

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุ

- 3.1.1 กาวคลอโรพรีน ประเภท Solvent based (2620BL-2) สนับสนุนโดยบริษัท Vega ball (Thailand) จำกัด มีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีดำ
- 3.1.2 กาวพอลิยูรีเทน ประเภท Solvent based (DB963BM) สนับสนุนโดยบริษัท Vega ball (Thailand) จำกัด ลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีขาว
- 3.1.3 น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งประมาณ 60 % ใช้สำหรับเป็นสายโซ่พอลิเมอร์ที่จะให้หน่วยของเมทิลเมทาคริเลทเข้ามากราฟต์เกิดเป็นโคพอลิเมอร์ ผลิตโดยบริษัททดลองอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด
- 3.1.4 ยางแผ่นรมควันชั้นสาม (RSS no.3) ใช้สำหรับเตรียมยางวัลคาไนซ์เพื่อใช้เป็นชั้นทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติด จากตลาดกลางยางพารา อำเภอหาดใหญ่
- 3.1.5 ยาง SBR เกรด 1502 ใช้สำหรับเตรียมยางวัลคาไนซ์ เพื่อใช้เป็นชั้นทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติด สนับสนุนโดยบริษัท Vega ball (Thailand) จำกัด
- 3.1.6 หนังสือกระดาษ PVC และ PU ใช้สำหรับเป็นชั้นทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติดของกาว สนับสนุนโดย บริษัท Vega ball (Thailand) จำกัด
- 3.1.7 acetone ($\text{CH}_3\text{CO CH}_3$) bp 56.1°C , ความหนาแน่น 0.790 ลักษณะเป็นของเหลวใส, ไม่มีสี ใช้เป็นตัวทำละลาย เพื่อสกัด PMMA ที่ไม่กราฟต์กับ โมเลกุลยางธรรมชาติ ผลิตโดย บริษัท Lab – Scan
- 3.1.8 benzene (C_6H_6), bp 80.1°C , ความหนาแน่น 0.879 ลักษณะสารเป็นของเหลวใส, ไม่มีสี ใช้เป็นตัวทำละลายเรซินในกระบวนการเตรียมแทคทีไฟเออร์ ผลิตโดยบริษัท Lab – Scan
- 3.1.9 calcium carbonate (CaCO_3) เป็นสารตัวเติม (filler) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ใช้สำหรับการเตรียมยางวัลคาไนซ์ เพื่อใช้เป็นชั้นทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติด จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนกิจไพบูลย์เคมี จำกัด

- 3.1.10 carbon black ชนิด ISAF และชนิด HAF ใช้สำหรับการเตรียมยางวัลคาไนซ์ เพื่อใช้เป็นขั้นตอนทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติด จัดจำหน่ายโดย ห้างหุ้นส่วนกิจไพบูลย์เคมี จำกัด
- 3.1.11 china clay เป็นสารตัวเติม (filler) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ใช้สำหรับการเตรียมยางวัลคาไนซ์ เพื่อใช้เป็นขั้นตอนทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติด จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนกิจไพบูลย์เคมี จำกัด
- 3.1.12 coumarone indene resin ลักษณะเป็นของแข็งเม็ดสีเหลือง ใช้สำหรับการเตรียมยางวัลคาไนซ์ เพื่อใช้เป็นขั้นตอนทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติด และใช้เตรียมแทลคิไฟเออร์ เพื่อเพิ่มการยึดติดของกาวน้ำยาง สนับสนุนโดยบริษัท Vega ball (Thailand) จำกัด
- 3.1.13 cumene hydroperoxide solution ($C_9H_{12}O_2$) ความหนาแน่น 1.028 ลักษณะสารเป็นของเหลว, สีเหลืองอ่อน ทำหน้าที่เป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยา (redox initiator) สำหรับการกราฟต์ MMA ลงบนยางธรรมชาติ ผลิตโดยบริษัท Fluka
- 3.1.14 diphenyl guanidine (DPG) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่ง มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง ใช้สำหรับการเตรียมยางวัลคาไนซ์ เพื่อใช้เป็นขั้นตอนทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติด จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนกิจไพบูลย์เคมี จำกัด
- 3.1.15 DS-BOND ® Powerful ลักษณะเป็นเม็ดสีขาว ใช้เป็นตัวถูกละลายของตัวทำละลาย dongsung primer สำหรับการเตรียมผิวหน้ายาง จำหน่ายโดยบริษัท Dongsung NSC (Thailand) จำกัด
- 3.1.16 dongsung primer (AQUACE PR-504) ลักษณะเป็นของเหลวสีชมพูใส ใช้เป็นตัวทำละลาย สำหรับการเตรียมผิวหน้ายาง จำหน่ายโดยบริษัท Dongsung NSC (Thailand) จำกัด
- 3.1.17 ethyl acetate ($CH_3COOC_2H_5$) เกรดวิเคราะห์ bp 77.1 °C ความบริสุทธิ์ 99.8 % ใช้เป็นตัวทำละลาย trichloroisocyanuric acid เพื่อเตรียมผิวหน้ายาง ผลิตโดย Lab-Scan
- 3.1.18 isocyanate (RF-41) ลักษณะเป็นของเหลวหนืดใส ไม่มีสี ใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับเตรียมกาวน้ำพอลิยูรีเทน จำหน่ายโดยบริษัท Dongsung NSC (Thailand) จำกัด
- 3.1.19 methyl cellulose (CMC) เกรดวิเคราะห์ ลักษณะเป็นผงสีขาว ใช้ในกระบวนการเตรียมแทลคิไฟเออร์ เพื่อเพิ่มความหนืด ผลิตโดยบริษัท Fluka

- 3.1.20 methyl methacrylate monomer ($C_5H_8O_2$) bp $98-100^{\circ}C$, ความหนาแน่น 0.943 ลักษณะสารเป็นของเหลวใส, ไม่มีสี ใช้สำหรับเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาการกราฟต์ ผลิตโดยบริษัท Fluka
- 3.1.21 mercaptobenzthiazole sulphite (MBTS) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่ง มีลักษณะเป็นผงสีขาว ใช้สำหรับการเตรียมยางวัลคาไนซ์ เพื่อใช้เป็นขั้นตอนทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติด จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนกิจไพบูลย์เคมี จำกัด
- 3.1.22 N-phenyl-N-1,3-dimethylbutyl-p-phenylenediamine (6PPD) ทำหน้าที่เป็นแอนติออกซิแดนซ์ (antioxidant) มีลักษณะเป็นเม็ดสีดำ ใช้สำหรับการเตรียมยางวัลคาไนซ์ เพื่อใช้เป็นขั้นตอนทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติด จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนกิจไพบูลย์เคมี จำกัด
- 3.1.23 oleic acid ($C_{18}H_{34}O_2$) ความหนาแน่น 0.890 ลักษณะเป็นของเหลว, สีเหลืองอ่อน ใช้ในกระบวนการเตรียมแทลคิไฟเออร์ และกระบวนการเตรียมสบู่ ผลิตโดยบริษัท Fluka
- 3.1.24 petroleum ether bp $40-60^{\circ}C$, ความหนาแน่น 0.650 ลักษณะสารเป็นของเหลวใส, ไม่มีสี ใช้เป็นตัวทำละลาย เพื่อสกัดยางธรรมชาติที่ไม่ได้กราฟต์ ผลิตโดย บริษัท Lab – Scan
- 3.1.25 phenolic resin ลักษณะเป็นของแข็ง เม็ดสีเหลืองใช้เตรียมแทลคิไฟเออร์ เพื่อเพิ่มการยึดติดของกาวน้ำยาง สนับสนุนโดย บริษัท Vega ball (Thailand) จำกัด
- 3.1.26 polyol (WS-18N) ลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีขาว ใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับเตรียมกาวน้ำพอลิยูรีเทน จำหน่ายโดยบริษัท Dongsung NSC (Thailand) จำกัด
- 3.1.27 poly(vinyl alcohol) เกรดวึเคราะห์, $M_w \sim 49,000$ ลักษณะเป็นเกล็ดสีขาวใส ใช้ในกระบวนการเตรียมแทลคิไฟเออร์ เพื่อให้ระบบอิมัลชันอยู่ได้อย่างเสถียร ผลิตโดยบริษัท Fluka
- 3.1.28 potassium hydroxide (KOH) สูตรโมเลกุล KOH เกรดวึเคราะห์, bp $1327^{\circ}C$, น้ำหนักโมเลกุล 56.11 และมีความบริสุทธิ์ 85 % ใช้ในกระบวนการเตรียมแทลคิไฟเออร์, กระบวนการเตรียมสบู่ และใช้รักษาสภาพน้ำยาง ผลิตโดยบริษัท Lab – Scan
- 3.1.29 sodium hydroxide (NaOH) ลักษณะเป็นเกล็ดสีขาว นำมาเตรียมที่ความเข้มข้น 5 % น้ำหนัก/ปริมาตร เพื่อใช้สกัดสารยับยั้งออกจากเมทิลเมทาคริเลทมอนอเมอร์

