สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

สมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด

Mechanical properties and water resistance of acrylate polyurethane adhesives with linseed oil

ชื่อผู้วิจัย

นายภัทธาวุธ มนต์วิเศษ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2554

ประเภททุนส่งเสริมนักวิจัย

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
TP
968
ภ354ส

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 131155
วัน,เดือน,ปี 22 มี.ค. 2557

b 1260486
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนงบประมาณเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ ประจำปี 2554 ประเภททุนส่งเสริมนักวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เรื่องสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) **สมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด**

(ภาษาอังกฤษ) **Mechanical properties and water resistance of acrylate polyurethane adhesives with linseed oil**

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้ประเภททุนส่งเสริมนักวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ 2554 จำนวนเงิน 50,000 บาท ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2554 /

ชื่อผู้วิจัย ผศ.ดร. ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โทร. 02-3298400-8411 ต่อ 341

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด ในขั้นแรกเป็นการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่มีองค์ประกอบของน้ำมันลินสีด ด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย โดยปรับเปลี่ยนปริมาณของน้ำมันลินสีดที่ใช้ทำปฏิกิริยาในช่วง 0–25% โดยน้ำหนัก จากนั้นนำพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่เตรียมได้มาทำปฏิกิริยากับไดไอโซไซยาเนตเป็นกาวอะคริเลตพอลิยูริเทน โดยศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ต่อสมบัติของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน ได้แก่ ชนิดของไดไอโซไซยาเนต คือ โทลูอีนไดไอโซไซยาเนต (TDI) และ เมทิลีนไดไอโซไซยาเนต (MDI), อัตราส่วนโดยโมลของหมู่ไอโซไซยาเนตกับหมู่ไฮดรอกซิล (NCO/OH) ดังนี้ 0.75, 1, 1.25, 1.5 และ1.75, ปริมาณของน้ำมันลินสีดในพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต และการปรับสูตรของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต กาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้นำไปหาค่าเวลาในการเกิดเจล และ%การบวมตัวเมื่อแช่ในน้ำ จากผลการทดสอบพบว่ากาวที่เตรียมมาจาก MDI มีค่าเวลาในการเจลน้อยกว่า TDI และกาวที่ใช้น้ำมันลินสีดมีค่า %การบวมตัวต่ำกว่ากาวที่ไม่ใช้น้ำมันลินสีด และเมื่อนำกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้ไปทดสอบตามมาตรฐานกาวติดไม้ BS EN204 พบว่ากาวที่เตรียมจาก MDI มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงกว่า TDI และการเพิ่มอัตราส่วนของหมู่ NCO/OH ทำให้กาวมีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงขึ้น กาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบมีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน และการต้านทานน้ำสูงกว่ากาวที่ไม่ใช้น้ำมันลินสีด โดยกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนที่มีปริมาณของน้ำมันลินสีด 15%โดยน้ำหนัก ให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

This research studies on modification of mechanical properties and water resistance of acrylate polyurethane adhesives using linseed oil. Firstly, acrylate copolymers were synthesized by solvent-based polymerization in the presence of various quantity of linseed oil in range of 0–25 wt%. Acrylate polyurethane adhesives were prepared by the reaction between acrylate copolymers and diisocyanate. Effect of various parameters on properties of acrylate polyurethane adhesives were studied, that is types of diisocyanate, i.e. toluene diisocyanate (TDI) and methylene diisocyanate (MDI), molar ratio of isocyanate to hydroxyl (NCO/OH), i.e. 0.75, 1, 1.25, 1.5 and 1.75, linseed oil content in acrylate copolymers and formulations of acrylate copolymer. The as-prepared adhesives were investigated their gel time and %swelling in water. The gel time of adhesives prepared from MDI was lower than that of adhesives prepared from TDI. Swelling percentage of the adhesives containing linseed oil was lower than that of adhesives without linseed oil. The mechanical properties of as-prepared acrylate polyurethane adhesives were tested according to the standard of wood adhesive BS EN204. It was found that the tensile shear strength and water resistance of adhesives prepared from MDI were higher than those of adhesives prepared from TDI. An increase of NCO/OH molar ratio could improve the tensile shear strength and water resistance of adhesives. The tensile shear strength and water resistance of adhesives containing linseed oil were higher than those of adhesives without linseed oil. The acrylate polyurethane containing 15 wt% of linseed oil gave the highest value of tensile shear strength and water resistance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	2
บทคัดย่อภาษาไทย	3
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	4
สารบัญเรื่อง	5
สารบัญตาราง	6
สารบัญภาพ	7
1. บทนำ	9
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	9
1.2 วัตถุประสงค์	10
1.3 ขอบเขตการวิจัย	10
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	10
1.5 ทฤษฎีและหลักการ	11
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
2. วิธีการดำเนินงานวิจัย	38
3. อภิปราย/วิจารณ์ผลการทดลอง	44
4. สรุปผลการวิจัย	68
5. เอกสารอ้างอิง	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 โครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่างๆ	15
ตารางที่ 1.2 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันลินสีด	..19
ตารางที่ 2.1 สูตรที่ใช้สังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต	38
ตารางที่ 2.2 สูตรกาวที่ใช้ทดสอบตามอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH	..39
ตารางที่ 2.3 สภาวะการทดสอบและค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนที่ต้องผ่านตามมาตรฐาน EN204	..42
ตารางที่ 3.1 สมบัติของพอลิออล	44
ตารางที่ 3.2 น้ำหนักโมเลกุลของพอลิออล จากเทคนิค GPC	46
ตารางที่ 3.3 ค่า Tg จากวิธีการคำนวณและเทคนิค DSC	49
ตารางที่ 3.4 ค่าความคงทนในการจัดเก็บ	50
ตารางที่ 3.5 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ที่มีต่อค่าเวลาในการเกิดเจล	51
ตารางที่ 3.6 ผลของปริมาณน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่าเวลาในการเกิดเจล	52
ตารางที่ 3.7 ผลของสูตรพอลิออลที่มีต่อค่าเวลาในการเกิดเจล	52
ตารางที่ 3.8 ค่า Tg ของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนจากเทคนิค DSC	..53
ตารางที่ 3.9 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ที่มีต่อค่า %wood failure	..55
ตารางที่ 3.10 ผลของปริมาณน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่า %wood failure	..57
ตารางที่ 3.11 ผลของการปรับสูตรพอลิออลที่มีต่อค่า %Wood failure	..59
ตารางที่ 3.12 ผลของน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่า %wood failure ของพอลิออลที่ปรับสูตร	..61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบไดไอโซไซยาเนตที่ใช้ในพอลิยูรีเทน 20

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการทากาวและการอัดไม้ 40

รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการตัดไม้เพื่อนำชิ้นงานไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึง ..41

รูปที่ 2.3 การทดสอบค่า %wood failure ..43

รูปที่ 3.1 อินฟาเรดสเปกตราของน้ำมันลินสีด, พอลิออล 1 และพอลิออล 5 47

รูปที่ 3.2 อินฟาเรดสเปกตราของพอลิออล 9 และพอลิออล 12 47

รูปที่ 3.3 อินฟาเรดสเปกตราของพอลิออล 10 และพอลิออล 13 48

รูปที่ 3.4 อินฟาเรดสเปกตรัมของพอลิออล 1 54

รูปที่ 3.5 อินฟาเรดสเปกตรัมของ TDI 54

รูปที่ 3.6 อินฟาเรดสเปกตรัมของกาว 1CT 54

รูปที่ 3.7 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1AT, 1BT, 1CT, 1DT, 1ET
ตามสภาวะการทดสอบที่1 55

รูปที่ 3.8 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1AM, 1BM, 1CM ตามสภาวะการทดสอบที่ 1 55

รูปที่ 3.9 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT, 2CT, 3CT, 4CT, 5CT
ตามสภาวะการทดสอบที่ 1 56

รูปที่ 3.10 ความแข็งแรงดึงเฉือนของกาว 1BM, 2BM, 3BM, 4BM, 5BM
ตามสภาวะการทดสอบที่ 1 57

รูปที่ 3.11 แผนภาพแสดงการยึดติดระหว่างกาวกับผิวหน้าไม้ 58

รูปที่ 3.12 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT, 7CT, 8CT, 9CT, 10CT
ตามสภาวะการทดสอบที่ 1 59

รูปที่ 3.13 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT, 4CT, 7CT, 9CT, 10CT, 11CT, 12CT, 13CT
ตามสภาวะการทดสอบที่ 1 60

รูปที่ 3.14 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1AT- 1ET ตามสภาวะการทดสอบที่ 5 61

รูปที่ 3.15 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1AM, 1BM, 1CM ตามสภาวะการทดสอบที่ 5 62

รูปที่ 3.16 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT-5CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 3 63

รูปที่ 3.17 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT-5CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 5 63

รูปที่ 3.18 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1BM-5BM ตามสภาวะการทดสอบที่ 5 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.19 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT, 7CT, 8CT, 9CT, 10CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 5 64
รูปที่ 3.20 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT, 4CT, 7CT, 9CT, 10CT, 11CT, 12CT, 13CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 3 65
รูปที่ 3.21 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT, 4CT, 7CT, 9CT, 10CT, 11CT, 12CT, 13CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 5 66
รูปที่ 3.22 %การบวมตัวของกาว 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

กาวเป็นสารที่ใช้ยึดเหนี่ยวผิวหน้าของวัสดุสองชิ้นให้สามารถยึดติดกันได้ ซึ่งในอดีตเริ่มใช้กาวที่มาจากวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กาวจากพืชพวกแป้ง กาวหนัง กาวเลือด กาวยางสน เป็นต้น แต่กาวที่ได้จากธรรมชาติส่วนใหญ่มีความแข็งแรงต่ำ ดังนั้นจึงเริ่มมีการผลิตกาวสังเคราะห์ ซึ่งกาวสังเคราะห์สมัยแรกๆ คือกาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ แล้วเริ่มมีการพัฒนาเป็นกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์และกาวสังเคราะห์ประเภทอื่นๆ อีกหลายตัว แต่ในปัจจุบันกาวกลุ่มฟอร์มาดีไฮด์ไม่เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากปัญหาเรื่องกลิ่นและอันตรายของสารฟอร์มัลดีไฮด์ จึงหันมาสนใจพัฒนากาวประเภทอื่นๆมากขึ้น เช่น กาวเรซินอีพอกซี กาวเรซินพอลิไวนิลอะซีเตด กาวพอลิยูรีเทน เป็นต้น

กาวพอลิยูรีเทนเป็นกาวที่นิยมใช้กันแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ เนื่องจากเป็นกาวที่มีสมบัติดีหลายประการ เช่น ความแข็งแรงสูง การยึดติดผิวหน้าดี การต้านทานน้ำ และการต้านทานตัวทำละลายดี เป็นต้น แต่มีข้อเสียในเรื่องของราคาสูงเมื่อเทียบกับกาวประเภทอื่นๆ และวัตถุดิบที่ใช้เตรียมกาวพอลิยูรีเทนส่วนใหญ่มีความเป็นพิษ เช่น ไดไอโซไซยาเนต, ตัวทำละลายอินทรีย์ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีงานวิจัยหลายงานที่ศึกษาถึงวิธีการเตรียมและการปรับปรุงสมบัติของกาวพอลิยูรีเทนด้วยการใช้วัตถุดิบที่มาจากธรรมชาติ ที่ราคาไม่สูง หาง่าย และมีความเป็นพิษน้อย

ในงานวิจัยนี้ทำการปรับปรุงสมบัติเชิงกล และการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน ด้วยการใช้น้ำมันลินสีด ซึ่งเป็นน้ำมันที่ได้มาจากธรรมชาติ โดยการสกัดจากเมล็ดแฟลกซ์ (Flax) ไม่มีความเป็นพิษและราคาไม่สูง โดยนำน้ำมันลินสีดมาทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต ด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย น้ำมันลินสีด จะทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่ของพอลิเมอร์ พันธะเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นช่วยทำให้พอลิเมอร์มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และเมื่อนำไปเตรียมเป็นกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน โดยการทำปฏิกิริยากับไดไอโซไซยาเนต จะช่วยเพิ่มค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน และการต้านทานน้ำของกาวให้สูงขึ้น

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ไม้เป็นผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่จำเป็นต้องใช้กาวในการยึดติดเป็นส่วนใหญ่ เช่น เครื่องเรือนไม้ ทั้งประเภทเครื่องเรือนจากไม้จริง (Solid wood) และจากไม้ประกอบ (Wood composites) โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ประกอบ เช่น แผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แผ่นไม้ประสาน เป็นผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องใช้กาวมากที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกทำการทดสอบกาวติดไม้ ตามมาตรฐาน BS EN204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เตรียมพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต จากสไตรีนมอนอเมอร์ อะคริเลตมอนอเมอร์ และน้ำมันลินสีดด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย
2. เพื่อศึกษาถึงผลของปริมาณน้ำมันลินสีด ที่มีต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. เตรียมพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต จากสไตรีนมอนอเมอร์ และอะคริเลตมอนอเมอร์ด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย โดยศึกษาถึงผลของการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่มีต่อสมบัติต่างๆของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตและกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน
2. ศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำมันลินสีดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาในช่วง 0-25%โดยน้ำหนัก ต่อสมบัติต่างๆของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตและกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน
3. ศึกษาผลของชนิดไดไอโซไซยาเนตที่ใช้ 2 ชนิด คือโทลูอีนไดไอโซไซยาเนตและเมทิลีนไดไอโซไซยาเนตที่มีต่อสมบัติต่างๆของกาวอะคริเลตพอริยูรีเทน
4. ศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ไอโซไซยาเนต กับ หมู่ไฮดรอกซิล (NCO/OH) ที่มีต่อสมบัติต่างๆของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน
5. ศึกษาผลการยึดติดไม้ตามมาตรฐาน BS EN204

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้องค์ความรู้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย
2. ได้องค์ความรู้ในการเตรียมกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนและวิธีการทดสอบกาวไม้ตามมาตรฐานสากล
3. สามารถปรับปรุงสมบัติของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนได้จากน้ำมันลินสีดซึ่งเป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติและราคาไม่แพง
4. สามารถนำองค์ความรู้นี้ไปต่อยอดในการปรับปรุงสมบัติของกาวชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ทฤษฎีและหลักการ

1.5.1 พอลิอะคริเลต (Polyacrylate) [1, 2]

พอลิอะคริเลต เป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม สามารถผลิตได้จากมอนอเมอร์ หลายชนิด เช่น กรดอะคริลิกและเอสเตอร์ของกรดเหล่านี้ สำหรับอะคริเลตเรซินที่ผลิตในรูปของสารละลายทำขึ้นด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย และฟิล์มที่ได้หลังการแห้งตัวจะเป็นแบบเทอร์โมพลาสติก แต่ถ้าเรซินมีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 2 หมู่ ผสมอยู่ด้วย อาจเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงกลายเป็นเทอร์โมเซตได้

สมบัติดีของอะคริเลตเรซิน ได้แก่ ความคงทนต่อแสงอัตราไวโอเลต และคงทนต่อปฏิกิริยาไฮโดไลซิส มีความทนทานต่อเคมีภัณฑ์ที่กัดกร่อน ทนต่อการกระทบกระเทือนจากแรงภายนอก ฟิล์มที่ได้จากอะคริเลตเรซินจะมีความเงาสูง เข้ากับผงสีได้ดี นอกจากนี้อะคริเลตเรซินยังยึดผิวหน้าได้ดี มีความแข็งแรงและทนทาน จึงใช้งานมากในอุตสาหกรรมเคลือบผิว สารละลายอะคริเลตเรซินใช้ทำแลกเกอร์กันมาก สำหรับเคลือบผิวหน้าโลหะ ไม้ หนัง เซรามิก และพลาสติก ส่วนอะคริเลตอิมัลชัน ใช้ทำสีทาบ้านทั้งภายในและภายนอก ซึ่งโดยปกติผลิตขึ้นในลักษณะลาเทกซ์

มอนอเมอร์ที่ใช้ในการเตรียม

1. เมทิลเมทาคริเลต (Methylmethacrylate, MMA) เป็นมอนอเมอร์ที่มีลักษณะเหลวใส ระเหยได้ง่าย มีกลิ่นเหม็น มีจุดเดือดอยู่ประมาณ 101 องศาเซลเซียส และจุดหลอมเหลว เท่ากับ 48.2 องศาเซลเซียส สามารถละลายน้ำได้เล็กน้อย และละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เป็นมอนอเมอร์ที่ทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรซชันได้อย่างรวดเร็ว จากแสง ความร้อน การฉายรังสี และตัวเร่งปฏิกิริยา

สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลต

พอลิเมทิลเมทาคริเลต เป็นพอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมพลาสติก มีโครงสร้างของสายโซ่โมเลกุลแบบอะแทกติก (Atactic) มีโครงสร้างเป็นอสัณฐาน (Amorphous polymer) มีสมบัติเด่นในด้านความโปร่งใสที่เหมือนแก้ว มีความมันเงาสูง มีลักษณะที่แข็งแตกหักง่าย มีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature, Tg) เท่ากับ 108 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นเท่ากับ 1.19 g/cm^3 จุดหลอมเหลว (Tm) ประมาณ 130-140 องศาเซลเซียส มีสมบัติเชิงกลที่ดี มีความทนทานต่อสภาวะอากาศสูง ดูดซึมน้ำได้ต่ำ สึกกร่อนยาก ต้านทานต่อรังสีอัลตราไวโอเลตได้ดี แต่มีความต้านทานต่อสารเคมีต่ำ ละลายได้ในตัวทำละลายได้หลายชนิด เช่น เบนซีน โทลูอีน คลอโรฟอร์ม เอทิลีนคลอไรด์ เอทิลอะซิเตต เป็นต้น สามารถทนทานต่อน้ำและสารอินทรีย์ทั่วไปได้เป็นอย่างดีรวมทั้งกรดอ่อน และเบสอ่อน เนื่องจากสมบัติที่ใสเหมือนแก้ว จึงมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ส่วนประกอบของรถยนต์ ส่วนประกอบของเครื่องบิน ประตูห้องน้ำ หน้าต่าง หลังคาที่ให้แสงผ่าน แผ่นป้ายโฆษณา ตู้ปลา เลนส์แว่นตา โคมไฟ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อะคริลิกแอซิด (Acrylic acid, AA) เป็นมอนอเมอร์ประเภทคาร์บอกซิลิกชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated carboxylic acid) มีลักษณะเป็นของเหลวใสมีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว มีฤทธิ์กัดกร่อน สามารถละลายได้ในน้ำ และตัวทำละลายหลายชนิด เช่น แอลกอฮอล์ อีเทอร์ โทลูอีน คลอโรฟอร์มเบนซีน อะซิโตน เป็นต้น สามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้รวดเร็วในบรรยากาศออกซิเจน และสามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบคายความร้อน (Exothermic polymerization) ที่อุณหภูมิห้องเพราะว่องไวต่อความร้อนและแสงแดด ดังนั้นโดยทั่วไปจึงต้องมีการเติมตัวยับยั้ง (Inhibitors) ลงไปในระหว่างการจัดเก็บ ซึ่งถ้าไม่มีการเติมตัวยับยั้งลงไป ให้เก็บในที่ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลวจะมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้น

สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์ของพอลิอะคริลิกแอซิด

พอลิอะคริลิกแอซิดเป็นพอลิเมอร์ชนิดเทอร์โมพลาสติก ที่มีการจัดเรียงตัวที่ไม่เป็นระเบียบ ทำให้มีโครงสร้างที่เป็นอสัณฐาน มีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วเท่ากับ 104 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นเท่ากับ 1.22 g/cm^3 สามารถละลายได้ในน้ำ เอทานอล เมทานอล และในเบสเจือจาง แต่ไม่ละลายในมอนอเมอร์ของตัวมันเอง และไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ส่วนใหญ่มีสมบัติเปราะเมื่อแห้ง และเมื่อได้รับความร้อนอาจเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นโครงร่างตาข่าย จากสมบัติเหล่านี้ทำให้การใช้งานของพอลิอะคริลิกแอซิดมีจำกัด ซึ่งนิยมใช้เป็นส่วนผสมในกาวและสีรวมทั้งทำเป็นพอลิเมอร์ผสมกับพวกไวนิลและไดอีนมอนอเมอร์

3. สไตรีน (Styrene, ST) เป็นมอนอเมอร์ที่มีลักษณะเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นเหม็นเฉพาะตัวคล้ายกลิ่นกระเทียม มีจุดเดือด 145 องศาเซลเซียส ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ ทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้รวดเร็ว จากแสง ความร้อน การฉายรังสีและตัวเร่งปฏิกิริยา

สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์ของพอลิสไตรีน

พอลิสไตรีนเป็นพอลิเมอร์ชนิดเทอร์โมพลาสติกที่มีการจัดเรียงตัวแบบอะแทกติก และเป็น อสัณฐาน พอลิสไตรีนที่มีโครงสร้างแบบไอโซแทกติก สมามารถเตรียมได้โดยใช้ตัวเร่งซีเกลอร์-แนตตา แต่สมบัติไม่มีอะไรดีกว่าแบบอะแทกติกมากนัก จึงมักไม่นิยมเตรียมพอลิสไตรีนแบบไอโซแทกติกในเชิงการค้า พอลิสไตรีนที่ยังไม่ผ่านการผสมสารอื่นลงไปมีสมบัติแข็ง ไม่ยืดหยุ่นและเปราะ มีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว ประมาณ 108 องศาเซลเซียส พอลิเมอร์นี้มีสมบัติโปร่งแสงและใส เนื่องจากพอลิสไตรีนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจึงดูดความชื้นได้ต่ำ และ มีสมบัติการเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี สามารถละลายได้ในตัวทำละลายหลายชนิด ได้แก่ ตัวทำละลายจำพวกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เช่น เบนซีน โทลูอีน ในตัวทำละลายจำพวกคลอริเนเตด-ไฮโดรคาร์บอน เช่น คาร์บอนเตตระคลอไรด์ คลอโรฟอร์ม คลอโรเบนซีน ตัวทำละลายจำพวกคีโตน เช่น เมทิลเอทิลคีโตน และตัวทำละลายพวกเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเตอร์ เช่น เอทิลอะซิเตต แต่พอลิสไตรีนจะไม่ละลายในแอลกอฮอล์ และไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว เช่น เฮกเซน เฮปเทน

พอลิสไตรีนมีสมบัติเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมีทั่วไป สามารถทนต่อกรดแก่และเบสแก่ได้เป็นอย่างดี สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์จะเสื่อมลงถ้าสัมผัสกับแสงแดดที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานๆ เช่น อาจเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือเกิดรอยแตกได้ พอลิสไตรีนหลังผ่านกระบวนการเติมสาร เช่น พลาสติกไซเซอร์ แอนตีออกซิแดนต์ สารเพิ่มเสถียรภาพที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์มากมาย เช่น องค์ประกอบของเครื่องไฟฟ้า ไม้บรรทัด ขวดบรรจุอาหาร โฟม เป็นต้น

4. บิวทิวอะคริเลต (Butyl Acrylate, BA) เป็นมอนอเมอร์ที่มีลักษณะเหลวใส มีจุดเดือดอยู่ประมาณ 147 องศาเซลเซียส สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เป็นมอนอเมอร์ที่ทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรซชันได้รวดเร็วจากแสง ความร้อน การฉายรังสีและตัวเร่งปฏิกิริยา มีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว เท่ากับ -56 องศาเซลเซียส มีสมบัติเด่นในเรื่องมีความยืดหยุ่นสูง ส่วนใหญ่มักใช้ผสมกับมอนอเมอร์ชนิดอื่นๆ เป็นพอลิเมอร์ร่วม เพื่อปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ให้มีความยืดหยุ่นหรืออ่อนตัวมากขึ้น

5. ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต (Hydroxy ethyl methacrylate, HEMA) เป็นมอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลชนิดไม่อิ่มตัว มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีกลิ่นฉุน สามารถละลายได้เล็กน้อยในน้ำและตัวทำละลายหลายชนิด เช่น แอลกอฮอล์ อีเทอร์ เบนซีน โทลูอีน คลอโรฟอร์ม อะซิโตน เป็นต้น สามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้อย่างรวดเร็วในบรรยากาศออกซิเจน และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบคายความร้อน (Exothermic polymerization) ที่อุณหภูมิห้องเพราะว่องไวต่อความร้อนและแสงแดด ดังนั้นโดยทั่วไปจึงต้องมีการเติมตัวยับยั้ง (Inhibitors) ในระหว่างการจัดเก็บ มีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว เท่ากับ 55 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นมอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาแบบขั้น หรือแบบควบแน่นได้ ส่วนใหญ่มักใช้ผสมกับมอนอเมอร์ชนิดอื่นๆ เพื่อให้เกิดเป็นพอลิเมอร์ร่วม เรียกว่าพอลิออล ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลที่สามารถใช้ทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ชนิดอื่นๆ ได้ เช่น การเตรียมพอลิยูรีเทนจากพอลิออล กับ ไอโซไซยาเนต

1.5.2 น้ำมัน (Oils) [3]

น้ำมันถูกนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิวมานานแล้ว แต่ในปัจจุบันการนำน้ำมันเพียงอย่างเดียวมาใช้เป็นสารยึดผิวมีอยู่น้อยมาก อย่างไรก็ตามยังมีการใช้น้ำมันเป็นส่วนผสมของวาร์นิชหรือสารเคลือบผิวบางชนิดเพื่อจุดประสงค์อย่างอื่น เช่น เพื่อเพิ่มความอ่อนตัวของฟิล์ม ทำให้ไม่เปราะ หรือเพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติการละลาย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิวได้มาจาก 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ น้ำมันพืช และน้ำมันจากทะเลซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่ น้ำมันปลา

องค์ประกอบของน้ำมัน

น้ำมันเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) กล่าวคือเป็นไตรเอสเตอร์ (Trimester) ของกลีเซอรอล (Glycerol) กับกรดไขมัน (Fatty acid) ดังนี้

กลีเซอรอล + กรดไขมัน $\rightleftharpoons$ ไตรกลีเซอไรด์ + $3H_2O$

ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาย้อนกลับ ถ้าไฮโดรไลซ์ (Hydrolyze) น้ำมัน จะได้กลีเซอรีน (Glycerine) และน้ำมันไขมัน (Fatty oils)

ไขมัน (Fat) ก็จัดเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์เหมือนกัน แต่ไขมันต่างจากน้ำมันตรงที่ว่าที่อุณหภูมิห้อง ไขมันมีสถานะเป็นของแข็ง แต่น้ำมันมีสถานะเป็นของเหลว

กรดไขมัน

สมบัติของน้ำมันทั้งหลาย ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้างโดยกรดไขมันจะมีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน

กรดไขมันเป็นสารที่ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) ต่ออยู่กับสายโซ่ไฮโดคาร์บอน (hydrocarbon chain) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนตั้งแต่ 9 ถึง 22 อะตอม แต่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์บอน 18 อะตอม

กรดไขมัน แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. กรดไขมันอิ่มตัว คือ กรดไขมันที่ไม่มีพันธะคู่ (Double bond) ในโครงสร้าง คาร์บอนแต่ละตัวบนสายโซ่จะต่ออยู่กับไฮโดรเจนอย่างน้อย 2 ตัว เนื่องจากไม่มีพันธะคู่ ดังนั้นน้ำมันที่มีแต่กรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในโครงสร้างจะมีสมบัติไม่แห้งตัว ตัวอย่างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดสเตียริก (Stearic acid) กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) เป็นต้น โครงสร้างของกรดไขมันเหล่านี้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว สายโซ่ไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วยพันธะคู่ตั้งแต่ 1 พันธะขึ้นไป และตำแหน่งของพันธะคู่ของกรดไขมันแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันไป พันธะคู่ที่มีอยู่ในกรดไขมัน มีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน เพราะปฏิกิริยาการแห้งตัวของน้ำมัน เป็นปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับพันธะคู่ของโมเลกุลน้ำมัน ยิ่งมีพันธะคู่มากเท่าไร การแห้งตัวก็จะยิ่งเร็วขึ้น นอกจากนี้ตำแหน่งพันธะคู่ก็มีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน ถ้ามีพันธะคู่สลับเดี่ยวจะเกิดปฏิกิริยาและแห้งตัวได้เร็วกว่าพันธะคู่สลับห่าง

-CH=CH-CH=CH-CH= พันธะคู่สลับเดี่ยว (Conjugated double bond)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$-CH=CH-CH_2-CH=CH-$ พันธะคู่แบบห่าง (Isolated double bond)

ตารางที่ 1.1 โครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่างๆ

กรดไขมัน	ชื่อเคมี	โครงสร้าง
ปาล์มมิติก	hexadecanoic	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$
สเตียริก	octadecanoic	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$
โอลีอิก	9-octadecanoic	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$
ริซีโนลีอิก	12-hydroxyl-cis-9-octadecanoic	$CH_3(CH_2)_4(CH(OH)CH_2)CH=CH(CH_2)COOH$
ลิโนลีอิก	cis-cis-9,12-octadecadienoic	$CH_3(CH_2)_4CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7\ COOH$
ลิโนลีนิก	cis-cis-cis-9,12,15-octadecadienoic	$CH_3CH_2CH=CHCH_2CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7\ COOH$
อิลีโอสเตียริก	9,11,13-octadecatrienoic	$CH_3(CH_2)_3CH=CHCH=CHCH=CH(CH_2)_7\ COOH$ แอลฟา (cis-trans-trans) บีตา (trans-trans-trans)
ลิคานิก	4-keto-9,11,13-octadecatrienoic	$CH_3(CH_2)_3CH=CHCH=CHCH=(CH_2)_4CO(CH_2)_2COOH$ แอลฟา (cis-trans-trans) บีตา (trans-trans-trans)
พารินาริก	9,11,13,15-octadecatetraenoic	$CH_3CH_2CH=CHCH=CHCH=CHCH=CH(CH_2)_7COOH$

ชนิดของน้ำมัน

อาจแบ่งน้ำมันตามสมบัติในการแห้งตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันนั้นๆ และแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. น้ำมันแห้งเร็ว (Drying oil) แห้งตัวได้เร็วที่สุด คือ สามารถดูดออกซิเจนในอากาศเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นฟิล์มที่แห้งแข็ง ไม่ละลายในตัวทำละลายที่สามารถละลายน้ำมันได้ และไม่ยอมให้ความชื้นซึมผ่านได้ และมีความทนทานต่อสารเคมีด้วย น้ำมันชนิดนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ 3 พันธะ ตัวอย่างเช่น น้ำมันลินสีด น้ำมันทัง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. น้ำมันแห้งช้า (Semi-drying oil) จะดูดออกซิเจนจากอากาศได้น้อย และเกิดเป็นฟิล์มที่แห้งช้ากว่าน้ำมันแห้งเร็ว กรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันชนิดนี้ จะมีพันธะคู่อยู่ 2 พันธะ น้ำมันชนิดนี้ส่วนใหญ่นำมาใช้เป็นสารประกอบในอัลคิดเรซินที่ไม่ขึ้นเหลือง (Non-yellowing alkyd) ตัวอย่างของน้ำมันแห้งช้าได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง (Soy bean oil) น้ำมันคำฝอย เป็นต้น

3. น้ำมันไม่แห้ง (Non-drying oil) ไม่สามารถแห้งตัวได้ น้ำมันชนิดนี้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ มักใช้ประโยชน์เป็นพลาสติไซเซอร์สำหรับเรซิน ที่ใช้เป็นสารยึดใน แลกเกอร์ ตัวอย่างของน้ำมันไม่แห้งได้แก่ น้ำมันละหุ่ง เป็นต้น

การวิเคราะห์น้ำมัน (Analysis of oils)

ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันใดก็ตามก่อนที่จะนำมาใช้งานต้องตรวจสอบคุณภาพเสียก่อน โดยทำตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่น มาตรฐาน B.S. (British Standards) มาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) มาตรฐาน AOCS (American Oil Chemists Society) เป็นต้น สำหรับประเทศไทย ก็มีมาตรฐาน มอก (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) นำมาใช้ในการรับรองคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ

1. ค่าความเป็นกรด (Acid Value) นิยามไว้ว่า เป็นจำนวนมิลลิกรัมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ต้องใช้ในการทำให้กรดอิสระเป็นกลางในน้ำมัน 1 กรัม

ค่าความเป็นกรด เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความเป็นกรดอิสระที่มีในน้ำมัน มีวิธีการหาดังนี้ ชั่งน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ละลายในตัวกลางที่เป็นกลาง (ไอโซโพรพานอล : โทลูอีน อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก) แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่มีความเข้มข้น 0.1 N (0.1 N KOH) ใช้ฟีนอลฟทาลีน (Phenolphthalein) เป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณหาค่าความเป็นกรดโดยใช้สูตร

$$\text{ค่าความเป็นกรด} = \frac{56.1 \times \text{ความเข้มข้นของ KOH} \times \text{มิลลิลิตรของ KOH ที่ใช้}}{\text{น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมันที่ใช้}}$$

สำหรับรายละเอียด ดูได้จาก ASTM D 1639

2. ค่าสะพอนิฟิเคชัน (Sponification Value) นิยามไว้ว่า เป็นจำนวนมิลลิกรัมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ต้องใช้ในการสะพอนิฟายเอสเตอร์ และสารอื่นๆที่สามารถเกิดสะพอนิฟิเคชันได้ในน้ำมันหนัก 1 กรัม

การหาค่าสะพอนิฟิเคชัน ทำได้โดย ชั่งน้ำมัน เติมสารละลายแอลกอฮอลิกโปแตสเซียม-ไฮดรอกไซด์ (Alcoholic KOH) จากนั้นนำไปกลั่นไหลกลับ (Reflux) จนปฏิกิริยาสะพอนิฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายกรดเกลือมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.5 N (0.5 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

HCl) โดยใช้ฟีนอลฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการทดสอบแบลงค์ (Blank titration) ด้วย คำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{ค่าสะพอนิฟิเคชัน} = \frac{(B - V)\, N \times 56.1}{S}$$

โดยที่ B คือ จำนวนมิลลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบลงค์

V คือ จำนวนมิลลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

N คือ ความเข้มข้นของ HCl

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

สำหรับรายละเอียด ดูได้จาก ASTM D 1962

3. สารที่สะพอนิฟายไม่ได้ (Unsponifiable Matter) สารเหล่านี้เป็นสารที่ละลายได้ในน้ำมัน แต่จะไม่เกิดเป็นสบู่ เมื่อให้ทำปฏิกิริยากับโปแตสเซียมหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารเหล่านี้จะละลายในตัวทำละลายน้ำมัน เช่น ปิโตรเลียมอีเทอร์ ไดเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น

การหาค่าสารที่สะพอนิฟายไม่ได้ ทำได้โดย หลังจากนำน้ำมันไปทำสะพอนิฟิเคชันแล้ว นำส่วนที่เหลือมาสกัดด้วยตัวทำละลายไขมัน ก็จะสามารถหาเปอร์เซ็นต์ของสารที่สะพอนิฟายไม่ได้ซึ่งมีอยู่ในน้ำมันได้

4. ค่าไฮดรอกซิล (Hydroxyl Value) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่มีอยู่ในน้ำมัน นิยามได้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่สมดุล (Equivalent) กับปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่มีในน้ำมันหนัก 1 กรัม

น้ำมันส่วนใหญ่ไม่มีหมู่ไฮดรอกซิล ยกเว้นน้ำมันละหุ่ง จะพบหมู่ไฮดรอกซิลในส่วนของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้างของน้ำมัน คือ กรดริซิโนลีอิก ถึง 90%

การหาค่าไฮดรอกซิลทำได้โดยนำน้ำมันมาทำปฏิกิริยากับสารละลายของแอซีติกแอนไฮ-ไดรด์ในไพริดีน (Pyridine solution of acetic anhydride) จากปฏิกิริยาแอซีติกแอนไฮไดรด์ที่มากเกินพอจะถูกไฮโดรไลซ์เกิดเป็นกรดแอซีติก ซึ่งสามารถหาปริมาณได้โดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานแอลกอฮอลิกโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์

สำหรับรายละเอียด ดูได้จาก ASTM D 1957

5. ค่าไอโอดีน (Iodine Value) เป็นการวัดปริมาณความไม่อิ่มตัวที่มีในน้ำมัน นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนเซนติกรัมของไอโอดีน ที่ถูกดูดโดยน้ำมัน 1 กรัม เช่น น้ำมันชนิดหนึ่งมีค่าไอโอดีนเท่ากับ 140 หมายความว่า น้ำมัน 100 กรัม จะทำปฏิกิริยาพอดีกับไอโอดีน 140 กรัม

การหาค่าไอโอดีน ทำได้โดยชั่งตัวอย่างน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน นำมาละลายในตัวทำละลายเฉื่อย เช่น คลอโรฟอร์ม คาร์บอนเตตระคลอไรด์ แล้วเติมสารละลายที่มีหมู่ฮาโลเจนอิสระ ที่รู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

131155

ปริมาณแน่นอนลงไป เก็บไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง เติมสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) จะเกิดไอโอดีนออกมา นำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0.1 N (0.1 N $Na_2S_2O_3$) ใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการทดสอบแบลงค์ด้วย โดยใช้สูตร

$$\text{ค่าไอโอดีน} = \frac{(B - V)\,N \times 12.69}{S}$$

โดยที่ B คือ จำนวนมิลลิตรของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบลงค์

V คือ จำนวนมิลลิตรของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

N คือ ความเข้มข้นของ $Na_2S_2O_3$

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

สำหรับรายละเอียด ดูได้จาก ASTM D 1959

น้ำมันลินสีด (Linseed oil)

น้ำมันลินสีดได้จากเมล็ดแฟลกซ์ (Flax) ที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ ปลูกเอาใยลินิน หรือปลูกเอาน้ำมันลินสีด ต้นแฟลกซ์เป็นพืชในเขตอบอุ่น ปลูกได้ทั้งในอินเดีย ออสเตรเลีย อุรุกวัย แคนาดา และรัสซีย สำหรับประเทศไทยได้เริ่มนำเข้ามาปลูกตั้งแต่ พ.ศ. 2525 ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ และได้ขยายพื้นที่การปลูกออกไปอีกหลายแห่ง ในที่ที่มีอากาศเย็น ปริมาณน้ำมันในเมล็ดแฟลกซ์ขึ้นกับภูมิอากาศและดิน การสกัดน้ำมันลินสีดทำได้โดย นำเอาเมล็ดแฟลกซ์ไปตากแห้ง แล้วเก็บไว้อีกระยะหนึ่ง ทั้งนี้เพราะการบีบจะได้ผลดีเมื่อเมล็ดสุกเต็มที่และมีน้ำอยู่ไม่เกิน 9% จากนั้นล้างเอาฝุ่นและสิ่งสกปรกออกให้หมด ผ่านเข้าไปในเครื่องบดแบบลูกกลิ้ง (Roller mill) เพื่อกะเทาะเปลือกออก นำเมล็ดที่กะเทาะเปลือกออกไปผ่านไอน้ำที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ผนังเซลแตกออก จากนั้นนำไปบีบในเครื่องบีบ (Screw press) ซึ่งเรียกว่า เอกซ์เพลเลอร์ (Expellers) ในขั้นนี้จะบีบน้ำมันออกมาได้ประมาณ 30% ส่วนกากที่เหลืออาจเอาไปทำให้ร้อนแล้วบีบน้ำมันออกที่ความดันสูงๆ ก็ได้ แต่ส่วนมากมักเอาไปสกัดด้วยตัวทำละลายต่อ สำหรับกากที่เหลือ จะมีน้ำมันเหลืออยู่ประมาณ 1-6% แล้วแต่วิธีการสกัดที่ใช้ นอกจากนี้ยังมีโปรตีนรวมทั้งสารอื่นๆ เช่น สารประกอบไนโตรเจนปนอยู่ด้วย ซึ่งใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ น้ำมันดิบที่ได้จากการสกัดนี้ จะขุ่น ไม่ใส เพราะมีพวกเมล็ดปนอยู่ด้วย ดังนั้นก่อนนำไปใช้งานต้องนำไปกรองเสียก่อน

น้ำมันลินสีดที่ได้จากแหล่งต่างๆ กันจะมีค่าไอโอดีนอยู่ในช่วงระหว่าง 170–200 สำหรับน้ำมันลินสีดที่ได้จากการปลูกในประเทศไทย ทั้งน้ำมันดิบ และน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์แล้ว มีสมบัติทางเคมีและทางกายภาพดังตารางที่ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันลินสีด

	น้ำมันลินสีดดิบ	น้ำมันลินสีดที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์
ค่าไอโอดีน	170	170
ค่าของกรด	3.5	0.5
ค่าสะพอนิฟิเคชัน	188	190
สารที่สะพอนิฟายไม่ได้ ร้อยละ	1.25	1.25
ความถ่วงจำเพาะ, 25°C	0.9201	0.9184
ดัชนีหักเห, 25°C	1.4780	1.4784

น้ำมันลินสีด ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดต่างๆ ดังนี้คือ

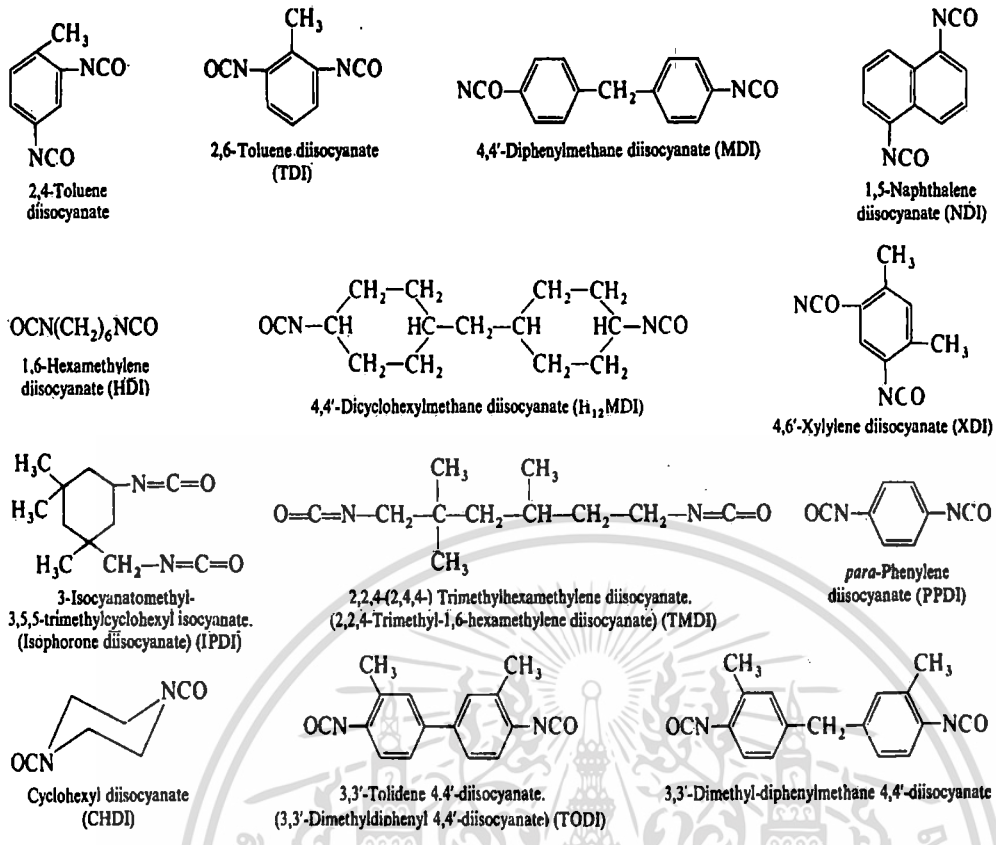
กรดปาล์มมิติก	6.72%
กรดสเตียริก	2.73%
กรดโอลีอิก	21.63%
กรดลิโนลีอิก	13.29%
กรดลิโนลีนิก	56.61%

