http://journal.rmutp.ac.th/

กาวหลอมร้อนจากยางธรรมชาติ

ศิวโรฒ บุญราศรี*

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
63 หมู่ 4 ถนนเชียงใหม่-พร้าว ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

รับบทความ 1 สิงหาคม 2562 แก้ไขบทความ 29 เมษายน 2563 ตอบรับบทความ 13 พฤษภาคม 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการทำกาวหลอมร้อนจากยางธรรมชาติ (ยางแท่ง STR 20) เพื่อปรับปรุงสมบัติการยึดติดและการหลอมตัวของกาวหลอมร้อนจากยางธรรมชาติให้ดีขึ้นเพื่อให้ได้สูตรกาวที่เหมาะสม ทำการทดลองโดยแปรปริมาณเอธิลีนไวนิลอะซิเตต ขี้ผึ้งพาราฟิน และปิโตรเลียมเรซินเป็น 25, 50, 100, 125 และ 150 phr (ส่วนในยาง 100 ส่วน) พบว่าสูตรกาวที่ดีที่สุดประกอบด้วย ยางแท่ง STR 20 100 phr ขี้ผึ้งพาราฟิน 25 phr เอธิลีนไวนิลอะซิเตต 150 phr ปิโตรเลียมเรซิน 150 phr สำหรับกระบวนการทำกาวหลอมร้อน เริ่มต้นจากควบคุมให้อุณหภูมิของขี้ผึ้งพาราฟินอยู่ที่ 160–170 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นตัดยาง STR 20 เป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วค่อย ๆ เติมยางลงไปในขี้ผึ้งพาราฟินที่หลอมเหลวจนยางละลายหมด แล้วเติมปิโตรเลียมเรซินและเอธิลีนไวนิลอะซิเตต ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นอุณหภูมิห้อง จากการทดสอบกาวหลอมร้อนพบว่า กาวที่ได้มีลักษณะสีน้ำตาล มีความแข็งและผิวเรียบดี ไม่มีกลิ่นรบกวน มีค่าความหนืด 514±14 เซนติพอยส์ ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส มีค่าความต้านทานแรงเฉือน 82.5±1.4 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีค่าความต้านทานการหลุดลอก 2.06±0.02 กิโลนิวตันต่อเมตร

คำสำคัญ : ยางธรรมชาติ; กาวหลอมร้อน

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +669 0519 4926, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: siwarote.b@mju.ac.th*

http://journal.rmutp.ac.th/

Hot-melt Adhesive Production from Natural Rubber

Siwarote Boonrasri*

Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University
63 Moo 4 Chiangmai-Phrao Road, Nong Han Subdistrict, San Sai District, Chiang Mai Province 50290

Received 1 August 2019; Revised 29 April 2020; Accepted 13 May 2020

Abstract

The purpose of this research was to study hot-melt adhesives from natural rubber (Standard Thai Rubber 20, STR 20). In order to improve the adhesion and melting properties of hot-melt adhesive to get the best glue formula from STR 20, the ethylene vinyl acetate content (EVA), paraffin wax (Wax) and petroleum resin (Resin) were varied from 25, 50, 100, 125 and 150 phr (Part Per Hundred Rubber). It was found that the best adhesive formulas consisted of 100 phr of STR 20, 25 phr of wax, 150 phr of EVA and 150 phr of resin. For preparing hot-melt adhesive, first, the wax was heated and maintained at 160-170 °C, then cut the STR 20 into small pieces and slowly added the rubber into the melted wax until the rubber was completely melted. And then added resin and EVA and cooled to room temperature, finally, the results show that hot-melt adhesive was dark brown, hard and odorless, smooth texture and easy to melt with 514±14 centipoises of Viscosity at 150 °C, 82.49±1.4 lbf/in^2 of shear strength and 2.06±0.02 kN/m of cleavage peel strength.

Keywords : Natural Rubber; Hot-melt Adhesive

** Corresponding Author. Tel.: +669 0519 6962, E-mail Address: siwarote.b@mju.ac.th*

1. บทนำ

งานวิจัยเกี่ยวกับกาวยางธรรมชาติมีอยู่หลายเรื่องแต่ส่วนใหญ่เป็นกาวชนิดที่มีน้ำเป็นตัวกลาง หรือใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ มักมีปัญหาในการแห้งช้า ดังนั้นหากต้องการให้กาวแห้งเร็วควรเปลี่ยนจากกาวที่ใช้ตัวทำละลายเป็นกาวหลอมร้อน ผู้วิจัยคิดว่าการทำกาวหลอมร้อนจากยางธรรมชาติจะทำให้ยางธรรมชาติมีการใช้งานที่หลากหลายมากขึ้น

