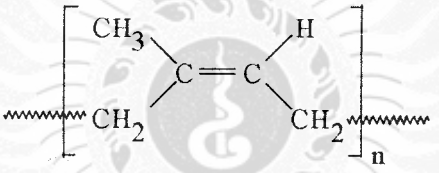
บทที่ 3

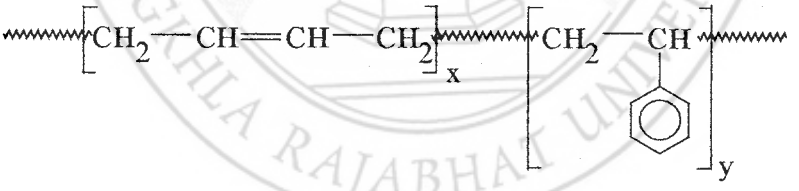
วิธีการวิจัย

3.1 วัสดุ

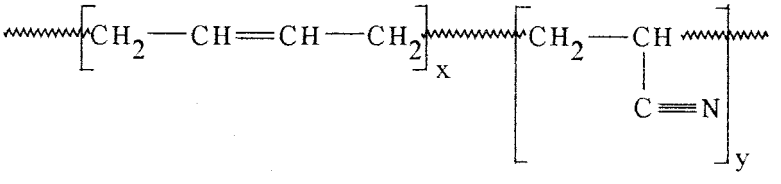
3.1.1 ยางธรรมชาติเกรดเอสทีอาร์ 5 แอล (Standard Thai Rubber, STR 5L) ผลิตโดย บริษัทจะนะน้ำยาง จำกัด ทำมาจากน้ำยางซึ่งกรองสิ่งสกปรกออก ทำให้สิ่งสกปรกในยางไม่เกินตามที่มาตรฐานกำหนด มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังนี้



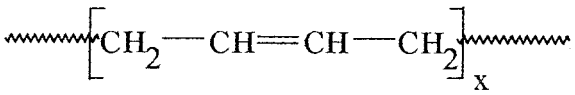
3.1.2 ยางเอสบีอาร์-1502 (Styrene – Butadiene Rubber, SBR-1502) ผลิตโดยบริษัท Exxon Mobil Chemical มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังนี้



3.1.3 ยางไนไตรล์-1031 (Acrylonitrile – Butadiene Rubber, NBR-1031) ผลิตโดยบริษัท Exxon Mobil Chemical มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังนี้



3.1.4 ยางบีอาร์-0150 (Polybutadiene Rubber, BR- 0150) ผลิตโดยบริษัท Exxon Mobil Chemical มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังนี้

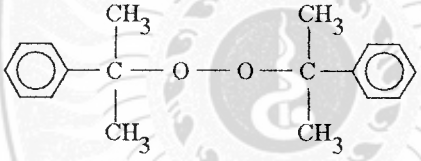


3.1.5 ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO) ทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้น มีลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด ผลิตโดย บริษัท Univentures public company limit

3.1.6 กรดสเตียริก (Stearic acid) ทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้น ผลิตโดย บริษัทสยามเคมีจำกัด (มหาชน)

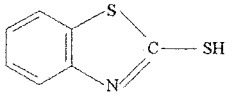
3.1.7 กำมะถัน (Sulphur, S) 325 mesh grade ทำหน้าที่เป็นสารวัลคาไนซ์มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง ผลิตโดย บริษัทสยามเคมีจำกัด (มหาชน)

3.1.8 ไดคิวมิลเปอร์ออกไซด์ (Dicumyl peroxide, Dicup) เป็นเกรด GP ใช้เป็นสารวัลคาไนซ์ ผลิตโดยบริษัท PT NOF MAS CHEMICAL INDUSTRIES ประเทศอินโดนีเซีย มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังนี้

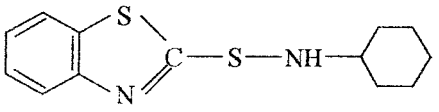


3.1.9 เตตระเมทธิลไธยูแรมไดซัลไฟด์ (Tetramethylthiuram Disulphide, TMTD) ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่ง และสารให้กำมะถัน ผลิตโดยบริษัทสยามเคมีจำกัด (มหาชน) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังนี้

