

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1-1
บทที่ 2 การออกแบบยางให้ได้สมบัติตามต้องการ	2-1
2.1. ความแข็งของยาง	2-2
2.1.1 การเพิ่มความแข็งของยาง	2-2
2.1.2 ตัวอย่างการออกแบบยางที่มีความแข็งตามต้องการ	2-8
2.1.2.1 การใช้สารตัวเติมต่างชนิดกัน	2-8
2.1.2.2 การใช้สารตัวเติมร่วมกับพลาสติไซเซอร์	2-8
2.1.3 ความแข็งของยางที่สูงมากและต่ำมาก	2-9
2.1.3.1 การออกแบบยางที่มีความแข็งต่ำมาก	2-9
2.1.3.2 การออกแบบยางที่มีความแข็งสูงมาก	2-14
2.2 ความต้านทานแรงดึง	2-17
2.2.1 โครงสร้างของยางกับความต้านทานแรงดึง	2-18
2.2.2 ชนิดและปริมาณของสารตัวเติมกับความต้านทานแรงดึง	2-19
2.2.3 ปริมาณพลาสติไซเซอร์กับความต้านทานต่อแรงดึง	2-22
2.2.4 ระบบการวัดค่าในร์กับความต้านทานแรงดึง	2-24
2.2.5 อิทธิพลของอุณหภูมิการทดสอบต่忤ความต้านทานแรงดึง	2-25
2.3 ความต้านทานการฉีกขาด	2-27
2.4 ความต้านทานต่อการสึกหรอ	2-32
2.4.1 ชนิดและปริมาณสารตัวเติม	2-33
2.4.2 การกระจายของสารตัวเติมและสารเคมี	2-35
2.4.3 ชนิดของยางที่ใช้	2-35
2.5 ค่าการจัดตัวจากแรงอัด (Compression set)	2-37
2.5.1 ชนิดและปริมาณของพันธะเชื่อมโยง	2-37
2.5.2 ชนิดและปริมาณสารตัวเติม-พลาสติไซเซอร์	2-40
2.5.3 ชนิดของยาง	2-41
2.6 ความกระเด้งตัว และ Hysteresis	2-42
2.7 ความต้านทานต่อของเหลว	2-44
2.8 สรุป	2-49
เอกสารอ้างอิง	2-51

	หน้า
บทที่ 3 ยางธรรมชาติ (Natural Rubber)	3-1
คำนำ	3-1
3.1 โครงสร้างทางเคมีและสมบัติ	3-2
3.2 การจัดการด้วยยางธรรมชาติ	3-4
3.2.1 ยางแผ่น	3-4
3.2.2 ยางเครป (Crepe Rubber)	3-5
3.2.3 ยางแท่ง (Block Rubber)	3-6
3.2.4 น้ำยางข้น (Concentrated Latex)	3-7
3.2.5 ยางธรรมชาติเกรดพิเศษอื่นๆ	3-8
3.2.5.1 ยางแห่งความหนืดคงที่ (Constant Viscosity Rubber)	3-8
3.2.5.2 ยาง SP	3-10
3.2.5.3 ยาง oil extended	3-13
3.2.5.4 ยางสกิม (Skim rubber)	3-15
3.2.5.5 ยาง DPNR	3-16
3.2.5.6 ยาง Hevea plus MG	3-17
3.2.5.7 ยางอีพอกซิไดร์ (Epoxidised Rubber)	3-19
3.2.5.8 ยาง Thermoplastic NR	3-19
3.2.5.9 ยางเหลว Liquid Rubber	3-21
3.2.5.10 ยางผง (Powder Rubber)	3-21
3.3 คุณสมบัติของยางธรรมชาติ	3-23
3.3.1 การแปรรูป	3-23
3.3.2 สมบัติของยางวัลคาไนซ์	3-26
3.4 ระบบการวัลคาไนซ์ของยางธรรมชาติ	3-32
3.4.1 ระบบกำมะถันปกติ (Conventional System)	3-32
3.4.2 ระบบอีวี (Efficient Vulcanizing system)	3-33
3.4.3 ระบบเซมิอีวี (Semi Efficient Vulcanizing system)	3-34
3.4.4 ระบบเปอร์ออกไซด์	3-34
3.4.5 ระบบยูรีเทน	3-35
3.5 ตัวอย่างสูตรยางธรรมชาติสำหรับงานต่างๆ	3-36
3.5.1 ยางรัดของ	3-36
3.5.2 ยางกระเบนน้ำร้อน	3-39
3.5.3 รองเท้ากีฬาสีขาวโดยวิธีการฉีดเข้าเนื้อ	3-42