กาวหลอมร้อน (Hot-melt Adhesive) เป็นกาวที่ใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลว (Melting Point) และเกิดการติดประสานกับวัสดุเมื่อเย็นลงและกลายเป็นของแข็ง ต่างกับกาวชนิดอื่นที่เกิดการติดประสานหรือกลายเป็นของแข็ง เมื่อตัวทำละลาย (Solvent) หรือน้ำระเหยออกไป ดังนั้นกาวหลอมร้อนจึงไม่มีตัวทำละลาย และเป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) มีจุดหลอมเหลวในช่วง 65-180 องศาเซลเซียส สามารถติดกับพื้นผิวที่ไม่เป็นรูพรุน เช่น โลหะได้ดี ใช้เวลาน้อยและสามารถใช้กับเครื่องจักรแบบอัตโนมัติทำให้ประหยัดเงินและเวลา ใช้ในงานรวมเล่มหนังสือ รวมกระดาษ บรรจุภัณฑ์ ติดรองเท้า การยึดติดกระดาษกับแผ่นอลูมิเนียมฟลอยด์ [1], [2]

สูตรกาวหลอมร้อนมีหลายสูตรขึ้นอยู่กับผู้ผลิต แต่ก็มีส่วนประกอบหลัก ๆ อยู่ 4 ชนิด คือ เอธิลีนไวนิลอะซีเตต (Ethylene Vinyl Acetate, EVA) สารเพิ่มความเหนียวติด (Tackifying Resin) สารตัวเติมลดต้นทุน (Fillers) สารป้องกันการเสื่อมสภาพเนื่องจากออกซิเจน (Antioxidant) ตัวอย่างสูตรกาวจะใช้น้ำหนักรวมทั้งหมดเป็นร้อยละ 100 โดยใช้สัดส่วนดังนี้ EVA (Elvax 260) ร้อยละ 10, EVA (Elvax 250) ร้อยละ 35, Tackifying resin ร้อยละ 30, แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate, $CaCO_3$) ร้อยละ 24.8 และ Antioxidant 0.2% [1], [3] สารเพิ่มความเหนียวติดเป็นสารที่สำคัญในการทำกาว [4], [5] ตัวอย่างสารเพิ่มความเหนียวติด เช่น คูมาโรนเรซิน ปิโตรเลียมเรซิน (Petroresin 120) และโรซิน (Rosin) ยางธรรมชาตินิยมใช้ทำเป็นกาว Pressure-sensitive เนื่องจากมีสมบัติความเหนียวติดกันที่ดี [6]-[8] นอกจากนี้ ขี้ผึ้งพาราฟิน (Paraffin Wax) เป็นสารที่ช่วยปรับความหนืดของกาวได้และทำให้กาวเซ็ตตัวเร็วขึ้น [9] EVA มีโครงสร้างเป็นแบบโคพอลิเมอร์ไม่เป็นระเบียบ (Random Copolymer) เนื่องจากสารชนิดนี้เกิดจากการรวมมอโนเมอร์ 2 ชนิด คือ เอธิลีนมอโนเมอร์กับไวนิลอะซีเตตมอโนเมอร์ EVA เป็นพอลิเมอร์หลักในการใช้ทำกาวหลอมร้อน ซึ่งมีหลายเกรด เช่น Elvax 150, Elvax 210, Elvax 220, Elvax 250 และ Elvax 260 เป็นต้น แคลเซียมคาร์บอเนตใช้เป็นสารตัวเติมลดต้นทุนและเพิ่มความแข็งของเนื้อกาว [1], [10]

ในการทำวิจัยกาวหลอมร้อนจากยางธรรมชาตินี้ใช้ยางแท่ง STR 20 จากการทดลองเบื้องต้นพบว่ายาง STR 20 ไม่สามารถหลอมละลายได้ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และมีความหนืดสูง ประมาณ 80 Mooney Unit (MU) ไม่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นกาวหลอมร้อน จำเป็นต้องนำยางธรรมชาติมาบดเป็นเวลา 9 นาที ความหนืดลดลงประมาณ 55 MU การบดยางทำให้น้ำหนักโมเลกุลลดลงความหนืดลดลง และเติมน้ำมันพาราฟินและสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตลงไปเพื่อทำให้โมเลกุลยางห่างจากกันจะได้หลอมตัวได้ง่ายขึ้น น้ำมันทำให้ความหนืดลดลง โดยน้ำมันละลายอยู่หรือปนอยู่ในโมเลกุล ทำให้ยางเคลื่อนไหวได้ง่ายขึ้น การเติมน้ำมัน 50 phr ทำให้ความหนืดลดลงประมาณ 45 MU [11]-[13] สำหรับการทดลองนี้ได้ปรับปรุงสมบัติการยึดติดและการหลอมตัวของกาวหลอมร้อนจากยางธรรมชาติให้ดีขึ้น ทำการทดลองโดยแปรปริมาณเอธิลีนไวนิลอะซิเตต ขี้ผึ้งพาราฟิน และปิโตรเลียมเรซินเป็น 25, 50, 100, 125 และ 150 phr แล้วนำไปทดสอบความต้านทานแรงเฉือน (Shear Strength) ความต้านทานการหลุดลอก(Cleavage Peel Strength) ความหนืด (Viscosity) และเปรียบเทียบสมบัติกับกาว Hot-melt ทางการค้า

