สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... (3)

Abstract ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ ..... (5)

สารบัญ ..... (6)

รายการตาราง ..... (13)

รายการภาพประกอบ ..... (15)

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ปัญหาและความเป็นมาของงานวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบข่ายการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 3

2. ทฤษฎี 4

2.1 บทนำ 4

2.2 ยางสไตรีนบิวทาไดอีน 5

2.2.1 โครงสร้างทางเคมี 5

2.2.2 สมบัติทางกายภาพ 6

2.2.2.1 ยางดิบ 6

2.2.2.2 ยางวัลคาไนซ์ 6

2.3 ยางไนไตรล์ 7

2.3.1 โครงสร้างทางเคมี 7

2.3.2 สมบัติ 7

2.4 ยางบิวทาไดอีน 8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1 โครงสร้างทางเคมี 8
2.4.2 สมบัติ 8
2.5 ยางธรรมชาติ 8
2.5.1 โครงสร้างทางเคมี 8
2.5.2 สมบัติ 9
2.6 สารตัวเร่ง 9
2.6.1 ชนิดของสารตัวเร่ง 10
2.6.2 ตัวอย่างสารเคมี 11
2.6.2.1 หมู่ไธยูแรม 11
2.6.2.2 หมู่ไธอาโซล 12
2.7 ระบบวัลคาไนซ์ 13
2.7.1 การวัลคาไนซ์โดยใช้กำมะถัน 13
2.7.2 การวัลคาไนซ์โดยใช้สารให้กำมะถัน 15
2.7.3 การวัลคาไนซ์โดยใช้สารเปอร์ออกไซด์ 15
2.8 เครื่องมือทดสอบ 17
2.8.1 เครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง 17
2.8.2 เครื่องทดสอบการวัลคาไนซ์ของยาง 19
2.9 คุณลักษณะการวัลคาไนซ์ 21
2.10 พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ 23
2.11 ค่าคงที่ปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ 25
2.12 ระดับของการวัลคาไนซ์ 26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3. วิธีการวิจัย 27

3.1 วัสดุ 27

3.2 อุปกรณ์ 29

3.3 วิธีดำเนินการ 30

3.3.1 ศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์ 30

3.3.2 การทดสอบลักษณะเฉพาะของการวัลคาไนซ์ 32

3.3.3 การคำนวณค่าคงที่ปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์และการคำนวณพลังงานกระตุ้น 32

3.3.3.1 การคำนวณค่าคงที่ปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ 32

3.3.3.2 การคำนวณค่าพลังงานกระตุ้น 34

3.3.4 ศึกษาอิทธิพลของชนิดสารตัวเร่งต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ 36

3.3.4.1 ศึกษาอิทธิพลของชนิดสารตัวเร่งต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์ 36

3.3.4.2 ศึกษาอิทธิพลของชนิดสารตัวเร่งต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์ 36

3.3.4.3 ศึกษาอิทธิพลของชนิดสารตัวเร่งต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์ 37

3.3.5 ศึกษาอิทธิพลของระบบวัลคาไนซ์ต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ 38

3.3.5.1 ศึกษาอิทธิพลของระบบวัลคาไนซ์ต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์ 38

3.3.5.2 ศึกษาอิทธิพลของระบบวัลคาไนซ์ต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์ 39

3.3.5.3 ศึกษาอิทธิพลของระบบวัลคาไนซ์ต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์ 40

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 42

4.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์ 42

4.1.1 ลักษณะการวัลคาไนซ์ 42

4.1.2 ค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุด 43

4.1.3 ผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุด 45

4.1.4 ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ 45

4.1.5 ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ 47

4.1.6 ค่าดรรชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ 48

4.1.7 ค่าคงที่ปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ 49

4.1.8 ค่าพลังงานกระตุ้น 50

4.1.9 ระดับการวัลคาไนซ์ 52

4.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของชนิดสารตัวเร่งต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางสังเคราะห์ 53

4.2.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของชนิดสารตัวเร่งต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของ
ยางเอสบีอาร์-1502 53

