



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย

อิทธิพลของระบบการวัลคาไนซ์ที่ใช้กำมะถันและสารเพิ่มการ
ยึดติดต่อสมบัติการยึดติดของกาวน้ำยางจากน้ำยางธรรมชาติ
กราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลทและบิวทิลเมทาคริเลท

โดย รองศาสตราจารย์ อาชีชัน แกสมาน และคณะ

สิงหาคม 2551

สัญญาเลขที่ RDG5050046

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

อิทธิพลของระบบการวัดค่าไนโตรเจนที่ใช้กำมะถันและสารเพิ่มการยึดติดต่อสมบัติการยึดติดของ
กาวน้ำยางจากน้ำยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลทและบิวทิลเมทาคริเลท

คณะผู้วิจัย	สังกัด
รองศาสตราจารย์ อาชีวัน แกสมาน	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
นางสาวยุสรี หมดสะอิ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
นางสาวสวนันท์ มีชำนาญ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นาคะสรรค์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชุดโครงการ วิจัยแห่งชาติยางพารา (SPR)

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานฉบับนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	i
บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร	1
บทคัดย่อ / Abstract	5
เนื้อหา	
ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย	6
วัตถุประสงค์	7
ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง	7
วิธีการทดลอง	9
- การเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์	9
- การเตรียมกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ	10
- การเตรียมสารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ	12
- การเตรียมชิ้นทดสอบ	14
- การวิเคราะห์	15
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	15
- อิทธิพลของปริมาณของกลุ่มอนอเมอร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ต่อสมบัติของน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ	15
พอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ	
- สมบัติการยึดติดของกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ	17
- สมบัติการยึดติดของสารละลายกาวยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ	23
สรุปผล	29
ข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	33

บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) อิทธิพลของระบบการวัลคาไนซ์ที่ใช้กำมะถันและสารเพิ่มการยึดติดต่อสมบัติการยึดติดของกาวน้ำยางจากน้ำยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลตและบิวทิลเมทาคริเลต

(ภาษาอังกฤษ) Effect of sulfur vulcanization systems and tackifier on properties of water-based adhesive from natural rubber latex grafted with methyl methacrylate and butyl methacrylate

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด และที่อยู่

ชื่อ-สกุล รองศาสตราจารย์อาชีชัน แกสมาน

หน่วยงาน ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่อยู่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

โทรศัพท์/โทรสาร 0-7331-3930-50 ต่อ 1866 / 0-7333-1099

E-mail kazizon@bunga.pn.psu.ac.th

นักศึกษา / ผู้ร่วมวิจัย นางสาวยุสรี หมดสะอึ

นางสาวสวนันท์ มีชำนาญ

รองศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นาคะสรรค์

ระยะเวลาดำเนินการ 10 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2550 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม 2551

ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญ

ผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมากมีส่วนประกอบหลายส่วนมาประกอบกัน โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ โดยชิ้นส่วนต่างๆสามารถยึดติดกันได้ดีด้วยวัสดุประเภทกาว (Adhesives) ซึ่งกาวที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอาจมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น กาวชนิดที่มีตัวทำละลาย (Solvent based adhesives) กาวชนิดหลอมด้วยความร้อน (Hot melt adhesives) ปัจจุบันกาวที่ได้รับความนิยมมากขึ้นคือ กาวที่มีน้ำเป็นตัวกลาง (Water based adhesives) เนื่องจากเหตุผลทางด้านความเป็นพิษต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม โดยเนื้อกาวเป็นวัสดุประเภทพอลิเมอร์ กาวประเภทนี้ที่นิยมใช้กันมากและมีจำหน่ายในท้องตลาดคือ กาวพอลิไวนิลอะซีเตต (PVAc emulsion adhesive) กาวชนิดนี้มีการผลิตทั้งในรูปของ (1) โฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer) และ (2) โคพอลิเมอร์ (Copolymer) โดยกาวพอลิไวนิลอะซีเตตชนิดแรกมีการใช้งานอย่างกว้างขวางในวัสดุที่มีขั้ว (polar substrates) โดยเฉพาะวัสดุในกลุ่มเซลลูโลส (cellulosic-based substrates) คือ กระดาษ และไม้ ข้อดีของกาวพ

ลิโวนิลอะซีเตทชนิดนี้คือ การเชื่อมตัวกันได้เร็ว ความแข็งแรงสูง การยึดติดดีเยี่ยม (ในกรณีที่ใช้กับวัสดุประเภท เซลลูโลส เซรามิก คอนกรีต และแก้ว) น้ำหนักโมเลกุลสูง และต้นทุนหรือราคาเหมาะสม ส่วนกาวพอลิโวนิลอะซีเตทชนิดหลังคือ โคพอลิเมอร์นั้น เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดแรก พบว่า มีข้อดีกว่า เมื่อใช้ยึดติดวัสดุที่ติดได้ยาก เช่น พลาสติก กระดาษเคลือบผิว และผิวโลหะ โดยสามารถใช้งานในอุตสาหกรรมเส้นใย ก่อสร้าง และบรรจุภัณฑ์

งานวิจัยนี้จะเน้นศึกษาการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ระหว่างยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์ 2 ชนิด คือ เมทิลเมทาคริเลตและบิวทิลเมทาคริเลต โดยใช้ระบบการเริ่มต้นปฏิกิริยา คือ คิวมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์และเตตระเอทิลีนเพนทาเมทิล ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของโคมอนอเมอร์ ปริมาณสารเริ่มต้นปฏิกิริยา อุณหภูมิและเวลาการทำปฏิกิริยา วิเคราะห์โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ นำไปเตรียมเป็นกาวเพื่อทดสอบการยึดติดแผ่นไม้อัด โดยศึกษาอิทธิพลของระบบการวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถัน กล่าวคือ แปรระบบสารตัวเร่ง และปริมาณกำมะถัน นอกจากนี้ยังศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติด เช่น Coumarone indene resin, Wood rosin, Tamanol resin เป็นต้น โดยศึกษาเปรียบเทียบกับกาวพอลิโวนิลอะซีเตทที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เพื่อให้การศึกษามีความครบถ้วน งานวิจัยนี้ยังมุ่งเน้นการเตรียมกาวชนิดตัวกลางเป็นสารละลาย (Solvent based adhesive) จากกราฟต์โคพอลิเมอร์ระหว่างยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์ 2 ชนิด คือ เมทิลเมทาคริเลตและบิวทิลเมทาคริเลต โดยใช้ระบบการเริ่มต้นปฏิกิริยา คือ เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของโคมอนอเมอร์ ปริมาณสารเริ่มต้นปฏิกิริยา อุณหภูมิและเวลาการทำปฏิกิริยา วิเคราะห์โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ นำไปเตรียมเป็นกาวเพื่อทดสอบการยึดติดแผ่นไม้อัด โดยแปรปัจจัยต่างๆ เช่นเดียวกับกาวน้ำยางข้างต้น

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการเตรียมกาวน้ำยางและสารละลายกาวจากยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลตกับบิวทิลเมทาคริเลต โดยศึกษาอิทธิพลของระบบการวัลคาไนซ์และสารเพิ่มการยึดติดต่อสมบัติของการยึดติดของกาวกับวัสดุประเภทไม้

ผลการดำเนินการ

การศึกษาอิทธิพลของปริมาณมอนอเมอร์ต่อปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์โดยใช้ปริมาณ MMA/BMA ต่างๆ คือ 5/2.5, 10/5, 15/7.5 และ 20/10 phr พบว่า % Conversion, % Grafting efficiency มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ % Free rubber มีแนวโน้มลดลง เมื่อวิเคราะห์สเปกตรัมอินฟราเรดจะปรากฏเลขคลื่นที่ตำแหน่ง 1728 และ 1140 cm^{-1} ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันในส่วนของโมเลกุลเมทิลเมทาคริเลตและบิวทิลเมทาคริเลต และหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวเพิ่มขึ้นตามปริมาณมอนอเมอร์ที่ใช้ เมื่อนำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์มาเตรียมเป็นกาวน้ำยาง (Water based adhesives) โดยศึกษาอิทธิพลของปริมาณมอนอเมอร์ พบว่า เมื่อปริมาณมอนอเมอร์ MMA/BMA เพิ่มขึ้น ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่การใช้ MMA/BMA

= 15/7.5 phr ให้การติดประสานดีที่สุด จากการศึกษอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติดต่อความแข็งแรงของการติดประสาน พบว่า เมื่อใช้สารเพิ่มการยึดติดชนิดต่างๆ ปริมาณ 40 phr พบว่า Coumarone indene resin ให้การติดประสานแบบปอกและแบบเนียนสูงที่สุด และการใช้ปริมาณ 80 phr ให้การติดประสานทั้งสองแบบสูงที่สุด ส่วนอิทธิพลของสารวัลคาไนซ์ต่อความแข็งแรงของการติดประสาน พบว่า การใช้สารตัวเร่ง ZDEC ปริมาณ 2 phr ให้ความแข็งแรงการติดประสานสูงที่สุด โดยที่ใช้กำมะถันปริมาณ 2 phr ให้การติดประสานทั้งสองแบบสูงที่สุดเช่นเดียวกัน เมื่อนำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์มาจับตัวแล้วเตรียมเป็นสารละลายกาว (Solvent based adhesives) จากการศึกษอิทธิพลของปริมาณกลุ่มอนอเมอร์ต่อความแข็งแรงของการติดประสาน พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกาวน้ำยาง และการใช้ MMA/BMA = 15/7.5 phr ให้การติดประสานดีที่สุด เมื่อศึกษา อิทธิพลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติดต่อความแข็งแรงของการติดประสาน โดยใช้สารเพิ่มการยึดติดชนิดต่างๆ ปริมาณ 40 phr พบว่า การใช้ Koresin ให้การติดประสานแบบปอกและแบบเนียนสูงที่สุด และการใช้ปริมาณ 60 phr ให้การติดประสานทั้งสองแบบสูงที่สุด การศึกษอิทธิพลของสารวัลคาไนซ์ต่อความแข็งแรงของการติดประสานทั้งแบบปอกและเนียน พบว่า ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับกาวน้ำยาง

สรุปผลการวิจัย

เตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท (MMA) และบิวทิลเมทาคริเลท (BMA) ในสถานะน้ำยาง โดยใช้คิวมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (CHP) และเตตระเอทิลีนเพนตามีน (TEPA) เป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาแบบรีดอกซ์ ศึกษาอิทธิพลของปริมาณกลุ่มอนอเมอร์ต่อปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ วิเคราะห์สมบัติของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ คือ การเปลี่ยนมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ ประสิทธิภาพการเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์ และสเปกตรัมอินฟราเรด จากการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่สถานะการทำปฏิกิริยา คือ อุณหภูมิ 50°C เวลา 4 ชั่วโมง และใช้อัตราส่วนของ CHP:TEPA เท่ากับ 0.01: 0.015 โมล โดยแปรปริมาณกลุ่มอนอเมอร์ MMA:BMA ดังนี้คือ 5:2.5, 10:5, 15:7.5 และ 20:10 phr พบว่า เมื่อปริมาณมอนอเมอร์ทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้นทำให้การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ ปริมาณพอลิเมอร์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการกราฟต์ และประสิทธิภาพการกราฟต์เพิ่มขึ้น ส่วนยางธรรมชาติที่ไม่เกิดปฏิกิริยามีปริมาณลดลง สเปกตรัมอินฟราเรดจะปรากฏเลขคลื่น 1728 และ 1140 cm^{-1} ซึ่งเป็นการสั่นแบบยืดของหมู่ $\text{C}=\text{O}$ และ $\text{C}-\text{O}$ จากการเตรียมเป็นกาวน้ำยางและสารละลายกาวยาง พบว่า ปริมาณกลุ่มอนอเมอร์ MMA : BMA เท่ากับ 15 : 7.5 phr ทำให้น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์และสารละลายกาวยางมีความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนดีที่สุด จากการศึกษอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติดในกาวทั้งสองแบบ พบว่า ในกรณีกาวน้ำยางการใช้คิวมาโรนอินดินเรซินปริมาณ 80 phr ให้การติดประสานดีที่สุด ส่วนสารละลายกาวยาง พบว่า การใช้โครซินปริมาณ 60 phr ให้การติดประสานดีที่สุด ส่วนอิทธิพลของสารวัลคาไนซ์ พบว่า การใช้กำมะถันและสารตัวเร่ง ZDEC ชนิดละ 2 phr จะให้ความแข็งแรงการติดประสานดีที่สุด

ข้อเสนอแนะที่คาดว่าจะวิจัยเพิ่มเติม และวิธีการที่ควรพัฒนาต่อยอดสู่ภาคปฏิบัติจริง

ศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นการเตรียมสารเพิ่มการยึดติดในรูปอิมัลชันที่มีความเสถียร ความเข้ากันได้และกระจายตัวของสารเพิ่มการยึดติดในน้ำยาง ขยายผลการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์แล้วนำไปใช้จริงในอุตสาหกรรมเพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรค รวมทั้งเตรียมเป็นกาวน้ำยางในระดับการผลิตใช้งานจริงในอุตสาหกรรม และหาความร่วมมือกับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ในการประยุกต์ใช้กาวน้ำยางจากยางธรรมชาติ

ผลงานทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

- ได้สภาวะและขั้นตอนในการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์จากยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท (MMA) และบิวทิลเมทาคริเลท (BMA)
- สามารถปรับปรุงสมบัติการติดประสานของน้ำยางธรรมชาติกับไม้โดยใช้ปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ไรซ์กับมอนอเมอร์ MMA และ BMA และการใช้สารเพิ่มการยึดติดผสมลงไป
- สามารถเตรียมกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์จากยางธรรมชาติทั้งแบบ Water based adhesives และ Solvent based adhesives
- สามารถเผยแพร่ผลงานในที่ประชุมวิชาการหรือตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการ

บทคัดย่อ

กาวน้ำยางเป็นกาวชนิดที่มีส่วนประกอบหลักคือยาง และสารเพิ่มการยึดติดกระจายตัวในชั้นของน้ำ มีข้อดีคือ ปราศจากตัวทำละลาย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีการใช้งานบรรจุภัณฑ์ การยึดติดไม้ การยึดติดเส้นใย งานก่อสร้าง การยึดติดกระเบื้องปูพื้นและผนัง ซึ่งน้ำยางธรรมชาติสามารถปรับปรุงสมบัติจากการทำปฏิกิริยากับไวนิลมอนอเมอร์เพื่อผลิตเป็นกาวชนิดนี้ ในการวิจัยได้เตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท (MMA) และบิวทิลเมทาคริเลท (BMA) ในสถานะน้ำยาง โดยใช้คิวมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (CHP) และเตตระเอทิลีนเพนตามีน (TEPA) เป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาแบบรีดอกซ์ ศึกษาอิทธิพลของปริมาณมอนอเมอร์ต่อปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ วิเคราะห์สมบัติของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ คือ การเปลี่ยนมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ ประสิทธิภาพการเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์ และสเปกตรัมอินฟราเรด จากการเตรียมที่สภาวะการทำปฏิกิริยา คือ อุณหภูมิ 50°C เวลา 4 ชั่วโมง และอัตราส่วนของ CHP:TEPA เท่ากับ 0.01: 0.015 โมล โดยแปรปริมาณมอนอเมอร์ MMA:BMA ดังนี้คือ 5:2.5, 10:5, 15:7.5 และ 20:10 phr พบว่า เมื่อปริมาณมอนอเมอร์เพิ่มขึ้นทำให้การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ ปริมาณพอลิเมอร์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการกราฟต์ และประสิทธิภาพการกราฟต์เพิ่มขึ้น ส่วนยางธรรมชาติที่ไม่เกิดปฏิกิริยามีปริมาณลดลง สเปกตรัมอินฟราเรดจะปรากฏเลขคลื่น 1728 และ 1140 cm^{-1} ซึ่งเป็นการสั่นแบบยืดของหมู่ $\text{C}=\text{O}$ และ $\text{C}-\text{O}$ จากการเตรียมเป็นกาวน้ำยางและสารละลายกาวยาง พบว่า ปริมาณมอนอเมอร์ MMA : BMA เท่ากับ 15 : 7.5 phr ทำให้น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์มีความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอกและแบบเหนียวดีที่สุด จากการศึกษาค่าอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติดในกาวทั้งสองแบบ พบว่า ในกรณีกาวน้ำยางการใช้คิวมาโรนอินดินเรซินปริมาณ 80 phr ให้การติดประสานดีที่สุด ส่วนสารละลายกาวยาง พบว่า การใช้โคเรซินปริมาณ 60 phr ให้การติดประสานดีที่สุด ส่วนอิทธิพลของสารวัลคาไนซ์ พบว่า การใช้กำมะถันและสารตัวเร่ง ZDEC ชนิดละ 2 phr จะให้ความแข็งแรงการติดประสานดีที่สุด