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 วัสดุ

เอธิลีนไวนิลอะซีเตต (Ethylene Vinyl Acetate, EVA) เกรด Elvax 220 มีปริมาณไวนิลอะซีเตตประมาณร้อยละ 28 มีจุดหลอมเหลวที่ 70 องศาเซลเซียส มีความแข็ง 50 Shore A จำหน่ายโดยบริษัทดูปองด์ ประเทศไทย ขี้ผึ้งพาราฟิน (Paraffin Wax หรือ Wax) ปิโตรเรซิน เกรด 120 (Petroresin 120 หรือ Resin ทำหน้าที่เป็น Tackifying Resin) แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate, $CaCO_3$) น้ำมันพาราฟิน (Paraffin Oil หรือ Oil) และยางแท่ง STR 20 จำหน่ายโดยบริษัท ซีม่อนยางพารา จำกัด

2.2 การเตรียมกาว Hot-melt

สูตรกาวที่ใช้ในการทดลองมีส่วนผสมดังนี้ ยางแท่ง STR 20, Wax, Resin, และ EVA ในการทดลองแปรปริมาณสารเป็น 25, 50, 75, 100, 125 และ 150 phr (ส่วนในยาง 100 ส่วน) ตามสูตรกำหนดให้ยางแท่ง STR 20 เป็น 100 ส่วน สารเคมีตัวอื่น ๆ ที่เติมเป็นปริมาณส่วนในยาง 100 ส่วน (Part Per Hundred Rubber, phr)

การศึกษาผลของการเพิ่มปริมาณของ EVA ต่อสมบัติกาวหลอมร้อน โดยแปรปริมาณ EVA เป็น 25, 50, 75, 100, 125 และ 150 phr โดยกำหนดให้ Wax และ Resin คงที่ที่ 25 phr ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรกาวหลอมร้อนโดยแปรปริมาณ EVA

สารเคมี	สูตรที่ น้ำหนักแห้ง (phr)					
	1	2	3	4	5	6
STR 20	100	100	100	100	100	100
Oil	50	50	50	50	50	50
$CaCO_3$	50	50	50	50	50	50
Wax	25	25	25	25	25	25
Resin	25	25	25	25	25	25
EVA	25	50	75	100	125	150

ศึกษาผลของการเพิ่มปริมาณ Wax ต่อสมบัติกาวหลอมร้อนโดยแปรปริมาณ Wax เป็น 25, 50, 75, 100, 125 และ 150 phr โดยกำหนดให้ Resin คงที่ที่ 25 phr และ EVA คงที่ที่ 150 phr ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สูตรกาวหลอมร้อนโดยแปรปริมาณ Wax

สารเคมี	สูตรที่ น้ำหนักแห้ง (phr)					
	1	2	3	4	5	6
STR 20	100	100	100	100	100	100
Oil	50	50	50	50	50	50
$CaCO_3$	50	50	50	50	50	50
Wax	25	50	75	100	125	150
Resin	25	25	25	25	25	25
EVA	150	150	150	150	150	150

ศึกษาผลของการเพิ่มปริมาณ Resin ต่อสมบัติกาวหลอมร้อน โดยแปรปริมาณ Resin 25, 50, 75, 100, 125 และ 150 phr โดยกำหนดให้ Wax คงที่ที่ 25 phr และ EVA คงที่ที่ 150 phr ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สูตรกาวหลอมร้อนโดยแปรปริมาณ Resin

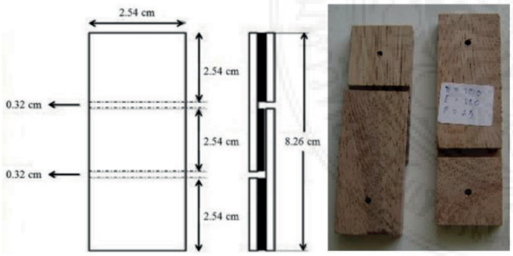
สารเคมี	สูตรที่ น้ำหนักแห้ง (phr)					
	1	2	3	4	5	6
STR 20	100	100	100	100	100	100
Oil	50	50	50	50	50	50
$CaCO_3$	50	50	50	50	50	50
Wax	25	25	25	25	25	25
Resin	25	50	75	100	125	150
EVA	150	150	150	150	150	150

ขั้นตอนการผสมกาวหลอมร้อน เริ่มต้นโดยการผสมยาง STR 20 กับน้ำมันพาราฟินและแคลเซียมคาร์บอเนตในเครื่องบดยางสองลูกกลิ้งเป็นเวลา 9 นาที

รีดเป็นแผ่น หลังจากนั้นตัดยาง STR 20 ชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 0.5x0.5 เซนติเมตร เพื่อลดเวลาการละลายของยางใน Wax ให้อุณหภูมิ Wax ที่ 160-170 องศาเซลเซียส ปริมาณ Wax ดังตารางที่ 2 ค่อย ๆ เติมยางลงไปจนยางละลายหมด เติม Resin ปริมาณ Resin ดังตารางที่ 3 เติม EVA ปริมาณ EVA ดังตารางที่ 1 ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปสังเกตลักษณะทั่วไป นำกาวที่ได้ไปทดสอบความต้านทานแรงเฉือน (Shear Strength) ความต้านทานการหลุดลอก (Cleavage Peel Strength) ความหนืด (Viscosity)

2.3 การทดสอบความต้านทานแรงเฉือน (Shear Strength)

