

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน
ด้วยน้ำมันลินสีด

MODIFICATION OF MECHANICAL PROPERTIES AND WATER
RESISTANCE OF ACRYLATE POLYURETHANE ADHESIVES
WITH LINSEED OIL



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 95670
วัน,เดือน,ปี..... 27 พ.ค. 2552

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ..... KMITL-2009-SGM-014-011.....อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**MODIFICATION OF MECHANICAL PROPERTIES AND WATER
RESISTANCE OF ACRYLATE POLYURETHANE ADHESIVES
WITH LINSEED OIL**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN POLYMER TECHNOLOGY
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2009**

KMITL-2009-SCM-014-011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2009

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด
Modification of Mechanical Properties and Water Resistance of Acrylate Polyurethane Adhesives with Linseed Oil

นักศึกษา นางสาวณัฐชา ปานกุล

รหัสประจำตัว 50067908

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีพอลิเมอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ภัทราวุธ มนต์วิเศษ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร. ปุณณมา ศรีพันธ์โสม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		โดยมีชื่อ
ผศ.ดร.ชลลดา	ฤตวิรุฬห์	
ผศ.ดร.ภัทราวุธ	มนต์วิเศษ	
ผศ.ดร. ปุณณมา	ศิริพันธ์โสม	
รศ.ดร.ทวีชัย	อมรศักดิ์ชัย	

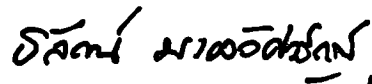
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 1 เมษายน พ.ศ. 2552 เวลา 09.00 – 12.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคารจุฬารามวลัยลักษณ์ 1 ห้อง 603/1

คณะวิทยาศาสตร์รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

วันที่...18...เดือน...พฤษภาคม...พ.ศ...2552...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด
นักศึกษา	ณัฐชา ปานกุล
รหัสประจำตัว	50067908
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีพอลิเมอร์
ปีการศึกษา	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ภัทธราวุธ มนต์วิเศษ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.ปยุตธมา ศิริพันธ์โนน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด ในขั้นแรกเป็นการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตที่มีองค์ประกอบของน้ำมันลินสีด ด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย โดยปรับเปลี่ยนปริมาณของน้ำมันลินสีดที่ใช้ทำปฏิกิริยาในช่วง 0–25% โดยน้ำหนัก จากนั้นนำพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตที่เตรียมได้มาทำปฏิกิริยากับไดไอโซไซยานาตเป็นกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน โดยศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ต่อสมบัติของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน ได้แก่ ชนิดของไดไอโซไซยานาต คือ โทลูอีนไดไอโซไซยานาต (TDI) และเมทิลีนไดไอโซไซยานาต (MDI), อัตราส่วนของโมลของหมู่ไอโซไซยานาตกับหมู่ไฮดรอกซิล (NCO/OH) ดังนี้ 0.75, 1, 1.25, 1.5 และ 1.75, ปริมาณของน้ำมันลินสีดในพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลต และการปรับสูตรของพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลต กาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้จะถูกนำไปหาค่าเวลาในการเกิดเจล และ%การบวมตัวเมื่อแช่ในน้ำ จากผลการทดสอบพบว่ากาวที่เตรียมมาจาก MDI มีค่าเวลาในการเจลอ้อยกว่า TDI และกาวที่ใช้ น้ำมันลินสีดมีค่า %การบวมตัวต่ำกว่ากาวที่ไม่ใช้น้ำมันลินสีด และเมื่อนำกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้ไปทดสอบตามมาตรฐานกาวติดไม้ BS EN204 พบว่ากาวที่เตรียมจาก MDI มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียนและการต้านทานน้ำสูงกว่า TDI และการเพิ่มอัตราส่วนของหมู่ NCO/OH ทำให้กาวมีค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียนและการต้านทานน้ำสูงขึ้น กาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบมีค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียน และการต้านทานน้ำสูงกว่ากาวที่ไม่ใช้น้ำมันลินสีด โดยกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนที่มีปริมาณของน้ำมันลินสีด 15%โดยน้ำหนัก ให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียนและการต้านทานน้ำสูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า การปรับเปลี่ยนชนิดและอัตราส่วนของมอนอเมอร์ที่ใช้ในพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตมีผลต่อค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียนและการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน

Thesis Title	Modification of mechanical properties and water resistance of acrylate polyurethane adhesives with linseed oil
Student	Miss Natcha Pankul
Student ID.	50067908
Degree	Master of Science
Program	Polymer Technology
Academic	2009
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Pathavuth Monvisade
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Punnama Siriphannon

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. In addition, changes of type and ratio of monomers in acrylate copolymers affected on tensile shear strength and water resistance of adhesives.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ภัทรารุช มนต์วิเศษ และ ผศ.ดร.ปทุมมา ศิริพันธ์ โนน ที่สละเวลาให้คำปรึกษาและดูแลการทำงานของวิจัยเป็นอย่างดี จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ รศ.ดร.ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย และ ผศ.ดร.ชลลดา ฤตวิรุฬห์ ที่กรุณาสละเวลาในการอ่านและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัทไทยมิคซูสเปเชียลตี้เคมีคอล ที่ได้อนุเคราะห์สารเคมี เครื่องมือทดสอบ และสนับสนุนทุนงานวิจัย จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณคชาวุธ พรหมศิริ เจ้าหน้าที่บริษัทไทยมิคซูสเปเชียลตี้เคมีคอล ที่ให้ความช่วยเหลือในการตัดไม้ จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ อาจารย์ทุกท่านในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้และคำปรึกษา จนทำให้สามารถทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ พี่ๆ เจ้าหน้าที่ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนทุนวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้อง ที่คอยเป็นกำลังใจ จนทำให้สามารถทำงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ณัฐชา ปานกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	X
รายการคำย่อ.....	XIV
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 พอลิอะคริเลต (Polyacrylate).....	3
2.2 น้ำมัน (Oils).....	6
2.2.1 องค์ประกอบของน้ำมัน.....	6
2.2.2 กรดไขมัน.....	6
2.2.3 ชนิดของน้ำมัน.....	8
2.2.4 การวิเคราะห์น้ำมัน.....	8
2.2.5 น้ำมันลินสีด.....	10
2.3 ไอโซไซยานาต (Isocyanate).....	11
2.4 พอลิยูรีเทน (Polyurethane)	14
2.5 พอลิเมอไรเซชัน.....	15
2.5.1 พอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่หรือแบบรวมตัว.....	16
2.5.2 พอลิเมอไรเซชันแบบขั้นหรือแบบควบแน่น.....	18
2.6 เทคนิคการสังเคราะห์พอลิเมอร์.....	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 กาว (adhesives).....	19
2.7.1 กาวติดไม้ (wood adhesive).....	20
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	31
3.1 สารเคมี.....	31
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	31
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	33
3.3.1 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชัน แบบสารละลาย.....	33
3.3.1.1 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตที่ไม่มีองค์ประกอบ ของน้ำมันลินสีด.....	33
3.3.1.2 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตที่มีองค์ประกอบ ของน้ำมันลินสีด.....	35
3.3.2 การวิเคราะห์และพิสูจน์เอกลักษณ์ของพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลต.....	36
3.3.2.1 การหาค่า %Non Volatile	36
3.3.2.2 การหาค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer.....	37
3.3.2.3 การหาค่าความเป็นกรด.....	37
3.3.2.4 การหาค่าไฮดรอกซิล.....	38
3.3.2.5 การหาค่าความคงทนในการเก็บรักษา (Stability).....	39
3.3.3 การเตรียมกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน.....	40
3.3.4 วิธีการทดสอบกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน.....	44
3.3.4.1 วิธีการวัดค่าเวลาในการเกิดเจล.....	44
3.3.4.2 การทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนตามมาตรฐาน BS EN204.....	44
3.3.4.2.1 การทา กาวและการอัดไม้.....	44
3.3.4.2.2 วิธีการตัดไม้เพื่อนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน	45
3.3.4.2.3 การทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน.....	46
3.3.4.2.4 การทดสอบค่า %wood failure.....	48

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.4.3 วิธีหาค่า %บวมตัวของฟิล์มกาว.....	49
บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปรายผล.....	50
4.1 การวิเคราะห์สมบัติของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต	50
4.1.1 ค่า % Nonvolatile, ความหนืด, ความเป็นกรด (Acid Value), ไฮดรอกซิล (OH Value)	52
4.1.2 การหาค่าน้ำหนักโมเลกุลของพอลิออล	55
4.1.3 เทคนิค FTIR	56
4.1.4 ค่า Tg	58
4.1.5 ค่าความคงทนในการจัดเก็บ (Stability)	60
4.2 สมบัติของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน	61
4.2.1 ค่าเวลาในการเกิดเจล (Gel time)	61
4.2.2 เทคนิค DSC	63
4.2.3 เทคนิค FTIR	64
4.2.4 สมบัติเชิงกลของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน	66
4.2.4.1 ผลของไดไอโซไซยาเนต.....	66
4.2.4.2 ผลของน้ำมันลินสีด	68
4.2.4.3 ผลของการปรับสูตรของพอลิออล	73
4.2.5 สมบัติการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน.....	76
4.2.5.1 ผลของไดไอโซไซยาเนต.....	76
4.2.5.2 ผลของน้ำมันลินสีด	78
4.2.5.3 ผลของการปรับสูตรของพอลิออล	80
4.2.6 การบวมตัวของกาว	83
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	85
เอกสารอ้างอิง	87

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก (การคำนวณหาปริมาณของวัตถุคิบที่ใช้สังเคราะห์พอลิเอทิลีน).....	89
ภาคผนวก ข (ผลการวิเคราะห์สมบัติของพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลต).....	92
ภาคผนวก ค (น้ำหนักโมเลกุลจากเทคนิค GPC).....	94
ภาคผนวก ง (อินฟราเรดสเปกตรัมจากเทคนิค FTIR).....	97
ภาคผนวก จ (เทอร์โมแกรมจากเทคนิค DSC).....	105
ภาคผนวก ฉ (ค่าเวลาในการเกิดเจล).....	112
ภาคผนวก ช (%Wood failure).....	113
ภาคผนวก ซ (ความแข็งแรงดึงแบบเฉือน).....	116
ภาคผนวก ฌ (%การบวมตัวของกาว).....	123
ประวัติผู้เขียน.....	124

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 โครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่างๆ.....	7
2.2 แสดงสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำมันลินสีด.....	11
3.1 สูตรที่ใช้สังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต.....	33
3.2 ค่าคงที่สำหรับใช้คำนวณหาค่าความหนืดแบบ Brookfield.....	37
3.3 สูตรการทดสอบตามอัตราส่วน โดย โมลของหมู่ NCO/OH.....	40
3.4 สภาวะการทดสอบและค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียนที่ต้องผ่านตามมาตรฐาน EN204.....	47
4.1 สูตรที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต	51
4.2 สมบัติของพอลิออล.....	52
4.3 น้ำหนักโมเลกุลของพอลิออล จากเทคนิค GPC	55
4.4 ค่า Tg จากวิธีการคำนวณและเทคนิค DSC	59
4.5 ค่าความคงทนในการจัดเก็บ	60
4.6 ผลของอัตราส่วน โดย โมลของหมู่ NCO/OH ที่มีต่อค่าเวลาในการเกิดเจล	61
4.7 ผลของปริมาณน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่าเวลาในการเกิดเจล.....	62
4.8 ผลของสูตรพอลิออลที่มีต่อค่าเวลาในการเกิดเจล	63
4.9 ค่า Tg ของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนจากเทคนิค DSC	64
4.10 ผลของอัตราส่วน โดย โมลของหมู่ NCO/OH ที่มีต่อค่า %wood failure	67
4.11 ผลของปริมาณน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่า %wood failure	70
4.12 ผลของการปรับสูตรพอลิออลที่มีต่อค่า %Wood failure	73
4.13 ผลของน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่า %wood failure ของพอลิออลที่ปรับสูตร	75
ก-1 ปริมาณของมอนอเมอร์	90
ก-2 ปริมาณของ PBO, น้ำมันลินสีด และตัวทำละลาย	91
ข-1 % Nonvolatile ของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต	92
ข-2 ค่าความเป็นกรด (Acid Value) ของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต	93
ข-3 ค่าไฮดรอกซิล (OH Value) ของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต	93
จ-1 ค่า Tg ของไฮโปพอลิเมอร์	111
ฉ-1 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ที่มีต่อค่าเวลาในการเกิดเจล	112

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ช-1 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ที่มีต่อค่า %wood failure	113.
ช-2 ผลของปริมาณน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่า %wood failure	114
ช-3 ผลของการปรับสูตรพอลิออลที่มีต่อค่า %Wood failure	114
ช-4 ผลของน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่า %wood failure ของพอลิออลที่ปรับสูตร	115
ช-1 ความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว 1AT – 1ET ตามสภาวะการทดสอบที่ 1	116
ช-2 ความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว 1AM – 1CM ตามสภาวะการทดสอบที่ 1	116
ช-3 ความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว 1CT-5CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 1	117
ช-4 ความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว 1BM-5BM ตามสภาวะการทดสอบ 1	117
ช-5 ความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว 1CT, 7CT, 8CT, 9CT, 10CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 1	118
ช-6 ความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว 7CT, 11CT, 9CT, 12CT, 10CT, 13CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 1	118
ช-7 ความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว 1AT-1ET ตามสภาวะการทดสอบที่ 5	119
ช-8 ความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว 1AM-1CM ตามสภาวะการทดสอบที่ 5	119
ช-9 ความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว 1CT-5CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 3	120
ช-10 ความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว 1CT-5CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 5	120
ช-11 ความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว 1BM-5BM ตามสภาวะการทดสอบที่ 5	121
ช-12 ความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว 1CT, 7CT, 8CT, 9CT, 10CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 5	121
ช-14 ความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว 7CT, 11CT, 9CT, 12CT, 10CT, 13CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 3	122
ช-15 ความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว 7CT, 11CT, 9CT, 12CT, 10CT, 13CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 5	122
ฉ-1 %การบวมตัวของกาว	123

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1	โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบไดไอโซไซยานาตที่ใช้ในพอลิยูรีเทน.....	12
3.1	แผนภาพแสดงการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่ไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ ...	34
3.2	แผนภาพแสดงการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ	36
3.3	วิธีวัดค่าเวลาในการเกิดเจล	44
3.4	ขั้นตอนการทากาวและการอัดไม้.....	45
3.5	ขั้นตอนการตัดไม้เพื่อนำชิ้นงานไปทดสอบค่าความแข็งแรงดิ่งแบบเนียน.....	46
3.6	วิธีการทดสอบความแข็งแรงดิ่งแบบเนียนด้วยเครื่องทดสอบเนกประสงค์.....	48
3.7	การทดสอบค่า %wood failure	48
4.1	อินฟราเรดสเปกตรัมของน้ำมันลินสีด, พอลิออล 1 และพอลิออล 5	56
4.2	อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิออล 9 และพอลิออล 12	57
4.3	อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิออล 10 และพอลิออล 13	57
4.4	อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิออล 1	65
4.5	อินฟราเรดสเปกตรัมของTDI	65
4.6	อินฟราเรดสเปกตรัมของกาว ICT	65
4.7	ความแข็งแรงดิ่งแบบเนียนของกาว 1AT, 1BT, 1CT, 1DT, 1ET ตามสภาวะการทดสอบที่ 1	66
4.8	ความแข็งแรงดิ่งแบบเนียนของกาว 1AM, 1BM, 1CM ตามสภาวะการทดสอบที่ 1	67
4.9	ความแข็งแรงดิ่งแบบเนียนของกาว 1CT, 2CT, 3CT, 4CT, 5CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 1	69
4.10	ความแข็งแรงดิ่งแบบเนียนของกาว 1BM, 2BM, 3BM, 4BM, 5BM ตามสภาวะการทดสอบที่ 1	69
4.11	แผนภาพแสดงการยึดติดระหว่างกาวกับผิวหน้าไม้.....	71
4.12	ภาพแสดงการฉีกขาดของกาว 2CT หลังการทดสอบค่าความแข็งแรงดิ่งแบบเนียน.....	72
4.13	ภาพแสดงการฉีกขาดของกาว 5CT หลังการทดสอบค่าความแข็งแรงดิ่งแบบเนียน.....	72
4.14	ความแข็งแรงดิ่งแบบเนียนของกาว 1CT, 7CT, 8CT, 9CT, 10CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 1	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่	
4.15 ความแข็งแรงดิ่งแบบเฉือนของกาว 1CT, 4CT, 7CT, 9CT, 10CT, 11CT, 12CT, 13CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 1	75
4.16 ความแข็งแรงดิ่งแบบเฉือนของกาว 1AT, 1BT, 1CT, 1DT, 1ET ตามสภาวะการทดสอบที่ 5	76
4.17 ความแข็งแรงดิ่งแบบเฉือนของกาว 1AM, 1BM, 1CM ตามสภาวะการทดสอบที่ 5	77
4.18 ความแข็งแรงดิ่งแบบเฉือนของกาว 1CT-5CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 3	78
4.19 ความแข็งแรงดิ่งแบบเฉือนของกาว 1CT-5CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 5	79
4.20 ความแข็งแรงดิ่งแบบเฉือนของกาว 1BM-5BM ตามสภาวะการทดสอบที่ 5	80
4.21 ความแข็งแรงดิ่งแบบเฉือนของกาว 1CT, 7CT, 8CT, 9CT, 10CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 5	81
4.22 ความแข็งแรงดิ่งแบบเฉือนของกาว 1CT, 4CT, 7CT, 9CT, 10CT, 11CT, 12CT, 13CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 3	82
4.23 ความแข็งแรงดิ่งแบบเฉือนของกาว 1CT, 4CT, 7CT, 9CT, 10CT, 11CT, 12CT, 13CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 5	82
4.24 %การบวมตัวของกาว	83
ค-1 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 1	94
ค-2 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 2	94
ค-3 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 3	94
ค-4 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 4	94
ค-5 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 5	95
ค-6 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 7	95
ค-7 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 8	95
ค-8 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 9	95
ค-9 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 10	96
ค-10 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 11	96
ค-11 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 12	96
ค-12 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 13	96

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่	
ง-1 อินฟาเรดสเปกตรัมของน้ำมันลินสีด	97
ง-2 อินฟาเรดสเปกตรัมของพอลิเอทิลีน 1	97
ง-3 อินฟาเรดสเปกตรัมของพอลิเอทิลีน 2	98
ง-4 อินฟาเรดสเปกตรัมของพอลิเอทิลีน 3	98
ง-5 อินฟาเรดสเปกตรัมของพอลิเอทิลีน 4	99
ง-6 อินฟาเรดสเปกตรัมของพอลิเอทิลีน 5	99
ง-7 อินฟาเรดสเปกตรัมของพอลิเอทิลีน 7	100
ง-8 อินฟาเรดสเปกตรัมของพอลิเอทิลีน 8	100
ง-9 อินฟาเรดสเปกตรัมของพอลิเอทิลีน 9	101
ง-10 อินฟาเรดสเปกตรัมของพอลิเอทิลีน 10	101
ง-11 อินฟาเรดสเปกตรัมของพอลิเอทิลีน 11	102
ง-12 อินฟาเรดสเปกตรัมของพอลิเอทิลีน 12	102
ง-13 อินฟาเรดสเปกตรัมของพอลิเอทิลีน 13	103
ง-14 อินฟาเรดสเปกตรัมของ MDI	103
ง-15 อินฟาเรดสเปกตรัมของ TDI	104
ง-16 อินฟาเรดสเปกตรัมของกาว ICT	104
จ-1 เทอร์โมแกรมของพอลิเอทิลีน 1.....	105
จ-2 เทอร์โมแกรมของพอลิเอทิลีน 2.....	105
จ-3 เทอร์โมแกรมของพอลิเอทิลีน 3.....	106
จ-4 เทอร์โมแกรมของพอลิเอทิลีน 4.....	106
จ-5 เทอร์โมแกรมของพอลิเอทิลีน 5.....	106
จ-6 เทอร์โมแกรมของพอลิเอทิลีน 7.....	107
จ-7 เทอร์โมแกรมของพอลิเอทิลีน 8.....	107
จ-8 เทอร์โมแกรมของพอลิเอทิลีน 9.....	107
จ-9 เทอร์โมแกรมของพอลิเอทิลีน 10	108
จ-10 เทอร์โมแกรมของพอลิเอทิลีน 11	108

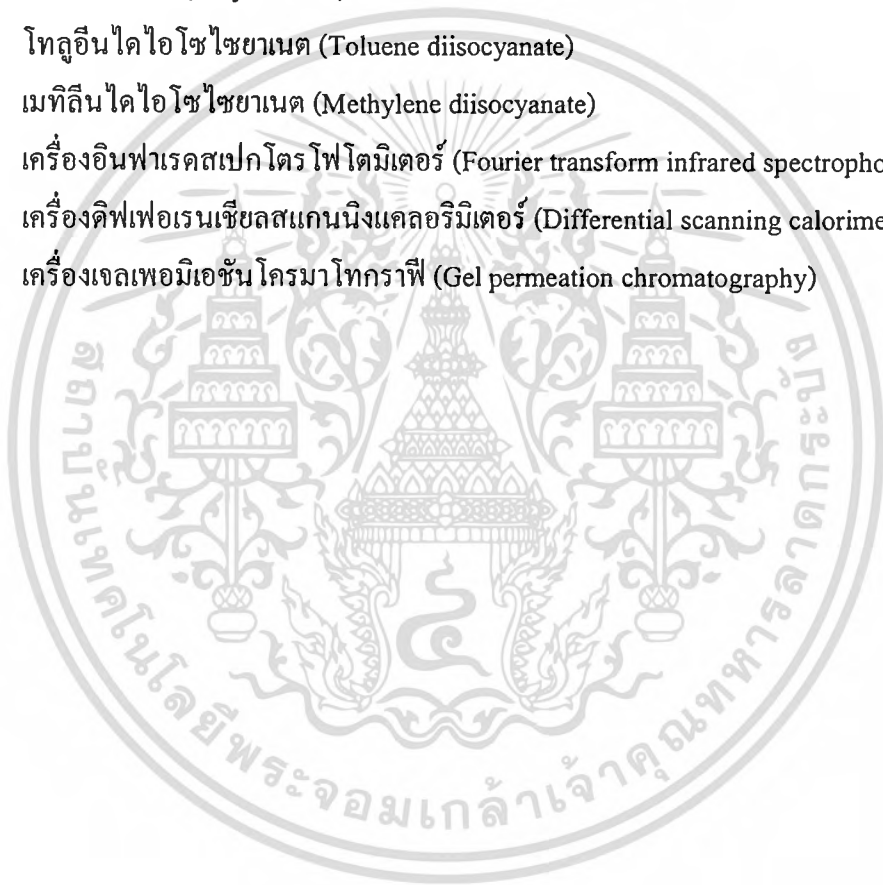
สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
จ-11 เทอร์โมแกรมของพอลิโอต 12	108
จ-12 เทอร์โมแกรมของพอลิโอต 13	109
จ-13 เทอร์โมแกรมของฟิล์มขาว 1CT	109
จ-14 เทอร์โมแกรมของฟิล์มขาว 2CT	109
จ-15 เทอร์โมแกรมของฟิล์มขาว 3CT	110
จ-16 เทอร์โมแกรมของฟิล์มขาว 4CT	110
จ-17 เทอร์โมแกรมของฟิล์มขาว 5CT	110



รายการคำย่อ

ST	สไตรีน (Styrene)
MMA	เมทิลเมทาคริเลต (Methylmethacrylate)
BA	บิวทิลอะคริเลต (Butyl acrylate)
HEMA	ไฮดรอกซี เอทิล เมทาคริเลต (Hydroxy ethyl methacrylate)
AA	กรดอะคริลิก (Acrylic acid)
PBO	เทอเทียรีบิวทิล เปอร์ออกไซด์ 2-เอทิลเฮกซาโนเอต (t-Butyl peroxy 2-ethyl hexanoate)
EA	เอทิลอะซิเตต (Ethyl acetate)
TDI	โทลูอีนไดไอโซไซยานาต (Toluene diisocyanate)
MDI	เมทิลีนไดไอโซไซยานาต (Methylene diisocyanate)
FTIR	เครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Fourier transform infrared spectrophotometer)
DSC	เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (Differential scanning calorimeter)
GPC	เครื่องเจลเพอเมชันโครมาโทกราฟี (Gel permeation chromatography)



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของการวิจัย

กาวเป็นสารที่ใช้ยึดเหนี่ยวผิวหน้าของวัสดุสองชิ้นให้สามารถยึดติดกันได้ ซึ่งในอดีตเริ่มใช้กาวที่มาจากวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กาวจากพืชพวกแป้ง กาวหนัง กาวเลือด กาวยางสน เป็นต้น แต่กาวที่ได้จากธรรมชาติส่วนใหญ่มีความแข็งแรงต่ำ ดังนั้นจึงเริ่มมีการผลิตกาวสังเคราะห์ ซึ่งกาวสังเคราะห์สมัยแรกๆ คือกาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ แล้วเริ่มมีการพัฒนาเป็นกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวสังเคราะห์ประเภทอื่นๆ อีกหลายตัว แต่ในปัจจุบันกาวกลุ่มฟอร์มัลดีไฮด์ไม่เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากปัญหาเรื่องกลิ่นและอันตรายของสารฟอร์มัลดีไฮด์ จึงหันมาสนใจพัฒนากาวประเภทอื่นๆ มากขึ้น เช่น กาวเรซินอีพอกซี กาวเรซินพอลิไวนิลอะซีเตต กาวพอลิยูรีเทน เป็นต้น

กาวพอลิยูรีเทนเป็นกาวที่นิยมใช้กันแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ เนื่องจากเป็นกาวที่มีสมบัติหลายประการ เช่น ความแข็งแรงสูง การยึดติดผิวหน้าดี การต้านทานน้ำ และการต้านทานตัวทำละลายดี เป็นต้น แต่มีข้อเสียในเรื่องของราคาสูงเมื่อเทียบกับกาวประเภทอื่นๆ และวัตถุดิบที่ใช้เตรียมกาวพอลิยูรีเทนส่วนใหญ่มีความเป็นพิษ เช่น ไดไอโซไซยานต, ตัวทำละลายอินทรีย์ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีงานวิจัยหลายงานที่ศึกษาถึงวิธีการเตรียมและการปรับปรุงสมบัติของกาวพอลิยูรีเทนด้วยการใช้วัตถุดิบที่มาจากธรรมชาติ ที่ราคาไม่สูง หาง่าย และมีความเป็นพิษน้อย

ในงานวิจัยนี้ทำการปรับปรุงสมบัติเชิงกล และการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนด้วยการใช้น้ำมันลินสีด ซึ่งเป็นน้ำมันที่ได้มาจากธรรมชาติ โดยการสกัดจากเมล็ดแฟลกซ์ (Flax) ซึ่งไม่มีความเป็นพิษและราคาไม่สูง โดยนำน้ำมันลินสีดมาทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลต ด้วยเทคนิคพอลิเมอร์เซชันแบบสารละลาย น้ำมันลินสีด จะทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่ของพอลิเมอร์ พันธะเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นช่วยทำให้พอลิเมอร์มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และเมื่อนำไปเตรียมเป็นกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน โดยการทำปฏิกิริยากับ ไดไอโซไซยานต จะช่วยเพิ่มค่าความแข็งแรงดึงแบบเหนือน และการต้านทานน้ำของกาวให้สูงขึ้น

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

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เตรียมพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต จากสไตรีนมอนอเมอร์ อะคริเลตมอนอเมอร์ และน้ำมันลินสีด ด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย
2. เพื่อศึกษาถึงผลของปริมาณน้ำมันลินสีด ที่มีต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

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

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

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

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พอลิอะครีเลต (Polyacrylate) [1, 2]

พอลิอะครีเลต เป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม สามารถผลิตได้จากมอนอเมอร์หลายชนิด เช่น กรดอะคริลิกและเอสเตอร์ของกรดเหล่านี้ สำหรับอะครีเลตเรซินที่ผลิตในรูปของสารละลาย ทำขึ้นด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย และฟิล์มที่ได้หลังการแห้งตัวจะเป็นแบบเทอร์โมพลาสติก แต่ถ้าเรซินมีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 2 หมู่ ผสมอยู่ด้วย อาจเกิดปฏิกิริยาเชื่อม โยงกลายเป็นเทอร์โมเซตได้

สมบัติดีของอะครีเลตเรซิน ได้แก่ ความคงทนต่อแสงอัลตราไวโอเล็ต และคงทนต่อปฏิกิริยาไฮโดไลซิส มีความทนทานต่อเคมีภัณฑ์ที่กัดกร่อน ทนต่อการกระทบกระเทือนจากแรงภายนอก ฟิล์มที่ได้จากอะครีเลตเรซินจะมีความเงาสูง เข้ากับผงสีได้ดี นอกจากนี้อะครีเลตเรซินยังยึดผิวหน้าได้ดี มีความแข็งแรงและทนทาน จึงใช้จำนวนมากในอุตสาหกรรมเคลือบผิว สารละลายอะครีเลตเรซินใช้ทำแลกเกอร์กันมาก สำหรับเคลือบผิวหน้าโลหะ ไม้ ผนัง เซรามิก และพลาสติก ส่วนอะครีเลตอิมัลชัน ใช้ทำสีทาบ้านทั้งภายในและภายนอก ซึ่งโดยปกติผลิตขึ้นในลักษณะลาเทกซ์

มอนอเมอร์ที่ใช้ในการเตรียม

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

สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์ของพอลิเมทิลเมทาครีเลต

พอลิเมทิลเมทาครีเลต เป็นพอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมพลาสติก มีโครงสร้างของสายโซ่โม่เลกุลแบบอะแทคติก (Atactic) มีโครงสร้างเป็นอสัณฐาน (Amorphous polymer) มีสมบัติเด่นในด้านความโปร่งใสที่เหมือนแก้ว มีความมันเงาสูง มีลักษณะที่แข็งแตกหักง่าย มีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature, T_g) เท่ากับ 108 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่น เท่ากับ 1.19 g/cm³ จุดหลอมเหลว (T_m) ประมาณ 130-140 องศาเซลเซียส มีสมบัติเชิงกลที่ดี มีความทนทานต่อสภาวะอากาศสูง ดูดซึมน้ำได้ต่ำ สีกกร่อนยาก ด้านทนต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ดี แต่มีความต้านทานต่อสารเคมีต่ำ ละลายได้ในตัวทำละลายได้หลายชนิด เช่น เบนซีน โทลูอิน คลอโรฟอร์ม เอทิลีนคลอไรด์ เอทิลอะซิเตต เป็นต้น สามารถทนทานต่อน้ำและสารอินทรีย์ทั่วไป

ได้เป็นอย่างดีรวมทั้งกรดอ่อน และเบสอ่อนเนื่องจากสมบัติที่ใสเหมือนแก้ว จึงมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ส่วนประกอบของรถยนต์ ส่วนประกอบของเครื่องบิน ประตูห้องน้ำ หน้าต่าง หลังคาที่ให้แสงผ่าน แผ่นป้ายโฆษณา ตู้ปลา เลนส์แว่นตา โคมไฟ เป็นต้น

2. อะคริลิกแอซิด (Acrylic acid, AA) เป็นมอนอเมอร์ประเภทคาร์บอกซิลิกชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated carboxylic acid) มีลักษณะเป็นของเหลวใสมีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว มีฤทธิ์กัดกร่อน สามารถละลายได้ในน้ำ และตัวทำละลายหลายชนิด เช่น แอลกอฮอล์ อีเทอร์ โทลูอิน คลอโรฟอร์ม เบนซีน อะซิโตน เป็นต้น สามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้รวดเร็วในบรรยากาศออกซิเจน และสามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบคายความร้อน (Exothermic polymerization) ที่อุณหภูมิห้องเพราะว่องไวต่อความร้อนและแสงแดด ดังนั้น โดยทั่วไปจึงต้องมีการเติมตัวยับยั้ง (Inhibitors) ลงไปในระหว่างการจัดเก็บ ซึ่งถ้าไม่มีการเติมตัวยับยั้งลงไป ให้เก็บในที่ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลวจะมีความปลอดภัยเพิ่มขึ้น

สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์ของพอลิอะคริลิกแอซิด

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

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

สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์ของพอลิสไตรีน

พอลิสไตรีนเป็นพอลิเมอร์ชนิดเทอร์โมพลาสติกที่มีการจัดเรียงตัวแบบอะแทกติก และเป็นอสัณฐาน พอลิสไตรีนที่มีโครงสร้างแบบไอโซแทกติก สามารถเตรียมได้โดยใช้ตัวเร่งซีเกลอร์-เนตดา แต่สมบัติไม่มีอะไรดีกว่าแบบอะแทกติกมากนัก จึงมักไม่นิยมเตรียมพอลิสไตรีนแบบไอโซแทกติกในเชิงการค้า พอลิสไตรีนที่ยังไม่ผ่านการผสมสารอื่นลงไปมีสมบัติแข็ง ไม่ยืดหยุ่น และเปราะ มีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว ประมาณ 108 องศาเซลเซียส พอลิเมอร์นี้มีสมบัติโปร่งแสงและใส เนื่องจากพอลิสไตรีนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจึงดูดความชื้นได้ต่ำ และมีสมบัติการเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี สามารถละลายได้ในตัวทำละลายหลายชนิด ได้แก่ ตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำพวกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เช่น เบนซีน โทลูอิน ในตัวทำละลายจำพวกคลอรีเนต-ไฮโดรคาร์บอน เช่น คาร์บอนเตตระคลอไรด์ คลอโรฟอร์ม คลอโรเบนซีน ตัวทำละลายจำพวกคีโตน เช่น เมทิลเอทิลคีโตน และตัวทำละลายพวกเอสเทอร์ เช่น เอทิลอะซิเตต แต่พอลิสไตรีนจะไม่ละลายในแอลกอฮอล์ และไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว เช่น เฮกเซน เฮปเทน

พอลิสไตรีนมีสมบัติเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมีทั่วไป สามารถทนต่อกรดแก่และเบสแก่ได้เป็นอย่างดี สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์จะเสื่อมลงถ้าสัมผัสกับแสงแดดที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานๆ เช่น อาจเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือเกิดรอยแตกได้ พอลิสไตรีนหลังผ่านกระบวนการเติมสาร เช่น พลาสติไซเซอร์ แอนติออกซิแดนต์ สารเพิ่มเสถียรภาพที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์มากมาย เช่น องค์กรประกอบของเครื่องไฟฟ้า ไม้บรรทัด ขวดบรรจุอาหาร โฟม เป็นต้น

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

5. ไฮดรอกซี เอทิล เมทาคริเลต (Hydroxy ethyl methacrylate, HEMA) เป็นมอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลชนิดไม่อิ่มตัว มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีกลิ่นฉุน สามารถละลายได้เล็กน้อยในน้ำ และตัวทำละลายหลายชนิด เช่น แอลกอฮอล์ อีเทอร์ เบนซีน โทลูอิน คลอโรฟอร์ม อะซิโตน เป็นต้น สามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้อย่างรวดเร็วในบรรยากาศออกซิเจน และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบคายความร้อน (Exothermic polymerization) ที่อุณหภูมิห้อง เพราะว่องไวต่อความร้อนและแสงแดด ดังนั้นโดยทั่วไปจึงต้องมีการเติมตัวยับยั้ง (Inhibitors) ในระหว่างการจัดเก็บ มีอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว เท่ากับ 55 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นมอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาแบบขั้น หรือแบบควบแน่นได้ ส่วนใหญ่มักใช้ผสมกับมอนอเมอร์ชนิดอื่นๆ เพื่อให้เกิดเป็นพอลิเมอร์ร่วม เรียกว่าพอลิออล ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลที่สามารถใช้ทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ชนิดอื่นๆ ได้ เช่น การเตรียมพอลิยูรีเทนจากพอลิออล กับไอโซไซยาเนต

2.2 น้ำมัน (Oils) [3]

น้ำมันถูกนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิวมานานแล้ว แต่ในปัจจุบันการนำน้ำมันเพียงอย่างเดียวมาใช้เป็นสารยึดผิวมีอยู่น้อยมาก อย่างไรก็ตามยังมีการใช้น้ำมันเป็นส่วนผสมของวาร์นิชหรือสารเคลือบผิวบางชนิดเพื่อจุดประสงค์อย่างอื่น เช่น เพื่อเพิ่มความอ่อนตัวของฟิล์ม ทำให้ไม่เปราะ หรือเพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติการละลาย เป็นต้น

น้ำมันที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิวได้มาจาก 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ น้ำมันพืช และน้ำมันจากทะเลซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่ น้ำมันปลา

2.2.1 องค์ประกอบของน้ำมัน

น้ำมันเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) กล่าวคือเป็นไตรเอสเทอร์ (Trimer) ของกลีเซอรอล (Glycerol) กับกรดไขมัน (Fatty acid) ดังนี้



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

ไขมัน (Fat) ก็จัดเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์เหมือนกัน แต่ไขมันต่างจากน้ำมันตรงที่ว่าที่อุณหภูมิห้อง ไขมันมีสถานะเป็นของแข็ง แต่น้ำมันมีสถานะเป็นของเหลว

2.2.2 กรดไขมัน

สมบัติของน้ำมันทั้งหลาย ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้าง โดยกรดไขมันจะมีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน

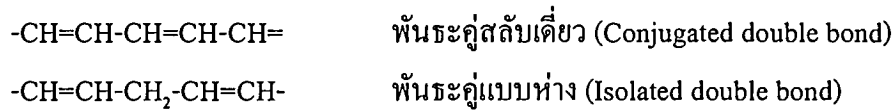
กรดไขมันเป็นสารที่ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) ต่ออยู่กับสายโซ่ไฮโดคาร์บอน (hydrocarbon chain) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนตั้งแต่ 9 ถึง 22 อะตอม แต่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์บอน 18 อะตอม

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 สายโซ่ไฮโดคาร์บอนประกอบด้วยพันธะคู่ตั้งแต่ 1 พันธะขึ้นไป และตำแหน่งของพันธะคู่ของกรดไขมันแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันไป พันธะคู่ที่มีอยู่ในกรดไขมันเอกลสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผลต่อสมบัติการแข็งตัวของน้ำมัน เพราะปฏิกิริยาการแข็งตัวของน้ำมัน เป็นปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับพันธะคู่ของโมเลกุลน้ำมัน ยิ่งมีพันธะคู่มากเท่าไร การแข็งตัวก็จะยิ่งเร็วขึ้น นอกจากนี้ตำแหน่งพันธะคู่ก็มีผลต่อสมบัติการแข็งตัวของน้ำมัน ถ้ามีพันธะคู่สลับเดี่ยวยจะเกิดปฏิกิริยาและแข็งตัวได้เร็วกว่าพันธะคู่สลับห่าง



ตารางที่ 2.1 โครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่างๆ

กรดไขมัน	ชื่อเคมี	โครงสร้าง
ปาล์มมิติก	hexadecanoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
สเตียริก	octadecanoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
โอเลอิก	9-octadecanoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
ริซีโนลีนิก	12-hydroxyl-cis-9-octadecanoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}_2)\underset{\text{OH}}{\text{CH}}\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)\text{COOH}$
ลินโนลีนิก	cis-cis-9,12-octadecadienoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
ลินโนลินิก	cis-cis-cis-9,12,15-octadecadienoic	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
อีลีโอสเตียริก	9,11,13-octadecatrienoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ แอลฟา (cis-trans-trans) บีตา (trans-trans-trans)
ลิคานิก	4-keto-9,11,13-octadecatrienoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=(\text{CH}_2)_4\text{CO}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ แอลฟา (cis-trans-trans) บีตา (trans-trans-trans)
พารินาริก	9,11,13,15-octadecatetraenoic	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ชนิดของน้ำมัน

อาจแบ่งน้ำมันตามสมบัติในการแห้งตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันนั้นๆ และแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

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

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

3. น้ำมันไม่แห้ง (Non-drying oil) ไม่สามารถแห้งตัวได้ น้ำมันชนิดนี้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ มักใช้ประโยชน์เป็นพลาสติกไซเซออร์สำหรับเรซิน ที่ใช้เป็นสารยึดในแลกเกอร์ ตัวอย่างของน้ำมันไม่แห้งได้แก่ น้ำมันละหุ่ง เป็นต้น

2.2.4 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 : โทลูอิน อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก) แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่มีความเข้มข้น 0.1 N (0.1 N KOH) ใช้ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein) เป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณหาค่าความเป็นกรดโดยใช้สูตร

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

สำหรับรายละเอียด ดูได้จาก ASTM D 1639 การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าสะพอนิฟิเคชัน (Saponification Value) นิยามไว้ว่า เป็นจำนวนมิลลิกรัมของ โปแตสเซียม ไฮดรอกไซด์ ที่ต้องใช้ในการสะพอนิฟายเอสเตอร์ และสารอื่นๆที่สามารถเกิดสะพอนิฟิเคชันได้ในน้ำมันหนัก 1 กรัม

การหาค่าสะพอนิฟิเคชัน ทำได้โดย ชั่งน้ำมัน เติมสารละลายแอลกอฮอล์โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (Alcoholic KOH) จากนั้นนำไปกลั่นไหลกลับ (Reflux) จนปฏิกิริยาสะพอนิฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายกรดเกลือมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.5 N (0.5 N HCl) โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการทดสอบแบลนค์ (Blank titration) ด้วยคำนวณโดยใช้สูตร

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

โดยที่ B คือ จำนวนมิลลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบลนค์

V คือ จำนวนมิลลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

N คือ ความเข้มข้นของ HCl

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

สำหรับรายละเอียด ดูได้จาก ASTM D 1962

3. สารที่สะพอนิฟายไม่ได้ (Unaponifiable Matter) สารเหล่านี้เป็นสารที่ละลายได้ในน้ำมัน แต่จะไม่เกิดเป็นสบู่ เมื่อให้ทำปฏิกิริยากับโปแตสเซียมหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ สารเหล่านี้จะละลายในตัวทำละลายน้ำมัน เช่น ปีโตรเลียมอีเทอร์ ไดเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น

การหาค่าสารที่สะพอนิฟายไม่ได้ ทำได้โดย หลังจากนั้นนำน้ำมันไปทำสะพอนิฟิเคชันแล้วนำส่วนที่เหลือมาสกัดด้วยตัวทำละลายไขมัน ก็จะสามารถหาเปอร์เซ็นต์ของสารที่สะพอนิฟายไม่ได้ซึ่งมีอยู่ในน้ำมันได้

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

น้ำมันส่วนใหญ่ไม่มีหมู่ไฮดรอกซิล ยกเว้นน้ำมันละหุ่ง จะพบหมู่ไฮดรอกซิลในส่วนของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้างของน้ำมัน คือ กรดริซิโนลิก ถึง 90%

การหาค่าไฮดรอกซิลทำได้โดยนำน้ำมันมาทำปฏิกิริยากับสารละลายของแอซีติกแอนไฮไดรด์ในไพริดีน (Pyridine solution of acetic anhydride) จากปฏิกิริยาแอซีติกแอนไฮไดรด์ที่มากเกินไปจะถูกไฮโดรไลซ์เกิดเป็นกรดแอซีติก ซึ่งสามารถหาปริมาณได้โดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานแอลกอฮอล์โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์

สำหรับรายละเอียด ดูได้จาก ASTM D 1957

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ค่าไอโอดีน (Iodine Value) เป็นการวัดปริมาณความไม่อิ่มตัวที่มีในน้ำมัน นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนเซนติกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดโดยน้ำมัน 1 กรัม เช่น น้ำมันชนิดหนึ่งมีค่าไอโอดีนเท่ากับ 140 หมายความว่า น้ำมัน 100 กรัม จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ ไอโอดีน 140 กรัม