Abstract

Water based adhesives were composed the main components of rubber and tackifier, which suspended in water medium. The advantage of that was the 100% solvent-free and Environmentally friendly. Some uses of water based adhesive are packaging, wood bonding, fabric bonding, construction, bonding of floor & wall tiles. Graft copolymers of natural rubber and comonomer of methyl methacrylate (MMA) and butyl methacrylate (BMA) were prepared in latex state using cumene hydroperoxide (CHP) and tetraethylene pentamine (TEPA) as redox initiator. Influence of comonomer contents on graft copolymerization were studied. Graft copolymers were later tested (i.e., % conversion, % grafting efficiency, FT-IR Spectrum). The reaction was performed at 50°C for 4 hrs. and the ratio of CHPO:TEPA = 0.010:0.015 mole with various comonomer content at 5:2.5, 10:5, 15:7.5 and 20:10 phr. It was found that % conversion, % free polymer and % grafting efficiency increased with the increasing comonomer content while free rubber

decreased. grafting efficiency. FT-IR spectrum were observed at wave length numbers of 1728 cm^{-1} and 1140 cm^{-1} , which assigned to C=O and C-O stretching vibration of the graft copolymers. Rubber adhesives were prepared from the graft copolymers in two forms, that were the water-based adhesive and solvent-based adhesives. It was found that the adhesive with MMA:BMA ratio of 15:7.5 phr gave the highest of peel and shear strength. Influence of quantities and types of tackifier on adhesive properties were studied. It was found that the 80 phr of coumarone-indene resin gave the highest adhesion strength in water-based adhesive, whereas the 60 phr of Koresin® gave the highest adhesion strength in solvent-based adhesive. Influence of curing systems on adhesion strength were also studied. It was found that the sulfur and ZDEC at each loading level of 2 phr in the adhesive formulation exhibited the highest adhesion strength.

เนื้อหา

2.1 ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

ผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมากมีส่วนประกอบหลายส่วนมาประกอบกันโดยเฉพาะอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ โดยชิ้นส่วนต่างๆสามารถยึดติดกันได้ดีด้วยวัสดุประเภทกาว (Adhesives) ซึ่งกาวที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอาจมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น กาวชนิดที่มีตัวทำละลาย (Solvent based adhesives) กาวชนิดหลอมด้วยความร้อน (Hot melt adhesives) ปัจจุบันกาวที่ได้รับความนิยมมากขึ้นคือ กาวที่มีน้ำเป็นตัวกลาง (Water based adhesives) เนื่องจากเหตุผลทางด้านความเป็นพิษต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม โดยเนื้อกาวเป็นวัสดุประเภทพอลิเมอร์ กาวประเภทนี้ที่นิยมใช้กันมากและมีจำหน่ายในท้องตลาดคือ กาวพอลิไวนิลอะซิเตท (PVAc emulsion adhesive) กาวชนิดนี้มีการผลิตทั้งในรูปของ (1) โฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer) และ (2) โคพอลิเมอร์ (Copolymer) โดยกาวพอลิไวนิลอะซิเตทชนิดแรกมีการใช้งานอย่างกว้างขวางในวัสดุที่มีขั้ว (polar substrates) โดยเฉพาะวัสดุในกลุ่มเซลลูโลส (cellulosic-based substrates) คือ กระดาษ และไม้ ข้อดีของกาวพอลิไวนิลอะซิเตทชนิดนี้คือ การเช็ดตัวเกิดได้เร็ว ความแข็งแรงสูง การยึดติดดีเยี่ยม (ในกรณีที่ใช้กับวัสดุประเภทเซลลูโลส เซรามิก คอนกรีต และแก้ว) น้ำหนักโมเลกุลสูง และต้นทุนหรือราคาเหมาะสม ส่วนกาวพอลิไวนิลอะซิเตทชนิดหลังคือ โคพอลิเมอร์นั้น เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดแรก พบว่า มีข้อดีกว่า เมื่อใช้ยึดติดวัสดุที่ติดได้ยาก เช่น พลาสติก กระดาษเคลือบผิว และผิวโลหะ โดยสามารถใช้งานในอุตสาหกรรมเส้นใย ก่อสร้าง และบรรจุภัณฑ์

ยางธรรมชาตินอกจากสมบัติเด่นทางด้านความทนทานต่อแรงดึง ความยืดหยุ่น และความกระด้างตัวแล้ว ยังมีสมบัติเด่นด้านการเหนียวติดที่ดี (Tackability) ซึ่งสามารถนำไปใช้ผลิตเป็นกาวได้ เพื่อปรับปรุงสมบัติการยึดติดให้ดีขึ้น การเตรียมยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยไวนิลมอนอเมอร์เป็นแนวทางหนึ่งที่สำคัญ โดยการใช้มอนอเมอร์ชนิดต่างๆ เช่น เมทิลเมทาคริเลท ไดเมทิลอะมิโนเอทิลเมทาคริเลท เป็นต้น การวิจัยทางด้านกาวมีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย เช่น Park, *et al.*, (2003) ได้ศึกษาสมบัติของกาวชนิด Pressure-

Sensitive Adhesive (PSA) โดยใช้มอนอเมอร์หลายชนิดมาทำปฏิกิริยาร่วมกัน และ Lopez *et al.*, (2004) ได้มีการศึกษาในทำนองเดียวกันแต่ได้ศึกษาในมอนอเมอร์ที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงการพัฒนากาวอะคริลิกที่สามารถสุกได้ที่อุณหภูมิห้อง (Mori *et al.*, 2005) ส่วนการศึกษาวิจัยในการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติเพื่อประยุกต์ใช้งานเป็นกาวนั้น ได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวาง โดยมีการศึกษาวิจัยการสังเคราะห์พอลิเมอร์ชนิด Acrylic resin แล้วนำไปผสมกับยางธรรมชาติด้วยเครื่องผสมสองลูกกลิ้งเพื่อเตรียมเป็นกาวชนิด PSA จากนั้นทดสอบสมบัติด้านวิสโคอีลาสติก (Leong *et al.*, 2003) พิมานจันทร์และณัฐกาญจน์ (2548) ได้ศึกษาผลของสารเพิ่มการยึดติดแทคทิไฟเบอร์ที่มีผลต่อการยึดติดและการลอกออกของกาวที่เตรียมจากน้ำยางธรรมชาติ ส่วนการศึกษาน้ำยางธรรมชาติของระบบการวัลคาไนซ์ยังมีการศึกษากันค่อนข้างน้อย งานวิจัยนี้จึงเน้นศึกษาการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ระหว่างยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์ 2 ชนิด คือ เมทิลเมทาคริเลทและบิวทิลเมทาคริเลท โดยใช้ระบบการเริ่มต้นปฏิกิริยา คือ คิวมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์และเตตระเอทิลลิโนเพนทามีน ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของโคมอนอเมอร์ ปริมาณสารเริ่มต้นปฏิกิริยา อุณหภูมิและเวลาการทำปฏิกิริยา วิเคราะห์โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ นำไปเตรียมเป็นกาวเพื่อทดสอบการยึดติดแผ่นไม้อัด โดยศึกษาอิทธิพลของระบบการวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถัน กล่าวคือ แปรรูปสารตัวเร่ง และปริมาณกำมะถัน นอกจากนี้ยังศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติด เช่น Coumarone indene resin, Wood rosin, Tamanol resin เป็นต้น โดยศึกษาเปรียบเทียบกับกาวพอลิไวนิลอะซีเตทที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เพื่อให้การศึกษามีความครบถ้วน งานวิจัยนี้ยังมุ่งเน้นการเตรียมกาวชนิดตัวกลางเป็นสารละลาย (Solvent based adhesive) จากกราฟต์โคพอลิเมอร์ระหว่างยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์ 2 ชนิด คือ เมทิลเมทาคริเลทและบิวทิลเมทาคริเลท โดยใช้ระบบการเริ่มต้นปฏิกิริยา คือ เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของโคมอนอเมอร์ ปริมาณสารเริ่มต้นปฏิกิริยา อุณหภูมิและเวลาการทำปฏิกิริยา วิเคราะห์โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ นำไปเตรียมเป็นกาวเพื่อทดสอบการยึดติดแผ่นไม้อัด โดยแปรปัจจัยต่างๆ เช่นเดียวกับกาวน้ำยางข้างต้น

2.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการเตรียมกาวน้ำยางและสารละลายกาวจากยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลทกับบิวทิลเมทาคริเลท โดยศึกษาอิทธิพลของระบบการวัลคาไนซ์และสารเพิ่มการยึดติดต่อสมบัติการยึดติดของกาวกับวัสดุประเภทไม้

2.3 ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการเตรียมยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยมอนอเมอร์ร่วม 2 ชนิดคือ เมทิลเมทาคริเลทและบิวทิลเมทาคริเลทในสถานะน้ำยางจากน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูงโดยใช้ระบบการเริ่มต้นปฏิกิริยาแบบรีดอกซ์ (Redox initiator) โดยแปรปริมาณของมอนอเมอร์ร่วมที่ใช้ วิเคราะห์โครงสร้างเคมี

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของมอนอเมอร์และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์ จากนั้น นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ไปเตรียมเป็นกาวสำหรับยึดติดแผ่นไม้ 2 รูปแบบคือ (1) กาวน้ำยาง และ (2) สารละลายกาวยาง ทดสอบสมบัติการยึดติดของแผ่นไม้อัด โดยศึกษาเปรียบเทียบกับกาวพอลิไวนิลอะซีเตตและกาวชนิดตัวทำละลายที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ โดยคำนิง (2542) ได้ศึกษาการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของ น้ำยางโปรตีนต่ำกับเมทิลเมทาคริเลท พบว่า ประสิทธิภาพการเกิดกราฟต์โคพอลิเมอร์สูงสุด เมื่อใช้สภาวะ การทำปฏิกิริยาดังนี้คือ ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยใช้เมทิลเมทาคริเลท 20 phr สนุ้ โปแทสเซียมลอรเทปปริมาณ 1.5 % และกวนด้วยอัตราเร็ว 120 รอบ/นาที การเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ใช้ มอนอเมอร์ร่วมกันมากกว่า 1 ชนิด ได้มีการศึกษาโดย Arayaprane, *et al* (2002) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผล ต่อปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับสไตรีนและเมทิลเมทาคริเลทโดยใช้ Cumene Hydroperoxide และ Sodium formaldehyde sulfoxylate dihydrate/EDTA-chelated Fe^{2+} เป็นตัวเริ่มต้น ปฏิกิริยาแบบรีดอกซ์และใช้ Sodium dodecylsulfate (SDS) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ นอกจากนี้ยังควบคุม pH ของ ระบบโดยการเติมโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นบัฟเฟอร์ (buffer) พบว่า ประสิทธิภาพของกราฟต์โคพอลิ เมอร์ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารเริ่มต้นปฏิกิริยา อิมัลซิไฟเออร์ สารย้ายสายโซ่ อุณหภูมิ และอัตราส่วน ระหว่างปริมาณมอนอเมอร์ต่อปริมาณยาง (monomer-to-rubber ratio) โดยประสิทธิภาพของกราฟต์โคพอลิ เมอร์มีค่าสูงสุดเมื่อใช้ปริมาณของสารเริ่มต้นปฏิกิริยาปริมาณ 2 phr ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 70°C และมีค่า ลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนระหว่างปริมาณมอนอเมอร์ต่อปริมาณยาง ต่อมา Arayaprane, *et al* (2003) ได้ วิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อปฏิกิริยาการกราฟต์สไตรีนและเมทิลเมทาคริเลทบนโมเลกุลของยางธรรมชาติ โดยใช้การออกแบบการทดลอง (experimental design) พบว่า ตัวแปรสำคัญที่มีผลมากต่อประสิทธิภาพการ กราฟต์ คือ ปริมาณของสารย้ายสายโซ่และอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา โดยที่อัตราส่วนของมอนอเมอร์ต่อ ยาง มีผลเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ปริมาณอิมัลซิไฟเออร์ ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกราฟต์แต่มีผลต่อความ เสถียรของอนุภาคยาง

การเพิ่มการยึดติดของกาวน้ำยางจากยางธรรมชาติได้มีการศึกษาโดยสุรัชย์ (2543) พบว่า การเพิ่ม ปริมาณคิวมาโรอินดินเรซิน (Coumarone indene resin) ทำให้กาวมีสมบัติความแข็งแรงของการติด ประสานสูงขึ้น แต่อายุของการเก็บกาวสั้นลง การใช้ด่างโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์เพื่อปรับ pH เริ่มต้นของ กาว ทำให้กาวมีอายุการเก็บนานขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า สมบัติความแข็งแรงของการติดประสานไม่ลดลง เมื่ออายุการเก็บนานขึ้น สุเชษฐ์ (2548) ได้เตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท โดยการพอลิเมอไรซ์แบบอิมัลชัน ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 50°C จากนั้นเตรียมกาวจากยางธรรมชาติกราฟต์ ด้วยเมทิลเมทาคริเลทที่มีน้ำเป็นตัวกลางและศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของยางธรรมชาติต่อเมทิลเมทาคริ เลทในปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ที่มีผลต่อสมบัติการติดประสานของกาว พบว่า กาวที่ใช้เมทิลเมทาคริ เลทสูงมีค่าความดึงผิวต่ำและมีค่าความแข็งแรงการติดประสานสูง การลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติ กราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลทสามารถทำได้โดยใช้สารลดน้ำหนักโมเลกุลคือ โปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตปริ

มาณ 1 phr และ โพรพาเนล ปริมาณ 15 phr ที่อุณหภูมิ 65°C ภายใต้บรรยากาศปกติ กาวที่เตรียมจากยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลทที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะมีความแข็งแรงการติดประสานที่สูงกว่า นอกจากนี้ได้แปรปริมาณของคิวมาโรอินดินเรซิน พบว่า การเพิ่มปริมาณสารเพิ่มการยึดติดสูงทำให้ความแข็งแรงการติดประสานสูงขึ้น พิมานจันทร์ (2548) ได้ศึกษาอิทธิพลของปริมาณแทกซิไฟเออร์และน้ำหนักโมเลกุลของน้ำยางธรรมชาติต่อคุณสมบัติการยึดติดและการลอกของเทปกาว Pressure sensitive adhesive ฐมาวดี (2549) ได้เตรียมสารละลายกาวยางสำหรับติดประสานงานไม้จากน้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์ลดน้ำหนักโมเลกุล โดยใช้ไซเคียมไนไตรท์ร่วมกับโพรพาเนล พบว่า การลดน้ำหนักโมเลกุลของยางธรรมชาติอีพอกไซด์สามารถช่วยปรับปรุงค่าความต้านทานต่อแรงฉีกของยางธรรมชาติอีพอกไซด์ นอกจากนี้ได้ศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารช่วยปรับปรุงสมบัติการยึดติด พบว่า กาวยางธรรมชาติอีพอกไซด์มีค่าความต้านทานต่อแรงฉีกสูงสุดเมื่อใช้คิวมาโรอินดินเรซินปริมาณ 40 phr สารละลายกาวยางธรรมชาติอีพอกไซด์ที่เตรียมได้ มีความแข็งแรงในการยึดติดสูงกว่าสารละลายกาวยางในเชิงการค้าที่ใช้ในการทดสอบ สุนิสา (2550) ได้ศึกษาการปรับปรุงกาวน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้สำหรับไม้ยางพารา โดยใช้ น้ำยางธรรมชาติอีพอกไซด์และน้ำยางธรรมชาติลดน้ำหนักโมเลกุลและศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณแทกซิไฟเออร์ โดยใช้สารเพิ่มความหนืดในกลุ่มแป้งและเซลลูโลส อิศรา (2550) ได้เตรียมกาวน้ำยางจากยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยอะคริลิกมอนอเมอร์ร่วม 3 ชนิด พบว่า การใช้เมทิลเมทาคริเลท/บิวทิลเมทาคริเลท/กรดอะคริลิก เท่ากับ 10/5/1 phr ให้การติดประสานแผ่นไม้ดีที่สุด

2.4 วิธีการทดลอง

2.4.1 การเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์

เตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับไวนิลมอนอเมอร์ 2 ชนิดคือ (1) เมทิลเมทาคริเลท (ผลิตโดย บริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศเยอรมนี) และ (2) บิวทิลเมทาคริเลท (ผลิตโดย บริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศเยอรมนี) โดยใช้ น้ำยางและสารเคมีต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 และมีขั้นตอนการทำปฏิกิริยาดังนี้ คือ นำน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูง (ผลิตโดย บริษัท ยะลาตาเท็กซ์ จำกัด มีค่า $\text{DRC} = 60.14\%$ และ $\text{TSC} = 60.94\%$) โปแทสเซียมลอเรท และเตตระเอทิลีนเพนตามีนเติมลงในปฏิกรณ์หลัก กวนด้วยความเร็ว 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นทำปฏิกิริยาภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนโดยหยดสารเคมีในภาชนะป้อนคือ คิวมินไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ผลิตโดยบริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศเยอรมนี) เมทิลเมทาคริเลท (ผลิตโดย บริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศเยอรมนี) และบิวทิลเมทาคริเลท (ผลิตโดย บริษัท Fluka chemical Co., Ltd ประเทศเยอรมนี) โดยใช้เวลาในการหยดประมาณ 1 ชั่วโมง โดยทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยกำหนดความเข้มข้นของน้ำยางธรรมชาติเริ่มต้นเท่ากับ 50 % การวิจัยได้เตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติโดยแปรปริมาณของมอนอเมอร์ร่วมดังนี้คือ 5: 2.5, 10:5, 15:7.5 และ 20:10 phr (โดยกำหนดอัตราส่วนของ MMA:BMA = 2:1 ส่วนโดยน้ำหนัก)

**ตารางที่ 1 สารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริลท
และบิวทิลเมทาคริลท**

สารเคมีในปฏิกิริยาหลัก

Additives	Weight (g)
60% HA-NRL	167
20% Potassium laurate	5
85% TEPA	0.015 mole
H ₂ O	34

สารเคมีในภาชนะป้อน

Additives	Weight (g)
Methyl methacrylate	10
Butyl methacrylate	5
80% CHPO	0.010 mole

นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ส่วนหนึ่งประมาณ 50 กรัม มาหยดไฮโดรควิโนน 10 หยด เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องแล้วจับตัวด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 10 % นำไปวิเคราะห์ % Conversion, % Free NR, % Free Polymer, % Grafting Efficiency ตามวิธีการในหัวข้อ 2.4.5.1 – 2.4.5.2 และ โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Fourier Transfer Infrared Spectrophotometer, FTIR) รุ่น Omic ESP Magna-IR 560 Spectrometer, Nicolet Instrument Corporation ประเทศสหรัฐอเมริกา ตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.5.3 นำกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ไปเตรียมเป็นกาว 2 แบบคือ (1) กาวน้ำยางชนิด Water-based adhesives ตามหัวข้อที่ 2.4.2 และ (2) สารละลายกาวชนิด Solvent-based adhesives ตามหัวข้อที่ 2.4.3 จากนั้นนำไปเตรียมเป็นชิ้นทดสอบทดสอบสมบัติความแข็งแรงของการติดไม้อัดแบบปอกและแบบเนียน ตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4

2.4.2 การเตรียมกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ

2.4.2.1 กาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ (ไม่ใช้สารวัลคาไนซ์)

2.4.2.1.1 อิทธิพลของชนิดและปริมาณของมอนอเมอร์

นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากหัวข้อ 2.4.1 โดยแปรปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA ดังนี้ คือ 5/2.5, 10/5, 15/7.5 และ 20/10 phr นำมาติดประสานกับไม้อัดตามวิธีการเตรียมชิ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนในหัวข้อที่ 2.4.4

2.4.2.1.2 อิทธิพลของชนิดสารเพิ่มการยึดติด

นำน้ำยางกราฟต์โพลีเมอร์ที่เตรียมได้จากหัวข้อที่ 2.4.1 โดยมีปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 52.65 % มาผสมกับสารเพิ่มการยึดติดชนิดต่างๆ คือ Koresin, Tamanol resin, Coumarone indene resin และ Petroleum resin ที่เตรียมในรูปดิเพอร์ชันเข้มข้น 50 % กำหนดปริมาณการใช้ 40 phr ใช้เวลาทวน 30 นาที บ่มกาวน้ำยางที่ได้ไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบฉีกตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4

2.4.2.1.3 อิทธิพลของปริมาณสารเพิ่มการยึดติด

นำน้ำยางกราฟต์โพลีเมอร์ที่เตรียมได้จากหัวข้อที่ 2.4.1 โดยมีปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 52.65 % มาผสมกับสารเพิ่มการยึดติดชนิด Coumarone indene resin ที่เตรียมในรูปดิเพอร์ชันเข้มข้น 50 % โดยแปรปริมาณการใช้ดังนี้คือ 40, 80, 120, 160 และ 200 phr ใช้เวลาทวน 30 นาที บ่มกาวน้ำยางที่ได้ไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบฉีกตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4

2.4.2.2 กาวน้ำยางจากกราฟต์โพลีเมอร์ของยางธรรมชาติ (ใช้สารวัลคาไนซ์)

2.4.2.2.1 อิทธิพลของสารตัวเร่ง ZDEC

นำน้ำยางกราฟต์โพลีเมอร์ที่เตรียมได้จากหัวข้อที่ 2.4.1 โดยมีปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 52.65 % มาผสมสารเคมีชนิดต่างๆ ในรูป 50 % dispersion คือ Coumarone indene resin = 80 phr; ZnO = 5 phr; Sulfur = 2 phr โดยแปรปริมาณ ZDEC ดังนี้คือ 0.5, 1, 2 และ 3 phr ใช้เวลาทวน 30 นาที บ่มกาวน้ำยางที่ได้ไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบฉีกตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4

2.4.2.2.2 อิทธิพลของสารวัลคาไนซ์

นำน้ำยางกราฟต์โพลีเมอร์ที่เตรียมได้จากหัวข้อที่ 2.4.1 โดยมีปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 52.65 % มาผสมสารเคมีชนิดต่างๆ ในรูป 50 % dispersion คือ Coumarone indene resin = 80 phr; ZnO = 5 phr; ZDEC = 2 phr โดยแปรปริมาณ Sulfur ดังนี้คือ 1, 1.5, 2 และ 2.5 phr ใช้เวลาทวน 30 นาที บ่มกาวน้ำยางที่ได้ไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบฉีกตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4

2.4.2.2.2 อิทธิพลของเวลาการวัลคาไนซ์

นำกาวนำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมโดยใช้ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr มาผสมสารเคมีชนิดต่างๆ ในรูป 50 % dispersion คือ Coumarone indene resin = 80 phr; ZnO = 5 phr; ZDEC = 2 phr และ Sulfur = 2 phr แล้วนำไปติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4 โดยให้ความร้อนขึ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 80°C จากนั้นแปรเวลาในการอบดังนี้คือ 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง

2.4.2.3 เปรียบเทียบสมบัติของกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์กับน้ำยางชั้นชนิดแอมโมเนียสูงและกาวลาเท็กซ์ชนิดพอลิไวนิลอะซิเตท

นำกาวลาเท็กซ์ชนิดพอลิไวนิลอะซิเตทอนกประสงค์ยี่ห้อ TOA (ผลิตโดยบริษัท TOA Chemical Industries Limited, ประเทศไทย) มาติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4 แล้วนำค่าความแข็งแรงของการติดประสานเปรียบเทียบกับกาวนำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ

2.4.3 การเตรียมสารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ

2.4.3.1 สารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ (ไม่ใช้สารวัลคาไนซ์)

2.4.2.1.1 อิทธิพลของชนิดและปริมาณของมอนอเมอร์

นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากหัวข้อ 2.4.1 โดยแปรปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA ดังนี้ คือ 5/2.5, 10/5, 15/7.5 และ 20/10 phr มาจับตัวด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 10 % ล้างด้วยน้ำกลั่นและอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40°C จากนั้นนำมาละลายด้วยตัวทำละลาย MEK:Toluene อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ควบคุมความเข้มข้นของสารละลายเท่ากับ 20% กวนตลอดเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาติดประสานกับไม้อัดตามวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนในหัวข้อที่ 2.4.4

2.4.2.1.2 อิทธิพลของชนิดสารเพิ่มการยึดติด

เตรียมสารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์เข้มข้น 20 % เช่นเดียวกับหัวข้อ 2.4.2.1.1 โดยมีปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr ผสมกับสารละลายของสารเพิ่มการยึดติดชนิดต่างๆ คือ Koresin, Tamanol resin, Coumarone indene resin, Wood resin และ Petroleum resin ที่เตรียมในรูปสารละลายเข้มข้น 60 % ในตัวทำละลาย MEK:Toluene กำหนดปริมาณการใช้ 40 phr ใช้เวลา 1 ชั่วโมง บ่มสารละลายกาวที่ได้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4

2.4.2.1.3 อิทธิพลของปริมาณสารเพิ่มการยึดติด

เตรียมสารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์เข้มข้น 20 % เช่นเดียวกับหัวข้อ 2.4.2.1.1 โดยมีปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr ผสมกับสารละลายของสารเพิ่มการยึดติดชนิด Koresin ที่เตรียมในรูปสารละลายเข้มข้น 60 % โดยแปรปริมาณการใช้ดังนี้คือ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 phr ใช้เวลา

กวน 1 ชั่วโมง บ่มสารละลายกาวยางที่ได้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4

2.4.2.2 สารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ (ใช้สารวัลคาไนซ์)

2.4.2.2.1 อิทธิพลของสารตัวเร่ง ZDEC

เตรียมสารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์เข้มข้น 20 % เช่นเดียวกับหัวข้อ 2.4.2.1.1 โดยมีปริมาณมอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr มาผสมสารเคมีชนิดต่างๆ คือ Koresin = 60 phr; ZnO = 5 phr; Sulfur = 2 phr โดยแปรปริมาณ ZDEC ดังนี้คือ 0.5, 1, 2 และ 3 phr ใช้เวลา กวน 1 ชั่วโมง บ่มสารละลายกาวยางที่ได้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4

2.4.2.2.2 อิทธิพลของสารวัลคาไนซ์

เตรียมสารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์เข้มข้น 20 % เช่นเดียวกับหัวข้อ 2.4.2.1.1 โดยมีปริมาณมอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr มาผสมสารเคมีชนิดต่างๆ คือ Koresin = 60 phr; ZnO = 5 phr; ZDEC = 2 phr โดยแปรปริมาณ Sulfur ดังนี้คือ 1, 1.5, 2 และ 2.5 phr ใช้เวลา กวน 1 ชั่วโมง บ่มสารละลายกาวยางที่ได้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4

2.4.2.2.3 อิทธิพลของเวลาการวัลคาไนซ์

นำสารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์เข้มข้น 20 % เช่นเดียวกับหัวข้อ 2.4.2.1.1 โดยมีปริมาณมอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr มาผสมสารเคมีชนิดต่างๆ ในรูป 50 % dispersion คือ Coumarone indene resin = 80 phr; ZnO = 5 phr; ZDEC = 2 phr และ Sulfur = 2 phr ใช้เวลา กวน 1 ชั่วโมง บ่มสารละลายกาวยางที่ได้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4 โดยให้ความร้อนขึ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 80°C จากนั้นแปรเวลาในการอบดังนี้คือ 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง

2.4.2.3 เปรียบเทียบสมบัติของสารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์กับกาวชนิดตัวทำละลายที่จำหน่ายในท้องตลาด

นำกาวทางการค้า คือ DUNLOP (ผลิตโดย บริษัท ดันลอปฟิลล์ (ประเทศไทย) จำกัด) BOSNY GLUE 66 (ผลิตโดย บริษัท อาร์ เจ ลอนดอนเคมีคอลอินดัสทรีส์ จำกัด), DRAGON (ผลิตโดยบริษัท บจ. พัฒนาชัย ชัพพอร์ท ประเทศไทย), TORBO (ผลิตโดย บริษัท นำดีวัฒน์เคมีคอลอินดัสทรีส์ จำกัด), SPB (ผลิตโดย บริษัท เซนปีเตอร์ กรุงเทพ จำกัด) และกาวตราเสือ (ผลิตโดย บริษัท ศรีไทยเกษมอิมพอร์ต จำกัด) มาติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4 แล้วนำค่าความแข็งแรงของการติดประสานเปรียบเทียบกับสารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ

2.4.4 การเตรียมชิ้นทดสอบ

นำกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้หรือกาวพอลิไวโนลอะซีเตทหรือกาวชนิดสารละลายในทางการค้ามาทำการติดประสานซึ่งจะต้องควบคุมปริมาณกาวที่ทำให้เต็มพื้นที่ผิวหน้าการติดประสานบนไม้ชั้นที่ 1 เพื่อให้เนื้อกาวเท่ากันทุกชิ้นทดสอบ แล้วนำไม้ชั้นที่ 2 มาประกบ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ตั้งชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน หลังจากนั้นนำไปทดสอบความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอกและแบบเฉือน

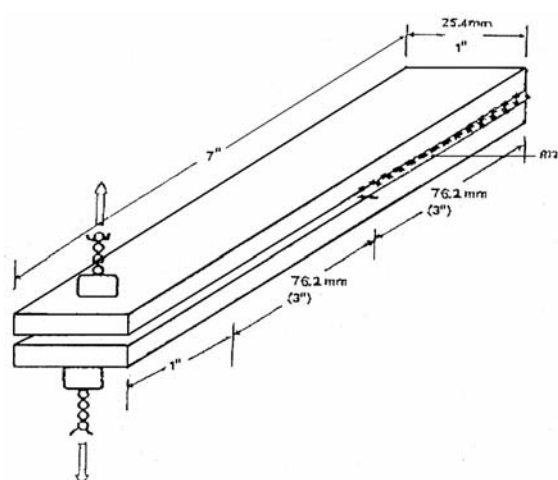
การเตรียมชิ้นทดสอบมี 2 ลักษณะ ดังนี้คือ

1. การทดสอบการติดประสานแบบปอก (Cleavage Peel Test) โดยใช้มาตรฐานของ ASTM D3807-98 ชิ้นทดสอบมีลักษณะดังรูปที่ 1(1) ทดสอบด้วยเครื่อง Tensile testing machine ด้วยความเร็ว 12.7 mm. / min ค่าความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอกรายงานเป็นค่าแรงสูงสุดต่อความกว้างของชิ้นทดสอบ ดังสมการที่ (1)

