



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

ผลของการใช้เบนโทไนต์เป็นสารตัวเติมในยางผสมระหว่างธรรมชาติและยาง
เอสปีอาร์

(Effects of using Bentonite as a Filler in NR/SBR Blend)

คณะผู้วิจัย

ดร.ฉันททิพ คำนวนทิพย์

(หัวหน้าโครงการ)

ดร.สิงห์โต สกุลเหมฤทัย

(ผู้ร่วมงานวิจัย)

ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผลของการใช้เบนโทไนต์เป็นสารตัวเติมในยางผสมระหว่างธรรมชาติและยางเอสปีอาร์

Effects of using Bentonite as a Filler in NR/SBR Blend

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการเติมเบนโทไนต์ที่มีผลต่อสมบัติของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติผสมและยางเอสปีอาร์ โดยมีสัดส่วนของการผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ เท่ากับ 20:80, 50:50 และ 80:20 และทำการเติมเบนโทไนต์ในปริมาณไม่เกิน 2 phr ทำการผสมยางกับสารเคมีโดยใช้เครื่องผสมสองลูกกลิ้ง และทำการวัลคาไนซ์ยางด้วยกระบวนการอัดขึ้นรูป และทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ได้แก่ ความหนืดมูนี พฏิกิริยการคงรูป ความแข็ง สมบัติทางด้านความทนแรงดึง และ ความทนต่อการฉีกขาด ผลการศึกษาสมบัติของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่เติมเบนโทไนท์ สรุปได้ดังนี้ เบนโทไนต์ผลต่อการหน่วงการเกิดปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ โดยดูได้จากค่า scorch time และ cure time ที่เพิ่มขึ้น เบนโทไนต์เป็นสารตัวเติมชนิดไม่เสริมแรงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ ซึ่งพิจารณาได้จากการลดลงของค่า ความหนืดมูนี ค่า 100%Modulus ค่าความทนต่อแรงดึง และค่าความทนต่อการฉีกขาด เมื่อมีการเติมเบนโทไนต์ในปริมาณที่มากขึ้นลงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์

คำนำ

งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาผลของการเติมเบนโทไนซัลลงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ ที่มีต่อสมบัติของยางผสม ทั้งสมบัติการไหล ฟลัดติงการคงรูป และสมบัติเชิงกล เพื่อเป็นแนวทางในการนำเบนโทไนมาใช้เป็นสารตัวเติมชนิดใหม่ในอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์จากยาง

ในโอกาสนี้ คณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณต่อคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ในการสนับสนุนเงินทุนการจัดทำโครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ให้การเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ต่างๆ ในการจัดทำ รวมทั้งบุคคลต่างๆ ที่ไม่อาจกล่าวชื่อได้หมด ในการสนับสนุนคณะผู้จัดทำทั้งกำลังกายและกำลังใจ จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จไปอย่างดี

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	2
คำนำ	3
สารบัญ	4
บทที่ 1 บทนำ	5
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	5
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	8
1.3 ขอบเขตของโครงการ	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 แนวคิดพื้นฐานในการทำงานวิจัย	10
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 การดำเนินการทดลอง	20
3.1 สารเคมีและเครื่องมือ	20
3.2 สูตรสำหรับการผสมยางธรรมชาติผสมกับยางเอสปีอาร์ที่เติม เบนโทไนท์	21
3.3 แผนการทดลอง	22
3.4 วิธีการทดลอง	22
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	24
4.1 ความหนืดมูนนี่ (Mooney Viscosity)	24
4.2 ค่าScorch time	25
4.3 ค่า Cure time	27
4.4 ค่าความแข็ง (Hardness)	29
4.5 ค่า 100% Modulus	30
4.6 ค่าการทนต่อแรงดึง (Tensile strength)	32
4.7 ค่าระยะยืด ณ จุดขาด (Elongation at break)	33
4.8 ค่าความทนต่อการฉีกขาด (Tear strength)	34
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	36
เอกสารอ้างอิง	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ผลผลิตยางพาราของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีอัตราการขยายตัวในช่วง 4 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2543-2546) ถึงร้อยละ 5.89 ต่อปี ในปีพ.ศ.2546 ผลผลิตยางพาราของโลกมีปริมาณ 7.98 ล้านตัน มีผลผลิตยางพาราของประเทศไทย 3.0 ล้านตัน หรือร้อยละ 37.38 ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางพาราเป็นอันดับหนึ่งของโลกตั้งแต่ปีพ.ศ.2534 เป็นต้นมา นอกจากนี้มีมติคณะรัฐมนตรีวันที่ 26 พฤษภาคม 2546 ได้มีมติเห็นชอบให้ขยายพื้นที่ปลูกยางจากเดิมที่จำกัดไว้ที่ 12 ล้านไร่ ไปยังพื้นที่แห่งใหม่ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนืออีก 1 ล้านไร่ภายใน 3 ปี (พ.ศ.2547-2549) จะทำให้ผลผลิตยางพาราของไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากประมาณ 3 ล้านตันในปัจจุบันอีกร้อยละ 7 ในอีก 7 ปีข้างหน้า (พ.ศ.2554) หรือมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 220,000 ตันต่อปี ซึ่งจะส่งผลให้ไทยยังคงเป็นผู้ผลิตยางพารารายใหญ่ของโลกต่อไป ยางพาราไทยต้องพึ่งพาตลาดส่งออกเป็นหลัก โดยมีการส่งออกถึงร้อยละ 90 ของปริมาณผลผลิตทั้งหมดในแต่ละปี การส่งออกส่วนใหญ่อยู่ในรูปวัตถุดิบแปรรูปขึ้นต้นซึ่งมีมูลค่าต่ำ เช่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง และน้ำยางข้น โดยในปีพ.ศ. 2547 ไทยส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ถึง 3.021 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 137,604 ล้านบาท ในขณะที่มีการใช้วัตถุดิบในประเทศเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มสูงเพียง 03.5 ล้านตัน หรือร้อยละ 10 ของผลผลิตทั้งหมดเท่านั้น อาทิ ยางล้อยานยนต์ ถุงมือยาง และเส้นด้ายยาง แต่สามารถสร้างมูลค่าการส่งออกของผลิตภัณฑ์ยางที่ผลิตได้ภายในประเทศถึง 78,659 ล้านบาท ซึ่งจะเห็นว่ามูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงดังกล่าว ใกล้เคียงกับมูลค่าการส่งออกยางในรูปวัตถุดิบแปรรูปขึ้นต้น แสดงให้เห็นว่าแม้ไทยจะเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางพารารายใหญ่ของโลกก็ตาม แต่ที่ผ่านมามีการผลิตผลิตภัณฑ์ยางพาราใหม่น้อยมาก และยังเป็นการผลิตสินค้าที่มีมูลค่าเพิ่มต่ำเป็นหลัก ทำให้สร้างรายได้เข้าสู่ประเทศและมีผลในการยกระดับรายได้ของเกษตรกรไม่มากเท่าที่ควร การใช้ยางภายในประเทศยังมีปริมาณน้อยเนื่องจากข้อจำกัดหลายปัจจัย อาทิเช่น โรงงานขาดเทคโนโลยีการผลิต โดยเฉพาะโรงงานขนาดเล็ก-กลาง ผู้ใช้และผู้บริโภคขาดข้อมูลของชนิดของผลิตภัณฑ์และยังไม่ทราบว่าผลิตภัณฑ์ใดผลิตจากยางธรรมชาติ ผู้ใช้และผู้บริโภคขาดความเชื่อมั่นในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ไม่ جذاب ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการวิจัยด้านอุตสาหกรรมเพื่อให้เกษตรกร หรือผู้ประกอบการนำไปใช้ โดยแบ่งเป็นการพัฒนายางดิบ และการพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง ประเภทแรก

เน้นการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร และผู้ประกอบการนำไปใช้แบ่งเป็นการพัฒนายางดิบ ยางขึ้น ยางแผ่น และยางแท่ง ให้ได้คุณภาพมาตรฐาน ส่วนการพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง เน้นในเรื่องของการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ และการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต นอกจากนี้ทางคณะรัฐมนตรีมีมติเป็นครั้งแรกในรอบ 100 ปี ให้ไทยมียุทธศาสตร์การพัฒนาของประเทศไทย 35 หน่วยงานทั้งของภาครัฐ เอกชนและสถาบันเกษตรกรที่เป็นนิติบุคคลใช้ในการจัดทำแผนปฏิบัติการที่ตนเองเกี่ยวข้อง ทำให้มีความเป็นเอกภาพและเอื้อประโยชน์ร่วมกัน

ยางสไตรีนบิวตาไดอิน (Styrene-Butadiene Rubber, SBR) หรือ ยางเอสบีอาร์ เกิดจากการโคพอลิเมอร์ระหว่างมอนอเมอร์สองชนิด คือ สไตรีนและบิวตาไดอินแบบอิมัลชัน (emulsion polymerization) ยางเอสบีอาร์ถือว่าเป็นยางสังเคราะห์ที่สำคัญและใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในวงการอุตสาหกรรมยางเนื่องจากยางชนิดนี้มีราคาไม่แพงอีกทั้งสามารถแปรรูปได้ง่ายจึงทำให้ประหยัดทั้งต้นทุนวัตถุดิบและแรงงานการผลิต ยางเอสบีอาร์จะมีสมบัติค้อยในด้านการเหนียวติด จึงจำเป็นต้องใช้สารเพิ่มความเหนียวติดในการผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ยางรถยนต์ ความยืดหยุ่นจะขึ้นอยู่กับปริมาณสไตรีนในโครงสร้างโดยถ้าปริมาณสไตรีนสูงขึ้น ความยืดหยุ่นก็จะลดลง ความทนต่อแรงดึงและความทนต่อการฉีกขาดต่ำกว่ายางธรรมชาติ แต่หากเติมสารตัวเติมเสริมแรงก็จะทำให้ได้สมบัติที่เทียบเท่ากับยางธรรมชาติได้ และยางชนิดนี้มีความเป็นฉนวนสูง มีการกระเด็นตัวต่ำกว่ายางธรรมชาติ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานตั้งแต่ -50°C ถึง 100°C ตัวอย่างการใช้งานของยางเอสบีอาร์ เช่น สายพานลำเลียง ท่อยาง พื้นรองเท้า ฉนวนหุ้มสายไฟ ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ และส่วนมากจะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยางล้อ ยานพาหนะขนาดเล็กโดยใช้ผสมกับยางชนิดอื่นๆ เช่น ยางธรรมชาติ ยางบิวตาไดอิน เป็นต้น

