หวังเพียงประโยชน์ และผลกำไร ดังนั้นจึงคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์แก่สังคม และการพัฒนาอุตสาหกรรมยางต่อไปในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ด้านอุตสาหกรรมศึกษา คือ ให้มีการสร้างสรรค์และตระหนักถึงผลกระทบของอุตสาหกรรมต่อสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรของชาติ รวมทั้งให้มีคุณธรรมและสำนึกรับผิดชอบต่อสังคมในการที่อยู่ร่วมกัน ความเจริญทางอุตสาหกรรมต้องเป็นไปตามระบบ และให้เกิดสภาวะที่สมดุลจึงเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย ที่มีความรับผิดชอบและยังสามารถออกไปแข่งขันกับตลาดภายนอกได้อีกด้วย

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อทดลองและทดสอบคุณภาพของอัตราส่วนผสมยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์ในการผลิตยางรถจักรยานยนต์
2. เพื่อทดสอบคุณภาพของเส้นยางที่ได้จากยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์ ในการผลิตยางรถจักรยานยนต์โดยยึดเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม

ความสำคัญของการวิจัย

1. สามารถนำยางที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ให้เป็นประโยชน์ เพื่อการลดมลภาวะของสภาพแวดล้อมที่เกิดจากยางที่ใช้แล้ว
2. สามารถลดต้นทุนการผลิตยางรถจักรยานยนต์ โดยการนำยางที่ใช้แล้วมาเป็นส่วนผสม
3. สามารถใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สินค้าอุตสาหกรรมยาง โดยการนำยางที่ใช้แล้วมาเป็นส่วนผสม

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการทดลองหาอัตราส่วนผสมยางรีเคลมชนิดส่วนผสมที่ใช้สารเคมีได้แก่ อาซีโตน เอ๊กซ์แทรค (acetone extract) ร้อยละ 15 เถ้า (ash) ร้อยละ 6 คาร์บอน แบล็ค (carbon black) ร้อยละ 26 รับเบอร์ ไฮโดรคาร์บอน (rubber hydrocarbon) ร้อยละ 50 กับยางคอมเปานด์ชนิดส่วนผสมที่มี ยางธรรมชาติ (TTR#20) ร้อยละ 15 ยางสังเคราะห์ SBR-1712 ร้อยละ 39 น้ำมัน dutrex 737 ร้อยละ 5 คาร์บอน แบล็ค ร้อยละ 32

ซิงค์ออกไซด์ ZnO ร้อยละ 2 สารเสริมหรือสารตัวเติม stearic acid RD-F 3C OZ (654) santofiex # 13 DPG ร้อยละ 7 ใช้ในการผลิตยางรถจักรยานยนต์ตามชนิด เอ็น (N) ความเร็วสูงสุดที่ใช้งาน 150 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง แสดงอยู่ในตาราง 1

ตาราง 1 แสดงขนาดของยางนอก ขนาดวงล้อ ความกว้าง เส้นผ่านศูนย์กลาง ความดันลม และน้ำหนักที่ใช้ในบรรทุกของยางนอก

ขนาดยางนอก	ขนาดวงล้อ	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความดันลม (กิโลพาสคิว)	น้ำหนักบรรทุก (กิโลกรัม)
2.50-17-4PR	1.60×17	70	526 ถึง 528	225	132
	1.40×17	68			

(มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางนอกรถจักรยานยนต์. 2530 : 6)

1. ประชากร

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ยางรถจักรยานยนต์ที่ผลิตขึ้นโดยใช้อัตราส่วนผสมของยางจำนวนทั้งหมด 15 อัตราส่วน อัตราส่วนละ 10 กิโลกรัม ผลิตยางจำนวน 3 เส้น รวม 45 เส้น โดยมียางรีเคลมต่อยางคอมเปานด์ (ซึ่งประกอบด้วย ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และสารเคมี) ใน 15 อัตราส่วนโดยน้ำหนัก ดังต่อไปนี้

กลุ่ม A 2 : 98	กลุ่ม B 4 : 96	กลุ่ม C 6 : 94
กลุ่ม D 8 : 92	กลุ่ม E 10 : 90	กลุ่ม F 12 : 88
กลุ่ม G 14 : 86	กลุ่ม H 16 : 84	กลุ่ม I 18 : 82
กลุ่ม J 20 : 80	กลุ่ม K 22 : 78	กลุ่ม L 24 : 76
กลุ่ม M 26 : 74	กลุ่ม N 28 : 72	กลุ่ม O 30 : 70

2. ตัวแปร

2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

ส่วนผสมของวัตถุดิบที่จะใช้ทำยางรถจักรยานยนต์ ซึ่งประกอบด้วยยางรีเคลม กับยางคอมเปานด์ 15 อัตราส่วน ดังข้างต้น

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 คุณสมบัติด้านกายภาพของยางผสม ที่ได้จากยางรีเคลม กับยางคอมเปานด์ ได้แก่ ค่าความหนืดและเวลาในการสุก แต่ละอัตราส่วนทำการทดสอบค่าต่าง 3 ครั้ง แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

2.2.2 คุณสมบัติของยางรถจักรยานยนต์ที่ผ่านกระบวนการผลิตขึ้นมาแล้ว ได้แก่ ลักษณะภายนอก ความต้านทานพลังงานทำลาย ความคงทนและความทนทาน ตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.682-2530)

3. กระบวนการทดลอง

3.1 การเตรียมวัตถุดิบ จะประกอบด้วยยางรีเคลม กับยางคอมเปานด์ตามอัตราส่วนที่จะผสมตามกลุ่มประชากรอัตราส่วนละ 10 กิโลกรัม โดยเริ่มจากอัตราส่วนที่มีการเพิ่มของยางรีเคลม จากน้อยไปหาค่าที่มากขึ้นจนครบทุกอัตราส่วน ในการผสมจะใช้เครื่องบดยางสองลูกกลิ้งผสมยางจากวัตถุดิบ แล้วนำมาทดสอบหาค่าเฉลี่ยทางกายภาพทุกอัตราส่วน เพื่อหาเกณฑ์ในการผลิตเป็นยางรถจักรยานยนต์

3.2 การทำยางรถจักรยานยนต์ เริ่มต้นโดยการนำวัตถุดิบจากข้อ 3.1 ที่ได้ผสมแล้วและผ่านเกณฑ์มาตรฐานมาเข้ากระบวนการผลิต คือชิ้นส่วนที่ประกอบขึ้นของโครงสร้าง ซึ่งได้ผ่านกระบวนการในการผลิตโดยเริ่มตั้งแต่ การเป่ายางส่วนที่ใช้เป็นดอกยาง การทำขอบลวดส่วนที่ใช้เป็นขอบวงล้อ การฉาบผ้าไนล่อน แล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกันที่เครื่องขึ้นรูปจะได้ออกมาเป็นแบบยาง นำแบบยางไปอบที่แม่พิมพ์ ซึ่งมีความร้อนสามารถทำให้ยางสุกหรือวัลคาไนซ์ยางจะไหล และแข็งตัว หลังจากนั้นก็จะได้เป็นยางเส้นสำเร็จรูปที่มีลายดอกตามแม่พิมพ์ สุดท้ายต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ก่อนนำออกไปใช้งานเพื่อความปลอดภัย

3.3 การทดสอบคุณภาพ มีขั้นตอนดังนี้ คือ นำยางที่ได้จากการผสมมาทดสอบทางกายภาพ ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบความหนืด มีหน่วยเป็นมูนี่ (mooney) การทดสอบเวลาในการสุกของยางโดยใช้เครื่องรีโอมิเตอร์ (rheometer) หลังจากนั้นนำยางผสมผ่านกระบวนการผลิตจะได้เป็นยางเส้นที่มีลวดลายของดอกตามแม่พิมพ์ เมื่อนำมาทดสอบตรวจคุณภาพ เพื่อหาคุณภาพของการใช้งานในด้านความต้านทานพลังงานทำลาย ความคงทนและความทนทาน ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะนำส่งให้ผู้ใช้หรือลูกค้าต่อไป

นิยามศัพท์เฉพาะ

เพื่อให้ความหมายของคำที่ใช้ในการศึกษาวิจัยค้นคว้าครั้งนี้เป็นที่เข้าใจได้ชัดเจนยิ่งขึ้นจึงได้กำหนดความหมายของคำที่ใช้ดังต่อไปนี้

1. ยางรีเคลม (reclaimed rubber : RR) หมายถึง ยางที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้วต้องการนำกลับมาใช้ใหม่ โดยใช้ดอกยางที่เป็นสีดำมาเป็นวัตถุดิบ และมีสารเคมีในการผสมเข้าไปดังนี้ อาซีโตน เอ๊กซ์แทรค (acetone extract) ร้อยละ 15 เถ้า (ash) ร้อยละ 6 คาร์บอน แบล็ค (carbon black) ร้อยละ 26 รับเบอร์ ไฮโดรคาร์บอน (rubber hydrocarbon) ร้อยละ 50

2. ยางคอมเปานด์ (compound rubber : CR) หมายถึง ยางที่ได้จากส่วนผสมยางธรรมชาติ (TTR#20) ร้อยละ 15 ยางสังเคราะห์ SBR-1712 ร้อยละ 39 น้ำมัน Dutrex 737 ร้อยละ 5 คาร์บอน แบล็ค ร้อยละ 32 ซิงค์ออกไซค์ ZnO ร้อยละ 2 สารเสริมหรือสารตัวเติม stearic acid RD-F 3C OZ (654) santoflex # 13 DPG ร้อยละ 7 นำทั้งหมดมาผสมเข้าด้วยกัน

3. ยางธรรมชาติ (natural rubber : NR) หมายถึง ยางที่มีการผลิตจากต้นยางพาราจะอยู่ในรูปของยางแผ่นหรือยางแท่ง ในการทดลองครั้งนี้ใช้ thai tire rubber : TTR # 20 ได้ผ่านกระบวนการโดยการนำเศษยางที่กันถ้วยไปแช่น้ำ เข้าเครื่องบดยาง เครื่องตัดย่อย เครื่องอบแห้ง และทำการอัดให้เป็นแท่งในขณะที่ร้อนอยู่ เสร็จแล้วทำการตัดออกจำหน่ายในรูปของยางแท่ง

4. ยางสังเคราะห์ชนิด เอส บี อาร์ (styrene butadiene rubber : SBR) หมายถึง ยางที่ผลิตขึ้นมาใช้แทนยางธรรมชาติโดยใช้กระบวนการทางเคมีเพื่อให้มีคุณสมบัติต่อการใช้งานที่เหมาะสม และในการทดลองทำการวิจัยครั้งนี้ใช้ SBR-1712

5. สารเสริมหรือสารตัวเติม (filler) หมายถึง สารที่ใส่ลงไปในยางเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของยางให้ดีขึ้น และเป็นการลดต้นทุนในการผลิต ได้แก่ คาร์บอน แบล็ค ซิงค์ออกไซค์ ZnO/stearic acid/imperial fatty acid RD-F/tmqanox hb 3C/santoflip OZ/antilux(654) santoflex # 13 DPG

6. วัลคาไนซ์ (vulcanizing) หมายถึง การใช้กำมะถันเปลี่ยนยางดิบให้เป็นยางคงรูปหรือยางสุก โดยการนำยางผ่านความร้อนที่มีอุณหภูมิ 165-178 องศาเซลเซียส ทำให้ยางคงรูป ในการทดลองใช้แบบยางที่ผ่านการสร้างแล้ว (green tire) แล้วนำเข้าเครื่องอบ (curing machine) ซึ่งมีเบ้า (mold) สลักดอกยางติดอยู่ จนอบออกมาได้เป็นเส้นยางที่ใช้งาน

7. ยางผสม หมายถึง การนำยางรีเคลมมาผสมกับยางคอมเปานด์โดยการเพิ่มอัตราส่วนของยางรีเคลม ขึ้นร้อยละ 2 ต่อครั้ง จำนวน 15 อัตราส่วน โดยมีเครื่องบดยาง

สองลูกกลิ้ง (roll) ขนาด 6 นิ้ว ทำหน้าที่ผสมทุกกระบวนการและขั้นตอนจนได้ตามมาตรฐานเป็นสูตรยางที่ต้องการ

8. ยางนอกรถจักรยานยนต์ หมายถึง ยางชั้นนอกสำหรับประกอบกับวงล้อรถจักรยานยนต์ที่ช่วยในการเคลื่อนที่และยึดหยุ่นในการขับขี่ในขณะใช้งาน

9. มาตรฐานการผลิต หมายถึง ข้อกำหนดที่ทำการตกลงระหว่างสินค้าอุตสาหกรรมยางรถจักรยานยนต์ กับลูกค้าผู้บริโภค โดยมีผลการทดสอบจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ) เป็นผู้ควบคุมคุ้มครองให้ความเป็นธรรมแก่ผู้บริโภค

10. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ หมายถึง การหาคุณสมบัติของยางผสมให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ได้แก่ ความหนืด เวลาในการสุกในแต่ละอัตราส่วน ทำการทดสอบค่าต่าง 3 ครั้ง แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

10.1 การทดสอบความหนืดของยาง หมายถึง การใช้เครื่องหาค่าของแรงที่เกิดขึ้นในการหมุนของโรเตอร์ภายในห้องเครื่องโดยใช้เวลาอุ่น 1 นาที และหมุนเป็นเวลา 4 นาที หรือสากลให้ใช้สัญลักษณ์ย่อว่า ML(1+4) 130c (การแสดงผลจะออกมาเป็นกราฟ)

10.2 การทดสอบหาเวลาในการสุกของยาง หมายถึง การใช้เครื่องทดสอบที่มีชื่อว่าเคียวลาสโตมิเตอร์ (curelastometer) หรือ รีโอมิเตอร์ (rheometer) หาค่าเวลาในการสุกของยางมีหน่วยเป็นนาที โดยนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบค่าสูงสุดต่ำสุดของเส้นกราฟ

11. คุณภาพของยางรถจักรยานยนต์ หมายถึง ข้อตกลงที่มีขึ้นระหว่างผู้ผลิต กับผู้ใช้หรือลูกค้าที่ใช้แล้วดีที่สุดนำมาเขียนเป็นกฎเกณฑ์ในการตรวจสอบ ซึ่งได้แก่

11.1 ลักษณะภายนอก หมายถึง โครงสร้างชั้นนอกสำหรับใช้กับวงล้อรถจักรยานยนต์ ในโครงสร้างชั้นนอกจะประกอบด้วยดอกยาง แก้มยาง ขอบยาง และชั้นผ้าใบ

11.2 พลังงานทำลาย หมายถึง การนำยางประกอบกับวงล้อ และสูบลมเข้าเครื่องกดที่มีหัวกดทำด้วยเหล็กกล้ารูปทรงกระบอก และกดด้วยความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที เริ่มวัดระยะที่หัวกดเคลื่อนที่ขณะที่เกิดแรงกดบนดอกยางให้วัดแรงกด สูงสุดที่เกิดการแตกทำลายของยางและวัดค่าในการทดสอบถึง 3 จุดในยางหนึ่งเส้น

11.3 การทดสอบความคงทนและความทนทาน หมายถึง การนำยางประกอบกับวงล้อสูบลมให้มีความสัมพันธ์กัน แล้วนำเข้าเครื่องซึ่งมีเพลา โดยให้แนวแรงตั้งฉากกับผิวสัมผัสและผ่านจุดศูนย์กลางของล้อทดสอบ ซึ่งเกิดจากน้ำหนักการบรรทุกสูงสุด หมุนล้อด้วยความเร็ว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นเวลาและระยะทางตามที่กำหนดในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม

12. มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 682-2530) หมายถึง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางนอกรถจักรยานยนต์ (standard for motorcycle tyres) ออกตามความ

ในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมฉบับที่ 1134 (พศ.2530) โดยกระทรวงอุตสาหกรรม

สมมุติฐานงานวิจัย

ยางรีเดลม เมื่อนำมาผสม กับยางคอมเปานด์ ตามอัตราส่วนที่กำหนดขึ้น จะได้ยางผสมที่สามารถนำมาผลิตยางรถจักรยานยนต์ และผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 682-2530)

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้งานวิจัยทดลองครั้งนี้ได้บรรลุตามจุดมุ่งหมาย ผู้วิจัยได้รวบรวมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องในเรื่องของวิวัฒนาการด้านอุตสาหกรรมยาง กรรมวิธีการทำยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ แสดงกรรมวิธีการผลิตยางรีเคลม อัตราส่วนผสมของสารเคมีที่มาเป็นยางคอมเปานด์ ขั้นตอนในกระบวนการผลิตยางรถจักรยานยนต์ รวมถึงมาตรฐานการทดสอบที่ใช้ควบคุมผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมยาง เพื่อให้ได้คุณภาพตามที่กำหนด และที่สำคัญก็คือการมีส่วนร่วมเผยแพร่ข้อมูลการวิจัยที่ช่วยในการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรมยาง เป็นตัวอย่างที่ดีในความรับผิดชอบต่อสังคม ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการศึกษาวิจัย ดังต่อไปนี้

1. วิวัฒนาการของอุตสาหกรรมยาง
2. ยางธรรมชาติ
3. ยางสังเคราะห์
4. ยางรีเคลม
5. สารเคมีที่ใช้ในการผสมยาง
6. ทฤษฎีการผสมยางและการใช้เครื่องผสมยาง
7. กระบวนการผลิตยางรถจักรยานยนต์
8. มาตรฐานการผลิตและการทดสอบ
9. การลดต้นทุนในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมยางรถจักรยานยนต์
10. ยางกับสภาพแวดล้อม
11. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. วิวัฒนาการของอุตสาหกรรมยาง

อุตสาหกรรมยางมีต้นกำเนิด และพัฒนาอยู่ในประเทศที่มีความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ได้แก่ ยุโรป สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น ชาวพื้นเมืองในอเมริกากลางได้รู้จักการนำน้ำยางมาใช้ทำรองเท้า ทำหมวกและเครื่องเล่นกีฬา โรงงานแห่งแรกเกิดขึ้นที่เมืองแฮนคอด ของกรุงลอนดอนในปีคริสตศักราช 1820 ทำการผลิตสายรัดถุงเท้า และยางรัดเอว ต่อมา ชาร์ลส์ กู๊ดเยียร์ (Charles Goodyear) กับ โทมัส แฮนคอค (Thomas Hancock) เป็นผู้ค้นพบกระบวนการวัลคาไนซ์เป็นครั้งแรก และในช่วงปีต่อมาชาวฝรั่งเศสได้รู้จักการใช้กำมะถันทำให้

ยางเป็นสีเหลือง ซึ่งจะมีการหลอมละลายให้เกิดความแข็งแรงขึ้น จากที่กล่าวมาจึงเป็นการวิวัฒนาการของอุตสาหกรรมยาง หลังจากนั้นได้มีการปลูกต้นยางพารากันเพิ่มขึ้น เพื่อนำน้ำยางดิบทั้งที่เป็นยางแห้ง และน้ำยางข้นมาแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์ เป็นการเพิ่มมูลค่าในด้านราคาของยางพารา อุตสาหกรรมยางที่มีการวิวัฒนาการมีอยู่ด้วยกัน 9 ประเภท คือ อุตสาหกรรมยางฟองน้ำ อุตสาหกรรมยางรัดเอว อุตสาหกรรมถุงมือยาง อุตสาหกรรมการผลิตยางนอกรถจักรยานยนต์ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ อุตสาหกรรมด้านอุปกรณ์กีฬา อุตสาหกรรมผลิตท่อและยางอัดพื้น อุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์และของใช้ทั่วไป ในระยะหลังได้มีการคิดค้นเพื่อนำยางที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่เรียกว่า "ยางรีเคลม" ซึ่งเริ่มต้นมาตั้งแต่คริสตศักราช 1844 จนถึงปัจจุบัน จะเห็นได้ว่ายางมีวิวัฒนาการมาเป็นเวลานาน และได้มีการคิดในการศึกษาวิจัยอยู่อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ผู้วิจัยเห็นว่ายางคอมเปานด์รีเคลมนี้สามารถดำเนินการและพัฒนาต่อไปได้โดยเฉพาะการนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และความคุ้มค่าให้ได้มากที่สุด (บุญธรรม นิธิอุทัย และปรีชา ป้องภัย. 2531 : 3)

2. ยางธรรมชาติ

วัตถุดิบที่เป็นยางธรรมชาติได้จากการกรีดจากต้นยางพารา ให้ผลผลิตออกมาในรูปของเหลวมีสีขาวคล้ายน้ำนม หลังจากนั้นนำน้ำยางสดมาทำให้มีการจับตัวโดยใช้สารเคมีและได้มีการผลิตออกมาจำหน่ายในรูปแบบผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ยางแท่งทีทีอาร์ ยางแผ่นรมควัน ยางเครพ (crapes) และน้ำยางข้น

บุญธรรม นิธิอุทัย (2531 : 14) ได้กล่าวว่า ยางธรรมชาติได้มาจากการกรีดต้นยางพาราผลผลิตออกมาในรูปของเหลวมีสีคล้ายน้ำนม เรียกกันว่า "น้ำยางสด" ซึ่งมีเนื้อยางประมาณร้อยละ 25 ถึงร้อยละ 45 ตามแต่ละชนิดของสายพันธุ์ยาง อายุต้นยาง และฤดูกาล ยางธรรมชาติได้มีการจัดจำหน่าย แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบใหญ่ๆ คือ น้ำยาง และยางแห้ง น้ำยางสดจะมีข้อเสีย คือ มีน้ำเป็นส่วนผสมจำนวนมากไป ไม่เหมาะกับการทำผลิตภัณฑ์ และเปลืองค่าใช้จ่ายในการขนส่ง บูดเน่าได้ง่าย ต้องมีการเก็บรักษาอย่างดี น้ำยางสดเหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์ที่มีการระเหยออกได้ดี เช่น ลูกโป่ง ถุงมือการแพทย์ ยางยืด ถุงยางอนามัย หัวนม ตุ๊กตา เบ้าหล่อปูนพลาสเตอร์ ยางฟองน้ำ ที่นอนต่างๆ ส่วนยางแห้งแบ่งออกเป็น ยางแผ่น ยางเครพ และยางแท่ง

ยางแผ่น มีกรรมวิธีการทำมาจากน้ำยางดังนี้ ใส่ลงในตะกง เจือน้ำ และใส่น้ำกรดให้ยางแยกตัว หลังจากนั้นนำไปรีดให้เป็นแผ่น นำไปล้างน้ำ และทำให้แห้งโดยใช้ควันไฟรม จึงมีชื่อเรียกกันทั่วไปว่า "ยางแผ่นรมควัน" แบ่งออกเป็นชั้นๆ ตั้งแต่ชั้นที่ 1 จนถึงชั้นที่ 5

ยางเครพ เป็นยางที่ทำมาจากเศษยางกันถ้วย เศษยางติดเปลือกไม้ โดยวิธีการนำยางมารีดในเครื่องเครพ และใช้น้ำล้างสิ่งสกปรกออก แล้วนำออกไปพึ่งลมให้แห้งเพื่อป้องกันเชื้อรา และเป็นการรักษาคุณภาพ

ยางแท่ง เป็นการนำยางผลิตขึ้นโดยทำให้อยู่ในรูปก้อนเล็กๆ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 มิลลิเมตร เพื่อให้ง่ายต่อการชะล้างสิ่งสกปรกออกและง่ายต่อการทำให้แห้ง นำมาอัดให้ได้แท่งตามมาตรฐาน 330×670×150-180 มิลลิเมตร หนัก 33.33 กิโลกรัม ต่อยาง 30 แท่งจะเท่ากับ 1 ตัน การแบ่งระดับคุณภาพของยางแท่งโดยยึดหลักของความสกปรกที่ผสมอยู่แบ่งออกเป็นเรื่องของ เถ้า ดรรชนีความอ่อนตัว ความต้านทานต่อการเสื่อมสลายตามมาตรฐานของยางแท่งที่ใช้กันอยู่ในประเทศ มีชื่อเรียกว่า thai tire rubber (TTR) แบ่งออกเป็น TTR 5L TTR 5 TTR 10 TTR20 และ TTR 50

บุญเรือง มานะสุรการ (2534 : 12-13) ได้กล่าวไว้ว่า คุณสมบัติของยางธรรมชาติทนต่อความสึกหรอสูงและมีความทนทานต่อแรงดึงสูง เมื่อผ่านกระบวนการผลิตจะทำให้คงรูปเป็นแบบที่ต้องการ มีความคงทนต่อการฉีกขาดได้เป็นอย่างดี ในที่มีอุณหภูมิสูงยางธรรมชาติจะมีความยืดหยุ่นตัวสูง และยังระบายความร้อนได้ดีอีกด้วย จึงเหมาะกับอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์ที่ต้องการรับน้ำหนักมากเป็นพิเศษ เพราะมีคุณสมบัติติดกันได้ดี ในการที่จะทำผลิตภัณฑ์หลายๆชิ้นส่วน และยังเข้ากับสารตัวเติมได้ทุกประเภท ตั้งแต่แคลเซียมคาร์บอเนต ไปจนถึงเขม่าดำหรือซิลิกา ในการทดลองครั้งนี้ยางธรรมชาติที่ได้นำมาใช้ ได้แก่ ทีทีอาร์ เบอร์ 20 (TTR 20) เป็นยางแท่งชั้นดีที่ผลิตมาจากยางข้น จากต้นยางธรรมชาตินำมาจับตัวด้วยกรดฟอร์มิก กรดอซิติก แล้วนำมาอัดให้เป็นแท่ง ซึ่งมีคุณสมบัติต่อแรงดึงสูง มีความยืดหยุ่นตัวสูง ต้านทานต่อการฉีกขาด ต้านทานต่อการสึกหรอต่อการใช้งานได้ดี แต่มีผลเสียคือ ไม่ทนต่อสภาวะอากาศ ไม่ทนต่อน้ำมันทุกชนิด โดยทั่วไปจะนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตยางรถยนต์เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ

3. ยางสังเคราะห์

ยางสังเคราะห์ เป็นยางที่ใช้แทนยางธรรมชาติ ได้ทำการผลิตขึ้นในระยะเวลา 45 ปีที่ผ่านมาด้วยเหตุผลการขยายตัวของอุตสาหกรรมยางรถยนต์ ทำให้ยางธรรมชาติ มีปริมาณที่ไม่เพียงพอกับความต้องการ ซึ่งได้มีการศึกษาหาคุณสมบัติที่สามารถนำมาเป็นคุณสมบัติพิเศษใช้แทนตัวยางที่ยางธรรมชาติไม่มี ยางสังเคราะห์ในปัจจุบันจึงมีมากมายหลายชนิด แบ่งออกเป็นหมวดหมู่ตามลักษณะโครงสร้างทางเคมี ได้แก่ ชนิดทั่วๆไป ชนิดทนต่อน้ำมัน และชนิดพิเศษ

บุญเรือง มานะสุรการ (2534 : 13) ได้กล่าวไว้ในข้อมูลของการวิจัยว่า ยางสังเคราะห์ในแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัว ดังนั้นในการนำยางสังเคราะห์ไปผสมกับยางธรรมชาติ เพื่อใช้ในการผลิตยางรถยนต์หรือยางรถจักรยานยนต์ก็ตาม ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติให้มากที่สุดเพราะสิ่งที่สำคัญในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามที่ต้องการ เช่นมีความต้านทานต่อ ออกซิเจน และโอโซนภายนอกที่มีความร้อนสูง

พรพรรณ นิธิอุทัย (2528 : 3-4) ได้กล่าวไว้ว่า ยางเอส บี อาร์ เป็นยางสังเคราะห์ที่ใช้กันมาก ซึ่งมีที่มาจากผลงานวิจัยของรัฐบาลเยอรมัน เพื่อทดแทนการนำเข้าจากยาง-ธรรมชาติในช่วงเกิดภาวะสงคราม ยางสังเคราะห์ เอส บี อาร์ มีชื่อทางการค้าว่า "buna S" ได้มีการผลิตขึ้นเป็นครั้งแรกที่ห้องวิจัยของ I.G.farben industries โดย Bock และ T.schnker

ยางสังเคราะห์ เอส บี อาร์ เป็นยางที่คล้ายคลึงกับยางธรรมชาติมากที่สุด โดยมีคุณสมบัติทั่วไป เช่น มีความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 0.93 มีความต้านทานต่อแรงดึง (tensile strenght , TS) อยู่ในค่าประมาณระหว่าง 400-500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ดังนั้นการที่จะนำยางสังเคราะห์ชนิด ยางเอส บี อาร์ ไปใช้งาน ต้องรู้คุณสมบัติและหาสารตัวเติม เช่น เขม่าดำ (HAF SO) เพื่อให้ได้คุณสมบัติในการนำไปใช้งานได้ที่ดีที่สุด

4. ยางรีเคลม

ยางรีเคลม เป็นยางอีกชนิดหนึ่งที่ทำมาจากยางที่ผ่านกระบวนการวัลคาไนซ์แล้วเอามาใช้งานใหม่โดยวิธีการแยกโมเลกุลออกเป็นชิ้นเล็กๆ ตามกระบวนการผลิตทุกขั้นตอนจนได้ยางรีเคลมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับนำไปใช้งาน

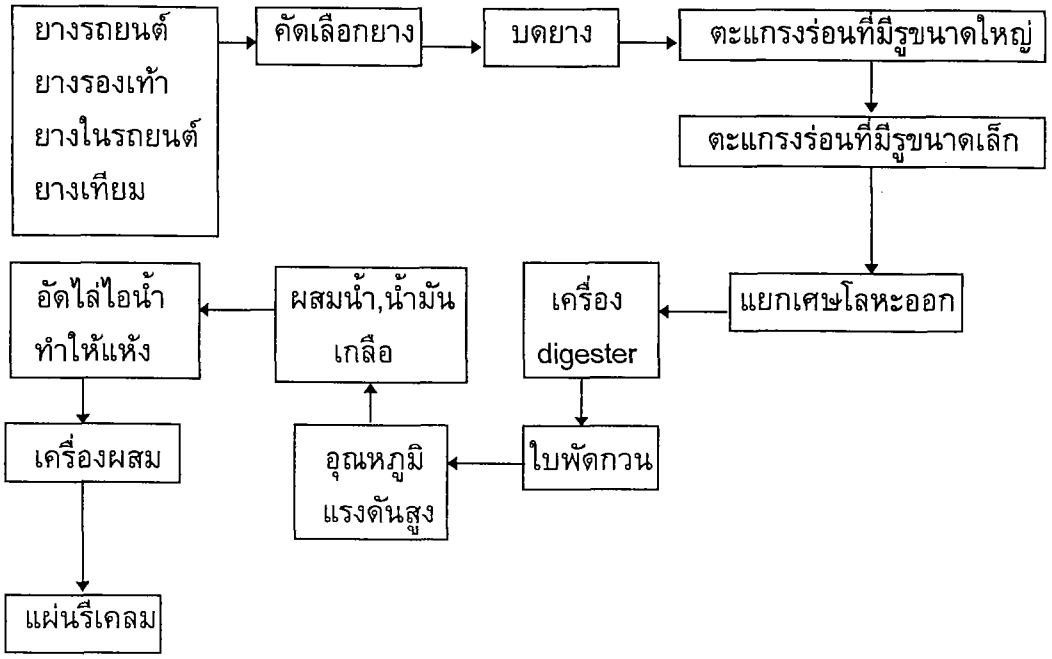
พรพรรณ นิธิอุทัย (2528 : 325-328) ได้กล่าวไว้ว่า ยางรีเคลม หมายถึง ยางที่วัลคาไนซ์แล้วนำกลับมาผ่านขบวนการให้ยางนั้นมาใช้ใหม่ได้อีก ดังนั้นยางที่วัลคาไนซ์แล้วนำกลับมาใช้ทำยางรีเคลมนั้นจะเป็นผลิตภัณฑ์ยางต่างๆ ได้แก่ ยางรถยนต์ ยางรถจักรยานยนต์ และยางในรถยนต์ทุกชนิด ยางรองเท้า และยางเทียมอื่นๆ

กระบวนการทำยางรีเคลมเป็นการทำให้โมเลกุลของยางที่ใช้แล้วแตกออกเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก เมื่อโมเลกุลของยางเล็กลงก็สามารถนำไปผสมกับสารเคมีแล้วจึงไปวัลคาไนซ์ใหม่ได้อีก การทำยางรีเคลมนั้นเริ่มต้นทำมาตั้งแต่สมัยกู๊ดเยียร์ (คริสตศักราช 1844) และมีวิวัฒนาการในการปรับปรุงและพัฒนาดังต่อไปนี้ กระบวนการ the heater หรือ pan - process ปี ค.ศ.1858 โดย ไฮแรม เอช.ฮอลล์ (Hiram H.Hall) ต่อมาเป็นกระบวนการ mitchell 's digester process ปี ค.ศ.1866 โดย เอ็น.แชพแมน มิเชล (N.Chapman Mitchell) เป็นการใช้กรดเป็นตัวทำลายเส้นใยที่มีมาปนกับยาง กระบวนการนี้เรียกว่า acid process