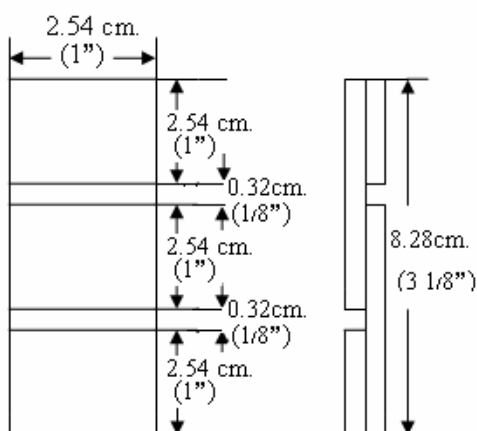
$$\text{Cleavage peel strength (N/in)} = \frac{\text{Maxforce(N)}}{\text{Width(in)}} \quad (1)$$

2. การทดสอบการติดประสานแบบเฉือน (Shear Test) โดยใช้มาตรฐานของ ASTM D2339-98 ชิ้นทดสอบมีลักษณะดังรูปที่ 1(2) ทดสอบด้วยเครื่อง Tensile testing machine ด้วยความเร็วที่ทำให้เกิดแรง 500-1000 N/min ค่าความแข็งแรงของการติดประสานแบบเฉือนรายงานเป็นค่าแรงสูงสุดต่อพื้นที่ที่ติดประสาน ดังสมการที่ (2)

$$\text{Shear strength (KPa)} = \frac{\text{Maxforce(N)}}{\text{Area(m}^2\text{)} \times 1000} \quad (2)$$



(1)



(2)

รูปที่ 1 ขนาดของขั้นตอนทดสอบ (1) การติดประสานแบบลอกตามมาตรฐาน ASTM D3807-98 (2) การติดประสานแบบเลื่อน ตามมาตรฐาน ASTM D2339-98

2.4.5 การวิเคราะห์

2.4.5.1 การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ (% Conversion) โดยนำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้หนักประมาณ 5 กรัม (ทศนิยมละเอียดย 4 ตำแหน่ง) เทน้ำยางลงในกระชอนฟีกา อบที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักของแข็งที่ได้ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์

2.4.5.2 การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การเกิด Free NR, Free Polymer และ Grafting Efficiency โดยนำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์จับตัวด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติที่อบแล้วประมาณ 3 กรัม (ละเอียดยทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ไปสกัดยางธรรมชาติที่ไม่เกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ (free NR) ด้วยชุดสกัด Soxhlet โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ (ชนิด AR grade มีจุดเดือด 40 ถึง 60°C ผลิตโดย Labscan Asia Co., Ltd. ประเทศไทย) ใช้เวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำกลับมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำกลับมาสกัดพอลิเมอร์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ ด้วยชุดสกัด Soxhlet โดยใช้อะซิโตน (ผลิตโดย Labscan Asia Co., Ltd. ประเทศไทย) ใช้เวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหา % free NR, % free Polymer และ % Grafting Efficiency (% GE)

2.4.5.3 การวิเคราะห์โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี โดยนำกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ผ่านการสกัดยางธรรมชาติและพอลิเมอร์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์แล้ว มาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ นำมาละลายด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างโทลูอีน (ผลิตโดย Labscan Asia Co., Ltd ประเทศไทย) และเมทิลเอทิลคีโตน (ผลิตโดย Labscan Asia Co., Ltd ประเทศไทย) ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้มาทาบนเซลล์โพแทสเซียมโบรไมด์เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ นำไปอบเพื่อระเหยตัวทำละลาย นำไปวิเคราะห์โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

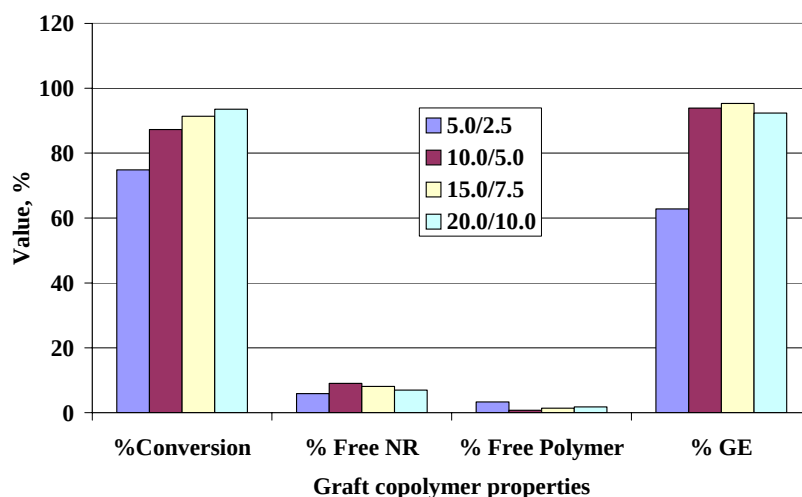
2.5 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

2.5.1 อิทธิพลของปริมาณของกลุ่มมอนอเมอร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ต่อสมบัติของน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ

2.5.1.1 สมบัติของน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์และการดำเนินไปของปฏิกิริยา

จากการวิเคราะห์สมบัติของกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่แปรปริมาณของกลุ่มมอนอเมอร์ MMA และ BMA โดยทดสอบ % Conversion, % Free NR, % Free Polymer และ % Grafting Efficiency นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 2 พบว่า เมื่อปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์เพิ่มขึ้น จะทำให้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ และ % Grafting Efficiency เพิ่มขึ้น โดยที่ % Grafting Efficiency จะมีค่าสูงสุดเมื่อ

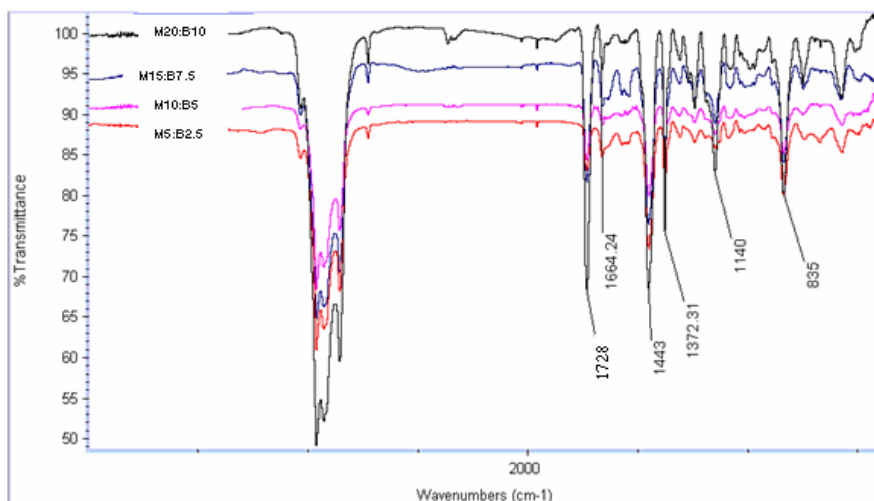
ใช้ปริมาณมอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณมอนอเมอร์มากขึ้นไปอีก % Grafting Efficiency กลับลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kochthongrasamee *et al.* (2005) พบว่าแนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงของ % Grafting Efficiency เป็นไปตามปริมาณสัดส่วนของมอนอเมอร์ที่ใช้ศึกษาคือ เมทิลเมทาคริเลต นอกจากนี้แนวโน้มดังกล่าวยังพบได้ในปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิสไตรีน (สิทธิพงษ์, 2547; Kawahara, 2007) โดยที่ % Free NR มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ % Free Polymer มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อปริมาณมอนอเมอร์มีมากขึ้น จะมีปฏิกิริยาข้างเคียง (side reaction) เกิดขึ้นในเฟสของน้ำ เช่น การถ่ายโอนอนุมูลอิสระไปยังมอนอเมอร์ (chain transfer to monomer) ทำให้เกิดปฏิกิริยา homopolymerization ได้มากกว่าปฏิกิริยา graft copolymerization ทำให้ % Grafting Efficiency มีค่าลดลง



รูปที่ 2 อิทธิพลของปริมาณมอนอเมอร์ในการทำปฏิกิริยาต่อ % Conversion, % Free NR % Free Polymer, % Grafting Efficiency

2.5.1.2 การวิเคราะห์โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

นำกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับมอนอเมอร์ที่สังเคราะห์ได้มาสกัดยางธรรมชาติและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ ปล่อยให้แห้งด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างโทลูอีนกับเมทิลเอทิลคีโตน นำไปวิเคราะห์โครงสร้างทางโมเลกุลด้วยเครื่อง FTIR ได้สเปกตรัมอินฟราเรดและฟลักซ์ของการดูดกลืนแสงอินฟราเรด ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 สเปกตรัมอินฟราเรดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท และ บิวทิลเมทาคริเลท ที่ใช้ปริมาณมอนอเมอร์ต่างๆ

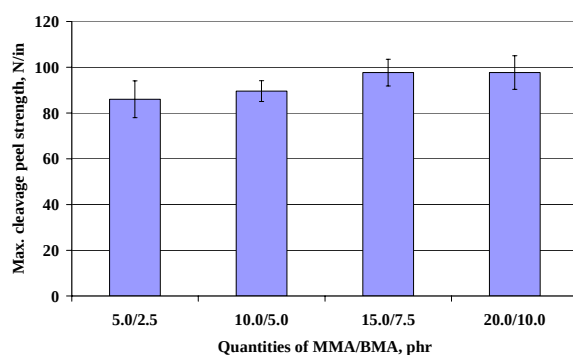
จากสเปกตรัมอินฟราเรดในรูปที่ 3 พบว่า ปรากฏพีคการดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่เลขคลื่น 1140 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงการสั่นแบบยืดของพันธะ C-O stretching และเลขคลื่น 1728 cm^{-1} แสดงถึงการสั่นแบบยืดของ C=O stretching ซึ่งพันธะทั้งสองชนิดจะปรากฏอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลของเมทิลเมทาคริเลทและบิวทิลเมทาคริเลท นอกจากนี้จะพบว่า การเพิ่มปริมาณมอนอเมอร์ MMA/BMA จะทำให้ความเข้มของพีคทั้งสองมีปริมาณมากขึ้น แสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณมอนอเมอร์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้เกิดการเกาะติดของมอนอเมอร์ในโมเลกุลยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น

2.5.2 สมบัติการยึดติดของกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ

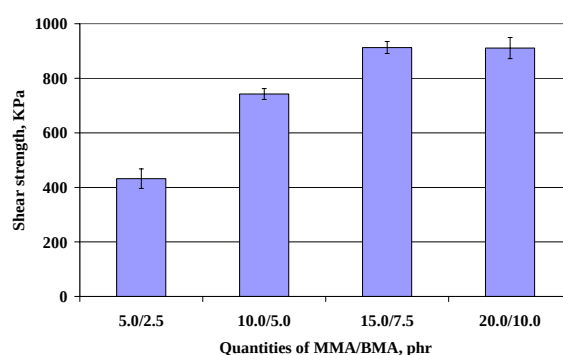
2.5.2.1 กาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์โดยไม่มีสารวัลคาไนซ์

2.5.2.1.1 อิทธิพลของปริมาณมอนอเมอร์ที่ใช้ต่อการติดประสาน

นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากหัวข้อ 2.4.1 โดยแปรปริมาณมอนอเมอร์ MMA และ BMA ต่างๆ มาทดสอบสมบัติการติดประสานแบบปอกและแบบเนียน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4



(1)



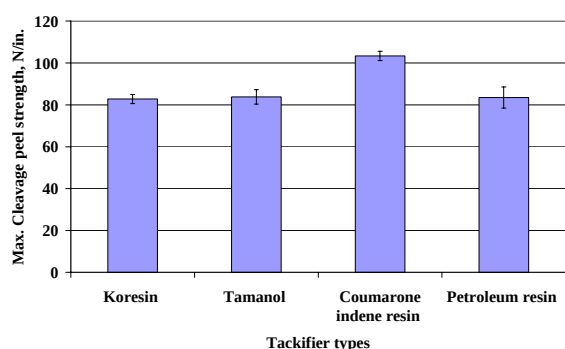
(2)

รูปที่ 4 (1) ความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกสูงสุดและ (2) ความแข็งแรงการติดประสานแบบเนียนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์โดยแปรปริมาณมอนอเมอร์

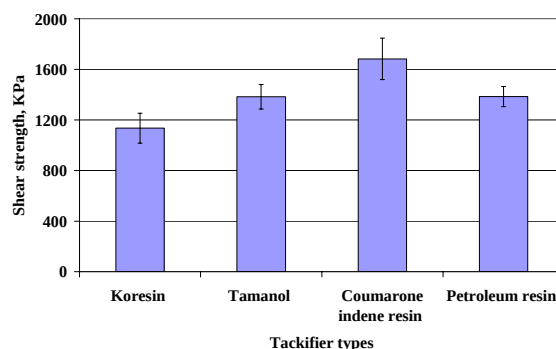
จากรูปที่ 4 พบว่า เมื่อปริมาณกลุ่มอนอเมอร์เพิ่มขึ้น ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนมีค่าเพิ่มขึ้น เพราะปริมาณอนอเมอร์มากขึ้น ทำให้ปริมาณการเกาะติดของมอนอเมอร์บนโมเลกุลของธรรมชาติเพิ่มขึ้นตามไปด้วย การติดประสานที่เพิ่มมากขึ้นเกิดจากมีพันธะเคมีที่เกิดจากหมู่ฟังก์ชันที่ปรากฏในโมเลกุลของมอนอเมอร์ทั้งสองชนิดที่ใช้คือ หมู่เอสเทอร์กับหมู่ไฮดรอกซิลที่มีอยู่ในโครงสร้างเซลลูโลส โดยพันธะที่เกิดขึ้นเป็นพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bonding) ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณกลุ่มอนอเมอร์จึงทำให้การติดประสานเพิ่มมากขึ้น จากผลการทดลองพบว่า น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการทำวาล์ว คือ ใช้ปริมาณกลุ่มอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15:7.5 phr เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียมให้ % Grafting efficiency สูง รวมทั้งมีความแข็งแรงของการติดประสานทั้งแบบปอกและแบบเนียนและได้น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่มีความเสถียร

2.5.2.1.2 อิทธิพลของชนิดสารเพิ่มการยึดติดต่อการติดประสาน

นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่มีอัตราส่วนกลุ่มอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr มาผสมสารเพิ่มการยึดติดปริมาณ 40 phr โดยแปรชนิดสารเพิ่มการยึดติดดังนี้คือ Koresin, Tamanol resin, Coumarone indene resin และ Petroleum resin แล้วนำมาติดประสานไม้อัด และทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5



(1)