นาโนคอมโพสิต (nanocomposite) เป็นวัสดุคอมโพสิตชนิดใหม่ที่มีการใช้สารตัวเติมที่มีขนาดอนุภาคในระดับนาโน (nanometer range) สารตัวเติมนาโน (nanofiller) นั้นจะต้องมีขนาดในมิติ (dimension) มิติหนึ่งไม่เกิน 100 นาโนเมตร (nm) ในการแบ่งชนิดของนาโนคอมโพสิตจะแบ่งตามชนิดของสารตัวเติม ออกเป็น 3 ชนิด ขึ้นอยู่กับมิติที่มีขนาดระดับนาโนของสารตัวเติม โดยแบ่งออกเป็น Three-dimensional filler สารตัวเติมชนิดนี้จะมีขนาดของอนุภาคในระดับนาโนทั้ง 3 มิติ ตัวอย่างเช่น นาโนแคลเซียมคาร์บอเนต (nanocalcium carbonate) นาโนซิลิกา (special silica nanoparticle) ชนิดที่สองได้แก่ Fiber filler เป็นสารตัวเติมที่มีมิติใน 2 มิติมีขนาดอยู่ในระดับนาโน และมิติที่ 3 จะมีขนาดใหญ่กว่าระดับนาโน ซึ่งสารตัวเติมในกลุ่มนี้จะมีรูปร่างอนุภาคในรูปคล้ายเส้นใย (fiber filler) ตัวอย่างเช่น คาร์บอนนาโนทิวบ์ (carbon nanotube) ชนิดสุดท้ายได้แก่ Plate-

like filler เป็นสารตัวเติมที่มีเพียง 1 มิติที่มีขนาดในระดับนาโน สารตัวเติมกลุ่มนี้จะมีรูปร่างเป็นแผ่น (plate, flake) โดยจะมีความหนาอยู่ในระดับนาโน ตัวอย่างเช่น สารตัวเติมในกลุ่มของดินเหนียว(clay) จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์หลายๆท่านพบว่าการใช้สารตัวเติมนาโนเติมลงในวัสดุประเภทเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) และอีลาสโตเมอร์ (elastomer) เพื่อทำเป็นวัสดุนาโนคอมโพสิตนั้นจะช่วยปรับปรุงสมบัติต่างๆให้ดีขึ้น เช่น วัสดุจะมีความใส เพราะอนุภาคนาโนเมตรจะเล็กกว่าความยาวคลื่นแสงมาก จึงไม่ทำให้แสงแตกกระเจิง ไม่เกิดความขุ่น แต่จะโปร่งแสง วัสดุจะมีความทนแรงดึง (tensile strength) และมีโมดูลัส (modulus) สูงขึ้น วัสดุจะมีความทนต่อความร้อนได้ดีขึ้น และมีการทนต่อการขีดข่วนได้ดีขึ้น

ดินเบนโทไนซ์ ซึ่งเป็นดินชนิดหนึ่ง ที่มีการนำมาใช้งานในหลายๆ ด้าน อาทิเช่น การใช้เป็นสารหล่อเย็นในการขุดเจาะสำหรับงานโยธา การใช้เป็นสารฟอกสี หรือสารดูดซึม เพื่อทำความสะอาดในอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน การใช้เป็นสารตัวเติม (filler) เพื่อเพิ่มปริมาณเนื้อสาร หรือใช้ในการปรับความหนืดสำหรับอุตสาหกรรมสีและหมึกพิมพ์ และจากสมบัติของดินเบนโทไนซ์ ในการดูดซับที่ดี ทำให้มีการนำมาใช้เป็นสารดูดซับกลิ่นของเสีย ที่เกิดจากการจับถ่ายของสัตว์เลี้ยง วางขายตามซูเปอร์มาเก็ตทั่วไป ซึ่งจะเห็นได้ว่าดินเบนโทไนซ์มีประโยชน์อย่างมาก ควรที่เราจะได้รู้จักเกี่ยวกับดินเบนโทไนซ์ให้มากขึ้น เบนโทไนซ์ เป็นชื่อสามัญทั่วไป ดินชนิดนี้ประกอบด้วยแร่ดินเหนียวชนิดมอนต์มอริลโลไนต์เป็นองค์ประกอบหลัก รองลงมาได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ เหล็กออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ จากองค์ประกอบนี้เองทำให้ดินเบนโทไนซ์มีสมบัติในการดูดซับที่ดี และสามารถเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนได้ อย่างไรก็ตามสมบัติของดิน ก็ยังแตกต่างกันไปในเรื่องของความสามารถในการดูดซับและความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของมอนต์มอริลโลไนต์ ตัวอย่างเช่น มอนต์มอริลโลไนต์ที่มีไอออนโซเดียมแทนที่อยู่ในโครงสร้างเป็นปริมาณมาก จะมีสมบัติในการดูดซับน้ำและเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนกับสิ่งแวดล้อม ได้ดีกว่ามอนต์มอริลโลไนต์ที่มีไอออนแคลเซียมหรือโพแทสเซียมแทนที่ “ดินเบนโทไนซ์” ที่มีการใช้งานมากในอุตสาหกรรมสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้ โซเดียมเบนโทไนซ์, แคลเซียมเบนโทไนซ์ และแคลเซียม-แมกนีเซียมเบนโทไนซ์ โซเดียมเบนโทไนซ์เมื่อดูดซับน้ำแล้วสามารถในการพองตัวได้มาก 15-20 เท่าจากปริมาตรเดิม มีสมบัติเป็นตัวหล่อลื่น และกันการแพร่ผ่าน โดยนิยมนำใช้เป็นหัวเจาะโคลน และใช้อุดหรือยาแนวขอบเขื่อนทำนบ สำหรับแคลเซียมและแคลเซียม-แมกนีเซียมเบนโทไนซ์ มีความสามารถในการพองตัวได้น้อยกว่าโซเดียมเบนโทไนซ์ ดังนั้นจึงนิยมนำใช้เป็นสารฟอกสี หรือเป็นสารดีเทอร์เจนต์ในการดูดซับน้ำมันจากพืชและสัตว์ นอกจากนี้ยังมีการนำไปดัดแปรโดยทำปฏิกิริยากับกรดได้แอคติเวตเคลย์

(Activated clays) สำหรับใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือทำปฏิกิริยากับโซดาไฟเปลี่ยนจากแคลเซียมเป็นโซเดียมเบนโทไนด์ แหล่งดินเบนโทไนด์ที่สำคัญของโลกอยู่ที่เมืองไวโอมิง (Wyoming) ประเทศสหรัฐอเมริกา รองลงมาได้แก่ กลุ่มประเทศอิสระที่แยกตัวจากรัสเซียเดิม (CIS) ประเทศกรีซ เยอรมัน ญี่ปุ่น และตุรกี โดยคิดเป็นร้อยละ 84 ของกำลังการผลิตโลกในปี 1995 และจากการสำรวจแหล่งดินเบนโทไนด์พบว่าปริมาณสำรองอยู่ 1452 ล้านตัน ในขณะที่มีปริมาณการใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 9.8 ล้านตันต่อปี ในปี 1997-1998 พบว่าราคาเฉลี่ยของดินดิบชนิดนี้อยู่ที่ 98 เหรียญสหรัฐต่อดัน และเมื่อผ่านกระบวนการต่างๆ แล้ว ราคาจะอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ 50 ถึง 250 เหรียญสหรัฐต่อดัน ขึ้นอยู่กับสมบัติ ปริมาณ และความต้องการ สำหรับประเทศไทย ดินเบนโทไนด์นี้จะพบมากในอำเภอยะบาคาล จังหวัดลพบุรี เป็นชนิดแคลเซียมเบนโทไนด์

จากที่กล่าวมาทั้งหมดในโครงการวิจัยนี้มีแนวความคิดที่จะใช้เบนโทไนด์ ซึ่งเป็นแร่ดินที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ และมีองค์ประกอบที่เป็นแร่ดินเหนียวชนิดมอนต์มอริลโลไนต์เป็นองค์ประกอบหลัก รองลงมาได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ ซึ่งมอนต์มอริลโลไนต์เป็นแร่ดินเหนียวที่มีอนุภาคเป็นชั้นๆ โดยแต่ละชั้นมีความหนาในระดับนาโนเมตร สามารถนำเตรียมเป็นสารตัวเติมนาโนในอนุภาคยางได้ นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบซึ่งเป็นซิลิกอนไดออกไซด์ ซึ่งมักใช้เป็นสารเสริมแรงในยาง โดยปกติในการผลิตผลิตภัณฑ์จากยางมักใช้งานในรูปของยางผสม เช่น ในการผลิตยางรถยนต์ มักใช้ยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ เป็นวัตถุดิบ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาผลของการเติมเบนโทไนด์ลงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ ที่มีต่อสมบัติของยางผสม ทั้งสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกล เพื่อเป็นแนวทางในการนำเบนโทไนด์มาใช้เป็นสารตัวเติมชนิดใหม่ในอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์จากยาง นอกจากนี้จากการค้นคว้าวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องยังไม่พบการศึกษาถึงผลการของเติมเบนโทไนด์ลงในยางผสมดังกล่าว ดังนั้นในการดำเนินโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างองค์ความรู้ที่ได้จากการเติมเบนโทไนด์ลงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ศึกษาผลของการเติมเบนโทไนด์ลงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- ทำการผสมยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ กับเบนโทไนด์ ในอัตราส่วนต่างๆ โดยใช้ปริมาณเบนโทไนด์ไม่เกิน 2 phr

- ทำการวัลคาไนซ์ยางผสมโดยระบบ conventional vulcanization
- ตัวแปรที่ต้องการศึกษาคือ ปริมาณเบนโทไนซ์ ที่มีผลต่อสมบัติของยางผสมระหว่างธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ในสัดส่วนของยางผสมคงที่

บทที่ 2

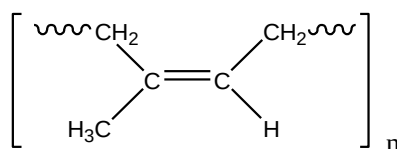
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดพื้นฐานในการทำงานวิจัย

เบนโทไนซ์ เป็นแร่ดินที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ และมีองค์ประกอบที่เป็นแร่ดินเหนียวชนิดมอนต์มอริลโลไนต์เป็นองค์ประกอบหลัก รองลงมาได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ ซึ่งมอนต์มอริลโลไนต์เป็นแร่ดินเหนียวที่มีอนุภาคเป็นชั้นๆ โดยแต่ละชั้นมีความหนาในระดับนาโนเมตร สามารถนำเตรียมเป็นสารตัวเติมนาโนในอนุภาคยางได้ นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบซึ่งเป็นซิลิกอนไดออกไซด์ ซึ่งมักใช้เป็นสารเสริมแรงในยาง โดยปกติในการผลิตผลิตภัณฑ์จากยางมักใช้งานในรูปของยางผสม เช่น ในการผลิตยางรถยนต์ มักใช้ยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ เป็นวัตถุดิบ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาผลของการเติมเบนโทไนซ์ลงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ ที่มีต่อสมบัติของยางผสม ทั้งสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติทางความร้อน เพื่อเป็นแนวทางในการนำเบนโทไนซ์มาใช้เป็นสารตัวเติมชนิดใหม่ในอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์จากยาง นอกจากนี้จากการค้นคว้าวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องยังไม่พบการศึกษาถึงผลการของเติมเบนโทไนซ์ลงในยางผสมดังกล่าว ดังนั้นในการดำเนินโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างองค์ความรู้ที่ได้จากการเติมเบนโทไนซ์ลงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์

2.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ยางธรรมชาติเป็นสารประกอบในกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ประกอบด้วยหน่วยย่อยชนิดเดียวที่ซ้ำๆ กัน (Repeating unit) เป็นจำนวนมาก มีสมบัติที่สำคัญคือความยืดหยุ่น โครงสร้างทางเคมีของหน่วยย่อยของยางธรรมชาติประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม และไฮโดรเจน 8 อะตอม (C_5H_8) มีชื่อทางเคมีว่า ไอโซพรีน (isoprene) หน่วยย่อยดังกล่าวเมื่อเกิดการเชื่อมโยงเป็นโมเลกุลจะเรียงตัวกันในแบบ cis-configuration เรียกชื่อโมเลกุลของยางว่าเป็น cis-1,4-polyisoprene โครงสร้างโมเลกุลของหน่วยย่อยของยางธรรมชาติแสดงในรูปที่ 2.1