การหาค่าไอโอดีน ทำได้โดยชั่งตัวอย่างน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน นำมาละลายในตัวทำละลายเฉื่อย เช่น คลอโรฟอร์ม คาร์บอนเตตระคลอไรด์ แล้วเติมสารละลายที่มีหมู่ฮาโลเจนอิสระ ที่รู้ปริมาณแน่นอนลงไป เก็บไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง เติมสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) จะเกิดไอโอดีนออกมา นำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0.1 N ($0.1 \text{ N Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) ใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการทดสอบแบบดังกล่าว โดยใช้สูตร

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

โดยที่ B คือ จำนวนมิลลิตรของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายเบลงค์

V คือ จำนวนมิลลิตรของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

N คือ ความเข้มข้นของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

สำหรับรายละเอียด ดูได้จาก ASTM D 1959

2.2.5 น้ำมันลินสีด (Linseed oil)

น้ำมันลินสีดได้จากเมล็ดแฟลกซ์ (Flax) ที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ ปลูกเอาใยลินินหรือปลูกเอาน้ำมันลินสีด ต้นแฟลกซ์เป็นพืชในเขตอบอุ่น ปลูกได้ทั้งในอินเดีย ออสเตรเลีย อูรุกวัย แคนาดา และรัสเซีย สำหรับประเทศไทยได้เริ่มนำเข้ามาปลูกตั้งแต่ พ.ศ. 2525 ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และได้ขยายพื้นที่การปลูกออกไปอีกหลายแห่ง ในพื้นที่มีอากาศเย็น ปริมาณน้ำมันในเมล็ดแฟลกซ์ ขึ้นกับภูมิอากาศและดิน การสกัดน้ำมันลินสีดทำได้โดย นำเอาเมล็ดแฟลกซ์ไปตากแห้งแล้วเก็บไว้อีกระยะหนึ่ง ทั้งนี้เพราะการบีบจะได้ผลดีเมื่อเมล็ดสุกเต็มที่และมีน้ำอยู่ไม่เกิน 9% จากนั้นล้างเอาฝุ่นและสิ่งสกปรกออกให้หมด ผ่านเข้าไปในเครื่องบดแบบลูกกลิ้ง (Roller mill) เพื่อกะเทาะเปลือกออก นำเมล็ดที่กะเทาะเปลือกออกไปผ่านไอน้ำที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ผนังเซลล์แตกออก จากนั้นนำไปบีบในเครื่องบีบ (Screw press) ซึ่งเรียกว่า เอกซ์เพลเลอร์ (Expellers) ในขั้นนี้จะบิบน้ำมันออกมาได้ประมาณ 30% ส่วนกากที่เหลืออาจเอาไปทำให้อ่อนแล้วบิบน้ำมันออกที่ความดันสูงๆ ก็ได้ แต่ส่วนมากมักเอาไปสกัดด้วยตัวทำละลายต่อ สำหรับกากที่เหลือ จะมีน้ำมันเหลืออยู่ประมาณ 1-6% แล้วแต่วิธีการสกัดที่ใช้ นอกจากนี้ยังมีโปรตีนรวมทั้งสารอื่นๆ เช่น สารประกอบไนโตรเจนปนอยู่ด้วย ซึ่งใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ น้ำมันดิบที่ได้จากการสกัดนี้จะขุ่น ไม้ใส เพราะมีพวกเมล็ดปนอยู่ด้วย ดังนั้นก่อนนำไปใช้งานต้องนำไปกรองเสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันลินสีดที่ได้จากแหล่งต่างๆ กันจะมีค่าไอโอดีนอยู่ในช่วงระหว่าง 170–200 สำหรับน้ำมันลินสีดที่ได้จากการปลูกในประเทศไทย ทั้งน้ำมันดิบ และน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์แล้ว มีสมบัติทางเคมีและทางกายภาพดังตารางที่ 2.2 นี้

ตารางที่ 2.2 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

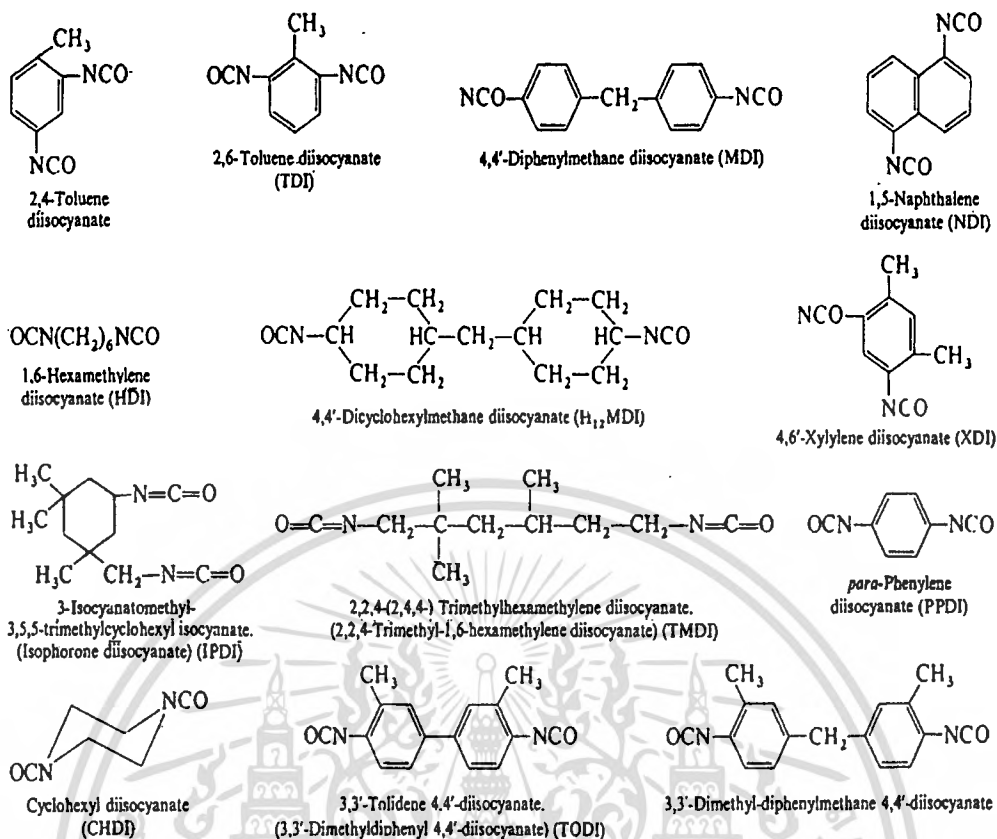
กรดปาล์มมิติก	6.72%
กรดสเตียริก	2.73%
กรดโอเลอิก	21.63%
กรดลิโนลีนิก	13.29%
กรดลิโนลีนิก	56.61%

โดยทั่วไป น้ำมันลินสีดดิบถ้าตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จะแข็งเองภายใน 4 วัน บางครั้งอาจถึง 10 วันก็ได้ ถ้าสภาวะต่างๆ ไม่ดี ถ้าจะให้แข็งเร็วขึ้นต้องเติมสารเร่งแห้ง เช่น สารประกอบของตะกั่ว แมงกานีส หรือโคบอลต์ เป็นต้น

2.3 ไอโซไซยาเนต (Isocyanate) [4]

สารประกอบไอโซไซยาเนตที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีหลายชนิด เช่น โทลูอินไดไอโซไซยาเนต (TDI) เมทิลีนไดไอโซไซยาเนต (MDI) แนบทาลีนไดไอโซไซยาเนต (NDI) และเฮกซะเมทิลีนไดไอโซไซยาเนต (HDI) เป็นต้น ตัวอย่างโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบประเภทไอโซไซยาเนตแสดงดังรูปที่ 2.1 สารประกอบไอโซไซยาเนตส่วนใหญ่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตโฟม ในอุตสาหกรรมเคมี ใช้เป็นสีเคลือบภายนอก เป็นสารปรับสภาพในยางสังเคราะห์

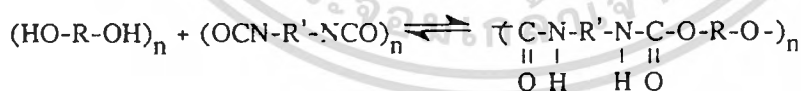
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบไอโซไซยานตที่ใช้ในพอลิยูรีเทน

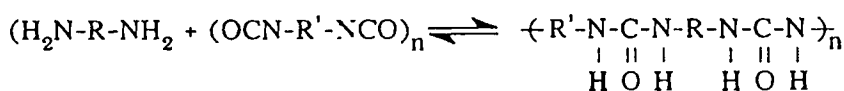
ปฏิกิริยาที่สำคัญของไอโซไซยานตกับสารต่างๆ มีดังนี้

1. ปฏิกิริยากับพอลิแอลกอฮอล์ เกิดเป็นพอลิยูรีเทน



สมการที่ (1)

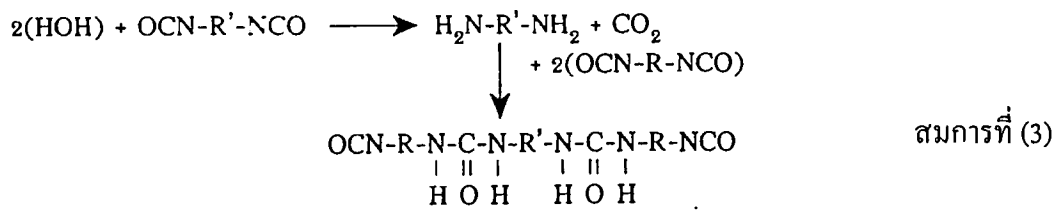
2. ปฏิกิริยากับปฐมภูมิ หรือ ทุติยภูมิเอมีน (Primary or secondary amines) เกิดเป็นยูเรีย ทำปฏิกิริยากับไดเอมีน (Diamine) เกิดเป็นพอลิยูเรีย (Polyurea)



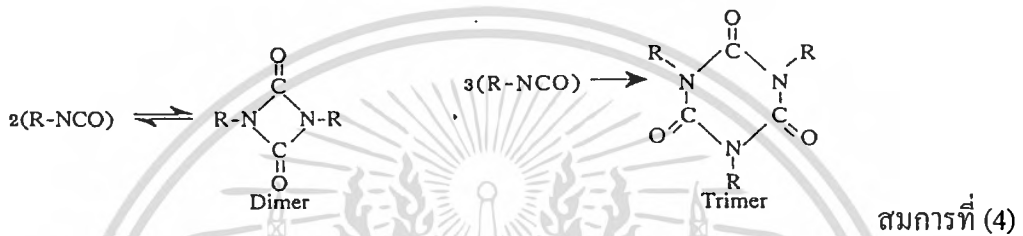
สมการที่ (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

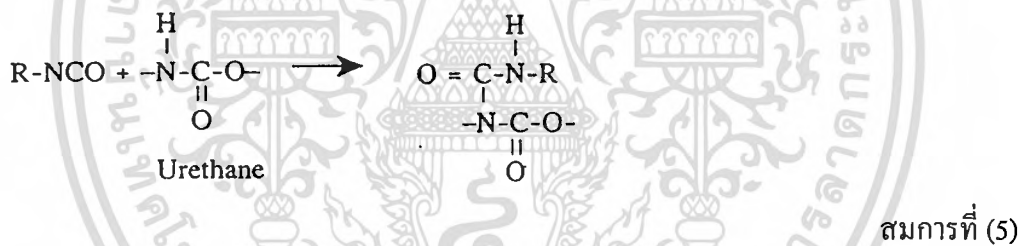
3. ปฏิกริยากับน้ำเกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และเอมีนในขั้นตอนแรก แล้วต่อมาเกิดเป็นยูเรีย หรือ พอลิยูเรีย



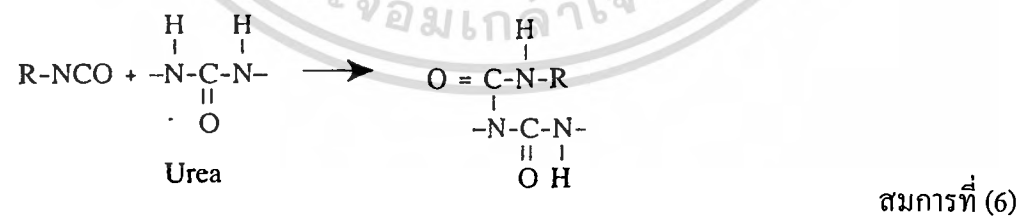
4. ปฏิกริยากับไอโซไซยานต เกิดเป็นไดเมอร์ หรือ ไตรเมอร์



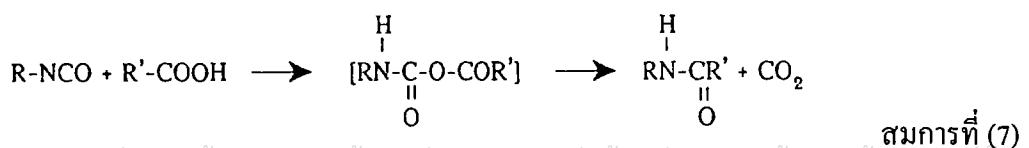
5. ปฏิกริยากับยูรีเทน (urethane) เกิดเป็นอัลโลฟานต (allophanate)



6. ปฏิกริยากับยูเรีย เกิดเป็นไบยูเรต (biuret)



7. ปฏิกริยากับกรดคาร์บอกซิลิก เกิดเป็นเอไมด์ (amide)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 พอลิยูรีเทน (Polyurethane) [3 , 5]

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

พอลิยูรีเทน หมายถึง สารที่สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาการเติมแบบขั้น (Step-addition) โดย ไดไอโซไซยานเนต หรือพอลิไอโซไซยานเนต ทำปฏิกิริยากับไดออล (Diols) หรือ พอลิออล (Polyols) ในทางการค้าพอลิยูรีเทนรวมถึงสารที่ได้จากปฏิกิริยาของ ไอโซไซยานเนตกับสารอื่นๆ ที่มี ไฮโดรเจนที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา เกิดเป็นสารที่มีความหลากหลาย ตั้งแต่เทอร์โมพลาสติกที่มีความ ยืดหยุ่น (Flexible thermoplastics) จนถึงเทอร์โมเซตซึ่งมีโครงสร้างแบบตาข่ายที่หนาแน่นสูง (Highly cross-linked thermosets)

ปฏิกิริยาที่นำไปสู่การผลิตพอลิยูรีเทนแบบเส้นตรง จะใช้ไดไอโซไซยานเนตกับไดออล ซึ่ง สารตั้งต้นมีหมู่ที่ว่องไวในปฏิกิริยา 2 หมู่ ถ้าจะเตรียม โครงสร้างแบบตาข่าย จะใช้สารตั้งต้นที่มีหมู่ ที่ว่องไวในปฏิกิริยามากกว่า 2 หมู่ โครงสร้างแบบตาข่ายอาจเกิดขึ้น ได้จากปฏิกิริยาข้างเคียงของ สารตั้งต้นกับผลิตภัณฑ์ หมู่ R ในไดออล หรือ R' ในไดไอโซไซยานเนต จากสมการที่ (1) จะเป็น ตัวกำหนดสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น เช่น ความแข็ง และความสามารถในการโค้งงอ

คาร์บอนในหมู่ไอโซไซยานเนตมีลักษณะเป็นอิเล็กโตรฟิลลิก (Electrophilic) สูงจึงมีแนวโน้ม ในการทำปฏิกิริยากับสารนิวคลีโอฟิลลิก (Nucleophilic reagent) เช่น แอลกอฮอล์, กรด, น้ำ, เอมีน และเมอร์แคปแทน (Mercaptane) ได้ ความเป็นอิเล็กโตรฟิลลิกของคาร์บอนในหมู่ไอโซไซยานเนตจะ เพิ่มขึ้น ถ้า R' มีโครงสร้างเป็นแบบวงแหวนซึ่งสามารถคอนจูเกตกับหมู่ไอโซไซยานเนต ดังนั้น อะโรมาติกไดไอโซไซยานเนต จึงมีความว่องไวมากกว่าอะลิฟาติกไดไอโซไซยานเนต

สมบัติของพอลิยูรีเทน

1. พอลิยูรีเทนเกิดไฮโดรไลซิสได้ยาก ดังนั้นสารเคลือบผิวที่ได้จากพอลิยูรีเทนจึงทนต่อต่าง, น้ำ และกรดได้ดี
2. ฟิล์มของพอลิยูรีเทนจะทนต่อตัวทำละลายอินทรีย์ โดยเฉพาะตัวทำละลายอะโรมาติก และ คลอริเนตไฮโดรคาร์บอน นอกจากนี้ยังทนต่อน้ำมันด้วย
3. ฟิล์มของพอลิยูรีเทนซึ่งผ่านการบ่มเต็มที่แล้ว จะมีแรงยึดผิวหน้าดี มีความคงทนต่อการขัด สีสสูง มีความเหนียว และทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ เนื่องจากมีหมู่ที่มีขั้วอยู่มากในสายโซ่ของ พอลิเมอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีหมู่อะมิโน ซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้กับผิววัสดุที่เคลือบ และกับออกซิเจนอะตอมของหมู่คาร์บอนิลในตัวเอง
4. สารเคลือบผิวพอลิยูรีเทน ซึ่งมีอะโรมาติกไอโซไซยานเนตเป็นองค์ประกอบ มักจะเหลือง ได้ง่ายเมื่อถูกแสงอัลตราไวโอเล็ต และจะเหลืองได้ง่ายขึ้นถ้าโมเลกุลมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวซึ่ง

สามารถเกิดเป็นเปอร์ออกไซด์กับออกซิเจนได้ เชื่อกันว่าเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะไปออกซิไดส์ หมูอะโรมาติกให้เกิดเป็นสารสีเหลือง

การใช้งานของพอลิยูรีเทน

สารเคลือบผิวจากพอลิยูรีเทน อาจเตรียมขึ้นได้ต่าง ๆ กันดังนี้

1. พอลิยูรีเทนชนิด 2 ส่วน (Two-can Urethane Systems) ได้จากปฏิกิริยาพรีพอลิเมอร์ที่มี หมูไอโซไซยานาตอยู่ที่ปลายสายโซ่กับพอลิเอสเตอร์ที่มีหมูไฮดรอกซิลอยู่ที่ปลายโซ่ พอลิยูรีเทน ประเภทนี้ใช้ทำกาว แต่มีจุดอ่อนคือ ทำแล้วต้องใช้งานให้หมด ถ้าเหลือจะแข็งตัว

2. พรีพอลิเมอร์ที่มีหมูไอโซไซยานาตอิสระเกิดปฏิกิริยากับตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งตัวเร่งของ ปฏิกิริยา คือ เมทิลไดเอทานอลเอมีน

3. พอลิยูรีเทนชนิด 1 ส่วนแบบอบ (One-can Urethane Stoving Systems) พอลิยูรีเทนชนิด 2 ส่วน มีข้อยุ่งยากตรงที่ต้องผสม 2 ส่วนเข้าด้วยกัน และจะต้องทิ้งของผสมไว้สักระยะหนึ่งก่อนจึง จะใช้งานได้ ในปัจจุบันสามารถทำให้เป็นชนิด 1 ส่วนได้ โดยปัด (Block) หมูไอโซไซยานาต ด้วย ฟีนอล ซึ่งจะเกิดเป็น ฟีนิลยูรีเทน (Phenyl urethane) ที่ไม่เสถียร และจะสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส เกิดเป็นหมูไอโซไซยานาตขึ้นมาใหม่ หมูไอโซไซยานาตที่เกิดขึ้นจะเข้าทำ ปฏิกิริยากับพอลิเอสเตอร์ที่ใส่รวมอยู่ด้วย และในขณะเดียวกันฟีนอลที่เกิดขึ้นจะระเหยไปถ้าอบ ของผสมที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส ในทางปฏิบัติใช้อุณหภูมิ 160 - 180 องศาเซลเซียส

4. พอลิยูรีเทนชนิด 1 ส่วนแบบบ่มด้วยความชื้น (One-can Moisture-cured Urethane Coatings) ประกอบด้วยพรีพอลิเมอร์ซึ่งมีหมูไอโซไซยานาตอิสระที่สามารถทำปฏิกิริยากับ ความชื้นในอากาศ เกิดเป็นฟิล์มที่มีโครงสร้างแน่นอน พรีพอลิเมอร์ที่ใช้ทั่วไป ได้แก่ พอลิอีเทอร์ ซึ่งมีปลายโซ่เป็นหมูไอโซไซยานาต

กลไกของการเกิดปฏิกิริยาแบบนี้ คือ น้ำจะเข้าทำปฏิกิริยากับหมูไอโซไซยานาตเกิดเป็น หมูอะมิโน ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับหมูไอโซไซยานาตที่มีอยู่ในพรีพอลิเมอร์ เกิดเป็น โมเลกุลที่ใหญ่ กว่าเดิม สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะออกไปพร้อมด้วยการระเหยของตัวทำละลาย ดังนั้นหากฟิล์มหนาเกินไป จะเกิดเป็นฟอง พอลิยูรีเทนประเภทนี้ ต้องการความชื้นสัมพัทธ์อย่าง น้อยที่สุด 30% ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จึงจะเกิดการบ่มได้รวดเร็วพอเพียง ซึ่งอัตราการบ่มนี้ สามารถเร่งได้โดยการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น 0.5% ไตรเอทิลเอมีน ลงไปด้วย

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 พอลิเมอร์เชโซ้นแบบลูกโซ่หรือแบบรวมตัว

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

ในขั้นริเริ่มต้นจะประกอบไปด้วย 2 ปฏิกิริยา ปฏิกิริยาแรกเป็นการสร้างอนุมูลอิสระโดยการแตกตัวของตัวริเริ่มต้น I เป็นอนุมูลอิสระหนึ่งคู่



โดยที่ k_d เป็นค่าคงที่ของอัตราเร็วสำหรับการแตกตัวของตัวริเริ่มต้น

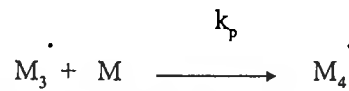
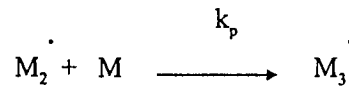
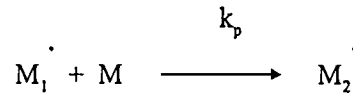
ในปฏิกิริยาส่วนที่ 2 คือการเติมของอนุมูลอิสระไปยังโมเลกุลของมอนอเมอร์ตัวแรกทำให้เกิดตัวริเริ่มสายโซ่ $M_1\cdot$



โดย M เป็น โมเลกุลของมอนอเมอร์ และ k_i คือค่าคงที่ของอัตราเร็วสำหรับขั้นการริเริ่มต้น

ขั้นขยายสายโซ่ (Propagation step) ประกอบไปด้วยมอนอเมอร์ที่กำลังเจริญเติบโต $M_1\cdot$ เติบโตโมเลกุลมอนอเมอร์ในปริมาณมาก

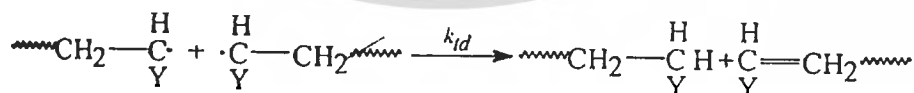
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



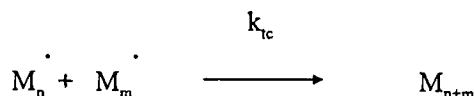
พอลิเมอร์ที่กำลังขยายตัวจะหยุดเจริญเติบโตและสิ้นสุด การสิ้นสุดเกิดจากความว่องไวของอนุมูลอิสระหมดไป โดยปฏิกิริยาระหว่างสองโมเลกุลของอนุมูลอิสระ อนุมูลอิสระสองตัวจะทำปฏิกิริยากัน โดยการรวมตัวกัน (Combination coupling)

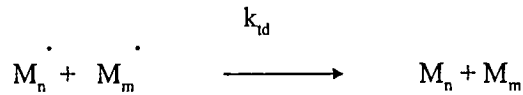


หรือเกิดการแลกเปลี่ยนอนุมูลอิสระไฮโดรเจน โดยการถ่ายโอนไปยังอนุมูลอิสระตัวอื่น เป็นผลมาจากการเกิด โมเลกุลพอลิเมอร์สองตัว และได้ส่วนที่ไม่อิ่มตัวหนึ่งส่วน

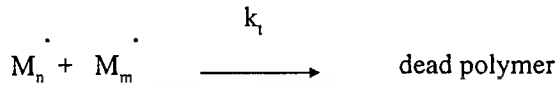


การสิ้นสุดเกิดขึ้นได้โดยการรวมตัวกัน (Combination) หรือการแลกเปลี่ยนอนุมูลอิสระอย่างไม่ได้สัดส่วน โดยอาจจะเขียนทั้งสองแบบนี้ให้อยู่ในรูปร่างอย่างง่ายดังนี้





โดย k_{tc} และ k_{td} เป็นค่าคงที่ของอัตราเร็วในการสิ้นสุดปฏิกิริยาโดยการรวมตัวกัน และการแลกเปลี่ยนอนุมูลอิสระอย่างไม่ได้สัดส่วนตามลำดับหรืออาจเขียนปฏิกิริยาสิ้นสุดอย่างง่ายได้ดังนี้



โดย k_t เป็นค่าคงที่ของอัตราเร็วในการสิ้นสุดปฏิกิริยา

2.5.2 พอลิเมอร์เชชันแบบขั้นหรือแบบควบแน่น

พอลิเมอร์เชชันประเภทนี้โดยทั่วไปใช้มอนอเมอร์ 2 ชนิด ซึ่งต่างก็มีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัว 2 หมู่ในโมเลกุล เนื่องจากมีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัวสองหมู่ หลังเกิดปฏิกิริยาควบแน่นแล้วยังมีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัวเหลือที่จะทำปฏิกิริยาต่อไปได้เรื่อยๆ จนได้โมเลกุลที่มีน้ำหนักสูงหรือพอลิเมอร์

พอลิเมอร์แบบควบแน่นที่เตรียมจากมอนอเมอร์ที่มีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัว 2 หมู่ได้โครงสร้างเชิงเส้นตันหรือโซ่ยาวเป็นเส้นตรง แต่ถ้ามอนอเมอร์มีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัว 3 หมู่หรือมากกว่า หลังเกิดปฏิกิริยาจะได้โครงสร้างของพอลิเมอร์แบบมีกิ่งสาขา และบางครั้งกิ่งสาขาเหล่านี้ อาจเกิดการเชื่อมโยงกันภายในโมเลกุลหรือกับโมเลกุลของพอลิเมอร์อื่นๆ เกิดเป็นพอลิเมอร์แบบเชื่อมโยง (Cross linked polymer) หรือพอลิเมอร์แบบร่างแห (Network polymer) ซึ่งพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบร่างแห มีความแข็งแรงมาก ทนต่อความร้อนได้ดี โดยปกติจะไม่หลอมตัว (สลายตัวก่อนหลอม) และยากที่จะละลายในตัวทำละลายปกติ

2.6 เทคนิคการสังเคราะห์พอลิเมอร์ [1]

เทคนิคที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์โดยทั่วไป แบ่งเป็น 4 เทคนิคด้วยกัน คือ

1) เทคนิคพอลิเมอร์เชชันแบบบัลค์ (Bulk polymerization)

เทคนิคพอลิเมอร์เชชันแบบบัลค์เป็นกระบวนการที่ง่ายที่สุด โดยการสังเคราะห์พอลิเมอร์มีเพียงมอนอเมอร์ และสารก่อเกิดปฏิกิริยา (Initiator) หรือสารเร่งการเกิดปฏิกิริยา (Catalyst) เท่านั้น ผลผลิตที่ได้จึงมีสิ่งเจือปนอยู่น้อย แต่ปัญหาของกระบวนการนี้คือเมื่อปฏิกิริยาดำเนินไป ความหนืดของระบบอาจเพิ่มขึ้นถึง 10^4 เท่า เมื่อเทียบกับความหนืดของมอนอเมอร์ และเกิดการคายความร้อนสูง ทำให้เกิดการย่อยสลายของสายโซ่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย (Solution polymerization)

เป็นเทคนิคที่สามารถใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับความหนืดและการเกิดความร้อนระหว่าง การสังเคราะห์แบบบัลค์ โดยใช้ตัวทำละลาย เช่น คลอโรฟอร์ม โทลูอิน หรืออื่นๆ ร่วมในระบบ ซึ่งตัว ทำละลายที่เลือกใช้นี้ต้องสามารถละลายส่วนผสมทุกชนิดในระบบได้ รวมทั้งพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้น จากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วย โดยความหนืดของระบบเมื่อเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะไม่สูง เท่ากับกรณีของการสังเคราะห์แบบบัลค์ การควบคุมความหนืดทำได้โดยการเพิ่มปริมาณตัวทำ ละลาย แต่การใช้ตัวทำละลายทำให้เกิดปัญหาการถ่ายโอนสายโซ่ และการคงค้างของตัวทำละลาย ในเนื้อพอลิเมอร์ (Polymer matrix) ซึ่งปริมาณปนเปื้อนของตัวทำละลายในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ จะส่งผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้

3) เทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบแขวนลอย (Suspension polymerization)

ทำได้โดยการให้มอนอเมอร์แขวนลอยเป็นหยดเล็กๆ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50-500 ไมโครเมตร (ขนาดใหญ่กว่าเทคนิคอิมัลชัน) ในของเหลวที่ไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา เช่น น้ำ หยดของ พอลิเมอร์จะถูกปั่นกววนอย่างรวดเร็ว เพื่อป้องกันการเกาะกันเป็นก้อน และอาจมีการเติมสารคง สภาพ (Dispersants) ด้วย ซึ่งสารคงสภาพจะละลายปนอยู่ในชั้นน้ำ เพื่อป้องกันการเกิดเป็นเจลของ พอลิเมอร์ มอนอเมอร์ที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้ควรเกิดผ่านกลไกอนุพลีอิสระ และละลายในน้ำได้น้อยมาก พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะเป็นเม็ดกลมๆ คล้ายไข่มุกบางครั้ง จึงเรียกเทคนิคนี้ว่า Pear Polymerization

4) เทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน (Emulsion polymerization)

เป็นเทคนิคที่พัฒนามาจากวิธีแบบแขวนลอยใช้มากในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะพอลิเมอร์ที่ เกิดผ่านกลไกอนุพลีอิสระ วิธีนี้ต่างจากแบบแขวนลอยตรงที่ตัวเริ่มต้นไม่ละลายในมอนอเมอร์แต่ ละลายในตัวกลาง ซึ่งโดยส่วนใหญ่ คือ น้ำ แล้วแพร่เข้าไปในหยดมอนอเมอร์ ขนาดของหยด มอนอเมอร์จะมีขนาดเล็กกว่าแบบแขวนลอย คืออยู่ในช่วง 0.05-0.5 ไมโครเมตร ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ของระบบจะคล้ายน้ำมัน อนุภาคในระบบอิมัลชันจะไม่ตกตะกอนทันทีที่หยดปั่นกววน เพราะสาร ลดแรงตึงผิวที่อยู่บนผิวอนุภาคของพอลิเมอร์ถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลของน้ำ จึงเรียกลักษณะของ พอลิเมอร์ที่ได้ว่า ลาเท็กซ์ (Latex)

2.7 กาว (Adhesives) [7]

กาว หมายถึง สารที่ใช้สำหรับยึดเหนี่ยวผิวหน้าของวัสดุสองชิ้นให้สามารถยึดติดกัน ได้โดยมี ความแข็งแรงของวัสดุที่เชื่อมยึดกันเพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในงานต่างๆ ตามความ ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กาวแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ คือ

1. กาวธรรมชาติ (Natural adhesives)

กาวธรรมชาติส่วนใหญ่ได้มาจากพืช เช่น ขางเหนียวของต้นไม้ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งมันฝรั่ง หรือจากสัตว์ เช่น กาวที่ผลิตขึ้นจากหนังและกระดูกสัตว์ ซึ่งโดยปกติกาวที่ได้จากธรรมชาติจะมีความแข็งแรงและมีความต้านทานน้ำต่ำกว่ากาวที่ได้จากการสังเคราะห์

2. กาวพลาสติก (Plastic glue)

เป็นกาวที่ผลิตจากพลาสติกประเภทเทอร์โมเซต และเทอร์โมพลาสติก ซึ่งกาวประเภทเทอร์โมเซตจะไม่สามารถทำให้อ่อนตัวหรือละลายได้อีก หลังจากได้รับการอบด้วยความร้อนแล้ว แต่กาวประเภทเทอร์โมพลาสติกสามารถทำให้อ่อนได้อีก โดยการให้ความร้อนอีกครั้ง หรือด้วยตัวทำละลาย

3. กาวเซลลูโลส (Cellulose glue)

กาวเซลลูโลส (Cellulose glue) ตัวประสานไพโรกไซลีน (Pyroxylin) ทำจากไนโตรเซลลูโลส (ฟิล์มภาพยนตร์) และสารละลายเคมี เช่น อีเทอร์ แอลกอฮอล์ มีลักษณะเป็นวุ้น ปกติจะยึดหยุ่นมากขึ้นเมื่อผสมกับขางเหนียวหรือขางสน กาวประเภทนี้ใช้งานมากในอุตสาหกรรมผลิตรองเท้า

2.7.1 กาวติดไม้ (Wood adhesives)

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

ประเภทของกาวติดไม้

1) กาวเรซินชนิดแข็งตัวเมื่อร้อน (Thermosetting Resins)

เป็นกาวเรซินที่แข็งตัวโดยทำปฏิกิริยาทางเคมี เกิดเป็นโมเลกุลที่มีโครงสร้างสามมิติ กลายสภาพเป็นของแข็งในเวลาเดียวกันกับเกิดการยึดติดกับไม้ ตัวอย่างของกาวติดไม้ประเภทนี้ คือ

กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (UF, Urea Formaldehyde)

กาวชนิดแรกที่ได้รับการพัฒนาอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีการใช้กันมาร่วม 60 กว่าปีแล้ว เป็นกาวที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เริ่มจากใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกับยูเรียให้ความร้อนในส่วนผสมที่เป็นค่าทำให้เกิดเมทิลอลลูเรีย จากนั้นทำปฏิกิริยาในส่วนผสมที่เป็นกรด และหยุดปฏิกิริยาด้วยการเติมด่างให้มีสภาพเป็นกลาง แล้วกำจัดน้ำที่เกิดจากปฏิกิริยาควนแน่นจนได้กาวที่เข้มข้น หรือระเหยน้ำต่อไปจนได้เป็นผง โดยนำกาวเข้มข้นไปพ่นผ่านรูเล็กๆ ในปล่องความร้อนที่อุณหภูมิ 200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ กรุณาติดต่อขอข้อมูลเพิ่มเติม
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียส กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีจำหน่ายทั้งในสภาพของเหลวและเป็นผง เป็นผงก็จะเป็นทั้ง ถุงเตี๋ยวและชนิด 2 ถุง โดยถุงเตี๋ยวก็จะมีสารผสมสารเร่งแข็งด้วย หากชนิด 2 ถุง ก็จะแยกเป็นถุง กาวผงยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 1 ถุง อีกถุงหนึ่งก็จะเป็นสารเร่งแข็งที่อาจจะผสมสารเพิ่มอื่นได้ด้วย เช่น แป้งสาลี แป้งอื่นๆ หรือ ผงดินขาว (Kaolin) หรือแคลเซียมซัลเฟต การเตรียมกาวโดยนำกาวผงหลัก หรือกาวน้ำ มาผสมกับน้ำ แล้วผสมกับสารช่วยให้กาวแข็งตัว (Hardener) เมื่อเข้ากันดีแล้ว จึงนำไป ทาบนผิวไม้ที่จะทำการยึดติด สารช่วยให้กาวแข็งตัวจะมีสภาพเป็นกรด ซึ่งจะไปเริ่มให้ปฏิกิริยา ทางเคมีเชื่อมตัวทางขวาง โดยมีการให้ความร้อนกับแนวกาวเป็นตัวเร่งให้แข็งตัวเร็วยิ่งขึ้น สารช่วยให้ กาวแข็งตัวที่ใช้กับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ควรเป็นชนิดกรดอ่อนมากๆ เนื่องจากหากใช้กรดแก่จะ ทำให้ผิวไม้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเป็นผลให้แนวกาวเสียหาย

การลดสารฟอร์มัลดีไฮด์จากผลิตภัณฑ์ไม้ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ทำได้โดยลด สัดส่วนโมลของ F:U ในการสังเคราะห์กาวเรซินจาก 1.8:1 หรือ 2.0:1 ให้ต่ำกว่า 1.6:1 หรือในบาง กรณีต่ำถึง 1.2:1 การใช้สัดส่วนโมล F:U ต่ำๆ จะทำให้ต้องเพิ่มระยะเวลาในการสังเคราะห์เรซิน นอกจากนั้นกาวที่ได้จะต้องใช้ระยะเวลาในการทำให้แข็งตัวนานขึ้น และทำให้ความแข็งแรงของ การยึดติดต่ำลง ความต้านทานความชื้นลดลง ระยะเวลาการเก็บรักษา (ความเสถียร) ลดลง การลด สารฟอร์มัลดีไฮด์ของกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในการปฏิบัติงานนั้น อาจทำได้โดยเติมสารเพิ่มอื่นๆ เช่น ยูเรีย เมลามีน แทนิน โซเดียมไดซัลไฟด์ และกรดอินทรีย์อย่างอ่อนๆ แต่ก็จะทำให้ความ คงทนต่อน้ำ และอุณหภูมิที่สูงต่ำลง ซึ่งไม่เหมาะต่อไม้ที่ต้องใช้ในที่ที่มีความชื้นและมีความร้อนสูง

กาวเมลามีน-ฟอร์มัลดีไฮด์ (MF, Melamine Formaldehyde)

เป็นกาวที่คล้ายคลึงกับกาว UF มีการนำมาใช้หลังกาว UF ประมาณ 20 กว่าปี กาว UF และ MF เกิดจากการทำปฏิกิริยาของส่วนอะมิโน (Amino) กับสารฟอร์มัลดีไฮด์ ภายในสภาวะที่ให้ ความร้อนกับสารละลายผสมเหมือนกัน แต่ฟอร์มัลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยากับเมลามีนได้เร็วกว่ายูเรีย ด้วยเหตุนี้กาว MF จึงเกิดสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ปริมาณน้อยกว่ากาว UF กาว MF ต้องใช้สารช่วยให้ แข็งตัวเหมือนกาว UF ลักษณะของกาวที่ได้จะขาวใส กาว MF ใช้อุณหภูมิที่ทำให้แข็งตัวสูง มี ความต้านทานน้ำและอุณหภูมิได้ดีกว่ากาว UF แต่มีข้อเสีย คือ ราคาของกาว MF สูงกว่ากาว UF 4-5 เท่า จึงนำมาผสมกับกาว UF เพื่อลดต้นทุนราคาสูง เรียกกาว เมลามีน-ยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (MUF) ซึ่งคุณสมบัติของกาว MUF ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของการผสมระหว่าง MF และ UF ยกตัวอย่าง เช่น สัดส่วนการผสมของกาว MF ต่อ UF = 40:60 ก็จะช่วยปรับปรุงความต้านทานต่อสภาวะแรงใน การบ่มรุนแรงได้อย่างเห็น ได้ชัด กาว MF มักนิยมใช้ใน ไม้ที่ต้องการความทนทานต่อความชื้นสูง

กาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ (PF, Phenol Formaldehyde)

กาวเรซิน PF มีการผลิตใช้ก่อน UF และ MF เรซิน แต่กลับนำเข้ามาใช้ในงานไม้ในราวปี ค.ศ.1930 กาว PF มี 2 ชนิด คือ รีโซล (Resoles) และ โนวอลาค (Novolacs) ชนิด รีโซล เป็นชนิดที่ใช้ในการผลิตแผ่นบอร์ด เช่น ไม้อัด เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง ฟอร์มัลดีไฮด์ กับ ฟีนอล ในสารละลายต่าง รีโซล ต้องใช้อุณหภูมิในการแข็งตัวสูง ได้แนวกาวที่มีความต้านทานน้ำ ความร้อน และเชื้อรา สำหรับกาว PF ชนิด โนวอลาค สังกะหรี่ขึ้นในสภาวะที่เป็นกรดและมีสัดส่วนของ F ต่ำ นิยมใช้สำหรับการผลิตแผ่นไม้อัด แผ่นปาร์ติเกิล แผ่นใยไม้ระแนง และนิยมใช้กันมากในการปิดผิวไม้บางบนงานเครื่องเรือน

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

P-RF ผลิตโดยการเติม เรซอร์ซินอล ผสมในกาวรีโซล ที่ระยะสุดท้ายของสังเคราะห์ เป็นกาวสีน้ำตาลเข้มใช้ในการผลิตกานไม้ประสาน (Laminated beams) โดยมียอด 2 ลักษณะ คือ มีความต้านทานน้ำ และมีความไวในการทำปฏิกิริยา ซึ่งหมายความว่าสามารถใช้เป็นกาวที่อุณหภูมิต่ำๆ ซึ่งบางครั้งต่ำถึง 5 องศาเซลเซียส ใช้พาราฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารเร่งปฏิกิริยา และแข็งตัวที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มักนิยมใช้ผสมในกาวเพื่อใช้ปรับปรุงคุณสมบัติการอุดช่องว่างไม้ในการติดไม้แปรรูป

กาวแทนนิน (Tannin Resins)

สารแทนนินเป็นสารฟีนอลประเภทหนึ่งตามธรรมชาติเกิดอยู่ในเนื้อไม้และเปลือกไม้ในปริมาณมาก โดยเฉพาะในเปลือกไม้โอ๊ก และวอตเติล แทนนินทำปฏิกิริยากับ PF หลังจากกำจัดสารอื่นแล้ว เช่น น้ำตาล การใช้งานกาวแทนนินยังไม่แพร่หลายนัก

กาวไอโซไซยานาต (Isocyanate Resins)

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

กาวเรซินอีพอกซี (Epoxy Resins)

อีพอกซี เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง บิสฟีนอล-เอ (Bisphenol-A) กับ อีพิกลอร์ไฮดริน (Epichlorhydrin) ได้เป็นอีพอกซีเรซินที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างๆ กัน จึงได้กาวที่มีคุณสมบัติต่างกัน

ไป สารที่นิยมใช้เป็นสารทำให้เกิดการแข็งตัว คือ พอลิเอไมด์ โดยอีพอกซีเรซิน จะแข็งตัวที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิห้อง โดยใช้แรงดันอัดข้อต่อไม้เล็กน้อย กาวอีพอกซีมีคุณสมบัติเด่นในการอุดช่องว่างได้ดี ถ้าใช้ในงานไม้นิยมใช้อีพอกซีเป็นของเหลวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ

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

กาวเรซินพอลิไวนิลอะซิเตต (PVAc resin)

PVAc นี้โดยปกติใช้อยู่ในรูปอิมัลชันแม้ว่าจะแข็งตัวโดยการใช้ความร้อนบ้าง แต่ก็ยังคงอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงๆ สามารถปรับปรุงให้มีความเหนียวหรือต่ำ แข็งหรืออ่อนหยุ่นได้ (Rigidify or flexibility) และข้อมสีหรือใส่รงควัตถุเพื่อให้เกิดสี เป็นกาวที่มี 2 ประเภท คือ