4.2.1.1 ลักษณะการวัลคาไนซ์ 53

4.2.1.2 ค่าค่าแรงบิดสูงสุดและแรงบิดต่ำสุด 55

4.2.1.3 ผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุด 56

4.2.1.4 ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ 57

4.2.1.5 ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ 57

4.2.1.6 ค่าดรรชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ 59

4.2.1.7 ค่าคงที่ปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ 60

4.2.1.8 ค่าพลังงานกระตุ้น 61

4.2.1.9 ระดับการวัลคาไนซ์ 62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของชนิดสารตัวเร่งต่อคุณสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์-1031 63

4.2.2.1 ลักษณะการวัลคาไนซ์ 63

4.2.2.2 ค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุด 65

4.2.2.3 ผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุด 66

4.2.2.4 ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ 66

4.2.2.5 ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ 67

4.2.2.6 ค่าดรรชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ 68

4.2.2.7 ค่าคงที่ปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ 69

4.2.2.8 ค่าพลังงานกระตุ้น 72

4.2.2.9 ระดับการวัลคาไนซ์ 73

4.2.3 ผลการศึกษาอิทธิพลของชนิดสารตัวเร่งต่อคุณสมบัติการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์-0150 74

4.2.3.1 ลักษณะการวัลคาไนซ์ 74

4.2.3.2 ค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุด 75

4.2.3.3 ผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุด 76

4.2.3.4 ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ 77

4.2.3.5 ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ 78

4.2.3.6 ค่าดรรชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ 79

4.2.3.7 ค่าคงที่ปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ 80

4.2.3.8 ค่าพลังงานกระตุ้น 81

4.2.3.9 ระดับการวัลคาไนซ์ 82

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ผลการศึกษาอิทธิพลของระบบวัลคาไนซ์ต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางสังเคราะห์ 83

4.3.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของระบบวัลคาไนซ์ต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์-1502 84

4.3.1.1 ลักษณะการวัลคาไนซ์ 84

4.3.1.2 ค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุด 85

4.3.1.3 ผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุด 86

4.3.1.4 ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ 87

4.3.1.5 ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ 88

4.3.1.6 ค่าดรรชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ 89

4.3.1.7 ค่าคงที่ปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ 90

4.3.1.8 ค่าพลังงานกระตุ้น 92

4.3.1.9 ระดับการวัลคาไนซ์ 93

4.3.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของระบบวัลคาไนซ์ต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์-1031 94

4.3.2.1 ลักษณะการวัลคาไนซ์ 94

4.3.2.2 ค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุด 95

4.3.2.3 ผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุด 96

4.3.2.4 ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ 97

4.3.2.5 ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ 98

4.3.2.6 ค่าดรรชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ 99

4.3.2.7 ค่าคงที่ปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ 100

4.3.2.8 ค่าพลังงานกระตุ้น 102

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.2.9 ระดับการวัลคาไนซ์ 103

4.3.3 ผลการศึกษาอิทธิพลของระบบการวัลคาไนซ์ต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์-0150 104

4.3.3.1 ลักษณะการวัลคาไนซ์ 104

4.3.3.2 ค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุด 105

4.3.3.3 ผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุด 106

4.3.3.4 ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ 107

4.3.3.5 ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ 108

4.3.3.6 ค่าดรรชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ 109

4.3.3.7 ค่าคงที่ปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ 110

4.3.3.8 ค่าพลังงานกระตุ้น 112

4.3.3.9 ระดับการวัลคาไนซ์ 113

5. สรุป 115

5.1 สรุปผลการทดลอง 115

5.1.1 เปรียบเทียบคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์ 115

5.1.2 ผลของชนิดสารตัวเร่งต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางสังเคราะห์ 115

5.1.3 ผลของระบบวัลคาไนซ์ต่อคุณลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางสังเคราะห์ 116

