

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาเทคนิคเฟลทราเนสเฟอ์ด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก
เพื่อหาคุณลักษณะของ โพลิสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงและเตรียม
พอลิเมอร์ผสมระหว่าง โพลิสไตรีนและ โพลีบิวทิลอะครีเลต



นางสาวกนกพร ชัยวรพร

รฟ.
ก122ก
2535

นางสาวสมพร ว่องไวพาณิชย์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสถาบันฯ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Study of Phase Transfer Technique with Cationic Surfactant for
the Characterization of Crosslinked Polystyrene Latex and the
Preparation of Polymer Blend of Polystyrene and Poly(butyl acry-
late)**



**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science**

Department of Chemistry

Faculty of science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์ด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุ
บวก เพื่อหาคุณลักษณะของโพลีไทรินลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงและ
เตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีไทรินและโพลีบิวทิลอะครีเลต

โดย นางสาวกนกพร ชัยวรพร
นางสาวสมพร ว่องไวพานิชย์

ภาควิชา เคมี


อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

 หัวหน้าภาควิชาเคมี

(ผศ.ดร.ศิริวัฒน์ มงคลอัครรัตน์)

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ

 ประธานกรรมการ

(ผศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล)

 กรรมการ

(ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล)

 กรรมการ

(ดร.ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาเทคนิคเฟล-ทรานส์เฟอร์ด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุ
เพื่อหาคุณลักษณะของโพลีไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงและเตรียม
พอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีไตรีนและโพลีบิวทิลอะคริลเลต

นักศึกษา นางสาวกนกพร ชัยวรพร

นางสาวสมพร ว่องไวพานิชย์

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์

ภาควิชา เคมี

ปีการศึกษา 2535

บทคัดย่อ

โพลีไตรีนลาเทกซ์ที่เชื่อมโยงด้วยปริมาณโดไวนิลเบนซีนต่างๆสามารถเตรียม
ได้โดยกระบวนการโพลีเมอไรซ์แบบอิมัลชันโดยวิธีการแบบแบทช์ จากการศึกษาพบว่าอัตรา
เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันดำเนินไปอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและเข้าสู่ค่าสูงสุดในเวลา
1-3 ชม. ขนาดอนุภาคมีขนาดเล็ก (ประมาณ 80 นาโนเมตร) และมีขนาดเท่าๆ กัน
กระจายอยู่ในชั้นของน้ำ อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของโพลีไตรีน จะแปรตาม
ปริมาณของโดไวนิลเบนซีน (เปอร์เซ็นต์สารเชื่อมโยง)

เทคนิคเฟล ทรานส์เฟอร์ เป็นเทคนิคที่อาศัยหลักการการทำให้อนุภาคของ
ลาเทกซ์ที่มีประจุลบที่ผิวเป็นกลาง เมื่อเติมสารละลายของสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก
ขณะที่มีตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่เข้ากับน้ำ เมื่อความเข้มข้นถึงจุดยุติที่เรียกว่า critical
transfer concentration (CTC) อนุภาคที่มีประจุเป็นกลางจะเคลื่อนที่จากชั้นน้ำไปสู่
ชั้นของตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งสังเกตได้จากชั้นน้ำที่ใสขึ้นทันที จากการตรวจสอบความ
สามารถในการเคลื่อนที่ของอนุภาคเข้าสู่ชั้นของตัวทำละลายอินทรีย์ (%) พบว่าได้ค่าเกือบ
100% และค่าสัดส่วนของตัวทำละลายอินทรีย์ (f) ที่เหมาะสมในการทรานส์เฟอร์ พบว่า
มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีค่าการละลายใกล้เคียงกับ
โพลีไตรีนแบบเชื่อมโยง จะทำให้การแยกชั้นของเฟลเห็นได้ชัดเจนขึ้น และไม่มีผลต่อค่า
CTC เทคนิคนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณการเกิดการเชื่อมโยงในอนุภาค

เอกลาเทกซ์และเตรียมพอลิเมอร์ผสมของโพลีไตรีนแบบเชื่อมโยงกับโพลีบิวทิลอะคริลเลตได้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

would be transferred from aqueous phase into organic phase . The end point of titration is obtained by observing instantaneously the translucent mixture and finally the clear aqueous phase. The ability of transferring the particle into organic solvent (%p) is nearly 100% . The optimum volume fraction(f) of organic solvent is no more than 0.5. Organic solvents which have solubility closed to crosslinked polystyrene would enhance the phase separation with no effect to CTC. This technique can be applied in determining crosslink density of latex particles and preparation of polymer blends between crosslinked polystyrene and polybutyl acrylate.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์ ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยโครงการพิเศษนี้มาโดยตลอด ขอขอบพระคุณอาจารย์อรุณี คงศักดิ์-ไพศาล และอาจารย์นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล ที่กรุณาช่วยแนะนำและตรวจทาน และแก้ไขรายงานนี้ให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ Laboration de Chimie Macromoleculaire ของ Prof. RIESS Ecole Nationale superieure de chimie Mulhouse (France) ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องวัดขนาดอนุภาค (COULTER N-4) และภาควิชาเคมี (สาขา-วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่เอื้อเพื่อให้สารเคมี และให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่อง DSC-7 Perkin Elmer ขอขอบคุณ คุณทัศน เตชะพิสิษฐ์ และคุณประสิทธิ์ วงศ์ล้ำค่า ที่กรุณาเอื้อเพื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ในการทำงาน รวมทั้งเพื่อนๆ และผู้มีส่วนช่วยให้โครงการพิเศษนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นางสาว กนกพร วัชรพร

นางสาว สมพร ว่องไวพานิชย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
คำอธิบายสัญลักษณ์ย่อ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ลาเทกซ์	3
2.1.1) ลาเทกซ์ธรรมชาติ	3
2.1.2) ลาเทกซ์สังเคราะห์	3
2.2 กระบวนการอิมัลชันโพลีเมอไรเซชัน	4
2.2.1) องค์ประกอบ	4
2.2.2) กลไกการเกิดโพลีเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน	7
2.2.3) วิธีการเตรียม	8
2.2.4) ข้อดีและข้อเสียของกระบวนการโพลีเมอไรเซชัน	9
แบบอิมัลชัน	
2.2.5) คุณลักษณะของพอลิเมอร์	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ปริมาณการเกิดการเชื่อมโยงของพอลิเมอร์

15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 พอลิเมอร์หลายองค์ประกอบ	16
2.4.1) พอลิเมอร์ผสมแบบง่าย	17
2.4.2) บล็อกโคพอลิเมอร์	18
2.4.3) กราฟท์โคพอลิเมอร์	18
2.4.4) Interpenetrating polymer networks (IPNs)	19
2.5 เทคนิคเฟล-ทรานส์เฟอร์	19
2.6 ความสามารถในการผสมเข้ากันได้ของพอลิเมอร์	22
บทที่ 3 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน	27
3.1 การทำโมโนเมอร์ให้บริสุทธิ์	29
3.2 การสังเคราะห์โพลีบิวทิลอะคริเลต	29
3.2.1) โดยกระบวนการโพลีเมอไรเซชันแบบบัลค์	29
3.2.2) โดยกระบวนการโพลีเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน	29
3.2.3) ศึกษาคุณลักษณะของโพลีบิวทิลอะคริเลต	31
3.3 การสังเคราะห์ลาเทกซ์แบบมีการเชื่อมโยงของโพลีสไตรีน	32
3.3.1) การศึกษาคุณลักษณะของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง	33
3.3.2) การวัดขนาดอนุภาคของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง	33
3.3.3) การหาปริมาณการเกิดการเชื่อมโยง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.4 การศึกษาเทคนิคเฟล-ทรานส์เฟอร์	33
3.4.1) การศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อค่า CTC	34
3.4.2) การวัดหาความสามารถในการบวมตัวของ อนุภาคพอลิเมอร์ลาเทกซ์	38
3.5 การศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่าง โพลีสไตรีน แบบเชื่อมโยง กับโพลีบิวทิลอะครีเลต	39
3.5.1) โดยวิธีผสมกันในรูปของลาเทกซ์	39
3.5.2) โดยวิธีเฟล-ทรานส์เฟอร์	39
3.6 การศึกษาความสามารถในการเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสม	
3.7 การศึกษาความสามารถในการเตรียมเป็นแผ่นฟิล์มของ พอลิเมอร์ผสม	40
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	41
4.1 การศึกษาคุณลักษณะของ โพลีบิวทิลอะครีเลตโดยศึกษา จลนศาสตร์ และสมบัติทางกายภาพ	41
4.2 การศึกษาคุณลักษณะของ โพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง	46
4.2.1) โดยศึกษาจลนศาสตร์และสมบัติทางกายภาพ	46
4.2.2) วัดหาขนาดอนุภาค	50
4.3 การศึกษาเทคนิคเฟล-ทรานส์เฟอร์	53
4.3.1) ผลของ $\%p$, f และตัวทำละลายอินทรีย์ หรือโมโนเมอร์ ที่มีต่อค่า CTC	53
4.3.2) วัดความสามารถในการบวมตัวของอนุภาค	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ศึกษาคุณลักษณะและคุณสมบัติพอลิเมอร์ผสมระหว่าง โพลีไทรินแบบเชื่อมโยงและโพลีบิวทิลอะคริเลต	63
4.4.1) โดยการสังเกต (General observation)	63
4.4.2) คุณลักษณะทางโครงสร้างของพอลิเมอร์ผสม โดยวัดจาก DSC-7 Perkin Elmer	65
4.4.3) ความสามารถในการขึ้นรูปของพอลิเมอร์ผสม	72
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	74
5.1 สรุปผลการทดลอง	74
5.2 ข้อเสนอแนะ	76
ภาคผนวก	๗
เอกสารอ้างอิง	๗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แสดงเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของสารละลายโพลีบิวทิลอะครีเลต ในอะซีโตน	32
3.2	การศึกษาผลของ %p ต่อค่า CTC	36
3.3	การศึกษาผลของ f ต่อค่า CTC	37
3.4	การศึกษาผลของชนิดตัวทำละลายอินทรีย์ต่อค่า CTC	38
3.5	การศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการโพลีเมอไรซ์	39
4.1	แสดงความหนืดของโพลีบิวทิลอะครีเลตที่เตรียมจากกระบวนการ โพลีเมอไรเซชันแบบบัลด์ ที่อุณหภูมิ 25° ซ	42
4.2	แสดงความหนืดของโพลีบิวทิลอะครีเลตที่เตรียมจากกระบวนการ โพลีเมอไรซ์แบบอิมัลชัน ที่อุณหภูมิ 25° ซ	44
4.3	แสดงปริมาณของของแข็งทั้งหมดในสารละลายของโพลีสไตรีน ลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง	47
4.4	แสดงอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของโพลีสไตรีนลาเทกซ์ แบบเชื่อมโยงด้วยเปอร์เซ็นต์ไดไวนิลเบนซีนต่าง ๆ	49
4.5	แสดงขนาดอนุภาคของโพลีสไตรีนแบบเชื่อมโยงด้วย 0.5% ไดไวนิลเบนซีน ที่กระจายอยู่ในน้ำ โดยวัดด้วยเครื่อง SCP N-4	50
4.6	แสดงขนาดอนุภาคของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วย 1% ไดไวนิลเบนซีน ที่กระจายอยู่ในน้ำ โดยวัดด้วยเครื่อง SCP N-4	51
4.7	แสดงขนาดอนุภาคของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วย 1.5% ไดไวนิลเบนซีน ที่กระจายอยู่ในน้ำ โดยวัดด้วยเครื่อง SCP N-4	52
4.8	แสดงขนาดอนุภาคโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วยปริมาณ	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารไดไวนิลเบนซีนต่างๆ โดยน้ำหนัก และโดยจำนวนของอนุภาคประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.9	แสดงผลของ %p ต่อค่า CTC	54
4.10	แสดงผลของ f ต่อค่า CTC	55
4.11	แสดงผลของชนิดตัวทำละลายอินทรีย์หรือโมโนเมอร์ ต่อค่า CTC	56
4.12	ขนาดอนุภาคของโพลิสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วย 0.5% ไดไวนิลเบนซีนในน้ำและไนเมทิลเมทาอะคริเลตโมโนเมอร์	58
4.13	ขนาดอนุภาคของโพลิสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วย 1% ไดไวนิลเบนซีนในน้ำและไนเมทิลเมทาอะคริเลตโมโนเมอร์	59
4.14	ขนาดอนุภาคของโพลิสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วย 1.5% ไดไวนิลเบนซีนในน้ำและไนเมทิลเมทาอะคริเลตโมโนเมอร์	60
4.15	ขนาดอนุภาคของโพลิสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วยเปอร์เซ็นต์ ไดไวนิลเบนซีนต่างๆ ซึ่งวัดโดยน้ำหนัก	61
4.16	ขนาดอนุภาคของโพลิสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วยเปอร์เซ็นต์ ไดไวนิลเบนซีนต่างๆ ซึ่งวัดโดยจำนวน	61
4.17	ผลการเตรียมฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วนต่างๆ	72