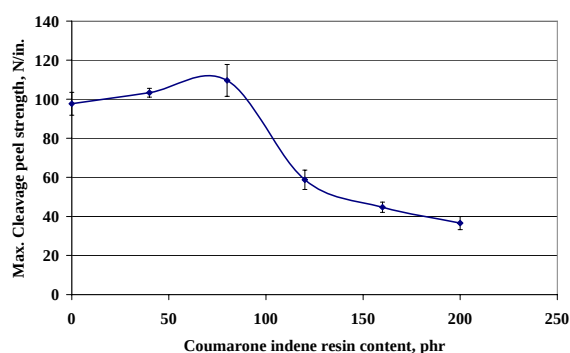
(2)

รูปที่ 5 (1) ความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกสูงสุดและ (2) ความแข็งแรงการติดประสานแบบเนียนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ โดยแปรชนิดสารเพิ่มการยึดติด

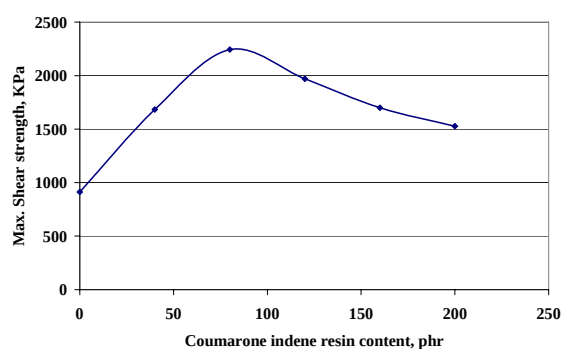
จากรูปที่ 5 พบว่า ชนิดของสารเพิ่มการยึดติดที่ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานทั้งแบบปอกและแบบเนียนเรียงลำดับได้ดังนี้คือ Coumarone indene resin > Petroleum resin $\approx$ Tamanol resin > Koresin โดย Coumarone indene resin เป็นสารเพิ่มการยึดติดที่ให้ค่าความแข็งแรงของการติดประสานทั้งแบบปอกและแบบเนียนมากที่สุด โดยเรซินที่ใช้ในการวิจัยมีหมู่ฟังก์ชันที่มีขั้ว จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ฟังก์ชันในโมเลกุลของกราฟต์โคพอลิเมอร์และเซลลูโลสได้ เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 4 พบว่า การใช้สารเพิ่มการยึดติดจะทำให้การติดประสานทั้ง 2 แบบเพิ่มมากขึ้น

2.5.2.1.3 การศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารเพิ่มการยึดติด

นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่มีอัตราส่วนกลุ่มอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr มาผสมสารเพิ่มการยึดติดชนิด Coumarone indene resin โดยแปรปริมาณสารเพิ่มการยึดติดคือ 0, 40, 80, 120, 160 และ 200 phr แล้วนำมาติดประสานไม้อัด และทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเฉือน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 6 พบว่า การเพิ่มปริมาณสารเพิ่มการยึดติดชนิด Coumarone indene resin ทำให้ค่าความแข็งแรงของการติดประสานทั้งแบบปอกและแบบเฉือนมากขึ้น เนื่องจากเรซินชนิดนี้มีหมู่ฟังก์ชันที่เป็นขั้ว จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลเซลลูโลสของไม้ ดังนั้นการเพิ่มปริมาณเรซินชนิดคิวมาโรอินดีนมากขึ้นจึงทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนได้มากขึ้นทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานเพิ่มขึ้น โดยปริมาณคิวมาโรอินดีนเรซิน ที่ให้ค่าความแข็งแรงของการติดประสานทั้งแบบปอกและแบบเฉือนสูงสุดคือ 80 phr แต่เมื่อเพิ่มปริมาณคิวมาโรอินดีนเรซินมากกว่า 80 phr พบว่า สมบัติการติดประสานทั้งแบบปอกและแบบเฉือนมีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณเรซินชนิดนี้ทำให้มีข้อจำกัดด้านความเข้ากันได้ของกราฟต์โคพอลิเมอร์กับเรซินชนิดดังกล่าว รวมทั้งเกิดการกระจายตัวได้ไม่ดี และกาวน้ำยางที่เตรียมได้มีส่วนของพอลิเมอร์หรือน้อยลง ทำให้เกิดการแทรกเข้าไปในเนื้อไม้ได้น้อยลง ส่งผลให้การติดประสานแบบ Mechanical interlocking ลดลง



(1)



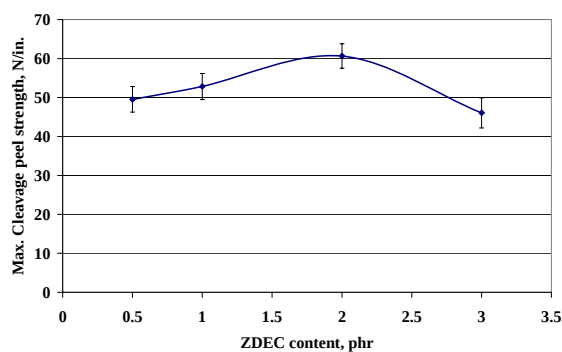
(2)

รูปที่ 6 (1)ความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกสูงสุดและ (2) ความแข็งแรงการติดประสานแบบเฉือนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ โดยแปรปริมาณสารเพิ่มการยึดติด

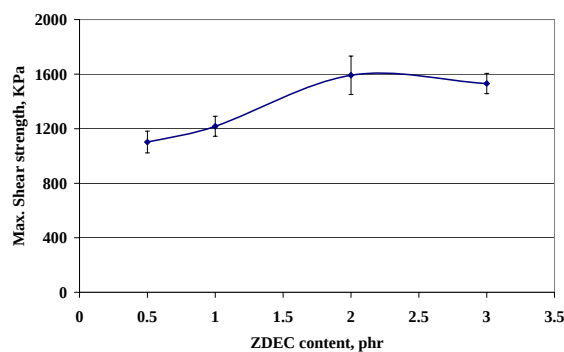
2.5.2.2 กาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์โดยใช้สารตัวกลาง

2.5.2.2.1 อิทธิพลของสารตัวเร่ง ZDEC ต่อการติดประสาน

นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่มีอัตราส่วนกลุ่มอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr นำมาใส่สารเคมีดังนี้คือ Coumarone indene resin = 80 phr, sulphur = 2 phr, ZnO = 5 phr โดยแปรปริมาณ ZDEC ดังนี้คือ 0.5, 1, 2 และ 3 phr แล้วนำมาติดประสานไม้อัด และทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเฉือน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 7



(1)



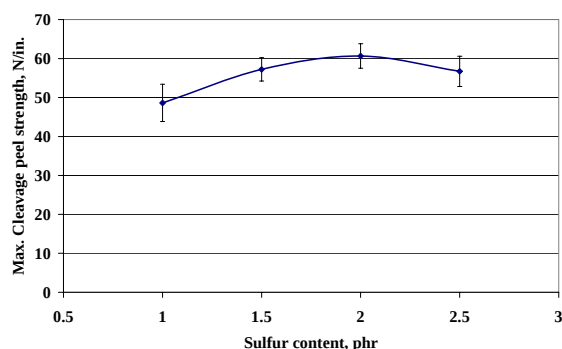
(2)

รูปที่ 7 (1)ความแข็งแรงการติดประสานแบบลอกสูงสุดและ (2) ความแข็งแรงการติดประสานแบบเฉือนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์โดยแปรปริมาณสารตัวเร่ง ZDEC

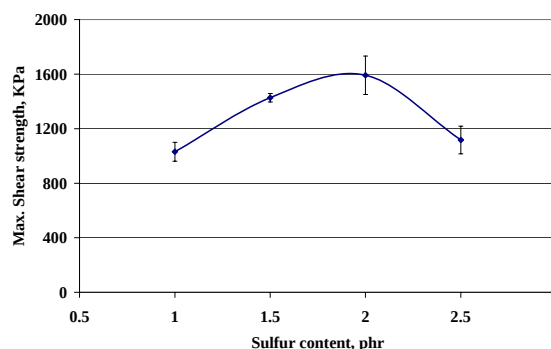
จากรูปที่ 7 พบว่า การเพิ่มปริมาณสารตัวเร่ง ZDEC ตั้งแต่ 0.5-2 phr ทำให้ความแข็งแรงต่อการติดประสานทั้งแบบลอกและแบบเฉือนเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารตัวเร่งทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยระหว่างโมเลกุลยางได้เร็วขึ้นและเกิดปริมาณพันธะเชื่อมโยงได้มาก ทำให้เฟสของยางมีความแข็งแรงมากขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณสารตัวเร่ง ZDEC มากกว่า 2 phr ทำให้ความแข็งแรงต่อการติดประสานทั้งแบบลอกและแบบเฉือนลดลง นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีสารวัลคาไนซ์ในรูปที่ 6 พบว่า การใช้สารตัวเร่ง ZDEC ผสมลงไปในกาวน้ำยาง ทำให้การติดประสานด้อยลง เนื่องจากสารวัลคาไนซ์ถูกเตรียมในรูป dispersion สารจึงแขวนลอยอยู่ในเฟสของน้ำยางนั้นจึงมีอนุภาคขนาดใหญ่บางส่วนที่กระจายอยู่บริเวณผิวสัมผัส (surface) ระหว่างน้ำยางและวัสดุที่นำมายึดติด ทำให้โมเลกุลของยางไม่สามารถเปียกผิวและแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างหรือรูพรุนบริเวณพื้นผิวไม่ได้ นอกจากนี้สารวัลคาไนซ์ยังไม่มีสมบัติด้านการยึดติด (Tackability) ในขณะที่ Coumarone indene resin แม้จะเตรียมในรูป dispersion และกระจายอยู่บริเวณผิวสัมผัสระหว่างน้ำยางและวัสดุ แต่เป็นสารที่มีหมู่ฟังก์ชันที่เป็นขั้ว จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับเนื้อไม้ที่เป็นเซลลูโลสได้ ทำให้การติดประสานให้ดีขึ้น นอกจากนี้การมีสารตัวเร่งกับกำมะถันทำให้โมเลกุลของยางเกิดปฏิกิริยาระหว่างการให้ความร้อน ส่งผลให้การแพร่ของโมเลกุลยางเข้าไปในเนื้อไม้ลดลง ทำให้กลไกการติดประสานแบบ Mechanical interlocking ลดลง

2.5.2.2.2 อิทธิพลของสารวัลคาไนซ์ต่อการติดประสาน

นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่มีอัตราส่วนกลุ่มอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr นำมาใส่สารเคมีดังนี้คือ Coumarone indene resin = 80 phr, ZnO = 5 phr, ZDEC = 2 phr โดยแปรปริมาณ sulphur ดังนี้คือ 1, 1.5, 2 และ 2.5 phr แล้วนำมาติดประสานไม้อัดและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบลอกและแบบเฉือน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 8



(1)



(2)

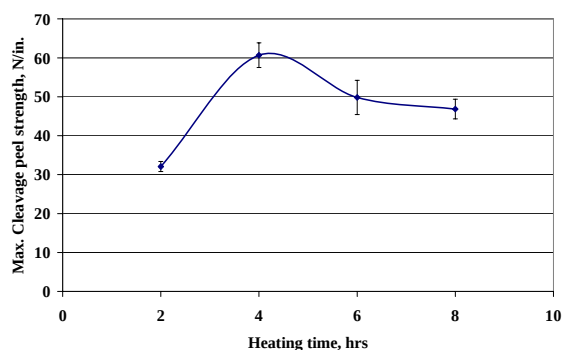
รูปที่ 8 (1) ความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกสูงสุดและ (2) ความแข็งแรงการติดประสานแบบฉีกสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ โดยแปรปริมาณกำมะถัน

จากรูปที่ 8 พบว่า การเพิ่มปริมาณกำมะถัน ตั้งแต่ 1-2 phr ทำให้ความแข็งแรงต่อการติดประสานทั้งแบบปอกและแบบฉีกเพิ่มขึ้น เนื่องจากกำมะถันทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยระหว่างโมเลกุลยางขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณกำมะถันมากกว่า 2 phr ทำให้ความแข็งแรงต่อการติดประสานทั้งแบบปอกและแบบฉีกลดลง โดยการเกิดพันธะเชื่อมโยของกาวน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ขึ้นที่ตำแหน่งพันธะคู่ในโมเลกุลของยางธรรมชาติที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชัน นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีสารวัลคาไนซ์ พบว่า ความแข็งแรงของการติดประสานมีค่าลดลง โดยมีเหตุผลในทำนองเดียวกับการใช้สารตัวเร่ง ZDEC

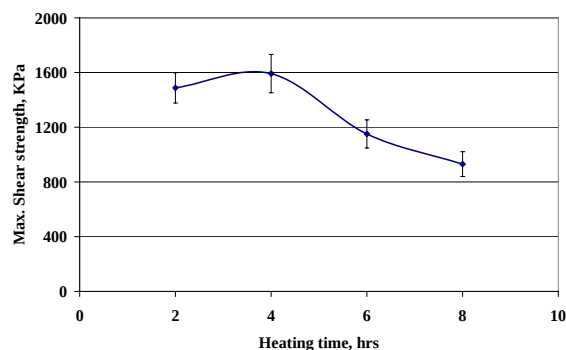
2.5.2.2.2 อิทธิพลของเวลาในการวัลคาไนซ์ต่อการติดประสาน

นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่มีอัตราส่วนกลุ่มอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr มาใส่สารเคมีดังนี้คือ Coumarone indene resin = 80 phr, ZnO = 5 phr, ZDEC = 2 phr และ sulphur = 2 phr แล้วแปรเวลาในการวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 80°C ดังนี้คือ 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง นำมาติดประสานไม้อัดและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบฉีก ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 9

จากรูปที่ 9 พบว่า ความแข็งแรงต่อการติดประสานทั้งแบบปอกและแบบฉีกเพิ่มสูงขึ้น เมื่อใช้เวลาในการวัลคาไนซ์เพิ่มขึ้นจาก 2 ชั่วโมงเป็น 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นความแข็งแรงของการติดประสานมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการเพิ่มเวลาวัลคาไนซ์ในช่วงแรกทำให้เกิดปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ได้สูงขึ้นและเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่ฟังก์ชันในโครงสร้างกราฟต์โคพอลิเมอร์กับเซลล์โลสไนไม์ ทำให้ปริมาณพันธะเชื่อมโยเพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อการติดประสานที่แข็งแรงมากขึ้นด้วย แต่เมื่อใช้เวลาวัลคาไนซ์มากกว่า 4 ชั่วโมง ความแข็งแรงของการติดประสานมีแนวโน้มลดลง



(1)

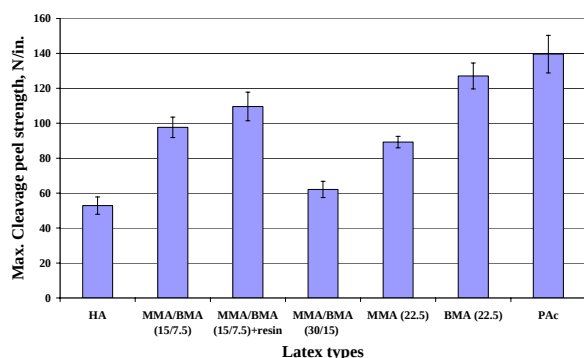


(2)

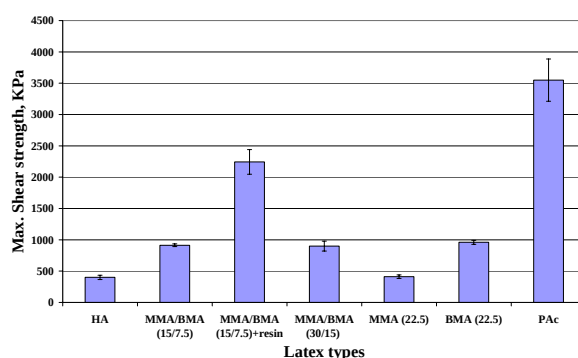
รูปที่ 9 (1) ความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกสูงสุดและ (2) ความแข็งแรงการติดประสานแบบเนียนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท และบิวทิลเมทาคริเลท โดยแปรเวลาในการวัลคาไนซ์