- 3.1.30 stearic acid ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นร่วมกับ zine oxide มีลักษณะเป็นเกร็ดสีขาว เป็นเกร็ดที่ใช้ในอุตสาหกรรมยาง ใช้สำหรับการเตรียมยางวัลคาไนซ์ เพื่อใช้เป็นชั้นทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติด จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนกิจไพบูลย์เคมี จำกัด
- 3.1.31 sulphur ทำหน้าที่เป็นสารวัลคาไนซ์ มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง ใช้สำหรับการเตรียมยางวัลคาไนซ์ เพื่อใช้เป็นชั้นทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติด และใช้สำหรับเตรียม 50 % dispersion เพื่อใช้เป็นสารวัลคาไนซ์ยางในรูปของน้ำยาง จัดจำหน่ายโดยบริษัทสยามเคมี จำกัด
- 3.1.32 tetraethylene pentamine ($C_8H_{23}N_5$) ความหนาแน่น 0.99 ลักษณะสารเป็นของเหลว, สีเหลือง ทำหน้าที่เป็น Activator agent สำหรับการกราฟต์ MMA ลงบนยางธรรมชาติ ผลิตโดยบริษัท Fluka
- 3.1.33 tetramethyl thiuram disulphide (TMTD) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่ง มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง ใช้สำหรับการเตรียมยางวัลคาไนซ์ เพื่อใช้เป็นชั้นทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติด จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนกิจไพบูลย์เคมี จำกัด
- 3.1.34 trichloroisocyanuric acid ($C_3Cl_3N_3O_3$) เป็นสารเคมีที่ใช้ละลายในตัวทำละลาย ethyl acetate สำหรับการเตรียมผิวหน้ายาง ผลิตโดยบริษัท Merck เกรดวิกิเระห์
- 3.1.35 vultamol มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาล เป็นตัวช่วยให้สารที่บดอยู่ในรูป dispersion ผลิตโดยบริษัท BASF
- 3.1.36 white oil เป็นพลาสติกไซเซออร์ (plasticizer) มีลักษณะเป็นของเหลวใส ใช้สำหรับการเตรียมยางวัลคาไนซ์ เพื่อใช้เป็นชั้นทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติด จัดจำหน่ายโดยห้างหุ้นส่วนกิจไพบูลย์เคมี จำกัด
- 3.1.37 zine oxide (ZnO) ชนิด white Seal ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้น (activator) มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว เป็นเกร็ดที่ใช้ในอุตสาหกรรมยาง ใช้สำหรับการเตรียมยางวัลคาไนซ์ เพื่อใช้เป็นชั้นทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติด ผลิตโดยบริษัท Univenture Public Co., Ltd.

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องทดสอบความทนต่อแรงดึง (tensile tester) เพื่อใช้ทดสอบความทนต่อแรงดึงของยาง ความต้านทานต่อการฉีกขาดของยาง และทดสอบสมบัติการยึดติด (peel strength) จำหน่ายโดยบริษัท อินโทรเอ็นเตอร์ไพร์ส จำกัด ผลิตโดย บริษัท LLOYD Instruments, Segensworth Fareham



ภาพประกอบ 3.1 เครื่องทดสอบความทนต่อแรงดึง

3.2.2 เครื่องผสมยางสองลูกกลิ้ง (two roll mill) เป็นเครื่องบดและผสมยางประกอบด้วยลูกกลิ้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ยาว 15 นิ้ว จำนวน 2 ลูก หมุนเข้าหากันด้วยอัตราความเร็วลูกกลิ้งหน้าต่อลูกกลิ้งหลัง (friction ratio) เท่ากับ 1:1.22 ผลิตโดยบริษัท Young Fong Machinery Co., LTD.



ภาพประกอบ 3.2 เครื่องผสมยางสองลูกกลิ้ง

- 3.2.3 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง รุ่น GF – 3000 ผลิตโดยบริษัท A&D จำกัด ประเทศญี่ปุ่น
- 3.2.4 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง รุ่น AB 204 ผลิตโดยบริษัท Mettler Toledo ประเทศสวิสเซอร์แลนด์
- 3.2.5 เครื่องอัดเบ้า (compression moulding) โดยใช้ระบบไฮดรอลิก อัดความดันได้สูงสุด 700 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับอัดขึ้นทดสอบเพื่อประกบชิ้นตัวอย่าง ผลิตโดยบริษัท Kao Tien Machinery Industrail Co., LTD. ประเทศไต้หวัน



ภาพประกอบ 3.3 เครื่องอัดเบ้า

- 3.2.6 เครื่องอัดเบ้า (compression moulding) รุ่น LCC 140 เป็นเครื่องมือสำหรับการอัดยางเข้าเบ้าพิมพ์ โดยใช้ระบบไฮดรอลิก ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า ความดันสูงสุด 200 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ที่ยัดเบ้าพิมพ์ขนาด 18×18 นิ้ว ใช้สำหรับอัดชิ้นงานสำหรับทดสอบความแข็งแรงการยึดติด ผลิตโดยบริษัท TANG-MASTER Co., LTD.



ภาพประกอบ 3.4 เครื่องอัดเบ้ารุ่น LCC 140

- 3.2.7 เครื่องทดสอบเวลาการวัลคาไนซ์ของยาง (moving die rheometer, MDR 2000) รุ่น 36 AIG 2953 ใช้สำหรับหาเวลาการวัลคาไนซ์ (cure time) และเวลาการสุกของยางก่อนกำหนด (scorch time) ผลิตโดยบริษัท Alpha Technologies Service Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา



ภาพประกอบ 3.5 เครื่องทดสอบเวลาการวัลคาไนซ์ของยาง

- 3.2.8 เครื่องวัดความแข็ง (hardness tester) ใช้แบบ Shore Durometer รุ่น 408, PTC ความแข็งที่ทดสอบได้มีหน่วยเป็น Shore A



ภาพประกอบ 3.6 เครื่องวัดความแข็ง

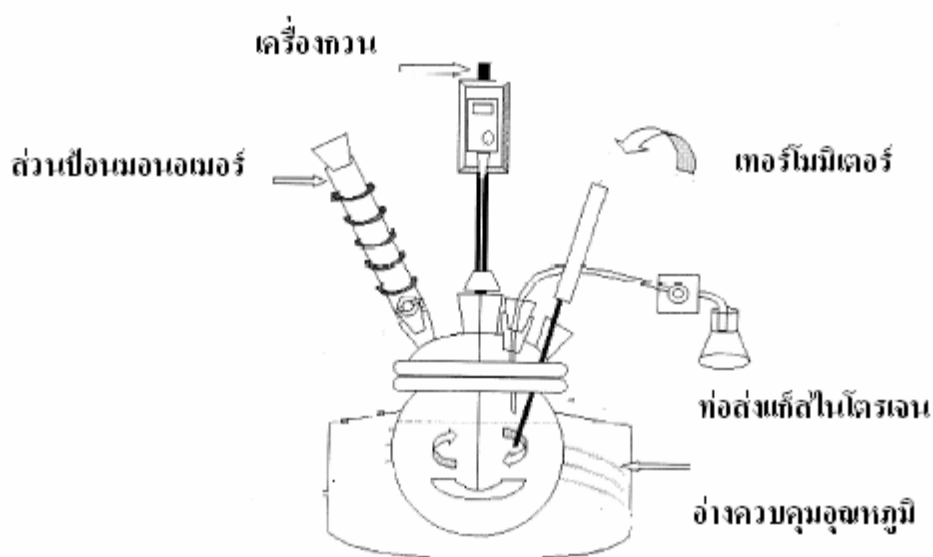
- 3.2.9 เครื่องขัดกระดาษทราย หมุนด้วยความเร็ว 1430 รอบ/นาที โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า , 0.75 กิโลวัตต์ ส้อหินขัดทำจากหินเจียรระไนชนิดหยาบ ใช้สำหรับการเตรียมพื้นผิวยางสำหรับใช้ทดสอบการยึดติด



ภาพประกอบ 3.7 เครื่องขัดกระดาษทราย

- 3.2.10 ชุดอุปกรณ์สำหรับกระบวนการสังเคราะห์น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ ประกอบไปด้วย หม้อปฏิกรณ์ เครื่องกวนที่มีมอเตอร์ปรับความเร็วรอบได้ ถึงแก๊สไนโตรเจน ส่วนป้อนมอนอเมอร์ อ่างน้ำร้อน และเทอร์โมมิเตอร์





ภาพประกอบ 3.8 ชุดอุปกรณ์สำหรับกระบวนการสังเคราะห์น้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์

3.2.11 ชุดสกัด soxhlet เพื่อใช้สกัดยางธรรมชาติที่ไม่ได้กราฟต์ออกจากยางโคพอลิเมอร์



ภาพประกอบ 3.9 ชุดสกัด soxhlet

3.2.12 เครื่องกวน รุ่น RZR 200 สามารถปรับความเร็วได้สูงสุด 2,000 รอบ/นาที ผลิตโดยบริษัท Heidolph ประเทศเยอรมัน

- 3.2.13 ตู้อบสุญญากาศ สามารถอบได้อุณหภูมิ 30-200 °C ใช้สำหรับอบตัวอย่างเพื่อระเหยน้ำ และมอนอเมอร์ออกจากตัวอย่าง รุ่น 29 ผลิตโดยบริษัท Precision ประเทศสหรัฐอเมริกา



ภาพประกอบ 3.10 ตู้อบสุญญากาศ

- 3.2.14 ตู้อบขนาดความจุ 53 ลิตร มีพัดลมระบายอากาศด้านในเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ใช้สำหรับอบชิ้นตัวอย่างเพื่อให้ทำละลายในเนื้อกาวยระเหย ก่อนการประกบชิ้นตัวอย่าง ผลิตโดยบริษัท memmert ประเทศเยอรมัน



ภาพประกอบ 3.11 ตู้อบ

3.2.15 เครื่องบดสารเคมี (ball mill) เป็นเครื่องมือที่ใช้บดผสมสารเคมีให้อยู่ในรูป dispersion ภาชนะที่ใช้เป็นเซรามิก ความจุขวดละประมาณ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีฝาปิดสนิทภายในมีหินบดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ปริมาตรรวมประมาณครึ่งหนึ่งของขวด ความเร็วรอบการหมุนของขวดประมาณ 64 รอบ/นาที



ภาพประกอบ 3.12 เครื่องบดสารเคมี

3.2.16 เครื่อง fourier transform infrared spectro meter model EQUINOX 55, Bruker ใช้ในการวิเคราะห์สเปกตรัมของพอลิเมอร์