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ลักษณะโมเลกุลของตัวอิมัลซีไฟเออร์	5
2.2	ลักษณะของอิมัลซีไฟเออร์ชนิดต่างๆ	5
2.3	ลักษณะของไมเซลล์	6
2.4	กลไกการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน	7
2.5	ชนิดของการแทรกสอดกันของคลื่นจาก 2 อนุภาค	10
2.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับเวลา	11
2.7	ระบบการส่งสัญญาณ	12
2.8	กระบวนการส่งสัญญาณ	13
2.9	เครื่องมือที่ใช้วัดความหนืด	14
2.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/c หรือ $\ln \eta_{sp}/c$ กับความเข้มข้น (c)	14
2.11	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิ T_g เมื่อมีปริมาณสารเชื่อมโยง a, b และ c	16
2.12	ชนิดของบล็อกโคพอลิเมอร์	18
2.13	โครงสร้างกราฟท์โคพอลิเมอร์ระหว่างพอลิเมอร์ A และพอลิเมอร์ B	19
2.14	ลักษณะการเคลื่อนย้ายของอนุภาคลาเทกซ์เมื่อถูกไทเทรตด้วยสารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวก ในตัวทำละลายอินทรีย์หรือโมโนเมอร์	20
2.15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยืดหยุ่นกับอุณหภูมิของพอลิเมอร์ผสมที่เข้ากันได้ดี	23
2.16	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยืดหยุ่นกับอุณหภูมิของพอลิเมอร์ผสมที่เข้ากันได้ไม่ดี	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.17	กราฟของพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางบิวทิลีน ที่อัตราส่วนต่างๆ แสดงถึงอุณหภูมิ T_g 2 จุด	25
2.18	คุณสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ 2 วัฏภาค	25
2.19	คุณสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ที่เข้ากันได้ดี (1 วัฏภาค)	26
3.1	การตั้งชุดล้างเครื่องเคลือบ	30
3.2	การจัดตั้งเครื่องมือในการทำเฟล-ทรานเฟอร์	35
3.3	การแบ่งชั้นขณะก่อน และหลังการเฟล-ทรานสเฟอร์	35
4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % conversion และเวลาของ โพลีบิวทิลอะครีเลตลาเท็กซ์	41
4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/c และ $[\ln \eta_r]/c$ กับความ เข้มข้นของโพลีบิวทิลอะครีเลตที่เตรียมโดยกระบวนการโพลีเมอไร เซชันแบบบัลค์	43
4.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/c และ $[\ln \eta_r]/c$ กับความ เข้มข้นของโพลีบิวทิลอะครีเลตที่เตรียมโดยกระบวนการโพลีเมอไร เซชันแบบอิมัลชัน	45
4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % conversion กับเวลาของโพลี สไตรีนแบบเชื่อมโยงด้วย 0.5, 1 และ 1.5% ของไดไวนิลเบนซีน ตามลำดับ	46
4.5	กราฟแสดงอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้วของโพลีสไตรีน แบบเชื่อมโยงด้วยปริมาณเปอร์เซ็นต์ไดไวนิลเบนซีนต่างๆ	48
4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ T_g กับเปอร์เซ็นต์ไดไวนิล	49

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการบวมตัวของโพลี สไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงกับเปอร์เซ็นต์ไดไวนิลเบนซีนต่างๆ	62
4.8	กราฟแสดงอุณหภูมิ T_g ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีน ลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง กับโพลีบิวทิลอะคริเลตที่อัตราส่วนต่างๆ โดยวิธีการผสมในรูปลาเทกซ์	66
4.9	กราฟแสดงอุณหภูมิ T_g ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีน ลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง กับโพลีบิวทิลอะคริเลตที่อัตราส่วนต่างๆ โดยเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์	67
4.10	กราฟแสดงอุณหภูมิ T_g ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีน ลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง กับโพลีบิวทิลอะคริเลตที่อัตราส่วน 10:90 โดยวิธีการผสมในรูปลาเทกซ์ และวิธีเฟส-ทรานส์เฟอร์	68
4.11	กราฟแสดงอุณหภูมิ T_g ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีน ลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง กับโพลีบิวทิลอะคริเลตที่อัตราส่วน 30:70 โดยวิธีการผสมในรูปลาเทกซ์ และวิธีเฟส-ทรานส์เฟอร์	69
4.12	กราฟแสดงอุณหภูมิ T_g ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีน ลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง กับโพลีบิวทิลอะคริเลตที่อัตราส่วน 50:50 โดยวิธีการผสมในรูปลาเทกซ์ และวิธีเฟส-ทรานส์เฟอร์	70

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์และคำย่อ

ความหมาย

°

องศาเซลเซียส

min

นาที

ชม.

ชั่วโมง

นน.

น้ำหนัก

g

กรัม

ml.

มิลลิลิตร

มม.

มิลลิเมตร

cm.

เซนติเมตร

nm.

นาโนเมตร

%

เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

pH

ค่าความเป็นกรดต่าง

σ

ตัวแปรที่กำหนดความสามารถใน

การละลาย

[η]

ความหนืดที่แท้จริง

η

ความหนืดสัมพัทธ์

η_{sp}

ความหนืดจำเพาะ

T_g

อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว

I_w

อัตราการบวมตัวโดยน้ำหนัก

I_n

อัตราการบวมตัวโดยจำนวน

\bar{M}_v

น้ำหนักโมเลกุลคิดจากความหนืด

CTC

ความเข้มข้นในการทรานส์เฟอร์ที่จุด

วิกฤติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์และคำย่อ

ความหมาย

%p

เปอร์เซ็นต์อนุภาคพอลิเมอร์ที่

สามารถทรานส์เฟอ์

f

ค่าสัดส่วนของตัวทำละลายอินทรีย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ

ในปัจจุบันเทคนิคที่ใช้ในการเตรียมพอลิเมอร์ผสมมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การผสมโดยการหลอม, การผสมในรูปสารละลาย และการผสมในรูปของลาเทกซ์ ซึ่งการผสมในรูปของลาเทกซ์เป็นวิธีที่นิยมในทางการค้า โดยเฉพาะในการเตรียมผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ องค์ประกอบหนึ่งของน้ำยางธรรมชาติ คือ อนุภาคของเม็ดยาง (*cis* 1,4-polyisoprene) ซึ่งห่อหุ้มด้วยชั้นของไขมันและโปรตีน ลักษณะและขนาดของอนุภาคเม็ดยางแตกต่างกันออกไป และมีการกระจายอนุภาคแบบโพลีดีสเพิร์ส (polydisperse)

จึงได้มีการสังเคราะห์ลาเทกซ์ขึ้นมา โดยกระบวนการโพลีเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน ลาเทกซ์ที่ได้มีขนาดอนุภาคเล็ก (ประมาณ 100 นาโนเมตร) และการกระจายของอนุภาคเป็นแบบโมโนดีสเพิร์ส ให้นำหนักโมเลกุลสูง สามารถควบคุมให้เกิดผลิตภัณฑ์ได้ตามต้องการ เมื่อพอลิเมอร์ 2 ชนิดผสมกันในรูปของลาเทกซ์ อนุภาคของพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดไม่ได้เกิดพันธะทางเคมีต่อกัน ซึ่งอาจทำให้คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร จึงได้มีการศึกษาวิธีใหม่ คือการเตรียมพอลิเมอร์ผสม โดยใช้เทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอว์ ซึ่งทำให้เกิดการแขวนลอยของอนุภาคของพอลิเมอร์จากลาเทกซ์และเข้าไปรวมตัวในตัวทำละลายอินทรีย์หรือโมโนเมอร์ เมื่อนำไปทำการโพลีเมอไรซ์ต่อ จะให้พอลิเมอร์ผสมออกมาได้ ซึ่งเทคนิคนี้ควรทำให้ได้พอลิเมอร์ผสมที่มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากมีความเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่า ซึ่งในที่นี้ใช้ ยางโพลีบิวทิลอะคริลเลตเป็นองค์ประกอบใหญ่ โดยมีโพลีสไตรีนแบบเชื่อมโยงเป็นตัวกระจายอยู่ในยาง พอลิเมอร์ผสมที่ได้จะเป็นชนิด พอลิเมอร์ที่ทนแรง (reinforced polymer) เทคนิคนี้ยังใช้ได้กับการศึกษาโครงสร้างที่ผิวของอนุภาคของลาเทกซ์ และศึกษาปริมาณการเชื่อมโยงในอนุภาคของลาเทกซ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า-
 คุณทหารลาดกระบังได้เล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาดังกล่าว จึงจัดให้มีโครงการพิเศษ
 เรื่อง การศึกษาเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์ด้วยสารละลายลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก เพื่อ
 หาคคุณลักษณะของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง และเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่าง
 โพลีสไตรีนแบบเชื่อมโยงและโพลีบิวทิลอะคริเลต

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1) เพื่อศึกษาคุณลักษณะของลาเทกซ์สังเคราะห์แบบเชื่อมโยงและไม่เชื่อมโยง
- 1.2.2) เพื่อศึกษาเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์
- 1.2.3) เพื่อศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีนที่เชื่อมโยงด้วยไดไวนิล-
 เบนซีนกับโพลีบิวทิลอะคริเลต ด้วยเทคนิคการผสมในรูปของลาเทกซ์
 และเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

โครงการพิเศษนี้จะวิจัยถึงเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์ และนำมาใช้ในการ
 เตรียมพอลิเมอร์ผสมตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การสังเคราะห์โพลีสไตรีนลาเทกซ์ที่มีปริมาณสารเชื่อมโยงของไดไวนิล-
 เบนซีนเท่ากับ 0.5, 1 และ 1.5 % และการสังเคราะห์โพลีบิวทิล-
 อะคริเลตลาเทกซ์
2. ศึกษาเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์ โดยศึกษาถึง
 - ตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์
 - ปริมาณประจุลบบนผิวของอนุภาคของลาเทกซ์
 - หาอัตราการบวมตัว (swelling ratio)
3. เตรียมพอลิเมอร์ผสมโดยวิธีผสมในรูปของลาเทกซ์ และจากเทคนิคเฟส-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สง ทรานส์เฟอร์ และศึกษาเพื่อเปรียบเทียบพอลิเมอร์ผสมที่ได้จากทั้ง 2 วิธี
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ลาเทกซ์

เป็นการกระจายตัวอย่างเสถียรของพอลิเมอร์ในตัวกลางที่เป็นน้ำ ให้ลักษณะสารที่เป็นเหมือนน้ำนมมีสีขาวขุ่น ประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆคือ ส่วนของพอลิเมอร์ที่แขวนลอยอยู่ในตัวกลาง (disperse phase) และส่วนของตัวกลาง (dispersion-medium) ลาเทกซ์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆได้ดังนี้

2.1.1) ลาเทกซ์ธรรมชาติ

หมายถึงลาเทกซ์ที่ได้มาจากน้ำยางธรรมชาติ ซึ่งมีองค์ประกอบอยู่ 3 ส่วนคือ

- ส่วนของอนุภาคยาง มีประมาณ 35 % โดยน้ำหนัก
- ส่วนของน้ำ มีประมาณ 55 % โดยน้ำหนัก
- ส่วนของลูทอยด์ (สีเหลือง) อีกประมาณ 10 % โดยน้ำหนัก

อนุภาคยางในน้ำยางธรรมชาติ ประกอบด้วย สารไฮโดรคาร์บอนพวก

ซีล 1,4-โพลีไอโซพรีน รูปร่างของอนุภาคยางมีทั้งรูปกลมและรูปรี ไม่ละลายน้ำและมีลักษณะเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ มีน้ำหนักโมเลกุลกว้าง ผิวรอบของอนุภาคยางห่อหุ้มด้วยชั้นของพอลิไฟลิบิเดและโปรตีน อนุภาคจะแสดงสภาพเป็นบวกหรือลบขึ้นกับ pH ของระบบ คุณสมบัติที่ดีของลาเทกซ์ธรรมชาติ คือมีความแข็งแรงขณะเป็นเจลเปียกสูง (high wet-gel strength) ทำให้เกิดฟิล์มเมื่อแห้งได้เร็วมาก

2.1.2) ลาเทกซ์สังเคราะห์

เตรียมจากกระบวนการโพลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน ได้อนุภาคที่มีขนาดเล็ก ระหว่าง 0.05 ไมโครเมตร - 5.0 ไมโครเมตร และมีขนาดเท่าๆกัน มีอายุการใช้งานนานกว่าลาเทกซ์ธรรมชาติเนื่องจากมีความเสถียรมากกว่า และสามารถควบคุมการเกิดผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 กระบวนการโพลีเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน (Emulsion Polymerisation)

อิมัลชันเป็นการกระจายของของเหลวในของเหลว ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการโพลีเมอไรซ์แล้ว จะได้อิมัลชันพอลิเมอร์ ซึ่งคือการกระจายของอนุภาคพอลิเมอร์ ที่เป็นของแข็งในน้ำ

2.2.1) ส่วนประกอบหลักในกระบวนการ มี 4 ชนิดคือ

- โมโนเมอร์ (monomer) ที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อยมาก
- ตัวกลาง (dispersing media) ได้แก่ น้ำ
- ตัวอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier หรือ surfactant) ได้แก่ สบู่, ผงซักฟอก
- ตัวริเริ่ม (initiator) ที่ละลายน้ำได้

โมโนเมอร์

โมโนเมอร์ที่สำคัญ ที่ใช้ในกระบวนการค้า ได้แก่ สไตรีน, บิวทอะไดอิน อัลคิลอะคริลเลต และเมทาอะคริลเลต เป็นต้น

ตัวริเริ่ม

ตัวริเริ่มที่ใช้ในกระบวนการนี้ เมื่อได้รับความร้อน หรือ ปฏิกริยาทางเคมี จะเกิดเป็นอนุมูลอิสระ (free radical) ที่มีความว่องไว ตัวอย่างของตัวริเริ่มที่สามารถแตกตัวโดยใช้ความร้อน ได้แก่ สารประกอบพวกอินทรีย์หรืออนินทรีย์เปอร์ออกไซด์ เช่น ลอริลเพอร์ออกไซด์ แอมโมเนียมเพอร์ออกซีไดซัลเฟต เป็นต้น ตัวริเริ่มที่นิยมใช้กัน คือ โพแทสเซียมเพอร์ซัลเฟต