3.1.10 2-เมอร์แคปโตแบนโซไธอาโซล (2-Mercaptobenzothiazole, MBT) ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่ง มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเหลือง ผลิตโดยบริษัทสยามเคมีจำกัด (มหาชน) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังนี้



3.1.1 เอ็น-ไซโคลเฮกซิล-2-เบนโซไธอาซิล ซัลฟีนาไมด์ (N-cyclohexyl-2-benzothiazyl sulphenamide, CBS) ทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่ง มีลักษณะเป็นเม็ดสีเขียว ผลิตโดยบริษัทสยามเคมีจำกัด (มหาชน) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังนี้



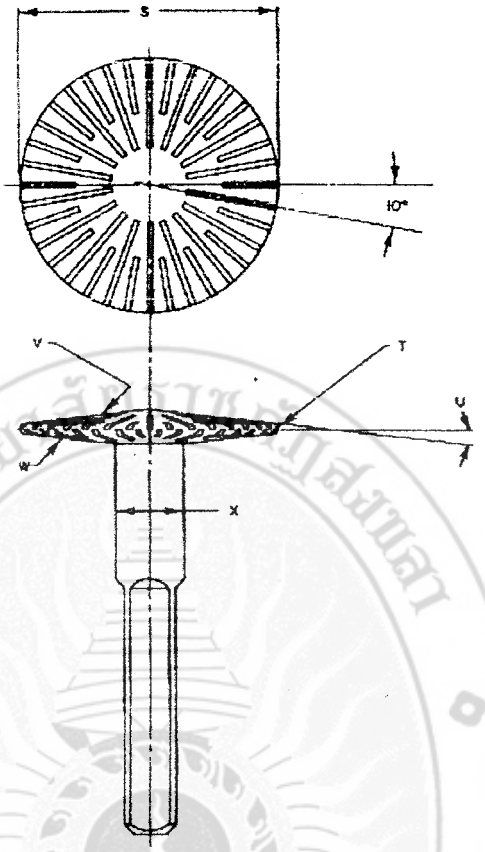
3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง (Two Roll Mill)

รุ่น SK-B ผลิตโดยบริษัทสหวัฒนา จำกัด เป็นเครื่องสำหรับผสมยางกับสารเคมีประกอบด้วยลูกกลิ้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.54 นิ้ว ความกว้างของลูกกลิ้งหน้าและลูกกลิ้งหลัง 19.5 นิ้ว เส้นรอบวง 30 เซนติเมตร ลูกกลิ้งหน้าหมุนด้วยความเร็ว 13 รอบต่อนาที ลูกกลิ้งหลังหมุนด้วยความเร็ว 14 รอบต่อนาที อัตราส่วนระหว่างความเร็วผิวของลูกกลิ้งหน้าต่อลูกกลิ้งหลัง (friction ratio) เท่ากับ 1:1.07 ใช้ระบบน้ำหล่อเย็นเพื่อระบายความร้อนของลูกกลิ้งหน้าและลูกกลิ้งหลัง

3.2.2 เครื่องทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ของยาง (Oscillating disk rheometer, ODR)

เป็นเครื่องทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ของยาง (Cure characteristics) ประกอบด้วยจานโลหะรูปกรวยป้านสองด้านแบบ Biconical Disk ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.3996 นิ้ว ดังรูปที่ 3.1 การหมุนของจานจะแกว่งกลับไปมาทำมุม 1 องศา ความถี่ 100 รอบต่อนาที มีระบบวัดอุณหภูมิของห้องใส่ยางตลอดเวลา ยี่ห้อ GOTECH ผลิตโดยบริษัท GOTECH TESTING MACHINES INC. ประเทศไต้หวัน



รูปที่ 3.1 ลักษณะของจานโลหะแบบ Biconical Disk

3.2.3 เครื่องชั่งไฟฟ้า(Electrical balance)

ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น PB3002-S ผลิตโดยบริษัท Mettler Toledo, Ltd ประเทศสวิทเซอร์แลนด์ ชั่งได้ละเอียด 0.01 กรัม สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 3,100 กรัม

3.3 วิธีดำเนินการ

3.3.1 ศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์

ยางธรรมชาติที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นยางธรรมชาติเกรดเอสทีอาร์5 แอล ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะการวัลคาไนซ์กับยางสังเคราะห์ 3 ชนิด คือ ยางเอสบีอาร์-1502 ยางไนไตรล์ –3645 และยางบีอาร์-0150 โดยใช้ CBS เป็นสารตัวเร่ง และวัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ ผสมยางกับสารเคมีต่างๆ ตามสูตรในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์

Ingredients	Quantity (phr)			
	1	2	3	4
STR 5L	100	-	-	-
SBR-1502	-	100	-	-
BR-0150	-	-	100	-
NBR-1031	-	-		100
Zinc oxide	3	3	3	3
Stearic acid	1.00	1.00	1.00	1.00
Sulphur	1.75	1.75	1.75	1.75
CBS	1.00	1.00	1.00	1.00

ทำการผสมยางกับสารเคมีโดยใช้เครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3184-80 ซึ่งมีขั้นตอนและระยะเวลาแสดงดังตารางที่ 3.2 หลังจากนั้นนำยางคอมเปานด์ที่ได้ไปทดสอบคุณลักษณะการวัลคาไนซ์

ตารางที่ 3.2 ลำดับขั้นตอนการผสมยางกับสารเคมี

ขั้นตอน	เวลา
1. บดยาง	5 นาที
2. เติมซิงค์ออกไซด์	2 นาที
3. เติมสารตัวเร่ง	2 นาที
4. เติมกรดสเตียริก	2 นาที
5. เติมกำมะถัน	2 นาที
6. ม้วนยาง	10 ครั้ง

3.3.2 การทดสอบลักษณะเฉพาะของการวัลคาไนซ์ (cure characteristics)

นำยางคอมเปานด์มาทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D2084-95 ที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส จานโลหะมีมุมบิด 1 องศา หาค่าแรงบิดต่ำสุดที่เกิดจากการเฉือนระหว่างยางกับจานโลหะ (minimum torque (M_L), dN.m) ค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดจากการเฉือนระหว่างยางกับจานโลหะ (maximum torque (M_H), dN.m) หาช่วงเวลาที่ยังสามารถทำการแปรรูปยางคอมเปานด์ได้ (scorch time (t_s1), min) ซึ่งหลังจากช่วงเวลานี้ ยางจะเกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล (cross-linking) มากขึ้น จนไม่สามารถทำการแปรรูปได้ และหาเวลาในการวัลคาไนซ์ (cure time(t'90), min) ซึ่งเป็นเวลาที่ยางมีค่าแรงบิดเป็น $M_L + 90(M_H-M_L)/100$ ดัชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ (cure rate index (CRI), min^{-1}) คำนวณตามสมการที่ 3.1 และค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ (rate constant, k) คำนวณตามสมการที่ 3.2 และระดับการวัลคาไนซ์ (vulcanization level, %) รายละเอียดดูภาคผนวก

Cure rate index (CRI) :

$$CRI\ (min^{-1}) = \frac{100}{curetime - scorchtime} \quad \text{..... 3.1}$$

Rate constant (k) :

$$\ln(M_H-M_t) = \ln(M_H-M_L) - kt \quad \text{..... 3.2}$$

M_H คือค่าแรงบิดสูงสุด (dN.m)

M_L คือค่าแรงบิดต่ำสุด (dN.m)

M_t คือค่าแรงบิดที่เวลาในการทดสอบ t นาที (dN.m)

3.3.3 การคำนวณค่าคงที่ปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ และการคำนวณพลังงานกระตุ้น

3.3.3.1 การคำนวณค่าคงที่ปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ (Rate constant ,k)