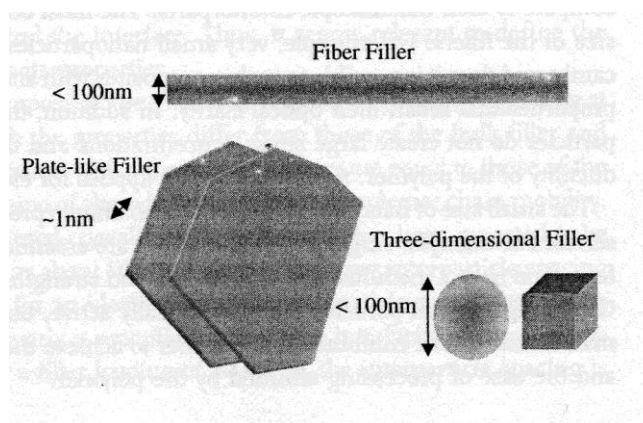
รูปที่ 2.1 cis-1,4-polyisoprene

โดยปกติโครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติ เป็นเส้นตรง จึงทำให้ อ่อนนิ่มไหลเยิ้มได้เมื่อได้รับความร้อนสูงๆ นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรงเชิงกลที่ต่ำ มีความทนต่อแรงดึงและความต้านทานต่อการสึกหรอต่ำ ดังนั้นในการนำไปใช้งานเป็นผลิตภัณฑ์นั้น จะต้องมีการผ่านกระบวนการที่เรียกว่า กระบวนการวัลคาไนซ์ (Vulcanization) คือ กระบวนการที่ใช้ในการเพิ่มคุณภาพของยางธรรมชาติ (ยางดิบ) ให้มีความยืดหยุ่นได้ดีขึ้น มีความคงตัวสูง ไม่สึกกร่อนง่าย และไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ สมบัติเหล่านี้จะยังคงอยู่ ถึงแม้ว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงก็ตาม เนื่องจากในกระบวนการนี้โครงสร้างโมเลกุลของยางจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากโซ่ตรงไปเป็นร่างแห โดยโมเลกุลของยางจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่ทำให้เกิดการเชื่อมโยงเรียกว่าสารวัลคาไนซ์ (vulcanizing agent) ส่วนใหญ่นิยมใช้ กำมะถัน โดยจะทำปฏิกิริยากับยางเกิดเป็นพันธะเชื่อมโยงเมื่อมีความร้อนเกิดขึ้น นอกจากนี้ในการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของยางธรรมชาติอาจทำได้โดยการใช้สารตัวเติมเสริมแรง (reinforced filler) ชนิดต่างๆ เช่น เขม่าดำ (carbon black) และซิลิกา (silica) ลงไป เพื่อปรับปรุงสมบัติต่างๆ เช่น การทนแรงดึง การทนต่อแรงฉีกขาด การทนต่อการขีดถู เป็นต้น [1]

ยางสไตรีนบิวตาไดอีน (Styrene-Butadiene Rubber, SBR) หรือ ยางเอสบีอาร์ เกิดจากการโคพอลิเมอร์ระหว่างมอนอเมอร์สองชนิด คือ สไตรีนและบิวตาไดอีนแบบอิมัลชัน (emulsion polymerization) ยางเอสบีอาร์ถือว่าเป็นยางสังเคราะห์ที่สำคัญและใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในวงการอุตสาหกรรมยางเนื่องจากยางชนิดนี้มีราคาไม่แพงอีกทั้งสามารถแปรรูปได้ง่ายจึงทำให้ประหยัดทั้งต้นทุนวัตถุดิบและแรงงานการผลิต ยางเอสบีอาร์จะมีสมบัติด้อยในด้านการเหนียวติด จึงจำเป็นต้องใช้สารเพิ่มความเหนียวติดในการผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ยางรถยนต์ ความยืดหยุ่นจะขึ้นอยู่กับปริมาณสไตรีนในโครงสร้างโดยถ้าปริมาณสไตรีนสูงขึ้น ความยืดหยุ่นก็จะลดลง ความทนต่อแรงดึงและความทนต่อการฉีกขาดต่ำกว่ายางธรรมชาติ แต่หากเติมสารตัวเติมเสริมแรงก็จะทำให้ได้สมบัติดีเทียบเท่ากับยางธรรมชาติได้ และยางชนิดนี้มีความเป็นฉนวนสูง มีการกระเด็นตัวต่ำกว่ายางธรรมชาติ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานตั้งแต่ -50°C ถึง 100°C ตัวอย่างการใช้งานของยางเอสบีอาร์ เช่น สายพานลำเลียง ท่อยาง พื้นรองเท้า ฉนวนหุ้มสายไฟ

ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ และส่วนมากจะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยางล้อ ยานพาหนะขนาดเล็กโดยใช้ผสมกับยางชนิดอื่นๆ เช่น ยางธรรมชาติ ยางบิวตาไดอิน เป็นต้น [1]

นาโนคอมโพสิต (nanocomposite) เป็นวัสดุคอมโพสิตชนิดใหม่ที่มีการใช้สารตัวเติม (filler) ที่มีขนาดอนุภาคในระดับนาโน (nanometer range) สารตัวเติมนาโน (nanofiller) นั้นจะต้องมีขนาดในมิติ (dimension) มิติหนึ่งไม่เกิน 100 นาโนเมตร (nm) [2] ในการแบ่งชนิดของนาโนคอมโพสิตจะแบ่งตามชนิดของสารตัวเติม ออกเป็น 3 ชนิด ขึ้นอยู่กับมิติที่มีขนาดระดับนาโนของสารตัวเติม ดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยแบ่งออกเป็น Three-dimensional filler สารตัวเติมชนิดนี้จะมีขนาดของอนุภาคในระดับนาโนทั้ง 3 มิติ ตัวอย่างเช่น นาโนแคลเซียมคาร์บอเนต (nanocalcium carbonate) นาโนซิลิกาทรงกลม (sphere silica nanoparticle) ชนิดที่สองได้แก่ Fiber filler เป็นสารตัวเติมที่มีมิติใน 2 มิติ มีขนาดอยู่ในระดับนาโน และมิติที่ 3 จะมีความยาวใหญ่กว่าระดับนาโน ซึ่งสารตัวเติมในกลุ่มนี้จะมีรูปร่างอนุภาคในรูปคล้ายเส้นใย (fiber filler) ตัวอย่างเช่น คาร์บอนนาโนทิวบ์ (carbon nanotube) ชนิดสุดท้ายได้แก่ Plate-like filler เป็นสารตัวเติมที่มีเพียง 1 มิติที่มีขนาดในระดับนาโน สารตัวเติมกลุ่มนี้จะมีรูปร่างเป็นแผ่น (plate, flake) ในกรณีของสารตัวเติมชนิดนี้ จะมีความหนาเพียง 2-3 นาโนเมตร แต่จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นตั้งแต่เป็นร้อยจนถึงเป็นพันนาโนเมตร Plate-like filler ที่นิยมใช้ได้แก่ สารตัวเติมในกลุ่มของดินเหนียว (clay) หรือเลเยอร์ซิลิเกต (layered silicate) เช่น มอนต์มอริลโลไนท์ (Montmorillonite) ซาโปไนท์ (saponite) และแร้ดินขาว (kaolinite) เป็นต้น [2,3]

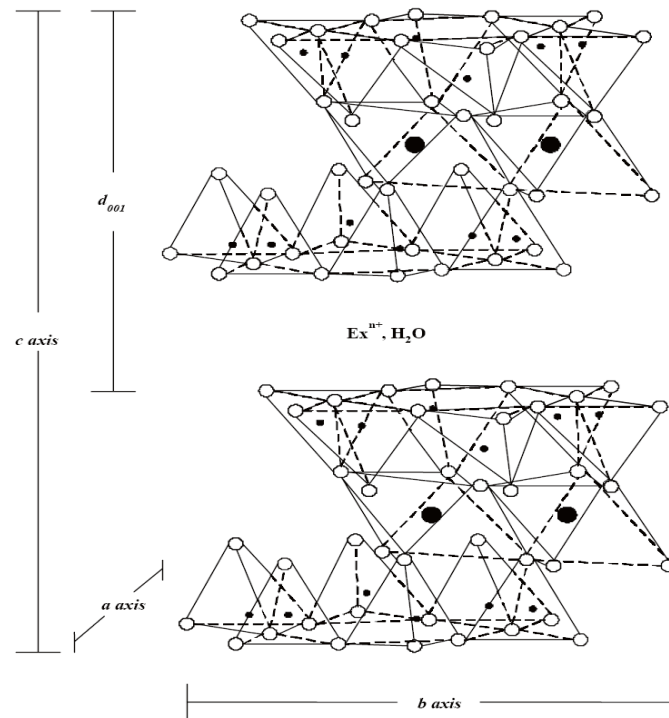


รูปที่ 2.2 สารตัวเติมนาโนชนิดต่างๆ [5]

จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์หลายๆท่านพบว่าการใช้สารตัวเติมนาโนเติมลงในวัสดุประเภทเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) และอีลาสโตเมอร์ (elastomer) เพื่อทำเป็นวัสดุนาโนคอมโพสิตนั้นจะช่วยปรับปรุงสมบัติต่างๆให้ดีขึ้น เช่น วัสดุจะมีความใส เพราะอนุภาคนาโนเมตรจะเล็กกว่าความยาวคลื่นแสงมาก จึงไม่ทำให้แสงแตกกระเจิง ไม่เกิดความขุ่น แต่จะโปร่งแสง วัสดุจะมีความทนแรงดึง (tensile strength) และมีโมดูลัส (modulus) สูงขึ้น วัสดุจะมีความทนต่อความร้อนได้ดีขึ้น มีการทนต่อการขีดข่วนได้ดีขึ้น ลดการซึมผ่านของก๊าซ เป็นต้น [2]

แร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์เป็นแร่ดินในกลุ่มสมคไทต์ มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.3 ประกอบด้วยแผ่นซิลิกาสองแผ่นและอลูมินาหนึ่งแผ่นสอดอยู่ระหว่างแผ่นซิลิกาและเกาะยึดออกซิเจนร่วมกันผลึกจะเชื่อมต่อในแนวระดับเป็นชั้นๆ และมักมีไอออนของโซเดียม แคลเซียมอยู่ด้วยในระหว่างชั้น โครงสร้าง คุณสมบัติคือสามารถขยายตัวได้เนื่องจากไม่มีพันธะไฮโดรเจนทำให้ประจุบวกต่าง ๆ สามารถเข้าแทรก ในระหว่างชั้นโครงสร้างได้ง่าย อนุภาคนิดนี้ จึงมีความ สามารถ ในการดูดซับสูงและเกิดการแตกสลายของผลึกได้ง่ายทำให้อนุภาคที่พบมีขนาดเล็กคือมีขนาดอยู่ระหว่าง 0.01–0.1 ไมครอน ช่องว่างระหว่างแผ่นที่ซ้อนทับกันมีความหนาน้อยที่สุดประมาณ 9.5 อังสตรอม (Wibulswas, 1999) ช่องว่างอาจจะขยายเพิ่มขึ้นได้ จากการศึกษาโครงสร้างของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์โดยเทคนิค XRD พบว่าการสะท้อนกลับของรังสีทั้งหมดจะเกิดในทิศทางแนว แกน c ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการพองตัวในระหว่างชั้นอาจเป็นหนึ่งเท่า สองเท่าหรือหลายๆเท่าของจำนวนชั้นของน้ำที่มีอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลและแต่ละระดับของการพองตัวทำให้เกิดช่องว่าง ในการวัดระยะแกน c จะต้องมีการควบคุมความชื้น การสะท้อนกลับของรังสีโดยทั่วไปจากระบบ hk-band ในทิศทาง a และ b สามารถใช้บอกลักษณะของแร่แต่ละชนิดได้ชั้นโครงสร้างของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์จะมีประจุลบและสามารถดึงดูดไอออนที่มีประจุบวกได้ ซึ่งประจุลบของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์เกิดจากการแทนที่ของประจุโดย Al^{3+} ถูกแทนที่ด้วยประจุ Mg^{2+} ในแผ่นอลูมินาทำให้ดินเหนียวชนิดนี้แสดงประจุเป็นลบเนื่องจาก Mg^{2+} มีวาเลนซ์ต่ำกว่า Al^{3+} ประจุลบจึงตกค้าง เมื่อการถูกแทนที่เกิดขึ้นมากๆ ประจุลบจะมีอำนาจสูงพอที่จะยึดไอออนบวกได้ และ Al^{3+} สามารถเข้าไปแทนที่ Si^{4+} ได้จึงทำให้ประจุโดยรวมเป็นลบ เช่นกันการจัดเรียงตัวของแผ่นซิลิกาจะขึ้นอยู่กับประจุบวกที่แทรกอยู่ระหว่างชั้นของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ซึ่งโดยปกติแล้วในแต่ละแผ่นจะมีโครงสร้างประกอบด้วยจำนวนของแผ่นที่รวมกันด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุซึ่งโครงสร้างนี้อาจเรียกว่าแทคทอยด์ (Tactoids) ซึ่งประกอบด้วย Lattice Platelets ประกบเข้าด้วยกัน ในธรรมชาติพบว่า ประจุบวกส่วนใหญ่ที่แทรกอยู่ระหว่างชั้นโครงสร้างของมอนต์มอริลโลไนต์ คือ โซเดียม และ