	หน้า
3.5.4 การออกแบบยางสำหรับอัคเด็ม่าที่มีความแข็งต่างๆกัน	3-44
3.5.5 คอมเพาน์ดราคาถูกสำหรับผลิตภัณฑ์อัคเด็ม่า หรือ เอกสารที่มีคุณภาพต่ำ	3-46
3.5.6 สายพานลำเลียง	3-47
3.5.7 ผลิตภัณฑ์ยางที่สัมผัสกับอาหาร	3-49
3.5.8 ดอกยางรถบรรทุก	3-55
เอกสารอ้างอิงบทที่ 3	3-56
 บทที่ 4 ยางสไตรีนบิวทาไดอีน	 4-1
4.1 ประวัติการผลิตยางเอสบีอาร์	4-1
4.2 โครงสร้างทางเคมี	4-4
4.3 ชนิดยางเอสบีอาร์	4-5
4.3.1 ยางเอสบีอาร์แบบ(อิมลชัน)ร้อน	4-5
4.3.2 ยางเอสบีอาร์แบบ(อิมลชัน)เย็น	4-8
4.3.3 ยางเอสบีอาร์แบบโซลูชัน	4-10
4.3.4 ยางเอสบีอาร์แบบ oil-extended	4-13
4.3.5 ยางเอสบีอาร์แบบผสมเข้าด้วยกัน	4-14
4.3.6 ยางเอสบีอาร์แบบมีพันธะเชื่อมโยง (crosslink SBR)	4-15
4.3.7 ยางเอสบีอาร์แบบมีสไตรีนสูง	4-16
4.3.8 ยางเอสบีอาร์แบบเทอร์โมพลาสติก	4-18
4.4 ระบบการนองเกรดยางเอสบีอาร์	4-18
4.5 สมบัติยางเอสบีอาร์	4-20
4.5.1 สมบัติยางเอสบีอาร์ขณะไม่วัลภาชนะ	4-20
4.5.1.1 การเก็บยางเอสบีอาร์	4-20
4.5.1.2 การแปลงรูป	4-20
4.5.2 สมบัติยางวัลภาชนะ	4-21
4.5.3 การเปรียบเทียบยางเอสบีอาร์กับยางธรรมชาติ	4-23
4.6 การออกแบบยางเอสบีอาร์	4-24
4.6.1 สูตรดอกยางรถยนต์โดยสาร	4-25
4.6.2 สายพานลำเลียง(ในส่วนยางซาบผ้าใบ)	4-26
4.6.3 ชีลสำหรับเบรก (Brake seal) ที่ใช้น้ำมันเกรด DOT3 และ DOT4	4-28
4.6.4 พื้นรองเท้าชนิดไมโครเซลลูลาร์	4-29