โดยทั่วไป น้ำมันลินสีดดิบถ้าตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จะแห้งเองภายใน 4 วัน บางครั้งอาจถึง 10 วันก็ได้ ถ้าสภาวะต่างๆ ไม่ดี ถ้าจะให้แห้งเร็วขึ้นต้องเติมสารเร่งแห้ง เช่น สารประกอบของตะกั่ว แมงกานีส หรือโคบอลต์ เป็นต้น

1.5.3 ไอโซไซยาเนต (Isocyanate) [4]

สารประกอบไอโซไซยาเนตที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีหลายชนิด เช่น โทลูอีนไดไอโซไซยาเนต (TDI) เมทิลีนไดไอโซไซยาเนต (MDI) แนบทาลีนไดไอโซไซยาเนต (NDI) และเฮกซาเมทิลีนได-ไอโซไซยาเนต (HDI) เป็นต้น ตัวอย่างโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบประเภทไอโซไซยาเนต แสดงดังรูปที่ 1.1 สารประกอบไอโซไซยาเนตส่วนใหญ่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตโฟม ในอุตสาหกรรมเคมี ใช้เป็นสีเคลือบภายนอก เป็นสารปรับสภาพในยางสังเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบไดไอโซไซยาเนตที่ใช้ในพอลิยูรีเทน

ปฏิกิริยาที่สำคัญของไอโซไซยาเนตกับสารต่างๆ มีดังนี้

1. ปฏิกิริยากับพอลิออล เกิดเป็นพอลิยูรีเทน

$$(HO\text{-}R\text{-}OH)_n + (OCN\text{-}R'\text{-}NCO)_n \rightleftharpoons \left(C(=O)\text{-}N(H)\text{-}R'\text{-}N(H)\text{-}C(=O)\text{-}O\text{-}R\text{-}O\right)_n$$

สมการที่ (1)

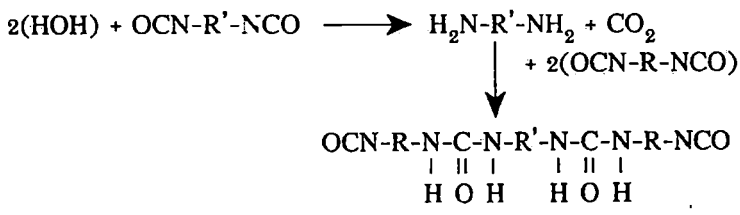
2. ปฏิกิริยากับปฐมภูมิ หรือ ทุติยภูมิเอมีน (Primary or secondary amines) เกิดเป็นยูเรีย ทำปฏิกิริยากับไดเอมีน (Diamine) เกิดเป็นพอลิยูเรีย (Polyurea)

$$(H_2N\text{-}R\text{-}NH_2 + (OCN\text{-}R'\text{-}NCO)_n \rightleftharpoons \left(R'\text{-}N(H)\text{-}C(=O)\text{-}N(H)\text{-}R\text{-}N(H)\text{-}C(=O)\text{-}N(H)\right)_n$$

สมการที่ (2)

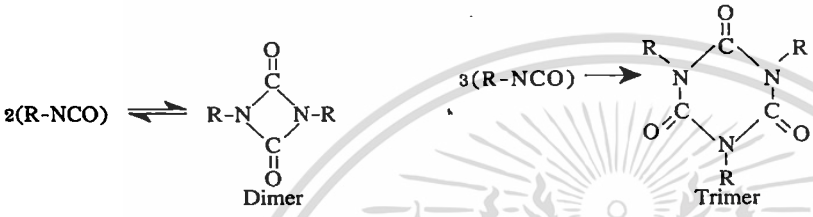
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และเอมีนในขั้นตอนแรก แล้วต่อมาเกิดเป็น ยูเรีย หรือ พอลิยูเรีย



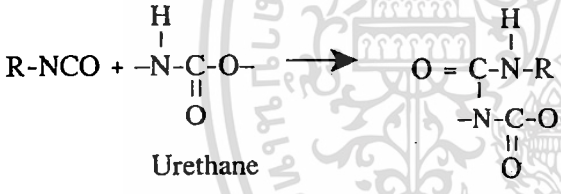
สมการที่ (3)

4. ปฏิกิริยากับไอโซไซยาเนต เกิดเป็นไดเมอร์ หรือ ไตรเมอร์



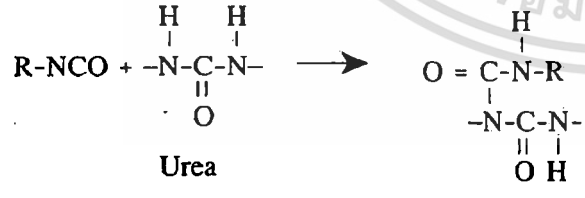
สมการที่ (4)

5. ปฏิกิริยากับยูรีเทน (urethane) เกิดเป็นอัลโลฟาเนต (allophanate)



สมการที่ (5)

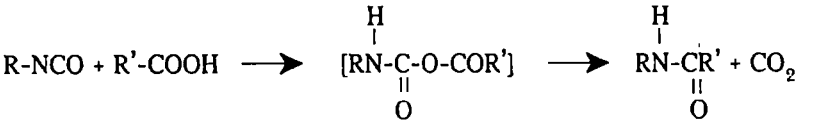
6. ปฏิกิริยากับยูเรีย เกิดเป็นไบยูเรต (biuret)



สมการที่ (6)

7. ปฏิกิริยากับกรดคาร์บอกซิลิก เกิดเป็นเอไมด์ (amide)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สมการที่ (7)

1.5.4 พอลิยูรีเทน (Polyurethane) [3 , 5]

เป็นพอลิเมอร์ที่มีความหลากหลาย และมีความสำคัญต่อการประยุกต์ใช้ในรูปแบบต่างๆ เช่น โฟม, เส้นใย, อิลาสโตเมอร์ (Elastomer), กาว (Adhesive) และสารเคลือบ (Coating materials)

พอลิยูรีเทน หมายถึง สารที่สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาการเติมแบบขั้น (Step-addition) โดยไดไอโซไซยาเนต หรือพอลิไอโซไซยาเนต ทำปฏิกิริยากับไดออล (Diols) หรือ พอลิออล (Polyols) ในทางการค้าพอลิยูรีเทนรวมถึงสารที่ได้จากปฏิกิริยาของไอโซไซยาเนตกับสารอื่นๆ ที่มีไฮโดรเจนที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา เกิดเป็นสารที่มีความหลากหลาย ตั้งแต่เทอร์โมพลาสติกที่มีความยืดหยุ่น (Flexible thermoplastics) จนถึงเทอร์โมเซตซึ่งมีโครงสร้างแบบตาข่ายที่หนาแน่นสูง (Highly cross-linked thermosets)

ปฏิกิริยาที่นำไปสู่การผลิตพอลิยูรีเทนแบบเส้นตรง จะใช้ไดไอโซไซยาเนตกับไดออล ซึ่งสารตั้งต้นมีหมู่ที่ว่องไวในปฏิกิริยา 2 หมู่ ถ้าจะเตรียมโครงสร้างแบบตาข่าย จะใช้สารตั้งต้นที่มีหมู่ที่ว่องไวในปฏิกิริยามากกว่า 2 หมู่ โครงสร้างแบบตาข่ายอาจเกิดขึ้นได้จากปฏิกิริยาข้างเคียงของสารตั้งต้นกับผลิตภัณฑ์ หมู่ R ในไดออล หรือ R' ในไดไอโซไซยาเนต จากสมการที่ (1) จะเป็นตัวกำหนดสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น เช่น ความแข็ง และความสามารถในการโค้งงอ

คาร์บอนในหมู่ไอโซไซยาเนตมีลักษณะเป็นอิเลคโตรฟิลลิค (Electrophillic) สูงจึงมีแนวโน้มในการทำปฏิกิริยากับสารนิวคลีโอฟิลลิค (Nucleophillic reagent) เช่น แอลกอฮอล์, กรด, น้ำ, เอมีนและเมอร์แคปเทน (Mercaptane) ได้ ความเป็นอิเลคโตรฟิลลิคของคาร์บอนในหมู่ไอโซไซยาเนตจะเพิ่มขึ้นถ้า R' มีโครงสร้างเป็นแบบวงแหวนซึ่งสามารถคอนจูเกตกับหมู่ไอโซไซยาเนต ดังนั้น อะโรมาติคไดไอโซไซยาเนต จึงมีความว่องไวมากกว่าอะลิฟาติคไดไอโซไซยาเนต

สมบัติของพอลิยูรีเทน

1. พอลิยูรีเทนเกิดไฮโดรไลซิสได้ยาก ดังนั้นสารเคลือบผิวที่ได้จากพอริยูรีเทนจึงทนต่อด่าง, น้ำ และกรดได้ดี

2. ฟิล์มของพอลิยูรีเทนจะทนต่อตัวทำละลายอินทรีย์ โดยเฉพาะตัวทำละลายอะโรมาติก และคลอริเนตไฮโดรคาร์บอน นอกจากนี้ยังทนต่อน้ำมันด้วย

3. ฟิล์มของพอลิยูรีเทนซึ่งผ่านการบ่มเต็มที่แล้ว จะมีแรงยึดผิวหน้าดี มีความคงทนต่อการขัดสีสูง มีความเหนียว และทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ เนื่องจากมีหมู่ที่มีขั้วอยู่มากในสายโซ่ของพอลิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีหมู่อะมิโน ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้กับผิววัสดุที่เคลือบ และกับออกซิเจนอะตอมของหมู่คาร์บอนิลในตัวมันเอง

4. สารเคลือบผิวพอลิยูรีเทน ซึ่งมีอะโรมาติกไอโซไซยาเนตเป็นองค์ประกอบ มักจะเหลืองได้ง่ายเมื่อถูกแสงอัลตราไวโอเลต และจะเหลืองได้ง่ายขึ้นถ้าโมเลกุลมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวซึ่งสามารถเกิดเป็นเปอร์ออกไซด์กับออกซิเจนได้ เชื่อกันว่าเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะไปออกซิไดส์หมู่อะโรมาติกให้เกิดเป็นสารสีเหลือง

การใช้งานของพอลิยูรีเทน

สารเคลือบผิวจากพอลิยูรีเทน อาจเตรียมขึ้นได้ต่างๆกันดังนี้

1. พอลิยูรีเทนชนิด 2 ส่วน (Two-can Urethane Systems) ได้จากปฏิกิริยาพรีพอลิเมอร์ที่มีหมู่ไอโซไซยาเนตอยู่ที่ปลายสายโซ่กับพอลิเอสเตอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ที่ปลายโซ่ พอริยูรีเทน ประเภทนี้ใช้ทำกาว แต่มีจุดอ่อนคือ ทำแล้วต้องใช้งานให้หมด ถ้าเหลือจะแข็งตัว

2. พรีพอลิเมอร์ที่มีหมู่ไอโซไซยาเนตอิสระเกิดปฏิกิริยากับตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งตัวเร่งของปฏิกิริยาคือ เมทิลไดเอทานอลเอมีน

3. พอลิยูรีเทนชนิด 1 ส่วนแบบอบ (One-can Urethane Stoving Systems) พอลิยูรีเทนชนิด 2 ส่วน มีข้อยุ่งยากตรงที่ต้องผสม 2 ส่วนเข้าด้วยกัน และจะต้องทิ้งของผสมไว้สักระยะหนึ่งก่อนจึงจะใช้งานได้ ในปัจจุบันสามารถทำให้เป็นชนิด 1 ส่วนได้ โดยปิด (Block) หมู่ไอโซไซยาเนต ด้วยฟีนอลซึ่งจะเกิดเป็น ฟีนิลยูรีเทน (Phenyl urethane) ที่ไม่เสถียร และจะสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส เกิดเป็นหมู่ไอโซไซยาเนตขึ้นมาใหม่ หมู่ไอโซไซยาเนตที่เกิดขึ้นจะเข้าทำปฏิกิริยากับพอลิเอสเตอร์ที่ใส่รวมอยู่ด้วย และในขณะเดียวกันฟีนอลที่เกิดขึ้นจะระเหยไปถ้าอบของผสมที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส ในทางปฏิบัติใช้อุณหภูมิ 160 - 180 องศาเซลเซียส

4. พอลิยูรีเทนชนิด 1 ส่วนแบบบ่มด้วยความชื้น (One-can Moisture-cured Urethane Coatings) ประกอบด้วยพรีพอลิเมอร์ซึ่งมีหมู่ไอโซไซยาเนตอิสระที่สามารถทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศ เกิดเป็นฟิล์มที่มีโครงสร้างแน่นหนา พรีพอลิเมอร์ที่ใช้ทั่วไป ได้แก่ พอลิอีเทอร์ซึ่งมีปลายโซ่เป็นหมู่ไอโซไซยาเนต

กลไกของการเกิดปฏิกิริยาแบบนี้ คือ น้ำจะเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ไอโซไซยาเนตเกิดเป็นหมู่อะมิโน ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับหมู่ไอโซไซยาเนตที่มีอยู่ในพรีพอลิเมอร์ เกิดเป็นโมเลกุลที่ใหญ่กว่าเดิม สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะออกไปพร้อมด้วยการระเหยของตัวทำละลาย ดังนั้นหากฟิล์มหนาเกินไป จะเกิดเป็นฟอง พอลิยูรีเทนประเภทนี้ ต้องการความชื้นสัมพัทธ์อย่างน้อยที่สุด 30% ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จึงจะเกิดการบ่มได้รวดเร็วพอเพียง ซึ่งอัตราการบ่มนี้สามารถเร่งได้โดยการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น 0.5%ไตรเอทิลเอมีน ลงไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.5 พอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) [1, 3, 6]

พอลิเมอไรเซชัน คือ ปฏิกิริยาการเตรียมพอลิเมอร์จากมอนอเมอร์ ซึ่งปฏิกิริยาหลักมีสอง ประเภท คือ พอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่ หรือ แบบรวมตัว (Chain or addition polymerization) และพอลิเมอไรเซชันแบบขั้น หรือ แบบควบแน่น (Step or condensation polymerization)

พอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่หรือแบบรวมตัว

กลไกของการเกิดปฏิกิริยาอาจเป็นแบบฟรีแรดิกัล (Free radical คืออะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยว) หรือ แบบอิออนิก (Ionic) ก็ได้ กลไกแบบปฏิกิริยาลูกโซ่ทุกชนิด มี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นริเริ่ม (Initiation) ขั้นแผ่ขยายสายโซ่ (Propagation) และขั้นสิ้นสุดสายโซ่ (Termination) สำหรับปฏิกิริยาฟรีแรดิกัล สารที่ใช้เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาส่วนใหญ่เป็นพวกเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ (Organic peroxide) เช่น เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (Benzoyl peroxide) และเปอร์ออกไซด์อนินทรีย์ (Inorganic peroxide) เช่น โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต เมื่อให้ความร้อน หรือ แสง พันธะ -O-O- ของเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ จะสลายให้อนุมูลอิสระซึ่งทำหน้าที่ริเริ่มปฏิกิริยาลูกโซ่ โดยขั้นตอนทั้งสามของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบฟรีแรดิกัล คือ

ในขั้นเริ่มต้นจะประกอบไปด้วย 2 ปฏิกิริยา ปฏิกิริยาแรกเป็นการสร้างอนุมูลอิสระโดยการแตกตัวของตัวริเริ่มต้น I เป็นอนุมูลอิสระหนึ่งคู่

$$I \xrightarrow{k_d} 2R^{\cdot}$$

โดยที่ k_d เป็นค่าคงที่ของอัตราเร็วสำหรับการแตกตัวของตัวเริ่มต้น

ในปฏิกิริยาส่วนที่ 2 คือการเติมของอนุมูลอิสระไปยังโมเลกุลของมอนอเมอร์ตัวแรกทำให้เกิดตัวเริ่มสายโซ่ $M_1^{\cdot}$

$$R^{\cdot} + M \xrightarrow{k_i} M_1^{\cdot}$$

โดย M เป็นโมเลกุลของมอนอเมอร์ และ k_i คือค่าคงที่ของอัตราเร็วสำหรับขั้นการเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นขยายสายโซ่ (Propagation step) ประกอบไปด้วยมอนอเมอร์ที่กำลังเจริญเติบโต $M_1^{\cdot}$ เติมโมเลกุลมอนอเมอร์ในปริมาณมาก

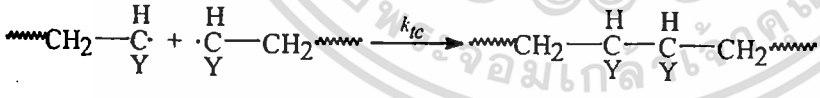
$$M_1^{\cdot} + M \xrightarrow{k_p} M_2^{\cdot}$$

$$M_2^{\cdot} + M \xrightarrow{k_p} M_3^{\cdot}$$

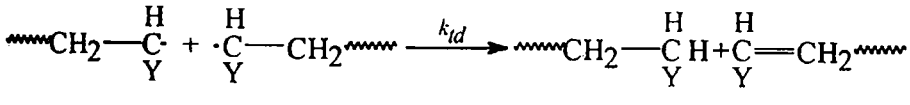
$$M_3^{\cdot} + M \xrightarrow{k_p} M_4^{\cdot}$$

$$M_n^{\cdot} + M \xrightarrow{k_p} M_{n+1}^{\cdot}$$

พอลิเมอร์ที่กำลังขยายตัวจะหยุดเจริญเติบโตและสิ้นสุด การสิ้นสุดเกิดจากความว่องไวของอนุมูลอิสระหมดไป โดยปฏิกิริยาระหว่างสองโมเลกุลของอนุมูลอิสระ อนุมูลอิสระสองตัวจะทำปฏิกิริยากันโดยการรวมตัวกัน (Combination coupling)



หรือเกิดการแลกเปลี่ยนอนุมูลอิสระไฮโดรเจน โดยการถ่ายโอนไปยังอนุมูลอิสระตัวอื่น เป็นผลมาจากการเกิดโมเลกุลพอลิเมอร์สองตัว และได้ส่วนที่ไม่อิ่มตัวหนึ่งส่วน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิเมอไรเซชันแบบขั้นหรือแบบควบแน่น

พอลิเมอไรเซชันประเภทนี้โดยทั่วไปใช้มอนอเมอร์ 2 ชนิด ซึ่งต่างก็มีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัว 2 หมู่ในโมเลกุล เนื่องจากมีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัวสองหมู่ หลังเกิดปฏิกิริยาควบแน่นแล้วยังมีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัวเหลือที่จะทำปฏิกิริยาต่อไปได้เรื่อยๆ จนได้โมเลกุลที่มีน้ำหนักสูงหรือพอลิเมอร์

พอลิเมอร์แบบควบแน่นที่เตรียมจากมอนอเมอร์ที่มีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัว 2 หมู่ ได้โครงสร้างเชิงเส้นต้นหรือโซ่ยาวเป็นเส้นตรง แต่ถ้ามอนอเมอร์มีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัว 3 หมู่ หรือมากกว่า หลังเกิดปฏิกิริยาจะได้โครงสร้างของพอลิเมอร์แบบมีกิ่งสาขา และบางครั้งกิ่งสาขาเหล่านี้อาจเกิดการเชื่อมโยงกันภายในโมเลกุลหรือกับโมเลกุลของพอลิเมอร์อื่นๆ เกิดเป็นพอลิเมอร์แบบเชื่อมโยง (Cross linked polymer) หรือพอลิเมอร์แบบร่างแห (Network polymer) ซึ่งพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบร่างแหนี้ มีความแข็งแรงมาก ทนต่อความร้อนได้ดี โดยปกติจะไม่หลอมตัว (สลายตัวก่อนหลอม) และยากที่จะละลายในตัวทำละลายปกติ

1.5.6 เทคนิคการสังเคราะห์พอลิเมอร์ [1]

เทคนิคที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์โดยทั่วไป แบ่งเป็น 4 เทคนิคด้วยกัน คือ

1) เทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบบัลค์ (Bulk polymerization)

เทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบบัลค์เป็นกระบวนการที่ง่ายที่สุด โดยการสังเคราะห์พอลิเมอร์มีเพียงมอนอเมอร์ และสารก่อเกิดปฏิกิริยา (Initiator) หรือสารเร่งการเกิดปฏิกิริยา (Catalyst) เท่านั้น ผลิตผลที่ได้จึงมีสิ่งเจือปนอยู่น้อย แต่ปัญหาของกระบวนการนี้คือเมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปความหนืดของระบบอาจเพิ่มขึ้นถึง 10^4 เท่า เมื่อเทียบกับความหนืดของมอนอเมอร์ และเกิดการคายความร้อนสูง ทำให้เกิดการย่อยสลายของสายโซ่ได้

2) เทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย (Solution polymerization)

เป็นเทคนิคที่สามารถใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับความหนืดและการเกิดความร้อนระหว่างการสังเคราะห์แบบบัลค์ โดยใช้ตัวทำละลาย เช่น คลอโรฟอร์ม โทลูอีน หรืออื่นๆ ร่วมในระบบ ซึ่งตัวทำละลายที่เลือกใช้นี้ต้องสามารถละลายส่วนผสมทุกชนิดในระบบได้ รวมทั้งพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วย โดยความหนืดของระบบเมื่อเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะไม่สูงเท่ากับกรณีของการสังเคราะห์แบบบัลค์ การควบคุมความหนืดทำได้โดยการเพิ่มปริมาณตัวทำละลาย แต่การใช้ตัวทำละลายทำให้เกิดปัญหาการถ่ายโอนสายโซ่ และการคงค้างของตัวทำละลายในเนื้อพอลิเมอร์ (Polymer matrix) ซึ่งปริมาณปนเปื้อนของตัวทำละลายในการสังเคราะห์พอลิเมอร์จะส่งผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบแขวนลอย (Suspension polymerization)