แคลเซียม ถ้าการแขวนลอยของแทกทอยด์มีเฉพาะโซเดียมเป็น ประจุบวกในระหว่าง
ชั้นโครงสร้างจะมี 1.4 หน่วยของ Platelets ต่อ 1 แทกทอยด์แต่ถ้ามีเฉพาะแคลเซียมจะเป็น
3.9 หน่วยของ Platelets ต่อ 1 แทกทอยด์

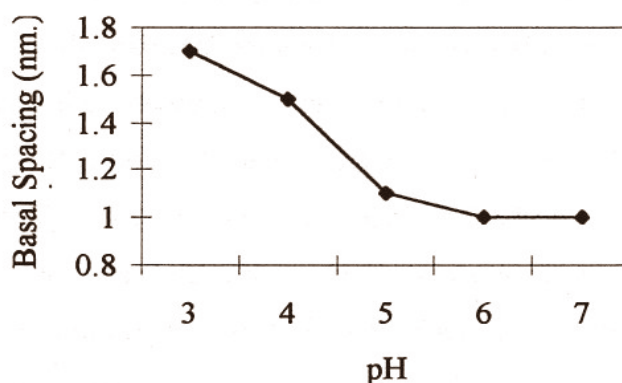


รูปที่ 2.3 โครงสร้างของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ วงกลมสีดำเล็กคือ Si^{4+} วงกลมสีดำใหญ่
คือ Al^{3+} หรือ Mg^{2+} และวงกลมกลาง คือ ออกซิเจน [4]

ชนิดของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ แบ่งออกตามองค์ประกอบที่มีธาตุโซเดียมและ
แคลเซียมอยู่คือ

- 1) แร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ ที่ประกอบด้วยแร่ดินโซเดียม-มอนต์มอริลโลไนต์
(Sodium-Montmorillonite) จะมีความสามารถในการดูดซับน้ำ ได้มากเพราะว่าผลึกของดิน
ที่มีขนาดเล็กมาก กระจายกระจายอยู่ในน้ำทำให้น้ำโคลนมีลักษณะกึ่งแข็งและกึ่งเหลว
คล้ายวุ้นเหมาะสำหรับเป็นน้ำโคลนไหลวนใช้ในการเจาะหรือเรียกว่า โคลนเจาะ (Drilling
Mud) นอกจากนี้ยังใช้ผสมทรายทำเบ้าหลอม และวัสดุทนไฟ (Refractories)
- 2) แร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ ที่ประกอบด้วยแร่ดิน แคลเซียม-มอนต์มอริลโลไนต์
(Calcium-Montmorillonite) หรือเรียกประเภทที่ไม่พองตัวมาก (Non Swelling Type) ซึ่งจะ
มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและพองขยายตัวได้น้อยกว่าชนิดแรก แต่ก็สามารถนำ มาทำ
โคลนเจาะหลุม

ดิน ๆ ได้ ซึ่งก่อนจะนำไปทำ โคลนจะทำได้ ต้องผ่านกรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพด้วย Soda Ash Polymers หรือสารเคมีอื่นเสียก่อน สำหรับแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ชนิดนี้ ส่วนใหญ่จะใช้ทำ สารดูดซึมหรือฟอกสี (Absorbents) ใช้ในเครื่องกรองน้ำมันในโรงกลั่น กรองน้ำบาดาลและน้ำมันพืชให้ปราศจากมลทิน ใช้ฟอกหนังและกรองน้ำมันเครื่องใช้แล้วให้คืนสู่สภาพเดิมได้เมื่อมีน้ำในโครงสร้างแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์จะเกิดการพองตัว เนื่องจากแรงดึงดูดของโมเลกุลของน้ำเกิดการแลกเปลี่ยนประจุบวก ซึ่งปริมาณการพองตัวนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำว่ามากน้อยเพียงใดจึงจะสามารถแลกเปลี่ยนประจุได้ ถ้าประจุที่แลกเปลี่ยนคือประจุโซเดียมและมีน้ำอยู่จำนวนมากจะสามารถพองตัวได้หลายเท่า แต่ถ้าดินนั้นเกิดแข็งตัวลงก็จะเกิดการแยกตัวได้ จากการศึกษพบว่าระยะห่างระหว่างชั้นโครงสร้างของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์จะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบโดยระยะห่างระหว่างชั้นโครงสร้างของแร่ดินจะมีค่าลดลงเมื่อมีความเป็นด่างมากขึ้น (Schnitzer and Khan, 1972) แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของ pH กับระยะห่างระหว่างชั้นของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ [4]

แร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ที่พบในประเทศไทยมักมีแร่ดินสเมคไทต์หรือแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ 70-80 % และมีสิ่งเจือปน ซึ่งบางครั้งประกอบด้วย คริสโตบาร์ไรต์ แคลไซต์ อีมาไทต์ เฟลด์สปาร์ ควอตซ์ ไมกา และคาโอลิไนต์ปนอยู่บ้าง ซึ่งเป็นส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญ ส่วนแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ ตัวอย่างแร่ดินที่นำมาใช้ในการวิจัยต่าง เป็นแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ที่มีชื่อทางการค้าว่า MAC-GEL ของบริษัท ไทยนิปอนเคมีภัณฑ์อุตสาหกรรม จำกัด ซึ่งมีลักษณะเป็นผงละเอียด สีน้ำตาล ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดเฉพาะของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ ที่ใช้ในการวิจัย ค่า CEC ของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์มีค่าเท่ากับ 80 meq. ต่อ 100 g ของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์

เนื่องจากแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์จากแต่ละแหล่งจะมีสมบัติแตกต่างกันออกไป การปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์บางครั้งจึงเป็นเรื่องจำเป็นเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ดูดซับสารปนเปื้อนที่ต่างชนิดกันในน้ำ เช่น การขยายโครงสร้างของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์โดยกระบวนการ Pillaring ทำให้แร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์สามารถดูดซับสารปนเปื้อน ในน้ำที่มีขนาดใหญ่ได้ หรือ การแลกเปลี่ยนประจุบวกที่มีอยู่ตามธรรมชาติของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์กับสารลดแรงตึงผิวประเภท QACs เพื่อเปลี่ยนแปลงพื้นผิวของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์ให้เหมาะกับการดูดซับสารอินทรีย์

ดินเบนโทไนซ์ ซึ่งเป็นดินชนิดหนึ่ง ที่มีการนำมาใช้งานในหลายๆ ด้าน อาทิเช่น การใช้เป็นสารหล่อเย็นในการขุดเจาะสำหรับงานโยธา การใช้เป็นสารฟอกสี หรือสารดูดซึม เพื่อทำความสะอาดในอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน การใช้เป็นสารตัวเติม (filler) เพื่อเพิ่มปริมาณเนื้อสาร หรือใช้ในการปรับความหนืดสำหรับอุตสาหกรรมสีและหมึกพิมพ์ และจากสมบัติของดินเบนโทไนซ์ ในการดูดซับที่ดี ทำให้มีการนำมาใช้เป็นสารดูดซับกลิ่นของเสีย ที่เกิดจากการจับถ่ายของสัตว์เลี้ยง วางขายตามซูเปอร์มาเก็ตทั่วไป ซึ่งจะเห็นได้ว่าดินเบนโทไนซ์มีประโยชน์อย่างมาก ควรที่เราจะได้รู้จักเกี่ยวกับดินเบนโทไนซ์ให้มากขึ้น เบนโทไนซ์ เป็นชื่อสามัญทั่วไป ดินชนิดนี้ประกอบด้วยแร่ดินเหนียวชนิดมอนต์มอริลโลไนต์เป็นองค์ประกอบหลัก รองลงมาได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ เหล็กออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ จากองค์ประกอบนี้เองทำให้ดินเบนโทไนซ์มีสมบัติในการดูดซับที่ดี และสามารถเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนได้ อย่างไรก็ตามสมบัติของดิน ก็ยังแตกต่างกันไปในเรื่องของความสามารถในการดูดซับและความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของมอนต์มอริลโลไนต์ ตัวอย่างเช่น มอนต์มอริลโลไนต์ที่มีไอออนโซเดียมแทนที่อยู่ในโครงสร้างเป็นปริมาณมาก จะมีสมบัติในการดูดซับน้ำและเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนกับสิ่งแวดล้อม ได้ดีกว่ามอนต์มอริลโลไนต์ที่มีไอออนแคลเซียมหรือโพแทสเซียมแทนที่ “ดินเบนโทไนซ์” ที่มีการใช้งานมากในอุตสาหกรรม สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้ โซเดียมเบนโทไนซ์, แคลเซียมเบนโทไนซ์ และแคลเซียม-แมกนีเซียมเบนโทไนซ์ โซเดียมเบนโทไนซ์เมื่อดูดซับน้ำแล้วสามารถในการพองตัวได้มาก 15-20 เท่าจากปริมาตรเดิม มีสมบัติเป็นตัวหล่อลื่น และกันการแพร่ผ่าน โดยนิยมใช้เป็นหัวเจาะโคลน และใช้อุดหรือยาแนวขอบเขื่อนทำนบ สำหรับแคลเซียมและแคลเซียม-แมกนีเซียมเบนโทไนซ์ มีความสามารถในการพองตัวได้น้อยกว่าโซเดียมเบนโทไนซ์ ดังนั้นจึงนิยมใช้เป็นสารฟอกสี หรือเป็นสารดีเทอร์เจนต์ในการดูดซับน้ำมันจากพืชและสัตว์ นอกจากนี้ยังมีการนำไปดัดแปรโดยทำปฏิกิริยากับกรดได้แอคติเวตเคลย์ (Activated clays) สำหรับใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือทำปฏิกิริยากับโซดาไฟเปลี่ยนจาก

แคลเซียมเป็นโซเดียมเบนโทไนต์ แหล่งดินเบนโทไนต์ที่สำคัญของโลกอยู่ที่เมืองไวโอมิง (Wyoming) ประเทศสหรัฐอเมริกา รองลงมาได้แก่ กลุ่มประเทศอิสระที่แยกตัวจากรัสเซียเดิม (CIS) ประเทศกรีซ เยอรมัน ญี่ปุ่น และตุรกี โดยคิดเป็นร้อยละ 84 ของกำลังการผลิตโลกในปี 1995 และจากการสำรวจแหล่งดินเบนโทไนต์พบว่าปริมาณสำรองอยู่ 1452 ล้านตัน ในขณะที่มีปริมาณการใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 9.8 ล้านตันต่อปี ในปี 1997-1998 พบว่าราคาเฉลี่ยของดินชนิดนี้อยู่ที่ 98 เหรียญสหรัฐต่อตัน และเมื่อผ่านกระบวนการต่างๆ แล้ว ราคาจะอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ 50 ถึง 250 เหรียญสหรัฐต่อตัน ขึ้นอยู่กับสมบัติ ปริมาณ และความต้องการ สำหรับประเทศไทย ดินเบนโทไนต์นี้จะพบมากในอำเภอยะบะดา จังหวัดลพบุรี เป็นชนิดแคลเซียมเบนโทไนต์

มีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาการใช้ มอนท์มอริลโลไนท์ และเบนโทไนต์ ในการเติมในสารพอลิเมอร์ ได้แก่