ในปี ค.ศ.1899 โดยอาเธอร์ เอช.มาร์ค (Arthur H.Marks) ได้ค้นพบกระบวนการ alkali - process โดยการใช้ด่าง เป็นตัวทำลายเส้นใยที่มีมาปนกับยาง บางทีเรียกว่า digester process แต่ต่างกันเฉพาะใช้ด่างแทนกรดเท่านั้น ส่วนกระบวนการ reclaimator หรือ screw process ในปี ค.ศ.1946 ผลิตโดยบริษัท U.S rubber reclaiming วิธีนี้ใช้ระยะเวลาสั้นเพียง 30 นาทีแทนที่จะเป็น 6 ชั่วโมงยางรีเคลมมีกระบวนการทำในรูปของขั้นตอนการผลิต ดังนี้ กระบวนการ digester กระบวนการ heater process (หรือ pan process) และกระบวนการ reclaimator process (พรพรรณ นิธิอุทัย. 2528 : 326-335)

4.1 กระบวนการ digester

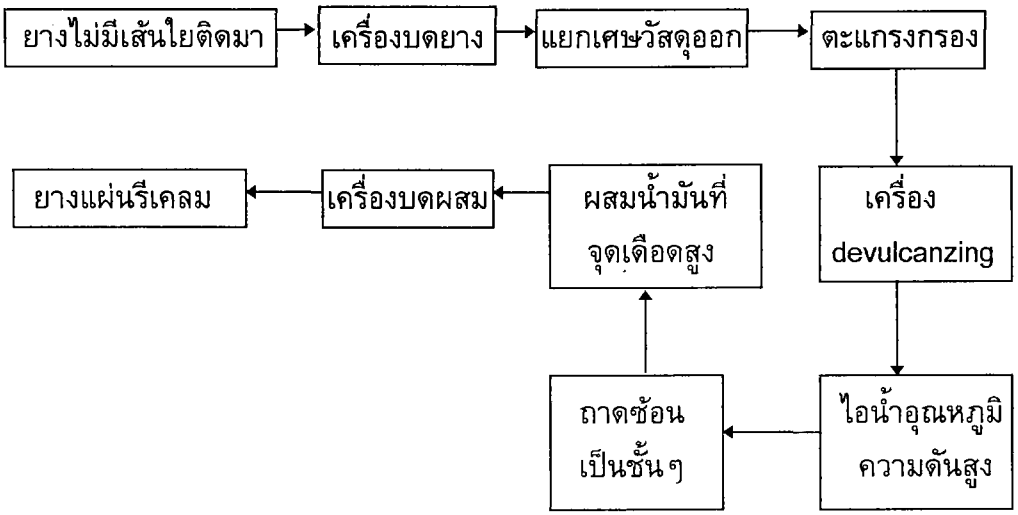
กระบวนการ digester ใช้กรดซัลฟูริกในการทำลายเส้นใยเซลลูโลส เหมาะสำหรับใช้กับยางธรรมชาติที่มีกำมะถันอยู่น้อย แต่การทำลายหรือละลายกำมะถันต้องใช้ด่าง (NaOH) และปัจจุบันนิยมใช้สารตัวเร่งอินทรีย์ (organic accelerator) จะทำให้การใช้กำมะถันในการวัลคาไนซ์ลดปริมาณลง ในกรรมวิธีนี้จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ การคัดเลือกยาง บดยาง และนำผ่านตะแกรงร่อนขนาด เพื่อลำเลียงผ่านสายพานที่มีแม่เหล็กคอยดูดเอาเศษโลหะออก และจะนำส่งเข้าเครื่อง digester โดยมีการเติมน้ำ น้ำมัน และเกลือในอัตราส่วนที่เหมาะสม ภายในเครื่องจะมีตัวกวนติดอยู่ภายใน และมีอุณหภูมิถึง 200 องศาเซลเซียส ความดัน 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ยางเมื่อได้รับความร้อนก็จะไม่มีเส้นใยหลงเหลืออยู่ และแยกเอาไอของน้ำมันออกไป นำยางไปล้างบนตะแกรงเขย่าจนสะอาด แล้วส่งเข้าเครื่องอัดไล่น้ำออก ส่งเข้าเครื่องอบแห้ง และเข้าเครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง นำยางที่แห้งมาผสมคละเคล้ากัน ใส่สารเคมีบางตัวเข้าไป ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่จะควบคุมคุณภาพของยางรีเคลม โดยการตรวจสอบความถ่วงจำเพาะ เพื่อให้ได้ยางที่มีคุณภาพดีที่สุด และผลผลิตสูงสุด หลังจากออกจากลูกกลิ้งจะผ่านเครื่องกรอง (strainer) ลักษณะเป็นแบบเครื่องเอ็กซ์ทรูดที่ตอนปลายมีตะแกรงยางที่ไหลออกมาจะเป็นแผ่นบาง ๆหนัก 15 กิโลกรัม โดยมีแป้งโรยเพื่อ กันยางติดกันในระหว่างการผลิต ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงกระบวนการทำยางรีเครม แบบ digester process
(พรพรรณ นิธิอุทัย. 2528 : 326-330)

4.2 กระบวนการ heater process หรือ pan process

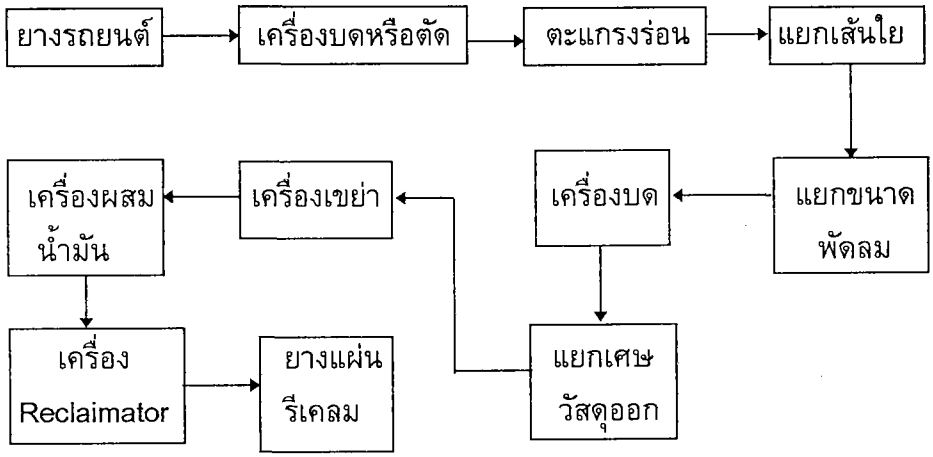
เป็นกระบวนการที่นำเอายางประเภทที่ไม่มีเส้นใยติดมาใช้ในการทำยางรีเคลม ต่อมาคือการบดให้มีขนาดเล็กลง และนำยางไปผสมกับน้ำมัน ต้องเป็นการผสมอยู่ในถาดซึ่งซ้อนกันอยู่เป็นชั้น เพื่อใส่เข้าไปในเครื่องออโต้เคลพ (autoclave) จะมีลักษณะเป็นไอน้ำที่มีอุณหภูมิ และความดันสูง 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ส่งเข้าเครื่องบด และเครื่องรีทินนิ่ง (retining) ต่อไป ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงขั้นตอนกระบวนการทำยางรีเคลมโดยวิธี heater หรือ pan process (พรพรรณ นิธิอุทัย. 2528 : 331-332)

4.3 กระบวนการ reclaimator process

กระบวนการนี้ใช้วิธีการที่ไม่เหมือนขั้นตอนกระบวนการอื่นๆ ซึ่งจะเป็นแบบอัตโนมัติ และสิ้นสุดภายใน 30 นาที เป็นกระบวนการทำแบบแห้ง ไม่มีการใช้น้ำหรือไอน้ำมันมาสัมผัสกับยาง การบดจะเปลี่ยนรูปยางให้เป็นผง โดยใช้เครื่องจักรรีเคลมเมเตอร์ (reclaimator machine) เป็นการใช้พลังงานแบบเชิงกลเพื่อให้ยางนิ่มลง ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงขั้นตอนกระบวนการทำยางรีเคลมแบบ reclaimator process (พรพรรณ นิธิอุทัย. 2528 : 333-336)

5. สารเคมีที่ใช้ในการผสมยาง

5.1 สารเคมีที่ใช้ในการทำยางรีเคลม ในการทำยางรีเคลมจะใช้สารเคมีเข้าเป็นส่วนผสมเพื่อให้โครงสร้างที่ออกมาสมบูรณ์มากที่สุดใกล้เคียงกับยางธรรมชาติ ถ้าไม่ใช้จะทำให้ยางนั้นแห้ง แข็ง และเปราะมากขึ้น เช่น น้ำมันพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) จะทำหน้าที่เป็นสารทำให้ยางพองตัวออก คือ การทำให้โมเลกุลของยางแตกออกได้ง่ายขึ้น สารที่ใช้เป็นพลาสติกไซเซอร์ ได้แก่ เทอร์ปีน (terpenes) แนพทา (naphthas) อินเดน (inden) และไดโซโคลเพนตาไดอีน (dicyclopentadien) ส่วนแทกคิไฟเออร์ เป็นสารที่ช่วยให้การแปรรูปของยางเหนียว และนุ่ม รีเคลมมิ่ง เอเจนต์เป็นสารเพิ่มประสิทธิภาพ (พรพรรณ นิธิอุทัย. 2528 : 336)

5.2 สารเคมีที่ใช้ในการทำยางคอมเปานด์ ประกอบด้วยส่วนประกอบดังต่อไปนี้

5.2.1 ดูเทร็กซ์ (dutrex 737) เป็นชื่อทางการค้าของน้ำมัน ใช้ในการผสมในยาง เป็นพวกอโรมาติกออยล์ จุดประสงค์หลักเพื่อช่วยในกระบวนการแปรรูป ทำให้สารเคมีทุกส่วนเข้ากันได้ดี หรือเป็นตัวเชื่อมในการผสมสารเคมีที่ใช้ผลิตออกมาเป็นยางคอมเปานด์ สามารถกระจายได้ทั่วถึง และยังช่วยในการเคลือบผิวป้องกันโอโซน และออกซิเจนในการทำปฏิกิริยาที่ส่งผลในการแปรเปลี่ยนสภาพของยางได้ง่าย

5.2.2 HAF เป็นชื่อทางการค้าได้หลายชนิด ขึ้นอยู่กับบริษัทที่ผลิต เช่น HAF 300 เป็นสารจำพวกตัวเติม (filler) หรือที่รู้จักกันดีว่า เขม่าดำ (carbon black) จุดประสงค์ที่ใช้ในการผสมเป็นการเพิ่มปริมาณในกระบวนการผลิต และมีสีดำที่เหมาะในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมยางรถยนต์ และยังช่วยในการลดต้นทุนในการผลิต เนื่องจากสารเขม่าดำมีราคาถูก

5.2.3 ZnO มีชื่อเรียกว่า ซิงค์ออกไซด์ มีคุณสมบัติทางเคมี เป็นสารกระตุ้น (activator) ในการผสมจะช่วยให้กระตุ้นสารตัวเร่งให้ทำงาน ช่วยให้เวลาในการสุกของยางตรงตามที่กำหนด หรือเรียกว่าการวัลคาไนซ์เซชัน (vulcanization) ช่วยให้ได้เวลาในการอบ (curetime) ตามมาตรฐานในการทำผลิตภัณฑ์

5.2.4 สเตียริค เอซิด (stearic acid) เป็นสารที่ช่วยในการกระตุ้น หรือการเข้าไปเร่งในการผสม ให้สารเคมีกระจายตัวในการแปรรูป เนื่องจากยางบางครั้งอาจไม่ vulcanization ได้ตามที่ต้องการ

5.2.5 RD-F มีชื่อเต็มว่า N-phenyl-B-naphtlamine เป็นสาร antioxidant ใช้ในการผสมยางเพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ป้องกันการหักงอ ป้องกันการเสื่อมสภาพ เมื่อใช้งานที่มีอุณหภูมิสูง และช่วยในการแปรรูปให้ยางนิ่มลง

5.2.6 3C (IPPD) มีชื่อเต็มว่า N-phenyl-N-isopropyl-p-phenyl enediamine เป็นสารจำพวก antioxidant และสาร antiozonant เพื่อใช้ในการป้องกันการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และป้องกันการทำปฏิกิริยากับโอโซน ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีการเคลื่อนไหวบ่อยๆ ป้องกันการแตกหรือหักงอของผลิตภัณฑ์นั้น ป้องกันการเสื่อมสภาพ

5.2.7 OZ (654) มีชื่อเต็มว่า microcrystalline wax เป็นพวก parafin wax ใช้ในการผสมเพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยากับโอโซน จะเป็นผลึกที่มีขนาดเล็กช่วยในการเคลือบผิวยาง ทำให้การใช้งานมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

5.2.8 ซันโตเฟลกซ์ (santoflex) 13 มีชื่อเต็มว่า 6PPD : n-phenyl-N-1,3-dimethylbuthyl-P-phenylene dimer เป็นสารพวก antiozonant เพื่อป้องกันการหักงอ ป้องกันการเสื่อมสภาพ

5.2.9 DPG มีชื่อเต็มว่า diphnyl guanidine เป็นสาร accelerator (ตัวเร่ง) เป็นการช่วยในการกระตุ้นให้สารตัวอื่นทำปฏิกิริยาเร็วขึ้น เป็นตัวเร่งเสริมจำพวก tetraethyl thiourea dithiocarbamate ช่วยในการ vulcanization ได้ตามที่ต้องการ

5.3 สารที่ใช้ในการผสมยางแบ่งออกเป็น 6 ชนิด ได้แก่

5.3.1 สารกระตุ้น มีชื่อเรียกที่รู้จักกันว่า ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) และกรดสเตียริค เอซิด

5.3.2 สารตัวเร่ง แบ่งออกย่อยได้อีก 4 ชนิด คือ สารตัวเร่งความเร็วสูง ได้แก่ กลุ่มแซนแทตใช้กับอุตสาหกรรมน้ำยาง สารตัวเร่งสูงปานกลาง ได้แก่ TS, TT, TRA, DM, MBT สารตัวเร่งความเร็วปานกลาง ได้แก่ CZ, MOR สารตัวเร่งความเร็วช้า ได้แก่ DPG เป็นต้น

5.3.3 สารที่ช่วยในการทำให้ยางสุก เวลาในการสุกของยางมีผลต่อกระบวนการผลิตสินค้าขึ้นรูปทำผลิตภัณฑ์จึงต้องมีการใช้สารเคมี ได้แก่ กำมะถัน ชนิด S มีการผสมที่น้อยส่วน SX จะมีความเข้มข้นที่มากกว่า ใช้ในยางทั่วไป เปอร์ออกไซด์อยู่ที่ ร้อยละ 90 โลหะออกไซด์ และเรซิน เช่น tackirol 250-1 เป็นต้น

5.3.4 สารตัวเติม ได้มีการแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ สารตัวเติมที่มีสีดำ เช่นผงคาร์บอน ได้แก่ HAF (N-330) ทนต่อการสึกหรอ หรือผงคาร์บอนชนิด FFF (N-550) ช่วยให้ยางถูกรีดออกมาได้อย่างสม่ำเสมอ สารตัวเติมที่เป็นสีขาว ได้แก่ แคลเซียม-คาร์บอเนตเช่น Ycc , novelight-TT หรือไชน่าเคลย์ (clay) หรือซิลิกา (silica)

5.3.5 น้ำมัน ที่ใช้ในการผสมยาง จัดแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันที่มีความไม่อิ่มตัวได้แก่ น้ำมัน ดูเทร็กซ์ 737 และ BXA , DOP น้ำมันกึ่งไม่อิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ได้แก่ oil # 100 , flexon # 641 น้ำมันที่มีความอิ่มตัว ได้แก่ flexon # 845

5.3.6 สารเคมีชนิดอื่นๆมีวิธีจัดจำแนกออกได้ดังนี้ คือ สารที่ใช้ผสมในการ

เปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลในการขึ้นรูป มีคุณสมบัติช่วยให้ยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์ผสมกันได้ง่ายยิ่งขึ้น ช่วยให้สารเคมีผสมเข้ากันได้ดีในการผลิต เป็นสารป้องกันการเสื่อมเนื่องจากความร้อนและแสงสว่างหรือแสงแดด ป้องกันการหักงอในการใช้งาน ช่วยในการทำให้อายุการใช้งานนั้นนานขึ้น สารชนิดนี้ได้แก่ 3C (IPPD) 6PPD (santofrlex#13) RD-F และขี้ผึ้ง (paraffin waxes) สารที่ใช้ยืดเวลาในการสุกของยางให้มากยิ่งขึ้น ได้แก่ B/C และ PVI สารเคมีที่ช่วยให้เกิดรูพรุนในยางเมื่อถูกความร้อน เช่น ยางฟองน้ำ ได้แก่ cellmic-s cellmic-ci สารเคมีที่ทำให้แยกในการผลิตเป็นสีต่าง ๆในการใช้งาน เช่น TiO_2 จะให้ออกมาเป็นสีขาว นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอื่น ๆเพิ่มเติมแล้วแต่ความต้องการในการใช้งาน เช่น สารลดในการที่ทำให้ไฟติดได้ง่าย สารที่ให้ยางมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็ก

6. ทฤษฎีการผสมยางและการใช้เครื่องผสมยาง

โทมัส แฮนคอค (Thomas Hancock) ได้มีการค้นพบปรากฏการณ์ที่เรียกว่า มาสติเคชั่น (mastication) คือ การบดยางโดยใช้เครื่องมือเป็นตัวนวดยางก่อน ลักษณะเครื่องประกอบด้วย โลหะทรงกระบอกติดปลายแหลมเป็นซี่ ๆโดยรอบ ซึ่งเป็นที่มาของแนวคิดการสร้างเครื่องผสมยางแบบปิด (internal mixer)

เฟรนลีย์ เอช. แบนบิวรี (Frenley H. Banbury) แบนบิวรีซึ่งเป็นชาวอเมริกันได้ประดิษฐ์เครื่องจักรในการผสมยางที่เป็นเครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง (mill) เป็นที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลาย (พรพรรณ นิธิอุทัย. 2528 : 7-8)

บุญเรือง มานะสุรการ (2534 : 17) ได้กล่าวไว้ในงานวิจัยว่า เครื่องผสมยางแบบปิด (internal mixer) คือ เครื่องมือที่ใช้ในการผสมยางและสารเคมีต่าง ๆให้คลุกเคล้าเข้ากัน และมีการแตกตัวกระจาย ของสารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง (two roll mill) เป็นเครื่องที่ใช้ฉีกโมเลกุลของยางให้ขาดออกจากกัน เป็นชิ้นเล็กโดยมีผลทำให้ยางนิ่มลงจนสามารถนำยางไปแปรรูปได้ตามที่ต้องการ ซึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม การผสมยางเป็นขั้นตอนแรกที่ต้องมีการควบคุม

บุญธรรม นิธิอุทัย และปรีชา ป้องภัย (2530 : 40-41) ได้กล่าวถึงทฤษฎีของการผสมยางไว้ว่า การผสมเป็นขั้นตอนในการแปรรูปยาง ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ และองค์ประกอบทางเคมี โดยใช้เครื่องบดสองลูกกลิ้งเป็นเครื่องผสมจากการนำวัตถุดิบเข้าไป มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อให้สารเคมีต่าง ๆเข้ากับยางได้ดีที่สุด โดยใช้ระยะเวลาสั้นที่เกิดคุณภาพ และใช้พลังงานน้อยที่สุด เริ่มต้นด้วยการนำสารเคมีใส่เข้าไปในยางอาจเป็นตัวเติม (filler) สารเคมีที่ใช้เป็นตัวช่วยทำให้เกิดการวัลคาไนซ์ (vulcanizing agent) เพื่อให้เกิดคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น คุณภาพ คือ คุณสมบัติและปริมาณของยาง และสารเคมีที่นำมา

ผสม เช่น ชนิดของยาง น้ำหนักโมเลกุล ชนิดของสารตัวเติม ชนิดของปริมาณน้ำมันที่ใช้ต่อสัดส่วนของสารเคมี คุณภาพการออกแบบเครื่องผสม ระยะห่างระหว่างของโรเตอร์ คุณภาพในการควบคุมตัวแปรอื่นๆ เช่น ระดับอุณหภูมิของการผสม ความเร็วของโรเตอร์ที่ใช้ ขนาดของแรงกดลำดับของยางและสารเคมีที่ใส่เข้าไปในเครื่อง และเวลาที่ใช้ในการผสม ซึ่งเป็นตัวแปรที่จะต้องควบคุมในการผสมยาง

กระบวนการทางกายภาพของการผสมสารเคมีเข้าไปในยางแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ การย่อยยางให้เป็นชิ้นเล็กๆ การอัดสารเคมีให้เข้าไปในเนื้อยาง และการที่สารเคมีเข้าไปในยางนั้นแผ่กระจายออกไปอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งก้อน เครื่องมือที่ใช้ในการผสมก็คือเครื่องบดยางสองลูกกลิ้งกับเครื่องผสมยางแบบปิด (internal mixer) ยางที่ผสมเคมีเข้าไปแล้วเรียกว่า ยางผสมสารเคมี (rubber compound) แต่ยางที่ผสมสารเคมีเพียงตัวเดียวหรือสองตัวมีชื่อพิเศษว่า "masterbatch" ตัวอย่างเช่น กำมะถันร้อยละ 5 หมายถึง ยางดิบที่มีกำมะถันผสมอยู่ 50 ส่วนใน compound 100 ส่วน ยางและสารเคมีที่ใช้ในการผสมจะมีอัตราส่วนที่แน่นอนตามสูตร (compound recipe) โดยทั่วไปปริมาณที่ใช้จะบอกเป็นเนื้อน้ำหนักเมื่อเทียบกับยางหนัก 100 ส่วนเรียกว่า Phr (parts per hundred rubber) น้ำหนักขององค์ประกอบ Phr นี้จะเป็นหน่วยน้ำหนักใดก็ได้ เช่น กรัม กิโลกรัม หรือปอนด์ เป็นต้น เช่น การใช้กรดสเตียริค 1 Phr จะหมายถึง ถ้ามียาง 100 กิโลกรัม ก็จะใช้กรดสเตียริค 1 กิโลกรัม เช่น สูตรยางตัวอย่างที่แสดงหน่วยเป็น Phr และบอกหน้าที่ของสารที่ใช้แต่ละตัวแสดงไว้ในตาราง 2

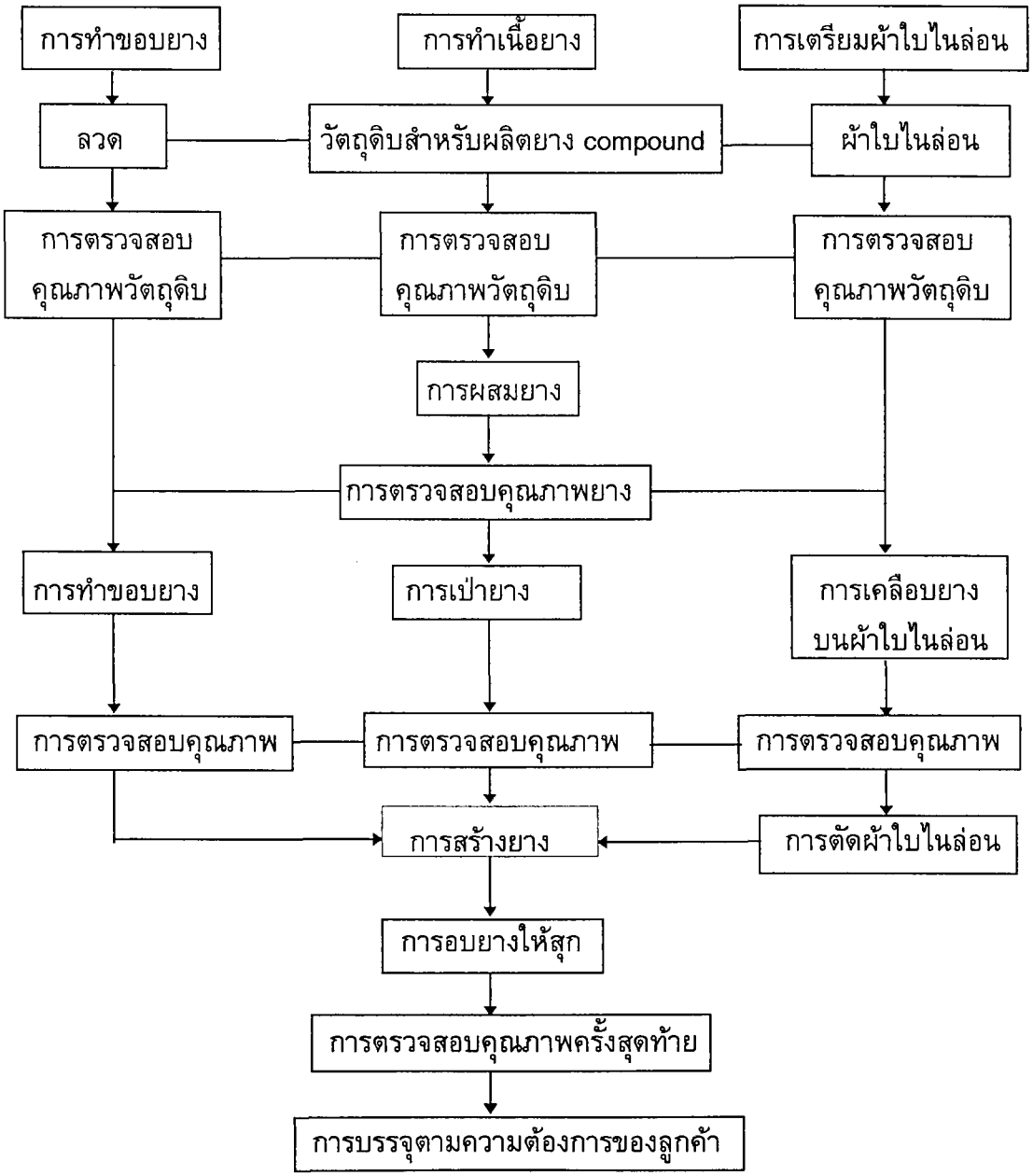
ตาราง 2 แสดงหน่วยตัวอย่าง (Phr) ของส่วนผสมและหน้าที่ในการใช้งาน

ส่วนผสม (ingredient)	เนื้อน้ำหนัก (Phr)	หน้าที่ (function)
ยางแผ่นรมควัน	100.0	elastomer
กรดสเตียริค	1.0	activator
ซิงค์ออกไซด์	5.0	activator
ZMBT	0.75	accelerator
clay	150.0	filler
flector H	1.0	antioxidant
กำมะถัน	2.5	vulcanizing agent
น้ำหนักรวม	260.25	

(บุญธรรม นิธิอุทัย และปรีชา ป้องภัย. 2530 : 41)

7. กระบวนการผลิตยางรถจักรยานยนต์

อุตสาหกรรมยางรถจักรยานยนต์ที่เริ่มเกิดขึ้นในประเทศไทยในปีพุทธศักราช 2508 ได้แก่อุตสาหกรรมยางไทยสิน ต่อมาได้เปิดดำเนินการทั้งสิ้น 14 โรงงาน (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2529 : 36-37) ในกระบวนการผลิตจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 กระบวนการผลิตยางรถจักรยานยนต์
(ณรงค์ รัตนะ และคณะ. 2526 : 10)

โดยเริ่มด้วยการผสมวัตถุดิบซึ่งประกอบด้วยยางดิบ ผงเขม่า น้ำมัน และเคมีภัณฑ์ต่างๆเข้าด้วยกัน โดยใช้เครื่องผสมยาง ผสมแล้วนำเข้าเครื่องดันยางให้เป็นส่วนของเนื้อยาง อีกส่วนหนึ่งนำไปรีดแล้วฉาบบนผืนเส้นใยทั้งสองหน้า นำผืนเส้นใยฉาบยางที่ได้ไปตัดมุมเฉียงเป็นชิ้นเล็กๆเรียกว่า ply cord สำหรับขดเส้นลวดได้จากการหุ้มยางบนเส้นลวดโดยใช้เครื่องดันยางขนาดเล็กแล้วม้วนซ้อนกันเป็นขดเส้นลวด ส่วนประกอบที่สร้างแบบยางจะถูกนำมาประกอบกันบนเหล็กทรงกระบอก โดยใช้เครื่องขึ้นรูปยาง เริ่มตั้งแต่ ply cord ทีละชั้นจนได้ตามจำนวนที่กำหนด ตามด้วยขอบเส้นลวดและเนื้อยางเป็นอันดับสุดท้ายเรียกว่า green tire จะถูกส่งเข้าเครื่องอบซึ่งมีเบ้าสลักดอกยางติดอยู่ เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผลิต แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพเพื่อการไปใช้งาน

7.1 การทำเนื้อยาง

7.1.1 การผสมยาง โดยการนำยางธรรมชาติ และยางสังเคราะห์ชนิดต่างๆ มาผสมกับเคมีภัณฑ์ต่างๆที่สำคัญ เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต คาร์บอนแบล็ค และกำมะถัน เป็นต้นโดยส่วนประกอบต่างๆจะถูกผสมกัน ในเครื่องผสมยางตามสัดส่วน และมาตรฐานที่กำหนดจากนั้นจะรีดยางที่ผสมสารเคมีเรียบร้อยแล้วให้เป็นยางแผ่นบางๆ เรียกว่า "ยางคอมเปานด์"

7.1.2 การตรวจสอบคุณภาพยาง ยางคอมเปานด์ที่ได้จะถูกนำไปตรวจสอบคุณภาพด้วยเครื่องมือที่ทันสมัย โดยจะตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพทั่วไป เช่น ความแข็ง การทดสอบแรงดึง ความถ่วงจำเพาะ การไหลตัวของยาง และการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี เช่น การทนต่อโอโซนในอากาศ อัตราการสุกของยางนอก นอกจากนี้ยังคำนึงถึงมาตรฐานผลิตภัณฑ์ตามที่ลูกค้าต้องการ เช่น การทดสอบความคงทน การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของโครงสร้างผลิตภัณฑ์เพื่อส่งต่อในการใช้งาน เป็นต้น

7.1.3 การเป่ายาง ยางคอมเปานด์จะถูกนำไปยังเครื่องเป่ายาง เพื่อสร้างเป็นเนื้อของดอกยางด้วยวิธีการเป่ายาง ซึ่งจะได้ยางส่วนที่เป็นดอกยางและแก้มยางติดกัน เครื่องเป่ายางจะทำหน้าที่คล้ายเครื่องบด ยางที่เป่าแล้วจะถูกผ่านลงในน้ำเย็น เพื่อให้ยางคืนตัวและขนาดชิ้นงานตามความยาวมาตรฐานที่กำหนด

7.2 การเตรียมผ้าใบไนล่อน

7.2.1 การเคลือบยางลงบนผ้าใบไนล่อน ผ้าใบไนล่อนจะถูกนำมาตรวจสอบคุณภาพให้ได้มาตรฐานตามที่ต้องการ จากนั้นจะผ่านเข้าเครื่องรีดยางเพื่ออัดยางคอมเปานด์ลงบนผ้าใบไนล่อนทั้งสองหน้า

7.2.2 การตัดผ้าใบไนล่อน เป็นการตัดผ้าใบไนล่อนให้ได้ชิ้นตามมาตรฐาน จากนั้นนำส่วนที่ตัดแล้วต่อกันตามความยาวม้วนใส่ไปกับผ้าใบ

7.3 การทำขอบยาง

7.3.1 การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ เส้นลวดที่นำมาทำขอบยางเป็นเส้นลวดที่มีความเหนียวแน่นทนทานเป็นพิเศษ และถูกฉาบไว้ด้วยทองแดง โดยลวดเหล่านี้จะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพก่อนที่จะนำไปให้ทำขอบยาง