ภาพประกอบ 3.13 เครื่อง fourier transform infrared spectro meter

- 3.2.17 เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscopy) รุ่น JSM5800LV, JEOL กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างภายนอกของผิวหนังยางวัลคาไนซ์ โดยตัวอย่างที่ต้องการทดสอบจะถูกติดบนตลับทองเหลืองและเคลือบตัวอย่างด้วยชั้นบางๆ ของทอง เพื่อให้ตัวอย่างสามารถนำไฟฟ้าได้ จากนั้นนำตัวอย่างที่เคลือบด้วยชั้นทองคำบางๆ วิเคราะห์โครงสร้างภายนอก โดยใช้กระแสของลำอิเล็กตรอนเท่ากับ 10 กิโลโวลต์



ภาพประกอบ 3.14 เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

- 3.2.17 ตู้อบบ่มเร่งชนิด gear aging รุ่น GPHH-100 สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง ตั้งแต่ อุณหภูมิห้องจนถึง 300 °C ใช้ในการบ่มเร่งยางเพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ และบ่มเร่งขึ้นทดสอบการผลัดโดย บริษัท Tabai Espec Corp. ประเทศญี่ปุ่น



ภาพประกอบ 3.15 ตู้อบบ่มเร่งชนิด gear aging

3.2.18 เครื่องวัดความหนืด แบบ brookfield viscometer รุ่น RVDV-II+ ผลิตโดยบริษัท Scientific Promotion Co., LTD. ประเทศสหรัฐอเมริกา



ภาพประกอบ 3.16 เครื่องวัดความหนืดแบบ brookfield viscometer

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การศึกษาการยึดติดระหว่างยางกับหนังสังเคราะห์ด้วยกาวทางการค้า

ทำการสำรวจค่าความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยางกับหนังสังเคราะห์ชนิดต่างๆ ด้วยกาวทางการค้าเพื่อนำค่าความแข็งแรงของการยึดติดที่ได้มาตั้งเป็นเป้าหมายในการทำวิจัยครั้งนี้ในการศึกษาค่าความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยางกับหนังสังเคราะห์ อ้างอิงจากมาตรฐาน ASTM D1876-72 ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติดแบบดึงลอก (Peel strength) โดยมีวิธีการเตรียมชิ้นงานเพื่อทดสอบดังนี้

1. เตรียมชิ้นยางและหนังหนังสังเคราะห์ที่มีขนาดดังนี้

ชิ้นยาง	ยาว 6 นิ้ว กว้าง 1 นิ้ว หนา 2.5 มิลลิเมตร
ชิ้นหนังสังเคราะห์	ยาว 6 นิ้ว กว้าง 1 นิ้ว หนา 1 มิลลิเมตร
2. เตรียมผิวหน้ายางโดยการขัดหน้ายางด้วยเครื่องขัดกระดาษทราย
3. ล้างยางเพื่อกำจัดเขม่ายางที่หลุดออกจากผิวหน้ายางด้วยน้ำเปล่า และนำยางไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 15 นาที
4. วางยางให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

5. เตรียมพื้นผิวหน้ายางด้วยตัวทำละลาย dongsung primer ที่ความเข้มข้น 2 % โดยน้ำหนัก และอบขึ้นยางให้แห้งที่ 60 °C เป็นเวลา 15 นาที

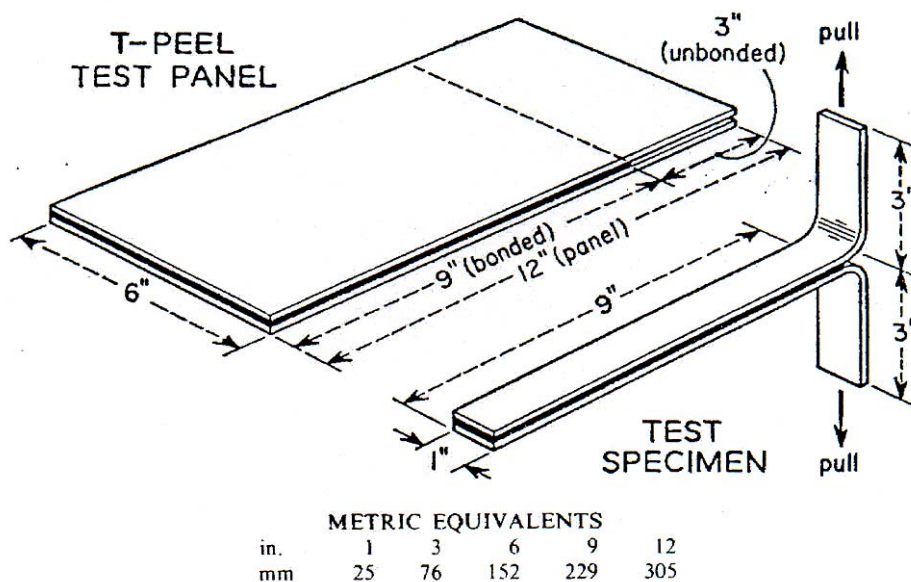
6. ทากาวที่ยางและหนังสังเคราะห์ โดยใช้กาวประมาณ 1 มิลลิลิตร/ชั้นทดสอบ และเหลือบริเวณที่ไม่ทากาวไว้ประมาณ 2 นิ้ว

7. นำยางและหนังสังเคราะห์ไปอบที่ อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้ตัวทำละลายที่อยู่ในกาวระเหย

8. นำชั้นยางและหนังสังเคราะห์มาประกบกันทันที โดยใช้ความดันอัดขึ้นงาน 2.5 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดเบ้า (ภาพประกอบ 3.3) เป็นเวลา 2.5 นาที

9. วางชั้นทดสอบไว้ 1 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง ก่อนนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติดด้วยเครื่องวัดความทนต่อแรงดึง (ภาพประกอบ 3.1) โดยดึงชั้นทดสอบด้วยความเร็ว 254 มิลลิเมตร/นาที

โดยลักษณะของชั้นทดสอบเพื่อทดสอบความแข็งแรงของการยึดติดแบบดึงลอก (peel strength) แสดงได้ดังภาพประกอบ 3.17



ภาพประกอบ 3.17 ชั้นทดสอบความแข็งแรงติดของกาวด้วยวิธีการดึงลอก (ASTM D1876-72)

โดยหนังสือกระดาษที่ใช้ทดสอบทั้งหมดมี 5 ชนิด (ตารางที่ 3.1) โดยชนิด A-D เป็นหนังพอลิยูรีเทน (หนัง PU) ส่วนหนังชนิด E เป็นหนังโพลีไวนิลคลอไรด์ (หนัง PVC) ซึ่งหนังสือกระดาษทั้ง 5 ชนิดเป็นวัตถุดิบที่ใช้ผลิตลูกบาสเกตบอลในอุตสาหกรรมการกีฬาของไทย

ตารางที่ 3.1 ชนิดหนังสือกระดาษที่ใช้ทดสอบการยึดติด

ชนิดหนัง	ประเภทหนัง	ด้านหน้าของหนัง	ด้านหลังของหนัง เป็นด้านที่ใช้ยึดติด
A	PU		
B	PU		
C	PU		
D	PU		
E	PVC		

ส่วนกาวที่ใช้ทดสอบความแข็งแรงของการยึดติด ทั้งหมดมี 3 ชนิด คือกาวกลอโรพรีน ประเภท Solvent based กาวพอลิยูรีเทน ประเภท Solvent based และประเภท Water based

ซึ่งเป็นกาวทางการค้าที่ใช้สำหรับยึดติดยางและหนังสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมการกีฬาในปัจจุบัน แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ชนิดกาวที่ใช้ทดสอบการยึดติด

ชื่อกาว	ประเภทกาว
1. กาวคลอโรพรีน	Solvent based
2. กาวพอลิยูรีเทน	Solvent based
3. กาวพอลิยูรีเทน	Water based

ผลของความแข็งแรงของการยึดติดของยางกับหนังสังเคราะห์ 5 ชนิดข้างต้น (ตารางที่ 3.1) ด้วยกาวทางการค้าทั้ง 3 ชนิด (ตารางที่ 3.2) จะนำมาเปรียบเทียบและวิจารณ์ผล พร้อมทั้งเลือกชนิดหนังสังเคราะห์เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้ และนำค่าความแข็งแรงของการยึดติดไปตั้งเป็นเป้าหมายในการทำวิจัยครั้งนี้

3.3.2 การศึกษาสมบัติของยางสำหรับใช้ทดสอบการยึดติด

ยางวัลคาไนซ์สำหรับนำมาทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติดนั้นมีความสำคัญมาก กล่าวคือ ยางต้องมีความแข็งแรงมากพอและต้องแข็งแรงมากกว่าความแข็งแรงของกาว (cohesive strength) และแรงยึดติดระหว่างกาวกับวัสดุ (adhesive strength) เพราะหากยางไม่มีความแข็งแรงแล้วจะเกิดการล้มเหลวของการยึดติดภายในเนื้อยาง (เนื้อวัสดุ) ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้ทดสอบสมบัติยึดติดของกาวได้ งานวิจัยนี้ได้ทำการหาสูตรยาง สำหรับนำมาใช้เป็นชิ้นทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติดของกาวในงานวิจัยครั้งนี้โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ผสมยางและสารเคมีบนเครื่องบดผสมยางสองลูกกลิ้ง (two roll mill) ทั้งหมด 6 สูตร (ตารางที่ 3.3) ปริมาณยางและสารเคมีที่ใช้ จะมีการห้กลับปริมาณยางและสารเคมีที่มีอยู่แล้วในมาสเตอร์แบทช์ (ตารางที่ 3.4) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง การคำนวณปริมาณการใช้มาสเตอร์แบทช์ของเขม่าดำของสูตรยางคอมพอนันด์สูตรที่ 1 เมื่อสูตรการผสมมีปริมาณ carbon black เท่ากับ 10 phr