Vaghese, S. และคณะ [5] ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ Pristine (sodium bentonite และ sodium fluorohectorite) และ organophilic modification silicate (มอนท์มอริลโลไนท์ ที่ถูกปรับแต่งด้วย amine และ quaternary ammonium) ในการเป็นสารตัวเติมในยางธรรมชาติอีพอกซีไดซ์ (ENR) ในการทดลองนี้ใช้ clay 10 phr ผสมลงในยาง ENR โดยใช้เครื่องผสมสองลูกกลิ้ง และทำการวัลคาไนซ์ด้วยเครื่องอัดความร้อน (heated hydraulic press) ที่อุณหภูมิ 150 °C ตามเวลา t_{90} ที่หาได้จากเครื่อง moving die rheometer (MDR) หลังจากนั้นนำชิ้นงานไปทดสอบเชิงกลแบบพลวัตร โดยใช้เครื่อง dynamic mechanical thermal analyzer (DMTA) ทดสอบสมบัติเชิงกลต่างๆ อาทิ การทนแรงดึง ความแข็ง การกระด้างกระดอน และใช้เครื่อง transmission electron microscopy (TEM) และ X-ray diffraction (XRD) ในการดูการกระจายตัวของ nanoclay ในยาง จากการทดลองพบว่า organophilic modification silicate จะให้เวลาในการคงรูปที่เร็วกว่าและให้ค่าการทนแรงดึง และการนิ่มนวลที่ดีกว่า pristine โดยที่การกระจายตัวของ organoclay ในยางจะมีส่วนที่เป็นแบบ exfoliation บางส่วนเป็นแบบ intercalation

Vaghese, S. และ Karger-Kocsis, J. [6] ทำการเปรียบเทียบการใช้ layer silicate ทั้งจากธรรมชาติและการสังเคราะห์เป็นสารตัวเติมในน้ำยางธรรมชาติ โดย layer silicate จากธรรมชาติ ได้แก่ sodium bentonite และ layer silicate สังเคราะห์ ได้แก่ fluorohectorite ในงานวิจัยนี้ผสม layer silicate จำนวน 10% โดยน้ำหนักลงไปในน้ำยางธรรมชาติ หลังจากนั้นนำน้ำยางธรรมชาติดังกล่าวไปทำการวัลคาไนซ์ ทำการทดสอบสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน และพฤติกรรมการบวมตัวในตัวทำละลายของชิ้นงานที่ได้ พบว่า fluorohectorite มีการกระจายตัวที่ดีในเนื้อยาง และส่งผลให้มีสมบัติเชิงกลที่ดี มีความต้านทานต่อการบวมตัวในตัวทำละลายได้สูง และมีเสถียรภาพทางความร้อนที่ดี

Akelah, A และคณะ [7] ทำการเตรียมนาโนคอมโพสิตระหว่างยาง amine terminated butadiene- acrylonitrile กับมอนท้มอริลโลไนท์ (Montmorillonite; MMT) โดยใช้กระบวนการแลกเปลี่ยนแคตไอออนระหว่าง Na^+ ของมอนท้มอริลโลไนท์ กับ ammonium แคตไอออนของยาง amine- terminated butadiene- acrylonitrile จำนวนของยางที่ถูกกราฟต์บนมอนท้มอริลโลไนท์ วัดโดยใช้เครื่อง TGA พบว่ามี 0.6 g rubber/1g rubber – MMT จากการศึกษาสัณฐานวิทยาโดยใช้เครื่อง SEM และ TEM พบว่า ชั้นของ MMT มีความหนาในระดับนาโน และกระจายตัวอยู่ในเนื้อยาง โดยมีความหนาที่ 60 nm

Mgaraphan, R. และคณะ [8] ทำการปรับแต่งมอนท้มอริลโลไนท์ (Montmorillonite; MMT) ด้วย primary และ quaternary ammonium salts (มี C12-C18) clay ที่ถูกปรับแต่งในปริมาณต่างๆจะถูกผสมลงในยางธรรมชาติที่ละลายอยู่ในโทลูอีน ทำการทดสอบการกระจายตัวของ clay โดยใช้เครื่อง XRD และ TEM พบว่าที่ปริมาณ clay ต่ำกว่า 10 phr จะมีการกระจายตัวเป็นแบบ exfoliation ในขณะที่ปริมาณ clay พบว่าที่ปริมาณ clay สูงกว่า 10 phr จะมีการกระจายตัวเป็นแบบ exfoliation เพียงบางส่วนเท่านั้น clay ที่ถูกปรับแต่งด้วย primary ammonium salt จะให้สมบัติเชิงกลที่ดีกว่า clay ที่ถูกปรับแต่งด้วย quaternary ammonium salt (ที่ปริมาณ C เท่ากัน) ในการทดลองนี้พบว่าการใช้ clay ในปริมาณเพียง 7 phr ให้สมบัติเชิงกลที่ดีกว่าการใช้เซมาดำและซิลิกาในปริมาณ 20 phr

The, P.L. และคณะ [9] ทำการผสมมอนท้มอริลโลไนท์ (Montmorillonite; MMT) ที่ถูกปรับแต่งด้วย onium ion จำนวน 2 phr ลงในยางธรรมชาติที่ผสมยางธรรมชาติอีพอกซีไดซ์ที่มี 25% mol epoxidation (ENR25) และ 50%mol epoxidation (ENR 50) ในปริมาณ 5 และ 10 phr จากการทดลองพบว่า การใส่ ENR ลงไปมีผลให้ค่า scorch time และเวลาในการคงรูปลดลง การกระจายตัวของ organoclay ในยางเป็นแบบ intercalation และยาง ENR50 ให้สมบัติเชิงกลที่ดีที่สุด เมื่อเทียบกับยาง ENR25 การไม่ผสมยาง ENR

Zheng, H. และคณะ [10] ทำการผสม organic Montmorillonite (OMMT) ที่ถูกปรับแต่งด้วยสารเคมีต่าง ๆ กัน ลงในยาง ethylene-propylene diene (EPDM) โดยใช้กระบวนการ melt mixing ใน HAAKE rheometer และนำไปวัลคาร์ไนซ์ด้วยเครื่องอัดความร้อน ที่อุณหภูมิ 170°C ทำการทดสอบหาพฤติกรรมของการคงรูป การกระจายของ OMMT และสมบัติเชิงกลของชิ้นงานที่ได้พบว่า OMMT มีผลให้เวลาในการคงรูปนานขึ้น ผลการทดลองจากเครื่อง XRD และ TEM บ่งชี้ว่า OMMT ที่ถูกปรับแต่งด้วย trimethyloctadecylamine และ dimethylbenzylamine ให้การกระจายตัวแบบ interaction ในขณะที่ OMMT ที่ถูกปรับแต่งด้วย surfactant ของ methylbis (2-hydroxyethyl)

cocoalkylamine ให้การกระจายตัวแบบ exfoliation และการกระจายตัวแบบนี้เองที่ทำให้เกิดแรงกระทำระหว่าง EPDM กับ OMMT ได้มากส่งผลให้มีสมบัติเชิงกลที่ดีเยี่ยม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 สารเคมี/เครื่องมือ

3.1.1 สารเคมี

- 1) ยางธรรมชาติเกรด STR 5L
- 2) ยางสไตรีน บิวตาไดอิน
- 3) ซิงค์ออกไซด์ (ZnO)
- 4) Tetra methyl thiuramdisulfide (TMTD)
- 5) กรดสเตียริก (Stearic acid)
- 6) 2-mercaptobenzothiazole (MBT)
- 7) กำมะถัน
- 8) เบนโทไนซ์ ของบริษัทไทยนิปปอนเคมีภัณฑ์อุตสาหกรรม(จำกัด)
- 9) ไดฟีนีล กัวดริลีน (DPG)

3.1.2 เครื่องมือ

- 1) เครื่องผสมสองลูกกลิ้ง (Two Roll Mill) ของ บริษัท ยง ฟง แมชชีนเนอรี จำกัด Model: YFTR8”(YFH-8” × 18”L)
- 2) เครื่องตัดยางmodel: RCM 16 ขนาดใบมีดยาว 68 ซม. กว้าง 14 ซม.
- 3) เครื่องทดสอบความหนืด (Mooney Viscometer) ของบริษัท Beijing Rade Instrument Corporation
- 4) เครื่องทดสอบการวัลคาไนซ์ (Moving Die Rheometer ; MDR) ยี่ห้อ GOTECH Model : GT-M 2000
- 5) เครื่องอัดเป่า (Compression Molding) ของบริษัท ยง ฟง แมชชีนเนอรี จำกัด Model: YFY HM-100T
- 6) เครื่องทดสอบ Tear Strength Universal Testing Machineของบริษัท LLOYD Model: EZ200
- 7) เครื่องทดสอบ Tensile properties Universal Testing Machineของบริษัท LLOYD Model: EZ200
- 8) เครื่องตัดชิ้นงานทดสอบ Tear Strength properties และ Tensile properties
- 9) บล็อกตัดชิ้นงานรูปดัมเบล มาตรฐาน ASTM D 412 type C

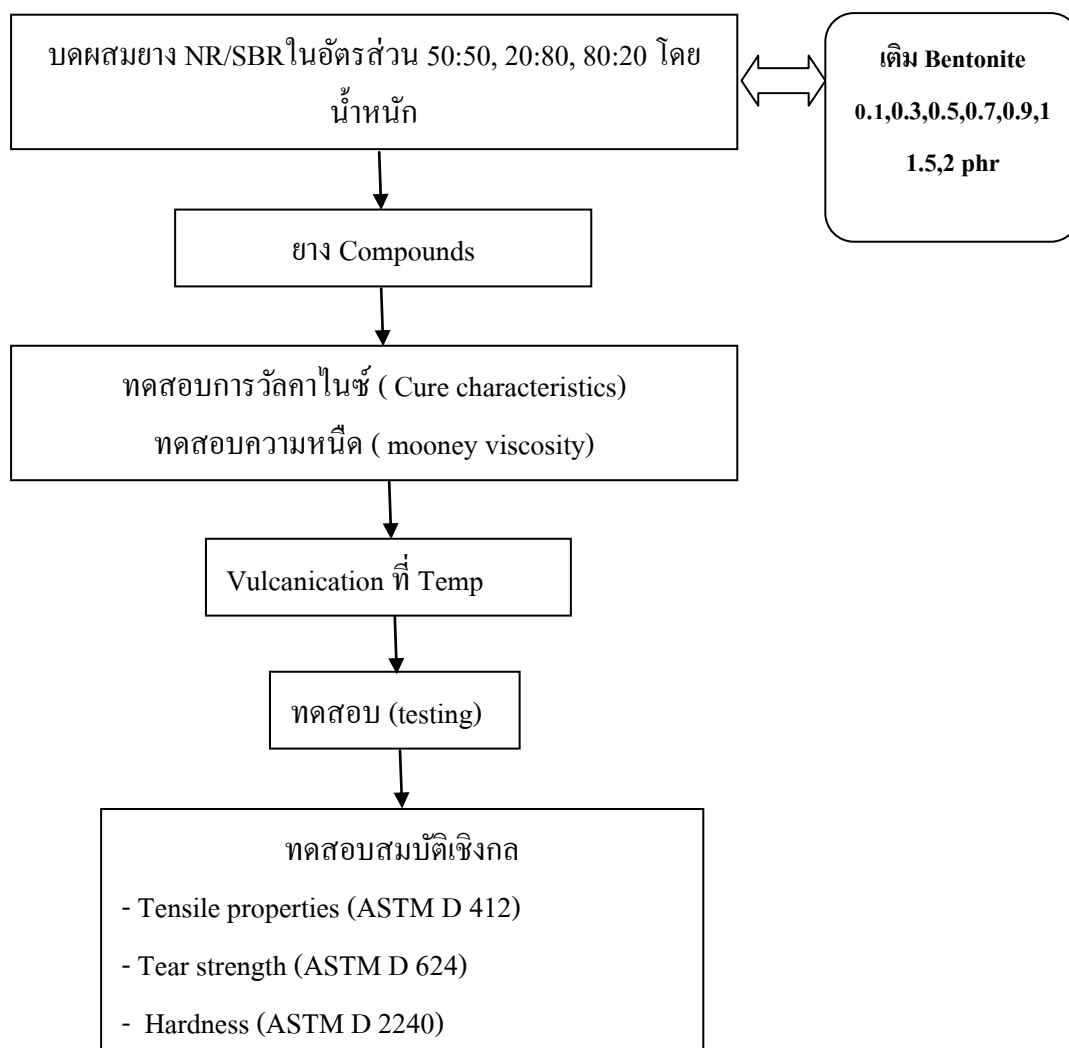
- 10) บล็อกตัดชิ้นงานทดสอบ Tear Strength มาตรฐาน ASTM D 624 type C
- 11) เครื่องทดสอบความแข็ง (Durometer Shore A) PTC INSTRUMENTS