ตัวอิมัลซิไฟเออร์

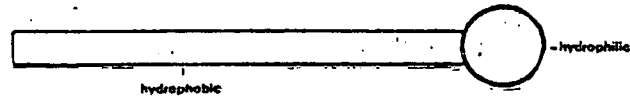
ส่วนประกอบนี้มีความสำคัญมาก โดยทำหน้าที่ ให้ความเสถียรแก่โมโนเมอร์ และน้ำ ทั้งในตอนแรก และระหว่างปฏิกิริยา รวมทั้งให้ความเสถียรแก่ลาเทกซ์

อิมัลซิไฟเออร์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีสภาพขั้ว ซึ่งไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) และส่วนปลายโซ่ที่มีสภาพขั้วซึ่งเป็นส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ตัวอย่างสารประกอบนี้คือ โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต

(sodium dodecylsulphate) หรือ โซเดียมลอริลซัลเฟต (sodium laurylsulphate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารทูลงวันเวลาสำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยส่วนของซัลเฟตเป็นส่วนที่ชอบน้ำ และส่วนของสายโซ่ลอริลเป็นส่วนที่ไม่ชอบน้ำ
ลักษณะโมเลกุลของตัวอิมัลซิไฟเออร์แสดงในรูปที่ 2.1

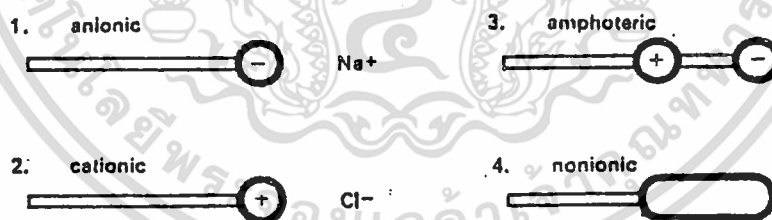


รูป 2.1 แสดงลักษณะโมเลกุลของตัวอิมัลซิไฟเออร์³

ตัวอิมัลซิไฟเออร์แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

- แอนไอออนิกอิมัลซิไฟเออร์ (anionic emulsifier)
- แคทไอออนิกอิมัลซิไฟเออร์ (cationic emulsifier)
- แอมโฟเทอริกอิมัลซิไฟเออร์ (amphoteric emulsifier)
- นอนไอออนิกอิมัลซิไฟเออร์ (nonionic emulsifier)

ลักษณะของอิมัลซิไฟเออร์เหล่านี้ แสดงได้ดังรูป 2.2



รูป 2.2 แสดงลักษณะของอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่างๆ³

แอนไอออนิกอิมัลซิไฟเออร์

เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ชนิดที่ใช้ผลิตภัณฑ์เมอร์อิมัลชันในเชิงการค้าเป็นส่วนใหญ่

เมื่ออยู่ในน้ำ โมเลกุลจะแสดงความเป็นขั้ว โดยหมู่ซัลเฟตจะแสดงความเป็นลบบนอนุภาค

เอกสโพลีเมอร์ ตัวอย่างอิมัลซิไฟเออร์ชนิดนี้ เช่น โซเดียมลอริลซัลเฟต เป็นต้น ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคทไอออนิกอิมัลซิไฟเออร์

ประกอบด้วยสายโซ่ที่ไม่ชอบน้ำเช่นเดียวกับชนิดแรก แต่กลุ่มที่ชอบน้ำจะแสดงความเป็นประจุบวก ตัวอย่างอิมัลซิไฟเออร์ชนิดนี้ เช่น เอมีนอะซีเตต, เบนซิลไดเมทิล-เอกซะเตคคิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (benzyl dimethyl hexadecyl ammonium chloride) เป็นต้น

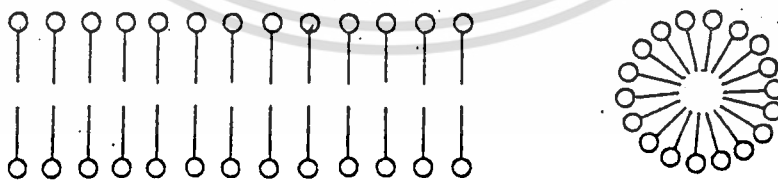
แอมโฟเทอริกอิมัลซิไฟเออร์

อิมัลซิไฟเออร์ชนิดนี้ แสดงความเป็นทั้งแคทไอออนิกและแอนไอออนิก โดยขึ้นอยู่กับ pH ของระบบ

นอนไอออนิกอิมัลซิไฟเออร์

อิมัลซิไฟเออร์ชนิดนี้ ไม่มีประจุบนสายโซ่โมเลกุล แต่จะมีกลุ่มที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำภายในโมเลกุล จึงใช้ในงานเฉพาะ โดยใช้ตัวมันเองเดี่ยวๆ หรือใช้ร่วมกับกับวัตถุติดประเภทแอนไอออนิก

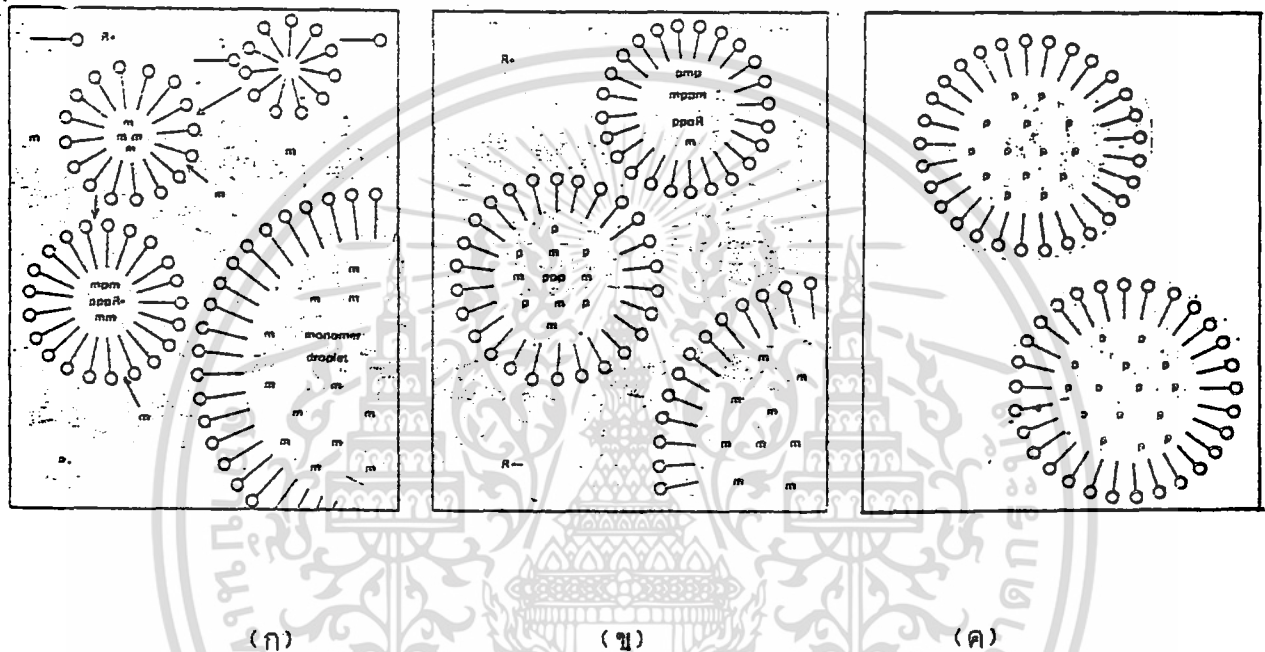
เมื่ออิมัลซิไฟเออร์ละลายในน้ำ และมีความเข้มข้นสูงเพียงพอถึงจุดที่เรียกว่า critical micelle concentration (CMC) โมเลกุลจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ โดยรวมกันเป็นกลุ่มหรือเป็นหมู่ที่เรียกว่า ไมเซลล์ (micelle) ลักษณะของไมเซลล์แสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของไมเซลล์³

2.2.2) กลไกการเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชัน

Harkins ได้เสนอกลไกการเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันไว้ว่า ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นในไมเซลล์ โดยที่โมโนเมอร์ซึ่งละลายน้ำได้น้อยจะแพร่ผ่านน้ำ และละลายเข้าไปในไมเซลล์ สารริเริ่มที่ละลายน้ำ จะทำปฏิกิริยากับโมโนเมอร์ที่ละลายได้เล็กน้อยในน้ำ ก่อนจะเข้าไปในไมเซลล์และเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชัน ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูป 2.4 แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชัน

โดย R' คือ อนุมูลอิสระที่เกิดจากการแตกตัวของตัวริเริ่มเมื่อได้รับความร้อน

m คือ โมโนเมอร์

P คือ พอลิเมอร์

ก) ขั้นเริ่มต้น

อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น จะเข้าไปทำปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันกับโมโนเมอร์ที่ละลายได้เล็กน้อยในน้ำ แล้วเกิดเป็นพอลิเมอร์สายสั้นๆ (oligomer) ก่อนที่จะแพร่เข้าสู่ไมเซลล์ที่มีโมโนเมอร์ขวมตัวอยู่แล้ว โพลิเมอร์ไรซ์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) ขึ้นผ่านขยาย

เนื่องจากเกิดการแพร่ของโมโนเมอร์จำนวนมากเข้าไปในไมเซลล์ และเกิดเป็นอนุมูลอิสระที่โตขึ้น เพื่อให้ไมเซลล์เสถียรจึงมีการดึงอิมัลซิไฟเออร์จากในน้ำ และในไมเซลล์อิสระที่ไม่เกิดโพลิเมอร์ เซชนเข้ามาทำให้ความเข้มข้นของอิมัลซิไฟเออร์ลดลง

ค) ขึ้นสิ้นสุด

หยุดโมโนเมอร์จะถูกใช้หมดไป เมื่อมีอนุมูลอิสระอีกหนึ่งตัวเข้าไป การโพลิเมอร์ก็จะสิ้นสุดลง

2.2.3) วิธีการเตรียมโพลิเมอร์แบบอิมัลชัน

แบ่งได้เป็น 3 แบบคือ

ปฏิกิริยาแบบขั้นเดียว (batch reaction)

เป็นวิธีที่ใช้เครื่องมืออย่างง่าย ๆ ใช้หม้อปฏิกิริยาตัวเดียว และเติมส่วนผสมทุกอย่างลงไปพร้อมกันหมด โดยเกิดขึ้นทั้งขั้นเริ่มต้นและขั้นผ่านขยาย จนได้ปริมาณการเปลี่ยนแปลงจากโมโนเมอร์ไปเป็นโพลิเมอร์ตามต้องการ อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาขึ้นกับชนิดของตัวริเริ่มและโมโนเมอร์ที่ใช้ ควรควบคุมการปั่นให้เกิดการกระจายได้เป็นอย่างดี โดยปราศจากแรงเฉือนที่มากเกินไป ซึ่งอาจก่อให้เกิดการตกตะกอนได้

ปฏิกิริยาแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi-continuous reaction)

เป็นปฏิกิริยาที่พัฒนามาจากกระบวนการแบบแรก โดยยังคงใช้หม้อปฏิกิริยาเพียงตัวเดียว แต่จะค่อยๆเติมโมโนเมอร์และส่วนผสมอื่นๆอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีประโยชน์ต่อการควบคุมการเกิดโครงสร้าง และความเสถียรของอนุภาค

ปฏิกิริยาแบบต่อเนื่อง (continuous reaction)

เป็นปฏิกิริยาที่เติมส่วนผสมทุกอย่างลงหม้อปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่อง กระบวนการนี้เหมาะสำหรับผลิตลาเทกซ์สังเคราะห์ในปริมาณมากๆ เพื่อใช้ในทางการค้า เช่น โพลิบิวทอะไดอีน, โพลิไวนิลคลอไรด์ เป็นต้น กระบวนการนี้สามารถควบคุมการเกิดปฏิกิริยาและผลิตภัณฑ์ได้ง่ายกว่าแบบขั้นเดียว และแบบกึ่งต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4) ข้อดีและข้อเสียของกระบวนการโพลีเมอไรซ์แบบอิมัลชัน^๕

ข้อดี

- ได้พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็ว
- ใช้ตัวกลางที่เป็นน้ำ ซึ่งช่วยในการกระจายความร้อน และไม่เป็นพิษ
- ใช้อุณหภูมิในการโพลีเมอไรซ์ต่ำได้ (น้อยกว่า 100° ซ)
- สามารถเตรียมลาเทกซ์ที่มีความเข้มข้นสูง โดยมีความหนืดต่ำ และความหนืดของลาเทกซ์ไม่ขึ้นกับน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์
- ลาเทกซ์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆได้มากมาย

ข้อเสีย

- ในการประยุกต์นำพอลิเมอร์ไปใช้ ต้องใช้วิธีอื่นเข้าช่วย เช่น การระเหยเอาน้ำออก
- มีความสกปรกจากสิ่งๆที่เติมลงไป เช่น ตัวอิมัลซิไฟเออร์ เป็นต้น