- 1) โสโมพอลิเมอร์ ซึ่งจะอ่อนตัวทันทีเมื่อได้รับความร้อน
- 2) โคพอลิเมอร์ ซึ่งจะมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อการยึดเหนี่ยวทำให้มีความต้านทานน้ำและความร้อนดีขึ้น สามารถเติมแป้งข้าวโพดหรือแป้งชนิดอื่นลงไปเพื่อเพิ่มความเหนียวและป้องกันไม่ให้กาวไหลเอ่อออกจากข้อต่อหรือผ่านทะลุช่องของไม้ออกมา สารตัวเติมจำพวกแร่ธาตุ (Mineral fillers) ก็อาจใช้ได้ แต่ต้องระมัดระวังอย่าให้สัมผัสกับวัสดุที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการแข็งตัวของกาวด้อยลง การผสมเกลือโลหะ (Metallic salts) เช่น โครเมียมหรืออลูมิเนียมไนเตรท จะปรับปรุงให้การต้านทานน้ำดีขึ้น แต่ก็ทำให้อายุการใช้งานของกาว (Pot life) สั้นลง การเติม UF และ MF และไอโซไซยานาตเรซิน ก็จะช่วยปรับปรุงสมบัติของกาวได้ กาว PVAc ใช้กันแพร่หลายสำหรับติดไม้ชนิดบาง กาวติดกระดาษ แผ่นปรกติ 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 หรืออาจเติมสารแอนติออกซิแดนต์เพื่อใช้ลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ในหม้อต้มกาวที่ร้อน การผลิตเริ่มโดยการใส่เรซิน, สารเติม, สารแอนติออกซิแดนต์ ลงในเครื่องผสมแบบ Z-blade ที่ร้อน เมื่อผสมเข้ากันได้ดี ส่วนผสมอื่นที่เหลือจะถูกเติมและผสมต่อไปอีก 30 นาที หลังจากนั้นส่วนผสมทั้งหมดจะถูกเทสู่โต๊ะเย็นที่จัดทำขึ้น เพื่อให้กาวแข็งตัวก่อนตัดเป็นเม็ดๆ หรืออัดรีด (Extrude) ออกมาเป็นรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ รูปร่างของกาวเป็นสิ่งสำคัญมากในการนำไปใช้ สมบัติของกาวร้อนเหลว EVA ขึ้นกับปริมาณของไวนิลอะซิเตต เช่น ถ้ามีไวนิลอะซิเตตปริมาณสูงจะทำให้เกิดการยึดเหนี่ยวเข้ากันได้ดีกับสารตัวเติมอื่นๆ มีระยะเวลาก่อนประกบ (Open time) นานขึ้น มีความต้านทานต่อความร้อนต่ำลง ละลายในตัวทำละลายได้มากขึ้น กาวร้อนเหลว EVA นิยมใช้ในการติดแถบขอบของ

แผ่นไม้ และมีการใช้งานบ้างในการประกบติดไม้ โดยเฉพาะในการใช้ระบบกาวคู่ร่วมกับกาว PVAc ซึ่งในระบบนี้กาวร้อนเหลวจะใช้เพื่อยึดข้อต่อหรือส่วนที่ต้องการเชื่อมยึด ในขณะที่กาว PVAc แข็งตัวและใช้เป็นแรงยึดเหนี่ยวหลัก

กาวพอลิเอไมด์ (Polyamide Resins)

มีการใช้ในปริมาณน้อย ส่วนใหญ่ใช้สำหรับการติดขอบไม้ที่ต้องการความทนทานต่ออุณหภูมิสูง กาวชนิดนี้คล้ายในลอน เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมัน กับ ไดอะมีน (Diamine) กาวชนิดนี้มีความยุ่งยากต่อการนำมาใช้งาน เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวสูงและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย ซึ่งทำให้สมบัติการยึดติดด้อยลง ดังนั้นในบางครั้งจึงมีการใช้เครื่องทาการระบบปิดภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจน กาวพอลิเอไมด์มีการใช้มากในประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับงานติดขอบ แต่ไม่แพร่หลายในประเทศอื่นๆ เนื่องจากมีราคาแพงกว่ากาว EVA และพอลิยูรีเทนหลายเท่าตัว

กาวพอลิโอเลฟินส์ (Polyolefines)

ใช้งานน้อยในอุตสาหกรรมไม้ เนื่องจากมีสมบัติการยึดติดไม่ดี กาวชนิดนี้เป็นส่วนผสมของพอลิพอฟีรีน พอลิเอทิลีน และเรซินอื่นๆ อาจใช้สำหรับงานติดขอบไม้ มีสมบัติที่ด้อยกว่ากาวพอลิเอไมด์ แต่ราคาถูกกว่า

กาวเรซินพอลิยูรีเทน (Polyurethane Resins)

กาวเรซินร้อนเหลวพอลิยูรีเทน (Polyurethane hot melt resins) ที่ใช้ในการติดแถบขอบจะมีลักษณะการใช้งานและผลิตภัณฑ์คล้ายกับกาวร้อนเหลวชนิดอื่นๆ แต่จะทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศและวัสดุที่ต้องการติดเกิดเป็นแนวขาว กาวเรซินพอลิยูรีเทนเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างไดโอด กับ ไดไอโซไซยานเนต เกิดเป็นโครงสร้างร่างแหที่มีหมู่ว่องไวสูงที่สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลต่อไปได้ การใช้งานจะใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่า EVA เรซิน ประมาณ 100-140 องศาเซลเซียส ต้องป้องกันความชื้นในการเก็บและระหว่างการใช้ ซึ่งอาจจะต้องใช้อุปกรณ์ปิดภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน การใช้กาวนี้จะใช้เฉพาะที่ต้องการใช้งานที่มีการยึดเหนี่ยวสูง เช่น เมื่อต้องการติดกาวตรงรอยแตกของประตูกันไฟ มีราคาสูงกว่า EVA ประมาณ 6 เท่า แต่ก็คุ้มค่าหากใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูง ในบางกรณีใช้ติดแถบขอบโดยไม่ใช้ก๊าซไนโตรเจน โดยเครื่องจ่ายกาวจะร้อนเหลวบนผิวที่จะติดกาวทันทีที่แผ่นไม้ถูกทาแล้ว ด้านหน้าของเครื่องจ่ายกาวจะปิด โดยมีแผ่นเลื่อนมาปิดเพื่อป้องกันกาวจากการสัมผัสกับอากาศหรือความชื้น

3) กาวติดสัมผัส (Contact adhesives)

เป็นกาวที่ประกอบด้วยสารละลายของยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ ซึ่งจะแปรสภาพเกิดการยึดติด เมื่อระเหยตัวทำละลาย เป็นกาวที่มีการใช้น้อยในงานไม้ แต่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับงานตกแต่งหุ้มเบาะเครื่องเรือน

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

K.P. Somani และคณะ [8] ศึกษาสมบัติของกาวไม้พอลิยูรีเทนที่เตรียมจากน้ำมันละหุ่ง โดยในขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมพอลิออล (Polyol) จากอนุพันธ์ของน้ำมันละหุ่ง คือ กรดริซินอเลอิก (Ricinoleic Acid) นำมาทำปฏิกิริยากับไกลคอล 3 ชนิด คือ เอทิลีนไกลคอล ไดเอทิลีนไกลคอล และไตรเอทิลีนไกลคอล ได้เป็นพอลิออล 3 ชนิด ซึ่งจะเรียกแทนต่อไปว่า พอลิออล A B และ C แล้วนำพอลิออลที่เตรียมได้ไปทำปฏิกิริยากับ ไดไอโซไซยานาตได้เป็นกาวพอลิยูรีเทน โดยเลือกใช้ ไดไอโซไซยานาตที่ต่างกัน ได้แก่ อะโรมาติกไดไอโซไซยานาต และอะลิฟาติกไดไอโซไซยานาต และศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ไอโซไซยานาต 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 นอกจากนี้ยังพบว่ากาวที่เตรียมจากอะโรมาติกไดไอโซไซยานาต ให้ค่าความแข็งแรงเฉือนสูงกว่ากาวที่เตรียมมาจากอะลิฟาติกไดไอโซไซยานาต และการเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH ทำให้ค่าความแข็งแรงเฉือนสูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH ทำให้กาวที่เตรียมได้เกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่มากขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของ 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 ทำได้โดยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แช่ไม้ที่ติดกาวแล้วในสารละลายกรดที่ pH เท่ากับ 2 หรือ ในสารละลายเบสที่ pH เท่ากับ 10 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าความแข็งแรงเหนียว ผลการทดสอบพบว่าในสภาวะกรด ค่าความแข็งแรงเหนียวของกาวลดลงมากในทุกๆ สัปดาห์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กาวพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้ไม่ทนต่อสภาวะกรด เนื่องจากพอลิออลที่ใช้เตรียมเป็นสารประเภทพอลิเอสเทอร์ ซึ่งจะถูกไฮโดไลซ์ได้ง่ายด้วยกรด ส่วนในสภาวะเบสพบว่าค่าความแข็งแรงเหนียวของกาวลดลง โดยมีค่าลดลงมากในกาวสูตรที่เตรียมมาจากไตรเอทิลีนไกลคอล แสดงให้เห็นว่าสมบัติของกาวพอลิยูรีเทนที่ได้ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของพอลิออล ชนิดของไดไอโซไซยานเนต และอัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH

S.D. Desai และคณะ [9] ได้ทำการศึกษาสมบัติของกาวติดไม้พอลิยูรีเทน ซึ่งเตรียมมาจากแป้งมันฝรั่งกับน้ำมันละหุ่ง โดยในขั้นแรกเป็นการเตรียมไกลคอลไกลโคไซด์ (Glycol glycoside) ด้วยการทำปฏิกิริยาระหว่างแป้งมันฝรั่งกับเอทิลีนไกลคอลในสภาวะกรด จากนั้นนำไกลคอลไกลโคไซด์ที่เตรียมได้มาทำปฏิกิริยากับน้ำมันละหุ่ง ได้เป็นพอลิออล ในขั้นตอนที่สองเป็นการเตรียมกาวพอลิยูรีเทน โดยนำพอลิออลที่เตรียมได้มาทำปฏิกิริยากับโทลูอีนไดไอโซไซยานเนต แล้วนำกาวพอลิยูรีเทนที่ได้ไปทดสอบค่าความแข็งแรงเหนียว ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงผลของตัวแปรที่เปลี่ยนไปต่อสมบัติของกาวพอลิยูรีเทน ได้แก่ อัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH ที่เปลี่ยนไปในช่วง 1 – 1.7 จากการทดสอบพบว่า กาวที่ใช้อัตราส่วนโดยโมลของ NCO/OH เท่ากับ 1.3 ให้ค่าความแข็งแรงเหนียวสูงสุด เนื่องจากกาวที่ได้เกิดการเชื่อมโยงมากกว่ากาวที่ใช้อัตราส่วนของ NCO/OH เท่ากับ 1.1 และ 1.2 แต่ถ้าเพิ่มอัตราส่วนของ NCO/OH มากกว่า 1.3 พบว่าค่าความแข็งแรงเหนียวลดลง เพราะการเชื่อมโยงเกิดมากเกินไปทำให้กาวที่เตรียมได้มีลักษณะแข็งไม่ยืดหยุ่น นอกจากนี้ยังศึกษาถึงผลของการเพิ่มปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้างของพอลิออล ซึ่งพบว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล ทำให้กาวเกิดการเชื่อมโยงมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงเหนียวสูงขึ้น และการเพิ่มปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลยังช่วยให้กาวมีความต้านทานต่อน้ำ ทนต่อสภาวะกรดและเบสได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลส่งผลให้เวลาเกิดเจล (gel time) สั้นลง ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่ไอโซไซยานเนตที่มาก ทำให้เกิดเป็นเจลได้เร็วขึ้น

V. Athawale และคณะ [10] ได้ศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์สอดประสาน (Interpenetrating Polymer Networks, IPNs) ซึ่งสังเคราะห์มาจากพอลิยูรีเทน กับ พอลิเมทิลเมทาคริเลต (PMMA) โดยในขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมพอลิออลซึ่งสังเคราะห์มาจากน้ำมันละหุ่งกับกลีเซอรอลแล้วนำพอลิออลที่ได้มาทำปฏิกิริยากับโทลูอีนไดไอโซไซยานเนตได้เป็นพอลิยูรีเทนเรียกว่า CG-PU จากนั้นนำ CG-PU มาทำปฏิกิริยากับ PMMA ได้พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นร่างแหแบบสอดประสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักเรียนเห็นหน้าใบประกอบชิ้นงาน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 และ 2.4 พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของ NCO ส่งผลให้พอลิเมอร์สอดประสานที่ได้มีค่าความแข็งแรงดึงและความแข็งเพิ่มขึ้นด้วย แต่มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวลดลง เนื่องจากพอลิยูรีเทนที่เตรียมมาจากอัตราส่วนของ NCO สูงๆ จะมีพันธะเชื่อมโยงเกิดขึ้นมาก ทำให้พอลิเมอร์ที่ได้มีลักษณะแข็ง นอกจากนี้ยังได้เปรียบเทียบสมบัติของพอลิเมอร์สอดประสาน กับ โสโมพอลิเมอร์พอลิยูรีเทน (PU) โดยเปรียบเทียบพอลิเมอร์สอดประสานที่เตรียมจากพอลิยูรีเทนที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ พอลิยูรีเทน 1 คือ พอลิยูรีเทนที่เตรียมมาจากน้ำมันละหุ่งที่ปรับปรุงสมบัติด้วยการทำปฏิกิริยากับกลีเซอรอล (CG-IPN) พอลิยูรีเทน 2 คือ พอลิยูรีเทนที่เตรียมมาจากน้ำมันละหุ่งที่ไม่ได้ปรับปรุงสมบัติด้วยกลีเซอรอล (C-IPN) กับ โสโมพอลิเมอร์ของพอลิยูรีเทนทั้งสองชนิด คือ CG-PU และ C-PU ผลการทดสอบพบว่า CG-IPN ให้ค่าความแข็งแรงดึงและความแข็งสูงกว่า C-IPN CG-PU และ C-PU ตามลำดับ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าหลังการทำพอลิเมอร์สอดประสานช่วยปรับปรุงความแข็งแรงดึงและความแข็งของ โสโมพอลิเมอร์พอลิยูรีเทน

F. Aran-Ais และคณะ [11] ได้ศึกษาผลของการเติมกรดโรซิน (Rosin acid) ในระหว่างการผลิตเทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทนต่อสมบัติการติดของกาวพอลิยูรีเทนกับพอลิไวนิลคลอไรด์ ในขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมเทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทนจากพรีพอลิเมอร์ โดยปฏิกิริยาของ Diphenylmethane-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 เจลเพอเมอชัน โครมาโตกราฟี (GPC) เทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรโฟเมทรี (FTIR) เทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรเมทรี (NMR) และศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (DSC) เครื่องไดนามิกเมคคานิคอลเทอร์มัลแอนาไลเซอร์ (DMTA) จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดโรซินในพรีพอลิเมอร์ส่งผลให้น้ำหนักโมเลกุล และความหนืดของสารละลายเทอร์โมพลาสติก พอลิยูรีเทนเพิ่มขึ้น ช่วยปรับปรุงสมบัติด้านการไหลของสารละลายเทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทน ลดความเป็นผลึกของเทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทน และทำให้มีการเคลื่อนไหวของผลึกต่ำลง นอกจากนี้เมื่อนำกาวเทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้มาทดสอบสมบัติการยึดติดกับ พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของกรดโรซิน ค่า T-peel strength สูงขึ้น เนื่องจาก หมู่คาร์บอกซิลิกในโครงสร้างของกรดโรซินจะทำปฏิกิริยากับไอโซไซยานต เกิดเป็นเอไมด์ (amide) และเอไมด์ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยาต่อกับไอโซไซยานต เกิดเป็นอิมิด-ยูเรีย (Imide-urea) ดังนั้นกรดโรซินจึงช่วยปรับปรุงสมบัติการยึดติดของเทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทนกับ PVC ให้ สูงขึ้น

M.Jayabalan และคณะ [12] ได้ทำการศึกษาผลของสารเชื่อมโยง (Crosslinker) ต่อสมบัติ ความคงทน (Stability) ของพอลิยูรีเทนที่ถูกปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันละหุ่ง โดยในขั้นตอนแรก เป็นการเตรียมส่วนผสมที่ 1 คือ พรีพอลิเมอร์พอลิยูรีเทนโดยการผสมกันระหว่างน้ำมันละหุ่ง กับ เฮกซะเมทิลดีนไดไอโซไซยานต ได้เป็น Hydroxylated HD/02 และ Dehydroxylated HD/04 จากนั้นนำพรีพอลิเมอร์มาทำปฏิกิริยากับส่วนผสมที่ 2 คือ สารเชื่อมโยง โดยใช้สารเชื่อมโยงที่ แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พรีพอลิเมอร์ HD/02 ทำปฏิกิริยาเชื่อมโยงกับไดไอโซไซยานต ใช้ อัตราส่วนโดยโมลของ 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 จากนั้นนำพอลิยูรีเทนทั้งสอง ตัวมาทดสอบการบ่ม (Ageing) โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ผลการ ทดสอบพบว่าพอลิยูรีเทน HD/02 และพอลิยูรีเทน HD/04 มีน้ำหนักหายไปสูงสุดที่เวลา 100 ชั่วโมง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เท่ากับ 0.05% และ 0.02 % ตามลำดับ หลังจาก 100 ชั่วโมงผ่านไป น้ำหนักของพอลิยูรีเทนทั้งสองตัวไม่มีการเปลี่ยนแปลง และจากการวัดปริมาตรของพอลิยูรีเทนทั้ง สองตัวพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งน้ำหนักที่หายไปนี้อาจจะมาจากสิ่งเจือปนที่ ระเหยได้ แสดงให้เห็นว่าพอลิยูรีเทนทั้งสองตัวมีความคงทนต่อการบ่มตัวด้วยความร้อนได้ดี และได้ศึกษาถึงความคงทนของการเกิดปฏิกิริยา โดยนำพอลิยูรีเทนทั้งสองตัวมาทำสเตอริไรเซชัน (Sterilization) ที่ 2 สภาวะ คือ สภาวะที่ 1 ภายใต้ความร้อนและความดันที่สูง โดยให้ความร้อนที่ อุณหภูมิ 127°C ความดัน 20 psi เป็นเวลา 10 นาที ต่อ 1 รอบของการทดสอบ และสภาวะที่ 2 โดย การฉายรังสีแกมมาที่ความเข้ม 2.5 5.0 และ 7.5 Mrad เป็นเวลานาน 1 เดือน แล้วนำไปทดสอบการ เปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพอลิยูรีเทน โดยเปรียบเทียบกับพอลิยูรีเทนที่ไม่ได้ผ่านการทำ Sterilization ผลการทดสอบพบว่าหลังการทำสเตอริไรเซชัน ในทั้ง 2 สภาวะ เรซิน HD/02 มีการ เปลี่ยนแปลงน้ำหนักมากกว่าเรซิน HD/02 ที่ไม่ได้ผ่านการทำสเตอริไรเซชัน แต่ในเรซิน HD/04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าเรซินที่ผ่านการทำสเตอร์ไรเซชันมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักน้อยกว่าเรซิน HD/04 ที่ไม่ได้ผ่านการทำ sterilization เนื่องจากในพอลิยูรีเทนสองชนิดใช้สารเชื่อม โยงที่แตกต่างกัน โดยในเรซิน HD/02 ใช้ไดไอโซไซยานาตเป็นสารเชื่อม โยง ท่อน (Segment) ของน้ำมันละหุ่งจะมีปริมาณมากกว่าเรซิน HD/04 ที่ใช้พอลิออลเป็นสารเชื่อม โยง จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าปริมาณของน้ำมันละหุ่งมีผลต่อความคงทนของพอลิยูรีเทนในสภาวะการทำสเตอร์ไรเซชันทั้งสองสภาวะ ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้สารเชื่อม โยงที่แตกต่างกัน

S. Ajthkumar และคณะ [13] ได้ทำการศึกษาอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาพอลิยูรีเทนที่เตรียมมาจากพอลิออล 3 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำมันละหุ่ง มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล เท่ากับ 2.5 หมู่/โมล ฟรีพอลิเมอร์ R60 มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล เท่ากับ 5.0 หมู่/โมล และฟรีพอลิเมอร์ R92 มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล เท่ากับ 6.0 หมู่/โมล โดยนำพอลิออลแต่ละชนิดมาทำปฏิกิริยากับ โทลูอิน ไดไอโซไซยานาต (TDI) เกิดเป็นพอลิยูรีเทน แล้วทำการศึกษาอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 30 40 และ 50°C นอกจากนี้ยังทำการศึกษาดังผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ คือ ไดบิลทิลทิน ไดลอรเอต (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 นอกจากนี้หมู่ไฮดรอกซิลในน้ำมันละหุ่งจะเป็นชนิดทุติยภูมิ (Secondary) ซึ่งเกิดปฏิกิริยากับไอโซไซยานาตได้ช้า แต่ในฟรีพอลิเมอร์พอลิยูรีเทน R60 และ R92 จะมีหมู่ไฮดรอกซิลสองชนิดคือ ชนิดปฐมภูมิ (Primary) และทุติยภูมิ ซึ่งหมู่ไฮดรอกซิลชนิดปฐมภูมิสามารถเกิดปฏิกิริยากับไอโซไซยานาตได้เร็วกว่า และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาพบว่า พอลิยูรีเทนที่เตรียมมาจากพอลิออลทั้ง 3 ตัว มีค่า k เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา DBTDL พบว่าในปฏิกิริยาที่ใช้ DBTDL ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น และพบว่า การเพิ่มปริมาณของ DBTDL จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น โดยปริมาณของ DBTDL ที่เหมาะสมคือ 0.0017 โมล/ลิตร เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณของ DBTDL มากกว่านี้จะไม่ส่งผลต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยา

S.H. Iman และคณะ [14] ได้ศึกษาสมบัติของกาวติดไม้สำหรับงานภายใน ที่เตรียมจากวัตถุดิบธรรมชาติ ได้แก่ แป้ง โดยนำแป้งมาผสมกับพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVOH) แล้วนำมาทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยากับ Hexamethoxymethylmelamine (Cymel 323) เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงโดยเกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนหมู่เอสเทอร์ (Transesterification) ซึ่งหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ที่มีอยู่ในโมเลกุลของแป้ง PVOH และไม้ จะถูกแทนที่ที่ตำแหน่งหมู่เมทอกซี (Methoxy) ของ Cymel 323 ทำให้เกิดการเชื่อมโยงด้วยพันธะอีเทอร์ระหว่างโมเลกุลของ Cymel 323 ที่มีวงแหวนเบนซีนอยู่ในโครงสร้างกับแป้ง PVOH และไม้ โดยในขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมกาวจากปฏิกิริยาระหว่าง PVOH แป้ง และ Cymel 323 โดยใช้กรดซิตริก (Citric) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากนั้นนำกาวไปทาลงบนไม้โดยใช้ไม้สน 3 ชั้นประกบกัน ใช้ปริมาณกาวทั้งหมดเท่ากับ 130 กรัม/ตารางเมตร หลังทากาวให้ทิ้งไว้ 15 นาที เพื่อไล่ความชื้นออก จากนั้นนำไปอัดที่ความดัน 1.6 MPa อุณหภูมิ 125-175°C เป็นระยะเวลา 15-30 นาที แล้วนำไปวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งความชื้นความชื้นเท่ากับ 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 แล้วนำไปทดสอบการต้านทานความชื้น ด้วยวิธีการวัด %RH ผลการทดสอบพบว่า กาวสูตรที่ (1) มีค่า %RH เท่ากับ 50% และกาวสูตรที่ (2) มีค่า %RH เท่ากับ 75% จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ากาวที่ถูกเชื่อมโยงด้วย Cymel 323 ทำให้สมบัติของกาวดีขึ้น ได้แก่ ค่าความแข็งแรงเฉือนสูงขึ้น เนื่องจากเกิดพันธะอีเทอร์เชื่อมโยงระหว่างหมู่ OH ในโมเลกุลของไม้กับ Cymel 323 และมีความต้านทานต่อความชื้นสูงขึ้น เนื่องจากหลังการเชื่อมโยงทำให้ปริมาณของหมู่ OH ลดลง นอกจากนี้ยังปรับปรุงสมบัติของกาวสูตรที่ (2) ด้วยวิธีการเติมลาเทกซ์ลงไป 5-7% โดยน้ำหนัก ผลการทดสอบพบว่าหลังเติมลาเทกซ์ลงไปช่วยทำให้กาวที่เชื่อมโยงมี %Veneer Failure และความต้านทานต่อความชื้นสูงขึ้นอีก

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี

1. เมทิลเมทาคริเลต (Methylmethacrylate, MMA) บริษัท V.I.V เกรดการค้า
2. บิวทิลอะคริเลต (Butyl Acrylate, BA) บริษัท V.I.V เกรดการค้า
3. ไฮดรอกซี เอทิล เมทาคริเลต (Hydroxy ethyl methacrylate, HEMA) บริษัท V.I.V เกรดการค้า
4. กรดอะคริลิก (Acrylic acid, AA) บริษัท V.I.V เกรดการค้า
5. สไตรีน (Styrene, ST) บริษัท Shell เกรดการค้า
6. เทอเทียรีบิวทิล เปอร์ออกไซด์ 2-เอทิลเฮกซาโนเอต (t-Butyl peroxy 2-ethyl hexanoate, PBO) น้ำหนักโมเลกุล 216.32 กรัมต่อ โมล บริษัท MNC เกรดการค้า
7. โทลูอีน (Toluene) บริษัท Shell เกรดการค้า
8. เอทิลอะซิเตต (Ethyl acetate, EA) น้ำหนักโมเลกุล 88 กรัมต่อ โมล บริษัท V.I.V เกรดการค้า
9. น้ำมันลินสีด (Linseed oil) บริษัท UNION CHEMICAL เกรดการค้า
10. โทลูอีนไดไอโซไซยานาต (TDI) NCO% = 13.0 บริษัท Mitsui Takeda Chemical เกรดการค้า
11. เมทิลีนไดไอโซไซยานาต (MDI) NCO% = 31.3 บริษัท Mitsui Takeda Chemical เกรดการค้า
12. ไม้ปียส (Beach)

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Fourier transform infrared spectrophotometer, FTIR) บริษัท Perkin Elmer รุ่น FTIR Spectrum One
2. เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (Differential scanning calorimeter, DSC) บริษัท METTLER TOLEDO รุ่น 822 e
สถานะที่ใช้ในการวิเคราะห์
อุณหภูมิที่ใช้วิเคราะห์ : ขึ้นกับค่า T_g ของตัวอย่างที่วิเคราะห์ (แสดงผลในภาคผนวก จ)
อัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน : 1.5-2 L/min
ปริมาณของสารตัวอย่าง : 3-7 mg
3. เครื่องเจลเพอเมชันโครมาโทกราฟี (Gel permeation chromatography, GPC) บริษัท Shimadzu รุ่น 10AVP
สถานะที่ใช้ในการวิเคราะห์ :
คอลัมน์ : Shodex KF-802

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้พอลิสไตรีนเป็นสารมาตรฐาน (PS)

วิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลในช่วง 500-1,000,000

สารละลาย : เตตระไฮโดรฟูเรน (THF)

อุณหภูมิคอลัมน์ : 40°C

อุณหภูมิ Injection : 40°C

อุณหภูมิ Solvent/pump : 40°C

อัตราการไหล : 1.0 ml/min

ปริมาณในการฉีด : 100 µl

เวลาในการวิเคราะห์ : 30 min

ดีเทคเตอร์ : Refractive index

การเตรียมตัวอย่าง : ละลายด้วย THF

4. เครื่องทดสอบแรงกด (Universal Testing Machine) บริษัท Instron รุ่น HI502

5. เครื่องวัดความหนืด แบบ Brookfield viscometer บริษัท SCIENTIFIC PROMOTION รุ่น LVT

6. มอเตอร์พร้อมใบพัดปั่นกวน บริษัท HEIDON รุ่น 600G

7. ป้อนสูบลมอเนอเมอร์ บริษัท Prominent รุ่น gamma/L

8. อ่างน้ำมัน สำหรับให้ความร้อน

9. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง บริษัท METTLER TOLEDO รุ่น AX204

10. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด 2 ตำแหน่ง บริษัท METTLER TOLEDO รุ่น PB403-S

11. ตู้อบสาร บริษัท TABAI รุ่น IPH-200

12. เคชเคเตอร์

13. บริภัณฑ์เครื่องแก้ว

14. เทอร์มอมิเตอร์

15. อ่างควบคุมอุณหภูมิ

16. นาฬิกาจับเวลา

17. เครื่องอัดไม้ บริษัท T.M.C. รุ่น 11P-80

18. ลูกกลิ้งสำหรับใช้ทาขาว

19. กล้อง Optical microscope (OM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.3.1 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย

ใช้สูตรในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สูตรที่ใช้สังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต

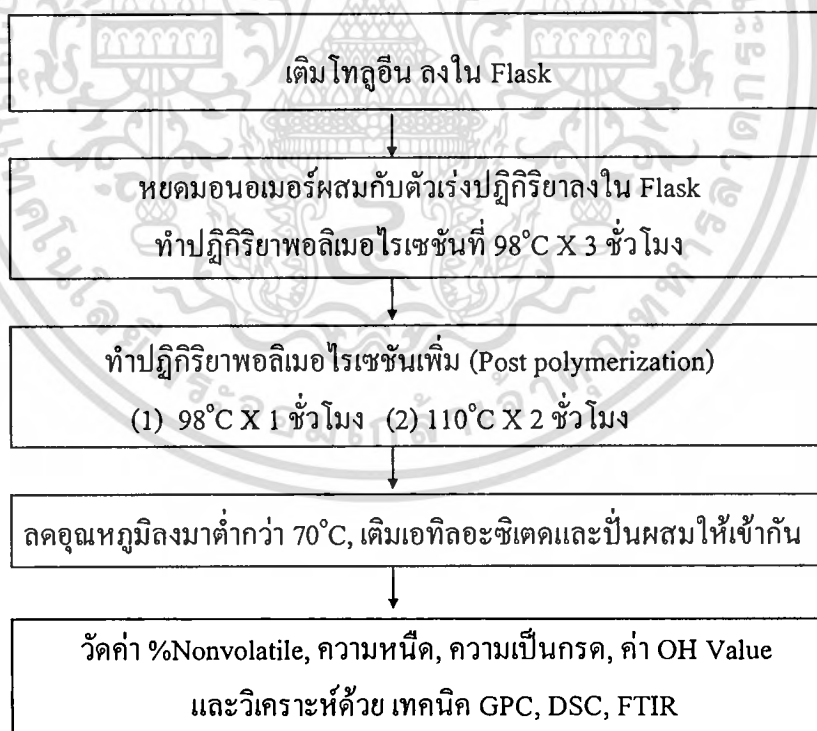
	มอนอเมอร์ (% โดยน้ำหนัก)					PBO (%โดย น้ำหนัก)	น้ำมัน ลินสีด (%โดย น้ำหนัก)	อัตราส่วนของ ตัวทำละลาย Toluene/EA
	ST	MMA	BA	HEMA	AA			
พอลิออล 1	30	30	11	28	1	7.5	0	65/35
พอลิออล 2	30	30	11	28	1	7.5	5	60/40
พอลิออล 3	30	30	11	28	1	7.5	10	60/40
พอลิออล 4	30	30	11	28	1	7.5	15	60/40
พอลิออล 5	30	30	11	28	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

3.3.1.1 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่ไม่มีองค์ประกอบของน้ำมันลินสีด

(พอลิออล 1, 7, 8, 9, 10)

1. ชั่งโทลูอีนตามปริมาณที่กำหนดในตารางที่ ก-2 (ภาคผนวก ก) ลงใน Flask ขนาด 2 ลิตร
2. ชั่งมอนอเมอร์ตามปริมาณที่กำหนดในตารางที่ ก-1 (ภาคผนวก ก) ลงในขวด ขนาด 2 ลิตร
3. เติมตัวเร่งปฏิกิริยา t-Butyl peroxy 2-ethyl hexanoate (PBO) ตามปริมาณที่กำหนดในตารางที่ ก-2 (ภาคผนวก ก) ลงในขวดแก้วที่ชั่งมอนอเมอร์ผสมในข้อ 2 ใช้แท่งแก้วคน PBO และมอนอเมอร์ให้เข้ากัน

4. ให้ความร้อนกับโทลูอินใน Flask โดยควบคุมให้อุณหภูมิของโทลูอิน เท่ากับ 98°C เปิดใบพัดความเร็ว 180 รอบ/นาที และผ่านแก๊สไนโตรเจนลงใน Flask ตลอดเวลา
5. ใช้ปั๊มควบคุมอัตราการผสมที่ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยาแล้ว ลงใน Flask โดยควบคุมอัตราการผสมของมอนอเมอร์ประมาณ 269 กรัม/ชั่วโมง ใช้เวลาในการผสมมอนอเมอร์ผสมลงใน Flask 3 ชั่วโมง ควบคุมอุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน ที่ 98°C เปิดใบพัดความเร็ว 180 รอบ/นาที และผ่านแก๊สไนโตรเจนลงใน Flask ตลอดเวลา
6. ทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันต่อโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 98°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
7. ทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันต่อโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
8. ลดอุณหภูมิลงมาต่ำกว่า 70°C เติมเอทิลอะซิเตด ตามปริมาณที่กำหนดในตารางที่ ก-2 (ภาคผนวก ก) จากนั้นปั่นผสมให้เข้ากัน
9. นำพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่เตรียมได้ไปวัดค่า %Nonvolatile ตามมาตรฐาน JIS K5407, ความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer, ค่าความเป็นกรด (AV) ตามมาตรฐาน JIS K5407, ปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิล (OH Value) ตามมาตรฐาน JIS K1557, หาค่าน้ำหนักโมเลกุลด้วยเทคนิค GPC, หาค่า T_g ด้วยเทคนิค DSC, ตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR

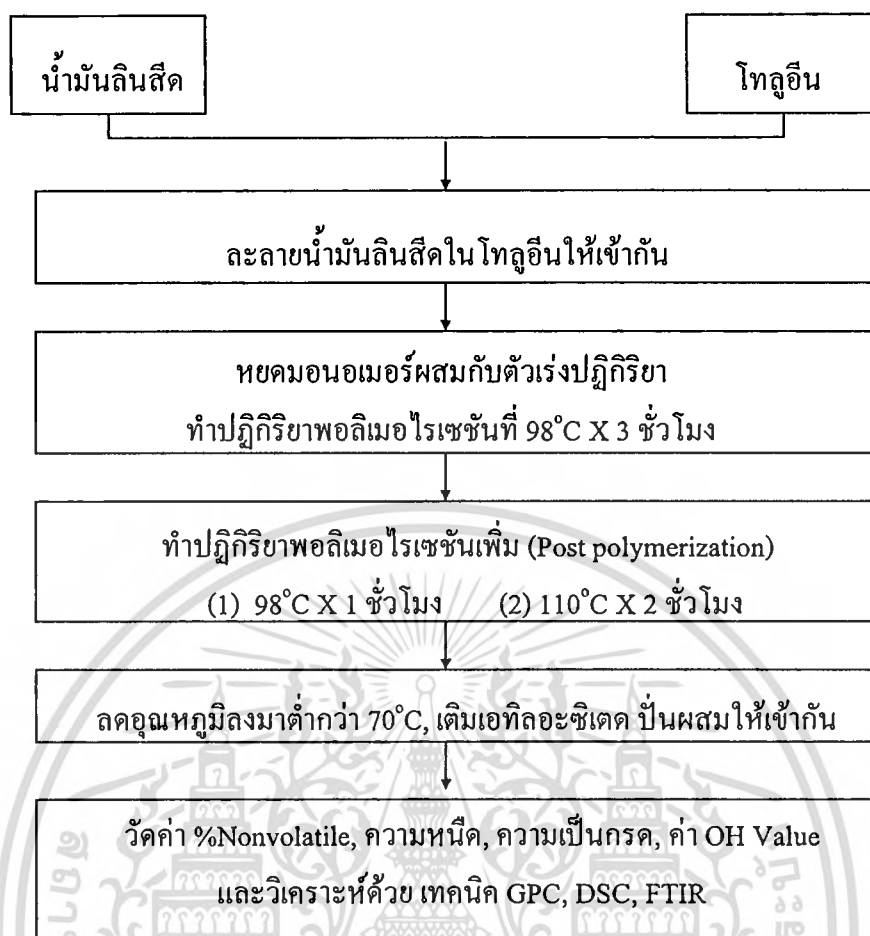


รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่ไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ

3.3.1.2 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่มีองค์ประกอบของน้ำมันลินสีด

(พอลิออก 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13)

1. ชั่งน้ำมันลินสีดตามปริมาณที่กำหนดในตารางที่ ก-2 (ภาคผนวก ก) ลงใน Flask
2. เติมโทลูอีนตามปริมาณที่กำหนดในตารางที่ ก-2 (ภาคผนวก ก) ลงใน Flask แล้วเปิดใบพัดความเร็ว 180 รอบ/นาที ปั่นจนให้น้ำมันลินสีดละลายในโทลูอีน
3. ชั่งมอนอเมอร์ตามปริมาณที่กำหนดในตารางที่ ก-1 (ภาคผนวก ก) ลงในขวดขนาด 2 ลิตร
4. เติมตัวเร่งปฏิกิริยา t-Butyl peroxy 2-ethyl hexanoate (PBO) ตามปริมาณที่กำหนดในตารางที่ ก-2 (ภาคผนวก ก) ลงในขวดแก้วที่ชั่งมอนอเมอร์ผสมในข้อ 2 ใช้แท่งแก้วคน PBO และมอนอเมอร์ให้เข้ากัน
5. ให้ความร้อนกับโทลูอีนใน Flask โดยควบคุมให้อุณหภูมิของโทลูอีน เท่ากับ 98°C เปิดใบพัดความเร็ว 180 รอบ/นาที และผ่านแก๊สไนโตรเจนลงใน Flask ตลอดเวลา
6. ใช้ปั๊มดูดมอนอเมอร์ผสมที่ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยาแล้ว ลงใน Flask โดยควบคุมอัตราการหยดมอนอเมอร์ประมาณ 269 กรัม/ชั่วโมง ใช้เวลาในการหยดมอนอเมอร์ผสมลงใน Flask 3 ชั่วโมง ควบคุมอุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ที่ 98°C เปิดใบพัดความเร็ว 180 รอบ/นาที และผ่านแก๊สไนโตรเจนลงใน Flask ตลอดเวลา
7. ทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันต่อ โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 98°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
8. ทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันต่อ โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
9. ลดอุณหภูมิลงมาต่ำกว่า 70°C เติมเอทิลอะซิเตด ตามปริมาณที่กำหนดในตารางที่ ก-2 (ภาคผนวก ก) จากนั้นปั่นผสมให้เข้ากัน
10. นำพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่เตรียมได้ไปวัดค่า %Nonvolatile ตามมาตรฐาน JIS K5407, ความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield viscometer, ค่าความเป็นกรด (AV) ตามมาตรฐาน JIS K5407, ปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิล (OH Value) ตามมาตรฐาน JIS K1557, หาค่าน้ำหนักโมเลกุลด้วยเทคนิค GPC, หาค่า Tg ด้วยเทคนิค DSC, ตรวจสอบวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ

3.3.2 การวิเคราะห์และพิสูจน์เอกลักษณ์ของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต

3.3.2.1 การหาค่า %Nonvolatile : ตามมาตรฐาน JIS K5407 : 1990

1. เปิดสวิตซ์ตู้อบและตั้งอุณหภูมิที่ 105°C
2. ชั่งน้ำหนักกระถางรวมกับคลิป 1 อัน บันทึกน้ำหนักด้วยตัวเลขทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3. ชั่งน้ำหนักพอลิเมอร์ 1.5 กรัมลงในกระถางที่ทราบน้ำหนักแน่นอน โดยบันทึกน้ำหนักด้วยตัวเลขทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. ใช้คลิปหนีพอลิเมอร์ ให้กระจายทั่วทั้งกระถาง เพื่อเฉลี่ยความหนาให้เท่ากัน
5. เตรียมพอลิเมอร์ ตัวอย่างละ 3 กระถาง
6. ใส่พอลิเมอร์ที่ชั่งน้ำหนักในตู้อบที่มีอุณหภูมิเท่ากับ $105 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
7. หลังจากครบ 3 ชั่วโมง นำพอลิเมอร์ออกจากตู้อบ ใส่ในเดซิเคเตอร์ ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักพอลิเมอร์ ด้วยตัวเลขทศนิยม 4 ตำแหน่ง
8. การคำนวณหาค่า %Nonvolatile (%NV)

$$\%NV = \frac{[\text{น้ำหนัก (พอลิเมอร์ + กระทง + คลิป) หลังอบ} - \text{น้ำหนัก (กระทง + คลิป)}] \times 100}{\text{น้ำหนักพอลิเมอร์ก่อนเข้าสู่อบ}}$$

9. การรายงานค่าโดยใช้ค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ค่า ถ้าในกรณีที่มีค่าใดค่าหนึ่งมีความแตกต่างมากให้ตัดค่านั้นออกแล้วเฉลี่ยเพียง 2 ค่า

3.3.2.2 การหาค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer (แบบ LVT)

1. เทตัวอย่างพอลิเมอร์ลงในบีกเกอร์ขนาด 500 ml แล้วแช่ลงในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 25°C

2. ปรับอุณหภูมิของพอลิเมอร์เป็น 25°C โดยใช้เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิ

3. จุ่มโรเตอร์ที่จะใช้ลงในพอลิเมอร์ แล้วหมุนสกรูต่อเชื่อมเข้ากับเครื่องวัดความหนืด จากนั้นเลื่อนโรเตอร์ลงมาถึงตำแหน่งที่กำหนดไว้

4. ตั้งความเร็วรอบในการหมุนโรเตอร์ (rpm) ที่ต้องการใช้ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเปิดสวิตช์ให้มอเตอร์หมุน เป็นเวลา 3 นาที อ่านค่าและจดบันทึกเป็นทศนิยมตำแหน่งเดียว

5. คำนวณหาค่าความหนืดที่วัดได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ค่าความหนืด (Poise/25°C)} = \frac{A \times B}{100}$$

เมื่อ A คือ ค่าที่อ่านได้จากสเกลบนมิเตอร์

B คือ ค่าคงที่สำหรับการคำนวณซึ่งเทียบได้ตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าคงที่สำหรับการคำนวณหาค่าความหนืดแบบ Brookfield

โรเตอร์ รอบ	1	2	3	4
6	10	50	200	1000
12	5	25	100	500
30	2	10	40	200
60	1	5	20	100

3.3.2.3 การหาค่าความเป็นกรด (Acid Value) : ตามมาตรฐาน JIS K 5407 : 1990

1. ชั่งตัวอย่างพอลิเมอร์ประมาณ 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ จดบันทึกน้ำหนักที่ชั่งด้วยตัวเลขทศนิยม 2 ตำแหน่ง

2. ละลายตัวอย่างพอลิเมอร์ด้วยตัวทำละลายผสม ไซลีน/บิวทานอล อัตราส่วน 1/1 โดยน้ำหนัก ประมาณ 25 – 30 ml

3. ใส่อินดิเคเตอร์ 1%ฟีนอล์ฟทาเลิน ลงไป 2-3 หยด เขย่าจนกระทั่งละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

4. นำไปไทเทรตด้วยสารละลาย 0.1 N KOH จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู

5. นำค่าที่อ่านได้จากการไทเทรตมาคำนวณหาค่าความเป็นกรด ดังนี้

$$\text{Acid Value (KOH มิลลิกรัม/กรัม)} = \frac{56.1 \times [\text{KOH}] \times V_{\text{KOH}}}{W_t}$$

เมื่อ ; V_{KOH} คือ ปริมาตรของ 0.1 N KOH ที่ใช้ไทเทรต (มล.)