3.2 สูตรยางสำหรับการผสมยางธรรมชาติผสมกับยางเอสบีอาร์ที่เติมเบนโทไนท์

ตารางที่ 3.1 : สูตรยางสำหรับการผสมยางธรรมชาติผสมกับยางเอสบีอาร์ที่เติมเบนโทไนท์

ยางและสารเคมี	ปริมาณ (phr)		
ยางสไตรีน-บิวตะไดอิน กรด 1502	20	50	80
ยางธรรมชาติ กรด STR 5 L	80	50	20
Zinc Oxide (ZnO)	5		
Stearic Acid (SA)	2		
2-mercaptobenzothiazole (MBT)	0.5		
Diphenylguanidine (DPG)	0.2		
Sulphur (S)	3		
เบนโทไนท์ กรด SAC	0.1,0.3,0.5,0.7,0.9,1,1.5,2		

3.3 แผนการทดลอง



3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 ขั้นตอนการบดผสมยาง NR/SBR กับสารเคมี

- 1) ชั่งยางและสารเคมีตามอัตราส่วนที่กำหนดจากสูตรในตารางที่ 3.1
- 2) นำยางมาทำการ mastication ด้วยเครื่องผสมสองลูกกลิ้งเป็นเวลา 5 นาที ทำการผสมยางธรรมชาติกับยางเอสปีอาร์ด้วยเครื่องผสมสองลูกกลิ้ง
- 3) ใส่สารเคมีลงไปตามลำดับ
- 4) นำยางคอมปาวด์ เก็บไว้ 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปสอบหาค่าความหนืดและพฤติกรรมการคงรูป

3.4.2 กระบวนการวัลคาไนซ์

ใช้วิธี Compression molding โดยเวลาในการวัลคาไนซ์ได้จากการทดสอบสมบัติการวัลคาไนซ์ด้วยเครื่อง Moving die rheometer ; MDR ที่อุณหภูมิ 160 °C จากนั้นนำยางที่ผ่านการวัลคาไนซ์แล้วไปทดสอบสมบัติต่างๆ ตามที่ระบุไว้ในแผนการทดลอง การทดสอบสมบัติต่างๆ

3.4.3 การหาเวลา Cure Time และ Scorch Time

ทดสอบโดยใช้เครื่อง เครื่องทดสอบการวัลคาไนซ์ (Moving Die Rheometer ; MDR) ยี่ห้อ GOTECH Model : GT-M 2000 ที่อุณหภูมิ 160 °C

3) เครื่องทดสอบความหนืด (Mooney Viscometer) ของบริษัท Beijing Rade Instrument Corporation

3.4.4 การทดสอบความหนืด (mooney viscosity)

ทดสอบโดยใช้เครื่อง เครื่องทดสอบความหนืด (Mooney Viscometer) ของบริษัท Beijing Rade Instrument Corporation ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 4 นาที

3.4.5 การทดสอบหาค่า Tensile Strength, Elongation และ Modulus

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 412

3.4.6 การทดสอบความทนทานต่อการฉีกขาด (Tear strength)

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 624

3.4.7 การทดสอบความแข็ง (Hardness) ตามมาตรฐาน ASTM D 2240

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 2240

บทที่ 4

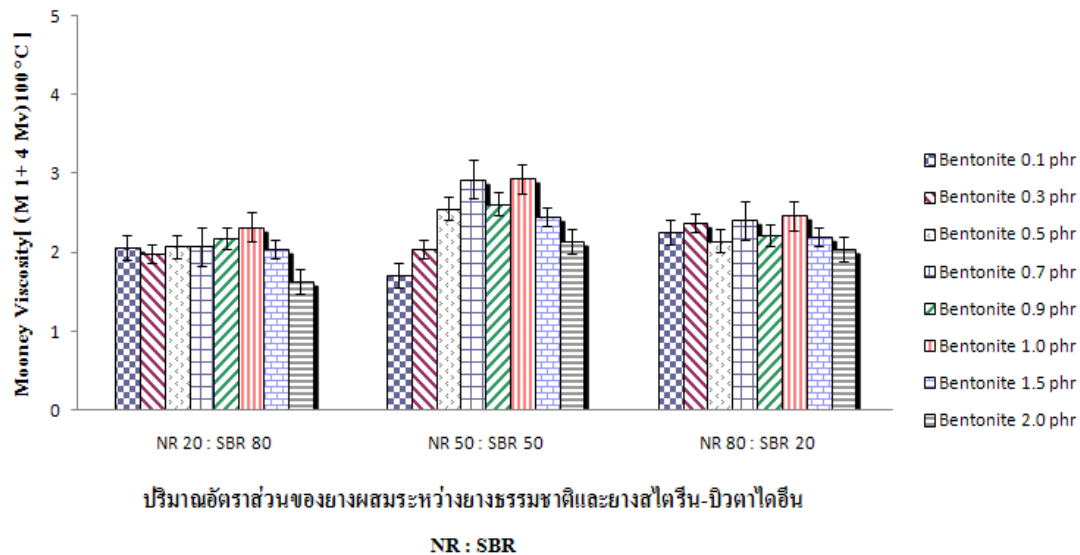
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ความหนืดมูนี (Mooney Viscosity)

ผลการทดสอบผลของการเติมเบนโทไนซ์ลงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มีต่อค่า Mooney Viscosity แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1: ค่าความหนืดมูนีของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มีการเติมเบนโทไนซ์

ปริมาณ Bentonite (phr)	(Mooney Viscosity) NR 20 : SBR 80	(Mooney Viscosity) NR 50 : SBR 50	(Mooney Viscosity) NR 80 : SBR 20
0.1	2.06	1.72	2.26
0.3	1.98	2.05	2.37
0.5	2.08	2.56	2.15
0.7	2.08	2.93	2.41
0.9	2.18	2.62	2.22
1.0	2.32	2.94	2.47
1.5	2.05	2.46	2.2
2.0	1.64	2.15	2.04



รูปที่ 4.1 : ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูนีกับยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่เติมเบนโทไนด์

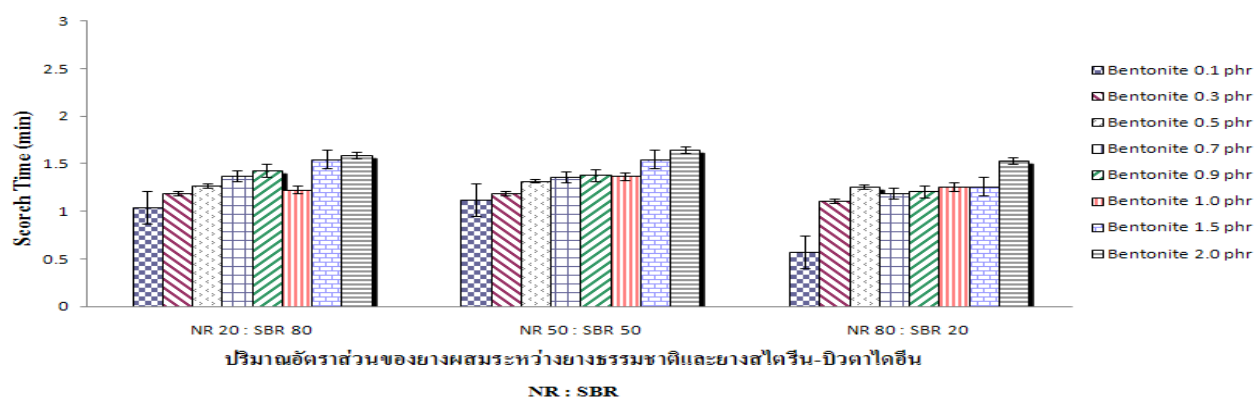
จากรูปที่ 4.1 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดมูนีกับปริมาณอัตราส่วนของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและเอสปีอาร์ที่มีการเติมเบนโทไนด์ปริมาณ 0.1-2 phr พบว่าเมื่อเติม เบนโทไนด์สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความหนืดมีการแนวโน้มลดลง เนื่องจากเบนโทไนด์มีแนวโน้มที่จะมีพฤติกรรมเป็นสารตัวเติมชนิดไม่เสริมแรงสำหรับยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์จึงทำให้ความหนืดของยางผสมมีแนวโน้มลดลง

4.2 ค่า Scorch time

ผลทดสอบค่า Scorch Time ของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มีการเติม Bentonite ปริมาณในช่วง 0.1 - 2 phr แสดงในตาราง 4.2

ตารางที่ 4.2 : ค่า Scorch Time ของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มีการเติมเบนโทไนซ์

ปริมาณ Bentonite (phr)	Scorch Time (min) NR 20 : SBR 80	Scorch Time (min) NR 50 : SBR 50	Scorch Time (min) NR 80 : SBR 20
0.1	1.04	1.12	0.57
0.3	1.19	1.19	1.11
0.5	1.27	1.32	1.26
0.7	1.37	1.36	1.19
0.9	1.43	1.38	1.21
1.0	1.23	1.37	1.26
1.5	1.55	1.55	1.26
2.0	1.59	1.65	1.53



รูปที่ 4.2 : ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Scorch time กับยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เติมเบนโทไนซ์

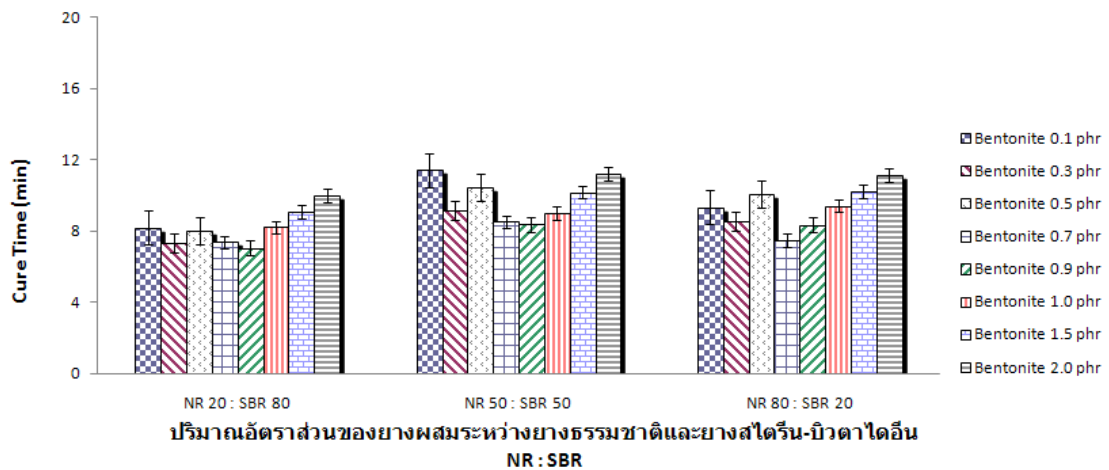
จากรูปที่ 4.2 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Scorch Time กับปริมาณอัตราส่วนของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางสไตรีน-บิวตะไดอีนนี้มีการเติมเบนโทไนท์ปริมาณ 0.1-2 phr จากการศึกษาลักษณะการวัลคาไนซ์ของตัวอย่างยางผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางสไตรีน-บิวตะไดอีนโดยมีเบนโทไนท์เป็นสารตัวเติม พบว่าเมื่อปริมาณเบนโทไนท์ปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า scorch time เพิ่มขึ้นเนื่องจาก เบนโทไนท์มี SiO_2 เป็นองค์ประกอบซึ่ง SiO_2 สามารถดูดซับสารเร่งปฏิกิริยาการคงรูปที่มีฤทธิ์เป็นด่าง คือ DPG ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้นในการคงรูปของกัมมะถัน จึงมีส่วนในการหน่วงปฏิกิริยาการเกิดวัลคาไนซ์มีผลให้ scorch time ยาวนานขึ้น นอกจากนี้เบนโทไนท์มี pH เท่ากับ 5 ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรด ซึ่งสถานะที่เป็นกรดจะหน่วงปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์