2.2.5) คุณลักษณะของพอลิเมอร์ที่ได้

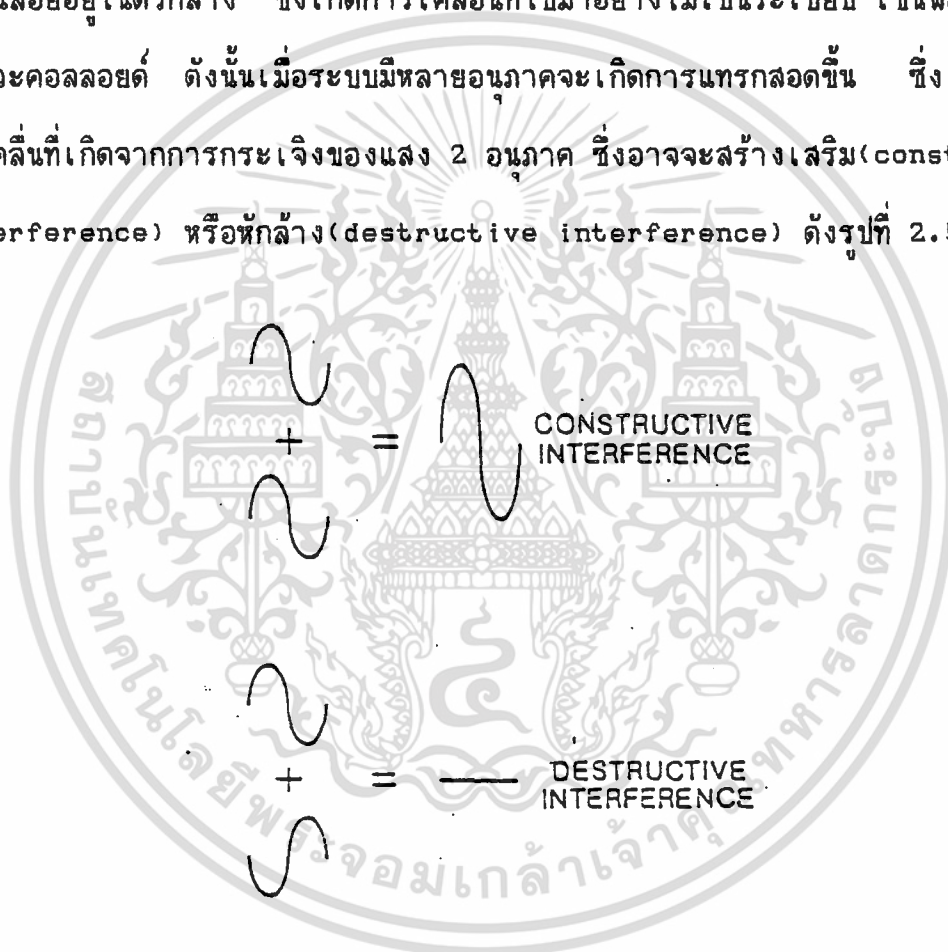
ก) ขนาดอนุภาค (Particle size)

พอลิเมอร์ที่ได้จากกระบวนการโพลีเมอไรเซชันแบบอิมัลชันส่วนใหญ่ จะมีขนาดอนุภาคในช่วง 0.05 ไมโครเมตร- 5.0 ไมโครเมตร ซึ่งขนาดของอนุภาคมีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ เช่น ความหนืดของลาเทกซ์, คุณสมบัติในด้านการให้ความมันเงาเมื่อทำให้เป็นฟิล์ม การวัดขนาดของอนุภาค เป็นการทดสอบที่สำคัญในการควบคุมคุณภาพของพอลิเมอร์ที่ได้จากกระบวนการนี้ซึ่งมีวิธีการวัดหลายวิธี ได้แก่ อิเล็กตรอน ไมโครสโคปี (electron microscopy), การทำให้ตกตะกอน (sedimentation), ใช้หลักการการกระเจิงของแสง (light scattering หรือการวัด optical density ของตัวอย่างที่มีการละลายเจือจางมาก) เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันหลักการทางการกระเจิงของแสง (light scattering) นั้นเป็นเทคนิคที่ใช้ง่าย มีประสิทธิภาพสูง และนิยมใช้กันแพร่หลาย เช่น Submicron Particle Size Analyser (coulter model N-4)

เป็นต้น เอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

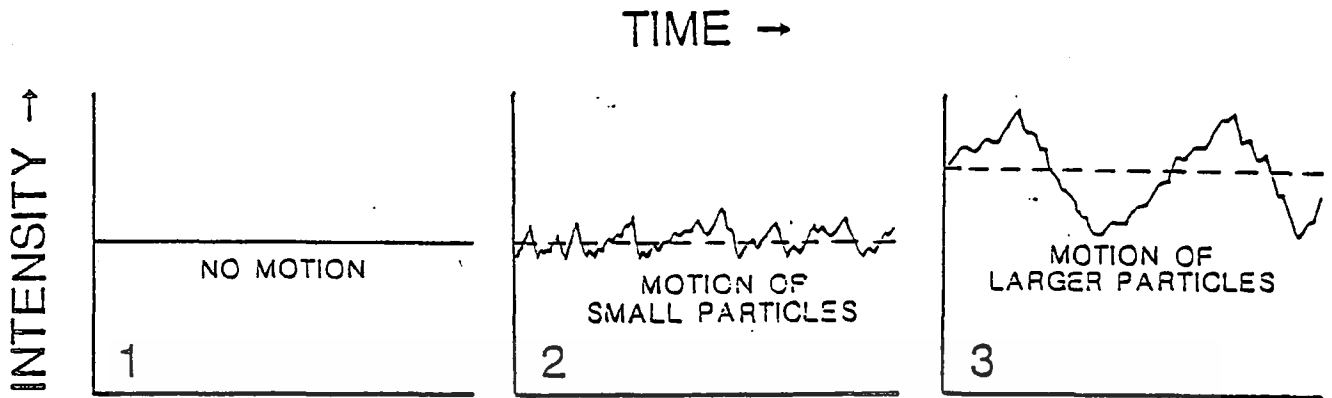
หลักการของเครื่องวัดขนาดของอนุภาคโดยอาศัยหลักการการกระเจิงของแสง¹⁵

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองนี้คือ Submicron Particle Size Analyser (Coulter model N-4) สามารถวัดขนาดของแมคโครโมเลกุล, อิมัลชัน และอนุภาคที่แขวนลอยที่มีขนาด 3 นาโนเมตร - 3 ไมโครเมตร โดยอาศัยเทคนิค Photon Correlation Spectroscopy (PCS) ซึ่งจะใช้หลักการการกระเจิงของแสง และปรากฏการณ์การเคลื่อนที่แบบบราวน์เนียน (brownian motion) ของอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในตัวกลาง ซึ่งเกิดการเคลื่อนที่ไปมาอย่างไม่เป็นระเบียบ เช่นพอลิเมอร์ในสถานะคอลลอยด์ ดังนั้นเมื่อระบบมีหลายอนุภาคจะเกิดการแทรกสอดขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะของคลื่นที่เกิดจากการกระเจิงของแสง 2 อนุภาค ซึ่งอาจจะสร้างเสริม (constructive interference) หรือหักล้าง (destructive interference) ดังรูปที่ 2.5



รูป 2.5 ชนิดการแทรกสอดกันของคลื่นจาก 2 อนุภาค

ซึ่งสัญญาณที่เข้าสู่เครื่องดีเทคเตอร์ (detector) จะเป็นความเข้มสุทธิคือ เกิดการหักล้างกันของคลื่นแสงแล้ว ดังรูปที่ 2.6



(ก)

(ข)

(ค)

รูป 2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับเวลา

ก) อนุภาคจะไม่มี การเคลื่อนที่ โดยความเข้มสฟุทธิจะมีค่าคงที่

ข) อนุภาคมีการเคลื่อนที่ โดยความเข้มสฟุทธินั้นเปลี่ยนแปลงตามการ
แทรกสอดของคลื่น

ค) อนุภาคมีขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่ช้ามาก กราฟที่ได้จึงมีขนาด
ขยายใหญ่

และการเคลื่อนที่ของอนุภาค จะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1 ขนาดอนุภาค : ถ้าขนาดอนุภาคเล็กจะเคลื่อนที่เร็วและถ้าขนาดอนุภาคใหญ่
จะเคลื่อนที่ช้า

2 อุณหภูมิ : อนุภาคจะเคลื่อนที่เร็ว ถ้ามีการเพิ่มอุณหภูมิ

3 ความหนืดของตัวกลาง : ถ้ามีความหนืดสูง อนุภาคจะเคลื่อนที่ช้า

สมการ Stokes-Einstein ได้เสนอความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 3 ในเชิงคณิตศาสตร์
ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$D = \frac{k_B T}{3\eta d} \quad (1)$$

โดย D คือ อัตราการแพร่ หรือสัมประสิทธิ์ของการแพร่

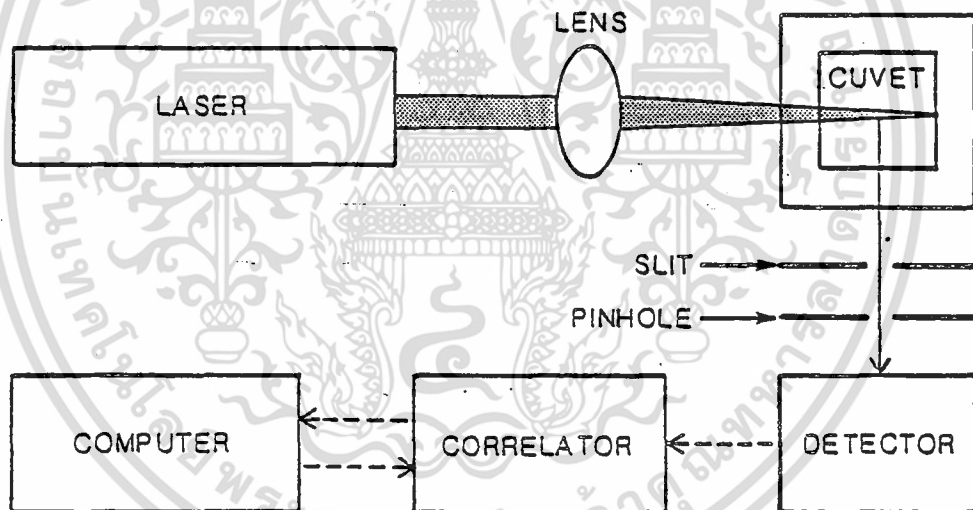
k_B คือ ค่าคงที่ของ Boltzman's (1.38×10^{-16} erg/ $^{\circ}$ K)

T คือ อุณหภูมิในหน่วยเคลวิน (K)

η คือ ความหนืดของสารละลายเจือจาง

d คือ equivalent spherical hydrodynamic diameter

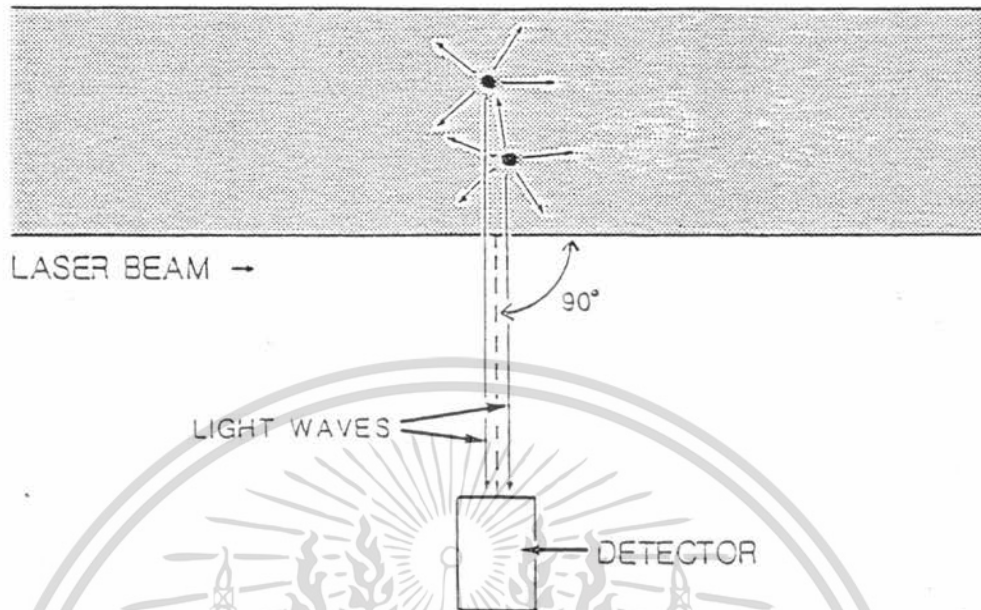
ระบบการส่งสัญญาณของเครื่อง เป็นไปดังรูป 2.7



รูป 2.7 แสดงระบบการส่งสัญญาณ

แสงเลเซอร์จะผ่านเลนส์ แล้วจะกระทบ cuvet ซึ่งมีอนุภาคที่มีการ
ขบวนการในน้ำบรรจุอยู่ ซึ่งอนุภาคจะทำให้เกิดการกระเจิงแสงในทุกๆด้าน และจะ
ตรวจจับด้านที่มีความเข้มสูงสุด โดยปกติเป็น 90° ของลำแสงเลเซอร์ ดังรูป 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.8 ภาพแสดงกระบวนการส่งสัญญาณ

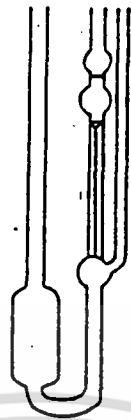
ซึ่งแสงนี้จะผ่านไปยังสลิต (slit) และ pinhole เข้าสู่ block stray light และเข้าสู่ดีเทคเตอร์ในที่สุด และจากนั้นดีเทคเตอร์, โฟโตมัลติพลายเออร์ ทิวป์ และแอมป์ลิไฟเออร์ จะวัดความเข้มของแสงที่กระจายนี้ โดยการรายงานผลเป็นค่าสะสม โดยการวิเคราะห์และคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

ข) น้ำหนักโมเลกุลพอลิเมอร์ (Molecular weight)

พอลิเมอร์ ที่ได้จากกระบวนการโพลีเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน จะมีน้ำหนัก