2.5.2.3 เปรียบเทียบสมบัติของกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์กับน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง และกาวลาเท็กซ์ชนิดพอลิไวนิลอะซิเตท

นำกาวลาเท็กซ์ชนิดพอลิไวนิลอะซิเตททางการค้า คือ TOA มาติดประสานไม้อัด แล้วทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียน นำค่าความแข็งแรงของการติดประสานเปรียบเทียบกับกาวกราฟต์โคพอลิเมอร์ดังนี้คือ (1) น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ (MMA:BMA = 15:7.5 phr) ใส่และไม่ใส่ coumarone indene resin ปริมาณ 80 phr (2) น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ (MMA = 22.5 phr) (3) น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ (BMA = 22.5 phr) (4) น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 30/15 phr และ (4) น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 10



(1)



(2)

รูปที่ 10 (1) ความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกสูงสุดและ (2) ความแข็งแรงการติดประสานแบบเนียนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ และน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง เปรียบเทียบกับกาวพอลิไวนิลอะซิเตท

จากรูปที่ 10 พบว่า ค่าการติดประสานทั้งแบบปอกและแบบเนียนเรียงจากน้อยไปมากคือ น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ (MMA = 22.5 phr) น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ (MMA/BMA

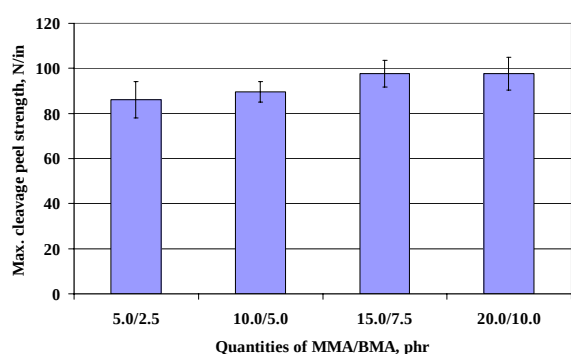
= 30/15 phr) นำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ (MMA/BMA = 15/7.5 phr) นำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ (BMA = 22.5 phr) และกาวพอลิไวนิลอะซิเตท ตามลำดับ โดยพบว่า การกราฟต์มอนอเมอร์ลงไปในโมเลกุลของยางธรรมชาติทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานทั้งแบบลอกและแบบเนียนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับโมเลกุลของยางธรรมชาติ เนื่องจากมีหมู่ฟังก์ชันที่เป็นขั้ว ทำให้สามารถติดประสานกับไม้ได้ดีขึ้น เมื่อพิจารณาถึงชนิดของมอนอเมอร์ที่ให้ค่าการติดประสานทั้งแบบลอกและแบบเนียนมากที่สุดคือ BMA โดยที่นำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ (MMA/BMA = 15/7.5 phr) มีค่าการติดประสานที่ใกล้เคียงกับนำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ (BMA = 22.5 phr) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์เป็น MMA/BMA = 30/15 phr ทำให้ค่าการติดประสานทั้งแบบลอกและแบบเนียนมีค่าลดลง แต่เมื่อนำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ MMA/BMA = 15/7.5 phr มาผสมกับ 80 phr coumarone indene resin จะให้ค่าการติดประสานทั้งแบบลอกและแบบเนียนที่สูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดประสานแบบเนียน เนื่องจากคิวมาโรนอินดีนเรซินสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับเนื้อไม้ได้ แต่อย่างไรก็ตามความแข็งแรงของการติดประสานทั้งแบบลอกและแบบเนียนของนำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ก็ยังมีค่าต่ำกว่ากาวพอลิไวนิลอะซิเตททางการค้า โดยเฉพาะการติดประสานแบบเนียน

2.5.3 สมบัติการยึดติดของสารละลายกาวยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ

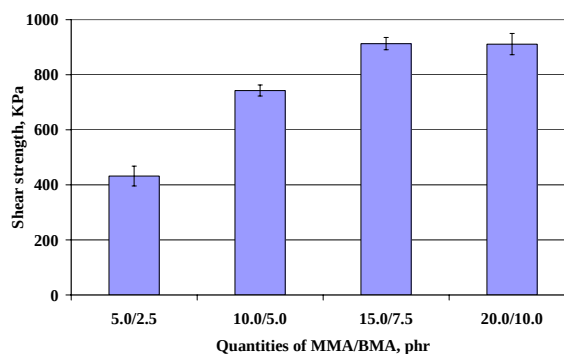
2.5.3.1 สารละลายกาวยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์โดยไม่มีสารวัลคาไนซ์

2.5.3.1.1 อิทธิพลของปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ที่ใช้ต่อการติดประสานของสารละลายกาว

นำสารละลายกาวยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากหัวข้อ 2.4.2.1.1 โดยแปรปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA ดังนี้คือ 5/2.5, 10/5, 15/7.5 และ 20/10 phr นำมาติดประสานกับไม้อัดตามวิธีการเตรียมขึ้นและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบลอกและแบบเนียน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 11



(1)



(2)

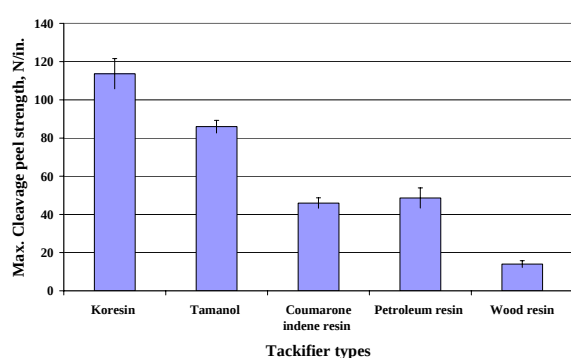
รูปที่ 11 (1) ความแข็งแรงการติดประสานแบบลอกสูงสุดและ (2) ความแข็งแรงการติดประสานแบบเนียนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติโดยแปรชนิดของสารเพิ่มการยึดติด

จากรูปที่ 11 พบว่า เมื่อปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์เพิ่มขึ้น ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานแบบลอกและแบบเนียนมีค่าเพิ่มขึ้น เพราะปริมาณมอนอเมอร์มากขึ้นทำให้ปริมาณการเกาะติดบนโมเลกุลของ

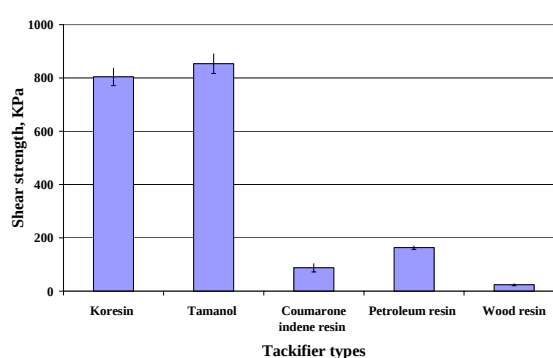
ธรรมชาติเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยให้ผลการทดลองในทำนองเดียวกับกาวน้ำยางในหัวข้อที่ 2.5.2.1.1 โดยปริมาณของกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA = 15/7.5 phr ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด

2.5.3.1.2 อิทธิพลของชนิดสารเพิ่มการยึดติดต่อการติดประสานของสารละลายกาว

เตรียมสารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์เข้มข้น 20 % เช่นเดียวกับหัวข้อ 2.4.2.1.1 โดยมีปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr ผสมกับสารละลายของสารเพิ่มการยึดติดชนิดต่างๆคือ Koresin, Tamanol resin, Coumarone indene resin, Wood resin และ Petroleum resin ปริมาณ 40 phr นำไปติดประสานแผ่นไม้อัดและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 12



(1)



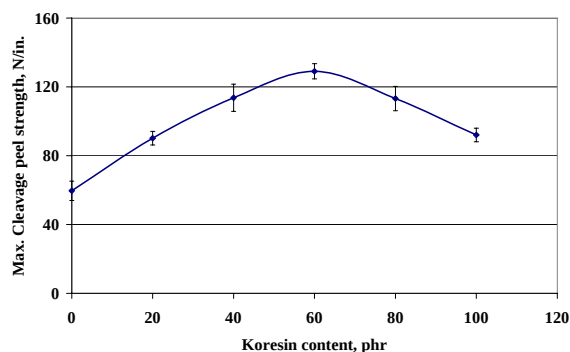
(2)

รูปที่ 12 (1) ความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกสูงสุดและ (2) ความแข็งแรงการติดประสานแบบเนียนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติโดยแปรชนิดของสารเพิ่มการยึดติด

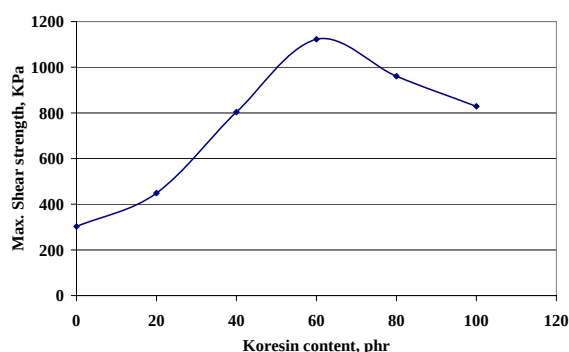
จากรูปที่ 12 พบว่า การใช้ Koresin ทำให้ค่าความแข็งแรงต่อการติดประสานแบบปอกของสารละลายกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้มีค่าสูงกว่าการใช้ Tamanol resin, Petroleum resin, Coumarone indene resin และ Wood resin ตามลำดับ ซึ่ง Koresin เป็นสารเพิ่มการยึดติดประกอบด้วย t-butylphenol และ acetylene ซึ่งประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันและพันธะแบบต่างๆคือ C=C, C-H, O-H, C-O จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับเนื้อไม้ที่เป็นเซลลูโลสได้ ส่งผลทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาค่าความต้านทานต่อแรงเฉือนของสารละลายกราฟต์โคพอลิเมอร์จากการใช้สารช่วยปรับปรุงสมบัติการยึดติดที่ระดับเดียวกัน พบว่า Koresin และ Tamanol resin ให้ค่าความต้านทานต่อแรงเฉือนสูงกว่า Petroleum resin, Coumarone indene resin และ Wood resin ตามลำดับ

2.5.3.1.3 อิทธิพลของปริมาณสารเพิ่มการยึดติดต่อการติดประสานของสารละลายกาว

เตรียมสารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์เข้มข้น 20 % เช่นเดียวกับหัวข้อ 2.4.2.1.1 โดยมีปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr โดยแปรปริมาณสารเพิ่มการยึดติดชนิด Koresin ดังนี้คือ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 phr แล้วเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 13



(1)



(2)

รูปที่ 13 (1)ความแข็งแรงการติดประสานแบบลอกสูงสุดและ (2) ความแข็งแรงการติดประสานแบบเนียนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติโดยแปรปริมาณของสารเพิ่มการยึดติด

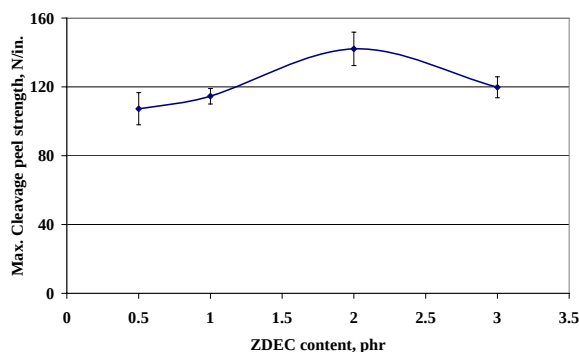
จากรูปที่ 13 พบว่า การเพิ่มปริมาณ Koresin ตั้งแต่ 0 ถึง 60 phr ทำให้การติดประสานทั้งแบบลอกและแบบเนียนมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เกิดจากหมู่ฟังก์ชันในโมเลกุลของสารเพิ่มการยึดติดชนิดนี้เกิดพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลเซลลูโลสได้มากขึ้น และเมื่อใช้ Koresin ปริมาณมากกว่า 60 phr จะทำให้การติดประสานทั้งสองแบบมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากมีปริมาณของยางในสารละลายกาวลดน้อยลง รวมทั้งอาจมีข้อจำกัดทางด้านความเข้ากันได้ของกราฟต์โคพอลิเมอร์กับสารเพิ่มการยึดติด

2.5.3.2 สารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์โดยใช้สารวัลคาไนซ์

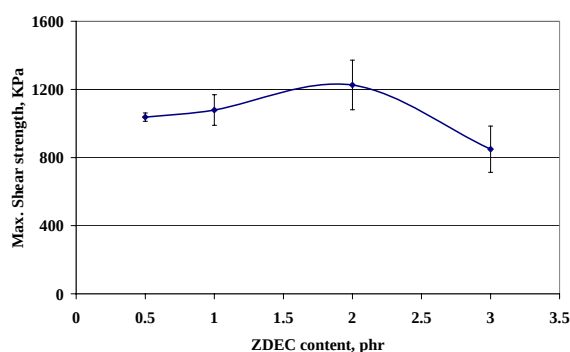
2.5.3.2.1 อิทธิพลของสารตัวเร่ง ZDEC ต่อการติดประสานของสารละลายกาว

นำสารละลายกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่มีอัตราส่วนกลุ่มอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr นำมาใส่สารเคมีดังนี้คือ Koresin = 60 phr, sulphur = 2 phr, ZnO = 5 phr โดยแปรปริมาณ ZDEC ดังนี้คือ 0.5, 1, 2 และ 3 phr แล้วนำมาติดประสานไม้อัด และทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบลอกและแบบเนียน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 14 พบว่า การเพิ่มปริมาณสารตัวเร่งชนิด ZDEC ตั้งแต่ 0.5-2 phr ทำให้ความแข็งแรงต่อการติดประสานทั้งแบบลอกและแบบเนียนเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารตัวเร่งทำให้กัมมะถันเกิดพันธะเชื่อมโยระหว่างโมเลกุลยางได้มากขึ้น และเมื่อใช้ปริมาณ ZDEC มากกว่า 2 phr ทำให้กัมมะถันเกิดปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ได้เร็วจนเกินไป จนทำให้ยางเกิดการสุกมากเกินไป (Overcure) ทำให้เกิดการรีเวอร์ชันของสมบัติของพอลิเมอร์ในเนื้อกาว เป็นผลให้ค่าความแข็งแรงมีแนวโน้มลดลง โดยการเชื่อมโยของกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์เกิดขึ้นที่ตำแหน่งพันธะคู่ของยางธรรมชาติที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับกราฟต์โคพอลิเมอร์

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ใส่สารวัลคาไนซ์ในรูปที่ 13 พบว่า การใช้สารตัวเร่ง ZDEC ปริมาณ 2 phr ให้ความแข็งแรงการติดประสานแบบเนียนและแบบลอกสูงกว่ากรณีไม่ใส่สารวัลคาไนซ์ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับกาวน้ำยางในรูปที่ 6 และ 7 จะพบว่า การใช้สารวัลคาไนซ์ในสารละลายกาวจะมีการติดประสานดีขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีไม่ใส่สารวัลคาไนซ์ ส่วนในกาวน้ำยางจะให้ผลการทดลองตรงกันข้าม ทั้งนี้เนื่องจากในสารละลายกาว สารตัวเร่งจะละลายในเฟสของยางได้ดีกว่า



(1)