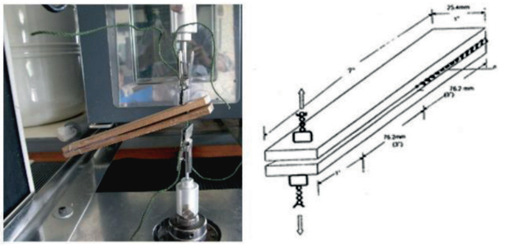
เตรียมแผ่นไม้อัดตามมาตรฐานกำหนดสองแผ่น ดังรูปที่ 1 นำกาวตัวอย่างที่ได้มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ติดกับไม้ ตามมาตรฐาน ASTM D2339 ตั้งทิ้งไว้ 1 วัน ที่อุณหภูมิห้องให้กาวเซ็ตตัว แล้วนำไปทดสอบสมบัติ ในการทดสอบแต่ละครั้งใช้ชิ้นตัวอย่าง 3 ชิ้น ใช้เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine) ยี่ห้อ LLOYD รุ่น LR 10K ตั้งค่าความเร็วการดึงชิ้นทดสอบที่ 12.70 มิลลิเมตรต่อนาที



รูปที่ 1 ลักษณะชิ้นทดสอบความต้านทานแรงเฉือน

2.4 การทดสอบความต้านทานการหลุดลอก (Cleavage Peel Strength)

เตรียมแผ่นไม้อัดตามมาตรฐานกำหนดสองแผ่น ดังรูปที่ 2 นำกาวตัวอย่างที่ได้มาให้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ติดกับไม้ ตามมาตรฐาน ASTM D3807 ตั้งทิ้งไว้ 1 วัน ที่อุณหภูมิห้องให้กาวเซ็ตตัว แล้วนำไปทดสอบสมบัติ ในการทดสอบแต่ละครั้งใช้ชิ้นตัวอย่าง 3 ชิ้น ใช้เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine) ยี่ห้อ LLOYD รุ่น LR 10K ตั้งค่าความเร็วการดึงชิ้นทดสอบที่ 12.70 มิลลิเมตรต่อนาที



รูปที่ 2 ลักษณะชิ้นทดสอบความต้านทานการหลุดลอก

2.5 การทดสอบความหนืด (Viscosity)

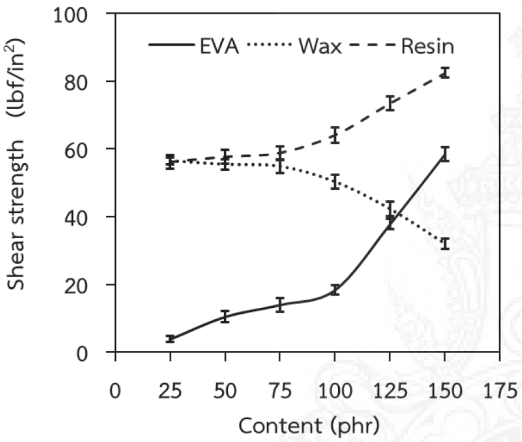
นำยางกาวหลอมร้อนที่เตรียมมา 100 กรัม มาวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืดของของเหลว Brook Field รุ่น LVDV-III Ultra RY78173 เลือกแกนหมุนที่เหมาะสมเบอร์ 4 เลือกความเร็วที่ 60 รอบต่อนาที นำกาวหลอมร้อนใส่บีกเกอร์ และทำให้หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นำบีกเกอร์วางใต้แกนหมุนแล้วเดินเครื่อง อ่านค่าที่ได้บนหน้าปัดเครื่อง บันทึกผล

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลของสมบัติความต้านทานแรงเฉือน (Shear Strength) ของกาว Hot-melt

ผลสมบัติความต้านทานแรงเฉือน (Shear Strength) โดยการแปรปริมาณสาร EVA, Wax และ Resin เป็น 25, 50, 75, 100, 125, 150 และ 175 จากรูปที่ 3 ปริมาณ EVA มีผลต่อค่าความต้านทานแรงเฉือน คือ เมื่อปริมาณ EVA เพิ่มขึ้นค่าความต้านทานแรงเฉือนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แสดงว่า EVA ทำให้กาวมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากยาง STR 20

เป็นยางที่ไม่มีขั้ว (Non-polar) แต่ EVA มีขั้วสูง (Polar) เพราะมีหมู่ไวนิลอะซีเตต ทำให้สามารถยึดติดกับไม้ซึ่งมีขั้วได้ดี [14], [15] ที่ปริมาณ EVA 150 phr ทำให้กาวมีความต้านทานแรงเฉือนสูงสุด คือ 58.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จึงกำหนดให้ EVA คงที่ที่ 150 phr ซึ่งเป็นปริมาณที่ดีที่สุด ถ้าใช้ปริมาณมากกว่านี้ทำให้สมบัติกาวอาจจะดีขึ้น แต่จะทำให้ปริมาณการใช้ยางซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักลดลง และได้ทดลองแปรปริมาณ Wax ต่อไป



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของปริมาณ EVA, Wax และ Resin กับค่าความต้านทานแรงเฉือน