4.3 ค่า Cure time

ผลทดสอบค่า Cure Time ของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มีการเติม Bentonite ปริมาณในช่วง 0.1 - 2 phr แสดงในตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 : ค่า Cure Time ของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มีการเติมเบนโทไนซ์

ปริมาณ Bentonite (phr)	Cure time (min) NR 20 : SBR 80	Cure time (min) NR 50 : SBR 50	Cure time (min) NR 80 : SBR 20
0.1	8.18	11.42	9.32
0.3	7.3	9.13	8.55
0.5	8.03	10.44	10.07
0.7	7.37	8.52	7.47
0.9	7.05	8.37	8.34
1.0	8.22	9.01	9.4
1.5	9.1	10.18	10.23
2.0	10	11.18	11.11



รูปที่ 4.3 : ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cure time กับยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางสไตรีน-บิวตาไดอีนที่เติมเบนโทไนซ์

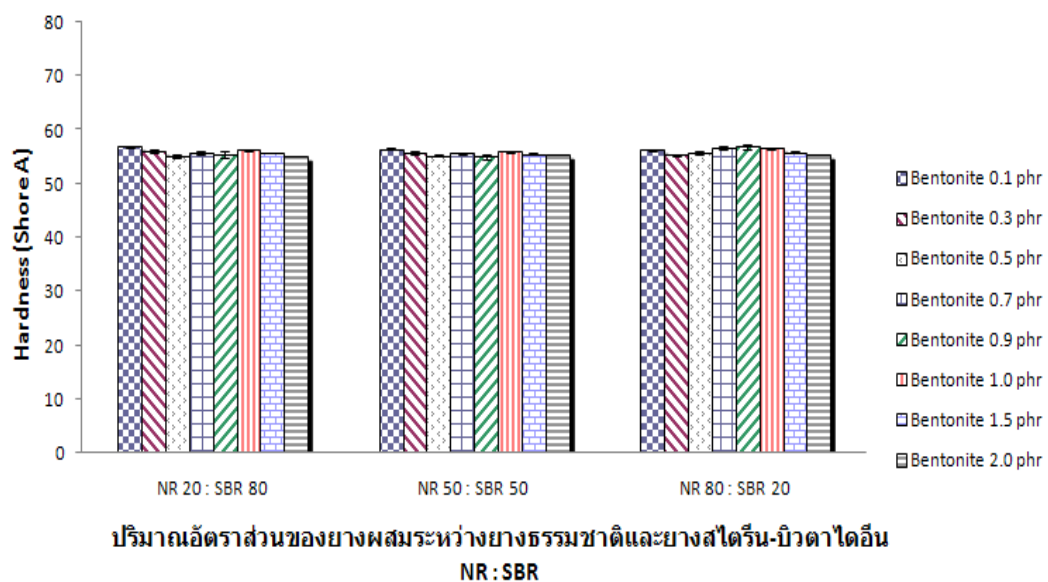
จากรูปที่ 4.3 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Cure Time กับปริมาณอัตราส่วนของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางสไตรีน-บิวตาไดอีนที่มีการเติมเบนโทไนซ์ปริมาณ 0.1-2 phr จากการศึกษาลักษณะการวัลคาไนซ์ของตัวอย่างยางผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางสไตรีน-บิวตาไดอีน โดยมีเบนโทไนซ์เป็นสารตัวเติม พบว่าเมื่อปริมาณเบนโทไนซ์ปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า cure time เพิ่มขึ้นเนื่องจาก ในเบนโทไนซ์มี SiO_2 เป็นองค์ประกอบซึ่ง SiO_2 สามารถดูดซับสารเร่งปฏิกิริยาการคงรูปที่มีฤทธิ์เป็นด่าง คือ DPG ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้นในการคงรูปของกำมะถัน จึงมีส่วนในการหน่วงปฏิกิริยาการเกิดวัลคาไนซ์มีผลให้ scorch time ยาวนานขึ้น นอกจากนี้เบนโทไนซ์มี pH เท่ากับ 5 ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรด ซึ่งสถานะที่เป็นกรดจะหน่วงปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์

4.4 ค่าความแข็ง (Hardness)

ผลทดสอบค่าความแข็ง ของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มีการเติม Bentonite ปริมาณในช่วง 0.1 - 2 phr แสดงในตาราง 4.4

ตารางที่ 4.4 : ค่าความแข็งของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มีการเติมเบนโทไนซ์

ปริมาณ Bentonite (phr)	Hardness (Shore A) NR 20 : SBR 80	Hardness (Shore A) NR 50 : SBR 50	Hardness (Shore A) NR 80 : SBR 20
0.1	56.86	56.46	56.28
0.3	56.14	55.82	55.38
0.5	55.1	55.28	55.8
0.7	55.88	55.62	56.62
0.9	55.48	55.04	56.9
1.0	56.24	55.94	56.62
1.5	55.72	55.6	55.86
2.0	55.14	55.42	55.5



รูปที่ 4.4 : ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เติมเบนโทไนซ์

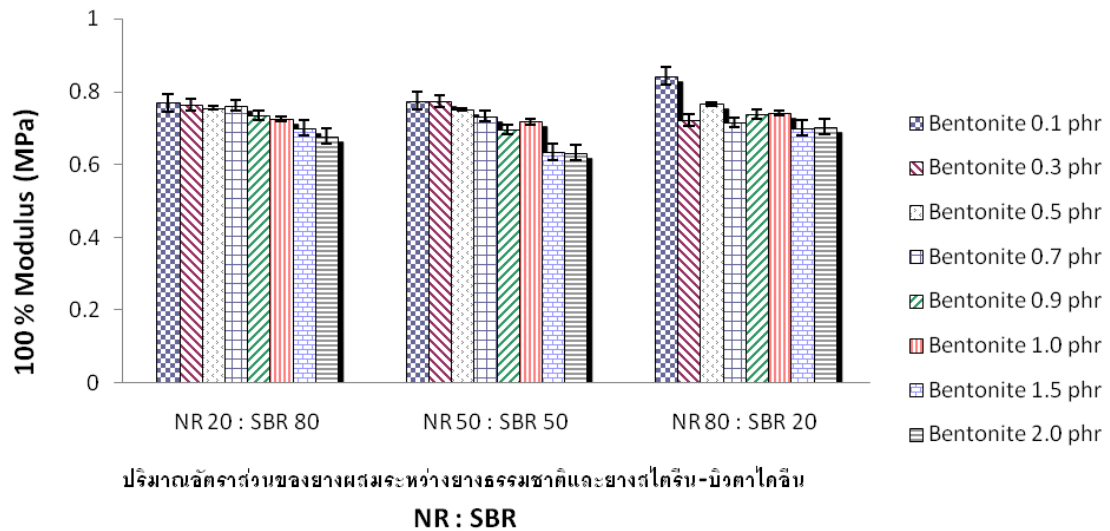
จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4 พบว่า การเติมเบนโทไนซ์ในปริมาณไม่เกิน 2 phr ลงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางเอสปีอาร์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็ง

4.5 ค่า 100% Modulus

ผลทดสอบค่า 100%Modulus ของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มีการเติม Bentonite ปริมาณในช่วง 0.1 - 2 phr แสดงในตาราง 4.5

ตารางที่ 4.5 : ค่า100% Modulus ของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มีการเติมเบนโทไนซ์

ปริมาณ Bentonite (phr)	100% Modulus NR 20 : SBR 80	100% Modulus NR 50 : SBR 50	100% Modulus NR 80 : SBR 20
0.1	0.7696	0.7749	0.8430
0.3	0.7649	0.7740	0.7215
0.5	0.7551	0.7510	0.7661
0.7	0.7621	0.7328	0.7155
0.9	0.7350	0.6970	0.7393
1.0	0.7244	0.7174	0.7407
1.5	0.7008	0.6339	0.7009
2.0	0.6770	0.7037	0.7037



รูปที่ 4.5 : ความสัมพันธ์ระหว่างค่า 100% Modulus กับยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เติมเบนโทไนซ์

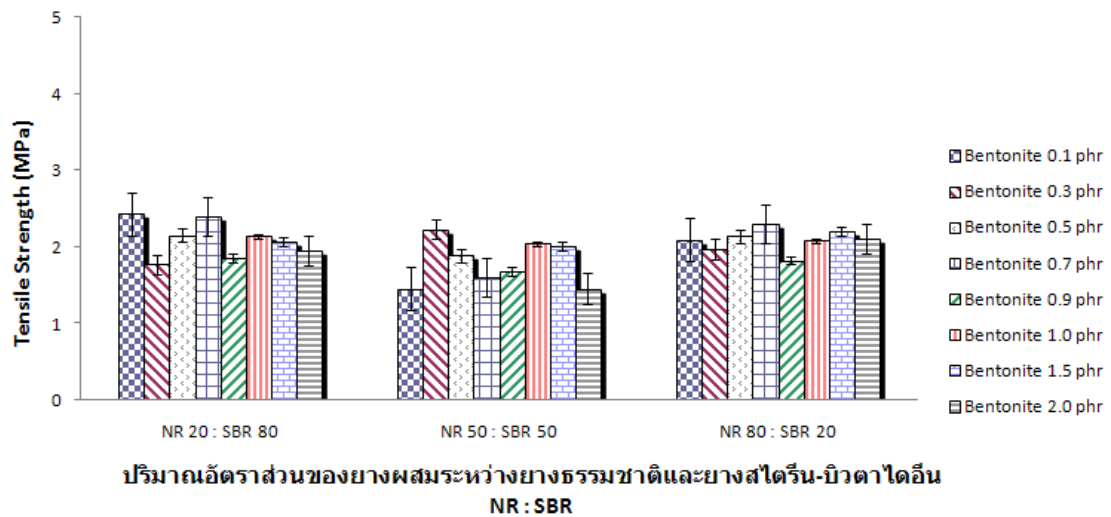
จากผลการทดลองในตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5 พบว่าเมื่อเติมเบนโทไนซ์ลงไปยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ในปริมาณที่มากขึ้นมีผลทำให้ค่า 100% Modulus มีค่าลดลง เนื่องจากเบนโทไนซ์มีพฤติกรรมเป็นสารตัวเติมไม่เสริมแรงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ จึงไม่เกิดแรงอันตรกิริยาระหว่างสารตัวเติมกับยางที่จะขัดขวางการเคลื่อนไหวยของโมเลกุลของยางทำให้ยางมีค่า Modulus ที่สูงขึ้น นอกจากนี้ในกระบวนการผสมยางกับเบนโทไนซ์ใช้เครื่องผสมสองลูกกลิ้งเป็นเครื่องมือในการผสมซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีแรงเฉือนที่เกิดขึ้นสูง ทำให้เบนโทไนซ์เกิดการแตกตัวได้ดีในยางทำให้ยางไหลได้ง่ายขึ้น ยางจึงมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่ายขึ้น และมีค่า Modulus ที่ลดลง