นำค่าแรงบิดที่เวลาต่าง ๆ ที่ได้จากการทดสอบลักษณะการวัลคาไนซ์ด้วยเครื่อง ODR รุ่น GOTECH GT-7072-S2 ที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียสมาคำนวณ โดยถือว่าปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ซึ่งจลน์ศาสตร์ของปฏิกิริยาเคมีอันดับหนึ่ง แสดงสมการดังนี้

$$\ln (a-x) = -kt + \ln a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 3.3$$

โดยที่ a : ความเข้มข้นของสารตั้งต้น

x : ปริมาณของสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาที่เวลาใด ๆ

k : ค่าคงที่ของปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง

สำหรับปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ กำหนดให้

$$a - x = M_H - M_t$$

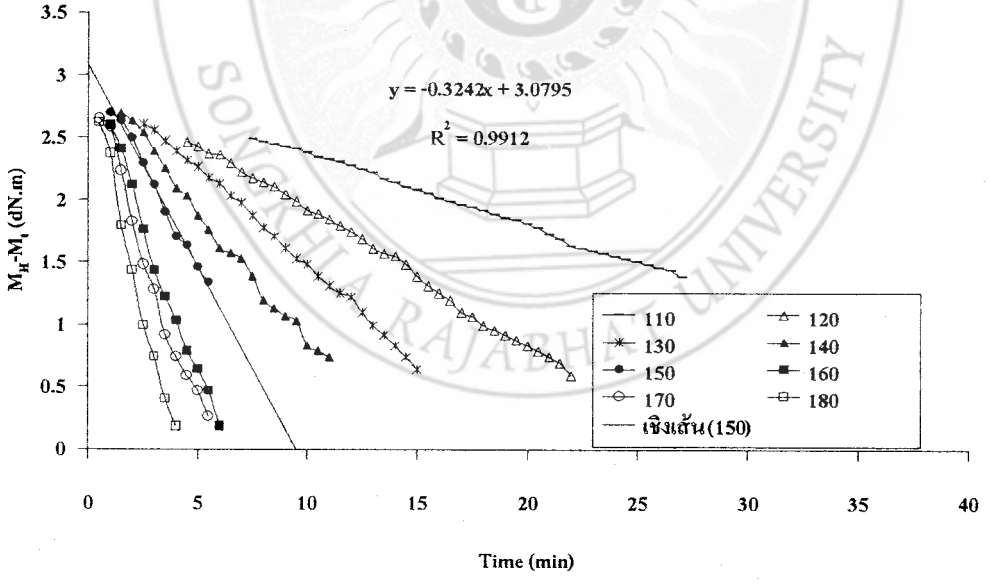
$$a = M_H - M_L$$

โดยที่ M_H : ค่าแรงบิดสูงสุด

M_L : ค่าแรงบิดต่ำสุด

M_t : ค่าแรงบิดที่เวลาใด ๆ

จากนั้นเขียนรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln (M_H - M_t)$ กับเวลาในการทดสอบ พิจารณาในส่วนที่เป็นเส้นตรงดังรูป โดยมีค่าความชันเป็นค่าคงที่ของปฏิกิริยา



รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln (M_H - M_t)$ กับเวลาในการทดสอบของการวัลคาไนซ์ยางไนไตรล์ในระบบกำมะถันปกติที่ใช้ CBS เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส

จากตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln (M_H - M_t)$ กับเวลาในการทดสอบของการวัลคาไนซ์ ของยางไนไตรล์ ในระบบกำมะถันปกติที่ใช้ CBS เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส มีลักษณะเป็นกราฟเส้นตรง ดังความสัมพันธ์ดังนี้

$$\ln (M_H - M_t) = -kt + \ln (M_H - M_L) \quad \text{..... 3.4}$$

$$(M_H - M_t) = (M_H - M_L)e^{-kt}$$

$$= 3.0795e^{-0.3242t}$$

$$k = 0.3242\ s^{-1}$$

นั่นคือ ค่าคงที่อัตราของการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์ ในระบบกำมะถันปกติที่ใช้ CBS เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ $0.3242\ s^{-1}$

3.3.3.2 การคำนวณพลังงานกระตุ้น (Ea, J/mol)