ทำได้โดยการให้มอนอเมอร์แขวนลอยเป็นหยดเล็กๆ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50-500 ไมโครเมตร (ขนาดใหญ่กว่าเทคนิคอิมัลชัน) ในของเหลวที่ไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา เช่น น้ำ หยดของพอลิเมอร์จะถูกปั่นกวนอย่างรวดเร็ว เพื่อป้องกันการเกาะกันเป็นก้อน และอาจมีการเติมสารคงสภาพ (Dispersants) ด้วย ซึ่งสารคงสภาพจะละลายปนอยู่ในชั้นน้ำ เพื่อป้องกันการเกิดเป็นเจลของพอลิเมอร์ มอนอเมอร์ที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้ควรเกิดผ่านกลไกอนุมูลอิสระ และละลายในน้ำได้น้อยมาก พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะเป็นเม็ดกลมๆ คล้ายไข่มุกบางครั้งจึงเรียกเทคนิคนี้ว่า Pear Polymerization

4) เทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน (Emulsion polymerization)

เป็นเทคนิคที่พัฒนามาจากวิธีแบบแขวนลอยใช้มากในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะพอลิเมอร์ที่เกิดผ่านกลไกอนุมูลอิสระ วิธีนี้ต่างจากแบบแขวนลอยตรงที่ตัวเริ่มต้นไม่ละลายในมอนอเมอร์แต่ละลายในตัวกลาง ซึ่งโดยส่วนใหญ่ คือ น้ำ แล้วแพร่เข้าไปในหยดมอนอเมอร์ ขนาดของหยดมอนอเมอร์จะมีขนาดเล็กกว่าแบบแขวนลอย คืออยู่ในช่วง 0.05-0.5 ไมโครเมตร ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของระบบจะคล้ายน้ำนม อนุภาคในระบบอิมัลชันจะไม่ตกตะกอนทันทีที่หยุดปั่นกวน เพราะสารลดแรงตึงผิวที่อยู่บนผิวอนุภาคของพอลิเมอร์ถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลของน้ำ จึงเรียกลักษณะของพอลิเมอร์ที่ได้ว่า ลาเท็กซ์ (Latex)

1.5.7 กาว (Adhesives) [7]

กาว หมายถึง สารที่ใช้สำหรับยึดเหนี่ยวผิวหน้าของวัสดุสองชิ้นให้สามารถยึดติดกันได้โดยมีความแข็งแรงของวัสดุที่เชื่อมยึดกันเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในงานต่างๆ ตามความต้องการ

กาวแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ คือ

1. กาวธรรมชาติ (Natural adhesives)

กาวธรรมชาติส่วนใหญ่ได้มาจากพืช เช่น ยางเหนียวของต้นไม้ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งมันฝรั่ง หรือจากสัตว์ เช่น กาวที่ผลิตขึ้นจากหนังและกระดูกสัตว์ ซึ่งโดยปกติกาวที่ได้จากธรรมชาติจะมีความแข็งแรงและมีความต้านทานน้ำต่ำกว่ากาวที่ได้จากการสังเคราะห์

2. กาวพลาสติก (Plastic glue)

เป็นกาวที่ผลิตจากพลาสติกประเภทเทอร์โมเซต และเทอร์โมพลาสติก ซึ่งกาวประเภทเทอร์โมเซตจะไม่สามารถทำให้อ่อนตัวหรือละลายได้อีก หลังจากได้รับการอบด้วยความร้อนแล้ว แต่กาวประเภทเทอร์โมพลาสติกสามารถทำให้อ่อนได้อีก โดยการให้ความร้อนอีกครั้ง หรือด้วยตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กาวเซลลูโลส (Cellulose glue)

กาวเซลลูโลส (Cellulose glue) ตัวประสานไพรอกไซลีน (Pyroxylin) ทำจากไนโตร-เซลลูโลส (ฟิล์มภาพยนต์) และสารละลายเคมี เช่น อีเทอร์ แอลกอฮอล์ มีลักษณะเป็นวุ้น ปกติจะยืดหยุ่นมากขึ้นเมื่อผสมกับยางเหนียวหรือยางสน กาวประเภทนี้ใช้งานมากในอุตสาหกรรมผลิตรองเท้า

กาวติดไม้ (Wood adhesives)

ผลิตภัณฑ์ไม้ต่างๆ เป็นผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องใช้กาวในการยึดติดเป็นส่วนใหญ่ เช่น เครื่องเรือนไม้ ทั้งประเภทเครื่องเรือนจากไม้จริง (Solid wood) และจากไม้ประกอบ (Wood composites) โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ประกอบ เช่น แผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แผ่นไม้อัด แผ่นไม้บางประสาน และไม้ประสาน

ประเภทของกาวติดไม้

1) กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermosetting Resins)

เป็นกาวเรซินที่แข็งตัวโดยทำปฏิกิริยาทางเคมี เกิดเป็นโมเลกุลที่มีโครงสร้างสามมิติ กลายสภาพเป็นของแข็งในเวลาเดียวกันกับเกิดการยึดติดกับไม้ ตัวอย่างของกาวติดไม้ประเภทนี้ คือ

กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (UF, Urea Formaldehyde)

กาวชนิดแรกที่ได้รับการพัฒนาอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีการใช้กันมาร่วม 60 กว่าปีแล้ว เป็นกาวที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เริ่มจากใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกับยูเรียให้ความร้อนในส่วนผสมที่เป็นด่างทำให้เกิดเมทิลออลยูเรีย จากนั้นทำปฏิกิริยาในส่วนผสมที่เป็นกรด และหยุดปฏิกิริยาด้วยการเติมด่างให้มีสภาพเป็นกลาง แล้วกำจัดน้ำที่เกิดจากปฏิกิริยาควบแน่นจนได้กาวที่เข้มข้น หรือระเหยน้ำต่อไปจนได้เป็นผง โดยนำกาวเข้มข้นไปพ่นผ่านรูเล็กๆ ในปล่องความร้อนที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีจำหน่ายทั้งในสภาพของเหลวและเป็นผง เป็นผงก็จะเป็นทั้งถุงเดี่ยวและชนิด 2 ถุง โดยถุงเดี่ยวก็จะมีการผสมสารเร่งแข็งด้วย หากชนิด 2 ถุง ก็จะแยกเป็นถุงกาวผงยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 1 ถุง อีกถุงหนึ่งก็จะเป็นสารเร่งแข็งที่อาจจะผสมสารเพิ่มอื่นได้ด้วย เช่น แป้งสาลี แป้งอื่นๆ หรือ ผงดินขาว (Kaolin) หรือแคลเซียมซัลเฟต การเตรียมกาวโดยนำกาวผงหลักหรือกาวน้ำ มาผสมกับน้ำ แล้วผสมกับสารช่วยให้กาวแข็งตัว (Hardener) เมื่อเข้ากันดีแล้ว จึงนำไปทาบนผิวไม้ที่จะทำการยึดติด สารช่วยให้กาวแข็งตัวจะมีสภาพเป็นกรด ซึ่งจะไปเริ่มให้ปฏิกิริยาทางเคมีเชื่อมตัวทางขวาง โดยมีการให้ความร้อนกับแนวกาวเป็นตัวเร่งให้แข็งตัวเร็วยิ่งขึ้น สารช่วยให้กาวแข็งตัวที่ใช้กับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ควรเป็นชนิดกรดอ่อนมากๆ เนื่องจากหากใช้กรดแก่จะทำให้ผิวไม้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์เป็นผลให้แนวกาวเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดสารฟอร์มัลดีไฮด์จากผลิตภัณฑ์ไม้ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ทำได้โดยลดสัดส่วนโมลของ F:U ในการสังเคราะห์กาวเรซินจาก 1.8:1 หรือ 2.0:1 ให้ต่ำกว่า 1.6:1 หรือในบางกรณีต่ำถึง 1.2:1 การใช้สัดส่วนโมล F:U ต่ำๆ จะทำให้ต้องเพิ่มระยะเวลาในการสังเคราะห์เรซิน นอกจากนั้นกาวที่ได้จะต้องใช้ระยะเวลาในการทำให้แข็งตัวนานขึ้น และทำให้ความแข็งแรงของการยึดติดต่ำลง ความต้านทานความชื้นลดลง ระยะเวลาการเก็บรักษา (ความเสถียร) ลดลง การลดสารฟอร์มัลดีไฮด์ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในการปฏิบัติงานนั้น อาจทำได้โดยเติมสารเพิ่มอื่นๆ เช่น ยูเรีย เมลามีน แทนนิน โซเดียมไดซัลไฟต์ และกรดอนินทรีย์อย่างอ่อนๆ แต่ก็จะทำให้ความคงทนต่อน้ำ และอุณหภูมิที่สูงต่ำลง ซึ่งไม่เหมาะต่อไม้ที่ต้องใช้ในที่มีความชื้นและมีความร้อนสูง

กาวเมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์ (MF, Melamine Formaldehyde)

เป็นกาวที่คล้ายคลึงกับกาว UF มีการนำมาใช้หลังกาว UF ประมาณ 20 กว่าปี กาว UF และ MF เกิดจากการทำปฏิกิริยาของส่วนอะมิโน (Amino) กับสารฟอร์มัลดีไฮด์ ภายในสภาวะที่ให้ความร้อนกับสารละลายผสมเหมือนกัน แต่ฟอร์มัลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยากับเมลามีนได้เร็วกว่ายูเรีย ด้วยเหตุนี้กาว MF จึงเกิดสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ปริมาณน้อยกว่ากาว UF กาว MF ต้องใช้สารช่วยให้แข็งตัวเหมือนกาว UF ลักษณะของกาวที่ได้จะขาวใส กาว MF ใช้อุณหภูมิที่ทำให้แข็งตัวสูง มีความต้านทานน้ำและอุณหภูมิได้ดีกว่ากาว UF แต่มีข้อเสีย คือ ราคาของกาว MF สูงกว่ากาว UF 4–5 เท่า จึงนำมาผสมกับกาว UF เพื่อลดต้นทุนราคาลง เรียกว่ากาว เมลามีน-ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (MUF) ซึ่งคุณสมบัติของกาว MUF ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการผสมระหว่าง MF และ UF ยกตัวอย่างเช่น สัดส่วนการผสมของกาว MF ต่อ UF = 40:60 ก็จะช่วยปรับปรุงความต้านทานต่อสภาวะเร่งในการบ่มรุนแรงได้อย่างเห็นได้ชัด กาว MF มักนิยมใช้ในไม้ที่ต้องการความทนทานต่อความชื้นสูง

กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ (PF, Phenol Formaldehyde)

กาวเรซิน PF มีการผลิตใช้ก่อน UF และ MF เรซิน แต่กลับนำเข้ามาใช้ในงานไม้ในราว ปี ค.ศ.1930 กาว PF มี 2 ชนิด คือ รีโซล (Resoles) และโนโวแลค (Novolacs) ชนิด รีโซล เป็นชนิดที่ใช้ในการผลิตแผ่นบอร์ด เช่น ไม้อัด เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง ฟอร์มัลดีไฮด์ กับ ฟีนอล ในสารละลายด่าง รีโซล ต้องใช้อุณหภูมิในการแข็งตัวสูง ได้แนวกาวที่มีความต้านทานน้ำ ความร้อนและเชื้อรา สำหรับกาว PF ชนิดโนโวแลค สังเคราะห์ขึ้นในสภาวะที่เป็นกรดและมีสัดส่วนของ F ต่ำ นิยมใช้สำหรับการผลิตแผ่นไม้อัด แผ่นปาร์ติเกิล แผ่นไส้ไม้ระแนง และนิยมใช้กันมากในการปิดผิวไม้บางบนงานเครื่องเรือน

กาวฟีนอล-เรซอซินอล ฟอร์มัลดีไฮด์ (P-RF, Phenol-Resorcinol Formaldehyde)

P-RF ผลิตโดยการเติม เรซอซินอล ผสมในกาวรีโซล ที่ระยะสุดท้ายของสังเคราะห์ เป็นกาวสีน้ำตาลเข้มใช้ในการผลิตคานไม้ประสาน (Laminated beams) โดยมีข้อดี 2 ลักษณะ คือ มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้านทานน้ำ และมีความไวในการทำปฏิกิริยา ซึ่งหมายความว่าสามารถใช้เป็นกาวที่อุณหภูมิต่ำๆ ซึ่งบางครั้งต่ำถึง 5 องศาเซลเซียส ใช้พาราฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารเร่งปฏิกิริยา และแข็งตัวที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มักนิยมใช้ผงไม้ผสมในกาวเพื่อใช้ปรับปรุงคุณสมบัติการอุดช่องว่างไม้ในการติดไม้แปรรูป

กาวแทนนิน (Tannin Resins)

สารแทนนินเป็นสารฟีนอลประเภทหนึ่งตามธรรมชาติเกิดอยู่ในเนื้อไม้และเปลือกไม้ในปริมาณมาก โดยเฉพาะในเปลือกไม้โอ๊ก และวอตเติล แทนนินทำปฏิกิริยากับ PF หลังจากกำจัดสารอื่นแล้ว เช่น น้ำตาล การใช้งานกาวแทนนินยังไม่แพร่หลายนัก

กาวไอโซไซยาเนต (Isocyanate Resins)

ในปี ค.ศ.1975 กาวไอโซไซยาเนตเริ่มมีการใช้งานมากขึ้น โดยเฉพาะกาวไม้ที่ต้องการความทนทานสูง โดยจะเกิดการยึดเหนี่ยวทางเคมีระหว่างกาว, ลิกนิน และเซลลูโลสในไม้ มีคุณสมบัติที่ดี ได้แก่ ความแข็งแรงสูง การยึดติดผิวหน้าดี การต้านทานต่อน้ำ และตัวทำละลายสูง แต่มีราคาสูงเมื่อเทียบกับกาวชนิดอื่นๆ จึงเหมาะกับงานที่ต้องการความแข็งแรงสูง

กาวเรซินอีพอกซี (Epoxy Resins)

อีพอกซี เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง บิสฟีนอล-เอ (Bisphenol-A) กับ อิพิคลอโรไฮดริน (Epichlorhydrin) ได้เป็นอีพอกซีเรซินที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างๆ กัน จึงได้กาวที่มีคุณสมบัติต่างกันไป สารที่นิยมใช้เป็นสารทำให้เกิดการแข็งตัว คือ พอลิเอไมด์ โดยอีพอกซีเรซิน จะแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้แรงดันอัดข้อต่อไม้เล็กน้อย กาวอีพอกซีมีคุณสมบัติเด่นในการอุดช่องว่างได้ดี ถ้าใช้ในงานไม้นิยมใช้อีพอกซีเป็นของเหลวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ

2) กาวเรซินชนิดอ่อนตัวเมื่อร้อน (Thermoplastic resins) หรือร้อนเหลว (Hot-melts) ต้องให้ความร้อน จึงกลายเป็นสารยึดติดเมื่อเย็น ได้แก่

กาวเรซินพอลิไวนิลอะซีเตต (PVAc resin)

PVAc นี้โดยปกติใช้อยู่ในรูปอิมัลชันแม้ว่าจะแข็งตัวโดยการใช้ความร้อนบ้าง แต่ก็จะยังคงอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงๆ สามารถปรับปรุงให้มีความหนืดสูงหรือต่ำ แข็งหรืออ่อนหยุ่นได้ (Rigidify or flexibility) และย้อมสีหรือใส่รงควัตถุเพื่อให้เกิดสี เป็นกาวที่มี 2 ประเภท คือ

1) โฮโมพอลิเมอร์ ซึ่งจะอ่อนตัวทันทีเมื่อได้รับความร้อน

2) โคพอลิเมอร์ ซึ่งจะมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อการยึดเหนี่ยวทำให้มีความต้านทานน้ำและความร้อนดีขึ้น สามารถเติมแป้งข้าวโพดหรือแป้งชนิดอื่นลงไปเพื่อเพิ่มความหนืดและป้องกันไม่ให้กาวไหลเยิ้มออกจากข้อต่อหรือผ่านทะลุช่องของไม้ออกมา สารตัวเติมจำพวกแร่ธาตุ (Mineral fillers) ก็อาจใช้ได้ แต่ต้องระมัดระวังอย่าให้สัมผัสกับวัสดุที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการแข็งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของกาวด้อยลง การผสมเกลือโลหะ (Metallic salts) เช่น โครเมี่ยมหรืออลูมิเนียมไนเตรท จะปรับปรุงให้การต้านทานน้ำดีขึ้น แต่ก็จะทำให้อายุการใช้งานของกาว (Pot life) สั้นลง การเติม UF และ MF และไอโซไซยาเนตเรซิน ก็จะช่วยปรับปรุงสมบัติของกาวได้ กาว PVAc ใช้กันแพร่หลายสำหรับติดไม้ชนิดบาง กาวติดกระดาษ แผ่นปาร์ติเกิล และใช้สำหรับการประกอบตู้โต๊ะ เป็นต้น

กาวร้อนเหลวชนิด Ethylene vinyl acetate (EVA Hot-Melts)

กาวร้อนเหลว Ethylene vinyl acetate เป็นส่วนผสมของ EVA เรซิน ซึ่งเป็นตัวหลักในการเกิดการยึดติด (Adhesion) และสารตัวเติมแร่ธาตุ (Mineral filler) ซึ่งใช้เป็นตัวเสริมการยึดจับ (Cohesion) การอุดรูของกาว และช่วยลดต้นทุนด้วย นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของขี้ผึ้ง หรืออาจเติมสารแอนตีออกซิแดนต์เพื่อใช้ลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ในหม้อต้มกาวที่ร้อน การผลิตเริ่มโดยการใส่เรซิน, สารเติม, สารแอนติออกซิแดนต์ ลงในเครื่องผสมแบบ Z-blade ที่ร้อน เมื่อผสมเข้ากันได้ดี ส่วนผสมอื่นที่เหลือจะถูกเติมและผสมต่อไปอีก 30 นาที หลังจากนั้นส่วนผสมทั้งหมดจะถูกเทสู่โต๊ะเย็นที่จัดทำขึ้น เพื่อให้กาวแข็งตัวก่อนตัดเป็นเม็ดๆ หรืออัดรีด (Extrude) ออกมาเป็นรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ รูปร่างของกาวเป็นสิ่งสำคัญมากในการนำไปใช้ สมบัติของกาวร้อนเหลว EVA ขึ้นกับปริมาณของไวนิลอะซิเตด เช่น ถ้ามีไวนิลอะซิเตดปริมาณสูงจะทำให้เกิดการยึดเหนี่ยวเข้ากันได้ดีกับสารตัวเติมอื่นๆ มีระยะเวลาก่อนประกบ (Open time) นานขึ้น มีความต้านทานต่อความร้อนต่ำลง ละลายในตัวทำละลายได้มากขึ้น กาวร้อนเหลว EVA นิยมใช้ในการติดแถบขอบของแผ่นไม้ และมีการใช้งานบ้างในการประกบติดไม้ โดยเฉพาะในการใช้ระบบกาวคู่ร่วมกับกาว PVAc ซึ่งในระบบนี้กาวร้อนเหลวจะใช้เพื่อยึดข้อต่อหรือส่วนที่ต้องการเชื่อมยึด ในขณะที่กาว PVAc แข็งตัวและใช้เป็นแรงยึดเหนี่ยวหลัก

กาวพอลิเอไมด์ (Polyamide Resins)

มีการใช้ในปริมาณน้อย ส่วนใหญ่ใช้สำหรับการติดขอบไม้ที่ต้องการความทนทานต่ออุณหภูมิสูง กาวชนิดนี้คล้ายไนลอน เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมัน กับ ไดอะมีน (Diamine) กาวชนิดนี้มีความยุ่งยากต่อการนำมาใช้งาน เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวสูงและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย ซึ่งทำให้สมบัติการยึดติดด้อยลง ดังนั้นในบางครั้งจึงมีการใช้เครื่องทากาวระบบปิดภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจน กาวพอลิเอไมด์มีการใช้มากในประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับงานติดขอบ แต่ไม่แพร่หลายในประเทศอื่นๆ เนื่องจากมีราคาแพงกว่ากาว EVA และพอลิยูรีเทน หลายเท่าตัว

กาวพอลิโอลีฟินส์ (Polyolefines)

ใช้งานน้อยในอุตสาหกรรมไม้ เนื่องจากมีสมบัติการยึดติดไม่ดี กาวชนิดนี้เป็นส่วนผสมของพอลิพอพีรีน พอลิเอทิลีน และเรซินอื่นๆ อาจใช้สำหรับงานติดขอบไม้ มีสมบัติที่ด้อยกว่ากาวพอลิเอไมด์ แต่ราคาถูกกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กาวเรซินพอลิยูรีเทน (Polyurethane Resins)

กาวเรซินร้อนเหลวพอลิยูรีเทน (Polyurethane hot melt resins) ที่ใช้ในการติดแถบขอบจะมีลักษณะการใช้งานและผลิตภัณฑ์คล้ายกับกาวร้อนเหลวชนิดอื่นๆ แต่จะทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศและวัสดุที่ต้องการติดเกิดเป็นแนวกาว กาวเรซินพอลิยูรีเทนเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างไดออล กับ ไดไอโซไซยาเนต เกิดเป็นโครงสร้างร่างแหที่มีหมู่ว่องไวสูงที่สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลต่อไปได้ การใช้งานจะใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่า EVA เรซิน ประมาณ 100-140 องศาเซลเซียส ต้องป้องกันความชื้นในการเก็บและระหว่างการใช้ ซึ่งอาจจะต้องใช้อุปกรณ์ปิดภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน การใช้กาวนี้จะใช้เฉพาะที่ต้องการใช้งานที่มีการยึดเหนี่ยวสูง เช่น เมื่อต้องการติดกาวตรงรอยแตกของประตูกันไฟ มีราคาสูงกว่า EVA ประมาณ 6 เท่า แต่ก็คุ้มค่าหากใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูง ในบางกรณีใช้ติดแถบขอบโดยไม่ใช้ก๊าซไนโตรเจน โดยเครื่องจ่ายกาวจะร้อนเหลวบนผิวที่จะติดกาวทันทีที่แผ่นไม้ถูกทากาวแล้ว ด้านหน้าของเครื่องจ่ายกาวจะปิดโดยมีแผ่นเลื่อนมาปิดเพื่อป้องกันกาวจากการสัมผัสกับอากาศหรือความชื้น