W_t คือ น้ำหนักของตัวอย่างพอลิเมอร์ที่ใช้

$[\text{KOH}]$ คือ ค่าความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย 0.1 N KOH

3.3.2.4 การหาค่าไฮดรอกซิล (OH Value) : ตามมาตรฐาน JIS K 1557 : 1970

1. การเตรียม Reagent

1.1 เตรียม Phthalic Anhydride ใน Pyridine

ชั่ง Phthalic Anhydride 42.00 กรัม เติม Pyridine 300 มล. ใส่ในขวดสีชา ปิดฝา เขย่าให้ของแข็งละลายอย่างสมบูรณ์ และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน ก่อนการใช้งาน

1.2 เตรียมสารละลาย 0.5 N Potassium hydrogen Phthalate (KHP)

- ออบ KHP ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- ชั่งน้ำหนัก KHP ประมาณ 10.21 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มล. ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วเทลงในขวดปริมาตรขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
- คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย KHP

$$[\text{KHP}] = \frac{\text{น้ำหนักของ KHP} \times 1000}{204.22 \times 100}$$

1.3 สารละลาย 0.5 N NaOH

ชั่ง NaOH 20.40 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นประมาณ 50-60 มล. จากนั้นค่อยๆ เทสารละลาย NaOH ลงในขวดปริมาตรขนาด 1000 มล. และใช้น้ำกลั่นล้างในบีกเกอร์ แล้วเทลงในขวดวัดปริมาตร ทำซ้ำ 3-4 ครั้ง จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1000 มล.

1.4 หาความเข้มข้นของสารละลาย 0.5 N NaOH

- ปิเปตสารละลาย 0.5 N KHP 25 มล. ใส่ในขวดรุ่มพูนขนาด 250 มล.
- หยด 1%ฟีนอล์ฟทาเลิน ลงไป 3-4 หยด

- ไทเทรตด้วยสารละลาย 0.5 N NaOH จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู
บันทึกปริมาตรของสารละลาย 0.5 N NaOH

ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH = $\frac{[KHP] \times 25}{V_{NaOH}}$

เมื่อ ; V_{NaOH} คือ ปริมาตรของ 0.5 N NaOH ที่ใช้ไทเทรต (มล.)

[KHP] คือ ความเข้มข้นของ KHP

1.5 สารละลาย 1% ฟีนอล์ฟทาลินใน Pyridine (1% น้ำหนัก/ปริมาตร)

ชั่งฟีนอล์ฟทาลิน 1.00 กรัม ละลายด้วย Pyridine ประมาณ 50-60 มล. จากนั้นค่อยๆ เทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มล. ด้วย Pyridine

2. ชั่งตัวอย่างพอลิเมอร์ประมาณ 3 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.

3. ใช้ปิเปตเติมสารละลาย Phthalic Anhydride ปริมาตร 25 มล. ลงในขวดรูปชมพู่ ใส่คอนเดนเซอร์ นำไปแช่ในอ่างน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 98°C นาน 2 ชั่วโมง

4. หลังจากครบ 2 ชั่วโมง นำมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

5. เติมสารละลาย 0.5 N NaOH 50 มล. และ 1% ฟีนอล์ฟทาลินใน Pyridine ลงไป 10 หยด

6. นำไปไทเทรตด้วยสารละลาย 0.5 N NaOH จนกระทั่งสารละลายถึงจุดยุติ โดยสีของสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู

7. เตรียม blank ด้วยวิธีการเดียวกัน ตามข้อ 3 – 6

8. การคำนวณ หาค่า OH value

$$\text{OH value (KOH มิลลิกรัม/กรัม)} = \frac{56.1 \times (B - C) \times [\text{NaOH}] + AV}{Wt}$$

เมื่อ B คือ ปริมาตรของสารละลาย 0.5 N NaOH ที่ใช้ในการไตเตรตกับ blank (มล.)

C คือ ปริมาตรของสารละลาย 0.5 N NaOH ที่ใช้ในการไตเตรตกับตัวอย่างพอลิเมอร์ (มล.)

[NaOH] คือ ค่าความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย 0.5 N NaOH

Wt คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

AV คือ ค่าความเป็นกรด (KOH มิลลิกรัม/กรัม)

3.3.2.5 การหาค่าความคงทนในการเก็บรักษา (Stability)

1. นำพอลิเมอร์รวมอะคริเลตที่สังเคราะห์ได้มาจัดเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิประมาณ 30-31°C)

2. นำมาวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer บันทึกค่าทุกๆ 1 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การเตรียมกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน

ผสมพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตกับไดไอโซไซยานเนต โดยคำนวณปริมาณของสารที่ใช้จากอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ไอโซไซยานเนต/หมู่ไฮดรอกซิล (NCO/OH) ตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สูตรกาวที่ใช้ทดสอบตามอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH

กาวสูตรที่	จำนวน โมลของหมู่ NCO จากไดไอโซไซยานเนต		จำนวน โมลของหมู่ OH จากพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลต
	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

วิธีการคำนวณหาปริมาณการใช้พอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตและไดไอโซไซยานเนต

(1) คำนวณหา %NCO ในไอโซไซยานเนตพรีพอลิเมอร์

ไอโซไซยานเนตพรีพอลิเมอร์ (Isocyanate-prepolymer) 1 โมล แตกตัวให้หมู่ NCO 1 โมล น้ำหนักโมเลกุลของ (Mw) ของ NCO เท่ากับ 42 กรัม / โมล

คำนวณหา %NCO ในไอโซไซยานเนตพรีพอลิเมอร์

กำหนดให้ ไอโซไซยานเนตพรีพอลิเมอร์ 1 โมล มีน้ำหนัก Mw กรัม

กำหนดให้ Mw ไอโซไซยานเนตพรีพอลิเมอร์ คือ น้ำหนักโมเลกุลของไอโซไซยานเนตพรีพอลิเมอร์ 1 โมล จากไอโซไซยานเนตพรีพอลิเมอร์ 1 โมล มี NCO 1 โมล

ดังนั้น ไอโซไซยานเนตพรีพอลิเมอร์น้ำหนัก Mw กรัม มี NCO น้ำหนัก 42 กรัม

ถ้าไอโซไซยานเนตพรีพอลิเมอร์น้ำหนัก 100 กรัม มี NCO น้ำหนัก 42×100 กรัม

$$\frac{Mw \text{ ไอโซไซยานเนตพรีพอลิเมอร์}}{100}$$

เมื่อ %NCO คือ น้ำหนักของ NCO เป็นกรัม/น้ำหนักของไอโซไซยานเนตพรีพอลิเมอร์ 100 กรัม

$$\text{ดังนั้น } \%NCO = \frac{42 \times 100}{Mw_{\text{ไอโซไซยานาทรีพอลิเมอร์}}}$$

สมการที่ (1)

(2) คำนวณหาจำนวนโมลของไอโซไซยานาทรีพอลิเมอร์

$$\text{จากสมการ (1) จะได้ } Mw_{\text{ไอโซไซยานาทรีพอลิเมอร์}} = \frac{100 \times 42}{\%NCO}$$

สมการที่ (2)

$$\text{จาก โมล}_{\text{ไอโซไซยานาทรีพอลิเมอร์}} = \frac{Wt_{\text{ไอโซไซยานาทรีพอลิเมอร์}}}{Mw_{\text{ไอโซไซยานาทรีพอลิเมอร์}}}$$

$$\text{ดังนั้น } Mw_{\text{ไอโซไซยานาทรีพอลิเมอร์}} = \frac{Wt_{\text{ไอโซไซยานาทรีพอลิเมอร์}}}{\text{โมล}_{\text{ไอโซไซยานาทรีพอลิเมอร์}}}$$

สมการที่ (3)

แทน $Mw_{\text{ไอโซไซยานาทรีพอลิเมอร์}}$ จากสมการที่ (3) ลงในสมการที่ (2) เพื่อหา $\text{โมล}_{\text{ไอโซไซยานาทรีพอลิเมอร์}}$

$$\text{โมล}_{\text{ไอโซไซยานาทรีพอลิเมอร์}} = \frac{\%NCO \times Wt_{\text{ไอโซไซยานาทรีพอลิเมอร์}}}{42 \times 100}$$

สมการที่ (4)

(3) การคำนวณค่า OH Value (solid) และจำนวนโมลของมอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล กำหนดให้ 1. ฐานการคำนวณ คือ พอลิโอด (Polyol) น้ำหนัก 100 กรัม
2. พอลิโอดมีมอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH) = Wt %

$$\text{เพราะฉะนั้น โมลของมอนอเมอร์ที่มีหมู่ OH} = \frac{Wt_{\text{(มอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล)}}}{100} \times \frac{1}{Mw_{\text{(มอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล)}}}$$

หาจำนวนโมลของ OH โดย OH จะสมมูลกับ KOH ในอัตราส่วน 1 : 1 โดยโมล

$$\text{ดังนั้น โมลของมอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล} = \text{โมลของ KOH}$$

$$\frac{(Wt_{\text{มอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล}} / 100)}{Mw_{\text{มอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล}}} = \frac{\text{มิลลิกรัมของ KOH}}{56100}$$

กำหนดให้ค่า เมื่อ OH Value (Solid) คือ มิลลิกรัมของ KOH/กรัมของพอลิโอด

$$\text{ดังนั้น } \frac{(Wt_{\text{มอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล}} / 100)}{Mw_{\text{มอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล}}} = \frac{\text{OH Value (Solid)}}{56100}$$

$$\text{OH Value (Solid)} = \frac{56100 \times Wt_{\text{มอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล}}}{100 \times Mw_{\text{มอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล}}}$$

สมการที่ (5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{หรือ OH Value (Solid)} = \frac{56100 \times \text{โมล มอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล}}{100}$$

คำนวณหาจำนวน โมลของมอนอเมอร์ที่ให้หมู่ OH ในพอลิออลน้ำหนัก 100 กรัม จาก

$\text{โมลของมอนอเมอร์ที่ให้หมู่ OH} = \frac{\text{OH Value (Solid)} \times 100}{56100}$	สมการที่ (6)
--	--------------

(4) คำนวณหาปริมาณของไอโซไซยาเนตที่ต้องใช้

การคำนวณหาน้ำหนักของพรีพอลิเมอร์ไอโซไซยาเนต ที่ทำปฏิกิริยากับพอลิออลปริมาณ 100 กรัม กรณีที่อัตราส่วนในการทำปฏิกิริยาของ NCO : OH = 1 : 1 โดยโมล โมลของไอโซไซยาเนตพรีพอลิเมอร์ = โมลของมอนอเมอร์ที่ให้หมู่ OH ในพอลิออล 100 กรัม จากสมการที่ (4) และสมการที่ (6)

$$\frac{\text{NCO}\% \times \text{Wt ไอโซไซยาเนตพรีพอลิเมอร์}}{42 \times 100} = \frac{\text{OH Value (Solid)} \times 100}{56100}$$

$$\text{Wt ไอโซไซยาเนตพรีพอลิเมอร์} = \frac{\text{OH Value (Solid)} \times 100 \times 42 \times 100}{56100 \times \text{NCO}\%}$$

$\text{Wt ไอโซไซยาเนตพรีพอลิเมอร์} = \frac{7.5 \times \text{OH Value (Solid)}}{\text{NCO}\%}$	สมการที่ (7)
---	--------------

ดังนั้นในกรณีที่พอลิออลมี %Solid เท่ากับ 100% น้ำหนักของไอโซไซยาเนตพรีพอลิเมอร์ (กรัม) ใช้ทำปฏิกิริยากับพอลิออล 100 กรัม ได้จากสมการที่ (7)

ความสัมพันธ์ระหว่าง OH value (Solid) และ OH Value (Varnish)

กำหนดให้พอลิออลที่เป็น Solid หมายถึง พอลิออลที่เป็นพอลิเมอร์ 100% (ระบบไม่มีตัวทำละลาย) และพอลิออลที่เป็น Varnish หมายถึง พอลิออลที่ระบบประกอบด้วยพอลิเมอร์และตัวทำละลาย โดยพอลิออลที่มี %Solid เท่ากับ 60% หมายความว่า ในพอลิออลน้ำหนัก 100 กรัม มีน้ำหนักของส่วนที่เป็นพอลิเมอร์ (ส่วนที่เป็น Solid) เท่ากับ 60 กรัม (ตัวทำละลาย เท่ากับ 40 กรัม) ดังนั้นถ้าต้องการหา OH Value (Solid) จากส่วนที่เป็นพอลิเมอร์ 60 กรัม จะหาได้จาก พอลิออล (ที่มี %Solid เท่ากับ 100%) น้ำหนัก 100 กรัม มี OH Value (Solid) = Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าพอลิออล (ที่มี %Solid เท่ากับ 100%) น้ำหนัก 60 กรัม จะมี OH Value (Solid) = $\frac{(Y) \times 60}{100}$

ดังนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่าง OH value (Solid) และ OH Value (Varnish) ได้ดังนี้

$$\text{OH Value (Varnish)} = \frac{\text{OH Value (Solid)} \times \% \text{Solid}}{100} \quad \text{สมการที่ (8)}$$

$$\text{หรือ OH Value (Solid)} = \frac{\text{OH Value (Varnish)} \times 100}{\% \text{Solid}} \quad \text{สมการที่ (9)}$$

แทนค่าสมการที่ (9) ลงในสมการที่ (7)

$$\text{Wt ไอโซไซยานตพรีพอลิเมอร์} = \frac{7.5 \times \text{OH Value (Varnish)} \times 100}{\% \text{NCO} \times \% \text{Solid}} \quad \text{สมการที่ (10)}$$

หาน้ำหนักของไอโซไซยานตพรีพอลิเมอร์ (กรัม) ที่ใช้ทำปฏิกิริยากับพอลิออล (Varnish) 100 กรัม พอลิเมอร์น้ำหนัก 100 กรัม ใช้ $\text{Wt ไอโซไซยานตพรีพอลิเมอร์} = \frac{7.5 \times \text{OH Value (Varnish)} \times 100}{\% \text{NCO} \times \% \text{Solid}}$

ถ้าต้องการหาพอลิเมอร์น้ำหนัก %solid กรัม จะใช้ $\text{Wt ไอโซไซยานตพรีพอลิเมอร์}$ เท่ากับ

$$\text{Wt ไอโซไซยานตพรีพอลิเมอร์} = \frac{7.5 \times \text{OH Value (Varnish)} \times 100 \times \% \text{Solid}}{\% \text{NCO} \times \% \text{Solid} \times 100}$$

$$\text{Wt ไอโซไซยานตพรีพอลิเมอร์} = \frac{7.5 \times \text{OH Value (Varnish)}}{\% \text{NCO}} \quad \text{สมการที่ (11)}$$

ดังนั้นหาน้ำหนักของไอโซไซยานตพรีพอลิเมอร์ (กรัม) ที่ใช้ทำปฏิกิริยากับพอลิออล (Varnish) ปริมาณ 100 กรัม ได้จากสมการที่ (11)

ตัวอย่างการคำนวณ

กรณีที่ใช้อัตราส่วน NCO/OH = 1/1

พอลิออลมีค่า OHV (Varnish) = 72, TDI มีค่า % NCO = 13

ใช้สมการที่ (11) คำนวณหาน้ำหนักของ TDI (กรัม) ต่อน้ำหนักของพอลิออล 100 กรัม

น้ำหนักของ TDI ที่ใช้ = $7.5 \times 72 = 41.54$

13

ดังนั้น ในสูตรกาจะใช้พอลิออล = 100 กรัม และ TDI = 41.54 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 วิธีการทดสอบกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน

3.3.4.1 วิธีการวัดค่าเวลาในการเกิดเจล (Gel time)

1. เตรียมกาวพอลิยูรีเทน ด้วยการผสมพอลิเมอร์รวมอะครีเลตกับไดไอโซไซยานต ตามอัตราส่วนที่กำหนดในตารางที่ 3.3 จากนั้นชั่งน้ำหนักกาวประมาณ 50 กรัม ใส่ลงในขวดแก้ว ฝาแน่น ปิดฝาแล้วเริ่มจับเวลา

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



รูปที่ 3.3 วิธีวัดค่าเวลาในการเกิดเจล

3.3.4.2 การทดสอบค่าความแข็งแรงดึงตามมาตรฐาน BS EN204

3.3.4.2.1 การตากกาวและการอัดไม้

1. ตัดไม้บีช (Beech) ขนาด 100 × 200 มิลลิเมตร
2. ใช้ตุ๊กถ่วงตากกาวตามอัตราส่วนที่ผสมไว้ โดยใช้ปริมาณกาว 0.03 กรัม/เซนติเมตร² สำหรับทาไม้ 2 ด้านที่ประกบกัน ตัวอย่างเช่น พื้นที่ไม้ 200 เซนติเมตร² ใช้ปริมาณกาวทั้งหมด 6 กรัม โดยตากกาวด้านละ 3 กรัม ใช้เวลาตั้งแต่ตากกาวจนถึงอัดไม้ ไม่ควรเกิน 18 นาที
3. นำไม้ 2 แผ่นที่ตากกาวแล้วมาประกบกัน
4. ใช้เครื่องอัดไม้ อัดไม้ที่ความดัน 15 kgf/cm²
5. ใช้ระยะเวลาการอัดคาแทน 3 ชั่วโมง
6. นำไปเก็บไว้ในห้องควบคุมความชื้นเป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน (Tensile shear strength) โดยตัดไม้ในวันที่ 5 หลังจากตากกาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(1) ตัดไม้ ขนาด 100 × 200 มิลลิเมตร



(2) ทากาว ด้านละ 3 กรัม



(3) นำไม้ 2 แผ่นที่ทากาวแล้วมาประกบกัน

(4) อัดไม้ที่ความดัน 15 kgf/cm.²

(5) ใช้ระยะเวลาการอัดคาแทน 3 ชั่วโมง



(6) เก็บไว้ 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25°C

รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทากาวและการอัดไม้

3.3.4.2.2 วิธีการตัดไม้เพื่อนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน

1. ตัดไม้ด้านยาว 200 มิลลิเมตร ออก 1 ข้าง โดยตัดออกไปเท่ากับ 15 มิลลิเมตร
2. ตัดไม้ด้านกว้าง 100 มิลลิเมตร ออก 2 ข้าง โดยตัดออกไปข้างละ 25 มิลลิเมตร
3. นำไม้ที่ตัดด้านยาวและด้านกว้างออกไปแล้วมาเซาะร่องด้วยเครื่อง Router ที่ความยาว 80 มิลลิเมตร เซาะร่องไม้ด้านแรก แล้วพลิกไม้ตามขวาง จากนั้นเซาะร่องไม้อีกด้านออก
4. นำไม้ที่เซาะร่องแล้วมาตัดออกเป็น 3 ชั้น (เหลือเศษไม้ที่ไม่ใช่ 1 ชั้น) กำหนดให้ไม้แต่ละชั้นมีขนาดความกว้าง 20 มิลลิเมตร และความยาว 150 มิลลิเมตร
5. นำไม้ที่ตัดแล้วไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ไม้ก่อนตัดมีขนาด 100 X 200 มม.



ตัดด้านยาวออกไป 15 มม.



ตัดด้านกว้างออกไป ด้านละ 25 มม.



แซะร่องไม้ที่ความยาว 80 มม.



แซะร่องไม้ อีกด้านออก



ตัดไม้ ออกเป็น 3 ชั้น (เหลือเศษ 1 ชั้น)



ไม้แต่ละชิ้นมีขนาด 20 X 150 มม.



นำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน

รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการตัดไม้เพื่อนำชิ้นงานไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึง

3.3.4.2.3 การทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน (Tensile shear strength)

นำไม้ที่ตากแล้วและเก็บไว้ครบ 7 วัน ไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนตามสถานะที่กำหนดในตารางที่ 3.4

การทดสอบและการวัดผล : แบ่งทากเป็น D1, D2, D3 และ D4 ทดสอบตามสถานะการทดสอบต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 สภาวะการทดสอบและค่าความแข็งแรงดึงแบบเหนียวที่ต้องผ่านตามมาตรฐาน EN204

ประเภทของกาว	ค่าความแข็งแรงดึงแบบเหนียว (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 แล้วนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเหนียว

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

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

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

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

กำหนดค่าต่างๆ ของเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine) ดังนี้

พื้นที่ (Area) = 200 มิลลิเมตร²

Displacement = 10 มิลลิเมตร

ระยะจับ = 70 มิลลิเมตร

ขนาดของ Load Cell ที่ใช้ = 5098 kgf

ความเร็วในการดึง = 10 มิลลิเมตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

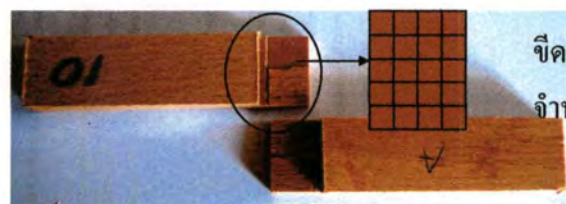


รูปที่ 3.6 วิธีทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์

3.3.4.2.4 การทดสอบค่า %wood failure

1. นำชิ้นไม้ไปทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์
2. ใช้ปากกาขีดเป็นช่องสี่เหลี่ยมในบริเวณที่ไม้หลุดออกจากกัน โดยให้แต่ละช่องมีขนาด 2.5 X 4.0 มิลลิเมตร จะได้สี่เหลี่ยมจำนวนทั้งหมด 20 ช่อง
3. นับจำนวนช่องที่เป็นเนื้อไม้ แล้วนำมาหาค่า %wood failure

$$\% \text{wood failure} = \frac{\text{จำนวนช่องที่เป็นเนื้อไม้}}{20} \times 100$$



รูปที่ 3.7 การทดสอบค่า %wood failure

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.3 วิธีหาค่า % การบวมตัวของกาว

1. เตรียมกาวสูตรต่างๆ ตามอัตราส่วนที่กำหนด
2. ทากาวบนแผ่นกระจกโดยควบคุมความหนาและน้ำหนักของกาวให้เท่ากัน
3. ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 7 วัน
4. ลอกฟิล์มกาวออกจากแผ่นกระจก แล้วชั่งน้ำหนักของฟิล์มกาวไว้
5. ตัดฟิล์มกาวให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาพื้นที่ของฟิล์มที่ตัดไว้ โดยพยายามตัดฟิล์มกาวแต่ละสูตรให้มีน้ำหนักและพื้นที่เท่าๆ กัน
6. นำฟิล์มกาวที่ตัดได้มาใส่ในตะแกรงลวดที่รูน้ำหนักระบายน้ำ ชั่งน้ำหนักของฟิล์มรวมกับตะแกรงลวดแล้วแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง
7. สังเกตรูปร่างของฟิล์มที่เปลี่ยนไปและชั่งน้ำหนักของฟิล์มกาวพร้อมตะแกรงลวดทุกๆ 1 วัน เป็นเวลานาน 5 วัน
8. จากข้อมูลที่ได้นำมาหาค่าการบวมตัวของฟิล์ม เพื่อใช้เปรียบเทียบปริมาณการเชื่อมโยงของกาวในแต่ละสูตร

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

บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาสมบัติเชิงกลและสมบัติการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนที่ปรับปรุงด้วยน้ำมันลินสีด โดยในขั้นแรกเป็นการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตที่มีองค์ประกอบของน้ำมันลินสีด ด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย โดยปรับเปลี่ยนปริมาณของน้ำมันลินสีดที่ใช้ทำปฏิกิริยาในช่วง 5–25% โดยน้ำหนัก แล้วนำพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตที่สังเคราะห์ได้มาหาค่า %Nonvolatile, ความหนืด, ความเป็นกรด, ปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิล, น้ำหนักโมเลกุลด้วยเทคนิค GPC, Tg ด้วยเทคนิค DSC, และตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR จากผลการทดลองพบว่าการใช้น้ำมันลินสีดทำให้ค่าความหนืดลดลง, ค่า Tg เพิ่มขึ้น ส่วนค่าอื่นๆ ไม่มีความเปลี่ยนแปลงชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตที่ไม่ได้ปรับปรุงด้วยน้ำมันลินสีด

จากนั้นนำพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตที่สังเคราะห์ได้มาเตรียมเป็นกาวพอลิยูรีเทน ด้วยการทำปฏิกิริยากับไดไอโซไซยานต แล้วนำไปทดสอบสมบัติเชิงกลและสมบัติการต้านทานน้ำ ด้วยวิธีการทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเหือน (Tensile shear strength) ตามมาตรฐานกาวติดไม้ BS EN204 นอกจากนี้ยังทำการทดสอบค่าเวลาในการเกิดเจล, ค่า Tg ด้วยเทคนิค DSC และตรวจวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันที่เปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิค FTIR โดยในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ที่เปลี่ยนไปต่อสมบัติกาวที่เตรียมได้ ได้แก่ พอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตที่มีองค์ประกอบของน้ำมันลินสีดในช่วง 5-20% โดยน้ำหนัก พอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตที่ปรับอัตราส่วนของมอนอเมอร์ให้มีค่า Tg แตกต่างกัน การใช้ไดไอโซไซยานตที่ต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ โทลูอินไดไอโซไซยานต (TDI) และเมทิลีนไดไอโซไซยานต (MDI) และการปรับอัตราส่วนของหมู่ไอโซไซยานตกับหมู่ไฮดรอกซิล (NCO/OH) โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังหัวข้อต่อไป

4.1 การวิเคราะห์สมบัติของพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลต

ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลายตามสูตรต่างๆ ที่กำหนดในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สูตรที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต

พอลิเมอร์ ร่วมอะคริเลต	อัตราส่วนของมอนอเมอร์ (%โดยน้ำหนัก)					ปริมาณของ น้ำมันลินสีด (%โดยน้ำหนัก)
	ST	MMA	BA	HEMA	AA	
พอลิออล 1	30	30	11	28	1	0
พอลิออล 2	30	30	11	28	1	5
พอลิออล 3	30	30	11	28	1	10
พอลิออล 4	30	30	11	28	1	15
พอลิออล 5	30	30	11	28	1	20
พอลิออล 6	30	30	11	28	1	25
พอลิออล 7	20	30	21	28	1	0
พอลิออล 8	10	30	31	28	1	0
พอลิออล 9	0	30	41	28	1	0
พอลิออล 10	30	0	41	28	1	0
พอลิออล 11	20	30	21	28	1	15
พอลิออล 12	0	30	41	28	1	15
พอลิออล 13	30	0	41	28	1	15

หมายเหตุ : ในงานวิจัยนี้จะใช้ชื่อพอลิออล แทนชื่อของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่สังเคราะห์ได้

โดยในแต่ละสูตรจะศึกษาผลของตัวแปรที่เปลี่ยนไปดังนี้

- พอลิออล 1 กับ พอลิออล 2, 3, 4, 5, 6 ศึกษาผลของปริมาณน้ำมันลินสีด
- พอลิออล 1 กับ พอลิออล 7, 8, 9, 10 ศึกษาผลของ Tg
- พอลิออล 7 กับ พอลิออล 10 ศึกษาผลของ ST กับ MMA
- พอลิออล 7 กับ พอลิออล 11 ศึกษาผลของน้ำมันลินสีด
- พอลิออล 9 กับ พอลิออล 12 ศึกษาผลของน้ำมันลินสีด
- พอลิออล 10 กับ พอลิออล 13 ศึกษาผลของน้ำมันลินสีด

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

ตารางที่ 4.2 สมบัติของพอลิเอสเตอร์

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

- ค่า % Nonvolatile

เป็นวิธีการหาค่าปริมาณของเนื้อพอลิเมอร์ที่มีอยู่จริงโดยการนำพอลิเอสเตอร์ที่สังเคราะห์ด้วยเทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย มาอบไล่ตัวทำละลายออกไป ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง โดยค่า %Nonvolatile จากการคำนวณ กำหนดให้มีค่าเท่ากับทุกสูตรที่ 60% ผลการหาค่า %Nonvolatile แสดงดังตารางที่ 4.2 จากผลการทดลองพบว่าค่า % Nonvolatile ของพอลิเอสเตอร์แต่ละสูตรมีค่าไม่แตกต่างกัน ยกเว้นพอลิเอสเตอร์สูตรที่ 6 ซึ่งไม่สามารถวัดได้เนื่องจากเกิดการแยกชั้น แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันลินสีดในช่วง 5-20% โดยน้ำหนัก และการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์ ไม่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของสารตั้งต้นผ่านกระบวนการหลัก คือพอลิเมอไรเซชัน ได้ผลิตภัณฑ์เป็นพอลิเมอร์หรือสาร โมเลกุลใหญ่ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าความหนืด

นำพอลิเอทิลีนที่สังเคราะห์ได้ไปวัดค่าความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield โดยควบคุมอุณหภูมิที่ใช้วัดเท่ากับ 25°C จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 เมื่อพิจารณาผลของน้ำมันลินสีด โดยเปรียบเทียบค่าความหนืดของพอลิเอทิลีน 1 กับ พอลิเอทิลีน 2, 3, 4, 5 พบว่าเมื่อใช้น้ำมันลินสีดทำให้ค่าความหนืดของพอลิเอทิลีนลดลง เนื่องจากโครงสร้างของน้ำมันลินสีดเป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาว ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มความยืดหยุ่นของพอลิเอทิลีนจึงทำให้พอลิเอทิลีนที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบมีความหนืดลดลง นอกจากนี้ยังเป็นผลมาจากในพอลิเอทิลีน 2, 3, 4, 5 มีการเปลี่ยนแปลงระบบของตัวทำละลายผสมใหม่ โดยเพิ่มปริมาณของเอทิลอะซิเตตจาก 35% เป็น 40% และปรับลดปริมาณของโทลูอีนจาก 65% เป็น 60% เนื่องจากเอทิลอะซิเตตมีความสามารถในการละลายพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตหลังเกิดปฏิกิริยากับน้ำมันลินสีดได้ดีกว่าโทลูอีน จึงทำให้ความสามารถในการละลายของระบบตัวทำละลายผสมของพอลิเอทิลีน 2, 3, 4, 5 สูงขึ้น ค่าความหนืดที่ได้จึงลดลง แต่ในพอลิเอทิลีน 5 ซึ่งใช้น้ำมันลินสีดเท่ากับ 20% โดยน้ำหนัก มีค่าความหนืดลดลงอย่างมาก สันนิษฐานได้ว่ามีน้ำมันลินสีดบางส่วนไม่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน และน้ำมันลินสีดที่เหลืออยู่นี้จะทำให้ทำหน้าที่เหมือนเป็น พลาสติไซเซอร์ (Plasticizers) ทำให้ความหนืดของพอลิเอทิลีนลดลงมาก

เมื่อศึกษาผลของค่า T_g ที่เปลี่ยนไปต่อความหนืด โดยเปรียบเทียบผลของพอลิเอทิลีน 1 กับ พอลิเอทิลีน 7, 8, 9, 10 พบว่าการเพิ่ม BA ทำให้ความหนืดของพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตลดลง เป็นผลมาจากโครงสร้างของ BA มีหมู่ข้างเคียงที่ยาว ทำให้สายโซ่ของพอลิเมอร์ถูกผลักให้อยู่ห่างกันมากขึ้น เกิดปริมาตรอิสระ (Free volume) มาก ทำให้สายโซ่ของพอลิเมอร์เคลื่อนที่ได้ง่าย ส่งผลให้ค่า T_g และความหนืดของพอลิเมอร์ลดลง

นำพอลิเอทิลีน 7, 9, 10 มาปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันลินสีดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก โดยเปรียบเทียบผลของพอลิเอทิลีน 7 กับ 11, พอลิเอทิลีน 9 กับ 12 และ พอลิเอทิลีน 10 กับ 13 พบว่าเมื่อใช้น้ำมันลินสีดทำให้ความหนืดลดลง เป็นผลมาจากการเพิ่มปริมาณเอทิลอะซิเตต และผลจากความยืดหยุ่นของโมเลกุลของน้ำมันลินสีด

- ค่าความเป็นกรด (Acid Value)

การทดสอบค่าความเป็นกรด เป็นการหาค่าที่บอกถึงปริมาณความเป็นกรดอิสระที่มีอยู่ในพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ มีวิธีการหา คือ ชั่งพอลิเมอร์ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนแล้วละลายในตัวกลางที่เป็นกลาง (ไซลีน/บิวทานอล อัตราส่วน 1/1 โดยน้ำหนัก) จากนั้นไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.1 N ใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณหาค่าความเป็นกรดโดยใช้สูตร

$$\text{Acid Value (KOH มิลลิกรัม/กรัม)} = \frac{56.1 \times [\text{KOH}] \times V_{\text{KOH}}}{Wt}$$

เมื่อ ; V_{KOH} คือ ปริมาตรของ 0.1 N KOH ที่ใช้ไทเทรต (มล.)

Wt คือ น้ำหนักของตัวอย่างพอลิเมอร์ที่ใช้

$[\text{KOH}]$ คือ ค่าความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย 0.1 N KOH

จากผลที่แสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าค่าความเป็นกรดของพอลิออลในแต่ละสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.3 – 5.6 แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันลินสีดในช่วง 5-20% โดยน้ำหนัก และการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์ ไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรดของพอลิออล

- ค่าไฮดรอกซิล (OH Value)

ค่าไฮดรอกซิลเป็นค่าที่บอกระดับปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิลที่มีอยู่ในพอลิเมอร์ วิธีการหาค่าไฮดรอกซิลทำได้โดยนำพอลิเมอร์มาทำปฏิกิริยากับสารละลายของ Phthalic Anhydride โดย Phthalic Anhydride ที่มากเกินไปจะถูกไฮโดรไลซ์เกิดเป็น Phthalic acid ซึ่งสามารถหาปริมาณได้ด้วยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์

คำนวณหาค่าไฮดรอกซิลโดยใช้สูตร

$$\text{OH value (KOH มิลลิกรัม/กรัม)} = \frac{56.1 \times (B - C) \times [\text{NaOH}] + AV}{Wt}$$

เมื่อ B คือ ปริมาตรของสารละลาย 0.5 N NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตกับ blank (มล.)

C คือ ปริมาตรของสารละลาย 0.5 N NaOH ที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่างพอลิเมอร์ (มล.)

$[\text{NaOH}]$ คือ ค่าความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย 0.5 N NaOH

Wt คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

AV คือ ค่าความเป็นกรด (KOH มิลลิกรัม/กรัม)

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การเพิ่มค่าไฮดรอกซิลในพอลิออล ทำให้กาวมีสมบัติเชิงกลและความต้านน้ำสูงขึ้น แต่จะส่งผลให้ราคาของพอลิออลเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากต้องเพิ่มปริมาณของมอนอเมอร์ซึ่งให้หมู่ OH ในงานวิจัยนี้จะใช้ปริมาณของ HEMA เท่ากับ 28% โดยน้ำหนัก เพื่อควบคุมค่าไฮดรอกซิลให้ได้ 120 เนื่องจากเป็นค่าที่เมื่อนำไปใช้เตรียมกาวแล้วให้ผลการทดสอบที่ดี และราคาของวัตถุดิบที่ใช้เตรียมพอลิออลไม่สูงเกินไป

การคำนวณ OH Value ตามทฤษฎี

$$\text{OH Value (solid)} = \frac{56100 \times Wt_{\text{มอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล}}}{100 \times M_{w_{\text{มอนอเมอร์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล}}}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ W_t คือน้ำหนักของมอนอเมอร์ที่ให้หมู่ OH

M_w คือน้ำหนักโมเลกุลของมอนอเมอร์ที่ให้หมู่ OH

แทนค่า $W_t = 28$ (ใช้ HEMA เท่ากับ 28%), $M_w = 130$ (น้ำหนักโมเลกุลของ HEMA)

$$\text{OH Value (solid)} = \frac{56100 \times 28}{100 \times 130} = 120$$

จากผลที่แสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าค่าไฮดรอกซิลของพอลิออลที่สังเคราะห์ได้แต่ละสูตร มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 105-121 แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันลินสีดในช่วง 5-20% และการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์ ไม่ส่งผลต่อค่าไฮดรอกซิลของพอลิออล

4.1.2 การหาค่าน้ำหนักโมเลกุลของพอลิออล

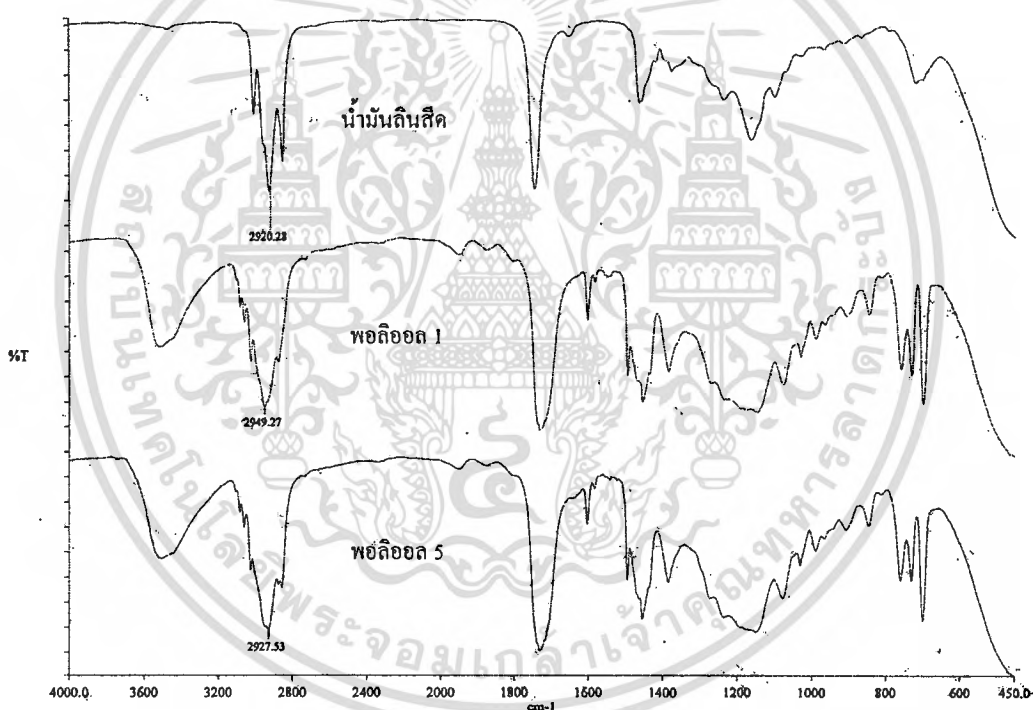
น้ำหนักโมเลกุลของพอลิออลที่สังเคราะห์ได้ วิเคราะห์ด้วยเทคนิค GPC แสดงผลดัง ตารางที่ 4.3 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า M_w อยู่ในช่วง 16,000 – 20,500 และค่า M_n อยู่ในช่วง 5,500 – 7,500 แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันลินสีดในช่วง 5-20% และการเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์ ไม่ส่งผลต่อค่าน้ำหนักโมเลกุลของพอลิออล

ตารางที่ 4.3 น้ำหนักโมเลกุลของพอลิออล จากเทคนิค GPC

	M_w	M_n	M_w/M_n
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

4.1.3 เทคนิค FTIR

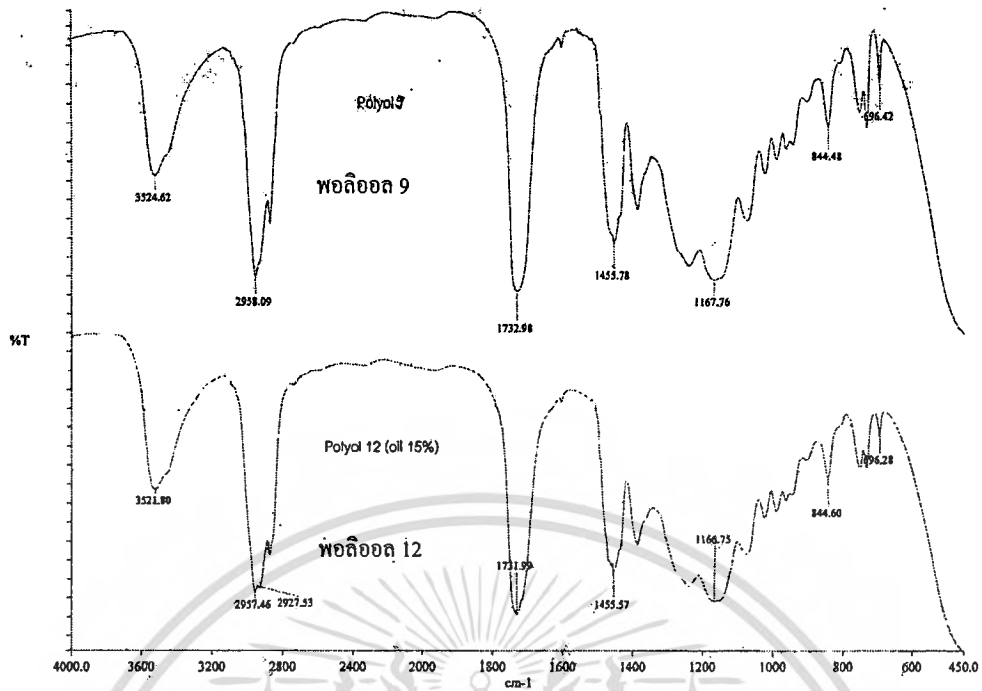
การตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์หาหมู่ฟังก์ชันที่เปลี่ยนแปลงของพอลิออลเมื่อน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบด้วยเทคนิค FTIR ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ภาคผนวก ง) เมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัมของพอลิออล 1 ที่ไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ กับ พอลิออล 5 ที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ 20% โดยน้ำหนัก เมื่อพิจารณาสัญญาณ IR ในช่วงเลขคลื่น 2,900-3,000 cm^{-1} ซึ่งเป็นสัญญาณของพันธะ C-H แบบยืด (Stretching) ในพอลิออล 1 พบพีคหลักที่ 2,949 cm^{-1} ของหมู่เมทิล ($-\text{CH}_3$) และพบไหล่พีคที่ประมาณ 2,920-2,930 cm^{-1} ของหมู่เมทิลีน ($-\text{CH}_2-$) ในขณะที่สเปกตรัมของพอลิออล 5 พบสัญญาณที่ 2,927 cm^{-1} ชัดเจนขึ้น ซึ่งเป็นสัญญาณของหมู่เมทิลีน ($-\text{CH}_2-$) ที่มีอยู่มากในโครงสร้างของน้ำมันลินสีด โดยพบว่าสัญญาณของหมู่เมทิลีนจะปรากฏชัดเจนขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันลินสีด



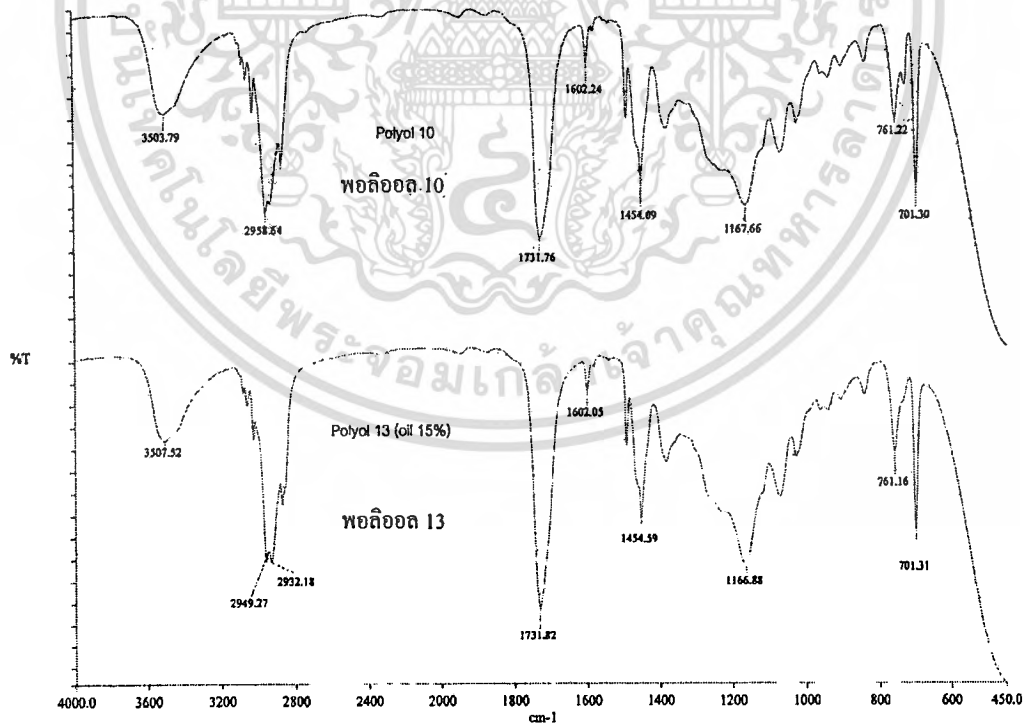
รูปที่ 4.1 อินฟราเรดสเปกตรัมของน้ำมันลินสีด, พอลิออล 1 และพอลิออล 5