เมื่อปริมาณ Wax เพิ่มขึ้นค่าความต้านทานแรงเฉือนมีแนวโน้มลดลง แสดงว่า Wax ทำให้กาวมีความแข็งแรงลดลง และที่ปริมาณ Wax 25 phr ทำให้กาวมีความต้านทานแรงเฉือนสูงสุด คือ 56.43 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จึงกำหนดให้ EVA คงที่ที่ 150 phr และปริมาณ Wax คงที่ที่ 25 phr ซึ่งเป็นปริมาณที่ดีที่สุด ถ้าใช้น้อยกว่านี้ทำให้การหลอมตัวของกาวไม่ดี ได้ทดลองแปรปริมาณ Resin ต่อไป

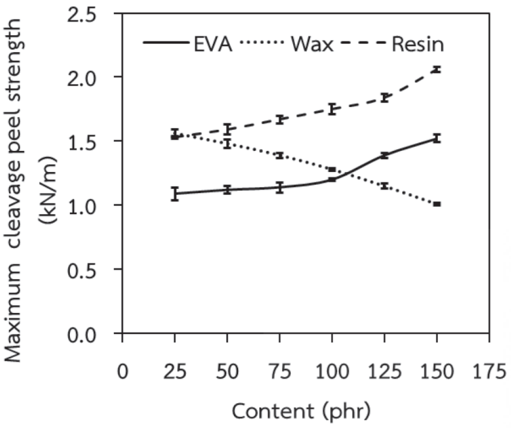
เมื่อปริมาณ Resin เพิ่มขึ้นค่าความต้านทานแรงเฉือนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แสดงว่า Resin ทำให้กาวมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น และที่ปริมาณ Resin 150 phr ทำให้กาวมีความต้านทานแรงเฉือนสูงสุด คือ 82.49 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เปรียบเทียบกาวทางการค้ามีค่าความต้านทานแรงเฉือน ที่ 98.09 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ถ้าใช้ปริมาณมากกว่านี้ทำให้สมบัติกาวอาจจะดีขึ้น แต่จะทำให้ปริมาณการใช้ยางซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักลดลง นอกจากนี้ Resin ช่วยเพิ่มความเข้ากันของยางกับ EVA โดยมีความเร็วในการละลายเพิ่มขึ้น และลดความหนืดของของผสมลง สอดคล้องกับการทดลองของ Y. J. Park และ H. J. Kim [2] พบว่า Resin หรือสาร Tackifier จะทำให้กาวหลอมร้อนมีความแข็งแรงมากขึ้นเพิ่มความเหนียวติด และช่วยลดความหนืดของกาวหลอมร้อนได้ [2] ดังนั้นสูตรที่เหมาะสม คือ EVA 150 phr, Wax 25 phr และ Resin 150 phr

3.2 ผลของสมบัติความต้านทานการหลุดลอก (Cleavage Peel Strength) ของกาว Hot-melt

จากรูปที่ 4 ปริมาณ EVA มีผลต่อค่าความต้านทานการหลุดลอก คือ เมื่อปริมาณ EVA เพิ่มขึ้นค่าความต้านทานการหลุดลอก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สอดคล้องกับค่าความต้านทานแรงเฉือน

เมื่อปริมาณ Wax เพิ่มขึ้นค่าความต้านทานการหลุดลอก มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย สอดคล้องกับค่าความต้านทานแรงเฉือน

เมื่อปริมาณ Resin เพิ่มขึ้นค่าความต้านทานการหลุดลอก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แสดงว่า Resin ทำให้กาวมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเทียบสูตรกาวที่เตรียมขึ้นกับกาวทางการค้า พบว่า มีสมบัติความต้านทานการหลุดลอก สูตรกาวหลอมร้อน ที่มีปริมาณ Resin 150 phr มีความต้านทานการหลุดลอก 2.06 กิโลนิวตันต่อเมตร มีค่าใกล้เคียงกับกาวทางการค้า มีค่าความต้านทานการหลุดลอก 2.33 กิโลนิวตันต่อเมตร



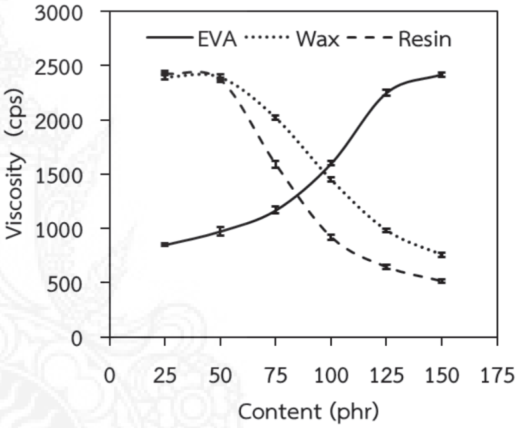
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของปริมาณ EVA, Wax และ Resin กับค่าความต้านทานการหลุดลอก