3) กาวติดสัมผัส (Contact adhesives)

เป็นกาวที่ประกอบด้วยสารละลายของยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ ซึ่งจะแปรสภาพเกิดการยึดติด เมื่อระเหยตัวทำละลาย เป็นกาวที่มีการใช้น้อยในงานไม้ แต่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับงานตกแต่งหุ้มเบาะเครื่องเรือน

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

K.P. Somani และคณะ [8] ศึกษาสมบัติของกาวไม้พอลิยูรีเทนที่เตรียมจากน้ำมันละหุ่ง โดยในขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมพอลิออล (Polyol) จากอนุพันธ์ของน้ำมันละหุ่ง คือ กรดริซีโนเลอิก (Ricinoleic Acid) นำมาทำปฏิกิริยากับไกลคอล 3 ชนิด คือ เอทิลีนไกลคอล ไดเอทิลีนไกลคอล และไตรเอทิลีนไกลคอล ได้เป็นพอลิออล 3 ชนิด ซึ่งจะเรียกแทนต่อไปว่า พอลิออล A B และ C แล้วนำพอลิออลที่เตรียมได้ไปทำปฏิกิริยากับไดไอโซไซยาเนตได้เป็นกาวพอลิยูรีเทน โดยเลือกใช้ไดไอโซไซยาเนตที่ต่างกัน ได้แก่ อะโรมาติกไดไอโซไซยาเนต และอะลิฟาติกไดไอโซไซยาเนต และศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ไอโซไซยาเนต กับ หมู่ไฮดรอกซิล (NCO/OH) ต่อสมบัติของกาว ได้แก่ สมบัติเชิงกล สมบัติการต้านทานน้ำ ความทนต่อกรดและเบส จากผลการทดสอบพบว่ากาวที่เตรียมมาจากพอลิออล A ให้ค่าความแข็งแรงเฉือน (shear strength) สูงสุด เนื่องจากพอลิออล A สังเคราะห์จากเอทิลีนไกลคอลซึ่งมีสายโซ่ที่สั้นกว่าไดเอทิลีนไกลคอล และไตรเอทิลีนไกลคอล จึงทำให้พอลิออล A เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่มากกว่าพอลิออล B และ C นอกจากนี้ยังพบว่ากาวที่เตรียมจากอะโรมาติกไดไอโซไซยาเนต ให้ค่าความแข็งแรงเฉือนสูงกว่ากาวที่เตรียมมาจากอะลิฟาติกไดไอโซไซยาเนต และการเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH ทำให้ค่าความแข็งแรงเฉือนสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH ทำให้กาวที่เตรียมได้เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่มากขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าเพิ่มอัตราส่วนโดยโมล ของ NCO/OH มากเกินไป จะทำให้พันธะเชื่อมโยงเกิดมาก ส่งผลให้สายโซ่ของพอลิเมอร์เคลื่อนที่ได้ยาก กาวที่ได้จะมีลักษณะแข็งไม่ยืดหยุ่น ทำให้ค่าความแข็งแรงเฉือนลดลง จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนของ NCO/OH ที่เหมาะสม คือ 1.3 กาวพอลิยูรีเทนที่ได้ถูกนำไปทดสอบสมบัติการต้านทานต่อน้ำ โดยทำการทดสอบที่ 2 สภาวะ คือสภาวะที่ 1 แช่ไม้ที่ติดกาวแล้วในน้ำที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าความแข็งแรงเฉือน และสภาวะที่ 2 แช่ไม้ที่ติดกาวแล้วในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าความแข็งแรงเฉือน ผลการทดสอบพบว่า ค่าความแข็งแรงเฉือนของกาวภายใต้สภาวะทดสอบทั้ง 2 สภาวะมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดสอบในสภาวะปกติที่ไม่ได้แช่น้ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากาวที่เตรียมได้มีสมบัติการต้านน้ำดี และสำหรับการทดสอบสมบัติความทนทานต่อกรดและเบส ทำได้โดยการแช่ไม้ที่ติดกาวแล้วในสารละลายกรดที่ pH เท่ากับ 2 หรือ ในสารละลายเบสที่ pH เท่ากับ 10 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าความแข็งแรงเฉือน ผลการทดสอบพบว่าในสภาวะกรด ค่าความแข็งแรงเฉือนของกาวลดลงมากในทุกๆ สูตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กาวพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้ไม่ทนต่อสภาวะกรด เนื่องจากพอลิออลที่ใช้เตรียมเป็นสารประเภทพอลิเอสเตอร์ ซึ่งจะถูกไฮโดไลซ์ได้ง่ายด้วยกรด ส่วนในสภาวะเบสพบว่าค่าความแข็งแรงเฉือนของกาวลดลง โดยมีค่าลดลงมากในกาวสูตรที่เตรียมมาจากไตรเอทิลีนไกลคอล แสดงให้เห็นว่าสมบัติของกาวพอลิยูรีเทนที่ได้ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของพอลิออล ชนิดของไดไอโซไซยาเนต และอัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH

S.D. Desai และคณะ [9] ได้ทำการศึกษาสมบัติของกาวติดไม้พอลิยูรีเทน ซึ่งเตรียมมาจาก แป้งมันฝรั่งกับน้ำมันละหุ่ง โดยในขั้นแรกเป็นการเตรียมไกลคอลไกลโคไซด์ (Glycol glycoside) ด้วยการทำปฏิกิริยาระหว่างแป้งมันฝรั่งกับเอทิลีนไกลคอลในสภาวะกรด จากนั้นนำไกลคอลไกล-โคไซด์ที่เตรียมได้มาทำปฏิกิริยากับน้ำมันละหุ่งได้เป็นพอลิออล ในขั้นตอนที่สองเป็นการเตรียมกาวพอลิยูรีเทนโดยนำพอลิออลที่เตรียมได้มาทำปฏิกิริยากับโทลูอีนไดไอโซไซยาเนต แล้วนำกาวพอลิยูรีเทนที่ได้ไปทดสอบค่าความแข็งแรงเฉือน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงผลของตัวแปรที่เปลี่ยนไปต่อสมบัติของกาวพอลิยูรีเทน ได้แก่ อัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH ที่เปลี่ยนไปในช่วง 1 – 1.7 จากการทดสอบพบว่า กาวที่ใช้อัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH เท่ากับ 1.3 ให้ค่าความแข็งแรงเฉือนสูงสุด เนื่องจากกาวที่ได้เกิดการเชื่อมโยงมากกว่ากาวที่ใช้อัตราส่วนของ NCO/OH เท่ากับ 1 1.1 และ1.2 แต่ถ้าเพิ่มอัตราส่วนของ NCO/OH มากกว่า 1.3 พบว่าค่าความแข็งแรงเฉือนลดลง เพราะการเชื่อมโยงเกิดมากเกินไปทำให้กาวที่เตรียมได้มีลักษณะแข็งไม่ยืดหยุ่น นอกจากนี้ยังศึกษาถึงผลของการเพิ่มปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้างของพอลิออล ซึ่งพบว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล ทำให้กาวเกิดการเชื่อมโยงมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงเฉือนสูงขึ้น และการเพิ่มปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลยังช่วยให้กาวมีความต้านทานต่อน้ำ ทนต่อสภาวะกรดและเบสได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลส่งผลให้เวลาเกิดเจล (gel time) สั้นลง ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่ไอโซไซยาเนตที่มาก ทำให้เกิดเป็นเจลได้เร็วขึ้น

V. Athawale และคณะ [10] ได้ศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์สอดประสาน (Interpenetrating Polymer Networks, IPNs) ซึ่งสังเคราะห์มาจากพอลิยูรีเทน กับ พอลิเมทิลเมทาคริเลต (PMMA) โดยในขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมพอลิออลซึ่งสังเคราะห์มาจากน้ำมันละหุ่งกับกลีเซอรอลแล้วนำพอลิออลที่ได้มาทำปฏิกิริยากับโทลูอีนไดไอโซไซยาเนตได้เป็นพอลิยูรีเทนเรียกว่า CG-PU จากนั้นนำ CG-PU มาทำปฏิกิริยากับ PMMA ได้พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นร่างแหแบบสอดประสาน จากนั้นทำการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิค FTIR DSC และทดสอบสมบัติเชิงกลโดยการวัดค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ความแข็ง (Hardness) แบบ Shore A ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของ CG-PU/PMMA ในพอลิเมอร์สอดประสานต่อสมบัติของพอลิเมอร์ที่ได้ และการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH จากการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณของ PMMA ทำให้ค่า Tg สูงขึ้น และทำให้ค่าความแข็งแรงดึงและความแข็งเพิ่มขึ้น แต่มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (% Elongation) ลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมบัติของพอลิเมอร์สอดประสานที่เตรียมมาจากเปอร์เซ็นต์ PMMA สูงๆ มีแนวโน้มมาทางสมบัติของ PMMA และผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH โดยทำการทดสอบที่อัตราส่วน 2.0 2.2 และ2.4 พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของ NCO ส่งผลให้พอลิเมอร์สอดประสานที่ได้มีค่าความแข็งแรงดึงและความแข็งเพิ่มขึ้นด้วย แต่มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวลดลงเนื่องจากพอลิยูรีเทนที่เตรียมมาจากอัตราส่วนของ NCO สูงๆ จะมีพันธะเชื่อมโยงเกิดขึ้นมาก ทำให้พอลิเมอร์ที่ได้มีลักษณะแข็ง นอกจากนั้นยังได้เปรียบเทียบสมบัติของพอลิเมอร์สอดประสาน กับโฮโมพอลิเมอร์พอลิยูรีเทน (PU) โดยเปรียบเทียบพอลิเมอร์สอดประสานที่เตรียมจากพอลิยูรีเทนที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ พอลิยูรีเทน 1 คือ พอลิยูรีเทนที่เตรียมมาจากน้ำมันละหุ่งที่ปรับปรุงสมบัติด้วยการทำปฏิกิริยากับกลีเซอรอล (CG-IPN) พอลิยูรีเทน 2 คือ พอลิยูรีเทนที่เตรียมมาจากน้ำมันละหุ่งที่ไม่ได้ปรับปรุงสมบัติด้วยกลีเซอรอล (C-IPN) กับโฮโมพอลิเมอร์ของพอลิยูรีเทนทั้งสองชนิด คือ CG-PU และ C-PU ผลการทดสอบพบว่า CG-IPN ให้ค่าความแข็งแรงดึงและความแข็งสูงกว่า C-IPN CG-PU และ C-PU ตามลำดับ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าหลังการทำพอลิเมอร์สอดประสานช่วยปรับปรุงความแข็งแรงดึงและความแข็งของโฮโมพอลิเมอร์พอลิยูรีเทน

F. Aran-Ais และคณะ [11] ได้ศึกษาผลของการเติมกรดโรซิน (Rosin acid) ในระหว่างการสังเคราะห์เทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทนต่อสมบัติการติดของกาวพอลิยูรีเทนกับพอลิไวนิลคลอไรด์ ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมเทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทนจากพรีพอลิเมอร์ โดยปฏิกิริยาของ Dipphenylmethane-4-4'-diisocyanate (MDI) กับ อัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันของกรดโรซิน และ พอลิอะดิเปต (Polyadipate) ของ 1,4 บิวเทนไดออล (1,4-Butanediol) ใช้อัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH เท่ากับ 1.1 ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิไม่เกิน 70°C โดย 1,4 บิวเทนไดออลจะถูกใช้เป็นตัวขยายสายโซ่ (Chain extender) ในวิธีการผลิตเทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทนจะใช้กรดโรซินเป็นสารช่วยติดภายใน (Internal tackifier) เพื่อให้สมบัติการติดเพิ่มขึ้น แล้วนำเทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทนที่ได้ไปตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิคต่างๆ ได้แก่ เจลเพอมิเอชันโคมาโตกราฟี (GPC) เทคนิคอินฟาเรดสเปกโตโฟเมทรี (FTIR) เทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรเมทรี (NMR) และศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเตอร์ (DSC) เครื่องไดนามิกเมคคานิคอลเทอร์มัลอนาไลเซอร์ (DMTA) จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของกรดโรซินในพรีพอลิเมอร์ส่งผลให้น้ำหนักโมเลกุล และความหนืดของสารละลายเทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทนเพิ่มขึ้น ช่วยปรับปรุงสมบัติด้านการไหลของสารละลายเทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทน ลดความเป็นผลึกของเทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทน และทำให้มีการเคลื่อนไหวของผลึกต่ำลง นอกจากนั้นเมื่อนำกาวเทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้มาทดสอบสมบัติการยึดติดกับพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของกรดโรซิน ค่า T-peel strength สูงขึ้น เนื่องจากหมู่คาร์บอกซิลิกในโครงสร้างของกรดโรซินจะทำปฏิกิริยากับไอโซไซยาเนต เกิดเป็นเอไมด์ (amide) และเอไมด์ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยาต่อกับไอโซไซยาเนต เกิดเป็นอิไมด์-ยูเรีย (Imide-urea) ดังนั้นกรดโรซินจึงช่วยปรับปรุงสมบัติการยึดติดของเทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทนกับ PVC ให้สูงขึ้น

M.Jayabalan และคณะ [12] ได้ทำการศึกษาผลของสารเชื่อมโยง (Crosslinker) ต่อสมบัติความคงทน (Stability) ของพอลิยูรีเทนที่ถูกปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันละหุ่ง โดยในขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมส่วนประกอบที่ 1 คือ พรีพอลิเมอร์พอลิยูรีเทนโดยการผสมกันระหว่างน้ำมันละหุ่ง กับ เฮกซะเมทิลลีนไดไอโซไซยาเนต ได้เป็น Hydroxylated HD/02 และ Dehydroxylated HD/04 จากนั้นนำพรีพอลิเมอร์มาทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบที่ 2 คือ สารเชื่อมโยง โดยใช้สารเชื่อมโยงที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พรีพอลิเมอร์ HD/02 ทำปฏิกิริยาเชื่อมโยงกับไดไอโซไซยาเนต ใช้อัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH เท่ากับ 1.5 ที่อุณหภูมิ 60°C ใช้เวลาแข็งตัว (Setting time) เท่ากับ 15 นาที และพรีพอลิเมอร์ HD/04 ทำปฏิกิริยาเชื่อมโยงกับพอลิออล ใช้อัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH เท่ากับ 1.2 ที่อุณหภูมิ 60°C ใช้เวลาแข็งตัว เท่ากับ 40 นาที จากนั้นนำพอลิยูรีเทนทั้งสองตัวมาทดสอบการบ่ม (Ageing) โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ผลการทดสอบพบว่าพอลิยูรีเทน HD/02 และพอลิยูรีเทน HD/04 มีน้ำหนักหายไปสูงสุดที่เวลา 100 ชั่วโมง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เท่ากับ 0.05% และ0.02 % ตามลำดับ หลังจาก 100 ชั่วโมงผ่านไป น้ำหนักของพอลิยูรีเทนทั้งสองตัวไม่มีการเปลี่ยนแปลง และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวัดปริมาตรของพอลิยูรีเทนทั้งสองตัวพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งน้ำหนักที่หายไปนี้อาจจะมาจากสิ่งเจือปนที่ระเหยได้ แสดงให้เห็นว่าพอลิยูรีเทนทั้งสองตัวมีความคงทนต่อการบ่มตัวด้วยความร้อนได้ดี และได้ศึกษาถึงความคงทนของการเกิดปฏิกิริยาโดยนำพอลิยูรีเทนทั้งสองตัวมาทำสเตอริไรเซชัน (Sterilization) ที่ 2 สภาวะ คือ สภาวะที่ 1 ภายใต้ความร้อนและความดันที่สูง โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 127°C ความดัน 20 psi เป็นเวลา 10 นาที ต่อ 1 รอบของการทดสอบ และสภาวะที่ 2 โดยการฉายรังสีแกมมาที่ความเข้ม 2.5 5.0 และ 7.5 Mrad เป็นเวลานาน 1 เดือน แล้วนำไปทดสอบการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพอลิยูรีเทน โดยเปรียบเทียบกับพอลิยูรีเทนที่ไม่ได้ผ่านการทำ Sterilization ผลการทดสอบพบว่าหลังการทำสเตอริไรเซชัน ในทั้ง 2 สภาวะ เรซิน HD/02 มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักมากกว่าเรซิน HD/02 ที่ไม่ได้ผ่านการทำสเตอริไรเซชัน แต่ในเรซิน HD/04 พบว่าเรซินที่ผ่านการทำสเตอริไรเซชันมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักน้อยกว่าเรซิน HD/04 ที่ไม่ได้ผ่านการทำ sterilization เนื่องจากในพอลิยูรีเทนสองชนิดใช้สารเชื่อมโยงที่แตกต่างกัน โดยในเรซิน HD/02 ใช้ไดไอโซไซยาเนตเป็นสารเชื่อมโยง ท่อน (Segment) ของน้ำมันละหุ่งจะมีปริมาณมากกว่าเรซิน HD/04 ที่ใช้พอลิออลเป็นสารเชื่อมโยง จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าปริมาณของน้ำมันละหุ่งมีผลต่อความคงทนของพอลิยูรีเทนในสภาวะการทำสเตอริไรเซชันทั้งสองสภาวะ ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้สารเชื่อมโยงที่แตกต่างกัน

S. Ajthkumar และคณะ [13] ได้ทำการศึกษาอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาพอลิยูรีเทนที่เตรียมมาจากพอลิออล 3 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำมันละหุ่ง มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล เท่ากับ 2.5 หมู่/โมล พรีพอลิเมอร์ R60 มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล เท่ากับ 5.0 หมู่/โมล และพรีพอลิเมอร์ R92 มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล เท่ากับ 6.0 หมู่/โมล โดยนำพอลิออลแต่ละชนิดมาทำปฏิกิริยากับโทลูอีนไดไอโซไซยาเนต (TDI) เกิดเป็นพอลิยูรีเทน แล้วทำการศึกษาอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 30 40 และ 50°C นอกจากนี้ยังทำการศึกษาถึงผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ คือไดบิลทิลทินไดลอร์เอต (Dibutyl tin dilaurate, DBTDL) โดยการเปรียบเทียบจากค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (k) โดยในปฏิกิริยาที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจะใช้สมการอันดับหนึ่งในการหาค่า k ส่วนในปฏิกิริยาที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา จะใช้สมการอันดับสองในการหาค่า k จากผลการทดลองพบว่าในปฏิกิริยาที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา พอลิยูรีเทนที่เตรียมมาจาก น้ำมันละหุ่งมีค่า k ต่ำกว่า พอลิยูรีเทนที่เตรียมมาจาก R60 และ R92 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าพอลิยูรีเทนที่เตรียมมาจากน้ำมันละหุ่งเกิดปฏิกิริยาได้ช้ากว่าพอลิยูรีเทนที่เตรียมมาจาก R60 และ R92 เนื่องจากในน้ำมันละหุ่งมีปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิลที่น้อยกว่า พรีพอลิเมอร์ R60 และ R92 นอกจากนี้หมู่ไฮดรอกซิลในน้ำมันละหุ่งจะเป็นชนิดทุติยภูมิ (Secondary) ซึ่งเกิดปฏิกิริยากับไอโซไซยาเนตได้ช้า แต่ในพรีพอลิเมอร์พอลิยูรีเทน R60 และR92 จะมีหมู่ไฮดรอกซิลสองชนิด คือ ชนิดปฐมภูมิ (Primary) และทุติยภูมิ ซึ่งหมู่ไฮดรอกซิลชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฐมภูมิสามารถเกิดปฏิกิริยากับไอโซไซยาเนตได้เร็วกว่า และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยา พบว่า พอลิยูรีเทนที่เตรียมมาจากพอลิออลทั้ง 3 ตัว มีค่า k เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา DBTDL พบว่าในปฏิกิริยาที่ใช้ DBTDL ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น และพบว่าการเพิ่มปริมาณของ DBTDL จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น โดยปริมาณของ DBTDL ที่เหมาะสมคือ 0.0017 โมล/ลิตร เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณของ DBTDL มากกว่านี้จะไม่ส่งผลต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยา

S.H. Iman และคณะ [14] ได้ศึกษาสมบัติของกาวติดไม้สำหรับงานภายใน ที่เตรียมจากวัตถุดิบธรรมชาติ ได้แก่ แป้ง โดยนำแป้งมาผสมกับพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVOH) แล้วนำมาทำปฏิกิริยากับ Hexamethoxymethylmelamine (Cymel 323) เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงโดยเกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนหมู่เอสเทอร์ (Transesterification) ซึ่งหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ที่มีอยู่ในโมเลกุลของแป้งPVOH และไม้ จะถูกแทนที่ที่ตำแหน่งหมู่เมทอกซี (Methoxy) ของ Cymel 323 ทำให้เกิดการเชื่อมโยงด้วยพันธะอีเทอร์ระหว่างโมเลกุลของ Cymel 323 ที่มีวงแหวนเบนซินอยู่ในโครงสร้างกับ แป้ง PVOH และไม้ โดยในขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมกาวจากปฏิกิริยาระหว่าง PVOH แป้ง และ Cymel 323 โดยใช้กรดซิตริก (Citric) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากนั้นนำกาวไปทาลงบนไม้โดยใช้ไม้สน 3 ชิ้นประกบกัน ใช้ปริมาณกาวทั้งหมดเท่ากับ 130 กรัม/ตารางเมตร หลังทากาวให้ทิ้งไว้ 15 นาที เพื่อไล่ความชื้นออก จากนั้นนำไปอัดที่ความดัน 1.6 MPa อุณหภูมิ 125-175°C เป็นระยะเวลา 15-30 นาที แล้วนำไปวางไว้ที่อุณหภูมิห้องซึ่งความคุมความชื้นเท่ากับ 50%RH เป็นเวลา 6 เดือน จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล ด้วยการวัดค่าความแข็งแรงเฉือน ตามมาตรฐาน ASTM D-906-64 จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงเฉือน ระหว่างกาว 2 สูตร คือ สูตรที่ (1) คือกาวที่ไม่ได้เชื่อมโยงกับ Cymel 323 และสูตรที่ (2) คือ กาวที่เชื่อมโยงกับ Cymel 323 พบว่ากาวสูตรที่ (2) ให้ค่าความแข็งแรงเฉือน และ %Veneer Failure สูงกว่ากาวสูตร (1) นอกจากนี้ทำการทดสอบการต้านทานความชื้น (Moisture Resistance, %RH)โดยนำไม้ที่ทากาวแล้วและเก็บไว้เป็นเวลา 6 เดือน มาเก็บไว้ต่ออีก 2 เดือน แล้วนำไปทดสอบการต้านทานความชื้นด้วยวิธีการวัด %RH ผลการทดสอบพบว่า กาวสูตรที่ (1) มีค่า %RH เท่ากับ 50% และกาวสูตรที่ (2) มีค่า %RH เท่ากับ 75% จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ากาวที่ถูกเชื่อมโยงด้วย Cymel 323 ทำให้สมบัติของกาวดีขึ้น ได้แก่ ค่าความแข็งแรงเฉือนสูงขึ้น เนื่องจากเกิดพันธะอีเทอร์เชื่อมโยงระหว่างหมู่ OH ในโมเลกุลของไม้ กับ Cymel 323 และมีความต้านทานต่อความชื้นสูงขึ้น เนื่องจากหลังการเชื่อมโยงทำให้ปริมาณของหมู่ OH ลดลง นอกจากนี้ยังปรับปรุงสมบัติของกาวสูตรที่ (2) ด้วยวิธีการเติมลาเทกซ์ลงไป 5-7% โดยน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่าหลังเติมลาเทกซ์ลงไปช่วยทำให้กาวที่เชื่อมโยงมี %Veneer Failure และความต้านทานต่อความชื้นสูงขึ้นอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย

ใช้สูตรในการสังเคราะห์พอลิมอร์ร่วมอะคริเลตตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สูตรที่ใช้สังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต

	มอนอเมอร์ (% โดยน้ำหนัก)					PBO	น้ำมันลินสีด	Toluene/EA
	ST	MMA	BA	HEMA	AA	(%wt)	(%wt)	
พอลิออล 1	30	30	11	28	1	7.5	0	65/35
พอลิออล 2	30	30	11	28	1	7.5	5	60/40
พอลิออล 3	30	30	11	28	1	7.5	10	60/40
พอลิออล 4	30	30	11	28	1	7.5	15	60/40
พอลิออล 5	30	30	11	28	1	7.5	20	60/40
พอลิออล 6	30	30	11	28	1	7.5	25	60/40
พอลิออล 7	20	30	21	28	1	7.5	0	65/35
พอลิออล 8	10	30	31	28	1	7.5	0	65/35
พอลิออล 9	0	30	41	28	1	7.5	0	65/35
พอลิออล 10	30	0	41	28	1	7.5	0	65/35
พอลิออล 11	20	30	21	28	1	7.5	15	60/40
พอลิออล 12	0	30	41	28	1	7.5	15	60/40
พอลิออล 13	30	0	41	28	1	7.5	15	60/40

การสังเคราะห์พอลิมอร์ร่วมอะคริเลต

1. ชั่งโทลูอีน มอนอเมอร์ น้ำมันลินสีด และตัวเร่งปฏิกิริยา t-Butyl peroxy 2-ethyl hexanoate (PBO)ลงในขวด ขนาด 2 ลิตร คนให้เข้ากัน

2. ให้ความร้อนโดยควบคุมให้อุณหภูมิของโทลูอีน เท่ากับ 98°C เปิดใบพัดความเร็ว 180 รอบ/นาที และผ่านแก๊สไนโตรเจนลงใน Flask ตลอดเวลา ทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

3. ลดอุณหภูมิลงมาต่ำกว่า 70°C เติมเอทิลอะซิเตด จากนั้นปั่นผสมให้เข้ากัน

4. นำพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่เตรียมได้ไปวัดค่า %Nonvolatile ตามมาตรฐาน JIS K5407,ความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer, ค่าความเป็นกรด (AV) ตามมาตรฐาน JIS K5407,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิล (OH Value) ตามมาตรฐาน JIS K1557, หาค่าน้ำหนักโมเลกุลด้วยเทคนิค GPC, หาค่า Tg ด้วยเทคนิค DSC, ตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR และ ค่าความคงทนในการเก็บรักษา

2.2 การเตรียมกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน

ผสมพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตกับไดไอโซไซยาเนต โดยคำนวณปริมาณของสารที่ใช้จากอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ไอโซไซยาเนต/หมู่ไฮดรอกซิล (NCO/OH) ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สูตรกาวที่ใช้ทดสอบตามอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH

กาวสูตรที่	จำนวนโมลของหมู่ NCO จากไดไอโซไซยาเนต		จำนวนโมลของหมู่ OH จากพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต
	TDI	MDI	
AT	0.75	-	1.00
BT	1.00	-	1.00
CT	1.25	-	1.00
DT	1.50	-	1.00
ET	1.75	-	1.00
AM	-	0.75	1.00
BM	-	1.00	1.00
CM	-	1.25	1.00

2.3 การทดสอบกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน

การวัดค่าเวลาในการเกิดเจล (Gel time)

1. ชั่งน้ำหนักกาวประมาณ 50 กรัม ใส่ลงในขวดแก้ว ใส่แท่งไม้ลงไป แล้วเริ่มจับเวลา

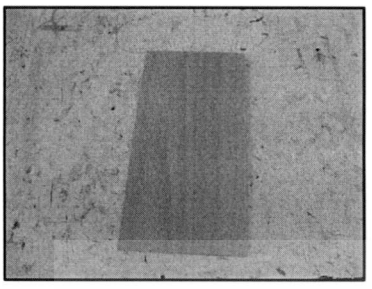
2. ยกแท่งไม้ขึ้นทุกๆ 5 หรือ 10 นาที หรือ แล้วแต่ชนิดของตัวอย่างกาว เพื่อดูเวลาการเกิดเป็นเจล โดยให้สังเกตว่าจุดที่เกิดเจลจะพบว่าเมื่อดึงไม้ขึ้นมาจากตัวอย่างกาว จะไม่มีกาวหยดลง หยุดนาฬิกาจับเวลา อ่านเวลานั้นเป็นค่าเวลาที่เกิดเจลของกาว

การทดสอบค่าความแข็งแรงดึงตามมาตรฐาน BS EN204

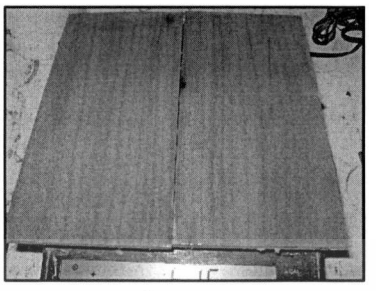
ตัดไม้บีส (Beech) ขนาด 100 × 200 มิลลิเมตร ใช้ลูกกลิ้งทากาว โดยใช้ปริมาณกาว 0.03 กรัม/เซนติเมตร^2 สำหรับทาไม้ 2 ด้านที่ประกบกัน ตัวอย่างเช่น พื้นที่ไม้ 200 เซนติเมตร^2 ใช้ปริมาณกาวทั้งหมด 6 กรัม โดยทากาวด้านละ 3 กรัม ใช้เวลาตั้งแต่ทากาวจนถึงอัดไม้ ไม่ควรเกิน 18 นาที นำไม้ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

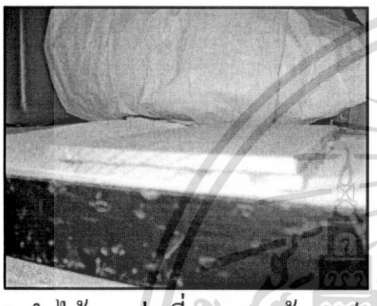
แผ่นที่ทากาวแล้วมาประกบกัน ใช้เครื่องอัดไม้ อัดไม้ที่ความดัน 15 kgf/cm^2 ใช้ระยะเวลาการอัดคาแท่น 3 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บไว้ในห้องควบคุมความชื้นเป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน (Tensile shear strength) โดยตัดไม้ในวันที่ 5 หลังจากทากาว



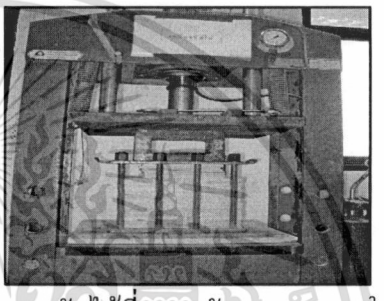
(1) ตัดไม้ ขนาด 100 × 200 มิลลิเมตร



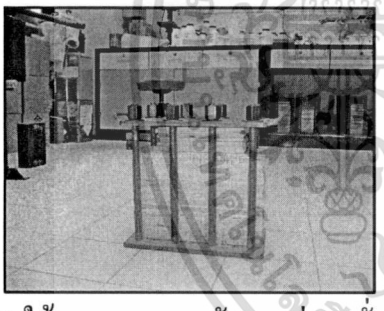
(2) ทากาว ด้านละ 3 กรัม



(3) นำไม้ 2 แผ่นที่ทากาวแล้วมาประกบกัน



(4) อัดไม้ที่ความดัน 15 kgf/cm.^{2}



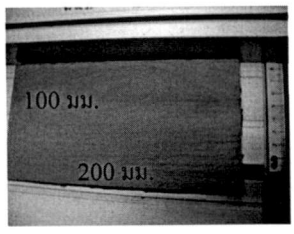
(5) ใช้ระยะเวลาการอัดคาแท่น 3 ชั่วโมง

(6) เก็บไว้ 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25°C

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการทากาวและการอัดไม้

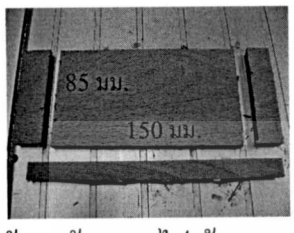
ตัดไม้ด้านยาว 200 มิลลิเมตร ออก 1 ข้าง โดยตัดออกไปเท่ากับ 15 มิลลิเมตร ตัดไม้ด้านกว้าง 100 มิลลิเมตร ออก 2 ข้าง โดยตัดออกไปข้างละ 25 มิลลิเมตร นำไม้ที่ตัดด้านยาวและด้านกว้างออกไปแล้วมาแซะร่องด้วยเครื่อง Router ที่ความยาว 80 มิลลิเมตร แซะร่องไม้ด้านแรก แล้วพลิกไม้ตามขวาง จากนั้นแซะร่องไม้อีกด้านออก นำไม้ที่แซะร่องแล้วมาตัดออกเป็น 3 ชิ้น (เหลือเศษไม้ที่ไม่ใช้ 1 ชิ้น) กำหนดให้ไม้แต่ละชิ้นมีขนาดความกว้าง 20 มิลลิเมตร และความยาว 150 มิลลิเมตร นำไม้ที่ตัดแล้วไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

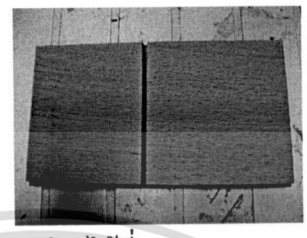


ไม้ก่อนตัดมีขนาด 100 X 200 มม.

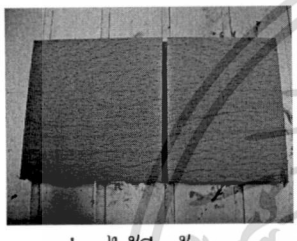
ตัดด้านยาวออกไป 15 มม.



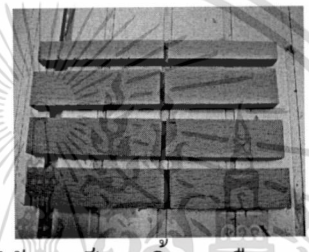
ตัดด้านกว้างออกไป ด้านละ 25 มม.



แซะร่องไม้ที่ความยาว 80 มม.



แซะร่องไม้อีกด้านออก



ตัดไม้ออกเป็น 3 ชิ้น (เหลือเศษ 1 ชิ้น)

ไม้แต่ละชิ้นมีขนาด 20 X 150 มม.

นำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน

รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการตัดไม้เพื่อนำชิ้นงานไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึง

นำไม้ที่ทากาวแล้วและเก็บไว้ครบ 7 วัน ไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนตามสภาวะที่กำหนดในตารางที่ 2.3 โดยการทดสอบและการวัดผล แบ่งกาวเป็น D1, D2, D3 และ D4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สภาวะการทดสอบและค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนที่ต้องผ่านตามมาตรฐาน EN204

ประเภทของกาว	ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน (MPa)				
	สภาวะการทดสอบที่ 1	สภาวะการทดสอบที่ 2	สภาวะการทดสอบที่ 3	สภาวะการทดสอบที่ 4	สภาวะการทดสอบที่ 5
D1 (กาวภายใน)	10	-	-	-	-
D2 (กาวภายใน)	10	8	-	-	-
D3 (กาวภายในและภายนอก)	10	-	2	8	-
D4 (กาวภายในและภายนอก)	10	-	4	-	4

รายละเอียดของสภาวะการทดสอบที่ 1 - 5

สภาวะการทดสอบที่ 1 : ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน ที่ 25°C แล้วนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน

สภาวะการทดสอบที่ 2 : ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน ที่ 25°C, แช่น้ำ 3 ชั่วโมง ที่ 25°C จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 7 วัน ที่ 25°C แล้วนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน

สภาวะการทดสอบที่ 3 : ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน ที่ 25°C, แช่น้ำ 4 วัน ที่ 25°C แล้วนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนขณะเปียก

สภาวะการทดสอบที่ 4 : ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน ที่ 25°C, แช่น้ำ 4 วัน ที่ 25°C จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 7 วัน ที่ 25°C แล้วนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน

สภาวะการทดสอบที่ 5 : ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน ที่ 25°C, แช่น้ำ 6 ชั่วโมง ที่ 90°C, แช่น้ำ 2 ชั่วโมง ที่ 25°C แล้วนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนขณะเปียก

กำหนดค่าต่างๆ ของเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine) ดังนี้

พื้นที่ (Area) = 200 มิลลิเมตร^2

Displacement = 10 มิลลิเมตร

ระยะจับ = 70 มิลลิเมตร

ขนาดของ Load Cell ที่ใช้ = 5098 kgf

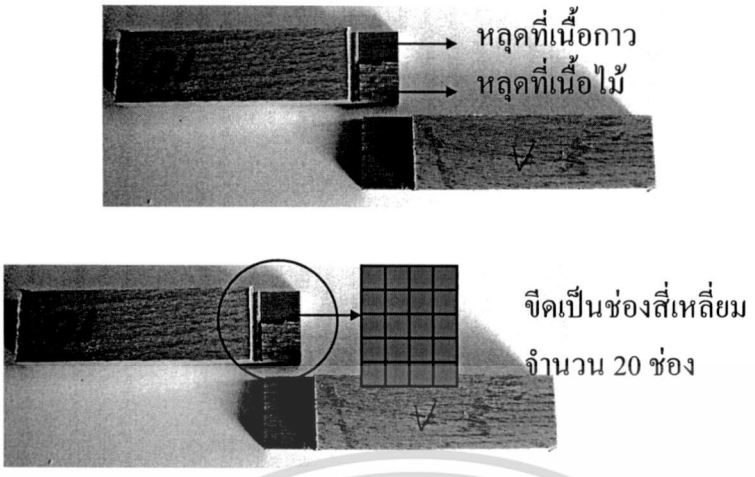
ความเร็วในการดึง = 10 มิลลิเมตร/นาที

การทดสอบค่า %wood failure

นำชิ้นไม้ไปทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ ใช้ปากกาขีดเป็นช่องสี่เหลี่ยมในบริเวณที่ไม้หลุดออกจากกัน โดยให้แต่ละช่องมีขนาด 2.5 X 4.0 มิลลิเมตร จะได้สี่เหลี่ยมจำนวนทั้งหมด 20 ช่อง นับจำนวนช่องที่เป็นเนื้อไม้ แล้วนำมาหาค่า %wood failure

%wood failure = (จำนวนช่องที่เป็นเนื้อไม้ / 20) X 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การทดสอบค่า %wood failure

วิธีหาค่า % การบวมตัวของกาว

1. เตรียมกาวสูตรต่างๆ ตามอัตราส่วนที่กำหนด ทากาวบนแผ่นกระจกโดยควบคุมความหนาและน้ำหนักของกาวให้เท่ากันmตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 7 วัน
2. ลอกฟิล์มกาวออกจากแผ่นกระจก แล้วชั่งน้ำหนักของฟิล์มกาวไว้
3. ตัดฟิล์มกาวให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาพื้นที่ของฟิล์มที่ตัดไว้ โดยพยายามตัดฟิล์มกาวแต่ละสูตรให้มีน้ำหนักและพื้นที่เท่าๆ กัน
4. นำฟิล์มกาวที่ตัดได้มาใส่ในตะแกรงลวดที่รู้น้ำหนักแน่นอน ชั่งน้ำหนักของฟิล์มรวมกับตะแกรงลวดแล้วแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง
5. สังเกตรูปร่างของฟิล์มที่เปลี่ยนไปและชั่งน้ำหนักของฟิล์มกาวพร้อมตะแกรงลวดทุกๆ 1 วัน เป็นเวลานาน 5 วัน
6. จากข้อมูลที่ได้นำมาหาค่าการบวมตัวของฟิล์ม เพื่อใช้เปรียบเทียบปริมาณการเชื่อมโยงของกาวในแต่ละสูตร

$$\%\text{การบวมตัวของกาว} = \frac{(\text{น้ำหนักของฟิล์มหลังแช่น้ำ} - \text{น้ำหนักของฟิล์มก่อนแช่น้ำ}) \times 100}{\text{น้ำหนักของฟิล์มก่อนแช่น้ำ}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.อภิปราย/วิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 การวิเคราะห์สมบัติของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต

3.1.1 ค่า % Nonvolatile, ความหนืด, ความเป็นกรด (Acid Value), ไฮดรอกซิล (OH Value)

ตารางที่ 3.1 สมบัติของพอลิออล

	%Nonvolatile (105°C x 3 ชม)	ความหนืด (Poise/25°C)	Acid Value (KOH มิลลิกรัม/ กรัม)	OH Value (KOH มิลลิกรัม/ กรัม)
พอลิออล 1	60.5	50.0	5.3	109
พอลิออล 2	60.5	40.0	5.1	116
พอลิออล 3	60.1	40.0	4.6	114
พอลิออล 4	60.6	34.4	4.8	118
พอลิออล 5	59.4	4.5	4.0	121
พอลิออล 6	ไม่สามารถวัดได้ เนื่องจากเกิดการแยกชั้น			
พอลิออล 7	60.2	20.0	4.5	105
พอลิออล 8	60.9	16.1	5.6	106
พอลิออล 9	60.9	10.3	5.0	112
พอลิออล 10	59.4	7.5	4.8	111
พอลิออล 11	59.3	10.0	5.1	114
พอลิออล 12	59.7	10.0	5.3	109
พอลิออล 13	58.2	2.5	4.3	117

- ค่า % Nonvolatile

เป็นวิธีการหาค่าปริมาณของเนื้อพอลิเมอร์ที่มีอยู่จริงโดยการนำพอลิออลที่สังเคราะห์ด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย มาอบไล่ตัวทำละลายออกไป ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง โดยค่า %Nonvolatile จากการคำนวณ กำหนดให้มีค่าเท่ากันทุกสูตรที่ 60% ผลการหาค่า %Nonvolatile พบว่าแต่ละสูตรมีค่าไม่แตกต่างกัน ยกเว้นพอลิออลสูตรที่ 6 ซึ่งไม่สามารถวัดได้เนื่องจากเกิดการแยกชั้น แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันลินสีดในช่วง 5-20%โดยน้ำหนัก และการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์ ไม่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของสารตั้งต้นผ่านกระบวนการหลัก คือ พอลิเมอไรเซชัน ได้ผลิตภัณฑ์เป็นพอลิเมอร์หรือสารโมเลกุลใหญ่ทั้งหมด

- ค่าความหนืด

นำพอลิออลที่สังเคราะห์ได้ไปวัดค่าความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield โดยควบคุมอุณหภูมิที่ใช้วัดเท่ากับ 25°C จากผลการทดลอง เมื่อพิจารณาผลของน้ำมันลินสีด โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบค่าความหนืดของพอลิออล 1 กับ พอลิออล 2, 3, 4, 5 พบว่าเมื่อใช้น้ำมันลินสีดทำให้ค่าความหนืดของพอลิออลลดลง เนื่องจากโครงสร้างของน้ำมันลินสีดเป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาว ซึ่งจะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของพอลิออลจึงทำให้พอลิออลที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบมีความหนืดลดลง นอกจากนี้ยังเป็นผลมาจากในพอลิออล 2, 3, 4, 5 มีการเปลี่ยนแปลงระบบของตัวทำละลายผสมใหม่ โดยเพิ่มปริมาณของเอทิลอะซิเตตจาก 35% เป็น 40% และปรับลดปริมาณของโทลูอีนจาก 65% เป็น 60% เนื่องจากเอทิลอะซิเตตมีความสามารถในการละลายพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตหลังเกิดปฏิกิริยากับน้ำมันลินสีดได้ดีกว่าโทลูอีน จึงทำให้ความสามารถในการละลายของระบบตัวทำละลายผสมของพอลิออล 2, 3, 4, 5 สูงขึ้น ค่าความหนืดที่ได้จึงลดลง แต่ในพอลิออล 5 ซึ่งใช้น้ำมันลินสีดเท่ากับ 20% โดยน้ำหนัก มีค่าความหนืดลดลงอย่างมาก สันนิษฐานได้ว่ามีน้ำมันลินสีดบางส่วนไม่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน และน้ำมันลินสีดที่เหลืออยู่นี้จะทำหน้าที่เหมือนเป็น พลาสติไซเซอร์ (Plasticizers) ทำให้ความหนืดของพอลิออล 5 ลดลงมาก