ต้องการเขม่าดำ 105 กรัม ใช้มาสเตอร์แบทช์ 262 กรัม

ถ้าต้องการเขม่าดำ	10 กรัม	ใช้มาสเตอร์แบทช์	$\frac{262 \times 10}{105} = 24.95$ กรัม
จากการเตรียมมาสเตอร์แบทช์	262 กรัม	มียางธรรมชาติอยู่	89 กรัม
ถ้ามาสเตอร์แบทช์หนัก	24.95 กรัม	มียางธรรมชาติอยู่	$\frac{89 \times 24.95}{262} = 8.48$ กรัม

ดังนั้นต้องเพิ่มยางธรรมชาติอีก $90 - 8.48 = 81.52$ กรัม ส่วนสารเคมีตัวอื่นๆ สามารถคำนวณได้ในทำนองเดียวกัน

โดยใช้เวลาในการผสมประมาณ 20-22 นาที รีดยางคอมพอนด์เป็นแผ่นบาง พักยางไว้ 24 ชั่วโมง และตัดตัวอย่างเป็นชิ้นหนัก 5 กรัม ไปหาอัตราการวัลคาไนซ์ ที่อุณหภูมิ 150°C ด้วยเครื่องทดสอบเวลาการวัลคาไนซ์ของยาง (moving die rheometer, MDR 2000) (ภาพประกอบ 3.5)

ตารางที่ 3.3 สูตรการเตรียมยางวัลคาไนซ์ (phr)

สารเคมี	สูตร					
	1	2	3	4	5	6
RSS no.3	90	90	90	90	90	57
carbon black	10	10	10	10	10	15
SBR	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	28
china clay	20	30	40	20	20	30
calcium carbonate	20	30	40	20	20	20
white oil	2	2	2	2	2	3
zine oxide	5	5	5	5	5	4
stearic acid	2	2	2	2	2	1.5
6PPD	1	1	1	1	1	1.3
MBTS	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.8
TMTD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	-
DPG	-	-	-	-	-	0.3
coumarone indene resin	0.6	0.6	0.6	0.6	10	2
sulphur	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.5

ตารางที่ 3.4 สูตรการเตรียมยางมาตรฐานแบบซังของเขม่าดำในยางธรรมชาติและยาง SBR

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (phr)
RSS no.3	89
SBR	15
carbon black ชนิด ISAF	52.5
carbon black ชนิด HAF	52.5
white oil	45
stearic acid	2
coumarone indene resin	6
รวม	262

นำยางคอมปอนด์ที่เตรียมได้มาอัดเป็นแผ่น เพื่อเตรียมขึ้นทดสอบ ด้วยเครื่องอัดเป็นแบบไฮดรอลิก (ภาพประกอบ 3.2) โดยใช้อุณหภูมิ 150 °C ตามเวลา 90 %cure time ที่ได้จากการทดสอบเวลาการวัลคาไนซ์ของยาง ด้วยเครื่องทดสอบเวลาการวัลคาไนซ์ของยาง (moving die rheometer, MDR 2000) (ภาพประกอบ 3.5) หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้ไปทดสอบสมบัติดังต่อไปนี้

การทดสอบความทนต่อแรงดึง (tensile properties testing)

ทดสอบความทนต่อแรงดึง ตามมาตรฐาน ASTM 412-98 ใช้ยางตัวอย่างรูปดัมเบล (ภาพประกอบ 3.17) ซึ่งตัดด้วย die C ขนาดความยาว 115 มิลลิเมตร กว้าง 6.0±0.4 มิลลิเมตร จำนวน 6 ชิ้นตัวอย่าง แล้วนำไปทดสอบด้วยเครื่อง tensometer (ภาพประกอบ 3.1) ที่อัตราการดึง 500±50 มิลลิเมตร/นาที จนยางตัวอย่างขาด อ่านค่าแรงที่ใช้ดึงและความยาวสุดท้ายของยางที่ขาด นำมาคำนวณจะได้ค่าความทนต่อแรงดึงและค่าระยะยืด ณ จุดขาดดังนี้

การคำนวณ

$$\text{Tensile strength} = F/A$$

โดย

F = แรงดึงที่ทำให้ชิ้นทดสอบขาด (นิวตัน)

A = พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบขณะยังไม่ยืด (ตารางมิลลิเมตร)

มีหน่วยเป็นนิวตัน/ตารางมิลลิเมตร (N/mm²) หรือ kg/cm² ในหน่วย SI มีหน่วยเป็นเมกะปาสคาล (MPa)

$$1 \text{ MPa} = 10.197 \text{ kg/cm}^2$$

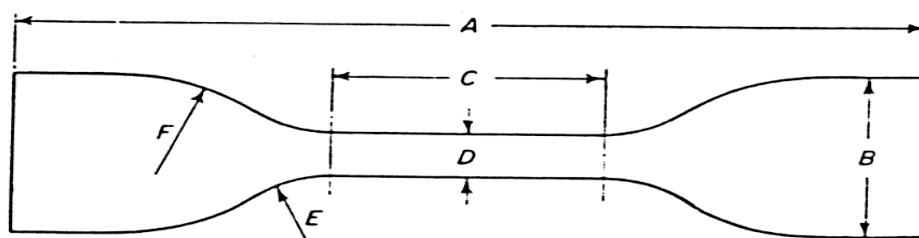
$$\text{Elongation at break} = 100 \times (L - L_0) / L_0$$

โดย

L = ระยะที่ชิ้นทดสอบสามารถยืดตัวได้จนขาด

L₀ = ระยะกำหนดก่อนทำการทดสอบ

มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)



ภาพประกอบ 3.18 ลักษณะตัวอย่างชิ้นทดสอบรูป Dumbbell (ASTM 412-98)

การทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาด (tear resistance testing)

ทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาด ตามมาตรฐาน ASTM D624 โดยใช้ยางตัวอย่างแบบมุม (angle) ที่ไม่มีรอยบากตรงมุม (ภาพประกอบ 3.18) ซึ่งตัดด้วย die C แล้วนำไปทดสอบด้วยเครื่อง tensometer (ภาพประกอบ 3.1) ที่อัตราการดึง 500±50 มิลลิเมตร/นาที วัดแรงที่ดึงจนขาด และนำมาคำนวณจะได้ความต้านทานต่อการฉีกขาดตามการคำนวณดังนี้

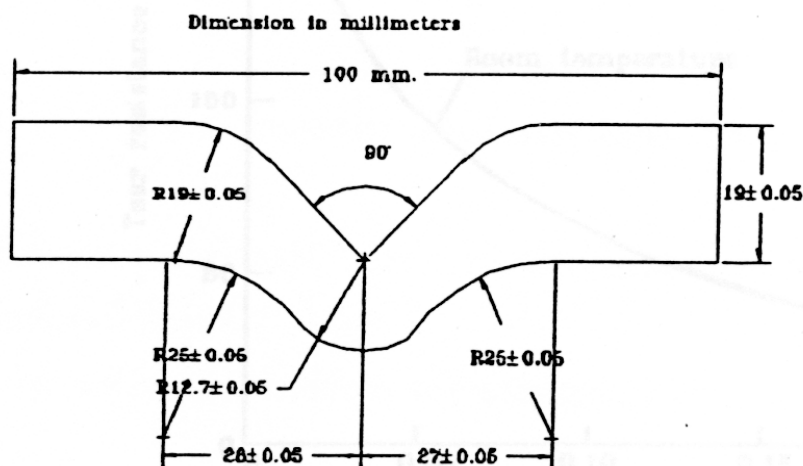
การคำนวณ

$$\text{Tear Strength} = F/L$$

F = แรงที่ใช้ดึงจนชิ้นทดสอบขาด (นิวตัน)

L = ความหนาของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

มีหน่วยเป็นนิวตัน/มิลลิเมตร (N/mm)



ภาพประกอบ 3.19 ลักษณะตัวอย่างชิ้นทดสอบแบบมุม (ASTM D624)

การวัดค่าความแข็ง (hardness testing)

ทดสอบความแข็ง ตามมาตรฐาน ASTM D2240-97 เป็นการวัดค่าความแข็ง แบบ shore A โดยใช้ชิ้นทดสอบ ที่มีความหนาน้อยกว่า 6 มิลลิเมตร หรือ 0.25 นิ้ว ทำการทดสอบด้วย เครื่องวัดความแข็ง แบบ shore A (ภาพประกอบ 3.6) ให้หัวกดกดค้างไว้ 30 วินาที แล้วจึงอ่านค่า ความแข็งที่ได้

ทดสอบลักษณะการล้มเหลวของการยึดติด

การทดสอบลักษณะการล้มเหลวของการยึดติด โดยการนำยางไปทดสอบการยึดติดกับหนังสังเคราะห์ PVC ชนิด E ด้วยกาวน้ำพอลิยูรีเทน อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D1876-72 แล้วศึกษาลักษณะการล้มเหลวของการยึดติด ซึ่งยางที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ยึดติด ยางจะต้องไม่ขาดก่อนการดึงลอก และยางที่ดีนั้นจะเกิดการล้มเหลวของการยึดติดที่ผิวสัมผัสระหว่างกาวกับหนังสังเคราะห์ หรือที่ผิวสัมผัสระหว่างกาวกับยาง

ซึ่งสมบัติทางกายภาพของยาง (ความทนต่อแรงดึงและค่าระยะยืด ณ จุดขาด ความต้านทานต่อการฉีกขาด ค่าความแข็ง) และลักษณะการล้มเหลวของการยึดติดของยาง ทั้ง 6 สูตร จะนำมาเปรียบเทียบและวิจารณ์ผลเพื่อเลือกสูตรยางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้ในงานวิจัยนี้