4.6 ค่าการทนต่อแรงดึง (Tensile strength)

ผลทดสอบค่าความทนต่อแรงดึง ของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มีการเติม Bentonite ปริมาณในช่วง 0.1 - 2 phr แสดงในตาราง 4.6 พบว่าการเติมเบนโทไนซ์ลงในยางผสมทำให้ค่าความทนต่อแรงดึงมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากเบนโทไนซ์มีพฤติกรรมเป็นสารตัวเติมไม่เสริมแรงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์

ตารางที่ 4.6 : ค่าความทนแรงดึง ของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มีการเติมเบนโทไนซ์

ปริมาณ Bentonite (phr)	Tensile Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)
	NR 20 : SBR 80	NR 50 : SBR 50	NR 80 : SBR 20
0.1	2.4348	1.4615	2.0983
0.3	1.7719	2.2360	1.9669
0.5	2.1505	1.8880	2.1440
0.7	2.4057	1.6029	2.2987
0.9	1.8583	1.6862	1.8289
1.0	2.1468	2.0483	2.0862
1.5	2.0724	2.0060	2.2090
2.0	1.9553	1.4610	2.1137



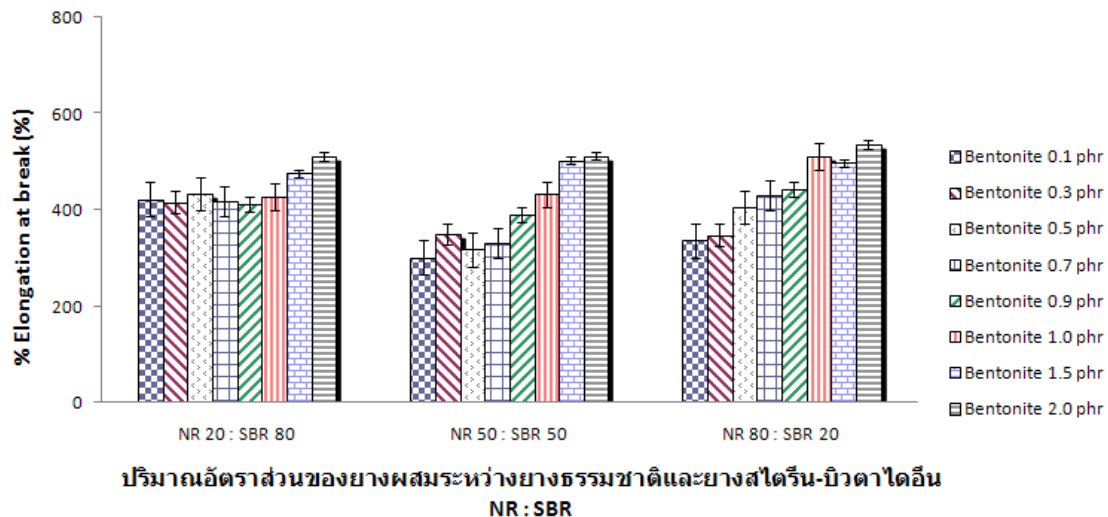
รูปที่ 4.6 : ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนแรงดึงกับยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางสไไดรีน-บิวตาไดอินที่เติมเบนโทไนซ์

4.7 ค่าระยะยืด ณ จุดขาด (Elongation at break)

ผลทดสอบค่าระยะยืด ณ จุดขาด ของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มี การเติม Bentonite ปริมาณในช่วง 0.1 - 2 phr แสดงในตาราง 4.6

ตารางที่ 4.7 : ค่าระยะยืด ณ จุดขาด ของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มี การเติมเบนโทไนซ์

ปริมาณ Bentonite (phr)	Elongation at break (%) NR 20 : SBR 80	Elongation at break (%) NR 50 : SBR 50	Elongation at break (%) NR 80 : SBR 20
0.1	422.36	301.99	337.60
0.3	416.67	350.52	348.26
0.5	432.98	318.04	405.15
0.7	418.25	330.62	431.42
0.9	412.16	389.80	443.14
1.0	427.82	432.22	511.30
1.5	476.79	503.33	497.39
2.0	510.67	512.00	536.69



รูปที่ 4.7 : ความสัมพันธ์ระหว่างระยะยืดตัว ณ จุดขาดกับยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เติมเบนโทไนซ์

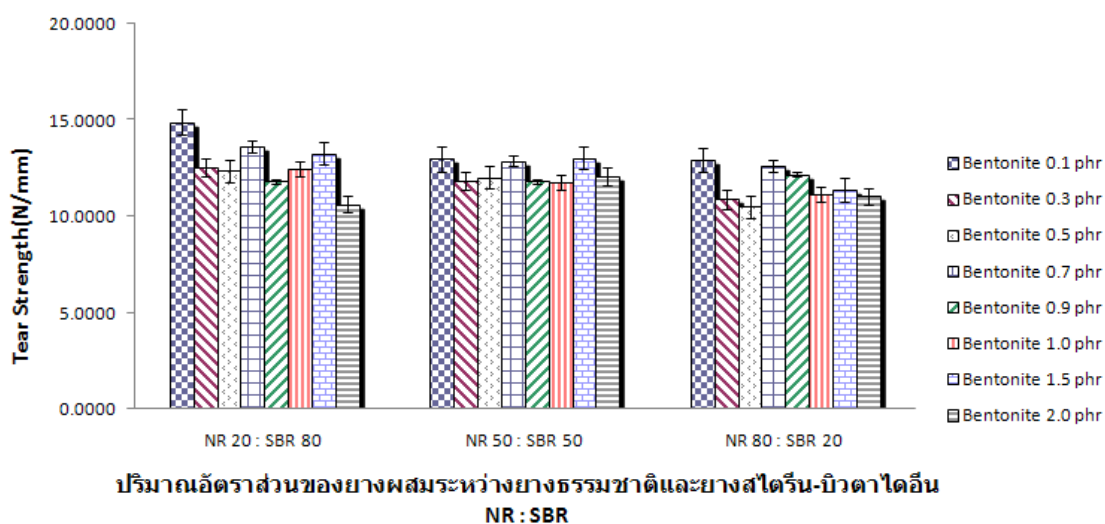
จากผลการทดลองในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.7 พบว่าเมื่อเติมเบนโทไนซ์ลงไปยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ในปริมาณที่มากขึ้นมีผลทำให้ระยะยืดตัว ณ จุดขาด มีค่าเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเบนโทไนซ์มีพฤติกรรมเป็นสารตัวเติมไม่เสริมแรงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ จึงไม่เกิดแรงอันตรกิริยาระหว่างสารตัวเติมกับยางที่จะขัดขวางการเคลื่อนไหวยของโมเลกุลของยาง นอกจากนี้ในกระบวนการผสมยางกับเบนโทไนซ์ใช้เครื่องผสมสองลูกกลิ้งเป็นเครื่องมือในการผสมซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีแรงเฉือนที่เกิดขึ้นสูง ทำให้เบนโทไนซ์เกิดการแตกตัวได้ดีในยางทำให้ยางไหลได้ง่ายขึ้น ยางจึงมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่ายขึ้น และระยะยืดตัว ณ จุดขาด ที่เพิ่มขึ้น

4.8 ค่าความทนต่อการฉีกขาด (Tear strength)

ผลทดสอบค่าความทนต่อการฉีกขาด ของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่มีการเติม Bentonite ปริมาณในช่วง 0.1 - 2 phr แสดงในตาราง 4.8 พบว่าการเติมเบนโทไนซ์ส่งผลให้ค่าความทนต่อการฉีกขาดลดลงเนื่องจากเบนโทไนซ์ไม่เสริมแรงให้กับยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ ซึ่งทำให้มีผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดสอบค่าความทนแรงดึง การทำเบนโทไนซ์ไม่สามารถเสริมแรงให้กับยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์นั้น เนื่องจากเบนโทไนซ์เป็นสารตัวเติมที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์ที่มีขั้ว ในขณะที่ยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์เป็นยางที่ไม่ขั้ว จึงไม่เกิดแรงอันตรกิริยาที่จะช่วยเสริมแรงระหว่างเบนโทไนซ์กับยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์

ตารางที่ 4.8 : ค่าความทนต่อการฉีกขาด ของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์
ที่มีการเติมเบนโทไนซ์

ปริมาณ Bentonite (phr)	Tear Strength (N/mm) NR 20 : SBR 80	Tear Strength (N/mm) NR 50 : SBR 50	Tear Strength (N/mm) NR 80 : SBR 20
0.1	14.8921	12.9765	12.9449
0.3	12.5666	11.8664	10.8963
0.5	12.3722	12.0340	10.5142
0.7	13.6229	12.8926	12.6447
0.9	11.8245	11.8373	12.1808
1.0	12.4811	11.8002	11.1452
1.5	13.2687	13.0278	11.3746
2.0	10.6248	12.0849	11.0383



รูปที่ 4.8 : ความสัมพันธ์ระหว่างความทนต่อการฉีกขาดกับยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและ
ยางสไตรีนบิวตาไดอีนที่เติมเบนโทไนซ์

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาสมบัติของยางผสมระหว่างธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ที่เติมเบนโทไนท์ สรุปได้ดังนี้ เบนโทไนท์ส่งผลต่อการหน่วงการเกิดปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ โดยดูได้จากค่า scorch time และ cure time ที่เพิ่มขึ้น

เบนโทไนท์เป็นสารตัวเติมชนิดไม่เสริมแรงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์ ซึ่งพิจารณาได้จากการลดลงของค่า ความหนืดมูนี ค่า 100%Modulus ค่าความทนต่อแรงดึง และค่าความทนต่อการฉีกขาด เมื่อมีการเติมเบนโทไนท์ในปริมาณที่มากขึ้นลงในยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางเอสปีอาร์

เอกสารอ้างอิง

- 1.พงษ์ธร แซ่ฮุย, ยาง : ชนิด สมบัติ และการใช้งาน, 2547, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
- 2.รัตนวรรณ มกรพันธุ์ .นาโนเคลย์ / นาโนคอมพอสิต (Nanoclay / Nanocomposites).วารสาร LAB.TODAY. 2547; ปีที่ 3: ฉบับที่ 18: 19-23.
- 3.Alexandre M, Dubois P. Polymer-layered Silicate Nanocomposite: Preparation, Properties and Use of a New Class of Materials. Materials Science and Engineering. 2000; 28: 1-63.
- 4.องค์ประกอบทางเคมีของแร่ดินมอนต์มอริลโลไนต์. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : www.nippon-thai.com (12 มกราคม 2550).
5. S. Varghese, J. Karger-Kocsis and K.G. Gatos (2003) Melt Compounding Epoxidized Natural Rubber/ Layered Silicate Nanocomposite: structure-Properties Relationship- Polymer,44: 3977-3983.
6. S. Varghese, J. Karger-Kocsis and K.G. Gatos (2003) Natural Rubber-based Nanocomposite by Latex Compounding with Layered Silicates-Polymer,44:4921-4927.
7. A. Akelah, N.S. El-Deen, A. Hiltner, E. Baer, and A. Moet (1995) Organophilic Rubber Montmorillonite Nanocomposites Materials Letter, 22:97-102.
8. R. Magaraphan, W. Thaijaroen and R. Lim-Ochakun (2003) Structure and Properties of Natural Rubber and Modified Montmorillonite Nanocomposites- Rubber Chemistry and Technology, 74(3): 406-418.
9. P.L. The, Z.A.M. Ishak, A.S. Hashim, J. Karger-Kocsis and U.S. Ishiaku (2004) Effect of Epoxidized Natural Rubber as a Compatibilizer in melt Compounded Natural Rubber- Organoclay Nanocomposite-European Polymer Journal, 40:2513-2521.
10. H. Zheng, Y. Zhang, Z. Peng, and Y.Zhang (2004) Influence of Clay Modification on the Structure and Mechanical Properties of EPDM/Montmorillonite Nanocomposite-Polymer Testing, 23: 217-223.