เมื่อศึกษาผลของค่า Tg ที่เปลี่ยนไปต่อความหนืด โดยเปรียบเทียบผลของพอลิออล 1 กับ พอลิออล 7, 8, 9, 10 พบว่าการเพิ่ม BA ทำให้ความหนืดของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตลดลง เป็นผลมาจากโครงสร้างของ BA มีหมู่ข้างเคียงที่ยาว ทำให้สายโซ่ของพอลิเมอร์ถูกผลักให้อยู่ห่างกันมากขึ้น เกิดปริมาตรอิสระ (Free volume) มาก ทำให้สายโซ่ของพอลิเมอร์เคลื่อนที่ได้ง่าย ส่งผลให้ค่า Tg และความหนืดของพอลิเมอร์ลดลง

นำพอลิออล 7, 9, 10 มาปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันลินสีดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก โดยเปรียบเทียบผลของพอลิออล 7 กับ 11, พอลิออล 9 กับ 12 และ พอลิออล 10 กับ 13 พบว่าเมื่อใช้น้ำมันลินสีดทำให้ความหนืดลดลง เป็นผลมาจากการเพิ่มปริมาณเอทิลอะซิเตต และผลจากความยืดหยุ่นของโมเลกุลของน้ำมันลินสีด

- ค่าความเป็นกรด (Acid Value)

การทดสอบค่าความเป็นกรด เป็นการหาค่าที่บอกถึงปริมาณความเป็นกรดอิสระที่มีอยู่ในพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ จากผลการทดลอง พบว่าค่าความเป็นกรดของพอลิออลในแต่ละสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.3 – 5.6 แสดงให้เห็นว่าการใช้นำมันลินสีดในช่วง 5-20% โดยน้ำหนัก และการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์ ไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรดของพอลิออล

- ค่าไฮดรอกซิล (OH Value)

ค่าไฮดรอกซิลเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิลที่มีอยู่ในพอลิเมอร์ ในงานวิจัยนี้ใช้ HEMA 28% โดยน้ำหนัก เพื่อควบคุมค่าไฮดรอกซิลให้ได้ 120 เนื่องจากเป็นค่าที่เมื่อนำไปใช้เตรียมกาวแล้วให้ผลการทดสอบที่ดี จากผลการทดลองพบว่าค่าไฮดรอกซิลของพอลิออลที่สังเคราะห์ได้แต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 105-121 แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันลินสีดในช่วง 5-20% และการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์ ไม่ส่งผลต่อค่าไฮดรอกซิลของพอลิออล

3.1.2 การหาค่าน้ำหนักโมเลกุลของพอลิออล

น้ำหนักโมเลกุลของพอลิออลที่สังเคราะห์ได้ วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GPC แสดงผลดังตารางที่ 3.2 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า Mw อยู่ในช่วง 16,000 – 20,500 และค่า Mn อยู่ในช่วง 5,500 – 7,500 แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันลินสีดในช่วง 5-20% และการเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์ ไม่ส่งผลต่อค่าน้ำหนักโมเลกุลของพอลิออล

ตารางที่ 3.2 น้ำหนักโมเลกุลของพอลิออล จากเทคนิค GPC

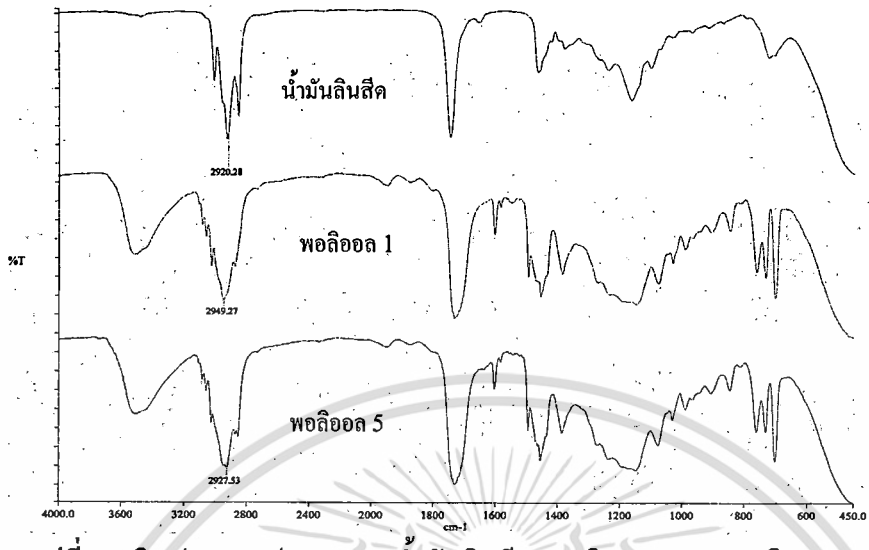
	Mw	Mn	Mw/Mn
พอลิออล 1	16,000	6,900	2.32
พอลิออล 2	18,400	7,500	2.45
พอลิออล 3	19,500	7,200	2.71
พอลิออล 4	17,500	6,200	2.82
พอลิออล 5	16,200	5,500	2.94
พอลิออล 7	19,800	7,900	2.51
พอลิออล 8	19,800	7,400	2.67
พอลิออล 9	20,500	7,200	2.85
พอลิออล 10	18,100	7,700	2.35
พอลิออล 11	19,600	6,000	3.27
พอลิออล 12	18,800	7,100	2.65
พอลิออล 13	16,900	6,000	2.81

3.1.3 เทคนิค FTIR

การตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์หาหมู่ฟังก์ชันที่เปลี่ยนแปลงของพอลิออลเมื่อมีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบด้วยเทคนิค FTIR ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 3.1 เมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัมของพอลิออล 1 ที่ไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ กับ พอลิออล 5 ที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ 20% โดยน้ำหนัก เมื่อพิจารณาสัญญาณ IR ในช่วงเลขคลื่น 2,900-3,000 cm^{-1} ซึ่งเป็นสัญญาณของพันธะ C-H แบบยืด (Stretching) ในพอลิออล 1 พบพีคหลักที่ 2,949 cm^{-1} ของหมู่เมทิล ($-CH_3$) และพบไหล่พีคที่ประมาณ 2,920-2,930 cm^{-1} ของหมู่เมทิลีน ($-CH_2-$) ในขณะที่สเปกตรัมของพอลิออล 5 พบสัญญาณที่ 2,927 cm^{-1}

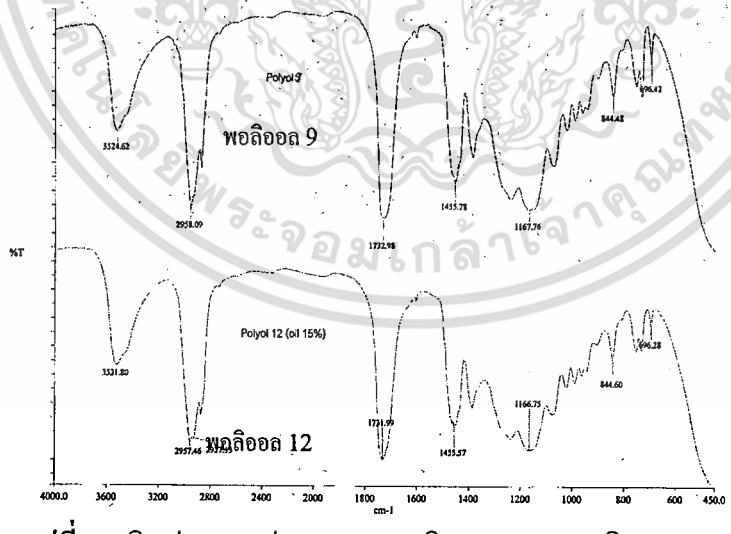
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชัดเจนขึ้น ซึ่งเป็นสัญญาณของหมู่เมทิลีน ($-CH_2-$) ที่มีอยู่มากในโครงสร้างของน้ำมันลินสีดโดยพบว่าสัญญาณของหมู่เมทิลีนจะปรากฏชัดเจนขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันลินสีด



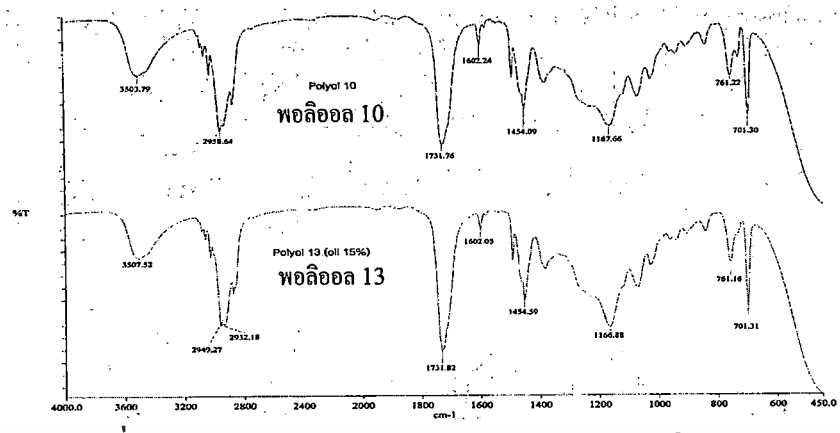
รูปที่ 3.1 อินฟาเรดสเปกตราของน้ำมันลินสีด, พอลิออล 1 และพอลิออล 5

จากรูปที่ 3.2 เมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัมของพอลิออล 9 ซึ่งไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบกับ พอลิออล 12 ที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ 15% และจากรูปที่ 3.3 เมื่อเปรียบเทียบสเปคตรัมของพอลิออล 10 ซึ่งไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ กับ พอลิออล 13 ที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ 15% พบว่าเห็นความเปลี่ยนแปลงของสเปกตรัม โดยในพอลิออล 12 และ13 จะปรากฏสัญญาณของหมู่เมทิลีนที่เลขคลื่น 2,927 และ 2,932 cm^{-1} ชัดเจนขึ้นเช่นเดียวกัน



รูปที่ 3.2 อินฟาเรดสเปกตราของพอลิออล 9 และพอลิออล 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 อินฟาเรดสเปกตราของพอลิออล 10 และพอลิออล 13

3.1.4 ค่า Tg

นำพอลิออลมาตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิค DSC ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.3 เมื่อศึกษาผลของน้ำมันลินสีดพบว่าส่งผลต่อค่า Tg ของพอลิออลได้ 2 ทาง คือ

- ในโครงสร้างของน้ำมันลินสีดมีสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่ยาวและมีความยืดหยุ่น เมื่อเติมน้ำมันลินสีดลงไปทำปฏิกิริยาร่วมกับมอนอเมอร์อะคริเลต จะเกิดสายโซ่กิ่งที่ยาวและมีความเกะกะ ทำให้สายโซ่ของพอลิเมอร์ที่ได้มีการจัดเรียงตัวห่างกันมากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีน้ำมันลินสีด ทำให้มีปริมาตรอิสระเพิ่มขึ้น การเคลื่อนไหวของสายโซ่พอลิเมอร์เกิดง่ายขึ้น ส่งผลให้ค่า Tg ลดลง
- อย่างไรก็ตามในโครงสร้างของน้ำมันลินสีดมีพันธะคู่อยู่หลายพันธะ ดังนั้นเมื่อเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะเกิดการเชื่อมโยงเป็นร่างแห ซึ่งปริมาณการเชื่อมโยงจะขึ้นกับปริมาณของน้ำมันลินสีดในพอลิออล หลังการเชื่อมโยงจะทำให้สายโซ่พอลิเมอร์เคลื่อนที่ได้ยากขึ้น ส่งผลให้ค่า Tg เพิ่มขึ้น

จากผลในตารางที่ 3.3 เมื่อเปรียบเทียบผลของพอลิออล 1 กับ พอลิออล 2, 3, 4, 5 เพื่อศึกษาผลของน้ำมันลินสีดพบว่าในพอลิออล 3 (ใช้น้ำมันลินสีด 10%) , พอลิออล 4 (ใช้น้ำมันลินสีด 15%) และพอลิออล 5 (ใช้น้ำมันลินสีด 20%) มีค่า Tg สูงขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิออล 1 (ไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ) เป็นผลมาจากพอลิออล 3, 4 และ5 ใช้ปริมาณของน้ำมันลินสีดสูง จึงเกิดการเชื่องโยงเป็นร่างแหมาก โดยผลของการเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นมีผลมากกว่าผลของสายโซ่ข้างเคียงที่มีความยืดหยุ่นจากส่วนของน้ำมันลินสีด ทำให้มีค่า Tg สูงขึ้น ในขณะที่พอลิออล 2 มีค่า Tg ต่ำลงเล็กน้อย เนื่องจากพอลิออล 2 ใช้ปริมาณของน้ำมันลินสีดต่ำ ทำให้ผลของการเชื่อมโยงมีผลน้อยกว่าผลจากความยืดหยุ่นของสายโซ่โมเลกุลจากส่วนของน้ำมันลินสีด ทำให้ค่า Tg ของพอลิออล 2 ต่ำลง

เมื่อเปรียบเทียบผลของพอลิออล 1 กับ พอลิออล 7, 8, 9 และ10 เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของมอนอเมอร์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ ST หรือ MMA กับ BA มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลต่อค่า Tg โดยพบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของ BA ส่งผลให้ค่า Tg ต่ำลง เนื่องจากโครงสร้างของ BA มีหมู่ข้างเคียงที่ยาว จึงช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้พอลิเมอร์ได้

เมื่อเปรียบเทียบค่า Tg ของพอลิออล 7, 9, 10 ที่ไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบกับพอลิออล 11, 12, 13 ที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ 15% โดยน้ำหนัก พบว่าหลังการปรับปรุงด้วยน้ำมันลินสีด 15% ทำให้พอลิออลมีค่า Tg สูงขึ้นเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากการเชื่อมโยงบางส่วนของน้ำมันลินสีดดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ตารางที่ 3.3 ค่า Tg จากวิธีการคำนวณและเทคนิค DSC

	Tg (°C)	
	ค่าที่ได้จากการคำนวณ	ค่าที่ได้เทคนิค DSC (Midpoint)
พอลิออล 1	65	64
พอลิออล 2	n/a	62
พอลิออล 3	n/a	70
พอลิออล 4	n/a	71
พอลิออล 5	n/a	73
พอลิออล 7	43	38
พอลิออล 8	24	31
พอลิออล 9	8	17
พอลิออล 10	8	17
พอลิออล 11	n/a	40
พอลิออล 12	n/a	22
พอลิออล 13	n/a	19

หมายเหตุ ; พอลิออล 2-5 และพอลิออล 11-13 มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบจึงไม่สามารถคำนวณเพื่อทำนายหาค่า Tg ได้

3.1.5 ค่าความคงทนในการจัดเก็บ (Stability)

นำพอลิออลที่สังเคราะห์ได้มาหาค่าความคงทนในการจัดเก็บ ด้วยวิธีการวัดค่าความหนืดที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30°C) โดยใช้เครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield แสดงผลดังตารางที่ 3.4

เมื่อเปรียบเทียบค่าความคงทนในการจัดเก็บของพอลิออล 1, 2, 3, 4 และ 5 ซึ่งมีปริมาณของน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบต่างกัน พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันลินสีดจะทำให้อัตราเร็วของการเพิ่มความหนืดในระหว่างการจัดเก็บสูงขึ้น โดยพบว่าในพอลิออล 1 ซึ่งไม่มีน้ำมันลินสีดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบ มีอัตราเร็วของการเพิ่มความหนืดต่ำที่สุด และ พอลิออล 5 ซึ่งใช้น้ำมันลินสีด 20% มีอัตราเร็วของการเพิ่มความหนืดสูงที่สุด เนื่องจากพอลิออล 5 มีปริมาณของน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบสูงที่สุด และมีน้ำมันลินสีดบางส่วนไม่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ดังนั้นในระหว่างการจัดเก็บพันธะคู่จากองค์ประกอบของน้ำมันลินสีดจะเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยง ส่งผลให้อัตราเร็วของการเพิ่มความหนืดสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของความหนืดในช่วงระยะเวลาการจัดเก็บ 3 เดือน ไม่ส่งผลต่อการนำไปใช้งานมากนักและค่าความหนืดที่เปลี่ยนไปยังเป็นค่าที่ยอมรับได้

ตารางที่ 3.4 ค่าความคงทนในการจัดเก็บ

	ความหนืด (Poise / 25°C)			
	เริ่มต้น	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน
พอลิออล 1 (น้ำมันลินสีด 0%)	50.0	51.5	51.8	52.4
พอลิออล 2 (น้ำมันลินสีด 5%)	40.0	40.0	42.3	43.5
พอลิออล 3 (น้ำมันลินสีด 10%)	40.0	41.5	43.6	45.5
พอลิออล 4 (น้ำมันลินสีด 15%)	34.4	35.8	37.4	40.0
พอลิออล 5 (น้ำมันลินสีด 20%)	4.5	6.8	10.5	15.0

3.2 สมบัติของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน

กาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนเตรียมมาจากสารตั้งต้น 2 ชนิด ได้แก่ พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต กับ ไดไอโซไซยาเนต ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทดสอบโดยใช้มาตรฐานสากล BS EN204

3.2.1 ค่าเวลาในการเกิดเจล (Gel time)

นำพอลิออลที่เตรียมจากขั้นตอนที่ 3.1 มาทำปฏิกิริยากับไดไอโซไซยาเนต โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบการเติมแบบขั้น (step-addition) ได้พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นร่างแห เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปเรื่อยๆ ทำให้โครงสร้างร่างแหเกิดเพิ่มขึ้น โดยสังเกตได้จากความหนืดที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงจุดที่พอลิเมอร์ไม่หยด ซึ่งจะเรียกว่าจุดเกิดเจล และเรียกเวลาที่จุดนี้ว่าค่าเวลาในการเกิดเจล

- ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH

ศึกษาผลการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH โดยนำพอลิออล 1 ผสม กับไดไอโซไซยาเนต 2 ชนิด คือ TDI และ MDI ตามอัตราส่วนต่างๆ ดังที่แสดงในตารางที่ 3.5 แล้ววัดค่าเวลาในการเกิดเจล

จากผลที่แสดงในตารางที่ 3.5 พบว่ากาวที่เตรียมจากไดไอโซไซยาเนตที่ต่างกันสองชนิด คือ TDI (กาว 1AT, 1BT, 1CT, 1DT และ 1ET) กับ MDI (กาว 1AM, 1BM และ 1CM) มีค่าเวลาในการเกิดเจลแตกต่างกัน โดยกาวสูตรที่เตรียมมาจาก MDI มีค่าเวลาในการเกิดเจลน้อยกว่า TDI เนื่องจาก MDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดปฏิกิริยากับพอลิออลได้เร็วและดีกว่า TDI เพราะใน MDI เกรดการค้าที่ใช้มีค่า %NCO สูงกว่าใน TDI ดังนั้นเมื่อควบคุมอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ที่ใช้ทำปฏิกิริยาในปริมาณที่เท่ากัน จะเป็นผลให้ปริมาตรของกาวที่เตรียมจาก MDI น้อยกว่า TDI จึงทำให้โอกาสในการเกิดปฏิกิริยาของหมู่ NCO จากไดไอโซไซยาเนตกับหมู่ OH จากพอลิออลเกิดขึ้นได้ดีกว่า นอกจากนี้ยังเป็นผลมาจากโครงสร้างของ MDI มีวงแหวนเบนซีน 2 หมู่ ทำให้ความเป็นอิเลคโตรฟิลลิคของคาร์บอนในหมู่ NCO เพิ่มขึ้น จึงช่วยเพิ่มความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับพอลิออล

เมื่อเปรียบเทียบค่าเวลาในการเกิดเจลของกาวที่เตรียมมาจากอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ต่างกัน พบว่ากาวที่เตรียมจาก TDI ไม่เห็นความเปลี่ยนแปลงชัดเจน แต่กาวที่เตรียมจาก MDI เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของหมู่ NCO ทำให้ค่าเวลาในการเกิดเจลมีแนวโน้มลดลง เนื่องจาก MDI เกิดปฏิกิริยากับพอลิออลได้ดีกว่า TDI

ตารางที่ 3.5 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ที่มีต่อค่าเวลาในการเกิดเจล

สูตรกาว	พอลิออล	ไดไอโซไซยาเนต	อัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH	ค่าเวลาในการเกิดเจล (นาที)
กาว 1AT	พอลิออล 1	TDI	0.75/1	170
กาว 1BT			1/1	165
กาว 1CT			1.25/1	172
กาว 1DT			1.5/1	175
กาว 1ET			1.75/1	170
กาว 1AM		MDI	0.75/1	30
กาว 1BM			1/1	25
กาว 1CM			1.25/1	18

● ผลของปริมาณน้ำมันลินสีด

ศึกษาผลของน้ำมันลินสีดโดยเปรียบเทียบค่าเวลาในการเกิดเจลระหว่างกาวจากที่เตรียมจากพอลิออล 1 ที่ไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ กับ พอลิออล 2, 3, 4 และ5 ที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบปริมาณแตกต่างกัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.6

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้น้ำมันลินสีดทำให้ค่าเวลาในการเกิดเจลลดลงเล็กน้อย เป็นผลมาจากการเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นจากน้ำมันลินสีด แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันลินสีดพบว่าค่าเวลาในการเกิดเจลไม่แตกต่างกัน เป็นผลมาจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงช้ากว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาของไดไอโซไซยาเนตกับพอลิออลมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 ผลของปริมาณน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่าเวลาในการเกิดเจล