จากรูปที่ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัมของพอลิออล 9 ซึ่งไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ กับ พอลิออล 12 ที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ 15% และจากรูปที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัมของพอลิออล 10 ซึ่งไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ กับ พอลิออล 13 ที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ 15% พบว่าเห็นความเปลี่ยนแปลงของสเปกตรัม โดยในพอลิออล 12 และ 13 จะปรากฏสัญญาณของหมู่เมทิลีนที่เลขคลื่น 2,927 และ 2,932 cm^{-1} ชัดเจนขึ้นเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิโออล 9 และพอลิโออล 12



รูปที่ 4.3 อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิโออล 10 และพอลิโออล 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ค่า Tg

นำพอลิออลมาอบไล่ตัวทำละลายออก แล้วนำไปตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเทคนิค DSC ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

สูตรการคำนวณเพื่อทำนายค่า Tg ของพอลิเมอร์ร่วม

$$\frac{1}{Tg(K)} = \frac{W_1}{Tg_1} + \frac{W_2}{Tg_2} + \frac{W_3}{Tg_3} + \frac{W_i}{Tg_i}$$

ตัวอย่างการคำนวณเพื่อทำนายค่า Tg (°C) ของพอลิออล 1

เมื่อ W_i คือ อัตราส่วนโดยน้ำหนัก (weight fraction) ของไฮโมพอลิเมอร์ ชนิด i

Tg_i (K) คือ ค่า Tg ของไฮโมพอลิเมอร์ ชนิด i (แสดงในภาคผนวก จ)

แทนค่า W_{ST} = 0.30, W_{MMA} = 0.30, W_{BA} = 0.11, W_{HEMA} = 0.28, W_{AAc} = 0.01

Tg_{ST} = 381, Tg_{MMA} = 381, Tg_{BA} = 217, Tg_{HEMA} = 328, Tg_{AAc} = 377

$$\frac{1}{Tg(K)} = \frac{0.30}{381} + \frac{0.30}{381} + \frac{0.11}{217} + \frac{0.28}{328} + \frac{0.01}{377}$$

$$Tg(K) = 338$$

$$Tg(^{\circ}C) = 338 - 273 = 65^{\circ}C$$

เมื่อศึกษาผลของน้ำมันลินสีดพบว่าส่งผลต่อค่า Tg ของพอลิออลได้ 2 ทาง คือ

- ในโครงสร้างของน้ำมันลินสีดมีสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่ยาวและมีความยืดหยุ่น เมื่อเติมน้ำมันลินสีดลงไปทำปฏิกิริยาร่วมกับมอนอเมอร์อะครีเลต จะเกิดสายโซ่กึ่งที่ยาวและมีความเกะกะ ทำให้สายโซ่ของพอลิเมอร์ที่ได้มีการจัดเรียงตัวห่างกันมากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มือน้ำมันลินสีด ทำให้มีปริมาตรอิสระเพิ่มขึ้น การเคลื่อนไหวของสายโซ่พอลิเมอร์เกิดง่ายขึ้น ส่งผลให้ค่า Tg ลดลง
- อย่างไรก็ตามในโครงสร้างของน้ำมันลินสีดมีพันธะคู่อยู่หลายพันธะ ดังนั้นเมื่อเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะเกิดการเชื่อมโยงเป็นร่างแห ซึ่งปริมาณการเชื่อมโยงจะขึ้นกับปริมาณของน้ำมันลินสีดในพอลิออล หลังการเชื่อมโยงจะทำให้สายโซ่พอลิเมอร์เคลื่อนที่ได้ยากขึ้น ส่งผลให้ค่า Tg เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 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 มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบจึงไม่สามารถคำนวณเพื่อทำนายค่า Tg ได้

จากผลที่แสดงในตารางที่ 4.4 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 และ 5 ใช้ปริมาณของน้ำมันลินสีดสูง จึงเกิดการเชื่อมโยงเป็นร่างแหมาก 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 และ 10 เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของมอนอเมอร์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ ST หรือ MMA กับ

BA มีผลต่อค่า Tg โดยพบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของ BA ส่งผลให้ค่า Tg ต่ำลง เนื่องจากโครงสร้างของ BA มีหมู่ข้างเคียงที่ขั้ว จึงช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้พอลิเมอร์ได้

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

4.1.5 ค่าความคงทนในการจัดเก็บ (Stability)

นำพอลิออลที่สังเคราะห์ได้มาหาค่าความคงทนในการจัดเก็บ ด้วยวิธีการวัดค่าความหนืดที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30°C) โดยใช้เครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield แสดงผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 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

เมื่อเปรียบเทียบค่าความคงทนในการจัดเก็บของพอลิออล 1, 2, 3, 4 และ 5 ซึ่งมีปริมาณของน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบต่างกัน พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันลินสีดจะทำให้อัตราเร็วของการเพิ่มความหนืดในระหว่างการจัดเก็บสูงขึ้น โดยพบว่าในพอลิออล 1 ซึ่งไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ มีอัตราเร็วของการเพิ่มความหนืดต่ำที่สุด และ พอลิออล 5 ซึ่งใช้น้ำมันลินสีด 20% มีอัตราเร็วของการเพิ่มความหนืดสูงที่สุด เนื่องจากพอลิออล 5 มีปริมาณของน้ำมันลินสีดเป็น

องค์ประกอบสูงสุด และมีน้ำมันลินสีดบางส่วนไม่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ดังนั้นในระหว่างการจัดเก็บพันธะคู่จากองค์ประกอบของน้ำมันลินสีดจะเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยง ส่งผลให้อัตราเร็วของการเพิ่มความหนืดสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของความหนืดในช่วงระยะเวลาการจัดเก็บ 3 เดือน ไม่ส่งผลต่อการนำไปใช้งานมากนักและค่าความหนืดที่เปลี่ยนแปลงไปยังเป็นค่าที่ยอมรับได้

4.2 สมบัติของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน

กาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนเตรียมมาจากสารตั้งต้น 2 ชนิด ได้แก่ พอลิเมอร์ร่วมอะครีเลต กับ ไดไอโซไซยาเนต ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทดสอบโดยใช้มาตรฐานสากล BS EN204

4.2.1 ค่าเวลาในการเกิดเจล (Gel time)

นำพอลิออลที่เตรียมจากขั้นตอนที่ 4.1 มาทำปฏิกิริยากับไดไอโซไซยาเนต โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบการเติมแบบขั้น (step-addition) ได้พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นร่างแห เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปเรื่อยๆ ทำให้โครงสร้างร่างแหเกิดเพิ่มขึ้น โดยสังเกตได้จากความหนืดที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนถึงจุดที่พอลิเมอร์ไม่หยด ซึ่งจะเรียกว่าจุดเกิดเจล และเรียกเวลาที่จุดนี้ว่าค่าเวลาในการเกิดเจล

- ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH

ศึกษาผลการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH โดยนำพอลิออล 1 ผสมกับไดไอโซไซยาเนต 2 ชนิด คือ TDI และ MDI ตามอัตราส่วนต่างๆ ดังที่แสดงในตารางที่ 4.6 แล้ววัดค่าเวลาในการเกิดเจล

ตารางที่ 4.6 ผลของอัตราส่วน โดย โมลของหมู่ 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

จากผลที่แสดงในตารางที่ 4.6 พบว่ากาวที่เตรียมจากไดไอโซไซยานาตที่ต่างกันสองชนิด คือ TDI (กาว 1AT, 1BT, 1CT, 1DT และ 1ET) กับ MDI (กาว 1AM, 1BM และ 1CM) มีค่าเวลาในการเกิดเจลแตกต่างกัน โดยกาวสูตรที่เตรียมมาจาก MDI มีค่าเวลาในการเกิดเจln้อยกว่า TDI เนื่องจาก MDI เกิดปฏิกิริยากับพอลิออลได้เร็วและดีกว่า TDI เพราะใน MDI เกรดการค้าที่ใช้มีค่า %NCO สูงกว่าใน TDI ดังนั้นเมื่อควบคุมอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ที่ใช้ทำปฏิกิริยาใน ปริมาณที่เท่ากัน จะเป็นผลให้ปริมาตรของกาวที่เตรียมจาก MDI น้อยกว่า TDI จึงทำให้โอกาสในการเกิดปฏิกิริยาของหมู่ NCO จากไดไอโซไซยานาตกับหมู่ OH จากพอลิออลเกิดขึ้นได้ดีกว่า นอกจากนี้ยังเป็นผลมาจากโครงสร้างของ MDI มีวงแหวนเบนซีน 2 หมู่ ทำให้ความเป็นอิเล็กโตรฟิลิกของคาร์บอนในหมู่ NCO เพิ่มขึ้น จึงช่วยเพิ่มความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับพอลิออล

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

- ผลของปริมาณน้ำมันลินสีด

ศึกษาผลของน้ำมันลินสีดโดยเปรียบเทียบค่าเวลาในการเกิดเจลระหว่างกาวจากที่เตรียม จากพอลิออล 1 ที่ไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ กับ พอลิออล 2, 3, 4 และ 5 ที่มีน้ำมันลินสีด เป็นองค์ประกอบปริมาณแตกต่างกัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 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

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้น้ำมันลินสีดทำให้ค่าเวลาในการเกิดเจลลดลงเล็กน้อย เป็นผลมาจากการเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นจากน้ำมันลินสีด แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันลินสีดพบว่าค่าเวลาในการเกิดเจลไม่แตกต่างกัน เป็นผลมาจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงช้ากว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาของไดไอโซไซยาเนตกับพอลิเอทิลีน

- ผลการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์

เมื่อศึกษาถึงผลของการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์ โดยเปรียบเทียบค่าเวลาในการเกิดเจลของกาวที่เตรียมจากพอลิเอทิลีน 1, 7, 8, 9 และ 10 ดังแสดงผลในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลของสูตรพอลิเอทิลีนที่มีต่อค่าเวลาในการเกิดเจล

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

จากผลการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของมอนอเมอร์ไม่ทำให้ค่าเวลาในการเกิดเจลเปลี่ยนแปลงชัดเจน

เมื่อศึกษาผลของน้ำมันลินสีด โดยเปรียบเทียบค่าเวลาในการเกิดเจลของกาวที่เตรียมจากพอลิเอทิลีน 7 กับ 11, พอลิเอทิลีน 9 กับ 12 และพอลิเอทิลีน 10 กับ 13 พบว่าค่าเวลาในการเกิดเจลลดลงซึ่งเป็นผลมาจากการเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นจากน้ำมันลินสีด

4.2.2 เทคนิค DSC

เตรียมฟิล์มกาวจากพอลิเอทิลีน 1-5 กับ TDI โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH เท่ากับ 1.25/1 ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์หาค่า T_g ด้วยเทคนิค DSC ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ค่า Tg ของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนจากเทคนิค DSC

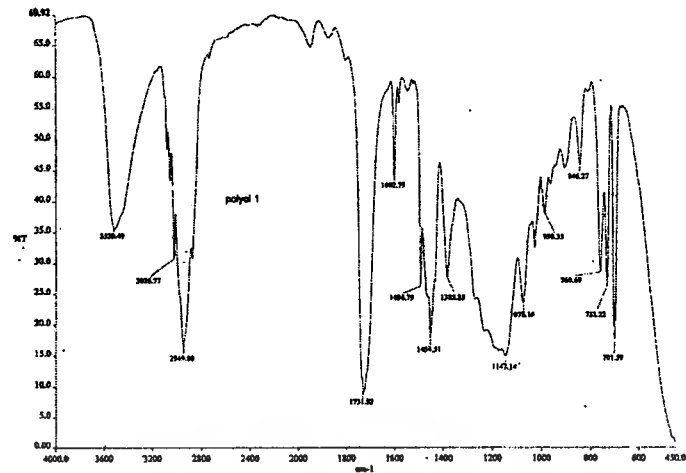
	ปริมาณของน้ำมันลินสีด (% โดยน้ำหนัก)	Tg (°C) ค่าที่ 1	Tg (°C) ค่าที่ 2
กาว 1CT	0	70	ไม่พบ
กาว 2CT	5	74	ไม่พบ
กาว 3CT	10	71	84
กาว 4CT	15	68	85
กาว 5CT	20	69	85

จากผลที่แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่ากาว 3CT, 4CT และ 5CT ที่เตรียมมาจากพอลิออลซึ่งมีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบในช่วง 10-20% โดยน้ำหนัก มีค่า Tg สองค่า โดยค่า Tg ค่าที่ 1 เป็นค่า Tg ของพอลิออลส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงกับน้ำมันลินสีด และค่า Tg ค่าที่ 2 เป็นค่า Tg ของพอลิออลส่วนที่เกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงกับน้ำมันลินสีดทำให้มีค่า Tg สูงขึ้น

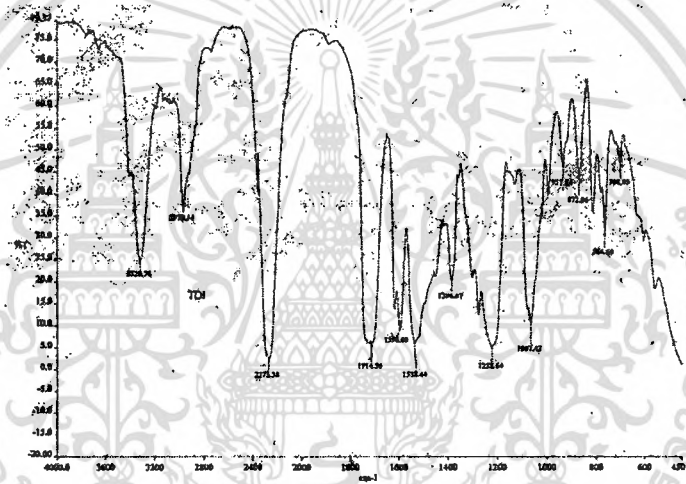
ในกาว 1CT ที่เตรียมมาจากพอลิออล 1 ซึ่งไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบและกาว 2CT ที่เตรียมจากพอลิออล 2 ที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบปริมาณ 5% โดยน้ำหนัก พบว่ามีค่า Tg ค่าที่ 1 เพียงค่าเดียว แสดงให้เห็นว่าในกาว 1CT ไม่เกิดการปฏิกิริยาเชื่อมโยง ส่วนในกาว 2CT สันนิษฐานว่าปริมาณการเชื่อมโยงอาจเกิดขึ้นน้อยมาก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

4.2.3 เทคนิค FTIR

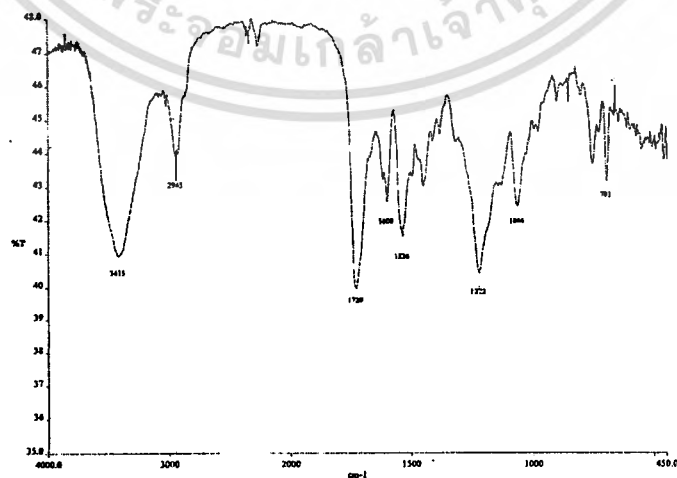
ผลการตรวจวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันที่เปลี่ยนไปเมื่อนำพอลิออล 1 มาทำปฏิกิริยากับ TDI เป็นกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน (กาว 1CT) ด้วยเทคนิค FTIR ปรากฏตามที่แสดงในรูปที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 จากผลการวิเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัมของ TDI ที่แสดงในรูปที่ 4.5 และสเปกตรัมของกาว 1CT ที่แสดงในรูปที่ 4.6 พบว่าหลังเกิดปฏิกิริยาเป็นกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน มีสัญญาณจากหมู่ NCO ที่เลขคลื่น 2273 cm^{-1} ลดลงอย่างชัดเจน



รูปที่ 4.4 อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิออล 1



รูปที่ 4.5 อินฟราเรดสเปกตรัมของ TDI



รูปที่ 4.6 อินฟราเรดสเปกตรัมของกาว ICT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 สมบัติเชิงกลของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน

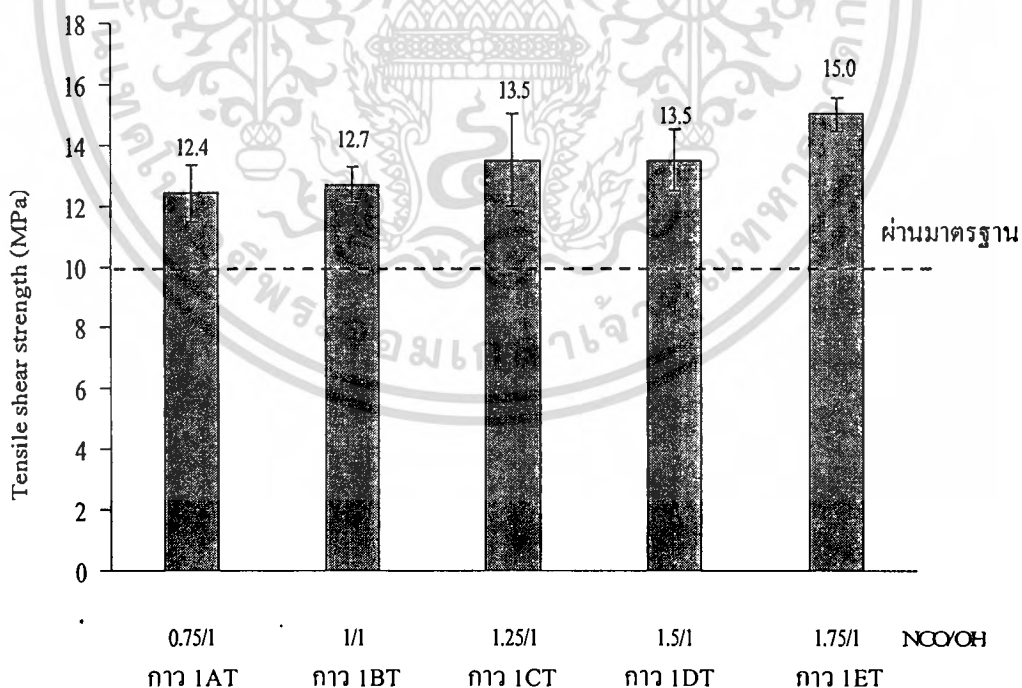
ในงานวิจัยนี้จะศึกษาถึงผลของปัจจัยต่างๆ ที่เปลี่ยนไป ต่อสมบัติเชิงกลของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน ด้วยวิธีการวัดความแข็งแรงดึงแบบเฉือน (Tensile shear strength)

เตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนตามมาตรฐาน BS EN204 ตามสภาวะการทดสอบที่ 1 นำกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนมาทาบนชิ้นไม้ตามวิธีที่กำหนดในมาตรฐาน จากนั้นนำมาอัดที่ความดัน 15 kgf/cm^2 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตั้งไม้ที่ทาแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลานาน 5 วัน แล้วนำไม้มาตัดและแซะร่องตามวิธีที่กำหนดในมาตรฐาน ตั้งทิ้งไว้อีก 2 วัน ที่อุณหภูมิ 25°C จากนั้นนำชิ้นงานมาทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือน

4.2.4.1 ผลของไดไอโซไซยานต

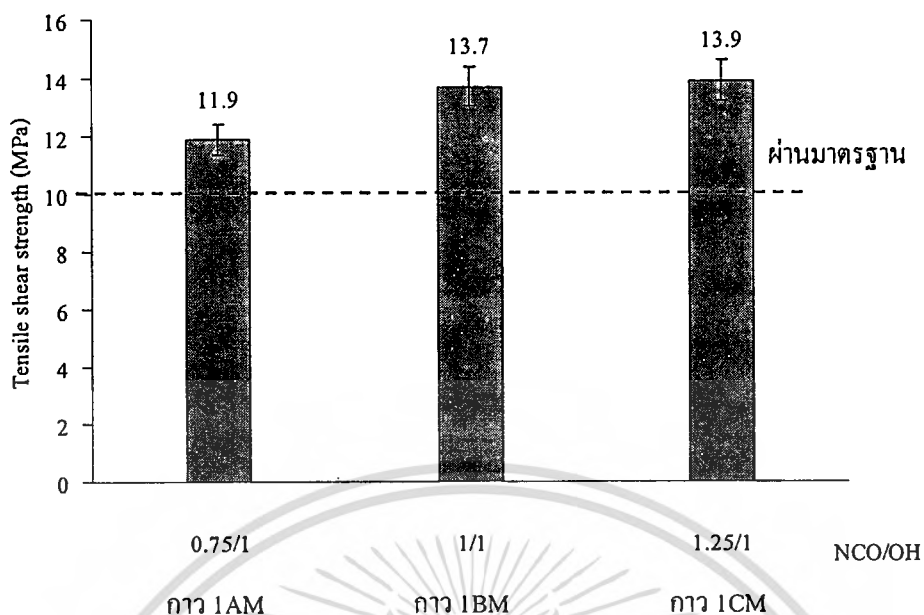
- ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH

เตรียมกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนจากพอลิออล 1 กับ ไดไอโซไซยานตสองชนิด ได้แก่ TDI และ MDI โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ตามสูตรที่กำหนดในตารางที่ 4.6 จากนั้นนำไปทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนตามสภาวะการทดสอบที่ 1 และหาค่า %Wood failure



รูปที่ 4.7 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว IAT, IBT, ICT, IDT, IET ตามสภาวะการทดสอบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1AM, 1BM, 1CM ตามสถานะการทดสอบที่ 1

ตารางที่ 4.10 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ที่มีต่อค่า %wood failure

สูตรกาว	ไดไอโซไซยานเนต	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

การทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนตามสถานะการทดสอบที่ 1 ของกาวที่เตรียมมาจากพอลิออล 1 ซึ่งไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ กับ ไดไอโซไซยานเนตสองชนิด ได้แก่ TDI แสดงผลในรูปที่ 4.7 (กาว 1AT-1ET) และ MDI แสดงผลในรูปที่ 4.8 (กาว 1AM-1CM) จากผลการทดสอบพบว่ากาวที่เตรียมจากไดไอโซไซยานเนตทั้งสองชนิดมีค่ามากกว่า 10 MPa ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด และการเพิ่มอัตราส่วนของหมู่ NCO/OH ทำให้ค่าความแข็งแรงดึง แยกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบเหนียวมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มจำนวนของหมู่ NCO ทำให้เกิดปฏิกิริยากับหมู่ OH ในเซลล์โลส เกิดการสร้างพันธะยูรีเทนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แรงยึดติดระหว่างพอลิเมอร์กับไม้สูงขึ้น จึงทำให้ได้ค่าความแข็งแรงดึงของกาวสูงขึ้น

จากผลการทดสอบ %Wood failure ของกาวที่เตรียมจาก TDI และ MDI ดังแสดงในตารางที่ 4.10 พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของหมู่ NCO/OH ทำให้ค่า %Wood failure ของกาวสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลของค่าความแข็งแรงดึงแบบเหนียวที่สูงขึ้นดังที่กล่าวมาแล้ว

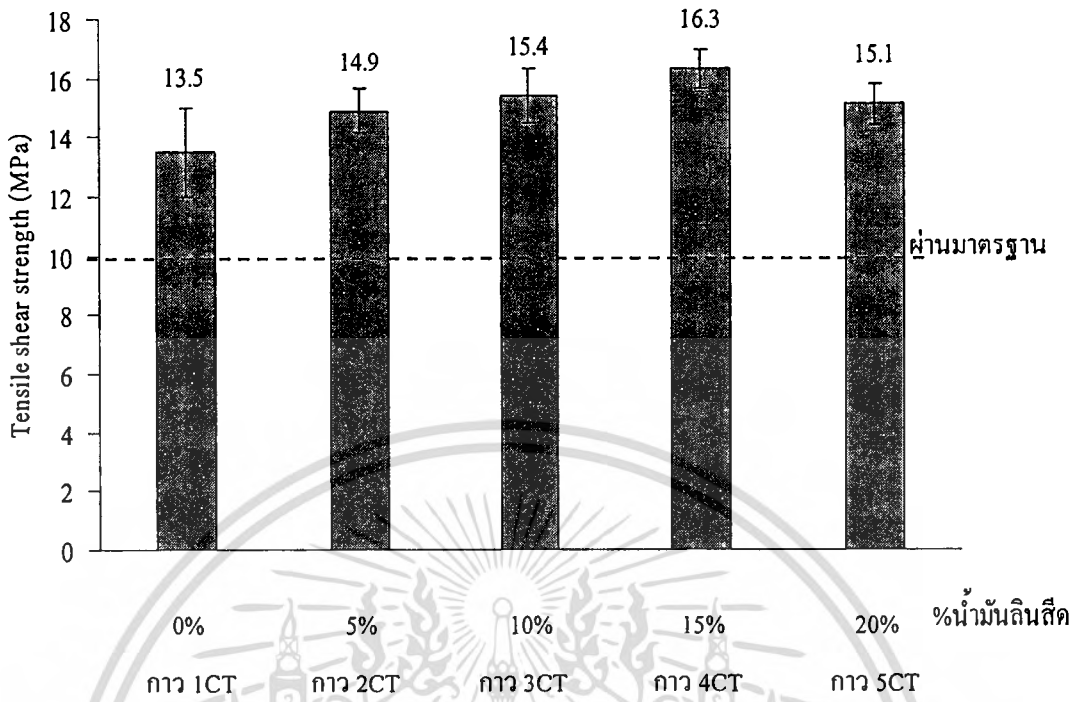
- ผลของชนิดไดไอโซไซยาเนต

ศึกษาผลของชนิดไดไอโซไซยาเนตที่ต่างกัน 2 ชนิด คือ TDI และ MDI โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบของกาวที่เตรียมมาจาก TDI กับ MDI ที่อัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH เท่ากัน พบว่าค่าความแข็งแรงดึงแบบเหนียวของกาวที่เตรียมมาจาก MDI มีแนวโน้มสูงกว่าเล็กน้อย เป็นผลมาจาก MDI มีค่า %NCO สูงกว่า TDI จึงเกิดปฏิกิริยากับหมู่ OH ในพอลิออลได้ดีกว่า TDI และในโครงสร้างของ MDI มีวงแหวนเบนซีนอยู่ 2 วง ซึ่งจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับกาว

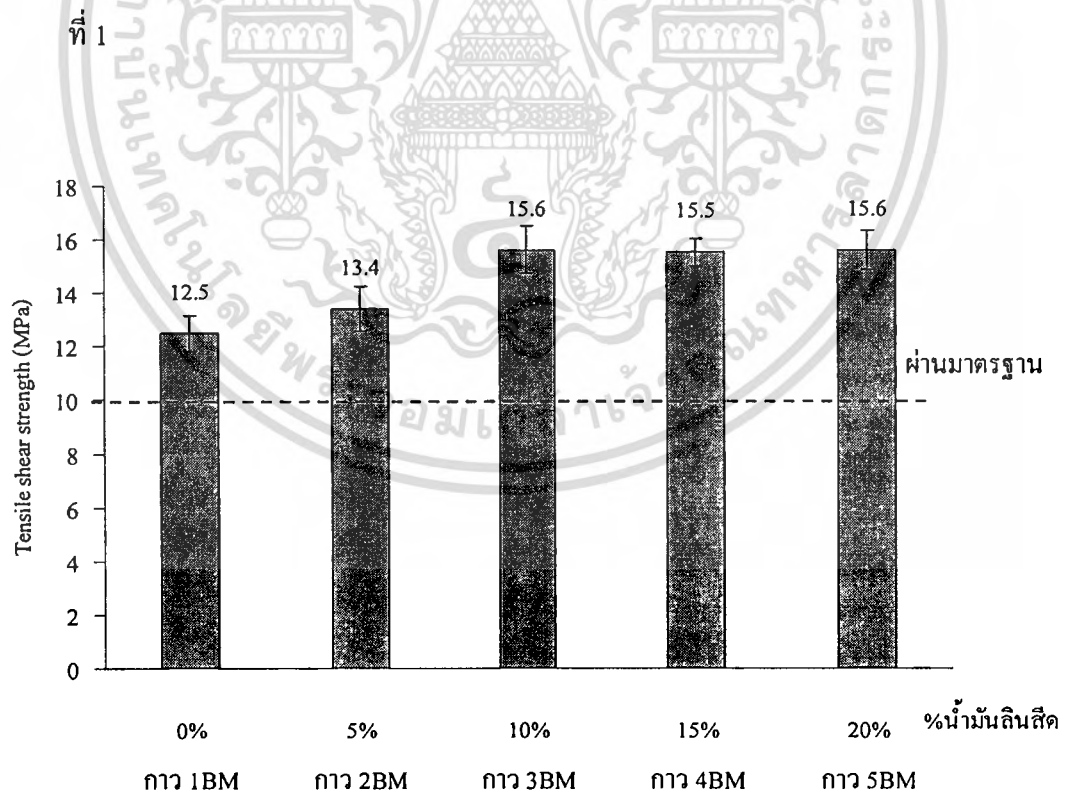
4.2.4.2 ผลของน้ำมันลินสีด

ศึกษาผลของน้ำมันลินสีดจากการทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเหนียวตามสภาวะการทดสอบที่ 1 โดยเปรียบเทียบผลของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนที่เตรียมจากพอลิออล 1 ที่ไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ กับ พอลิออล 2, 3, 4, 5 ที่ใช้น้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบปริมาณแตกต่างกัน

เตรียมกาวจาก ไดไอโซไซยาเนตสองชนิด คือ TDI และ MDI โดยกาวที่เตรียมจาก TDI ใช้อัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH เท่ากับ 1.25/1 และกาวที่เตรียมจาก MDI ใช้อัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH เท่ากับ 1/1 เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่ให้ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเหนียวและ %wood failure อยู่ในช่วงที่สูง การเพิ่มปริมาณของ NCO มากกว่านี้ จะส่งผลให้ราคาต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้เตรียมกาวสูงขึ้นด้วย



รูปที่ 4.9 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT, 2CT, 3CT, 4CT, 5CT ตามสภาวะการทดสอบ



รูปที่ 4.10 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1BM, 2BM, 3BM, 4BM, 5BM ตามสภาวะการ

ทดสอบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลของปริมาณน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่า %wood failure

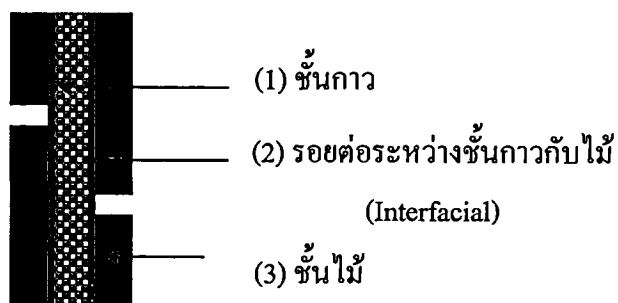
สูตรกาว	ปริมาณของน้ำมันลินสีด (%โดยน้ำหนัก)	%Wood failure
กาว 1CT	0	69
กาว 2CT	5	54
กาว 3CT	10	96
กาว 4CT	15	95
กาว 5CT	20	100
กาว 1BM	0	20
กาว 2BM	5	32
กาว 3BM	10	59
กาว 4BM	15	56
กาว 5BM	20	85

จากผลการทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนที่เตรียมจาก TDI ดังแสดงในรูปที่ 4.9 (กาว 1CT-5CT) และ MDI ดังแสดงในรูปที่ 4.10 (กาว 1BM-5BM) โดยเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาวที่เตรียมจากพอลิออล 1 กับ พอลิออล 2, 3, 4 และ 5 พบว่ากาวที่เตรียมจากพอลิออล 2, 3, 4, 5 ซึ่งมีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบมีค่าสูงกว่ากาวที่เตรียมมาจากพอลิออล 1 ที่ไม่ใช้น้ำมันลินสีด และเมื่อศึกษาถึงผลของปริมาณน้ำมันลินสีดพบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำมันลินสีดทำให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนมีแนวโน้มสูงขึ้น ปริมาณของน้ำมันลินสีดเท่ากับ 10–20% โดยน้ำหนัก ให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนในช่วงที่สูง แสดงให้เห็นว่าน้ำมันลินสีดช่วยทำให้ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาวสูงขึ้น เนื่องจากผลของการเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นจากพันธะคู่ใน โครงสร้างของน้ำมันลินสีด

เมื่อศึกษาผลของน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่า %Wood failure ดังแสดงในตารางที่ 4.11 พบว่า %Wood failure ของกาวที่เตรียมมาจากพอลิออล 2, 3, 4 และ 5 ที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ มีค่าสูงกว่ากาวที่เตรียมมาจากพอลิออล 1 ซึ่งสอดคล้องกับผลของค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนที่ได้ และปริมาณของน้ำมันลินสีดในช่วง 10-20% โดยน้ำหนัก ทำให้กาวมีค่า %Wood failure อยู่ในช่วงสูง

ค่า %wood failure ของกาวที่เตรียมมาจากพอลิออลที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบมีค่าสูงขึ้นเป็นผลมาจากกาวที่ได้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและการยึดติดบริเวณรอยต่อของกาวกับผิวหน้าไม้มีค่าสูงขึ้น (Interfacial adhesion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แผนภาพแสดงการยึดติดระหว่างกาวกับผิวหน้าไม้

รูปที่ 4.11 แสดงแผนภาพการยึดติดของชั้นไม้ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเนียน จากแผนภาพสามารถสันนิษฐานรูปแบบในการฉีกขาดของชั้นไม้ได้ 3 แบบ คือ (1) เกิดการฉีกขาดในชั้นกาว : ค่า wood failure เท่ากับ 0%

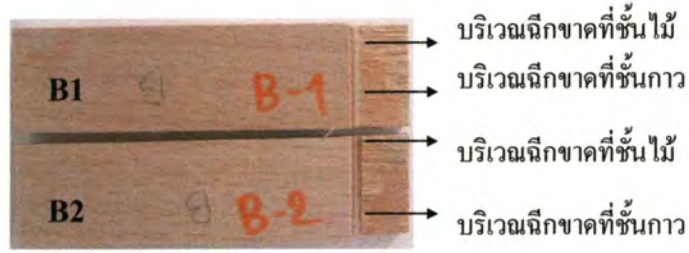
(2) เกิดการฉีกขาดที่รอยต่อระหว่างชั้นกาวกับไม้ (Interfacial) : ค่า wood failure เท่ากับ 0%

(3) เกิดการฉีกขาดในชั้นไม้ : ค่า wood failure เท่ากับ 100%

อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบพบว่า ค่า %wood failure ของชั้นไม้ตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในช่วง 0% - 100% ซึ่งจากค่าทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าการฉีกขาดของชั้นไม้ทดสอบเป็นพฤติกรรมผสมระหว่างแบบ (1), (2) และ (3)

รูปที่ 4.12 และ 4.13 แสดงภาพถ่ายของชั้นไม้ตัวอย่างที่ทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแล้ว และนำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยกล้อง OM ใช้กำลังขยาย 100 เท่า โดยในรูปที่ 4.12 (a1) แสดงภาพถ่ายของชั้นไม้ที่ทาด้วยกาว 2CT ที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบปริมาณ 5% โดยน้ำหนัก และมีค่า %wood failure เท่ากับ 50% จากภาพถ่ายแสดงให้เห็นว่าการฉีกขาดของชั้นไม้ 2 บริเวณ คือ การฉีกขาดในชั้นกาวและการฉีกขาดในชั้นไม้ และเมื่อใช้กล้อง OM เพื่อขยายพื้นผิวของสองบริเวณนี้ ซึ่งแสดงผลในภาพ 4.12 (a2, a3) พบว่าพื้นผิวที่เกิดจากการฉีกขาดที่ชั้นของกาว (ภาพ 4.12 (a2)) จะมีความขรุขระน้อยกว่าพื้นผิวที่เกิดจากการฉีกขาดที่ชั้นของไม้ (ภาพ 4.12 (a3)) นอกจากนี้ยังพบว่าในชั้นไม้ที่ฉีกขาดจะเห็นกาวที่แทรกซึมอยู่ในเนื้อไม้ทั้งสองฝั่ง แสดงให้เห็นถึงการเกิด interfacial adhesion และในรูปที่ 4.13 (b1) แสดงภาพถ่ายของชั้นไม้ที่ทาด้วยกาว 5CT ที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบปริมาณ 20% โดยน้ำหนัก และมีค่า %wood failure เท่ากับ 100% จากภาพถ่ายแสดงให้เห็นถึงการฉีกขาดที่เกิดขึ้นบริเวณเดียว คือ บริเวณชั้นไม้ และเมื่อใช้กล้อง OM เพื่อขยายพื้นผิวบริเวณชั้นไม้ที่เกิดการฉีกขาด ซึ่งแสดงผลในภาพ 4.13 (b2) พบว่าพื้นผิวจะมีความขรุขระมากและพบกาวที่แทรกซึมอยู่ในเนื้อไม้ทั้งสองฝั่ง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณของน้ำมันลินสีดทำให้กาวมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้แรงยึดติดภายในชั้นของกาวกับกาวแข็งแรงกว่าแรงยึดติดภายในเนื้อไม้ ดังนั้นเมื่อนำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียน การฉีกขาดของไม้สองฝั่งจึงเกิดขึ้นที่บริเวณชั้นของไม้

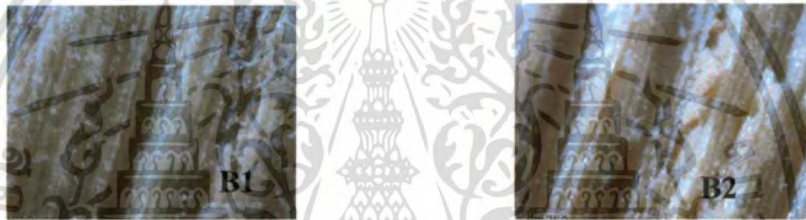
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a1) ชั้นไม้ที่ทา กาวสูตร 2CT หลังทดสอบค่าความแข็งแรงดึง (%wood failure = 50%)



(a2) ภาพขยายบริเวณฉีกขาดที่ชั้นกาวด้วยกล้อง OM (100x)



(a3) ภาพขยายบริเวณฉีกขาดที่ชั้นไม้ด้วยกล้อง OM (100x)

รูปที่ 4.12 ภาพแสดงการฉีกขาดของกาว 2CT หลังการทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน



(b1) ชั้นไม้ที่ทา กาวสูตร 5CT หลังทดสอบค่าความแข็งแรงดึง (%wood failure = 100%)



(b2) ภาพขยายบริเวณฉีกขาดที่ชั้นไม้ด้วยกล้อง OM (100x)

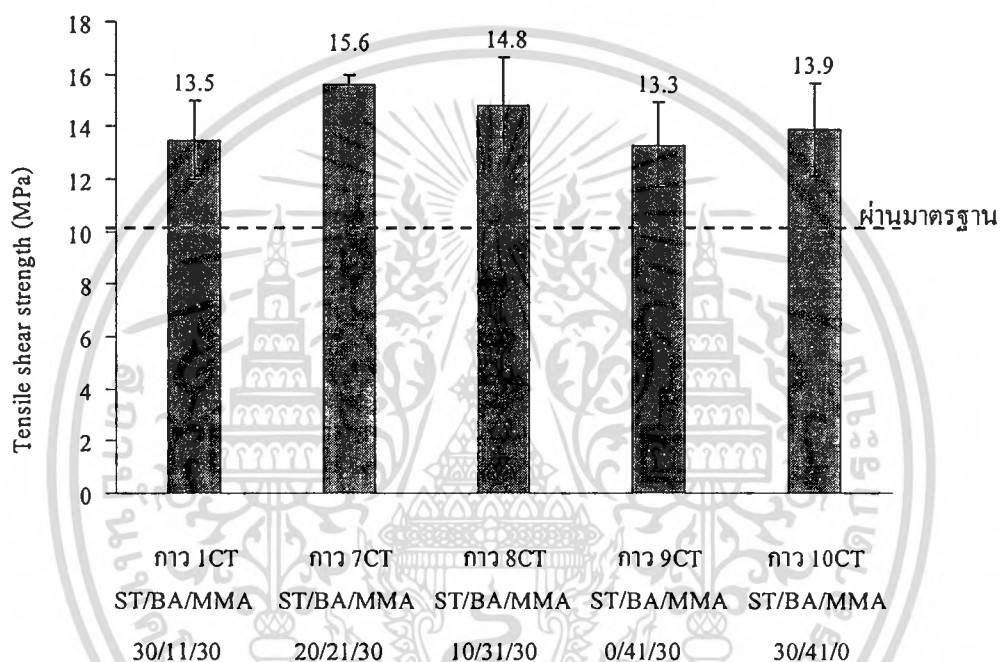
รูปที่ 4.13 ภาพแสดงการฉีกขาดของกาว 5CT หลังการทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.3 ผลของการปรับสูตรของพอลิออล

- ผลการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของมอนอเมอร์

ศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์ ได้แก่ ST/BA/MMA โดยเตรียมกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนจาก TDI และพอลิออล 7, 8, 9 และ 10 ใช้อัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH เท่ากับ 1.25/1 นำกาวที่เตรียมได้มาทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนตามสภาวะการทดสอบที่ 1 โดยเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน และค่า %Wood failure ของกาวที่เตรียมมาจากพอลิออล 1 กับ พอลิออล 7, 8, 9 และ 10 ซึ่งใช้อัตราส่วนของ ST/BA/MMA ที่ต่างกัน



รูปที่ 4.14 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT, 7CT, 8CT, 9CT, 10CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 1

ตารางที่ 4.12 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการปรับอัตราส่วนของมอนอเมอร์ส่งผลต่อค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาวตามสภาวะการทดสอบที่ 1 ดังนี้ เมื่อเปรียบเทียบผลของกาว 1CT กับ กาว 7CT และ 8CT พบว่ามีค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียนสูงขึ้น สันนิษฐานว่าเป็นผลมาจากการเพิ่มอัตราส่วนของ BA (ลด ST) ทำให้พอลิออลเกิดความยืดหยุ่นมากขึ้น และมีค่าความหนืดลดลง ดังนั้นจึงทำปฏิกิริยากับ ไดไอโซไซยานตได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียนสูงขึ้น ในขณะที่ถ้าเปรียบเทียบผลของกาว 8CT กับ กาว 9CT และ 10CT พบว่าค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียนมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เป็นผลมาจากการลดอัตราส่วนของมอนอเมอร์ที่ให้ความแข็งแรง ได้แก่ ST กับ MMA ลงไปมาก ซึ่งมีผลมากกว่าผลจากความยืดหยุ่นที่เกิดจากการเพิ่มอัตราส่วนของ BA ทำให้ได้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียนลดลง

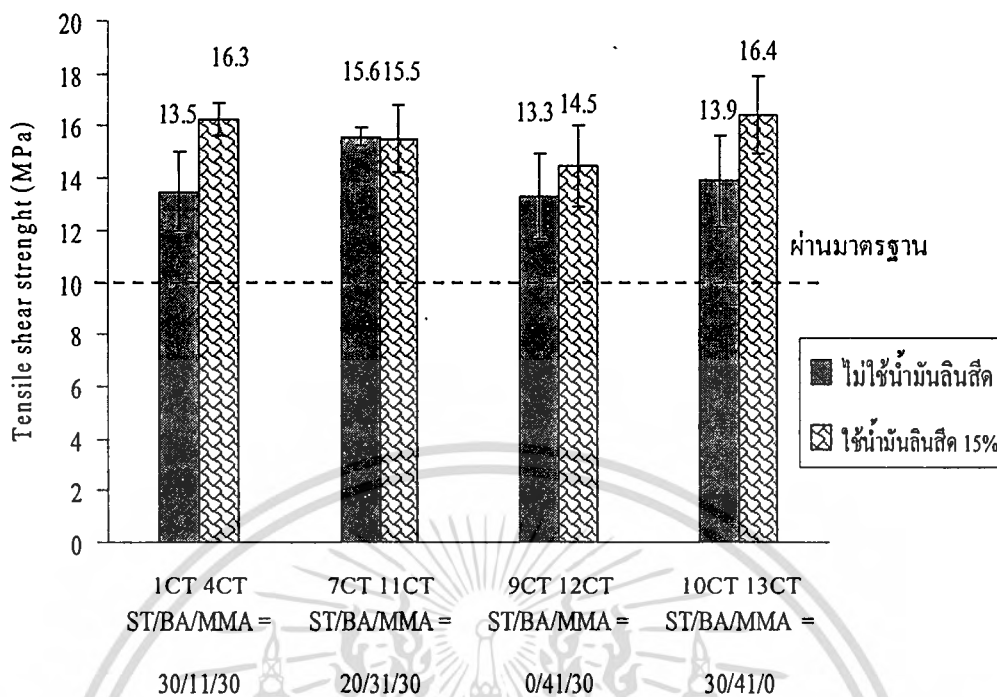
ผลของการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของ ST/BA/MMA ต่อค่า %Wood failure แสดงในตารางที่ 4.12 จากผลการทดสอบพบว่ามีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันกับผลของค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียนที่ได้ ยกเว้นในกาว 8CT สันนิษฐานได้ว่าเป็นผลมาจากปัจจัยอื่นที่เปลี่ยนไปและส่งผลต่อ %Wood failure ที่ได้ เช่น ความแข็งแรงของไม้แต่ละชิ้น, ความชื้นของไม้, จำนวนของเสี้ยนไม้ เป็นต้น

- ผลการปรับปรุงด้วยน้ำมันลินสีด

ปรับปรุงสมบัติความแข็งแรงดึงของพอลิออล 1, 7, 9 และ 10 ซึ่งใช้อัตราส่วนของมอนอเมอร์ต่างกัน ด้วยน้ำมันลินสีดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก

เตรียมกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนจาก TDI และพอลิออล 1, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13 โดยใช้อัตราส่วนของหมู่ NCO/OH เท่ากับ 1.25/1 เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียนและค่า %Wood failure ของกาวที่เตรียมจากพอลิออลสูตรต่างๆ กัน ดังนี้

- กาว 1CT กับ กาว 4CT
- กาว 7CT กับ กาว 11CT
- กาว 9CT กับ กาว 12CT
- กาว 10CT กับ กาว 13CT



รูปที่ 4.15 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT, 4CT, 7CT, 9CT, 10CT, 11CT, 12CT, 13CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 1

ตารางที่ 4.13 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

จากการทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนที่แสดงในรูปที่ 4.15 และ % Wood failure ที่แสดงในตารางที่ 4.13 พบว่าการใช้น้ำมันลินสีดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก ทำให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน และค่า % Wood failure ของกาวสูงขึ้น ยกเว้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกาวไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7CT กับ 11CT พบว่าค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาวทั้งสองสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน เป็นผลมาจากกาว 7CT มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือน และค่า %Wood failure ที่สูง ซึ่งบ่งบอกถึงความแข็งแรงของกาวที่มีมากกว่าความแข็งแรงของชิ้นไม้ที่ใช้ทดสอบ ดังนั้นเมื่อนำมาปรับปรุงด้วยน้ำมันลินสีด จึงไม่เห็นความเปลี่ยนแปลง

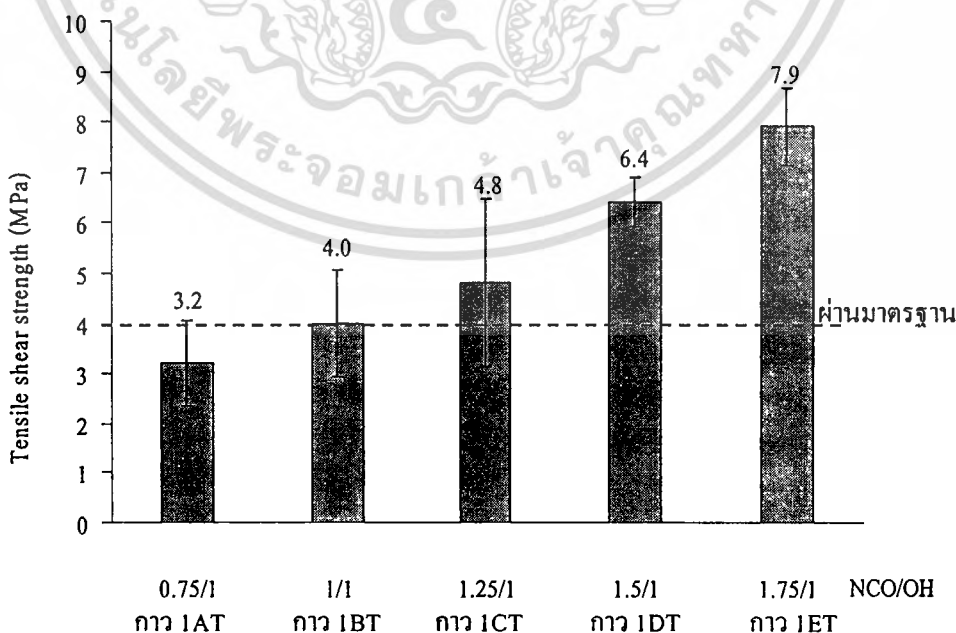
4.2.5 สมบัติการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน

งานวิจัยนี้จะศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เปลี่ยนไปต่อสมบัติการต้านทานน้ำของกาว โดยในขั้นแรก เป็นการเตรียมกาวและชิ้นไม้ที่ทดสอบตามมาตรฐาน 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

4.2.5.1 ผลของไดไอโซไซยานเนต

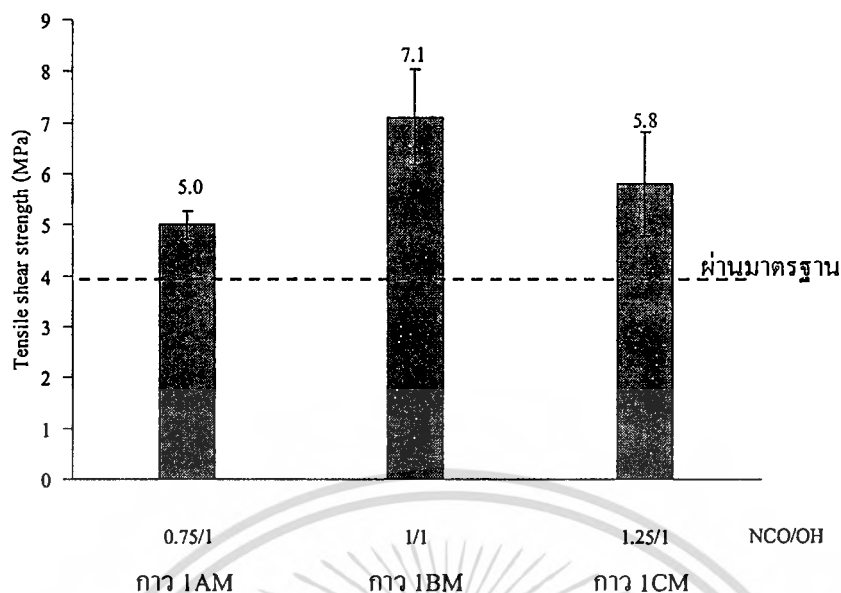
- ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH

เตรียมกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนจากพอลิออล 1 กับ ไดไอโซไซยานเนตสองชนิด คือ TDI และ MDI โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ตามสูตรที่กำหนดในตารางที่ 4.6 จากนั้นนำไปทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนตามสภาวะการทดสอบที่ 5



รูปที่ 4.16 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว IAT- 1ET ตามสภาวะการทดสอบที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว IAM, IBM, ICM ตามสภาวะการทดสอบที่ 5

การทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนตามสภาวะการทดสอบที่ 5 ของกาวที่เตรียมจาก TDI แสดงผลในรูปที่ 4.16 (กาว 1AT-1ET) และ MDI แสดงผลในรูปที่ 4.17 (กาว 1AM-1CM) จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของหมู่ NCO ทำให้ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาวหลังแช่ในน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มจำนวนหมู่ NCO ทำให้กาวมีสมบัติการต้านทานน้ำสูงขึ้น เพราะหมู่ NCO ที่เพิ่มขึ้นจะทำปฏิกิริยากับหมู่ OH จากเซลล์โลส เกิดการสร้างพันธะยูรีเทนมากขึ้น ยกเว้นในกาว ICM เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของหมู่ NCO จาก 1 เป็น 1.25 พบว่ามีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนลดลง สันนิษฐานว่าเป็นผลมาจากกาว ICM ซึ่งเตรียมมาจาก MDI และใช้อัตราส่วนของหมู่ NCO ที่สูง ในระหว่างแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 90°C หมู่ NCO ที่เหลืออยู่ อาจเกิดปฏิกิริยาได้ไม่ดี เนื่องจากผลของความแข็งของกาวที่เกิดจากวงแหวนเบนซีน ดังนั้นในกาวที่เตรียมมาจาก MDI เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของหมู่ NCO มากกว่า 1 จึงมีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนลดลง

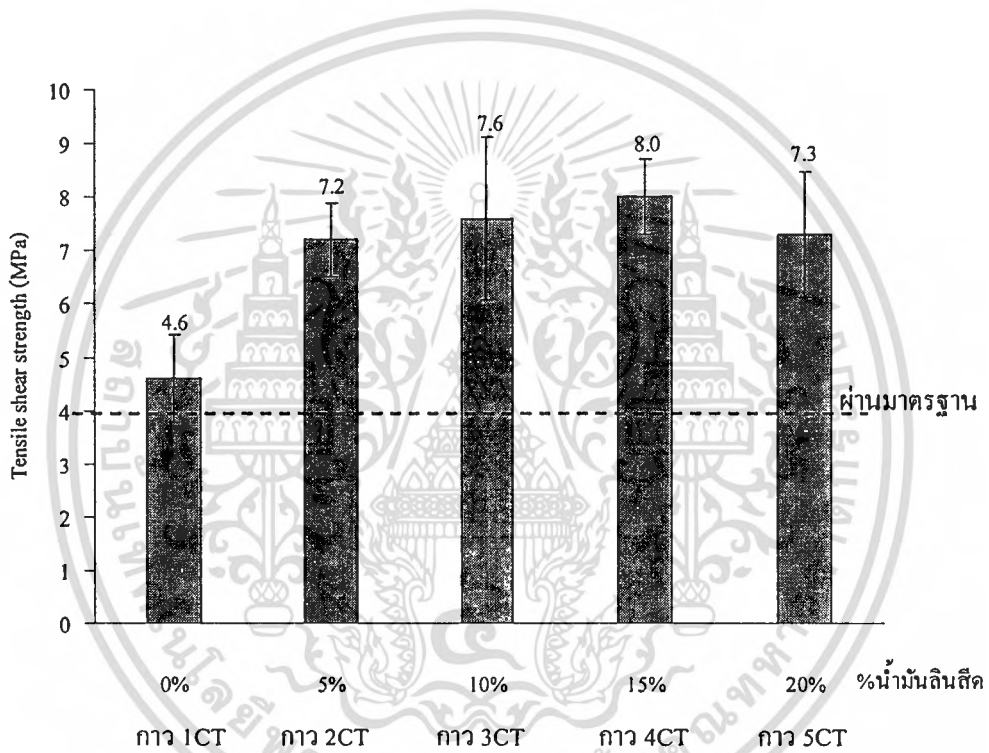
- ผลของชนิดไดไอโซไซยานต

เปรียบเทียบผลการทดสอบของกาวที่เตรียมมาจาก TDI กับ MDI ที่ใช้อัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH เท่ากัน พบว่าค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาวที่เตรียมจาก MDI มีค่าสูงกว่า TDI ซึ่งเป็นผลมาจาก %NCO และจำนวนของวงแหวนเบนซีนที่มีอยู่มากกว่า ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.2.4.1

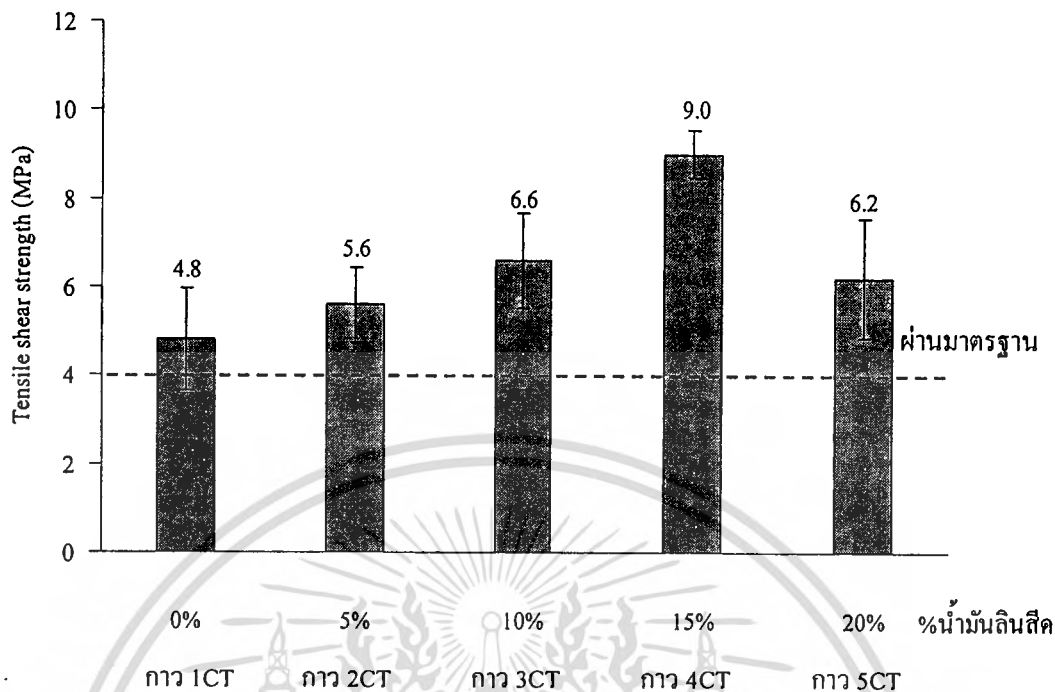
4.2.5.2 ผลของน้ำมันลินสีด

ศึกษาผลของน้ำมันลินสีดต่อสมบัติการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน โดยทดสอบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนตามสภาวะการทดสอบที่ 3 และ 5 เปรียบเทียบผลการทดสอบของกาวที่เตรียมจากพอลิออล 1 ที่ไม่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ กับ พอลิออล 2, 3, 4 และ 5 ที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบปริมาณต่างกัน

เตรียมกาวจากไดไอโซไซยานเนตสองชนิด คือ TDI และ MDI โดยในกาวที่เตรียมจาก TDI ใช้อัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH เท่ากับ 1.25/1 และกาวที่เตรียมจาก MDI ใช้อัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH เท่ากับ 1/1

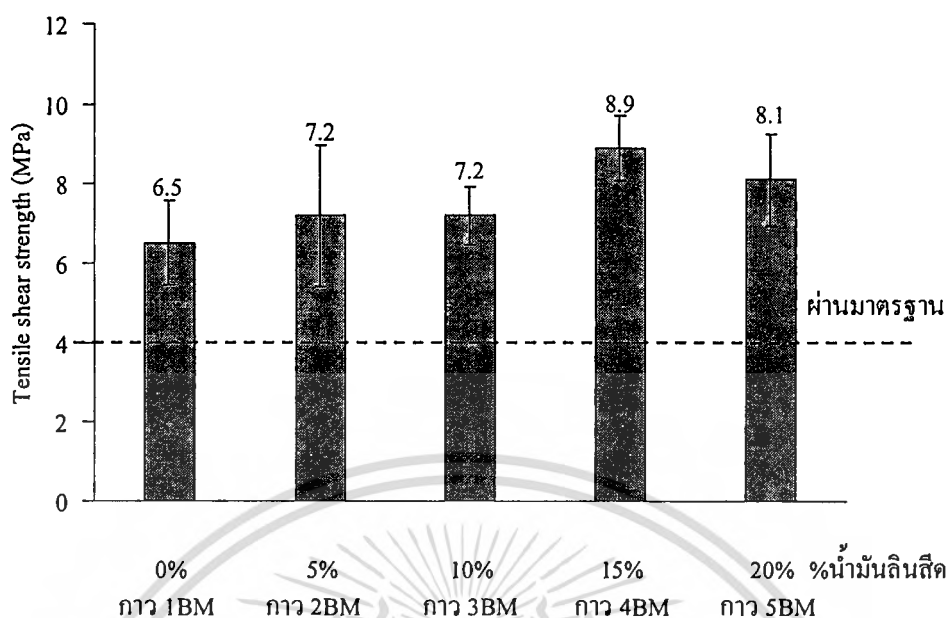


รูปที่ 4.18 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT-5CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 3



รูปที่ 4.19 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT-5CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 5

ผลการทดสอบกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนที่เตรียมจาก TDI ตามสภาวะการทดสอบที่ 3 แสดงในรูปที่ 4.18 และสภาวะการทดสอบที่ 5 แสดงในรูปที่ 4.19 จากผลการทดสอบทั้งสองสภาวะพบว่าเมื่อใช้น้ำมันลินสีดทำให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาวหลังแช่น้ำสูงขึ้น เนื่องจากผลของการเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งพันธะคู่ของน้ำมันลินสีด และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันลินสีดทำให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนหลังแช่น้ำมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยกาว 4CT ที่เตรียมจากพอลิออล 4 มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ 15% โดยน้ำหนัก มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนสูงที่สุด แต่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันลินสีดจาก 15% เป็น 20% เปรียบเทียบผลของกาว 4CT กับ กาว 5CT พบว่ามีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนหลังแช่น้ำลดลง สันนิษฐานว่าเป็นผลมาจากกาว 5CT ที่เตรียมจากพอลิออล 5 ที่มีน้ำมันลินสีดเหลือจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.1.1 และน้ำมันลินสีดที่เหลืออยู่อาจเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงกันเองและแข็งตัวเป็นกาว แต่กาวที่ได้นี้มีความแข็งแรงต่ำกว่ากาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน จึงทำให้กาว 5CT มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนหลังแช่น้ำลดลง



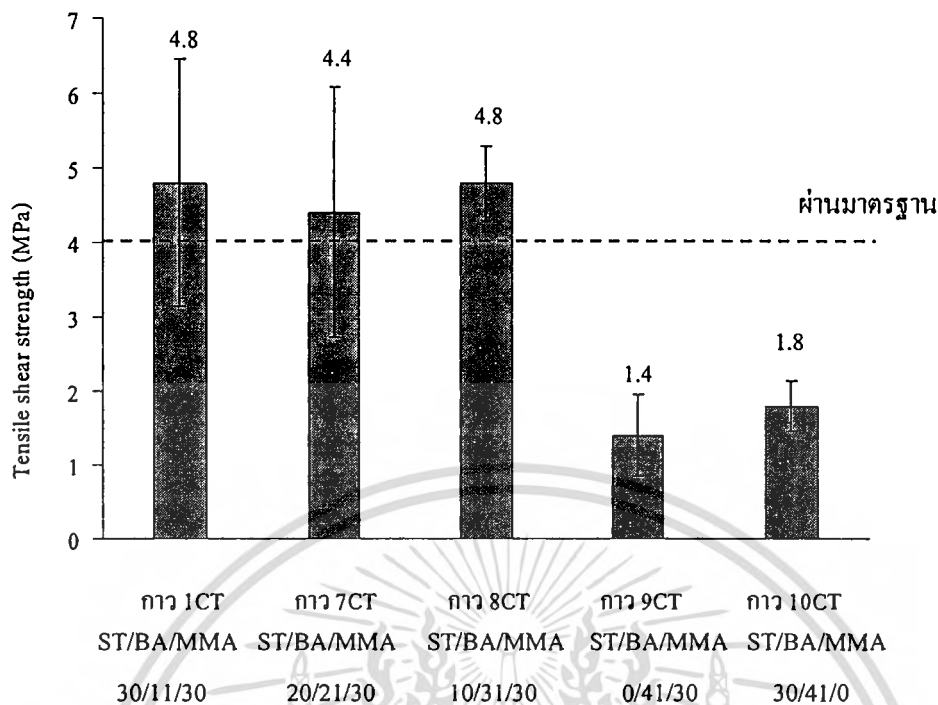
รูปที่ 4.20 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1BM-5BM ตามสภาวะการทดสอบที่ 5

เมื่อศึกษาผลของน้ำมันลินสีดของกาวที่เตรียมมาจาก MDI จากผลการทดสอบที่แสดงในรูปที่ 4.20 พบว่าการใช้น้ำมันลินสีดช่วยทำให้กาวมีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนหลังแช่ในน้ำสูงขึ้น และกาว 4BM ซึ่งเตรียมมาจากพอลิออล 4 มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบของกาวที่เตรียมมาจาก TDI

4.2.5.3 ผลของการปรับสูตรของพอลิออล

- ผลการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของมอนอเมอร์

ศึกษาถึงผลการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของมอนอเมอร์ ได้แก่ ST/BA/MMA โดยเตรียมกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนจาก TDI และพอลิออล 7, 8, 9 และ 10 ใช้อัตราส่วนของหมู่ NCO/OH เท่ากับ 1.25/1 นำกาวที่เตรียมได้มาทดสอบความแข็งแรงดึงแบบเฉือนตามสภาวะการทดสอบที่ 5 โดยเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนหลังแช่น้ำของกาวที่เตรียมจากพอลิออล 1 กับ พอลิออล 7, 8, 9 และ 10 ซึ่งใช้อัตราส่วนของ ST/BA/MMA ที่ต่างกัน



รูปที่ 4.21 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT, 7CT, 8CT, 9CT, 10CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 5

จากผลการทดสอบที่แสดงในรูปที่ 4.21 พบว่ากาว 9CT และ 10CT มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนหลังแช่น้ำลดลงมากและมีค่าต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนด เป็นผลจาก 2 ปัจจัย คือ (1) การลดอัตราส่วนของมอนอเมอร์ที่ให้ความแข็งแรง ได้แก่ ST กับ MMA ลงไปมาก

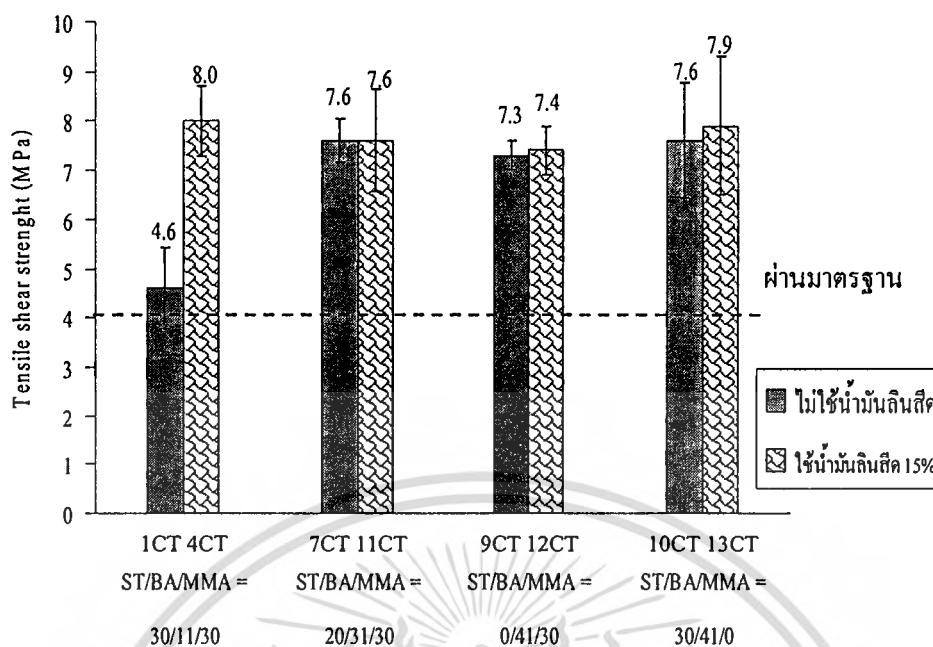
(2) เป็นผลมาจากกาว 9CT และ 10CT เตรียมมาจากพอลิออล 9 และ 10 ซึ่งมีค่า T_g ต่ำ ดังนั้นเมื่อนำขึ้นไม้ที่ติดกาวแล้วไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 90°C ตามสภาวะการทดสอบที่ 5 ในระหว่างที่แช่ในน้ำร้อนโมเลกุลของกาวสามารถเคลื่อนที่ได้ง่ายและความแข็งแรงของกาวลดลงทำให้เกิดการเคลื่อนหลุดบางส่วนของกาวกับไม้

● ผลการปรับปรุงด้วยน้ำมันลินสีด

เตรียมกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนจาก TDI และพอลิออล 1, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13 โดยใช้อัตราส่วนของหมู่ NCO/OH เท่ากับ 1.25/1 ทำการทดสอบ 2 สภาวะ คือ สภาวะการทดสอบที่ 3 และสภาวะการทดสอบที่ 5 เปรียบเทียบผลของกาวที่เตรียมจากพอลิออลสูตรต่างๆ ดังนี้

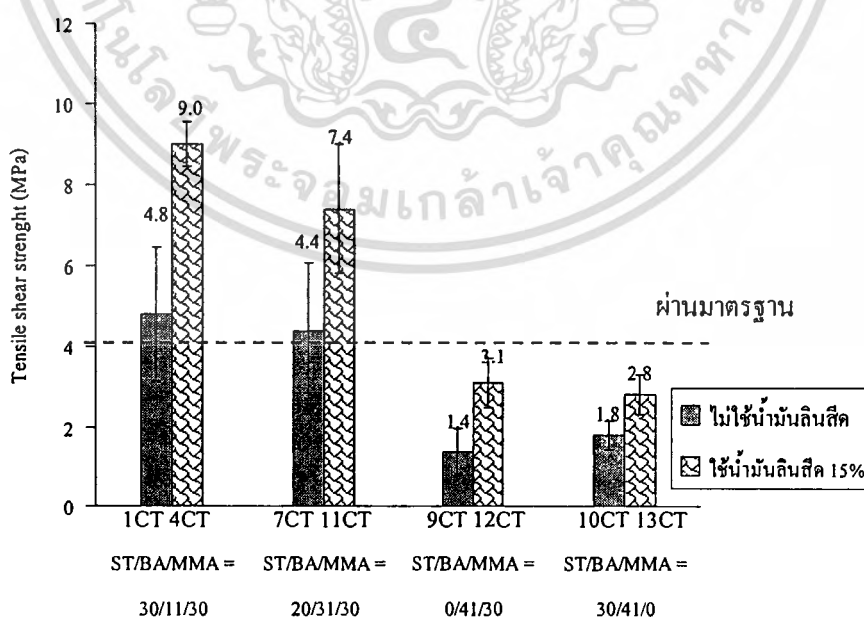
- กาว 1CT กับ กาว 4CT
- กาว 7CT กับ กาว 11CT
- กาว 9CT กับ กาว 12CT

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT, 4CT, 7CT, 9CT, 10CT, 11CT, 12CT, 13CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 3

จากผลการทดสอบตามสภาวะการทดสอบที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 4.22 พบว่ากาวที่เตรียมมาจากพอลิเอทิลีนที่ถูกปรับปรุงด้วยน้ำมันลินสีด 15 % โดยน้ำหนัก มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนหลังแช่น้ำสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเชื่อมโยงที่เกิดจากน้ำมันลินสีดตั้งได้กล่าวมาแล้ว



รูปที่ 4.23 ความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT, 4CT, 7CT, 9CT, 10CT, 11CT, 12CT, 13CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 5

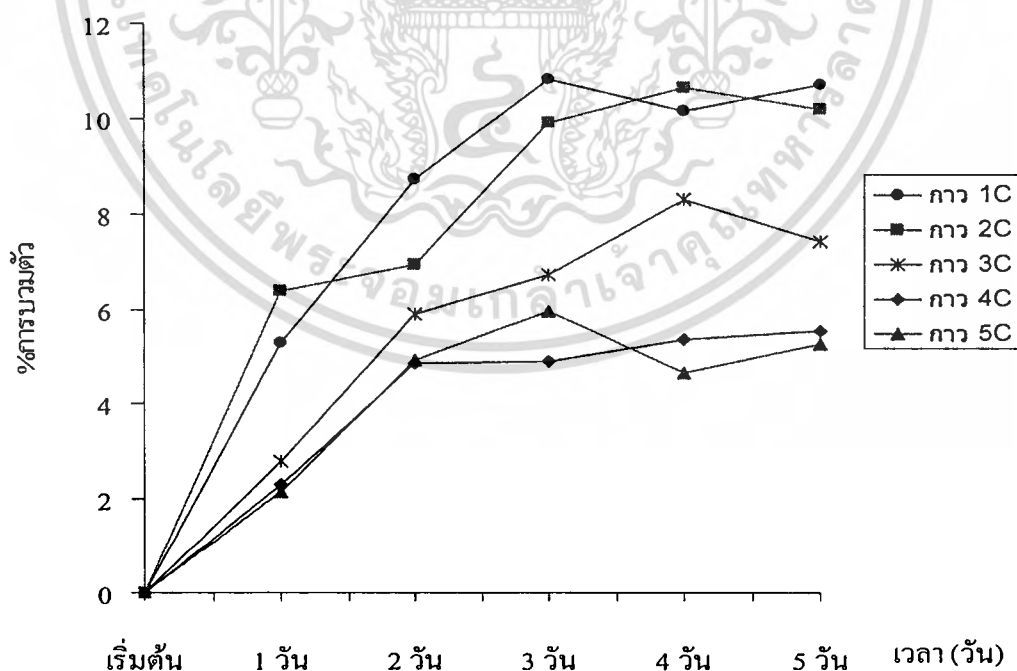
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบตามสภาวะการทดสอบที่ 5 ดังแสดงในรูปที่ 4.23 พบว่ากาวที่เตรียมมาจากพอลิเอทที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ 15% โดยน้ำหนัก มีความแข็งแรงดึงแบบเฉือนหลังแช่น้ำสูงขึ้นอย่างชัดเจน เป็นผลมาจากที่สภาวะการทดสอบที่ 5 ใช้น้ำร้อนในการทดสอบ ดังนั้นในระหว่างที่แช่น้ำร้อน การเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นจากน้ำมันลินสีดจะเกิดได้ง่ายกว่าการแช่น้ำเย็น ทำให้กาวมีสมบัติการต้านทานน้ำสูงขึ้นอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม กาว 12CT และกาว 13CT มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนหลังแช่น้ำ ตามสภาวะการทดสอบที่ 5 ต่ำกว่าค่าที่มาตรฐานกำหนด เป็นผลมาจากค่าความแข็งแรงดึงของกาวก่อนการปรับปรุงด้วยน้ำมันลินสีดมีค่าต่ำมาก

4.2.6 การบวมตัวของกาว

เตรียมฟิล์มกาวจาก TDI กับ พอลิเอท 1, 2, 3, 4 และ 5 โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH เท่ากับ 1.25/1 ควบคุมน้ำหนักของฟิล์มให้เท่ากัน แล้วนำฟิล์มไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง บันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกวัน เป็นเวลา 5 วัน นำผลที่ได้มาคำนวณหา %การบวมตัวของกาว

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



รูปที่ 4.24 %การบวมตัวของกาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบที่แสดงในกราฟรูปที่ 4.24 พบว่ากาวที่เตรียมมาจากพอลิเอทิลีน 3, 4, และ 5 ซึ่งใช้น้ำมันลินสีดเท่ากับ 10%, 15% และ 20% ตามลำดับ มีค่า %การบวมตัวของกาวต่ำกว่ากาวที่เตรียมมาจากพอลิเอทิลีน 1 ที่ไม่ใช้น้ำมันลินสีด และพอลิเอทิลีน 2 ที่ใช้น้ำมันลินสีดเท่ากับ 5% จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าน้ำมันลินสีดช่วยทำให้การต้านทานน้ำของกาวสูงขึ้น เป็นผลมาจากน้ำมันลินสีดเป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาวที่มีความเป็นขั้วต่ำจึงไม่ชอบน้ำทำให้การซึมผ่านของน้ำเข้าไปในฟิล์มเกิดยากขึ้น และผลจากการเชื่อม โยงที่เกิดขึ้นจากพันธะคู่ในโครงสร้างของน้ำมันลินสีดทำให้ฟิล์มมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น จากเหตุผลทั้งสองประการจึงทำให้ฟิล์มที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบเกิดการบวมตัวลดลง และปริมาณของน้ำมันลินสีดในช่วง 10-15% โดยน้ำหนัก ทำให้กาวมีค่า %การบวมตัวต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบสมบัติการต้านทานน้ำของกาวด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน BS EN204 ดังที่แสดงผลในหัวข้อ 4.2.5



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนด้วยการใช้น้ำมันลินสีด โดยใช้น้ำมันลินสีดทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันกับมอนอเมอร์ เนื่องจากน้ำมันลินสีดมีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ดังนั้นในโครงสร้างของน้ำมันลินสีดจะประกอบด้วยพันธะคู่หลายพันธะ เมื่อนำมาทำปฏิกิริยาร่วมกับมอนอเมอร์ จำนวนพันธะคู่ที่มีอยู่หลายพันธะนี้จะช่วยทำให้เกิดการเชื่อมโยงขึ้นระหว่างสายโซ่ของพอลิเมอร์ ซึ่งผลของการเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นทำให้พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่สังเคราะห์ได้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ซึ่งยืนยันได้จากค่า Tg ที่สูงขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบสมบัติอื่นๆ ของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบกับพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่ไม่ใช้น้ำมันลินสีดพบว่า การใช้น้ำมันลินสีดทำให้ความเหนียวของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตลดลง เนื่องจากน้ำมันลินสีดเป็น โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาว จึงช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต

จากนั้นนำพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่สังเคราะห์ได้มาทำปฏิกิริยากับไดไอโซไซยาเนตเป็นกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนแล้วศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ที่เปลี่ยนไปต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน ซึ่งได้ผลการทดสอบโดยสรุปดังนี้

- เมื่อศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ที่เปลี่ยนไป พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของหมู่ NCO ทำให้กาวที่เตรียมได้มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงขึ้น โดยพบว่าอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ที่เหมาะสมของกาวที่เตรียมมาจาก TDI เท่ากับ 1.25/1 และ MDI เท่ากับ 1/1
- เมื่อศึกษาผลของชนิดไดไอโซไซยาเนตที่ต่างกัน พบว่ากาวที่เตรียมมาจาก MDI มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงกว่า TDI ซึ่งเป็นผลมาจาก %NCO และความหนาแน่นของวงแหวนเบนซีนที่มีมากกว่า
- เมื่อศึกษาผลของน้ำมันลินสีด พบว่ากาวที่เตรียมมาจากพอลิออลที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบในช่วง 5-20% โดยน้ำหนัก มีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงขึ้น และปริมาณของน้ำมันลินสีดในพอลิออลที่เหมาะสม คือ 15% โดยน้ำหนัก เนื่องจากทำให้กาวมีความแข็งแรงดึงแบบเฉือนจากการทดสอบทั้ง 3 สภาวะสูงที่สุด และมี %การบวมตัวหลังแช่น้ำต่ำ

• เมื่อศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนสูตรพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต โดยใช้อัตราส่วนของ สไตรีน/บิวทิลอะคริเลต/เมทิลเมทาคริเลต ที่ต่างกัน จากผลการทดลองพบว่า การปรับอัตราส่วนของ มอนอเมอร์ ส่งผลต่อค่า T_g ของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตที่สังเคราะห์ได้ และเมื่อนำมาเตรียมเป็น กาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนจะมีผลต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติการต้านทานน้ำของกาว โดยพบว่าเมื่อ ลดอัตราส่วนของสไตรีน หรือ เมทิลเมทาคริเลต ลงไปมาก จะทำให้กาวที่ได้มีค่าความแข็งแรงดึง แบบเหนือนและการต้านทานน้ำลดลง อย่างไรก็ตามสามารถปรับปรุงสมบัติดังกล่าวให้สูงขึ้นได้ ด้วยการใช้น้ำมันลินสีดปริมาณ 15% โดยน้ำหนัก

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของผลการปรับเปลี่ยนปริมาณของหมู่ไฮดรอกซิลในพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลตต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติการต้านทานน้ำของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทน
2. ศึกษาผลการทดสอบของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนในการใช้งานประเภทอื่นๆ เช่น กาวติดคอนกรีต กาวติดยาง เป็นต้น
3. ใช้น้ำมันลินสีดในการปรับปรุงสมบัติของกาวชนิดอื่นๆ
4. ปรับปรุงสมบัติของกาวอะคริเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันชนิดอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์. เคมีโพลีเมอร์พื้นฐาน. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 2527.
- [2] ปรีชา พหลเทพ. โพลีเมอร์. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2533.
- [3] อรุษา สรวารี. สารเคลือบผิว. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2542.
- [4] ร.ศ.สุชาดา ชินะจิตร. ไอโซไซยานเนต. [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 ชัยศุกกิจสินธ์. 2540. เคมีพอลิเมอร์. กรุงเทพฯ. โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [7] กรมป่าไม้.2251.โครงการพัฒนาการติดไม้. [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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [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

ภาคผนวก ก

การคำนวณหาปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้สังเคราะห์พอลิออล

การคำนวณหาปริมาณของวัตถุดิบ : ตัวอย่างการคำนวณของพอลิออล 2

- มอนอเมอร์

ใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของมอนอเมอร์ผสมดังนี้

ST = 30%, MMA = 30%, BA = 11%, HEMA = 28%, AA = 1%

ถ้าต้องการเตรียมมอนอเมอร์ผสมทั้งหมด 750 กรัม

ดังนั้นใช้ ST = $0.3 \times 750 = 225$ กรัม, MMA = $0.3 \times 750 = 225$ กรัม, BA = $0.11 \times 750 = 82.5$ กรัม

HEMA = $0.28 \times 750 = 210$ กรัม, AA = $0.01 \times 750 = 75$ กรัม

- ตัวเร่งปฏิกิริยา (PBO)

ใช้อัตราส่วนของ PBO เท่ากับ 7.5% โดยน้ำหนัก

ดังนั้นใช้ PBO = $0.075 \times 750 = 56.25$ กรัม

- น้ำมันลินสีด

ใช้อัตราส่วนของน้ำมันลินสีดเท่ากับ 5% โดยน้ำหนัก

ดังนั้นใช้น้ำมันลินสีด = $0.05 \times 750 = 37.5$ กรัม

- ตัวทำละลาย

ควบคุม %Non volatile เท่ากับ 60%

$$\% \text{Non Volatile หรือ } \% \text{Solid} = \left(\frac{\text{น้ำหนักของวัตถุดิบส่วนที่เป็นเนื้อของพอลิเมอร์}}{\text{น้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทั้งหมด}} \right) \times 100$$

$$\% \text{Non volatile} = \left(\frac{\text{น้ำหนักของมอนอเมอร์ + PBO + น้ำมันลินสีด}}{\text{น้ำหนักของมอนอเมอร์ + PBO + น้ำมันลินสีด + ตัวทำละลาย}} \right) \times 100$$

$$\text{แทนค่า} \quad \frac{60}{100} = \frac{(750 + 56.25 + 37.5)}{\text{น้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทั้งหมด}}$$

$$\text{น้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทั้งหมด} = \frac{843.75}{0.6} = 1,406.25 \text{ กรัม}$$

0.6

$$\text{ดังนั้นต้องใช้ตัวทำละลายทั้งหมด} = 1,406.25 - 843.75 = 562.5 \text{ กรัม}$$

ในพอลิออล 2 ใช้อัตราส่วนของ Tol / EA = 60/40

$$\text{ดังนั้นใช้ Tol} = 0.6 \times 562.5 = 338 \text{ กรัม และ EA} = 0.4 \times 562.5 = 225 \text{ กรัม}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-1 ปริมาณของมอนอเมอร์

	มอนอเมอร์									
	ST		MMA		BA		HEMA		AA	
	%wt	น.น. (กรัม)	%wt	น.น. (กรัม)	%wt	น.น. (กรัม)	%wt	น.น. (กรัม)	%wt	น.น. (กรัม)
พอลิออกอล 1	30	225	30	225	11	82.5	28	210	1	7.5
พอลิออกอล 2										
พอลิออกอล 3										
พอลิออกอล 4										
พอลิออกอล 5										
พอลิออกอล 6										
พอลิออกอล 7	20	150	30	225	21	157.5	28	210	1	7.5
พอลิออกอล 8	10	75	30	225	31	232.5	28	210	1	7.5
พอลิออกอล 9	0	0	30	225	41	307.5	28	210	1	7.5
พอลิออกอล 10	30	225	0	0	41	307.5	28	210	1	7.5
พอลิออกอล 11	20	150	30	225	21	157.5	28	210	1	7.5
พอลิออกอล 12	0	0	30	225	41	307.5	28	210	1	7.5
พอลิออกอล 13	30	225	0	0	41	307.5	28	210	1	7.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก-2 ปริมาณของ PBO, น้ำมันลินสีด และตัวทำละลาย

	PBO		น้ำมันลินสีด		ตัวทำละลาย		
	%wt	น้ำหนัก (กรัม)	%wt	น้ำหนัก (กรัม)	อัตราส่วน โดยน้ำหนัก Toluene/EA	Toluene (กรัม)	EA (กรัม)
พอลิเอทิลีน 1	7.5	56.25	0	0	65/35	350	118
พอลิเอทิลีน 2			5	37.5	60/40	338	225
พอลิเอทิลีน 3			10	75	60/40	352	235
พอลิเอทิลีน 4			15	112.5	60/40	368	245
พอลิเอทิลีน 5			20	150	60/40	383	255
พอลิเอทิลีน 6			25	187.5	60/40	398	265
พอลิเอทิลีน 7			0	0	65/35	350	188
พอลิเอทิลีน 8			0	0	65/35	350	188
พอลิเอทิลีน 9			0	0	65/35	350	188
พอลิเอทิลีน 10			0	0	65/35	350	188
พอลิเอทิลีน 11			15	112.5	60/40	368	245
พอลิเอทิลีน 12			15	112.5	60/40	368	245
พอลิเอทิลีน 13			15	112.5	60/40	368	245

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์สมบัติของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต

ตารางที่ ข-1 % Nonvolatile ของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต

พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต	% Nonvolatile (ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง)			
	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	ค่าเฉลี่ย
พอลิออล 1	60.2	60.6	60.6	60.5
พอลิออล 2	60.4	60.1	60.9	60.5
พอลิออล 3	59.9	60.3	60.0	60.1
พอลิออล 4	61.1	60.5	60.3	60.6
พอลิออล 5	59.8	59.4	59.1	59.4
พอลิออล 7	59.9	60.6	60.0	60.2
พอลิออล 8	61.4	60.8	60.5	60.9
พอลิออล 9	60.3	61.1	61.3	60.9
พอลิออล 10	59.8	59.3	59.1	59.4
พอลิออล 11	58.9	59.7	59.2	59.3
พอลิออล 12	59.2	59.5	60.4	59.7
พอลิออล 13	57.9	58.7	58.0	58.2