7.3.2 การทำขอบยาง ลวดที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วจะถูกส่งเข้าเครื่องฉาบยาง เพื่อฉาบด้วยยางคอมเปานด์และถูกม้วนโดยวงล้อ โดยที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตามที่กำหนดจำนวนรอบที่ต้องการ แล้วถูกตัดออกจากเครื่องโดยอัตโนมัติ เมื่อได้ส่วนประกอบทั้งสามแล้ว ส่วนประกอบดังกล่าวจะถูกนำมาผ่านกระบวนการผลิต

7.4 การสร้างแบบยาง นำส่วนประกอบต่างๆ คือ ขอบยาง เนื้อยาง และผ้าใบไนล่อน มาประกอบเป็นแบบยางรถจักรยานยนต์ โดยแบบยางจะถูกประกอบขึ้นบนเครื่องสร้างยางซึ่งมีลักษะณะเหมือนวงล้อตามขนาดที่กำหนด ในการสร้างแบบยางนี้ ผ้าใบจะถูกวางทับกันเป็นชั้นๆ และพับขอบลวดเข้าหากัน หลังจากนั้นนำเนื้อยางในส่วนที่เป็นดอกยางกับแกล้มยาง มาประกอบเข้าด้วยกันเป็นแบบยาง

7.5 การอบยางให้สุก

ยางที่สร้างแล้วจะถูกใส่ลงในแบบพิมพ์ แบบพิมพ์ดังกล่าวจะถูกปิด และอัดจนมีรูปร่างเหมือนยางรถจักรยานยนต์ที่เห็นโดยทั่วไป กระบวนการจะถูกอบด้วยความร้อนจากไอน้ำหรือที่เรียกกันว่าสตรีม จะเข้าในแม่พิมพ์ซึ่งจะทำให้เนื้อยางสุก และไหลเต็มแบบพิมพ์ โดยระยะเวลาที่อบจะขึ้นอยู่กับประเภทของยางที่เป็นมาตรฐานตามที่กำหนดไว้

7.6 การตรวจสอบคุณภาพยางครั้งสุดท้าย

ยางทุกเส้นจะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพอย่างละเอียดเพื่อให้ได้มาตรฐานที่กำหนดไว้ นอกจากนั้นยังมีการสุ่มตัวอย่างยางเพื่อนำไปทดสอบที่ห้องปฏิบัติการ โดยการตรวจสอบคุณสมบัติของยางด้วยเครื่องมือที่ทันสมัย รวมทั้งมีการทดสอบยางบนถนนจำลองที่ได้มาตรฐานทางอุตสาหกรรมกำหนดขึ้น

7.7 การบรรจุจัดส่งตามความต้องการของลูกค้า ยางทุกเส้นที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว จะถูกนำไปเข้าเครื่องจักรที่ทันสมัย หรือนำไปประกอบเข้ากับยางใน เพื่อส่งต่อไปยังโรงงานอุตสาหกรรมประกอบรถจักรยานยนต์ หรือลูกค้ารายอื่นต่อไป

8. มาตรฐานการผลิตและการทดสอบ

8.1 คำนิยาม

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2530 : 1-4) ได้ให้ความหมายของการใช้คำเกี่ยวกับยางรถจักรยานยนต์ไว้ดังต่อไปนี้

8.1.1 ยางนอกรถจักรยานยนต์หรือยางนอก หมายถึง ยางชั้นนอกสำหรับประกอบวงล้อรถจักรยานยนต์

8.1.2 ดอกยาง (tread) หมายถึง ส่วนของยางนอกซึ่งสัมผัสกับพื้นถนน มีลักษณะเป็นแนวตามเส้นรอบวง หรือเป็นบั้งขวางกับเส้นรอบวงหรือเป็นปุ่มๆก็ได้

8.1.3 แก้มยาง (side well) หมายถึง บริเวณผนังด้านนอกของยางนอกที่อยู่ระหว่างส่วนที่เป็นดอกยางกับขอบลวด

8.1.4 โครงยาง (carcass) หมายถึง โครงสร้างภายในของยางนอก ซึ่งประกอบด้วยชั้นผ้าใบไม่รวมถึงดอกยางและแก้มยาง

8.1.5 ขอบลวด (bead) หมายถึง ส่วนของยางนอกที่กระชับกับวงล้อเสริมความแข็งแรงด้วยลวดเหล็กกล้า

8.1.6 คอร์ด (cord) หมายถึง ด้ายที่ใช้ทำผ้าใบของโครงยาง ทำด้วยเส้นใยหลายเส้นตีเกลียวเข้าด้วยกัน

8.1.7 ชั้นผ้าใบ (ply) หมายถึง ชั้นของผ้าที่ทำด้วยคอร์ดไนล่อน คอร์ดโพลีเอสเตอร์ คอร์ดเรยอน หรือคอร์ดอย่างอื่น แทรกอยู่ในเนื้อยางซ้อนกันจากขอบลวดข้างหนึ่งถึงขอบลวดอีกข้างหนึ่ง

8.1.8 อัตราชั้นผ้าใบ (ply ration) หมายถึง ตัวเลขที่แสดงความแข็งแรงของโครงยางนอก โดยเทียบเท่าชั้นผ้าใบมาตรฐานแต่มิได้แสดงจำนวนจริงของชั้นผ้าใบ

8.1.9 ความกว้างของดอกยาง (tread width) หมายถึง ระยะกว้างสุดในแนวตรงระหว่างแก้มยางทั้งสองด้านของยางนอกซึ่งสูบลม

8.1.10 ความกว้างเบ็ดเสร็จ (overall width) หมายถึง ระยะกว้างสุดในแนวตรงระหว่างแก้มยางทั้งสองด้านของยางนอก ซึ่งสูบลมตามที่กำหนดแล้ว รวมทั้งส่วนที่ยื่นออกเนื่องจากการทำเครื่องหมาย และส่วนตกแต่งด้วย

8.1.11 เส้นผ่าศูนย์กลางเบ็ดเสร็จ (overall diameter) หมายถึง เส้นผ่าศูนย์กลางของยางนอกซึ่งสูบลมตามที่กำหนดแล้ว

8.1.12 ชื่อขนาดยางนอก หมายถึง สัญลักษณ์ของยางนอกโดยแสดงถึงความกว้างระบุ (นิ้ว) เส้นผ่าศูนย์กลางระบุ (นิ้ว) และอัตราชั้นผ้าใบยางนอก

8.2 การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยาง

ได้กำหนดเงื่อนไขการให้ผู้รับใบอนุญาตปฏิบัติในการทำ และแสดงเครื่องหมายมาตรฐานดังต่อไปนี้ วิธีการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมให้เป็นไปตามมาตรฐาน ผู้รับใบอนุญาตต้องมีการควบคุมคุณภาพตามขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

8.2.1 วัตถุดิบ ยางธรรมชาติ ให้มีใบรับรองคุณภาพ หรือรายงานผลการตรวจสอบ หรือสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบในรายการต่อไปนี้ทุกรุ่น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า

คุณสมบัติทางพลาสติก (plasticity) ยางสังเคราะห์ ให้มีใบรับรองคุณภาพ หรือรายงานผล หรือสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบในรายการต่อไปนี้ทุกรุ่น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า ความยืดตัว สารเคมีใช้ในอุตสาหกรรมยาง (rubber processing chemical) ในรายการต่อไปนี้ให้มีใบรับรองคุณภาพที่ได้จากรายงานผลการตรวจสอบ หรือสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบทุกรุ่น โดยเริ่มตั้งแต่ ผ้าใบ ให้มีใบรับรองคุณภาพ ใบรายงานผลการตรวจสอบ หรือสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบทุกรุ่น

8.2.2 ขอบลวด ให้มีใบรับรองคุณภาพ ใบรายงานผลการตรวจสอบ หรือสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบทุกรุ่น ความต้านแรงดึง ความยืดตัว แรงบิดระหว่างการผลิต การผสมยางกับสารเคมี ให้ควบคุมอัตราส่วนผสมของยางธรรมชาติกับสารเคมีต่างๆ และยางสังเคราะห์กับสารเคมีต่างๆ การบดผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน อุณหภูมิ และเวลาในการผสม ลำดับของการใส่สารเคมีเพื่อให้ได้ยางผสมที่มีคุณสมบัติ เป็นไปตามมาตรฐานเกณฑ์ที่กำหนดของโรงงาน

8.2.3 การอุ่นยาง ในกรณีกระบวนการที่ต้องมีการอุ่นยางให้ควบคุมระยะห่างของลูกรีด และอุณหภูมิให้เป็นตามเกณฑ์กำหนดของโรงงาน

8.2.4 การรีดยาง ให้ควบคุมอุณหภูมิ และความดันของเครื่องอัดรีดยางเพื่อให้ได้ขนาดและความหนาเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของโรงงาน

8.2.5 การเคลือบยางลงบนผ้าใบไนล่อน ให้ควบคุมความหนาของยางและอุณหภูมิที่ใช้ในการเคลือบให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของโรงงาน

8.2.6 การตัดผ้าใบไนล่อน ให้ควบคุมมุมที่เป็นองศา และความกว้างของผ้าใบ มุมที่ถูกตัด เพื่อให้ได้คุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของโรงงาน

8.2.7 การหุ้มยาง และการต่อวงลวดเสริมขอบยาง ให้ควบคุมปริมาณยางที่หุ้มให้สม่ำเสมอ ขนาดของวงล้อ และรอยต่อให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของโรงงาน

8.2.8 การประกอบยาง ให้ควบคุมการประกอบชิ้นส่วน และน้ำหนักของยางที่ประกอบได้ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของโรงงาน

8.2.9 การอบยาง ให้ควบคุมอุณหภูมิ และเวลาในการอบให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของโรงงาน

8.3 ผลิตภัณฑ์ยางรถจักรยานยนต์

ให้สุ่มตัวอย่างยางนอกรถจักรยานยนต์เพื่อตรวจสอบ ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.682-2530) ในรายการต่อไปนี้ทุกรุ่น ได้ให้นิยาม รุ่น หมายถึง ยางในรถจักรยานยนต์ชื่อขนาดเดียวกัน ทำจากวัสดุชนิดเดียวกันที่ทำในช่วงระยะเวลาเดียวกัน ลักษณะทั่วไปตาม มาตรฐานอุตสาหกรรม (เฉพาะประเภทยางรถจักรยานยนต์)

8.3.1 ความกว้างเบ็ดเสร็จสูงสุด

8.3.2 เส้นผ่าศูนย์กลางเบ็ดเสร็จ

8.3.3 ให้สุ่มตัวอย่างนอกรถจักรยานยนต์ เพื่อตรวจสอบในรายการต่อไปนี้อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง หรือเมื่อเปลี่ยนแปลงแบบผลิต กรรมวิธีการผลิต

8.3.4 สมรรถนะได้แก่ ความต้านทานพลังงานทำลาย ความคงทน และความทนทานเมื่อความเร็วสูง

8.4 การบันทึก

ผู้รับใบอนุญาตต้องทำบันทึกผลการตรวจสอบตามขั้นตอนต่าง ๆข้างต้น เครื่องมือตรวจสอบที่ผู้รับใบอนุญาตต้องมีเพื่อทดสอบ

8.4.1 สมรรถนะ ความคงทนและความทนทานเมื่อความเร็วสูง

8.4.2 ความกว้างเบ็ดเสร็จสูงสุด

8.4.3 เส้นผ่าศูนย์กลางเบ็ดเสร็จ

ผู้รับใบอนุญาตต้องแสดงเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์ตามที่ได้รับใบอนุญาตไว้ทุกรุ่น ขนาดและทุกจำนวนที่ผลิตภัณฑ์นั้นได้มีการแสดงเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนแล้วของผู้รับใบอนุญาต หรือผลิตภัณฑ์นั้นได้มีการแสดงชื่อผู้รับใบอนุญาตภายใน 30 วันนับตั้งแต่วันที่ได้รับแจ้งจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และผู้รับใบอนุญาตต้องชำระค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบภายใน 15 วัน นับตั้งแต่วันที่ได้รับแจ้งให้ชำระ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2530 : 1-3)

8.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

ได้มีการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของยางที่จะใช้ในการผลิตหรือผลิตออกมาแล้วเป็นการตรวจสอบให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

8.5.1 ความแข็ง วิธีการทดสอบ คือ กดปลายเข็มของเครื่องวัดความแข็งลงบนชิ้นทดสอบให้สนิท และอ่านค่าความแข็งบนหน้าปัดที่ได้ นั่นคือค่าความแข็งของยาง

8.5.2 การทดสอบแรงดึงของยางจนขาดหรือที่เรียกว่า เทนไซล์ สเตรนจท์ (tensile strength) วัดความหนาของยางชิ้นที่ทดสอบให้ได้ 2 มิลลิเมตร พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 5×2=10 มิลลิเมตร ให้แรงดึงจนยางขาดวัดแรงได้ 20 กิโลกรัม ค่าคือ TS = 20/10 = 200 Kg/cm

8.5.3 การทดสอบระยะยืดของยางจนขาด (elongation at break) คือ การกำหนดชิ้นทดสอบ วัดระยะที่ดึงยางขาดนำมาคำนวณ

8.5.4 การทดสอบร้อยละ 300 โมดูลัส คือ แรงเมื่อยางยืดได้ร้อยละ 300 ต่อพื้นที่หน้าตัด และมาหาค่าในการคำนวณ

8.5.5 การทดสอบความหนืดของยางหรือมูนี่ ค่าของแรงที่เกิดขึ้นในการหมุนของโรเตอร์ภายในห้องเครื่องต่อเวลาตามมาตรฐานสากลใช้ ML (1+4) 130 เซลเซียส คือ ใช้

เวลาอุ่น 1 นาที และหมุน 4 นาที การอ่านค่าจากกราฟจะมีความหมาย ค่าอยู่ที่ T5 และ T35

8.5.6 การทดสอบหาเวลาในการสุกของยาง มีเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบของการวิจัย คือ เครื่องเดียวลาสโตมิเตอร์ และเครื่องรีโอมิเตอร์

8.6 การทดสอบคุณลักษณะภายนอก

ในการทดสอบคุณลักษณะภายนอกต้องนำยางที่ได้ผ่านกระบวนการผลิตการทดสอบโดยทั่วไปจะเริ่มที่การตรวจเช็ควัตถุดิบตามมาตรฐาน และทดสอบระหว่างการดำเนินงานในกระบวนการผลิตจนสุดท้ายต้องมีการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปแล้วจุดมุ่งหมายเพื่อลดความสูญเสีย และให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้บริโภคถ้าเกิดปัญหา ก็ไม่สามารถนำออกไปใช้หรือจำหน่ายต่อไป

8.6.1 การทดสอบภายนอกด้วยสายตาจากแผนกควบคุมคุณภาพ เป็นการหาสิ่งที่ผิดปกติหรือตัวยางที่ไม่สมบูรณ์ เช่นมีเศษวัสดุติดค้างอยู่ ยางดอกไม่เต็ม ยางเกิดรอยแตก ขอบลวดหักงอ ยางมีลมระหว่างรอยต่อที่สังเกตเห็นได้

8.6.2 การตรวจสอบพลังงานทำลาย เป็นการวัดความเข็งแรงของตัวยางเมื่อถูกกดด้วยแรงตามเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

8.6.3 การทดสอบความคงทนและทนทาน เป็นการหาค่าในการวิ่งบนถนนเทียมด้วยเครื่องมือทดสอบ ตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม

9. การลดต้นทุนในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมยางรถจักรยานยนต์

งานวิจัยนี้ส่วนหนึ่งจะเกี่ยวข้องกับการควบคุมต้นทุนการผลิตโดยการศึกษาวิเคราะห์วัตถุดิบ ค่าใช้จ่ายอื่นๆในการผลิตดังนี้

9.1 วัตถุดิบ สูตรส่วนผสมเป็นสัดส่วนวัตถุดิบทางตรงที่ประกอบกันขึ้นเป็นยางรีเคลม ในสัดส่วนที่แน่นอน จึงใช้ในการควบคุมวัตถุดิบทางตรง

9.2 ค่าใช้จ่ายอื่นๆในการผลิต เช่น ค่าเช่าโรงงาน ค่าเสื่อมราคา เครื่องจักร ค่าเสื่อมราคาอาคาร ค่าประกันอัคคีภัย ค่าประกันสังคม ภาษีโรงเรือน ค่ารักษาความปลอดภัย เป็นต้น

พลชัย ลิมวิภูวัฒน์ (2533 : 15) ได้เสนอว่า การอยู่รอดของธุรกิจที่ต้องแข่งขันกับปัจจัยหลัก 2 ประการ คือ คุณภาพต้นทุน การจัดการต้นทุน จะประกอบด้วยการลดและการควบคุมต้นทุนโดยใช้ตัวเลขข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานกิจกรรม

อัมพิกา ไกรฤทธิ์ (2533 : 48) ได้กล่าวไว้ว่า ความหมายของต้นทุนในเชิงวิศวกรรมมีความหมาย เช่น ต้นทุนการผลิต ต้นทุนการซื้อ ต้นทุนราคาขาย ต้นทุนเป็นค่าใช้จ่ายที่ออกจากกระเป๋า เช่น ค่าแรงงาน เวลา หรือสิ่งอื่นๆ สิ่งจำเป็นสำหรับผลิตภัณฑ์ก็คือ การหาต้นทุนที่ถูกต้อง ซึ่งจะช่วยในการพิจารณาประหยัดค่าใช้จ่ายของโครงการ และเป็นการวัดผลข้อเท็จจริงที่เราได้รับอีกด้วย ในขั้นแรกต้องหาต้นทุนของวัสดุ และแรงงานที่เกี่ยวข้องกับโครงการนำมาวิเคราะห์แยกต้นทุนแรงงาน และวัสดุสำหรับการประกอบทั้งหมด การประกอบในส่วนที่เป็นส่วนย่อย รวมทั้งส่วนอื่นๆของโครงการในวงการธุรกิจและอุตสาหกรรมจะมีจุดมุ่งหมายในทำนองเดียวกัน คือ การลดต้นทุนให้ต่ำลงเท่าที่จะทำได้

ไพฑูรย์ โลห์สุนทร (2536 : 9) ได้กล่าวไว้ว่า ต้นทุน คือ ผลรวมของค่าใช้จ่าต่างๆ ในการผลิตสินค้า ต้นทุนเป็นตัวกำหนดสำคัญของการลงทุน ในการวิเคราะห์ต้นทุนของการประกอบกิจการใดๆ ต้นทุนรวมถูกแยกตามกำลังผลิต และจำนวนหน่วยผลิตเป็นต้นทุนคงที่ ซึ่งหมายถึงต้นทุนในส่วนที่ไม่แปรเปลี่ยน ไม่ว่าจำนวนหน่วยสินค้าที่ผลิตจะเป็นเท่าใด เช่น ค่าเช่าที่ดิน ค่าอาคารโรงงาน ค่าเครื่องจักร และค่าติดตั้ง ต้นทุนแปรเปลี่ยน ซึ่งหมายถึงต้นทุนที่แปรเปลี่ยนตามจำนวนหน่วยสินค้าที่ผลิต เช่น ค่าวัตถุดิบ ค่าจ้างแรงงาน และค่าพลังงาน เป็นต้น

เซ็นซับบุโร่ คาตายาม่า (2532 : 2) ได้กล่าวไว้ว่า การลดต้นทุนการผลิต แบ่งเป็นต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร การลดต้นทุนต่อหน่วยโดยเน้นที่ฝ่ายผลิตนั้น สิ่งที่สามารถควบคุมได้โดยตรง คือ นำวัตถุดิบที่มีราคาถูกกว่ามาใช้ทดแทนก็จะเกิดผลดีอย่างมาก โดยมีนวัตกรรมในด้านเทคโนโลยีจะเห็นผลได้ชัดเจน เมื่อเราสามารถจะนำเอาวัตถุดิบชนิดใหม่มาใช้กับวิธีการแปรรูปที่มีต้นทุนต่ำวัตถุดิบที่นำมาแปรรูปได้ยาก จะต้องเผชิญกับการค้นคว้าพัฒนาวัตถุดิบทดแทนอยู่เสมอ ราคาของวัตถุดิบจะส่งผลต่อต้นทุนในด้านวัตถุดิบ ในด้านการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศถ้าอัตราการแลกเปลี่ยนสกุลเงินที่มีความแข็งตัวมากๆก็ต้องสูญเสียต้นทุนในการผลิตด้วย

10. ยางกับสภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อม เป็นคำที่มีความหมายกว้างขวางมาก นักวิชาการสิ่งแวดล้อมหลายคนได้พยายามให้คำจำกัดความของคำคำนี้ โดยมีการพิจารณาในหลายมิติทั้งในวงแคบ และวงกว้าง ดังต่อไปนี้

เกษม จันทร์แก้ว (2527 : 1-2) ได้ให้ความหมายว่า สภาพแวดล้อม คือ สิ่งต่างๆ ที่เป็นทั้งสิ่งมีชีวิต และไม่มีชีวิต เห็นได้ด้วยตาเปล่า และไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่ารวม

ทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ และมนุษย์เป็นผู้สร้างขึ้น อีกทั้งอาจเป็นรูปธรรม และนามธรรม หรืออาจกล่าวอย่างง่ายๆว่า คือ สิ่งต่างๆที่อยู่รอบตัวเรา

วินัย วีระวัฒนานนท์ (2532 : 1) ได้ให้ความหมายของสภาพแวดล้อมไว้ว่า สภาพแวดล้อม คือ สิ่งที่อยู่โดยรอบ หรือการปะปนกันของสภาพภายนอกและภายในที่มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิต

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (ม.ป.ป. : 3-10) ให้ความหมายของสภาพแวดล้อมว่า คือ ทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่รอบตัวมนุษย์ทั้งที่มีชีวิต และไม่มีชีวิต ทั้งที่เป็นรูปธรรมจับต้องและมองเห็นได้ เป็นนามธรรม วัฒนธรรม แบบแผน ประเพณี ความเชื่อ และค่านิยม สิ่งแวดล้อมจึงเป็นหัวใจอันสำคัญอย่างยิ่ง

ทาเกจิ โกบาตะ (ม.ป.ป. : 3) อดีตอาจารย์วิศวกรรมจักรกลชาวญี่ปุ่นสามารถคิดค้นวิธีการผลิตถ่านดูดซับ ซึ่งช่วยฟื้นฟูสภาพแวดล้อมจากยางรถยนต์เก่าได้ ซึ่งยางเส้นเล็กและยางเส้นใหญ่จะถูกจัดเรียงบนสายพานสู่เตาเพื่อให้ได้อัตราส่วนที่เหมาะสม และอัตราส่วนดังกล่าวถือเป็นเคล็ดลับผลิตถ่านดูดซับเพื่อสิ่งแวดล้อมจากยางรถยนต์เก่า ยางรถยนต์เก่าที่ใช้แล้วกำลังถูกทิ้งเป็นขยะ ก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมอย่างมากมาย

พลชิต บัวแก้ว (2538 : 14) ได้กล่าวไว้ว่า มีบริษัทร่วมลงทุนระหว่าง มาเลเซีย และรัสเซีย ได้ผลิตสารเคมีชนิดหนึ่งชื่อ Reactant ใช้ในการ รีไซเคิลยางรถยนต์และยางวัลคาไนซ์ที่เสียแล้วให้เป็นยางคอมเปานด์ชนิดใหม่ ซึ่งมีคุณสมบัติของยางธรรมชาติถึงร้อยละ 75 วิธีการผลิตเรียกว่า de-link process ทั้งนี้เป็นผลการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ที่พบกับความสำเร็จชาวรัสเซีย และนักวิทยาศาสตร์ชาวมาเลเซีย สารเคมีที่ผลิตใช้ในกระบวนการรีไซเคิลยางรถยนต์จะไม่ทำลายสภาพแวดล้อม และเป็นการช่วยแก้ไขปัญหายางรถยนต์เก่าที่ไม่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่

จากความหมายของสภาพแวดล้อมดังกล่าวข้างต้น อาจสรุปได้ว่า สภาพแวดล้อม หมายถึง สิ่งที่อยู่รอบตัวมนุษย์เรา และมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตไม่ทางตรงก็ทางอ้อม ซึ่งอาจเป็นสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต

11. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรมเศรษฐกิจอุตสาหกรรมภาคใต้ กระทรวงอุตสาหกรรม (2537 : 7) ได้ทำการศึกษาสภาวะอุตสาหกรรมยางรถยนต์และยางรถจักรจักรยานยนต์ โดยศึกษาถึงสภาวะทางด้านการผลิต วัตถุดิบ กรรมวิธีการผลิต กำลังการผลิต ปัญหาการผลิต รวมถึงตลาด และแนวโน้มได้ข้อสรุปว่าอุตสาหกรรมนี้เกิดขึ้นครั้งแรกในปีพุทธศักราช 2505 เพื่อทดแทนการนำเข้า ปัจจุบันมีจำนวนโรงงานมากขึ้น คุณภาพการผลิตดีขึ้น มีการส่งออกไปจำหน่ายยัง

ต่างประเทศ ปัญหาที่ประสบ คือ วัตถุดิบหลายชนิดยังต้องนำเข้า และมีแนวโน้มราคาสูงขึ้น ขาดแคลนช่างฝีมือ เชื้อเพลิงราคาสูงขึ้น อายุการใช้งานของยางรถยนต์นานขึ้น เพราะผู้ใช้ประหยัดมากขึ้น แต่ถึงอย่างไรก็ตามแนวโน้มการผลิตของยางรถยนต์ก็จะดีขึ้น

บุญเรือง มานะสุรการ (2534 : 12) ได้ศึกษาการลดค่าใช้จ่ายและควบคุมต้นทุนการผลิต ในอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์และยางรถจักรยานยนต์ โดยทำการศึกษาวิเคราะห์จากบัญชีต้นทุนการผลิต และระบบการควบคุมการผลิตของโรงงานผลิตยางรถแห่งหนึ่ง และการจัดทำบัญชีต้นทุนการผลิตพบว่า ไม่ว่าจะเป็นการผลิตยางประเภทใด สัดส่วนต้นทุนวัตถุดิบทางตรงจะสูงที่สุด รองลงมาเป็นค่าใช้จ่ายอื่นๆในการผลิตและต้นทุนค่าแรงทางตรง

สถาบันวิจัยยางกรมวิชาการเกษตร ได้นำเสนอการผลิตยางบล็อกปูพื้น ด้วยยางรีเคลม โดยนำเศษยางที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิตนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ยางบล็อกปูพื้นแทนปูนซีเมนต์ เนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางได้ขยายตัวทำให้มีปริมาณเศษยางที่เกิดจากการสูญเสีย ระหว่างกระบวนการผลิตมีจำนวนมากขึ้นนับเป็นปัญหา ในการขจัดทิ้งจึงได้หาวิธีการนำเศษยางกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ มีกระบวนการดังต่อไปนี้ คือ เริ่มต้นการออกแบบเบ้าแม่พิมพ์ เพื่อใช้อัดยางบล็อกโดยใช้เครื่องอัด และได้ออกสูตรยางที่ใช้ยางรีเคลมรวมกับยางทั่วไปที่มีคุณภาพต่ำ คือ ยางสกิมสีอ่อนที่สามารถปรับแต่งสีสันต่างๆได้ตามต้องการ (พรรณพิชญา สุเสวี. 2529 : 2)

สรุป

ยางรีเคลม เป็นยางที่ทำจากผลิตภัณฑ์ยางเก่าที่ไร้ประโยชน์หรือชำรุด โดยเป็นยางที่นำกลับมาผ่านกระบวนการปรับสภาพ แล้วพัฒนาเพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้ใหม่ ส่วนมากเวลาใช้จะต้องผสมกับยางชนิดอื่นๆ การผสมนี้มีสัดส่วนของยางต่างกัน ตั้งแต่การใช้ยางรีเคลมส่วนน้อย จนถึงให้พอเหมาะกับสภาพของการใช้งานในผลิตภัณฑ์นั้นๆ หลังจากได้คุณสมบัติที่ต้องการแล้ว จึงกำหนดออกมาเป็นสูตรเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตซึ่งมีผลดี คือ ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่าย และสนับสนุนการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า ที่สำคัญคือเป็นการกระตุ้นจิตสำนึกของผู้คนในสังคม ในการที่จะมีส่วนช่วยในการรักษาสภาพแวดล้อม เนื่องจากอุตสาหกรรมยางที่ใช้ในปัจจุบันมีอัตราการใช้ที่เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดของเสียที่มาจากผลิตภัณฑ์ยาง และกระบวนการผลิตส่วนยางที่เป็นขยะเหลือใช้จะถูกนำมาเผาหรือทิ้ง อันเป็นส่วนหนึ่งที่มีผลเสียต่อสภาพแวดล้อม และผู้คนในสังคม

ด้วยเหตุผลดังที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงจะทำการศึกษาในประเด็นดังกล่าว ซึ่งคาดหวังว่าผลการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยสนับสนุน และกระตุ้นจิตสำนึกของผู้คนในสังคมที่จะช่วยกันรักษาสภาพแวดล้อม และร่วมกันปรับปรุงแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองกระบวนการผลิต และทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ ของยางที่ใช้ซึ่งได้จากการผสมระหว่างยางรีเคลม กับยางคอมเปานด์ในการผลิตยางรถจักรยานยนต์โดยคำนึงถึงคุณภาพการใช้งาน การดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

1. ประชากร
2. ตัวแปร
3. เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์
4. ขั้นตอนการปฏิบัติงานในการทดลอง
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ ยางผสมที่พร้อมจะนำไปผลิตเป็นยางรถจักรยานยนต์จำนวน 15 อัตราส่วน และยางรถจักรยานยนต์ที่ผลิตขึ้นอัตราส่วนละ 3 เส้น รวมจำนวน 45 เส้น ยางผสมทำขึ้นจากการผสมยางรีเคลม กับยางคอมเปานด์ (ซึ่งประกอบด้วยยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และสารเคมี) ในจำนวน 15 อัตราส่วนโดยน้ำหนัก

2. ตัวแปร

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรที่จะต้องศึกษาดังต่อไปนี้

2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

2.1.1ยางผสมที่ได้จากอัตราส่วนผสมยางรีเคลม กับยางคอมเปานด์ 15 อัตราส่วน

กลุ่ม A	2 : 98	กลุ่ม B	4 : 96	กลุ่ม C	6 : 94
กลุ่ม D	8 : 92	กลุ่ม E	10 : 90	กลุ่ม F	12 : 98
กลุ่ม G	14 : 86	กลุ่ม H	16 : 84	กลุ่ม I	18 : 82
กลุ่ม J	20 : 80	กลุ่ม K	22 : 78	กลุ่ม L	24 : 76
กลุ่ม M	26 : 74	กลุ่ม N	28 : 72	กลุ่ม O	30 : 70

2.1.2 ยางรถจักรยานยนต์ ที่ได้ผ่านกระบวนการผลิตเป็นยางสำเร็จรูปอัตราส่วนละ 3 เส้น รวมทั้งหมดจำนวน 45 เส้น

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 คุณสมบัติด้านกายภาพของยางผสมได้แก่ ความหนืดและเวลาในการสุกที่ได้จากยางรีเคลม กับยางคอมเปานด์ในแต่ละอัตราส่วน ทำการทดสอบค่าต่างๆ 3 ครั้ง แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

2.2.2 คุณสมบัติของยางรถจักรยานยนต์ที่ผ่านกระบวนการผลิตขึ้นมาแล้ว ได้แก่ ลักษณะภายนอก ความต้านทานพลังงานทำลาย ความคงทนและความทนทาน

3. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการศึกษาวิจัย และการทดสอบได้ใช้สถานที่รวมทั้งเครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ในการทดลอง ดังต่อไปนี้

3.1 สถานที่ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 ห้องทดลอง (laboratory) และกระบวนการผลิต บริษัทอีโนเวรับเบอร์ประเทศไทย จำกัด (มหาชน) ใช้เครื่องมือในการทำยางผสม และการทำยางรถจักรยานยนต์ รวมทั้งการทดสอบหาคุณสมบัติในด้านต่างๆ

3.1.2 แผนกวิจัยและพัฒนา (R&D) บริษัท ไอ อาร์ ซี (เอเซีย) รีเสิร์ช จำกัด ด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบ รวมถึงมาตรฐานคู่มือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เครื่องมือบดยาง 2 ลูกกลิ้ง ขนาด 9 นิ้ว และ 12 นิ้ว

3.2.2 มีดสำหรับตัดยางบนลูกกลิ้ง (roll)

3.2.3 ตาชั่งเคมีแบบดิจิตอน

3.2.4 ถ้วยตวงสารเคมี

3.2.5 กรรไกรตัดยาง

3.2.6 รถแขวนแบบยาง

3.2.7 ถุงมือ

3.3 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.3.1 เครื่องทดสอบความหนืดมีหน่วยเรียกว่า มูนี่

