

ผลกระทบของภาวะการปฏิบัติงาน  
ต่อสมบัติของสารประกอบยาง



นายธรรมา เชิญชัยชรากุล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-631-524-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**EFFECTS OF OPERATING CONDITIONS ON  
PROPERTIES OF RUBBER COMPOUNDS**

**Mr. Tara Chernchalvachlrakul**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering  
Department of Chemical Engineering**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

**1995**

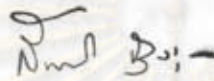
**ISBN 974-631-524-2**

ศูนย์วิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของภาวะการปฏิบัติงานต่อสมบัติของสารประกอบยาง  
โดย นายธรา เจริญชัยวิภากุล  
ภาควิชา วิศวกรรมเคมี  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร บุญ-หลง  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นายลิขิต สรรพสุข



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

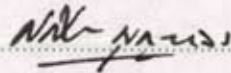


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ บุญสุวรรณ)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะสาร ประเสริฐธรรม)



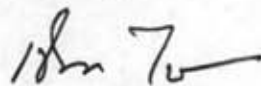
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร บุญ-หลง)



..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(นายลิขิต สรรพสุข)



..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.สิริจฑารัตน์ ไคววาสร์)



..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.เจดศักดิ์ ไชยคุนา)





## C318036 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: RUBBER MIXING/ MIXING CONTROL/ BANBURY MIXER/ RUBBER COMPOUND  
TARA CHERNCHAIVACHIRAKUL : EFFECTS OF OPERATING CONDITIONS ON  
PROPERTIES OF RUBBER COMPOUNDS, THESIS ADVISOR : ASSIST.PROF.  
SASITHORN BOON-LONG, Dr.3e Cycle, THESIS CO-ADVISOR : MR.LIKHIT  
SAPPASOOK, 133 pp. ISBN 974-631-524-2

In rubber processing industries, the first step of all processes is rubber mixing. In general, rubber mixing is performed in a closed batch system such as the Banbury Mixer. To obtain uniformity of the rubber compound the criteria used to control the end of mixing is very important. The criteria generally used in the industries are mixing temperature and mixing time.

The main objectives of this work are to study rubber mixing performance by controlling the mixing temperature and by controlling energy and power, to compare the uniformity of the rubber compounds obtained by measuring their viscosities and to measure the viscosities of mixed rubber compounds, which are mixtures between TTR 20 and SBR 1712 and TTR 20 and SBR 1502.

Results showed that by controlling the mixing of rubber using energy and power improved the uniformity of the rubber compound by 66.5% compared to rubber compound obtained by controlling the temperature of mixing. The viscosity of mixed rubber compound at various mixing time is found to be in the range between the viscosities of pure TTR 20, SBR 1712 and SBR 1502.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่อนิสิต *Don Boonlong*

สาขาวิชา ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *Mr. M.-L.*

ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม *Mr. Likhit*



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ชารา เข็มชัยวีระกุล : ผลกระทบของภาวะการปฏิบัติงานคือสมบัติของสารประกอบยาง (RUBBER MIXING, MIXING CONTROL, BANBURY MIXER, PUBBER COMPOUND)

อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ศศิธร บุณย-หลง, อ.ที่ปรึกษาร่วม : นายสิทธิศร สรรพสุข, 133 หน้า. ISBN 974-631-524-2

ในอุตสาหกรรมที่ผลิตผลิตภัณฑ์ยางจะเริ่มกระบวนการผลิตด้วยการผสมยางและโดยทั่วไปทำการผสมในเครื่องผสมยางแบบบิต เช่น เครื่องผสมบานบุรี เนื่องจากการผสมเป็นแบบแบทช์ ดังนั้นเพื่อที่จะให้คุณสมบัติของสารประกอบยางที่ได้มีความสม่ำเสมอ เกณฑ์ในการควบคุมการยุติการผสมจึงมีความสำคัญมาก ในปัจจุบันเกณฑ์ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ การควบคุมด้วยอุณหภูมิของยางภายในห้องผสมและใช้เวลาการผสม