โมเลกุลสูง การวัดน้ำหนักโมเลกุล อาจทำได้โดยการหาความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์ที่เจือจางมากๆ เปรียบเทียบกับความหนืดของตัวทำละลายที่ใช้ โดยการวัดเวลาการไหล (flow time) แล้วคำนวณหาความหนืด เครื่องมือที่ใช้วัดความหนืด เช่น อับเบลโลด์วิสโคมิเตอร์ (Ubbelohde viscometer) ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.9 เครื่องมือที่ใช้วัดความหนืดแบบอับเบิลด์ วิลโคมิเตอร์

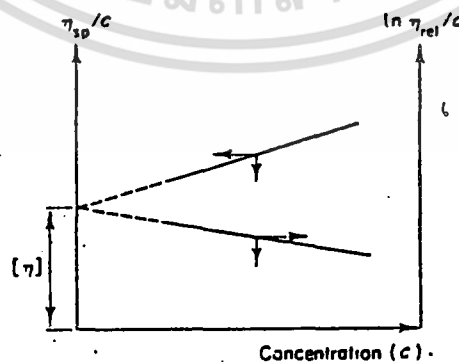
จากสมการของพอยเซยลี (Poiseuille) สามารถหาค่าความหนืดสัมพัทธ์ (relative viscosity), η_r ได้จากสมการ

$$\eta_r = \frac{t_1}{t_0} \quad (2)$$

โดย t_1 , t_0 เป็นเวลาการไหลของสารละลายและตัวทำละลายตามลำดับ และค่าความหนืดจำเพาะ (specific viscosity), η_{sp} เป็นดังนี้

$$\eta_{sp} = \eta_r - 1 \quad (3)$$

เมื่อนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/c และ $\ln \eta_r/c$ กับความเข้มข้น (c) หน่วยกรัม/มิลลิลิตร ดังรูปที่ 2.10



รูป 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/c หรือ $\ln \eta_r/c$ กับ

ความเข้มข้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาร์ค(Mark) และ เฮาวิง(Houwink) ใช้ค่า $[\eta]$ ศึกษาว่าความสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุล ดังสมการ

$$[\eta] = kM_v^a \quad (4)$$

โดย M_v คือน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยคิดจากความหนืด

k, a คือค่าคงที่ จะเปลี่ยนไปตามชนิดของตัวทำละลายและชนิดของพอลิเมอร์ แต่จะคงที่ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ ในพอลิเมอร์และตัวทำละลายชนิดเดียวกัน

2.3 ปริมาณการเกิดการเชื่อมโยง (crosslink density หรือ degree of crosslinking)

ปริมาณการเกิดการเชื่อมโยง หมายถึง จำนวนของการเกิดการเชื่อมโยงต่อจำนวนกรัมหรือหน่วยปริมาตรของพอลิเมอร์ เทคนิคที่ใช้วิเคราะห์มีอยู่หลายวิธี เช่น

- การวัดการบวมตัว (swelling)
- การวิเคราะห์เชิงกล (mechanical analysis)
- การวิเคราะห์ทางความร้อน (thermal analysis)

การวัดการบวมตัว

วิธีนี้ อาศัยหลักการการทำให้พอลิเมอร์ที่เกิดการเชื่อมโยง บวมตัวในตัวทำละลายที่เหมาะสมจนเข้าสู่สมดุล โดยวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณ หรือขนาดของพอลิเมอร์จากที่ยังไม่บวมตัว ไปเป็นพอลิเมอร์ที่มีการบวมตัวแล้ว

การวิเคราะห์เชิงกล

เป็นการวัด ความเค้น-ความเครียด (stress-strain) ของพอลิเมอร์ ในสภาวะบวมตัว โดยวัดการเปลี่ยนแปลงความยาวของพอลิเมอร์ที่ยึดเพิ่มมากขึ้น เมื่ออยู่ในสภาวะบวมตัว

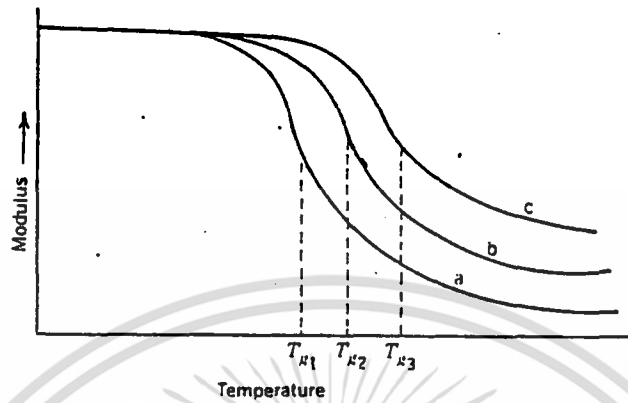
การวิเคราะห์ทางความร้อน

เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณการเชื่อมโยง จาก อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะ

คล้ายแก้ว (Glass Transition Temperature, T_g) อุณหภูมิ T_g มีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลหรือการเชื่อมขวาง แต่การเปลี่ยนแปลงนี้จะไม่ค่อยสังเกตเห็นได้ชัดนัก อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงนี้จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปตามปริมาณของสารเชื่อมโยง โดยมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณสารเชื่อมโยงเพิ่มขึ้น

ดังรูปที่ 2.11



รูป 2.11 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ T_g เมื่อมีปริมาณสารเชื่อมโยงเท่ากับ a, b และ c ตามลำดับ (ในเมื่อ $a < b < c$)

อุณหภูมิ T_g ที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กับปริมาณการเชื่อมโยง ดังสมการ

$$\Delta T_g = Av \quad (5)$$

ในเมื่อ v = โมลของการเชื่อมโยงต่อกรัมของพอลิเมอร์

A = ค่าคงที่ระหว่าง $10^4 - 10^5$ (สไตรีน-ไดไวนิลเบนซีน

พอลิเมโรโรเซชัน มีค่า $A = 7 \times 10^4$)

2.4 พอลิเมอร์หลายองค์ประกอบ (multicomponent polymer)

เป็นการรวมกันของพอลิเมอร์สองชนิดขึ้นไป โดยอาจเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ก็ได้ แบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ พอลิเมอร์ผสมแบบง่าย, บล็อกโคพอลิเมอร์, กราฟโคพอลิเมอร์ และ IPNs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1) พอลิเมอร์ผสมแบบง่าย

เป็นการผสมพอลิเมอร์สองชนิดขึ้นไปโดยผ่านกระบวนการต่างๆ ที่เป็นขั้นตอน เช่น การผสมในสถานะสารละลาย, การผสมในสถานะลาเทกซ์ โดยไม่เกิดพันธะโควาเลนต์ระหว่างกัน คุณสมบัติของพอลิเมอร์นี้จึงไม่ค่อยดีนัก เพราะการยึดติดกันระหว่างส่วนประกอบของพอลิเมอร์เกิดได้น้อย วิธีการผสมพอลิเมอร์ชนิดนี้ มีด้วยกันหลายวิธี ดังนี้

- การผสมโดยการหลอม

การผสมวิธีนี้ เพื่อการหลีกเลี่ยงความสกปรกและปัญหาของสารตัวเติม ระบบจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการขึ้นรูป ไม่เกิดการเสื่อมสลายทางความร้อน เครื่องที่ใช้ เช่น เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง, เอกซ์ทรูดเดอร์

- การผสมในสถานะสารละลาย

วิธีนี้ถ้าสารละลายของพอลิเมอร์และสารตัวเติมมีไม่เท่ากัน จะก่อให้เกิดการแยกของสภาวะ (phase) ได้

- การผสมในสถานะลาเทกซ์

การผสมโดยเทคนิคนี้จะใช้มาก สำหรับการเตรียมพอลิเมอร์ผสมในเชิงการค้า หลังจากผ่านการผสม ส่วนผสมของลาเทกซ์และส่วนประกอบของพอลิเมอร์ต่างๆ จะเกิดการแขวนลอยของอนุภาคอย่างไม่เป็นระเบียบ และแต่ละอนุภาคเป็นอิสระต่อกัน

Mokhagui ได้ศึกษาการเตรียมและคุณสมบัติของพอลิเมอร์ผสมระหว่างน้ำยางธรรมชาติกับโพลิสไตรีนลาเทกซ์ พอลิเมอร์ผสมทั้งสองชนิดนี้เตรียมขึ้นโดยวิธีผสมในรูปของลาเทกซ์ โดยเตรียมโพลิสไตรีนจากวิธีโพลีเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน จากนั้นนำลาเทกซ์ทั้งสองผสมในภาชนะ แล้วทำให้เสถียรโดยเติม 10% โซเดียมดีเตคิลซัลเฟต กวนด้วยแท่งแม่เหล็กประมาณ 5 นาที แผ่นของพอลิเมอร์ผสมเตรียมโดยการหล่อลาเทกซ์ที่ผสมกันแล้วในภาชนะแก้ว โดยเตรียมให้มีแผ่นหนา 0.50 มิลลิเมตร และทำให้แห้งโดยการอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 55° ซ เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง

จากการวิจัยด้วยเครื่อง DSC, DMA และ Scanning Electron Microscope จะแสดงโครงสร้าง 2 สภาวะของพอลิเมอร์ผสม และพบว่าโพลีไทรรีนลาเทกซ์สามารถกระจายอยู่ในยางธรรมชาติ และคุณสมบัติของพอลิเมอร์ผสมที่ได้ เช่น ความแข็งแรงดึง, ความแข็งแรง ณ จุดขาด ขึ้นอยู่กับการเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเฟสของยางธรรมชาติและโพลีไทรรีน ดังนั้นถ้ามีการยึดเหนี่ยวระหว่างสองเฟสนี้มาก โดยทั่วไปจะทำให้คุณสมบัติขึ้นคุณสมบัติความแข็ง(hardness), ความสามารถในการทนแรงดึง(tensile strength)จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของโพลีไทรรีน แต่ค่าการยึดที่จุดขาด(elongation at break)จะลดลง

2.4.2) บล็อกโคพอลิเมอร์^๑

เกิดจากการเชื่อมต่อของสายโซ่ตรงของพอลิเมอร์ ในลักษณะที่มีหน่วยซ้ำกัน สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิด ดังรูปที่ 2.13

AAAAAAAAABBBBBBBBB	AB บล็อกโคพอลิเมอร์
AAAAAABBBBBBAAAAA	ABA บล็อกโคพอลิเมอร์
(AAAAAAAAABBBBBBBBB)	(AB) _n บล็อกโคพอลิเมอร์
AAAAAABBBBBBBCCCCC	ABC บล็อกโคพอลิเมอร์

รูป 2.12 แสดงชนิดของบล็อกโคพอลิเมอร์

การเตรียมบล็อกโคพอลิเมอร์ จะเกิดผ่านกระบวนการโพลิเมอไรเซชันแบบ แอนไอออนิก หรือแบบขั้น. ตัวอย่างพอลิเมอร์ประเภทนี้ เช่น โพลียูเรเทน โพลีเอไมด์ เป็นต้น

2.4.3) กราฟต์โคพอลิเมอร์^๑

เกิดจากสายโซ่ตรงของพอลิเมอร์ชนิดหนึ่ง ยึดติดเข้ากับพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่ง ทางด้านข้าง โดยการเตรียม เกิดผ่านกระบวนการโพลิเมอไรเซชันแบบ แอนไอออนิก เอกสแคท์ไอออนิกหรือเกิดผ่านอนุมูลอิสระเพื่อโครงสร้างของโคพอลิเมอร์ประเภทนี้ ยืนยันแสดงดังถ้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(surfactant) ที่มีประจุตรงข้ามกับประจุบนผิวของอนุภาคลาเทกซ์ อนุภาคที่เป็นกลาง จะไม่สามารถกระจายตัวในน้ำได้อย่างเสถียร แต่จะลอยขึ้น แล้วกระจายตัวอยู่ในชั้นของ ตัวทำละลายอินทรีย์ (ไม่ละลายน้ำ) ที่เติมลงไป ด้วยวิธีการนี้ จะสามารถคำนวณหา ปริมาณประจุที่ผิวของอนุภาคพอลิเมอร์ได้จากปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่เติมลงไป แล้วทำ ให้อนุภาคเป็นกลางพอดี (Critical Transfer Concentration , CTC)

Heim ใช้วิธีการดังกล่าว โทเทรตลาเทกซ์ ที่เสถียรด้วยประจุลบที่ผิวของ อนุภาค ด้วยสารละลายของสารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวก (cationic surfactant) ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ จุดยุติของการโทเทรตหมายถึงอนุภาคของพอลิเมอร์ เป็นกลาง โดยมีประจุลบที่ผิวของอนุภาค เท่ากับปริมาณประจุบวกของสารลดแรงตึงผิวที่ เติมลงไป เรียกว่า electrostatic destabilisation ทำให้อนุภาคดังกล่าว เคลื่อนจากชั้นน้ำ ไปแขวนลอยในชั้นของตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งสังเกตได้จากการเปลี่ยน แปลงของสารละลายในชั้นน้ำที่ขุ่น กลายเป็นสารละลายใสทันที ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะการเคลื่อนย้ายของอนุภาคลาเทกซ์ เมื่อถูกโทเทรตด้วย สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวก ในตัวทำละลายอินทรีย์หรือไมโนเมอร์

การหาค่า CTC เป็นไปตามสมการ

$$CTC = \frac{VC}{10 \times MW_{c.c.} \times (\%TSC) \times m} \quad (6)$$

โดย CTC = โมลของสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวกที่ใช้ ต่อน้ำหนักเป็นกรัมของ
ลาเทกซ์แห้ง

V = ปริมาตรของสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวกที่ใช้ เมื่อถึงจุดยุติ
(มิลลิลิตร)

C = ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวกที่ใช้ (กรัม/ลิตร)