ตารางที่ ข-2 ค่าความเป็นกรด (Acid Value) ของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต

พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต	Acid Value (KOH มิลลิกรัม/กรัม)		
	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าเฉลี่ย
พอลิออล 1	5.4	5.2	5.3
พอลิออล 2	5.1	5.1	5.1
พอลิออล 3	4.6	4.5	4.6
พอลิออล 4	4.8	4.8	4.8
พอลิออล 5	4.1	4.0	4.0
พอลิออล 7	4.5	4.5	4.5
พอลิออล 8	5.7	5.6	5.6
พอลิออล 9	5.0	5.0	5.0
พอลิออล 10	4.7	4.8	4.8
พอลิออล 11	5.1	5.1	5.1
พอลิออล 12	5.3	5.3	5.3
พอลิออล 13	4.3	4.3	4.3

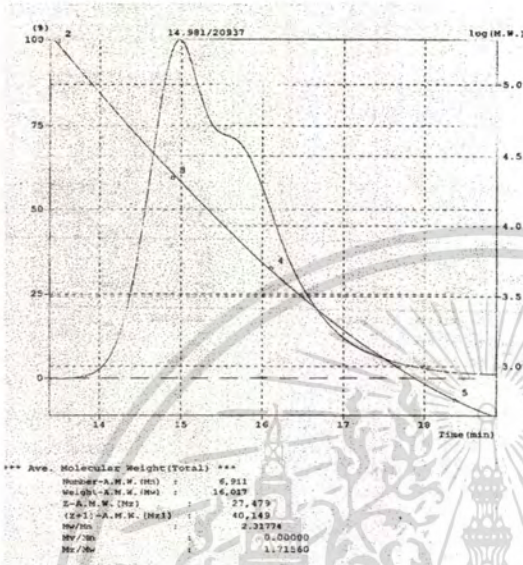
ตารางที่ ข-3 ค่าไฮดรอกซิล (OH Value) ของพอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต

พอลิเมอร์ร่วมอะคริเลต	OH Value (KOH มิลลิกรัม/กรัม)		
	ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าเฉลี่ย
พอลิออล 1	111	108	109
พอลิออล 2	114	118	116
พอลิออล 3	113	115	114
พอลิออล 4	118	119	118
พอลิออล 5	120	121	121
พอลิออล 7	106	104	105
พอลิออล 8	106	105	106
พอลิออล 9	113	110	112
พอลิออล 10	110	111	111
พอลิออล 11	115	112	114
พอลิออล 12	109	109	109
พอลิออล 13	118	115	117

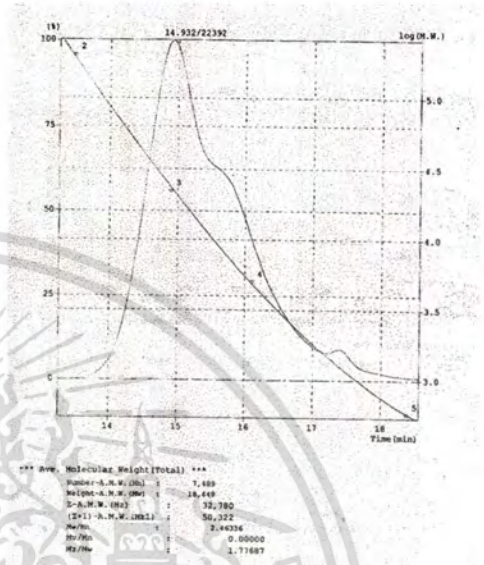
เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับไว้สำหรับงานวิชาการ การนำเอกสารไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

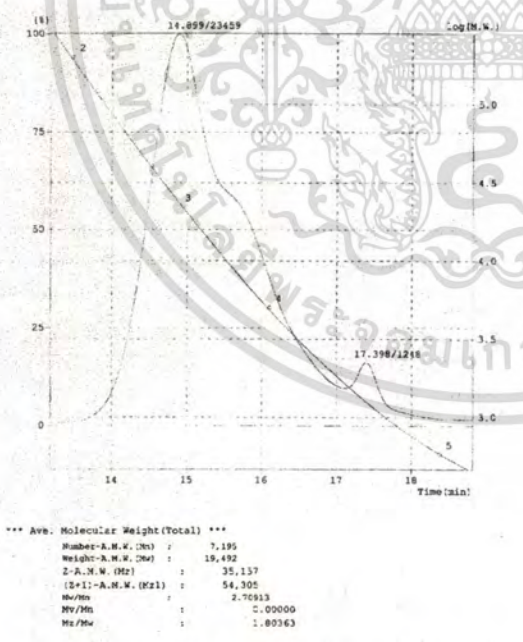
น้ำหนักโมเลกุลจากเทคนิค GPC



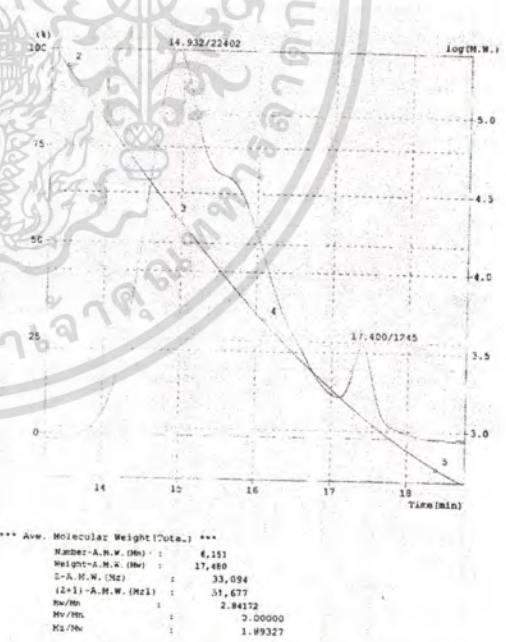
รูปที่ ค-1 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 1



รูปที่ ค-2 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 2

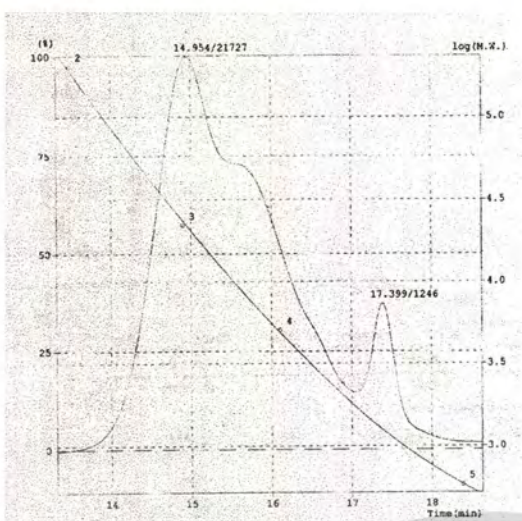


รูปที่ ค-3 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 3



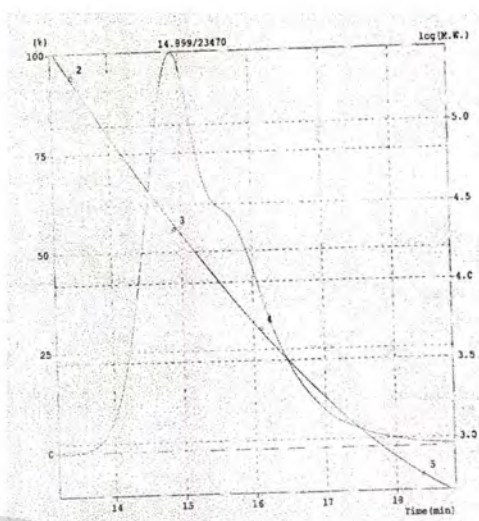
รูปที่ ค-4 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



*** Ave. Molecular Weight (Total) ***

Number-A.M.W. (Mn)	5,519
Weight-A.M.W. (Mw)	16,519
Z-A.M.W. (Mz)	31,679
(Z ²) ² -A.M.W. (Mz ²)	50,347
Mw/Mn	2.93889
Mz/Mn	C.00000
Mz ² /Mw	1.95313

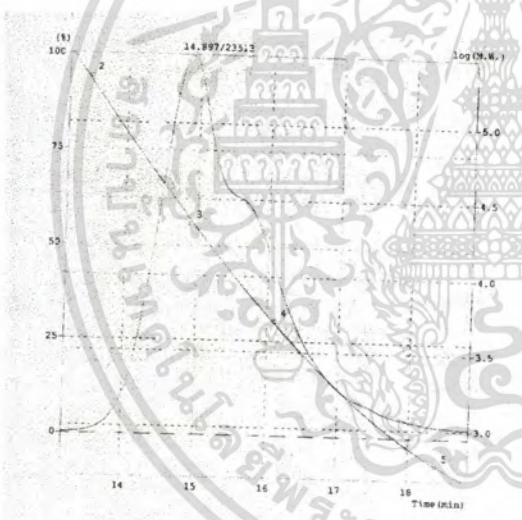


*** Ave. Molecular Weight (Total) ***

Number-A.M.W. (Mn)	7,929
Weight-A.M.W. (Mw)	19,818
Z-A.M.W. (Mz)	35,335
(Z ²) ² -A.M.W. (Mz ²)	53,719
Mw/Mn	2.50375
Mz/Mn	0.00000
Mz ² /Mw	1.78252

รูปที่ ค-5 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 5

รูปที่ ค-6 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 7



*** Ave. Molecular Weight (Total) ***

Number-A.M.W. (Mn)	7,422
Weight-A.M.W. (Mw)	19,441
Z-A.M.W. (Mz)	36,951
(Z ²) ² -A.M.W. (Mz ²)	57,932
Mw/Mn	2.67339
Mz/Mn	C.00000
Mz ² /Mw	1.86231



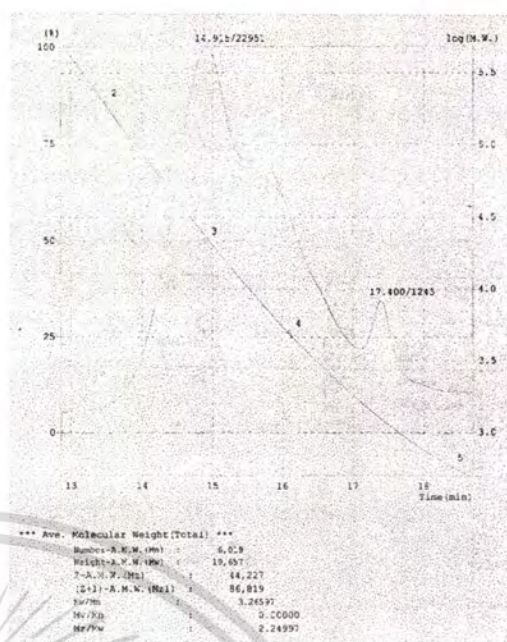
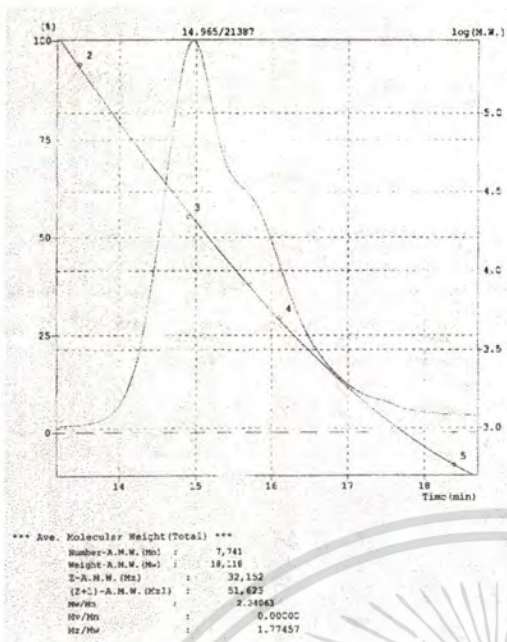
*** Ave. Molecular Weight (Total) ***

Number-A.M.W. (Mn)	1,192
Weight-A.M.W. (Mw)	20,538
Z-A.M.W. (Mz)	40,257
(Z ²) ² -A.M.W. (Mz ²)	64,700
Mw/Mn	2.85343
Mz/Mn	0.00000
Mz ² /Mw	1.96007

รูปที่ ค-7 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 8

รูปที่ ค-8 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค-9 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 10

รูปที่ ค-10 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 11



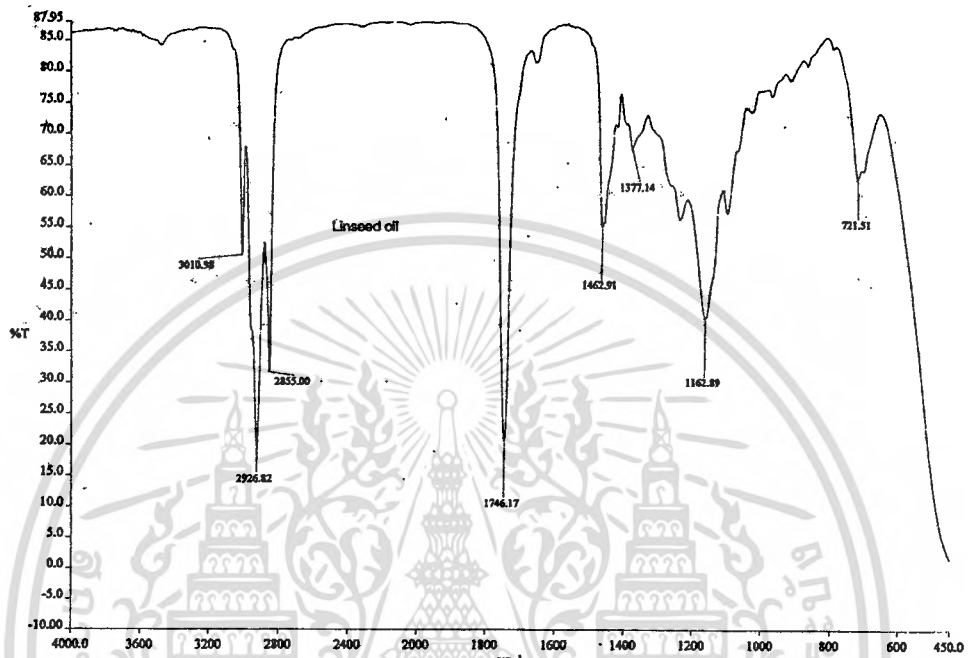
รูปที่ ค-11 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 12

รูปที่ ค-13 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 13

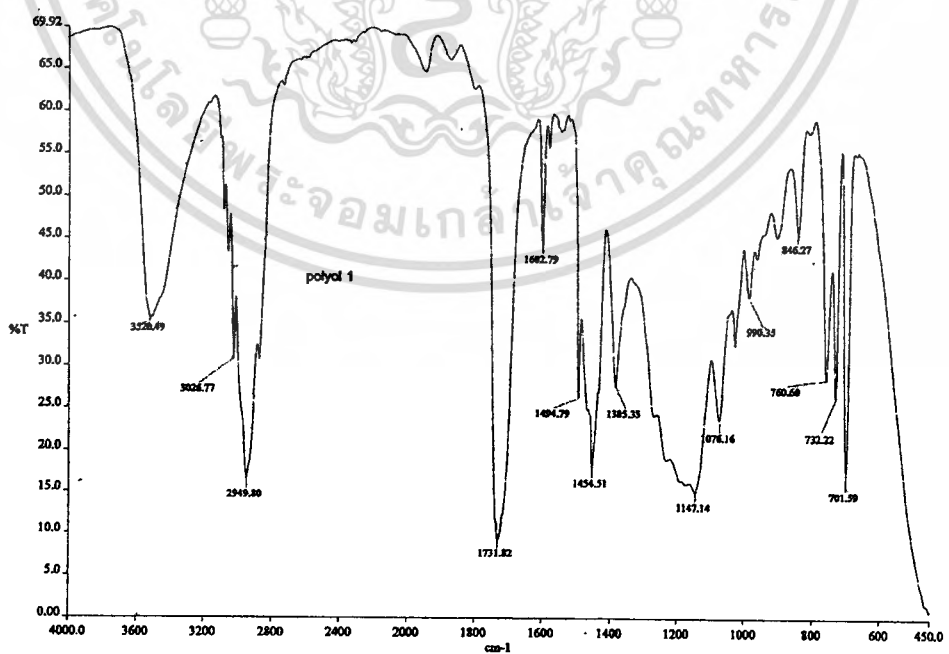
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

อินฟราเรดสเปกตรัมจากเทคนิค FTIR

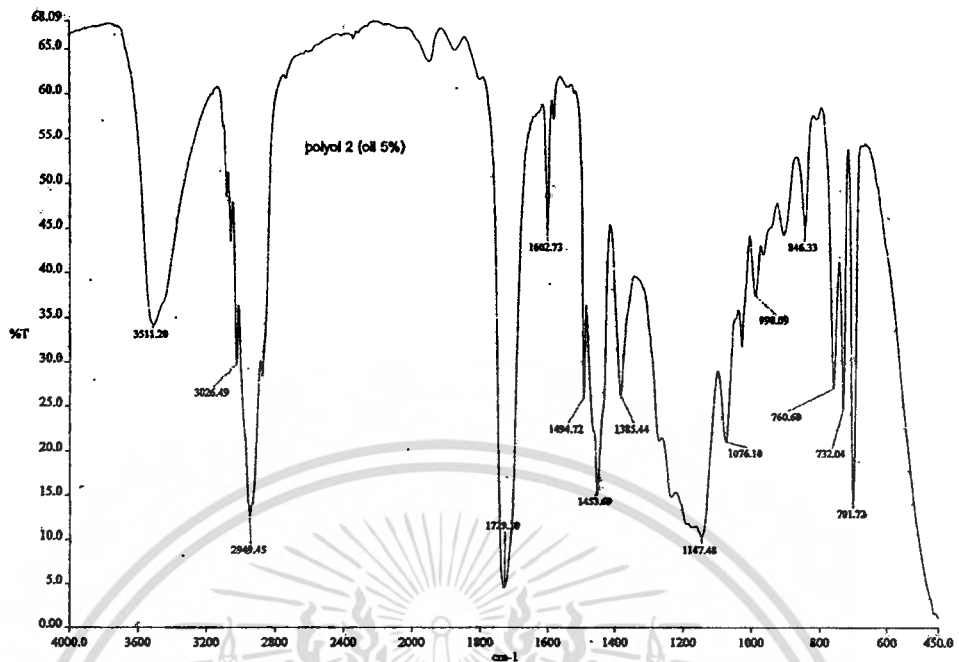


รูปที่ ง-1 อินฟราเรดสเปกตรัมของน้ำมันลินสีด

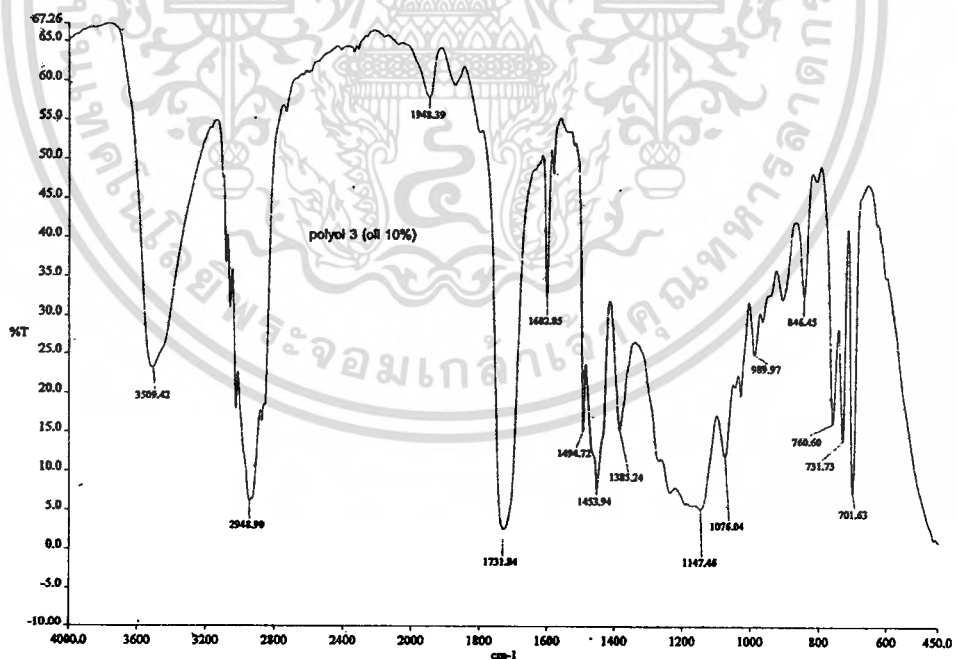


รูปที่ ง-2 อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิออล 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

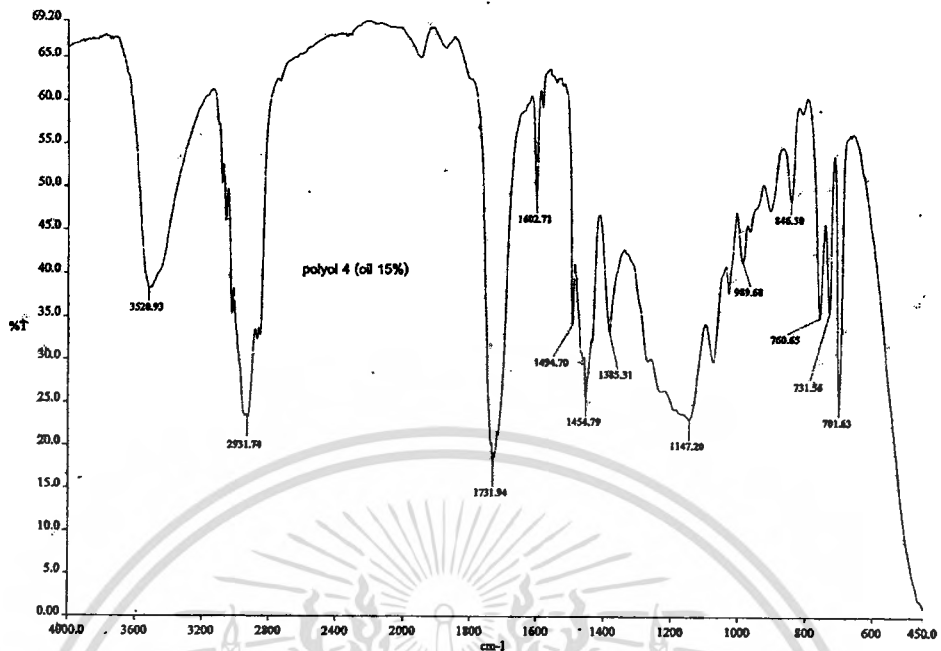


รูปที่ ง-3 อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิโออล 2

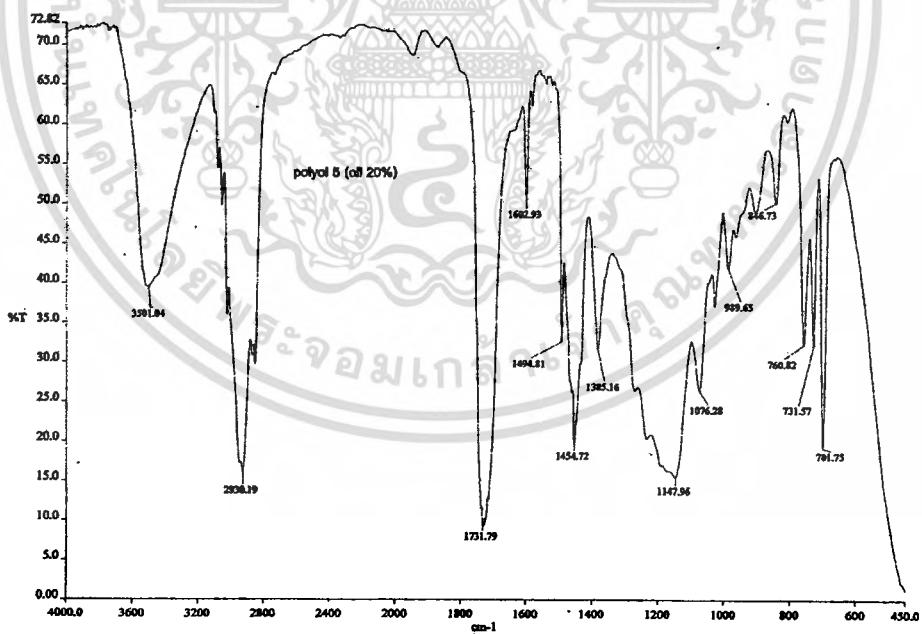


รูปที่ ง-4 อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิโออล 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

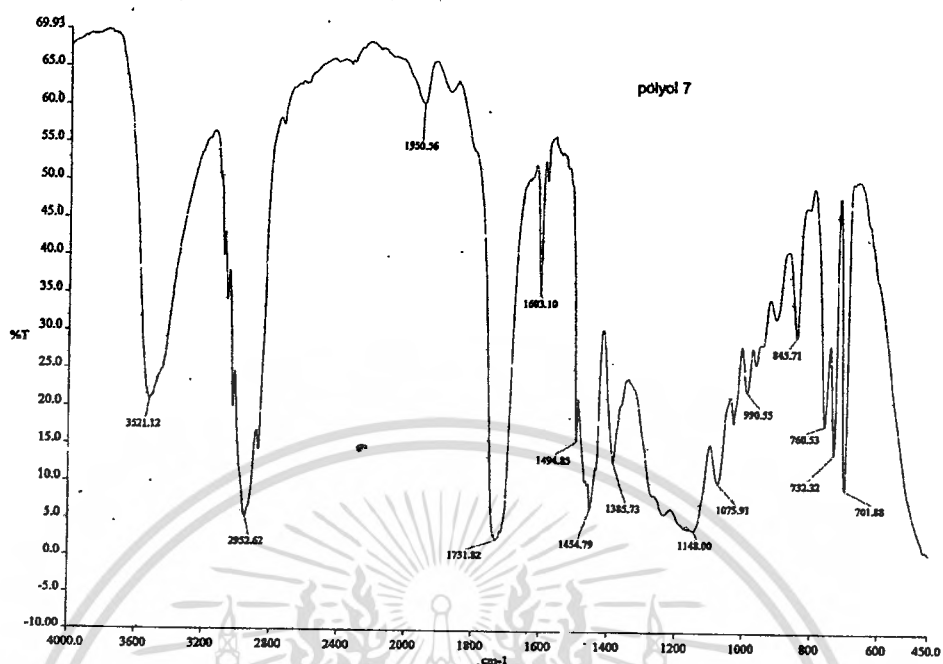


รูปที่ ๕ อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิโออล 4

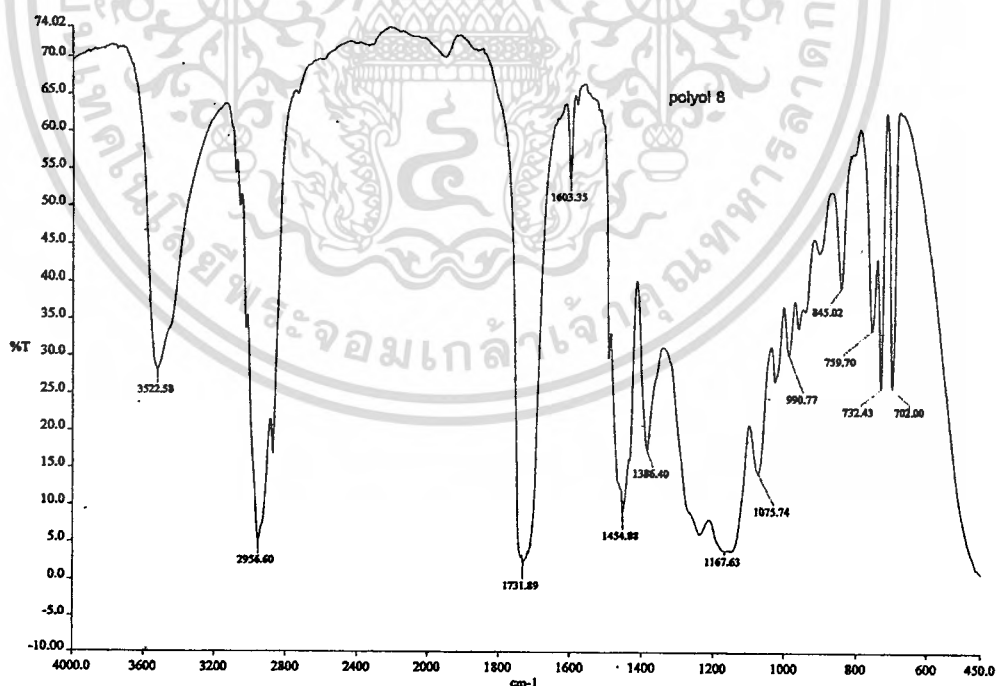


รูปที่ ๖ อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิโออล 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

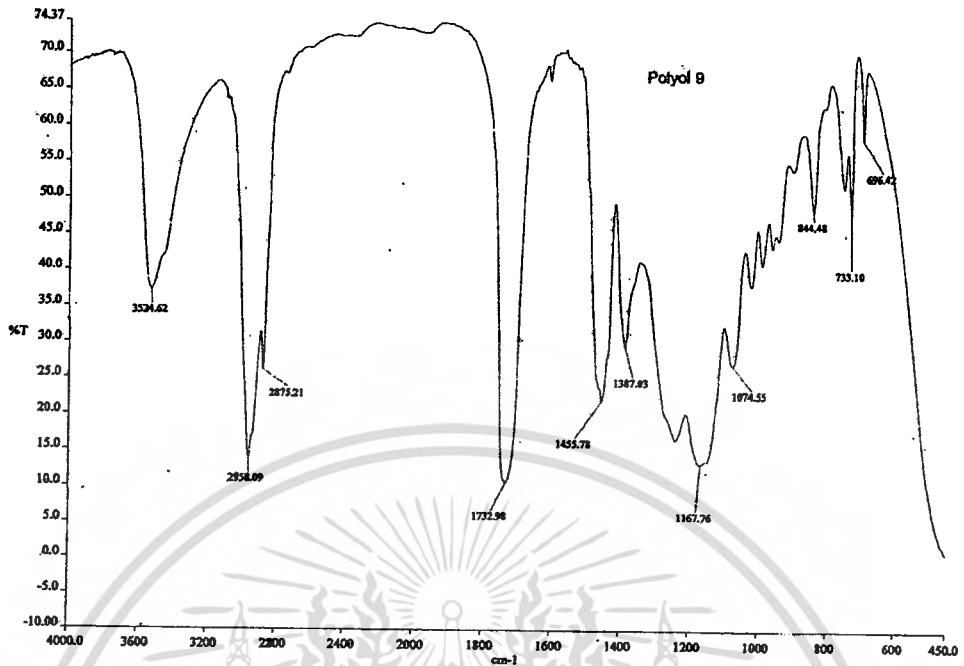


รูปที่ ง-7 อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิโออล 7

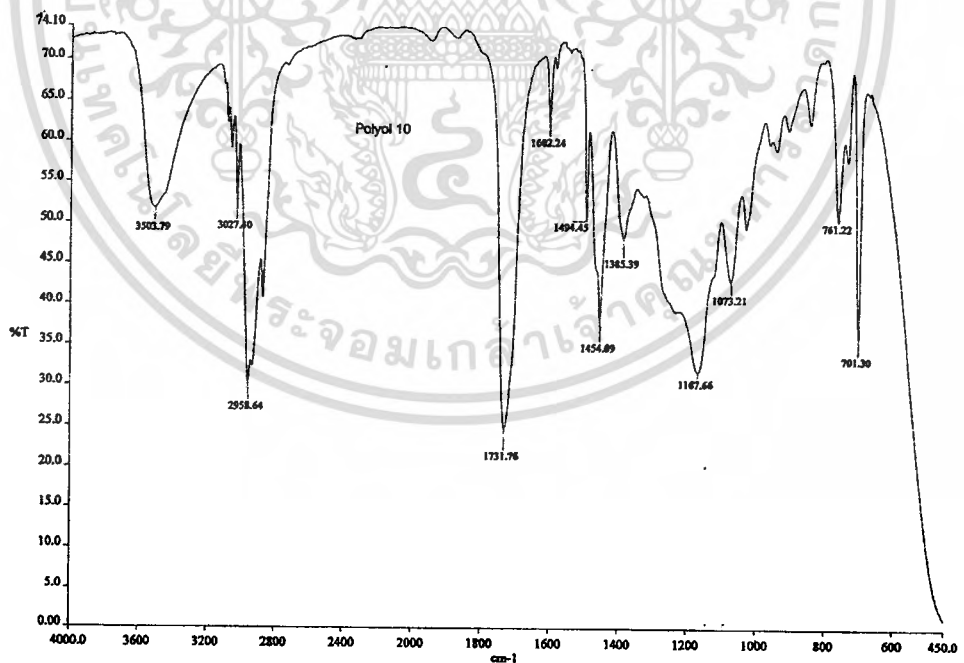


รูปที่ ง-8 อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิโออล 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

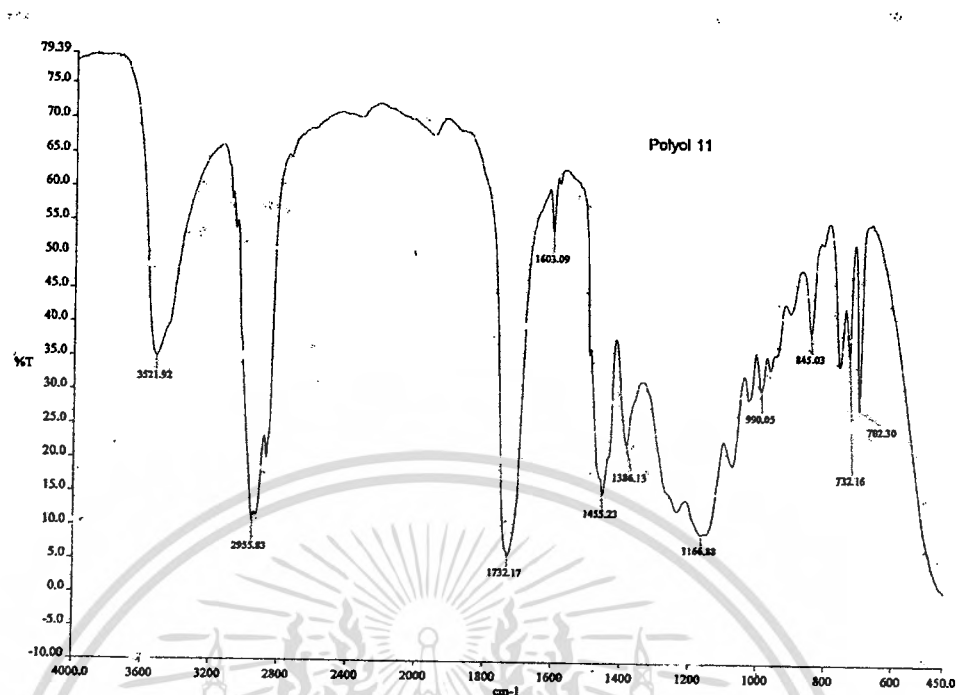


รูปที่ ๙-๙ อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิโออล ๙

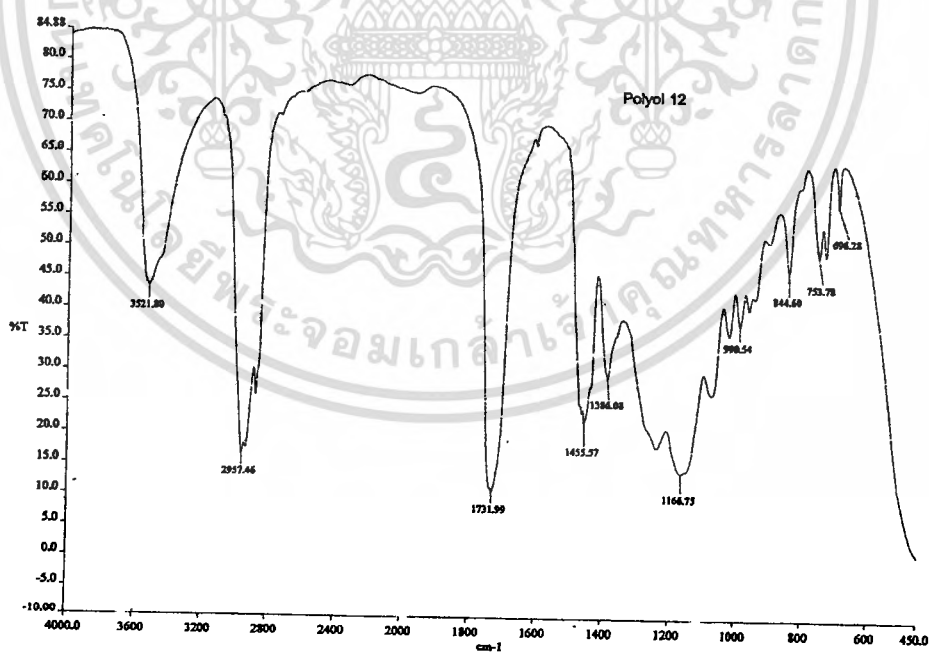


รูปที่ ๙-๑๐ อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิโออล ๑๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

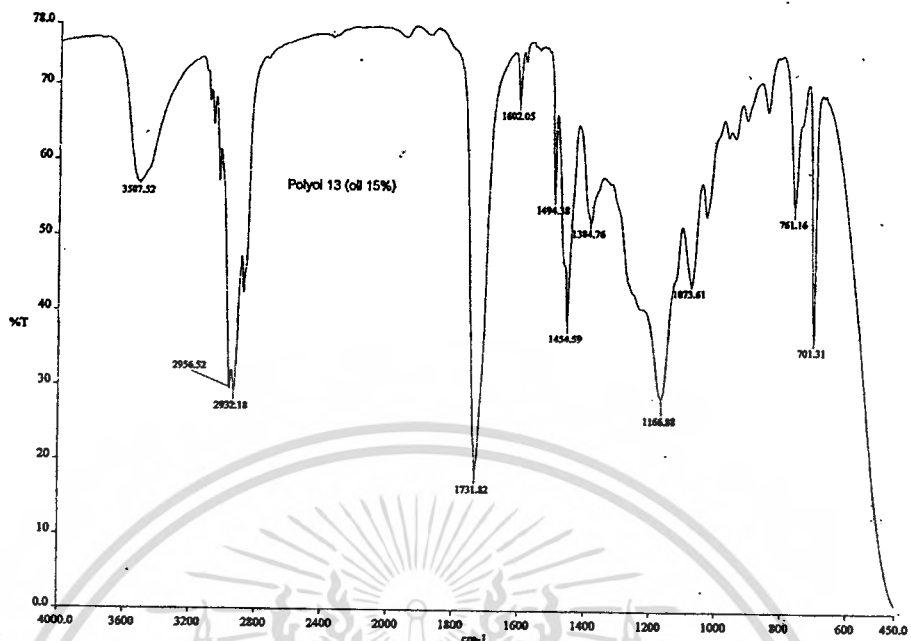


รูปที่ ง-11 อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิโออล 11

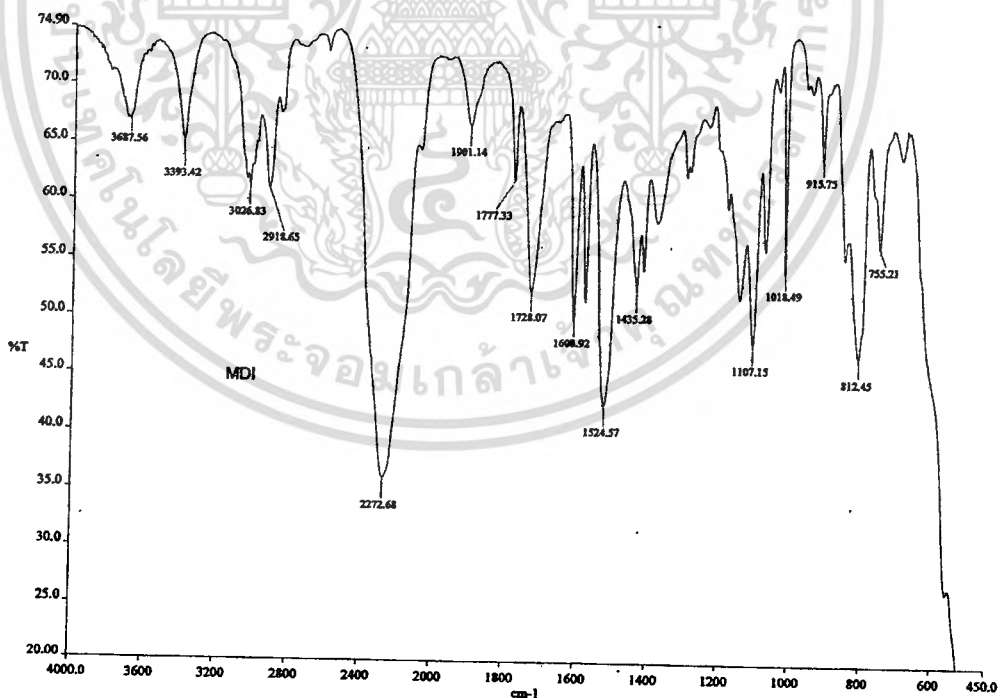


รูปที่ ง-12 อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิโออล 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

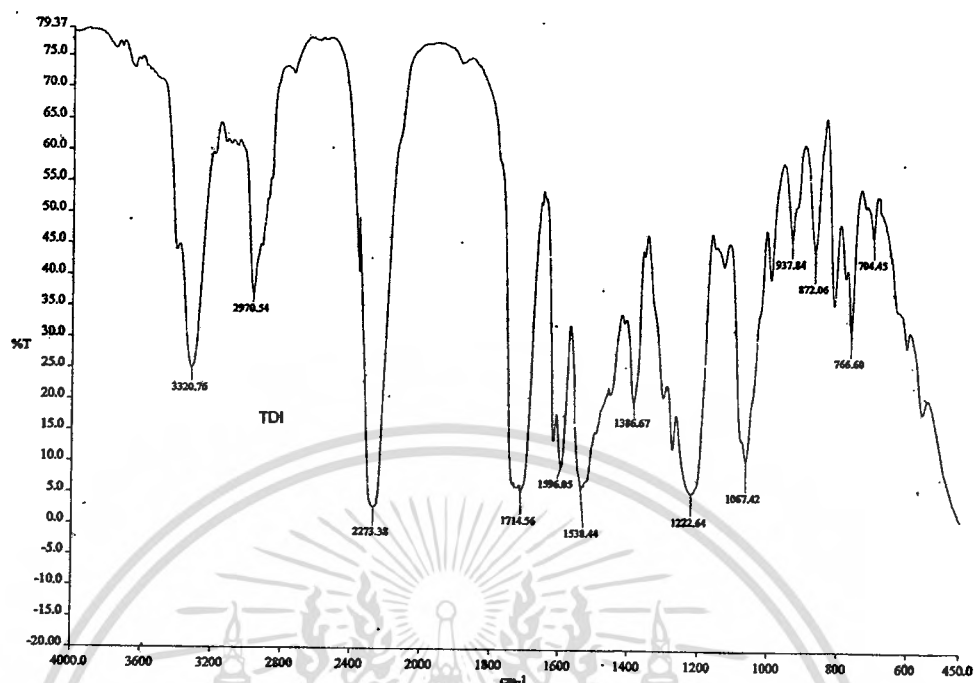


รูปที่ ง-13 อินฟราเรดสเปกตรัมของพอลิออล 13

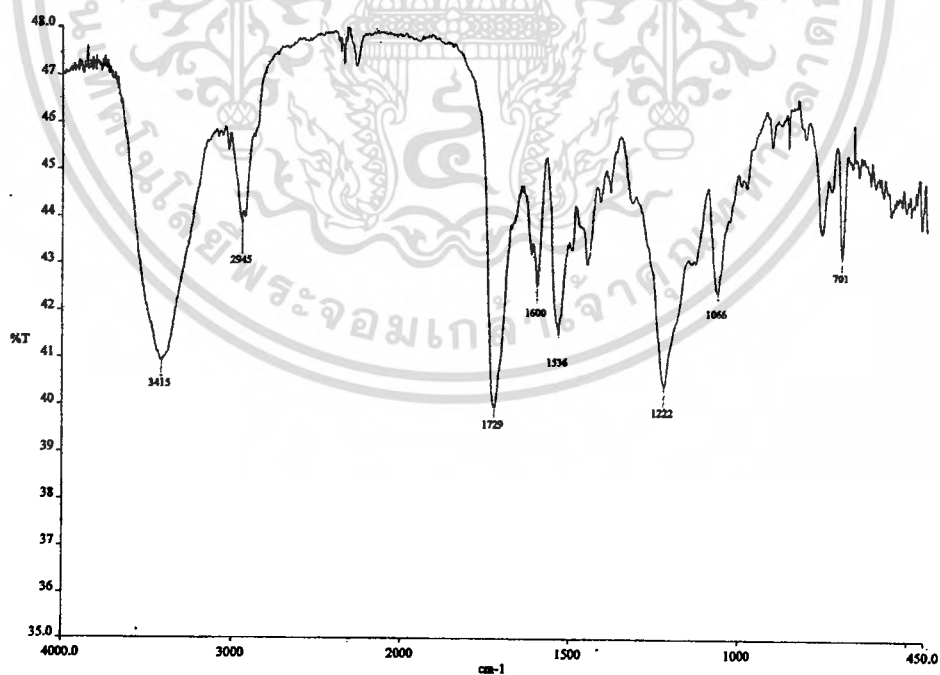


รูปที่ ง-14 อินฟราเรดสเปกตรัมของ MDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง-15 อินฟราเรดสเปกตรัมของ TDI