ในการทดลองได้ศึกษาถึงการควบคุมการผสมด้วยการใช้อุณหภูมิของยางภายในห้องผสมและการควบคุมการผสมด้วยพลังงานและกำลังงาน เพื่อเปรียบเทียบว่า การผสมด้วยวิธีใดจะให้สารประกอบยางที่มีความสม่ำเสมอมากกว่า โดยใช้ค่าสมบัติคือ วัคค่าความหนืดของยาง รวมถึงการศึกษาค่าความหนืดของยางผสมระหว่างการผสมยาง TTR 20 กับ SBR 1712 และยาง TTR 20 กับ SBR 1502

จากการทดลองพบว่า การผสมยางโดยการควบคุมการผสมด้วยพลังงานและกำลังงานช่วยในการปรับปรุงความสม่ำเสมอของยาง MR2 ดีกว่าการควบคุมด้วยอุณหภูมิถึง 66.5% และค่าความหนืดของยางผสมระหว่างยาง TTR 20 กับ SBR 1712 และยาง TTR 20 กับยาง SBR 1502 จะมีค่าความหนืดที่เวลาการผสมต่าง ๆ อยู่ระหว่างค่าความหนืดของยาง TTR 20 และ SBR 1712 หรือ SBR 1502 100%

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา.....2537

ลายมือชื่อนิสิต.....*Dr. Ph. S. S. S.*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*Dr. S. S. S.*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาช่วย.....*Dr. S. S. S.*





## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศศิธร บุญ-หลง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำแนะนำ และ ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการดำเนินการทำการวิจัยมาด้วยดีโดยตลอดเวลา และ คุณลิขิต สรรพสุข ที่กรุณาสับสนุนการวิจัย โดยอนุญาตให้ดำเนินการทดลองจากการทำงานจริง และให้คำปรึกษาด้วยดีตลอด จึงขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณพนักงานแล็บอย่างสยามพระประแดง จำกัด ที่ได้ช่วยดำเนินการทำการทดลองให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย และ ทำการทดสอบคุณสมบัติให้รวมถึงการอนุญาตให้ใช้อุปกรณ์ วัสดุภายในแล็บเพื่อใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณเมณฑา และ เจ้าหน้าที่ธุรการทุกท่านของทางภาควิชาวิศวกรรมเคมี ที่ได้ช่วยติดต่อประสานงาน ระหว่างนิสิตและอาจารย์ที่ปรึกษา และ ทางมหาวิทยาลัย จนกระทั่ง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้กำลังใจจนสำเร็จการศึกษา  
ในครั้งนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
สัญลักษณ์.....	ฬ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์ .....	4
บทนำ.....	4
วารสารปริทัศน์.....	4
1. นำยาง.....	5
2. ยางแห้ง.....	5
3. สมบัติทั่วไปของยางธรรมชาติ.....	8
ยางสไตรีนบิวทาไดอีน.....	8
1. การแบ่งชั้นของยาง SBR.....	9
2. คุณสมบัติทั่วไปของยาง SBR.....	9
การผสมยาง.....	12
1. การประดิษฐ์เครื่องผสมยาง.....	12
2. ประสิทธิภาพของการผสมยาง.....	13
3. กระบวนการทางกายภาพของการผสม.....	14
4. เกณฑ์ในการยุติการผสม.....	14
5. ประเภทของสารประกอบยาง.....	15
6. สูตรของสารประกอบยาง.....	15
7. ขั้นตอนของการผสมยางในปัจจุบัน.....	16
การผสมยางในเครื่องผสมบานบุรี.....	17
1. รูปแบบการผสมในเครื่องผสมบานบุรี.....	20