$MW_{c.c.}$ = น้ำหนักโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก

$\%TSC$ = ปริมาณของแข็งที่มีอยู่ในลาเทกซ์ โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

m = น้ำหนักของลาเทกซ์ (กรัม)

ค่า CTC นี้เป็นค่าคงที่ โดยไม่ขึ้นกับน้ำหนักของลาเทกซ์ หรือปริมาตรของ
ตัวทำละลายอินทรีย์ แต่จะขึ้นกับโครงสร้างของสารลดแรงตึงผิว อนุภาคของลาเทกซ์
สามารถเคลื่อนย้ายได้จนกระทั่ง %น้ำหนักของลาเทกซ์ถึง 70%

หลังจากการทรานสเฟอร์ อนุภาคของลาเทกซ์ จะกระจายตัวเป็นเนื้อเดียว
และบวมตัวในชั้นของตัวทำละลายอินทรีย์ ความเสถียรของอนุภาคในชั้นอินทรีย์มาจาก
ปฏิกิริยาระหว่างพอลิเมอร์กับตัวทำละลาย อนุภาคที่บวมตัวในชั้นอินทรีย์ สามารถแยก
ออกมาได้โดยการเซนตริฟิวจ์

อัตราของการเกิดการบวมตัว สามารถวัดได้จากขนาดอนุภาคที่บวมตัวและไม่
บวมตัว ดังนี้

$$\text{swelling ratio, } H_v = (\phi / \phi_0)^3 \quad (7)$$

โดย ϕ = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคลาเทกซ์ที่บวมตัวในชั้นอินทรีย์

ϕ_0 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคลาเทกซ์ที่อยู่ในชั้นน้ำ (ยังไม่บวมตัว)

เทคนิคนี้ยังสามารถประยุกต์ไปใช้กับลาเทกซ์ธรรมชาติโดย Tangboriboonrat¹⁴ ได้นำเทคนิคนี้ไปใช้หาปริมาณประจุบนผิวของลาเทกซ์ธรรมชาติชนิดร่างแห (โดยวิธีการฉายรังสีแกมมา) ซึ่งมีโครงสร้างซับซ้อนกว่าลาเทกซ์สังเคราะห์มาก เนื่องจากขนาดของอนุภาคไม่เท่ากัน กลไกของการทรานสเฟอร์จะแตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคนิคนี้ในการแยกอนุภาคของลาเทกซ์ออกจากส่วนที่เป็นน้ำ ได้ออนุภาคพอลิเมอร์ที่มีความบริสุทธิ์และขนาดเล็กอยู่ในตัวทำละลายอินทรีย์ ถ้าใช้โมโนเมอร์เป็นตัวทำละลาย ก็จะสามารถเตรียมพอลิเมอร์ผสมได้จากการโพลิเมอร์ไรซ์โมโนเมอร์ที่มีอนุภาคของพอลิเมอร์จากการทรานสเฟอร์ขนาดเล็กอยู่ และยังใช้ในการวัดหาปริมาณการเกิดการเชื่อมโยงเป็นร่างแห (crosslinked density) ได้อีกด้วย

2.6 ความสามารถในการผสมเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ (Polymer Miscibility)

คุณสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ผสมขึ้นอยู่กับความสามารถในการเข้ากันได้ โดยมีค่าขึ้นอยู่กับพลังงานอิสระของการผสม (free energy of mixing, ΔG_m) ซึ่ง ΔG_m ได้มาจาก

$$\Delta G_m = \Delta H_m - T \Delta S_m \quad (8)$$

โดย ΔH_m = ค่าเอนทาลปีของการผสม

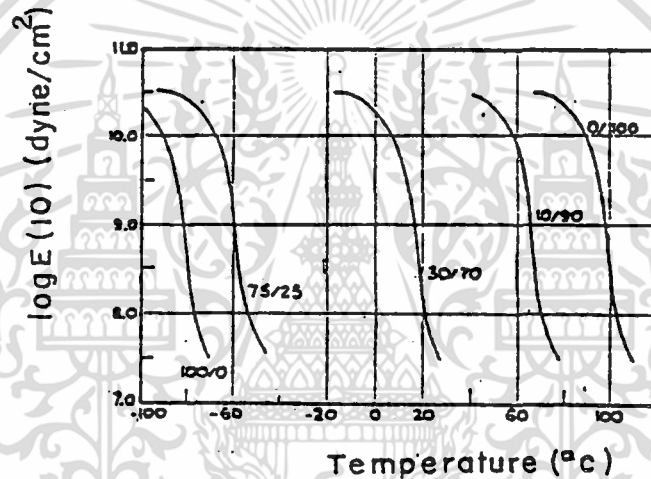
ΔS_m = ค่าเอนโทรปีของการผสม

เมื่อโมเลกุลเล็กๆ 2 ชนิดผสมกัน ค่า ΔS_m จะมีค่ามากกว่า ΔH_m

ที่เป็นบวก ดังนั้น พลังงานอิสระในการผสมจะมีค่าเป็นบวก และการผสมจะเกิดขึ้นเป็นเอกสสารเป็นเอกสารที่สั่นไหวหรือการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาติให้เขาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 วัฏภาค

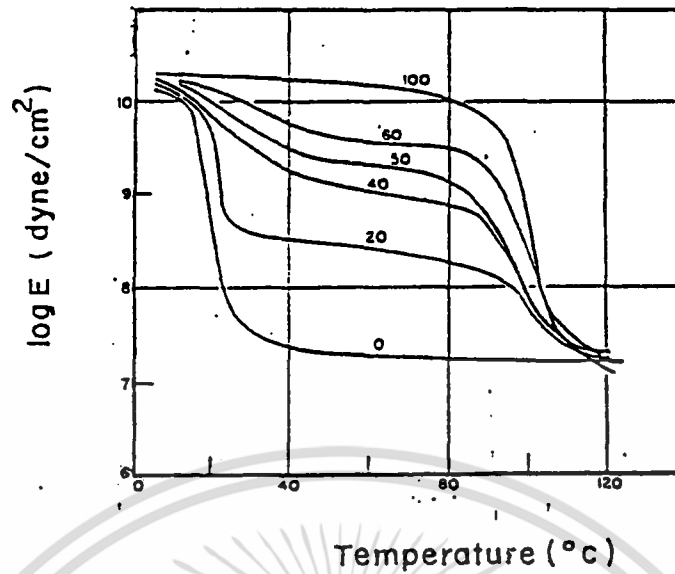
วิธีการตรวจสอบความเข้ากันได้ของพอลิเมอร์มีด้วยกันหลายวิธี วิธีหนึ่งที่เป็นที่นิยมคือ การวัดอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) โดยดูได้จากกราฟระหว่างค่าความยืดหยุ่น (modulus) และอุณหภูมิ พอลิเมอร์ที่ผสมเข้ากันได้เป็นอย่างดี (มี 1 วัฏภาค) จะแสดงผลของอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วเพียงจุดเดียว ดังรูปที่ 2.15



รูป 2.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยืดหยุ่นกับอุณหภูมิของพอลิเมอร์ผสมที่เข้ากันได้ดี

สำหรับพอลิเมอร์ผสมที่เข้ากันได้ไม่ดีจะแสดงผลอุณหภูมิ T_g มากกว่า

1 จุด และรูปร่างของเส้นกราฟจะเปลี่ยนแปลงไป ดังรูปที่ 2.16



รูป 2.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยืดหยุ่นกับอุณหภูมิ
ของพอลิเมอร์ผสมที่เข้ากันได้ไม่ดี

การวัดหาค่าอุณหภูมิ T_g สามารถวัดโดยเทคนิคต่อไปนี้

2.5.1) วิธี calorimetric

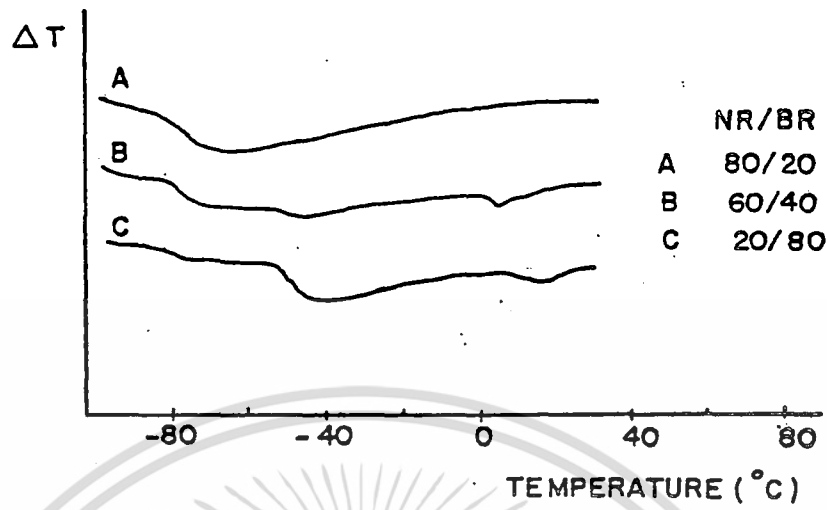
วิธีวัดหาค่าอุณหภูมิโดยใช้เทคนิค Differential Thermal Analysis (DTA)

หรือ Differential Scanning Calorimetry (DSC) เทคนิคทั้งสองจะวัด

การเปลี่ยนแปลงของเอนทาลปี ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี หรือกายภาพ

ของพอลิเมอร์ ดังรูป 2.17

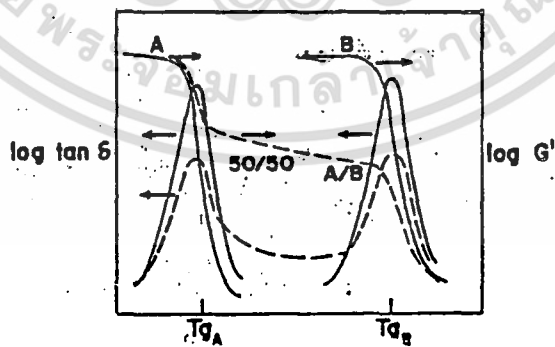
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางบิวทิลีนที่อัตราส่วนต่างๆ แสดงถึงอุณหภูมิ T_g 2 จุด^{1,2}

2.6.2) วิธีทางกลโดยใช้เทคนิค Dynamic Mechanical Analysis (DMA)

วัดหาลักษณะอุณหภูมิทรานสิชันของพอลิเมอร์ผสมโดยดูจากขอบเขตความกว้างของอุณหภูมิ T_g ในพอลิเมอร์ผสมที่มีความเข้ากันไม่ได้สูง ลักษณะของอุณหภูมิ T_g ของแต่ละองค์ประกอบจะไม่เปลี่ยนแปลง (รูปที่ 2.18)

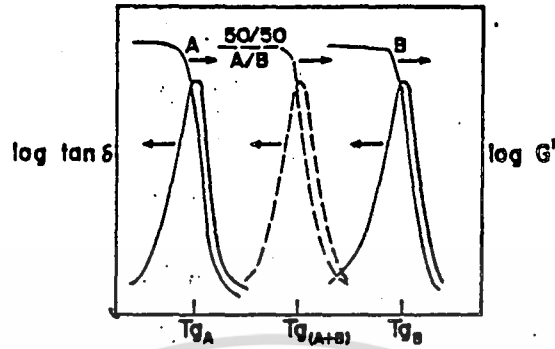


รูป 2.18 คุณสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ 2 วัสดุภาค¹

_____ = องค์ประกอบของแต่ละพอลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับพอลิเมอร์ผสมที่เข้ากันได้ดี จะเกิดอุณหภูมิ T_g ที่เดียว โดยสัมพันธ์กับอุณหภูมิ T_g เดิม (รูปที่ 2.19)



รูปที่ 2.19 คุณสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมที่เข้ากันได้ดี (1 วัฏภาค)

_____ = องค์ประกอบของแต่ละพอลิเมอร์
 ----- = ของผสม

2.6.3) วิธี Dielectric

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของพอลิเมอร์จะคล้ายคลึงกับคุณสมบัติเชิงกล โดยความแข็งแรงทาง dielectric จะคล้ายคลึงกับความแข็งแรงเชิงกล แต่วิธีนี้มีข้อเสียอยู่ที่ จะวัดหาอุณหภูมิทรานสิชันของพอลิเมอร์ที่ไม่มีขั้วได้ยาก

2.6.4) วิธี dilatometric

เป็นการวัดอุณหภูมิ T_g จากปริมาตรของพอลิเมอร์ที่เปลี่ยนแปลงไป ในช่วงขอบเขตของอุณหภูมิ T_g ปริมาตรจะเปลี่ยนแปลงอย่างไม่ต่อเนื่อง พอลิเมอร์ผสมที่เข้ากันได้ไม่ดี จะให้เส้นกราฟที่มีการเปลี่ยนแปลงความชัน 2 ครั้ง วิธีนี้ไม่ค่อยนิยมนัก เนื่องจากเกิดการเกิดผลึก(crystalline) จะบิดบังการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรให้เห็นได้ไม่ชัด

ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

ชุดหม้อปฏิกิริยาและอุปกรณ์

มอเตอร์ปั่นและ ใบพัดกวน

อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

แท่งแม่เหล็กพร้อมเครื่องปั่นกวนไฟฟ้า

เตาให้ความร้อน

เครื่องกรองบดเนอร์

อันเบลโลว์ตวิสโคมิเตอร์

เครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง

เครื่อง Differential Scanning Calorimeter

(DSC-50 ของ SHIMADZU)

เครื่อง Differential Scanning Calorimeter

(DSC-7 ของ Perkin Elmer)

เครื่อง Submicron Particle Size Analyser

(Coulter Model N-4)