3.3.2 เครื่องทดสอบหาเวลาในการสุก ใช้เครื่องทดสอบอยู่ 2 ชนิด ได้แก่

3.3.2.1 เครื่องเดียวลาสโตมิเตอร์

3.3.2.2 เครื่องรีโอมิเตอร์

3.3.3 เครื่องทดสอบพลังงานทำลาย

3.3.4 เครื่องทดสอบความคงทนและความทนทาน

3.3.5 โต๊ะสำหรับตรวจยางที่มีแสงสว่าง

3.3.6 เครื่องเป่ายาง

3.3.7 เครื่องสร้างแบบยาง

3.3.8 เครื่องอบยาง

3.3.9 เครื่องตัดผ้าใบในล่อน

3.3.10 เครื่องขึ้นขอบวงลวด

3.3.11 รีมล้อขนาด 1.4 นิ้ว

3.3.12 คีมตัดลวด

3.3.13 ปั๊มลม

3.3.14 ชุดเครื่องมือประกอบล้อ

3.4 บุคลากรที่ช่วยในการทดลอง และผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบ

3.4.1 พนักงานบริษัท ไอ อาร์ ซี (เอเชีย) รีเสิร์ช ช่วยในด้านการเตรียมอุปกรณ์ และวัตถุดิบนำยางผ่านเข้าสู่กระบวนการผลิตและติดตามผล

3.4.2 พนักงานบริษัท อีโนเวรับเบอร์ ประเทศไทย จำกัด (มหาชน) ช่วยในด้านการใช้เครื่องมือ เครื่องจักร และเครื่องทดสอบ

3.4.3 ผู้จัดการแผนกบริษัท ไอ อาร์ ซี (เอเชีย) รีเสิร์ช ช่วยในด้านการแนะนำข้อมูล และผลการทดสอบ

3.4.4 หัวหน้าส่วนและผู้ช่วยหัวหน้าส่วนแผนกตรวจสอบ และควบคุมคุณภาพ (QA) บริษัท อีโนเวรับเบอร์ ประเทศไทย จำกัด (มหาชน)

3.4.5 ผู้จัดการฝ่ายการผลิต บริษัท อีโนเวรับเบอร์ ประเทศไทย จำกัด (มหาชน)

3.4.6 หัวหน้าส่วนแผนกบัญชีต้นทุนโรงงานบริษัท อีโนเวรับเบอร์ ประเทศไทย จำกัด (มหาชน)

3.5 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

3.5.1 ยางรีเคลม (reclaimed rubber) จำนวน 36 กิโลกรัม

3.5.2 ยางธรรมชาติ (natural rubber) จำนวน 12 กิโลกรัม ใช้ TTR#20

3.5.3 ยางสังเคราะห์ เอส บี อาร์ (styrene butadiene rubber) จำนวน 48 กิโลกรัม ใช้ SBR - 1712

3.5.4 น้ำมัน dutrex 737 จำนวน 9 กิโลกรัม

3.5.5 คาร์บอน (carbon black) HAF จำนวน 49 กิโลกรัม

3.5.6 ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ใช้จำนวน 3 กิโลกรัม

3.5.7 สารกระตุ้น (stearic acid) ใช้จำนวน 1 กิโลกรัม

3.5.8 สารช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพ RD-F จำนวน 1 กิโลกรัม

3.5.9 สารช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพ 3C (IPPD) จำนวน 1 กิโลกรัม

3.5.10 สารช่วยป้องกันปฏิกิริยากับโอโซน (OZ 654) จำนวน 2 กิโลกรัม

3.5.11 สารช่วยป้องกันการหักงอ และเสื่อมสภาพ (santoflex 13) จำนวน 1 กิโลกรัม

3.5.12 สารตัวเร่งใช้ในการกระตุ้น DPG จำนวน 1 กิโลกรัม

4 .ขั้นตอนการปฏิบัติงานในการทดลอง

ผู้วิจัยได้ดำเนินตามขั้นตอนในการทดลองเพื่อให้ได้ผลตามจุดมุ่งหมาย ดังต่อไปนี้

4.1 ขั้นตอนการใช้เครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง

4.1.1 เปิดน้ำหล่อลูกกลิ้ง (roll) เพื่อระบายความร้อน

4.1.2 เปิดสวิตช์มอเตอร์ที่ตู้ควบคุม (controll)

4.1.3 ตรวจสอบระบบความปลอดภัย (safety)

4.1.4 จัดระยะห่างระหว่าง guide ให้ได้ประมาณ 6 นิ้ว โดยให้อยู่บริเวณส่วนกลางของลูกกลิ้งมากที่สุด

4.1.5 ปรับให้ระยะ nip ของลูกกลิ้งกว้างประมาณ 2-3 มิลลิเมตร

4.1.6 การหยุดทำงานของลูกกลิ้ง โดยกดสวิตช์ปุ่มหยุด (stop) และปิดน้ำเข้าลูกกลิ้งหลังจากสิ้นสุดการใช้งาน

4.2 การทำยางผสม (reclaim compound rubber)

4.2.1 นำยางรีเคลม (reclaim) มาชั่งน้ำหนักให้ได้ตามอัตราส่วนต่อยางคอมเปานด์ (masterbatch) ดังต่อไปนี้

A 2 : 98 = reclaim 0.20 kg : compound 9:80 kg

B 4 : 96 = reclaim 0.40 kg : compound 9.60 kg

C 6 :94 = reclaim 0.60 kg : compound 9.40 kg

D 8 : 92 = reclaim 0.80 kg : compound 9.20 kg

E 10 : 90 = reclaim 1.00 kg : compound 9.00 kg

F 12 : 88 = reclaim 1.20 kg : compound 8.80 kg

G 14 : 86 = reclaim 1.40 kg : compound 8.60 kg

H 16 : 84 = reclaim 1.60 kg : compound 8.40 kg

I 18 : 82 = reclaim 1.80 kg : compound 8.20 kg

J 20 : 80 = reclaim 2.00 kg : compound 8.00 kg

K 22 :78 = reclaim 2.20 kg : compound 7.80 kg

L 24 : 76 = reclaim 2.40 kg : compound 7.60 kg

M 26 : 74 = reclaim 2.60 kg : compound 7.40 kg

N 28 : 72 = reclaim 2.80 kg : compound 7.20 kg

O 30 : 70 = reclaim 3.00 kg : compound 7.00 kg

4.2.2 นำยางในแต่ละอัตราส่วนขึ้นไปบดผ่านลูกกลิ้ง

4.2.3 ใช้มีดตัดยางตัดสลับซ้าย และขวาประมาณ 6 ครั้ง เพื่อให้การผสมเข้ากันได้ดี โดยดูจากสีของยางที่เป็นเนื้อเดียวกัน

4.2.4 เก็บยางที่ตกหล่นใต้ลูกกลิ้งมาบดผสมจนหมดให้ครบตามอัตราส่วน

4.2.5 ตัดยางให้เป็นแผ่นเพื่อนำออกจากลูกกลิ้ง ยางที่ออกมาจะเป็นยางรีเคลมคอมเปานด์ (reclaim compound rubber) ให้ใช้ชื่อเรียกใหม่ว่า ยางผสม

4.2.6 ตัดตัวยางมาทดสอบในห้องทดลอง

4.3 การทดสอบยางผสม

4.3.1 การทดสอบเพื่อหาค่าความหนืดของยาง มีหน่วยเป็นมูนี่ จะทำงานโดยการวัดแรงบิดอันเนื่องมาจากแผ่นโลหะหมุนด้วยความเร็วคงที่ในยางประมาณ 2 รอบต่อนาทีมีลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังต่อไปนี้

4.3.1.1 ตัดชิ้นทดสอบให้ได้ขนาด 5×5 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ชิ้นหนึ่งให้เจาะรูไว้ตรงกลางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร

4.3.1.2 เปิดสวิตช์ด้านในตัวเครื่อง กดปุ่มอัตโนมัติ (auto) และกดปุ่มเวลา (time) พร้อมทั้งทำการตรวจโปรแกรม โดยการกดปุ่ม S7 กด E2 จำนวน 1 ครั้ง เครื่องจะพิมพ์ข้อความ

T-893 S 11 394

Sample NO. 893

Date 1994 03 11 (Fri) 20.39

Temperature 125.0

Mooney Time 4.0. 0.0 0.0

Scorch Val. 5.0 35.0 0.0

Preheat Time 1.0 After Time 0.50

Fullscale 200 Chart Speed 2.5

4.3.1.3 ป้อนข้อมูลของชื่อยาง วันที่ batch no. ลงในเครื่อง โดยดูรหัสย่อจากเครื่องพิมพ์ รองกระดาษป้องกันการตัดของยางกับห้องทดสอบ

4.3.1.4 นำชิ้นยางที่จะทดสอบเจาะรูใส่ลงในแกนของโรเตอร์ซ้อนด้วยกระดาษรองยาง 1 แผ่น

4.3.1.5 ใส่โรเตอร์ลงในช่องแกนโรเตอร์ประกบด้วยยางชิ้นที่ 2 ทับด้วยกระดาษอีก 1 แผ่น ยางชิ้นที่ 2 ต้องสมดุลกับชิ้นที่ 1

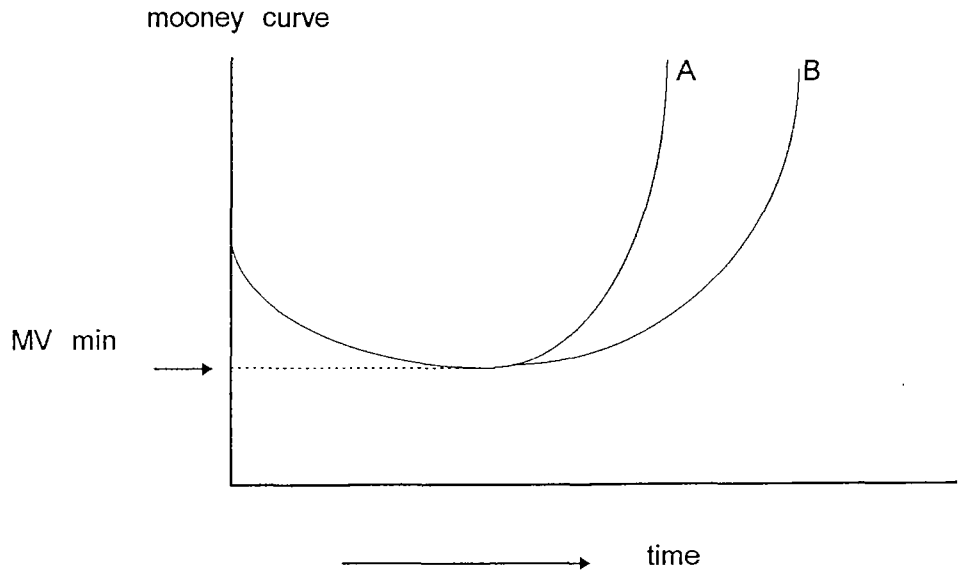
4.3.1.6 กดปุ่ม start ทั้งสองปุ่มพร้อมกัน รอจนกระทั่งเครื่องพิมพ์ทำงานจึงปล่อยมือออก ให้ฝาด้านบนประกบกับฝาด้านล่างพอดี

4.3.1.7 เมื่อเครื่องทำงานเสร็จเครื่องจะเปิดออกโดยอัตโนมัติ ให้นำยางชิ้นที่ทดสอบออกจากโรเตอร์พร้อมทั้งทำความสะอาดภายในเครื่อง การนำยางออกจากโรเตอร์ต้องระวังอย่าให้กรรไกรตัดถูกโรเตอร์ ควรจะใส่ถุงมือเพื่อป้องกันความร้อนทุกครั้ง

4.3.1.8 ตรวจอุณหภูมิของเครื่องแล้วทำการทดสอบต่อไปตามขั้นตอน ต้องให้อุณหภูมิใช้งานอยู่ที่ 125 องศาเซลเซียส

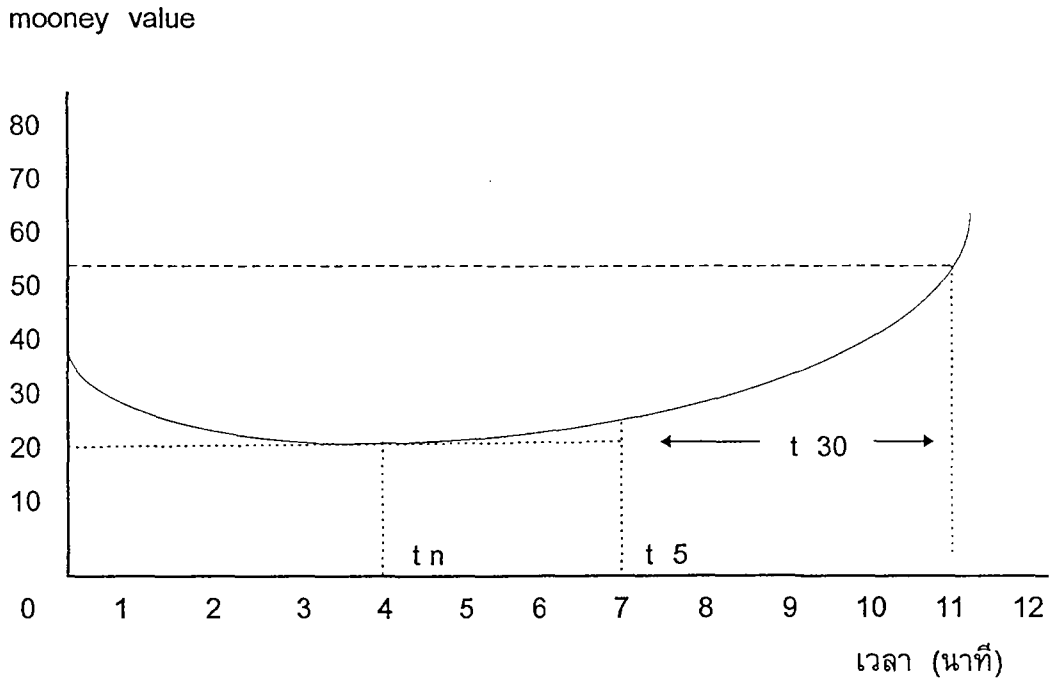
ในการทดสอบต้องทดสอบทั้งหมด 15 อัตราส่วน และอัตราส่วนละ 3 ครั้ง เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์

4.3.1.9 การอ่านค่าที่ได้จากกราฟจะมีลักษณะดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 แสดงลักษณะของกราฟที่ได้จากเครื่อง mooney viscometer

จากรูปแสดงให้เห็นว่ายาง compound A เริ่มตัน cure เร็วกว่ายาง compound B ดังนั้นการตีความจากกราฟเมื่อนำ compound A นำไปทดสอบด้วยเครื่องที่อุณหภูมิ 140° c ปรากฏได้ผลดังแสดงในภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงค่ากราฟ mooney viscosity plot

จากค่ากราฟที่ได้ค่า "mooney value" ต่ำสุดเท่ากับ 20 เวลาที่ค่า "mooney value" สูงจากจุดต่ำสุด 5 หน่วยเรียกว่า t5 ถือเป็น scorch time ในที่นี้ t5 = 7 นาที บางครั้ง t5 จะเรียกว่า mooney scorch time และเวลาที่ค่า "mooney value" สูงกว่าจุดต่ำสุด 35 หน่วย เรียกว่า t35 ในที่นี้ t35 = 11 นาที ความชันของเส้นกราฟหรือค่า t35 - t5 = t Δ 30 เรียกว่า cure index ถ้า cure index มีค่าน้อยแสดงว่า cure เร็ว ดังนั้นยางใดมีค่า cure index น้อยยางนั้นจะ cure เร็วขึ้น ถ้า cure index มีค่ามากแสดงว่า cure ช้า

4.3.2 การทดสอบเวลาในการสุกของยางโดยใช้เครื่องรีโอมิเตอร์ มีลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติงาน ดังต่อไปนี้

4.3.2.1 นำยางผสมที่ได้จากการหาอัตราส่วนมาตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 2.5 × 2.5 เซนติเมตร มีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร น้ำหนัก 8-10 กรัม นำแผ่นพลาสติกที่เป็นโพลีเอสเตอร์รองด้านบน และด้านล่างของชิ้นยางในการทดสอบ

4.3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ต้องเตรียมให้พร้อม ได้แก่ แปรงขัด โรเตอร์ กรรไกร ที่คีบยาง เครื่องพิมพ์ และกระดาษ

4.3.2.3 ขั้นตอนในการใช้เครื่องเปิดสวิตช์ เปิดสวิตช์สีแดงด้านขวาของเครื่องเพื่อให้โปรแกรมของเครื่องทำงาน ตั้งอุณหภูมิโดยการกดปุ่ม temperature และตั้งอุณหภูมิให้ได้ 170 องศาเซลเซียส เมื่อได้อุณหภูมตามที่ต้องการแล้วจึงกดปุ่ม stand by ไฟสีแดงจะดับลง ไฟสีเหลืองจะขึ้นที่ ready

4.3.2.4 เปิดเครื่องพิมพ์ใส่กระดาษต่อเนื่องไว้ กด feed paper

4.3.2.5 นำชิ้นยางที่ใช้ทดสอบวางลงบนโรเตอร์ ป้อนข้อมูลของชื่อยาง วันที่ ลงในเครื่องและกดปุ่ม platens เครื่องจะทำงานโดยอัตโนมัติ จะเลื่อนฝาปิดด้านหน้าที่เป็นหน้ากากเครื่องจะทำงานเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่อง 5 นาที หลังจากนั้นฝาครอบด้านหน้า และโรเตอร์บนจะเปิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติ

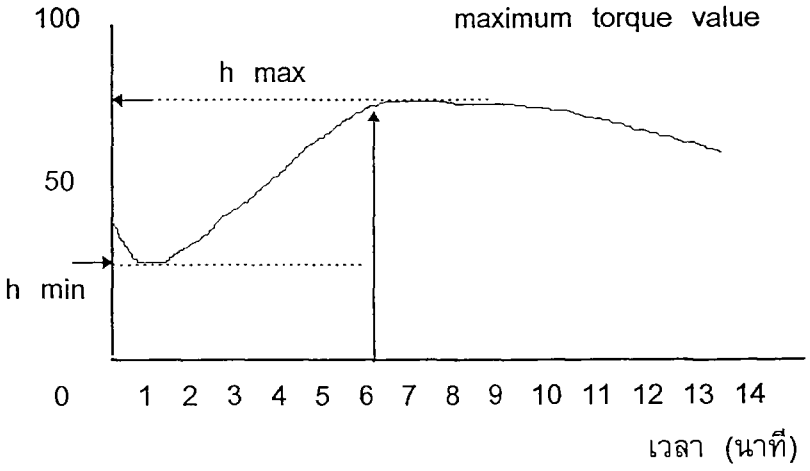
4.3.2.6 ใช้คีมหนีบเศษยางที่ทดสอบออก เครื่องจะพิมพ์ผลของการทดสอบจากโปรแกรมที่ตั้งไว้

4.3.2.7 การใช้เครื่องครั้งต่อไปต้องตรวจโปรแกรมให้ถูกต้อง อุณหภูมิต้องคงที่ ไม่มีชิ้นงานเก่าตกค้างอยู่ที่โรเตอร์บน และล่าง

4.3.2.8 การคำนวณของเครื่องรีโอมิเตอร์

ค่า T 10 , T 50 , T 90 ให้นำผลที่ได้ไปเทียบจากเส้นกราฟหาเป็นค่าเวลาในการสุกของยางหน่วยเป็นนาที

4.3.2.9 การอ่านค่าจากกราฟในการหาเวลาในการสุกของยางผสมดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 แสดงค่ากราฟการหาเวลาในการสุกของยาง

ML = ค่าต่ำสุดของเส้นกราฟ

MH = ค่าสูงสุดของเส้นกราฟ

ML = ML+ (MH - ML)× 0.1

ML = ML+ (MH - ML)× 0.5

ML = ML+ (MH - ML)× 0.9

จากภาพประกอบให้ความสูงของโมดูลัสสูงสุดเท่ากับ h max และให้ความสูงของโมดูลัสต่ำสุดเท่ากับ h min เวลาในการสุก จะหมายถึงเวลาที่ยางมีค่าโมดูลัสร้อยละ 90 หรือร้อยละ 95 ของค่าโมดูลัสสูงสุด ในที่นี้ t 90 จากกราฟเท่ากับเวลาที่โมดูลัสมีค่าสูงขึ้นเท่ากับ 90 ส่วน 100 (h max - h min) เวลาในการสุก t5 หมายถึง เวลาที่ยางเริ่มต้น cure ซึ่งทำให้ไม่สามารถแปรรูปได้อีก ในที่นี้จะหมายถึงเวลาที่ torque เพิ่มขึ้น 1 lbf in (หรือ 0.1 Nm) สูงจากค่าโมดูลัสต่ำสุดถ้าการหมุนทำมุม 1 องศา หรือเวลาที่ torque เพิ่มขึ้น 2 lbf in (หรือ 0.2 Nm) จากค่าโมดูลัสต่ำสุดถ้าการหมุนทำมุม 3 หรือ 5 องศา

4.4 การเป่ายาง

นำยางคอมเปานด์ผ่านกระบวนการเป่า (extruder) ให้เป็นส่วนของดอกยาง (tread) ในขนาดมาตรฐาน 2.50-17 มีลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติงาน ดังต่อไปนี้

4.4.1 เปิดสวิตช์ไฟฟ้าให้เครื่องทำงานพร้อมทั้งเปิดสตรีมที่หัวเป่าไดร์ เปิดน้ำระบายความร้อนของเครื่องเป่า (ใช้เวลา 15 นาที ในการอุ่นหัวเป่า)

4.4.2 ใส่ไดร์เข้าหัวเป่า ยึดสะกรูประกบให้แน่น หัวไดร์ต้องอยู่ในตำแหน่งตรงกลาง ของหัวเป่าเพื่อยางไหลได้เท่ากันทั้งสองข้าง

4.4.3 ปรับขนาดความกว้าง และความหนาให้อยู่ในมาตรฐานของขนาด 2.50-17 ความหนาของทั้งสองข้างจะต้องเท่ากัน ตัดความยาวออกเป็นท่อนๆนำมาใส่รถเก็บไว้ การวางจะต้องอยู่ในสภาพที่เป็นเส้นตรงเพื่อการขึ้นรูปจะไม่เกิดปัญหาในการทดสอบจะได้ชิ้นงานออกมาในอัตราส่วนละ 3 เส้น

4.5 การเตรียมขึ้นสร้างแบบยาง

ส่วนที่ใช้ในการสร้างแบบยาง (forming) ต้องนำส่วนประกอบมาใช้ดังนี้

4.5.1 การตัดผ้าใบไนล่อนของขนาดมาตรฐาน 2.50-17 จำนวน 45 เส้น ทั้ง 2 ชั้น ผ้าใบทั้งหมดจะถูกตัดจากเครื่อง และใส่ม้วนไว้

4.5.2 ทำขอบยาง โดยใช้ลวดทองแดงและฉาบด้วยยาง ขึ้นรูปให้เป็นวงกลมให้มีขนาดเท่ากับมาตรฐาน 2.50-17 ในการนำไปใช้งานลวดจะต้องตรวจสอบเส้นรอบวง และน้ำหนักลวด 2 เส้นจะสร้างแบบยางได้ 1 เส้น การเก็บจะต้องแขวนไว้ให้เรียงเส้นกัน

4.5.3 ใช้เนื้อยาง (tread) ที่ได้จากการเป่าในอัตราส่วนของยางผสมจำนวนทั้งหมด 45 เส้น

4.5.4 เครื่องจักรที่ใช้ในการสร้างยาง (former) เป็นการขึ้นรูปแบบยางขนาด 2.50-17

4.6 วิธีการสร้างแบบยาง

การสร้างแบบยางในการทดลองครั้งจะใช้เครื่องที่เป็นการทำด้วยมือเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.6.1 นำผ้าใบชั้นที่ 1 ปูลงบนเครื่องจักรที่ใช้ในการสร้าง และหมุนไปโดยรอบให้รอยต่ออยู่ที่ 10 มิลลิเมตร

4.6.2 นำผ้าใบชั้นที่ 2 ปูลงบนเครื่องจักรที่ใช้ในการสร้างให้ทับผ้าใบชั้นที่ 1 โดยที่มุมองศาตรงข้ามกัน และหมุนไปโดยรอบของเครื่องจักรที่ใช้ในการสร้าง และมีรอยต่อตรงข้ามกับผ้าใบชั้นที่ 1

4.6.3 นำลวดใส่ขอบทั้งสองข้าง ให้มีรอยต่อของลวดตรงข้ามกัน

4.6.4 ใช้น้ำมันทำความสะอาดลวดทั้งสองข้าง

4.6.5 พับขอบผ้าใบทั้งชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ทั้งสองข้างให้หุ้มลงบนขอบลวด

4.6.6 ใช้ลูกกลิ้งกดขอบทั้งสองข้างและทั้งให้เครื่องทำงาน โดยที่ขอบผ้าใบทั้งสองข้างต้องแน่น

4.6.7 นำส่วนที่เป็นเนื้อยาง (*tread*) ปูลงบนผ้าใบให้แนวมีความสมดุลทั้งสองข้าง หมุน รอบของเครื่องจักรที่ใช้ในการสร้าง นำมาต่อชนกัน และใช้ลูกกลิ้งกดที่รอยต่อให้แน่น

4.6.8 กดลูกกลิ้งเพื่อให้รีดลมออกตั้งแต่ตำแหน่งตรงกลาง จนถึงด้านริมสุดของแบบยาง

4.6.9 นำแบบยางออกจากเครื่องสร้าง และทำสัญลักษณ์ในแบบยางเพื่อแยกส่วนที่กำหนดในกลุ่มของประชากร

4.6.10 นำไปทาแป้งทั้งภายใน และภายนอกให้ทั่วทั้งแบบยาง

4.6.11 นำแบบยางแขวนขึ้นรถทิ้งไว้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง ก่อนที่จะมีการนำไปอบ

4.7 การอบแบบยาง

ในการอบยางเป็นการทำให้ยางที่ทำการทดสอบเกิดการสุก และเป็นเส้นยางตามลักษณะของโมล (mold) ที่มีลายดอกยางนั้น ซึ่งมีขั้นตอนในการอบแบบยาง ดังต่อไปนี้

4.7.1 ทำการตรวจแบบยางก่อนนำไปอบ ซึ่งในแบบยางจะต้องมีการทาแป้งเพื่อให้เกิดการลื่นบริเวณใต้ท้องยาง พร้อมทั้งตรวจสอบความสกปรกของแม่พิมพ์ แรงดันของลม และแรงดันของสตรีมให้เรียบร้อย

4.7.2 เปิดสวิตช์ไฟฟ้า และให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์อยู่ระหว่าง 168 ถึง 175 องศาเซลเซียส

4.7.3 ใส่แบบยางเข้าเครื่องอบตามมาตรฐานของการอบขนาดยาง 2.50-17 โดยมีเวลาในการอบแรงดันลมและสตรีมตามที่กำหนด

4.7.4 กดให้เครื่องอบยางทำงานตามโปรแกรมอัตโนมัติที่เป็นวงจรในการทำให้ยางสุก

4.7.5 เครื่องจะเปิดออกตามเวลานำแบบยางออกจากแม่พิมพ์ ต้องใส่ถุงมือและใช้อุปกรณ์ในการทำงาน เพราะเกิดความร้อนในบริเวณนั้น

4.8 การตรวจสอบคุณภาพ

นำยางที่ผ่านกระบวนการอบ ทุกอัตราส่วนที่ทดสอบไปตรวจสอบคุณภาพของยาง ดังต่อไปนี้

4.8.1 ตรวจสอบภายนอกโดยทั่วไปที่แผนกควบคุมคุณภาพ มีขั้นตอนในการตรวจ คือหยิบยางวางบนโต๊ะทำมุมเอียง 60 องศากับโต๊ะ มองหาจุดบกพร่องของแก้มยาง ขอบยาง และดอกยาง ถ้ามีให้ทำเครื่องหมายไว้ เพื่อเป็นตำแหน่งที่จะสังเกตได้ลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นกับยางโดยทั่วไป เช่น มีริมขอบรอยต่อแตก แผลแก้มยาง เส้นสีคดหุ่นแตก แม่พิมพ์สกปรก เป็นต้น

4.8.2 การตรวจสอบความต้านทานพลังงานทำลาย (*tire plunger energy*) เพื่อเป็นการวัดความแข็งแรงของยางนอกรถจักรยานยนต์ เมื่อถูกกดด้วยเหล็กปลายมนดูว่าทนทานได้ตามมาตรฐานหรือไม่

ลำดับขั้นตอนในการทดลอง

4.8.2.1 เตรียมยางนอกที่จะทดสอบแบ่งออกเป็น 5 จุด โดยให้หลีกเลี่ยงรอยต่อต่างๆ เช่น รอยต่อโทเรด รอยต่อผ้าใบ รอยต่อลวด เป็นต้น

4.8.2.2 ประกอบยางนอกเข้ากับวงล้อที่มีขนาด Rim 250-17 สูบลมให้มีความดันตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน jatma (japan aotomobile tire manufacturers - association inc) ยางในที่ใช้ต้องมีขนาด 2.50-17 ด้วย หลังจากประกอบยางกับวงล้อขอบยางนอกต้องสม่ำเสมอกับขอบวงล้อรอบเส้นทั้งด้านบน และด้านล่าง

4.8.2.3 เก็บยางที่จะทดสบไว้ที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมง เพื่อให้ได้มาตรฐานในการทดสอบ

4.8.2.4 เปิดเครื่องที่ใช้ในการทดสอบ ตรวจสอบให้มีแรงกดอย่างน้อย 4900 นิวตัน เปิดปั๊มไฮดรอลิค อุ่นเครื่องก่อนอย่างน้อย 10 นาที

4.8.2.5 ติดตั้งหัวกดที่ทำด้วยเหล็กกล้ารูปทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.0 $\pm$ 0.1 มิลลิเมตร ปลายของหัวกดต้องเป็นครึ่งวงกลม

4.8.2.6 นำวงล้อขึ้นแท่นที่ใช้ในการทดสอบ จัดตำแหน่งให้ได้กับหัวที่ใช้กด ในกรณีที่ยางมีร่องตรงกลาง (center groove) ให้วางตำแหน่งหัวกดเลื่อนไปด้านข้าง โดยให้หัวกดอยู่ใกล้เส้นกึ่งกลางมากที่สุด แต่ยังอยู่บนดอกยาง

4.8.2.7 ปรับพิกัดแรงกด ระยะกด และความเร็วของการทดสอบ 50 มิลลิเมตรต่อนาที

4.8.2.8 กดปุ่ม start ให้หัวกดลงบนยาง และจะอ่านค่าเมื่อผ้าใบขาด กรณีที่ยางในแตกขณะทดสอบให้เปลี่ยนยางในใหม่ทันที และทดสอบต่อภายใน 1 ชั่วโมง

4.8.2.9 การอ่านค่าของข้อมูลหน่วยของแรงกด ให้อ่านค่าเป็นนิวตัน ส่วนระยะกดให้อ่านค่าเป็นมิลลิเมตร

4.8.3 การตรวจสอบความคงทนและทนทาน เป็นการวัดหาค่าสมรรถนะของยางรถจักรยานยนต์ จึงต้องมีการทดสอบโดยนำยางทดลอง 2.50-17 ที่ได้จากการหาอัตราส่วน และเป็นเส้นยางเพื่อการนำไปใช้งานตามเกณฑ์มาตรฐาน ในการทดสอบต้องมีระยะทางที่มากกว่า 10,000 กิโลเมตร

ขั้นตอนการทดสอบ

4.8.3.1 เตรียมยางที่ใช้ในการทดสอบใส่ rim ให้เรียบร้อย บันทึกน้ำหนักยาง วันที่เริ่มทดสอบ และระยะที่วิ่งในการตรวจหาปัญหา ในการใส่ยางทดสอบจะต้องมียางในโดยใช้ขนาด 2.50-17 นิ้ว

4.8.3.2 นำยางที่ทดสอบเติมลมตามมาตรฐาน jatma ทิ้งไว้ไม่ต่ำกว่า 3 ชั่วโมงเพื่อให้ยางสนิทกับ rim

4.8.3.3 ตั้งความเร็วของเครื่องที่ใช้งานให้มีความเร็วในการทดสอบ 80 $\pm$0.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