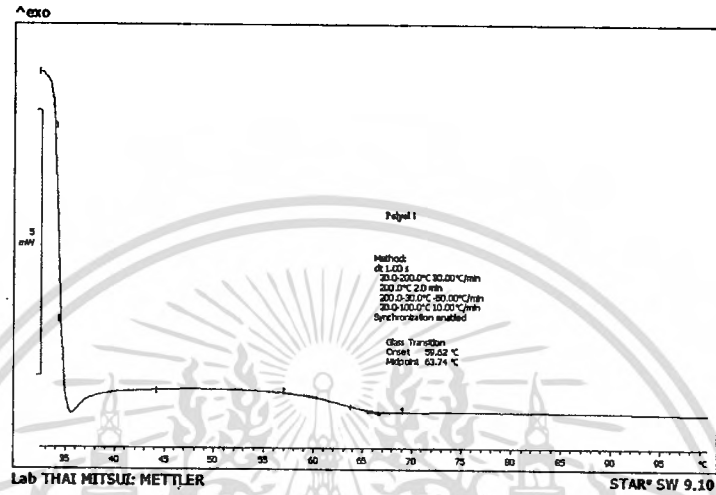


รูปที่ ง-16 อินฟราเรดสเปกตรัมของกาว ICT

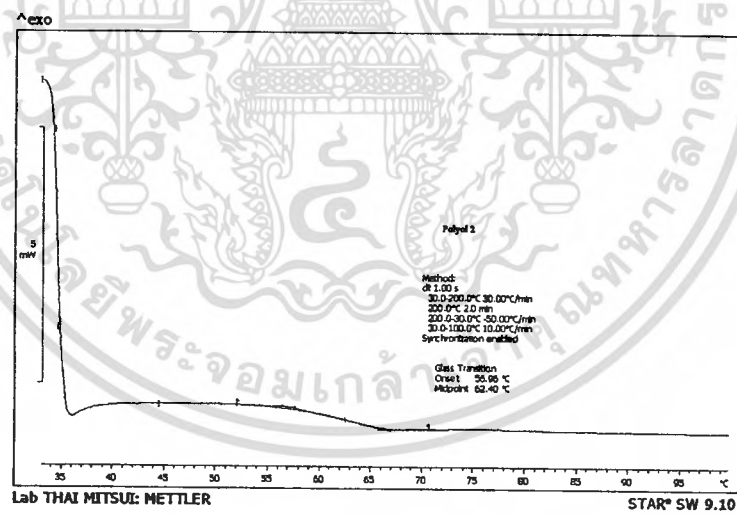
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

เทอร์โมแกรมจากเทคนิค DSC

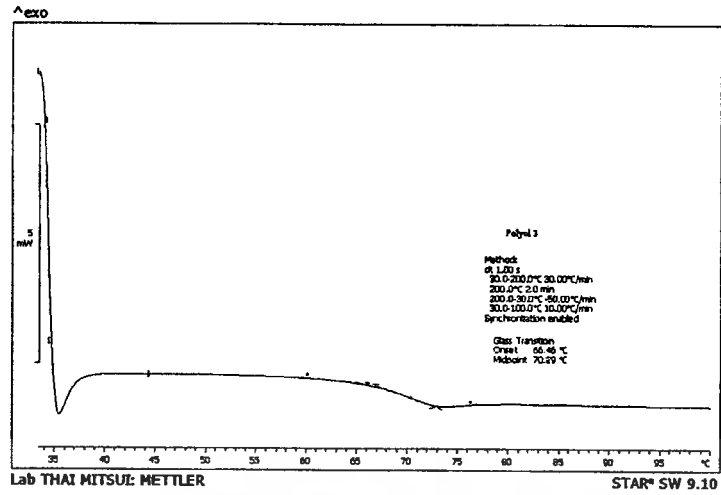


รูปที่ จ-1 เทอร์โมแกรมของพอลิโออล 1

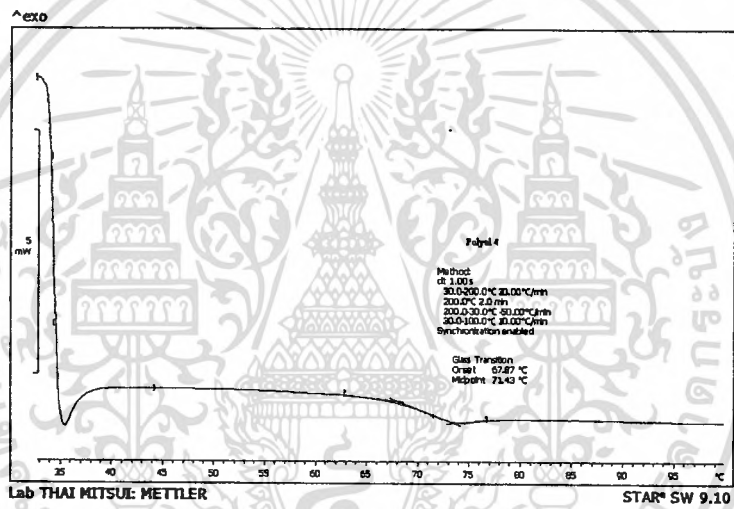


รูปที่ จ-2 เทอร์โมแกรมของพอลิโออล 2

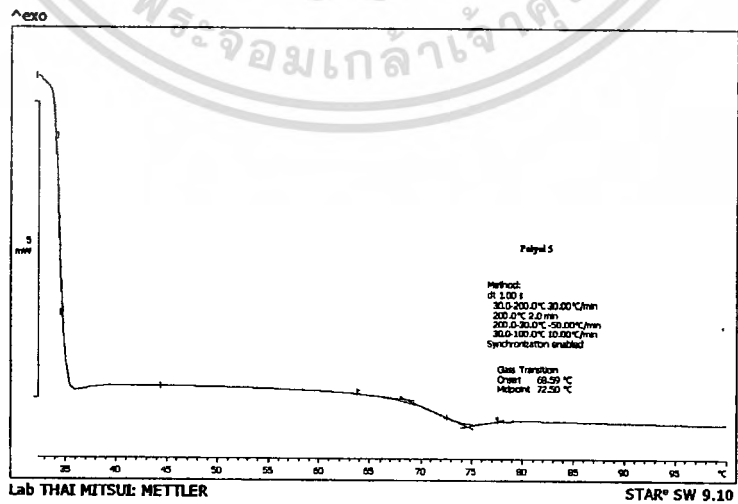
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-3 เทอร์โมแกรมของพอลิโออล 3

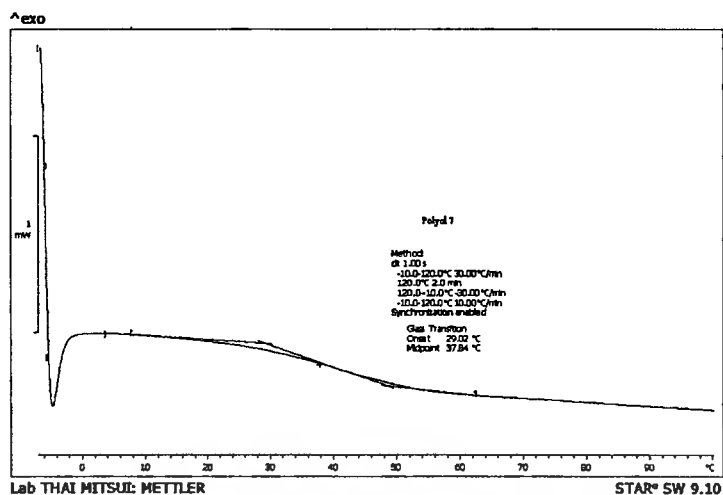


รูปที่ จ-4 เทอร์โมแกรมของพอลิโออล 4

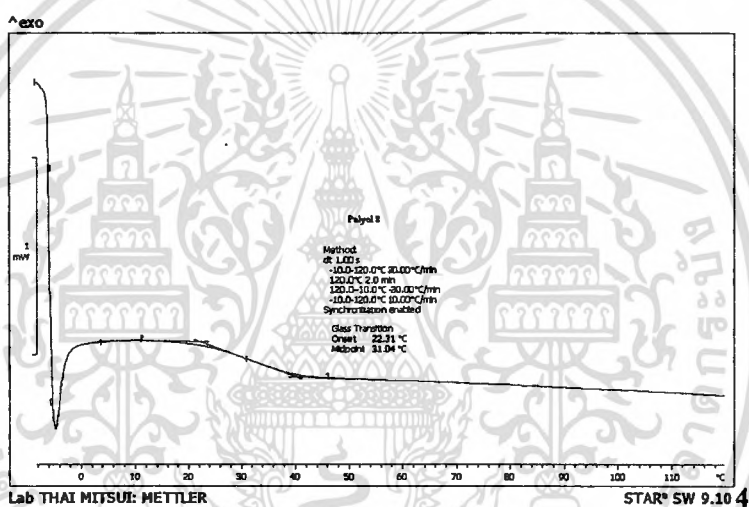


รูปที่ จ-5 เทอร์โมแกรมของพอลิโออล 5

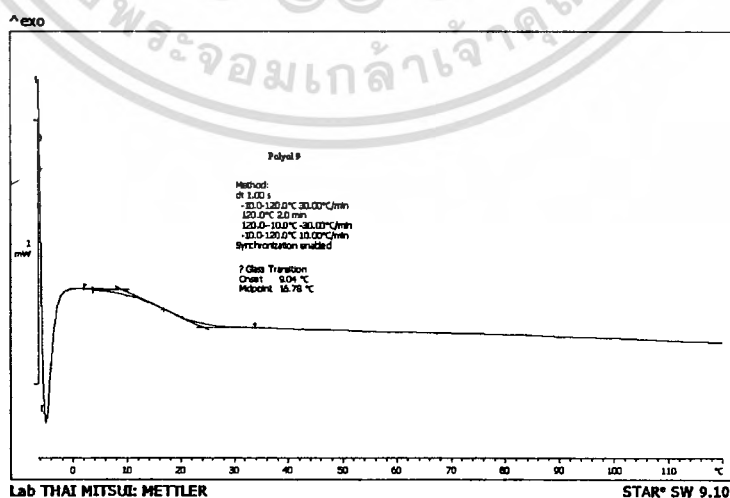
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-6 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 7

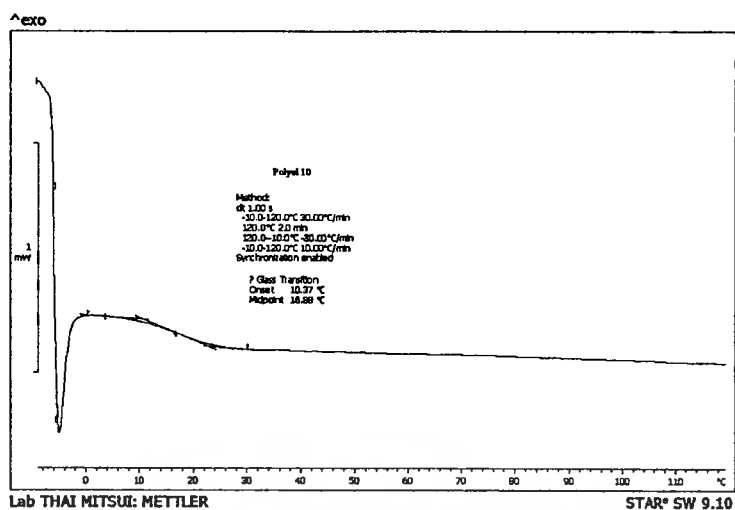


รูปที่ จ-7 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 8

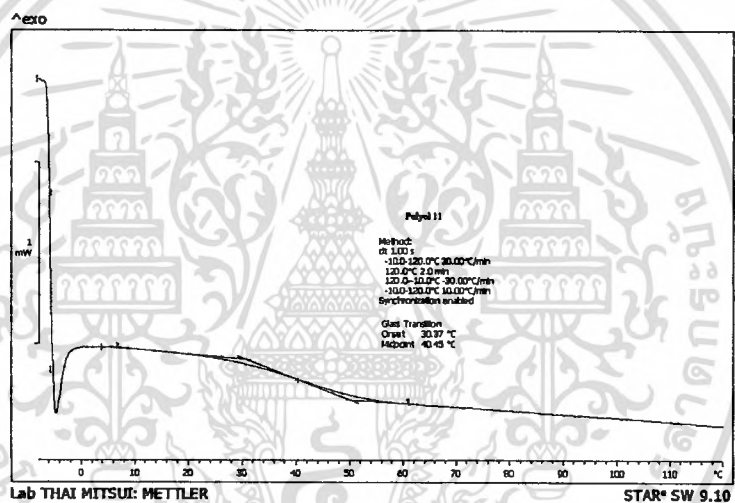


รูปที่ จ-8 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 9

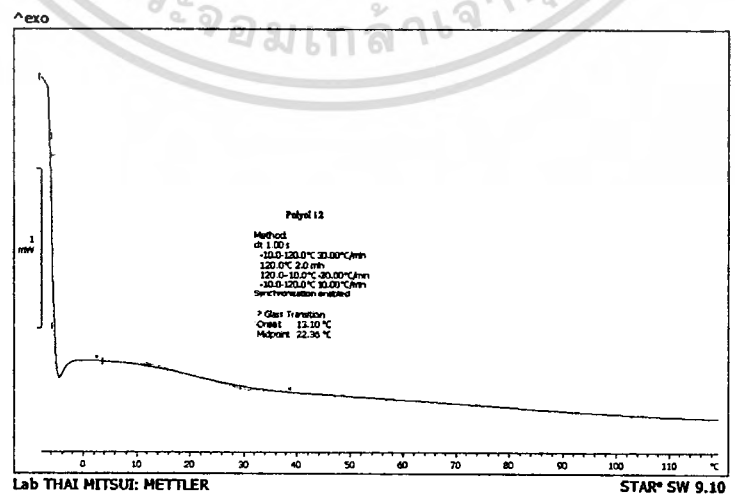
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-9 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 10

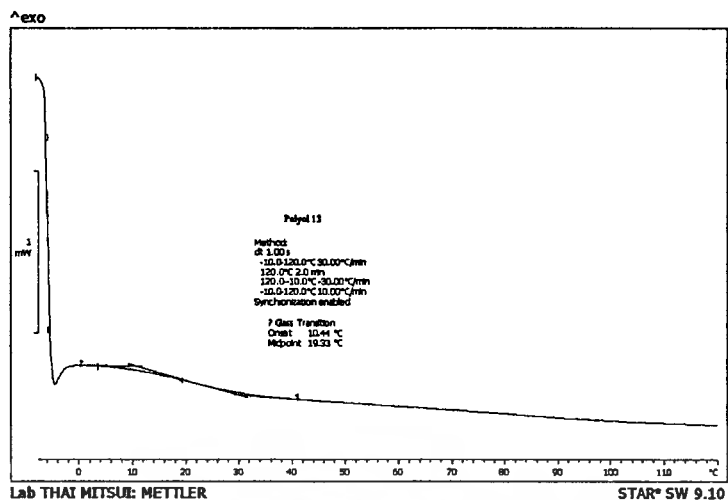


รูปที่ จ-10 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 11

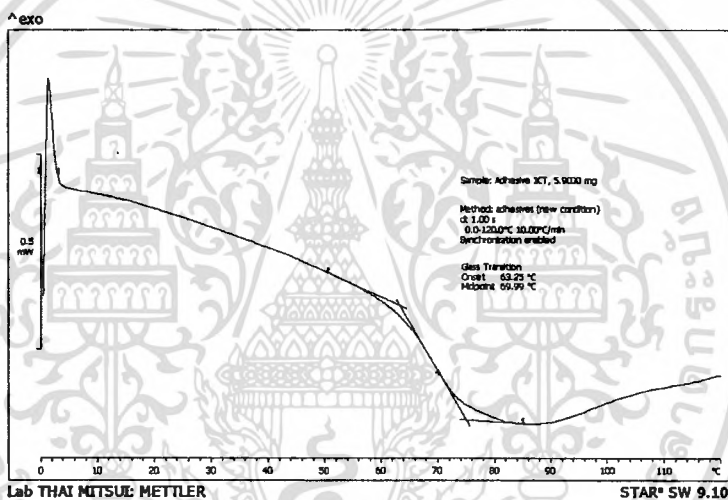


รูปที่ จ-11 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 12

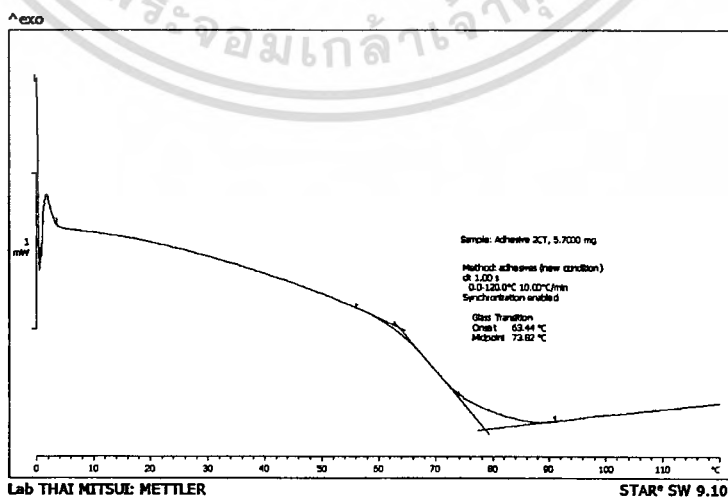
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดให้หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-12 เทอร์โมแกรมของพอลิออล 13

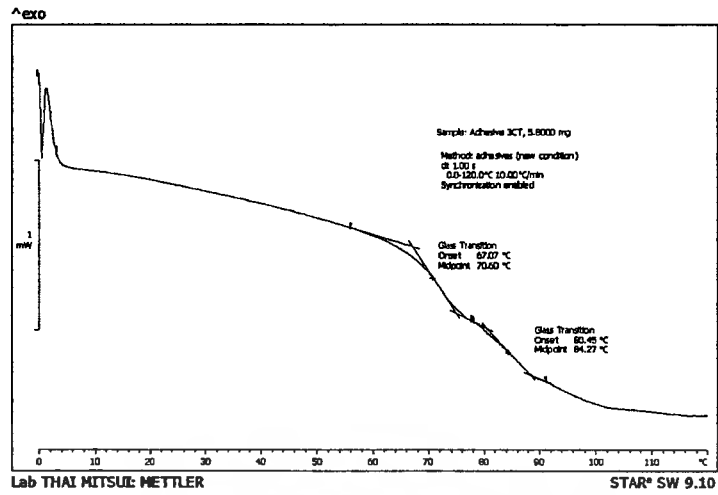


รูปที่ จ-13 เทอร์โมแกรมของฟิล์มกาว 1CT

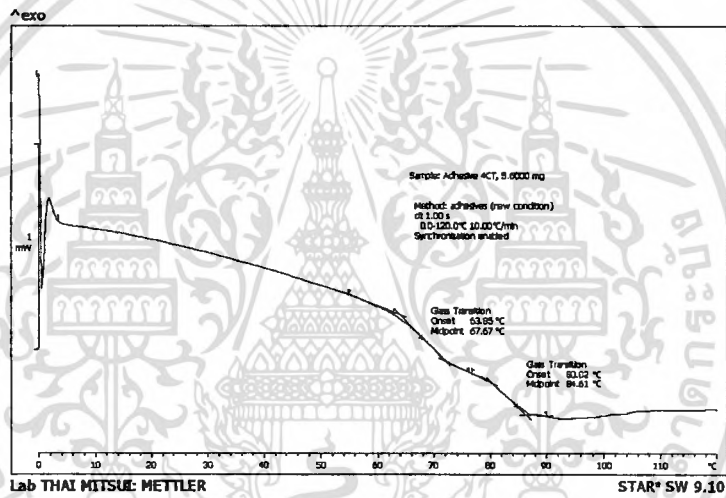


รูปที่ จ-14 เทอร์โมแกรมของฟิล์มกาว 2CT

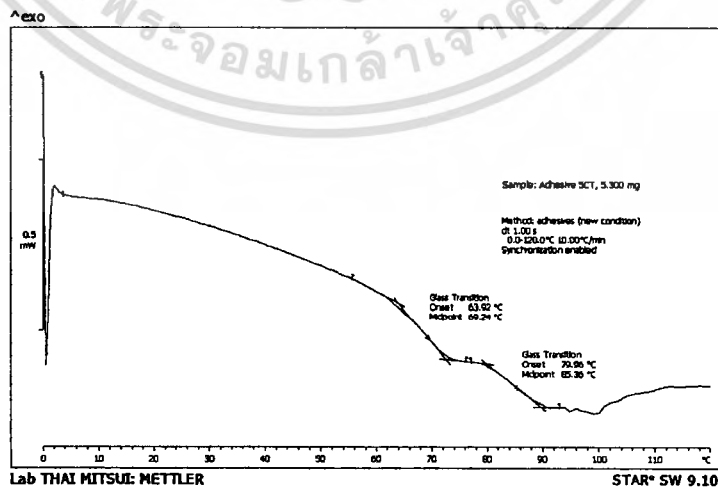
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-15 เทอร์โมแกรมของฟิล์มกาว 3CT



รูปที่ จ-16 เทอร์โมแกรมของฟิล์มกาว 4CT



รูปที่ จ-17 เทอร์โมแกรมของฟิล์มกาว 5CT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ-1 ค่า Tg ของ โพลิเมอร์

	Tg (K)
ST	381
MMA	381
BA	217
HEMA	328
AA	377



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ค่าเวลาในการเกิดเจล

ตารางที่ ฉ-1 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ที่มีต่อค่าเวลาในการเกิดเจล

สูตรกาว	พอลิออล	ไดไอ โซ- ไซยา เนต	อัตราส่วน โดยโมลของ NCO/OH	น้ำหนักของ ไดไอไซไซยา เนต (กรัม)	น้ำหนักของ พอลิออล (กรัม)	Gel time (นาที)
กาว 1AT	พอลิออล 1	TDI	0.75/1	20.52	65.80	170
กาว 1BT			1/1	27.36		165
กาว 1CT			1.25/1	34.20		172
กาว 1DT			1.5/1	41.04		175
กาว 1ET			1.75/1	47.88		170
กาว 1AM	พอลิออล 2	MDI	0.75/1	8.51	65.80	30
กาว 1BM			1/1	11.35		25
กาว 1CM			1.25/1	14.19		18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

%Wood failure (สภาวะการทดสอบที่ 1)

ตารางที่ ข-1 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ NCO/OH ที่มีต่อค่า %wood failure

สูตรกาว	ไดไอโซไซยานต	NCO/OH	%wood failure					ค่าเฉลี่ย
			ชั้นไม้ที่ 1	ชั้นไม้ที่ 2	ชั้นไม้ที่ 3	ชั้นไม้ที่ 4	ชั้นไม้ที่ 5	
กาว 1AT	TDI	0.75/1	40	80	5	0	0	25
กาว 1BT		1/1	100	100	50	0	50	60
กาว 1CT		1.25/1	100	100	100	25	20	69
กาว 1DT		1.5/1	100	50	50	100	50	70
กาว 1ET		1.75/1	100	35	80	100	60	75
กาว 1AM	MDI	0.75/1	5	0	0	100	100	41
กาว 1BM		1/1	50	5	10	95	65	45
กาว 1CM		1.25/1	5	95	40	5	95	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 ผลของปริมาณน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่า %wood failure

สูตรกาว	ปริมาณของ น้ำมันลินสีด (%โดยน้ำหนัก)	%wood failure					ค่าเฉลี่ย
		ชิ้นไม้ ที่ 1	ชิ้นไม้ ที่ 2	ชิ้นไม้ ที่ 3	ชิ้นไม้ ที่ 4	ชิ้นไม้ ที่ 5	
กาว 1CT	0	100	100	100	25	20	69
กาว 2CT	5	40	50	100	25	n/a	54
กาว 3CT	10	80	100	100	100	100	96
กาว 4CT	15	100	75	100	100	100	95
กาว 5CT	20	100	100	100	100	n/a	100
กาว 1BM	0	10	5	10	10	65	20
กาว 2BM	5	0	50	5	5	100	32
กาว 3BM	10	25	90	100	60	20	59
กาว 4BM	15	100	100	25	50	5	56
กาว 5BM	20	25	100	100	100	100	85

ตารางที่ ข-3 ผลของการปรับสูตรพอลิออลที่มีต่อค่า %Wood failure

สูตรกาว	อัตราส่วนโดย น้ำหนักของ ST/BA/MMA	%wood failure					ค่าเฉลี่ย
		ชิ้นไม้ ที่ 1	ชิ้นไม้ ที่ 2	ชิ้นไม้ ที่ 3	ชิ้นไม้ ที่ 4	ชิ้นไม้ ที่ 5	
กาว 1CT	30/11/30	100	100	100	25	20	69
กาว 7CT	20/21/30	25	100	100	100	60	77
กาว 8CT	10/31/30	10	70	100	10	50	48
กาว 9CT	0/41/30	40	100	80	10	25	51
กาว 10CT	30/41/0	40	40	90	40	0	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 ผลของน้ำมันลินสีดที่มีต่อค่า %wood failure ของพอลิออลที่ปรับสูตร

สูตรกาว	อัตราส่วนโดย น้ำหนักของ ST/BA/MMA	ปริมาณของ น้ำมันลินสีด %โดยน้ำหนัก	ชั้น ไม้ที่ 1	ชั้น ไม้ที่ 2	ชั้น ไม้ที่ 3	ชั้น ไม้ที่ 4	ชั้น ไม้ที่ 5	ค่า เฉลี่ย
กาว 1CT	30/11/30	0	100	100	100	25	20	69
กาว 4CT		15	100	75	100	100	100	95
กาว 7CT	20/21/30	0	25	100	100	100	60	77
กาว 11CT		15	100	100	50	100	100	90
กาว 9CT	0/41/30	0	40	100	80	10	25	51
กาว 12CT		15	100	100	100	100	100	100
กาว 10CT	30/41/0	0	40	90	40	40	0	42
กาว 13CT		15	60	60	80	70	100	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ความแข็งแรงดิ่งแบบเฉือน

ตารางที่ ข-1 ค่าความแข็งแรงดิ่งแบบเฉือนของกาว 1AT – 1ET ตามสภาวะการทดสอบที่ 1

ชั้นไม้ ที่ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดิ่ง (MPa)				
	กาว 1AT	กาว 1BT	กาว 1CT	กาว 1DT	กาว 1ET
1	12.755	12.528	14.374	14.074	15.167
2	13.906	12.529	14.828	12.806	14.771
3	11.465	12.695	14.339	14.765	14.519
4	11.713	12.154	12.845	13.449	15.846
5	12.397	13.666	11.167	12.297	14.665
ค่าเฉลี่ย	12.447	12.715	13.510	13.473	14.994
S.D.	0.966	0.567	1.509	0.978	0.553
ค่าต่ำสุด	11.465	12.154	11.167	12.297	14.519
ค่าสูงสุด	13.906	13.666	14.828	14.765	15.846

ตารางที่ ข-2 ค่าความแข็งแรงดิ่งแบบเฉือนของกาว 1AM – 1CM ตามสภาวะการทดสอบที่ 1

ชั้นไม้ ที่ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดิ่ง (MPa)		
	กาว 1AM	กาว 1BM	กาว 1CM
1	11.705	14.618	13.769
2	11.288	13.660	14.604
3	12.673	12.209	12.884
4	12.089	15.817	13.927
5	11.788	12.340	14.473
ค่าเฉลี่ย	11.909	13.729	13.931
S.D.	0.514	1.532	0.684
ค่าต่ำสุด	11.288	12.209	12.884
ค่าสูงสุด	12.673	15.817	14.604

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ-3 ค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว ICT-5CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 1

ชั้นไม้ ที่ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดึง (MPa)				
	กาว 1CT	กาว 2CT	กาว 3CT	กาว 4CT	กาว 5CT
1	14.374	15.284	15.753	16.338	15.666
2	14.828	13.981	16.047	13.362	15.547
3	14.339	15.752	16.355	16.895	15.085
4	12.845	14.616	14.798	15.453	14.128
5	11.167	n/a	14.227	16.625	n/a
ค่าเฉลี่ย	13.510	14.909	15.436	16.328	15.106
S.D.	1.509	0.774	0.893	0.626	0.699
ค่าต่ำสุด	11.167	13.981	14.227	13.362	14.128
ค่าสูงสุด	14.828	15.752	16.355	16.895	15.666

ตารางที่ ซ-4 ค่าความแข็งแรงดึงแบบเนียนของกาว IBM-5BM ตามสภาวะการทดสอบ 1

ชั้นไม้ ที่ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดึง (MPa)				
	กาว 1BM	กาว 2BM	กาว 3BM	กาว 4BM	กาว 5BM
1	12.071	13.293	16.138	14.633	14.446
2	13.660	14.106	15.254	15.659	16.319
3	12.209	13.514	15.678	15.615	15.699
4	12.104	12.119	16.665	15.555	16.105
5	12.340	14.244	14.406	16.053	15.418
ค่าเฉลี่ย	12.477	13.455	15.628	15.503	15.597
S.D.	0.670	0.846	0.862	0.524	0.732
ค่าต่ำสุด	12.071	12.119	14.406	14.633	14.446
ค่าสูงสุด	13.660	14.244	16.665	16.053	16.319

ตารางที่ ข-5 ค่าความแข็งแรงดึงแบบเงื่อนไขของถาวร 1CT, 7CT, 8CT, 9CT, 10CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 1

ชั้นไม้ที่ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดึง (MPa)				
	ถาวร 1CT	ถาวร 7CT	ถาวร 8CT	ถาวร 9CT	ถาวร 10CT
1	14.374	15.020	13.177	12.244	14.950
2	14.828	15.740	16.262	14.317	12.131
3	14.339	15.547	17.106	15.652	16.079
4	12.845	15.525	14.518	12.380	14.206
5	11.167	15.969	12.934	11.904	12.118
ค่าเฉลี่ย	13.510	15.560	14.799	13.299	13.897
S.D.	1.509	0.351	1.847	1.618	1.750
ค่าต่ำสุด	11.167	15.020	12.934	11.904	12.118
ค่าสูงสุด	14.828	15.969	17.106	15.652	16.079

ตารางที่ ข-6 ค่าความแข็งแรงดึงแบบเงื่อนไขของถาวร 7CT, 11CT, 9CT, 12CT, 10CT, 13CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 1

ชั้นไม้ที่ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดึง (MPa)					
	ถาวร 7CT	ถาวร 11CT	ถาวร 9CT	ถาวร 12CT	ถาวร 10CT	ถาวร 13CT
1	15.020	13.988	12.444	15.205	14.950	17.011
2	15.740	16.632	14.317	16.401	12.131	16.250
3	15.547	14.660	15.652	12.511	16.079	14.370
4	15.525	15.121	12.380	13.394	14.206	18.399
5	15.969	16.981	11.904	15.004	12.118	16.155
ค่าเฉลี่ย	15.560	15.476	13.299	14.503	13.897	16.437
S.D.	0.351	1.285	1.618	1.545	1.750	1.463
ค่าต่ำสุด	15.020	13.988	11.904	12.511	12.118	14.370
ค่าสูงสุด	15.969	16.981	15.652	16.401	16.079	18.399

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-7 ค่าความแข็งแรงดึงแบบเหือนของกาว 1AT-1ET ตามสภาวะการทดสอบที่ 5

ชั้นไม้ ที่ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดึง (MPa)				
	กาว 1AT	กาว 1BT	กาว 1CT	กาว 1DT	กาว 1ET
1	2.548	3.800	2.900	6.643	7.716
2	3.862	2.077	5.119	6.005	8.917
3	4.270	4.092	6.848	6.362	8.519
4	2.286	4.540	4.174	7.005	7.432
5	3.122	5.683	n/a	5.752	7.089
ค่าเฉลี่ย	3.217	4.038	4.760	6.353	7.935
S.D.	0.844	1.310	1.662	0.498	0.762
ค่าต่ำสุด	2.286	3.800	2.900	5.752	7.089
ค่าสูงสุด	4.270	5.683	6.848	7.005	8.917

ตารางที่ ข-8 ค่าความแข็งแรงดึงแบบเหือนของกาว 1AM-1CM ตามสภาวะการทดสอบที่ 5

ชั้นไม้ ที่ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดึง (MPa)		
	กาว 1AM	กาว 1BM	กาว 1CM
1	5.027	8.212	5.679
2	5.293	6.646	4.792
3	4.867	7.189	4.874
4	4.685	7.777	6.739
5	5.285	5.829	6.960
ค่าเฉลี่ย	5.032	7.131	5.809
S.D.	0.264	0.938	1.014
ค่าต่ำสุด	4.685	5.829	4.874
ค่าสูงสุด	5.293	8.212	6.960

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-9 ค่าความแข็งแรงดึงแบบเหือนของกาว 1CT-5CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 3

ชั้นไม้ ที่ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดึง (MPa)				
	กาว 1CT	กาว 2CT	กาว 3CT	กาว 4CT	กาว 5CT
1	5.004	6.935	7.276	7.024	6.605
2	4.877	7.618	5.941	7.517	6.464
3	5.276	6.158	7.943	8.323	6.993
4	4.712	7.888	7.030	8.757	8.993
5	3.210	7.405	10.041	8.320	n/a
ค่าเฉลี่ย	4.616	7.201	7.646	7.988	7.264
S.D.	0.812	0.679	1.520	0.701	1.174
ค่าต่ำสุด	3.210	6.158	5.941	7.024	6.605
ค่าสูงสุด	5.276	7.888	10.041	8.757	8.993

ตารางที่ ข-10 ค่าความแข็งแรงดึงแบบเหือนของกาว 1CT-5CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 5

ชั้นไม้ ที่ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดึง (MPa)				
	กาว 1CT	กาว 2CT	กาว 3CT	กาว 4CT	กาว 5CT
1	2.900	6.299	6.833	8.756	8.161
2	5.119	5.685	7.401	8.451	5.414
3	6.848	4.777	7.178	9.861	5.760
4	4.174	4.794	5.052	9.173	6.903
5	n/a	6.646	n/a	8.912	4.689
ค่าเฉลี่ย	4.760	5.640	6.616	9.031	6.185
S.D.	1.662	0.853	1.068	0.533	1.364
ค่าต่ำสุด	2.900	4.777	5.052	8.451	5.414
ค่าสูงสุด	6.848	6.646	7.401	9.861	8.161

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-11 ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1BM-5BM ตามสภาวะการทดสอบที่ 5

ชั้นไม้ ที่ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดึง (MPa)				
	กาว 1BM	กาว 2BM	กาว 3BM	กาว 4BM	กาว 5BM
1	6.646	9.231	6.859	7.738	7.319
2	7.189	6.188	6.153	8.458	9.743
3	7.777	8.198	7.747	9.055	7.129
4	5.101	5.363	7.264	9.116	9.013
5	5.829	n/a	7.931	9.944	7.528
ค่าเฉลี่ย	6.508	7.245	7.191	8.862	8.147
S.D.	1.065	1.781	0.716	0.821	1.162
ค่าต่ำสุด	5.101	5.363	6.153	7.738	7.129
ค่าสูงสุด	7.777	9.231	7.931	9.944	9.743

ตารางที่ ข-12 ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 1CT, 7CT, 8CT, 9CT, 10CT ตามสภาวะการทดสอบที่ 5

ชั้นไม้ ที่ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดึง (MPa)				
	กาว 1CT	กาว 7CT	กาว 8CT	กาว 9CT	กาว 10CT
1	2.900	3.432	4.284	2.136	1.649
2	5.119	2.850	4.903	0.943	2.369
3	6.848	5.705	5.429	1.854	1.717
4	4.174	3.476	4.301	1.330	1.671
5	n/a	6.724	5.083	0.884	n/a
ค่าเฉลี่ย	4.760	4.437	4.800	1.429	1.851
S.D.	1.662	1.680	0.500	0.553	0.346
ค่าต่ำสุด	2.900	2.850	4.284	0.884	1.649
ค่าสูงสุด	6.848	6.724	5.429	2.136	2.369

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ-14 ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 7CT, 11CT, 9CT, 12CT, 10CT, 13CT ตาม
สภาวะการทดสอบที่ 3

ชั้นไม้ที่ ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดึง (MPa)					
	กาว 7CT	กาว 11CT	กาว 9CT	กาว 12CT	กาว 10CT	กาว 13CT
1	7.345	6.494	6.975	7.081	8.784	9.471
2	8.130	6.489	7.188	7.654	6.792	7.270
3	7.927	8.862	7.654	8.170	8.513	6.724
4	7.279	8.142	7.472	7.262	6.540	6.617
5	7.096	7.874	n/a	7.014	n/a	9.260
ค่าเฉลี่ย	7.555	7.572	7.322	7.436	7.657	7.868
S.D.	0.447	1.050	0.301	0.480	1.155	1.391
ค่าต่ำสุด	7.096	6.489	6.975	7.014	6.540	6.617
ค่าสูงสุด	8.130	8.862	7.654	8.170	8.784	9.471

ตารางที่ ซ-15 ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนของกาว 7CT, 11CT, 9CT, 12CT, 10CT, 13CT ตาม
สภาวะการทดสอบที่ 5

ชั้นไม้ที่ ทดสอบ	ค่าความแข็งแรงดึง (MPa)					
	กาว 7CT	กาว 11CT	กาว 9CT	กาว 12CT	กาว 10CT	กาว 13CT
1	3.432	8.838	2.136	2.385	1.649	2.857
2	2.850	8.363	0.943	3.239	2.369	3.276
3	5.705	5.294	1.854	2.468	1.717	3.146
4	3.476	7.043	1.330	3.699	1.671	2.053
5	6.724	n/a	0.884	3.575	n/a	2.949
ค่าเฉลี่ย	4.437	7.384	1.429	3.073	1.851	2.856
S.D.	1.680	1.587	0.553	0.615	0.346	0.478
ค่าต่ำสุด	2.850	5.294	0.884	2.385	1.649	2.053
ค่าสูงสุด	6.724	8.838	2.136	3.699	2.369	3.276

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฅ

%การบวมตัวของกาว

ตารางที่ ฅ-1 %การบวมตัวของกาว

	กาว 1CT	กาว 2CT	กาว 3CT	กาว 4CT	กาว 5CT
เริ่มต้น					
น้ำหนัก (g)	1.5331	1.4655	1.4581	1.5662	1.4851
%บวมตัว	0	0	0	0	0
1 วัน					
น้ำหนัก (g)	1.6141	1.5589	1.4990	1.6022	1.5173
%บวมตัว	5.28	6.37	2.80	2.30	2.17
2 วัน					
น้ำหนัก (g)	1.6670	1.5675	1.5440	1.6422	1.5580
%บวมตัว	8.73	6.96	5.89	4.85	4.91
3 วัน					
น้ำหนัก (g)	1.6990	1.6108	1.5561	1.6429	1.5735
%บวมตัว	10.82	9.91	6.72	4.90	5.95
4 วัน					
น้ำหนัก (g)	1.6885	1.6211	1.5789	1.6501	1.5542
%บวมตัว	10.14	10.62	8.28	5.36	4.65
5 วัน					
น้ำหนัก (g)	1.6970	1.6149	1.5660	1.6530	1.5634
%บวมตัว	10.69	10.19	7.40	5.54	5.27

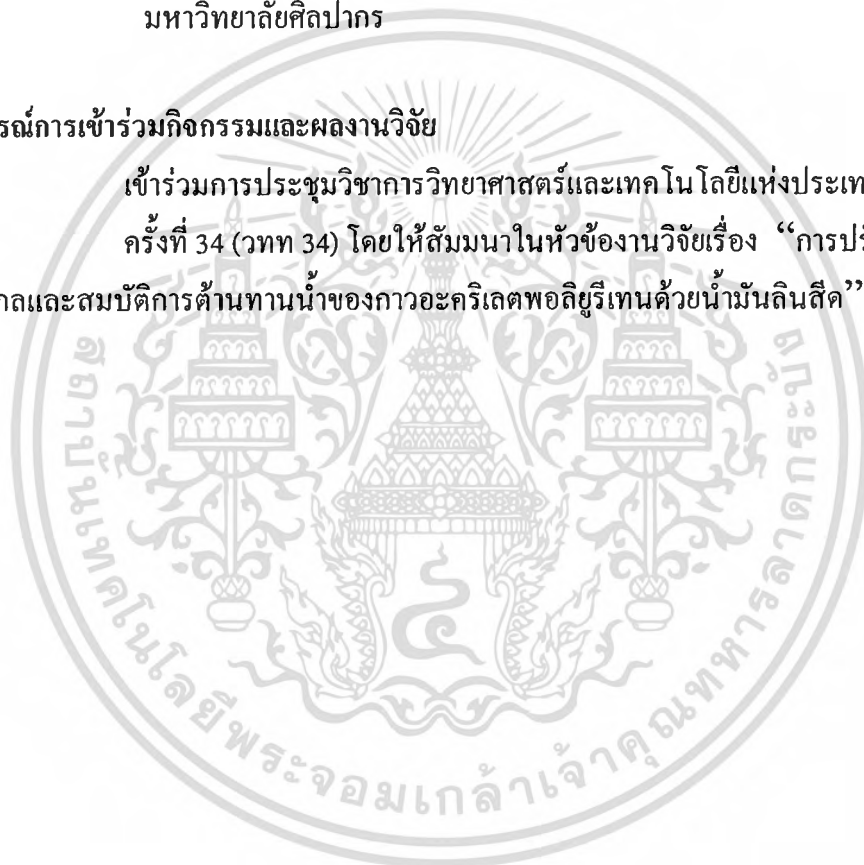
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวณัฐชา ปานกุล
 วัน เดือน ปีเกิด 11 มกราคม 2519
 ภูมิลำเนา นครราชสีมา
 ที่อยู่ 23/208 ม.1 ถนนสุขประยูร แขวงนาป่า อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20000
 ประวัติการศึกษา - ระดับมัธยม โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า
 - ระดับปริญญาตรี (วท.บ.เคมี) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประสบการณ์การเข้าร่วมกิจกรรมและผลงานวิจัย

พ.ศ. 2551 เข้าร่วมการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 34 (วทท 34) โดยให้สัมมนาในหัวข้องานวิจัยเรื่อง “การปรับปรุงสมบัติเชิงกลและสมบัติการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด”



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้