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต 117

บรรณานุกรม 118

ภาคผนวก 120

ภาคผนวก ก. การคำนวณค่าระดับของการวัลคาไนซ์ (Vulcanization level ,%) 121

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์	31
3.2	ลำดับขั้นตอนการผสมยางกับสารเคมี	31
3.3	ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์	36
3.4	ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์	37
3.5	ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์	38
3.6	ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์	39
3.7	ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์	40
3.8	ปริมาณสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในสูตรยางคอมเปานด์	41
4.1	ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ ของยางยางเอสทีอาร์ 5 แอล, ยางเอสบีอาร์-1502, ยางไนไตรล์-1031 และยางบีอาร์-0150 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ ทดสอบที่ อุณหภูมิ 110 – 180 องศาเซลเซียส	49
4.2	ค่าพลังงานกระตุ้นของยางเอสทีอาร์ 5 แอล, ยางเอสบีอาร์-1502 , ยางไนไตรล์-1031 และยางบีอาร์-0150 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110 – 180 องศาเซลเซียส	51
4.3	ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์-1502 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	60
4.4	ค่าพลังงานกระตุ้นของยางเอสบีอาร์-1502 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	61
4.5	ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์-1031 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110- 180 องศาเซลเซียส	70

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.6 ค่าพลังงานกระตุ้นของยางไนไตรล์-1031 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBSและ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส 72

4.7 ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์-0150 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส 80

4.8 ค่าพลังงานกระตุ้นของยางบีอาร์-0150ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส 81

4.9 ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์-1502 ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส 90

4.10 ค่าพลังงานกระตุ้นของยางเอสบีอาร์-1502 ในระบบวัลคาไนซ์ต่าง ๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส 92

4.11 ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์-1031 ในระบบวัลคาไนซ์ต่าง ๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส 100

4.12 ค่าพลังงานกระตุ้นของยางไนไตรล์-1031 ในระบบวัลคาไนซ์ต่าง ๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส 102

4.13 ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์-0150 ในระบบวัลคาไนซ์ต่าง ๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส 110

4.14 ค่าพลังงานกระตุ้นของยางบีอาร์-0150 ในระบบวัลคาไนซ์ต่าง ๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส 112

รายการภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	สูตรโครงสร้างทางเคมีของยางเอสบีอาร์	5
2.2	สูตรโครงสร้างทางเคมีของยางไนไตรล์	7
2.3	สูตรโครงสร้างทางเคมีของยางบิวทาไดอีน	8
2.4	สูตรโครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ	9
2.5	สูตรโครงสร้างทางเคมีของ TMTD	11
2.6	สูตรโครงสร้างทางเคมีของ MBT	12
2.7	สูตรโครงสร้างทางเคมีของ CBS	13
2.8	การเชื่อมโยงโมเลกุลของยางด้วยกำมะถัน	14
2.9	อิทธิพลของปริมาณกำมะถันต่อความต้านทานต่อแรงดึงและความสามารถในการยืดจนขาด	15
2.10	ปฏิกิริยาการเกิดการเชื่อมโยงโมเลกุลโดยใช้สารเปอร์ออกไซด์	16
2.11	การเปลี่ยนแปลงสมบัติของยางคอมเปานด์เมื่อให้ความร้อนแก่ยาง	22
3.1	ลักษณะของจานโลหะแบบ Biconical Disk	30
4.1	ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางเอสทีอาร์ 5 แอล, ยางเอสบีอาร์-1502, ยางไนไตรล์-1031 และยางบีอาร์-0150 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	43
4.2	ค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุดของยางเอสทีอาร์ 5 แอล, ยางเอสบีอาร์-1502, ยางไนไตรล์-1031 และยางบีอาร์-0150 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	44
4.3	ผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุดของยางเอสทีอาร์ 5 แอล, ยางเอสบีอาร์-1502, ยางไนไตรล์-1031 และยางบีอาร์-0150ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	45