4.8.3.4 นำยางที่จะทดสอบประกอบขึ้นแท่นบนเครื่องทดสอบ ถ่วงน้ำหนักตามมาตรฐานโดยคำนวณ

$$W = \frac{W \times 1.2}{5}$$

เมื่อ W = น้ำหนักที่ต้องถ่วง (Kg)

W = น้ำหนักที่ได้จากมาตรฐาน jatma

4.8.3.5 ปรับสมดุลของชุดถ่วงน้ำหนัก โดยใช้ระดับน้ำแล้วกดปุ่ม start เพื่อให้เครื่องทำงาน ระหว่างเครื่องทำงานต้องทำเครื่องป้องกันความปลอดภัย (guard)

4.8.3.6 อุณหภูมิภายในห้องทดสอบอยู่ที่ค่า 38 องศาเซลเซียส

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการวิจัยได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลของการทดลองและการทดสอบออกเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพของยางผสม ด้านความหนืด และเวลาในการสุกของยาง

5.1.1 กำหนดเกณฑ์มาตรฐานคุณสมบัติด้านความหนืด อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เวลาค่าความหนืด T5 = 18.00 $\pm$ 3.00 เวลาค่าความหนืด T35 = 20 $\pm$ 4.50 ค่าความหนืดของยาง ML (1+4) 50 $\pm$ 6

5.1.2 กำหนดเกณฑ์มาตรฐานคุณสมบัติด้านเวลาในการสุกของยาง ค่าแรงต่ำสุด 2.35 $\pm$ 0.35 ค่าแรงสูงสุด 13.30 $\pm$ 1.70 ค่าเวลาที่ยางเริ่มสุกไปแล้วร้อยละ 10 หรือ T10 = 1.20 $\pm$ 0.10 ค่าเวลาที่ยางเริ่มสุกไปแล้วร้อยละ 90 หรือ T90 = 3.30 $\pm$ 0.20

5.2 การวิเคราะห์ทางด้านคุณลักษณะภายนอกยางรถจักรยานยนต์ที่ผลิตขึ้นหลังจากขึ้นรูป เป็นการตรวจสอบลักษณะทั่วไป หาความต้านทานพลังงานทำลาย และทดสอบความคงทนและทนทาน

5.2.1 การตรวจลักษณะทั่วไปของยางรถจักรยานยนต์ที่ทำขึ้น ที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยหาความสมบูรณ์เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบ

5.2.2 กำหนดเกณฑ์มาตรฐาน หาความต้านทานพลังงานทำลายมีค่ายอมรับได้ต่ำสุดอยู่ที่ 34.32 นิวตันเมตร

5.2.3 กำหนดเกณฑ์มาตรฐานหาความคงทนและทนทานมีค่ายอมรับได้ต่ำสุดอยู่ที่ 10,000 กิโลเมตร

5.3 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของราคาวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการทดลอง

5.3.1 วิเคราะห์หาต้นทุนราคาวัตถุดิบที่นำมาผสมเป็นยางคอมเปานด์

5.3.2 วิเคราะห์หาราคาวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมระหว่างยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองตามกระบวนการที่กำหนดไว้ จากอัตราส่วนผสมระหว่างยางรีเคลมและยางคอมเปานด์ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตยางรถจักรยานยนต์จำนวนทั้งหมด 15 อัตราส่วน โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านกายภาพได้แก่ ความหนืดและเวลาในการสุกของยางผสมที่ได้จากยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์ในแต่ละอัตราส่วนโดยทำการทดสอบค่าต่างๆ 3 ครั้ง แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

2. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของยางรถจักรยานยนต์ที่ผลิตขึ้นได้แก่ ลักษณะภายนอก ความต้านทานพลังงานทำลาย ความคงทนและความทนทาน

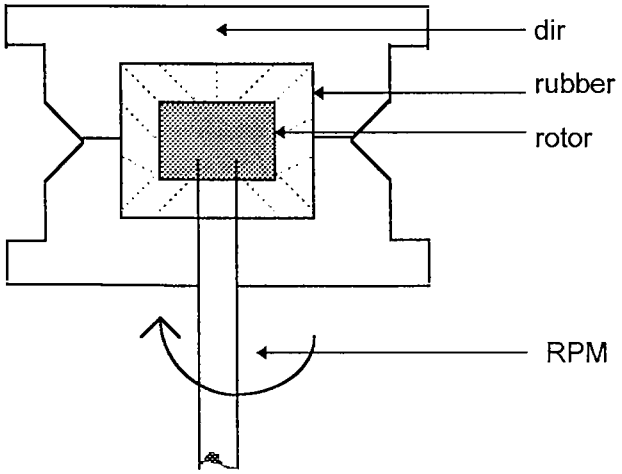
3. ผลการวิเคราะห์หาต้นทุนในการผลิตได้แก่ ต้นทุนราคาวัตถุดิบที่นำมาผสมเป็นยางคอมเปานด์ ราคาวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมระหว่างยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์ ราคาส่วนลดต้นทุนของวัตถุดิบ

1. ผลการวิเคราะห์การทดลองคุณสมบัติด้านกายภาพของยางผสม

การวิเคราะห์ผลการทดลองหาคุณสมบัติด้านกายภาพเริ่มตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบแล้วนำวัตถุดิบเข้าเครื่องผสมตามอัตราส่วนผสมที่กำหนดให้ครบทุกอัตราส่วน แล้วตัดตัวอย่างยางตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ และนำชิ้นตัวอย่างยางเข้าเครื่องทดสอบตามเครื่องมือเพื่อวัดหาค่าดังต่อไปนี้

1.1 คุณสมบัติด้านความหนืด

หาได้จากการนำยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์มาผสมกัน เรียกชื่อใหม่ว่า "ยางผสม" นำเข้าเครื่องมือวัดความหนืดของยาง การทดสอบยางผสมเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความหนืดของยางมีหน่วยที่ใช้เป็นค่ามูนี่หรือค่าของแรงที่เกิดขึ้นในการหมุนของโรเตอร์ภายในห้องเครื่องโดยใช้เวลาอุ่น 1 นาที และหมุนเป็นเวลา 4 นาที ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แสดงการหมุนของจานโลหะของเครื่อง mooney viscometer
(พรพรรณ นิธิอุทัย. 2528:43-44)

ลักษณะของความหนืดโดยทั่วไปจะใช้สัญลักษณ์ย่อว่า ML(1+4) 130 C การแสดงผลจะออกมาเป็นกราฟแล้ววิเคราะห์ออกมา เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานตามตาราง 3

ตาราง 3 แสดงอุณหภูมิค่าความหนืดของยางผสมที่มีหน่วยเป็นมูนี่

อัตราส่วน	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
A	125.2	125.2	124.2	124.83
B	125.2	125.3	125.2	125.24
C	125.3	125.4	125.4	125.37
D	125.3	125.3	125.3	125.30
E	125.2	125.6	125.4	125.40
F	125.3	125.4	125.3	125.33
G	125.3	125.3	125.4	125.33
H	125.4	125.4	125.2	125.33
I	125.2	125.2	125.4	125.27
J	125.3	125.4	125.2	125.30
K	124.1	125.5	125.2	124.93

ตาราง 3 (ต่อ)

อัตราส่วน	อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
L	125.2	125.3	125.2	125.23
M	124.2	125.2	124.2	124.53
N	125.4	125.4	125.2	125.33
O	124.1	125.6	125.2	124.97

จากตาราง 3 อัตราส่วน A ถึง O อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ 125 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 125.40 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยต่ำสุด 124.53 องศาเซลเซียส จึงเป็นอุณหภูมิที่สามารถนำไปหาค่าความหนืดของยางได้ทุกอัตราส่วน ในการนำข้อมูลไปใช้งานต้องมีการตั้งค่าของเครื่องให้มีการควบคุมของอุณหภูมิไม่ให้มีค่าที่สูงสุด และค่าที่ต่ำสุดห่างกันมาก

การวิเคราะห์จากกราฟ ค่าความหนืดแบ่งออกเป็น 2 ค่า คือค่า T 5 หมายถึง เวลาที่ค่ามูนี่มีค่ามากกว่ามูนี่ต่ำสุด 5 หน่วย ค่า T 35 คือ เวลาที่ค่ามูนี่มีค่ามากกว่ามูนี่ต่ำสุด 35 หน่วยดังในตาราง 4

ตาราง 4 แสดงเวลาค่าความหนืดของยางผสมที่มีหน่วยเป็นมูนี่

อัตราส่วน	เวลาค่าความหนืด							
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย	
	T5	T35	T5	T35	T5	T35	T5	T35
A	21.1	24.3	19.1	21.5	13.9	15.7	18.0	20.5
B	14.7	16.5	28.6	31.6	18.8	21.9	20.7	23.3
C	27.7	30.7	18.7	21.1	22.4	25.8	22.9*	25.8*
D	18.1	20.3	14.8	16.6	26.3	29.0	19.7	21.9
E	26.1	28.9	11.3	14.2	18.3	21.1	18.6	21.4
F	11.4	14.7	18.7	20.8	25.2	27.8	18.4	21.1
G	12.6	16.4	19.4	21.6	25.4	28.0	19.1	22.0
H	23.1	25.8	12.4	16.7	24.4	26.9	20.0	23.1

ตาราง 4 (ต่อ)

อัตราส่วน	เวลาค่าความหนืด ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย	
	T5	T35	T5	T35	T5	T35	T5	T35
I	11.6	15.6	16.4	18.8	17.8	20.0	15.3	18.1
J	17.4	20.0	17.7	19.8	24.4	20.9	19.8	20.2
K	23.9	26.4	18.7	20.9	11.3	15.7	18.0	21.0
L	11.2	15.7	23.7	26.3	11.2	15.7	15.4	19.2
M	23.8	16.4	16.4	18.6	23.8	26.4	21.3*	23.8
N	18.2	20.9	18.7	20.9	23.0	25.8	20.0	22.5
O	24.2	26.9	11.5	16.3	14.0	16.0	16.6	19.7

จากตาราง 4 ค่าความหนืดของยางในการเปรียบเทียบอัตราส่วนได้กำหนดค่า T5 = 18.00 $\pm$ 3.00 และ ค่า T35 = 20 $\pm$ 4.50 ดังนั้นค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนที่อยู่ในเกณฑ์ของ T5 คือ อัตราส่วน A B D E F G H I J K L N O และค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนที่อยู่ในเกณฑ์ของ T35 คืออัตราส่วน A B D E F G H I J K L M N O ค่าต่ำสุดของค่าเฉลี่ย T5 คือ 15.3 และค่าเฉลี่ยสูงสุดของ T5 คือ 22.9 ค่าต่ำสุดของค่าเฉลี่ย T35 คือ 18.1 และค่าสูงสุดของค่าเฉลี่ย T35 คือ 25.8 อัตราส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ เวลาค่าความหนืดของยางที่มีหน่วยเป็นมูนี่ T5 ได้แก่อัตราส่วน C , M และเวลาค่าความหนืด T35 ได้แก่อัตราส่วน C

ค่าความหนืดของยาง เป็นค่าของแรงที่เกิดขึ้นในการหมุนของโรเตอร์ภายในห้องเครื่องโดยใช้เวลาอุ่น 1 นาที และหมุนเป็นเวลา 4 นาที ได้กำหนดเป็นเกณฑ์มาตรฐานในการใช้งานของค่าความหนืด คือ 50 $\pm$ 6 ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 5

ตาราง 5 แสดงค่าความหนืดของยางผสม ML (1+4)

อัตราส่วน	ความหนืด			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
A	43.0	43.2	47.1	44.4
B	47.6	41.5	43.8	44.3
C	43.4	47.8	46.0	43.7*
D	48.1	41.0	43.0	44.0
E	45.4	49.5	43.2	46.0
F	53.3	46.9	34.1	44.8
G	52.3	48.9	36.5	45.9
H	44.5	57.9	35.6	46.0
I	58.8	48.1	53.3	53.4
J	38.7	51.5	35.2	41.8*
K	41.0	50.7	60.5	50.7
L	58.5	38.2	58.5	51.7
M	44.9	55.1	44.9	48.3
N	52.2	53.1	36.5	47.3
O	45.2	47.0	47.2	46.5

จากตาราง 5 อัตราส่วนในการทดลองที่ผ่านเกณฑ์ค่าเฉลี่ย คือ A B D E F G H I K L M N O ความหนืดของยางที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คืออัตราส่วน I = 53.4 ความหนืดของยางที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คืออัตราส่วน J = 41.8 อัตราส่วนที่ค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ อัตราส่วน J และอัตราส่วน C

การนำค่าเฉลี่ยของการทดลองหาความหนืดของยางมาวิเคราะห์ตั้งแต่อุณหภูมิ เวลาของค่าความหนืด T5 และ T35 รวมถึงค่าความหนืดที่มีหน่วยเป็นมูนี่แสดงไว้ในตาราง 6

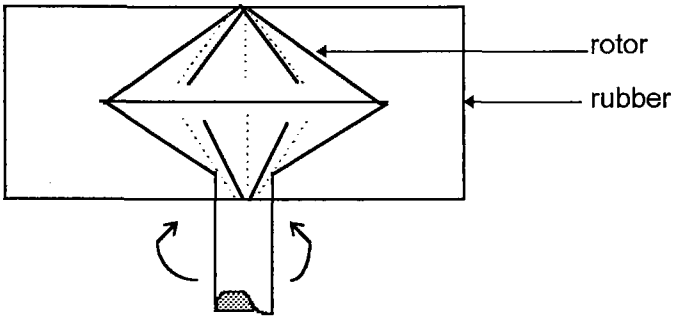
ตาราง 6 สรุปค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของยางผสม

อัตราส่วน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาค่าความหนืด T 5	T35	ค่าความหนืด
A	124.83	18.0	20.5	44.4
B	125.24	20.7	23.3	44.3
C	125.37	22.9	25.8	43.7
D	125.30	19.7	21.9	44.0
E	125.40	18.6	21.4	40.0
F	125.33	18.4	21.1	44.8
G	125.33	19.1	22.0	45.9
H	125.33	20.0	23.1	46.0
I	125.27	15.3	18.1	53.4
J	125.30	19.8	20.2	41.8*
K	124.93	18.0	21.0	50.7
L	125.23	15.4	19.2	51.7
M	124.53	21.3	23.8	48.3
N	125.33	20.0	22.5	47.3
O	124.97	16.6	19.7	46.5

จากตาราง 6 ค่าเฉลี่ยตั้งแต่อัตราส่วน A ถึง อัตราส่วน O สามารถนำไปผ่านขั้นตอนกระบวนการผลิตในขั้นต่อไปได้ แต่มีค่าเฉลี่ยของอัตราส่วน J ที่มีผลอยู่ในเกณฑ์ต่ำในการใช้ต้องมีการควบคุมปัญหา หรือติดตามอย่างใกล้ชิด สิ่งที่พบและเป็นปัญหาในการทดสอบคือการที่มีเศษยางตกค้างอยู่ที่เครื่องผสม

1.2 คุณสมบัติด้านเวลาในการสุกของยาง

การทดลองได้จากการนำยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์มาผสมกันเรียกชื่อใหม่ว่า "ยางผสม" การทดสอบยางผสมเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติซึ่งสามารถทราบค่าต่างๆได้จากกราฟของเครื่องที่ใช้ในการทดสอบมีชื่อว่า รีโอมิเตอร์ เป็นเครื่องมือในการหาเวลาในการสุกของยาง ประกอบด้วยโรเตอร์ทำหน้าที่หมุนตัวยางหาเวลาในการอบ (cure time) การหมุนจะหมุนกลับไปกลับมาทำมุมที่ 1 องศา 3 องศา และ 5 องศา เมื่อยางเริ่มต้น cure โมดูลัสของยางก็จะสูงขึ้นทำให้เกิดแรงบิดของโรเตอร์สูงขึ้นดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แสดงแรงบิดโรเตอร์ในยางทดลองของเครื่องรีโอมิเตอร์
(พรพรรณ นิธิอุทัย. 2528:46)

โดยทั่วไปมีการกำหนดค่า ML คือค่าแรงต่ำสุดที่วัดได้ในขณะที่เครื่องกระทำต่อยางที่มีการทดสอบ ส่วนค่า MH คือค่าแรงสูงสุดที่วัดได้ในขณะที่เครื่องกระทำต่อยางที่มีการทดสอบ ค่า T10 คือเวลาที่ยางเริ่มสุกผ่านไปแล้วร้อยละ 10 มีวิธีการคำนวณโดยการใช้สูตร ดังนี้ T10 คือ ML+(MH - ML)10/100 ค่า T90 คือเวลาที่ยางเริ่มสุกผ่านไปแล้วร้อยละ 90 มีวิธีการคำนวณโดยการใช้สูตร ดังนี้ T90 คือ ML+(MH - ML)90/100

ค่าแรงต่ำสุดที่วัดได้ในขณะที่เครื่องกระทำต่อยางที่ทดสอบมีค่า 1.70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือแทนด้วยสัญลักษณ์ ML ค่าที่ได้จะต้องมีการศึกษาวิเคราะห์จากกราฟในการทำงานของเครื่องรีโอมิเตอร์ซึ่งได้ผลดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงค่าแรงต่ำสุด จากกราฟที่ได้ของเครื่องรีโอมิเตอร์

อัตราส่วน	ค่าแรงต่ำสุด			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
A	1.92	2.02	2.22	2.05
B	1.95	2.07	2.31	2.11
C	1.94	2.24	2.36	2.18
D	2.01	2.33	2.45	2.26
E	2.03	1.85	2.02	1.96*
F	1.99	2.22	2.05	2.08
G	2.18	2.30	2.03	2.17
H	2.00	2.07	2.38	2.15

ตาราง 7 (ต่อ)

อัตราส่วน	ค่าแรงต่ำสุด			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
I	2.09	2.24	2.33	2.22
J	2.09	1.90	2.35	2.13
K	2.15	2.26	2.10	2.14
L	2.08	2.09	2.38	2.12
M	1.91	2.16	2.38	2.22
N	1.18	2.32	2.32	1.94*
O	2.03	2.08	2.21	2.10

จากตาราง 7 เป็นการทดสอบหาค่าแรงต่ำสุดโดยกำหนดไว้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 2.35 $\pm$ 0.35 อัตราส่วนค่าเฉลี่ยที่ผ่านตามเกณฑ์ ได้แก่ A B C D F G H I J K L M O และมีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ อัตราส่วน D = 2.26 ส่วนค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ อัตราส่วน N = 1.99 มีอัตราส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ E กับ N แต่ไม่ได้หมายถึงว่าอัตราส่วนดังกล่าวจะใช้ในการผลิตไม่ได้เพราะต้องดูการตรวจสอบด้านอื่นๆประกอบไปด้วยจนกว่าจะผลิตออกมาเป็นตัวยางสำเร็จรูปและมีผลของการทดสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ค่าแรงสูงสุดที่วัดได้ในขณะที่เครื่องกระทำต่อยางทดสอบ มีค่า 12.29 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือแทนด้วยสัญลักษณ์ MH เป็นการศึกษาวิเคราะห์จากผลที่แสดงเป็นเส้นกราฟของเครื่องรีโอมิเตอร์แปลผลออกได้เป็นค่าแรงสูงสุดดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงค่าแรงสูงสุด จากกราฟที่ได้ของเครื่องรีโอมิเตอร์

อัตราส่วน	ค่าแรงสูงสุด			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
A	12.28	10.47	7.35	10.03
B	11.53	10.45	4.35	8.17
C	11.52	13.10	5.55	10.05
D	10.93	5.70	10.52	9.05
E	11.24	12.50	8.40	11.04

ตาราง 8 (ต่อ)

อัตราส่วน	ค่าแรงสูงสุด ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
F	10.63	10.81	7.38	9.60
G	10.63	10.59	7.29	9.50
H	9.74	6.54	10.33	8.87
I	0.77	9.68	9.41	9.95
J	11.67	9.26	9.55	10.16
K	8.86	8.55	6.07	7.82
L	8.66	5.80	11.46	8.64
M	8.30	9.23	5.52	7.68
N	7.81	8.84	8.20	8.28
O	7.92	7.65	6.00	7.19

จากตาราง 8 เป็นการทดสอบหาค่าแรงสูงสุดโดยกำหนดไว้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 13.30 $\pm$ 1.70 ผลการทดสอบทุกอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ อัตราส่วน O = 7.19 และมีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ อัตราส่วน J = 10.16 ได้วิเคราะห์แล้วว่าสารตัวเร่งบางตัวที่อยู่ในยางคอมเปานด์มีความเข้มข้นสูง และเมื่อมีการผสมตัวยางรีเคลมเข้าไปจะสังเกตการเปลี่ยนแปลงค่าแรงสูงสุดตั้งแต่อัตราส่วน A ถึง O จะมีค่าโมดูลัสที่ต่ำลงแสดงให้เห็นจุดที่ต้องแก้ไข แต่ต้องศึกษาองค์ประกอบ ค่าของการทดสอบด้านอื่น ๆด้วย

ค่าเวลาที่ยางเริ่มสุกไปแล้วร้อยละ 10 โดยต้องคำนวณค่าแรงที่วัดได้เมื่อยางสุกผ่านไปแล้วร้อยละ 10 โดยแทนด้วยสัญลักษณ์ T 10 หาได้ด้วยสูตรการคำนวณ

ML+(MH - ML)10/100 โดยทั่วไปจะดูคุณสมบัติของยางจากการใส่ส่วนผสมหรือสารตัวเติมลงไปผลจะแสดงออกมาทางกราฟที่มีการไหลของยางซึ่งแปลผลออกมาเป็นเวลาที่ยางเริ่มสุกไปแล้วร้อยละ 10 ดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงเวลายางเริ่มสุกร้อยละ 10

อัตราส่วน	เวลายางเริ่มสุกร้อยละ 10			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
A	1.47	1.03	1.29	1.26
B	1.48	1.04	1.28	1.26
C	1.43	1.25	1.37	1.35
D	1.40	1.22	1.31	1.31
E	1.40	1.17	0.50	1.02*
F	1.36	1.21	0.55	1.04*
G	1.34	1.20	0.56	1.03*
H	1.31	0.52	1.29	1.04*
I	1.35	1.19	1.16	1.23
J	1.19	1.28	1.17	1.21
K	1.22	1.14	0.49	0.95*
L	1.24	0.50	1.36	1.03*
M	1.18	0.50	1.16	0.94*
N	1.19	1.15	1.14	1.16
O	1.18	1.17	0.45	0.93*

จากตาราง 9 เป็นการทดลองหาค่าเวลาที่ยางเริ่มสุกผ่านไปแล้วร้อยละ 10 โดยกำหนดเป็นเกณฑ์มาตรฐานไว้ 1.20 $\pm$ 0.10 และมีอัตราส่วนที่มีค่าเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ ได้แก่ อัตราส่วน A B C D I J N โดยมีอัตราส่วนที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ อัตราส่วน O = 0.93 และมีอัตราส่วนที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ อัตราส่วน C = 1.35 อัตราส่วนของค่าเฉลี่ยที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ได้แก่อัตราส่วน E F G H K L M O กราฟที่มีจำนวนการเพิ่มยางรีเคลมเข้าไปในการผสมจะทำให้ค่าเวลาที่ยางเริ่มสุกผ่านไปแล้วร้อยละ 10 มีค่าโมดูลัสที่ต่ำลงด้วย เพราะคุณสมบัติของยางรีเคลมมีโมเลกุลที่เข้าผสมทางเคมีกับยางคอมเปานด์ถ้ามีปริมาณมากจะส่งผลถึงเวลาในการสุกของยางด้วย

ค่าเวลาที่ยางเริ่มสุกไปแล้วร้อยละ 90 โดยต้องคำนวณค่าแรงที่วัดได้เมื่อยางสุกผ่านไปแล้วร้อยละ 90 โดยแทนด้วยสัญลักษณ์ T90 สูตรการคำนวณ ML+(MH-ML)90/100 โดยทั่วไปจะดูคุณสมบัติของยางจากการใส่ส่วนผสมหรือสารตัวเติมลงไปผลจะแสดงออกมาทาง

กราฟที่มีการไหลของยางซึ่งได้แปลผลออกมา เป็นเวลาที่ยางเริ่มสุกไปแล้ว ร้อยละ 90 แสดงไว้ในตาราง 10

ตาราง 10 แสดงเวลาที่ยางเริ่มสุกร้อยละ 90

อัตราส่วน	เวลาที่ยางเริ่มสุกร้อยละ 90			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
A	3.56	3.04	3.19	3.26
B	3.55	3.04	3.36	3.31
C	3.49	3.25	3.49	3.41
D	3.47	3.12	3.42	3.33
E	3.44	2.58	3.23	3.08*
F	3.38	3.12	3.10	3.20
G	3.37	3.14	3.10	3.20
H	3.34	3.13	3.38	3.28
I	3.39	3.13	3.06	3.19
J	3.28	3.30	3.09	3.22
K	3.22	3.14	3.01	3.12
L	3.25	3.02	3.47	3.24
M	3.23	3.00	3.05	3.09*
N	3.18	3.02	3.06	3.08*
O	3.15	3.16	3.07	3.15

จากตาราง 10 เป็นการทดลองหาค่าเวลาที่ยางเริ่มสุกผ่านไปแล้วร้อยละ 90 โดยกำหนดเป็นเกณฑ์มาตรฐานไว้ 3:30 $\pm$ 0:20 และมีอัตราส่วนที่มีค่าเฉลี่ยผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่อัตราส่วน A B C D F G H I J K L O ค่าเฉลี่ยที่มีค่าต่ำสุด ได้แก่ อัตราส่วน E และ N = 3.08 ส่วนค่าเฉลี่ยที่มีค่าสูงสุด ได้แก่อัตราส่วน C = 3.41 อัตราส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ได้แก่อัตราส่วน E M N กราฟที่มีจำนวนการเพิ่มยางรีเคลมเข้าไปในการผสมจะทำให้ค่าเวลาที่ยางเริ่มสุกผ่านไปแล้วร้อยละ 90 มีค่าโมดูลัสที่ต่ำลงด้วย เพราะคุณสมบัติของยางรีเคลมมีโมเลกุลที่เข้าผสมทางเคมีกับยางคอมเปานด์ถ้ามีปริมาณมากจะส่งผลถึงเวลาในการสุกของยางด้วย

จากกราฟของเครื่องรีโอมิเตอร์มีเวลาในการสุกของยางในการทดสอบตามคุณสมบัติของยางผสม ที่ได้มาจากอัตราส่วนของยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์ เวลาในการสุกของยางได้นำมาหาค่าเฉลี่ยจากการทดสอบตัวอย่างยางจำนวน 3 ชิ้นผลแสดงไว้ในตาราง 11

ตาราง 11 แสดงเวลาในการสุกของยาง

อัตราส่วน	เวลาที่ใช้ในการสุกของยาง			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
A	6.60	5.40	12.69	8.23
B	6.00	5.70	11.02	7.57
C	5.40	6.45	11.49	7.78
D	5.85	11.20	5.10	7.38
E	6.00	9.90	2.90	6.10
F	5.55	6.30	2.40	4.75
G	4.65	6.15	2.55	4.45
H	4.20	3.10	4.80	3.70
I	5.55	5.25	5.25	5.35
J	6.00	4.05	4.35	4.80
K	4.35	3.90	2.10	3.45
L	4.35	1.95	5.25	3.85
M	3.90	1.95	5.10	3.65
N	3.45	4.05	4.05	3.85
O	3.15	3.45	1.50	2.70

จากตาราง 11 วิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วน A ถึง O ใช้เวลามากไปหาเวลาที่น้อยกว่า อัตราส่วน A มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 8.23 ส่วนในอัตราส่วน O มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ 2.70 เวลาในการสุกของยาง วิเคราะห์ให้เห็นออกเป็นกลุ่มๆจะได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7 - 8 ได้แก่อัตราส่วน A B C D

กลุ่มที่ 2 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5 - 6 ได้แก่อัตราส่วน E I

กลุ่มที่ 3 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3 - 4 ได้แก่อัตราส่วน F G H J K L M N

กลุ่มที่ 4 ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1 - 2 ได้แก่อัตราส่วน O

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเวลาในการสุกของยาง เป็นการนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานตั้งแต่ ค่าแรงต่ำสุดถึงค่าแรงสูงสุดที่เวลา T10 และ T90 เวลายางสุกทั้งหมดที่ใช้ตามอัตราส่วนการทดลองของยางผสมได้ผลดังในตาราง 12

ตาราง 12 แสดงค่าเฉลี่ยเวลาในการสุกของยาง

อัตราส่วน	ค่าเวลาในการสุกของยาง				เวลายางสุก
	ค่าแรงต่ำสุด	ค่าแรงสูงสุด	เวลา T10	เวลา T90	
A	2.05	10.03	1.26	3.26	8.23
B	2.11	8.17	1.26	3.31	7.57
C	2.18	10.05	1.35	3.41	7.78
D	2.26	9.05	1.31	3.33	7.38
E	1.96	11.04	1.02	3.08	6.10
F	2.08	9.60	1.04	3.20	4.75
G	2.17	9.50	1.03	3.20	4.45
H	2.15	8.87	1.04	3.28	3.70
I	2.22	9.95	1.23	3.19	5.35
J	2.13	10.16	1.21	3.22	4.80
K	2.14	7.82	0.95	3.12	3.45
L	2.12	8.64	1.03	3.24	3.85
M	2.22	7.68	0.94	3.09	3.65
N	1.94	8.28	1.16	3.08	3.85
O	2.10	7.19	0.93	3.13	2.70

จากตาราง 12 เป็นการสรุปผลการวิเคราะห์ที่นำค่าเฉลี่ยของทุกตารางการหาเวลาในการสุกของยาง จากการทดสอบยางผสมซึ่งมีทั้งหมด 15 อัตราส่วน ค่าเวลาในการสุกของยางเป็นค่าที่สำคัญในการขึ้นรูปและผ่านตามกระบวนการสายงานการผลิต ได้แบ่งกลุ่มสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 อัตราส่วน A B C D เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด ค่าแรงต่ำสุด เวลา T10 และ T90 จะผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกค่าของการทดสอบ ยกเว้นค่าแรงสูงสุดเท่านั้น

กลุ่มที่ 2 อัตราส่วน E F G I J ส่วนอัตราส่วน E จะไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบหรือต่ำกว่าที่กำหนด อัตราส่วน F G I J เป็นอัตราส่วนที่อยู่ในค่าระดับกลางๆของกลุ่ม

กลุ่มที่ 3 อัตราส่วน H K L M N O จะเป็นค่าที่ให้เวลาในการสุกของยางที่ต่ำกว่าเกณฑ์โดยทั่วไป ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการเข้าสู่กระบวนการผลิตในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางรถจักรยานยนต์

2. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของยางรถจักรยานยนต์ที่ผลิตขึ้น

เมื่อนำยางทั้งหมด 15 อัตราส่วน ผ่านกระบวนการผลิตได้เป็นเส้นยางออกมาทั้งหมด 45 เส้น อัตราส่วนละ 3 เส้น มีขั้นตอนการเตรียมยางเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตโดยผ่านไปที่แผนกเป่าทีละอัตราส่วน จะได้เนื้อยางออกมาตามมาตรฐานของขนาด 2.50-17 นิ้ว และนำมาสร้างบนแบบผ้าใบไนล่อนที่มีการประกอบลวดไว้แล้ว ในการเป่าต้องให้มีความสัมพันธ์กับการนำยางมาสร้างบนแบบผ้าใบไนล่อน เพราะคุณสมบัติยางเมื่อเย็นตัวลงจะมีการหดตัว ปัญหาถ้าทิ้งตัวยางไว้นานๆยางนั้นจะสั้นและไม่สามารถขึ้นรูปได้ พนักงานที่สร้างจะต้องมีการทำเครื่องหมายบนเส้นยางทุกอัตราส่วน เมื่อได้เป็นแบบยางแล้วต้องนำไปเก็บไว้ที่รถแขวนแบบยางเพื่อป้องกันการหักงอของตัวลวดจะทำให้ยางเสียไม่สมบูรณ์ และยังป้องกันไม่ให้มีเศษวัสดุภายนอกมาติดตามเนื้อยาง ยางทุกเส้นจะต้องนำมาผ่านการทาแป้งบริเวณใต้ท้องแบบผ้าใบไนล่อน จุดประสงค์เพื่อป้องกันเวลาการเข้ากระบวนการอบจะไปติดกับหุ่นของเครื่องอบยาง จนถึงนำแบบยางที่ได้เตรียมไว้ผ่านการอบยางที่แม่พิมพ์จะมีลวดลายของดอกยาง อบด้วยอุณหภูมิสูงประมาณ 168-175 องศาเซลเซียส อบเสร็จแล้วจึงนำมาตรวจหาคุณลักษณะของตัวอย่างยางที่ผสมลงไปในแต่ละอัตราส่วนเพื่อดูว่าจะเกิดปัญหาในระหว่างการผลิตหรือไม่ ซึ่งจะส่งผลถึงต้นทุนการผลิต และความเสียหาย ในการตรวจคุณสมบัติภายนอกต้องใช้ผู้ที่มีการฝึกและอบรมในด้านการตรวจมาเป็นอย่างดี ในการตรวจจะดูลักษณะภายนอกของปัญหาที่เกิดขึ้น เช่นยางมีรอยแตก ยางมีลมระหว่างรอยต่อหรือดอกยางไม่เต็มเพื่อ จะได้ศึกษาว่าอัตราส่วนใดที่เกิดปัญหามากที่สุด และมาจากสาเหตุอะไร ในกระบวนการผลิตยางทางด้านอุตสาหกรรมสภาพที่ส่งผลทำให้เกิดยางเสียมีปัจจัยหลายด้านเช่น เกิดจากการผิดพลาดของเครื่องจักร ความผิดพลาดของคนในการใช้วิธีการที่ไม่เข้าใจ ความผิดพลาดของวัตถุดิบในอัตราส่วนที่ผสม ดังนั้นต้องวิเคราะห์ให้ได้ข้อมูลที่ต้องการโดยเริ่มตั้งแต่การตรวจสอบคุณลักษณะดังต่อไปนี้