การคำนวณค่าพลังงานกระตุ้น โดยเขียนรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ln k กับ 1/T การเพิ่มอุณหภูมิทำให้อัตราของปฏิกิริยาเพิ่มเร็วขึ้น เพราะเป็นการเพิ่มพลังงานจลน์ให้แก่อนุภาคของสารเข้าทำปฏิกิริยา และเพิ่มจำนวนอนุภาคที่มีพลังงานสูงพอที่จะทำให้พลังงานศักย์ของระบบเกินพลังงานกระตุ้น ซึ่งทำให้ปฏิกิริยาบังเกิดผลสำเร็จ

สมการของ Arrhenius เป็นดังนี้

$$k = Ae^{-Ea/RT} \quad \text{..... 3.5}$$

เมื่อ k = ค่าคงที่ของอัตรา

A = Arrhenius factor (เกี่ยวกับการปะทะ ,การหันเหทิศทางและอื่น ๆ)

e = 2.718 (ฐานของ natural log)

Ea = พลังงานกระตุ้น

R = ค่าคงที่ของก๊าซ = 8.314 จูลโมล$^{-1}$ เคลวิน$^{-1}$ หรือ 1.987 คาลอรี่ โมล$^{-1}$ เคลวิน$^{-1}$

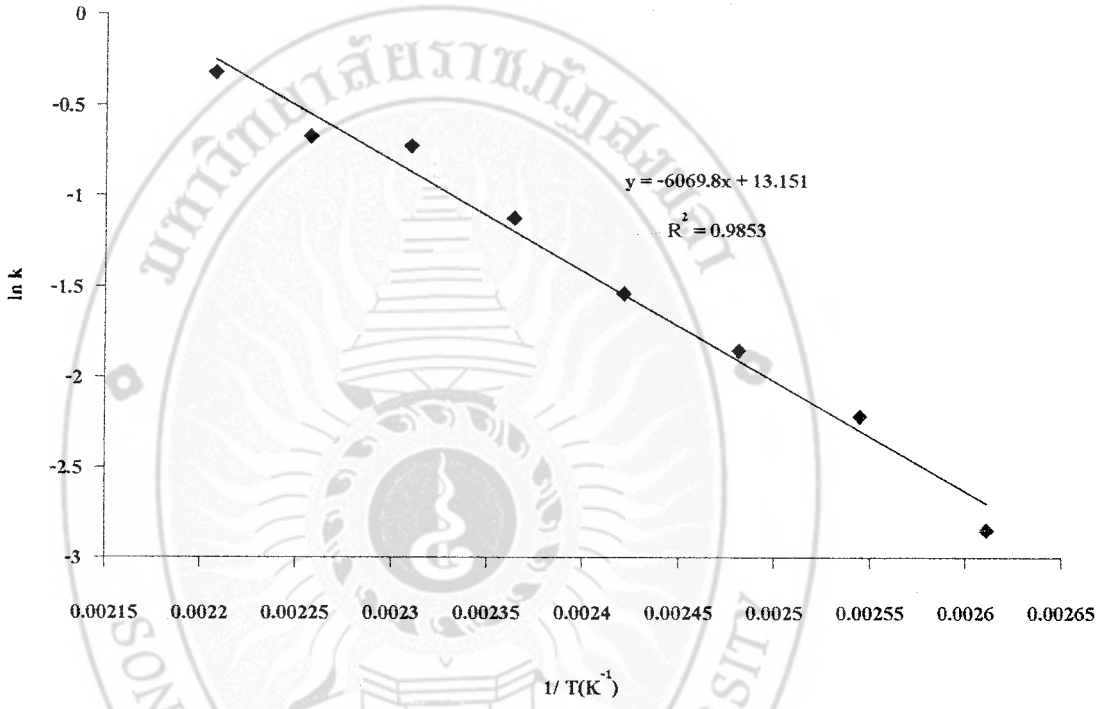
T = อุณหภูมิสัมบูรณ์

$$\ln k = \ln A - Ea/RT \quad \text{.....3.6}$$

จะเห็นได้ว่าเมื่อ T เปลี่ยนไปเล็กน้อย k จะเปลี่ยนไปได้มาก เมื่อหาค่า k ที่อุณหภูมิต่าง ๆ หลายอุณหภูมิ แล้วทำกราฟของ ln k กับ 1/T จะได้กราฟของเส้นตรงมี Slope = -Ea / R จากนี้ก็อาจคำนวณพลังงานกระตุ้น Ea ได้จาก Slope