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.4	ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ของยางเอสทีอาร์ 5 แอล, ยางเอสบีอาร์-1502, ยางไนไตรล์- 1031 และยางบีอาร์-0150 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110 -180 องศาเซลเซียส	46
4.5	ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ของยางเอสทีอาร์ 5 แอล, ยางเอสบีอาร์-1502 , ยางไนไตรล์- 1031 และยางบีอาร์-0150 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110 -180 องศาเซลเซียส	47
4.6	ดัชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ของยางเอสทีอาร์ 5 แอล, ยางเอสบีอาร์-1502, ยางไนไตรล์- 1031 และยางบีอาร์-0150 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110 -180 องศาเซลเซียส	48
4.7	ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ของยางเอสทีอาร์ 5 แอล, ยางเอสบีอาร์-1502, ยางไนไตรล์- 1031 และยางบีอาร์-0150 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110 -180 องศาเซลเซียส	50
4.8	ค่าพลังงานกระตุ้นของยางเอสทีอาร์ 5 แอล, ยางเอสบีอาร์-1502, ยางไนไตรล์- 1031 และยางบีอาร์-0150 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110 -180 องศาเซลเซียส	51
4.9	ระดับการวัลคาไนซ์ของยางเอสทีอาร์ 5 แอล, ยางเอสบีอาร์-1502, ยางไนไตรล์- 1031 และยางบีอาร์-0150 ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	52
4.10	ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	54
4.11	ค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุดของยางเอสบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110 –180 องศาเซลเซียส	55

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.12	ผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุดของยางเอสบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110 -180 องศาเซลเซียส	56
4.13	ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ของยางเอสบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดย ใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110 -180 องศาเซลเซียส	57
4.14	ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110 -180 องศาเซลเซียส	58
4.15	ค่าดัชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110 -180 องศาเซลเซียส	59
4.16	ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110 -180 องศาเซลเซียส	61
4.17	ค่าพลังงานกระตุ้นของยางเอสบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110 -180 องศาเซลเซียส	62
4.18	ระดับการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติโดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	63
4.19	ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	64

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.20	ค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุดของยางไนไตรล์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	65
4.21	ผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุดของยางไนไตรล์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	66
4.22	ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ของยางไนไตรล์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	67
4.23	ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	68
4.24	ค่าดัชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	69
4.25	ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	71
4.26	ค่าพลังงานกระตุ้นของยางไนไตรล์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	72

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.27	ระดับการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส.....	73
4.28	ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส.....	74
4.29	ค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุดของยางบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส.....	75
4.30	ผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุดของยางบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบทีอุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส.....	76
4.31	ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ของยางบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส.....	77
4.32	ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส.....	78
4.33	ค่าดัชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส.....	79
4.34	ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส.....	81

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.35	ค่าพลังงานกระตุ้นของยางบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	82
4.36	ระดับการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบกำมะถันปกติ โดยใช้ TMTD, CBS และ MBT เป็นสารตัวเร่ง ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	83
4.37	ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	84
4.38	แรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุดของยางเอสบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	85
4.39	ผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดกับค่าแรงบิดต่ำสุดของยางเอสบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	86
4.40	ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ของยางเอสบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	87
4.41	ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	88
4.42	ค่าดัชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	89
4.43	ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่ อุณหภูมิ110-180 องศาเซลเซียส	91
4.44	ค่าพลังงานกระตุ้นของยางเอสบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	92
4.45	ระดับการวัลคาไนซ์ของยางเอสบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	93

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.46	ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์ในระบบวัลคาไนซ์ต่าง ๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	94
4.47	แรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุดของยางไนไตรล์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่ อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	95
4.48	ผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดกับค่าแรงบิดต่ำสุดของยางไนไตรล์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	96
4.49	ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ของยางไนไตรล์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	97
4.50	ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	98
4.51	ค่าดัชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	99
4.52	ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	101
4.53	ค่าพลังงานกระตุ้นของยางไนไตรล์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	102
4.54	ระดับการวัลคาไนซ์ของยางไนไตรล์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	103
4.55	ลักษณะการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่าง ๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	104
4.56	แรงบิดสูงสุดและค่าแรงบิดต่ำสุดของยางบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	105

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.57	ผลต่างระหว่างค่าแรงบิดสูงสุดกับค่าแรงบิดต่ำสุดของยางบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	106
4.58	ระยะเวลาที่สามารถแปรรูปได้ของยางบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	107
4.59	ระยะเวลาในการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	108
4.60	ค่าดัชนีความเร็วในการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	109
4.61	ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	111
4.62	ค่าพลังงานกระตุ้นของยางบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 110-180 องศาเซลเซียส	112
4.63	ระดับการวัลคาไนซ์ของยางบีอาร์ในระบบวัลคาไนซ์ต่างๆ ทดสอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส	113