3.3 สมบัติด้านความหนืด (Viscosity) ของกาว Hot-melt

จากรูปที่ 5 พบว่าปริมาณ EVA มีผลต่อค่าความหนืดคือ เมื่อปริมาณ EVA เพิ่มขึ้นค่าความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจาก EVA เกรด Elvax 220 เป็นเกรดที่มีความหนืดสูงจากการวัดด้วยเครื่องได้ค่าความหนืดสูงเกิน 3,000 cps เมื่อผสมในกาวทำให้กาวมีความหนืดสูงขึ้นตามปริมาณที่ผสมลงไป ปริมาณ EVA ที่เหมาะสมในสูตรกาว คือ 150 phr ถ้าใส่น้อยกว่านี้กาวที่ได้จะนิ่มมากเกินไปที่อุณหภูมิห้อง ถ้าใช้ EVA ปริมาณมากกว่านี้ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ต้องปรับปรุงให้กาวมีความหนืดลดลงโดยการเติม Wax หรือ Resin

เมื่อปริมาณ Wax เพิ่มขึ้นค่าความหนืดมีแนวโน้มลดลงเนื่องจาก Wax เป็นสารที่มีความหนืด 59 cps เมื่อผสมในกาวหลอมร้อนจะทำให้กาวมีความหนืดต่ำลงตามปริมาณที่ผสมลงไป โดยทั่วไปปริมาณ Wax เพิ่มทำให้ความหนืดของพอลิเมอร์ลดลง [9], [16] เนื่องจาก Wax มีขนาดโมเลกุลที่เล็กกว่าพอลิเมอร์ ปริมาณ Wax ที่เหมาะสมในสูตรกาว คือ 25 phr ถ้าใส่ในปริมาณมากกว่านี้ทำให้สมบัติกาวไม่ดี ถ้าใช้น้อยกว่านี้ทำให้การหลอมตัวของกาวไม่ดี

เมื่อปริมาณ Resin เพิ่มขึ้นค่าความหนืดมีแนวโน้มลดลง เนื่องจาก Resin เป็นสารที่มีความหนืดที่ 62 cps เมื่อผสมในกาวจะทำให้กาวมีความหนืดลดลงตามปริมาณที่ผสมลงไป เมื่อเปรียบเทียบสูตรกาวหลอมร้อนที่เตรียมขึ้นเองกับกาวทางการค้า พบว่าสูตรกาวหลอมร้อน ที่มีปริมาณ EVA 150 phr, Wax 25 phr และ Resin 150 phr มีค่าความหนืด ที่ 514 cps มีค่าใกล้เคียงกับกาวทางการค้า มีค่าความหนืดที่ 668 cps ถ้าใช้ Resin ปริมาณมากกว่านี้ค่าความหนืดเริ่มคงที่



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของปริมาณ EVA, Wax และ Resin กับค่าความหนืด

3.4 เปรียบเทียบกับกาว Hot-melt ทางการค้า

สูตรกาวหลอมร้อนจากยางธรรมชาติที่ดีประกอบด้วยยางแท่ง STR 20 100 phr, น้ำมันพาราฟิน 50 phr, แคลเซียมคาร์บอเนต 50 phr, Wax 25 phr, Resin 150 phr และ EVA 150 phr เนื่องการทดลองเบื้องต้นพบว่าแท่ง STR 20 ไม่สามารถหลอมละลายได้ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส แม้ใช้เวลา 1 ชั่วโมง และแท่ง STR 20 มีความหนืดสูงประมาณ 80 MU ไม่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นกาวหลอมร้อน วิธีแก้ปัญหาโดยการเติมน้ำมันพาราฟินเพื่อให้ยาง

นิ่มลง ผลของน้ำมันต่อสมบัติของยาง น้ำมันทำให้ความหนืดลดลง โดยน้ำมันละลายอยู่หรือปนอยู่ในโมเลกุลทำให้โมเลกุลยางเคลื่อนไหวได้ง่าย [11]-[13] ถ้าใช้น้ำมันพาราฟินน้อยกว่า 50 phr จะทำให้ยางละลายได้ช้าที่อุณหภูมิ 160–170 องศาเซลเซียส หรือไม่ละลายเลย น้ำมันที่ใช้ในการทดลองนี้กำหนดให้คงที่ที่ 50 phr ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้สมบัติกาวไม่ดี ถ้าใส่ในปริมาณน้อยก็ทำให้ยางไม่สามารถละลาย

แคลเซียมคาร์บอเนตใส่เพื่อลดต้นทุนปริมาณที่ใส่ลงไป 50 phr ถ้าใส่ในปริมาณมากกว่านี้ทำให้สมบัติการเหนียวติดไม่ดี

EVA ทำให้กาวแข็งขึ้นและเพิ่มความเหนียวติดจากการทดลอง EVA ที่เหมาะสมอยู่ในคือ 150 phr โดยให้สมบัติความต้านแรงเฉือนดีแต่ความหนืดยังสูง จึงได้ทำการปรับปรุงโดยการใช้ Wax และ Resin

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบสมบัติกาวหลอมร้อนจากยางธรรมชาติ และกาวทางการค้า