Slope = -Ea / R

Ea = - Slope x R



จากรูปความสัมพันธ์ระหว่าง ln k กับ 1/T ของยางไนไตรล์ ในระบบคำมะถันปกติที่ใช้ CBS เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส นำมาคำนวณตามสมการที่ (3)

$$k = Ae^{-Ea/RT}$$

$$\ln k = \ln A - Ea/RT$$

จะได้ Slope = -Ea / R

Ea = - Slope x R

ดังนั้น Ea = 6069.8 x 8.314 J/ mol

= 50464.32 J/mol

= 50.46 kJ/mol

3.3.4 ศึกษาอิทธิพลของชนิดสารตัวเร่งต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์

ศึกษาอิทธิพลของชนิดสารตัวเร่งต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางสังเคราะห์ 3 ชนิด คือ ยางเอสบีอาร์-1502 ยางไนไตรล์-1031 และยางบีอาร์-0150 ซึ่งวัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้สารตัวเร่ง 3 ชนิด คือ MBT, CBS และ TMTD

3.3.4.1 **ศึกษาอิทธิพลของชนิดสารตัวเร่งต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์**

ยางเอสบีอาร์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นยางเอสบีอาร์-1502 โดยใช้สารตัวเร่ง 3 ชนิด คือ MBT, CBS และ TMTD การวัลคาไนซ์ใช้ระบบกำมะถันปกติ ทำการผสมยางกับสารเคมีต่างๆ ตามสูตรมาตรฐาน ASTM D 3185-81 ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์

Ingredients	Quantity (phr)		
	1	2	3
SBR-1502	100	100	100
Zinc oxide	3	3	3
Stearic acid	1	1	1
Sulphur	1.75	1.75	1.75
CBS	1.00	-	-
TMTD	-	0.91	-
MBT	-	-	0.63

ทำการผสมยางกับสารเคมีโดยใช้เครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง ซึ่งมีลำดับขั้นตอนและระยะเวลาเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1 หลังจากนั้นนำยางคอมเปานด์ที่ได้ไปทดสอบคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ตามวิธีในข้อ 3.3.2

3.3.4.2 **ศึกษาอิทธิพลของชนิดสารตัวเร่งต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์**

ยางไนไตรล์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นยางไนไตรล์-1031 โดยใช้สารตัวเร่ง 3 ชนิด คือ MBT, CBS และ TMTD การวัลคาไนซ์ใช้ระบบกำมะถันปกติ ทำการผสมยางกับสารเคมีต่างๆ ตามสูตรมาตรฐาน ASTM D 3187-81 ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์

Ingredients	Quantity (phr)		
	1	2	3
NBR-1031	100	100	100
Zinc oxide	3	3	3
Stearic acid	1	1	1
Sulphur	1.5	1.5	1.5
CBS	0.70	-	-
TMTD	-	0.64	-
MBT	-	1	0.44

ทำการผสมยางกับสารเคมีโดยใช้เครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง ซึ่งมีลำดับขั้นตอนและระยะเวลาเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1 หลังจากนั้นนำยางคอมเปานด์ที่ได้ไปทดสอบคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ตามวิธีในข้อ 3.3.2

3.3.4.3 ศึกษาอิทธิพลของชนิดสารตัวเร่งต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์

ยางบีอาร์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นยางบีอาร์-0150 โดยใช้สารตัวเร่ง 3 ชนิด คือ MBT, CBS และ TMTD การวัลคาไนซ์ใช้ระบบกำมะถันปกติ ทำการผสมยางกับสารเคมีต่างๆ ตามสูตรมาตรฐาน ASTM D 3189-73 ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์