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การศึกษาที่ผ่านมา.....	22
1. การผสมด้วยอุณหภูมิ.....	23
2. การผสมด้วยพลังงาน.....	25
3. การผสมด้วยกำลังงาน.....	25
3. เครื่องมือและวิธีการทดลอง.....	27
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	27
วัสดุที่ใช้ในการทดลอง.....	32
การทดลอง.....	32
1. ศึกษาข้อมูลค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20 .....	32
2. ศึกษาข้อมูลค่า ML(1+4)ของยาง SBR1712 และ SBR 1502.....	32
3. ศึกษาการผสมยาง MR 2 ด้วยการควบคุมการผสมด้วยอุณหภูมิ.....	32
4. ศึกษาผลกระทบของระยะเวลาต่อค่า ML(1+4)ของยาง MR2.....	32
5. ศึกษาค่า ML(1+4) ของยางผสมสูตรระหว่าง TTR 20 กับ SBR 1712 และ TTR 20 กับ SBR 1502 ที่อัตราส่วนและเวลาการผสมต่าง ๆ...	33
6. ศึกษาการผสมยาง MR 2 ด้วยการควบคุมการผสมด้วยพลังงาน และกำลังงาน.....	36
4. ผลการทดลอง.....	37
การศึกษาค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20.....	38
การศึกษาค่า ML(1+4) ของยาง SBR 1712 และยาง SBR 1502.....	50
การศึกษาการผสมยาง MR2 ด้วยการควบคุมการผสมด้วยอุณหภูมิ.....	53
การศึกษาผลของระยะเวลาหลังการผสมต่อค่า ML(1+4) ของยาง MR2.....	55
การศึกษาค่า ML(1+4) ของยางผสมสูตรระหว่าง TTR 20 กับ SBR 1712 และ TTR20 กับ SBR 1502 ที่อัตราส่วนและเวลาการผสมต่าง ๆ.....	56
การศึกษาการผสมยาง MR 2 ด้วยการควบคุมการผสมด้วยพลังงานและกำลังงาน..	59
5. วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	62
การศึกษาค่าข้อมูลค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20.....	63
การศึกษาค่าข้อมูลค่า ML(1+4)ของยางSBR1712 และยางSBR 1502.....	81
การศึกษาการผสมยาง MR2 ด้วยการควบคุมการผสมด้วยอุณหภูมิ.....	84
การศึกษาผลของระยะเวลาหลังการผสมต่อค่า ML(1+4) ของยาง MR2.....	89



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การศึกษาค่า ML(1+4) ของยางผสมสูตรระหว่าง TTR 20 กับ ยาง SBR 1712 และ TTR 20 กับยาง SBR 1502 ที่อัตราส่วนและเวลาการผสมต่าง ๆ.....	92
การศึกษาการผสมยาง MR2 ด้วยการควบคุมการผสมด้วยพลังงานและกำลังงาน.....	97
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	101
รายการอ้างอิง.....	104
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. วิธีการทดสอบค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20.....	107
ภาคผนวก ข. การคำนวณเวลาในการผสมจากกระดาษบันทึกผล.....	109
ภาคผนวก ค. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์.....	111
ภาคผนวก ง. แผนภูมิแสดงการควบคุมการผสมยาง.....	114
ภาคผนวก จ. ความหมายของค่าที่ใช้.....	115
ประวัติผู้เขียน .....	118


ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 มาตรฐานยางแท่งของประเทศไทย.....	7
2.2 เปรียบเทียบสมบัติยางธรรมชาติและยาง SBR ชนิดต่าง ๆ.....	11
3.1 อัตราส่วนของยางผสมสูตรระหว่าง TTR 20 กับ SBR 1712 และเวลาในการผสม..	34
3.2 อัตราส่วนของยางผสมสูตรระหว่าง TTR 20 กับ SBR 1502 และเวลาในการผสม...	35
4.1 แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20 จากแหล่ง ก. ในปีพ.ศ. 2534.....	38
4.2 แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20 จากแหล่ง ก. ในปีพ.ศ. 2535.....	39
4.3 แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20 จากแหล่ง ก. ในปีพ.ศ. 2536.....	40
4.4 แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20 จากแหล่ง ข. ในปีพ.ศ. 2534.....	41
4.5 แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20 จากแหล่ง ข. ในปีพ.ศ. 2535.....	42
4.6 แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20 จากแหล่ง ข. ในปีพ.ศ. 2536.....	43
4.7 แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20 จากแหล่ง ค. ในปีพ.ศ. 2534.....	44
4.8 แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20 จากแหล่ง ค. ในปีพ.ศ. 2535.....	45
4.9 แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20 จากแหล่ง ค. ในปีพ.ศ. 2536.....	46
4.10 แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกเฉลี่ยของยาง TTR 20 จากทั้ง 3 แหล่งจากปี พ.ศ. 2534ถึง พ.ศ. 2537.....	47
4.11 แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20 จากแหล่ง ก.ในปีพ.ศ. 2537 ( ม.ค.- เม.ย. ).....	48
4.12 แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20 จากแหล่ง ข. ใน ปีพ.ศ. 2537 ( ม.ค.- เม.ย. ).....	49
4.13 แสดงค่าความหนืดML(1+4) ของยาง SBR1712 จากปีพ.ศ.2534 ถึง พ.ศ. 2536..	51
4.14 แสดงค่าความหนืดML(1+4) ของยาง SBR1502 จากปีพ.ศ.2534 ถึง พ.ศ. 2536....	52
4.15 แสดงค่าพลังงาน กำลังงาน เวลาในการผสมและค่า ML(1+4) จากการควบคุมการยู่ติ การผสมด้วยอุณหภูมิ ( ตั้งที่ 145 องศาเซลเซียส ).....	53
4.16 แสดงค่า ML(1+4) ของยาง MR2 ที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังจากผสมเสร็จ.....	55
4.17 แสดงค่า ML(1+4)ของยางผสมระหว่าง TTR 20 กับ SBR1712 ที่อัตราส่วนและเวลา การผสมต่าง ๆ.....	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.18 แสดงค่า ML(1+4)ของยางผสมระหว่าง TTR 20 กับ SBR1502 ที่อัตราส่วนและเวลา การผสมต่าง ๆ.....	58
4.19 แสดงค่าเวลาในการผสมค่า ML(1+4) และค่าอุณหภูมิ ณ จุดยุติการผสมจากการควบคุม การผสมด้วยพลังงานและกำลังงาน.....	60
5.1 แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20 จากทั้ง 3แหล่ง ในปีพ.ศ. 2534 ถึง พ.ศ. 2537.....	64
5.2 แสดงค่าเปอร์เซนไทล์( PERCENTILE ) ของการกระจาย ( DISTRIBUTION ) ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เมื่อ $\rho = 0$ .....	85
ค.1 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์.....	113



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ปริมาณของสิ่งสกปรกในยางแผ่นและยางเครพ.....	6
2.2 ความต้านทานต่อแรงดึงของยางแผ่นและยางเครพ.....	7
2.3 เครื่องนวดยางของโทมัสแฮนคอค.....	12
2.4 แสดงการผสมด้วยเครื่องผสมแบบเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง.....	17
2.5 ห้องผสมยางและใบพัดของเครื่องผสมบานบุรี.....	18
2.6 แสดงเครื่องผสมบานบุรี.....	19
2.7 แสดงรูปแบบของการผสมในเครื่องผสมบานบุรีกับตำแหน่งที่เกิดขึ้นภายในห้องผสม.....	20
2.8 แสดงลักษณะของชุดใบพัดที่ใช้ในเครื่องผสมบานบุรี.....	21
2.9 แสดงลักษณะการผสม (บด) ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องผสมบานบุรี.....	22
2.10 กราฟแสดงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิของยางในห้องผสมกับค่าเวลา การผสมของยางสูตร A.....	23
2.11 กราฟแสดงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิของยางในห้องผสมกับค่าเวลา การผสมของยางสูตร A, B และ C .....	24
2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานกับค่าเวลาการผสมของยางสูตร A .....	25
2.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังงานกับค่าเวลาการผสมของยางสูตร A , B และ C.....	26
3.1 เครื่องผสมบานบุรี.....	28
3.2 เครื่องบราเบลนเดอร์ ( BRABENDER PLASTICORDER ).....	29
3.3 เครื่อง MOONY VISCOMETER.....	30
3.4 เครื่องผสมแบบเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง ( TWO - ROLL MILL ).....	31
5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบน มาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของแหล่ง ก. ในปี พ.ศ. 2534.....	64
5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบน มาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของแหล่ง ก. ในปี พ.ศ. 2535.....	65
5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบน มาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของแหล่ง ก. ในปี พ.ศ. 2536.....	66
5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบน มาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของแหล่ง ข. ในปี พ.ศ. 2534.....	67