3.3.3 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของการยึดติด

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของการยึดติดมีหลายอย่างด้วยกัน เช่น ความสะอาดของผิววัสดุ พลังงานพื้นผิวของวัสดุ และแรงดึงผิวของกาว วิธีการเตรียมผิววัสดุก่อนการทา กาว กระบวนการเตรียมกาว สภาพะในการทา กาว เช่น ความเร็ว ความหนาของกาว จำนวนครั้งที่ทา กาว สภาพะที่ทำให้กาวเซตตัว เช่น ระยะเวลาก่อนการใช้ความดันประกบชิ้นงาน อุณหภูมิก่อนการ ประกบชิ้นงาน สภาพะการ cure เช่น ความดัน อุณหภูมิ หรือสภาพะการเก็บชิ้นทดสอบก่อนการ ทดสอบ เช่น ระยะเวลา อุณหภูมิ เป็นต้น แต่ในงานวิจัยครั้งนี้ จะมุ่งศึกษาผลของความดันที่ใช้ ประกบชิ้นงาน ชนิดของกาว และผลของการเตรียมผิวน้ำอย่างด้วยตัวทำละลาย ต่อความแข็งแรง ของการยึดติดระหว่างยางกับหนังสังเคราะห์ โดยศึกษาทั้งสภาพะที่บ่มแรงและไม่บ่มแรง ซึ่งสภาพะ บ่มแรงนั้นหลังวางชิ้นงานทดสอบไว้ 7 วัน นำชิ้นตัวอย่างไปบ่มแรงด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นระยะเวลา 168 ชั่วโมง ในตู้บ่มแรงแบบ gear oven

3.3.3.1 ศึกษาผลของความดันและชนิดของกาว

ผลของความดัน

อิทธิพลของความดันที่ใช้ประกบชิ้นงานเป็นตัวแปรที่สำคัญ และมีผลต่อความ แข็งแรงของการยึดติด งานวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของความดันที่ใช้ประกบชิ้นงาน เท่ากับ 2.5, 5, 10 และ 20 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ต่อความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยางกับสังเคราะห์ PVC ชนิด E และหนังสังเคราะห์ PU ชนิด B ด้วยกาวคลอโรฟริน ประเภท Solvent based และน้ำยาง ธรรมชาติ (น้ำยางขึ้น 60 %DRC)

ค่าความแข็งแรงของการยึดติดที่ได้จากผลการทดสอบด้วยการแปรความดันที่ใช้ ประกบชิ้นงานค่าต่างๆ จะนำมาเปรียบเทียบและวิจารณ์ผล

ผลของชนิดกาว

การเลือกใช้กาวให้เหมาะสมกับชนิดของวัตถุเป็นเรื่องที่สำคัญ เนื่องจากกาวแต่ละ ชนิดมีแรงดึงผิว (surface tension) แตกต่างกัน หากกาวชนิดใดมีแรงดึงผิวต่ำกว่าผิววัสดุมาก กาวจะ สามารถไหลได้ดี ส่งผลให้เกิดการยึดติดที่แข็งแรงหลังจากกาวแข็งตัว งานวิจัยนี้ใช้กาว 2 ชนิด สำหรับศึกษาผลของชนิดกาวต่อความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างยางและหนังสังเคราะห์ PVC ชนิด E และหนังสังเคราะห์ PU ชนิด B คือ

1. น้ำยารธรรมชาติ (น้ำยางชั้น 60%DRC) โดยไม่ได้เติมสารเติมแต่ง
2. กาวคลอโรพรีน ประเภท Solvent based

ค่าความแข็งแรงของการยึดติดที่ได้จากผลการทดสอบของน้ำยารธรรมชาติ (น้ำยางชั้น 60% DRC) และ กาวคลอโรพรีน ประเภท Solvent based จะนำมาเปรียบเทียบและวิจารณ์ผล

3.3.3.2 ศึกษาผลของการเตรียมผิวหน้ายาง

การเตรียมผิวหน้ายางเป็นตัวแปรที่สำคัญตัวแปรหนึ่ง ที่มีผลต่อความแข็งแรงของการยึดติด เนื่องมาจากการเตรียมผิวหน้าเป็นการขจัดหรือป้องกันการมีชั้นของสารบนผิวหน้ายางที่ก่อให้เกิดการยึดติดลดน้อยลง เพื่อให้โมเลกุลของกาวกับผิววัสดุสัมผัสได้สนิทมากที่สุด เพื่อให้เกิดสารเคมี/พันธะใหม่บนผิวหน้ายาง หรือเพื่อเพิ่มแรงดึงผิวบนผิวหน้ายางส่งผลให้การเปียกผิวของกาวดียิ่งขึ้น งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาผลของชนิดตัวทำละลาย โดยใช้ตัวทำละลายทางการค้า (dongsung primer) และตัวทำละลายที่เตรียมเองโดยใช้ TCI/EA และศึกษาผลของความเข้มข้นของตัวทำละลายของตัวทำละลายทั้งสองชนิด โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. ชนิดตัวทำละลาย

โดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด คือตัวทำละลายทางการค้า (dongsung primer) และตัวทำละลายที่เตรียมเอง (TCI/EA) ซึ่งวิธีการเตรียมตัวทำละลายทำได้ดังนี้

ตัวทำละลายทางการค้า (dongsung primer)

1. เติม AQUACE PR-504 ลักษณะเป็นของเหลวสีชมพูใส จำนวน 100 กรัม ลงในบีกเกอร์
2. เติม DS-BOND ® Powerful ลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ สีขาว
3. กวนให้ DS-BOND ® Powerful ละลาย ด้วยความเร็ว 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที
4. ใซยางจุ่มในตัวทำละลายและนำไปอบให้ตัวทำละลายระเหยที่อุณหภูมิ 60 °C เวลา 15 นาที
5. วางยางให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปใช้งาน

ตัวทำละลายที่เตรียมเอง (TCI/EA)

1. เติม Ethyl acetate จำนวน 100 กรัม ลงในบีกเกอร์
2. เติม Trichloroisocyanuric acid ลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ สีขาว
3. กวนให้ Trichloroisocyanuric acid ละลาย ด้วยความเร็ว 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที
4. ใช้ยางจุ่มในตัวทำละลายและนำไปอบ ให้ตัวทำละลายระเหยที่อุณหภูมิ 60°C เวลา 15 นาที
5. วางยางให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปใช้งาน

2. ความเข้มข้นของตัวทำละลาย

ศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของตัวทำละลายต่อความแข็งแรงของการยึดติด ด้วยเหตุผลที่ว่าความเข้มข้นของตัวทำละลาย ส่งผลต่อปริมาณของสารเคมี/พันธะใหม่ที่เกิดขึ้นบนผิวหน้ายาง หรือแรงดึงผิวที่เกิดขึ้นบนผิวหน้ายาง ค่าความแข็งแรงของการยึดติดถูกศึกษา โดยใช้ความเข้มข้นของตัวทำละลายเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 1, 2 และ 3 % โดยน้ำหนัก

ผลของชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้นของตัวทำละลาย ทั้งตัวทำละลายทางการค้า (dongsung primer) และตัวทำละลายที่เตรียมเองโดยใช้ TCI/EA ต่อความแข็งแรงต่อการยึดติด จะนำมาเปรียบเทียบและวิจารณ์ผล

3.3.4 การเตรียมน้ำยากราฟต์เมทิลเมทาคริเลทลงบนน้ำยาธรรมชาติ

ศึกษาการเตรียมน้ำยากราฟต์เมทิลเมทาคริเลทลงบนน้ำยาธรรมชาติ โดยใช้เทคนิคการเตรียมแบบอิมัลชัน โดยใช้อัตราส่วนโมล NR/MMA เท่ากับ 95/5, 90/10, 80/20, 70/30 และ 60/40 ซึ่งมีขั้นตอนในการเตรียมดังนี้

3.3.4.1 การเตรียมเมทิลเมทาคริเลทมอนอเมอร์

ในการเตรียมมอนอเมอร์นั้นจะต้องสกัดด้วยวิธีปฏิบัติที่อยู่ในเมทิลเมทาคริเลทมอนอเมอร์นั้นออก โดยวิธีการดังนี้

1. สกัดสารขั้วตั้งออกจากเมทิลเมทาคริเลทมอนอเมอร์ ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 5 % น้ำหนัก/ปริมาตร ในปริมาณที่เท่ากับเมทิลเมทาคริ

- เลทมอนอเมอร์ โดยใช้กรวยแยก (separating funnel) 2 ครั้ง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง จนได้ pH เป็นกลาง (ทดสอบชั้นน้ำด้วยกระดาษลิตมัส)
2. เติม anhydrous CaCl_2 เพื่อคูลน้ำที่อยู่ในมอนอเมอร์ออก
 3. กรองเอา anhydrous CaCl_2 ออก จะได้มอนอเมอร์แห้งที่ปราศจากสารยับยั้ง (inhibitor – free monomer)
 4. เก็บมอนอเมอร์ที่ปราศจากตัวยับยั้งในขวดสีชา และแช่ไว้ในตู้เย็นไว้จนกว่าจะใช้งาน

3.3.4.2 การกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชัน

การกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชันจะทำในหม้อปฏิกรณ์ซึ่งชุดควบคุมได้แสดงไว้ในภาพประกอบ 3.8 ประกอบไปด้วยหม้อปฏิกรณ์ เครื่องกวนที่มีมอเตอร์ปรับความเร็วรอบได้ ถึงแก๊สไนโตรเจน ส่วนป้อนมอนอเมอร์ อ่างน้ำร้อน และเทอร์โมมิเตอร์ โดยการกราฟต์โคพอลิเมอร์ไรเซชัน มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้

ขั้นแรก เมทิลเมทาคริเลทมอนอเมอร์ (MMA) ที่บริสุทธิ์ คิวมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์ โปแตสเซียมโอเลต และน้ำกลั่น ถูกบรรจุในถังมอนอเมอร์ และกวนเป็นเวลา 30 นาที ความเร็ว 240 รอบ/นาที จนกระทั่งเกิดเป็นอิมัลชัน ส่วนประกอบของสารละลายมอนอเมอร์ที่ใช้แสดงดังในตารางที่ 3.5 วิธีการคำนวณดังแสดงในภาคผนวก ก.4

ตารางที่ 3.5 ส่วนประกอบของสารละลายมอนอเมอร์ (ส่วน Feeding)