ตู้อบสาร

เครื่องชั่งสาร

โคมไฟ

กรวยแยก

บิวเรต

เทอร์โมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมีที่ใช้

ไดไวนิลเบนซีน (DVB)	Fluka
บิวทิลอะคริลเลตโมโนเมอร์	"
โซเดียมโตเตคิลซัลเฟต (SDS)	"
โปตัสเซียมเปอร์ซัลเฟต (PPS)	"
เบนซิลไดเมทิลเอทเธเดคิลแอมโมเนียมคลอไรด์	"
ไฮโดรควิโนน	"
โทลูอิน	"
อะซีโตน	"
แอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟต	Merck
โซเดียมไฮดรอกไซด์	Eka Nobel
เอช-บิล-ไอโซบิวทิลโรไนไทรล์ (AIBN)	บริษัท สยามเคมีคอล จำกัด
สไตรีนโมโนเมอร์	เกรตการต้า
เมทิลเมทาอะคริลเลตโมโนเมอร์	"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

3.1 การทำสไลด์รีน และบิวทิลอะคริลเลตโมโนเมอร์ให้บริสุทธิ์โดยการสกัด

เทโมโนเมอร์ใส่ในกรวยแยก สกัดด้วยสารละลาย 10% โซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 3 ครั้ง หลังจากนั้นทำการสกัดด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่ง pH ของโมโนเมอร์เป็นกลาง เก็บชั้นของโมโนเมอร์ที่ได้ในขวดสีชา ใส่แอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟตพอประมาณลงในขวดทิ้งไว้ 1 คืนในตู้เย็น จากนั้นนำมากรองเอาโมโนเมอร์ออก แล้วเก็บไว้ในขวดสีชาที่ตู้เย็น ณ อุณหภูมิ 4 -5 ° ซ

3.2 การสังเคราะห์ โพลีบิวทิลอะคริลเลต

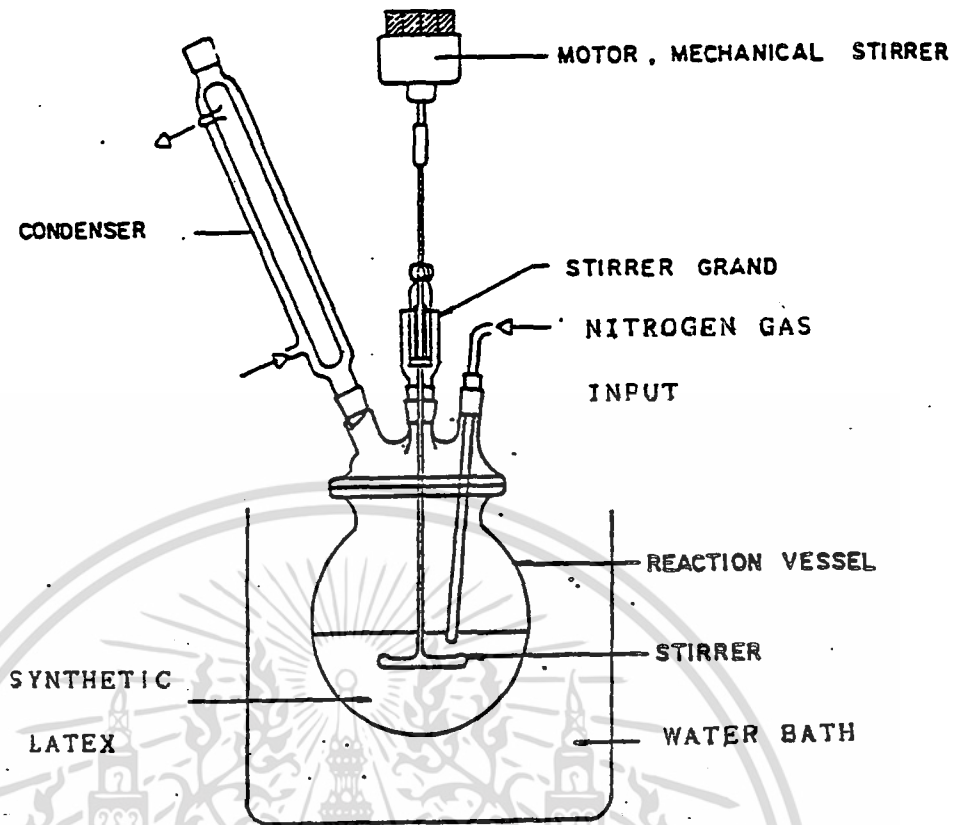
3.2.1) โดยกระบวนการโพลีเมอไรเซชันแบบบัลค์

ซึ่งบิวทิลอะคริลเลตโมโนเมอร์มาพอประมาณ ใส่ เอโซ-บิส-ไอโซบิวทิลโรไนไทร์ล (AIBN) จำนวน 1% ของน้ำหนักโมโนเมอร์ ปั่นกวนด้วยแท่งแม่เหล็กนาน 5 นาที จากนั้นเทใส่ภาชนะที่มีจุกปิดสนิท แล้วนำไปโพลีเมอไรซ์ที่อุณหภูมิ 60 ° ซ เป็นเวลา 24 ชม.

3.2.2) โดยกระบวนการโพลีเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน

เป็นการเตรียมแบบปฏิกิริยาแบทช์ โดยมีส่วนประกอบดังนี้

น้ำกลั่นต้ม	448	กรัม
โซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต (SDS)	1.3	"
โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (PPS)	0.35	"
บิวทิลอะคริลเลตโมโนเมอร์	52	"
ตั้งชุดสังเคราะห์ดังรูปที่ 3.1		



รูป 3.1 การตั้งชุดสังเคราะห์ลาเท็กซ์

ใส่น้ำกลั่นลงในหม้อปฏิกิริยา ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ $80 - 100^{\circ}$ C จนกระทั่งเห็นหยดน้ำเกาะตามฝาหม้อปฏิกิริยาและตัวควบแน่นจนอิ่มตัว จึงดูดเอาน้ำออก นำน้ำกลั่นที่ต้มไว้ประมาณ 400 กรัม ใส่น้ำหม้อปฏิกิริยา ปั่นกวนที่อุณหภูมิ $60 \pm 3^{\circ}$ C (น้ำกลั่นต้มที่เหลือน้ำไปละลาย SDS และ PPS) ผ่านก๊าซไนโตรเจนประมาณ 15 - 20 นาที ใส่อสารละลาย SDS จะเกิดฟองสบูขึ้น ใส่วิวทิลอะคริลเลตโมโนเมอร์ทิ้งไว้ 2 - 3 นาที จากนั้นใส่อสารละลาย PPS ปั่นกวนต่อภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน เป็นเวลาประมาณ 8 ชม.

ในระหว่างการทำปฏิกิริยาดูดสารตัวอย่างในหม้อปฏิกิริยาเป็นระยะ โดยดูดใส่ภาชนะที่ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว หยดสารละลายไฮโดรควิโนน 1% ในอะซีโตน 2 - 3 หยด เพื่อยับยั้งปฏิกิริยา นำภาชนะที่มีสารตัวอย่างนั้นไปชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ

70 - 80^o C จนน้ำหนักหลังอบคงที่ บันทึกน้ำหนักไว้ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3) การศึกษาคุณลักษณะของ โพลีบิวทิลอะคริเลต (PBA)

ก) ศึกษาจลนศาสตร์ของ โพลีบิวทิลอะคริเลตลาเทกซ์

โดยดูจาก เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงจากโมโนเมอร์ ไปเป็นพอลิเมอร์ (%conversion) ที่เวลาต่างๆ สามารถคำนวณหา %conversion ได้ดังสมการ

$$\%conversion = \frac{W}{W_0} \times 100 \quad (9)$$

โดย W = น้ำหนักของสารที่เหลือจากการอบ (กรัม)

W_0 = น้ำหนักโมโนเมอร์ เริ่มต้นก่อนที่จะถูก โพลีเมอไรซ์ในสารตัวอย่าง ที่ดูดขึ้นมา (กรัม)

เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %conversion กับเวลา

ข) การศึกษาสมบัติทางกายภาพของ โพลีบิวทิลอะคริเลต

- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีอยู่ในโพลีบิวทิลอะคริเลตลาเทกซ์

(%Total solid content, TSC) สามารถคำนวณหา %TSC ได้ดังสมการ

$$\%TSC = \frac{W}{W_0} \times 100 \quad (10)$$

โดย W = น้ำหนักสารที่เหลือจากการอบ (กรัม)

W_0 = น้ำหนักสารเริ่มต้น (กรัม)

- น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย

หาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยจากความหนืด (\bar{M}_v) โดยใช้ อับเบโลต วิสโคมิเตอร์

วัดหาเวลาการไหล (flow time) ของสารละลายโพลีบิวทิลอะคริเลตในอะซีโตน ที่
เอกสวัตต์ว่าเวลากว้างเกินไปของสารละลายโพลีบิวทิลอะคริเลตในอะซีโตน ที่
ไม่ว่การณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 25° ซ แล้วทำการคำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยโดยคิดจากความหนืด ได้ตามความสัมพันธ์ของสมการที่ 4

ตาราง 3.1 เปรอ์เห็นต์ความเข้มข้นของสารละลายโพลีบิวทิลอะคริลเลตในอะซีโตน

ลำดับ	เตรียมโดยวิธีบัลค์ โพลีเมอไรเซชัน	เตรียมโดยวิธีอิมัลชัน โพลีเมอไรเซชัน
1	0.0358	0.0246
2	0.0718	0.0522
3	0.1434	0.0754
4	0.1710	0.1002
5	0.2898	0.1250
6	-	0.1516
7	-	0.1762
8	-	0.2012

3.3 การสังเคราะห์ลาเทกซ์แบบมีการเชื่อมโยงโดยกระบวนการโพลีเมอไรเซชัน

แบบอิมัลชัน : โพลีสไตรีน

การเตรียมเป็นปฏิกิริยาแบบพหุเช่นเดียวกับ 3.2.2) โดยเปลี่ยนสารตั้งต้นจากบิวทิลอะคริลเลตโมโนเมอร์ เป็นสไตรีนโมโนเมอร์ที่มีความเข้มข้นของสารเชื่อมโยงคือ ไดไวนิลเบนซีน (DVB) ดังนี้

- 0.5% DVB
- 1.0% DVB
- 1.5% DVB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1) การศึกษาคุณลักษณะของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงโดยศึกษาจลนศาสตร์และสมบัติทางกายภาพ
ทำการศึกษาจลนศาสตร์และปริมาณของแข็งทั้งหมด เช่นเดียวกับกับโพลีบิวทิล-อะคริลเลตลาเทกซ์ที่ทุกๆ %DVB

3.3.2) การวัดหาขนาดอนุภาคของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงโดยใช้เครื่อง Submicron Particle Size Analyser (Coulter Model N-4)
นำลาเทกซ์ที่เตรียมได้มาเจือจางด้วยน้ำกลั่น จนสังเกตเห็นสารละลายจางมากๆ นำไปใส่ในเซลล์ตัวอย่าง แล้ววัดขนาดอนุภาคในน้ำ โดยทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง ที่อุณหภูมิ 25 ° C

3.3.3) การหาปริมาณการเกิดการเชื่อมโยง(%crosslink density)ของพอลิเมอร์ในสถานะของแข็ง โดยเครื่อง DSC-50 (SHIMADZU)
เตรียมโพลีสไตรีนโดยวิธีบัลค์โพลิเมอร์ เช่น จากนั้นทำการวัดหาอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ของโพลีสไตรีนที่เตรียมได้ทั้งจากแบบบัลค์และแบบอิมัลชันในสถานะของแข็ง จาก T_g ที่ได้นำมาคำนวณหาปริมาณการเกิดการเชื่อมโยง(%crosslink density) ได้โดยอาศัยสมการที่ 5