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความ เบี่ยงเบนมาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของแหล่ง ข. ในปี พ.ศ. 2535.....	68
5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และค่าความ เบี่ยงเบนมาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของแหล่ง ข. ในปี พ.ศ. 2536.....	69
5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความ เบี่ยงเบนมาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของแหล่ง ค. ในปี พ.ศ. 2534.....	70
5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบน มาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของแหล่ง ค. ในปี พ.ศ. 2535.....	71
5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบน มาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของแหล่ง ค. ในปี พ.ศ. 2536.....	72
5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบน มาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของแหล่ง ก. และ ข. ในปี พ.ศ. 2537 ( ม.ค. - เม.ย. )	73
5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบน มาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของทั้ง 3 แหล่ง ในปี พ.ศ. 2534.....	74
5.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบน มาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของทั้ง 3 แหล่ง ในปี พ.ศ. 2535.....	75
5.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบน มาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของทั้ง 3 แหล่ง ในปี พ.ศ. 2536.....	76
5.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก จากทั้ง 3 แหล่ง และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในปี พ.ศ. 2534.....	77
5.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก จากทั้ง 3 แหล่ง และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในปี พ.ศ. 2535.....	78
5.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก จากทั้ง 3 แหล่ง และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในปี พ.ศ. 2536.....	79
5.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก จากทั้ง 3 แหล่ง และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในปี พ.ศ. 2537 ( ม.ค. - เม.ย. ).....	80
5.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ML(1+4) เฉลี่ยของยาง SBR 1712 และ ค่าความเบี่ยงเบน มาตรฐาน กับเดือนที่รับเข้าในปี พ.ศ. 2534 ถึง พ.ศ. 2536 .....	82
5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ML(1+4)เฉลี่ยของยาง SBR 1502 และค่าความเบี่ยงเบน มาตรฐาน กับเดือนที่รับเข้าในปี พ.ศ. 2534 ถึง พ.ศ. 2536 .....	83
5.20 แผนภาพการกระจายระหว่างค่า ML(1+4) ของยาง MR 2 ในการผสมที่ควบคุมโดย อุณหภูมิในแต่ละชุดของการผสม.....	87



## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของแหล่ง ค. ในปี พ.ศ. 2536.....	72
5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของแหล่ง ก. และ ข. ในปี พ.ศ. 2537 ( ม.ค. - เม.ย. )....	73
5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของทั้ง 3 แหล่ง ในปี พ.ศ. 2534.....	74
5.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของทั้ง 3 แหล่ง ในปี พ.ศ. 2535.....	75
5.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานกับเดือนที่รับยางเข้าของทั้ง 3 แหล่ง ในปี พ.ศ. 2536.....	76
5.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก จากทั้ง 3 แหล่ง และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในปี พ.ศ. 2534.....	77
5.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก จากทั้ง 3 แหล่ง และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในปี พ.ศ. 2535.....	78
5.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก จากทั้ง 3 แหล่ง และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในปี พ.ศ. 2536.....	79
5.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวเริ่มแรก จากทั้ง 3 แหล่ง และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในปี พ.ศ. 2537 ( ม.ค. - เม.ย. ).....	80
5.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ML(1+4) เฉลี่ยของยาง SBR 1712 และ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน กับเดือนที่รับเข้าในปี พ.ศ. 2534 ถึง พ.ศ. 2536 .....	82
5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ML(1+4)เฉลี่ยของยาง SBR 1502 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน กับเดือนที่รับเข้าในปี พ.ศ. 2534 ถึง พ.ศ. 2536 .....	83
5.20 แผนภาพการกระจายระหว่างค่า ML(1+4) ของยาง MR 2 ในการผสมที่ควบคุมโดย อุณหภูมิในแต่ละชุดของการผสม.....	87
5.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ML(1+4) กับค่ากำลังงานจากการควบคุมการผสมด้วย อุณหภูมิของยาง MR 2 .....	88
5.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ML(1+4) กับ ค่ากำลังงานจากการควบคุมการผสมด้วย อุณหภูมิของยาง MR 2 .....	88
5.23 แสดงค่า ML(1+4) ของยาง MR 2 ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในช่วง 8 ชั่วโมงหลังการผสม.....	90
5.24 แสดงค่า ML(1+4) ของยาง MR 2 ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในช่วง 48 ชั่วโมงหลังการผสม.....	91
5.25 แสดงค่า ML(1+4) ของยางผสม ระหว่าง TTR 20 กับ SBR 1712 ที่เวลาการผสม และอัตราส่วนต่าง ๆ.....	93
5.26 แสดงค่า ML(1+4) ของยางผสมระหว่าง TTR 20 กับ SBR 1502 ที่เวลา การผสมและอัตราส่วนต่าง ๆ.....	94



## สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ML(1+4) กับค่ากำลังงานจากการควบคุมการผสมด้วย อุณหภูมิของยาง MR 2 .....	88
5.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ML(1+4) กับ ค่าพลังงานจากการควบคุมการผสมด้วย อุณหภูมิของยาง MR 2 .....	88
5.23 แสดงค่า ML(1+4) ของยาง MR 2 ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในช่วง 8 ชั่วโมงหลังการผสม..	90
5.24 แสดงค่า ML(1+4) ของยาง MR 2 ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในช่วง 48 ชั่วโมงหลังการผสม.	91
5.25 แสดงค่า ML(1+4) ของยางผสม ระหว่าง TTR 20 กับ SBR 1712 ที่เวลาการผสม และอัตราส่วนต่าง ๆ.....	93
5.26 แสดงค่า ML(1+4) ของยางผสมระหว่าง TTR 20 กับ SBR 1502 ที่เวลา การผสมและอัตราส่วนต่าง ๆ.....	94
5.27 แสดงค่า ML 1+4 ของยางผสมระหว่าง TTR 20 กับ SBR 1712 ที่อัตราส่วนของ SBR 1712 จาก 0 ถึง 1.0 ที่เวลาการผสมต่าง ๆ.....	95
5.28 แสดงค่า ML 1+4 ของยางผสม ระหว่าง TTR 20 กับ SBR 1502 ที่อัตราส่วนของ SBR 1502 จาก 0 ถึง 1.0 ที่เวลาการผสมต่าง ๆ.....	96
5.29 แผนภาพการกระจายระหว่างค่า ML(1+4) ของยาง MR 2 ในการผสมที่ควบคุมการ ผสมด้วยพลังงานและกำลังงานในแต่ละชุดของการผสม.....	98
5.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ML(1+4) ของยาง MR 2 กับค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก ของยางTTR 20จากการผสมโดยการใช้การควบคุมด้วยพลังงานและกำลังงาน.....	99
5.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิ ณ จุดยุติการผสม กับ ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก ของยางTTR 20 จากการผสมโดยการใช้การควบคุมด้วยพลังงานและกำลังงาน.....	100
6.1 แสดงค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20 จำนวน 50 ตัวอย่างในยาง 1 ก้อน....	103
ก.1 แสดงรูปเครื่อง WALLACE RAPID PLASTIMETER.....	108
ข.1 แสดงลักษณะการบันทึกค่ากำลังงานในการผสมยาง MR2.....	109
ข.2 แสดงตัวอย่างกระดาษบันทึกการผสมยาง MR2.....	110



### สัญลักษณ์

- ML( 1+4 ) = ค่าความหนืดของยางที่ทำการวัดด้วยเครื่อง มูนนีวิสโคมิเตอร์ (Mooney - Viscometer) ใช้ใบพัด (Rotor) ขนาดใหญ่ ทำการให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส ก่อนทำการวัด 1 นาที และวัดค่าความหนืดเมื่อเวลาผ่านไป 4 นาที ตามมาตรฐาน ASTM D1646-89
- $\sigma_{n-1}$  = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( Standard Deviation )
- Po = ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง
- P30 = ค่าความอ่อนตัวของยางเมื่อผ่านความร้อนที่ 140 องศาเซลเซียส นานเป็นเวลา 30 นาที
- PRI = ค่าดัชนีความอ่อนตัว (Index Plasticity Retention)
- PHR = อัตราส่วนต่อร้อยส่วนของยาง ( Part per Hundred Rubber )
- $\infty$  = ค่าระดับความเสี่ยง
- = ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