หน่วยปริมาณ: กรัม				
อัตราส่วน โมล NR/MMA	เมทิลเมทาคริเลท มอนอเมอร์	คิวมินไฮโดร เปอร์ออกไซด์	โปแตสเซียม โอเลต	น้ำกลั่น
95/5	15	2.57	9	60
90/10	30	2.57	9	60
80/20	60	2.57	9	60
70/30	90	2.57	9	60
60/40	120	2.57	9	60

ขั้นที่สอง นำยางธรรมชาติ เตตระเอธิลีนเพนตามีน (TEPA) และน้ำกลั่น ใส่ลงในถังปฏิกรณ์ ซึ่งส่วนประกอบของของผสมแสดงดังในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ส่วนประกอบของสารเคมีในถังปฏิกรณ์หลัก (ส่วน Main reactor)

หน่วยปริมาณ: กรัม

อัตราส่วน โมล NR/MMA	น้ำยางธรรมชาติ	เตตระเอธิลีนเพนตามีน	น้ำกลั่น
95/5	321	2.12	43.5
90/10	304	2.12	43.5
80/20	270	2.12	43.5
70/30	236	2.12	43.5
60/40	202	2.12	43.5

ของผสมจะถูกกวนด้วยความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที ตลอดปฏิกิริยา อุณหภูมิของปฏิกิริยาถูกควบคุมให้คงที่ที่ 50 °C ภายใต้สภาวะบรรยากาศของไนโตรเจน

ขั้นที่สาม ปฏิกิริยาจะเริ่มต้นโดยการป้อนสารละลายมอนอเมอร์เข้าสู่ถังปฏิกรณ์หลัก ซึ่งเวลาในการป้อนมอนอเมอร์คือ 30 นาที หลังจากสารละลายมอนอเมอร์ถูกป้อนลงไปจนถึงปฏิกรณ์ทั้งหมด เก็บตัวอย่างของน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ทุกๆ 30 นาที เพื่อใช้ในการหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยน (%conversion) และประสิทธิภาพการกราฟต์ (%grafting efficiency) ตามระยะเวลาในการกราฟต์จนเวลาครบ 120 นาที

ส่วนสบู์โปแตสเซียมโอเลต 20% ที่นำมาใช้ในส่วนของสารละลายมอนอเมอร์ มีวิธีการเตรียมดังนี้

- แบ่งสารเคมีออกเป็น 2 ส่วนดังนี้
 - ส่วนที่ 1 มีส่วนผสมกรดโอเลอิก 50 กรัม และน้ำกลั่น 201 กรัม
 - ส่วนที่ 2 มีส่วนผสมโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 11.6 กรัม และน้ำกลั่น 21.5 กรัม
- นำส่วนที่ 1 ไปอุ่นที่อุณหภูมิ 70 °C
- ค่อยๆหยดส่วนที่ 2 ลงในส่วนที่ 1 โดยใช้หลอดหยด ระหว่างที่หยดส่วนที่ 2 ลงในส่วนที่ 1 ทำการกวนส่วนที่ 1 โดยใช้เครื่องกวนด้วยความเร็ว 240 รอบ/นาที
- กวนด้วยความเร็ว 240 รอบ/นาทีและอุ่นให้ได้ 70 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.3.4.3 การหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์

(%conversion)

1. คูดน้ำยางจากหม้อปฏิกรณ์หลักทุกๆ 30 นาที ใส่จานแก้ว
2. ชั่งน้ำยางประมาณ 10 กรัม และคำนวณหาปริมาณของแข็งรวม (%TSC) บนตีกน้ำหนัก (A)
3. นำน้ำยางไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. ล้างน้ำยางที่จับตัวแล้วด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง
5. อบที่อุณหภูมิ 70 °C ภายใต้สุญญากาศ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (จนน้ำหนักคงที่)
6. นำยางไปใส่หม้อคูดความชื้นจนน้ำหนักคงที่
7. ชั่งน้ำหนักพอลิเมอร์แห้ง บนตีกน้ำหนัก (B)

โดย %conversion สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 3.1

$$\% \text{ conversion} = \frac{\text{น้ำหนักพอลิเมอร์แห้ง (B)}}{\text{น้ำหนักปริมาณของแข็ง (A) + น้ำหนักของ MMA}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.3.4.4 การหาเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการกราฟต์โคพอลิเมอร์

(%grafting efficiency)

1. นำน้ำยางของกราฟต์โคพอลิเมอร์ อบให้แห้งและล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง และอบที่ อุณหภูมิ 70 °C ภายใต้สุญญากาศ เวลา 24 ชั่วโมง
2. นำยางที่อบเรียบร้อยแล้วมาใส่ในหม้อคูดความชื้นจนน้ำหนักคงที่
3. ชั่งยางแห้งประมาณ 3 กรัม และบนตีกน้ำหนัก (A)
4. ใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อสกัดเอา PMMA ที่ไม่กราฟต์ กับโมเลกุลยางธรรมชาติออกไป
5. นำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเก็บในตู้คูดความชื้นอีกเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ นำไปชั่งและบนตีกน้ำหนัก (B)
7. นำตัวอย่างที่สกัดด้วยอะซิโตนแล้วมา สกัดเอายางธรรมชาติที่ไม่กราฟต์ ออกไป โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลาย โดยใช้เครื่องสกัดแบบ Soxhlet เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

8. จากนั้นนำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบสุญญากาศอุณหภูมิ 70 °C แล้วเก็บในตู้ดูดความชื้นอีกเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ นำไปชั่งและบันทึกน้ำหนัก (C)

โดยประสิทธิภาพการกราฟต์ (%grafting efficiency) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.2

$$(\% \text{grafting efficiency}) = \frac{\text{นน.กราฟต์โคพอลิเมอร์หลังการสกัด (C)} \times 100}{\text{นน.กราฟต์โคพอลิเมอร์ก่อนการสกัด (A)}} \quad (3.2)$$

3.3.5 การเตรียมกาว

3.3.5.1 การเตรียมกาวน้ำพอลิยูรีเทน

1. เติม Polyol ลงในบีกเกอร์ 100 กรัม
2. ค่อยๆ เติม Isocyanate 5 กรัม ลงใน Polyol
3. กวนให้เข้ากัน ด้วยความเร็ว 240 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที

3.3.5.2 การเตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติ

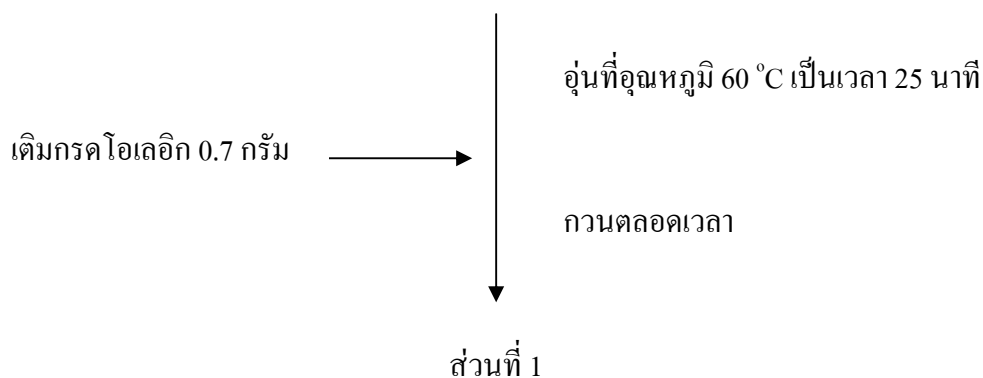
สารเคมีสำหรับใช้ในการเตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติ หากสารเคมีที่เป็นของแข็งจะต้องบดในเครื่องบดเพื่อให้มีอนุภาคเล็ก จะได้ไม่ตกตะกอน ถ้าละลายน้ำได้ก็ให้ใส่ในรูปสารละลาย แต่ถ้าละลายน้ำไม่ได้ เช่น เรซิน สำหรับใช้เป็นสารเทคทีไฟเออร์ จะต้องบดให้เล็กลงและเตรียมให้อยู่ในรูปของอิมัลชัน ก่อนเติมลงในน้ำยาง เพราะหากเติมสารเคมีแห้งๆ ใส่ลงไปใต้น้ำยางโดยตรง ส่งผลให้ของผสมที่ได้ตกตะกอน หรือเมื่อนำสารเคมีนั้นเติมลงไปใต้น้ำยาง อาจจะทำให้เกิดเป็นก้อนขึ้นใต้น้ำยาง เพราะฉะนั้นการเตรียมสารเคมีเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากของกระบวนการเตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติ โดยขั้นตอนการเตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติ ประกอบด้วย

3.3.5.2.1 การเตรียมเทคิไฟเออร์ในรูปอิมัลชัน

เรซินสำหรับใช้เตรียมเป็นสารเทคิไฟเออร์ในกาวน้ำยางธรรมชาติ เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ ไม่สามารถเติมลงในน้ำยางได้โดยตรง เพราะจะทำให้น้ำยางเสียสภาพจับตัวเป็นก้อน จะต้องเตรียมให้อยู่ในรูปอิมัลชัน ก่อนนำไปเติมในน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้เตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติ ซึ่งงานวิจัยนี้ มุ่งศึกษาโดยใช้ เรซิน 2 ชนิด คือ phenolic resin และ coumarone indene resin ซึ่งมีวิธีการเตรียมแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1

ละลาย phenolic resin 40 กรัม กับสารละลายเบนซิน 43 กรัม ที่อุณหภูมิห้องจนตลอดเวลา เพื่อทำการระเหยออกไปบางส่วน