การทดสอบ	สูตรกาว	
	การหลอมร้อนจากยาง STR 20	กาวหลอมร้อนทางการค้า
ลักษณะทั่วไป	เป็นแท่งแข็ง	เป็นแท่งแข็ง
พื้นผิว	ผิวเรียบ	ผิวเรียบ
สี	สีน้ำตาลแก่	สีขาว
กลิ่น	ไม่มีกลิ่นรบกวน	ไม่มีกลิ่นรบกวน
สภาพการหลอมเหลว	หลอมเหลวได้ดีในช่วงตั้งแต่อุณหภูมิ 85 -110℃	หลอมเหลวได้ดีในช่วงตั้งแต่อุณหภูมิ 85 -110℃
ความหนืด (cps)	514	668
ความต้านทานแรงเฉือน (lbf/in^2)	82.49	98.08
ความต้านทานการลอกหลุด (kN/m)	2.06	2.33

Wax ใช้เพื่อให้ยางละลาย ทำให้กาวมีความแข็ง กาวหลอมได้ง่าย Wax ทำให้ความหนืดลดลงแต่สมบัติที่ได้ไม่ดี จึงเลือกใช้ Wax ที่ 25 phr นอกจากนี้ Wax ยังสามารถช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของยาง STR 20 จากโอโซนได้ [17], [18]

Resin ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความเหนียวติด (Tackifier) ใช้เพิ่มความเหนียวติดของกาว เพิ่มความแข็งแรงของกาว และทำให้กาวหลอมได้ง่ายยิ่งขึ้น Resin ทำให้กาวที่ได้มีความหนืดลดลงและสมบัติการยึดติดของกาวดีขึ้นจึงเลือกใช้ Resin ที่ 150 phr นอกจากนี้ Resin อาจจะทำให้ยาง STR 20 กับ EVA เข้ากันได้ดีขึ้นเพราะว่าปิโตรเลียมเรซิน (Resin) มีสวนที่เป็นอลิฟาติกซึ่งไม่มีขั้วสามารถเข้ากับยาง STR 20 ได้ดี และมีส่วนที่เป็นอโรมาติกที่มีขั้วซึ่งสามารถเข้ากับ EVA ได้ดี [4], [5]

เมื่อนำกาวหลอมร้อนจากการทดลอง และ กาวหลอมร้อนทางการค้ามาทดลองเปรียบเทียบสมบัติแสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งกาวที่เตรียมได้มีความต้านทานแรงเฉือน และความต้านทานการลอกหลุด ต่ำกว่ากาวทางการค้าเล็กน้อย เนื่องมาจากยาง STR 20 เป็นยางที่ไม่มีขั้ว (Non-polar) ทำให้การยึดติดของยาง STR 20 กับไม้ซึ่งมีขั้วไม่ค่อยดี แต่กาวหลอมร้อนทางการค้ามีส่วนที่เป็น EVA เพียงอย่างเดียวซึ่ง EVA มีขั้วสูง (Polar) เพราะมีหมู่ไวนิลอะซีเตต ทำให้สามารถยึดติดกับไม้ซึ่งมีขั้วได้ดี [14], [15] แต่การมียาง STR 20 อาจจะทำให้กาวหลอมร้อนยึดติดกับพลาสติกที่ไม่มีขั้วได้ดี เช่น พลาสติกพีพี และพลาสติกพีอีเป็นต้น

ราคากาวกาวหลอมร้อนที่ขายในปัจจุบันราคาประมาณ 200 บาทต่อกิโลกรัม การคิดราคากาวหลอมร้อนจากยางธรรมชาติเบื้องต้น แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ราคาของสารแต่ละชนิด

ส่วนประกอบ	น้ำหนัก (กก.)	ราคาต่อหน่วย (บาท/กก.)	ราคาแต่ละองค์ประกอบ
STR 20	100	60	6,000
Oil	50	38	1,900
$CaCO_3$	50	18	900
Wax	25	20	500
Resin	150	35	5,250
EVA	150	70	10,500
รวม	**525**	-	**25,050**

จากตางรางจะเห็นได้ว่าราคากาวหลอมร้อนจากยางธรรมชาติ ราคาประมาณ 25,050/525 = 48 บาทต่อกิโลกรัม ต้นทุนผันแปรอื่น ๆในการผลิตกาวจากยางธรรมชาติประมาณ 52 บาท ทำให้ต้นทุนรวม เท่ากับ 48+52 = 100 บาทต่อกิโลกรัม ถ้าคิดราคาขายกิโลกรัมละ 150 บาท ดังนั้นกำไรกิโลกรัมละ 150–100 = 50 บาทต่อกิโลกรัม ไม่สามารถประเมินราคาต้นทุนของกาวทางการค้าได้เนื่องจากไม่ทราบส่วนประกอบของสูตรกาว

4. สรุป

ความต้านทานแรงเฉือนเพิ่มขึ้นตามปริมาณของ EVA และ Resin ความต้านทานแรงเฉือนลดลงตามปริมาณของ Wax ความต้านทานการลอกหลุดเพิ่มขึ้นตามปริมาณของ EVA และ Resin ความต้านทานการลอกหลุดตามปริมาณของ Wax ความหนืดเพิ่มขึ้นตามปริมาณของ EVA ความหนืดลดลงตามปริมาณของ Wax และ Resin