	หน้า
4.6.5 ท่อน้ำในเครื่องซักผ้า	4-31
4.6.6 ยางรถจักรยาน	4-33
เอกสารอ้างอิง	4-34
 บทที่ 5 ยางในไตรล์	 5-1
5.1 บทนำ	5-1
5.2 โครงสร้างทางเคมีและสมบัติ	5-2
5.2.1 ปริมาณของอะคริโลในไตรล์ในยาง	5-3
5.2.2 น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย	5-4
5.3 การจัดการด้วยยางในไตรล์	5-4
5.3.1 การจัดการด้วยยางในไตรล์ตามปริมาณของอะคริโลในไตรล์	5-5
5.3.2 การแบ่งเกรดยางในไตรล์ตามวิธีการผลิต	5-6
5.3.3 ยางในไตรล์ผสมพาราфин	5-7
5.3.4 ยางในไตรล์ผสมน้ำมัน	5-7
5.3.5 ยางในไตรล์คาร์บออกไซเดต	5-7
5.3.6 ยางในไตรล์เชื่อมโยง	5-8
5.3.7 ไฮโดรเจนเนตในไตรล์	5-8
5.4 สมบัติของยางในไตรล์	5-10
5.4.1 สมบัติการแปรรูป	5-10
5.4.2 สมบัติของยางวัสดุค้านี้	5-10
5.5 ตัวอย่างสูตร	5-19
5.5.1 ยางขัดเด็กทันน้ำมันหรือยางเอกซทรูดเพื่อใช้ที่อุณหภูมิปกติ	5-19
5.5.2 ยางปะเก็นทนน้ำมัน (Gasket)	5-20
5.5.3 ยางโอลิฟสำหรับใช้งานที่อุณหภูมิสูง	5-24
5.5.4 ยาง Shaft Seal	5-26
5.5.5 ยางท่อน้ำมัน	5-28
5.5.6 ยางลูกกลิ้ง	5-32
5.5.7 สายพานลำเลียง	5-34
5.5.8 ยางเปลือกหัวม้ายเดเบิล	5-37
5.5.9 ยางรองเท้าส้นสูง	5-39
5.5.10 สูตรคอมเปานด์ที่ออกแบบเพื่อให้ทนความร้อนได้ดีพร้อมๆ กับทนน้ำมัน	5-41
เอกสารอ้างอิง	5-45

	หน้า
บทที่ 6 ยางคลอโรพรีน	6-1
6.1 บทนำ	6-1
6.2 โครงสร้างทางเคมีและสมบัติ	6-2
6.3 การจัดเกรดยางคลอโรพรีน	6-3
6.3.1 ยางคลีโรพรีนชนิด sulphur-modified	6-3
6.3.2 ยางคลอโรพรีนชนิด non sulphur-modified หรือ mercaptan modified	6-3
6.3.3 ยางคลอโรพรีนชนิดยางที่มี gel	6-4
6.4 สมบัติยางคลอโรพรีน	6-4
6.4.1 สมบัติการแปรรูป	6-4
6.4.2 สมบัติยางวัลคaineช์	6-5
6.4.2.1 ระบบสารวัลคaineช์	6-5
6.4.2.2 ระบบสารตัวเติมและพลาสติกไซเรอร์	6-7
6.4.2.3 ระบบการป้องกันการเสื่อมของยางคลอโรพรีน	6-10
6.5 การใช้งานยางคลอโรพรีน	6-13
6.6 ตัวอย่างสูตร	6-14
6.6.1 สูตรยางที่ใช้ขัดเป้าทั่วไป	6-14
6.6.2 เปล็อกสายพานลำเลียงหินไฟ	6-15
6.6.3 ยางคลอโรพรีนเอกซ์ทรูดที่วัลคaineช์อย่างต่อเนื่อง	6-16
6.6.4 ยางเปล็อกสายเคเบิล	6-18
6.6.5 การผสมยางคลอโรพรีนร่วมกับยางอื่น	6-21
6.6.6 ยางบุถัง	6-22
6.6.7 ยางท่อ	6-23
เอกสารอ้างอิง	6-27
บทที่ 7 ยางบิวไทร์และยาโลเจนเนตบิวไทร์	7-1
7.1 บทนำ	7-1
7.2 โครงสร้างทางเคมีและสมบัติ	7-2
7.3 การจัดเกรดยางบิวไทร์	7-3
7.4 สมบัติยางบิวไทร์	7-4
7.4.1 สมบัติการแปรรูป	7-4
7.4.1.1 การคงสภาพความหนืด	7-4