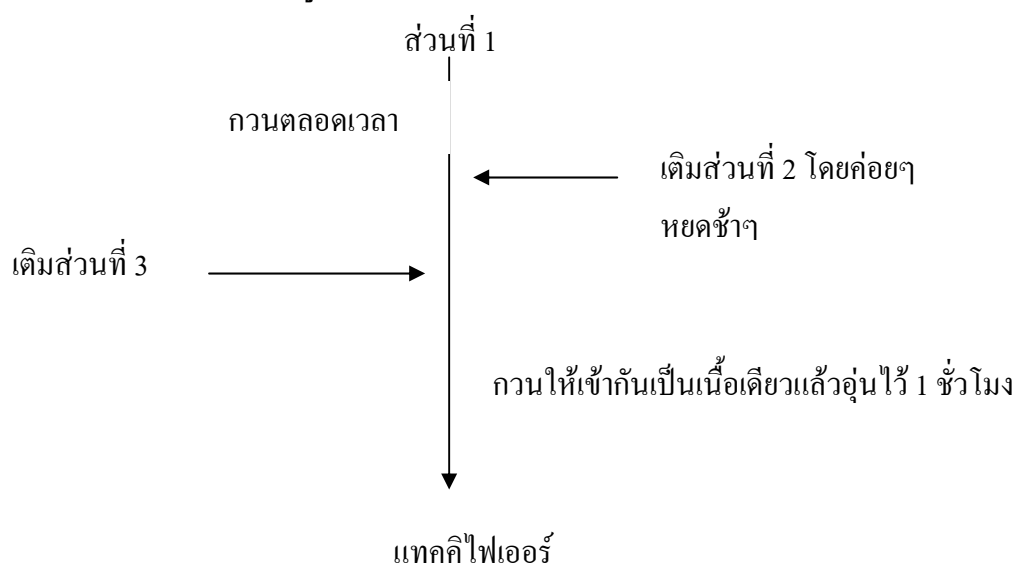
ส่วนที่ 2

ละลาย KOH 0.51 กรัม ในน้ำ 18 กรัม . กวนให้เข้ากัน ส่วนที่ 2

ส่วนที่ 3

ละลาย poly(vinyl alcohol) 10 กรัม ในน้ำ 100 กรัม $\xrightarrow{\text{กวนให้เข้ากัน}}$ ส่วนที่ 3
อุณหภูมิ 60 °C

ขั้นตอนการเตรียมแทลคิไฟเออร์ในรูปอิมัลชัน



สำหรับ coumarone indene resin สามารถเตรียมได้เช่นเดียวกับวิธีการข้างต้น

หมายเหตุ การเตรียมอิมัลชันของแทลคิไฟเออร์ อุณหภูมิที่ใช้ในการเตรียมจะมีผลอย่างมากต่อลักษณะสารที่ได้ ซึ่งไม่ควรจะใช้อุณหภูมิสูงเกิน 60°C และเวลาในการกวนหลังจากเติมส่วนที่ 3 นั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณสารที่เตรียมในแต่ละครั้ง ซึ่งหากมีปริมาณสารมาก จำเป็นต้องใช้เวลาในการกวนนานมากขึ้นไปด้วย เพื่อทำการไล่เบนซินออกไปให้มากที่สุด

3.3.5.2.2 การเตรียมสารเคมีสำหรับใช้เตรียมกาว

สารเคมีสำหรับใช้เตรียมกาวน้ำยางธรรมชาติ เช่น ZnO, sulphur และ ZDEC มีลักษณะเป็นผง สารเคมีมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าน้ำยางธรรมชาติ ไม่สามารถนำมาเติมในน้ำยางได้โดยตรง ต้องเตรียมสารเคมีให้อยู่ในรูปของสารละลาย และอนุภาคต้องเล็กกว่าหรือใกล้เคียงกับอนุภาคน้ำยาง ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้เครื่องผสมสารเคมี (ball mill) สำหรับเตรียมสารเคมี โดยมีสูตรการเตรียมดังต่อไปนี้

50% dispersion ZnO

ZnO	100	กรัม
Vultamol	6	กรัม
น้ำกลั่น	94	กรัม

ผสมสารเข้าด้วยกันแล้วนำสารเคมีไปบดสารเคมี ด้วยเครื่องผสมสารเคมี (ball mill) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

50% dispersion sulphur

Sulphur	100	กรัม
Vultamol	6	กรัม
น้ำกลั่น	94	กรัม

ผสมสารเข้าด้วยกันแล้วนำสารเคมีไปบดสารเคมีด้วยเครื่องผสมสารเคมี (ball mill) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

50% dispersion ZDEC

ZDEC	100	กรัม
vultamol	6	กรัม
น้ำกลั่น	94	กรัม

ผสมสารเข้าด้วยกันแล้วนำสารเคมีไปบดสารเคมีด้วยเครื่องผสมสารเคมี (ball mill) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ส่วน 15 % CMC (methyl cellulose) และ 5% KOH มีวิธีการเตรียมดังนี้

15 % CMC (Methyl cellulose)

เตรียมโดยใช้ Methyl cellulose จำนวน 15 กรัมละลายในน้ำร้อน จำนวน 100 กรัม และกวนให้สารเคมีเป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยความเร็ว 120 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที เป็นสารที่ช่วยเพิ่มความหนืด

5% KOH

เตรียมโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จำนวน 5 กรัมละลายในน้ำจำนวน 100 กรัม เป็นสารที่ช่วยให้น้ำยางเหลวอยู่ตลอดเวลา และไม่เสียสภาพ

3.3.5.2.3 สูตรกวนน้ำยางธรรมชาติ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการเตรียมกวนน้ำยางธรรมชาติโดยใช้น้ำยางธรรมชาติที่ไม่ได้ตัดแปรรูปโครงสร้างและน้ำยางธรรมชาติที่ตัดแปรรูปโครงสร้างโดยการกราฟต์ด้วยเมทิลเมทาคริเลทที่

อัตราส่วน NR/MMA เท่ากับ 95/5, 90/10, 80/20, 70/30 และ 60/40 ซึ่งสูตรกาวแสดงได้ดังตารางที่

3.7

ตารางที่ 3.7 สูตรกาวน้ำยางธรรมชาติ (ส่วนโดยน้ำหนัก)

สารเคมี	สูตรกาวที่					
	7	8	9	10	11	12
NR 60 %DRC	100	100	100	-	-	-
NR/MMA อัตราส่วน โมล 95/5, 90/10, 80/20, 70/30 และ 60/40	-	-	-	100	100	100
5 % KOH	1	1	1	1	1	1
50% dispersion ZnO	3	3	3	3	3	3
50% dispersion sulphur	1	1	1	1	1	1
50% dispersion ZDEC	1	1	1	1	1	1
15 % CMC (methyl cellulose)	-	1	1	-	1	1
50 % phenolic resin tackifier	-	10-50	-	-	10-50	-
50 % coumarone indene resin tackifier	-	-	10-50	-	-	10-50

โดยกาวทั้ง 6 สูตรจะนำมาทดสอบการยึดติดระหว่างยางและหนังสังเคราะห์ PVC ชนิด E โดยใช้สภาวะการเตรียมชิ้นงานและการทดสอบดังต่อไปนี้

- เตรียมชิ้นยางและหนังหนังสังเคราะห์มีขนาดดังนี้
 - ชิ้นยาง ยาว 6 นิ้ว กว้าง 1 นิ้วหนา 2.5 มิลลิเมตร
 - ชิ้นหนังสังเคราะห์ ยาว 6 นิ้ว กว้าง 1 นิ้วหนา 1 มิลลิเมตร
- เตรียมผิวหน้ายางโดยการขัดหน้ายางด้วยเครื่องขัดกระดาษทราย
- ล้างยางเพื่อกำจัดเขม่ายางที่หลุดออกจากผิวหน้ายางด้วยน้ำเปล่า และนำยางไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 15 นาที
- วางยางให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
- เตรียมพื้นผิวหน้ายางด้วยตัวทำละลาย dongsung primer ที่ความเข้มข้น 2 % โดยน้ำหนัก และอบชิ้นยางให้แห้งที่ 60 °C เป็นเวลา 15 นาที
- ทากาวที่ยางและหนังสังเคราะห์ โดยใช้กาวประมาณ 1 มิลลิกรัม/ชิ้นทดสอบ และเหลือบริเวณที่ไม่ทากาวไว้ประมาณ 2 นิ้ว

7. นำยางและหนังสังเคราะห์ไปอบที่ อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้ตัวทำละลายที่อยู่ในภาวะเหนียว

8. นำชิ้นยางและหนังสังเคราะห์มาประกบกันทันที โดยใช้ความดันอัดชิ้นงาน 2.5 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดเบ้าตามภาพประกอบ 3.3 เป็นเวลา 2.5 นาที

9. วางชิ้นทดสอบไว้ 1 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง ก่อนนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติดด้วยเครื่องวัดความทนต่อแรงดึง โดยดึงชิ้นทดสอบด้วยความเร็ว 254 มิลลิเมตร/นาที ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติดของกาวทั้ง 6 สูตรจะนำมาเปรียบเทียบ พร้อมกับวิจารณ์ผล

3.3.5.3 การเตรียมกาวน้ำยางผสม

ทำการเตรียมกาวน้ำยางผสมระหว่างกาวน้ำยางธรรมชาติทั้ง 6 สูตร (ตารางที่ 3.8) ผสมกับกาวน้ำพอลิยูรีเทนในอัตราส่วนต่างๆ (ตารางที่ 3.9) ซึ่งมีวิธีการเตรียมกาวน้ำยางผสมดังต่อไปนี้

1. ชั่งสารใส่ในบีกเกอร์ที่ละอัตราส่วน ตามปริมาณที่แสดงในตารางที่ 3.8
2. กวนด้วยความเร็ว 60 รอบ/นาที จนสารเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน หรือใช้เวลาประมาณ 10 นาที

ตารางที่ 3.8 สูตรกาวน้ำยางธรรมชาติสำหรับใช้เตรียมกาวน้ำยางผสม (ส่วนโดยน้ำหนัก)

