

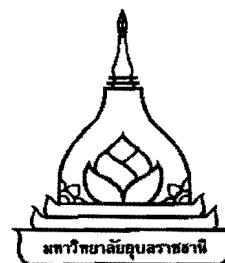
ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการคุ้ดชักก้าวcar์บอนมอนอกไซด์
ของแผ่นยางผสมผงถ่าน

จรุงรัตน์ พันธุ์สุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาบริการอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



**FACTORS AFFECTING CARBON MONOXIDE GAS ADSORPTION
OF RUBBER SHEET CONTAINING CHARCOAL**

JARUNGRAT PANSUWAN

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
MAJOR IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
YEAR 2012
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY**



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการคัดซับก้าวการบอนมอนอกไชค์ของแผ่นยาง
ผสมผงถ่าน

ผู้วิจัย นางสาวจรุํรัตน์ พันธุ์สุวรรณ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

(คร.จริยากรณ์ ชุนวงศ์)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุขอังคณา ลี)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชตรา เกรียงกรกู)

กรรมการ

(ดร.นุปญานิช อินทรพัฒน์)

คณบดี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพ แสงเทียน)

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รับรองแล้ว

(Dr. Achit Ointha)

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2555

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ดร.จริยาภรณ์ อุ่นวงศ์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่เคยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความรู้ในด้านวิชาการอัน เป็นแนวทางในการทำวิจัย และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ สนับสนุน ให้โอกาส และเป็นแบบอย่างที่ดี แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมถึงการให้ความเอาใจใส่ดูแล ตรวจสอบ และตรวจทานการดำเนินงานการทำวิทยานิพนธ์อย่างสม่ำเสมอ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาจากท่านอาจารย์เป็นอย่างมากและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ บุคลากร และเจ้าหน้าที่ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ทุกท่านตลอดจนเจ้าหน้าที่งานบัณฑิตศึกษาของหลักสูตรและคณะ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำวิจัย รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ นักศึกษาปริญญาโท-เอก ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ที่มีส่วนช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว พี่ชาย ที่เป็นกำลังใจยันสำหรับยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งการสนับสนุนในทุกๆ ด้านเพื่อให้การศึกษารังนี้สำเร็จด้วยดี ท้ายนี้ หากมีข้อความผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยในความบกพร่องและความผิดพลาดมา ณ โอกาสนี้

(นางสาวจุ่งรัตน์ พันธุ์สุวรรณ)

ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	๑
บทคัดย่อภาษาไทย	๒
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๓
สารบัญ	๔
สารบัญตาราง	๕
สารบัญภาพ	๖
บทที่	๗
๑ บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	๑
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	๓
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	๓
1.4 สมมุติฐานงานวิจัย	๓
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	๔
1.6 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	๔
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	๕
๒ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับยางธรรมชาติและยางพารา	๘
2.2 ทฤษฎีการทดสอบคุณภาพน้ำยาง	๑๓
2.3 ทฤษฎีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง	๑๖
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับถ่านไม้	๒๐
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับการตรวจวัดกลิ่น	๒๙
2.6 ออกแบบการทดลอง	๓๔
2.7 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	(48) ๓๔

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมี	41
3.2 กลุ่มกรน์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	43
3.3 การกำหนดปัจจัยและระดับในการออกแบบการทดลอง	45
3.4 การเตรียมขนาดของผงถ่าน	47
3.5 การหาขนาดความละเอียดของผงถ่าน	47
3.6 การเตรียมยางแผ่นคิบ	48
3.7 การเตรียมแผ่นยางมาสเตอร์เบซจากผงถ่าน	49
3.8 การทดสอบสมบัติเชิงกลของยางแผ่น	51
3.9 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของยางแผ่น	55
4 ผลการวิจัย	
4.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของแผ่นยางดูดซับก๊าซ และสมบัติเชิงกล	56
4.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	71
5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	84
5.2 อภิปรายผล	86
5.3 ข้อเสนอแนะ	89
เอกสารอ้างอิง	90
ภาคผนวก	
ก ผลการทดสอบ และแบบบันทึกผลการทดลอง	96
ข ขั้นตอนการขึ้นรูปยางแผ่นมาสเตอร์เบซ	99
ค วิธีการตัดชิ้นงานเพื่อใช้ในการทดสอบสมบัติเชิงกลของยางแผ่น	104
ง การออกแบบการทดลอง	110
จ การใช้เครื่องวัดก๊าซ	128
ประวัติผู้วิจัย	134

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนงานการทำวิจัย	5
2.1 วิธีการหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยา	13
2.2 ค่าความแข็งแรงในการคัดไม้แห้ง	21
2.3 คุณสมบัติของการรับอนุมอนอกไซด์	32
2.4 คุณสมบัตินางประการของคาร์บอนมอนอกไซด์	32
2.5 ส่วนประกอบของบุหรี่ สารเคมีที่เป็นในรูปก้าช	34
3.1 สมบัติทางกายภาพของชนิดไม้	42
3.2 ปัจจัยและระดับที่ใช้ในการทดสอบ	45
3.3 รูปแบบการทดสอบที่ได้จากโปรแกรม Minitab	46
4.1 พื้นที่ค่า ปริมาณรูพ魯นและขนาดของรูพ魯น	56
4.2 ผลการทดสอบยางแผ่นดิน	57
4.3 ค่าความหนืดมูนนี่ของยางผสมผงค่านไม้ชินิดต่างๆ	61
4.4 ค่าความหนืดมูนนี่ของยางผสมผงค่านไม้มะขาม	62
4.5 ค่าความหนืดมูนนี่ของยางผสมค่านกันมันต์	62
4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการดูดซับกลิน (Adsorption)	73
4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Strength)	74
4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความต้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Strength)	75
4.9 ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย	82
ก.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยา	97
ก.2 ปริมาณเนื้อยาแห้ง	97
ก.3 ผลการทดสอบการดูดซับก้าชการรับอนุมอนอกไซด์ (CO)	98
ก.4 บันทึกการทดสอบ	111
ก.1 ข้อมูลเพื่อความปลอดภัย	129
ก.2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องวัดก้าชการรับอนุมอนอกไซด์รุ่น Fluke CO-220	133

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ผลผลิตยางธรรมชาติจากปี พ.ศ. 2536 - 2552	1
2.1 การผลิตยางแผ่น	11
2.2 ลักษณะโครงสร้างไม้เนื้ออ่อน	20
2.3 ลักษณะโครงสร้างไม้เนื้อแข็ง	20
2.4 ลักษณะเตาอิวะเตะ	22
2.5 ลักษณะถ่านไม้ไผ่ที่ได้จากการเผาด้วยเตาอิวะเตะ	23
2.6 ลักษณะเตาดินเหนียวก่อ	25
2.7 ลักษณะถ่านไม้ที่ได้จากการเผาด้วยเตาดินเหนียวก่อ	26
2.8 โครงสร้างรูพรุนของถ่านกัมมันต์	27
2.9 ขนาดของรูพรุนของถ่านกับการคุณซับสารอินทรีย์ที่ไม่เกิดภัยต่างกัน	27
2.10 การพล้อทความนำจะเป็นของค่าความผิดพลาดที่มีการกระจายแบบปกติ	36
2.11 ความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและค่าเฉลี่ย	37
2.12 ความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและลำดับที่ของการทดลอง	37
3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	41
3.2 โครงสร้างเคมี	43
3.3 ชุดทดสอบการคุณลิ่นก้าชาร์บอนมอนอกไซด์	44
3.4 เครื่องวัดก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ ยี่ห้อ Fluke รุ่น CO-220	44
3.5 ลักษณะของถ่านที่ผ่านการบด	47
3.6 การคัดแยกขนาดของถ่านด้วยเครื่อง Vibratory Sieve Shaker ยี่ห้อ FRITSCH	48
3.7 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นยางมาสเตอร์เบซจากผงถ่านและการทดสอบ	50
3.8 ขั้นทดสอบรูปดัมเบลล์ ASTM 412 (Die C)	51
3.9 การทดสอบความทนต่อแรงดึงของยางแผ่น	52
3.10 ขั้นทดสอบแบบบุน (Die C)	53
3.11 การทดสอบความด้านทานต่อการฉีกขาดของยางแผ่น	54
4.1 ผลการทดลองประสิทธิภาพการคุณซับก้าชของยางแผ่นคิบ	57
4.2 ผลการทดลองสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงดึงของยางแผ่นคิบ	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.3 ผลการทดลองสมบัติเชิงกลด้านความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางแผ่นดิน	58
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการคุณชั้บก้าวcar์บอนอนออกไซด์กับปริมาณผงถ่านของแผ่นยางผึ้งแห้ง	59
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการคุณชั้บก้าวcar์บอนอนออกไซด์กับปริมาณผงถ่านของแผ่นยางร่มควัน	59
4.6 อิทธิพลของประสิทธิภาพการคุณชั้บก้าวcar์บอนอนออกไซด์ของยางแผ่นผึ้งแห้งกับขนาดอนุภาคผงถ่าน	60
4.7 อิทธิพลของประสิทธิภาพการคุณชั้บก้าวcar์บอนอนออกไซด์ของยางร่มควันกับขนาดอนุภาคผงถ่าน	60
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อแรงดึงกับปริมาณผงถ่านของแผ่นยางผึ้งแห้ง	63
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อแรงดึงกับปริมาณผงถ่านของแผ่นยางร่มควัน	63
4.10 อิทธิพลของความทนต่อแรงดึงของยางแผ่นผึ้งแห้งกับขนาดอนุภาคผงถ่าน	64
4.11 อิทธิพลของความทนต่อแรงดึงของยางแผ่นร่มควันกับขนาดอนุภาคผงถ่าน	64
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่อการฉีกขาดของแผ่นยางผึ้งแห้งกับปริมาณผงถ่าน	65
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่อการฉีกขาดของแผ่นยางร่มควันกับปริมาณผงถ่าน	65
4.14 อิทธิพลของความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางแผ่นผึ้งแห้งกับขนาดอนุภาคผงถ่าน	66
4.15 อิทธิพลของความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางแผ่นร่มควันกับขนาดอนุภาคผงถ่าน	66
4.16 ประสิทธิภาพการคุณชั้บกลิ่นของยางแผ่นผึ้งแห้ง	67
4.17 ประสิทธิภาพการคุณชั้บกลิ่นของยางแผ่นร่มควัน	68
4.18 ความทนต่อแรงดึงสูงสุดของยางแผ่นผึ้งแห้ง	69
4.19 ความทนต่อแรงดึงสูงสุดของยางแผ่นร่มควัน	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.20 ความด้านทานต่อการฉีกขาดสูงสุดของยางแผ่นผื่นแห้ง	70
4.21 ความด้านทานต่อการฉีกขาดสูงสุดของยางแผ่นรมควัน	71
4.22 การกระจายตัวของค่าส่วนตกลักที่เทียบกับค่าที่ถูกพิสูจน์	72
4.23 กราฟอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซ	76
4.24 กราฟอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความทนทานต่อแรงดึง	78
4.25 กราฟอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความด้านทานต่อการฉีกขาด	79
4.26 ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย	82
ข.1 การกรองสิ่งสกปรกออกจากน้ำยาง	100
ข.2 ขั้นตอนการผสมผงถ่านกับน้ำสะอาด	100
ข.3 ขั้นตอนการผสมน้ำยางกับกรดฟอร์มิก	101
ข.4 น้ำยางที่รอการจับตัว	101
ข.5 การรีดลีนและรีคลายดอก	102
ข.6 แผ่นยางมาสเตอร์เบชผสมผงถ่านไม้	102
ข.7 อบแผ่นยางมาสเตอร์เบชด้วยลมร้อน	103
ข.8 แผ่นยางมาสเตอร์เบช	103
ค.1 เครื่องตัดแผ่นยาง	105
ค.2 ขนาดของคัมเบลล์ (Die C)	105
ค.3 ลายรูปคัมเบลล์ที่ใช้ในการตัดยางแผ่นผสม	106
ค.4 ขนาดแบบมน (Die C)	106
ค.5 ลายแบบมนที่ใช้ในการตัดยางแผ่นผสม	106
ค.6 ชิ้นงานทดสอบ	107
ค.7 เครื่อง Universal Tensile Testing Machine	107
ค.8 จับขีดยางแผ่นมาสเตอร์เบช	108
ค.9 การดึงยางแผ่นมาสเตอร์เบช	109

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ค.10 การขาดของยางแผ่นนาสเตอร์แบบช	109
จ.1 ส่วนประกอบของมีเตอร์ตรวจหาแก๊สかる์บอนมอนอกไซด์ Fluke CO-220	132

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการคุณซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของแผ่นยางพรมผงถ่าน

โดย : จรุงรัตน์ พันธุ์สุวรรณ

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ

ประธานกรรมการที่ปรึกษา : ดร. จริยาภรณ์ อุ่นวงศ์

ศักยภาพสำคัญ : การคุณซับก๊าซ แผ่นยางพรมผงถ่าน ยางธรรมชาติ สมบัติทางกล

วุฒิประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการคุณซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของแผ่นยางพรมผงถ่านด้วยวิธีการออกแบบทดลองแบบแฟกตอร์เรียล 4 ปัจจัย คือ (1) ชนิดผงถ่าน 6 ชนิดประกอบด้วย ถ่านไม้บก ถ่านไม้มะขาม ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ถ่านไม้กระดินญองค์ ถ่านไม้ไผ่ และถ่านไม้ฟสน (2) ขนาดอนุภาคผงถ่าน 4 ระดับ 53, 106, 212 และ 425 μm (3) ปริมาณผงถ่าน 4 ระดับ คือ 5, 10, 20 และ 40 phr และ (4) กรรมวิธีการขึ้นรูป 2 วิธี ประกอบด้วย ยางแผ่นผึ้งแห้ง และยางแผ่นร่มควัน ประสิทธิภาพการคุณซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ทดสอบแบบระบบปิดด้วยเครื่องวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ยี่ห้อ Fluke รุ่น CO-220 สมบัติทางกลของแผ่นยางพรมผงถ่าน ประกอบด้วย ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานการฉีกขาด และความหนืดของแผ่นยาง

ผลการศึกษาพบว่ายางแผ่นผึ้งแห้งมีประสิทธิภาพการคุณซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่ายางแผ่นร่มควันร้อยละ 33.33 ขั้นตอนการรีโนเวทวันนี้การคุณซับก๊าซอื่น จึงทำให้ประสิทธิภาพการคุณซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต้องลด ยางแผ่นพรมผงถ่านไม้มะขามขนาดอนุภาค 425 μm ปริมาณ 40 phr แบบผึ้งแห้ง มีประสิทธิภาพการคุณซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุดที่สุดที่ 30 ppm ถ่วงยางแผ่นพรมผงถ่านไม้ชนิดอื่นมีความสามารถการคุณซับก๊าซสูงสุดระหว่าง 20-25 ppm จากการวัดขนาดอนุภาคครูพรุน ถ่านไม้มะขามมีขนาดอนุภาค 56.75 °A ซึ่งโตที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับรูพรุนถ่านไม้ชนิดอื่นที่มีขนาด 32-37 °A

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่ายางแผ่นร่มควันพรมผงถ่านไม้มีสมบัติทางกลที่ดีกวายางแผ่นพรมผงถ่านไม้ผึ้งแห้ง ยางแผ่นพรมผงถ่านไม้มะขามที่ขนาดอนุภาค 53 μm ปริมาณ 40 phr มีความทานทานต่อแรงดึงสูงสุด 2.94 MPa ความต้านทานต่อการฉีกขาดสูงสุด 93 N/mm และมีค่าความหนืดมูนนี่ 102.05 ทดสอบแบบ ML 1+4 (100 °C) สมบัติเชิงกลแปรผันตามขนาดอนุภาคผงถ่านและ

ปริมาณผงถ่าน อนุภาคขนาดเล็กสามารถแทรกตัวในแผ่นยางทำให้มีการยึดเกาะของอนุภาคคือ การเพิ่มขึ้นของปริมาณผงถ่านเป็นการเพิ่มสารเสริมแรงทำให้มียางแผ่นมีความทนทานต่อแรงดึง และความต้านทานต่อการฉีกขาดสูงขึ้น ขณะเดียวกันค่าความหนืดมูนนี่สูงด้วยซึ่งเป็นปัจจัยสาเหตุของการใช้พลังงานเพื่อการขึ้นรูปและการควบคุมการผลิต

ABSTRACT

TITLE : FACTORS AFFECTING CARBON MONOXIDE GAS
ADSORPTION OF RUBBER SHEET CONTAINING CHARCOAL

BY : JARUNGRAT PANSUWAN

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : INDUSTRIAL ENGINEERING

CHAIR : JARIYAPORN ONWONG, Ph.D.

KEYWORDS : GAS ADSORPTION / RUBBER SHEET CONTAINING CHARCOAL/
NATURAL RUBBER/ MECHANICAL PROPERTY

The objective of this research was to study the factors affecting the efficiency of carbon monoxide gas adsorption of rubber sheet containing charcoal by using experimental design of Factorial. The charcoals were used as adsorbent material. The experimental design has 4 factors; (1) six types of charcoal; Irvingia malayana oliv, Tamarind wood, Acacia auriculiformis, Eucalyptus, Bamboo, and mixed wood (2) four particle sizes; 53, 106, 212, and 425 μm (3) four levels of weight; 5, 10, 20, and 40 phr (4) two ways to fabricated the rubber sheets were air dried sheet (ADS) and smoked sheet processes (RSS). The adsorption capacity of CO gas was measured in the closed system by Carbon monoxide meter named Fluke CO-220. Tensile strength and Mooney viscosity were investigated in order to characterize the mechanical property of the master batch rubber sheets.

The experimental results showed that the CO adsorption capability of air dried rubber sheet was higher than smoked rubber sheet about 33.33 percent. The lower capability of gas adsorption of rubber sheet possibly lost during smoke dried process. The maximum CO adsorption found at 30 ppm in air dried rubber sheet process of 40 phr of Tamarind charcoal which contains 425 μm . The rest of processes had adsorption capability between 20-25 ppm. Porous measurement revealed that Tamarind charcoal has the largest size at 56.75 $^{\circ}\text{A}$ comparing with the size of other charcoals at 32-37 $^{\circ}\text{A}$.

The mechanical properties tests revealed that smoke rubber mixed with charcoal had better mechanical properties than rubber mixed with air dried charcoal. Rubber sheet mixed with Tamarind wood had a particle at 53 μm in 40 phr, resistant to the traction 2.94 MPa in maximum, resistant to tearing 93 N/mm in maximum and Mooney viscosity; (ML (1+4) 100 °C) 102.5 found in smoked rubber sheet with Tamarind charcoal loading at 40 phr 53 μm . The results also illustrated that the tensile strength was inversely related to the smaller particle size. A similar trend was also observed in the case of tear strength and Mooney viscosity when increase the loading of charcoal. However, increasing of Mooney viscosity may impact in controlling flow behavior during fabrication.

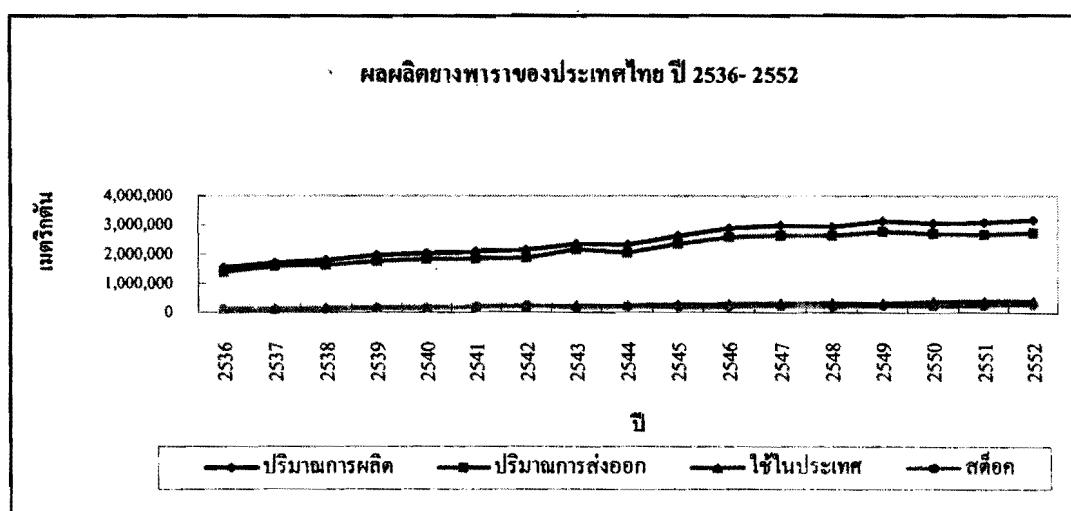
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศไทย เนื่องจากยางพารามีศักยภาพต่อการพัฒนาและสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการทำเป็นผลิตภัณฑ์ยาง ได้อ่าย่างหลากหลายเป็นผลมาจากการคุณสมบัติของยางพาราที่มีความโดดเด่นหลายประการ โดยเฉพาะความยืดหยุ่น นั่นคือเมื่อมีแรงดึงหรือแรงกดกระทำต่อยางที่คงรูปแล้วจะสามารถยืดหรือหดตัวได้ หลากหลายของความยาวเดิมและสามารถกลับคืนสู่รูปร่างเดิมได้เมื่อปล่อยแรงกระทำออก นอกจากนี้ ยางยังมีสมบัติเด่นอื่นๆ เช่น ความเหนียว ความด้านทานต่อการขัดถู และลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่งของยาง คือ ความสามารถในการยึดติดกับวัสดุอื่น เช่น โลหะและสิ่งทอ (เส้นใย ผ้าใบ ฯลฯ) การเชื่อมติดยางกับวัสดุเหล่านี้ทำให้ยางมีความแข็งแรงสูงขึ้น จึงสามารถนำไปใช้งานทางค้านวัสดุได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น (พงษ์ธร แซ่บุญ, 2547)

การผลิตยางพาราทั้งในรูปวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์เป็นสินค้าที่มีความต้องการของตลาดโลกเป็นอย่างยิ่ง ทำให้มีการขยายพื้นที่การปลูกยางพาราเพื่อเพิ่มผลผลิต ส่งผลให้ปริมาณยางพาราที่ผลิต ได้ส่วนมากส่งออกในรูปยางแปรรูปขั้นต้นร้อยละ 90 และส่วนที่เหลือเป็นการจำหน่ายภายในประเทศ ดังแสดงในภาพที่ 1.1 ปริมาณผลผลิตยางพาราจากปี 2536 - 2552



ภาพที่ 1.1 ผลผลิตยางพาราจากปี พ.ศ. 2536 - 2552 (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2553)

การส่งออกยางพาราของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2551 แบ่งออกเป็นการส่งออกจำหน่ายต่างประเทศในรูปยางดิบจำนวน 2.68 ล้านตัน สามารถทำรายได้เข้าประเทศ 223,628 ล้านบาท ส่วนผลิตภัณฑ์ยางมีปริมาณการส่งออก 0.397 ล้านตัน มีมูลค่า 149,908 ล้านบาท (คณะกรรมการนโยบายแห่งชาติ, 2553) เห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ยางแปรรูปมีมูลค่าสูงกว่าการจำหน่ายในรูปยางดิบเฉลี่ย 5 เท่า แต่สัดส่วนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ยางมีเพียงประมาณร้อยละ 15 ของปริมาณยางที่ผลิตได้ซึ่งถือว่าน้อยมาก (เสกสรร วินยางค์กุล, 2552) จุดอ่อนของการส่งออกยางพาราที่อยู่ในรูปยางแปรรูปขั้นต้นคือการเสียโอกาสในการสร้างมูลค่าเพิ่ม ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาและส่งเสริมการแปรรูปยางพาราให้เป็นผลิตภัณฑ์ยางแทนการส่งออกผลผลิตยางที่เป็นวัตถุดิบ สร้างมูลค่าเพิ่มแก่ยางพาราและเป็นการพัฒนาทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศต่อไป

ผงเข้มดำ (Carbon Black) เป็นสารตัวเติมประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมใช้ในอุตสาหกรรมยาง เนื่องจากสามารถเสริมแรงให้แก่ยางได้เป็นอย่างดี โดยจะช่วยปรับปรุงสมบัติ เชิงกลของยางให้ดีขึ้น ได้แก่ ความทนต่อแรงดึง ความด้านทานต่อการฉีกขาด รวมถึงความด้านทานต่อการขัดถูเพิ่มขึ้น ผงเข้มดำโดยทั่วไปเครียมได้จากการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ปีโตรเลียม เป็นผงสีดำ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของนาโนภาคปฐมภูมิอยู่ในช่วง 1-10 นาโนเมตร และมีองค์ประกอบหลักทางเคมีเป็นธาตุคาร์บอน (พงษ์ธร แซ่อุย, 2550) ซึ่งยังสามารถพนได้ในผงด้านไม้ด่างๆ ก็ได้ ทำให้ผงด้านมีประสิทธิภาพในการนำมาใช้เป็นสารตัวเติมเสริมแรงให้แก่ผลิตภัณฑ์ยาง ได้เช่นกัน นอกจากนี้ ผงด้านไม้โดยส่วนใหญ่มีความเป็นรูพนสูงส่งผลให้สามารถใช้เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับได้ดี ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดในการนำผงด้านผสมกับน้ำยางสด เพื่อลดขั้นตอนในกระบวนการผลิตและการแปรรูปขั้นต้น ง่ายต่อการจัดเก็บและนำไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซ carbon อนอนอกไซด์ของแผ่นยางผสมผงด้านสำหรับแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยาง เช่น รองเท้า ยางปูพื้นและชิ้นส่วนยางที่ใช้ในงานวิศวกรรม ยางรถยนต์ (ยุทธชาติ วิเชียรบุตร, 2547) โดยออกแบบการทดลองแบบสุ่มเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการแปรรูปผลิตภัณฑ์ยางผสมผงด้านที่ปริมาณ 12.5, 25, 50, 100 กรัม (5, 10, 20, 40 phr) โดยได้ทำการกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการออกแบบการทดลอง 4 ปัจจัยดังต่อไปนี้ คือ ชนิดผงด้านไม้ (Type) ขนาดอนุภาคผงด้าน (Particle Size) ปริมาณผงด้าน (Weight) และวิธีการเตรียมยางแผ่น (Sheet) ทั้งนี้เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการดูดซับก๊าซ carbon อนอนอกไซด์ ความทนต่อแรงดึง และความด้านทานต่อการฉีกขาด เพื่อพัฒนาการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางให้มีคุณสมบัติตามต้องการ และลดต้นทุนในการผลิต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นยางดูดซับก้าชคาร์บอนนอนออกไซด์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมยางแผ่นดูดซับก้าชคาร์บอนนอนออกไซด์ที่เหมาะสมโดยการเตรียมจากน้ำยางสด
- 1.2.3 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการประยุกต์ขั้นต้นของแผ่นยางดูดซับก้าชคาร์บอนนอนออกไซด์ด้วยการเตรียมจากน้ำยางสด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาอิทธิพลของชนิดยาง คือ ยางแผ่นผึ่งแห้งและยางแผ่นร่มควันต่อสมบัติการดูดซับก้าชคาร์บอนนอนออกไซด์และสมบัติเชิงกล
- 1.3.2 ศึกษาอิทธิพลของชนิดผงถ่าน ที่มีผลต่อสมบัติการดูดซับก้าชคาร์บอนนอนออกไซด์และสมบัติเชิงกลประกอบด้วย
 - 1.3.2.1 ไม้เนื้ออ่อน 2 ชนิด ได้แก่ ผงถ่านไม้มะขาม (Tamarind Charcoal: TC) ผงถ่านไม้บก (Irvingia malayana Oliv Charcoal: IMOC)
 - 1.3.2.2 ไม้เนื้ออ่อน 2 ชนิด ได้แก่ ผงถ่านไม้กระดินตรง (Acacia auriculiformis Charcoal: AAC) ผงถ่านไม้ยูคาลิปตัส (Eucalyptus Charcoal: EC)
 - 1.3.2.3 ผงถ่านไม้ไผ่ (Bamboo Charcoal: BC)
 - 1.3.2.4 ผงถ่านไม้ผสม (Mix Charcoal: MC)
 - 1.3.2.5 ผงถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon: AC) และใช้ยางพาราที่ปลูกในเขตจังหวัดอุบราชธานี
- 1.3.3 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณผงถ่านที่ 5, 10, 20 และ 40 phr และขนาดอนุภาคของผงถ่านที่ 53, 106, 212 และ 425 μm สำหรับใช้ในการเตรียมแผ่นยางที่มีผลต่อสมบัติการดูดซับก้าชคาร์บอนนอนออกไซด์และสมบัติเชิงกล

1.4 สมมุติฐานางานวิจัย

ผงถ่านมีคุณสมบัติเด่นด้านการคุณซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เนื่องจากการมีรูพรุนมาก ดังนั้นการนำถ่านมาเป็นสารตัวเติมในการผลิตภัณฑ์ยาง นอกจากเพิ่มความแข็งแรงแล้ว ยังเพิ่มประสิทธิภาพค้านการคุณซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เมื่อเลือกใช้ชนิดของผงถ่าน ไม้ (Type) ขนาดอนุภาคผงถ่าน (Particle Size) ปริมาณผงถ่าน (Weight) และวิธีการเตรียมแผ่นยาง (Sheet) ที่เหมาะสม ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาทำผลิตภัณฑ์คุณซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากยางพารา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ใช้ประโยชน์จากวัสดุที่หาได้ในห้องถังและผลิตภัณฑ์ยางคุณซับก๊าซในการผลิตภาคอุตสาหกรรม เพิ่มปริมาณการใช้ และเพิ่มนูลค่ายางพารา

1.5.2 ได่องค์ความรู้การเตรียมแผ่นยางคุณซับก๊าซจากน้ำยางสด เพื่อเป็นวัตถุคินสำหรับการประยุปขั้นต้น

1.6 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี ตั้งแต่ตุลาคม 2553 ถึงตุลาคม 2554 โดยมีสถานที่ขึ้นรูปยางพาราร่วมมือกับชุมชน เกษตรกรผู้ผลิตยางพาราในจังหวัดอุบลราชธานี การวิเคราะห์ทดสอบที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการยาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และแผนกวิชาเทคโนโลยีการยางและโพลิเมอร์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกย

ตารางที่ 1.1 แผนงานการทำวิจัย

ลำดับ	กิจกรรม	ช่วงเวลา (เดือน)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปป้าย แผ่นและเทคโนโลยีการแปรรูปป้ายพลาสติก												
2	การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ												
3	ศึกษาสภาวะการเต็รียนแผ่นยางมาสเตอร์ แบบของผงถ่านที่แปรซึ่งมีปริมาณและ ขนาดอนุภาคของผงถ่าน												
4	ทดสอบสมบัติเชิงกลของมาสเตอร์ แบบยางแผ่นและประสิทธิภาพการคุณชัน												
5	วิเคราะห์ทางค้านสถิติ												
6	สรุปและทำรายงานเผยแพร่												

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

StdOrder หมายถึง ลำดับมาตรฐานที่โปรแกรมเต็รียนไว้ให้

RunOrder หมายถึง ลำดับของการทดลอง

Blocks หมายถึง การออกแบบที่มีการ Blocks เพื่อลดปัจจัยที่รบกวน

IMOC (Irvingia malayana Oliv Charcoal) หมายถึง ผงถ่านไม้บก

TC (Tamarind Charcoal) หมายถึง ผงถ่านไม้เมล็ด

EC (Eucalyptus Charcoal) หมายถึง ผงถ่านไม้ยูคาลิปตัส

AAC (Acacia auriculiformis Charcoal) หมายถึง ผงถ่านไม้กระดินผอง

BC (Bamboo Charcoal) หมายถึง ผงถ่านไม้ไผ่

MC (Mix Charcoal) หมายถึง ผงถ่านไม้ผสม

AC (Activated Carbon) หมายถึง ผงถ่านกัมมันต์

DF (Degree of Freedom) หมายถึง ระดับของความอิสระ

SS (Sum of Square) หมายถึง ผลรวมกำลังสอง

MS (Mean of Square) หมายถึง ค่าเฉลี่ยกำลังสอง

F หมายถึง ตัวทดสอบในการตัดสินใจจากอิทธิพลของปัจจัยต่อการมีนัยสำคัญ

P หมายถึง ตัวทดสอบสมมุติฐานที่ตั้งไว้ต่อการมีนัยสำคัญ

R-Sq หมายถึง สัมประสิทธิ์ประกอบการตัดสินใจเกี่ยวกับความเชื่อมั่นของข้อมูล

R-Sq (adj) หมายถึง การทำนายเชิงเบร็بخเทียบกับความเชื่อมั่นของข้อมูล

ยางธรรมชาติ หมายถึง วัสดุพอลิเมอร์ที่มีต้นกำเนิดจากพันธุ์ยาง Hevea Brasiliensis ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายน้ำนม ประกอบด้วยส่วนที่เป็นอนุภาคยาง 35% ส่วนที่ไม่ใช่ยาง ร้อยละ 5 เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โนไบเดต เป็นต้น ที่เหลือเป็นน้ำประมาณ 60% มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นชิส-1,4-โพลิไอโซพรีน (cis-1,4-polyisoprene)

ยางแผ่นผึ้งแห้ง (Air Dried Sheet: ADS) หมายถึง ยางแผ่นผึ้งแห้งหรือยางแผ่นไม่รมควัน พลิตโดยเติมกรดลงในน้ำยางสดเพื่อให้ยางจับตัวกัน และแยกตัวออกจากน้ำ นำยางที่ได้ไปปรีดเป็นแผ่นด้วยเครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้ง นำไปล้างน้ำ แล้วนำไปตากแดดหรือผึ้งในอาคารร้อนเพื่อให้ความชื้น

ยางแผ่นรมควัน (Ribbed Smoked Sheet: RSS) หมายถึง ยางแผ่นที่ผลิตโดยเติมกรดลงในน้ำยางสดเพื่อให้ยางจับตัวกัน และแยกตัวออกจากน้ำ นำยางที่ได้ไปปรีดเป็นแผ่นด้วยเครื่องรีดแบบ 2 ลูกกลิ้ง นำไปล้างน้ำ แล้วนำไปทำให้แห้ง โดยวิธีการรมควันที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 4-10 วัน เพื่อป้องกันเชื้อรา การจัดชั้นของยางแผ่นรมควันทำโดยการใช้สายตา (ตามปริมาณสิ่งสกปรกปนเปื้อนในยาง) แบ่งได้เป็น 5 ชั้น ตั้งแต่ชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 5 (ชั้นที่ 1 เป็นเกรดที่ดีที่สุด)

ถ่านไม้ผสม หมายถึง การนำไม้เพารวมกันในเตาเดียว ประกอบด้วย 1) ไม้จิกร้อยละ 15 2) ไม้สะแกร้อยละ 15 3) ไม้ชาติร้อยละ 15 4) ไม้กุงร้อยละ 15 5) ไม้มะม่วงร้อยละ 25 6) ไม้พุก 15 (ในเขตจังหวัดอุบลราชธานี)

ถ่านกัมมันต์ หมายถึง พลิตกัมที่ได้จากการนำวัตถุคุบธรรมชาติ หรืออินทรีย์วัตถุซึ่งมีการรับอนและไชโครเจนเป็นองค์ประกอบหลักมาผ่านกระบวนการวิธีก่อกัมมันต์ (Activation Process) จนได้ผลิตกัมที่สีดำ มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีสมบัติในการคุดซับสารต่างๆ ได้ดี

ยางมาสเตอร์แบน หมายถึง ยางที่ผสมสารเคมีต่างๆ ที่รู้ปริมาณที่แน่นอนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันเพื่อความสะดวกในการผลิตหรือเพื่อเพิ่มสมบัติของผลิตภัณฑ์

phr (parts per hundred rubber) หมายถึง หน่วยการผสมยาง โดยคิดสัดส่วนปริมาณสารต่าง ๆ เมื่อเทียบกับยางหนึ่งร้อยส่วน (โดยน้ำหนัก) เทียบเป็น phr หรือ pphr ใช้ในการออกสูตรยาง เช่น เดิมกำมะถัน 2.5 phr หมายความว่า ถ้ามียาง 100 ส่วน จะเดิมกำมะถัน 2.5 ส่วน

เมษ หมายถึง เป็นหน่วยที่ใช้บอกราคาช่องตะแกรง ตัวเลขที่ระบุหมายถึงจำนวนช่องของตะแกรงที่มีความกว้าง 1 นิ้ว

สภาพะอินตัว หมายถึง ความสามารถในการดูดซับก๊าซของตัวดูดซับมากกว่าความเข้มข้นของก๊าซคงที่

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับยางธรรมชาติ

2.1.1 ยางธรรมชาติ (Natural Rubber)

ยางธรรมชาติเป็นผลผลิตจากต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายน้ำนมมีตัวกลางเป็นน้ำและมีอนุภาคเม็ดยางแขวนลอยอยู่เรียกว่า น้ำยาง (Field Latex) ซึ่งมีส่วนที่เป็นเนื้อยางร้อยละ 35 และส่วนที่ไม่ใช้ยางร้อยละ 65 โดยมีน้ำเป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 55 มีค่าความเป็นกรดค่าที่ pH 6.5-7 มีความหนาแน่นประมาณ 0.975-0.980 กรัม/มิลลิลิตร มีความหนืด 12-15 เชนติพอยล์ (เสาวณีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี, 2547 ; พงษ์ธร แซ่อุย, 2547 ; Andrew Clesielski, 1999)

น้ำยางที่กรีดจากต้นยางพาราจะคงสภาพความเป็นน้ำยางอยู่ได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง เนื่องจากแบคทีเรียในอากาศสามารถกินสารอาหารที่อยู่ในน้ำยาง เช่น น้ำตาลและโปรตีน และเกิดการย่อยสลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก้ามมีแทน เกิดการบูดเน่าและกลิ่นเหม็น น้ำยางจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น เพราะอนุภาคของยางเริ่มจับตัวจนน้ำยางสูญเสียสภาพ เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการเติมสารป้องกันการจับตัว (Anticoagulant) ลงไปในน้ำยางเพื่อเก็บรักษาน้ำยางให้คงสภาพเป็นของเหลวได้แก่ แอมโนนีบ โซเดียมซัลไฟด์ ฟอร์มาลดีไฮด์ (เสาวณีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี, 2547 ; พงษ์ธร แซ่อุย, 2547 ; สถาบันวิจัยยาง, 2551)

ยางพาราเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างไม่ອ้มตัว โดยโมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอนและไฮdroเจนทำให้ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา กับออกซิเจนและโอโซนเกิดการเสื่อมสภาพได้ง่ายและไม่ทนต่อน้ำมัน ยางพาราคงสภาพยืดหยุ่น ได้ดีเหมาะสมกับการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ความสม่ำเสมอในโครงสร้างโมเลกุลของยางพาราจึงสามารถแตกผลึกได้เมื่อยัดทำให้ยางคงรูปมีสมบัติเชิงกลดี มีความทนต่อแรงดึง มีความต้านทานต่อการฉีกขาดและความต้านทานต่อการขัดถู (เสาวณีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี, 2547 ; Andrew Clesielski, 1999)

ยางพาราถูกนำไปใช้งานทั้งรูปแบบน้ำยางและรูปแบบยางแห้ง โดยในรูปแบบน้ำยางจะถูกนำมาแยกน้ำออกเพื่อเพิ่มความเข้มข้นเนื้อยางแห้งเป็นร้อยละ 60 เรียกว่า น้ำยางข้น (Concentration Latex) วิธีการที่นิยมใช้ คือ การใช้กระบวนการการปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ส่วนการเตรียมยางแห้งทำได้โดยวิธีการใส่กรดอะซิติกเจือจางลงในน้ำยางเพื่อให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนแยกชั้นระหว่างเนื้อยางและน้ำหลัง

จากนั้นนำก้อนยางรีดด้วยลูกกลิ้งและทำให้แห้งด้วยการรมควันหรือผึ่งแห้งคุณภาพของยางแห้งขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของยาง

2.1.2 ยางคอมพาวน์ (Compound Rubber)

ยางพารามีสมบัติเด่นด้านความเหนียวติดกันดี สมบัติด้านการเจ็บรูปดี ความร้อนสะสมในขณะการใช้งานต่ำ แต่สมบัติด้านความทนทานต่อการขัดถู สมบัติความทนทานต่อน้ำมัน สมบัติความทนทานต่อความร้อนและโซโนนไม่มีดี จึงต้องมีการผสมยางพารากับสารตัวเติมและสารเคมีอื่นๆ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของยางให้ตรงกับความต้องการมากขึ้น หรือเพื่อปรับสมบัติการแปรรูปให้สามารถนำไปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ง่ายขึ้นหรือเพื่อลดต้นทุนการผลิต (สาววีร์ ก่อวุฒิกุล รังสี, 2547 ; พงษ์ธร แซ่อุบ, 2547 ; Haris et al., 2008) ทั้งนี้การปรับปรุงคุณสมบัติของยางขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปใช้งาน

การผสมยาง คือการทำให้ส่วนประกอบทั้งสารตัวเติมและสารเคมีถูกผสมเข้าไปในเนื้อยาง ได้อย่างทั่วถึง (Incorporation) มีการกระจายตัว (Distribution) และมีการแตกตัว (Dispersion) ของสารเคมีที่ติดในเนื้อยางด้วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นขณะทำการผสมและทำให้สารเคมีเหล่านั้นมีขนาดที่เล็กลง โดยเฉพาะสารตัวเติมเสริมแรง (Reinforced Agent) เป็นส่วนประกอบหลักที่จะทำให้ยางมีคุณสมบัติที่ดีตามต้องการ ในการผลิตรubber ว่าปัญหาการแตกตัว (Dispersion) พนบอยกว่าปัญหาการกระจายตัว (Distribution) (Mark E. Jame et al., 2005)

เงื่อนไขของการผสมยางตามทฤษฎีของการผสมยางที่ดีควรใช้เวลาในการผสมสั้นที่สุด เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงใช้พลังงานการผสมน้อย ลดต้นทุนด้านพลังงานทำให้ความร้อนเกิดขึ้นขณะผสมต่ำที่สุด เพื่อลดปัญหาของลายและเสื่อมคุณภาพจึงควรมีขั้นตอนการทำงานที่ง่ายและควบคุมปัจจัยต่างๆ เพื่อให้ได้ยางผสมที่มีคุณภาพ

2.1.3 สารเคมีสำหรับยาง

สารเคมีที่ใช้ในยางประกอบด้วย

2.1.3.1 ผงเม่าดำ (Carbon black) มีสีดำและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคปruz ภูมิอยู่ในช่วง 1-10 นาโนเมตร นิยมใช้เป็นสารเสริมแรงในอุตสาหกรรมยาง เพื่อเพิ่มความแข็งแรง ความทานต่อการลึกหรอและเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตให้แก่ผลิตภัณฑ์ยาง

2.1.3.2 ซิลิค้า (Silica) เป็นสารตัวเติมนิคเสริมแรง นิยมใช้ในอุตสาหกรรมยาง นอกเหนือจากเม่าดำ ซิลิค้าเป็นสารตัวเติมที่มีสีขาวและมีขนาดอนุภาคเล็กมากเมื่อเติมในยางจะมีสมบัติเชิงกลต่างๆ ดีขึ้น นิยมใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่มีสี เช่น พื้นรองเท้ากีฬา

2.1.3.3 แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ใช้ในการลดต้นทุน มีสีต่างกันบางชนิด มีการเคลือบผิวด้วยแคลเซียมสเตียรอลีฟท์ประมวลร้อยละ 1–3 เพื่อให้ผสมเข้ากันเนื้อยางดีขึ้นถ้าขนาดอนุภาคใหญ่จะไม่เสริมแรงแต่ถ้ามีขนาดอนุภาคเล็กขึ้นเป็นสารตัวเดิมก็จะเสริมแรง

2.1.3.4 ตินขาว (Clay) มีสีขาวจนไปถึงสีครีมสามารถเสริมแรงได้น้อยถึงปานกลางที่นิยมใช้ได้แก่ Kaolin และ China Clay

2.1.3.5 สารป้องกันการเสื่อม (Antidegradants) เป็นสารเคมีที่เติมในยางเพื่อลดอัตราการเสื่อมสภาพของยางเนื่องมาจากการปัจจัยต่างๆ เช่น ออกร่อง ความร้อน แสงแดด และโอโซน แบ่งออกเป็นสารป้องกันการเสื่อมสภาพจากการเกิดปฏิกิริยา กับอกร่อง (Antioxidant) และสารป้องกันการเสื่อมสภาพจากการเกิดปฏิกิริยา กับโอโซน (Autiozonant)

2.1.3.6 สารช่วยในกระบวนการผลิต (Processing Aid) เพื่อให้กระบวนการผลิตขั้นตอนต่างๆ เช่น การผสม (Mixing) หรือการขึ้นรูป (Shape Forming) ทำได้ง่ายยิ่งขึ้น สารบางตัวช่วยลดความหนืดของยางผสมทำให้ยางไหลลง่ายขึ้นทำให้สามารถลดระยะเวลาและพลังงานในการผลิตยาง

2.1.3.7 สารกระตุ้น (Activator) คือ สารเคมีที่ทำหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยาได้รวดเร็วขึ้นสารกระตุ้นที่นิยมใช้คือ ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide, ZnO) และกรดสเตียริก (Stearic Acid)

2.1.3.8 สารหน่วงปฏิกิริยา (Retarder) เพื่อลดอัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยา วัลคานิซ เขี้ยวช่วยเพิ่มระยะเวลา ก่อนที่ยางจะเริ่มเกิดปฏิกิริยาคงรูปทำให้ลดการเกิดยางลายขณะที่ทำการผสมยาง

2.1.3.9 สารตัวเร่ง (Accelerator) คือสารเคมีที่เติมด้วยปริมาณเล็กน้อย เพื่อช่วยลดเวลาสำหรับการคงรูปยาง

2.1.3.10 กำมะถัน (Sulphur) มีลักษณะเป็นผลึกของเหลวสีเหลืองที่อุณหภูมิห้องเป็นสารเคมีใช้เป็นตัวเรื่อง โดยระหว่างไม่เกลูลของยางทำให้ยางเกิดการคงรูป

2.1.3.11 สี (Pigment) คือสารให้สีเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ยางให้ได้สีสันตามความต้องการของผู้ผลิต

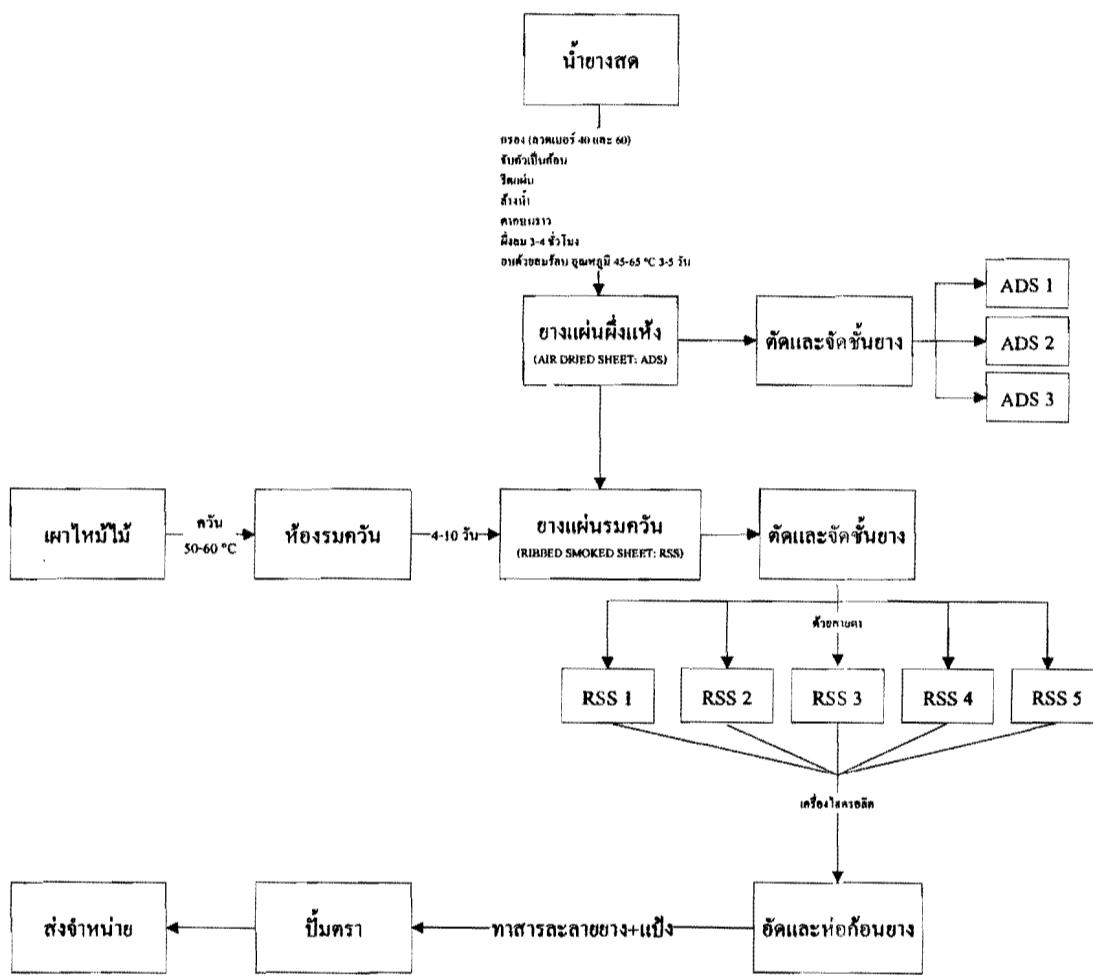
2.1.3.12 น้ำมันหรือสารที่ทำให้ยางนิ่ม (Oil, Softener) เป็นสารปริมาณเล็กน้อยเติมเพื่อลดความหนืดของยาง ให้สามารถง่ายขึ้นทำให้สารเติมแต่งกระจายตัวได้ดีขึ้น

2.1.3.13 สารเพิ่มความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Plasticizer) ลดความแข็ง เปราะเพิ่มสมบัติการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำได้ดีขึ้น

2.1.3.14 สารเคมีอื่นๆ (Additives) คือสารเคมีที่เติมเพียงเล็กน้อยเพื่อปรับปรุงสมบัติ ต่างๆ เช่น สารต้านทานการติดไฟ (Flame Retardant) สารเสถียรต่อรังสี-ultraviolet (Ultraviolet Stabilizer) เป็นต้น ตามต้องการสารเคมีกลุ่มนี้ก่อให้รวมว่าสารเติมแต่ง (Chandrasekaram, 2007)

2.1.4 กระบวนการผลิตยางแผ่น

คุณภาพของยางแผ่นดินขึ้นอยู่กับวิธีการผลิต การทำยางแผ่นชั้นดีมีหลักการสำคัญ คือ ทำยางให้สะอาด รีดแผ่นยางให้บาง สีของแผ่นยางสม่ำเสมอซึ่งมีขั้นตอนการทำดังแสดงในภาพที่ 2.1 ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.1 การผลิตยางแผ่น (เสาวนีย์ ก่ออุณิคุลรังสี, 2547)

2.1.4.1 ขั้นตอนในการผลิตยางแผ่นหลังจากที่ได้น้ำยาหามาแล้ว

1) กรองน้ำยาหามด้วยตะกรงขนาด 40 และ 60 เมช เพื่อแยกสิ่งสกปรก ในไม้เปลือกไม้ที่ติดปนมาออกไป

2) เติมน้ำยาหาม น้ำสะอาดและกรดฟอร์มิกในปริมาณ 3000, 2000 และ 390 มิลลิลิตร ตามลำดับ

3) วนให้เข้ากันแล้วกวาดฟองน้ำยาหามที่เกิดจากการกวนออกจากตะกรงให้หมดเก็บรวบรวมใส่ภาชนะไว้ขายเป็นเศษยางชิ้นดี ถ้าไม่กวาดฟองน้ำยาหามออกเมื่อน้ำยาหามไปรวมกันจะเห็นฟองอากาศในแผ่นยางทำให้ได้ยางชิ้นต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

4) ใช้แผ่นสังกะสีหรือวัสดุอื่น ปิดตะกรงเพื่อป้องกันมิให้ผุนละอองหรือสิ่งสกปรกตกลงในน้ำยาหามที่กำลังจับตัวทึบไว้ประมาณ 30-45 นาที

5) เมื่อยางจับตัวโดยสมบูรณ์แล้ว ให้เติมน้ำสะอาดลงไปอีกจนคลุมผิวยาง ทำให้ยางที่จับตัวหลุดออกจากขอบตะกรง

6) นวดก้อนยางบนโต๊ะให้ได้ยางที่บางค่อนข้างสม่ำเสมอประมาณ 1 เซนติเมตร นำยางที่นวดแล้วเข้าเครื่องรีดลีน 3-4 ครั้ง จนได้แผ่นยางหนาประมาณ 3-4 มิลลิเมตร จึงนำไปเข้าเครื่องรีดลายดอกครั้งสุดท้าย ได้ยางแผ่นมีความหนาเฉลี่ย 2.8-3.2 มิลลิเมตร

7) ล้างยางแผ่นด้วยน้ำสะอาด เพื่อล้างเอาคราบกรดออกให้หมด แล้วนำไปผึ่งลม 3-4 ชั่วโมง แล้วจึงอบด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 45-65 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 3-5 วัน ก็จะได้ยางแผ่นผึ่งแห้ง

8) สำหรับการทำยางแผ่นรมควัน นำยางแผ่นผึ่งแห้งเข้าโรงรมควัน อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 4-10 วัน แล้วจัดชั้นด้วยสายตา บรรจุหินห่อรอการจำหน่าย (สถาบันวิจัยยาง, 2551)

จากระบวนการผลิตยางแผ่นคุณภาพชั้นดีสามารถสรุปได้ว่า การนำน้ำยาหามมาใช้ในกระบวนการผลิตยางแผ่นนั้น ต้องใช้น้ำยาหามที่ปราศจากสิ่งเจือปน โดยการกรองน้ำยาหามสุดผ่านตะกรงขนาด 40 และ 60 เมช จากนั้นจึงนำน้ำยาหามสุดเทลงบนตะกรง โดยกวนน้ำยาหามสุด น้ำสะอาดและกรดฟอร์มิกให้เข้ากันอย่างช้าๆ เพื่อไม่ให้เกิดฟองอากาศในน้ำยาหาม แล้วปัดฟองยางที่เกิดขึ้นออก ปล่อยให้น้ำยาหามจับตัวโดยสมบูรณ์ หลังจากนั้นให้เติมน้ำสะอาดลงไปอีกจนคลุมผิวยาง เพื่อป้องกันไม่ให้ผิวยางสัมผัสถูกอากาศและยางที่จับตัวหลุดออกจากขอบตะกรง แล้วจึงนำยางแผ่นเข้าเครื่องรีดลีนและรีดลายดอก ล้างยางแผ่นด้วยน้ำสะอาด และนำไปผึ่งลมหรืออบให้แห้งด้วยความร้อน สำหรับยางแผ่นรมควัน

น้ำหนักตัวของน้ำยาที่ต้องใช้ในการทดสอบคุณภาพน้ำยาที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 4-10 วัน แล้วจัดซื้อด้วยสายตา

2.2 ทฤษฎีการทดสอบคุณภาพน้ำยา

2.2.1 การทดสอบคุณภาพน้ำยา

2.2.1.1 การทดสอบปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยา (Total Solid Content, TSC)

การทดสอบปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยา หมายถึง ปริมาณของส่วนที่เป็นเนื้อยาทั้งหมดในน้ำยารวมกับสารอื่นๆ ที่เป็นของแข็งและไม่ใช่ยาซึ่งจะคงเหลือเป็นพิล์มยา ภายหลังจากการทำให้แห้งด้วยอุณหภูมิทดสอบและบรรยายกาศที่กำหนดตามมาตรฐาน ASTM 1076-80

ตารางที่ 2.1 วิธีการหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยา (TSC)

รายการ	วิธีของ ASTM 1076 - 80
น้ำหนักตัวอย่างน้ำยา, กรัม	2.5 ± 0.5
ขนาดงาน	เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 ซม.
อุณหภูมิและเวลา	$70 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 16 ชม. หรือ $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 2 ชม.
ความแตกต่างระหว่างผลการทดลอง 2 ครั้ง	ร้อยละ 1.5

วิธีการทดสอบสำหรับน้ำยาขั้นให้ทดสอบโดยการอบภายใต้ความดันบรรยายกาศ

- (1) ชั่งและบันทึกน้ำหนักที่แน่นอนของงานแก้ว
- (2) เทน้ำยาลงในงานแก้วประมาณ $2.0 \text{ กรัม} \pm 0.5$ กรัม ชั่งและบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
- (3) เอียงงานแก้วแล้วหมุนเข้าๆ เพื่อให้น้ำยาแผ่กระจายทั่วงานแก้ว (อาจเติมน้ำกลิ้นหรือน้ำบริสุทธิ์เทียนเท่าน้ำกลิ้นประมาณ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับน้ำยาในงานแก้วก่อน)
- (4) นำงานแก้วไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot-Air Oven) โดยให้งานแก้วอุ่นในแนวระนาบและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง หรือที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งแห้งข爽
- (5) นำงานแก้วออกจากตู้อบทำให้เย็นในโถแก้วคุณสมบัติชั่งและบันทึกน้ำหนัก
- (6) ในการผิวที่ใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส ให้อบต่ออีก 30 นาทีหรือในกรผิวที่ใช้อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ± 5 องศาเซลเซียส ให้อบต่ออีก 15 นาที ทำซ้ำข้อข้างบน

(7) ทำซ้ำข้อข้างบนจนน้ำหนักที่บันทึกสองครั้งหลังแตกต่างกันไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมปริมาณของเชิงทั้งหมด

$$\text{ร้อยละ} = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \quad (2.1)$$

เมื่อ m_0 กือน้ำหนักตัวอย่างทดสอบก่อนอบ หน่วยเป็นกรัม
 m_1 กือน้ำหนักตัวอย่างทดสอบหลังอบ หน่วยเป็นกรัม
 ผลการทดสอบสองซ้ำต่างกันได้ไม่เกิน 0.2 หน่วย (% , m/m)

2.2.1.2 การทดสอบปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC)

ปริมาณเนื้อยางแห้ง หมายถึง ปริมาณของส่วนที่เป็นเนื้อยางแห้งทั้งหมดในน้ำยางจากการทำให้น้ำยางจับด้วยกรดอะซิติกภายในกระบวนการคุณภาพการจับตัวตามมาตรฐาน ASTM 1076-80

วิธีการทดสอบ

- (1) 1 ทััวอย่างน้ำยางลงในajan ให้ได้น้ำหนัก 10 กรัม ± 1 กรัม ซึ่งน้ำหนักโดยวิธีหักกลบจากความชื้นบันทึกน้ำหนัก
- (2) จึงหักกลบด้วยเท้าด้านในของajan หมุนจากซ้ายขวา บนพื้นเรียบอย่างระมัดระวังเพื่อให้น้ำกับตัวอย่างทดสอบเป็นเนื้อเดียวกันเติมสารละลายกรดอะซิติก
- (3) กรณีตัวอย่างทดสอบที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียมเนยเติมสารละลายกรดอะซิติกจำนวน 75 ลูกบาศก์เซนติเมตร ± 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ภายใต้เวลา 5 นาที โดยเทจากด้านในของajan เอียงจากและหมุนอย่างซ้ำๆ ใช้แท่งแก้วกดแผ่นยางที่จับตัวให้ผิวน้ำของกรดเบาๆ วางกระจากนาพิกาปิดบนajan ประมาณ 15-30 นาที จนได้เชรุ่นใส ถ้าเชรุ่นไม่ใสเติมเอทานอล จำนวน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- (4) เมื่อเชรุ่นใสให้ร่วมยางที่จับตัวทั้งหมดเข้าด้วยกันถังด้วยน้ำพร้อมทั้งทดสอบความเป็นกรดของน้ำด้วยกระดาษลิตมัสจนกระทั่งกระดาษลิตมัสไม่เปลี่ยนสี
- (5) กรณีตัวอย่างทดสอบที่รักษาสภาพด้วยโพแทสเซียมไนโตรอิไซด์ เติมสารละลายกรดอะซิติกจำนวน 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ± 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน

และใช้น้ำล้างน้ำยาที่จับตามแห่งแก้วลงไปในงานให้หมดใช้แห่งแก้วลดแผ่นยางที่จับตัวได้พิเศษของกรดเบาๆ วางกระজานาพิกานปีคนงานงานบนอ่างไว้น้ำเป็นเวลาประมาณ 15-30 นาที

(6) กด ยางจับตัวเพื่อไถ่น้ำออกให้ได้แผ่นยางที่มีความหนาสามมิลลิเมตร

(7) ก รีฟที่น้ำยาที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียให้ล้างแผ่นด้วยน้ำไหลผ่านเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 5 นาที และน้ำยาที่รักษาสภาพด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ให้ล้างแผ่นยางด้วยน้ำไหลผ่านเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง ปล่อยให้แผ่นยางหมายก่อนอนแห้ง

(8) บ แผ่นยางที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส จนกระทั่งไม่มีจุดขาวถ้าวางแผนแผ่นยางบนกระจานาพิกานให้กลับข้าง 2-3 ครั้ง ในช่วง 2-3 ชั่วโมงแรก

(9) ท ำให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้นชั่งและบันทึกน้ำหนัก

(10) ทำซ้ำตามข้อ 8 โดยใช้เวลาอ่อน 30 นาที และข้อ 9 จนน้ำหนักที่บันทึกสองครั้งหลังแตกต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม จากสมการที่ (2.1)

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } m_0 & \text{ คือน้ำหนักตัวอย่างทดสอบ หน่วยเป็นกรัม} \\ m_1 & \text{ คือน้ำหนักของแผ่นยางแห้ง หน่วยเป็นกรัม} \\ \text{ผลการทดสอบสองชั้นต่างกันได้ไม่เกิน } & 0.1 \text{ หน่วย (\%, m/m)} \end{aligned}$$

2.2.2 การทดสอบสมบัติเชิงกล

2.3.2.1 ความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength, T.S.)

เป็นค่าแรงดึงสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หรือค่าความเค้นสูงสุดที่ใช้ในการดึงชิ้นทดสอบขนาดที่อัตราเร็วในการดึงคงที่ ซึ่งมีหน่วยเป็นเมกะพาสกาล (MPa หรือ N/mm²) ยางแต่ละชนิดจะมีค่าความทนต่อแรงดึงแตกต่างกัน ยางที่สามารถแตกผลึกได้ขณะที่ถูกดึงหรือได้รับความเครียด (Strain Induced Crystallization) เช่น ยางพารา และยางคลอโรพրีนจะมีค่าความทนต่อแรงดึงสูงกว่ายางที่ไม่สามารถแตกผลึกได้ การเติมสารชนิดต่างๆ รวมถึงระบบการคงรูปส่งผลโดยตรงต่อสมบัติแรงดึงของยาง โดยทั่วไปค่าความทนต่อแรงดึงของยางจะอยู่ในช่วง 7 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับชนิดของยางและการทดสอบเคมี

2.2.2.2 การยืดตัวหรือความเครียด (Elongation or Strain)

การยืดตัวของชิ้นงานที่เกิดขึ้นจากแรงดึง จะแสดงในรูปของร้อยละการยืดตัว เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวตั้งต้น เช่น การยืดตัวที่ร้อยละ 300 หมายถึงชิ้นทดสอบถูกยืดออกไปจนมี

ความยาวเป็น 4 เท่าของความยาวเริ่มต้น ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at Break, E_B) คือระดับการยืดตัว ณ จุดขาดของชิ้นทดสอบซึ่งค่าความเค้น ณ จุดนี้คือค่าทันต่อแรงดึง โดยทั่วไปการยืด ณ จุดขาด ของยางอยู่ระหว่างร้อยละ 100 ถึงมากกว่าร้อยละ 1,000 ชิ้นอยู่กับชนิดของยางและสูตรการผสมเคมี ส่วนค่าความเครียดกีลัมพันรัตน์กัน โดยตรงกับค่าความยืดตัวของยางเนื่องจากค่าความเครียด คืออัตราส่วนของระยะที่ยางยืดต่อความยาวต้นของยาง เมื่อยางยืดมากขึ้นค่าความเครียดของยางก็จะสูงขึ้นเท่านั้น

2.2.2.3 โมดูลัส (Modulus, M)

ค่าโมดูลัสหมายถึงความเค้น ที่ต้องใช้ในการยืดยางให้ได้ค่าการยืดตัวตามที่กำหนดไว้ เช่น หากยางมีค่าร้อยละ 100 ของการยืดตัวจะต้องใช้ความเค้นเท่ากับ 5 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร เนื่องจากค่าโมดูลัสจะสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการด้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยาง ดังนั้นจึงนิยมใช้ค่าโมดูลัสของยางในการบ่งชี้สมบัติความแข็งแกร่ง (Stiffness) และระดับการเชื่อมโยง (Vulcanization Degree) ของยาง โดยทั่วไปค่าร้อยละ 100 โมดูลัสของยางอยู่ในช่วง 1 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ถึงมากกว่า 13 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ชิ้นอยู่กับชนิดของยางและสูตรการผสมเคมี

2.2.2.4 ความด้านทานต่อการฉีกขาดของยางแผ่น (Tear Strength)

ผลิตภัณฑ์ยางอาจเกิดการฉีกขาด (Tear Strength) ในระหว่างการใช้งาน อันเนื่องมาจากการขยายตัวของรอยแตกทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการฉีกขาดจนกระหักไม่สามารถใช้งานต่อไปได้อีก การฉีกขาดมีแนวโน้มจะเกิดได้ในบริเวณที่มีการสะสมของความเค้น (Stress Concentration) โดยเฉพาะบริเวณที่มีรอยบากหรือรอยต่อหน้าต่างๆ ค่าความด้านทานต่อการฉีกขาด คือแรงที่มากที่สุดต่อหนึ่งหน่วยความหนาที่ต้องใช้ในการฉีกชิ้นตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน มีหน่วยเป็น นิวตันต่อมิลลิเมตร (N/mm) ความด้านทานต่อการฉีกขาดชิ้นอยู่กับระดับของการเชื่อมโยง ยางที่ได้รับการคงรูปที่อุณหภูมิต่ำและใช้ระยะเวลาในการคงรูปน้อยจะมีความด้านทานต่อการฉีกขาดสูง โดยทั่วไป ผลิตภัณฑ์ยางที่ผลิตจากยางที่มีค่าความด้านทานต่อการฉีกขาดต่ำ เช่น ยางซิลิโคน จำเป็นต้องเพิ่มความระมัดระวังในการขนส่งและติดตั้งเพื่อหลีกเลี่ยงโอกาสที่จะทำยางเสียหายในระหว่างการใช้งาน

2.3 ทฤษฎีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง

ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางจากยางแห้ง เริ่มต้นโดยการออกแบบสูตร วิธีการขึ้นรูป เป็น ผลิตภัณฑ์ตลอดจนสมบัติทางเคมีหรือทางกายภาพที่ต้องการ โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.3.1 การบดยาง (Mastication)

การบดยางเป็นการบดเพื่อให้ยางนิ่มโดยเฉพาะอย่างยิ่งในยางธรรมชาติ เนื่องจากมีน้ำหนักไม่เลกสูงจึงทำให้นิ่มหรืออ่อนตัวลง โดยการทำให้ไม่เลกสูตรีกขาดซึ่งจะได้น้ำหนักไม่เล็กเล็ก

ลงจ่ายต่อการผสมสารเคมี ส่วนยางสังเคราะห์มีการควบคุมน้ำหนักโมเลกุลจึงไม่จำเป็นต้องบดให้นิ่ม หรืออาจใช้สารเคมี (Softeners) บางชนิดผสมเป็นการช่วยให้โมเลกุลยางขาดเร็วขึ้น

2.3.1.1 เครื่องบดผสมระบบเปิด (Open-Milled Mixer) ประกอบด้วยลูกกลิ้งทำด้วยเหล็กหล่อ (Cast Iron) ผิวเรียบเรียงขนาดกันในแนวนอน ลูกกลิ้งลูกหน้าจะมีสกรูสำหรับปรับช่องระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองมี Guide หรือ Check สำหรับปรับปริมาณการใส่ยาง และที่สำคัญมีระบบความปลอดภัยสำหรับป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น และระบบติดตั้งระหว่างสกรูสำหรับปรับช่องระหว่างลูกกลิ้งกับ Bearing Housing ของลูกกลิ้ง ซึ่งจะทำให้ช่องระหว่างลูกกลิ้งเปิดออกเมื่อเกิดการใช้งานเกินกำลัง

2.3.2 การบดยางผสมสารเคมี (Mixing)

ในการบดยางผสมมีการใช้เครื่องบดผสม 2 ระบบ ได้แก่

2.3.2.1 การบดผสมโดยเครื่องระบบเปิด (Mill Mixing) วิธีการเริ่มต้นด้วยใส่ยางลงที่ช่องระหว่าง 2 ลูกกลิ้ง จากนั้นยางผ่านมาช่องระหว่างลูกกลิ้ง จะมีลักษณะวนตกลงบนถาดรองรับให้ลูกกลิ้ง เมื่อบดต่อไปยางจะเริ่มอ่อนนิ่มลงสามารถที่จะจับให้พันรอบลูกกลิ้งได้ ซึ่งระยะเวลาในการบดขึ้นอยู่กับความกว้างของช่องห่างระหว่างลูกกลิ้งและอุณหภูมิของลูกกลิ้งด้วย เมื่อยางเกาะพันรอบลูกกลิ้ง จากนี้จึงเดินสารต่างๆ ลงบนกองยางหนึ่งช่องห่างระหว่าง รองกระทั้งยางดุดึงเอาสารต่างๆ เข้าไปบดผสมปนทัวร์ในเนื้อยาง ซึ่งขณะบดผสมช่วงนี้จะต้องใช้มีดตัดยางกคลึงข้างหนึ่งข้างใดของลูกกลิ้งลูกหน้าและเลื่อนมีดตามแนวยาวของลูกกลิ้ง ขณะที่ลูกกลิ้งหมุนม้วนยางที่ถูกตัดโดยไขย่างที่ม้วนคงอยู่บนลูกกลิ้ง แล้วสังเกตกองยางบนช่องห่างระหว่างลูกกลิ้งเมื่อ กองยางหมดไป จึงใส่ม้วนยางกลับคืนเข้าไปบดตัดยางด้วยวิธีดังกล่าวสลับข้างซ้ายขวาของลูกกลิ้งลูกหน้าจนสารต่างๆ ได้ผสมกันเคล้าทัวร์ในเนื้อยาง จึงใช้มีดตัดยางและรีดเป็นแผ่นออกจากเครื่องม้วนยางผ่านช่องห่างระหว่างลูกกลิ้งอีกประมาณ 6 ครั้ง โดยปรับให้ช่องห่างนี้แคบเพื่อจะได้รีดยางที่ผสมสารเคมีแล้วย่างทัวร์

2.3.2.2 การบดผสมโดยเครื่องระบบปิด (Internal Machine Mixing) การบดผสมยางกับสารเคมีในเครื่องบดระบบปิด จะบดยางผสมกับสารอื่นๆ ยกเว้นสารพวกซัลเฟอร์และสารเร่งปฏิกิริยา Yang กงรูปการบดยางผสมกับสารต่างๆ ในเครื่องระบบปิดจะเน้นถึงระยะเวลาการบด ลำดับการเดินสาร ตลอดจนอุณหภูมิขณะบดสารพวกน้ำมันและแวกซ์จะถูกใส่บดผสมพร้อมกับสารอื่นๆ จนอุณหภูมิขึ้นสุดท้ายของการบดถ้าสูงหรือต่ำเกินไปจะทำให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น เกิด Carbongel, Blister, Blooming และเกิดการกระจายของสารเคมีไม่ทัวร์ในเนื้อยาง อุณหภูมิของยางที่บดยางเมื่อผสมเสร็จแล้วจะมีอุณหภูมิประมาณ 110 – 120 องศาเซลเซียส

2.3.3 การขึ้นรูปยาง (Forming)

2.3.3.1 การใช้แม่พิมพ์ (Molding) ขึ้นรูปยางเป็นวิธีการที่ทำให้ยางเกิดเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์พร้อมกับการเกิดปฏิกิริยาของยางคงรูป โดยความร้อนและแรงอัดแม่พิมพ์ที่ใช้จะก่อให้เกิดรูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ แม่พิมพ์มีแบบต่างๆ คือ แบบอัด (Compression) แบบถ่ายผ้า (Transfer) และแบบฉีด (Injection)

2.3.3.2 การอัดยางผ่านดาย (Die) เป็นเครื่องมือที่ทำงานโดยการอัดท่ออาศัยแรงอัดจากแรน (Ram) หรือแรงอัดจากกระบวนการหุนของสกรู (Extruder) จากนั้นดันยางไปยังส่วนหัวของเครื่องซึ่งมีรูปร่างต่างๆ ตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ ยางจะออกจากดายเป็นชิ้นยาวและมีรูปลักษณะตามดายชนิดของเครื่อง

2.3.3.3 การใช้เครื่องคานเดอร์เป็นเครื่องที่ประกอบด้วยชุดของถุงกลึงจำนวนต่างๆ กีอี 2, 3 และ 4 ถุงกลึง ซึ่งนำมาจากเหล็กหล่อผิวน้ำชาดเรียน เพื่อใช้ในการรีดยางเป็นแผ่นเรียบมีความหนาและความกว้างสม่ำเสมอ ผ่านยางบางบนผ้าหรือแผ่นไขลวด (Coating) และรีดอัดยางเป็นพิล์มนาง อัดลงในเนื้อผ้า โดยอาศัยแรงเสียดทาน (Friction) ระหว่างถุงกลึง

2.3.3.4 การฉาบสารละลายยางบนผ้าหรือวัสดุสีน้ำเงิน เป็นการฉาบหรือเคลื่อนยางบนผ้าโดยให้ยางแผ่นกระจายทั่วผิวน้ำ (Spreading) โดยนำยางที่ผสมสารเคมีด้วยเครื่องบดผสมยางแบบ 2 ถุงกลึง ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วในตัวทำละลาย จากนั้นทำให้สารละลายยางมีความเข้มข้นมากจนอยู่ในสถานะคล้ายน้ำดีเป็นก้อนน้ำที่เรียกว่า "Dough" แล้วนำอุปกรณ์การฉาบยางบนผ้าประกอบด้วยใบมีดตีดอยู่กับที่เรียกว่า Doctor เกลี่ยยางและฉาบอย่างสม่ำเสมอ ผ้าที่ผ่านได้ใบมีดถูกฉาบด้วยยางแล้วจะเคลื่อนไปผ่านความร้อน (Heated Chest) เพื่อให้ตัวทำละลายยางระเหยออกจากผ้า โดยกรรมวิธีที่จะเก็บตัวทำละลายกลับมาใช้อีกด้วยการให้ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นตัวดูดซับ แล้วจึงนำไปสักด้วยกาวตัวทำละลายภายหลัง

2.3.4 การทำให้ยางคงรูป (Vulcanization)

การทำให้ยางคงรูป ด้วยการทำให้ยางเกิดปฏิกิริยาเชื่อม อย่างระหว่างไม้เลกุลและเป็นผลทำให้เพิ่มความหยุ่นตัวและลดความเสียรูปทรงของยางเมื่อปล่อยยางให้เป็นอิสระจากแรงที่กระทำให้เสียรูป วิธีการที่ทำให้ยางคงรูปมีหลายวิธีซึ่งการเลือกใช้วิธีต่างๆ นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์

2.3.4.1 วิธีทำให้ยางคงรูปโดยใช้เครื่องอัด (Vulcanization in press) ใช้กับการทำผลิตภัณฑ์ยางชนิดที่ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบอัดหรือแบบถ่ายผ้า

2.3.4.2 วิธีทำให้ยางคงรูปแบบเปิด (Open cure) ใช้สำหรับการทำผลิตภัณฑ์ยางชนิดที่ไม่ต้องการความแน่นอนของรูปร่าง โดยแม่พิมพ์การใช้คำว่า "เปิด" เพื่อชี้ให้เห็นว่าความร้อนที่ทำให้ยาง

คงรูปนั้นหมุนเวียนอย่างเป็นภายนอกในตู้หรือภาชนะอบ วิธีการที่จะยืดให้ยางที่ยังไม่คงรูปมีรูปร่างตามต้องการนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะหรือชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่น ใช้แกนอะลูминิเนียมสอดเข้าไปร่วงของห่อยาง เป็นต้น

2.3.4.3 วิธีทำให้ยางคงรูปโดยระบบต่อเนื่อง (Continuous Vulcanization) ซึ่งอาศัยความร้อนจากระบบความดันไออกซ์ ความร้อนจากไฟฟ้า ความร้อนจากระบบไมโครเวฟ (Microwave) และจากระบบอื่น วิธีการนี้เหมาะสมที่จะใช้บนผลิตภัณฑ์ยางที่มีความยาวต่อเนื่องมากๆ เช่น ห่อยาง สายเก็บเสียง เป็นต้น

2.3.5 การตกแต่งผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย (Decoration)

การตกแต่งขั้นผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีวิธีการหลากหลายแบบและการเลือกวิธีการนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของขั้นผลิตภัณฑ์ (ชุมนุมสหกรรมอุตสาหกรรมยางพาราภาคใต้ จำกัด, 14 ก.ย. 2555) ได้แก่

2.3.5.1 การกำจัดยางส่วนเกิน ทำได้โดยการใช้กรรไกรหรือมีดตัดยางส่วนเกินออกใช้วัสดุผิวหนานทำการขัดถูหรือใช้อุณหภูมิต่ำ ทำให้ยางส่วนเกินแข็งตัวแล้วใช้แรงกระทำให้หักออก

2.3.5.2 การปืนเจาะตัดยางส่วนเกิน

2.3.5.3 การเจียรผิวยาง

2.3.5.4 การพ่นทราย

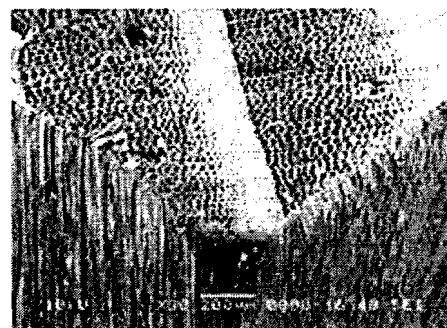
2.3.5.5 การทาสีและเคลือบเงา

2.3.5.6 การปรับสภาพผิวด้วยสารเคมี

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับต้นไม้

การแบ่งประเภทไม้โดยอ้างอิงจากวิชาการทางพุกมศาสตร์สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ชนิด คือ

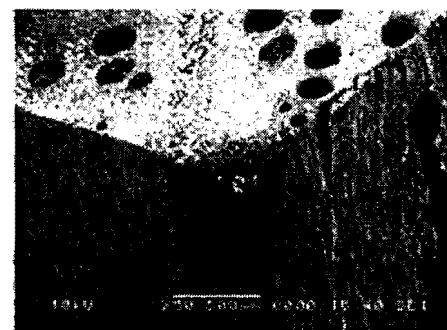
2.4.1 ไม้เนื้ออ่อน (Softwoods)



ภาพที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างไม้เนื้ออ่อน (บางรักษ์ เซழสูสิงห์, 2550)

เป็นไม้ที่ได้จากต้นไม้พวงสน ลักษณะใบเรียวเล็ก (Needle Leaves) ผลมีรูปลักษณะเป็นรูปทรงกรวย (Cone) ต้นไม้พวงนี้ส่วนมากขึ้นอยู่ในที่สูงมีอากาศเย็นในประเทศที่มีอากาศหนาว (Temperate Regions) ลักษณะโครงสร้างของไม้เนื้ออ่อนเป็นแบบธรรมชาติซึ่งแตกต่างจากไม้เนื้อแข็ง อย่างชัดเจน มีความเหมาะสมในการใช้งานก่อสร้างได้ง่ายต่อการใช้งานแต่เมื่อน้ำหนักเบาและแข็งพอที่จะใช้สำหรับงานก่อสร้างโดยทั่วไป เช่น ไม้อินทนิล ไม้ยางแดง ไม้กระดินธงค์ ไม้พะยอม ไม้ทำมัง ไม้ตะบูนขาว ไม้ยูคาลิปตัส ไม้กะบาก ไม้กระเจา ไม้กواด เป็นต้น

2.4.2 ไม้เนื้อแข็ง (Hardwoods)



ภาพที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างไม้เนื้อแข็ง (บางรักษ์ เซழสูสิงห์, 2550)

เป็นไม้ที่ได้มาจากต้นไม้มีใบกว้าง (Broad Leaved Trees) ซึ่งเป็นไม้จำนวนมากที่มีอยู่ในป่าไม้ของประเทศไทย ลักษณะโครงสร้างของไม้เนื้อแข็งมีความซับซ้อนกว่าไม้เนื้ออ่อน และมีลักษณะแตกต่างระหว่างไม้เนื้อแข็งด้วยกันเองมากทั้งในด้านความแข็งแรงของการรับน้ำหนักและความแข็งของเนื้อไม้ เช่น ไม้ເອົກ ไม້ຫຸ່ມພວ ໄນເສລາ ໄນສັກເງິນໄວ ໄນມະຂານ ໄນເລີຍນັນ ໄນຮັງ ໄນກະບົກ ໄນຍິນທິນ ໄນມະຄ່າໂນມງ ໄນມະເກລືອເລືອດ ໄນປະຕູ່ ໄນເຕີ້ງ ໄນຕະບູນດຳ ໄນຕະກົອໜານ ໄນຕະກົວໄຈ ໄນແດງ ໄນກັນເກຣາ ເປັນດັນ

ตารางที่ 2.2 ค่าความแข็งแรงในการดัดไม้ແห้ง (บางรักย์ เ泽ยูสิงห์, 2550)

	ความแข็งแรงในการดัด (กก./ ㎠)	ความทนทานตามธรรมชาติ (ปี)
ไม้เนื้อแข็ง	สูงกว่า 1,000	สูงกว่า 6
ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	600-1,000	2-6
ไม้เนื้ออ่อน ต่ำกว่า	600	ต่ำกว่า 2

2.4.3 วิธีการเผาถ่านด้วยเตาอิวะเตะ

เตาอิวะเตะเป็นเตาเผาถ่านประเพณีนี้ มีต้นแบบมาจากการเมืองอิวะเตะ ประเทศญี่ปุ่น เตานี้มีโครงสร้างถาวรสร้างโดยใช้ศินเห็นiyuที่หาได้ในห้องถิน สามารถผลิตถ่านคุณภาพสูงได้ดีเยี่ยม และมีข้อได้เปรียบในเรื่องของการควบคุมอากาศและควบคุมกระบวนการที่ทำให้ไม้กลวยเป็นถ่านด้วย “กระบวนการคาร์บอนไนเซชัน” (Carbonization) ได้ดีกว่าเตาเผาถ่านประเภทอื่น การลงทุนอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับผลผลิตที่ได้ นอกเหนือนี้ยังมีผลพลอยได้จากการกระบวนการเผาถ่าน คือ “น้ำส้มควันไม้” หรือ Wood Vinegar ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในเกษตรกรรมธรรมชาติได้

ลักษณะเด่นของเตาอิวะเตะ คือสามารถเผาถ่านได้ปริมาณมากและเป็นปืนถ่านอ้อย ถ่านไม้ที่ได้หลังจากการเผาจะมีลักษณะเหมือนกับไม้ก่อนเข้าเตาเผา ถ่านจะกรุ๊ปเดิมเพราบนเตาอิวะเตะจะไม่ทำให้หอนไม้แตกหักและถ่านที่ออกมายังไห้ปริมาณมากกว่าการเผาแบบเตาหัวไป ให้ถ่านความร้อนสูงมีสารก่อมะเร็งต่ำ เนื่องจากถ่านกระบวนการทำถ่านให้บริสุทธิ์ โดยการไล่น้ำมันtar (Tar) ออกจากถ่านไม้ ควบคุมกระบวนการเผาให้มีอัตราความร้อนอย่างหนาป่องกันการสูญเสียความร้อนสามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพและได้ปริมาณมากกว่าเตาประเภทอื่นๆ และถ้า

นำถ่านที่ได้ไปใช้ร่วมกับเดาหุ่งต้มประสีทริภพสูงก็จะช่วยเพิ่มประสีทริภพของการใช้งานและประหัดมากขึ้น

วัตถุคิดที่ใช้ในการสร้างเดา คือ น้ำ ดินเหนียว แกลบ และไม้ไผ่ เริ่มต้นด้วยการนำดินเหนียว แกลบ และน้ำมาผสมแล้วข้าส่วนผสมให้เข้ากันเมื่อไหส่วนผสมที่พอเหมาะสมคือ ไม่เหลวและแข็งจนเกินไปแต่วน้ำมาปืนดินบล็อกและตากแดดให้แห้งเพื่อเตรียมทำเดาต่อไป จากนั้นนำดินบล็อกมา ก่อเดาเป็นรูปหยอน้ำสูง 1 เมตร โดยเริ่งซ่องเพื่อทำปากเดาและปล่องกวันทางด้านหลัง รอให้ดินแห้งสนิทแล้วนำไปปืนนาจัดเรียงให้เต็ม จากนั้นก่อโคนหรือหลังคาโดยนำไม้ไผ่มาทำโครงหลังคา ฉาบด้วยดินเหนียวผสมแกลบที่เตรียมไว้ทั้งเดาให้แห้งสนิทก่อนแล้วจึงทำการเผาถ่านต่อไป



ภาพที่ 2.4 ลักษณะของเดาอิว่าเดา (คลินิกเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 2551)

การเผาถ่านด้วยเดาอิว่าเดา จะใช้ไม้พินปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดความจุของเดา และต้องอาศัยกระบวนการเผาที่พิถีพิถัน เพื่อให้ได้ถ่านที่มีประสีทริภพสูงในที่นี้จะยกตัวอย่างขั้นตอน การเผาถ่านขนาด 10 คิวบิกเมตร โดยใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 0-400 องศาเซลเซียส ซึ่งมี 4 ขั้นตอน คือการไล่ความชื้นออกจากไม้พิน การเปลี่ยนจากไม้เป็นถ่าน การทำให้ถ่านบริสุทธิ์และการทำให้เย็นลงนี้

(1) การไล่ความชื้นออกจากไม้พิน โดยการก่อเชื้อเพลิงหน้าเดา

(2) เพื่อใช้ความร้อนเข้าไปทำงานปฏิกริยากับหònพินให้ถูกความร้อนและความความชื้นออกมาก หากไม้พินมีความชื้นมากก็ต้องใช้เวลาและเชื้อเพลิงในการไล่ความชื้นมากขึ้นด้วย ดังนั้นก่อนที่จะนำพินเข้าเดาเผาควรผึ่งแคคประมาณ 3-4 สัปดาห์

(3) การเปลี่ยนจากไม้เป็นถ่านจะนี้ไม่จะถูกใหม่และมีวันเสียหายจากปล่องกวันของเหลวที่ออกมานในช่วงนี้ไม่มีคุณสมบัติในการนำไปใช้ประโยชน์มากนัก ช่วงที่เหมาะสมในการเก็บน้ำสัมภានไม้คือช่วงที่กวันเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

(4) การทำให้ถ่านบริสุทธิ์ในกระบวนการเผาไม้เป็นถ่าน โดยทั่วไปจะมีอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส แต่การไถ่น้ำมันtar (Tar) หรือทำให้ถ่านบริสุทธินั้นต้องใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส เพื่อถลายน้ำมันtar (Tar) ที่ยังคงเหลืออยู่ปริมาณมากออกจากถ่าน ไม่และการสังเกตว่าถ่านบริสุทธินั้นพิจารณาได้จากพื้นผิวบริเวณแก่นไม้มีรอยแตกและมันวาวเมื่อสัมผัสจะมีฝุ่นสีดำติดมาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งน้ำมันtar (Tar) เป็นสารที่ทางการแพทย์ยืนยันว่าเป็นสารก่อมะเร็งและถ่านที่บริสุทธิ์ยังมีคุณสมบัติให้พลังงานความร้อนสูงกว่าถ่านทั่วๆ ไป

(5) การทำให้เข็นระยะเวลาการเผาถ่านด้วยเตาอิว่าเตะขนาด 10 กิวบิกเมตร จะเสร็จสมบูรณ์ ในช่วงเวลาประมาณ 10 วัน นำไปใช้งานได้มีถ่านเผาใหม่สมบูรณ์แล้วให้ปิดปล่องควันจากนั้นปล่อยให้อุณหภูมิลดต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส เพื่อลดโอกาสที่ถ่านจะติดไฟอีกรอบ เพราะเมื่อได้รับออกซิเจนจากอากาศภายในถ่องจะร้อนและก้าชที่คงค้างอยู่ในเตาออกให้หมดก่อนที่จะเปิดหน้าเตาเพื่อนำถ่านไปใช้ประโยชน์ต่อไป



ภาพที่ 2.5 ถักยังถ่านไม้ไฟที่ได้จากการเผาด้วยเตาอิว่าเตะ (สุจิตรา โพธารินทร์, 2554)

การเผาถ่านด้วยเตาอิว่าเตะเป็นกระบวนการเผาที่มีประสิทธิภาพดี จึงได้ถ่านที่มีคุณภาพในการเผาใหม่และให้ความร้อนสูงกว่าเตาเผาประเภทอื่นๆ ซึ่งหมายถึงการใช้ถ่านในการหุงต้มน้ำอุ่นและใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ การสังเกตคุลักษณะเมืองต้นของถ่านประเภทนี้คือเมื่อเวลาถ่านจะมีเสียงดังกังวานคล้ายเสียงเคาะกระเบื้องดินเผา เมื่อหักคุณเห็นสีดำมันวาวและเมื่อใช้นิ้วถูที่บริเวณรอยหักของถ่านจะไม่มีสีดำดีที่นิ้ว ส่วนที่ผิวถ่านอาจจะมีสีดำดีดบ้างเล็กน้อย เนื่องจากคุณสมบัติของเปลือกไม้มีเมื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงจะดุดคิดไฟได้ยากแต่เมื่อติดแล้วจะให้ความร้อนที่สูงมาก นอคดับช้า ถ่านไม้แทรกปะทุและควันน้อยมาก

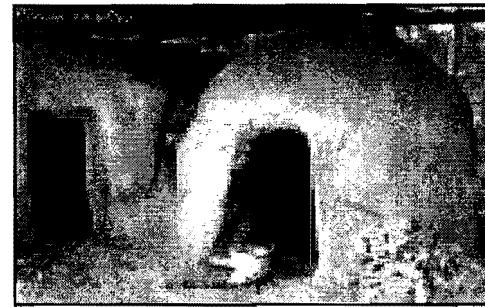
กุณสมบัติจากการเผาถ่านด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส (พุทธพร แสงเทียน,
สุกัญญา ศรีส่งฯ และณัฐยา พูนสุวรรณ, 2551) คือ

- (1) มี รูปธูนเป็นจำนวนมาก
- (2) มี คาร์บอนสเตอร์ (Fixed Carbon) สูงมากกว่าร้อยละ 85
- (3) มีสาร ระเหยง่ายที่
- (4) มี รั่วซึมมากและค่าความด้านทาน (Resistance) ไม่เกิน 100 โอห์ม

ดังนั้นถ่านไม้ที่ผลิตได้จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ได้แก่ ใช้ในอุตสาหกรรม เช่น ใช้ในระบบกรองน้ำน้ำบันค้น้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ใช้เป็นวัตถุดินในการผลิตยาภัณฑ์ของมนุษย์ ใช้ผลิตชิ้นส่วนของแบตเตอรี่และถ่านไฟฉาย ใช้ในการเกษตร เช่น ใช้เป็นสารปรับปรุงดินใช้ช่วยในการทำปุ๋ยหมักใช้รักษาผลผลิตทางการเกษตร ไว้ให้สถานีชี้ให้ใน การปศุสัตว์ เช่น ใช้รองพื้นคอกปศุสัตว์ ใช้ผสมในอาหารสัตว์ ใช้ในครัวเรือน เช่น ใช้ประกอบอาหารปิ้งย่าง ใช้คุณลักษณะและความชื้นในบ้าน ในห้องปรับอากาศ ในรถยนต์ จึงได้มีแนวคิดในการนำถ่านมาใช้คุณลักษณะจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์

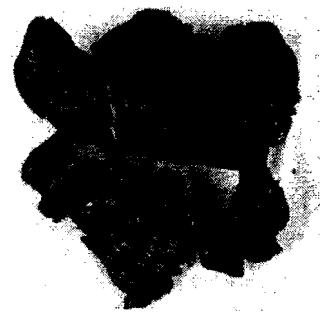
2.4.4 การเผาถ่านแบบเตาดินเหนียวค่อ

สำหรับวัตถุดินที่ใช้ในการสร้างเตา คือ น้ำดินเหนียว แกลง และไม้ไผ่ เริ่มต้นด้วยการนำดินเหนียว แกลง และนำมาผสานแล้วข้ามส่วนให้เข้ากัน เมื่อได้ส่วนผสมที่พอเหมาะสมคือไม้เหลวและแข็งจนเกินไป แล้วนำมาปืนเป็นดินบล็อกและตากแดดให้แห้งเพื่อเตรียมทำเตาต่อไปจากนั้นนำดินบล็อกมา ก่อเตาเป็นรูปทรงระฆังค่ามีความสูง 2 เมตร โดยเว้นช่องเพื่อทำปากเตาไว้ด้านหน้ามีความกว้าง 70-80 เซนติเมตร สูง 120 เซนติเมตรและปล่องควันจะอยู่ทางด้านหลังของเตาโดยนำไม้ไผ่มาทำโครงเพื่อเสริมความแข็งแรงของเตาแล้วจากดินเหนียวผสมแกลงที่เตรียมไว้ผนังเตามีความหนา 10-15 เซนติเมตร เมื่อถาวรผนังเตารีบปร้อยแล้วต้องรอให้ดินแห้งสนิทก่อนแล้วค่อยนำไม้พื้นมาจัดเรียงให้เต็ม เตาดินเหนียวก่อนใช้เวลาสร้างประมาณ 1 เดือน



ภาพที่ 2.6 ลักษณะของเตาดินเหนียวก่อ (รัตติกาล มองเพชร, 2552)

เรียงไม้เข้าเตาที่ช่องด้านหน้าเตาใส่ไม้ให้เป็นระเบียบ โดยชั้นแรกเรียงไม้ห่อนใหญ่เป็นชั้นๆ ตามแนวนอนซ้อนทับกัน ส่วนเศษปลาญไม้ห่อนเล็กเรียงแนวตั้ง เสร็จแล้วใช้แผ่นเหล็กปิดช่องปิดใส่ไม้ โดยมีดินถุกรังผสมน้ำปิดทับอีกชั้นหนึ่งจากนั้นจุดไฟเผาด้านโดยใช้เศษไม้เป็นเชื้อไฟทางช่องใส่ไฟ ใช้เวลาในการสุ่มไฟ 5-6 วัน เมื่อไม้ในเตาดิดไฟแล้วทำการปิดช่องใส่ไฟและปิดปล่องเร่งไฟช่วงแรกในการเผาด่านที่ปล่องควันจะมีกลุ่มควันสีขาวขนาดอกมาพร้อมกับไอน้ำที่ระเหยจากเนื้อไม้ต่อจากนั้น ควันไฟจะกลายเป็นสีเทาเมื่อกลิ่นชุนແสนงมูกเรียกว่า “ควันบ้า” ซึ่งเป็นสารแทรกต่างๆ ในเนื้อไม้ช่วงนี้ ที่ปากปล่องควันมียางเหนียวสีดำเกาะอยู่หลังจากนั้นควันสีเทาจะต่ออยา เปลี่ยนเป็นสีฟ้าหรือสีน้ำเงิน อ่อน ซึ่งหมายถึงการเผาด่านໄกส์จะเสร็จสมบูรณ์แล้วให้รอนกระทั่งควันขาดหรือเปลี่ยนเป็นสีใสห่าง จากปล่องควันประมาณหนึ่งคืนแสดงว่าไม้ได้กลายเป็นถ่านหมดแล้วให้ทำการปิดปล่องควันโดยใช้ดินถุกรังผสมน้ำ ซึ่งแต่ละปล่องอาจใช้เวลาแตกต่างกัน แต่ทั้งหมดจะใช้เวลาประมาณ 10 วัน นับจากวันเริ่มจุดไฟเผาด่านหลังจากปิดปล่องควันทั้งหมดแล้วให้ปล่อยทิ้งไว้ 1 คืน แล้วใช้ดินเหนียวผอมน้ำให้เป็นโคลนจากนั้นใช้ผ้าชุบลูนให้ทั่วเตาหรือเรียกว่าการอบน้ำเตาให้อบน้ำเตาทุกวันเป็นเวลา 3-4 วัน เพื่อลดความร้อนภายในเตาหลังจากนั้นเปิดช่องใส่ไม้เผาด่านด้านหน้าเตาจากนั้นนำถ่านออกมายังรั้งสอง เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป (รัตติกาล มองเพชร, 2552)



ภาพที่ 2.7 ลักษณะถ่านไม้ที่ได้จากการเผาด้วยเตาคินเนนbatch

2.4.5 ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon, Activated Charcoal)

เป็นวัสดุที่ประกอบด้วยการบอนจากถ่านที่เผาด้วยความร้อนสูงในสภาพอากาศออกซิเจนเพื่อเป็นการกำจัดสารประกลบต่างๆ ที่ขังหลงเหลืออยู่ให้มีเพียงการบอนบริสุทธิ์อย่างเดียว และเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวให้มากที่สุด หนึ่งกรัมของถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวประมาณ 400-1,200 ตารางเมตร ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับสูงเพราะมีรูปะน้ำด 18-10,000 องศาเซลเซียส เป็นจำนวนมากและตามผิวของรูปะน้ำมีอิเล็กตรอนที่พร้อมจะแลกเปลี่ยนประจุและบีดเหนี่ยวโน้มเลกุลของสารต่างๆ ได้อย่างดี (CA International Information Co.,Ltd, nd ; Activated carbon, 2009)

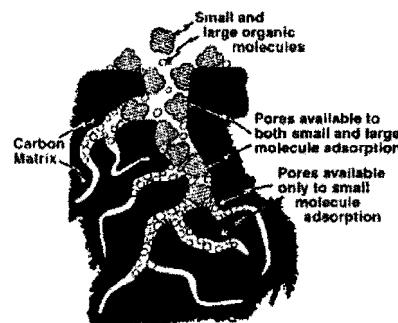
กรรมวิธีการผลิตถ่านกัมมันต์สามารถทำได้สองวิธี คือ วิธีกระตุนด้วยสารเคมีโดยการเติมสารเคมี เช่น สังกะสีคลอไรด์เผาในท่ออุณหภูมิ 600-700 องศาเซลเซียส หรือการเติมกรดฟอสฟอริกแล้วเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 400-600 องศาเซลเซียส

วิธีกระตุนด้วยแก๊ส คือการนำถ่านมากระตุนด้วยไอน้ำ การบอนไดออกไซด์ โดยใช้ไอน้ำชนิดยิ่งขวดผ่านเข้าไปในถ่านซึ่งเผาในอุณหภูมิ 800-1,000 องศาเซลเซียส ขณะที่ถ่านสัมผัสกับไอน้ำจะเกิดปฏิกิริยาดูดความร้อน ไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะหลุดออกไประหว่างรูปะน้ำซึ่งรูปะน้ำมีผลต่อการดูดซับกลิ่นและสี

โครงสร้างและความสามารถในการดูดซับสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds: VOCs) ของถ่านกัมมันต์มีลักษณะโครงสร้างแบบสัมภูมิ (Amorphous) ซึ่งมีการจัดเรียงตัวของสารบอนอะตอนแทกต่างจากรูปแบบอื่นๆ เช่น เพชรหรือกราไฟต์ขนาดรูปะน้ำของถ่านกัมมันต์แตกต่างกันตั้งแต่ระดับไม่ถึงระดับนาโนเมตร กลไกการดูดซับสารอินทรีย์ของถ่านกัมมันต์คือการดูดเข้าไปที่พื้นผิวหรือดูดซับเมื่อสารอินทรีย์ผ่านเข้าไปตามรูปะน้ำเล็กๆ ที่มีอยู่มากมายในถ่านกัมมันต์



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างรูปrunของถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon, 2009)



ภาพที่ 2.9 ขนาดรูปrunของถ่านกับการดูดซับสารอินทรีย์ที่ไม่เลกุลแตกต่างกัน (CPL Carbon Link, nd)

ลักษณะการดูดซับของถ่านกัมมันต์ มีคุณสมบัติและการใช้งานของถ่านกัมมันต์ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาทำเป็นวัตถุคิบ เช่น วัตถุคิบพลาสติกหรือโลหะ ได้ถ่านกัมมันต์ที่ประทัดง่ายเหมาะสมสำหรับการแยกสี ส่วนวัตถุคิบจำพวกถ่านหิน เปเลือกของผลไม้เปลือกแข็ง เช่น กะลามะพร้าวจะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีความแข็งแรงเหมาะสมสำหรับดูดซับสารเคมีหรือก๊าซพิษ (CA International Information Co., Ltd, nd)

2.4.5.1 วิธีวิเคราะห์ถ่านกัมมันต์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1) คุณสมบัติเบื้องต้นของถ่านกัมมันต์ที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาตรรูปrun จำเพาะ (Specific Pore Volume) พื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific Surface Area) การกระจายตัวของรูปrun (Pore Volume Distribution) และการกระจายตัวของพื้นที่ผิว (Surface Area Distribution)

2) การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับ สามารถวัดได้ 2 แบบ คือ

- Gas-Phase Carbon เช่น Adsorption of Carbon Tetrachloride Vapor

- Liquid-Phase Carbons เช่น Phenol Value, Molasses Value, Iodine Number, Methylene Blue Test

2.4.5.2 การพิจารณาเลือกถ่านกัมมันต์

- 1) ขนาดของรูปหุนยิ่งขนาดเล็กมากก็ยิ่งมีพื้นที่สัมผัสมากแต่ขนาดรูปหุนที่เล็กเกินไปจะเกิดปัญหาในการคุณชั้บสารไม่เลกูล่าใหญ่
- 2) ขนาดอนุภาคมีตั้งแต่เป็นผลละเอียด เม็ดหยาบและเป็นแท่งขนาดเล็กมีประสิทธิภาพการคุณชั้บสารอินทรีย์รวมเร็วมากกว่าขนาดใหญ่แต่อายุการใช้งานสั้น
- 3) คุณสมบัติทางเคมีของถ่านกัมมันต์ เช่น ปริมาณออกซิเจนที่มีซึ่งแตกต่างกันตามวัตถุคุณที่ใช้และขั้นตอนการผลิต ส่วนผลต่อคุณสมบัติการคุณชั้บสารต่างๆ แตกต่างกัน เมื่อพื้นที่ผิวนากขึ้น
- 4) คุณสมบัติของสารที่จะคุณชั้บสารอินทรีย์ไม่เลกูล่าใหญ่จะถูกคุณชับได้ง่ายแต่สารไม่เลกูล่าเล็กจะจับตัวแน่นในรูปหุนเล็กๆ ของถ่านกัมมันต์ได้ดีกว่า
- 5) อุณหภูมิและ pH สารอินทรีย์จะจับตัวได้ดีกับถ่านกัมมันต์เมื่อยู่ในสภาพที่อุณหภูมิต่ำและ pH ต่ำ
- 6) ระยะเวลาสัมผัสระหว่างของเหลวหรือก๊าซกับถ่านกัมมันต์อัตราการจับตัวกับสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น

2.4.5.3 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ถ่านกัมมันต์เพื่อการคุณชั้บ

ตัวอย่างคุณสมบัติถ่านกัมมันต์ที่โดดเด่นถ่านกัมมันต์ถูกนำมาใช้ในการกรองอาจสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ที่ไม่ต้องการออกจากของเหลวหรือก๊าซ เช่น อุตสาหกรรมการฟอกสีของน้ำตาล การเตรียมน้ำดื่มน้ำบริสุทธิ์สำหรับอุตสาหกรรมต่างๆ การนำบังคับน้ำเสีย การกำจัดกลิ่นการกำจัดควันของเครื่องบิน การฟอกสีของเหลวต่างๆ การแยกและเตรียมสารเคมีและเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการทำปฏิกิริยาของก๊าซการกำจัดพิษสารอินทรีย์จากสารละลายสำหรับชุมชนเมือง การสกัดสีของน้ำมันหรือไขมันในอุตสาหกรรมไขมันและน้ำมัน การกำจัดกลิ่นคาวในอุตสาหกรรมอาหาร ทางการแพทย์ใช้ในการกำจัดพิษการฟอกเลือดและใช้กรองกลิ่นและก๊าซที่ไม่ต้องการในหน้ากากกรองสารพิษและเครื่องฟอกอากาศ (CA International Information Co.,Ltd, nd ; Activated carbon, 2009)

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับการตรวจวัดกลิ่น

2.5.1 การตรวจวัดกลิ่นโดยวิธีทางเคมี

สารที่ทำให้เกิดกลิ่นเป็นสารเคมี การวิเคราะห์ว่ากลิ่นที่เกิดขึ้นมาจากสารเคมีชนิดใด แหล่งกำเนิดของกลิ่นปล่อยสารที่ทำให้เกิดกลิ่นออกมานี่เป็นปริมาณเท่าไหร่นั้น ต้องมีความรู้ความเข้าใจว่า แหล่งกำเนิดมีแนวโน้มจะระบายน้ำสารกลิ่นได้หรือสารชนิดใดออกมานะเพื่อจะได้เลือกวิธีการตรวจวัดได้เหมาะสมที่สุด ในการตรวจวัดกลิ่นหรือตรวจว่าสารเคมีอะไรที่ทำให้เกิดกลิ่นนั้นสามารถทำได้โดยตรวจวัดที่บริเวณภาคสนาม โดยตรงหรือเก็บตัวอย่างแล้วนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการซึ่งจะได้กล่าวถึงวิธีการทั้ง 3 ประเภท ดังนี้

2.5.1.1 การเก็บตัวอย่างสารเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่น

1) การเก็บตัวอย่างโดยตรงการเก็บตัวอย่างสารเคมีที่ก่อให้เกิดกลิ่นในอากาศ จะเป็นการเก็บอากาศที่มีกลิ่นในภาคสนามลงในถุงเก็บตัวอย่างอากาศ (Inert Flexible Bags) หรืออัดอากาศเข้าไปในถุงเก็บอากาศที่ทำด้วยเหล็กปิดสนิม

2) การเก็บตัวอย่างโดยวิธีเพิ่มความเข้มข้นของตัวอย่าง (Concentration Techniques) วิธีการเก็บตัวอย่างกลิ่นในอากาศโดยวิธีนี้จะนำอากาศผ่านตัวกล่องที่ทำหน้าที่เป็นตัวจับสารเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่นในตัวอย่างอากาศเพื่อหานิคของสารที่ทำให้เกิดกลิ่น โดยใช้กับตัวอย่างอากาศที่มีปริมาณสารที่ทำให้เกิดกลิ่นอยู่น้อยมากหรือเจือจางมากชนิดตัวกล่องที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างมีดังนี้

- สารโพลีเมอร์ที่มีรูพรุน (Porous Polymers) สารโพลีเมอร์ที่มีรูพรุนจะมีพื้นที่ผิวมากพอที่จะใช้จับสารเคมีที่ก่อให้เกิดกลิ่นในตัวอย่างอากาศที่ผ่านเข้ามาและปล่อยหลุดออกมานะได้เมื่อนำไปวิเคราะห์โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางปฏิกิริยาเคมีตัวอย่างของสารโพลีเมอร์เหล่านี้ได้แก่ Tenax, XAD และสารที่ใช้เป็นวัสดุห่อหุ้ม (Packing Material) ที่ใช้ใน GC Column

- อ่าวน (Charcoal) ใช้เป็นสารดูดซับสารเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่น ในตัวอย่างอากาศที่เข้ามา คล้ายๆ กับสารโพลีเมอร์ที่มีรูพรุน แต่ในขั้นตอนการขับสารเคมีที่ถูกดูดซับให้หลุดออกมานั้นไม่เหมาะสมที่จะใช้ความร้อนช่วยเพื่อจะทำให้ไม่เสียหายของสารเคมีเกิดการเปลี่ยนสภาพไปได้โดยทั่วไปจะใช้ตัวทำละลายในการดึงเอาไม้เล็กๆ ของสารเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่นออกมานะ ตัวทำละลายที่นิยมใช้ได้แก่ คาร์บอนไดซัลไฟด์ (Carbondisulfide) ข้อดีของการใช้อ่าวนเป็นตัวกล่องในการดูดซับสารเคมีคืออ่าวนจะบรรจุอยู่ในหลอดแก้วขนาดเล็ก (Small Glass Cartridges) ซึ่งสะดวกในการนำมานำใช้งานและสามารถนำกลับไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้โดยง่าย

- วิธีไครโอลูเจนิก (Cryogenic Techniques) การเก็บตัวอย่างสารเคมีในอากาศโดยวิธีไครโอลูเจนิกเป็นวิธีที่นำเอาหลอดที่มีรูประทรวงเป็นตัวชู (U) แห้งในสารที่ให้อุณหภูมิต่ำกว่า

อุณหภูมิห้อง สารเหล่านี้ได้แก่ น้ำแข็ง น้ำแข็งแห้ง ในโตรเจนเหลวหรือไฮเดรียมเหลว โดยสารเหล่านี้ต้องให้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของสารเคมีที่ต้องการตรวจวัดซึ่งเป็นการทำให้สารเคมีอยู่ในสภาพแข็งตัว จุดอ่อนของวิธีนี้ คือหากในตัวอย่างอากาศนั้นมีไอน้ำเป็นจำนวนมากจะทำให้น้ำแข็งตัวอยู่ในหลอดรูปตัวยูและทำให้ห่อตัวยูที่ใช้เก็บตัวอย่างอุดตันทำให้เป็นอุปสรรคในการเก็บตัวอย่างอากาศได้

- การใช้อินพิงเจอร์เป็นวิธีการที่ปั๊มตัวอย่างอากาศให้ผ่านเข้ามาในสารละลายที่บรรจุในหลอดแก้วที่มีลักษณะพิเศษที่ช่วยให้ตัวอย่างอากาศสัมผัสกับสารละลายได้ดี ซึ่งสารเคมีในอากาศจะละลายในสารละลายที่เป็นตัวกลางนี้จากนั้นก็จะนำสารละลายไปตรวจวิเคราะห์อีกครั้งในห้องปฏิบัติการ ข้อควรระวังในการใช้วิธีอินพิงเจอร์ต้องมีการเตรียมสารละลายที่ใช้เป็นตัวกลางที่จะให้จับสารเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่นในอากาศอย่างพอเพียงและควรแซ่อินพิงเจอร์ในน้ำแข็งหรือทำให้เย็นทั้งนี้เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการละลายของก๊าซในของเหลว

2.5.1.2 การนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

หลังจากที่มีการเก็บตัวอย่างสารเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่นมาโดยวิธีต่างๆ จำเป็นต้องนำตัวอย่างอากาศมาวิเคราะห์หาสารเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่นในห้องปฏิบัติการซึ่งต้องใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมี ดังต่อไปนี้

- 1) Gas Chromatography (GC)
- 2) Gas Chromatography -Mass Spectrometry (GC-MS)
- 3) High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

2.5.1.3 การตรวจวัดกลิ่นในภาคสนาม

การตรวจวัดกลิ่นในภาคสนามเป็นการนำเอาเครื่องมือไปดำเนินการวัดในบริเวณพื้นที่ที่มีปัญหารี่องกลิ่น เครื่องมือที่ใช้มีดังนี้

1) เครื่องวัดไอสารอินทรีย์ (Organic Vapor Analyzer) เครื่องวัดชนิดนี้เป็นเครื่องประเภท Gas Chromatography ซึ่งไม่มี Column สำหรับแยกสารแต่จะนิคอกจากกัน จึงเป็นการวัดปริมาณรวมของสารอินทรีย์

2) หลอดดูดซับสาร (Absorption Tubes) เป็นการใช้หลอดเก็บตัวอย่างสารอินทรีย์ซึ่งสารอินทรีย์จะทำปฏิกิริยากับตัวดูดซับซึ่งบรรจุอยู่ในหลอดแก้วแล้วจะเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดเป็นสี ทำให้อ่านค่าความเข้มข้น โดยประมาณของสารที่ทำให้เกิดกลิ่นได้

3) การใช้ Portable GC และ GC-MS ในปัจจุบันได้มีการผลิตเครื่องมือ GC และ GC-MS ที่สามารถนำไปใช้งานในภาคสนามได้โดยเครื่องมือดังกล่าวได้รับการออกแบบให้มีขนาด

เลือกจะทัศรัծ โดยมีหลักการและวิธีการใช้งานเหมือนเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ แต่สามารถนำไปใช้งานในภาคสนามได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องเก็บตัวอย่างเข้ามาตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

2.5.2 การตรวจวัดกลิ่นโดยวิธีการคอมพิลิน

Threshold หมายถึง ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารมีกลิ่นที่ทำให้กวนในกลุ่มประชาชนจำนวนร้อยละ 50 รู้สึกเริ่มได้กลิ่น ค่า Threshold นี้ไม่ใช่ค่าคงที่ แต่เป็นค่าที่เป็นตัวแทนที่ดีที่สุดในเชิงสถิติของกลุ่มตัวอย่าง ค่า Threshold แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

2.5.2.1 Detection Threshold เป็นค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารมีกลิ่นที่ทำให้ร้อยละ 50 ของกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบมีการตอบสนองของประสิทธิการรับกลิ่น ซึ่งค่าดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกับการตอบสนองของประสิทธิรับกลิ่นแต่ไม่จำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับการจำกลิ่นได้

2.5.2.2 Recognition Threshold เป็นค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ผู้รับกลิ่นจะมีความรู้สึกจำกลิ่นที่มีลักษณะเฉพาะตัวในเชิงคุณภาพได้ โดยปกติจะใช้ค่าที่ทำให้ร้อยละ 50 ของกลุ่มตัวอย่างสามารถรู้สึกจากกลิ่นเฉพาะตัวได้

2.5.3 การบอนนอนออกไซด์ (Carbon Monoxide)

การบอนนอนออกไซด์ มีชื่อเคมีทั่วไปว่า Carbonic Oxide และมีชื่อพ้องอื่นๆ คือ Monoxide และ Carbon Oxide การบอนนอนออกไซด์มีสูตรโมเลกุลคือ CO แหล่งกำเนิดของการบอนนอนออกไซด์มีหลายประเภท ยกตัวอย่าง เช่น การอุตสาหกรรมต่างๆ จากกรรมวิธีการผลิตและการเผาผลาญเชื้อเพลิง ปล่องควันหรือเตาเผาที่มีจุดร้อน เตาผิง เตาประโคนอาหารแบบใช้ฟืนและก๊าซ เครื่องทำความร้อน ปฏิกิริยาเติมออกซิเจนของก๊าซมีเทนซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติ การสันดาปน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานยนต์ต่างๆ และควันบุหรี่ ระดับการบอนนอนออกไซด์ตามมาตรฐานยอมให้มีได้ในอากาศไม่เกิน 9 ppm (ร้อยละ 0.09) (สูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัยที่, 2549)

2.5.3.1 คุณสมบัติ

การบอนนอนออกไซด์มีสถานะเป็นก๊าซ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและรส เกิดจากการสันดาปไม่สมบูรณ์ของสารประกอบการบอนนอนมีคุณสมบัติคล้ายในน้ำได้เลียนอ้อยแต่คล้ายได้ดีในแอลกอฮอล์และเบนซิน

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของคาร์บอนมอนอกไซด์ (ศูนย์ข้อมูลวัสดุอันตรายและเคมีภัณฑ์, 2549 ;
วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 28 กันยายน 2555)

คุณสมบัติ	ค่า
ขนาดนูกาค	1.128 °A
มวลต่อหนึ่งโมล	28.010 g/mol
จุดหลอมเหลว	-205.1 °C
จุดเดือด	-191.5 °C
ความถ่วงจำเพาะ	0.96
ความดันไอ	> 220.4 มิลลิเมตรปอร์ต
จุดควบไฟ	-191 °C
จุดอุกติดไฟ	605 °C

ก้าวcarบอนมอนอกไซด์จัดอยู่ในประเภทก้าวอนินทรีย์ ก้าวนี้คุ้มครองรังสีอิเล็กโทรน แมกнетิก ในระดับของรังสีอินฟราเรด โดยมีจุดศูนย์กลางการคุ้มครองที่ความยาวคลื่น 4.67 ไมครอน ซึ่งคุณสมบัติ ข้อนี้นำมาใช้เป็นหลักในการตรวจวัดการcarบอนมอนอกไซด์เป็นก้าวเฉื่อยในสภาวะ อุณหภูมิและความกดดันปกติ แต่ไวด้วยปัจจัยทางเคมีที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้การcarบอนมอนอกไซด์ยังมี คุณสมบัติอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติบางประการของการcarบอนมอนอกไซด์ (ศูนย์ข้อมูลวัสดุอันตรายและเคมีภัณฑ์, 2549)

คุณสมบัติ	ลักษณะ
ความคงตัวทางเคมี	สารนี้มีความเสถียร
สารที่เข้ากันไม่ได้	สารออกซิไซด์
สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว	การcarบอนมอนอกไซด์
อันตรายจากการเกิดปฏิกิริยาพอดิเมอร์	ไม่เกิดขึ้น
สารดับเพลิง	น้ำ พ肯เคมีแห้ง การcarบอนไคออกไซด์

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติบางประการของคาร์บอนมอนอกไซด์ (สูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์, 2549) (ต่อ)

คุณสมบัติ	ลักษณะ
ความหนาแน่น	คาร์บอนมอนอกไซด์ มีความหนาแน่นใกล้เคียงอากาศ จึงไม่แพร่กระจายโดยก้าวที่ไวไฟ เช่น ไชโตรเจน หรือ มีเทน
การทำปฏิกิริยา	คาร์บอนมอนอกไซด์ ทำปฏิกิริยา กับออกซิเจน ได้ฟุลออกไซด์ และแบนเรียมออกไซด์

2.5.3.2 ผลกระทบต่อสุขภาพ

คาร์บอนมอนอกไซด์ มีความเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ คือที่ระดับความเข้มข้น ต่ำ ผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรงจะมีอาการอ่อนเพลียและผู้ที่เป็นโรคหัวใจจะมีอาการเจ็บหน้าอกร ที่ระดับความเข้มข้นสูง จะทำให้มีอาการตาพร่า ปวดศีรษะ วิงเวียน คลื่นไส้ และจะเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตที่ระดับความเข้มข้นปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ (0.01%) (สูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์, 2006)

ในกวันนุ่หมรีประกอบด้วยชาติคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งองค์ประกอบ ในส่วนที่เป็นก๊าซและสารอินทรีย์ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ (CO_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในไตรเจนออกไซด์ (NO_x) ซึ่งเป็นก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้จากานี้ยังมีสารอินทรีย์ระเหย ได้แก่ นิโคติน (Nicotine) อซีโตน (Acetone) เบนซีน (Benzene) ฟีโนอล (Phenol) โทลูอีน (Toluene) ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) และเบนโซฟอร์เคน (Benzopyrene) และนอกจากนี้ยังมีสารอื่นๆ มากกว่า 4,000 ชนิด (บทความการคุ้มครองสุขภาพ และเคลื่ดลับเพื่อสุขภาพดี, 2555)

ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบของบุหรี่ สารเคมีที่เป็นในรูป ก้าว (ประกิต วิธีสาขากิจ และ รองจิต วิธีสาขากิจ, 2555 ; บทความการคุณและสุขภาพและเคล็ดลับเพื่อสุขภาพดี, 2555)

ชื่อสารเคมี	ปริมาณร้อยละ	ความเข้มข้น (ppm)
ไนโตรเจน	50-70	-
ออกซิเจน	10-15	-
คาร์บอนไดออกไซด์	10-15	92,000
มีเทน อิเทน โปรเปน	-	87,000
คาร์บอนอนออกไซด์	3-6	42,000
อะเซทีลีน เอซีลีน	-	31,000
ไฮโดรเจน ไฮยาไนด์	-	1,600
เมธิลคลอไรด์	-	1,200
อะซีโคน	-	1,000
เมราโนล	-	700
เมธิล เอธิล คีโตก	-	500
แอมโมเนีย	-	300
ไนโตรเจนออกไซด์	-	250
เมธิลไนโตรที	-	200
อโกรเลอิน	-	150
ฟอร์มาลดีไฮด์	-	30

2.6 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments : DOE)

2.6.1 การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ เป็นกระบวนการในการวางแผนการทดลองเพื่อได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมและสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติหลักการสำคัญสำหรับการออกแบบการทดลองมีอยู่ 3 ประการคือ

2.6.1.1 การทดลองซ้ำ (Replication) หมายถึง การที่ทรีเมนต์ใดทรีเมนต์หนึ่งปรากฏในการทดลองจะต้องมีการทดลองซ้ำมากกว่า 1 ครั้งเสมอ ข้อดีของการทำซ้ำมีด้วยกัน 2 ประการ คือ ประการที่หนึ่งทำให้สามารถหาค่าประมาณของความคลาดเคลื่อนในการทดลองที่

ทดลองได้และประการที่สองทำให้การทดลองมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น โดยในทางสถิตินิยมใช้คำว่าการหาอำนาจ

2.6.1.2 การทดลองแบบสุ่ม (Randomization) หมายถึง การทดลองที่มีลำดับของการทดลองหรือการใช้วัสดุอุปกรณ์ในการทดลองให้เป็นแบบสุ่ม ข้อดีของเทคนิคนี้มีด้วยกัน 2 ประการคือ ประการแรกการทดลองมีโอกาสสูงเดือดเท่ากัน และข้อดีประการที่สองสามารถลดผลที่เกิดจากปัจจัยภายนอกที่อาจปรากฏในขณะทำการทดลองได้

2.6.1.3 การทำการทดลองแบบบล็อก (Blocking) เทคนิคนี้เป็นการศึกษาถึงผลกระทบของปัจจัยภายนอก (Nuisance Factors) ที่มีผลต่อค่าตอบสนองและต้องการที่จะศึกษาว่ามีผลกระทบมากหรือน้อยเพียงใด ข้อดีของเทคนิคนี้สามารถควบคุมปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ในระบบได้ (Montgomery, 2001)

2.6.2 การทดลองเชิงแฟกторเรียล (Factorial Experiment)

การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอร์เรียลนั้น สามารถใช้ได้ในกรณีที่ผู้ทดลองต้องการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป และต้องการศึกษาผลกระทบของอิทธิพลร่วมของปัจจัยเหล่านั้นด้วย ข้อดีของการทดลองแบบแฟกทอร์เรียลนั้นจะทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างครบถ้วนกล่าวคือผู้ทดลองสามารถศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยและอิทธิพลหลักได้ในครั้งเดียว รวมทั้งเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการปรับปรุงกระบวนการให้กับอุตสาหกรรมต่างๆ ได้เป็นอย่างดี แต่ในการทดลองที่มีปัจจัยให้พิจารณาจำนวนมาก จะทำให้จำนวนการทดลองเพิ่มสูงขึ้นเป็นเหตุให้ต้นทุนการผลิต รวมถึงค่าใช้จ่ายในการทดลองจะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอร์เรียลให้มีขนาดเล็กที่สุดก่อน การออกแบบการทดลองประเภทนี้ สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.6.2.1 การออกแบบเชิงแฟกทอร์เรียลกรดีทั่วไป 2 ปัจจัย

เป็นการออกแบบเชิงแฟกทอร์เรียลชนิดที่ง่ายที่สุดซึ่งจะเกี่ยวข้องกับปัจจัย 2 ปัจจัยในที่นี้ขอสมมติปัจจัยเป็น A และ B โดยปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ โดยการออกแบบการแบบนี้มีข้อดีคือสามารถกำหนดระดับของปัจจัย A และ B ได้แตกต่างกัน (ปาร์เมศ ชุติมา, 2545)

2.6.2.2 การออกแบบแฟกทอร์เรียลกรดีทั่วไป 3 ปัจจัย

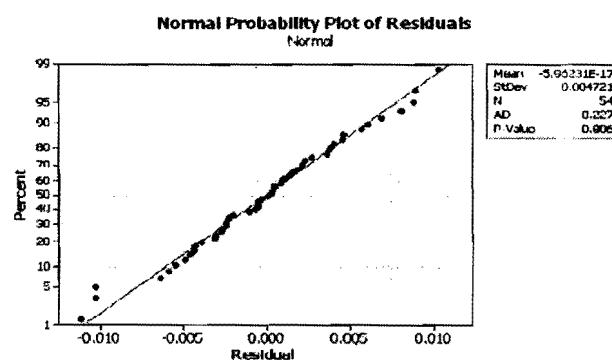
การออกแบบการทดลองแบบนี้เกิดจากการพิจารณาปัจจัยพร้อมกันทั้ง 3 ปัจจัยอันได้แก่ปัจจัย A , ปัจจัย B และปัจจัย C ว่ามีผลกระทบร่วมกันหรือไม่ โดยทั่วไปแล้วระดับของปัจจัย A จะประกอบด้วย a ระดับ ปัจจัย B จะประกอบด้วย b ระดับ และปัจจัย C จะประกอบด้วย c

ระดับ โดยข้อดีของการออกแบบการทดลองประเภทนี้คือสามารถกำหนดระดับของปัจจัย A , B และ C ได้แตกต่างกัน ได้ดังเช่นกรณีการออกแบบแฟลกทอรี 2 ปัจจัย เช่น กันแต่การออกแบบการทดลองประเภทนี้มีข้อเสียที่เห็นได้อย่างชัดเจนคือ ค่าใช้จ่ายสูง ต้องใช้เวลาและทรัพยากรมาก เนื่องจากจำนวนการทดลองที่ใช้จะเพรียบพันตามจำนวนระดับของปัจจัย

2.6.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบจำลอง (Model Adequacy Checking)

การวิเคราะห์การออกแบบการทดลองกรณีหลายปัจจัยนี้ค่าความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนในการทดลอง (Residual) ต้องมีการกระจายตัวแบบปกติ ข้อมูลที่เก็บมาต้องมีความเป็นอิสระต่อกัน และค่าความแปรปรวนต้องคงที่ มีความถูกต้องตรงตามข้อสมมติ ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะสามารถนำไปใช้ได้ แต่ในความเป็นจริงข้อสมมติสำหรับการทดลองอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นที่ผู้ทดลองจะต้องมีการทดสอบความถูกต้องของข้อสมมติ ดังกล่าวก่อน โดยพิจารณาจากความแปรปรวน (ANOVA) จะมีการตรวจสอบด้วยกันดังนี้

2.6.3.1 การตรวจสอบการแจกแจงปกติ (Normal Probability Plot) ในการตรวจสอบข้อสมมติทางด้านการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล ที่ได้จากการทดลองสามารถกระทำได้โดยใช้การพิสูจน์ความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าความผิดพลาด (Residual) โดยข้อสมมติมีความถูกต้องในการนำเสนอข้อมูลด้วยกราฟดังกล่าวควรมีลักษณะเป็นเส้นตรงดังแสดงในภาพที่ 2.10

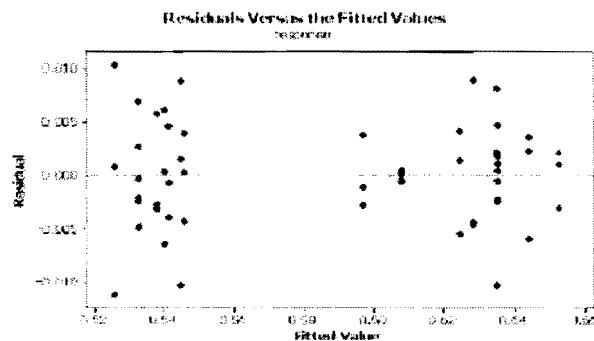


ภาพที่ 2.10 การพิสูจน์ความน่าจะเป็นของค่าความผิดพลาดที่มีการกระจายแบบปกติ

2.6.3.2 การตรวจสอบความแปรปรวนคงที่ (Constant Variance, σ^2)

การตรวจสอบความแปรปรวนคงที่นี้จะเป็นการพิสูจน์ระหว่างค่าความผิดพลาด (Residual) กับค่าประมาณของการทดลองที่ระดับ i ให้ๆ โดยค่าความผิดพลาดดังกล่าวควรมีแนวโน้มที่มีการกระจายแบบสุ่ม หรือ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน เมื่อพิจารณาที่ค่าประมาณของการทดลอง

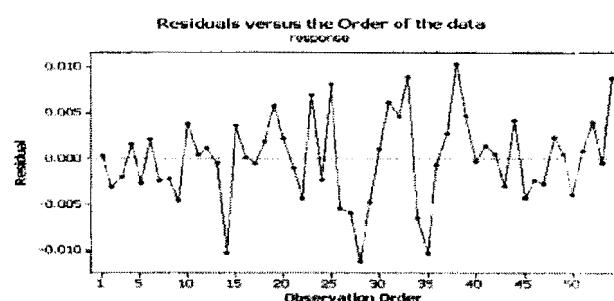
ที่ระดับต่างๆ อย่างไรก็ตามหากการกระจายตัวของค่าความผิดพลาด (Residual) เกิดมีแนวโน้มของรูปทรงที่ผิดปกติยกตัวอย่างเช่น เข้าข่ายในลักษณะล้ำโพง แสดงว่าค่าความแปรปรวนไม่คงที่ดังแสดงในภาพที่ 2.11 เป็นกราฟแสดงการตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่กับความแปรปรวนไม่คงที่



ภาพที่ 2.11 ความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและค่าเฉลี่ย

2.6.3.3 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล (Independently Distributed)

ในการตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล ที่ได้จากการทดลองสามารถกระทำได้โดยใช้การพิสูจน์ทดสอบการกระจายตัวของ Residual เทียบกับ Observation โดยทั่วไปแล้วเมื่อพิจารณาการกระจายของข้อมูลบนแผนภูมิ พบว่าการกระจายตัวของ Residual จะต้องมีรูปแบบอิสระต่อกัน จึงสามารถได้ว่าค่า Residual มีความเป็นอิสระต่อกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.12 (ประไพรศรี สุทธัน, 2551)



ภาพที่ 2.12 ความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและลำดับที่ของการทดลอง

2.6.4 การหาค่าปัจจัยที่เหมาะสม

การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย โดยฟังก์ชัน Response Optimize ในโปรแกรม Minitab เป็นฟังก์ชันที่ใช้หาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย และเป็นฟังก์ชันที่ใช้วัดค่าความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบ (Composite Desirability; D) โดยเลือกผลตอบ (Response Surface) และกำหนดค่าต่ำสุดของผลตอบ (Lower) ค่าเป้าหมายของผลตอบ (Target) ค่าสูงสุดของผลตอบ (Upper) โดยที่ค่าทั้ง 3 จะเป็นตัวกำหนดเป้าหมายในการทดลอง รวมถึงการกำหนดค่าน้ำหนัก (Weigh) และค่าความสำคัญของผลตอบ (Importance) โดยค่าทั้งสองนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-10 โดยกำหนดน้ำหนักเป็นตัวเลขมีความหมายดังนี้

ตัวเลขน้อยกว่า 1 แต่ไม่ต่ำกว่า 0.1 หมายถึง เน้นเป้าหมายน้อย

ตัวเลขเท่ากับ 1 หมายถึง เน้นเป้าหมายและขอบเขตเท่ากัน

ตัวเลขมากกว่า 1 แต่ไม่เกิน 10 หมายถึง เน้นเป้าหมายมาก

และเป็นฟังก์ชันที่ใช้วัดค่าความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบ (Composite Desirability; D) โดยค่าความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบหาได้จากสมการดังนี้

$$D = [d_1(y_1) \times d_2(y_2) \times \dots \times d_k(y_k)] \quad (2.2)$$

เมื่อ D = ความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบ

d = ความพึงพอใจของแต่ละผลตอบ

k = จำนวนของผลตอบ

ค่าความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 ซึ่งถ้า D มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึงผลตอบนั้นได้รับความพึงพอใจอย่างสมบูรณ์ แต่ถ้า D มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงผลตอบตัวใดตัวหนึ่งหรือมากกว่า 1 ตัวอยู่นอกขอบของขีดจำกัดการยอมรับ (หมาย ม้วนโคงสูง, 2553)

2.7 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การเสริมแรง (Reinforcement) ของยางด้วยการใส่สารตัวเติมนิจุประสงค์เพื่อเสริมแรงให้มีคุณสมบัติทางกลตรงกับความต้องการใช้งาน เนื่องจากยางตามธรรมชาติมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางกลอย่างมาก (CA International Information Co., Ltd) ไม่สามารถประยุกต์ใช้งานได้ถ้าขาดการเสริมแรง การเติมตัวเสริมแรงในยางทำให้เพิ่มทึ้งค่านิจุลัสและค่าการยืดตัว ซึ่งแตกต่างจากการเสริมแรงของพลาสติกที่ค่านิจุลัสและความแข็งแรงเพิ่มแต่ก้าวการยืดตัวลดลง (Groover

P.M., 2007) การแทนที่บางส่วนของพื้นยางที่มีความยืดหยุ่นด้วยวัสดุของแข็งไม่ได้ลดความสามารถในการยึดตัวของยางการเพิ่มขึ้นของ คุณสมบัติที่ทรงกันข้ามกันนี้เป็นลักษณะเฉพาะของการเสริมแรงในยางแต่ก็ถูกการอธิบายปรากฏการดังกล่าวข้างไม่ปรากฏชัดเจนขนาดของตัวเดิมเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อคุณสมบัติการเสริมแรงอนุภาคขนาดใหญ่ไม่นิยมนำมาทำเป็นตัวเดิมเพื่อเสริมแรง เพราะขนาดที่ใหญ่เพิ่มค่าความแข็งได้เพียงเล็กน้อยและลดคุณสมบัติการฉีกขาดอย่างมาก (CA International Information Co.,Ltd)

ผงเขมน้ำดำเป็นสารเสริมแรงที่รู้จักและใช้อย่างมากในอุตสาหกรรมยางรถยนต์และเป็นที่ยอมรับสำหรับการเพิ่มความแข็งแรง (Groover P.M., 2007 ; CA International Information Co.,Ltd) และการเติมเขมน้ำดำที่มีอนุภาคเด็ก เป็นปริมาณเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความหนืดสูงขึ้น เวลาเริ่มและใช้ในการวัดค่าในชั้นลงทำให้ประหยัดเวลาและพลังงานในการขึ้นรูป (โอบอีอ อิ่มวิทยา, 2543) ความพยายามในการนำผงค่าน้ำไปทำหน้าที่เป็นตัวเสริมแรงในยางธรรมชาติเพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางกล พบนในงานวิจัยของ (พุทธพร แสงเทียนและคณะ, 2551) โดยทำการเปลี่ยนขนาดผงค่าน้ำและปริมาณที่เติม พนว่าการเติมผงค่าน้ำทำให้ยางผสมมีคุณสมบัติเดียวกับยางแผ่นมาตรฐาน โดยมีปริมาณการเติมอยู่ในช่วงร้อยละ 7-10 โดยน้ำหนักของปริมาณยางพาราและใช้น้ำส้มควันไม่เพื่อให้ตัวยางขับกันเป็นก้อน แทนการใช้กรดฟอร์มิก แต่ในการศึกษานี้ไม่ได้พิจารณาเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปความทนทานต่อสภาพการใช้งานและความสามารถในการดูดซับ

ขนาดอนุภาคมีผลต่อการเสริมแรง พนว่าการใช้ออนุภาคของดินขาวระดับนาโนมิเตอร์ผสมกับยางธรรมชาติ แต่จะแสดงคุณสมบัติเฉพาะทางต่างไปในขั้นตอนการวัดค่าในชั้นและเมื่อนำยางนาโนคอมโพสิตไปทดสอบการทนสภาวะอากาศ (ภายใต้แสงชีน่อน ลม น้ำสเปรย์ ความชื้น ความร้อน) พนว่าคุณสมบัติทางกล (ความแข็งแรงดึง นอตดักส์ การยึด ณ จุดขาด) รวมทั้งความด้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Strength) ภายหลังการทดสอบพบว่ายางผสมธรรมชาติ หรือยางผสมดินเหนียวสูญเสียความแข็งแรงและความแข็งแรงด้านการฉีกขาดมากกว่ายางนาโนคอมโพสิตร้อยละ 90 นอกจากนี้ค่าความแข็งหลังการทดสอบของยางนาโนคอมโพสิตเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนไกส์เกียงกับยางผสมธรรมชาติ (รัตนวรรณ mgrพันธุ์, 2544 ; ณัฐวุฒิ ทองโสม, 2549)

ถ่านกัมมันต์มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับกลิ่น พนว่าการใช้ถ่านกัมมันต์ร้อยละ 15 โดยน้ำหนักสามารถดูดซับกลิ่นในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่เกิดจากการหมักได้ดีที่สุด บังคับความชื้นและค่ากรดในน้ำมัน (ทรงชัย ยิ่งวงศ์, 2549) และได้มีการศึกษาการดูดซับสีข้อม โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินที่นำเข้ามาจากประเทศไทยและจากกลาโւมะพร้าวที่ผลิตได้ในประเทศไทย ที่ขนาดอนุภาค 125 – 150 μm พนว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกลาโւมะพร้าวสามารถดูดซับสีข้อมเพิ่มขึ้นในไกส์เกียงกับ

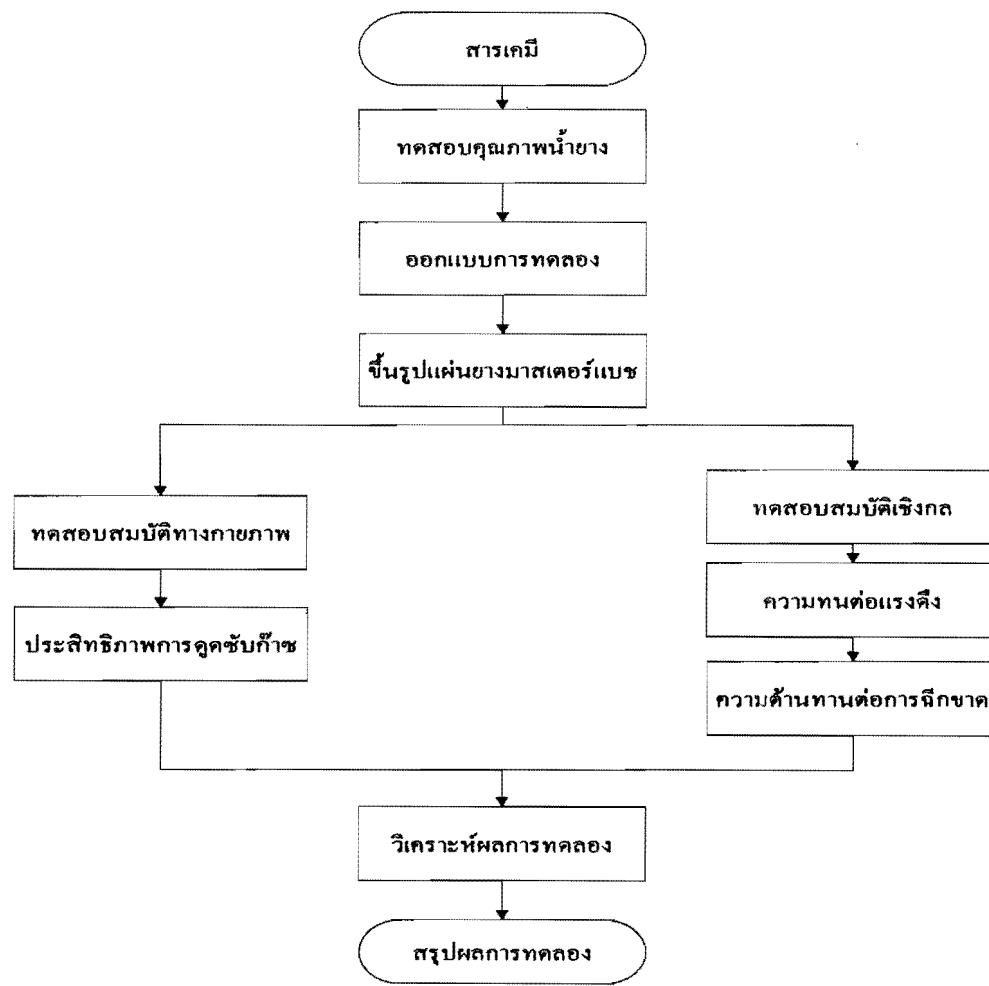
ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินในสภาวะคุณภาพชั้นที่เหมาะสม (กิติโรจน์ หวานตาหาลา, 2550) และมีความพิเศษในการนำบัดอากาศที่ป่นเปื้อนสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) โดยเปรียบเทียบระหว่างหลอดคุณภาพชั้น ถ่านกัมมันต์จากกลามะพร้าวที่ผลิตขึ้นเองกับหลอดคุณภาพมาตรฐานที่นำเข้ามาต่างประเทศ ซึ่งถ่านกัมมันต์จากหลอดคุณภาพชั้บทั้งสองชนิดมีพื้นที่ผิวทั้งหมด ใกล้เคียงกันประมาณ $1,400 \text{ m}^2/\text{g}$ และพื้นที่ผิว micropore เฉลี่ยประมาณ $1,160 \text{ m}^2/\text{g}$ ที่ความเข้มข้นของสารโทกูอินและเบนซีน $500 - 2,000 \text{ ppm}$ พบว่าหลอดคุณภาพชั้นที่ผลิตขึ้นเองมีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดคุณภาพมาตรฐาน และมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารสูงขึ้น (จารยา อินธรรมณี, 2551)

การศึกษาการคุณภาพชั้นกัลน์ดักของการผสมผงถ่านกับยางพารา โดยเปรียบเทียบถ่านไม้ไผ่และถ่านไม้ผสมที่ปริมาณถ่าน $10, 20, 30, 40, 50, 60 \text{ phr}$ และขนาดอนุภาคผงถ่านที่ $100 \mu\text{m}$ และ $300 \mu\text{m}$ พบว่ายางผสมผงถ่านไม้ผสม $100 \mu\text{m}$ ที่ปริมาณ 40 phr ให้คุณสมบัติเชิงกลและความสามารถในการคุณภาพชั้นกัลน์ดักนエンอร์โดยวิธีการคอมพิวเตอร์ที่กว้างกว่าถ่านไม้ไผ่และเมื่อต้องการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ควรใช้ผงถ่านไม้ผสม เพราะให้ราคาถูกกว่า (สาโรจน์ เพพคุณ และศุภกร อุทาหรณ์, 2552)

จากการศึกษาที่ผ่านมา ผงถ่านไม้ใช้เป็นวัตถุคิดในการเพิ่มสมบัติการคุณภาพและการเสริมแรง โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาชนิดของผงถ่านไม้ขนาดอนุภาคผงถ่าน (μm) ปริมาณผงถ่าน (phr) และวิธีการเตรียมยางแผ่น เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดต่อประสิทธิภาพการคุณภาพชั้นก้าช ภาชนะอน墩อกไชค์และสมบัติเชิงกล (ความทนต่อแรงดึง และความทนต่อการฉีกขาด) เพื่อพัฒนาการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ยางให้มีคุณสมบัติตามต้องการ และลดต้นทุนในการผลิต

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการคุณชั้นก้าช
การ์บอนนอนออกไซด์ของแผ่นยางพาราด้าน โดยทำการศึกษาการใช้สารตัวเติม คือ พงถ่าน¹ เนื่องจากพงถ่านมีคุณสมบัติเด่นด้านการคุณชั้น ดังนั้นในงานวิจัยจึงทำการศึกษาอัตราส่วนผสม
ระหว่างชนิดพงถ่านไม้ ขนาดอนุภาคพงถ่าน ปริมาณพงถ่านและวิธีการเตรียมแผ่นยางในสภาวะน้ำ²
ยางและการขึ้นรูปยางแผ่น โดยการออกแบบการทดลองเชิงสถิติ เพื่อหาลำดับการทดลองที่
เหมาะสมโดยมีแนวทางในการศึกษาดังนี้ ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมี

3.1.1 ผงถ่านไม้

ผงถ่าน ใช้สำหรับเป็นสารตัวเติมเพื่อเพิ่มสมบัติการดูดซับก๊าซ
การบอนนองอก ใช้ด้วยแผ่นยางพรมผงถ่าน ประกอบด้วยผงถ่านไม้ไผ่ ผงถ่านไม้พสน ไม้เนื้อแข็ง
2 ชนิด ได้แก่ ผงถ่านไม้บก ผงถ่านไม้มะขาม ไม้เนื้ออ่อน 2 ชนิด ได้แก่ ผงถ่านไม้ยูคาลิปตัส ผงถ่าน^{ไม้กระถินแพร์} เปรียบเทียบกับผงถ่านกันมันดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สมบัติทางกายภาพของชนิดไม้

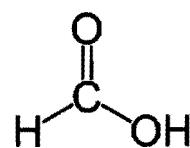
ชนิดไม้	ความหนาแน่น ^(kg/m³)	ปริมาณความชื้น ^(ร้อยละ)
ไม้บก	1040	32
ไม้มะขาม	850	20-30
ไม้ยูคาลิปตัส	1013	54
ไม้กระถินแพร์	420-483	35-40
ไม้ไผ่	610-870	47-69
ไม้พสน	360	14

3.1.2 น้ำยาหารมชาติ

น้ำยาหารมชาติ RRIM 600 ในจังหวัดอุบลราชธานี มีปริมาณของแข็งทึบหมุดใน
น้ำยาหารมชาติ 37.80 และปริมาณเนื้อยางแห้งเหลว 34.93 เมื่อเปรียบเทียบกับค่า^{มาตรฐาน ASTM D 1076-80} แล้วน้ำยาหารมชาติมีปริมาณของแข็งทึบหมุดที่สูงกว่ามาตรฐาน^{และน้ำยาหารมชาติมีปริมาณเนื้อยางแห้งเหลวที่ต่ำกว่ามาตรฐาน}

3.1.3 กรดฟอร์มิก (Formic Acid)

กรดฟอร์มิกใช้สำหรับเป็นสารจับด้วนน้ำยาหารมชาติ คือ CH₂O₂ มีน้ำหนักโมเลกุล เท่ากับ 46.0254 กรัม/โมล มีลักษณะเป็นของเหลวได้จากบริษัท แอล.ซี. อุตสาหกรรม จำกัด จังหวัดนครปฐม ประเทศไทย มีโครงสร้างเคมีแสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 โครงสร้างทางเคมีของกรดฟอร์มิก

3.2 อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์

3.2.1.1 ครบชุด ใช้สำหรับลดขนาดถ่าน ไม่ให้มีขนาดอนุภาคเล็ก

3.2.1.2 ถังผสม ใช้สำหรับผสมผงถ่าน น้ำยาหงส์ น้ำสะอาด และกรดฟอร์มิก

3.2.1.3 ตาข่ายคิจิตอล จุดทวนนิยม 2 ตำแหน่ง ใช้สำหรับชั่งปริมาณผงถ่าน ไม่มีขีด

Denver Instrument TR-602 บริษัท Denver Instrument Company ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.1.4 เครื่อง Vibratory Cup Mill “Pulverisette 9” ใช้สำหรับบดย่อยผงถ่าน ไม่มีขีด FRITSCH GmbH ประเทศเยอรมัน

3.2.1.5 เครื่องตระแกรงคัดขนาดแบบใช้แรงสั่นสะเทือน (Vibratory Sieve Shaker) ใช้สำหรับหาขนาดความละเอียดของผงถ่าน ไม่มีขีด FRITSCH รุ่น Ibratory Sieve Shaker Analysette 3 ประเทศเยอรมัน

3.2.1.6 เครื่องวัดก๊าซการ์บอนมอนอกไซด์ ใช้สำหรับการตรวจหาก๊าซการ์บอนมอนอกไซด์ ขีด Fluke รุ่น CO-220 ประเทศสหรัฐอเมริกา

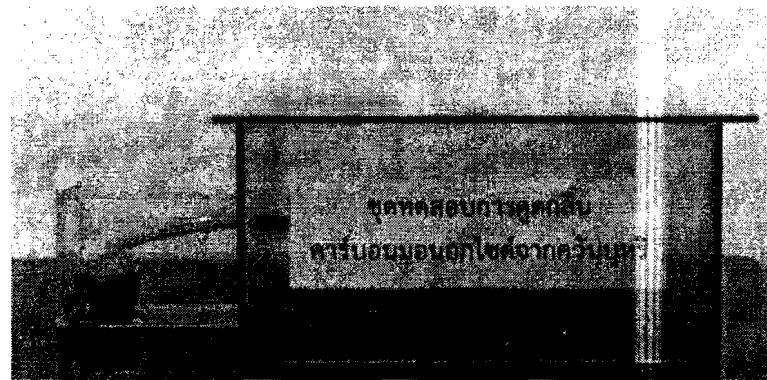
เครื่องวัดก๊าซการ์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide Meter) ขีด Fluke รุ่น CO-220 เป็นเครื่องตรวจหา ก๊าซการ์บอนมอนอกไซด์ (CO) และจะวัดความเข้มข้นของ ก๊าซการ์บอนมอนอกไซด์ (CO) ระหว่าง 1-1,000 ส่วน/ล้าน (ppm) ซึ่งมีเตอร์จะบ่งชี้ให้เห็นถึงสภาพ การมี ก๊าซการ์บอนมอนอกไซด์ (CO) สองวิธีดังนี้

1) บ่งชี้ด้วยค่าอ่านบน LCD (Liquid Crystal Display) โดยอ่านค่า ความเข้มข้นของก๊าซการ์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่เปลี่ยนแปลงไป มีหน่วยเป็น ppm

2) บ่งชี้ด้วยการส่งเสียงสัญญาณเตือน ซึ่งเป็นเครื่องที่ให้ความแม่นยำ ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน หมายสำหรับเป็นอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยในการทำงานใน สถานที่ต่างๆ เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรม สถานที่มีความเสี่ยงอันตรายต่อการเกิดก๊าซรั่ว ก๊าซพิษ หรือขาดออกาศหายใจ ซึ่งวิธีการใช้เครื่องมือได้แสดงในภาคผนวก จ.

3.2.1.7 ชุดทดสอบการคุณภาพ

ในการศึกษาวิจัยนี้ชุดทดสอบการคุณภาพ โดยการจำลองห้องทดสอบแบบปีกขนาด $30 \times 40 \times 15$ ลูกบาศก์เซนติเมตร เจาะรูด้านข้างเพื่อติดตั้งเครื่องวัดก้าช คาร์บอนมอนอกไซด์ รุ่น CO-220 และมีช่องเพื่อนำเข้าแผ่นยางขนาด $50 \times 80 \times 5$ มิลลิเมตร ใส่ลงในชุดทดสอบการคุณภาพ ดังแสดงในภาพที่ 3.3–3.4



ภาพที่ 3.3 ชุดทดสอบการคุณภาพก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์



ภาพที่ 3.4 เครื่องวัดก้าชคาร์บอนมอนอกไซด์ ยี่ห้อ Fluke รุ่น CO-220

3.3 การกำหนดปัจจัยและระดับในการออกแบบการทดลอง

ในการออกแบบการทดลองครั้งนี้ได้ศึกษาและวิเคราะห์ เพื่อหาปัจจัยและระดับที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นยางคุณภาพด้วยผลจากการวิเคราะห์ได้แสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยดังในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ปัจจัยและระดับที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย (Factor)	ระดับ (Level)
ชนิดผงถ่านไม้ (Type)	ถ่านไม้บก (IMOC)
	ถ่านไม้มะขาม (TC)
	ถ่านไม้ยูคาลิปตัส (EC)
	ถ่านไม้กระดินญองค์ (ACC)
	ถ่านไม้ไผ่ (BC)
	ถ่านไม้พสน (MC)
ขนาดอนุภาคผงถ่าน (Particle Size, μm)	53
	106
	212
	425
ปริมาณผงถ่าน (Weight, phr)	5
	10
	20
	40
ชนิดแผ่นยาง (Sheet)	ผึ้งແກ້ງ (ADS)
	ร่มคัวນ (RSS)

จากตารางที่ 3.2 เป็นการจำแนกปัจจัยและระดับที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแผ่นยางคุณภาพ ในการกำหนดขนาดและปัจจัยต่างๆ ที่จะออกแบบการทดลองนี้ โดยแบ่งออกเป็น 4 ปัจจัยหลักดังนี้

(1) ปัจจัยชนิดของผงถ่านไม้ (Type) มี 6 ระดับ คือ ถ่านไม้ไผ่ ถ่านไม้ผสม ถ่านไม้เนื้อแข็ง 2 ชนิด ถ่านไม้บกถ่านไม้มะขาม ถ่านไม้เนื้ออ่อน 2 ชนิด ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ถ่านไม้กระดิน ณรงค์ (พุทธพร แสงเทียน และคณะ, 2551 ; สาโรจน์ เทพคุณ และศุภกร อุทธารนิช, 2552 ; นิยม ชาลิตนาวิน และคณะ, 2553)

(2) ปัจจัยขนาดอนุภาคผงถ่าน (Particle Size) มี 4 ระดับ คือ 53, 106, 212 และ 425 μm

(3) ปัจจัยปริมาณผงถ่าน (Weight) ดังนี้ มี 4 ระดับ คือ 5, 10, 20 และ 40 phr

(4) ปัจจัยวิธีการเตรียมยางแผ่น (Sheet) มี 2 ระดับ คือ แผ่นยางผิงแห้งและแผ่นยางร่มควัน

โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบ General Full Factorial Design เพื่อศึกษาผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมของปัจจัยต่างๆ และในการจัดลำดับการทดลองครั้งนี้เป็นการจัดการทดลองให้เป็นแบบสุ่ม โดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อเพิ่มความเชื่อถือให้กับงานวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการทดลองรวมทั้งสิ้น 384 การทดลอง โดยทดลองสมบัติทางกายภาพด้านประสิทธิภาพ การดูดซึบก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ สมบัติเชิงกลด้านความหนาต่อแรงดึงและด้านความต้านทานต่อการฉีกขาดซึ่งผลของการทดลองแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รูปแบบการทดลองที่ได้จากโปรแกรม Minitab

Run Order	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Sheet		Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)
1	MC	53	10	ADS			
2	AAC	53	20	RSS			
3	AAC	212	10	RSS			
4	BC	212	20	RSS			
5	AAC	53	10	RSS			
6	IMOC	425	40	RSS			
7	TC	425	5	RSS			

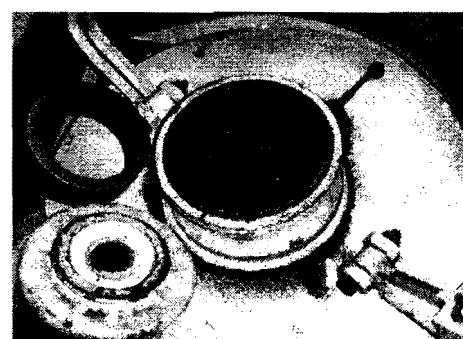
ตารางที่ 3.3 รูปแบบการทดลองที่ได้จากโปรแกรม Minitab (ต่อ)

Run Order	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties		
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Sheet		Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
8	EC	425	10	RSS				
9	MC	53	40	RSS				
10	IMOC	425	40	RSS				

3.4 การเตรียมขนาดของผงถ่าน

3.4.1 นำถ่านไม้มานวดด้วยครก เพื่อลดขนาดก้อนถ่านให้เล็กลง

3.4.2 นำถ่านที่บดแล้วใส่เข้าในเครื่อง Vibratory Cup Mill “Pulverisette 9” และทำการเบิคเครื่องเพื่อบดถ่าน

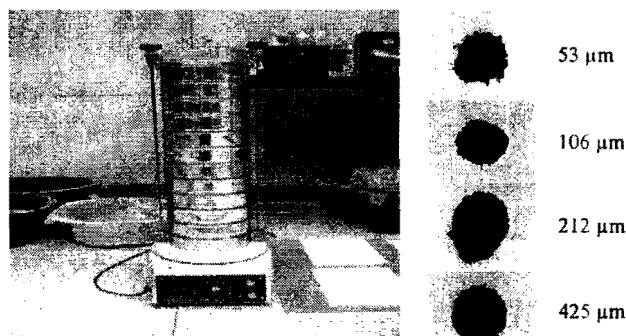


ภาพที่ 3.5 ลักษณะผงถ่านที่ผ่านการบด

3.5 การหาขนาดความละเอียดของผงถ่าน

นำผงถ่านที่ได้จากการบดด้วยเครื่อง Vibratory Cup Mill “Pulverisette 9” เทลงในตะแกรง เพื่อคัดแยกขนาดของอนุภาคผงถ่าน การคัดขนาดของผงถ่านที่นำมาทำการทดลองโดยใช้เครื่องคัดขนาดแบบใช้แรงสั่นสะเทือน Vibratory Sieve Shaker รุ่น Vibratory Sieve Shaker

Analysette3 โดยเครื่องนี้จะมีตะแกรงแยกขนาดเบอร์ต่าง ๆ ได้แก่ เบอร์ 6 (3,350 μm), 12 (1,700 μm), 20 (850 μm), 30 (600 μm), 40 (425 μm), 50 (300 μm), 70 (212 μm), 100 (150 μm), 140 (106 μm), 200 (75 μm), 270 (53 μm) และงานร่อง (pan) ตามมาตรฐานของ A.F.S. เพื่อหาขนาดฐานรูปร่างความละเอียดที่เหมาะสมที่นำมาใช้ในการทดสอบ โดยเลือกขนาดอนุภาคผงถ่านและปริมาณผงถ่านดังแสดงในตารางที่ 3.3



ภาพที่ 3.6 การคัดแยกขนาดผงถ่านด้วยเครื่อง Vibratory Sieve Shaker ปั๊ห้อ FRITSCH

รุ่น Vibratory Sieve Shaker Analysette 3

3.6 การเตรียมยา膏แผ่นดิน

3.6.1 เทน้ำขางปริมาณ 750 มิลลิลิตรและน้ำสะอาดปริมาณ 500 มิลลิลิตร ลงถังผสมแล้วกวนให้เข้ากัน

3.6.2 จากนั้นเทกรดฟอร์มิกปริมาณ 100 มิลลิลิตรลงถังผสม กวนให้เข้ากันเป็นเวลา แล้วเทลงตะกรง

3.6.3 รอนยา膏จับตัวโดยสมบูรณ์ หลังจากนั้นให้เติมน้ำสะอาดลงไปอีกจนคลุม ผิวยา膏

3.6.4 นวดก้อนยา膏ที่ความหนา 1 เซนติเมตรและนำไปเข้าเครื่องรีคลีนและรีคลายดอกที่ความหนา 5 มิลลิเมตร

3.6.5 นำยา膏แผ่นที่ได้ไปผึ่งลม 3-4 ชั่วโมงแล้วจึงอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 45-65 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 3-5 วัน จะได้ยา膏แผ่นพื้นแห้ง

3.6.6 จากนั้นนำยา膏แผ่นพื้นแห้งเข้าห้องร่มครัวที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ประมาณ 4-10 วัน จะได้ยา膏แผ่นร่มครัว

3.7 การเตรียมแผ่นยางนาสเตอร์เบชจากผงถ่าน

3.7.1 นำผงถ่านดังแสดงในตารางที่ 3.3 และน้ำสะอาดปริมาณ 500 มิลลิลิตร เทลงถังผสมแล้วกวนให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที

3.7.2 เทน้ำยางปริมาณ 750 มิลลิลิตรลงถังผสม กวนจนผงถ่าน น้ำสะอาด น้ำยางเป็นเนื้อเดียวกัน

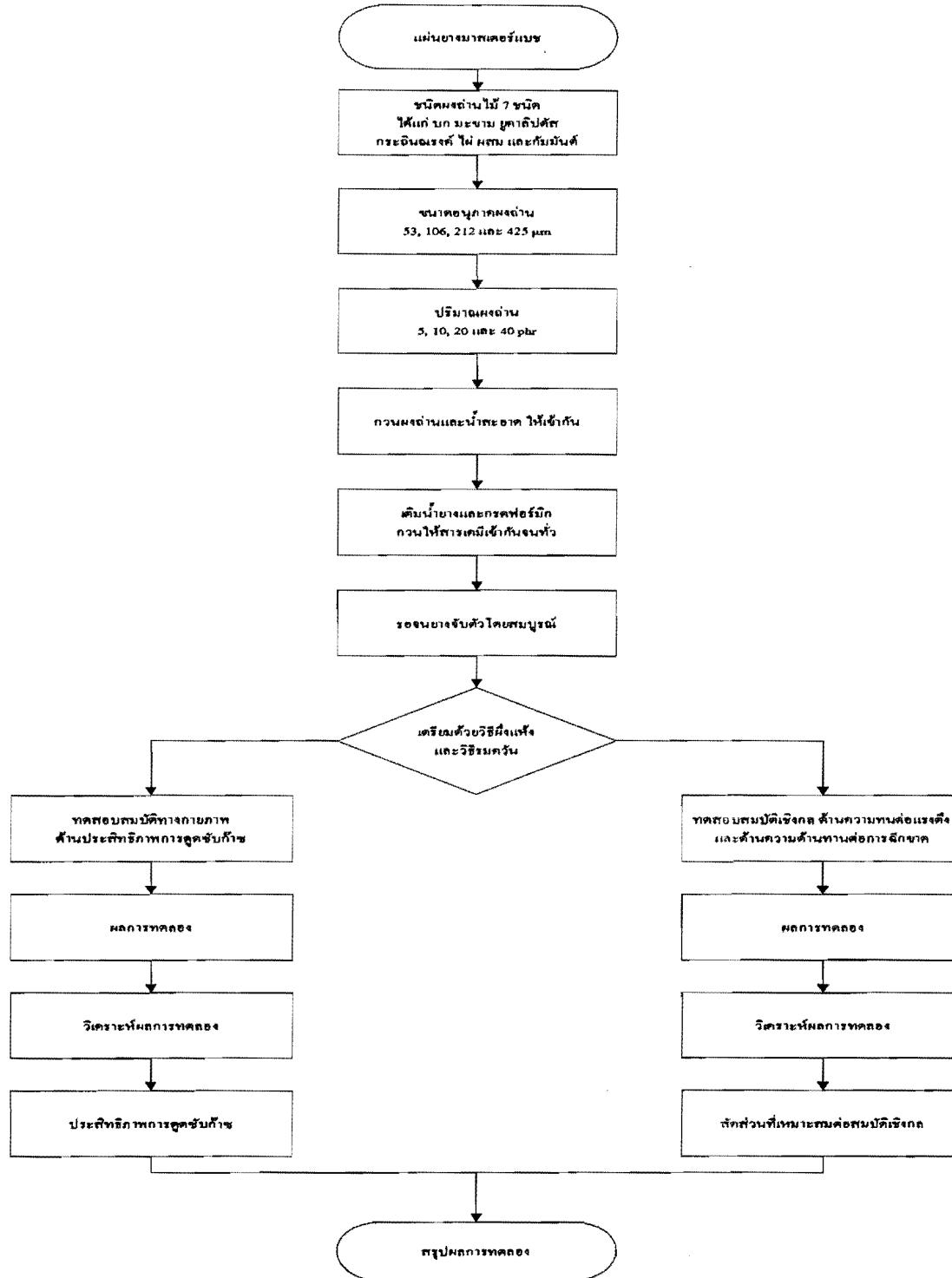
3.7.3 จากนั้นเทกรคฟอร์มิกปริมาณ 100 มิลลิลิตรลงถังผสม กวนให้เข้ากันเป็นเวลา 2 นาที แล้วเทลงตะกร

3.7.4 รอนยางจับตัวโดยสมบูรณ์ หลังจากนั้นให้เติมน้ำสะอาดลงไปอีกจนคลุมผิวยาง

3.7.5 นวดก้อนยางที่ความหนา 1 เซนติเมตรและนำไปเข้าเครื่องรีดลีนและรีดลายดอกที่ความหนา 5 มิลลิเมตร

3.7.6 นำยางแผ่นที่ได้ไปผิงลม 3-4 ชั่วโมงแล้วจึงอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 45-65 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 3-5 วัน จะได้ยางแผ่นผึ้งแห้ง

3.7.7 จากนั้นนำยางแผ่นผึ้งแห้งเข้าห้องร่มครัวที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส ประมาณ 4-10 วัน จะได้ยางแผ่นร่มครัว ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นยางนาสเตอร์เบชผสมผงถ่าน ดังแสดงในภาคผนวก ๖



ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นยางมาสเตอร์เบนของผงถ่านและการทดสอบ

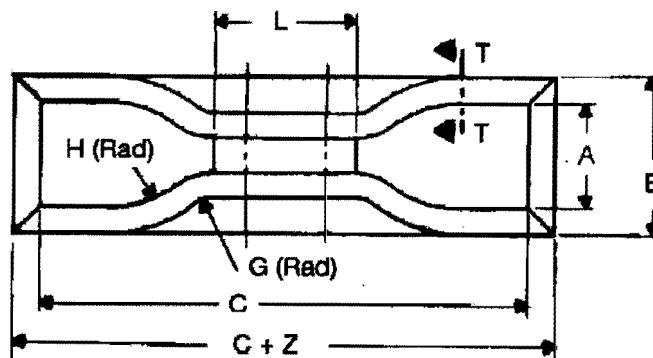
หมายเหตุ ในกระบวนการขึ้นรูปยางแผ่นพสมและยางแผ่นมาตรฐาน โดยใช้น้ำยางสด น้ำสะาด
กรดในปริมาณ 750, 500 และ 100 มิลลิลิตรทุกการทดสอบ (สถาบันวิจัยยาง, 2551)

3.8 การทดสอบสมบัติเชิงกลของยางแผ่น

ในการทดสอบสมบัติของยางธรรมชาติ ได้แก่ ความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) ความแข็ง (Hardness) การกระดอนของยาง (Rebound Resilience) ความทนต่อการขัดสี (Abrasion) ความต้านทานต่อโอโซน (Ozone Weather Meter Test) ความต้านทานต่อการเกิดรอยแตก (Flex Cracking Test) ความล้า (Fatigue Test) ความต้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Strength) ความหนืดมูนนี่ (Mooney Viscometer) และในงานวิจัยมีวัดคุณภาพส่งก่อนเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการคุณภาพและการแปรรูปขั้นต้น จึงได้ทำศึกษาสมบัติของยางด้านความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) ความต้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Strength) และความหนืดมูนนี่ (Mooney Viscometer)

3.8.1 การทดสอบความทนต่อแรงดึง (Testing of Tensile Properties)

ทดสอบความทนต่อแรงดึง ตามมาตรฐาน ASTM D 412 โดยตัดแผ่นยางเป็นรูปดัมเบล์ซึ่งตัดชิ้นทดสอบแบบ Die C วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 3 ตำแหน่งในช่วงระยะ L หากค่าเฉลี่ยความหนาที่วัดได้แล้ววัดความกว้างในช่วงความยาวนี้จำนวน 3 ชิ้นทดสอบดังแสดงในภาพที่ 3.8



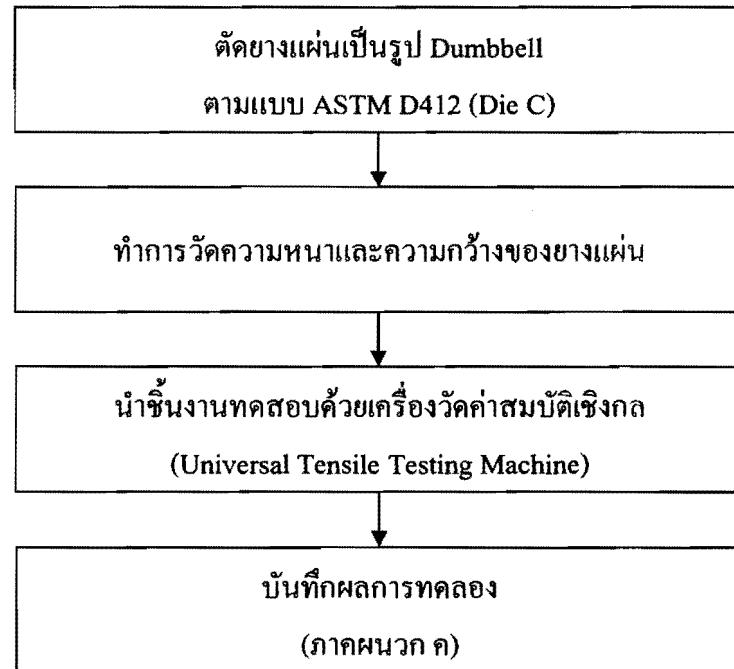
ภาพที่ 3.8 ชิ้นทดสอบรูปดัมเบล์ ASTM 412 (Die C) (ASTM International, 2003)

แล้วนำไปทดสอบความทนต่อแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Tensile Testing Machine) ประจำแผนกวิชาเทคโนโลยียางและโพลิเมอร์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ โดยใช้ความเร็วในการดึงบีด 500 ± 50 มิลลิเมตร/นาที บันทึกค่าความเห็นที่ชุดขาด (Stress at Break) หรือค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) และค่าการบีด ณ จุดขาด (Elongation at Break) ตามสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$T.S. = \frac{F}{A} \quad (3.1)$$

$$E.B. = 100 \times \frac{(L - L_0)}{L_0} \quad (3.2)$$

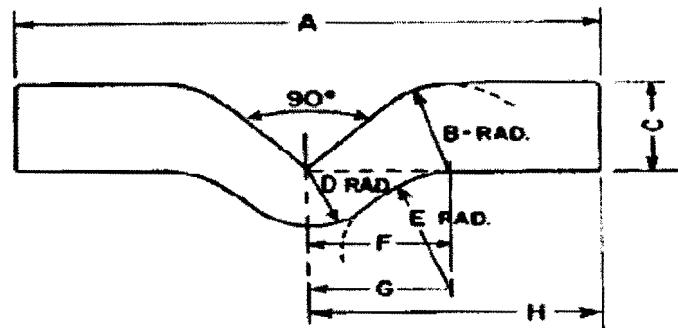
เมื่อ F คือแรงดึงที่กระทำต่อชิ้นทดสอบ (นิวตัน)
 A คือพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนทำการทดสอบ (ตารางมิลลิเมตร)
 L คือระยะที่ชิ้นทดสอบบีดตัว (มิลลิเมตร)
 L₀ คือระยะกำหนดก่อนทำการทดสอบ (มิลลิเมตร)
 นำแผ่นยางทดสอบสมบัติเชิงกลด้านความหนาต่อแรงดึง โดยมีขั้นตอนการทดสอบ
 ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.9 การทดสอบความหนาต่อแรงดึงของยางแผ่น

3.8.2 การทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Strength)

ทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาด ตามมาตรฐาน ASTM D 624 โดยตัดแผ่นยาง แบบมุน (Die C) วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 3 ตำแหน่ง กึ่อ บริเวณมุน 90 องศา ของชิ้นทดสอบตามความกว้างของชิ้นตัวอย่างหาค่าเฉลี่ยของความหนาที่ได้ จำนวน 3 ชิ้นทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 ชิ้นทดสอบแบบมุน (Die C) (ASTM International, 2001)

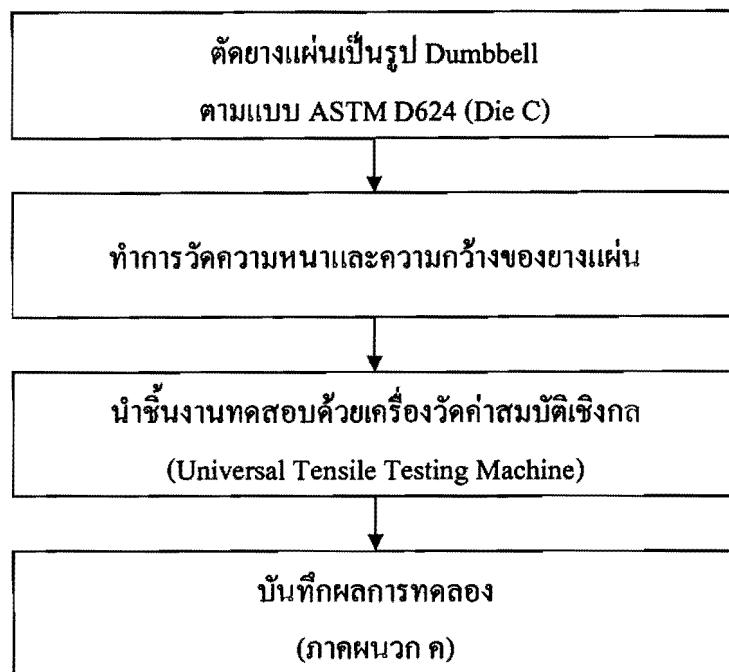
แล้วนำชิ้นทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Tensile Testing Machine) ประจำแผนกวิชาเทคโนโลยียางและโพลิเมอร์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ โดยใช้ความเร็วในการทดสอบ 500 ± 50 มิลลิเมตร/นาที ดึงชิ้นตัวอย่างจนฉีกขาดและบันทึกค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างฉีกขาดเพื่อนำมาคำนวณหาค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดหรือความทนต่อการฉีกขาด (Tear Strength) ตามสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$T_s = \frac{F}{d} \quad (3.3)$$

เมื่อ F คือ แรงที่ใช้ดึงจนชิ้นทดสอบขาด (นิวตัน)

d คือ ความหนาของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

นำแผ่นยางมาสเตรอร์ฟูมผงถ่านทดสอบสมบัติเชิงกล ด้านความต้านทานต่อการฉีกขาด โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.11 การทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางแผ่น

3.8.3 การทดสอบความหนึ่งมูนนี่ (Mooney Viscometer)

เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยาง โดยทั่วไปเรียกว่า เครื่องมูนนี่วิสโคล์มิเตอร์ (Mooney Viscometer) ค่าที่แสดงถึงความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยางที่วัดได้จากเครื่องมือประเภทนี้จะแสดงในรูปของความหนึ่งมูนนี่ค กล่าวคือ ยางที่มีความหนึ่งสูงจะมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างต่ำ ในทำนองเดียวกับยางที่มีความหนึ่งต่ำจะมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างสูง ด้วยเหตุนี้ยางที่มีความหนึ่งต่ำจึงให้ได้รับการทดสอบโดยง่าย (พงษ์ธาร แซ่บุญ, 2550)

ทดสอบความหนึ่งมูนนี่ของยางคันและยางผสมสารเคมี ตามมาตรฐาน ASTM D 1646 โดยตัดแผ่นยางให้เป็นแผ่นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 47 มิลลิเมตรจำนวน 2 แผ่น แล้วนำชิ้นทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความหนึ่งมูนนี่ (Mooney Viscometer) ผลิตโดยบริษัท Alpha Technologies Services Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา ประจำแผนกวิชาเทคโนโลยียางและโพลิเมอร์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ โดยใช้ความเร็วในการหมุนโรเตอร์เท่ากับ 2 ± 0.02 รอบ/นาที อุณหภูมิของการทดสอบ 100 ± 0.5 °C ในระหว่างการทดสอบต้องรอให้อุณหภูมิของยางเท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ก่อนที่โรเตอร์จะเริ่มหมุน โดยให้ความร้อนแก่ยางใช้เวลา 1 นาทีและอ่านค่าความหนึ่งของยางหลังจากที่โรเตอร์หมุนไปได้ 4 นาที

3.9 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของยางแผ่น

ในการทดสอบสมบัติทางกายภาพของยางแผ่นในการคุณภาพชั้นก้าชการ์บอนมอนอกไชด์ ที่เกิดจากควันบุหรี่ ดังปรากฏในตารางที่ 2.5 ทำให้ทราบว่ามีส่วนประกอบของสารเคมีที่อยู่ในรูป ก้าช ในโตรเจน ก้าชออกซิเจน ก้าชการ์บอนไคลอออกไชด์ และก้าชการ์บอนมอนอกไชด์ ตามลำดับ พบว่า ก้าชการ์บอนมอนอกไชด์มีปริมาณน้อยที่สุดที่ร้อยละ 3-6 ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ เนื่องจากก้าชการ์บอนมอนอกไชด์เป็นก้าชที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและรส เมื่อมีการสูดดมจะทำให้มีอาการอ่อนเพลีย ตาพร่า ปวดศรีษะ วิงเวียน คลื่นไส้ และจะเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตที่ระดับความเสี่ยงขั้นปริมาณก้าชการ์บอนมอนอกไชด์ที่ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ (ร้อยละ 0.01) ดังนั้นในวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการคุณภาพชั้นก้าชการ์บอนมอนอกไชด์

3.9.1 ขั้นตอนการทดลองการคุณภาพชั้น

ตัดยางแผ่นยางนาสเตอร์แบบขนาด $50 \times 80 \times 5$ มิลลิเมตร จากการทบทวน วรรณกรรมการทดสอบการคุณภาพชั้นก้าชของแผ่นยางพาราถ่านยังไม่มีการทดสอบมาก่อน มีเพียง การทดสอบการคุณภาพชั้นในหลอดแก้ว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เตรียมยางแผ่นเพื่อนำมาทดสอบใน การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการคุณภาพชั้นก้าชของแผ่นยางพาราถ่าน โดยทำการเตรียมความเข้มข้นของก้าชการ์บอนมอนอกไชด์ที่ได้จากควันบุหรี่ในห้องจำลองระบบปิด ของนักวิชาการเริ่มด้านของ ก้าชการ์บอนมอนอกไชด์ที่ 100 ppm จากนั้นนำยางแผ่นมาสเตอร์แบบใส่เข้าไปยังชุดทดสอบการคุณภาพชั้น และบันทึกความเข้มข้นของก้าชการ์บอนมอนอกไชด์ทุกๆ 10 นาที โดยที่เวลาในการทดลอง เท่ากับ 120 นาที (เอกสาร สวอ. 2551) เพื่อทดสอบความสามารถในการคุณภาพชั้นก้าช การ์บอนมอนอกไชด์ของแผ่นยางนาสเตอร์แบบกว่าความเข้มข้นของก้าชการ์บอนมอนอกไชด์ คงที่ โดยตารางบันทึกผลการทดสอบการคุณภาพชั้นแสดงในภาคผนวก ก.

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษา ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนอนออกไซด์ของแผ่นยางพาราค่า โดยการเตรียมจากน้ำยาาง ผู้วิจัยใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล และจัดลำดับการลองเป็นแบบสุ่ม เพื่อหาลำดับการทดลองที่เหมาะสม โดยใช้โปรแกรม Minitab Release14 และตั้งค่าในแต่ละระดับของปัจจัย และทำการทดลองตามอัตราส่วนระหว่างชนิดของผงค่า ไม้ (Type) ขนาดอนุภาคผงค่า (Particle Size) ปริมาณผงค่า (Weight) และวิธีการเตรียมยางแผ่น (Rubber Sheet) ซึ่งมีลำดับการทดลองทั้งหมด 384 การทดลอง จากนั้นทำการทดลองสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลแล้วเบริยนเทียบกับแผ่นยางมาตรฐานมาสเตอร์เบชพาร์มัฟฟ์ ค่า กันมันต์

4.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของแผ่นยางดูดซับกลินและสมบัติเชิงกล

4.1.1 สมบัติทางกายภาพของค่าไม้

ผลการวิเคราะห์และทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพของค่าไม้ที่ขนาดอนุภาค $212 \mu\text{m}$ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์พื้นที่ผิวและรูพรุน (Surface Area and Porosity Analyzer รุ่น Autosorb-1 ยี่ห้อ Quantachrome) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 พื้นที่ผิว ปริมาณรูพรุนและขนาดของรูพรุน (สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

ลำดับ ที่	ชนิดตัวอย่าง	Surface Area, (m^2/g)	Pore Volume, (cc/g)	Pore Size, ($^\circ\text{A}$)
1	ค่าไม้ผสม	96.71	0.0910	37.65
2	ค่าไม้ไฝ	191.64	0.1597	33.34
3	ค่าไม้มะขาม	31.86	0.0452	56.75
4	ค่า กันมันต์	1,317.62	0.6934	21.05

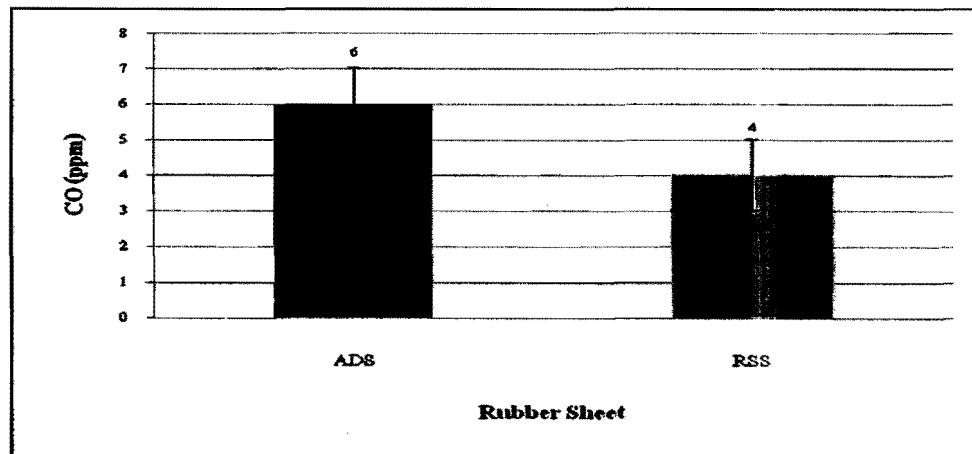
จากตารางที่ 4.1 พนว่าถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพูนสูงสุด รองลงมาคือ พงถ่านไม้ไผ่ พงถ่านไม้พสม และพงถ่านไม้มะขาม ตามลำดับ ส่วนขนาดรูพูนพบว่า พงถ่านไม้ มะขาม มีขนาดรูพูนใหญ่สุด รองลงมาคือ พงถ่านไม้พสม พงถ่านไม้มะขาม และพงถ่านกัมมันต์ ตามลำดับ ซึ่งขนาดของรูพูนจะเป็นสัดส่วนพกผันกับอัตราเร็วของการดูดซับก้าช ส่วนพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพูน มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการดูดซับก้าช

4.1.2 อิทธิพลของชนิดยางแผ่นดินต่อสมบัติค่าคงที่

สมบัติการดูดซับก้าชและสมบัติเชิงกล ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพด้าน ประสิทธิภาพการดูดซับก้าช สมบัติเชิงกลด้านความหนาต่อแรงดึงและด้านความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางแผ่นดิน ดังแสดงใน ตารางที่ 4.2

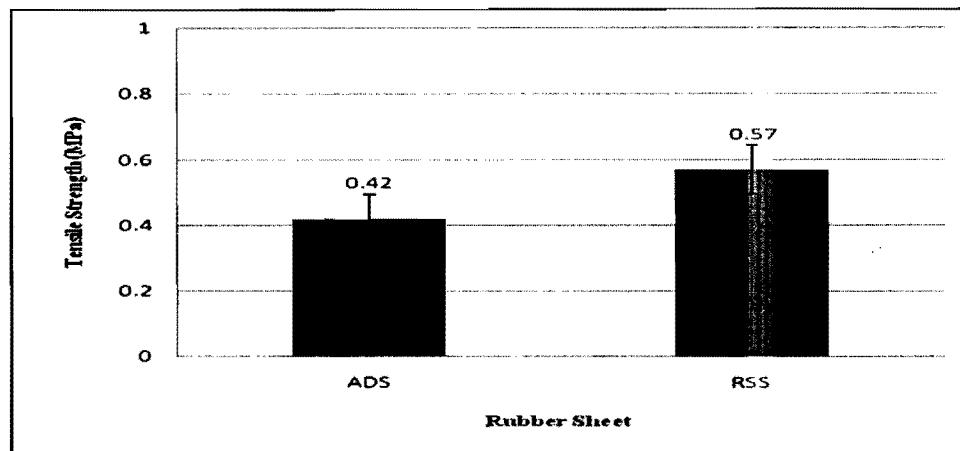
ตารางที่ 4.2 สมบัติการดูดซับก้าชcarbonyl อนมอนอกไซด์และสมบัติเชิงกลของยางแผ่นดิน
(Rubber Sheet)

วิธีการเตรียมยางแผ่น	ประสิทธิภาพ การดูดซับก้าช (ppm)	ความหนาต่อแรงดึง (MPa)	ความต้านทานต่อการฉีกขาด (N/mm)
ยางผงแห้ง (ADS)	6 ±	0.42 ±	30.50 ±
ยางรัมควัน (RSS)	4 ±	0.57 ±	32.01 ±



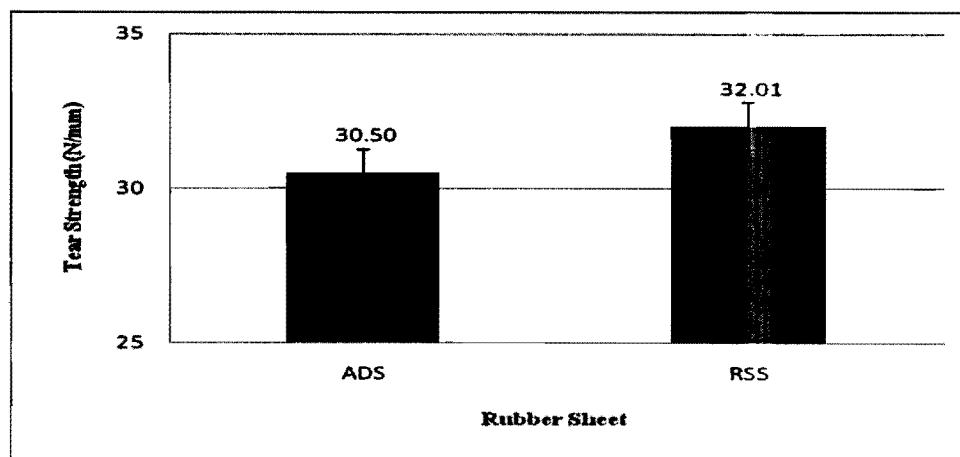
ภาพที่ 4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับก้าชของยางแผ่นดิน

จากภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าการเตรียมยางแผ่นดิบด้วยกระบวนการผึ่งแห้ง จะให้ประสิทธิภาพคุณภาพก้าชาร์บอนมอนอกไซด์มีค่า 6 ppm และการเตรียมยางแผ่นด้วยกระบวนการรั่นควันมีค่า 4 ppm จึงทำให้ประสิทธิภาพการคุณภาพก้าชาน้อยกว่ายางแผ่นผึ่งแห้งคิดเป็นร้อยละ 33.33



ภาพที่ 4.2 ผลการทดลองสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงดึงของยางแผ่นดิบ

ภาพที่ 4.2 ยางที่เข้มข้นด้วยวิธีการเตรียมยางแบบยางแผ่นผึ่งแห้งมีความทนต่อแรงดึงมีค่า 0.42 MPa และการเตรียมด้วยแผ่นยางด้วยวิธีรั่นควันมีค่า 0.57 MPa ผลจากการเตรียมแผ่นยางด้วยวิธีรั่นควันทำให้มีความทนต่อแรงดึงมากกว่ายางแผ่นผึ่งแห้งคิดเป็นร้อยละ 26.32



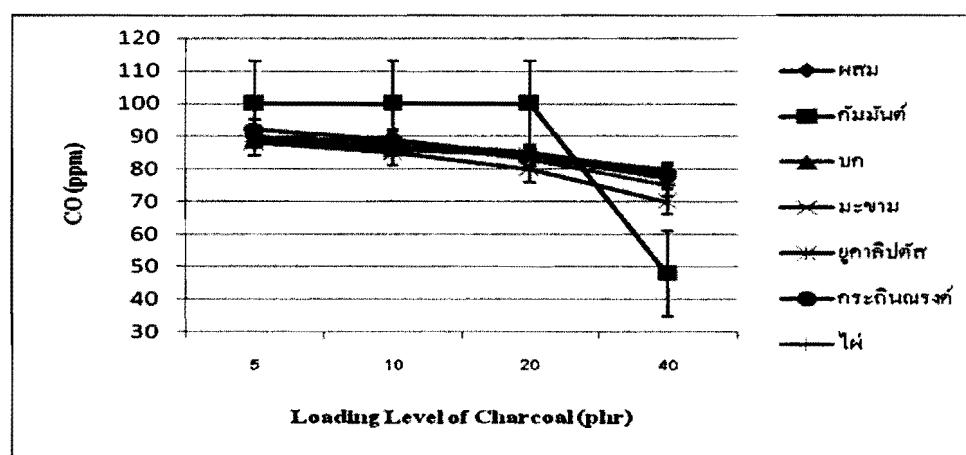
ภาพที่ 4.3 ผลการทดลองสมบัติเชิงกลด้านความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางแผ่นดิบ

ภาพที่ 4.3 ความต้านทานต่อการฉีกขาดของแผ่นยางดิบจากวิธีการเตรียมเป็นยางแผ่นผึ้งแห้งมีค่า 30.50 N/mm เมื่อเทียบกับวิธีการเตรียมยางแผ่นร่มควันมีค่า 32.01 N/mm ซึ่งมีค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดคิดเป็นร้อยละ 4.95

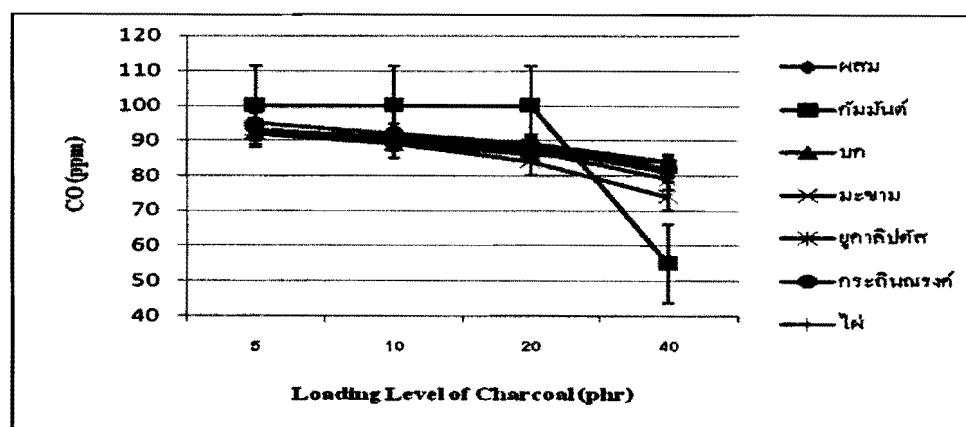
4.1.3 อิทธิพลของปริมาณและขนาดอนุภาคของผงถ่านไม้ต่อสมบัติต่างๆ

4.1.3.1 สมบัติการคุณภาพของก๊าซคาร์บอนอนอกไชค์ของยางมาสเตอร์แบงช์

ศึกษาอิทธิพลของปริมาณผงถ่านไม้ชินนิกต่างๆ ที่มีขนาดอนุภาคเท่ากับ $53 \mu\text{m}$ ในยางแผ่นผึ้งแห้งและยางแผ่นร่มควันต่อความสามารถในการคุณภาพของก๊าซที่เวลาการคุณภาพ 120 นาที ผลที่ได้แสดงในภาพที่ 4.4 และภาพที่ 4.5 ตามลำดับ

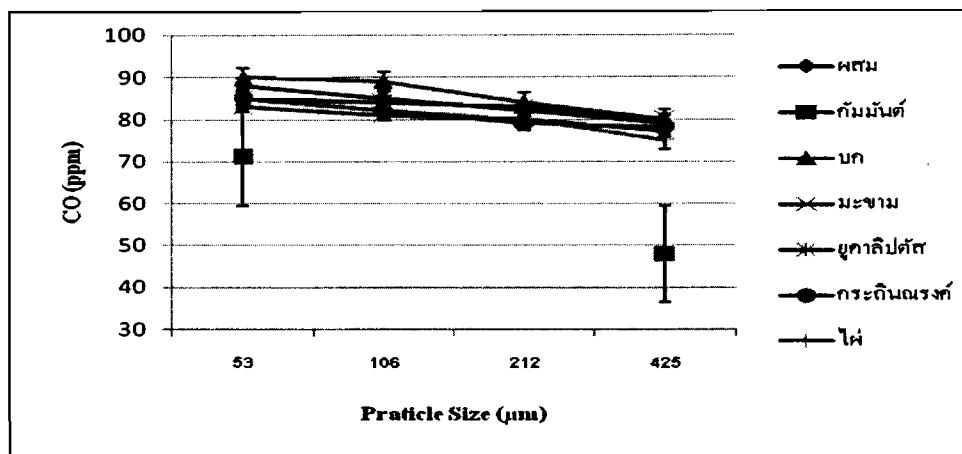


ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการคุณภาพก๊าซคาร์บอนอนอกไชค์กับปริมาณผงถ่านของแผ่นยางผึ้งแห้ง

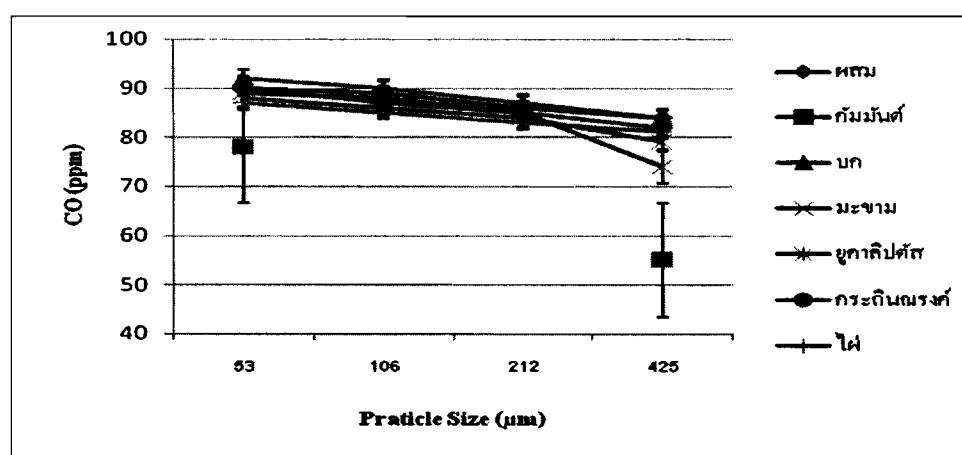


ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการคุณภาพก๊าซคาร์บอนอนอกไชค์กับปริมาณผงถ่านของแผ่นยางร่มควัน

จากภาพที่ 4.4 ภาพที่ 4.5 พบว่าประสิทธิภาพในการคุณซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของแผ่นยางผสมถ่านของยางแผ่นทั้งสองเปรียบพันตามปริมาณผสมถ่านที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีพื้นที่ผิวในการคุณซับก๊าซเพิ่มขึ้น โดยในแผ่นยางผึ้งแห้งมีประสิทธิการคุณซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กว่าการเตรียมด้วยวิธีร่มควัน



ภาพที่ 4.6 อิทธิพลของประสิทธิภาพการคุณซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของยางแผ่นผึ้งแห้ง กับขนาดอนุภาคผงถ่าน



ภาพที่ 4.7 อิทธิพลของประสิทธิภาพการคุณซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของยางร่มควัน กับขนาดอนุภาคผงถ่าน

จากผลการทดสอบข้างต้น พบว่าประสิทธิภาพการคุณซับก้าชของยางพาราถ่านไม่ในแต่ละชนิด มีค่าสูงที่สุดเมื่อใช้ปริมาณผงถ่านไม่เท่ากับ 40 phr จึงเลือกใช้ปริมาณผงถ่านไม่ที่ปริมาณดังกล่าว เพื่อศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคผงถ่านไม่ที่ 53, 106, 212 และ 425 μm ในยางแผ่นผึ้งแห้งและยางแผ่นร่มควัน ดังแสดงในภาพที่ 4.6 และภาพที่ 4.7 ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.6 ภาพที่ 4.7 พบว่าประสิทธิภาพในการคุณซับก้าชควรบ่อนอนออกไซด์แผ่นยางแปรผันตามขนาดอนุภาคผงถ่านและการเตรียมยางแผ่นผึ้งแห้งมีอิทธิพลต่อการคุณซับก้าชควรบ่อนอนออกไซด์คือการเตรียมด้วยวิธีร่มควัน

ผลการวิเคราะห์และทดสอบความหนืดมูนนีของยางแผ่นดิน ด้วยเครื่องมูนนีวิสโคลมิเตอร์ (Mooney Viscometer) ดังแสดงในตารางที่ 4.3

4.1.3.2 ความหนืดมูนนีของยางมาตรฐานแบบ

ตารางที่ 4.3 ค่าความหนืดมูนนีของยางพาราถ่านไม้ชนิดต่างๆ ที่ขนาดอนุภาค 53 μm

ปริมาณ 40 phr

ชนิดไม้	ความหนืดมูนนี	
	แผ่นยางผึ้งแห้ง	แผ่นยางร่มควัน
บก	42.30	66.23
บุคคลิกตัส	46.94	64.94
กระถินธรรค์	61.56	79.78
ไผ่	53.64	59.34
ผสม	44.82	50.34
มะขาม	94.40	102.05

ตารางที่ 4.4 ค่าความหนืดมูนนีของยางพสมผงถ่านไม้มะขาม

ชนิดไม้	ขนาดอนุภาคผงถ่าน (μm)	ปริมาณผงถ่าน (phr)	ความหนืดมูนนี	
			แผ่นยางผึ้งแห้ง	แผ่นยางรมควัน
มะขาม	53	5	66.04	70.20
		10	68.46	79.76
		20	80.70	88.92
		40	94.40	102.05
	106	40	70.41	76.25
	212	40	67.41	71.30
	425	40	50.23	57.13

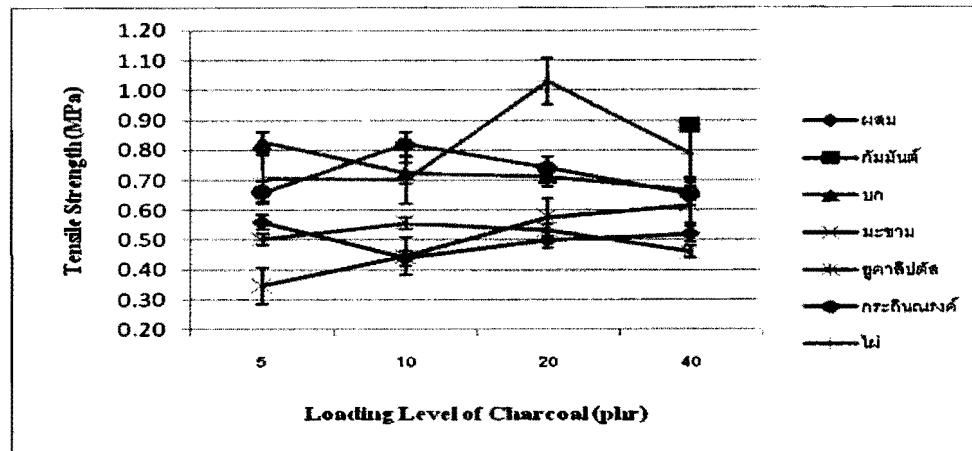
ตารางที่ 4.5 ค่าความหนืดมูนนีของยางพสมถ่านกัมมันต์

ชนิดไม้	ขนาดอนุภาคผงถ่าน (μm)	ปริมาณผงถ่าน (phr)	ความหนืดมูนนี	
			แผ่นยางผึ้งแห้ง	แผ่นยางรมควัน
กัมมันต์	53	40	29.30	31.21
	425	40	39.60	44.29

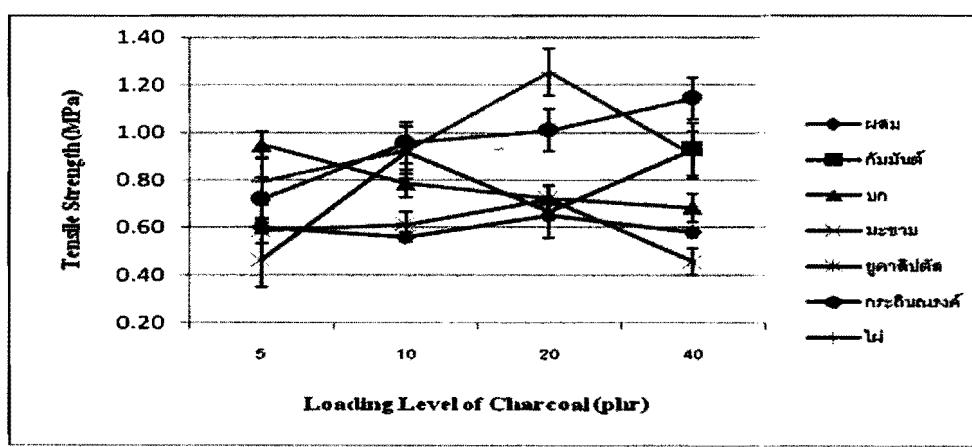
จากตารางที่ 4.3–4.5 แสดงให้เห็นว่าผงถ่านไม้มีผลทำให้ความหนืดของยางเพิ่มขึ้น ซึ่งขึ้นกับปริมาณและขนาดอนุภาค ก่อร่องคือ เมื่อปริมาณผงถ่านมากขึ้นความหนืดจะยิ่งสูงขึ้น และเมื่อใช้ในปริมาณที่เท่ากัน ขนาดอนุภาคที่เล็กจะทำให้ความหนืดของยางเพิ่มขึ้น

4.1.3.3 สมบัติเชิงกลของยางมาสเตอร์แบง

1) ความทนต่อแรงดึง

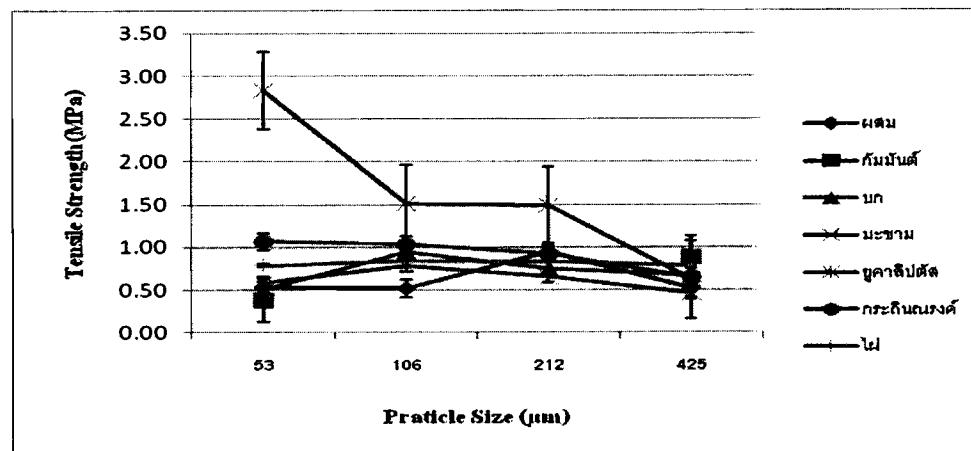


ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาต่อแรงดึงกับปริมาณผงถ่านของแผ่นยางพื้นแท้

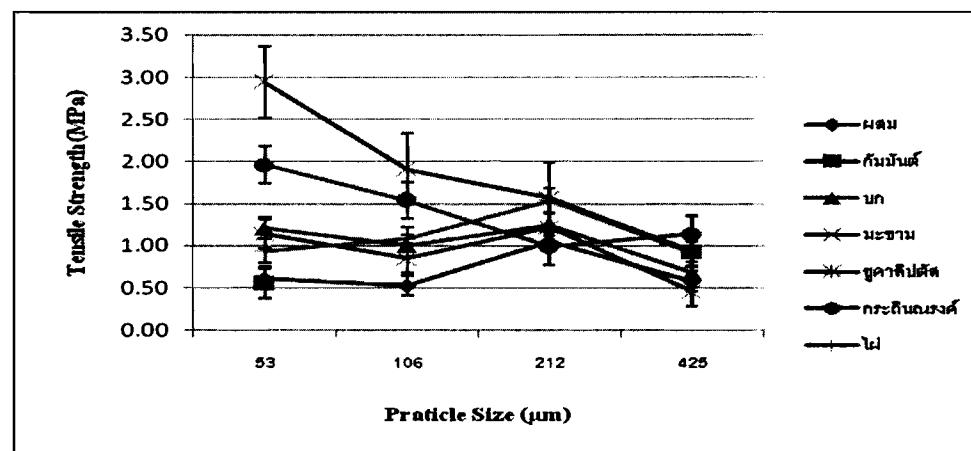


ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาต่อแรงดึงกับปริมาณผงถ่านของแผ่นยางรุ่นควัน

จากภาพที่ 4.8 และภาพที่ 4.9 พนว่าการเพิ่มปริมาณผงถ่านมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความหนาต่อแรงดึง โดยการเตรียมแผ่นยางด้วยวิธีรุ่นควันให้ความหนาต่อแรงดึงสูงกว่าการเตรียมด้วยวิธีพื้นแท้

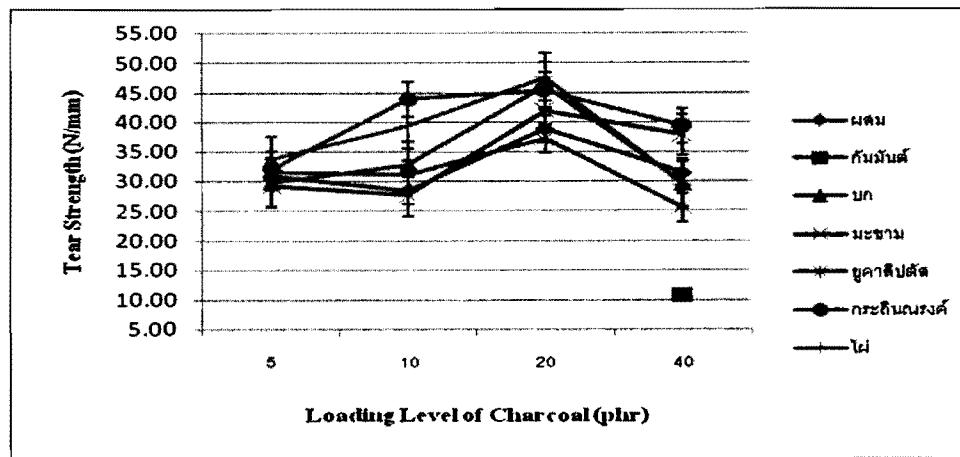


ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาต่อแรงดึงของยางแผ่นผื่นหัวหงายกับขนาดอนุภาคผงค่าน

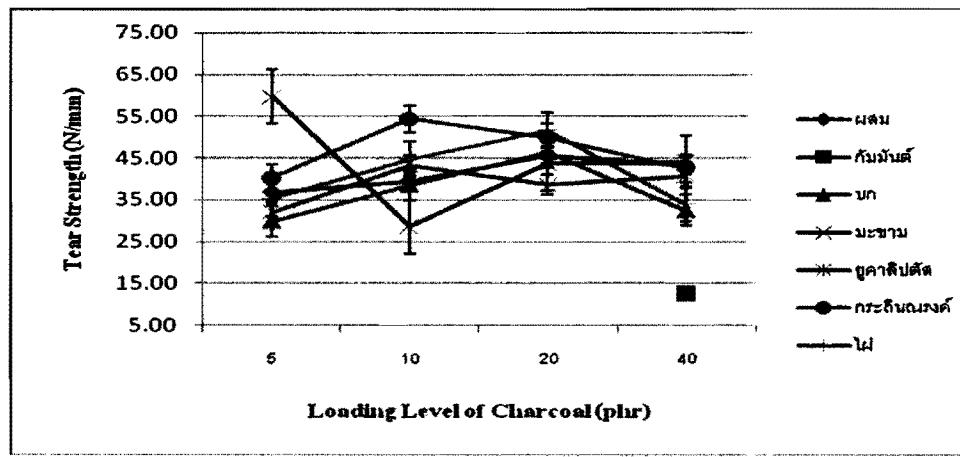


ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาต่อแรงดึงของยางแผ่นรرمควันกับขนาดอนุภาคผงค่าน

จากภาพที่ 4.10 และภาพที่ 4.11 พบร่วมกันว่าการเตรียมแผ่นยางด้วยวิธีรัมควันให้ความหนาต่อแรงดึงสูงกว่าการเตรียมด้วยหัวหงายและแผ่นยางมาสเตอร์เบชผสมผงค่านมีความหนาต่อแรงดึงลดลง เมื่อขนาดอนุภาคผงค่านใหญ่ขึ้น จะทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสถูกจำกัดเนื่องจากเนื้อยางและความต่อเนื่องของเสียหางในการรับแรงน้อยกว่าความต้านทานต่อการฉีกขาด

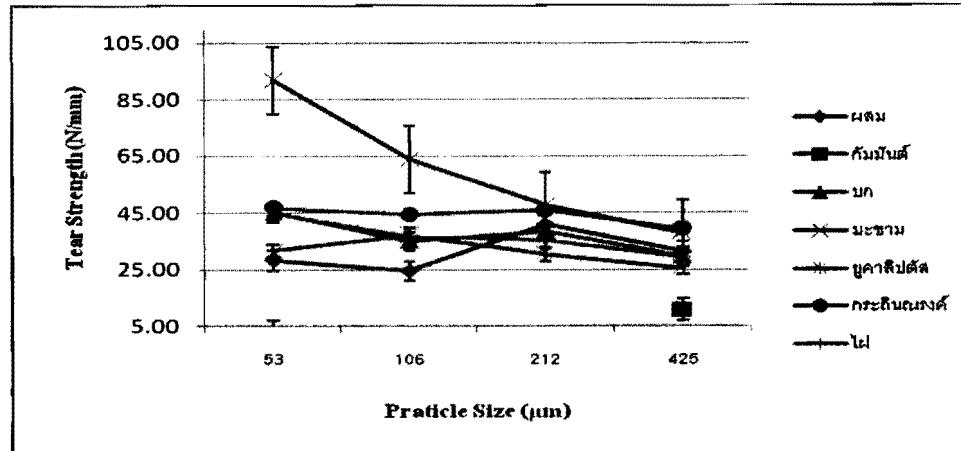


ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่อการฉีกขาดของแผ่นยางพื้นห้องน้ำกับปริมาณผงถ่าน

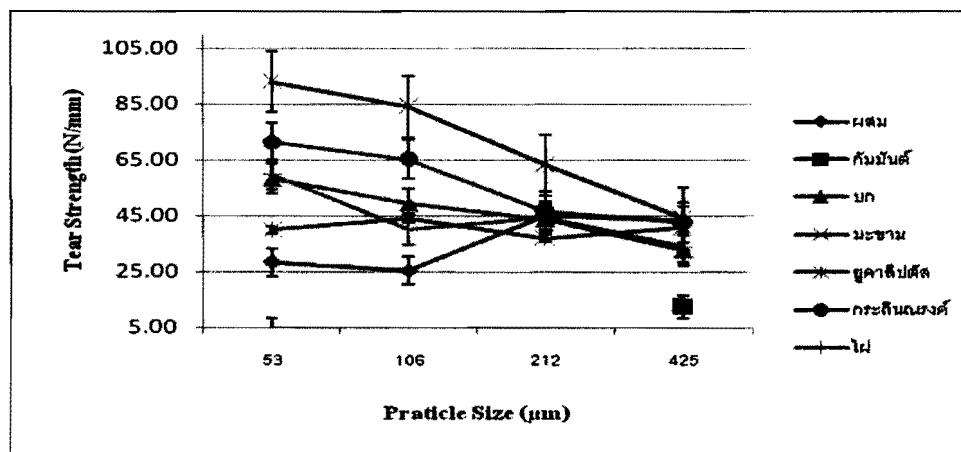


ภาพที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่อการฉีกขาดของแผ่นยางร่มกวันกับปริมาณผงถ่าน

จากภาพที่ 4.12 และภาพที่ 4.13 พบว่าความต้านทานต่อการฉีกขาดของแผ่นยาง มาสเตอร์เบนช์ผงถ่านแปรผกผันกับขนาดอนุภาคผงถ่าน โดยการเตรียมแผ่นยางด้วยวิธีร่มกวันให้ความต้านทานต่อการฉีกขาดสูงกว่าการเตรียมด้วยวิธีพื้นห้อง



ภาพที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางแผ่นผื่นแห้งกับขนาดอนุภาคผงถ่าน



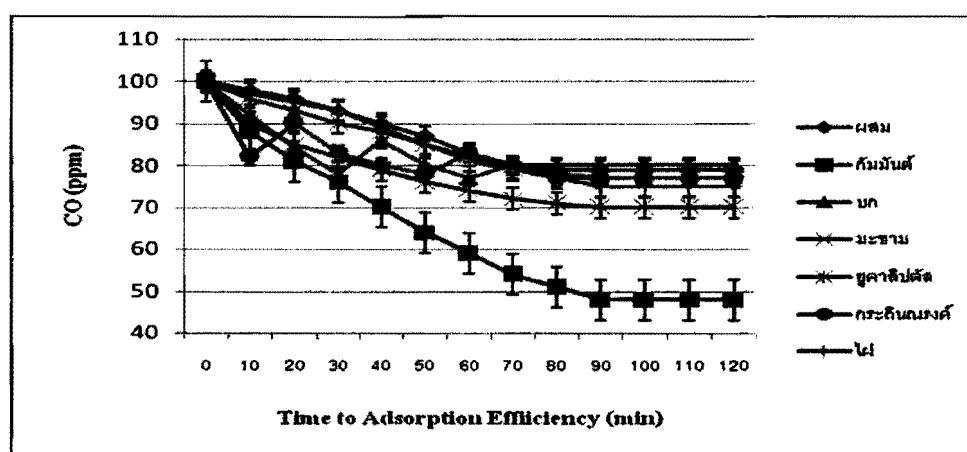
ภาพที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่อการฉีกขาดของยางแผ่นร่มควันกับขนาดอนุภาคผงถ่าน

จากภาพที่ 4.14 และภาพที่ 4.15 พบว่า แผ่นยางมาสเตอร์เบชฟ์สมสมผากัน มีความต้านทานต่อการฉีกขาดลดลง เมื่อขนาดอนุภาคผงถ่านใหญ่ขึ้น โดยการเครียบมันจะหักง่ายกว่า ให้สมบัติเชิงกลคือ ว่า การเครียบมันจะหักง่ายกว่า การเครียบผงถ่าน

4.1.4 อิทธิพลของชนิดผงถ่านไม้ต่อสมบัติของแผ่นยางมาสเตอร์เบชต่อสมบัติการดูดซับก๊าซคาร์บอนอนออกไซด์

4.1.4.1 ด้านประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซ

จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนอนออกไซด์จากวันบุหรี่ที่สภาวะความชื้นขึ้นเริ่มต้น 100 ppm โดยเวลาที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 120 นาที การทดลองประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซคาร์บอนอนออกไซด์ของแผ่นยางมาสเตอร์เบชพสมพถ่านถูกเตรียมด้วย 2 วิธี คือยางแผ่นผื่งแห้งและยางแผ่นร่มวัน จากผลการทดลองพบว่าแผ่นยางมาสเตอร์เบชพสมพถ่านไม้ให้สมบัติที่สุดที่ปริมาณ 40 phr ขนาดอนุภาค 425 μm ดังนี้จึงเลือกที่ค่าดังกล่าวเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของผงถ่านไม้ชนิดต่างๆ พนว่าแผ่นยางมาสเตอร์เบชพสมพถ่านมีพฤติกรรมการดูดซับก๊าซคาร์บอนอนออกไซด์เปลี่ยน 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 มีพฤติกรรมการดูดซับเป็นในทิศทางเดียวกัน กลุ่มที่ 2 มีพฤติกรรมการดูดซับและการหายดังแสดงในภาพที่ 4.16-4.17

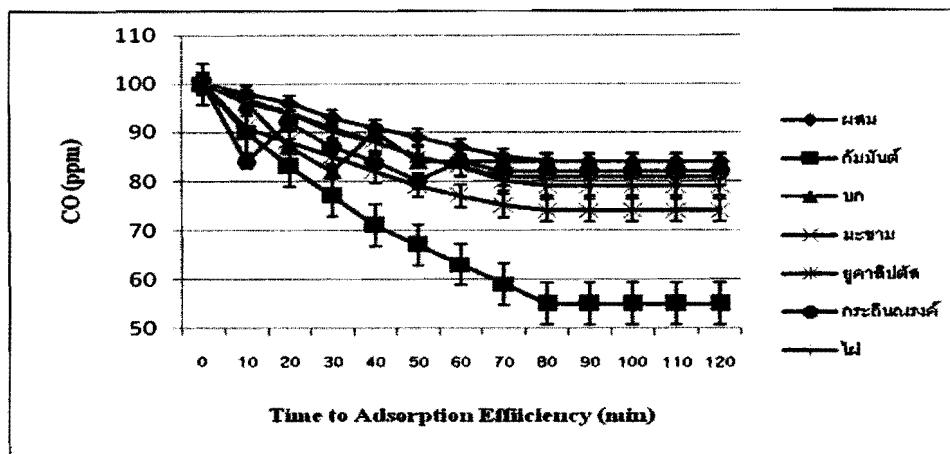


ภาพที่ 4.16 ประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซกลืนของยางแผ่นผื่งแห้ง

จากภาพที่ 4.16 พนว่ากลุ่มที่ 1 การเตรียมยางแผ่นผื่งแห้งมีประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซที่ดีที่สุด คือยางแผ่นผงถ่านกัมมันต์ที่สภาวะอิ่มตัวมีของการดูดซับก๊าซเท่ากับ 48 ppm คิดเป็นร้อยละ 42.31 เมื่อเทียบกับแผ่นยางมาสเตอร์เบชพสมพถ่านถ่านไม้จะขาด ไม่ไฝ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถินแรงค์ ไม้พสนและไม้บก ตามลำดับ

กลุ่มที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการเตรียมแผ่นยางด้วยวิธีผื่งแห้ง ของแผ่นยางมาสเตอร์เบชพสมพถ่านไม้บกมีการดูดซับก๊าซสูงสุดที่ 22 ppm และการหายสูงสุดที่ 8 ppm และเข้าสู่สภาวะอิ่มตัวของการดูดซับก๊าซในเวลา 70 นาที โดยมีค่าเท่ากับ 80 ppm และแผ่นยางมาสเตอร์เบชพสม

ผงถ่านไม้กระถินแพรงค์ มีการคูดซับก๊าซสูงสุดที่ 18 ppm และการคายสูงสุดที่ 8 ppm และเข้าสู่สภาวะอิ่มตัวของการคูดซับก๊าซในเวลา 80 นาที โดยมีค่าเท่ากับ 77 ppm



ภาพที่ 4.17 ประสิทธิภาพการคูดซับก๊าซการรับอนุอนก์ใช้ค์ของยางแผ่นร่มควัน

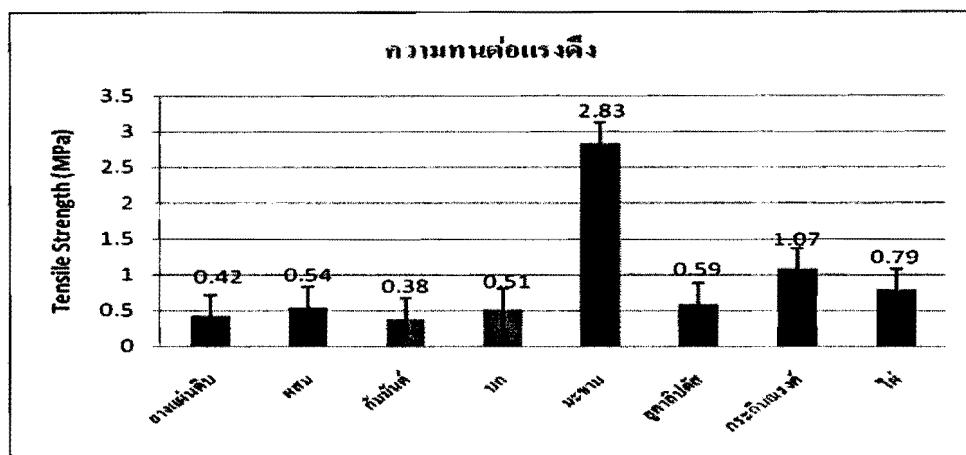
จากภาพที่ 4.17 พบว่ากุ่มที่ 1 แสดงให้เห็นว่าแผ่นยางมาสเตอร์เบชพสมถ่านกั้มมันที่ที่เตรียมด้วยวิธีร่มควันมีประสิทธิภาพในการคูดซับก๊าซสูงสุดที่สภาวะอิ่มตัวของการคูดซับมีค่าเท่ากับ 55 ppm คิดเป็นร้อยละ 42.22 เมื่อเทียบกับแผ่นยางมาสเตอร์เบชพสมถ่านไม้มะขามไม้ยูคาลิปตัส ไม้ไผ่ ไม้กระถินแพรงค์ ไม้พสุนและไม้บก ตามลำดับ

กุ่มที่ 2 แสดงให้เห็นว่าแผ่นยางมาสเตอร์เบชพสมถ่านไม้บก ประเภทยางแผ่นร่มควันมีการคูดซับก๊าซสูงสุดที่ 18 ppm และการคายสูงสุดที่ 8 ppm เข้าสู่สภาวะอิ่มตัวของการคูดซับก๊าซในเวลา 50 นาที โดยที่ค่าเท่ากับ 84 ppm แผ่นยางมาสเตอร์เบชพสมถ่านไม้กระถินแพรงค์ ประเภทยางแผ่นร่มควัน มีการคูดซับก๊าซสูงสุดที่ 16 ppm และการคายสูงสุดที่ 8 ppm เข้าสู่สภาวะอิ่มตัวของการคูดซับก๊าซในเวลา 70 นาที โดยที่ค่าเท่ากับ 82 ppm

4.1.4.2 สมบัติเชิงกลของแผ่นยางมาสเตอร์แบง

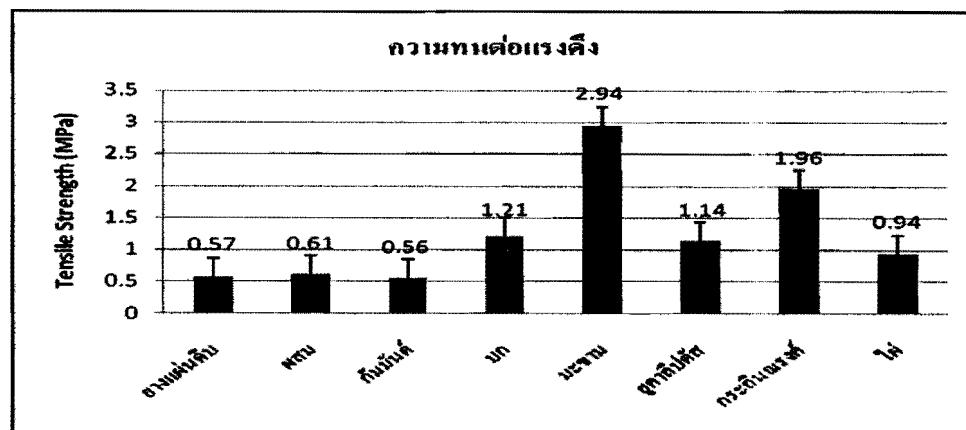
1) ความทนต่อแรงดึง

จากการทดลองสมบัติในหัวข้อ 4.1.3 ข้างต้น พบว่าแผ่นยางมาสเตอร์แบงสม泓ถ่านไม่ให้สมบัติที่สุดที่ปริมาณ 40 phr ขนาดอนุภาค 53 μm ดังนั้นจึงเลือกที่ค่าดังกล่าว เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกลของพงถ่านไม้ชินิดต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.18-4.21



ภาพที่ 4.18 ความทนต่อแรงดึงสูงสุดของแผ่นยางผึ้งแห้ง

จากภาพที่ 4.18 ความทนต่อแรงดึงสูงสุดของแผ่นยางมาสเตอร์แบงสม泓ถ่านไม้ชามปริมาณ 40 phr ที่ขนาดอนุภาคพงถ่าน 53 μm ประเภทยางแผ่นผึ้งแห้ง มีความทนต่อแรงดึงสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.83 MPa เมื่อเทียบกับแผ่นยางมาสเตอร์พสมกัมมันมีค่า 0.38 MPa คิดเป็นร้อยละ 86.57

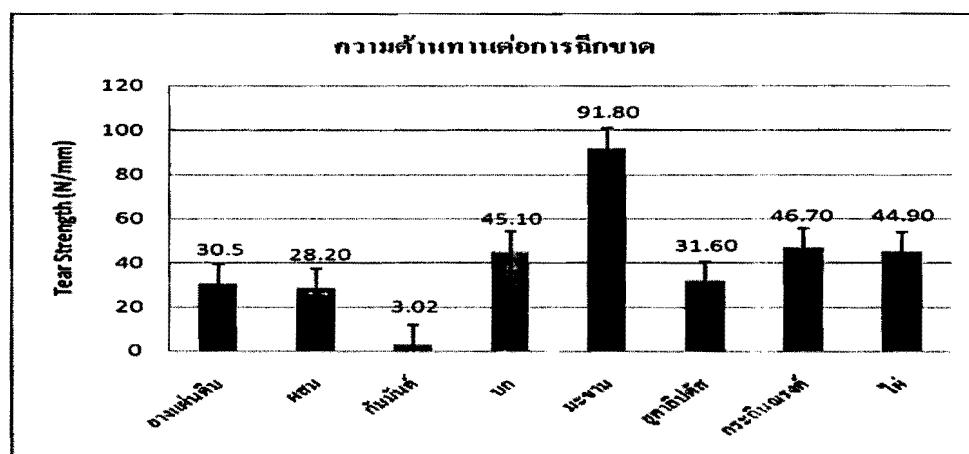


ภาพที่ 4.19 ความทนต่อแรงดึงสูงสุดของยางแผ่นร่มกวัน

จากภาพที่ 4.19 แผ่นยางมาสเตอร์แบบพสมผงถ่านไม้มะขามมีความทนต่อแรงดึงสูงสุดคือ 2.94 MPa ที่ขนาดอนุภาคผงถ่าน $53 \mu\text{m}$ ปริมาณ 40 phr เมื่อเทียบกับแผ่นยางมาสเตอร์พสมกันมันคือ 0.56 MPa คิดเป็นร้อยละ 80.95

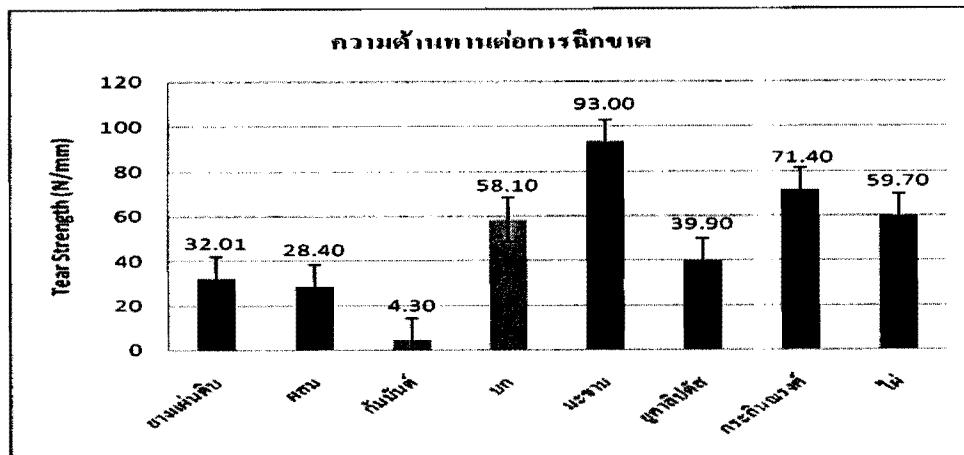
2) ความต้านทานต่อการฉีกขาด

จากการศึกษาสมบัติเชิงกลด้านความต้านทานต่อการฉีกขาดของแผ่นยางมาสเตอร์แบบพสมผงถ่านที่ขนาดอนุภาคผงถ่าน $53 \mu\text{m}$ ปริมาณผงถ่าน 40 phr ที่ถูกเตรียมด้วยวิธีผึ่งแห้งและรวมครั้นดังภาพที่ 4.20 และภาพที่ 4.21 พบว่าแผ่นยางมาสเตอร์แบบพสมผงถ่าน มีความต้านทานต่อการฉีกขาดสูงสุด



ภาพที่ 4.20 ความต้านทานต่อการฉีกขาดสูงสุดของแผ่นยางผึ่งแห้ง

จากภาพที่ 4.20 ความต้านทานต่อการฉีกขาดสูงสุดของแผ่นผึ่งแห้ง คือ แผ่นยางมาสเตอร์แบบพสมผงถ่านไม้มะขามมีค่า 91.80 N/mm เมื่อเทียบกับแผ่นยางมาสเตอร์พสมกันมันคือ 3.02 N/mm คิดเป็นร้อยละ 96.71



ภาพที่ 4.21 ความต้านทานต่อการฉีกขาดสูงสุดของแผ่นยางตามค่าน

จากภาพที่ 4.21 ความต้านทานต่อการฉีกขาดสูงสุดของแผ่นยางมาสเตอร์เบชพสมงค่านมีค่าสูงสุดคือ แผ่นยางมาสเตอร์เบชพสมงค่าน ไม้มะขาม ประเทกยางแผ่นร่มค่านมีค่า 93.00 N/mm เมื่อเทียบกับแผ่นยางมาสเตอร์พสมกัมมันค่านี่ค่า 4.30 N/mm ก็คือเป็นร้อยละ 95.38

จากผลการทดลองสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล พบว่า พงค่านกัมมันที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุด และสมบัติเชิงกลด้านความทนต่อแรงดึงและความต้านทานต่อการฉีกขาดค่าสูง เนื่องมาจากพงค่านกัมมันที่เกิดการแตกตะกรอนบริเวณพื้นดัง ล่งผลให้เกิดการหลุดในกระบวนการรีด จึงทำให้ปริมาณพงค่านที่ผสมกับเนื้อยางมีปริมาณน้อย ส่งผลต่อมัธยของยาง ด้านความทนต่อแรง ความต้านทานต่อการฉีกขาด และความหนืดมูนนี้

4.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาทดลองระหว่างหลักและผลกระทบร่วมของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของแผ่นยางดูดกลิ่น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของทั้ง 4 ปัจจัย โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกторเรียล (General Full Factorial Design) ในโปรแกรม Minitab Release 14 และثارช้ำ 2 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 384 การทดลอง เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในการเลือกใช้พงค่าน ไม้ (Type) ขนาดอนุภาคพงค่าน (Particle Size) ปริมาณพงค่าน (Weight) และวิธีการเตรียมแผ่นยาง (Rubber Sheet) ที่เหมาะสม (ดังในภาคผนวก ค)

4.2.1 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking)

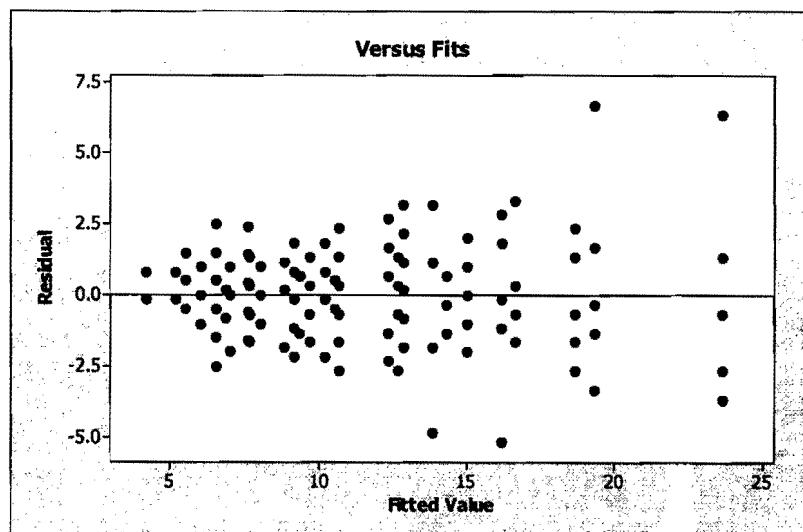
ก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนต้องมีการตรวจสอบหาความคลาดเคลื่อนของส่วนตัวก้างในการทดลอง กล่าวคือค่าความคลาดเคลื่อนต้องมีการกระจายแบบปกติ (Normally

Distributed) และข้อมูลที่ทดลองความมีความเป็นอิสระต่อกัน (Independently Distributed) รวมทั้ง การทดสอบความความแปรปรวนคงที่ (Constant Variance, σ^2) จึงจะสรุปได้ว่าข้อมูลมีความถูกต้องและสามารถนำไปใช้ได้ โดยการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง เพื่อ ตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยมีสมมติฐานว่า รูปแบบของส่วนตกค้าง (Residuals) ที่ได้จากข้อมูลในการทดลองต้องมีการแจกแจงแบบปกติ และเป็นอิสระด้วยค่าเฉลี่ยใกล้เคียงศูนย์ รวมถึงค่าความแปรปรวน ต้องมีค่าคงที่ จึงจะสรุปได้ว่าผลจากการทดลองมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือของข้อมูลดังนี้

4.2.1.1 การตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติ (Normal Distribution) เป็น การตรวจสอบส่วนตกค้าง (Residual) ของข้อมูลว่ามีการกระจายแบบแจกแจงปกติหรือไม่

4.2.1.2 การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) แล้วดูลักษณะการกระจายของจุดที่แทนข้อมูลบนแผนภูมิเป็นรูปแบบอิสระหรือไม่

4.2.1.3 การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability) โดย ใช้แผนภูมิการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residual) ในแต่ละระดับของปัจจัย พนว่าส่วนตกค้างของ ผลการทดลองมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอทั้งทางบวกและทางลบแสดงข้อมูลที่มีความเสถียรของ ความแปรปรวน (ประไพรศรี สุทธานน, 2551) ดังแสดงในภาพที่ 4.22



ภาพที่ 4.22 การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างเทียบกับค่าที่ถูกฟิต

4.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

การวิเคราะห์ความแปรปรวน ผู้วิจัยเลือกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซかる์บอนมอนอกไซด์ (Adsorption) ความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) และความต้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Strength) มาวิเคราะห์ซึ่งได้ผลดัง ตารางที่ 4.3, 4.4 และ 4.5

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซ (Adsorption)

แหล่งความผันแปร (Source)	ขั้นของ ความอิสระ (DF)	ผลรวม กำลังสอง (SS)	ค่าเฉลี่ย กำลังสอง (MS)	ตัวทดสอบ (F)	ตัวทดสอบ (P)
A	5	307.013	61.403	23578.60	0.000
B	3	1678.529	559.510	214851.67	0.000
C	3	4733.695	1577.898	605913.00	0.000
D	1	928.148	928.148	356409.00	0.000
A*B	15	173.581	11.572	4443.67	0.000
A*C	15	213.664	14.244	5469.80	0.000
A*D	5	33.055	6.611	2538.60	0.000
B*C	9	277.211	30.801	11827.67	0.000
B*D	3	14.320	4.773	1833.00	0.000
C*D	3	23.154	7.718	2963.67	0.000
A*B*C	45	117.617	2.614	1003.67	0.000
A*B*D	15	17.539	1.169	449.00	0.000
A*C*D	15	31.956	2.130	818.07	0.000
B*C*D	9	1.753	0.195	74.78	0.000
A*B*C*D	45	30.326	0.674	258.78	0.000
Pure Error	192	0.500	0.003		
Total	383	8582.060			

$$S = 0.0510310 \quad R-Sq = 99.99\% \quad R-Sq(adj) = 99.99\%$$

หมายเหตุ A = Type B = Particle Size C = Weight D = Rubber Sheet

ตารางที่ 4.6 พบว่าปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก้าช อ่อนนุ่มน้ำมีนัยสำคัญ $0.05 (p < 0.05)$ คือ ชนิดผงถ่าน “ไม้” (Type) ขนาดอนุภาคผงถ่าน (Particle Size) ปริมาณผงถ่าน (Weight) และวิธีการเตรียมยางแผ่น (Rubber Sheet)

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความทนต่อแรง扯 (Tensile Strength)

แหล่งความผันแปร (Source)	ขั้นของ ความอิสระ (DF)	ผลรวม กำลังสอง (SS)	ค่าเฉลี่ย กำลังสอง (MS)	ตัวทดสอบ (F)	ตัวทดสอบ (P)
A	5	21.24061	4.24812	13316.56	0.000
B	3	15.68897	5.22966	16393.37	0.000
C	3	2.45298	0.81766	2563.11	0.000
D	1	5.50323	5.50323	17250.95	0.000
A*B	15	14.26257	0.95084	2980.59	0.000
A*C	15	8.52334	0.56822	1781.20	0.000
A*D	5	0.26377	0.05275	165.37	0.000
B*C	9	1.22520	0.13613	426.74	0.000
B*D	3	0.52690	0.17563	550.56	0.000
C*D	3	0.24013	0.08004	250.91	0.000
A*B*C	45	6.64400	0.14764	462.82	0.000
A*B*D	15	0.33766	0.02251	70.56	0.000
A*C*D	15	0.74620	0.04975	155.94	0.000
B*C*D	9	0.19381	0.02153	67.50	0.000
A*B*C*D	45	2.06573	0.04591	143.90	0.000
Pure Error	192	0.06125	0.00032		
Total	383	79.97635			

$$S = 0.0178609 \quad R-Sq = 99.92\% \quad R-Sq(adj) = 99.85\%$$

หมายเหตุ A = Type B = Particle Size C = Weight D = Rubber Sheet

ตารางที่ 4.7 พบว่ามีปัจจัย 4 ปัจจัยอันประกอบไปด้วย ชนิดผงถ่านใหม่ (Type) ขนาดอนุภาคผงถ่าน (Particle Size) ปริมาณผงถ่าน (Weight) และวิธีการเตรียมยางแผ่น (Rubber Sheet) ต่างมีอิทธิพลต่อความทนต่อแรงดึงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความต้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Strength)

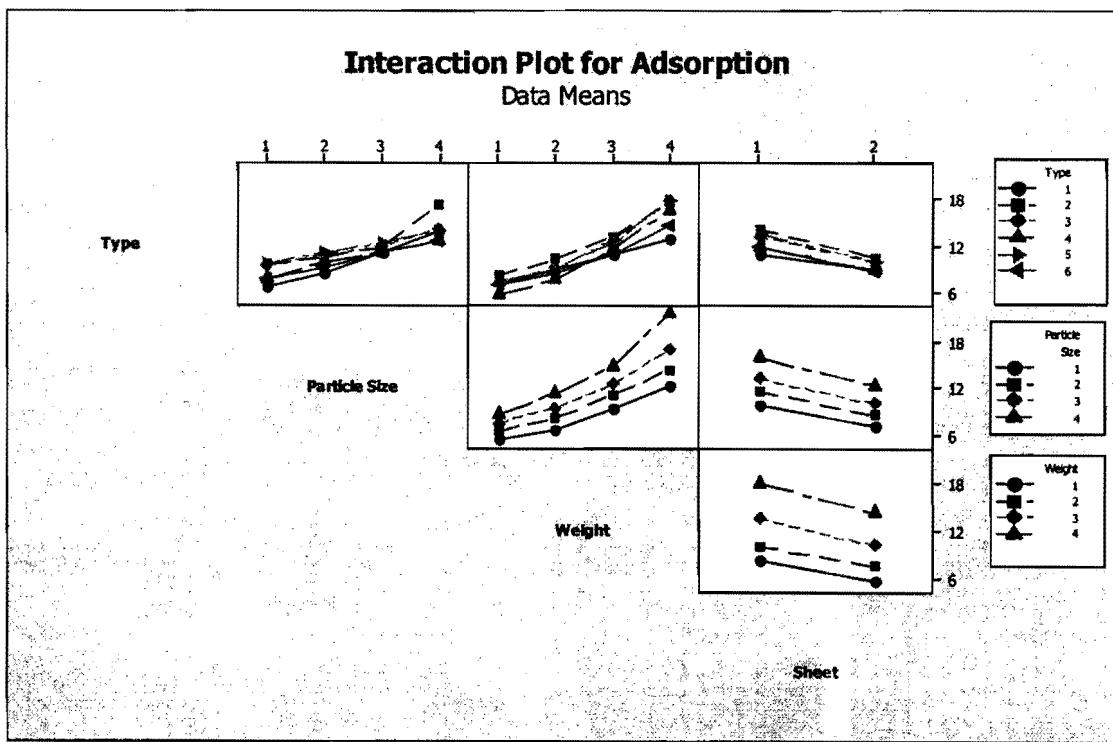
แหล่งความผันแปร (Source)	ขั้นของ ความอิสระ (DF)	ผลรวม กำลังสอง (SS)	ค่าเฉลี่ย กำลังสอง (MS)	ตัวทดสอบ (F)	ตัวทดสอบ (P)
A	5	15953.92	3190.78	8212.21	0.000
B	3	6156.95	2052.32	5282.10	0.000
C	3	4538.02	1512.67	3893.21	0.000
D	1	5481.91	5481.91	14108.93	0.000
A*B	15	9125.36	608.36	1565.75	0.000
A*C	15	5919.28	394.62	1015.64	0.000
A*D	5	252.93	50.59	130.20	0.000
B*C	9	1687.75	187.53	482.65	0.000
B*D	3	73.09	24.36	62.70	0.000
C*D	3	96.72	32.24	82.98	0.000
A*B*C	45	4966.70	110.37	284.07	0.000
A*B*D	15	529.13	35.28	90.79	0.000
A*C*D	15	877.48	58.50	150.56	0.000
B*C*D	9	197.00	21.89	56.34	0.000
A*B*C*D	45	1801.11	40.02	103.01	0.000
Pure Error	192	74.60	0.39		
Total	383	57731.95			

$$S = 0.623331 \quad R-Sq = 99.87\% \quad R-Sq(adj) = 99.74\%$$

หมายเหตุ A = Type B = Particle Size C = Weight D = Rubber Sheet

จากตารางที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความด้านทานต่อการฉีกขาดและที่ค่านัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = 0.05$ พบว่าปัจจัยหลัก (Main Effects) มีค่า P-Value น้อยกว่าระดับ α ซึ่งแสดงว่าตัวแปรทั้งหมดมีผลผลกระทบต่อการทดลอง

จากตารางที่ 4.6, 4.7 และ 4.8 เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าชนิดผงถ่านไม้ (Type) ขนาดอนุภาคผงถ่าน (Particle Size) ปริมาณผงถ่าน (Weight) และวิธีการเตรียมยางแผ่น (Rubber Sheet) แต่ละปัจจัยมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 และพบว่าปัจจัยร่วม (Interaction) ระหว่าง ชนิดผงถ่านกับขนาดอนุภาคผงถ่าน ระหว่างชนิดผงถ่านกับปริมาณผงถ่าน ระหว่างชนิดผงถ่านกับ การเตรียมยางแผ่น ระหว่างอนุภาคผงถ่านกับปริมาณผงถ่าน ระหว่างอนุภาคผงถ่านกับวิธีการเตรียม ยางแผ่น ระหว่างปริมาณผงถ่านกับวิธีการเตรียมยางแผ่นมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซ (Adsorption) ความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) และความด้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Strength) จากนั้นทำการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction Plot)



ภาพที่ 4.23 อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลผลกระทบต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซ

ภาพที่ 4.23 จากภาพนั้นซ้ายจะแสดงผลกราฟร่วมระหว่างชนิดของผงถ่านกับขนาดอนุภาคผงถ่าน ผลจากการวิเคราะห์พบว่าทุกชนิดของผงถ่าน ไม่ใช้การเลือกใช้ปริมาณผงถ่านเท่ากับ 40 phr เพราะทำให้แผ่นยางมาสเตอร์เบนช์สมผงถ่านมีประสิทธิภาพการคุณซับก้าวcarbอนนอนอกไชค์สูงสุด รองลงมาคือ 212, 106 และ 53 μm ตามลำดับ

ภาพบนกลางจะแสดงผลกราฟร่วมระหว่างชนิดของผงถ่านกับปริมาณผงถ่าน ผลการวิเคราะห์พบว่าทุกชนิดของผงถ่าน ไม่ใช้การเลือกใช้ปริมาณผงถ่านเท่ากับ 40 phr เพราะทำให้แผ่นยางมาสเตอร์เบนช์สมผงถ่านมีประสิทธิภาพการคุณซับก้าวcarbอนนอนอกไชค์สูงกว่าการเลือกใช้ผงถ่านปริมาณ 5, 10 และ 20 phr

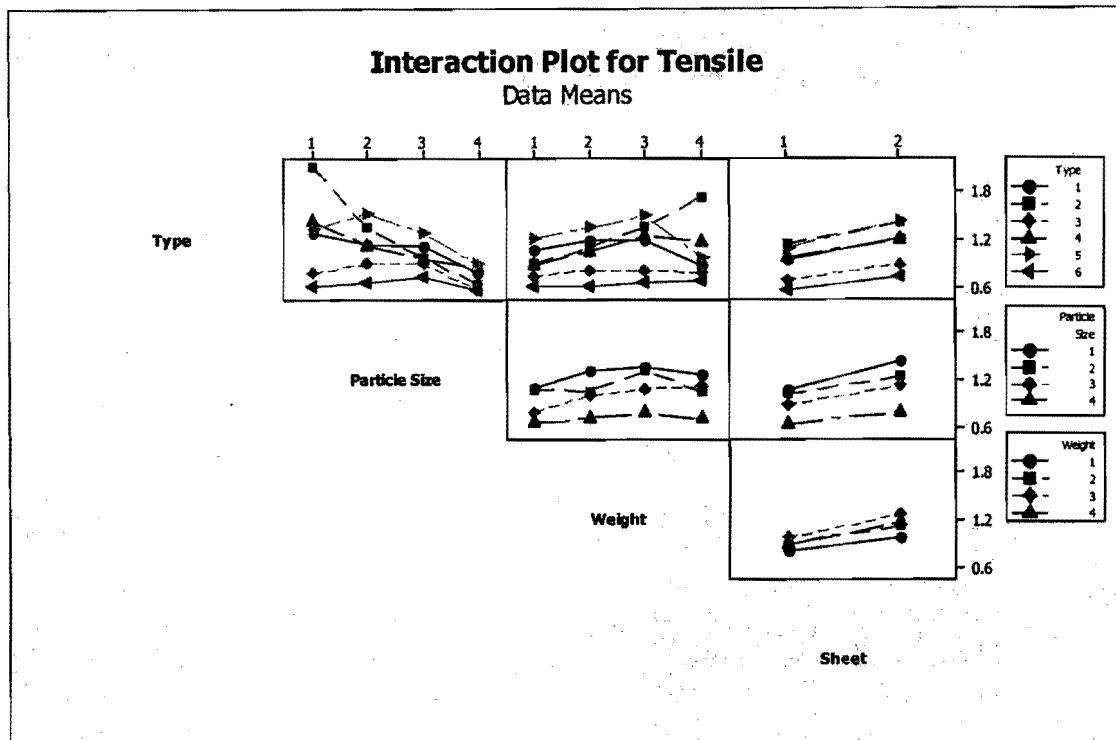
ภาพบนขวาจะแสดงผลกราฟร่วมระหว่างชนิดของผงถ่านกับการเตรียมยางแผ่น ผลการวิเคราะห์พบว่าทุกชนิดของผงถ่าน ไม่ใช้การเลือกวิธีการเตรียมแผ่นยางผึ่งแห้ง

ภาพกลางซ้ายจะแสดงผลกราฟร่วมระหว่างอนุภาคผงถ่านกับปริมาณผงถ่าน ผลการวิเคราะห์พบว่าทุกอนุภาคผงถ่านควรเลือกใช้ผงถ่านที่ปริมาณเท่ากับ 40 phr เพราะมีประสิทธิภาพการคุณซับสูงกว่าการเลือกใช้ผงถ่านปริมาณ 20, 10 และ 5 phr ตามลำดับ

ภาพกลางขวา จะแสดงผลกราฟร่วมระหว่างอนุภาคผงถ่านกับวิธีการเตรียมแผ่นยาง ผลจากการวิเคราะห์พบว่าทุกอนุภาคผงถ่านควรเลือกการเตรียมด้วยวิธีผึ่งแห้ง เพราะมีประสิทธิภาพในการคุณซับได้มากกว่าการเตรียมด้วยวิธีรมควัน

ภาพล่างจะแสดงผลกราฟร่วมระหว่างปริมาณผงถ่านกับวิธีการเตรียมแผ่นยาง ผลจากการวิเคราะห์พบว่าทุกปริมาณผงถ่านควรเลือกใช้การเตรียมแผ่นยางมาสเตอร์เบนช์สมผงถ่านด้วยวิธีการเตรียมผึ่งแห้งผึ่งแห้ง เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการคุณซับก้าวได้สูงกว่าการเตรียมแผ่นยางโดยรวม

จากอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลกราฟบต่อประสิทธิภาพการคุณซับก้าว การบันนวนนอกไชค์ จะแสดงให้เห็นถึงผลกราฟร่วมระหว่างชนิดของผงถ่าน ขนาดอนุภาคผงถ่านปริมาณผงถ่าน และวิธีการเตรียมแผ่นยาง ผลจากการวิเคราะห์พบว่าขนาดอนุภาคผงถ่านที่ 425 μm ปริมาณผงถ่าน 40 phr ประเภทยางแผ่นผึ่งแห้งของทุกผงถ่าน ไม่จะให้ประสิทธิภาพในการคุณซับก้าวตีที่สุด คือผงถ่าน ไม้มะขามมีค่าเท่ากับ 30 ppm รองลงมาคือผงถ่าน ไม้ไผ่ ผงถ่าน ไม้ขุกา ลิปคัส ผงถ่าน ไม้กระถินบรรก์ ผงถ่าน ไม้พสนและผงถ่าน ไม้บก ตามลำดับ เมื่อเทียบกับยางแผ่นดิน



ภาพที่ 4.24 อิทชิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลผลกระทบต่อความทนต่อแรงดึง

ภาพที่ 4.24 จากการพนเข้าใจจะแสดงผลผลกระทบร่วมระหว่างชนิดของผงถ่าน ไม่ควรเลือกใช้ขนาดอนุภาคผงถ่านที่ $53 \mu\text{m}$ เพราะความทนต่อแรงดึงสูงสุด รองลงมาคือ $106, 212$ และ $425 \mu\text{m}$ ตามลำดับ

ภาพบนกลางจะแสดงผลผลกระทบร่วมระหว่างชนิดของผงถ่านกับปริมาณผงถ่าน ผลการวิเคราะห์พบว่าทุกชนิดของผงถ่าน ไม่ควรเลือกใช้ปริมาณผงถ่านเท่ากับ 20 phr เพราะทำให้แผ่นยางมีสเตอร์เบนผสมผงถ่านมีความทนต่อแรงดึงสูงกว่าการเลือกใช้ผงถ่านปริมาณ $40, 10$ และ 5 phr

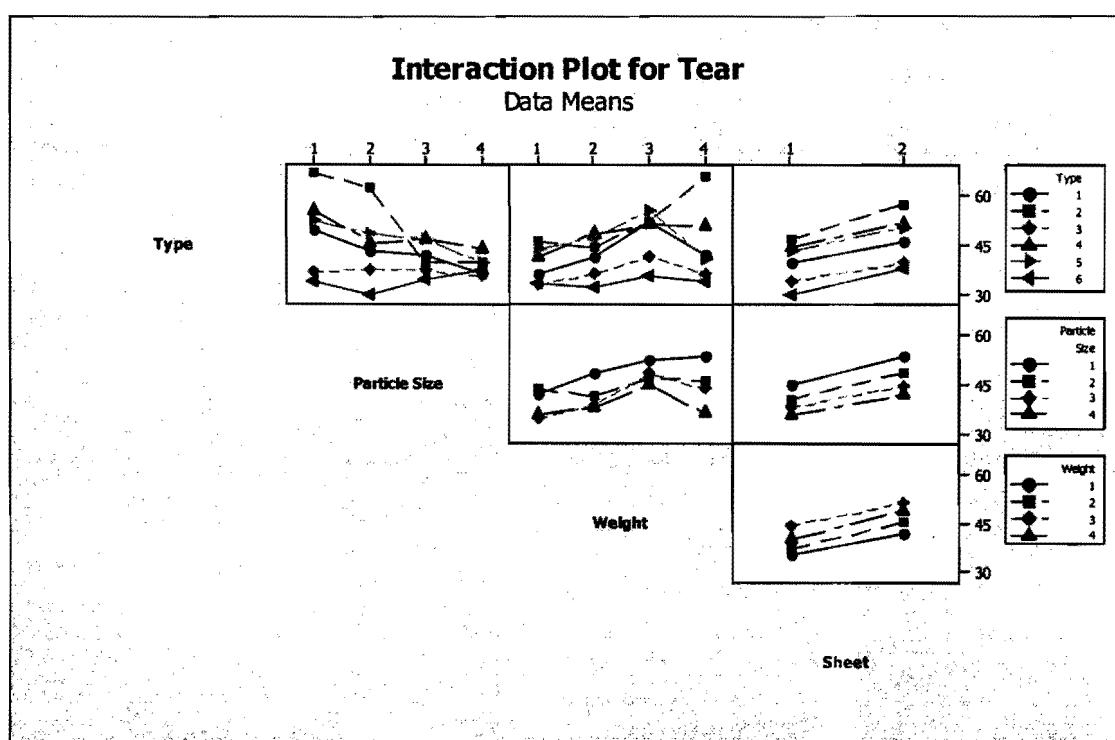
ภาพบนขวาจะแสดงผลผลกระทบร่วมระหว่างชนิดของผงถ่านกับการเตรียมยางแผ่น ผลการวิเคราะห์พบว่าทุกชนิดของผงถ่าน ไม่ควรเลือกวิธีการเตรียมแผ่นยางรวมกัน

ภาพกลางซ้ายจะแสดงผลผลกระทบร่วมระหว่างอนุภาคผงถ่านกับปริมาณผงถ่าน ผลการวิเคราะห์พบว่าทุกอนุภาคผงถ่านควรเลือกใช้ผงถ่านที่ปริมาณเท่ากับ 20 phr เพราะมีความทนต่อแรงดึงสูงกว่าการเลือกใช้ผงถ่านปริมาณ $40, 10$ และ 5 phr ตามลำดับ

ภาพกลางขวา จะแสดงผลผลกระทบร่วมระหว่างอนุภาคผงถ่านกับวิธีการเตรียมยางแผ่น คือ ผลจากการวิเคราะห์พบว่าทุกอนุภาคผงถ่านควรเลือกการเตรียมด้วยวิธีรนกวน เพราะมีความทนต่อแรงดึงได้นากกว่าการเตรียมด้วยวิธีผึ่งแห้ง

ภาพล่างจะแสดงผลกราฟร่วมระหว่างปริมาณผงถ่านกับวิธีการเตรียมแผ่นยาง ผลจาก การวิเคราะห์พบว่าทุกปริมาณผงถ่านควรเลือกใช้การเตรียมแผ่นยางนาสเตอร์เบซฟลามผงถ่านด้วย วิธีการเตรียมแผ่นยางรرمควัน เนื่องจากมีความทนต่อแรงดึงได้สูงกว่าการเตรียมแผ่นยางผึ้งแห้ง

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของผงถ่าน ขนาดอนุภาคผงถ่าน ปริมาณผงถ่าน และวิธีการเตรียมแผ่นยาง พบว่าการเตรียมแผ่นยางด้วยวิธีรرمควัน ที่ขนาดอนุภาคผงถ่าน $53 \mu\text{m}$ ปริมาณผงถ่าน 20 phr จะทำให้ความทนทานต่อแรงดึงดีที่สุด คือผงถ่านไม้มะขามมีค่าเท่ากับ 2.41 MPa รองลงมาคือผงถ่านไม้ไผ่ ผงถ่านไม้กระถินแวร์ ผงถ่านไม้บก ผงถ่านไม้ยูคาลิปตัส และผงถ่านไม้ฟลามตามลำดับ เมื่อเทียบกับยางแผ่นดิน



ภาพที่ 4.25 อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีผลกราฟรบต่อความต้านทานต่อการฉีกขาด

ภาพที่ 4.25 จากภาพนั้นชี้ว่าจะแสดงผลกราฟรบต่อระหว่างชนิดของผงถ่านกับขนาดอนุภาค ผงถ่าน ผลจากการวิเคราะห์พบว่าทุกชนิดของผงถ่าน ไม่ควรเลือกใช้ขนาดอนุภาคผงถ่านที่ $53 \mu\text{m}$ เพราะความต้านทานต่อการฉีกขาดสูงสุด รองลงมาคือ 106, 212 และ $425 \mu\text{m}$ ตามลำดับ

ภาพบนจะแสดงผลกราฟรบต่อระหว่างชนิดของผงถ่านกับปริมาณผงถ่าน ผลการ วิเคราะห์พบว่าทุกชนิดของผงถ่าน ไม่ควรเลือกใช้ปริมาณผงถ่านเท่ากับ 20 phr เพราะทำให้แผ่นยาง

นาสเตอร์เบนซ์พสมพงถ่านมีความด้านทานต่อการฉีกขาดสูงกว่าการเลือกใช้ผงถ่านปริมาณ 40, 10 และ 5 phr

ภาพบนข้าจะแสดงผลกรอบร่วมระหว่างชนิดผงถ่านกับการเตรียมยางแผ่น ผลการวิเคราะห์พบว่าทุกชนิดผงถ่านไม่ควรเลือกวิธีการเตรียมแผ่นยางรุ่นค้วน

ภาพกลางข้าจะแสดงผลกรอบร่วมระหว่างอนุภาคผงถ่านกับปริมาณผงถ่าน ผลการวิเคราะห์พบว่าทุกอนุภาคผงถ่านควรเลือกใช้ผงถ่านที่ปริมาณเท่ากับ 20 phr เพราะมีความด้านทานต่อการฉีกขาดสูงกว่าการเลือกใช้ผงถ่านปริมาณ 40, 10 และ 5 phr ตามลำดับ

ภาพกลางขว จะแสดงผลกรอบร่วมระหว่างอนุภาคผงถ่านกับวิธีการเตรียมยางแผ่น คิบ ผลจากการวิเคราะห์พบว่าทุกอนุภาคผงถ่านควรเลือกการเตรียมคั่ววิธีรุ่นค้วน เพราะมีความด้านทานต่อการฉีกขาดได้มากกว่าการเตรียมคั่ววิธีผึ่งแห้ง

ภาพล่างจะแสดงผลกรอบร่วมระหว่างปริมาณผงถ่านกับวิธีการเตรียมแผ่นยาง ผลจาก การวิเคราะห์พบว่าทุกปริมาณผงถ่านควรเลือกใช้การเตรียมแผ่นยางนาสเตอร์เบนซ์พสมพงถ่านคั่ววิธีการเตรียมแผ่นยางรุ่นค้วน เนื่องจากมีความด้านทานต่อการฉีกขาดได้สูงกว่าการเตรียมแผ่นยางผึ่งแห้ง

เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย พนวัน้ำยางพสมพงถ่านที่ขนาดอนุภาคผงถ่าน 53 μm ปริมาณผงถ่าน 20 phr เตรียมคั่ววิธีรุ่นค้วน ให้ค่าความด้านทานต่อการฉีกขาดคือที่สุด คือ ผงถ่าน ไม่มีขามา มีค่าเท่ากับ 74.90 N/mm รองลงมาคือ ผงถ่าน ไม้มะโน ผงถ่าน ไม้ไผ่ ผงถ่าน ไม้บง ผงถ่าน ไม้บูกา และผงถ่าน ไม้พสน ตามลำดับ เมื่อเทียบกับยางแผ่นคิบ

4.2.3 สร้างสมการทำนาย

โดยนำค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficients) ของปัจจัยไปเขียนสมการทำนายค่า ประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซ ค่าความทนต่อแรงดึง และค่าความด้านทานต่อการฉีกขาด เพื่อนำ สมการที่ทำนายได้ไปใช้หาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยดังสมการ

$$\text{Adsorption Maximum} = 5.36042 + 1.78086 (\text{Type}) + 0.304063 (\text{Particle Size})$$

$$\begin{aligned} & -1.38406 (\text{Weight}) - 0.595833 (\text{Sheet}) - 0.197266 (\text{Type} * \text{Type}) + 0.242188 (\text{Particle Size} * \text{Particle}) \\ & \text{Size}) + 0.622396 (\text{Weight} * \text{Weight}) - 0.190893 (\text{Type} * \text{Particle Size}) + 0.124464 (\text{Type} * \text{Weight}) \\ & - 0.188393 (\text{Type} * \text{Sheet}) + 0.609583 (\text{Particle Size} * \text{Weight}) - 0.343750 (\text{Particle Size} * \text{Sheet}) \\ & - 0.397917 (\text{Weight} * \text{Sheet}) \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tensile Maximum} = & 0.622563 + 0.0603700 (\text{Type}) - 0.0596240 (\text{Particle Size}) \\
 & + 0.304049 (\text{Weight}) + 0.320042 (\text{Sheet}) - 0.0257059 (\text{Type} * \text{Type}) - 0.0370052 (\text{Particle Size} * \\
 & \text{Particle Size}) - 0.0518490 (\text{Weight} * \text{Weight}) + 0.0463375 (\text{Type} * \text{Particle Size}) - 0.0148161 (\text{Type} \\
 & * \text{Weight}) - 0.00975893 (\text{Type} * \text{Sheet}) - 0.00176250 (\text{Particle Size} * \text{Weight}) - 0.0600625 (\text{Particle} \\
 & \text{Size} * \text{Sheet}) + 0.0414792 (\text{Weight} * \text{Sheet})
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tear Maximum} = & 25.2395 + 4.19050 (\text{Type}) - 8.16075 (\text{Particle Size}) \\
 & + 13.5437 (\text{Weight}) + 7.89958 (\text{Sheet}) - 0.967801 (\text{Type} * \text{Type}) + 0.555417 (\text{Particle Size} * \text{Particle} \\
 & \text{Size}) - 1.48312 (\text{Weight} * \text{Weight}) + 1.31236 (\text{Type} * \text{Particle Size}) - 0.859571 (\text{Type} * \text{Weight}) \\
 & + 0.0185714 (\text{Type} * \text{Sheet}) - 0.641700 (\text{Particle Size} * \text{Weight}) - 0.767833 (\text{Particle Size} * \text{Sheet}) \\
 & + 0.604667 (\text{Weight} * \text{Sheet})
 \end{aligned} \tag{4.3}$$

4.2.4 ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย

ขั้นตอนนี้จะต้องมีการกำหนดขอบเขตของผลตอบ ซึ่งต้องกำหนดค่าในระดับต่ำสุด (Lower) ค่าเป้าหมาย (Target) และค่าในระดับสูงสุด (Upper) โดยที่ค่าทั้ง 3 จะเป็นตัวกำหนด เป้าหมายในการทดลอง รวมถึงการกำหนดค่าน้ำหนักผลตอบ (Weight) และค่าความสำคัญของ ผลตอบ (Importance) โดยค่าทั้งสองนี้ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-10 ในงานวิจัยนี้ให้น้ำหนักผลตอบและ ความสำคัญของผลตอบเท่ากัน 1 เนื่องจากต้องการเน้นให้ผลตอบอยู่ในขอบเขตที่กำหนดและเข้า ใกล้เป้าหมายมากที่สุด

ค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อค่าประสิทธิภาพการคุณชั้นก้าช ควรบันมนอนอกไซต์ ค่าความทันต่อแรงดึง และค่าความด้านทันต่อการฉีกขาด ทำการวิเคราะห์ ข้อมูลโดยใช้ฟังก์ชัน Response Optimize ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ การคุณชั้นก้าชควรบันมนอนอกไซต์ ความทันต่อแรงดึง และความด้านทันต่อการฉีกขาดดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.9 ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย

Response Optimization

Parameters

Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Adsorption Maximum	4	30	30	1	1
Tensile Maximum	0	3	3	1	1
Tear Maximum	20	93	93	1	1

Global Solution

$$A = 2.37422$$

$$B = 1$$

$$C = 4$$

$$D = 1.73737$$

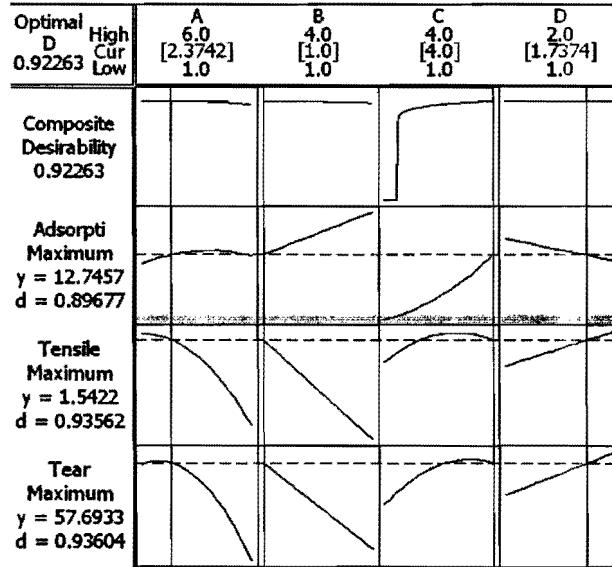
Predicted Responses

Adsorption = 12.745 , desirability = 0.896773

Tensile = 1.5422 , desirability = 0.935624

Tear = 57.693 , desirability = 0.936039

Composite Desirability = 0.922626



ภาพที่ 4.26 ค่าเหมาะสมที่สุดของปัจจัย

ได้ค่าประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซ (Adsorption) ค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) และค่าความด้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Strength) ที่ 13 ppm, 1.54 MPa และ 57.69 N/mm ตามลำดับ โดยได้ค่าปัจจัยดังนี้

ชนิดผงถ่าน 2.3742(A)	: ผงถ่านไม้มะขาม
ขนาดอนุภาคผงถ่าน 1 (B)	: 53 μm
ปริมาณผงถ่าน 4 (C)	: 40 phr
วิธีเตรียมยางแผ่น 1.7374 (D)	: รนควัน

จากตารางที่ 4.9 เลือกกำหนดค่า Target, Lower และ Upper เมตุผลที่ตั้งค่า Target 30 ppm, 3 MPa และ 93 N/mm เนื่องจากเป็นประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซ (Adsorption) ค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) และค่าความด้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Strength) สูงสุดจากการทดลอง

ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย ดังนี้นั่นจึงสรุปได้ว่าค่าประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซ (Adsorption) ค่าความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) และค่าความด้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Strength) พบว่า แผ่นยางมาตรฐานเดอร์เบนช์สมผงถ่านไม้มะขาม ที่ขนาดอนุภาคผงถ่าน 53 μm ปริมาณผงถ่าน 40 phr คือวิธีการเตรียมยางแผ่นรนควันที่ได้จากการทดลองเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้งาน

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างชนิดของผงค่าน ไม้ (Type) ขนาดอนุภาคผงค่าน (Particle Size) ปริมาณผงค่าน (Weight) และวิธีการเตรียมยางแผ่น (Rubber Sheet) ที่มีอิทธิพลต่อสมบัติของแผ่นยางคุณภาพดีที่สุดได้ดังนี้

5.1.1 อิทธิพลของชนิดผงค่าน ไม้ ขนาดอนุภาคผงค่าน ปริมาณผงค่าน และวิธีการเตรียมแผ่นยางต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นยางคุณภาพดี

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพของแผ่นยางคุณภาพดีและสมบัติเชิงกล โดยใช้ผงค่านทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ ผงค่านไม้บก ผงค่านไม้มะขาม ผงค่านไม้ยูคาลิปตัส ผงค่านไม้กระถินธรรค์ ผงค่านไม้ไผ่ และผงค่านไม้พสม ที่ขนาดอนุภาคตั้งแต่ 53, 106, 212 และ 425 μm ในปริมาณผงค่านตั้งแต่ 5, 10, 20 และ 40 phr รีดแผ่นยางมาสเตอร์แบช ผสมผงค่านด้วยวิธีการเตรียมแบบผึ่งแห้งและรีบวน เพื่อเปรียบเทียบกับผ่านกัมมันต์ โดยได้ทำการออกแบบการทดลอง ด้วยโปรแกรม Minitab Release 14 ช่วยในการออกแบบและวิเคราะห์ปัจจัยร่วมต่าง ๆ 4 ปัจจัย คือ ชนิดของผงค่าน (ได้แก่ ผงค่านไม้บก ผงค่านไม้มะขาม ผงค่านไม้ยูคาลิปตัส ผงค่านไม้กระถินธรรค์ ผงค่านไม้ไผ่ และผงค่านไม้พสม) อนุภาคผงค่าน ไม้ (ได้แก่ 53, 106, 212 และ 425 μm) ปริมาณผงค่าน (ได้แก่ 5, 10, 20 และ 40 phr) ในแผ่นยางที่เตรียมเป็นยางแผ่นผึ่งแห้ง และยางแผ่นรีบวน ที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการคุณภาพ (Adsorption) ความทนต่อแรงดึง (Tensile Strength) และความต้านทานต่อการฉีกขาด (Tear Strength) พบว่าค่านไม้มะขามมีคุณสมบัติด้านการคุณภาพดีเป็นร้อยละ 30 คือว่าเมื่อเทียบกับค่านไม้พสมที่ขนาดอนุภาค 425 μm ในปริมาณ 40 phr ยางแผ่นผึ่งแห้ง ตัวอย่างที่ต้านทานต่อแรงดึงและความต้านทานต่อการฉีกขาดที่ดีที่สุด คือที่ขนาดอนุภาค 53 μm ในปริมาณ 20 phr มีค่าเท่ากับ 2.41 MPa และ 74.90 N/mm ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบราคายางมาสเตอร์แบชเพื่อใช้เป็นแผ่นยางคุณภาพที่เตรียมได้ด้วยวิธีการเดียวกัน แต่ใช้ผงค่านไม้แตกต่างกันทำให้ดันทุนในการเตรียมยางแผ่นขึ้นกับชนิดของผงค่านไม้ที่ใช้ เช่น กัน โดยพบว่า ค่านไม้พสมราคา 7 บาทต่อ กิโลกรัม ค่านไม้กระถินธรรค์ 9 บาทต่อ กิโลกรัม ค่านไม้ยูคาลิปตัส 12 บาทต่อ กิโลกรัม ค่านไม้กระถินธรรค์ 15 บาทต่อ กิโลกรัม ค่านไม้

บก 20 นาท ต่อกิโลกรัม และถ่านไม้ไผ่ราค 250 นาท ต่อกิโลกรัม ทำให้โดยเฉลี่ยแล้วยางแผ่น มาสเตอร์แบชพสมพถ่านไม้ (พงถ่านไม้พสม พงถ่านไม้มะขาม พงถ่านไม้ขุภาคีปตัส พงถ่านไม้กระถินพรงค์ พงถ่านไม้บก และพงถ่านไม้ไผ่) จะมีราคาต้นทุนเพิ่มขึ้น 2.80, 3.60, 4.80, 6, 8 และ 100 นาท/แผ่น ตามลำดับ จากยางแผ่นทั่วไป

ดังนั้นมือค้องการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ควรเลือกใช้พงถ่านไม้มะขาม แม้ในทางด้าน ราคาต้นทุนจะสูงกว่า 2 นาท/กิโลกรัม แต่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าอย่างเห็นได้ชัด จากการทดสอบสมบัติ ทางด้านกายภาพและสมบัติเชิงกล (ความทนต่อแรงดึง ความด้านทานต่อการฉีกขาด) ผลที่ดีที่สุด คือแผ่นยางมาสเตอร์แบชพสมพถ่านไม้มะขามมีคุณสมบัติเชิงกลสูงกว่าแผ่นยางพสมพถ่านไม้ ชนิดอื่น

5.1.2 อิทธิพลของวิธีการเตรียมยางแผ่นคุณซับก้าชาจากน้ำยางสด

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการคุณซับก้าชาของแผ่นยางปักตี ดังตาราง ที่ 4.2 พบร่วมกันน้ำยางสดพสมพถ่าน และทำการศึกษาประสิทธิภาพการคุณซับก้าชาของน้ำยางแผ่นมาสเตอร์แบชมีค่าสูงกว่าแผ่นยางปักตี วิธีการเตรียมด้วยกรรมวิธีผึ่งแห้งจะมีประสิทธิภาพ การคุณซับก้าชาcarบอนนอนออกไซด์สูงกว่าการเตรียมด้วยวิธีรัมควัน แต่สมบัติเชิงกลของการเตรียม ด้วยวิธีรัมควันดีกว่าวิธีเตรียมยางแผ่นผึ่งแห้ง เนื่องมาจากในกระบวนการรัมควันยางแผ่น ต้องใช้ ความร้อนและควันจากการเผาไหม้ ซึ่งมีสารประกอบฟินอล ที่ช่วยป้องกันการเสื่อมคุณภาพของยาง ได้ จึงส่งผลต่อสมบัติเชิงกลที่ดีกว่ายางแผ่นผึ่งแห้ง นอกเหนือนี้แผ่นยางพสมพถ่านที่เตรียมใน สภาวะน้ำยางนี้ มีข้อได้เปรียวกว่าวิธีการเตรียมจากยางแห้ง เช่น ลดต้นทุนในการแปรรูปเป็น ผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการผลิต ช่วยลดเวลาและขั้นตอนในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ แต่อาจมี ข้อด้อยบางประการ เช่น เพิ่มต้นทุนในการผลิตเบื้องต้นและการเตรียมเป็นแผ่นทำได้ยาก

5.1.3 ความเป็นไปได้ของการแปรรูปขั้นต้นของแผ่นยางคุณซับก้าชาด้วยการเตรียมจาก น้ำยางสดและการนำไปใช้งาน

จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Minitab Release 14 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อ ความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปแผ่นยางคุณซับก้าชาcarบอนนอนออกไซด์ด้วยการเตรียมจากน้ำยางสด ขั้นตอนนี้กับขนาดอนุภาคพถ่านและปริมาณพถ่าน ซึ่งพถ่านที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ ถูกเตรียมด้วยวิธี แผ่นยางผึ่งแห้งจะมีประสิทธิภาพการคุณซับก้าชาที่ดีกว่าอนุภาคพถ่านขนาดเล็ก เนื่องจากขนาด อนุภาคใหญ่มีอิทธิพลใช้งานในการคุณซับก้าชาที่มากกว่า เมื่อต้องการนำไปใช้งานสมบัติเชิงกลควร เลือกใช้ พถ่านที่มีขนาดอนุภาคเล็กจะให้การเสริมแรงแก่ยางได้ดี เพราะพถ่านที่มีขนาดอนุภาค

เล็กจนพื้นที่ผิวสัมผัสกับยางได้นากกว่าอนุภาคผงถ่านขนาดใหญ่ ด้วยวิธีการเตรียมยางแผ่นร์นควัน เมื่อปริมาณผงถ่านที่เพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการคุณชับก้าชและสมบัติเชิงกลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกัน

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาขั้นต้น ในการเลือกชนิดผงถ่าน ไม่ ขนาดอนุภาคผงถ่าน ปริมาณผงถ่าน และวิธีการเตรียมแผ่นยาง ดังนี้ในการนำไปใช้งานที่เหมาะสมกับประสิทธิภาพ การคุณชับก้าช ความทนทานต่อแรงดึง และความด้านทานต่อการฉีกขาด ควรเลือกใช้แผ่นยาง มาสเตอร์แบบชผงถ่าน ไม้มะขาม ที่ขนาดอนุภาคผงถ่าน $53 \mu\text{m}$ ปริมาณผงถ่าน 20 phr ด้วยการ เตรียมยางแผ่นร์นควัน ในกรณีนำไปใช้ประรูปเป็นผลิตภัณฑ์ คือ เครื่องอุปโภค เช่น แผ่นรองพื้น รองเท้า พื้นรองเท้า เป็นต้น ส่วนอุตสาหกรรมยานยนต์ คือ ยางรถยก แผ่นรองพื้นรถยก แผ่นยาง กันซึม เป็นต้น ส่วนอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คือ แผ่นยางป้องกันความเย็นของตู้เย็น แผ่นยางกัน กระแทก แผ่นยางกันลื่น เป็นต้น และส่วนในงานโยธา คือ แผ่นยางรองรับการสั่นสะเทือนของ อาคาร คอสะพาน และแผ่นยางชั้บแรง

5.2 อกีประยผล

จากผลการทดลองที่ได้ในหัวข้อ 4.1.4.2 สมบัติเชิงกลของแผ่นยางมาสเตอร์แบบชแสดง ให้เห็นว่าสมบัติเชิงกลระหว่างวิธีการเตรียมยางแบบยางแผ่นร์นควันและวิธีการเตรียมยางแบบยาง แผ่นผงแห้งนั้น การเตรียมด้วยวิธีการแบบยางแผ่นร์นควันให้สมบัติเชิงกลด้านความทนทานต่อแรง ดึงและด้านความด้านทานต่อการฉีกขาดมีสมบัติคิดว่า วิธีเตรียมแบบยางแผ่นผงแห้งแห้ง เนื่องจากในกระบวนการร์นควันยางแผ่นจะต้องใช้เชื้อเพลิงจากไม้ฟืน โดยทั่วไปจะใช้เชื้อเพลิงจากไม้ยางพารา ไม้มะม่วงซึ่งควันไฟที่ใช้ร์นยางมีสารฟีโนลิก (Phenolic) ที่จะไปเคลือบแผ่นยางสามารถป้องกันการ เจริญเติบโตของเชื้อร้าที่ส่งผลต่อการเสื่อมคุณภาพของยาง (วรรณย์ ชจร ไชยกุล, 2554 ; คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2545) และเมื่อพิจารณาปริมาณผงถ่าน ไม้ที่เพิ่มขึ้น พบว่าค่าความหนืดมูนนีของยางมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากผงถ่านไม้มีอนุภาคขนาดเล็ก ทำให้ พื้นที่ผิวมาก ส่งผลให้สามารถขีดเคาะกับเนื้อยางได้ดี

จากภาพที่ 4.16 และภาพที่ 4.17 พบว่าแผ่นยางมาสเตอร์แบบชผงถ่านมีพฤติกรรม การคุณชับก้าชcarบอนมอนอกไซด์เบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 มีพฤติกรรมการคุณชับเป็นในทิศทางเดียวกัน ได้แก่ ผงถ่าน ไม้มะขาม ผงถ่าน ขุคลิปตัส ผงถ่าน ไม้ไผ่ ผงถ่าน ไม้พสุน และผงถ่านกัมมันต์ ซึ่งในตอนแรกพื้นผิวของตัวชั้บจะว่าง อยู่ ไม่เกลุกของตัวถูกคุณชับจะถูกคุณชับได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณก้าชที่ถูกคุณชับเพิ่มขึ้นอย่าง รวดเร็ว เมื่อเวลาผ่านไปพื้นที่ผิวของตัวคุณชับจะค่อยๆ ลดลง ทำให้อัตราคุณชับลดลง การคุณชับจึง

เกิดได้ช้า และในที่สุดพื้นที่ผิวของตัวคุณชับเต็มหรือเข้าสู่สภาวะอื่นตัว อัตราการคุณชับก็จะกลایเป็นศูนย์ ปริมาณที่ถูกคุณชับจึงเป็นค่าคงที่ พบว่าแผ่นยางมาสเตอร์เบชฟลังค์ต่าน ที่ขนาดอนุภาคผงค่า 425 μm ปริมาณผงค่า 40 phr ด้วยวิธีการเตรียมแผ่นยางผงแห้งมีประสิทธิภาพการคุณชับก้าชที่คิดว่าต้องการเตรียมแผ่นยางร่วมกัน และแผ่นยางมาสเตอร์เบชฟลังค์ต่านกันมันต์ มีประสิทธิภาพการคุณชับก้าชที่คิดว่าต้องการเตรียมแผ่นยางร่วมกัน และแผ่นยางมาสเตอร์เบชฟลังค์ต่านชนิดอื่น เนื่องจากวิธีการร่วมกันอาจส่งผลต่อการลดพื้นที่การคุณชับของวัสดุคุณชับก้าช กรณีผงค่าไม้ฟลังนั้นจะมีประสิทธิภาพในการคุณชับก้าชที่แตกต่างกัน เนื่องจากในแต่ละพื้นที่จะนำไม้หลักหลายชนิดที่แตกต่างกันออกไปมาเพาทำเป็นค่าไม้ฟลัง

กลุ่มที่ 2 มีพฤติกรรมการคุณชับและการคาย ได้แก่ ผงค่าไม้บกและผงค่าไม้กระถิน ผงค์ พบร่วมกับแผ่นยางมาสเตอร์เบชที่เตรียมด้วยวิธีผงแห้งและร่วมกันนั้น มีพฤติกรรมการคุณชับและการคาย ซึ่งมีพฤติกรรมที่แตกต่างจากผงค่าไม้ชนิดอื่น เนื่องจากยางแผ่นห้อง 2 มีการคุณชับก้าชของตัวคุณชับบนเข้าสู่สภาวะอื่นตัวเร็วกว่าผงค่าไม้ชนิดอื่น เมื่อตัวคุณชับอยู่ในสภาวะอื่นตัวพฤติกรรมของตัวคุณชับจะหายก้าชออกจากกรูพรุน จึงมีพื้นผิวของตัวคุณชับจะยังว่างอยู่ และเริ่มคุณชับใหม่ จนพื้นที่ผิวของตัวคุณชับเต็มหรือเข้าสู่สภาวะอื่นตัว อัตราการคุณชับก็จะกลایเป็นศูนย์ (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, นปป.; เกศคิริ เหล่าวิชาระ สวรรษ, 2554) เนื่องจากแผ่นยางมาสเตอร์เบชฟลังค์ต่านไม้มะขามมีประสิทธิภาพการคุณชับก้าชสูงสุด เนื่องจากไม้มะขามเป็นไม้เนื้อแข็งมีความสลับชับซ้อนกว่าไม้เนื้ออ่อน และมีลักษณะความแตกต่างระหว่างไม้เนื้อแข็งด้วยกันเองมากทั้งในด้านความแข็งแรงของการรับน้ำหนักและความแข็งของเนื้อไม้ (บางรักษ์ เชยสุสิงห์, 2550) ความหนืดของยางขึ้นกับปริมาณและขนาดอนุภาค กล่าวคือ เมื่อปริมาณผงค่าไม้ฟลังค์ต่านมากขึ้นความหนืดจะยิ่งสูงขึ้นและเมื่อใช้ในปริมาณที่เท่ากัน ขนาดอนุภาคที่เล็กลงจะทำให้ความหนืดของยางเพิ่มขึ้น ส่วนขนาดกรูพรุนพบว่าค่าไม้มะขามมีขนาดกรูพรุนใหญ่สุดรองลงมาคือผงค่าไม้ฟลังค์ต่านไม้มะขาม และค่ากันมันต์ ตามลำดับ ซึ่งขนาดของกรูพรุนจะเป็นสัดส่วนผกผันกับอัตราเร็วของการคุณชับก้าช ส่วนพื้นที่ผิวและปริมาณกรูพรุน มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการคุณชับก้าช เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการคุณชับก้าช ควรบอนนอนออกไซด์ ที่ใช้ในการคุณชับก้าชจะแตกต่างกันออกไป โดยขึ้นอยู่กับขนาดกรูพรุนที่เหมาะสมกับก้าชควรบอนนอนออกไซด์ที่จะคุณชับกับขนาดอนุภาคกรูพรุนมีขนาดใหญ่กว่าก้าชควรบอนนอนออกไซด์ ก้าชควรบอนนอนออกไซด์จะสามารถเข้าไปในกรูพรุนและเกิดการคุณชับได้ดีขึ้น (ปริญทร เต็มภารศิลป์, 2551)

ผลการทดลองที่ได้จากโปรแกรม Minitab Release 14 นั้น เห็นได้ว่า แผ่นยางมาสเตอร์เบชฟลังค์ต่านไม้มะขาม ที่ขนาดอนุภาค 53 μm ด้วยวิธีการเตรียมยางแผ่นร่วมกัน ให้สมบัติ

เชิงกลที่ดีที่สุดจากการทดลอง คือที่ปริมาณผงถ่าน 40 phr แต่จากการประนวลดuctทางสถิติ พบว่า การเติมผงถ่านที่ปริมาณ 20 phr มีสมบัติเชิงกลดีที่สุด เนื่องจากเป็นค่าที่ดีที่สุด โดยเฉลี่ย

หากพิจารณาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาหนึ่ง จะเห็นได้ว่าผลการทดลองที่ได้นั้น แตกต่างกันดังรายละเอียดดังไปนี้

(1) จากรายงานวิจัยของสาโรจน์ เทพคุณ และคณะ (2552) ได้ศึกษาการคุณซับก้าชของยางธรรมชาติที่มีการผสมผงถ่าน โดยเปรียบเทียบชนิดของถ่านระหว่างถ่านไม้ไผ่และถ่านไม้สน ปริมาณถ่านที่ 100, 200, 300, 400, 500, 600 กรัม และขนาดอนุภาคผงถ่านที่ 100 และ 300 μm พบว่า ที่ผงถ่านไม้สน ปริมาณ 400 ที่มีขนาดอนุภาค 100 μm ส่งผลให้คุณสมบัติเชิงกลและความสามารถในการคุณซับก้าชดีกว่าถ่านไม้ไผ่

ขณะที่ผู้วิจัยนั้นสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ผงถ่านไม้สนขนาดมีประสิทธิภาพการคุณซับก้าชที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับผงถ่านไม้สนที่ขนาดอนุภาค 425 μm ในปริมาณผงถ่าน 40 phr โดยวิธีการเตรียมยางแผ่นผื่นแห้งคิดเป็นร้อยละ 30

(2) งานวิจัยของพุทธพร แสงเทียน และคณะ (2551) ได้ศึกษาการเติมผงถ่านในยางปริมาณ 7-10 ร้อยละ โดยน้ำหนัก พบร่วมทำให้ยางมีคุณสมบัติเชิงกล ด้านความทนทานต่อแรงดึงและด้านความด้านทานต่อการฉีกขาดดีกว่ายางแผ่นปอกติดเชือกและใช้น้ำส้มคั่น ไม่เพื่อให้ตัวยางจับกันเป็นก้อนแทนการใช้กรดฟอร์มิก เพื่อลดการนำเข้าสารเคมี

โดยผู้วิจัยเอง พบร่วมผงถ่านไม้สนขนาดที่ขนาดอนุภาค 53 μm ปริมาณผงถ่าน 40 phr มีสมบัติเชิงกล ด้านความทนทานต่อแรงดึงและด้านความด้านทานต่อการฉีกขาดที่ดีกว่าผงถ่านไม้ไผ่ คิดเป็นร้อยละ 76.35, 94.67 ตามลำดับ โดยวิธีรอมคั่น

(3) งานวิจัยของสมเกียรติ กรวยสวัสดิ์ ในการเพิ่มประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ Increasing Adsorption Efficiency of Activated Carbon for H_2S Removal by Surface Oxidation and Metal Addition ได้ศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคุณซับของถ่านกัมมันต์สำหรับบำบัดไฮโดรเจนซัลไฟต์หรือก้าชที่เกิดจากก้าชพิษ อีนๆ เพื่อเป็นวัสดุด้านแบบในการนำໄปใช้กับสิ่งประดิษฐ์และการออกแบบผลิตภัณฑ์ในการจัดก้าชที่ไม่เพียงประสงค์ ก้าชที่เกิดจากอาหาร ก้าชอับชื้น ก้าชที่เกิดจากเรื้อรุกและแบคทีเรียต่างๆ ก้าชเหล่านี้ทำให้เกิดความราคาภูมิและทำลายสุขภาพ ซึ่งนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถ่านกัมมันต์วางไว้ในที่ๆ มีก้าชไม่เพียงประสงค์ เช่น ตู้เย็น รถยนต์ ตู้เสื้อผ้า ตู้รองเท้า ห้องน้ำ โดยมีอายุการใช้งาน 3-6 เดือน ซึ่งกับปริมาณของก้าช (นำผงถ่านกัมมันต์ตากแคนหรืออบไก่ความชื้นทุก 1 เดือน หรือ ซึ่งอยู่กับปริมาณของก้าช) ซึ่งในกระบวนการไก่ความชื้นโดยการตากแคนหรืออบไก่ความชื้นนั้น

ทำให้ยางแผ่นยางมาสเตอร์เบนช์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพของแผ่นยางเนื่องจากยางที่ทำการศึกษาเป็นยางแผ่นดิน

(4) อิทธิพลอุณหภูมิของระบบต่อการคุณภาพก้าวการบอนนอนออกไซด์ การคุณภาพเป็นปฏิกิริยาความร้อน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการคุณภาพ คือความดันหรือความเข้มข้นของตัวถูกคุณภาพ อุณหภูมิ ชนิดของสารตัวถูกคุณภาพ และสารคุณภาพ ดังนั้นในการคุณภาพจึงต้องควบคุมอุณหภูมิของ การคุณภาพให้คงที่ (ปรินทร์ เต็มษารศิลป์, 2551) และในงานวิจัยได้ทำการศึกษาการคุณภาพก้าว ค่าบอนนอนออกไซด์ที่อุณหภูมิห้อง

(5) ความหนืดมูนนีของแผ่นยางมาสเตอร์เบน พนว่าที่ขนาดอนุภาคเล็ก ส่งผลให้มีค่า ความหนืดมูนนีสูง ซึ่งค่าความหนืดมูนนีสูงส่งผลต่อความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างตัว ใน ทำงานของเดียวกันยางที่มีความหนืดต่ำจะมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างสูง ด้วยเหตุนี้ยาง ที่มีความหนืดต่ำจะให้ได้รูปง่ายและรวดเร็ว แต่จะไม่สามารถคงรูปไว้ได้โดยง่าย เมื่อพิจารณาการแปรรูปเมื่อ เปรียบเทียบค่าความหนืดมูนนีของยางแผ่นมาสเตอร์เบน ควรเลือกผงถ่านที่ปริมาณ 40 phr เพราะมี ค่าความหนืดมูนนีสูง ส่งผลให้มีความสามารถต่อแรงดึงและความด้านทานต่อการฉีกขาดมีแนวโน้ม เพิ่มขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรทำการวัดค่าในเชื้อนยางหรือยางคงรูปก่อนนำมาใช้ เพราะยางดินหรือยางที่ ยังไม่ได้ผ่านการคงรูปจะมีความยืดหยุ่นต่ำ ให้ได้รูปง่าย และยังไม่มีความสามารถเสถียรภาพทางรูปร่าง ดังนั้นควรทำการวัดค่าในเชื้อนยางแผ่นมาสเตอร์เบน ก่อนนำไปใช้งาน

5.3.2 ควรมีการศึกษาการนำยางแผ่นมาสเตอร์เบนที่ใช้แล้ว มาพื้นฟูสภาพให้นำกลับมา ใช้ได้ใหม่

5.3.3 เนื่องจากในการศึกษา ผู้วิจัยทำการศึกษาการคุณภาพก้าวการบอนนอนออกไซด์ที่ อุณหภูมิห้อง ดังนั้นควรทำการศึกษาการคุณภาพก้าวการบอนนอนออกไซด์เดต่ำช่วงอุณหภูมิ ที่แตกต่างกัน เพื่อคุณประสิทธิภาพการคุณภาพก้าวการบอนนอนออกไซด์ของแผ่นยางมาสเตอร์เบน

ເອກສາຣ້ອງອີງ

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. “สถานการณ์มลพิษ”, Ministry of natural resource and environment (Online).

<http://www.pcd.go.th>. 12 มีนาคม, 2554.

กรมควบคุมมลพิษ. “ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์”, Chemical Data Bank. www.pcd.go.th พฤศจิกายน, 2554.

กิติiron หวานตาหาลา. “การศึกษาเพื่อเบริชเที่ยบความสามารถในการดูดซับสีช้อง ของถ่านกัมมันต์ ที่ผลิตจากถ่านหินและกระ吝ะพร้าว”, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนบุรี. 10(2): 104-112 ; 2550

คลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. “เตาอิว่าเตะ”, เตาอิว่าเตะและน้ำส้มควันไม้.

<http://www.clinictech.most.go.th/techlist/0214/agriculture/00000-867.html>. ตุลาคม, 2553.

คณะกรรมการนโยบายแห่งชาติ. ยุทธศาสตร์พัฒนายางพารา พ.ศ. 2552- พ.ศ. 2556.

กรมวิชาการเกษตร. 2553

บรรยา อินทนนท์. การเตรียมและทดสอบหลอดดูดซับจากถ่านกัมมันต์กระ吝ะพร้าว สำหรับ การวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2551.

ชุมนุมสหกรณ์อุดหนุนกรรณยางพารากาค ให้จำกัด “การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง”, การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง. <http://www.clinictech.most.go.th/techlist/0214/agriculture/00000-867.html>. ตุลาคม, 2554.

ณัฐรุ่ง ทองโสม. การเตรียมและสมบูดดองพอลิเมอร์ไฟฟ้านาโนคอมโพสิต. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2549.

ทรงชัย อิ่งขาว. การกำจัดกลิ่นในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์โดยใช้ถ่านกัมมันต์. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2549.

นิยม ชลิตะนานวิน และคณะ. ศึกษาการดูดซับและคงเหลือของโลหะ重金屬 (VI) ด้วยถ่านกัมมันต์จาก ไนน้ำมันและปรับปรุง ผิวด้วยหมุนอะมิโน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2553.

บทความการดูแลสุขภาพ และเคล็ดลับเพื่อสุขภาพดี. “สารที่มีในบุหรี่”, สารในบุหรี่ อันตรายจาก บุหรี่. <http://www.healthcarethai.com>. ตุลาคม, 2555.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- บางรักน์ เหยยรุสิงห์ “การแบ่งไม้เนื้ออ่อนไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานของกรมป่าไม้”, ข้อมูลทั่วไปของไม้. <http://www.baannatura.com/th/mat/content/detail/136.html>. กันยายน 2553.
- ปราเมศ ชุตินา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- ประไพรศรี สุทธานน. การออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ทีโอปี จำกัด, 2551.
- ปรินทร์ เต็มภารศิลป์. การเตรียมและการวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์จากไผ่ตง และไผ่หมาด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551.
- ประกิต วาทีสาริกกิจ และคณะ, “พิษภัยของควันบุหรี่”, บทความสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 28. <http://guru.sanook.com/library/>. ตุลาคม, 2555.
- _____. “สารที่มีในบุหรี่”, บทความการคุ้มครองภาพและเคล็ดลับเพื่อสุขภาพดี. <http://guru.sanook.com/library/>. ตุลาคม, 2555.
- พุทธพร แสงเทียน และคณะ. อิทธิพลของถ่านและน้ำส้มควันไม้ต่อสมบัติแห่งยางพารา. โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานประมาณแผ่นดิน : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2551.
- ภาณุ คำนวนนิชกุล. การใช้ยางธรรมชาติในการบำบัดน้ำปืนด้วยทำละลายอินทรีย์อันตราย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2548.
- สุทธชาติ วิเชียรบุตร. “สมบัติของยางธรรมชาติเติมด้วยถ้าโลบลิกไนต์-การบ่มและสมบัติเชิงกล”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย. ครั้งที่ 18. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2547.
- พงษ์ธร แซ่ยุย. ยาง ; ชนิด สมบัติ และการใช้งาน. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2547.
- _____. ยาง : กระบวนการผลิตและการทดสอบ. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2550.
- รัตติกาล มองเพชร. “การเผาถ่านแบบเตาดินเหนียวก่อ”, เตาเผาถ่าน. <http://www.rattikan123.com.tc/p8.html>. ตุลาคม, 2552.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- วราภรณ์ ชร. ใชยกุล. ผลิตภัณฑ์ยาง : กระบวนการผลิตและเทคโนโลยี. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2552.
- สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. คำแนะนำการปลูกยางพาราในพื้นที่ปลูกยางใหม่. ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, 2551.
- สาโรจน์ เพพคุณ และคณะ. กรรมวิธีผลิตแผ่นยางดูดกลืน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2552.
- สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร “พื้นที่ปลูกยางของประเทศไทย”, สถิติยาง.
http://www.rubberthai.com/statistic/stat_index.htm, พฤษภาคม 2553.
- เสกสรรค์ วินยางค์กุล. “การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง”, บทความวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. เชียงราย : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 2552.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. ยางพารา. [www.trf.or.th/index.php?option=com_phocadownload](http://www.trf.or.th/index.php?option=com_phocadownload&Itemid=10). มกราคม, 2554.
- ศรียา โชคสวัสดิ์. “การประกอบการหล่อโลหะเบื้องต้น”, เอกสารประกอบการสอนวิชาการประกอบการหล่อโลหะเบื้องต้น. คณะวิศวกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2547
- สาวิตรี พิสุทธิพิเชฐฐ์. “อิทธิพลของอายุไม้ต่อสมบัติเนื้อไม้ของ ยุคเดียวกัน ตามลักษณะ ในประเทศไทย”, รวมบทคัดย่อ. คณะวนศาสตร์ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.
- สมเกียรติ กรวยสวัสดิ์. “การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคในการผลิตเครื่องกำจัดกลิ่นและแก๊สพิษ”, รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2551.
- เสาวนีช ถ่องไชย. การผลิตยางธรรมชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 4. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2547.
- เอกรัฐ ศรีย่อน. การบำบัดก้าชาร์บอนออกไซด์จากวัสดุหินอ่อนโดยใช้เครื่องฟอกอากาศแบบไฟฟ้ากระแสสลับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2551.
- อนุสรณ์ แรมดี และคณะ. สำรวจการใช้เทคโนโลยีการกรีดยางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ตอนล่าง). สถาบันวิจัยยาง : สุนธิวิจัยยางหนังคำย, 2545.
- โอบอ้อ อิ่มวิทยา. ผลของนาคตอนภาคและปริมาณสารตัวเติมต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติที่ผ่านการวัดค่าไนซ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยฯ แห่งกรุงเทพมหานคร, 2543.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

CA International Information Co., Ltd. ถ่านกัมมันต์.

http://www.thaifranchisecenter.com/download_file/files/I015.doc. ตุลาคม, 2553.

CPL Carbon Link. Property of activated carbon.

<http://www.activated-carbon.com/1-3.html>. ตุลาคม, 2553.

Wikipedia. Activated carbon.

http://www.en.wikipedia.org/wiki/Activated_carbon. October, 2009.

Andrew Clesielski. An introduction to rubber technology. RaPra technology, 1999.

Chandrasekaram. Essential rubber formulary. Plastics design library, 2007.

Groover P.M. Fundamentals of modern manufacturing. 3rd. Hamilton: Prentice-Hall, 2007.

Haris et al. "Imaging the atomic structure of activated carbon", Journal of physics. 20(36): 1-5.
2008.

John G Sommer. Engineered rubber products. Hanser Publishers, Munich, 2008.

Mark E. Jame et al. The science and technology of rubber. 3rd. Elsevier academic press. 2005.

ภาคผนวก

ผนวก ก
ผลการทดสอบ และแบบบันทึกผลการทดสอบ

1. น้ำยางธรรมชาติ (เสาวนีซ ก่อวุฒิกุลรังสี, 2547)

การทดสอบคุณภาพน้ำยางพันธุ์ RRIM 600 จังหวัดอุบลราชธานี ทำการตรวจสอบหาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำยางและปริมาณเนื้อยางแห้ง เพื่อการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำยางตามความต้องการของการใช้งานและความเหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ต่อไป

1.1 การทดสอบปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (Total Solid Content, TSC)

การหาปริมาณของส่วนที่เป็นเนื้อยางทั้งหมดในน้ำยางรวมกับสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่ยางตามมาตรฐาน ASTM 1076-80 วิธีการทดสอบอธิบายไว้ที่หัวข้อ 2.3.1.1

ตารางที่ ก. 1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (Total Solids Content, TSC)

ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ค่ามาตรฐาน
37.81%	37.80%	37.80%	37.80%	27-48%

ในการทดสอบปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำยาง ทำการทดสอบทั้งหมดจำนวน 3 ครั้ง พบว่าค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยางที่ได้มีค่าเฉลี่ยสูง 37.80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่ามาตรฐาน ASTM 1076-80 อยู่ระหว่าง 27-48 เปอร์เซ็นต์

1.2 การทดสอบปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC)

เป็นการหาปริมาณของส่วนของเนื้อยางทั้งหมดในน้ำยางตามมาตรฐาน ASTM 1076-80 วิธีการทดสอบอธิบายไว้ที่หัวข้อ 2.3.1.2

ตารางที่ ก. 2 ปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC)

ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ค่ามาตรฐาน
34.93%	34.95%	34.92%	34.93%	25-45%

ในการทดสอบปริมาณเนื้อยางแห้งที่มีในน้ำยาง ทำการทดสอบทั้งหมดจำนวน 3 ครั้ง ค่าปริมาณเนื้อยางแห้งที่ได้มีค่าเฉลี่ย 34.93 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่ามาตรฐาน ASTM 1076-80 อยู่ระหว่าง 25-45 เปอร์เซ็นต์

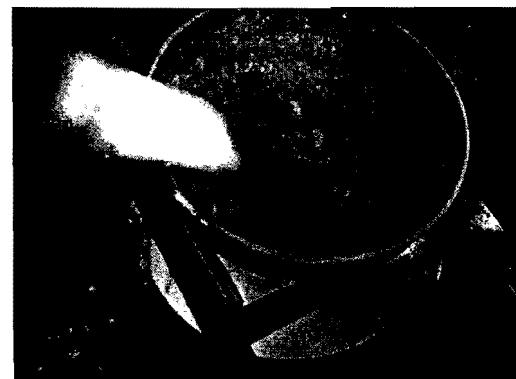
ตารางที่ ก.3 ผลการทดสอบการคุณซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

ชนิดผงถ่าน.....		
ขนาดของอนุภาคผงถ่าน.....	ปริมาณผงถ่าน.....		
ความหนาของยางแผ่น.....	ชนิดของยางแผ่น.....		
ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เริ่มต้น.....		
ตารางค่า CO ที่ได้จากการทดลอง			
เวลา (นาที)	CO (ppm)	เวลา (นาที)	CO (ppm)
10		70	
20		80	
30		90	
40		100	
50		110	
60		120	

ผู้ว่าฯ
ขั้นตอนการเขียนรูปย่างแผ่นมาสเตอร์แบบ

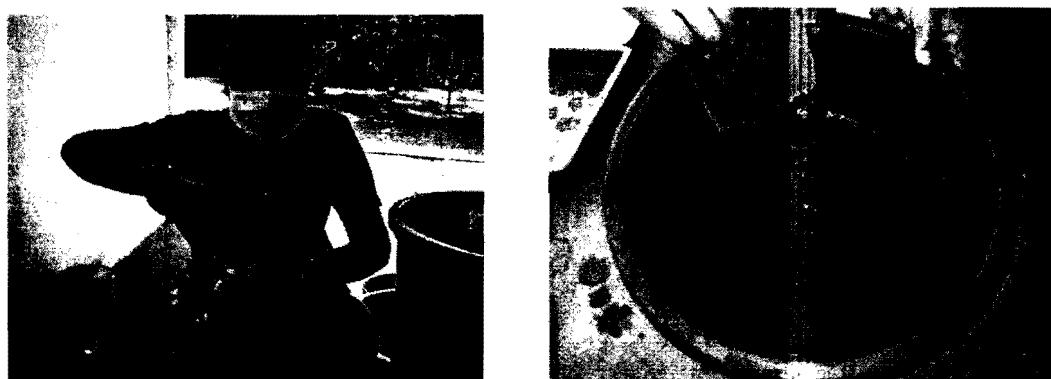
ขั้นตอนการขึ้นรูปยางแผ่นพรม

1.1 นำน้ำยาางที่ได้จากสวนกรองเอาสิ่งสกปรกออกจากน้ำยาาง ด้วยเครื่องกรองเบอร์ 40 และ 60 เมช โดยให้เบอร์ 40 เมชวางซ้อนอยู่ข้างบน



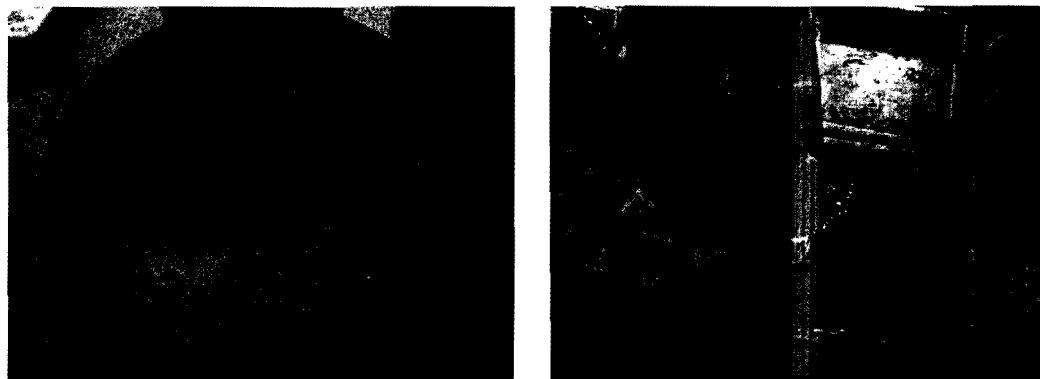
ภาพที่ บ.1 การกรองสิ่งสกปรกออกจากน้ำยาาง

1.2 นำผงถ่านและน้ำสะอาดตามเทลงถังพรมแล้วกวนให้เข้ากัน โดยผงถ่านไม่ที่ใช้ในการทดลองคำแนะนำแผนกราฟทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.4



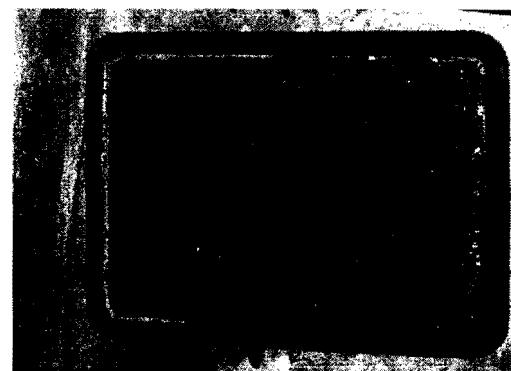
ภาพที่ บ.2 ขั้นตอนการผสมผงถ่านกับน้ำสะอาด

1.3 เทน้ำยาลงถังผสม ่วนจนผงถ่าน น้ำสะอาด น้ำยาจะเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงเท คราฟอร์มิกลงถังผสม ่วนให้เข้ากันแล้วเทลงตะกร แล้วภาชนะดองน้ำยาไว้บริเวณขอบของตะกร



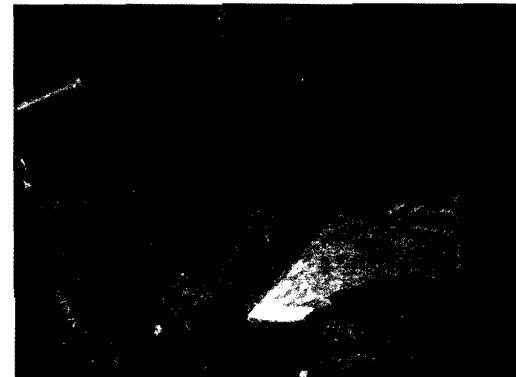
ภาพที่ ข.3 ขั้นตอนการผสมน้ำยาลงกับคราฟอร์มิก

1.4 รอจนยาจับตัวกันโดยสมบูรณ์ โดยจะมีน้ำเชรุ่มออกมากบริเวณรอบก้อนยา หลังจากนั้นให้เติมน้ำสะอาดลงไปอีกจนคลุมผิวน้ำยา



ภาพที่ ข.4 น้ำยาที่ร่อการจับตัว

1.5 นำก้อนยางวางบนโต๊ะที่สะอาด แล้วว cúให้ก้อนยางบางค่อนข้างสี่เหลี่ยมอ
ประมาณ 1 เซนติเมตรและนำไปเข้าเครื่องรีคลีนเพื่อทำความสะอาดของยางแผ่นลง



ภาพที่ ข.5 การรีคลีนและรีคลายดอก

1.6 ซึ่งการรีคลายดอกนั้นจะรีคที่ความหนา 5 มิลลิเมตร จากนั้นนำยางแผ่นผสมไปผึ่ง
ลมประมาณ 3-4 ชั่วโมง



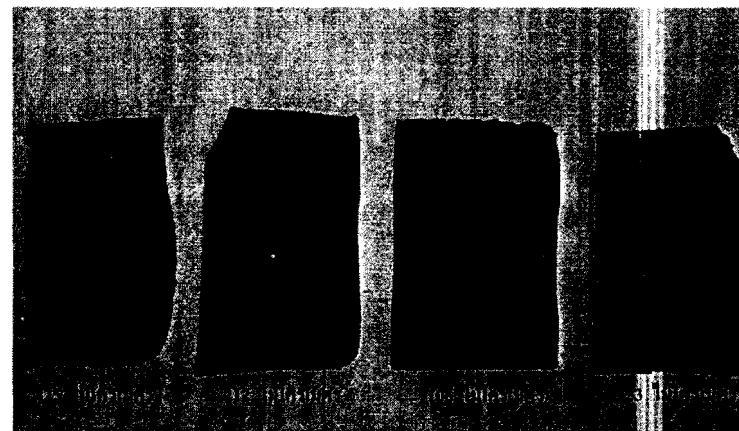
ภาพที่ ข.6 แผ่นยางมาสเตอร์เบชพสมผงค่านไม้

1.7 แล้วจึงอบคัวยลมร้อนที่อุณหภูมิ 45-65 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 3-5 วัน
จะได้ยางแผ่นผื่นแห้ง



ภาพที่ ข.7 อบแผ่นยางมาสเตอร์เบชคัวยลมร้อน

1.8 สำหรับยางแผ่นร่มควัน นำยางแผ่นผื่นแห้งเข้าโรงรมควันที่อุณหภูมิ 50-60 องศา
เซลเซียสประมาณ 4-10 วัน จะได้ยางแผ่นร่มควัน



ภาพที่ ข.8 แผ่นยางมาสเตอร์เบช

หมายเหตุ

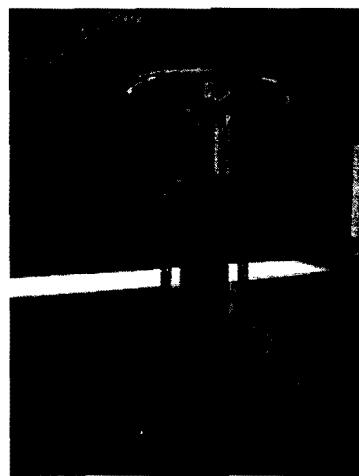
ทำการขึ้นรูปแผ่นยางด้วยการเติมพงต่านทั้ง 6 ชนิด ตามการออกแบบการทดลอง
ดังภาคผนวก ๑

ผนวก ๗

วิธีการคัดชิ้นงานเพื่อใช้ในการทดสอบสมบัติเชิงกลของยางแผ่นมาสเตอร์เบช

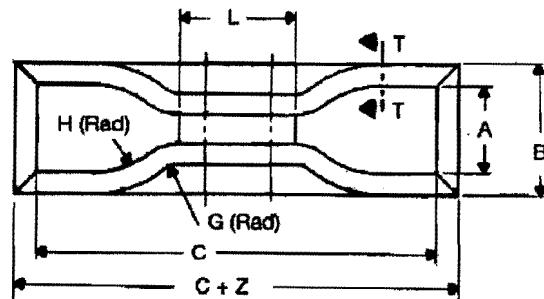
1. การตัดชิ้นงานเพื่อทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของยางแผ่น มีวิธีการเตรียมชิ้นงานดังนี้

1.1 นำยางแผ่นผ่านผู้ที่เตรียมไว้มาตัดด้วยเครื่องตัดยางตาม ASTM D 412 และ ASTM D 624

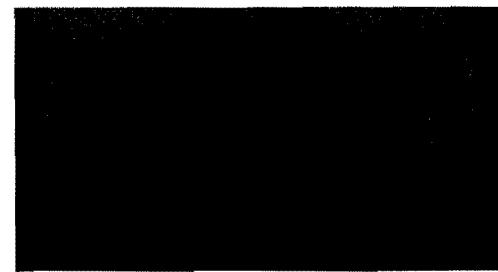


ภาพที่ ค.1 เครื่องตัดแผ่นยาง

1.2 ใช้ค่ายรูปคัมเบลล์ (Die C) เพื่อใช้ในการทดสอบสมบัติความทนทานต่อแรงดึงดังแสดงในภาพที่ ค.2

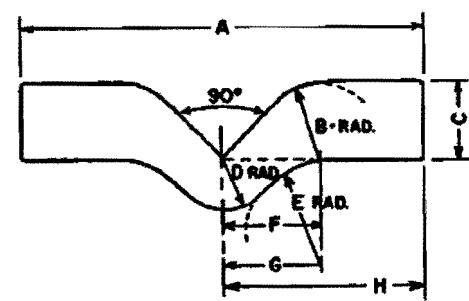


ภาพที่ ค.2 ขนาดของคัมเบลล์ (Die C)

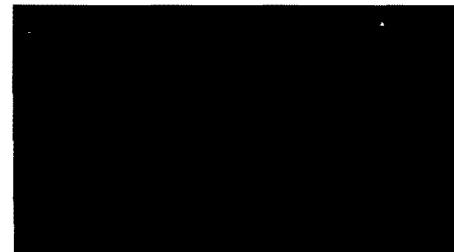


ภาพที่ ก.3 คายรูปคัมเบล์ที่ใช้ในการตัดยางแผ่นผสม

1.3 ใช้คายแบบมุม (Die C) เพื่อใช้ในการทดสอบสมบัติความด้านทานต่อการฉีกขาด
ดังแสดงในภาพที่ ก.4

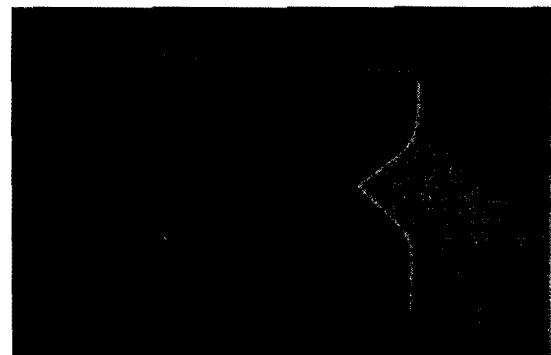


ภาพที่ ก.4 ขนาดแบบมุม (Die C)



ภาพที่ ก.5 คายแบบมุมที่ใช้ในการตัดยางแผ่นผสม

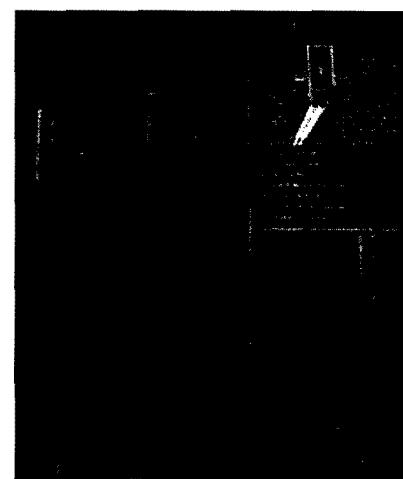
1.4 นำยางแผ่นผสมที่ได้ประกอบกับด้าย แล้วใช้เครื่องตัดให้ขาดในครั้งเดียว แล้วจะได้ชิ้นงานที่มีขนาดความหนา 2 มิลลิเมตรและ 5 มิลลิเมตร กว้าง 6 มิลลิเมตร เท่ากันดังแสดงในภาพที่ ค.6



ภาพที่ ค.6 ชิ้นงานทดสอบ

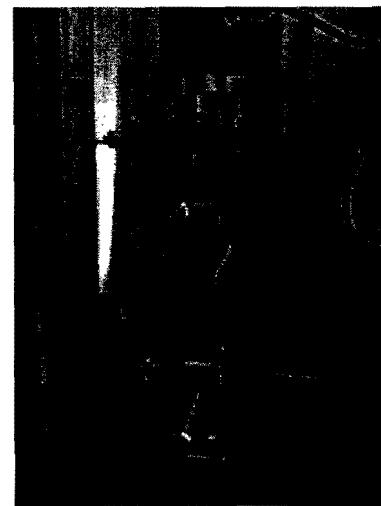
2. ขั้นตอนการทดสอบแรงดึง

2.1 ทำการตั้งค่าเครื่อง Universal Tensile Testing Machine เพื่อใช้ในการทดสอบแรงดึงประจำแผ่นกวิชาเทකโนโลยียางและโพลิเมอร์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ



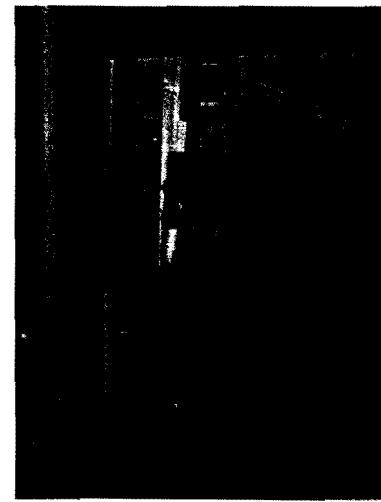
ภาพที่ ค.7 เครื่อง Universal Tensile Testing Machine

2.2 จากนั้นนำชิ้นงานที่จะทดสอบไปจับยึดกับเครื่อง Universal Tensile Testing Machine

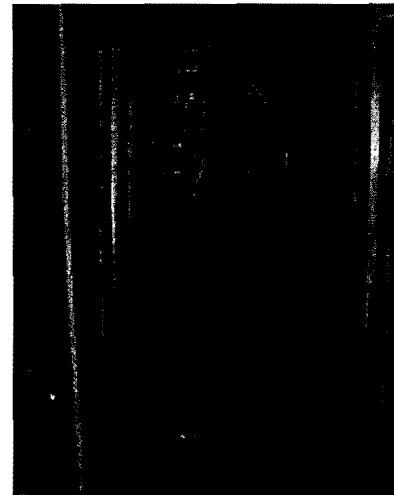


ภาพที่ ก.8 จับยึดแผ่นยางมาสเตอร์เบช

2.3 กดปุ่มเพื่อให้เครื่องทำงาน โดยเครื่องจะทำการดึงชิ้นงาน จนกว่าชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบจะขาด จากนั้นเครื่องก็จะหยุดทำงานอัตโนมัติและแสดงกราฟขึ้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์



ภาพที่ ก.9 การดึงแผ่นยางมาสเตอร์เบช



ภาพที่ ค.10 การขาดของแผ่นยางนาสเตอร์เบช

2.4 ทำการบันทึกค่าความด้านทานต่อแรงดึงและความด้านทานต่อการฉีกขาด
(ASTM International, 2003: ASTM International, 2001)

ผนวก ๔
การออกแบบการทดสอบ

ผลการทดลอง

หลังจากทำการทดลองแผ่นยางมาสเตอร์เบชทดสอบระหว่างชนิดผงถ่านไม้ ขนาดอนุภาคผงถ่าน ปริมาณผงถ่าน และกรรมวิธีการผลิตแผ่นยางมาสเตอร์เบช ที่ได้ออกแบบไว้ในตารางที่ 3.4 ซึ่งมีการทดลองทั้งหมด 384 การทดลอง และบันทึกผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
1	MC	53	10	ADS	7	0.55	27.20
2	AAC	53	20	RSS	7	1.80	61.60
3	AAC	212	10	RSS	7	0.99	41.30
4	BC	212	20	RSS	11	1.55	70.90
5	AAC	53	10	RSS	5	1.27	65.10
6	IMOC	425	40	RSS	16	0.68	32.50
7	TC	425	5	RSS	8	0.46	59.70
8	EC	425	10	RSS	10	0.61	43.30
9	MC	53	40	RSS	10	0.61	28.40
10	IMOC	425	40	RSS	16	0.68	32.50
11	MC	106	5	ADS	7	0.57	33.10
12	EC	106	5	ADS	8	0.96	30.40
13	MC	425	20	RSS	11	0.65	45.70
14	TC	425	20	ADS	20	0.58	42.00
15	EC	106	20	RSS	10	1.06	40.20
16	EC	212	10	RSS	8	0.93	37.50
17	TC	425	20	RSS	16	0.67	43.60

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
18	TC	106	40	ADS	16	1.51	63.90
19	TC	212	10	RSS	9	0.86	41.00
20	MC	212	5	ADS	9	0.45	25.90
21	MC	106	10	RSS	6	0.72	29.90
22	EC	425	10	RSS	10	0.61	43.30
23	IMOC	106	40	RSS	10	1.00	49.30
24	IMOC	212	10	ADS	10	1.20	39.20
25	IMOC	106	5	ADS	7	0.88	35.70
26	AAC	53	40	RSS	10	1.96	71.40
27	IMOC	212	40	RSS	13	1.25	43.50
28	IMOC	53	20	ADS	8	1.41	55.70
29	TC	53	5	ADS	9	1.47	45.40
30	MC	106	20	RSS	8	0.74	38.40
31	TC	212	40	RSS	15	1.57	63.10
32	EC	212	20	RSS	11	1.15	51.10
33	EC	106	20	ADS	13	1.00	39.70
34	EC	53	5	RSS	4	0.86	36.80
35	BC	425	10	ADS	12	0.70	39.40
36	EC	53	20	ADS	12	0.44	37.50
37	EC	53	40	ADS	17	0.59	31.60
38	MC	53	40	ADS	12	0.54	28.80
39	IMOC	425	5	RSS	8	0.95	29.90
40	AAC	212	40	RSS	15	0.99	46.60

ตารางที่ ๔.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
41	AAC	212	20	RSS	10	1.17	60.00
42	BC	425	5	ADS	10	0.71	33.60
43	TC	53	5	ADS	9	1.47	45.40
44	TC	425	10	RSS	11	0.92	28.50
45	IMOC	106	20	RSS	8	1.84	60.40
46	MC	53	5	RSS	4	0.87	40.40
47	TC	425	20	RSS	16	0.67	43.60
48	IMOC	106	10	RSS	7	1.39	44.20
49	MC	425	10	RSS	9	0.56	39.50
50	IMOC	106	20	RSS	8	1.84	60.40
51	IMOC	106	20	ADS	10	1.13	43.40
52	TC	212	40	ADS	17	1.49	47.60
53	IMOC	212	20	ADS	13	0.83	44.50
54	MC	53	5	RSS	4	0.87	40.40
55	MC	53	40	ADS	12	0.54	28.20
56	BC	106	10	RSS	7	1.55	47.90
57	BC	212	20	ADS	15	1.48	55.60
58	TC	53	20	ADS	11	2.00	56.80
59	AAC	212	40	ADS	21	0.92	45.80
60	IMOC	53	40	ADS	9	0.51	45.10
61	IMOC	53	20	RSS	7	1.68	67.20
62	EC	212	5	RSS	6	0.72	29.30
63	AAC	425	10	ADS	11	0.82	43.90

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
64	AAC	425	10	ADS	11	0.82	43.90
65	IMOC	53	40	ADS	9	0.51	45.10
66	BC	106	5	RSS	5	1.98	58.10
67	BC	212	10	ADS	11	1.42	39.10
68	EC	212	10	ADS	11	0.87	34.30
69	AAC	106	10	RSS	7	1.12	48.70
70	IMOC	53	10	RSS	5	1.73	52.10
71	TC	106	20	ADS	14	1.26	58.10
72	TC	425	40	RSS	26	0.93	44.00
73	TC	53	10	ADS	10	1.55	59.50
74	BC	212	5	ADS	10	0.81	35.20
75	TC	53	40	ADS	15	2.83	91.80
76	TC	212	20	RSS	10	1.34	38.40
77	IMOC	212	20	RSS	11	1.11	50.20
78	BC	106	40	ADS	18	0.84	36.60
79	TC	106	5	RSS	6	1.05	66.90
80	AAC	425	5	RSS	5	0.72	40.30
81	EC	425	10	ADS	13	0.56	31.00
82	MC	212	20	RSS	10	0.89	35.50
83	BC	106	20	ADS	14	1.50	50.00
84	EC	53	20	RSS	9	0.62	39.10
85	TC	106	10	ADS	11	1.12	50.30
86	BC	106	40	RSS	15	1.08	40.10

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
87	AAC	53	5	RSS	4	1.29	48.20
88	EC	106	5	RSS	5	1.00	41.60
89	IMOC	106	40	ADS	11	0.95	35.00
90	TC	53	20	ADS	11	2.00	56.80
91	BC	425	10	RSS	9	0.92	44.70
92	MC	53	10	RSS	5	0.70	41.60
93	BC	425	5	ADS	10	0.71	33.60
94	IMOC	425	5	ADS	11	0.83	29.70
95	MC	53	20	RSS	7	0.75	44.40
96	EC	106	40	RSS	14	0.85	43.80
97	IMOC	106	40	RSS	10	1.00	49.30
98	AAC	53	10	ADS	6	1.26	48.70
99	BC	53	20	ADS	13	1.00	52.80
100	TC	106	40	ADS	16	1.51	63.90
101	IMOC	425	10	RSS	11	0.79	38.50
102	MC	212	40	ADS	18	0.95	40.80
103	AAC	212	10	ADS	9	0.85	40.30
104	IMOC	106	20	ADS	10	1.13	43.40
105	MC	212	40	RSS	14	1.05	45.10
106	EC	425	5	RSS	7	0.59	32.00
107	BC	106	40	ADS	18	0.84	36.60
108	TC	53	20	RSS	9	2.41	74.90
109	TC	212	20	ADS	15	0.80	37.70

ตารางที่ 3.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

Run Order	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
110	BC	53	10	RSS	6	2.09	60.00
111	BC	106	5	ADS	9	1.92	51.90
112	MC	212	5	ADS	9	0.45	25.90
113	MC	212	5	RSS	6	0.61	34.40
114	AAC	106	10	ADS	7	1.09	43.20
115	TC	106	20	RSS	10	1.71	62.30
116	EC	212	40	RSS	16	1.22	37.00
117	IMOC	106	5	RSS	5	0.93	37.70
118	IMOC	425	10	ADS	14	0.72	32.70
119	MC	106	20	RSS	8	0.74	38.40
120	AAC	53	10	ADS	6	1.26	48.70
121	EC	212	20	RSS	11	1.15	51.10
122	BC	53	5	ADS	8	1.17	46.00
123	AAC	212	10	RSS	7	0.99	41.30
124	IMOC	425	10	RSS	11	0.79	38.50
125	TC	425	5	ADS	12	0.35	29.10
126	BC	106	5	RSS	5	1.98	58.10
127	MC	53	20	ADS	10	0.40	29.90
128	BC	212	5	ADS	10	0.81	35.20
129	AAC	106	10	RSS	7	1.12	48.70
130	AAC	212	5	RSS	5	0.89	43.20
131	AAC	53	10	RSS	5	1.27	65.10
132	EC	212	5	RSS	6	0.72	29.30

ตารางที่ ๔.๑ ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
133	TC	106	40	RSS	11	1.91	84.00
134	AAC	212	5	ADS	7	0.77	39.80
135	EC	425	20	ADS	16	0.53	37.10
136	IMOC	425	40	ADS	20	0.67	29.50
137	EC	53	40	ADS	17	0.59	31.60
138	TC	212	20	ADS	15	0.80	37.70
139	IMOC	425	40	ADS	20	0.67	29.50
140	EC	425	40	RSS	21	0.46	40.60
141	EC	425	20	ADS	16	0.53	37.10
142	EC	425	5	RSS	7	0.59	32.00
143	BC	425	40	RSS	19	0.91	33.90
144	BC	53	10	RSS	6	2.09	60.00
145	MC	53	10	ADS	7	0.55	27.20
146	TC	212	10	RSS	9	0.86	41.00
147	IMOC	212	40	RSS	13	1.25	43.50
148	IMOC	212	10	ADS	10	1.20	39.20
149	IMOC	212	5	ADS	9	1.00	36.40
150	BC	53	5	RSS	4	1.32	49.20
151	EC	53	5	ADS	7	0.55	30.10
152	BC	106	5	ADS	9	1.92	51.90
153	IMOC	425	20	RSS	14	0.72	46.40
154	AAC	53	40	ADS	15	1.07	46.70
155	TC	425	10	ADS	15	0.45	27.60

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
156	IMOC	53	10	ADS	6	1.22	39.50
157	MC	212	10	ADS	11	0.44	24.90
158	BC	53	40	ADS	15	0.79	44.90
159	IMOC	53	5	ADS	5	1.22	39.20
160	IMOC	212	40	ADS	16	0.75	38.40
161	MC	212	10	ADS	11	0.44	24.90
162	AAC	425	20	ADS	16	0.74	45.40
163	BC	106	40	RSS	15	1.08	40.10
164	EC	53	10	RSS	5	1.16	39.80
165	IMOC	425	20	ADS	16	0.71	46.10
166	TC	212	5	RSS	6	0.68	38.40
167	IMOC	106	5	ADS	7	0.88	35.70
168	AAC	425	5	RSS	5	0.72	40.30
169	AAC	425	10	RSS	8	0.96	54.40
170	TC	212	5	ADS	9	0.37	24.00
171	TC	106	20	RSS	10	1.71	62.30
172	TC	212	10	ADS	12	0.68	22.60
173	BC	425	40	RSS	19	0.91	33.90
174	AAC	53	40	RSS	10	1.96	71.40
175	IMOC	425	5	ADS	11	0.83	29.70
176	BC	53	40	ADS	15	0.79	44.90
177	EC	212	10	ADS	11	0.87	34.30
178	IMOC	425	20	ADS	16	0.71	46.10

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
179	TC	425	10	ADS	15	0.45	27.60
180	TC	53	10	ADS	10	1.55	59.50
181	EC	212	20	ADS	14	0.86	46.30
182	AAC	53	20	ADS	10	1.78	53.60
183	AAC	106	40	RSS	13	1.54	65.20
184	IMOC	53	10	RSS	5	1.73	52.10
185	MC	212	20	RSS	10	0.89	35.50
186	BC	212	40	RSS	17	1.54	44.20
187	TC	212	10	ADS	12	0.68	22.60
188	MC	425	5	RSS	7	0.60	36.80
189	BC	212	5	RSS	6	0.98	37.90
190	AAC	425	20	ADS	16	0.74	45.40
191	AAC	106	5	RSS	5	0.92	38.90
192	AAC	425	20	RSS	11	1.01	49.90
193	BC	106	20	ADS	14	1.50	50.00
194	BC	106	10	RSS	7	1.55	47.90
195	AAC	106	20	ADS	13	1.13	40.40
196	IMOC	212	5	RSS	7	1.41	38.20
197	AAC	106	10	ADS	7	1.09	43.20
198	BC	425	20	RSS	12	1.25	51.60
199	IMOC	106	10	ADS	8	0.99	38.30
200	BC	425	40	ADS	25	0.79	29.30
201	AAC	106	5	RSS	5	0.92	38.90

ตารางที่ 3.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
202	TC	106	5	ADS	9	0.99	49.20
203	EC	106	5	ADS	8	0.96	30.40
204	IMOC	106	40	ADS	11	0.95	35.00
205	EC	53	40	RSS	12	1.14	39.90
206	EC	425	20	RSS	13	0.72	38.60
207	EC	53	5	RSS	4	0.86	36.80
208	MC	106	40	ADS	15	0.52	24.50
209	IMOC	212	5	ADS	9	1.00	36.40
210	TC	106	40	RSS	11	1.91	84.00
211	AAC	425	5	ADS	8	0.66	31.90
212	EC	106	20	RSS	10	1.06	40.20
213	MC	425	40	ADS	21	0.52	31.30
214	MC	212	20	ADS	14	0.66	28.90
215	IMOC	212	10	RSS	9	1.34	44.30
216	BC	425	40	ADS	25	0.79	29.30
217	TC	425	5	RSS	8	0.46	59.70
218	IMOC	212	40	ADS	16	0.75	38.40
219	IMOC	53	40	RSS	8	1.21	58.10
220	BC	53	5	RSS	4	1.32	49.20
221	EC	53	20	RSS	9	0.62	39.10
222	BC	425	10	RSS	9	0.92	44.70
223	AAC	212	40	ADS	21	0.92	45.80
224	TC	212	5	RSS	6	0.68	38.40

ตารางที่ ๔.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
225	IMOC	53	40	RSS	8	1.21	58.10
226	MC	425	40	ADS	21	0.52	31.30
227	BC	106	20	RSS	10	2.22	60.20
228	IMOC	53	5	RSS	4	1.28	39.30
229	TC	106	10	RSS	7	1.19	61.60
230	AAC	106	40	ADS	18	1.04	44.30
231	TC	425	5	ADS	12	0.35	29.10
232	EC	425	5	ADS	10	0.50	31.60
233	MC	53	40	RSS	10	0.61	28.40
234	TC	425	40	ADS	30	0.62	37.80
235	MC	212	10	RSS	7	0.69	37.00
236	BC	425	20	ADS	17	1.03	47.60
237	BC	425	5	RSS	7	0.79	35.20
238	MC	425	10	ADS	12	0.44	28.40
239	EC	53	40	RSS	12	1.14	39.90
240	BC	212	40	ADS	20	0.83	35.40
241	EC	53	5	ADS	7	0.55	30.10
242	TC	106	10	ADS	11	1.12	50.30
243	TC	53	40	ADS	15	2.83	91.80
244	TC	106	5	RSS	6	1.05	66.90
245	MC	212	5	RSS	6	0.61	34.40
246	BC	425	5	RSS	7	0.79	35.20
247	MC	53	20	ADS	10	0.40	29.90

ตารางที่ ๔.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
248	TC	212	5	ADS	9	0.37	24.00
249	EC	53	10	ADS	8	0.72	34.20
250	EC	106	20	ADS	13	1.00	39.70
251	IMOC	106	10	ADS	8	0.99	38.30
252	EC	106	5	RSS	5	1.00	41.60
253	AAC	106	40	ADS	18	1.04	44.30
254	EC	425	40	RSS	21	0.46	40.60
255	BC	53	20	RSS	9	1.90	53.50
256	MC	425	40	RSS	16	0.58	43.14
257	TC	53	10	RSS	7	2.00	60.10
258	TC	212	20	RSS	10	1.34	38.40
259	IMOC	106	5	RSS	5	0.93	37.70
260	IMOC	212	10	RSS	9	1.34	44.30
261	BC	212	40	ADS	20	0.83	35.40
262	EC	106	10	ADS	10	0.66	30.70
263	TC	212	40	RSS	15	1.57	63.10
264	AAC	425	40	RSS	18	1.14	42.50
265	MC	425	5	ADS	10	0.56	30.80
266	TC	106	5	ADS	9	0.99	49.20
267	AAC	106	20	RSS	10	1.30	42.90
268	EC	106	40	RSS	14	0.85	43.80
269	EC	212	40	RSS	16	1.22	37.00
270	EC	212	40	ADS	20	0.65	30.30

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
271	AAC	53	20	ADS	10	1.78	53.60
272	BC	212	10	RSS	8	1.61	53.70
273	TC	106	20	ADS	14	1.26	58.10
274	IMOC	53	5	RSS	4	1.28	39.30
275	EC	212	20	ADS	14	0.86	46.30
276	TC	53	5	RSS	5	1.68	54.10
277	TC	425	40	ADS	30	0.62	37.80
278	BC	212	20	RSS	11	1.55	70.90
279	EC	106	40	ADS	19	0.78	37.20
280	IMOC	425	5	RSS	8	0.95	29.90
281	IMOC	212	20	RSS	11	1.11	50.20
282	BC	53	40	RSS	13	0.94	59.70
283	EC	106	10	ADS	10	0.66	30.70
284	BC	425	20	ADS	17	1.03	47.60
285	MC	106	10	ADS	9	0.66	26.90
286	EC	53	20	ADS	12	0.44	37.50
287	AAC	106	20	RSS	10	1.30	42.90
288	AAC	53	20	RSS	7	1.80	61.60
289	MC	425	5	ADS	10	0.56	30.80
290	MC	53	20	RSS	7	0.75	44.40
291	BC	212	10	ADS	11	1.42	39.10
292	EC	425	20	RSS	13	0.72	38.60
293	MC	425	10	RSS	9	0.56	39.50

ตารางที่ ๔.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
294	MC	106	40	ADS	15	0.52	24.50
295	TC	53	40	RSS	11	2.94	93.00
296	EC	53	10	ADS	8	0.72	34.20
297	AAC	106	5	ADS	6	0.78	38.80
298	MC	106	40	RSS	11	0.53	25.30
299	AAC	212	20	RSS	10	1.17	60.00
300	TC	53	10	RSS	7	2.00	60.10
301	AAC	425	20	RSS	11	1.01	49.90
302	AAC	212	20	ADS	15	1.02	54.40
303	IMOC	425	10	ADS	14	0.72	32.70
304	IMOC	53	10	ADS	6	1.22	39.50
305	IMOC	212	5	RSS	7	1.41	38.20
306	MC	53	5	ADS	6	0.34	25.40
307	BC	53	40	RSS	13	0.94	59.70
308	AAC	212	5	RSS	5	0.89	43.20
309	EC	425	40	ADS	23	0.46	25.50
310	EC	106	40	ADS	19	0.78	37.20
311	BC	425	10	ADS	12	0.70	39.40
312	MC	53	5	ADS	6	0.34	25.40
313	MC	425	5	RSS	7	0.60	36.80
314	BC	53	20	RSS	9	1.90	53.50
315	MC	425	20	ADS	15	0.50	38.80
316	MC	212	40	ADS	18	0.95	40.80

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
317	AAC	212	5	ADS	7	0.77	39.80
318	AAC	106	5	ADS	6	0.78	38.80
319	EC	212	5	ADS	9	0.68	27.70
320	AAC	425	5	ADS	8	0.66	31.90
321	TC	425	40	RSS	26	0.93	44.00
322	TC	53	20	RSS	9	2.41	74.90
323	TC	106	10	RSS	7	1.19	61.60
324	EC	106	10	RSS	7	0.92	33.30
325	AAC	53	5	ADS	4	1.00	47.90
326	EC	425	5	ADS	10	0.50	31.60
327	BC	212	20	ADS	15	1.48	55.60
328	MC	106	5	ADS	7	0.57	33.10
329	EC	425	10	ADS	13	0.56	31.00
330	AAC	212	10	ADS	9	0.85	40.30
331	BC	212	10	RSS	8	1.61	53.70
332	AAC	53	5	ADS	4	1.00	47.90
333	BC	53	10	ADS	8	1.17	46.00
334	BC	212	5	RSS	6	0.98	37.90
335	BC	53	20	ADS	13	1.00	52.80
336	BC	106	10	ADS	10	1.13	38.40
337	MC	425	40	RSS	16	0.58	43.14
338	BC	425	20	RSS	12	1.25	51.60
339	IMOC	53	20	ADS	8	1.41	55.70

ตารางที่ ๔.๑ ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
340	EC	212	5	ADS	9	0.68	27.70
341	MC	212	10	RSS	7	0.69	37.00
342	BC	53	10	ADS	9	1.52	58.20
343	MC	425	20	RSS	11	0.65	45.70
344	MC	53	10	RSS	5	0.70	41.60
345	EC	53	10	RSS	5	1.16	39.80
346	EC	212	40	ADS	20	0.65	30.30
347	MC	425	20	ADS	15	0.50	38.80
348	AAC	425	40	ADS	23	0.65	39.30
349	MC	106	40	RSS	11	0.53	25.30
350	MC	106	10	ADS	9	0.66	26.90
351	BC	53	5	ADS	8	1.17	46.00
352	AAC	106	40	RSS	13	1.54	65.20
353	MC	106	5	RSS	5	0.81	36.20
354	BC	212	40	RSS	17	1.54	44.20
355	TC	53	40	RSS	11	2.94	93.00
356	MC	425	10	ADS	12	0.44	28.40
357	MC	106	10	RSS	6	0.72	29.90
358	MC	212	40	RSS	14	1.05	45.10
359	AAC	212	40	RSS	15	0.99	46.60
360	MC	106	5	RSS	5	0.81	36.20
361	TC	212	40	ADS	17	1.49	47.60
362	AAC	106	20	ADS	13	1.13	40.40

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ต่อ)

RunOrder	Factor				Physical Properties	Mechanical Properties	
	Type	Particle Size (μm)	Weight (phr)	Rubber Sheet	Absorption Efficiency (ppm)	Tensile Strength (MPa)	Tear Strength (N/mm)
363	IMOC	53	20	RSS	7	1.68	67.20
364	TC	425	10	RSS	11	0.92	28.50
365	EC	425	40	ADS	23	0.46	25.50
366	AAC	425	10	RSS	8	0.96	54.40
367	EC	212	10	RSS	8	0.93	37.50
368	IMOC	212	20	ADS	13	0.83	44.50
369	IMOC	106	10	RSS	7	1.39	44.20
370	TC	425	20	ADS	20	0.58	42.00
371	BC	106	10	ADS	10	1.13	38.40
372	EC	106	10	RSS	7	0.92	33.30
373	IMOC	53	5	ADS	5	1.22	39.20
374	MC	106	20	ADS	12	0.67	22.00
375	MC	106	20	ADS	12	0.67	22.00
376	IMOC	425	20	RSS	14	0.72	46.40
377	AAC	212	20	ADS	15	1.02	54.40
378	TC	53	5	RSS	5	1.68	54.10
379	AAC	53	5	RSS	4	1.29	48.20
380	AAC	425	40	ADS	23	0.65	39.30
381	AAC	53	40	ADS	15	1.07	46.70
382	AAC	425	40	RSS	18	1.14	42.50
383	BC	106	20	RSS	10	2.22	60.20
384	MC	212	20	ADS	14	0.66	28.90

ผนวก จ
การใช้เครื่องวัดก้าช

1. การใช้เครื่องวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ รุ่น CO-220

CO-220 Carbon Monoxide Meter (มิเตอร์สำหรับการตรวจหา ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซึ่งคือไปนีจั่งเรียกอุปกรณ์นี้ว่า “มิเตอร์”) จะตรวจหาว่ามีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ระหว่าง 1-1000 ส่วน/ล้าน (เรียกค่าเป็น parts/million : PPM) มิเตอร์จะบ่งชี้ให้เห็นถึงสภาพการมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 2 วิธีดังนี้ :

(1) บ่งชี้ด้วยค่าอ่านบน LCD (Liquid Crystal Display) โดยอ่านค่าเป็น PPM

(2) บ่งชี้ด้วยการส่งเสียงสัญญาณเตือน

1.1 ข้อมูลเพื่อความปลอดภัย – โปรดอ่านก่อนใช้อุปกรณ์

- อ่านให้มีเตอร์เป็นเครื่องเฝ้าตรวจเพื่อความปลอดภัยส่วนบุคคล

- เรียนรู้และทราบได้ถึงผลกระทบที่เกิดจากพิษของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลเพื่อความปลอดภัย

0-1 PPM	ระดับพื้นหลังโดยปกติ
9 PPM	ความเข้มข้นสูงสุดตามมาตรฐาน ASHRAE 62-1989 ในบริเวณที่ผู้คนอยู่อาศัย
50 PPM	ระดับเฉลี่ยเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน OSHA ที่ผู้คนจะรับได้ในสถานที่ปิด
100 PPM	ระดับขีดจำกัดสูงสุดที่มีได้ ตามมาตรฐาน OSHA
200 PPM	ทำให้มีอาการปวดศรีษะเด็กน้อย เหนื่อยล้า คลื่นไส้ และ วิงเวียนศีรษะหรือมีน้ำ
800 PMM	วิงเวียนศีรษะ คลื่นไส้เจ็บ หักกระดูก เสียชีวิตภายในเวลา 2 ถึง 3 ชั่วโมง

ข้อกำหนด 1917.24 ของสำนักงานเพื่อสุขภาพและความปลอดภัยในสถานที่ทำงานของ
สหรัฐฯ (U.S. Department of Labor Occupational Safety & Health Administration -OSHA)
กำหนดให้รักษาระดับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศในสถานที่ห้องหับที่ปิดมิดชิดใด ๆ ให้
ไม่เกินกว่า 50 PPM (0.005 %) หากมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เกินกว่า 100PPM (0.01%) ให้
ยกข้าย ผู้คนออกໄไปจากบริเวณที่ปิดนั้น

1.2 การทำงานของมีเตอร์

มีเตอร์ระบุให้ทราบถึงการมีก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ อยู่ในบรรยากาศ โดยจะแสดงค่าอ่านบน LCD และโดยการส่งเสียงสัญญาณ

ค่าอ่านที่สูงกว่า 1000 PPM จะแสดงบน LCD ว่า “OL” ซึ่งหมายถึงสภาพที่เกินพิกัด

เครื่องส่งเสียงสัญญาณจะทำงานคล้ายกับเครื่องนับไกเกอร์ (Geiger) คือ :

- ยังมีก้าชาร์บอนมอนอกไซด์ ในขนาดเข้มข้นเท่าใด เสียงสัญญาณจะดังถี่มากขึ้นเท่านั้น

- หากค่าสูงเกิน 200 PPM เสียงสัญญาณจะดังอย่างต่อเนื่อง โดยจะส่งเสียงถี่มากขึ้นตามความเข้มข้นของก้าชาร์บอนมอนอกไซด์

1.3 การเปิดมีเตอร์

ใส่แบตเตอรี่เข้าที่มีเตอร์ (โปรดคุณ “การติดตั้งและการเปลี่ยนแบตเตอรี่”) เปิดมีเตอร์โดยกดที่ปุ่มตีเปีย

มีเตอร์จะส่งเสียงสัญญาณสองครั้ง และทำการทดสอบตนเองในระหว่างที่ทำการทดสอบ จอแสดงผลจะนับถอยหลังจาก 10 ลงไปถึง 0 โดยส่งเสียงเป็นสอง ตอนๆ ละสองครั้ง ตามด้วยการหยุดพักยาวหนึ่งครั้ง

หากมีเตอร์ผ่านการตรวจสอบตนเองได้เรียบร้อย ก็จะเริ่มตรวจจับหาก้าช โดยจะแสดงให้ทราบได้ด้วยการส่งเสียงหนึ่งครั้งทุกๆ สองวินาที และแสดงค่าอ่านบน จอแสดงผล

1.4 การทดสอบตนเองของอุปกรณ์

มีเตอร์จะทำการทดสอบเครื่องตรวจรู้(เซ็นเซอร์)และแบตเตอรี่ทุกครั้งที่ถูกเปิด และเพื่อตรวจคุณภาพแบตเตอรี่ต่อไปอย่างต่อเนื่อง หากแบตเตอรี่มีไฟน้อย จะมีสัญญาณรูปแบตเตอรี่ปรากฏบน LCD (Liquid Crystal Display)

หากแบตเตอรี่มีไฟในระดับที่ต่ำกว่าที่มีเตอร์กำหนด หรือเครื่องตรวจรู้(Sensor)ล้มเหลวหรือไม่ทำงาน มีเตอร์จะส่งเสียงสัญญาณเป็นตอนๆ ตอนละห้าครั้งตามด้วยการหยุดพักยาวหนึ่งครั้ง และจะส่งเสียงดังตอนละห้าครั้งอีก แล้วมีเตอร์จะปิดไปเอง

หลังจากได้เปลี่ยนแบตเตอรี่แล้ว หากยังมีสัญญาณเตือนอยู่ แสดงว่าเครื่องตรวจรู้อาจล้มเหลวหรือไม่ทำงาน ให้ติดต่อศูนย์บริการที่ได้รับการแต่งตั้งของฟลีก เพื่อขอข้อมูลในการเปลี่ยนเครื่องตรวจรู้ใหม่

1.5 การกำหนดค่าพื้นฐาน

ก่อนการตรวจหาแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ให้กำหนดค่าพื้นฐานที่มีเตอร์จะต้องทำการเปรียบเทียบกับสิ่งแวดล้อมต่างๆ

ทั้งนี้ โดยการเปิดมีเตอร์หากมีเตอร์ตรวจพบค่าการมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็น 0-3 PPM เครื่องส่งสัญญาณจะมีเสียง และมีเตอร์จะกำหนดค่าที่เป็นค่าพื้นฐานใหม่

หากมีเตอร์ตรวจพบว่ามีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ อยู่มากกว่า 3 PPM มีเตอร์จะไม่ทำการปรับค่าไปที่ค่าพื้นฐานใหม่ แต่จะเริ่มวัดค่าและอ่านค่าแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ตรวจพบ

1.6 การเก็บค่าอ่านสูงสุดเอาไว้ (Max/Hold)

ในโหมดของ Max/Hold มีเตอร์จะเก็บค่าอ่านระดับสูงสุดของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ตรวจพบได้เอาไว้ ในโหมดการทำงานแบบนี้มีเตอร์จะตรวจหาระดับของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไปอย่างต่อเนื่องโดยจะแสดงให้ทราบโดยการส่งเสียงสัญญาณ พร้อมกับแสดงค่าบน LCD แต่เฉพาะค่าสูงสุดของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจพบ

ในการทำให้โหมด Max/Hold ทำงานหรือไม่ทำงาน ให้กดที่ปุ่ม MAX เครื่องส่งสัญญาณจะดังแบบสั๊นๆ สองครั้ง เมื่อโหมดนี้ได้รับคำสั่งให้ทำงานหรือให้ไม่ทำงาน ในขณะที่โหมด Max/Hold ทำงานจะมีคำว่า “MAX” แสดงขึ้นที่ LCD

1.7 แสงสว่างจากด้านหลังโดยอัตโนมัติ

หากมีแสงสว่างโดยรอบมีเตอร์น้อย (ทำให้ดู LCD ได้ยาก) ไฟฟ้าด้านหลังของ LCD จะเปิดสว่างขึ้นโดยอัตโนมัติ ไฟฟ้านี้จะปิดไปเองเมื่อมีแสงสว่างพอ

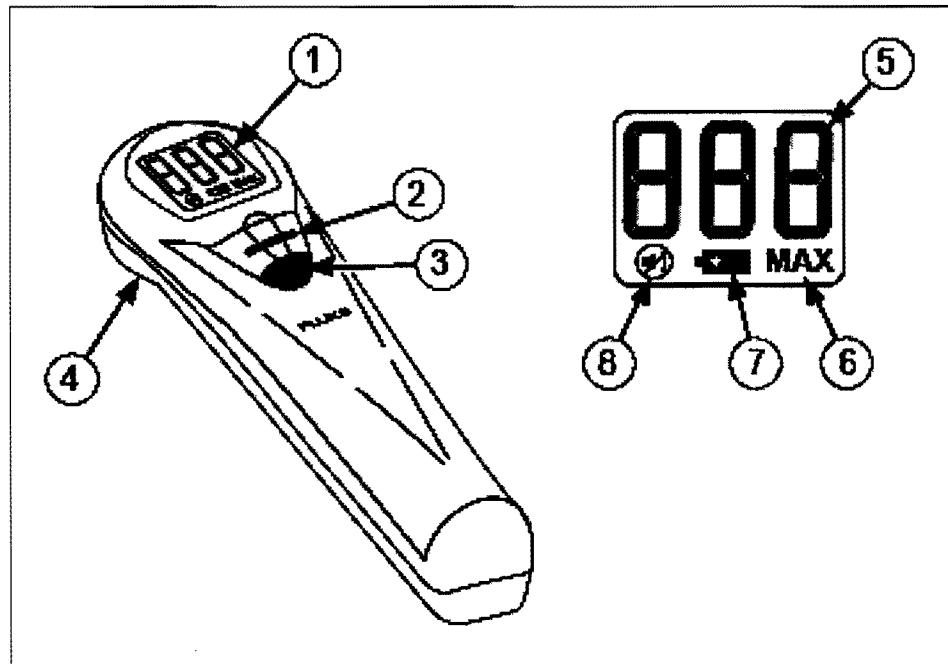
1.8 การปิดไปเองโดยอัตโนมัติ

มีเตอร์จะปิดไปเองโดยอัตโนมัติหลังจากเปิดทิ้งไว้เป็นเวลานาน 20 นาที

1.9 การทำให้เครื่องส่งสัญญาณไม่ส่งเสียง

ในการทำให้เครื่องส่งสัญญาณเงียบไม่ส่งเสียง ให้กดที่สวิทช์ปิด/เปิดค้างไว้เป็นเวลาเวลานานกว่า 2 วินาที ในขณะที่ท่านเปิดอุปกรณ์

ในการทำให้เครื่องส่งสัญญาณกลับทำงานตามปกติ ให้ปิดมีเตอร์แล้วเปิดใหม่อีกครั้ง



ภาพที่ 9.1 ส่วนประกอบของมิเตอร์ตรวจหาแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ Fluke CO-220

- 1 LCD (Liquid Crystal Display)
- 2 ปุ่ม Max/Hold
- 3 ปุ่ม เปิด/ปิด
- 4 เครื่องตรวจแก๊ส (Fluke PN 689497)
- 5 การอ่านค่าดิจิตอลเป็นส่วน/ล้าน (parts/million – PPM)
- 6 โหมด Max/Hold (แสดงค่าสูงสุดที่ตรวจพบและอ่านໄດ້)
- 7 ตัวปั้งชี้ว่าระดับไฟในแบบเตอร์ต่า
- 8 เครื่องส่งเสียงสัญญาณฉุกเฉิน

1.10 ข้อมูลจำเพาะ :

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องวัดกําชการ์บอนมอนอกไซด์รุ่น Fluke CO-220
(เอกสารรัฐ ศรีอ่อน, 2551)

อุณหภูมิ	
ในขณะทำงาน :	0°C ถึง +50°C
ในขณะที่เก็บไว้:	-30°C ถึง +50°C
ความชื้นในขณะทำงาน (ไม่มีน้ำค้าง)	
< 3 อาทิตย์	0 ถึง 99% ความชื้นสัมพัทธ์
> 3 อาทิตย์	0 ถึง 90% ความชื้นสัมพัทธ์
พิกัดในการวัด	0 ถึง 1000 PPM
ความละเอียดในการวัด	1 PPM สำหรับ 0 – 200 PPM 5 PPM สำหรับ 200 – 1000 PPM
ความแม่นยำ	5% หรือ \pm 2 PPM (ค่าในค่าหนึ่งที่สูงกว่า)
ประเภทของเครื่องตรวจวัด (เซ็นเซอร์)	ไฟฟ้าเคมีที่ทำให้อุณหภูมิเดือด เจาของเฉพาะกําชา (CO)
อายุการใช้งานทั่วไปของเครื่องตรวจวัด	3 ปี
สัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิ	เพิ่ม 0.4 % ต่อ °C เมื่อสูงกว่า 25 °C เพิ่ม 0.6 % ต่อ °C เมื่อสูงกว่า 20 °C
การทดสอบทนของอุปกรณ์	< 20 วินาที
แบตเตอรี่	9 V, NEDA 1604A หรือ IEC 6LR61
อายุการใช้งานโดยทั่วไปของแบตเตอรี่	500 ชั่วโมง
การรับรองมาตรฐาน	Ce

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวชูรงค์ พันธุ์สุวรรณ
วัน เดือน ปี เกิด	30 พฤษภาคม 2529
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, พ.ศ. 2551
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2554 – ปัจจุบัน แผนกวิชาเครื่องมือกล วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี พ.ศ. 2553 - 2554 แผนกวิชาโลหะการ วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี พ.ศ. 2552 – 2553 กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อาจารย์พิเศษ แผนกวิชาช่างกล โรงงาน วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี ถนนชยางกูร ตำบลคลนา อำเภอโนนหนามแห่ง จังหวัดอุบลราชธานี 37000
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	