	หน้า
7.4.1.2 Heat treatment ของยางบิวไทล์	7-4
7.4.1.3 การต้านการซึมออกาศของยางบิวไทล์	7-5
7.4.1.4 การสุกซ้ำของยางบิวไทล์	7-5
7.4.2 ระบบการวัลคайнซ์ของยางบิวไทล์	7-6
7.4.2.1 ระบบธรรมชาติใช้กำมะถันสูงและสารตัวเร่งสูง	7-6
7.4.2.2 ระบบใช้กำมะถันน้อยลงและใช้สารให้กำมะถันเสริม	7-6
7.4.2.3 ระบบใช้สารให้กำมะถัน เพื่อให้ยางทน ความร้อนได้สูงขึ้น	7-7
7.4.2.4 ระบบ quinoid	7-7
7.4.2.5 ระบบการใช้เรซิน	7-8
7.4.3 สมบัติยางวัลคайнซ์	7-9
7.5 ยางยาโลเจนเนตบิวไทล์	7-13
7.5.1 ลักษณะทั่วไปของยางยาโลบิวไทล์	7-13
7.5.2 การแปรรูปยางยาโลบิวไทล์	7-14
7.5.3 สมบัติยางยาโลบิวไทล์	7-14
7.5.4 ระบบการวัลคайнซ์ยางยาโลบิวไทล์	7-14
7.5.5 การใช้งานของยางยาโลบิวไทล์	7-16
7.6 ตัวอย่างสูตรยาง	7-16
7.6.1 สูตรยางบุภายใน (inner liner) สำหรับยางเดียบรถบรรทุก	7-16
7.6.2 ถุงลม (Curing bag หรือ bladder) สำหรับอบยางรถยก	7-18
7.6.3 แผ่นยางกันน้ำ (Waterproofing membrane)	7-19
7.6.4 จุกยางปิดช่องยา	7-20
เอกสารอ้างอิง	7-21
 บทที่ 8 ยางเข็มลินโพรัสพลีน	 8-1
8.1 บทนำ	8-1
8.2 โครงสร้างทางเคมีและสมบัติ	8-1
8.3 การจัดเกรด	8-3
8.4 สมบัติ	8-4
8.4.1 สมบัติยางไม่วัลคайнซ์	8-4
8.4.2 สมบัติของยางวัลคайнซ์	8-7
8.5 ตัวอย่างสูตรยาง	8-10

	หน้า
8.5.1 ยางท่อเอกสารหูด เช่น ท่อน้ำเครื่องซักผ้า	8-10
8.5.2 ยางคุณภาพดีเหมาะสมสำหรับการอัดเบ้าทำอุปกรณ์รถยนต์	8-11
8.5.3 ยางท่อระบายน้ำร้อน ชนิดราคาต่ำ	8-12
8.5.4 ยางขอบกระฉก	8-13
8.5.5 สูตรยางปัดน้ำฝน	8-14
8.5.6 สูตรยางสายหัวเทียน	8-15
8.5.7 หอยางรถน้ำ	8-16
เอกสารข้างต้น	8-17
บทที่ 9 ยางซิลิโคน	9-1
9.1 บทนำ	9-1
9.2 โครงสร้างทางเคมีและสมบัติ	9-2
9.3 ยางซิลิโคนชนิดปรับสภาพไม่เลกุล	9-3
9.3.1 การปรับสภาพไม่เลกุลด้วยอนุกล ไวนิล (Vinyl) (VMQ)	9-3
9.3.2 การปรับสภาพไม่เลกุลด้วยอนุมูล พีนิล (phenyl) (PMQ)	9-3
9.3.3 การปรับสภาพไม่เลกุลด้วยอนุมูลฟลูออโร (fluoro) (FVMQ)	9-4
9.4 เกรดยางซิลิโคน	9-4
9.5 สมบัติของยางซิลิโคน	9-6
9.5.1 สมบัติของยางที่ไม่วัลภาในชี	9-6
9.5.1.1 การผสมสารเคมี	9-6
9.5.1.2 การอัดเบ้า	9-7
9.5.1.3 การเอกสารหูด	9-9
9.5.1.4 การวัลภาในชีแบบต่อเนื่อง	9-10
9.5.2 สารเคมีสำหรับยางซิลิโคน	9-10
9.5.2.1 สารตัวเติมกับสมบัติวัลดาในชี	9-10
9.5.2.2 สารวัลภาในชียางซิลิโคน	9-12
9.5.3 สมบัติทางกายภาพ	9-15
9.5.3.1 ความต้านทานแรงดึง	9-15
9.5.3.2 สมบัติต้านการจัดตัวจากแรงดึง	9-16
9.5.3.3 ความทนทานต่อการเสื่อมสภาพ	9-16
9.5.3.4 สมบัติต้านไฟฟ้า	9-18
9.5.3.5 ความต้านทานต่อของเหลว	9-18

	หน้า
9.5.3.6 ความเป็นพิษต่อร่างกาย	9-19
9.5.3.7 ความสามารถใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ	9-20
9.5.3.8 การซึมก้ำชของยางชิลิโคน	9-21
9.6 ตัวอย่างสูตรยาง	9-23
9.6.1 สูตรยางทั่วไป	9-23
9.6.2 สูตรยางสำหรับลูกกลิ้งเครื่องถ่ายเอกสาร	9-23
9.6.3 สูตรยางที่เตรียมสำเร็จ	9-24
เอกสารอ้างอิง	9-27
 บทที่ 10 ยางฟลูออโรคาร์บอน	 10-1
10.1 บทนำ	10-1
10.2 โครงสร้างทางเคมีและสมบัติ	10-1
10.2.1 โคโพลิเมอร์ของ vinylidene fluoride กับ hexafluoropropylene	10-1
10.2.2 โคโพลิเมอร์ของ vinylidene fluoride กับ chlorotrifluoroethylene	10-2
10.3 การจัดเกรดยางฟลูออโรคาร์บอน	10-2
10.4 สมบัติยางฟลูออโรคาร์บอน	10-2
10.4.1 สมบัติยางที่ยังไม่วัลภาไนซ์	10-2
10.4.2 สมบัติยางวัลภาไนซ์	10-5
10.5 ตัวอย่างสูตรยาง	10-9
10.5.1 สูตรยางฟลูออโรคาร์บอนทั่วไป	10-9
10.5.2 สูตรยางฟลูออโรคาร์บอนที่มีความแข็งต่างๆกัน	10-10
 บทที่ 11 การออกแบบสูตรยางเพื่อลดต้นทุน	 11-1
11.1 แนวคิดทั่วไป	11-1
11.2 ยาง	11-2
11.3 สารตัวเติม	11-3
11.4 ยางรีเคลม	11-5
11.4.1 สูตรยางบุภายในห้อง	11-5
11.4.2 สูตรยางปูพื้นรถ	11-6

	หน้า
11.5 ยางครัม Crumb	11-7
11.6 สารตัวเร่ง	11-8
11.6.1 ระบบอีวิคั่บระบบกรรมด้า	11-8
11.6.2 อุณหภูมิการวัลค่าในร์	11-8
11.6.3 การเสริมกันของสารตัวเร่ง	11-9
11.7 สารหน่วง	11-10
11.8 การใช้ยาผงสม	11-12
11.9 ข้อมูลเพิ่มเติม	11-13
 บทที่ 12 การออกแบบยางสำหรับอุณหภูมิสูง	 12-1
12.1 บทนำ	12-1
12.2 ผลของการเสื่อมที่อุณหภูมิสูง	12-1
12.3 ลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของยาง	12-2
12.4 ขอบเขตของอุณหภูมิ	12-2
12.5 ระบบการวัลค่าในร์	12-3
12.6 แอนติออกซิเดนท์	12-5
12.7 สารตัวเติม	12-6
12.8 พลาสติไซเซอร์	12-7
12.9 การออกแบบผลิตภัณฑ์	12-8
12.10 การทดสอบ	12-9
12.11 การเสื่อมสภาพจากสภาพอากาศ	12-9
 บรรณานุกรม	

บก

9 ม.ค. 48

BSTI SCIENCE SERVICE
สำนักหอสมุดฯ กรมวิทยาศาสตร์บริการ



1110001243

ยาง

เทคนิคการออกสูตร

โดย

พรพรรณ นิธิอุทัย

เลขหน้า	678.2021
	๒/๑
	๒๕๔๐
เลขทะเบียน	12878
วันที่	๙ ต. ค. ๒๕๔๘

33161

ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ม. สังขละบุรี ปัตตานี

353 หน้า

พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 50 เล่ม

26 ธันวาคม พ.ศ. 2540