2.1 ลักษณะทั่วไป เป็นการตรวจสอบที่ดูด้วยสายตา นำยางรถจักรยานยนต์ที่ผ่านการอบในแต่ละอัตราส่วนให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านนี้ (inspector) มาหาข้อเสียที่มีผลต่อการใช้งานเพื่อไม่ให้เกิดปัญหา เช่น มีรอยแตก ฉีกขาด และความไม่สมบูรณ์อื่นๆ ในการตรวจสอบจะมีแสงไฟที่ช่วยในการดูลักษณะภายนอกทั่วๆไป ดังแสดงผลในตาราง 13

ตาราง 13 แสดงผลการตรวจลักษณะทั่วๆไปของยางรถจักรยานยนต์ที่ทำขึ้น

อัตราส่วน	การตรวจสอบ			ค่าร้อยละ		
	เส้นที่1	เส้นที่ 2	เส้นที่ 3	√	x	O
A	√	√	√	100	-	-
B	√	√	√	100	-	-
C	√	√	√	100	-	-
D	√	√	√	100	-	-
E	O	√	√	66.6	-	33.3
F	√	O	O	33.3	-	66.6
G	√	√	O	66.6	-	33.3
H	√	x	O	33.3	33.3	33.3
I	x	√	O	33.3	33.3	33.3
J	√	O	x	33.3	33.3	33.3
K	O	O	√	33.3	-	66.6
L	O	O	x	-	33.3	66.6
M	x	O	O	-	33.3	66.6
N	O	O	x	-	33.3	66.6
O	x	O	O	-	33.3	66.6

หมายเหตุ สัญลักษณ์ √ ยางสมบูรณ์
สัญลักษณ์ x ยางเสีย
สัญลักษณ์ O ยางไม่สมบูรณ์

จากตาราง 13 เป็นการตรวจสอบคุณลักษณะภายนอกของยางที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า และการใช้สัญลักษณ์แยกความสมบูรณ์ พบว่าอัตราส่วน A B C D เป็นยางที่มีความสมบูรณ์ที่สุด ส่วนอัตราส่วนที่มียางเสีย คือ H I J L M N O และอัตราส่วนที่มียางไม่สมบูรณ์ คือ E F G I J K L M N O ในอัตราส่วนเดียวกันกับยางไม่สมบูรณ์ก็มียางเสียด้วยในอัตราส่วนนั้นๆด้วยเช่นกัน คือ I J L M N O ถ้าสรุปผลเป็นร้อยละจะได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ยางสมบูรณ์ ได้แก่อัตราส่วน A B C D

กลุ่มที่ 2 ยางสมบูรณ์ร้อยละ 66.6 และยางไม่สมบูรณ์ร้อยละ 33.3 ได้แก่

อัตราส่วน E กับ G

กลุ่มที่ 3 ยางสมบูรณ์ร้อยละ 33.3 และยางไม่สมบูรณ์ร้อยละ 66.6 ได้แก่ อัตราส่วน F กับ K

กลุ่มที่ 4 ยางสมบูรณ์ร้อยละ 33.3 ยางไม่สมบูรณ์ร้อยละ 33.3 และยางเสียร้อยละ 33.3 ได้แก่ อัตราส่วน H I J

กลุ่มที่ 5 ยางเสียร้อยละ 33.3 และยางไม่สมบูรณ์ร้อยละ 66.6 ได้แก่อัตราส่วน L M N O

2.2 ผลการวิเคราะห์ความต้านทานพลังงานทำลาย

ผลการวิเคราะห์ความต้านทานพลังงานทำลายได้จากการนำยางที่ผ่านการตรวจแล้วมาเข้าริมวงล้อ และเติมลมพร้อมทั้งเข้าเครื่องทดสอบ ยางหนึ่งเส้นจะทดสอบแรงกด และตำแหน่งที่กระทำจะไม่ซ้ำกันแสดงผลตาราง 14

ตาราง 14 แสดงความต้านทานพลังงานทำลายของยางรถจักรยานยนต์

อัตราส่วน	ความต้านทานพลังงานทำลาย		
	แรงกดสูงสุดของหัวกด	ระยะหัวกดเคลื่อนที่	พลังงานทำลาย (นิวตันเมตร)
A	1785.560	0.062	53.735
B	1703.240	0.062	53.067
C	1760.080	0.060	52.630
D	1701.280	0.062	52.630
E	1607.200	0.064	51.894
F	1650.320	0.062	51.518
G	1540.560	0.066	50.738
H	1607.200	0.062	49.542
I	1543.500	0.064	49.444
J	1528.680	0.060	49.099
K	1544.480	0.064	49.090
L	1585.640	0.060	47.414
M	1538.600	0.061	46.762
N	1470.000	0.061	45.853
O	1836.520	0.045	40.876

จากตาราง 14 ผลการทดสอบความต้านทานพลังงานทำลายทุกอัตราส่วน มีค่าแรงกดสูงสุดของหัวกด ได้แก่ อัตราส่วน O คือ 1836.520 และระยะหัวกดเคลื่อนที่สูงสุด ได้แก่ อัตราส่วน G คือ 0.066 ยางที่รับแรงพลังงานทำลายสูงสุด ได้แก่ อัตราส่วน A คือ 53.735 นิวตันเมตรค่าต่ำสุดของพลังงานทำลายในอัตราส่วน O คือ 40.876 นิวตันเมตร ซึ่งตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนดให้ความต้านทานพลังงานทำลายต่ำสุด คือ 34.32 นิวตันเมตร

2.3 ผลการวิเคราะห์ความคงทนและความทนทาน

การทดสอบความคงทนและความทนทานโดยใช้ล้อเหล็กที่มีหน้าเรียบเส้นผ่านศูนย์กลาง 1707 $\pm$ 3 มิลลิเมตร และมีความกว้างเท่ากับความกว้างของยางนอก หมุนล้อทดสอบด้วยอัตราเร็ว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงได้ผลดังตาราง 15

ตาราง 15 แสดงค่าความคงทนและความทนทานของยางรถจักรยานยนต์

อัตราส่วน	น้ำหนัก (g)	แรงดันลม (kg/cm)	ความคงทนและความทนทาน (80km/h)
A	1780	2.0	15245
B	1860	2.0	15012
C	2000	2.0	14997
D	1920	2.0	14976
E	1700	2.0	14965
F	1800	2.0	14862
G	1820	2.0	14681
H	1820	2.0	13241
I	1800	2.0	12392
J	1920	2.0	12366
K	1800	2.0	10168
L	2060	2.0	9345
M	2380	2.0	8985
N	1720	2.0	6137
O	1820	2.0	5900

จากตาราง 15 แสดงว่า อัตราส่วน A ถึง B มีระยะการทดสอบระยะทาง 15,000 กิโลเมตรขึ้นไป ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ดีที่สุด และปลอดภัยที่สุดในการใช้งาน อัตราส่วน C ถึง G เป็นระยะ 14,000 - 15,000 กิโลเมตร เป็นค่าที่มีความปลอดภัยต่ออายุการใช้งานที่ผ่านเกณฑ์แต่ยางจะแตกบริเวณตามร่องของรอยดอกยางหลายตำแหน่ง ส่วนในอัตราส่วนที่ H ถึง K เป็นระยะทาง 10,000 - 14,000 กิโลเมตร จะแตกบริเวณตามร่องของรอยดอกยางมากขึ้น และจะลึกไม่เท่ากัน และอัตราส่วนที่ L ถึง O เป็นระยะที่ต่ำคือตั้งแต่ 5,000 - 10,000 กิโลเมตร ซึ่งเป็นค่าที่ทดสอบไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานและยังเกิดปัญหาในระหว่างการทดสอบอื่นๆ เช่น ดอกยางสึกไม่เท่ากัน แตกบริเวณรอยดอกยาง ฉีกขาดบริเวณดอกยาง ดังนั้นจัดแบ่งเป็นกลุ่มเพื่อนำไปใช้งานได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 สภาพการใช้งาน 15,000 กิโลเมตร ได้แก่อัตราส่วน A B

กลุ่มที่ 2 สภาพการใช้งาน 14,000 - 15,000 กิโลเมตร ได้แก่อัตราส่วน C D E F G

กลุ่มที่ 3 สภาพการใช้งาน 10,000 - 14,000 กิโลเมตร ได้แก่อัตราส่วน H I J K

กลุ่มที่ 4 สภาพการใช้งาน 5,000 - 10,000 กิโลเมตร ได้แก่อัตราส่วน L M N O

3. การศึกษา และวิเคราะห์หาต้นทุนการผลิต

ต้นทุนการผลิตเป็นจำนวนเงินที่ใช้จ่ายไปในกระบวนการผลิตสินค้า และการบริการ ดังนั้นผู้วิจัยได้เน้นศึกษาวิเคราะห์หาต้นทุน ของอัตราส่วนผสมระหว่างยางรีเคลมและยางคอมเปานด์ ซึ่งเป็นต้นทุนเกี่ยวกับราคาวัตถุดิบ จำนวนทั้งหมด 15 อัตราส่วน ได้ทำการวิเคราะห์การหาต้นทุนด้านราคาของวัตถุดิบ ที่นำมาผสมเป็นยางคอมเปานด์ ราคาต้นทุนวัตถุดิบของลวด และผ้าใบไนล่อน ผลการวิเคราะห์แสดงราคาส่วนลดต้นทุนของวัตถุดิบต่อหนึ่งกิโลกรัม ต้นทุนการผลิตที่เป็นจำนวนบาทต่อเส้นทุกอัตราส่วนที่มีการทดลอง ต้นทุนการผลิตจะถูกจัดแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังต่อไปนี้ ต้นทุนวัตถุดิบทางตรง (direct material cost) ต้นทุนค่าแรงทางตรง (direct labor cost) และต้นทุนโสหุ้ยการผลิต (factory overhead cost)

3.1 ต้นทุนวัตถุดิบทางตรง ประกอบด้วยวัตถุดิบดังต่อไปนี้

3.1.1 ยางธรรมชาติ TTR#20

3.1.2 ยางสังเคราะห์ SBR-1712

3.1.3 น้ำมัน dutrex 737

3.1.4 คาร์บอน แบล็ค

3.1.5 ซิงค์ออกไซด์ ZnO

3.1.6 สารเสริมหรือสารตัวเติม stearic acid RD-F 3C OZ (654) santofiex#13DPG

3.1.7 ยางรีเคลม

3.1.8 ลวด

3.1.9 ผ้าใบไนล่อน

ในการทดลองครั้งนี้ วัตถุดิบที่นำมาผสมเข้าไปในยางคอมเปานด์ประกอบไปด้วยส่วนผสม ดังต่อไปนี้ ยางธรรมชาติ ร้อยละ 15 ยางสังเคราะห์ ร้อยละ 39 น้ำมัน ร้อยละ 5 คาร์บอน แบล็ค ร้อยละ 32 ซิงค์ออกไซด์ ร้อยละ 2 สารเสริมหรือสารตัวเติม ร้อยละ 7 ทั้งหมดนี้ได้นำมาวิเคราะห์แสดงต้นทุนวัตถุดิบราคาเฉลี่ยต่อหน่วยในการผสม และราคาบาทต่อจำนวนกิโลกรัม ราคาวัตถุดิบบางชนิดมีราคาสูงในช่วงนี้เพราะเป็นวัตถุดิบที่นำเข้าจากต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่นซึ่งอยู่ในช่วงการลดค่าเงินบาทจึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงตาม การคำนวณราคามีวิธีคิดโดยนำราคาต่อหน่วยคูณด้วยต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยในการผสมและหารด้วยร้อย ดังแสดงในตาราง 16

ตาราง 16 แสดงการวิเคราะห์การหาต้นทุนราคาวัตถุดิบที่นำมาผสมเป็นยางคอมเปานด์ต่อกิโลกรัม

	รายการ	ราคาต่อหน่วย (บาท/กิโลกรัม)	ต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยในการผสม ร้อยละ	บาท/กิโลกรัม
1	ยางธรรมชาติ	26.36	15	3.95
2	ยางสังเคราะห์	30.07	39	11.72
3	น้ำมัน	13.22	5	0.66
4	คาร์บอน แบล็ค	16.85	32	5.39
5	ซิงค์ออกไซด์	45.57	2	0.91
6	สารเสริมหรือสารตัวเติม	59.15	7	4.14
	รวม			26.77

ใบกำกับสินค้าเลขที่ 1627 ต่อ BR.1268 ลงวันที่ 21 ตุลาคม 2540 รายการที่ 1 บริษัทยางไทยปักษ์ใต้

ใบกำกับสินค้าเลขที่ 09362 ลงวันที่ 21 ตุลาคม 2540 รายการที่ 2 ห้างหุ้นส่วนจำกัดโล้วจิ้นแอ็งฮั้ว

ใบเสร็จเลขที่ P.68796/2 ลงวันที่ 21 ตุลาคม 2540 รายการที่ 3 บริษัทเชลล์แห่งประเทศไทย จำกัด

ใบกำกับสินค้าเลขที่ 7713 ลงวันที่ 15 ตุลาคม 2540 รายการที่ 4 บริษัทผลิตภัณฑ์คาร์บอนไทย จำกัด

ใบกำกับสินค้าเลขที่ 401058 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540 รายการที่ 5 บริษัทโคชิน (ประเทศไทย) จำกัด

ใบกำกับสินค้าเลขที่ 0347 ลงวันที่ 15 ตุลาคม 2540 รายการที่ 6 บริษัทโดมิเนี่ยนเคมเมท

จากตาราง 16 ต้นทุนราคาวัตถุดิบของยางคอมเปานด์ รวมอยู่ที่ 26.77 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งราคาต่อหน่วยที่ได้อยู่ในช่วงของเวลาที่ใช้ในการทดลอง ระบบบัญชีการซื้อขายของโรงงานอุตสาหกรรมต่อราคาวัตถุดิบจะมีราคาที่ไม่แน่นอนทั้งนี้ขึ้นอยู่ตามสภาวะการ ฤดู-ของตลาด แหล่งที่มา ค่าขนส่ง และจำนวนการสั่งซื้อมากน้อยของต้นทุนวัตถุดิบในครั้งนี้ด้วย

วัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้ในการทดลองได้แก่ยางรีเคลมราคายางรีเคลมมีต้นทุนการผลิตกิโลกรัมละ 13.00 บาท (ใบกำกับสินค้าเลขที่ 0936 ลงวันที่ 15 ตุลาคม 2540 บริษัทราชสีมายางรีเคลม จำกัด) เมื่อนำยางรีเคลมผสมกับยางคอมเปานด์ในจำนวนทั้งหมด 15 อัตราส่วนราคาต้นทุนการผลิตจะเป็นไปตามตาราง 17

ตาราง 17 แสดงผลการวิเคราะห์หาราคาวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมระหว่างยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์

อัตราส่วน	น้ำหนักยางรีเคลม		น้ำหนักยางคอมเปานด์		ยางผสม 10 กิโลกรัม
	กิโลกรัม	ราคา(บาท)	กิโลกรัม	ราคา(บาท)	ราคา (บาท)
A	0.20	2.6	9.80	262.34	264.94
B	0.40	5.2	9.60	256.99	262.19
C	0.60	7.8	9.40	251.63	259.43
D	0.80	10.4	9.20	246.28	256.68
E	1.00	13.0	9.00	240.93	253.93
F	1.20	15.6	8.80	235.57	251.17
G	1.40	18.2	8.60	230.22	248.42
H	1.60	20.8	8.40	224.86	245.66
I	1.80	23.4	8.20	219.51	242.91
J	2.00	26.0	8.00	214.16	240.16

ตาราง 17 (ต่อ)

อัตราส่วน	น้ำหนักยางรีเคลม		น้ำหนักยางคอมเปานด์		ยางผสม 10 กิโลกรัม
	กิโลกรัม	ราคา(บาท)	กิโลกรัม	ราคา(บาท)	ราคา (บาท)
K	2.20	28.6	7.80	208.80	237.40
L	2.40	31.2	7.60	203.45	229.29
M	2.60	33.8	7.40	198.09	231.89
N	2.80	36.4	7.20	192.74	229.14
O	3.00	39.0	7.00	187.39	226.39

จากตาราง 17 ราคาวัตถุดิบของยางคอมเปานด์จำนวน 10 กิโลกรัมราคา 267.7 บาท อัตราส่วนผสมระหว่างยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์ ในจำนวน 10 กิโลกรัม อัตราส่วน A มีราคาสูงที่สุดคือ 264.94 บาท อัตราส่วน O มีราคาต่ำที่สุดคือ 226.39 บาท ความแตกต่างในด้านราคาขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของยางรีเคลมที่นำไปใช้ถ้าเปรียบเทียบด้านราคาส่วนลดของต้นทุนวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมเมื่อนำยางรีเคลมเข้ามาผสมตั้งแต่อัตราส่วน A จะได้ส่วนลด 2.76 บาทต่อยางผสมจำนวน 10 กิโลกรัม จนถึงอัตราส่วน O จะได้ส่วนลด 41.31 บาทต่อยางผสมจำนวน 10 กิโลกรัม โดยหักลบออกจากราคาวัตถุดิบของยางคอมเปานด์ ก็จะได้ต้นทุนในการผลิตที่ต่ำลง การทดลองจะใช้ขอบเขตของขนาดยางชนิด N เท่านั้น และระบุขนาดไปที่ 2.50-17 ซึ่งจะมีน้ำหนักต่อเส้นของยางคอมเปานด์เพียงอย่างเดียว 1.100 กิโลกรัม ส่วนใน 1 เส้นยางที่เป็นผลิตภัณฑ์จะต้องประกอบด้วยผ้าใบ และลวดประกอบกันเป็นโครงสร้างเมื่อคิดรวมน้ำหนักจะได้ 2.100 กิโลกรัมต่อยางจำนวน 1 เส้น

ในโรงงานอุตสาหกรรมจะใช้ปริมาณของวัตถุดิบเป็นจำนวนมาก ในการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อเส้น (cost per piece) ต้นทุนประเภทนี้จะมองภาพของต้นทุนในลักษณะต้นทุนต่อผลผลิตหนึ่งหน่วยที่ผลิตออกมาได้ โดยอยู่ในรูปของบาทต่อเส้น ต้นทุนนี้จะใช้ไปตามขนาดของยางที่ผลิต ในการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาวิจัยหาโครงสร้างต้นทุนโรงงาน และประสิทธิภาพการผลิต (production efficiency)

โดยใช้สูตร $\text{efficiency} = \frac{\text{output} \times 100}{\text{input}}$

โดย efficiency = ประสิทธิภาพการผลิต

output = น้ำหนักผลผลิตจริงที่ได้โดยหักผลผลิตเสียออก

input = น้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมดที่ใส่เข้าไปจริง

(บุญเรือง มานะสุรการ. 2534 : 45-46)

(บุญเรือง มานะสุรการ. 2534 : 45-46)

3.2 ต้นทุนค่าแรงทางตรง

ต้นทุนค่าใช้จ่ายส่วนที่เป็นค่าแรงทางตรงเป็นค่าแรงที่โรงงานให้กับคนงานในการทำงานในเวลาทำงานปกติ และทำงานล่วงเวลาที่มีการผลิตยางรถจักรยานยนต์ โดยคิดต้นทุนค่าแรงงานต่อจำนวนเส้นยางการผลิต (บุญเรือง มานะสุรการ. 2534 : 46-48)

3.3 ค่าใช้จ่ายในการผลิต

ค่าใช้จ่ายในการผลิตเป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายที่นอกเหนือจากต้นทุนวัตถุดิบ และต้นทุนค่าแรงและทำให้มีการเสียค่าใช้จ่ายโดยทางอ้อมในการผลิตด้วย ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการผลิตในอุตสาหกรรมยางรถจักรยานยนต์ประกอบด้วย (กิ่งกนก พิทยานุคุณ และคณะ. 2528: 135-148)

3.3.1 เงินเดือนผู้บริหาร

3.3.2 ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ

3.3.3 ค่าเชื้อเพลิง

3.3.4 ค่าเช่าสำนักงาน

3.3.5 อุปกรณ์ เครื่องจักร

3.3.6 ค่าขนส่งและสวัสดิการอื่นๆ

บทที่ 5

สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อทดลองและทดสอบคุณภาพของอัตราส่วนผสมยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์ในการผลิตยางรถจักรยานยนต์

2. เพื่อทดสอบคุณภาพของเส้นยางที่ได้จากยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์ในการผลิตยางรถจักรยานยนต์โดยยึดเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม

สมมุติฐานการวิจัย

ยางรีเคลมเมื่อนำมาผสมกับยางคอมเปานด์ตามอัตราส่วนที่กำหนดขึ้นจะได้ยางผสมที่สามารถนำมาผลิตยางรถจักรยานยนต์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการทดลองหาอัตราส่วนผสมยางรีเคลม กับยางคอมเปานด์เพื่อใช้ในการผลิตยางรถจักรยานยนต์ตามชนิด เอ็น (N) ความเร็วสูงสุดที่ใช้งาน 150 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

กลุ่มประชากร

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ยางผสม และยางรถจักรยานยนต์ที่ผลิตขึ้นโดยใช้อัตราส่วนผสมของยางจำนวนทั้งหมด 15 อัตราส่วน อัตราส่วนละ 10 กิโลกรัม ผลิตยางจำนวน 3 เส้น รวม 45 เส้น โดยมียางรีเคลมต่อยางคอมเปานด์ (ซึ่งประกอบด้วยยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และสารเคมี) ใน 15 อัตราส่วนโดยน้ำหนัก ดังต่อไปนี้

กลุ่ม A 2 : 98	กลุ่ม B 4 : 96	กลุ่ม C 6 : 94
กลุ่ม D 8 : 92	กลุ่ม E 10 : 90	กลุ่ม F 12 : 88
กลุ่ม G 14 : 86	กลุ่ม H 16 : 84	กลุ่ม I 18 : 82

กลุ่ม J 20 : 80 กลุ่ม K 22 : 78 กลุ่ม L 24 : 76
กลุ่ม M 26 : 74 กลุ่ม N 28 : 72 กลุ่ม O 30 : 70

ตัวแปร

1. ตัวแปรต้น ได้แก่

ส่วนผสมของวัตถุดิบที่จะใช้ทำยางรถจักรยานยนต์ ซึ่งประกอบด้วยยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์ 15 อัตราส่วน ดังข้างต้น

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 คุณสมบัติด้านกายภาพของยางผสม ได้แก่ค่าความหนืด และเวลาในการสุกของยางทำการทดสอบค่าต่าง 3 ครั้งแล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม

2.2 คุณสมบัติด้านลักษณะภายนอก พลังงานทำลาย ความคงทน และความทนทานของยางรถจักรยานยนต์ที่ผลิตขึ้นมาตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.682-2530)

กระบวนการทดลอง

การเตรียมวัตถุดิบ จะประกอบด้วยยางรีเคลม กับยางคอมเปานด์ตามอัตราส่วนผสมตามกลุ่มประชากรอัตราส่วนละ 10 กิโลกรัม โดยเริ่มจากอัตราส่วนที่มีการเพิ่มของยาง รีเคลมจากน้อยไปมากจนครบทุกอัตราส่วน ในการผสมจะใช้เครื่องบดยางสองลูกกลิ้งผสมยางจากวัตถุดิบ แล้วนำมาทดสอบหาค่าเฉลี่ยทางกายภาพทุกอัตราส่วน เพื่อหาเกณฑ์ในการผลิตเป็นยางรถจักรยานยนต์

การทำยางรถจักรยานยนต์ เริ่มต้นโดยการนำวัตถุดิบ ที่ได้ผสมแล้ว และผ่านเกณฑ์มาตรฐานมาเข้ากระบวนการผลิต คือชิ้นส่วนที่ประกอบขึ้นของโครงสร้าง ซึ่งได้ผ่านกระบวนการในการผลิตโดยเริ่มตั้งแต่ การเป่ายางส่วนที่ใช้เป็นดอกยาง การทำขอบลวดส่วนที่ใช้เป็นขอบวงล้อ การฉาบผ้าไนล่อน แล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกันที่เครื่องขึ้นรูปจะได้ออกมาเป็นแบบยาง นำแบบยางไปอบที่แม่พิมพ์ ซึ่งมีความร้อนสามารถทำให้ยางสุกหรือวัลคาไนซ์ยางจะไหล และแข็งตัว หลังจากนั้นก็จะได้เป็นยางเส้นสำเร็จรูปที่มีลายดอกตามแม่พิมพ์ สุดท้ายต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ก่อนนำออกไปใช้งานเพื่อความปลอดภัย

การทดสอบคุณภาพ มีขั้นตอนดังนี้ คือ นำยางที่ได้จากการผสมมาทดสอบทางกายภาพ ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบความหนืด มีหน่วยเป็นมูนี่ (mooney) การทดสอบเวลาในการสุกของยางโดยใช้เครื่องรีโอมิเตอร์ (rheometer) หลังจากนั้นนำยางผสมผ่านกระบวนการ

ผลิตจะได้เป็นยางเส้นที่มีลวดลายของดอกตามแม่พิมพ์ เมื่อนำมาทดสอบ เพื่อหาคุณภาพของการใช้งานในด้านพลังงานทำลาย ความคงทนและความทนทาน ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะนำส่งให้ผู้ใช้หรือลูกค้าต่อไป

วัตถุดิบ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

วัตถุดิบ และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย เพื่อหาอัตราส่วนของยางที่ใช้ในการผลิตยางรถจักรยานยนต์ มีดังนี้

1. ยางรีเคลม ชนิดที่มีสารเคมีในการผสม คือ แอ็คตอน เอ๊กซ์โทรด ร้อยละ 15 เถ้า ร้อยละ 6 คาร์บอน แบล็ค ร้อยละ 26 รับเบอร์ไฮโดรคาร์บอน ร้อยละ 50

2. ยางคอมเปานด์ ชนิดที่มีส่วนผสมยางธรรมชาติ TTR#20 ร้อยละ 15 ยางสังเคราะห์ SBR-1712 ร้อยละ 39 น้ำมัน dutrex 737 ร้อยละ 5 คาร์บอน แบล็ค ร้อยละ 32 ซิงค์ออกไซค์ ZnO ร้อยละ 2 สารเสริมหรือสารตัวเติม stearic acid RD-F 3C 02 (654) suntofiex#13 DPG ร้อยละ 7

3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ เครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง เครื่องทดสอบความหนืด เครื่องทดสอบหาเวลาในการสุกของยาง เครื่องทดสอบพลังงานทำลาย เครื่องทดสอบความคงทนและความทนทาน

การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเตรียมยาง เป็นการนำวัตถุดิบมาชั่งและจัดอุปกรณ์เครื่องมือให้พร้อมที่จะทดลอง มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1.1 นำยางคอมเปานด์มาชั่งน้ำหนักให้ได้ตามอัตราส่วนต่อยางรีเคลม 2:98 , 4: 96 , 6:94 , 8:92, 10:90 , 12:88 , 14:86 , 16:84 , 20:80 , 22:78 , 24:76 , 26:74 , 28:72 , 30:70

1.2 นำยางในแต่ละอัตราส่วนขึ้นไปบดผ่านลูกกลิ้ง

1.3 ตัดตัวอย่างยางผสมมาทดสอบเพื่อหาค่าความหนืดที่มีหน่วยเป็นมูนี่

1.4 ตัดตัวอย่างยางผสมมาทดสอบเพื่อหาค่าเวลาในการสุกของยาง

2. การขึ้นรูปให้เป็นเส้นยาง เป็นการนำเอายางผสมที่ได้มาสร้างแบบเพื่อดำเนินการตามขั้นตอน โดยมีอัตราส่วนทั้งหมด 15 อัตราส่วน มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

2.1 นำยางผสมเข้าเครื่องเป่าให้เป็นโทเรด ตามขนาดยาง 2.50-17 ทุกอัตราส่วน อัตราส่วนละ 3 เส้นรวมทั้งหมด 45 เส้น

2.2 นำไปขึ้นแบบกับโครงสร้างผ้าใบ โดยมีขอบลวดทั้งสองข้าง

2.3 นำไปเข้าเครื่องอบให้ยางสุก

2.4 นำไปตรวจสอบลักษณะภายนอก รายงานผลเป็นค่าความสมบูรณ์

2.5 นำไปทดสอบกับเครื่องวัดค่าพลังงานทำลาย รายงานผลเป็นนิวตันเมตร

2.6 นำไปทดสอบกับเครื่องวัดค่าความคงทนและทนทาน รายงานผลเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการวิจัยได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลของการทดลองออกเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. ก่ารวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพของยางผสม ด้านความหนืดของยาง และการวิเคราะห์เวลาในการสุกของยาง

2. การวิเคราะห์ทางด้านคุณภาพของเส้นยางได้แก่ ลักษณะภายนอกหลังจากขึ้นรูป คือ การหาความต้านทานพลังงานทำลาย และการหาความคงทนและความทนทาน

3. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของราคาวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการทดลอง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ยางรีเคลมเมื่อนำมาผสมกับยางคอมเปานด์ตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ จะได้ยางผสมที่สามารถนำมาผลิตยางรถจักรยานยนต์ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การทดลองคุณสมบัติด้านกายภาพของยางผสมที่ได้จากยางรีเคลมผสมกับยางคอมเปานด์

1.1 อุณหภูมิค่าความหนืด ประกอบด้วยค่าที่ต้องทดสอบ ดังต่อไปนี้

1.1.1 อุณหภูมิค่าความหนืดของยางที่มีหน่วยเป็น มูนี่ อัตราส่วน A ถึง O อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ 125 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 125.40 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยต่ำสุด 124.53 องศาเซลเซียส จึงเป็นอุณหภูมิที่สามารถนำไปหาค่าความหนืดของยางได้ทุกอัตราส่วน

1.1.2 เวลาค่าความหนืด ค่า T5 และ T35 กำหนดค่ามาตรฐานในการเปรียบเทียบอัตราส่วน ค่า T5 =18.00 $\pm$ 3.00 และค่า T35 =20.00 $\pm$ 4.50 พบว่าค่าเฉลี่ย

ของอัตราส่วนที่อยู่ในเกณฑ์ของ T5 คือ อัตราส่วน A B D E F G H I J K L N O ค่าต่ำสุดของค่าเฉลี่ย T5 คือ 15.3 และค่าเฉลี่ยสูงสุด T5 คือ 22.9 และค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนที่อยู่ในเกณฑ์ของ T35 คือ อัตราส่วน A B E F G H I J K L M N O ค่าต่ำสุดของค่าเฉลี่ย T35 คือ 18.1 และค่าสูงสุดของค่าเฉลี่ย T35 คือ 25.8 อัตราส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบเวลาค่าความหนืดของยาง T5 ได้แก่อัตราส่วน C =22.9 และ M =21.3 ค่าความหนืด T35 ได้แก่อัตราส่วน C =25.8