สูตรกาวหลอมร้อนจากยางธรรมชาติที่ดีประกอบด้วยยางแท่ง STR 20 100 phr, น้ำมันพาราฟิน 50 phr, แคลเซียมคาร์บอเนต 50 phr, Wax 25 phr, Resin 150 phr และ EVA 150 phr

กระบวนการผลิตกาวหลอมร้อนจากกยางธรรมชาติ ผสมยาง STR 20 กับน้ำมันพาราฟินและแคลเซียมคาร์บอเนตในเครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง หลังจากนั้นตัดยาง STR 20 ชิ้นเล็ก ๆ ให้อุณหภูมิ Wax ที่ 160-170 องศาเซลเซียส ค่อย ๆ เติมยางลงไปจนยางละลายหมด เติม Resin และ เติม EVA ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ได้เป็นกาว hot-melt จากยางธรรมชาติ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

6. เอกสารอ้างอิง

[1] A. Pizzi and K. L. Mittal, *Handbook of Adhesive Technology, Revised and Expanded,* Taylor & Francis, 2003.

[2] Y. J. Park and H. J. Kim, “Hot-melt adhesive properties of EVA/aromatic hydrocarbon resin blend,” *Int. J. Adhes. Adhes.*, vol. 23, no. 5, pp. 383-392, 2003.

[3] Y. J. Park, H. S. Joo, H. J. Kim and Y. K. , “Adhesion and rheological properties of EVA-based hot-melt adhesives,” Int. J. Adhes. Adhes., vol. 26, no. 8, pp. 571-576, 2006.

[4] H. H. Shih and G. R. Hamed, “Peel adhesion and viscoelasticity of poly (ethylene-co-vinyl acetate)-based hot melt adhesives. I. The effect of tackifier compatibility,” *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 63, no. 3, pp. 323-331, 1997.

[5] M. L. Barrueso-Martínez, T. P. Ferrándiz-Gómez, C. M. Cepeda-Jiménez, J. Sepulcre-Guilabert and J. M. Martín-

Martínez, "Influence of the vinyl acetate content and the tackifier nature on the rheological, thermal, and adhesion properties of EVA adhesives," *J. Adhes. Sci*. Technol., vol. 15, no. 2, pp. 243-263, 2001.

[6] B. T. Poh, P. G. Lee and S. C. Chuah, "Adhesion property of epoxidized natural rubber (ENR)-based adhesives containing calcium carbonate," *Express Polym. Lett*., vol. 2, no. 6, pp. 398-403, 2008.

[7] B. T. Poh and Y. Y. Chang, "Viscosity and peel strength of SMR 10-based pressure-sensitive adhesives," *Polym. Plast. Technol. Eng*., vol. 45, no. 11, pp. 1251-1256, 2006.

[8] B. T. Poh and C. L. Chee, "Effect of coumarone-indene resin on adhesion property of SMR 20-based pressure-sensitive adhesives," *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, vol. 56, no. 3, pp. 247-255, 2007.

[9] J. P. Kalish et al., "An analysis of the role of wax in hot melt adhesives," *Int. J. Adhes. Adhes*., vol. 60, pp. 63-68, 2015.

[10] L. L. Li and J. L. White, "Rheological behavior of highly filled epdm compounds with calcium carbonate, carbon black, silica and zinc oxide," *Rubber Chem. Technol*., vol. 69, no. 4, pp. 628-636, 1996.

[11] R. F. Grossman, *The Mixing of Rubber*, Springer Netherlands, 2012.

[12] Z. S. Petrović, J. Milić, M. Ionescu and J. R. Halladay, "EPDM rubber plasticized with polymeric soybean oil of different molecular weights," *Rubber Chem. Technol*., vol. 90, no. 4, pp. 667-682, 2017.

[13] Z. S. Petrović, M. Ionescu, J. Milić and J. R. Halladay, "Soybean oil plasticizers as replacement of petroleum oil in rubber," *Rubber Chem. Technol*., vol. 86, no. 2, pp. 233-249, 2013.

[14] P. Jansen and B. G. Soares, "Effect of compatibilizer and curing system on the thermal degradation of natural rubber/ EVA copolymer blends," *Polym. Degradation Stab*., vol. 52, no. 1, pp. 95-99, 1996.

[15] A. Sasikala and A. Kala, "Thermal Stability and Mechanical Strength Analysis of EVA and Blend of EVA with Natural Rubber," *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, no. 2, Part 3, pp. 8862-8867, 2018.

[16] H. H. Kim and S.-J. Lee, "Effect of crumb rubber on viscosity of rubberized asphalt binders containing wax additives," *Con. Build. Mat*., vol. 95, pp. 65-73, 2015.

[17] D S.-S. Choi, S.-H. Im, J.-H. Park and J. S. Kim, "Analysis of wax solubility of rubber vulcanizates using wax solution in toluene and molten wax," *Polym. Test*., vol. 28, no. 7, pp. 696-701, 2009.

[18] A. Dorigato, M. V. Ciampolillo, A. Cataldi, M. Bersani and A. Pegoretti, "Polyethylene wax/epdm blends as shape-stabilized phase change materials for thermal energy storage," *Rubber Chem. Technol*., vol. 90, no. 3, pp. 575-584, 2017.