Ingredients	Quantity (phr)		
	1	2	3
BR-0150	100	100	100
Zinc oxide	3	3	3
Stearic acid	2	2	2
Sulphur	1.5	1.5	1.5
CBS	0.90	-	-
TMTD	-	0.82	-
MBT	-	-	0.57

ทำการผสมยางกับสารเคมีโดยใช้เครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง ซึ่งมีลำดับขั้นตอนและระยะเวลาเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1 หลังจากนั้นนำยางคอมเปานด์ที่ได้ไปทดสอบคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ตามวิธีในข้อ 3.3.2

3.3.5 ศึกษาอิทธิพลของระบบวัลคาไนซ์ต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์

ศึกษาอิทธิพลของระบบวัลคาไนซ์ต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางสังเคราะห์ 3 ชนิดคือ ยางเอสบีอาร์ ยางไนไตรล์ และยางบีอาร์ ซึ่งใช้ระบบวัลคาไนซ์ 5 ระบบ คือ ระบบกำมะถันปกติ (CV) ระบบเซมิอีวี (Semi-EV) ระบบอีวี (EV) ระบบสารให้กำมะถัน (S-donor) และระบบเปอร์ออกไซด์ (Peroxide)

3.3.5.1 ศึกษาอิทธิพลของระบบวัลคาไนซ์ต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์

ในการทดลองนี้ใช้ยางเอสบีอาร์-1502 ทำการผสมยางกับสารเคมีต่างๆ ตามสูตรดังแสดงในตารางที่ 3.6 โดยใช้เครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง ซึ่งมีลำดับขั้นตอนและระยะเวลาเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1 หลังจากนั้นนำยางคอมเปานด์ที่ได้ไปทดสอบคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ตามวิธีในข้อ 3.3.2

ตารางที่ 3.6 ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์

Ingredients	Quantity (phr)				
	CV	Semi-EV	EV	S-donor	Peroxide
SBR-1502	100	100	100	100	100
Zinc oxide	3	3	3	3	-
Stearic acid	1	1	1	1	-
Sulphur	1.75	1.20	0.60	-	-
CBS	1.0	1.8	2.2	-	-
TMTD	-	-	-	4	-
Dicup	-	-	-	-	4

3.3.5.2 ศึกษาอิทธิพลของระบบวัลคาไนซ์ต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์

ในการทดลองนี้ใช้ยางไนไตรล์-1031 ทำการผสมยางกับสารเคมีต่างๆ ตามสูตรดังแสดงในตารางที่ 3.7 โดยใช้เครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง ซึ่งมีลำดับขั้นตอนและระยะเวลาเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1 หลังจากนั้นนำยางคอมเปานด์ที่ได้ไปทดสอบคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ตามวิธีในข้อ 3.3.2

ตารางที่ 3.7 ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์

Ingredients	Quantity (phr)				
	CV	Semi-EV	EV	S-donor	Peroxide
NBR-1031	100	100	100	100	100
Zinc oxide	3	3	3	3	-
Stearic acid	1	1	1	1	-
Sulphur	1.5	1.2	0.6	-	-
CBS	0.7	1.8	2.2	-	-
TMTD	-	-	-	4	-
Dicup	-	-	-	-	4

3.3.5.3 ศึกษาอิทธิพลของระบบวัลคาไนซ์ต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์

ในการทดลองนี้ใช้ยางบีอาร์-0150 ทำการผสมยางกับสารเคมีต่างๆ ตามสูตรดังแสดงในตารางที่ 3.8 โดยใช้เครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง ซึ่งมีลำดับขั้นตอนและระยะเวลาเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1 หลังจากนั้นนำยางคอมเปานด์ที่ได้ไปทดสอบคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ตามวิธีในข้อ 3.3.2

ตารางที่ 3.8 ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์

Ingredients	Quantity (phr)				
	CV	Semi-EV	EV	S-donor	Peroxide
BR-0150	100	100	100	100	100
Zinc oxide	3	3	3	3	-
Stearic acid	2	2	2	2	-
Sulphur	1.5	1.2	0.6	-	-
CBS	0.9	1.8	2.2	-	-
TMTD	-	-	-	4	-
Dicup	-	-	-	-	4

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY