

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ	5
2.2 การเรียงตัวของโครงสร้างทางเคมียางธรรมชาติ.....	5
2.3 การสังเคราะห์ยางโบรโมบิวไทล์.....	7
2.4 โครงสร้างของกลุ่มไอโซพรีนิวล์ในยางโบรโมบิวไทล์.....	7
2.5 ลักษณะเครื่องบดผสมระบบเปิด	14
2.6 ลักษณะเครื่องบดผสมระบบปิด	14
2.7 โครงสร้างของแร่ดินเหนียว Montmorillonite	18
2.8 โครงสร้างของแร่ดินเหนียว Kaolinite	19
2.9 โครงสร้างของแป้งทัลคัม	20
2.10 ลักษณะโครงสร้างของ Amino Acids	23
2.11 ปฏิกริยา Hydrolysis ของ Silane Coupling Agent.....	24
2.12 โครงสร้างของ Bis(3–triethoxysilylpropyl)–tetrasulfane (Si–69).....	24
2.13 โครงสร้างทางเคมีของยาง ENR–25 และ ENR–50	25
3.1 เครื่อง XRF.....	31
3.2 เครื่อง TGA-50 Thermo Gravimetric Analyzer	31
3.3 เครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD)	32
3.4 ลักษณะการวัดของเครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD)	33
3.5 (ก.) แสดงลักษณะของระนาบตาม Miller Index (ข.) แสดงระนาบสามมิติของวัสดุ	33
3.6 ลักษณะผลของ XRD ตาม Miller Index	35
3.7 เครื่อง Fourier Transform Infrared (FTIR).....	35
3.8 เครื่อง Dynamic mechanical measurements	37
3.9 เครื่อง Two-roll mill.....	39
3.10 เครื่อง Moving Die Rheometer.....	41

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.11 ลักษณะการคงรูปของยาง	41
3.12 เครื่องอัดยางคงรูป สำหรับการทดสอบแรงดึง การทดสอบความแข็งกด การทดสอบการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด และการทดสอบการซึมผ่านของก๊าซ	43
3.13 เครื่องอัดยางคงรูป สำหรับการทดสอบความทนทานต่อการสึกหรอ	43
3.14 ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวัดสมบัติความทนทานต่อแรงดึง	46
3.15 เครื่องวัดสมบัติการดึงยึด.....	47
3.16 เครื่อง Durometer Shore A	47
3.17 กราฟแสดงหลักการทดสอบการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด	49
3.18 เครื่องทดสอบการยุบตัวเนื่องจากแรงอัด	49
3.19 เครื่อง Abrasion Tester	51
3.20 เครื่องทดสอบการซึมผ่านของก๊าซ บริเวณด้านนอกตัวเครื่อง.....	53
3.21 เครื่องทดสอบการซึมผ่านของก๊าซ บริเวณที่วางตัวอย่างทดสอบ	53
4.1 ผล TGA ของ (a.) แร่ดินเหนียว Montmorillonite (b.) แร่ดินเหนียว Kaolinite และ (c.) แร่ดินเหนียวขัดสี.....	56
4.2 ผล XRD ของ (a.) แร่ดินเหนียว Montmorillonite (b.) แร่ดินเหนียว Kaolinite และ (c.) แร่ดินเหนียวขัดสี.....	57
4.3 XRD pattern ของแร่ดินเหนียว Montmorillonite	58
4.4 XRD pattern ของแร่ดินเหนียว Kaolinite	58
4.5 XRD pattern ของแร่ดินเหนียว Illite	59
4.6 ผล FTIR ของ (a.) แร่ดินเหนียว Montmorillonite (b.) แร่ดินเหนียว Kaolinite และ (c.) แร่ดินเหนียวขัดสี.....	60
4.7 ผล TGA ของแร่ดินเหนียว Montmorillonite ก่อนและหลังการปรับสภาพผิว.....	63
4.8 ผล XRD ของแร่ดินเหนียว Montmorillonite ก่อนและหลังการปรับสภาพผิว.....	63

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.9 ผล TGA ของแร่ดินเหนียว Kaolinite ก่อนและหลังการปรับสภาพผิว.....	64
4.10 ผล XRD ของแร่ดินเหนียว Kaolinite ก่อนและหลังการปรับสภาพผิว	65
4.11 ผล TGA ของแร่ดินเหนียวขัดสี ก่อนและหลังการปรับสภาพผิว	66
4.12 ผล XRD ของแร่ดินเหนียวขัดสี ก่อนและหลังการปรับสภาพผิว	66
4.13 ผล Mechanical loss factor ($\tan \delta$) ของยางผสมยางธรรมชาติต่อยางโบรโมบิวไทล์ ในอัตราส่วนต่างๆ.....	68
4.14 ค่า T_g ของยางผสมยางธรรมชาติต่อยางโบรโมบิวไทล์ในอัตราส่วนต่างๆ ที่ได้จาก การทดลองเปรียบเทียบกับค่าคำนวณจากความสัมพันธ์ของ Fox	69
4.15 ผลเวลาที่ยางเริ่มคงรูปและเวลาในการขึ้นรูปของยางคอมพอสิตแบบปกติ.....	71
4.16 ผลของค่าแรงบิดต่ำสุด (T_{min}) และผลต่างของค่าแรงบิดสูงสุดกับต่ำสุด (ΔT_{max}) ของยางคอมพอสิตแบบปกติ.....	72
4.17 ผลค่าปริมาณของโครงสร้างแบบเชื่อมโยงของยางคอมพอสิตแบบปกติ.....	73
4.18 ผลความทนทานต่อแรงดึง (Tensile strength) ของยางคอมพอสิตแบบปกติ	75
4.19 ผลค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) ของยางคอมพอสิตแบบปกติ	76
4.20 ผลโมดูลัส (Modulus) ที่ความเครียด (Strain) เท่ากับ 100%ของยางคอมพอสิต แบบปกติ	76
4.21 ผลโมดูลัส (Modulus) ที่ความเครียด (Strain) เท่ากับ 300%ของยางคอมพอสิต แบบปกติ	77
4.22 ผลความแข็งแรงที่ผิวของยางคอมพอสิตแบบปกติ	78
4.23 ปริมาตรที่สึกหรอของยางคอมพอสิตต่างๆ ในการทดสอบความต้านทานการสึกหรอ	78
4.24 ภาพถ่ายพื้นที่ผิวหักของยางคอมพอสิตที่มีสารตัวเติมเป็นแป้งทัลคัม, แร่ดินเหนียว montmorillonite, แร่ดินเหนียว montmorillonite ที่ปรับสภาพผิวแล้ว, แร่ดินเหนียว kaolinite, และแร่ดินเหนียว kaolinite ที่ปรับสภาพผิวแล้ว โดยใช้ SEM.....	81

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.25 ภาพถ่ายพื้นที่ผิวหักของยางคอมพอสิตที่มีสารตัวเติมเป็นแป้งทัลคัม, แร่ดินเหนียว montmorillonite, แร่ดินเหนียว montmorillonite ที่ปรับสภาพผิวแล้ว, แร่ดินเหนียว kaolinite, และแร่ดินเหนียว kaolinite ที่ปรับสภาพผิวแล้ว โดยใช้ SEM และการกระจายตัวของโบรมีน โดยใช้ EDX.....	82
4.26 ผลเวลาในการขึ้นรูปของยางคอมพอสิตแบบที่มียาง ENR เป็นตัวประสานเปรียบเทียบกับยางคอมพอสิตแบบปกติ.....	84
4.27 ผลค่าแรงบิดต่ำสุด (Minimum Torque) ของยางคอมพอสิตแบบที่มียาง ENR เป็นตัวประสานเปรียบเทียบกับยางคอมพอสิตแบบปกติ.....	86
4.28 ผลค่าผลต่างของแรงบิด (Max – Min Torque) ของยางคอมพอสิตแบบที่มียาง ENR เป็นตัวประสานเปรียบเทียบกับยางคอมพอสิตแบบปกติ	87
4.29 ผลค่าปริมาณของการเชื่อมประสานของยางคอมพอสิตแบบที่มียาง ENR เป็นตัวประสานเปรียบเทียบกับยางคอมพอสิตแบบปกติ	87
4.30 ผลความทนทานต่อแรงดึง (Tensile strength) ของยางคอมพอสิตแบบที่มียาง ENR เป็นตัวประสานเปรียบเทียบกับยางคอมพอสิตแบบปกติ.....	89
4.31 ผลค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation @ break) ของยางคอมพอสิตแบบที่มียาง ENR เป็นตัวประสานเปรียบเทียบกับยางคอมพอสิตแบบปกติ.....	89
4.32 ผลโมดูลัส (Modulus) ที่ความเครียด (Strain) เท่ากับ 100% ของยางคอมพอสิตแบบที่มียาง ENR เป็นตัวประสานเปรียบเทียบกับยางคอมพอสิตแบบปกติ.....	90
4.33 ผลโมดูลัส (Modulus) ที่ความเครียด (Strain) เท่ากับ 300% ของยางคอมพอสิตแบบที่มียาง ENR เป็นตัวประสานเปรียบเทียบกับยางคอมพอสิตแบบปกติ	90
4.34 ผลความแข็งแรงที่ผิวของยางคอมพอสิตแบบที่มียาง ENR เป็นตัวประสานเปรียบเทียบกับยางคอมพอสิตแบบปกติ.....	92
4.35 ผลการยุบตัวเนื่องจากแรงอัดของยางคอมพอสิตแบบที่มียาง ENR เป็นตัวประสานเปรียบเทียบกับยางคอมพอสิตแบบปกติ.....	92

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.36 ปริมาตรที่สึกหรอของยางคอมพอสิตแบบที่มียาง ENR เป็นตัวประสานเปรียบเทียบกับยางคอมพอสิตแบบปกติ.....	93
4.37 ภาพถ่ายพื้นที่ผิวหักของยางคอมพอสิตแบบปกติ เปรียบเทียบกับที่ใช้ยาง ENR เป็นตัวประสานและมีสารตัวเติมเป็นแป้งทัลคัม, แร่ดินเหนียว montmorillonite, แร่ดินเหนียว montmorillonite ที่ปรับสภาพผิวแล้ว, แร่ดินเหนียว kaolinite, และแร่ดินเหนียว kaolinite ที่ปรับสภาพผิวแล้ว โดยใช้ SEM.....	94 - 95
4.38 ภาพถ่ายพื้นที่ผิวหักของยางคอมพอสิตแบบปกติ เปรียบเทียบกับที่ใช้ยาง ENR เป็นตัวประสานและมีสารตัวเติมเป็นแป้งทัลคัม, แร่ดินเหนียว montmorillonite ที่ปรับสภาพผิวแล้ว, และแร่ดินเหนียว kaolinite ที่ปรับสภาพผิวแล้ว โดยใช้ SEM และการกระจายตัวของโบรมีน โดยใช้ EDX	96
4.39 ผลการซึมผ่านของก๊าซของยางคอมพอสิต.....	99