1.1.3 ค่าความหนืดของยาง เป็นค่าแรงในการหมุนของโรเตอร์ภายในห้องเครื่องโดยกำหนดเป็นเกณฑ์มาตรฐานในการใช้งาน 50 $\pm$ 6 อัตราส่วนในการทดลองที่ผ่านเกณฑ์การหาค่าเฉลี่ย คือ อัตราส่วน A B D E F G H I K L M N O และค่าความหนืดของยางที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ อัตราส่วน I = 53.4 ความหนืดของยางที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ อัตราส่วน J = 41.8 อัตราส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ในการทดสอบ คือ อัตราส่วน C =43.7 และอัตราส่วน J =41.8

สรุปคุณสมบัติด้านค่าความหนืดของยางผสมอัตราส่วน A ถึง O มีอุณหภูมิผ่านเกณฑ์มาตรฐาน อัตราส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ค่า T5 ได้แก่ อัตราส่วน C =22.9 และ M =21.3 และค่า T35 ได้แก่อัตราส่วน C =25.8

1.2 คุณสมบัติด้านเวลาในการสุกของยางผสม ประกอบด้วยค่าต้องทดสอบ ดังต่อไปนี้

1.2.1 ค่าแรงต่ำสุด ML เป็นค่าที่วัดได้ในขณะที่เครื่องกระทำต่อยางที่ทดสอบมีค่า 1.70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ได้กำหนดเป็นเกณฑ์มาตรฐาน 2.35 $\pm$ 0.35 ดังนั้นอัตราส่วนค่าเฉลี่ยที่ผ่านเกณฑ์ ได้แก่ อัตราส่วน A B C D F G H I J K L M O มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ อัตราส่วน D = 2.26 ส่วนค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ อัตราส่วน N = 1.95 มีอัตราส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ อัตราส่วน E =1.96 และอัตราส่วน N =1.94

1.2.2 ค่าแรงสูงสุด MH เป็นค่าที่วัดได้ในขณะที่เครื่องกระทำต่อยางทดสอบมีค่า 12.29 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ได้กำหนดเป็นเกณฑ์มาตรฐาน 1.30 $\pm$ 1.70 ผลการทดสอบทุกอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ อัตราส่วน O = 7.19 และมีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ อัตราส่วน J = 10.16

1.2.3 ค่าเวลาที่ยางเริ่มสุก T10 เป็นค่าที่ยางเริ่มสุกผ่านไปแล้วร้อยละ 10 โดยกำหนดเป็นเกณฑ์มาตรฐานไว้ 1.20 $\pm$ 0.10 มีอัตราส่วนที่มีค่าเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ ได้แก่ อัตราส่วน A B C D I J N อัตราส่วนของค่าเฉลี่ยที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ได้แก่ อัตราส่วน E F G K L M O และอัตราส่วนที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ได้แก่ อัตราส่วน O = 0.93 อัตราค่าเฉลี่ยสูงสุดได้แก่อัตราส่วน C = 1.35

1.2.4 ค่าเฉลี่ยที่ยางเริ่มสุก T90 เป็นค่าที่ยางเริ่มสุกผ่านไปแล้วร้อยละ 90 โดยกำหนดเป็นเกณฑ์มาตรฐานไว้ดัง 3.30 $\pm$ 0.20 มีอัตรส่วนที่มีค่าเฉลี่ยผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ อัตราส่วน A B C D F G H I J K L O อัตราส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ได้แก่ อัตราส่วน E = 3.08 , M = 3.09 และ N = 3.08 ค่าเฉลี่ยที่มีค่าต่ำสุด ได้แก่ อัตราส่วน E = 3.08 และอัตราส่วน N = 3.08 ส่วนค่าเฉลี่ยที่มีค่าสูงสุด ได้แก่ อัตราส่วน C = 3.41

1.2.5 ค่าเวลาในการสุกของยาง อัตราส่วน A ถึง O มีค่าความแตกต่างของเวลาในการสุกของยาง โดยอัตราส่วนผสมที่ใช้ยางรีเคลมจำนวนน้อย ค่าเวลาในการสุกของยางจะช้ากว่าอัตราส่วนผสมที่ใช้ยางรีเคลมจำนวนมาก ดังนั้น อัตราส่วน A 2:98 ในส่วนผสมของยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์ได้ค่าเวลาในการสุกของยางมากที่สุดคือ 8.23 อัตราส่วน O 30:70 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 2.70

สรุปคุณสมบัติด้านเวลาในการสุกของยางผสมอัตราส่วนที่ใช้ได้ดี ได้แก่ อัตราส่วน A = 8.23, B = 7.57, C = 7.78, D = 7.38 และน้อยที่สุดคืออัตราส่วน O =2.70 ทั้งนี้เพราะคุณสมบัติของยางรีเคลมเคยผ่านกระบวนการผลิตมาแล้ว ถ้านำมาใช้เป็นส่วนผสมจำนวนมากค่าเวลาของยางจะสุกเร็วขึ้น

2. คุณภาพของยางรถจักรยานยนต์ที่ผลิตขึ้น

2.1 ลักษณะภายนอก เป็นการตรวจเช็คเส้นยางที่ผ่านกระบวนการผลิตแล้วตามอัตราส่วนทุกเส้นยาง พบว่าอัตราส่วนที่มีความสมบูรณ์ของยางมากที่สุด ได้แก่ อัตราส่วน A B C D ส่วนอัตราส่วนที่มียางเสีย คือ I J L M N O และอัตราส่วนที่มียางไม่สมบูรณ์ คือ I J L M N O สรุปเป็นร้อยละได้ดังนี้ อัตราส่วน A B C D ยางมีความสมบูรณ์มากที่สุด อัตราส่วน E กับ G ยางสมบูรณ์ร้อยละ 66.6 ยางไม่สมบูรณ์ร้อยละ 33.3 อัตราส่วน F กับ K ยางสมบูรณ์ร้อยละ 33.3 ยางไม่สมบูรณ์ร้อยละ 66.6 อัตราส่วน H I J ยางสมบูรณ์ร้อยละ 33.3 ยางไม่สมบูรณ์ร้อยละ 33.3 และยางเสียร้อยละ 33.3 อัตราส่วน L N M O ยางเสียร้อยละ 33.3 ยางไม่สมบูรณ์ร้อยละ 66.6

สรุปลักษณะภายนอกพบว่าอัตราส่วน A B C D เป็นยางที่มีความสมบูรณ์มากที่สุดและอัตราส่วน L N M O มียางไม่สมบูรณ์และยางเสียมากที่สุด

2.2 ความต้านทานพลังงานทำลาย เป็นการทดสอบคุณภาพอีกทางหนึ่งหลังจากผ่านการตรวจ และทดสอบด้านอื่นๆมาแล้ว เกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดให้ความต้านทานพลังงานต่ำสุดอยู่ที่ 34.32 นิวตันเมตร อัตราส่วนตั้งแต่ A ถึง O ผลการทดสอบทั้ง 3 ครั้งต่อเส้นมีเกณฑ์ผ่านทุกอัตราส่วน อัตราส่วนที่รับแรงพลังงานทำลายสูงสุด ได้แก่ อัตราส่วน A = 53.735 นิวตันเมตร และมีค่าต่ำสุดของพลังงานทำลาย คืออัตราส่วน O = 40.876 นิวตันเมตร ปัญหาของการทดสอบ คือ ชั้นผ้าใบมีโครงสร้างที่แข็งแรงจึงทำให้ค่าอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าปกติ

2.3 ความคงทนและความทนทาน การทดสอบความคงทนและความทนทานโดยใช้ล้อเหล็กที่มีหน้าเรียบเส้นผ่าศูนย์กลาง 1707 ± 3 มิลลิเมตร และมีความกว้างเท่ากับความกว้างของยางนอกหมุนล้อทดสอบด้วยอัตราเร็ว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.682-2530 :18) แล้วดูปัญหาที่เกิดขึ้น เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดค่าในการใช้ทดสอบอย่างน้อยมีระยะทางอายุการใช้งานที่ 10,000 กิโลเมตร ผลการทดสอบสรุปเป็นกลุ่มของอัตราส่วนได้ดังต่อไปนี้ อัตราส่วน A และอัตราส่วน B ผ่านเกณฑ์การทดสอบมีอายุการใช้งานที่มากกว่า 15,000 กิโลเมตรขึ้นไป ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ดีและปลอดภัยที่สุดในการใช้งาน อัตราส่วน C ถึงอัตราส่วน G ผ่านเกณฑ์การทดสอบมีอายุการใช้งานระหว่าง 14,000 กิโลเมตรถึง 15,000 กิโลเมตร เป็นค่าที่มีความปลอดภัยต่อการใช้งาน อัตราส่วน H ถึงอัตราส่วน K ผ่านเกณฑ์การทดสอบมีอายุการใช้งานระหว่าง 10,000 กิโลเมตรถึง 14,000 กิโลเมตรเป็นค่าที่มีการผ่านเกณฑ์น้อยไม่ควรนำไปใช้กับรถที่มีความเร็วสูงหรือน้ำหนักการบรรทุกมากและอัตราส่วน L ถึง อัตราส่วน O ไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบมีอายุการใช้งานระหว่าง 5,000 กิโลเมตรถึง 10,000 กิโลเมตร เพราะยางที่มีส่วนผสมของยางรีเคลมจำนวนที่มากขึ้น จะให้ความสมบูรณ์ในระหว่างการผลิตน้อย ไม่ได้ตามมาตรฐานการผลิต โครงสร้างยางจะไม่สมดุลและน้ำหนักไม่คงที่

ต้นทุนการผลิตในการทดลองหาอัตราส่วนในครั้งนี้ จะเน้นไปที่ต้นทุนราคาของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเป็นยางรถจักรยานยนต์จำนวนทั้งหมด 15 อัตราส่วน ประกอบด้วย ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ น้ำมัน คาร์บอนแบล็ค ซิงค์ออกไซค์ สารเสริมหรือสารตัวเติม ที่ใช้เป็นยางคอมเปานด์เพื่อที่จะนำมาผสม จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตราคาวัตถุดิบของยางคอมเปานด์อยู่ที่กิโลกรัมละ 26.77 บาท ยางรีเคลมอยู่ที่กิโลกรัมละ 13 บาท เมื่อนำยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์มาผสมกันตามอัตราส่วน อัตราส่วนละ 10 กิโลกรัม มีความแตกต่างในด้านราคาตั้งแต่อัตราส่วน A ถึง O การเปรียบเทียบให้เห็นในด้านราคาส่วนลดตามอัตราส่วนผสมต้นทุนวัตถุดิบต่อจำนวน 10 กิโลกรัม อัตราส่วน A มีราส่วนลดอยู่ที่ 2.76 บาท ไปจนถึงอัตราส่วน O ราคาส่วนลด 41.31 บาท ในการทดลองใช้ขอบเขตขนาดยางชนิด N และระบุขนาดไปที่ 2.50-17 ซึ่งจะมีน้ำหนักยางคอมเปานด์เพียงอย่างเดียวอยู่ที่ 1.100 กิโลกรัม ถ้าจะคำนวณหาต้นทุนราคายาง ต่อจำนวนเส้นจะต้องประกอบด้วย ราคาผ้าใบไนล่อน และราคาลวดต่อน้ำหนักที่ใช้กับยาง 1 เส้น การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อจำนวนยางหนึ่งเส้นต้องมีการหาประสิทธิภาพการผลิตในการผลิตต้นทุนการผลิตทั้งหมด ต้นทุนค่าแรง และค่าโสหุ้ยในการผลิตเพื่อใช้ในระบบบัญชีต้นทุนของโรงงานอุตสาหกรรมให้มีความสมบูรณ์ และใกล้เคียงมากที่สุดในการนำไปคิดราคาขายต่อไป

ดังนั้นอัตราส่วนของยางที่ใช้ผสมระหว่างยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์เมื่อเพิ่มอัตราส่วนยางรีเคลมทำให้คุณภาพด้านการใช้งานตกลง แต่ราคาต้นทุนในการผลิตก็ต่ำลงด้วยจุดที่

เหมาะสมกับคุณภาพในการนำไปใช้งาน ที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานจากการทดลองได้แก่กลุ่มอัตราส่วน A ถึง K แต่ที่ดีที่สุดของคุณภาพคือกลุ่มอัตราส่วน A B C D

อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ยางผสมจำนวนทั้งหมด 15 อัตราส่วน ได้ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความหนืดและเวลาในการสุกของยางเปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานและการทดสอบยางที่ผลิตขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับยางรถจักรยานยนต์ซึ่งมีความเร็วสูงสุด 150 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ประเภทยางรถจักรยานยนต์ชนิด N ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ในด้านความต้านทานพลังงานทำลาย ความคงทนและความทนทาน อภิปรายผลได้ดังนี้

1. คุณภาพของยางผสมเมื่อมีการตรวจสอบด้วยเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คุณสมบัติด้านความหนืด และเวลาในการสุกของยาง กลุ่มอัตราส่วน 2:98, 4:96, 6:94, 8:92 เป็นกลุ่มที่มีคุณภาพดีที่สุดในการทดสอบ เพราะรีเคลมจำนวนที่น้อยสามารถผสมเข้ากันได้ดี และช่วยในการผลิตให้เกิดปัญหาน้อยลง เมื่อนำไปผ่านกระบวนการผลิตจะได้ยางสำเร็จรูปที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด ส่วนกลุ่มอัตราส่วน 10:90, 12:88, และ 14:86 จะพบว่า ค่าความหนืดและเวลาในการสุกของยางจะเริ่มเร็วขึ้นแต่ยังสามารถเข้ากระบวนการผลิตได้ โดยการไหลของยางในระหว่างผ่านเครื่องจักรมีการควบคุมยากขึ้นตามเกณฑ์ที่กำหนดและใช้เวลาในการตั้งค่าการทำงานมากขึ้น กลุ่มอัตราส่วน 16:84,18:82, 20:80, และ 22:78 ค่าความหนืดและเวลาในการสุกจะเร็วขึ้นไปอีก เพราะคุณสมบัติของยางรีเคลมเคยผ่านขั้นตอนในกระบวนการผลิตมาแล้ว ถ้าใช้จำนวนที่เพิ่มขึ้นความหนาแน่นของยางจะน้อยลงน้ำหนักจะเบา ยางจะหดตัวง่าย กลุ่มสุดท้ายได้แก่อัตราส่วน 24:76, 26:74, 28:72, และ 30:70 ไม่ควรใช้ในการผลิตเพราะเมื่อผ่านกระบวนการผลิตคุณสมบัติของยางเริ่มเปลี่ยนการเป่าขึ้นรูปยางจะขาดและไม่ได้มาตรฐานตามขนาดยางที่กำหนดโครงสร้างจะขาดความสมดุล

2. คุณภาพของยางรถจักรยานยนต์ที่ผลิตขึ้นมาแล้ว เมื่อมีการตรวจสอบคุณสมบัติลักษณะภายนอกทั่วๆไป ความต้านทานพลังงานทำลาย ความคงทนและความทนทาน โดยนำมาเปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม กลุ่มอัตราส่วน 2:98, 4:96, 6:94, และ 8:92 เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด เพราะคุณสมบัติทางกายภาพทำให้การผลิตได้ตามมาตรฐานการตรวจสอบลักษณะภายนอกได้ยางที่สมบูรณ์ ค่าความต้านทานพลังงานทำลายผ่านเกณฑ์ ค่าความคงทนและความทนทานผ่านเกณฑ์ มีอายุการใช้งานสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด กลุ่มอัตราส่วน 10:90, 12:88, 14:86, 16:84, 18:82, 20:80, และ 22:78 เมื่อผลิตแล้วจะพบยางที่มีความไม่สมบูรณ์และยางเสียเกิดขึ้น ความต้านทานพลังงานทำลายผ่านเกณฑ์ ส่วน

ความต้านทานความคงทนและความทนทานต่ำลง เพราะมีการเพิ่มอัตราส่วนยางรีเคลมทำให้คุณสมบัติกายภาพเปลี่ยน กลุ่มที่ไม่ผ่านเกณฑ์ได้แก่อัตราส่วน 24:76, 26:74, 28:72, และ 30:70 ลักษณะภายนอกมีรอยแตกและเป็นแผลบริเวณแก้มยาง ดอกยางไหลไม่เต็ม เพราะยางที่ใช้เวลาผ่านกระบวนการผลิตจะสุกเร็ว

3. คุณภาพโดยรวมทั่วๆไป กลุ่มอัตราส่วนที่ได้คุณภาพมากที่สุดและเหมาะสมกับการนำมาผลิตขึ้นรูปเป็นยางรถจักรยานยนต์ได้แก่อัตราส่วน 2:98, 4:96, 6:94, และ 8:92 เพราะจากค่าที่ได้จากการทดสอบมีผลทำให้กระบวนการผลิตได้ยางที่มีความสมบูรณ์ มีอายุการใช้งานสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดได้เพื่อค่าปลอดภัยในการใช้งาน

4. ต้นทุนในการผลิต ราคาวัตถุดิบที่ใช้ได้แก่ยางรีเคลมราคากิโลกรัมละ 13 บาท ยางคอมเปานด์กิโลกรัมละ 26.77 บาท เมื่อมาผสมเป็นยางผสมตัวใหม่ตามอัตราส่วน จะได้ส่วนลดในราคาต้นทุนวัตถุดิบของยางรีเคลม ดังนั้นการตัดสินใจเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมนำไปใช้ในการผลิตต้องคำนึงถึงเกณฑ์คุณภาพของลูกค้าจากการทดลองอัตราส่วน A B C D มีความแตกต่างในด้านราคาของต้นทุนการผลิต อัตราส่วน D ต้นทุนจะต่ำที่สุดในกลุ่มและยังมีคุณภาพที่ผ่านเกณฑ์สามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้

ดังนั้นสมติฐานการวิจัยยางรีเคลมเมื่อนำมาผสมกับยางคอมเปานด์ตามอัตราส่วนที่กำหนดขึ้นจะได้ยางผสมที่สามารถนำมาผลิตยางรถจักรยานยนต์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมได้บางกลุ่มอัตราส่วนเท่านั้น ถ้ามีการเพิ่มจำนวนการใส่ยางรีเคลมจะทำให้คุณภาพของยางลดน้อยลง และมีผลต่ออายุการใช้งาน โดยเฉพาะต้องคำนึงถึงหลักของความปลอดภัย จากกลุ่มอัตราส่วนเมื่อศึกษาการเพิ่มของอัตรายางรีเคลม จะอยู่ที่ร้อยละ 2 , 4 , 6 , 8 ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุด ถ้ามากกว่านี้ถึงจะผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมแต่ในทางการผลิตจะเกิดผลเสียต่อกระบวนการผลิตที่ทำให้ยากต่อการควบคุม เช่น ปัญหาของยางไม่สมบูรณ์จำนวนยางเสียจะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ควรส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการนำผลการทดลองไปใช้ โดยเฉพาะการผลิตสินค้าทางอุตสาหกรรมยางด้านอื่นๆ จะได้ประโยชน์เพราะเป็นการนำยางที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ และต้องมีการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในด้านคุณภาพและราคาในสินค้าที่ผลิตโดยเฉพาะ ตามความความประสงค์ของการนำไปใช้งาน เช่น ยางปูพื้น ยางรองแท่นเครื่อง หรือยางที่ไม่ต้องรับแรงกระแทกต่อการเสียดสี

1.2 ค่าในการทดสอบของวัตถุดิบตามคุณสมบัติต่าง ๆในอุตสาหกรรมยางมีความสำคัญอย่างมาก เพราะจะลดปัญหาในกระบวนการผลิต เนื่องจากคุณสมบัติของยางเมื่อโมเลกุลแปรสภาพหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยความร้อนเป็นการทำให้ยางสุก จะไม่สามารถคืนสู่สภาพเดิมได้อีก

1.3 การนำผลการทดลองนี้ไปใช้กับผลิตภัณฑ์อื่น ๆที่มีความเสี่ยงต่อความปลอดภัย เช่น ยางรถยนต์และยางรถจักรยานยนต์ทุกชนิด โดยมีการทดสอบหาค่าคุณสมบัติในการใช้งานด้วย หรือนำกลุ่มตัวอย่างไปใช้จริงตามสภาพถนนเพื่อหาข้อมูลด้านความปลอดภัย

1.4 จากการทดลองถ้ามีการวิเคราะห์ และใส่สารเคมีเพิ่มเติม อัตราส่วนบางกลุ่มอาจสามารถนำมาใช้เป็นการผลิตและยังช่วยในด้านการลดต้นทุนอีกทางหนึ่งด้วย

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ศึกษาวิจัยวิธีการที่จะนำยางรถที่ใช้แล้วมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆให้มากขึ้น

2.2 ศึกษาวิจัยวิธีการเพิ่มผลผลิตโดยการนำยางรีเคลมมาใช้เป็นส่วนผสม

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กิ่งกนก พิทยานุคุณ, สุนทรี จรูญ และรวีวัลย์ ภิยโยพนากุล. การบัญชีต้นทุน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2528.

เกษม จันทร์แก้ว. "แนวคิดพื้นฐานทางการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม," ใน การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. หน้า 1-2. ม.ป.ท. , 2527.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, สำนักงาน, รายงานผลการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. ม.ป.ป.

จุไรรัตน์ ดวงเดือน. เคมีประยุกต์. ม.ป.ท. , 2535.

เซ็นซับบุโร่ คาตายามา่. การลดต้นทุนการผลิตในสถานประกอบการ แปลจาก Genba no Kosuto Daun Katsudo โดย ธาดา พฤฒิชาดา. กรุงเทพฯ : บริษัท ประชาชน จำกัด, 2532.

ณรงค์ รัตนะ และคณะ. ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน. ม.ป.ท. , 2526.

ทาเกจิ โกบาตะ. สารคดีต่างประเทศ : ผลิต "ถ่าน" เพื่อสิ่งแวดล้อมจากรถยนต์เก่า. ม.ป.ท. , ม.ป.ป.

บุญธรรม นิธิอุทัย. คู่มือปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง. สงขลา : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2531.

บุญธรรม นิธิอุทัยและปรีชา ป้องภัย. คู่มือปฏิบัติการเทคโนโลยียาง. ปัตตานี : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2530.

บุญธรรม นิธิอุทัย , พรพรรณ นิธิอุทัย และปรีชา ป้องภัย. สารเคมีสำหรับยางและเทคนิคการออกสูตรยาง. ปัตตานี : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2533.

บุญเรือง มานะสุรการ. การลดและควบคุมต้นทุนการผลิตยางรถในโรงงานขนาดกลาง. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534. อัดสำเนา.

พรพรรณ นิธิอุทัย. สารเคมีสำหรับยาง. ปัตตานี : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2528.

พรรณพิชญา สุเสวี. "หามาให้รู้ : ผลิตยางบล็อกปูพื้นด้วยยางรีเคลม," มติชน. 2529. หน้า 2.

พลชัย ลิมภูวัฒน์. หลักการบริหารต้นทุนและงบประมาณในโรงงาน. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533.

พลชิต บัวแก้ว. ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์. กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2538.

ไพฑูรย์ โล่ห์สุนทร. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. ม.ป.ท., 2536.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. เงื่อนไขการออกใบอนุญาตแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับยางนอกรถจักรยานยนต์. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2530.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางนอกรถจักรยานยนต์. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2530.

"ยางรถยนต์ : เศษวัสดุที่ไม่ควรใช้เป็นเชื้อเพลิง," เดลินิวส์. ม.ป.ท., หน้า 7.

รุ่งเรือง อิศรางกูร ณ อยุธยา. อุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยาง. กรุงเทพฯ : สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2519.

วันชัย ริจิรวนิช และชอุ่ม พลอยมีค่า. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.

วิชิต สุวรรณปรีชา. ยางพารา. ม.ป.ท., ม.ป.ป.

วินัย วีระวัฒนานนท์. กระบวนการสิ่งแวดล้อมศึกษา. กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮาส์, 2532.

เศรษฐกิจการพาณิชย์, กรม. บริการข้อมูลอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ, 2534.

เศรษฐกิจอุตสาหกรรมภาคใต้ กระทรวงอุตสาหกรรม, กรม. รายงานการศึกษาลู่ทางการลงทุนผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูปเรื่องยางนอกยางในรถจักรยานยนต์และจักรยานยนต์. สงขลา : ศูนย์เศรษฐกิจอุตสาหกรรมภาคใต้, 2537. อัดสำเนา.

อัมพิกา ไกรฤทธิ์. วิศวกรรมคุณค่าเทคนิคการลดต้นทุนอย่างมีระบบ. พิมพ์ครั้งที่ 3 . กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533.

อุสาหกรรม, กระทรวง. ภาวะธุรกิจและอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : หน่วยการอุตสาหกรรม ฝ่ายวิชาการ กระทรวงอุตสาหกรรม. 2529.

ภาคผนวก

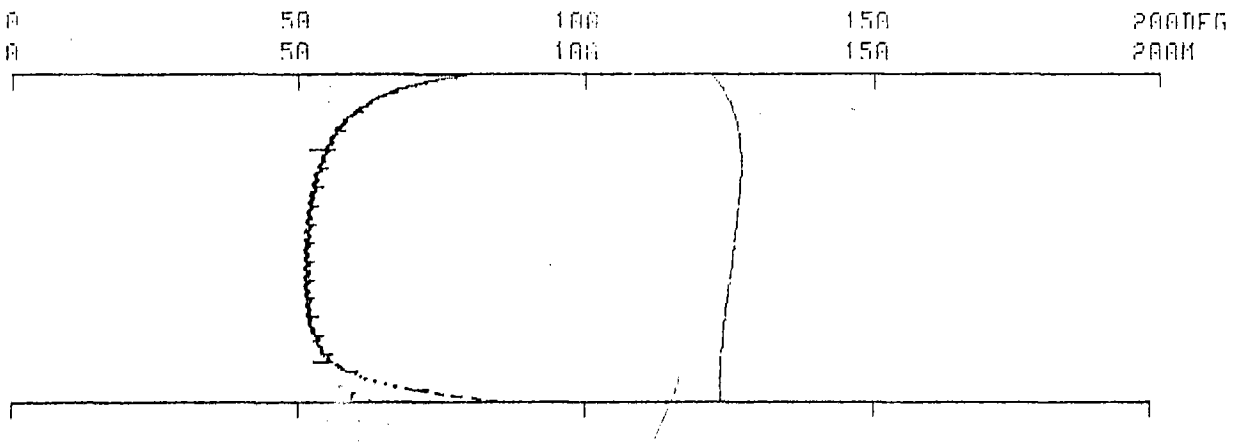
ศัพท์เกี่ยวกับกระบวนการผลิตและการทดสอบ

ศัพท์เกี่ยวกับกระบวนการผลิตและการทดสอบ

abrasion resistance	ความสามารถของยางที่จะต้านทานต่อการสึกหรอในการใช้งาน
accelerator	สารเคมีที่ใส่ลงในยางเพื่อเร่งให้ยาง cure เร็วขึ้น
activator	สารเคมีที่ใส่ลงในยางเพื่อกระตุ้นให้สารตัวเร่งทำงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น
air curing	การทำให้ยางสุกโดยใช้อากาศร้อน
compound	ยางวัลคาไนซ์หรือยางที่ไม่วัลคาไนซ์ ซึ่งมีสารเคมีผสมยางยางเรียบร้อยแล้ว
compounding	การพัฒนาส่วนผสมของยางกับสารเคมี เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ยางที่ได้มีความสามารถใช้งานในสภาวะที่ต้องการ และสามารถนำยางไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้
crosslink	พันธะเคมีที่ยึดโมเลกุลของยางไว้ด้วยกัน
cure	ขบวนการที่ทำให้เกิดพันธะเคมีที่ยึดโมเลกุลของยางไว้ด้วยกัน หรือเรียกกันทั่วไปว่า การทำให้ยาง "สุก"
cure time	เวลาในการทำให้ยางสุก
die	แบบที่ติดอยู่กับหัวของเครื่องแอ็กซ์ทรูดเพื่อให้ยางมีรูปร่างตามต้องการ
DPG	ชื่อย่อสารตัวเร่ง diphenyl guanidine
DPPD	ชื่อย่อสารแอนตี้ออกซิเดนท์ N'N - diphenyl p-phenylene diamine
elongation at break	การยืดตัวของยางจนขาดโดยมากมักวัดเป็นเปอร์เซนต์ ซึ่งจะหมายถึง $\frac{\text{ความยาวที่ยืดได้ - ความยาวเดิม}}{\text{ความยาวเดิม}} \times 100$
EPC	ชื่อย่อเขม่าดำ easy processing channel black
extender	หมายถึง สารเคมีใดๆที่ใส่ลงในยางเพื่อลดต้นทุนของยาง
extrusion	ขบวนการนำยาง compound มาดันผ่าน die

	ให้ได้ยางมีภาคตัดขวางตามต้องการเป็นเส้นยาว
filler	สารเคมีที่เติมลงไปในยางเพื่อเสริมให้ยางมีคุณภาพดีขึ้น และ/หรือลดต้นทุนของยาง
HAF	ชื่อย่อเขม่าดำ high abrasion furnace black
master batch	ส่วนผสมที่ประกอบด้วยยางกับสารเคมี ในอัตรส่วนที่สารเคมีมีมากกว่าปกติในสูตรที่ใช้ในยางทั่วๆไป
mixing mill	เครื่องผสมยางแบบลูกกลิ้ง ซึ่งลูกกลิ้งหมุนเข้าหากันด้วยความเร็วไม่เท่ากัน
modulus	ความต้านทานของยางต่อการเปลี่ยนรูป
mooney scorch	เครื่องมือที่วัดความหนืดของยางประกอบด้วยแผ่นโลหะที่หมุนในยาง ซึ่งได้ควบคุมอุณหภูมิไว้ตามต้องการแล้ว และวัดแรงบิดที่เกิดขึ้นในการหมุนแผ่นโลหะนั้น
mould	แบบพิมพ์ที่ใช้ในการทำให้ยางมีรูปร่างตามต้องการ
Phr	คำย่อของ part per hundred rubber หมายถึงส่วนในยางร้อยส่วน
rheometer	เครื่องมือที่ใช้ศึกษาสมบัติรีโอโลยีของยาง ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวจะใช้หาเวลายางที่ scorch , rate of cure และเวลาสุกของยาง
scorch	การสุกก่อนกำหนดของยาง ซึ่งการสุกก่อนนี้เป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในขณะการผสมยางหรือการแปรรูปของยาง
two roll mill	เครื่องบดสองลูกกลิ้ง ซึ่งเป็นเครื่องผสมยาง ประกอบด้วยลูกกลิ้งสองลูก หมุนเข้าหากันด้วยความเร็วต่างกัน
valcanization	ขบวนการที่ทำให้เกิดพันธะเคมีที่ยึดโมเลกุลของยางไว้ด้วยกัน ความหมายเดียวกับ cure

ใบรายงานผลการทดสอบค่าความหนืด
(ตัวอย่าง)



M74,26 6 6 97

DATE	1997 06 06(FRI) 09:58			
SAMPLE NO.	74-26			
TEMPERATURE	125.2			
MOONEY VALUE	55.1			
SCORCH TIME	16.41	18.60		
DIFFERENCE	2.19			
MIN. VALUE	51.2		PEAK VALUE	79.7

ใบรายงานค่าเวลาในการสุกของยาง
(ตัวอย่าง)

IRC(ASIA) RESEARCH LIMITED.