สารเคมี	สูตรกาวที่						
	13	14	15	16	17	18	19
NR 60 %DRC	100	100	100	100	-	-	-
NR/MMA อัตราส่วนโมล 95/5, 90/10, 80/20, 70/30 และ 60/40	-	-	-	-	100	100	100
5 % KOH	-	1	1	1	-	1	1
50% dispersion ZnO	-	3	3	3	-	3	3
50% dispersion sulphur	-	1	1	1	-	1	1
50% dispersion ZDEC	-	1	1	1	-	1	1
15 % CMC (methyl cellulose)	-	-	1	1	-	1	1
50 % phenolic resin tackifier	-	-	30	-	-	30	-
50 % coumarone indene resin tackifier	-	-	-	30	-	-	30

ตารางที่ 3.9 อัตราส่วนของกาวน้ำยาสผสมระหว่างกาวน้ำพอลิยูรีเทนและกาวน้ำยาสธรรมชาติ

อัตราส่วนกาวน้ำพอลิยูรีเทน: กาวน้ำยาสธรรมชาติ	กาวน้ำพอลิยูรีเทน (กรัม)	กาวน้ำยาสธรรมชาติ (กรัม)
100/0	30	-
70/30	21	7
50/50	15	15
30/70	7	21
0/100	-	30

กาวน้ำยาสผสมระหว่างกาวน้ำพอลิยูรีเทนและกาวน้ำยาสธรรมชาติ ทั้ง 6 สูตรจะนำมาทดสอบการยึดติดระหว่างยางและหนังสังเคราะห์ PVC ชนิด E โดยผลการทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติดของกาวทั้ง 6 สูตรจะนำมาเปรียบเทียบ พร้อมกับวิจารณ์ผล

3.3.6 การวิเคราะห์สเปกตรัมด้วยวิธีทางสเปกโตรสโคปี

เครื่อง fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) (ภาพประกอบ 3.13) ถูกใช้ในการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของกาวน้ำพอลิยูรีเทน Backing หนังสังเคราะห์ สารเคมีสำหรับเตรียมผิวหนัง ยาง ยางก่อนและหลังการเตรียมผิวหนัง และใช้ในการวิเคราะห์การกราฟต์โคพอลิเมอร์ไอโซไซแนต โดยมีวิธีการเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้วิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. กาวน้ำพอลิยูรีเทน

1. เติม Polyol ลงในบีกเกอร์ 100 กรัม
2. ค่อยๆ เติม Isocyanate 5 กรัม ลงใน Polyol พร้อมทั้งกวนตลอดเวลาในขณะที่เติม
3. กวนให้เข้ากัน ด้วยความเร็ว 240 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที
4. ชั่งกาวน้ำพอลิยูรีเทนน้ำหนัก 20 กรัม ใส่กระชกนาฬิกา
5. อบกาวให้แห้งเป็นแผ่นฟิล์มโดยใช้ อุณหภูมิ 60 °C เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง
6. นำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบโดยใช้เทคนิคการทดสอบแบบ attenuated total multiple reflection method (ATR-IR) ใช้สภาวะการทดสอบช่วงเลขคลื่น 4000-400 cm^{-1} โดยการ

นำตัวอย่างที่ต้องการทดสอบวางลงบนแผ่น ZnSe ในชุด variable angle ATR แล้วนำชุดดังกล่าวใส่ในเครื่อง FTIR แล้วทำการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชัน

สเปกตรัมอินฟราเรดที่ได้จากการทดสอบถูกนำมาวิเคราะห์และวิจารณ์ผล

2. Backing หนังสือกระดาษ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษา backing หนังสือกระดาษ 2 ชนิด คือ หนังสือกระดาษ PVC ชนิด E และหนังสือกระดาษ PU ชนิด B สำหรับหนังสือกระดาษนี้ไม่ต้องมีการเตรียมตัวอย่าง แต่สามารถนำหนังสือกระดาษไปทดสอบหาหมู่ฟังก์ชัน โดยใช้เทคนิคการทดสอบแบบ ATR-IR ใช้สภาวะการทดสอบช่วงเลขคลื่น $4000-400\text{ cm}^{-1}$ ด้วยการนำตัวอย่างที่ต้องการทดสอบวางลงบนแผ่น ZnSe ในชุด variable angle ATR แล้วนำชุดดังกล่าวใส่ในเครื่อง FTIR แล้วทำการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชัน

สเปกตรัมอินฟราเรดที่ได้จากการทดสอบ backing ของหนังสือทั้งสองชนิด จะนำมาเปรียบเทียบและถูกนำมาวิเคราะห์และวิจารณ์ผล

3. สารเคมีสำหรับเตรียมผิวหน้ายาง

สารเคมีที่ใช้สำหรับเตรียมผิวหน้ายางจะนำมาวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) ซึ่งสารเคมีที่ใช้สำหรับเตรียมผิวหน้ายางมีดังนี้

1. trichloroisocyanuric acid (TCI)
2. DS-BOND ® Powerful
3. trichloroisocyanuric acid (TCI)/ ethyl acethate (EA)
4. dongsung primer

สำหรับการทดสอบหาหมู่ฟังก์ชันของ trichloroisocyanuric acid (TCI) และ DS-BOND ® Powerful ซึ่งสารมีลักษณะเป็นเม็ดสีขาว ทดสอบโดยใช้เทคนิคการทดสอบแบบ Pellet (KBr) ใช้สภาวะการทดสอบช่วงเลขคลื่น $4000-400\text{ cm}^{-1}$

สำหรับ trichloroisocyanuric acid (TCI)/ethyl acethate(EA) และ dongsung primer ซึ่งสารมีลักษณะเป็นของเหลว ทดสอบโดยใช้เทคนิคการทดสอบแบบ neat ใช้สภาวะการทดสอบช่วงเลขคลื่น $4000-400\text{ cm}^{-1}$

สเปกตรัมอินฟราเรดที่ได้จากการทดสอบ ระหว่างสารเคมีทางการค้า (DS-BOND ® Powerful และ dongsung primer) และสารเคมีที่เตรียมเอง (trichloroisocyanuric acid (TCI) และ

trichloroisocyanuric acid (TCI)/ethyl acetate (EA)) จะนำมาเปรียบเทียบ และถูกนำมาวิเคราะห์ และวิจารณ์ผล

4. ผิวหน้ายาง

เครื่อง fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) ถูกใช้ในการวิเคราะห์ห่มุ ฟังก์ชันบนผิวหน้ายางที่ไม่ได้เตรียมผิวหน้าและเตรียมผิวหน้าด้วย TCI/EA เปรียบเทียบกับ dongsung primer ที่ความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 3 % โดยน้ำหนัก โดยใช้เทคนิคการทดสอบแบบ ATR ใช้สภาวะการทดสอบช่วงเลขคลื่น $4000-400\text{ cm}^{-1}$ โดยการนำตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ วางลงบน แผ่น ZnSe ในชุด variable angle ATR แล้วนำชุดดังกล่าวใส่ในเครื่อง FTIR แล้วทำการวิเคราะห์หา ห่มุฟังก์ชัน

สเปกตรัมอินฟราเรดที่ได้จากการทดสอบบนผิวหน้ายางด้วยตัวทำละลายทาง การค้า (dongsung primer) และตัวทำละลายที่เตรียมเอง (TCI/EA) จะนำมาเปรียบเทียบ และถูก วิเคราะห์และวิจารณ์ผล

5. การกราฟต์โคพอลิเมอร์เซชัน

เครื่อง fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) ถูกใช้ในการวิเคราะห์ห่มุ ฟังก์ชันของกราฟต์โคพอลิเมอร์เซชัน โดยมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

นำกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ได้สกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ สกัดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงโดยเครื่องสกัดแบบ soxhlet และอะซิโตน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไปทำการวิเคราะห์โดย ใช้เทคนิคการทดสอบแบบ ATR-IR ใช้สภาวะการทดสอบช่วงเลขคลื่น $4000-400\text{ cm}^{-1}$ โดยการวาง แผ่นกราฟต์โคพอลิเมอร์บาง ลงบนแผ่น ZnSe ในชุด variable angle ATR แล้วนำชุดดังกล่าวใส่ใน เครื่อง FTIR เพื่อทำการวิเคราะห์หาห่มุฟังก์ชันของกราฟต์โคพอลิเมอร์

3.3.7 การวิเคราะห์ผิวหน้ายางด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

(scanning electron microscopy)

เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscopy) ได้ถูก นำมาวิเคราะห์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงบนผิวหน้ายางที่เตรียมผิวหน้าด้วยตัวทำละลายทางการค้า

(dongsung primer) และตัวทำละลายที่เตรียมเอง (TCI/EA) ที่ความเข้มข้นของตัวทำละลายเท่ากับ 0, 1, 2 และ 3 % โดยน้ำหนัก โดยมีวิธีการเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ดังนี้

1. จัดพื้นผิวหน้ายางด้วยเครื่องขัดกระดาษทราย
2. ล้างยาง เพื่อกำจัดเขม่ายางที่หลุดออกจากผิวหน้ายาง ด้วยน้ำเปล่า และนำยางไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 15 นาที
3. วางยางให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
4. เตรียมพื้นผิวหน้ายางด้วยตัวทำละลายทั้งสองชนิด (TCI/EA และ dongsung primer) ที่ความเข้มข้นของตัวทำละลายเท่ากับ 1, 2 และ 3 % โดยน้ำหนัก และนำชิ้นตัวอย่างไปอบให้แห้งที่ 60 °C เวลา 15 นาที
5. นำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพบนผิวหน้ายางด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ใช้เทคนิคการทดสอบโดยการถ่ายภาพอิเล็กตรอนไมโครกราฟ สภาวะการทดสอบแบบ high vacuum mode

ภาพถ่ายอิเล็กตรอนไมโครกราฟที่ได้จากผลการทดสอบ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงบนผิวหน้ายางที่เตรียมผิวหน้าด้วย dongsung primer และตัวทำละลายที่เตรียมเอง (TCI/EA) จะนำมาเปรียบเทียบ และวิจารณ์ผล