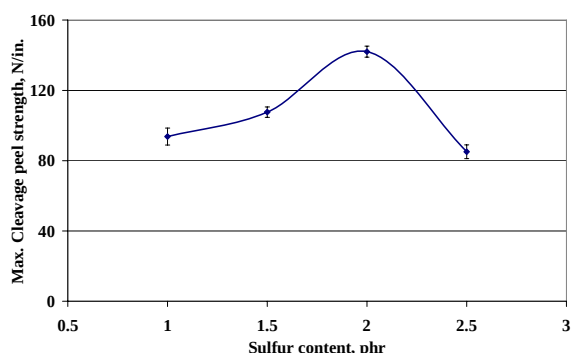


(2)

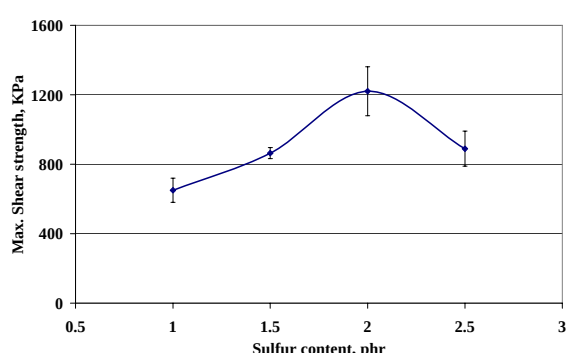
รูปที่ 14 (1) ความแข็งแรงการติดประสานแบบลอกสูงสุดและ (2) ความแข็งแรงการติดประสานแบบเนียนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติโดยแปรปริมาณสารตัวเร่ง ZDEC

2.5.3.2.2 อิทธิพลของกำมะถันต่อการติดประสานของสารละลายยาง

นำสารละลายยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่มีอัตราส่วนกลุ่มอนอเมอร์ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr นำมาใส่สารเคมีดังนี้คือ Koresin = 60 phr, ZDEC = 2 phr, ZnO = 5 phr โดยแปร sulphur ดังนี้คือ 1, 1.5, 2 และ 2.5 phr แล้วนำมาติดประสานไม้อัด และทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบลอกและแบบเนียน ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 15 พบว่า การเพิ่มปริมาณกำมะถันตั้งแต่ 1 ถึง 2 phr ทำให้ความแข็งแรงต่อการติดประสานทั้งแบบลอกและแบบเนียนเพิ่มขึ้น เนื่องจากกำมะถันทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลยางได้มากขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณกำมะถันมากกว่า 2 phr ทำให้พันธะเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นมีโครงสร้างที่ใช้กำมะถันต่อพันธะสูง (polysulfide crosslink) รวมทั้งมีบางส่วนเกิดการเชื่อมโยงกันภายในสายโซ่โมเลกุลเดียวกัน ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงมีแนวโน้มลดลง โดยการเชื่อมโยงของกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์เกิดขึ้นที่ตำแหน่งพันธะคู่ของยางธรรมชาติที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชัน เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ใช้สารวัลคาไนซ์ พบว่า การใช้กำมะถันปริมาณ 2 phr มีค่าสูงที่สุด



(1)

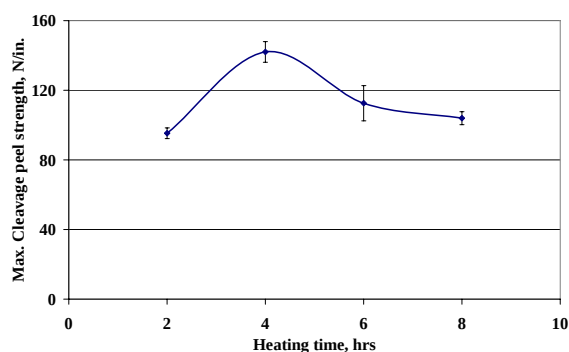


(2)

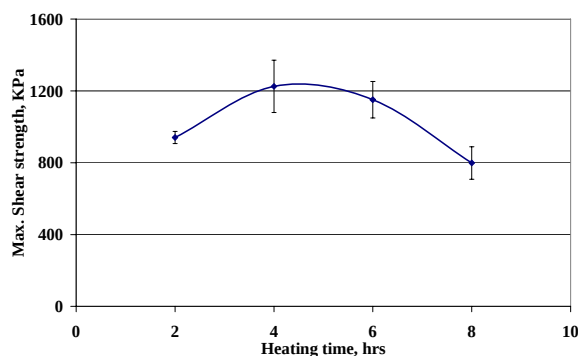
รูปที่ 15 (1) ความแข็งแรงการติดประสานแบบลอกสูงสุดและ (2) ความแข็งแรงการติดประสานแบบเนียนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติโดยแปรปริมาณกำมะถัน

2.5.3.2.3 อิทธิพลของเวลาในการวัลคาไนซ์

นำสารละลายกาวยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมโดยใช้ MMA/BMA เท่ากับ 15/7.5 phr มาผสมสารเคมีชนิดต่างๆ คือ Koresin = 80 phr; ZnO = 5 phr; ZDEC = 2 phr และ Sulfur = 2 phr แล้วนำไปติดประสานแผ่นไม้อัดตั้งวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียนโดยให้ความร้อนขึ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 80°C จากนั้นแปรเวลาในการอบดังนี้คือ 2, 4, 6 และ 8 ชั่วโมง ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 16



(1)



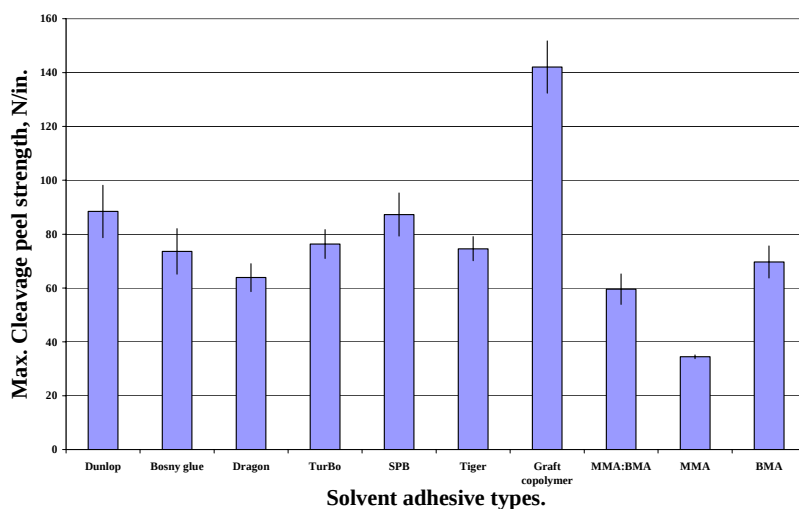
(2)

รูปที่ 16 (1) ความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกสูงสุดและ (2) ความแข็งแรงการติดประสานแบบเนียนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติโดยแปรเวลาการวัลคาไนซ์

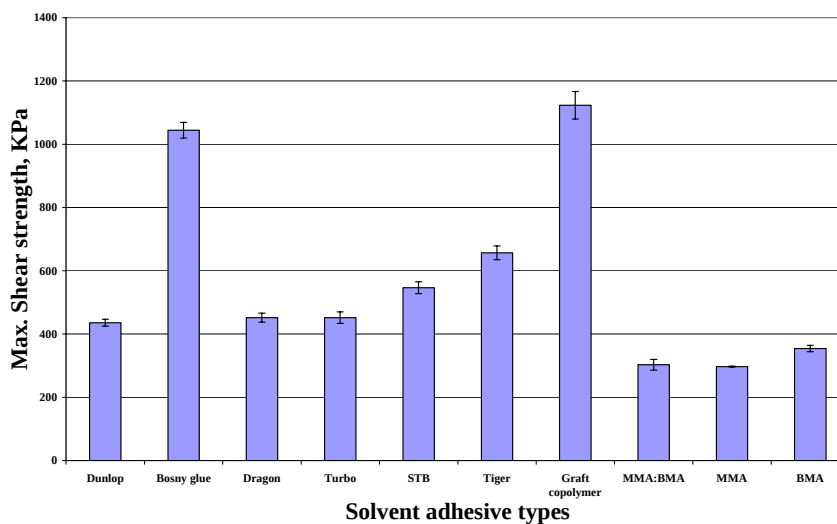
จากรูปที่ 16 พบว่า ความแข็งแรงของการติดประสานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการวัลคาไนซ์เพิ่มขึ้นจาก 2 ถึง 4 ชั่วโมง เนื่องจากเกิดพันธะเชื่อมโยงจากปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ได้สูงขึ้น แต่เมื่อใช้เวลาวัลคาไนซ์มากกว่า 4 ชั่วโมง ความแข็งแรงการติดประสานมีแนวโน้มลดลง

2.5.3.3 เปรียบเทียบสมบัติของสารละลายกาวยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์กับกาวทางการค้า

นำกาวทางการค้า คือ DUNLOP, BOSNY GLUE 66, DRAGON, TORBO, SPB และกาวตราเสือ มาติดประสานแผ่นไม้อัด แล้วทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปอกและแบบเนียน นำค่าความแข็งแรงของการติดประสานเปรียบเทียบกับกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ คือ (1) สารละลายยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ (MMA:BMA = 15:7.5 phr) ผสม Koresin 60 phr (2) สารละลายยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ (MMA:BMA 15:7.5 phr) (3) สารละลายยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ (MMA = 22.5 phr) และ (4) สารละลายยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ (BMA = 22.5 phr) ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 17



(1)



(2)

รูปที่ 17 (1) ความแข็งแรงการติดประสานแบบลอกสูงสุดและ (2) ความแข็งแรงการติดประสานแบบเนียนสูงสุดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติโดยเปรียบเทียบกับกาวทางการค้า

จากรูปที่ 17 เป็นค่าความต้านทานต่อแรงลอกและแรงเนียนของกาวจากสารละลายกราฟต์โคพอลิเมอร์เมื่อเปรียบเทียบกับกาวทางการค้า พบว่า กาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ (MMA/BMA = 15/7.5 phr) และผสม Koresin 60 phr จะมีการติดประสานสูงสุดและสูงกว่ากาวทางการค้าทุกชนิด ส่วนกรณีที่ไม่ใช้สารเพิ่มการยึดติดนั้น พบว่า การใช้ BMA มีการติดประสานสูงกว่า MMA/BMA และ MMA ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบในกรณีที่ใช้ปริมาณมอนอเมอร์เท่ากัน

2.6 สรุปผล

2.6.1 อิทธิพลของปริมาณกลุ่มอนอเมอร์ต่อการเกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์

เมื่อปริมาณกลุ่มอนอเมอร์คือ เมทิลเมทาคริเลตและบิวทิลเมทาคริเลตในการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์และประสิทธิภาพการกราฟต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณยางธรรมชาติที่ไม่เกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ไรซ์มีแนวโน้มลดลง วิเคราะห์สเปกตรัมอินฟราเรดจะปรากฏเลขคลื่นที่ตำแหน่ง 1728 และ 1140 cm^{-1} ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันในส่วนของโมเลกุลเมทิลเมทาคริเลตและบิวทิลเมทาคริเลต และปริมาณหมู่ฟังก์ชันเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลุ่มอนอเมอร์ที่ใช้

2.6.2 สมบัติของกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ

2.6.2.1 อิทธิพลของปริมาณกลุ่มอนอเมอร์ต่อความแข็งแรงของการติดประสาน

อิทธิพลของปริมาณกลุ่มอนอเมอร์ เมื่อปริมาณกลุ่มอนอเมอร์ที่ใช้ในการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น ความแข็งแรงของการติดประสานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่การใช้ MMA/BMA = 15/7.5 phr ให้การติดประสานดีที่สุด

2.6.2.2 อิทธิพลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติดต่อความแข็งแรงของการติดประสาน

อิทธิพลของสารเพิ่มการยึดติดต่อสมบัติการติดประสานของกาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ การใช้สารเพิ่มการยึดติดชนิดต่างๆ ปริมาณ 40 phr พบว่า Coumarone indene resin ให้การติดประสานแบบลอกและแบบเนียนสูงที่สุด เมื่อแปรปริมาณสารเพิ่มการยึดติดชนิด Coumarone indene resin ตั้งแต่ 40-200 phr พบว่า การใช้ปริมาณ 80 phr ให้การติดประสานทั้งสองแบบสูงที่สุด

2.6.2.3 อิทธิพลของสารวัลคาไนซ์ต่อความแข็งแรงของการติดประสาน

การใช้สารตัวเร่ง ZDEC ปริมาณต่างๆ ตั้งแต่ 0.5-3 phr พบว่า การใช้ ZDEC ปริมาณ 2 phr ให้ความแข็งแรงการติดประสานสูงที่สุด ส่วนการใช้กำมะถันปริมาณ 1-2.5 phr พบว่า การใช้กำมะถันปริมาณ 2 phr ให้การติดประสานทั้งสองแบบสูงที่สุดเช่นเดียวกัน

การศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการวัลคาไนซ์ พบว่า การวัลคาไนซ์ที่ 80°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ให้การติดประสานทั้งสองแบบสูงที่สุด

2.6.3 สารละลายกาวยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ

2.6.3.1 อิทธิพลของปริมาณกลุ่มอนอเมอร์ต่อความแข็งแรงของการติดประสาน

เมื่อปริมาณกลุ่มอนอเมอร์ที่ใช้ในการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น ทำให้ความแข็งแรงของการติดประสานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่การใช้ MMA/BMA = 15/7.5 phr ให้การติดประสานดีที่สุด

2.6.3.2 อิทธิพลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติดต่อความแข็งแรงของการติดประสาน

อิทธิพลของสารเพิ่มการยึดติดต่อสมบัติการติดประสานของสารละลายกาวจากยางธรรมชาติกราฟต์โคพอลิเมอร์ การใช้สารเพิ่มการยึดติดชนิดต่างๆ ปริมาณ 40 phr พบว่า การใช้ Koresin ให้การติดประสานแบบลอกและแบบเนียนสูงที่สุด ในขณะที่ Wood resin ให้ค่าต่ำที่สุด เมื่อแปรปริมาณสารเพิ่มการ

ยี่ห้อ Koresin พบว่า การใช้ปริมาณ 60 phr ให้การตีประสานทั้งสองแบบสูงที่สุด เมื่อปริมาณมากขึ้นจะให้ค่าต่ำลง

2.6.3.3 อิทธิพลของสารวัลคาไนซ์ต่อความแข็งแรงของการตีประสาน

การใช้สารตัวเร่ง ZDEC ปริมาณต่างๆ ตั้งแต่ 0.5-3 phr พบว่าการใช้ ZDEC ปริมาณ 2 phr ให้ความแข็งแรงของการตีประสานสูงที่สุด ส่วนการใช้กำมะถันปริมาณ 1-2.5 phr พบว่าการใช้กำมะถันปริมาณ 2 phr ให้การตีประสานทั้งสองแบบสูงที่สุดเช่นเดียวกัน โดยสอดคล้องกับการทดลองในกาวน้ำยาง

การศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการวัลคาไนซ์ พบว่า ความแข็งแรงของการตีประสานมีค่าสูงสุดเมื่อใช้เวลาในการวัลคาไนซ์ 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 °C และเมื่อใช้เวลาในการวัลคาไนซ์มากกว่า 4 ชั่วโมง ทำให้ความแข็งแรงของการตีประสานลดลง

2.6.4 เปรียบเทียบสมบัติการยึดติดของกาวน้ำยางกับกาวทางการค้า และวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ (ประเมินด้านราคา)

เมื่อเปรียบเทียบทางด้านสมบัติการยึดติดของกาวน้ำยางกับกาวพอลิไวนิลอะซีเตททางการค้า จะเห็นว่า กาวน้ำยางที่เตรียมได้มีการตีประสานแบบปอกและแบบเนียนเท่ากับ 109.6 N/in. และ 2243.78 KPa ตามลำดับ มีค่าต่ำกว่ากาวพอลิไวนิลอะซีเตทที่มีค่าเท่ากับ 139.6 N/in. และ 3549.89 KPa เมื่อพิจารณาด้านราคา (ต้นทุนวัตถุดิบ) กาวน้ำยางมีราคาประมาณ 90 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่กาวพอลิไวนิลอะซีเตทมีราคาขายโดยเฉลี่ยประมาณ 120 บาทต่อกิโลกรัม

2.7 ข้อเสนอแนะ

ศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นการเตรียมสารเพิ่มการยึดติดในรูปอิมัลชันที่มีความเสถียร ความเข้ากันได้ และกระจายตัวของสารเพิ่มการยึดติดในน้ำยาง เนื่องจากมีความสำคัญต่อการตีประสานและความเสถียรของกาวน้ำยางที่ได้ นอกจากนี้ควรมีการศึกษาการเตรียมกาวน้ำยางในระดับสเกลที่ผลิตได้ในเชิงอุตสาหกรรม

2.8 เอกสารอ้างอิง

กานิ่ง เกษรินทร์. 2542. การเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของน้ำยางโปรตีนต่ำด้วยเมทิลเมทาคริลเลท.

วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.

ธุมาวดี แก้วบุตร. 2549. กาวยางธรรมชาติอีพอกไซด์สำหรับตีประสานงานไม้. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี.

พิมานจันทร์ รุ่งโรจน์ และณัฐกาญจน์ หงส์ศรีพันธ์, (2548) การศึกษาผลของเทคโนโลยีไฟเบอร์ที่มีต่อการยึดติด

- และการลอกออกของกาวที่เตรียมจากน้ำยางธรรมชาติ, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 31, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 18-20 ตุลาคม 2548.
- พิมานจันทร์ รุ่งโรจน์, 2548. การพัฒนา Pressure sensitive adhesive จากน้ำยางธรรมชาติ, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 98 หน้า
- สิทธิพงษ์ อำนวยพานิชย์. 2547. กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิสไตรีน. ว. วิจัยมข., 9(2) : ก.ค.-ธ.ค. 2547 หน้า 82-95.
- สุรัชย์ สันติวงศ์สถิตย์. 2543. การเตรียมและอายุการเก็บกาวน้ำยาง. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี
- สุเชษฐ์ พรหมเดช. 2548. การเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของน้ำยางธรรมชาติโมเลกุลต่ำกับเมทิลเมทาคริเลท. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี
- สุนิสา สุชาติ. (2550) การปรับปรุงกาวจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้สำหรับไม้ยางพารา, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 33, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 18-20 ตุลาคม 2550.
- อิสรา ไชยสุวรรณ. 2550. การเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับอะคริลิกมอนอเมอร์สำหรับทำกาวยึดติดไม้. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ปัตตานี
- Annual Book of ASTM. 2006. D2339-98. Standard Test Method for Strength Properties of Adhesive in Two-Ply Wood Construction in Shear by Tension Loading, Section15, Volume 15.06
- Annual Book of ASTM. 2006. D3807-98. Standard Test Method for Strength Properties of Adhesives in Cleavage Peel by Tension Loading (Engineering Plastics-to-Engineering Plastics), Section15, Volume 15.06
- Arayapranee W., Prasassarakich P., Rempel G. L., 2002, Synthesis of graft copolymers from natural rubber using cumene hydroperoxide redox initiator, J., Appl. Polym. Sci. 83, p 2993-3001
- Arayapranee W., Prasassarakich P., Rempel G. L., 2003, Process Variables and Their Effects on Grafting Reactions of Styrene and Methyl Methacrylate onto Natural Rubber, J., Appl. Polym. Sci. 89, 63-74.
- Kawahara, S., Pukkate, N., Kitai, T., Yamamoto, Y., Kawazura, T. and Sakdapipanich, J. 2007. Nano-matrix structure formed by graft-copolymerization of styrene onto natural rubber. European Polymer Journal. 3208–3214.
- Kochthongrasamee, T., Prasassarakich, P. and Kiatkamjornwong, S. 2005. Effect of Redox Initiator on

- Graft Copolymerization of Methyl Methacrylate onto Natural Rubber. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 101, 2587-2601.
- Leon, Y.C., Lee, L.M.S. and Gan, S.N., 2003, The viscoelastic properties of natural rubber pressure sensitive adhesive using acrylic resin as a tackifier, *J. Appl. Polym. Sci.*, 88, 2118-2123.
- Lopez, B.L., Murillo, E. and Hess, M., 2004, Synthesis and characterization of a pressure-sensitive adhesive based on and isobutyl acrylate/2-ethylhexyl acrylate copolymer, *e-Polymers*, no. 028.
- Mori, A., Tashiro, K., Makita, K., Takatani, M. and Okamoto, T., 2005, Development of room temperature curing aqueous emulsion-type acrylic adhesive I: effect of monomer composition on the initial adhesive strength, *J. Wood Sci.*, 51, 33-37.
- Park, W.H., Kim, S.W., Shim, S.C., Jeon, I.R. and Seo, K.H., 2003, Properties of pressure sensitive adhesive made of acrylic quaternary copolymers and their blends with vinyl chloride copolymers, *Mat. Res. Innovat.*, 7, 172-177.

ภาคผนวก

ภาคผนวก 1 : ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับจากโครงการ
1. ศึกษาการเตรียมนำยางจากน้ำยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลทกับบิวทิลเมทาคริเลท	1.1 เตรียมนำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์จากปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลทและบิวทิลเมทาคริเลทในสภาวะน้ำยาง 1.2 วิเคราะห์และทดสอบสมบัติของน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์	1.1 เตรียมนำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์จากปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลทและบิวทิลเมทาคริเลทในสภาวะน้ำยางโดยแปรปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA 1.2 วิเคราะห์และทดสอบสมบัติของน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์คือ % Conversion, Grafting efficiency, FT-IR 1.3 เตรียมสารละลายยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ 1.4 ทดสอบสมบัติการยึดติดของน้ำยางและสารละลายยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้	1.1 ได้นำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์จากยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลทและบิวทิลเมทาคริเลทที่มีความเสถียร 1.2 ทราบอิทธิพลของปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA ต่อการเกิดปฏิกิริยาและโครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ 1.3 ทราบอิทธิพลของปริมาณกลุ่มมอนอเมอร์ MMA/BMA ต่อการติดประสานแผ่นไม้อัดของกราฟต์โคพอลิเมอร์ 2 รูปแบบคือ น้ำยางและสารละลายยาง โดยที่ MMA/BMA = 15/7.5 phr ให้การติดประสานสูงที่สุด
2. ศึกษาอิทธิพลของระบบการวัลคาไนซ์และสารเพิ่มการยึดติดต่อสมบัติของกาวน้ำยางและการยึดติดกับวัสดุประเภทไม้	2.1 ศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติดต่อสมบัติของกาวน้ำยางและการยึดติดกับวัสดุประเภทไม้	2.1 ศึกษาอิทธิพลของชนิดและปริมาณสารเพิ่มการยึดติดต่อสมบัติของกาวน้ำยางและการยึดติดกับวัสดุประเภทไม้ โดยเตรียมน้ำยาง 2 รูปแบบคือ (1) กาวน้ำ	2.1 กาวน้ำยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ใช้ MMA/BMA = 15/7.5 phr และใช้ Coumarone indene resin ปริมาณ 80 phr ให้สมบัติการติดประสานที่ดีที่สุด

	2.2 ศึกษาอิทธิพลของระบบการวัลคาไนซ์ต่อสมบัติของกาวน้ำยางและการยึดติดกับวัสดุประเภทไม้	ยาง และ (2) สารละลายกาวยาง 2.2 ศึกษาอิทธิพลของชนิดของสารเพิ่มการยึดติดคือ Coumarone indene resin, Tamanol resin, Wood resin, Koresin® และ Petroleum resin 2.3 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารเพิ่มการยึดติดคือ Coumarone indene resin (ในกรณีกาวน้ำยาง โดยแปรปริมาณ 40-200 phr) และ Koresin® (ในกรณีสารละลายกาวยาง โดยแปรปริมาณ 0-100 phr) 2.4 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารตัวเร่ง ZDEC ระหว่าง 0.5-3.0 phr 2.5 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณกำมะถันระหว่าง 1.0-2.5 phr	แต่ยังต่ำกว่ากาวพอลิไวโนลอะซิเตท 2.2 สารละลายกาวยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ใช้ MMA/BMA = 15/7.5 phr และใช้ Koresin® ปริมาณ 60 phr ให้สมบัติการติดประสานที่ดีที่สุด แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกาวน้ำยางจะมีค่าต่ำกว่า แต่ยังสูงกว่ากาวชนิดตัวทำละลายในทางการค้า 2.3 การใช้สารตัวเร่ง ZDEC ในกาวน้ำยางและสารละลายกาวยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ปริมาณ 2 phr ให้การยึดติดสูงที่สุด 2.4 การใช้กำมะถันในกาวน้ำยางและสารละลายกาวยางจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ปริมาณ 2 phr ให้การยึดติดสูงที่สุด
--	--	---	--

รายละเอียดการปรับปรุง / แก้ไขรายงานวิจัย

เรื่อง อิทธิพลของระบบการวัดคาบไซท์ที่ใช้กำมะถันและสารเพิ่มการยึดติดต่อสมบัติการยึดติดของกาวน้ำยางจากน้ำยางธรรมชาติกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลทและบิวทิลเมทาคริเลท

หัวหน้าโครงการวิจัย รองศาสตราจารย์อ้อชีชัน แกสมาน

ประเด็นข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	การปรับปรุง/แก้ไข
1. บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร หน้า 2 บรรทัดที่ 1, 2 และ 3 มีคำภาษาอังกฤษเกือบทั้งหมด ทั้งที่สามารถเขียนเป็นภาษาไทยได้ ควรเขียนเป็นภาษาไทยแล้วใส่วงเล็บเป็นภาษาอังกฤษแทน	แก้ไขตามข้อเสนอแนะ โดยใช้ข้อความ “โดยเฉพาะวัสดุในกลุ่มเซลลูโลส (cellulosic-based substrates) คือ กระดาษ และไม้ ข้อดีของกาวพอลิไวโนลอะซีเตทชนิดนี้คือ การเซตตัวเกิดได้เร็ว ความแข็งแรงสูง การยึดติดดีเยี่ยม (ในกรณีที่ใช้กับวัสดุประเภทเซลลูโลส เซรามิก คอนกรีต และแก้ว) น้ำหนักโมเลกุลสูง และต้นทุนหรือราคาเหมาะสม ส่วนกาวพอลิไวโนลอะซีเตทชนิดหลังคือ โคพอลิเมอร์นั้น เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดแรก พบว่า มีข้อดีกว่า เมื่อใช้ยึดติดวัสดุที่ติดได้ยาก เช่น พลาสติก กระดาษเคลือบผิว และผิวโลหะ” ในหน้า 2 บรรทัดที่ 1-5
2. ขอให้ทบทวนการเขียนบทคัดย่อ ควรเขียนสรุปหลักการ เหตุผลก่อนเริ่มวิธีการ และทบทวนการเขียนภาษาอังกฤษใน Abstract	แก้ไขตามข้อเสนอแนะ
3. ตรวจสอบการพิมพ์ มีคำผิด	แก้ไขตามข้อเสนอแนะ
4. หน้า 10 ควรระบุปริมาณน้ำยางและ Hydroquinone ที่ใช้	แก้ไขตามข้อเสนอแนะ โดยใช้ข้อความ “นำน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ส่วนหนึ่งประมาณ 50 กรัม มาหยดไฮโดรควิโนน 10 หยด” ในหน้า 10 บรรทัดที่ 14
5. จากกราฟทุกรูป คำอธิบายของแกน x และแกน y ตัวเล็กมาก ทำให้อ่านไม่ออก	แก้ไขตามข้อเสนอแนะ
6. หัวข้อผลการดำเนินงานอธิบายสั้นกว่าสรุปผลการวิจัย	แก้ไขตามข้อเสนอแนะ
7. หน้า 25 การที่นักวิจัยกล่าวว่า “ การเพิ่มปริมาณ	ปรับปรุงคำอธิบาย โดยการเพิ่มข้อความ “ทำให้

ก้ำมะถัน ทำให้พันธะเชื่อมโยงมีปริมาณมากเกินไป” อาจไม่ใช่เหตุผลที่แท้จริง แต่อาจเป็นการเชื่อมโยงแบบ polysulfide ก็ได้	พันธะเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นมีโครงสร้างที่ใช้ก้ำมะถันต่อพันธะสูง (polysulfide crosslink) รวมทั้งมีบางส่วนเกิดการเชื่อมโยงกันภายในสายโซ่โมเลกุลเดียวกัน ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงมีแนวโน้มลดลง” ในหน้าที่ 26 บรรทัดที่ 9-11
8. หน้า 27 หัวข้อ 2.5.3.3 ไม่ได้บอกวิธีการติดกาวทางการค้าเหมือนกับกาวจากกราฟต์โคพอลิเมอร์หรือไม่ เช่น เวลาในการอบเท่ากันหรือไม่	ได้ระบุข้อความ “วิธีการติดกาวคือ ติดประสานแผ่นไม้อัดด้วยวิธีการเตรียมขึ้นทดสอบและทดสอบความแข็งแรงการติดประสานแบบปกและแบบเงื่อนไขตามวิธีการในหัวข้อที่ 2.4.4 ซึ่งได้ระบุว่านำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ตั้งขึ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน” ในหน้า 12 บรรทัดที่ 8
9. การสรุปผลการเปรียบเทียบสมบัติการยึดติดของกาวน้ำยางชุดที่ดีที่สุดในการทดลองกับกาวทางการค้าตัวที่ดีที่สุดนำมาเปรียบเทียบรวมทั้งวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ (ประเมินด้านราคา) อนึ่งการเลือกให้เปรียบเทียบกรณีกาวน้ำยาง เพราะต้องการเน้นความสำคัญ/จำเป็นของการใช้กาว water based	เพิ่มเติมหัวข้อ 2.6.4 เปรียบเทียบสมบัติการยึดติดของกาวน้ำยางกับกาวทางการค้า และวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ (ประเมินด้านราคา) ในหน้า 30 บรรทัดที่ 11-17
10. นักวิจัยมีแนวความคิดการต่อขยายผลงานนี้สู่การใช้ประโยชน์จริง (นอกเหนือจากความเห็นที่ได้เสนอไว้แล้ว) อย่างไรบ้าง	เพิ่มเติมข้อความในข้อเสนอแนะ โดยใช้ข้อความ “รวมทั้งเตรียมเป็นกาวน้ำยางในระดับการผลิตใช้งานจริงในอุตสาหกรรม และหาความร่วมมือกับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ในการประยุกต์ใช้กาวน้ำยางจากยางธรรมชาติ” ในหน้า 4 บรรทัดที่ 4-5
11. ข้อสังเกต : พบว่าข้อเสนอแนะส่วนหนึ่งเหมือนกับในโครงการ “ การเตรียมกาวติดไม้และกาวทำไม้อัดขึ้นด้วยยางพาราจากกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท” สัญญาเลขที่ RDG5050051	เพิ่มเติมข้อเสนอแนะ ดังข้อความ “เนื่องจากมีความสำคัญต่อการติดประสานและความเสถียรของกาวน้ำยางที่ได้ นอกจากนี้ควรมีการศึกษาการเตรียมกาวน้ำยางในระดับสเกลที่ผลิตได้ในเชิงอุตสาหกรรม” ในหน้า 30 บรรทัดที่ 21-23