OMPOUND: TEST001 Shift: 1 DATE: 06/02/97
ESCRIPTION: TEST Compound
EST TIME: 5:00 98.2 RANGE: 25 TEMPERATURE: 170

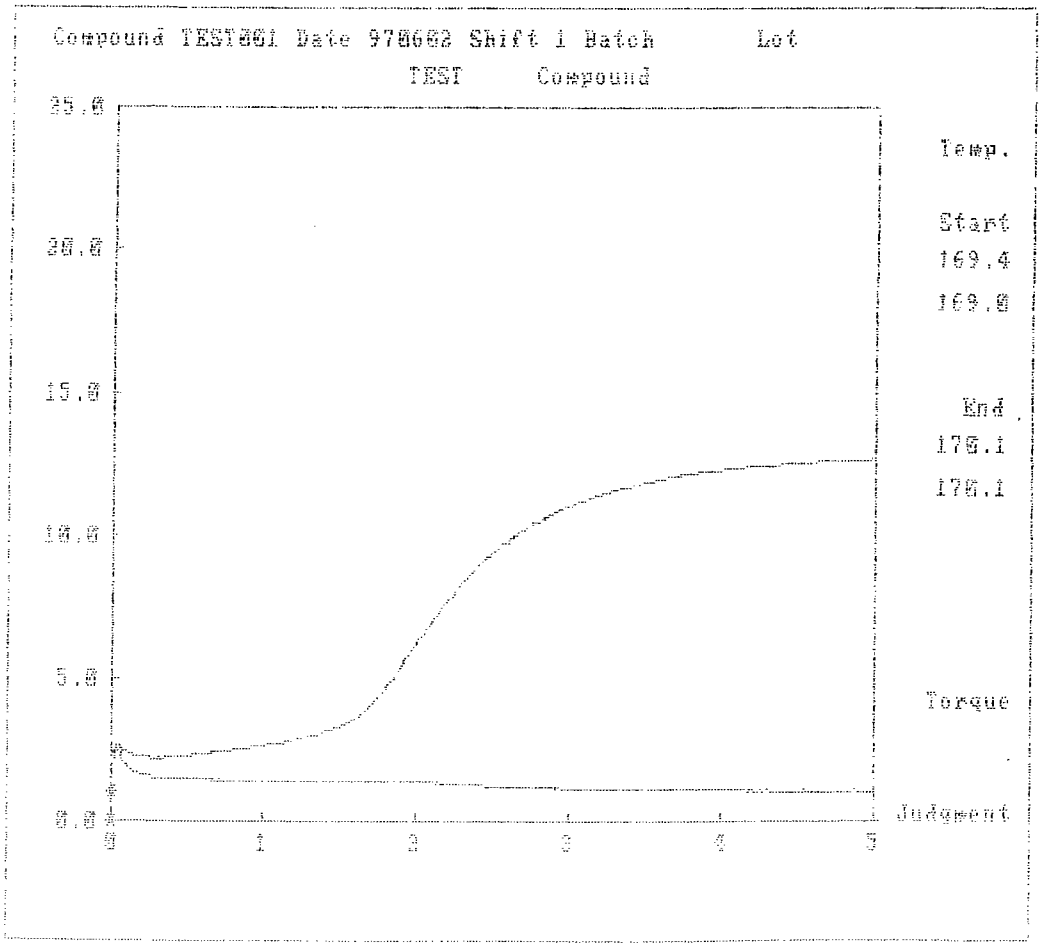
A

Property Gates

ML	Cure	TC10	TC90	MH	Date
0.00	0.00	0:00	0:00	0.00	
0.00	0.00	0:00	0:00	0.00	

ML	Cure	TC10	TC90	MH	Date	P/F
2.22	7.33	1:29	3:19	12.69	06/02/97	

0.00	0.00	0:00	0:00	0.00
0.00	0.00	0:00	0:00	0.00
0.00	0.00	0:00	0:00	0.00
0.00	0.00	0:00	0:00	0.00
0.00	0.00	0:00	0:00	0.00
0.00	0.00	0:00	0:00	0.00



ใบรายงานผลการทดสอบค่าความต้านทานพลังงานทำลาย

(ตัวอย่าง)

TIRE PLUNGER ENERGY TEST

TIRE SIZE : 2.50-17

PATTERN TYPE : NR 30

MAKER : IRCT

LOT NO. : 137

MAX. LOAD :

INFLATION PRESSURE: 2.25KG/CM2

TIRE O. D. : 1785 MM.

TIRE WIDTH : 63.0 MM.

PLUNGER DIAMETER : 8

LOADING SPEED : 50MM./MIN

TEST NO	F(N.T.)	P(M)	F*P/2(J)
1	1685.600	0.063	53.377
2	1666.000	0.063	52.282
3	1793.400	0.063	56.280
4	1626.800	0.060	48.936
5	1744.400	0.062	54.459
6	0.000	0.000	0.000

RIM SIZE = 1.40×17

WEIGHT = 2190 g.

(B) STOP PARAMETER = 150

(A) STOP PARAMETER = 140

AVERAGE OF PLUNG ENERGY: 53.067J

STANDARD VALUE: 34.324 J

COMPARISON TO STANDARD VALUE: 54.61

ใบรายงานผลการทดสอบค่าความคงทนและความทนทาน
(ตัวอย่าง)

********** TESTING REPORT OF TIRE DRUM TEST **********

A

TEST NAME	: HIGH SPEED		
TIRE KIND	: MOTORCYCLE		
TIRE SIZE	: 2.50-17		
PATTERN TYPE	: 6R (6P.R.)	LOT NO.	: 2.50-17 6P.R.
MAKER	: IRCT	INFLATION	: 41 PSI
MAXIMUM LOAD	: 136 kg	INSP. DATE	: 97-06-30
TEST METHOD:	JIS-K 6366		

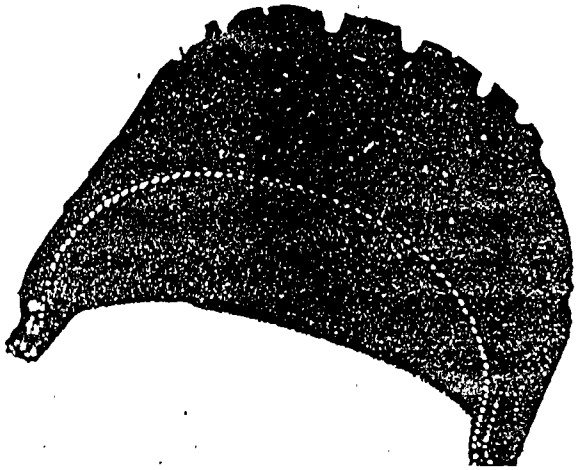
PREPARATION: MOUNT THE TIRE ON A STANDARD RIM ASSEMBLY AND INFLATE IT TO THE INFLATION PRESSURE CORRESPONDING TO THE MAXIMUM LOAD RATING MARKED ON THE TIRE. INSTALL FOR 3 HOURS AT 38±3℃ CONDITION ADJUST THE CORRECT PRESSURE.

STEP	LOAD (kg)	SPEED (km/hr)	TEST_TIME (hr:min)	TOTAL_DIS (km)	DYN_RADIUS (mm)	STATUS
1	137	121.0	0:30.0	60.57	275.5	OK
2	136	130.0	0:30.0	125.62	276.4	OK
3	135	140.1	0:30.0	195.72	276.8	OK
4	135	145.0	0:30.0	268.26	277.0	OK
5	135	153.0	0:30.0	344.79	277.4	OK
6	135	161.0	0:30.0	425.39	277.6	OK
7	136	169.0	0:30.0	510.03	278.0	OK
8	136	177.1	0:30.0	598.63	278.2	OK
9	135	185.1	0:30.0	691.20	278.5	OK
10	135	193.1	0:30.0	787.80	278.7	OK
11	136	201.1	0:21.5	859.79	278.8	FAIL

AFTER THE TIRE HAS BEEN TESTED, COOL AND DEMOUNT, INSPECT THE TREAD, SIDEWALL, PLY, CORD, INNERLINER AND BEAD. THERE SHALL BE NO SEPARATION, CHUNKING, BROKEN CORD, CRACKING PLY OR OPEN SPLICE.

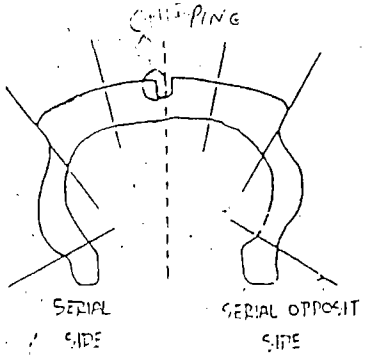
RECORDING: SERIAL = 257 RIM SIZE = 1.60×17
INSP. = FS WEIGHT = 1760 g.
MOLD No. = 17 RETECTER = 11 mm.

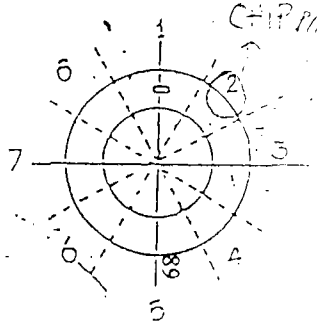
RESULT: ☐ OK ☐ NG MANAGER SECT_CHIEF CHIEF INSPECTOR



Result

1. 10 S+215
2. DAMAGE CHARACTER : CHIPING





ใบกำกับสินค้า

RRR

MR 10/133

บริษัท ราชสีมายางรีเคลม จำกัด

ที่ 019

No. 0936

吻足鴨再生膠有限公司

RATCHASIMA RECLAIMED RUBBER CO.,LTD.

373 หมู่ 1 ถ.มิตรภาพ ต.บ้านเกาะ อ.เมือง จ.นครราชสีมา (30000) โทรศัพท์ 254227,371193,371194
เลขทะเบียนการค้า 30 32 05449 เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 330 100462 3

วันที่ Date 15/10/2540

ใบกำกับสินค้า INVOICE/ใบกำกับภาษี TAX INVOICE

ชื่อผู้ซื้อ Buyer's Name บริษัท อินดอรามา (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

ที่อยู่ Address 63/3 หมู่ที่ 6 ถนนรังสิต-นครนายก ต.มหาสวัสดิ์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี

ลำดับที่	จำนวนน้ำหนัก Kgs	รายการสินค้าหรือบริการ Description	จำนวน Quantity	หน่วยละ Unit Price	จำนวนเงิน-บาท Amount-Baht
-	12814	ยางรีเคลมสีดำ 1 ชั้น	-	13 -	166582 -
		แผนกจัดซื้อ IRC			
		PO44541			
		ส่งของ			
		วันที่ 16 เดือน 10 พ.ศ. 40			
		ผิดตกยกเว้น E.&O.E.			

(หนึ่งแสนหกหมื่นหกพันห้าร้อยแปดสิบสองบาทถ้วน)

รวมเงิน Gross Total	166582 -
จำนวนภาษีมูลค่าเพิ่ม	= 16658 20
รวมเงินสุทธิ Net Total	= 183240 20

ส่งโดยพาหนะทะเบียน 82-7284

ลงชื่อ.....ผู้ขาย

For Ratchasima Reclaimed Rubber Co.,Ltd.

ลงชื่อ.....ผู้รับสินค้า

วันที่ Date 16/10/40

บริษัท ผลิตภัณฑ์คาร์บอนไทย จำกัด
THAI CARBON PRODUCT COMPANY LIMITED

โรงงาน : 42/2 ม. 1 ถ.สุขุมวิท กม.ที่ 124.5 ต.ทุ่งศุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
โทรศัพท์ 038-352487-91, โทรสาร 038-352246-7

PLANT : 42/2 M. 1 SUKHUMVIT ROAD K.M. 124.5, TUNGSUKLA, SRIRACHA
CHONBURI 20230 TEL. 038-352487-91, FAX. 038-352246-7

92

2/6

ใบแจ้งหนี้ / ใบกำกับภาษี
INVOICE / TAX INVOICE

เล่มที่ 155	เลขประจำตัวผู้เสียภาษี TAX PAYER NUMBER 3101762808 สาขาที่ออกใบกำกับภาษีคือโรงงาน	เลขที่ No. 7716

ถึง
TO: Inoue Rubber(Thailand)Public Company Limited
63/3 Moo 6, Rangsit-Nakornnayok Rd.,
Prachatipat, Thanyaburi,
Pathumtani 12130

วันที่ DATE 15-Oct-97

ใบสั่งซื้อเลขที่ Ref. P/O NO. [illegible]

รายการสินค้า DESCRIPTION	จำนวน QUANTITY	ราคาต่อหน่วย UNIT PRICE	จำนวนเงิน (บาท) AMOUNT (BAHT)
Carbon Black Grade N-774	5,000 Kg.	22.50	112,500.00
(Ref.D/O No.3834)			

แผนกจัดซื้อ IRC
ถึงชื่อ
วันที่

สำเนา-ลูกค้า

มูลค่าสินค้า TOTAL GOODS VALUE	112,500.00
ภาษีมูลค่าเพิ่ม (10%) VALUE-ADDED-TAX (10%)	11,250.00
จำนวนเงินรวมทั้งสิ้น GRAND TOTAL Baht: One hundred twenty-three thousand seven hundred--and fifty only---	123,750.00

เงื่อนไขการชำระเงิน PAYMENT TERM : Due on the 15th day of the 3rd month from delivery month

วันครบกำหนดชำระ DUE DATE : 15-Jan-98

หมายเหตุ
- โปรดชำระด้วยเช็คขีดคร่อมและขีดฆ่าผู้ถือ ในนาม "บริษัท ผลิตภัณฑ์คาร์บอนไทย จำกัด"
- บริษัทสงวนสิทธิ์ที่จะเรียกเก็บดอกเบี้ย ในอัตราร้อยละ 1.25 ต่อเดือน สำหรับหนี้ที่ค้างชำระเกินกำหนด
- Please pay the amount due by crossed cheque indicated A/C PAYEE ONLY in favour of "Thai Carbon Product Co., Ltd."
- Company reserve the right to charge the interest at 1.25% per month for the overdue amount.

เพื่อ บริษัท ผลิตภัณฑ์คาร์บอนไทย จำกัด
FOR : THAI CARBON PRODUCT CO., LTD.

30/10/97

PREPARED : Ref. 1,462.50 Cus.Code 1316

CHECKED :

25/10/97

บริษัท โดมิเนี่ยน เคมเมท จำกัด
DOMINION CHEMMET CO., LTD.

2311/2 ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ บางกะปิ กรุงเทพ ฯ 10310
2311/2 New Petchburi Road,Bangkapi Bangkok, Thailand.
Fax : (662) 318-2878, 318-3280
(02) 319-1369, 319-1395-7, 718-0743-5

เล่มที่ 007
เลขที่ 03473
No.

สำเนาใบส่งของ
INVOICE

ห้ TO :

บ.อีโนเว จันเบอร์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
63/3 หมู่ 8 ต.รังอิด-นครนายก อ.ประทาย ิปัตย์
อ.ธัญญบุรี จ.ปทุมธานี

วันที่ DATE 15.10.40

เลขประจำตัวผู้เสียภาษีอากร 3 011069011

ใบสั่งเลขที่ ORDER NO.	กำหนดชำระ 60 วัน TERMS DAYS	พนักงานขาย SALESMAN	วันที่ DATE 15.10.40	วันครบกำหนดชำระ DUE DATE 14.10.40

ลำดับ ITEM NO.	รายการสินค้า DESCRIPTIONS	จำนวน QUANTITY	ราคาหน่วยละ UNIT PRICE	จำนวนเงิน-บาท AMOUNT BAHT
	แคลเซียม คาร์บอเนตไลต์ (40 ถุง) (CALCIUM CARBONATE LIGHT) -ขนาดบรรจุ 25 กก./ถุง	1,000 กก.	4.-/กก.	-4,000.-
	แผนกจัดซื้อ IRC ลงชื่อ..... วันที่ 16 เดือน 10 พ.ศ. 40		รวมมูลค่าสินค้า TOTAL	-4,000.-
			ภาษีมูลค่าเพิ่ม VAT	400.-
หา HT	(สี่พันสี่ร้อยบาทถ้วน)		รวมเงิน GRAND TOTAL	-4,400.-

รับสินค้าตามรายการข้างบนในสภาพที่ดีไว้ถูกต้องเรียบร้อยแล้ว และถ้าไม่ชำระเงินตามกำหนดที่ตกลง
เก็บเบี้ยร้อยละ 19 ต่อปี การดำเนินทักท้วงใด ๆ เกี่ยวกับอินวอยซ์ฉบับนี้ จะต้องกระทำกับ
โดมิเนี่ยน เคมเมท จำกัด ภายใน 3 วัน หลังจากที่ยื่นให้ท่าน
สินค้าถูกต้องเรียบร้อยแล้ว

ผู้รับของ RECEIVED BY	ผู้ส่งของ DELIVERED BY	ผู้ตรวจสอบ CHECKED BY	ผู้อนุมัติ APPROVED BY

ทีติตราตรวจปลอย

ใบส่งของ - สำเนาของผู้ซื้อ
สำเนาใบกำกับภาษี

บริษัท เชลล์แห่งประเทศไทย จำกัด
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 3 10 4 00026 6
บริษัท เชลล์การผลิต (ประเทศไทย) จำกัด
10 ถนนสุนทรโกษา คลองเตย กรุงเทพฯ 10110 โทร. 249-0491
ตู้ ป.ณ. ก 345 กรุงเทพฯ 10501 โทรเลข "เชลล์"
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี 3 10 4 00028 0

คลัง	CHEMICALS(SCOT)
รหัสคลัง	CSC (0052)
โทรศัพท์	(02) 2490531-7
โทรสาร	(02) 2498431

บิลเลขที่/วันที่
P68796/21-10-97
TIME 8:50
4121

HONGNONSRI INSTALLATION
0 SOONTHORNKOSA RD.,
BANGKOK
THAILAND 10110

[ ] บิล (แบบชำระเงินก่อนส่งของ)
[X] บิลเงินเชื่อ
[ ] ใบลดหนี้
[ ] นำเช็คกลับ
[ ] บิลเงินสด/ใบเสร็จรับเงิน (แบบชำระเงินปลายทาง)
[X] สำเนาวางบิลนำกลับ

ใบสั่งภายในเลขที่ 728533
ใบเสร็จรับเงินเลขที่
วันครบกำหนดชำระเงิน WITHIN Dec 97
เงื่อนไขการขาย (D5060)

บริษัท อัญญา วันเนอร์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) | บริษัท อัญญา วันเนอร์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
63/3 หมู่ 6 ถนนรังสิต-นครนายก ต.ประชาธิปัตย์ | 63/3 กม.3.9 รังสิต-นครนายก ประชาธิปัตย์
อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130 | ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130 5330160-6

รหัสลูกค้า	รหัสเขตการขาย	รหัสขนส่ง	รหัสรถ/เรือ	เที่ยวที่/นะ	เลขทะเบียนรถ/เรือ	ชื่อและนามสกุลคนขับรถ (ตัวบรรจง)
5230	814	COL	HNC920	7415971	90-2156	

ชื่อ ชนิด และขนาดของสินค้า	รหัส สินค้า	รหัส ภาชนะ	จำนวนหน่วย	ราคาหน่วยละ	ส่วนลดเงินสด หน่วยละ	จำนวนเงินบาท	ความหนาแน่น ที่ 15°ซ
TREX 737 HB D.205 LT	31770	160	3	2644.0000	0.000	7932.00	

แผนกจัดซื้อ IRC
ลงชื่อ..........
วันที่ 21 เดือน 10 พ.ศ. 40

Report Attach	รวมมูลค่าสินค้า	ก 7932.00
พิเศษ SH20.10	ค่าขนส่ง @ 0.0000 BHT/L	ข 0.00
	ยอดรวมเบื้องต้น (ก+ข)	ค 7932.00
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม	ง 793.20
	รวมยอดทั้งสิ้น (ค+ง)	8725.20

4

ตรวจตีตราเรียบร้อยแล้ว/ตรวจนับสินค้าเรียบร้อยแล้ว | ตรวจเรียบร้อยแล้ว

ของตามรายการข้างต้นแล้ว ณ วันที่ .... เวลา .... น.
อ .... ชื่อและนามสกุล .... (ตัวบรรจง)

ตราหอยเลขที่

โดยเช็ค [ ] ดราฟท์ [ ] เช็คเดินทาง [ ] ธนาคาร ....
ที่ .... เงิน ....
อ (ผู้รับเงิน) .... วันที่ ....

ในนาม บริษัท เชลล์ฯ จำกัด
(ลงชื่อพนักงานจัดส่ง)

รับมอบเพื่อจัดส่ง
(ลงชื่อคนขับรถ)

ใบกำกับสินค้า INVOICE

เลขที่ 09362

95

,เพชรเกษม แขวงวัดท่าพระ
กใหญ่ กรุงเทพ ฯ 10600
,3448, 4653039, 4661839
FAX. 4721020
ขา 166/23 ถนนเพชรเกษม
งวัดท่าพระ เขตบางกอกใหญ่
กรุงเทพ ฯ 10600
โทร. 4572750 4572752
FAX 4570107

ห้างหุ้นส่วนจำกัด โล้วจิ้นเอ็งฮั้ว
盧振英華兩合公司
LOW CHIN ENG HUA LTD., PART.

ทะเบียนการค้าเลขที่ 11 37 1462

32/4-5 Petkasem Road.
Bangkokyai Bangkok 10600
Tel. 4653448 4653039 4661839
FAX. 4721020
BRANCH 166/23 Petkasem Road
Bangkokyai Bangkok 10600
Tel. 4572750 4572752
FAX. 4570107

ชื่อ หจก. สิโนสวิมเพอร์ (ประเทศไทย) จำกัด (อันดามัน) วันที่ 21 / 10 / 97

69/9 ซ.6 ถ.วิภาวดี-รังสิต-พหลโยธิน

ใบสั่งซื้อเลขที่ Order No. เงื่อนไขการชำระเงิน Terms

จำนวน Quantity	รายการ DESCRIPTION	หน่วยละ Unit Price บาท Baht	หน่วยละ Unit Price สต. Stg.	จำนวนเงิน Amount บาท Baht	จำนวนเงิน Amount สต. Stg.
020ก.ก	R551 (จำนวนเศษหักของ ต=30ก.ก.)	26	25	514,775	—
	- ตามแสดงสิ่งหมายเหตุข้างท้ายใบกำกับสินค้าแล้ว -				

ผิด ตก ยก เว้น E. & O. E.

ค้าตามรายการข้างต้นได้รับถูกต้องเรียบร้อยแล้ว
d the aboye mentioned goods is apparent good order and condition

ลงชื่อ.....
.....พ.ศ. 40

รวมเงิน TOTAL 514,775—

ห้างหุ้นส่วนจำกัด โล้วจิ้นเอ็งฮั้ว
LOW CHIN ENG HUA LTD., PART.

ผู้รับของ Received

ผู้ส่งของ Deliverer

ผู้จัดการ Manager

ve reserve the right to return part or all of the g
n this order it for any reason they are not in every
espect as represented We further reserve the right to
eturn merchandise at your expense or cancel this order
shipment is not made at the date or maner specified.
ents and invoices must show our purchase order no.

Authorized Signature

บริษัท เตกเบ๊งฮวงโค้ จำกัด
TECK BEE HANG CO., LTD.,
157 NIPHAT UTHIT 2 ROAD,
HATYAI, SONGKHLA, 90110,
THAILAND

COMMERCIAL INVOICE 96

OF HEVEA BRAZILIENSIS RUBBER

	1627/BR.1268	DATE	21-10-1997
BY ORDER AND FOR ACCOUNT AND RISK OF	10009	L/C ISSUE NO.	BK.147/97
		CONTRACT DATE	12-5-1997.

INOUE RUBBER (THAILAND) PUBLIC CO., LTD.,
63/3 MU.6 RANG-SITT NAKORN-NAYOLK,
TAMBOL PRACHATHIPAT, AMPHUR THUNYABUREE,
PATHUMTHANEE.

C.I.F. BUYER'S PLANT

SHIPPED FROM	RAYONG/SURATTHANI	PER	LORRIES
TRANSHIP AT		PER	DELIVERY NOTE NO R. 0472
DESTINATION	BANGKOK	SELLER'S REF. NO.	04045-8

MARKS	QUANTITY AND KIND OF PACKAGES, DESCRIPTION OF GOODS AND UNIT PRICE	AMOUNT
	434 BALES INT NO. 1 RSS RUBBER	
	13,020 KGS. @29.00	=BHT.377,580.00
		=BHT.377,580.00

แผนกจัดซื้อ IRC
ลงชื่อ.....
วันที่ 22 เดือน 10 พ.ศ. 40

WEIGHT	13.02	METRIC TONS
GROSS	13,020	KGS.
TARE	---	KGS.
NETT	13,020	KGS.

22/10/40

WE, TECK BEE HANG CO., LTD. HEREBY DECLARE AND CERTIFY THAT WE ARE THE SELLERS OF THE ABOVE-STATED MERCHANDISE AND THAT ALL THE PARTICULARS AND STATEMENTS HEREIN ARE TRUE AND CORRECT TO THE BEST OF OUR KNOWLEDGE.

FOR AND ON BEHALF OF
TECK BEE HANG CO., LTD.

หนังสือขอความอนุเคราะห์การทดลอง

ที่ ทม 1007/ ๑๘๔๑

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒ มกราคม 2540

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน ผู้จัดการแผนกวิจัยและพัฒนา บริษัท ไอ อาร์ ซี เอเชียรีเสริช จำกัด

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายสุรชัย บุญเจริญ เป็นนิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่างยางรีเคลมและยางคอมเปานด์นำมาใช้ในการผลิตยางรถจักรยานยนต์

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมของ

ดร.บรรชา รัตนวัย ประธาน

ผศ.ประดิษฐ์ คุณรัตน์ กรรมการ

สิ่งที่นิสิตใคร่ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ นายสุชาติ ดูจิรตการ, นายเชาวลิต มีทองคำ และ นายสุริยันต์ ไชยพรม เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย พร้อมทั้ง ขอใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการวิจัย

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ

ที่ ทม 1007/ ๑๙๖

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๑ มกราคม 2541

เรื่อง ขอเชิญเป็นกรรมการสอบปากเปล่า

เรียน ผู้จัดการฝ่ายเทคนิค บริษัทล็อคโฟกัส (ประเทศไทย) จำกัด

ตามที่ นายสุรชัย บุญเจริญ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาอุตสาหกรรมศึกษา ได้ทำปริญญานิพนธ์เรื่อง " การทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่างยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์ เพื่อใช้ในการผลิตยางรถจักรยานยนต์" นิสิตมีความประสงค์จะขอสอบปากเปล่า ในวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2541 เวลา 13.00 น. ณ ห้อง สบ.1 ตึกอำนวยการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (บางเขน)

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยเห็นว่าท่านมีความเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นกรรมการสอบปากเปล่าเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์ ตามวัน เวลา และสถานที่ดังกล่าวด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานเลขานุการบัณฑิตวิทยาลัย
โทร.2584119

หนังสือรับรองการทำงาน

หนังสือรับรอง

หนังสือรับรองฉบับนี้ออกให้เพื่อแสดงว่า นายสุรชัย บุญเจริญ เป็นพนักงาน ***บริษัท ไอ อาร์ ซี (เอเชีย) รีเสิร์ช จำกัด*** เลขที่ 63/3 หมู่ 6 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลประชาธิปัตย์ อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

ปัจจุบัน นายสุรชัย บุญเจริญ ปฏิบัติงานในตำแหน่ง หัวหน้าส่วน แผนก เทคนิคยางนอก ฝ่าย วิจัยและพัฒนา มีรายได้ต่อเดือน - บาท เริ่มปฏิบัติงานกับบริษัทฯ เมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2534 ถึงวันที่ 10 ตุลาคม 2540

หนังสือรับรองฉบับนี้ออกให้ ณ วันที่ 10 ตุลาคม 2540

(น.ส. รันดร์ดี เอียดแก้ว)
ผู้จัดการทั่วไป, การบริหาร

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นายสุรชัย บุญเจริญ
เกิดวันที่	13 กรกฎาคม 2510
สถานที่เกิด	อ่างทอง
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 36 หมู่ 6 ต. บลบางเจ้าฉ่า อ. โพธิ์ทอง จ. อ่างทอง 14120
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2532-2533	โรงเรียนเบญจมราชานุสรณ์
พ.ศ. 2533-2534	บริษัท แอพพาแรวแอพวินิว จำกัด
พ.ศ. 2534-2539	บริษัท อีโนเวรับเบอร์ ประเทศไทย จำกัด (มหาชน)
พ.ศ. 2539-2540	บริษัท ไออาร์ซี (เอเชีย) รีเสิร์ช จำกัด
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2529	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนโพธิ์ทองจินดามณี
พ.ศ. 2530	อนุปริญาวิทยาศาสตร์(สาขาไฟฟ้า) สถาบันราชภัฏเทพสตรี
พ.ศ. 2532	ครุศาสตร์บัณฑิต(อุตสาหกรรมศิลป์) สถาบันราชภัฏเทพสตรี
พ.ศ. 2541	การศึกษามหาบัณฑิต (อุตสาหกรรมศึกษา) มหาวิทยาลัย - ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

การทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่างยางรีเคลมและยางคอมเปานด์ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตยางรถจักรยานยนต์

บทคัดย่อ

ของ

สุรชัย บุญเจริญ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
กุมภาพันธ์ 2541

การวิจัยในครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ หาอัตราส่วนผสม ของการใช้ยางรีเคลมกับยางคอมเปานด์ ใช้ในการผลิตยางรถจักรยานยนต์ที่มีคุณภาพ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม โดยศึกษาทดลองใช้ทั้งหมดจำนวน 15 อัตราส่วนของการทดลอง นำมาผสมกันเป็นยางคอมเปานด์ตัวใหม่เรียกว่า ยางผสม นำยางผสมที่ได้ไปทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านกายภาพ คือ ค่าความหนืด และเวลาในการสุกของยาง หลังจากนั้นนำยางมาผ่านกระบวนการผลิตตามขั้นตอนเป็นยางสำเร็จรูป แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพทางด้านลักษณะภายนอก ความต้านทานพลังงานทำลาย ความคงทนและความทนทาน

ผลการทดสอบพบว่า ยางผสม ก่อนนำไปขึ้นรูป มีค่าความหนืด โดยทั่วไปผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ความแตกต่างของอัตราส่วนผสมใกล้เคียงกัน ค่าความหนืดสามารถนำไปผ่านกระบวนการผลิตได้ ส่วนค่าเวลาในการสุกของยาง เมื่อเพิ่มจำนวนอัตราส่วนผสมยางรีเคลมเข้าไปจากน้อยไปมากค่าเวลาในการสุกของยางจะเร็วขึ้น ซึ่งเมื่อยางสุกเร็วขึ้นในการเข้ากระบวนการผลิตจะเกิดปัญหาต่อการขึ้นรูป

ผลการทดสอบยางรถจักรยานยนต์ที่ทำขึ้น คุณภาพด้านลักษณะภายนอกของยางขึ้นอยู่กับส่วนผสมที่เป็นยางรีเคลมถ้ามีมากจะสังเกตเห็นด้วยตาว่าผิวหยาบไม่เป็นมันวาวและเป็นเม็ดเล็กๆรอบเส้น ในส่วนนี้จะพบความไม่สมบูรณ์ของยางได้มากขึ้นจนถึงไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ในด้านคุณภาพของความต้านทานพลังงานทำลาย โครงสร้างของยางแบ่งออกเป็นชั้นส่วนที่เป็นดอกยางกับชั้นผ้าใบจึงทำให้ความแข็งแรงของโครงสร้างผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้จะมีค่าความแตกต่างกันอยู่น้อยมาก และการทดสอบความคงทนและความทนทานพบว่ายางที่มีการผสมรีเคลมมากจะมีปัญหาเกิดขึ้นคือเกิดรอยแตกตามบริเวณลายดอกยางทั่วไป ชั้นของผ้าใบกับยางไม่ติดกัน เกิดการฉีกขาดในจุดที่เป็นบริเวณรอยต่อ และการรั่วของลมในขณะทดสอบ ผลการทดลอง ยางรถจักรยานยนต์ที่ทำขึ้นมีคุณภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนดตามขอบเขตของการวิจัยซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้ ได้แก่อัตราส่วนผสมของยางรีเคลมต่อยางคอมเปานด์เป็นร้อยละ 2:98, 4:96, 6:94 และ 8:92

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE RATIO OF RECLAIMED RUBBER AND COMPOUND RUBBER FOR MAKING MOTORCYCLE TYRE

AN ABSTRACT

BY

SURACHAI BOONCHAROEN

Presented in partial fulfillment of the requirements for the Master of Education degree in Industrial Education

at Srinakharinwirot University

February 1998

The purpose of this study was to find out the proportions of reclaimed rubber and compound rubber. The combine rubber were used for the production of motorcycle tyre that meet Thai Industrial Standard. Fifteen ratio of reclaimed and compound rubber were mixed. The combine rubber were taken to test the properties of mooney value and cure time. Then they were brought into the production process of motorcycle tyre. The test of tyre were conducted through the acceptable in physical aspect , resistance to plunger and endurance.

It was found that the mooney value of combine rubber before forming was less difference and approved the quality standard. Increasing of reclaimed rubber fasting the cure time and caused problems in forming the tyre.

The physical aspect of tyre depended on the ratio of reclaimed rubber. If there was much raclaimed rubber , the appearance of the tyre was rude and there were small spots around it. The incompleteness increased to the unusable tyre. The tyre made from every proportion of the combine rubber passed the plunger energy test. For the endurance , it was found that increasing ratio of reclaimed rubber created such problems as fracture on rubber pattern, separation of rubber and tyre cord , joint crack , and leakage of air while testing. The motorcycle tyre that passed the industrial standard were made from reclaimed rubber and compound rubber in percentage ratio of 2:98, 4:96 , 6:94 and 8:92.