สูตรกาว	พอลิออล	ปริมาณของน้ำมันลินสีด (%โดยน้ำหนัก)	ค่าเวลาในการเกิดเจล (นาที)
กาว 1CT	พอลิออล 1	0	172
กาว 2CT	พอลิออล 2	5	165
กาว 3CT	พอลิออล 3	10	168
กาว 4CT	พอลิออล 4	15	162
กาว 5CT	พอลิออล 5	20	162
กาว 1BM	พอลิออล 1	0	25
กาว 2BM	พอลิออล 2	5	25
กาว 3BM	พอลิออล 3	10	23
กาว 4BM	พอลิออล 4	15	23
กาว 5BM	พอลิออล 5	20	23

- ผลการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์

เมื่อศึกษาถึงผลของการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์ โดยเปรียบเทียบค่าเวลาในการเกิดเจลของกาวที่เตรียมจากพอลิออล 1, 7, 8, 9 และ10 ดังแสดงผลในตารางที่ 3.7 จากผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของมอนเมอร์ไม่ทำให้ค่าเวลาในการเกิดเจลเปลี่ยนแปลงชัดเจน เมื่อศึกษาผลของน้ำมันลินสีดโดยเปรียบเทียบค่าเวลาในการเกิดเจลของกาวที่เตรียมจากพอลิออล 7 กับ 11, พอลิออล 9 กับ 12 และพอลิออล 10 กับ 13 พบว่าค่าเวลาในการเกิดเจลลดลงซึ่ง เป็นผลมาจากการเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นจากน้ำมันลินสีด

ตารางที่ 3.7 ผลของสูตรพอลิออลที่มีต่อค่าเวลาในการเกิดเจล

สูตรกาว	พอลิออล	อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ ST/BA/MMA	ค่าเวลาในการเกิดเจล (นาที)
กาว 1CT	พอลิออล 1	30/11/30	172
กาว 7CT	พอลิออล 7	20/21/30	180
กาว 8CT	พอลิออล 8	10/31/30	175
กาว 9CT	พอลิออล 9	0/41/30	175
กาว 10CT	พอลิออล 10	30/41/0	180
กาว 11CT	พอลิออล 11	20/21/30	170
กาว 12CT	พอลิออล 12	0/41/30	170
กาว 13CT	พอลิออล 13	30/41/0	175

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 เทคนิค DSC

เตรียมฟิล์มกาวจากพอลิออล 1-5 กับ TDI โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH เท่ากับ 1.25/1 ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์หาค่า Tg ด้วยเทคนิค DSC ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ค่า Tg ของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนจากเทคนิค DSC

	ปริมาณของน้ำมันลินสีด (% โดยน้ำหนัก)	Tg (°C) ค่าที่ 1	Tg (°C) ค่าที่ 2
กาว 1CT	0	70	ไม่พบ
กาว 2CT	5	74	ไม่พบ
กาว 3CT	10	71	84
กาว 4CT	15	68	85
กาว 5CT	20	69	85

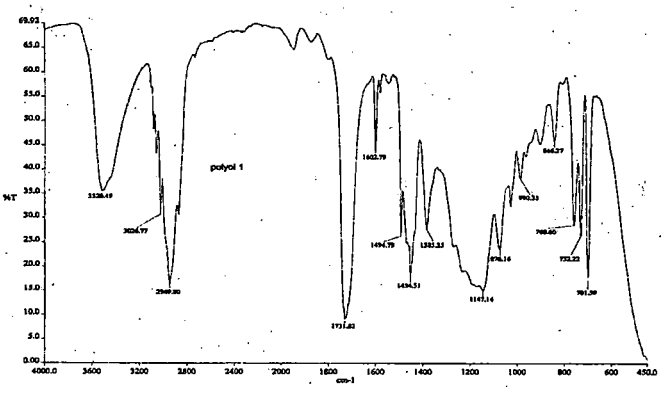
จากผลที่แสดงในตารางที่ 3.8 พบว่ากาว 3CT, 4CT และ5CT ที่เตรียมมาจากพอลิออลซึ่งมีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบในช่วง 10-20% โดยน้ำหนัก มีค่า Tg สองค่า โดยค่า Tg ค่าที่ 1 เป็นค่า Tg ของพอลิออลส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงกับน้ำมันลินสีด และค่า Tg ค่าที่ 2 เป็นค่า Tg ของพอลิออลส่วนที่เกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงกับน้ำมันลินสีดทำให้มีค่า Tg สูงขึ้น

ในกาว 1CT ที่เตรียมมาจากพอลิออล 1 ซึ่งไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบและกาว 2CT ที่เตรียมจากพอลิออล 2 ที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบปริมาณ 5% โดยน้ำหนัก พบว่ามีค่า Tg ค่าที่ 1 เพียงค่าเดียว แสดงให้เห็นว่าในกาว 1CT ไม่เกิดการปฏิกิริยาเชื่อมโยง ส่วนในกาว 2CT สันนิษฐานว่าปริมาณการเชื่อมโยงอาจเกิดขึ้นน้อยมาก จึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า Tg ที่ชัดเจน

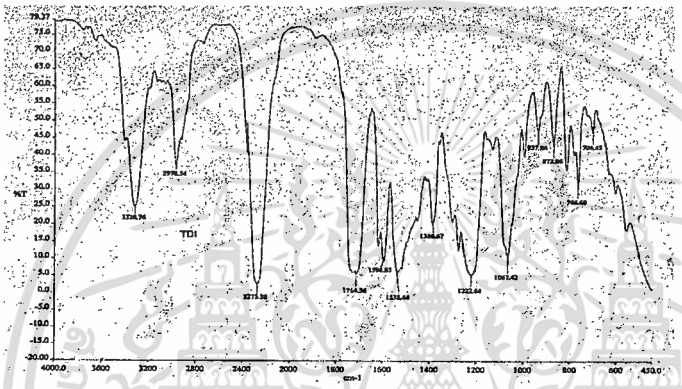
3.2.3 เทคนิค FTIR

ผลการตรวจวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันที่เปลี่ยนไปเมื่อนำพอลิออล 1 มาทำปฏิกิริยากับ TDI เป็นกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน (กาว 1CT) ด้วยเทคนิค FTIR ปรากฏตามที่แสดงในรูปที่ 3.4, 3.5 และ 3.6 จากผลการวิเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัมของ TDI ที่แสดงในรูปที่ 4.5 และสเปกตรัมของกาว 1CT ที่แสดงในรูปที่ 3.6 พบว่าหลังเกิดปฏิกิริยาเป็นกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน มีสัญญาณจากหมู่ NCO ที่เลขคลื่น 2273 cm^{-1} ลดลงอย่างชัดเจน

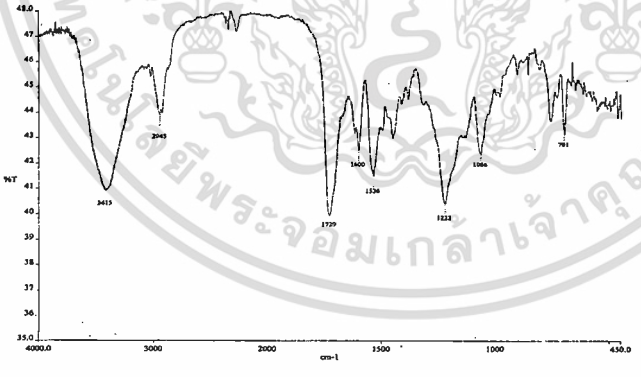
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 อินฟาเรดสเปกตรัมของพอลิออล 1



รูปที่ 3.5 อินฟาเรดสเปกตรัมของ TDI



รูปที่ 3.6 อินฟาเรดสเปกตรัมของกาว 1CT

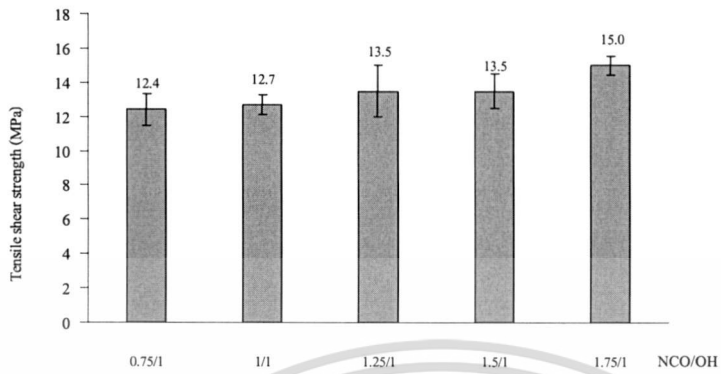
3.2.4 สมบัติเชิงกลของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน

เตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนตามมาตรฐาน BS EN204 ตามสภาวะการทดสอบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของไดไอโซไซยาเนต

- ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH



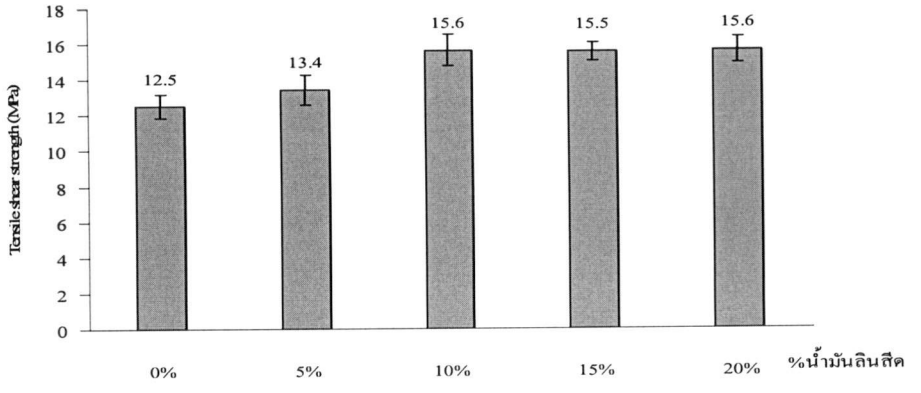
รูปที่ 3.7 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1AT, 1BT, 1CT, 1DT, 1ET ตามสภาวะการทดสอบที่1

รูปที่ 3.8 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1AM, 1BM, 1CM ตามสภาวะการทดสอบที่ 1

ตารางที่ 3.9 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ที่มีต่อค่า %wood failure

สูตรกาว	ไดไอโซไซยาเนต	อัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH	%Wood failure
กาว 1AT	TDI	0.75/1	25
กาว 1BT		1/1	60
กาว 1CT		1.25/1	69
กาว 1DT		1.5/1	70
กาว 1ET		1.75/1	75
กาว 1AM	MDI	0.75/1	41
กาว 1BM		1/1	45
กาว 1CM		1.25/1	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ความแข็งแรงดึงเฉือนของกาว 1BM, 2BM, 3BM, 4BM, 5BM ตามสภาวะการทดสอบที่ 1

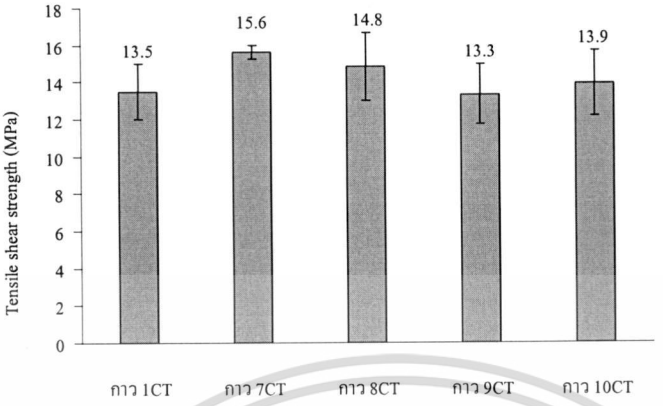
ตารางที่ 3.10 ผลของปริมาณน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่า %wood failure

สูตรกาว	ปริมาณของน้ำมันลินสีด (%โดยน้ำหนัก)	%Wood failure
กาว 1CT	0	69
กาว 2CT	5	54
กาว 3CT	10	96
กาว 4CT	15	95
กาว 5CT	20	100
กาว 1BM	0	20
กาว 2BM	5	32
กาว 3BM	10	59
กาว 4BM	15	56
กาว 5BM	20	85

จากผลการทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนที่เตรียมจาก TDI ดังแสดงในรูปที่ 3.9 (กาว 1CT-5CT) และ MDI ดังแสดงในรูปที่ 3.10 (กาว 1BM-5BM) โดยเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาวที่เตรียมจากพอลิออล 1 กับ พอลิออล 2, 3, 4 และ 5 พบว่ากาวที่เตรียมจากพอลิออล 2, 3, 4, 5 ซึ่งมีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบมีค่าสูงกว่ากาวที่เตรียมมาจากพอลิออล 1 ที่ไม่ใช้น้ำมันลินสีด และเมื่อศึกษาถึงผลของปริมาณน้ำมันลินสีดพบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำมันลินสีดทำให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนมีแนวโน้มสูงขึ้น ปริมาณของน้ำมันลินสีดเท่ากับ 10–20% โดยน้ำหนัก ให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนในช่วงที่สูง แสดงให้เห็นว่าน้ำมันลินสีดช่วยทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน และค่า %Wood failure ของกาวที่เตรียมมาจากพอลิออล 1 กับ พอลิออล 7, 8, 9 และ 10 ซึ่งใช้อัตราส่วนของ ST/BA/MMA ที่ต่างกัน



รูปที่ 3.12 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT, 7CT, 8CT, 9CT, 10CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 1

ตารางที่ 3.11 ผลของการปรับสูตรพอลิออลที่มีต่อค่า %Wood failure

สูตรกาว	อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ ST/BA/MMA	%Wood failure
กาว 1CT	30/11/30	69
กาว 7CT	20/21/30	77
กาว 8CT	10/31/30	48
กาว 9CT	0/41/30	51
กาว 10CT	30/41/0	42

ผลของการปรับอัตราส่วนของมอนอเมอร์ส่งผลต่อค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาวตามสภาวะการทดสอบที่ 1 ดังนี้ เมื่อเปรียบเทียบผลของกาว 1CT กับ กาว 7CT และ 8CT พบว่ามีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนสูงขึ้น สันนิษฐานว่าเป็นผลมาจากการเพิ่มอัตราส่วนของ BA (ลด ST) ทำให้พอลิออลเกิดความยืดหยุ่นมากขึ้น และมีค่าความหนืดลดลง ดังนั้นจึงทำปฏิกิริยากับไดไอโซไซยาเนตได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนสูงขึ้น ในขณะที่ถ้าเปรียบเทียบผลของกาว 8CT กับ กาว 9CT และ 10CT พบว่าค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เป็นผลมาจากการลดอัตราส่วนของมอนอเมอร์ที่ให้ความแข็งแรง ได้แก่ ST กับ MMA ลงไปมาก ซึ่งมีผลมากกว่าผลจากความยืดหยุ่นที่เกิดจากการเพิ่มอัตราส่วนของ BA ทำให้ได้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนลดลง

ผลของการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของ ST/BA/MMA ต่อค่า %Wood failure แสดงในตารางที่ 3.11 จากผลการทดสอบพบว่ามีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันกับผลของค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนที่ได้ ยกเว้นในกาว 8CT สันนิษฐานได้ว่าเป็นผลมาจากปัจจัยอื่นที่เปลี่ยนไปและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12 ผลของน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่า %wood failure ของพอลิออลที่ปรับสูตร

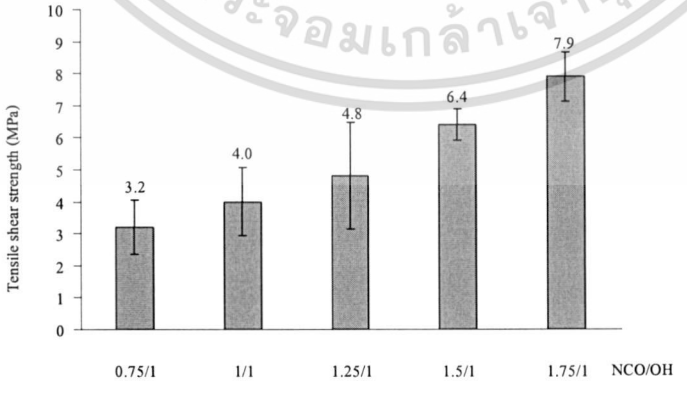
สูตรกาว	อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ ST/BA/MMA	ปริมาณของน้ำมันลินสีด (% โดยน้ำหนัก)	% Wood failure
กาว 1CT	30/11/30	0	69
กาว 4CT		15	95
กาว 7CT	20/21/30	0	77
กาว 11CT		15	90
กาว 9CT	0/41/30	0	51
กาว 12CT		15	100
กาว 10CT	30/41/0	0	42
กาว 13CT		15	74

3.2.5 สมบัติการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน

งานวิจัยนี้จะศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เปลี่ยนไปต่อสมบัติการต้านทานน้ำของกาว โดยในขั้นแรกเป็นการเตรียมกาวและชิ้นไม้ที่ทดสอบตามมาตรฐาน BS EN204 สภาวะการทดสอบที่ 1 จากนั้นนำชิ้นไม้ไปแช่ในน้ำโดยจะทำการทดสอบ 2 สภาวะ ได้แก่ สภาวะการทดสอบที่ 3 คือ แช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลานาน 4 วัน แล้วนำไปทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนขณะเปียก และสภาวะการทดสอบที่ 5 คือ แช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนขณะเปียก

ผลของไดไอโซไซยาเนต

- ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH



รูปที่ 3.14 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1AT- 1ET ตามสภาวะการทดสอบที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบที่แสดงในกราฟรูปที่ 3.22 พบว่ากาวที่เตรียมมาจากพอลิออล 3, 4, และ5 ซึ่งใช้น้ำมันลินสีดเท่ากับ 10%, 15% และ20% ตามลำดับ มีค่า %การบวมตัวของกาวต่ำกว่ากาวที่เตรียมมาจากพอลิออล 1 ที่ไม่ใช้น้ำมันลินสีด และพอลิออล 2 ที่ใช้น้ำมันลินสีดเท่ากับ 5% จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าน้ำมันลินสีดช่วยทำให้การต้านทานน้ำของกาวสูงขึ้น เป็นผลมาจากน้ำมันลินสีดเป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาวที่มีความเป็นขั้วต่ำจึงไม่ชอบน้ำทำให้การซึมผ่านของน้ำเข้าไปในฟิล์มเกิดยากขึ้น และผลจากการเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นจากพันธะคู่ในโครงสร้างของน้ำมันลินสีดทำให้ฟิล์มมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น จากเหตุผลทั้งสองประการจึงทำให้ฟิล์มที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบเกิดการบวมตัวลดลง และปริมาณของน้ำมันลินสีดในช่วง 10-15% โดยน้ำหนัก ทำให้กาวมีค่า %การบวมตัวต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบสมบัติการต้านทานน้ำของกาวด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน BS EN204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสไตรีน หรือ เมทิลเมทาคริเลต ลงไปมาก จะทำให้กาวที่ได้มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำลดลง อย่างไรก็ตามสามารถปรับปรุงสมบัติดังกล่าวให้สูงขึ้นได้ ด้วยการใช้น้ำมันลินสีดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก

5. เอกสารอ้างอิง

[1] ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. **เคมีโพลิเมอร์พื้นฐาน.** กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 2527.

[2] ปรีชา พหลเทพ. **โพลิเมอร์.** กรุงเทพฯ. สำหนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2533.

[3] อรอุษา สรวารี. **สารเคลือบผิว.** กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2542.

[4] ร.ศ.สุชาดา ชินะจิตร.**ไอโซไซยาเนต.** [Online]. Available: http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp.TID=1&ID=89

[5] C. Hepburn, **Polyurethane Elastomers,** chapter 8 Applier Science Publishers, London and New York, p.14, 255-248.

[6] มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์. 2540. **เคมีพอลิเมอร์.** กรุงเทพฯ. โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[7] กรมป่าไม้.2251.**โครงการพัฒนากาวติดไม้.** [Online]. Available:http://www.forest.go.th/forprod/woodcomposite/adhesiveweb/index.htm

[8] K.P. Somani, S.S. Kansara, N.K. Patel and A.K. Rakshi. "Castor oil based polyurethane adhesives for wood-to-wood bonding." **International Journal of Adhesion & Adhesives.** 2003, Vol. 23. 269-275.

[9] S.D. Desai, J.V. Patel and V.K. Sinha. "Polyurethane adhesive system from biomaterial-based polyol for bonding wood." **International Journal of Adhesion & Adhesives.** 2003, Vol. 23. 393-399.

[10] V. Athawale and S.Kolekar. "Interpenetrating polymer networks based on polyol modified castor oil polyurethane and polymethyl methacrylate." **European Polymer Journal.** 1998, Vol. 34. 1447-1451.

[11] F. Aran-Ais, A.M. Torro-Palau, A.C. Orgiles-Barcelo, and J.M. Martin-Martinez. "Addition of rosin acid during thermoplastic polyurethane synthesis to improve its immediate adhesion to PVC." **International Journal of Adhesion & Adhesives.** 2005, Vol. 25. 31-38.

[12] M. Jayabalan and P.P. Lizymol. "Studies on the effect of crosslinker on the stability of castor oil based aliphatic polyurethane potting compound." **Polymer Degradation and Stability.** 1997, Vol. 58. 251-255.

[13] S. Ajithkumar, S.S. Kansara and N.K. Patel. "Kinetics of castor oil based polyol-toluene diisocyanate reactions." **European Polymer Journal.** 1998, Vol. 43. 1273-1276.

[14] S.H. Imam, S.H. Gordon, L. Mao and L. Chen. "Environmentally friendly wood adhesive from a renewable plant polymer:characteristics and optimization." **Polymer Degradation and Stability.** 2001, Vol. 73. 529- 533.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้