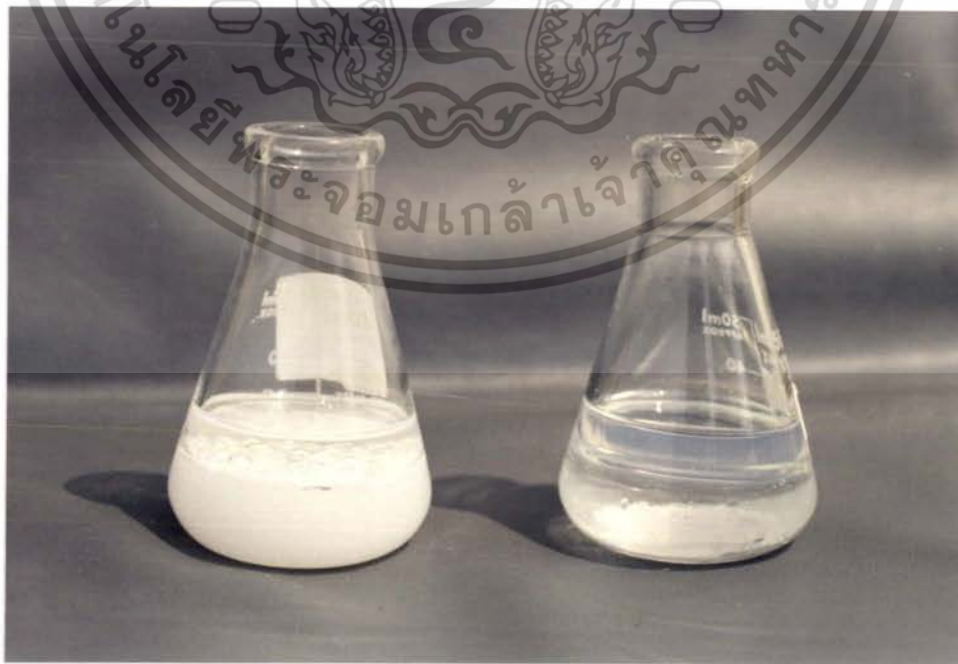
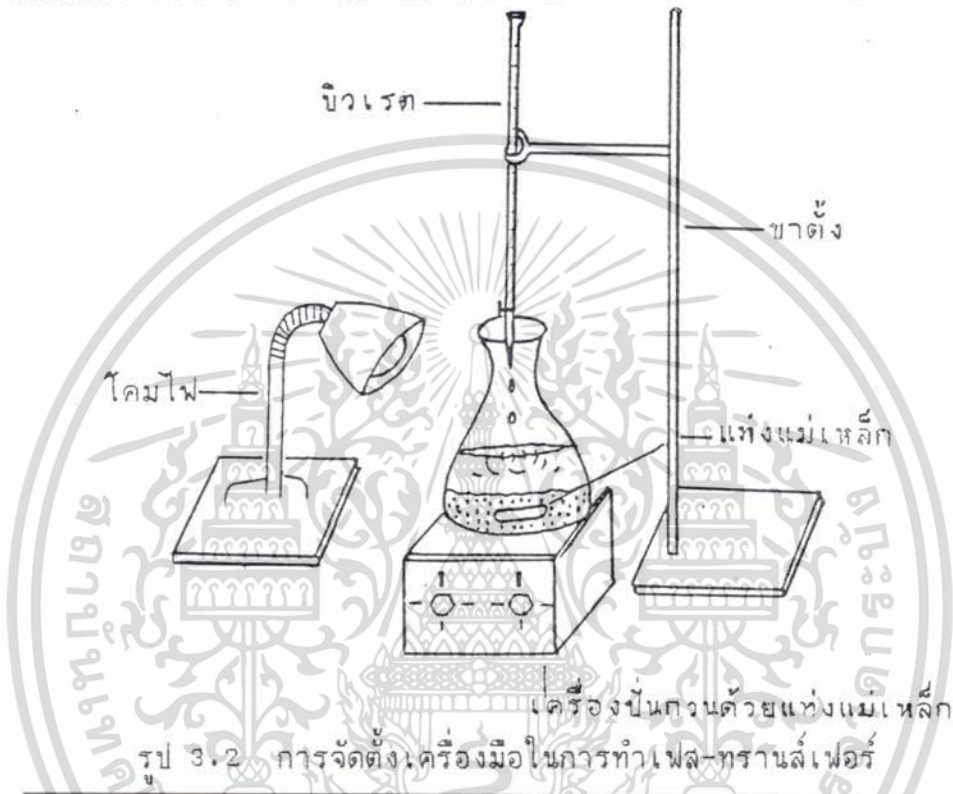
3.4 การศึกษาเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์

เป็นเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการทำให้ประจุที่ผิวของอนุภาคลาเทกซ์ ที่เสถียรตัวอยู่ในน้ำ เป็นกลาง ด้วยการเลือกเติมสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ที่มีประจุชนิดตรงข้ามกับประจุที่ผิวของอนุภาค ตัวแปรที่ใช้ศึกษาเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์ มีดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์อนุภาค(%particle, p)

หมายถึง ปริมาณของอนุภาคพอลิเมอร์ที่กระจายอยู่ในตัวทำละลายอินทรีย์หรือโมโนเมอร์ภายหลังการเฟส-ทรานส์เฟอร์สิ้นสุดแล้ว โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

สารละลายเบนซิลไดเมทิลเอทิลอะมิโนคลอไรด์ที่เตรียมไว้ข้างต้น พร้อมกับปั่นกวด้วยแท่งแม่เหล็ก หยดสารละลายไทแทนต์ลงไป เมื่อสังเกตเห็นสารละลายเริ่มเกาะเป็นหยดน้ำมันเล็กๆ จึงค่อยๆ ใส่น้ำสารละลายไทแทนต์ทีละน้อย จนกระทั่งได้สารละลายชั้นล่างใส ด้านบนมีลักษณะขุ่นขาว (ซึ่งการแยกชั้นที่เห็นนี้จะเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด) บันทึกปริมาตรไทแทนต์ที่ใช้ และปิดปากขวดให้สนิท แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 วัน



(1)

(2)

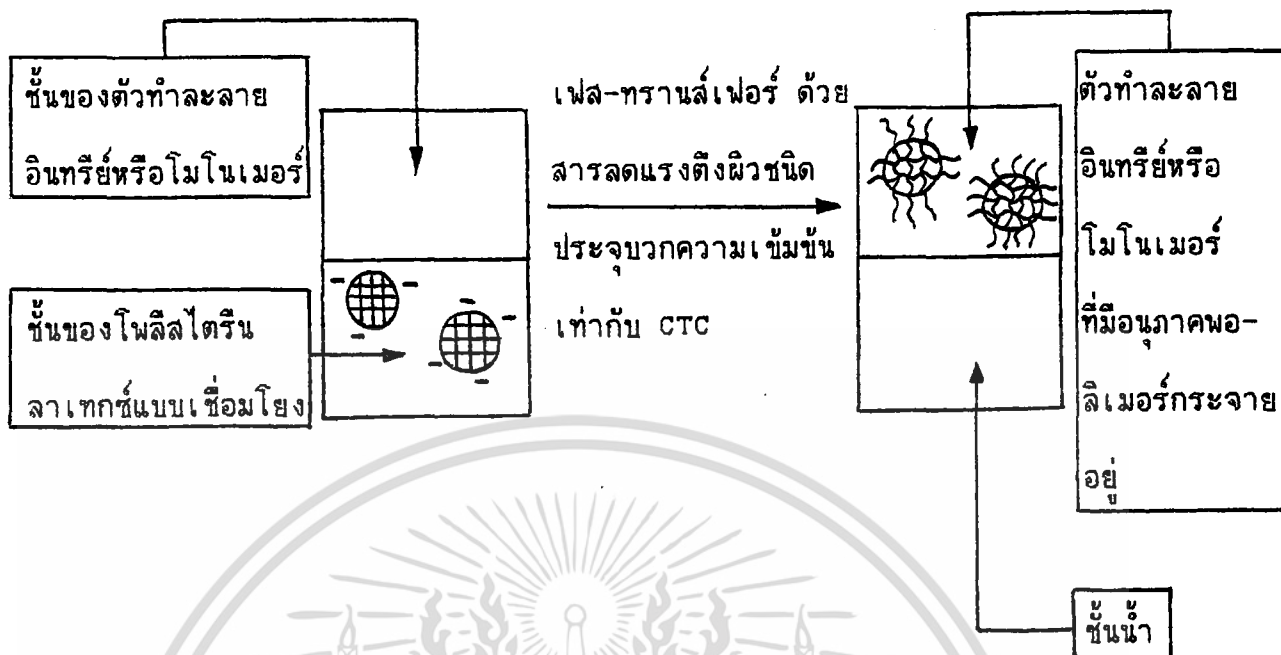
รูป 3.3 การแบ่งชั้นก่อนและหลังเฟส-ทรานส์เฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย

(1)

(2)



ก) การศึกษาผลของ %p ต่อค่า CTC

โดยควบคุมค่า f และปริมาณของตัวทำละลายอินทรีย์ โดยศึกษาจาก โพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง 1.5%DVB ซึ่งมี %TSC = 9.86

ภายหลังการเฟล-ทรานส์เฟอ์สิ้นสุดแล้ว จะเก็บตัวอย่างของสารละลายชั้นบน มาทำการหาปริมาณของอนุภาคพอลิเมอร์ของโพลีสไตรีนที่กระจายอยู่ในตัวทำละลายอินทรีย์

ตาราง 3.2 การศึกษาผลของ %p ต่อค่า CTC

ลำดับ	น้ำหนัก (กรัม)			f	น้ำหนักสารละลายข้างบนซึ่งดูดเมื่อเฟล-ทรานส์เฟอ์สิ้นสุดแล้ว (กรัม)
	ลาเทกซ์	น้ำ	โทลูอีน		
1	2.06	20.09	10.39	0.32	3.6520
2	2.07	20.18	10.22	0.31	4.7152
3	5.00	15.43	10.20	0.33	5.7152
4	5.03	15.33	10.30	0.34	2.7829
5	9.94	10.28	10.34	0.34	3.8964
6	10.01	10.30	10.33	0.34	4.3068

ข) การศึกษาผลของ f ต่อค่า CTC

โดยควบคุมปริมาณตัวทำละลายอินทรีย์ในลำดับที่ 1 - 3 และควบคุมปริมาณน้ำในลำดับที่ 4 - 6 และใช้โพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงชนิดเดียวกับข้อ ก)

ตาราง 3.3 การศึกษาผลของ f ต่อค่า CTC

ลำดับ	น้ำหนัก (กรัม)			f
	ลาเทกซ์	น้ำ	โกลูอิน	
1	2.18	38.02	10.10	0.20
2	5.00	18.29	10.27	0.31
3	2.06	20.09	10.39	0.32
4	2.11	20.19	20.08	0.47
5	10.10	-	10.03	0.50
6	2.01	20.06	30.10	0.58

ค) การศึกษาชนิดตัวทำละลายอินทรีย์ต่อค่า CTC

โดย ควบคุมปริมาณของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงชนิดเดียวกับข้อ ก)

และ f

ตาราง 3.4 การศึกษาผลของชนิดตัวทำละลายอินทรีย์ต่อค่า CTC

ลำดับ	น้ำหนัก (กรัม)		ตัวทำละลาย			f
	ลาเทกซ์	น้ำ	ชนิด	δ	น้ำหนัก(กรัม)	
1	2.03	20.09	โทลูอีน	8.9	10.39	0.32
2	2.01	20.18	โทลูอีน	8.9	10.22	0.31
3	2.04	20.78	MMA	8.8	10.28	0.31
4	2.01	19.95	MMA	8.8	10.25	0.32
5	2.01	21.04	BA	8.8	10.21	0.31
6	2.02	19.89	BA	8.8	10.19	0.32

หมายเหตุ - MMA คือ เมทิลเมทาอะคริลเลตโมโนเมอร์
 - BA คือ บิวทิลอะคริลเลตโมโนเมอร์
 - δ = ค่าการละลาย (solubility parameter), $(\text{cal}/\text{cm}^3)^{1/2}$
 - ค่าการละลายของโพลิสไตรีนแบบเชื่อมโยงด้วยไดไวนิลเบนซีน
 = 9.1 $(\text{cal}/\text{cm}^3)^{1/2}$

3.4.2) วัดหาความสามารถในการบวมตัวของอนุภาคโพลิสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง
 ทำการเฟส-ทรานส์เฟอร์โพลิสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงทั้ง 3 แบบคือ 0.5,
 1 และ 1.5%DVB ในเมทิลเมทาอะคริลเลต จากนั้นใช้เครื่อง Submicron Particle
 Size Analyser (Coulter model N-4) วัดขนาดอนุภาคทั้งก่อน และหลังเฟส
 ทรานส์เฟอร์ คำนวณหาอัตราการบวมตัว (swelling ratio) ได้ดังสมการ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีนแบบเชื่อมโยง

กับโพลีบิวทิลอะคริเลต

3.5.1) โดยวิธีการผสมกันในรูปของลาเทกซ์

เตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงชนิด 0.5%DVB กับโพลีบิวทิลอะคริเลตลาเทกซ์ ด้วยอัตราส่วน 10:90, 30:70, 50:50, 70:30 และ 90:10 ตามลำดับ โดยแบ่งเป็น 2 ชุด ชุดหนึ่งจะใส่ 10%SDS นำส่วนผสมที่ได้มาปั่น กวนด้วยแท่งแม่เหล็ก 15 นาที จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 50° ซ เป็นเวลา 24 ชม. หรือจนกระทั่งผลิตภัณฑ์แห้ง บันทึกลักษณะและเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ได้ของทั้ง 2 ชุด

หมายเหตุ โพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง 0.5%DVB มี %TSC = 9.67

โพลีบิวทิลอะคริเลตลาเทกซ์ มี %TSC = 19.19

3.5.2) โดยวิธีเฟล-ทรานส์เฟอร์

ก) การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการโพลีเมอไรซ์

ซึ่งสารลงในขวดรูปชมพู่ ตามอัตราส่วนในตารางที่ 3.5 ทำการเฟล ทรานส์เฟอร์เข้าไปในบิวทิลอะคริเลตโมโนเมอร์ ทิ้งไว้ 24 ชม. ให้โพลีสไตรีนบวมตัว และกระจายตัวในชั้นของบิวทิลอะคริเลตอย่างสมดุล จากนั้นโพลีเมอไรซ์สารที่ได้ภายหลัง การเฟล-ทรานส์เฟอร์ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 60° +/- 5° ซ และ 80° +/- 5° ซ เป็นเวลา 1 วัน บันทึกผลที่เกิดขึ้น

ตาราง 3.5 การศึกษาอุณหภูมิในการโพลีเมอไรซ์

ลำดับ	อุณหภูมิ	น้ำหนัก (กรัม)			
		ลาเทกซ์	น้ำ	BA	AIBN
1	60° ซ	10.07	-	3.5	0.35
2	80° ซ	10.06	-	3.5	0.35

หมายเหตุ โพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง 0.5%DVB มี %TSCนำ = 10.55 ซึ่งด้านการค้า ไม่สามารถใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) การเตรียมพอลิเมอร์ผสมของโพลีสไตรีนแบบเชื่อมโยงกับโพลีบิวทิลอะคริเลต เตรียมพอลิเมอร์ผสมเช่นเดียวกับข้อ ก) โดยโพลีเมอไรซ์ที่อุณหภูมิประมาณ $60 - 70^{\circ}$ C และใช้ AIBN เป็นตัวเริ่มต้น ในอัตราส่วนโพลีสไตรีนแบบเชื่อมโยง ต่อโพลีบิวทิลอะคริเลต เท่ากับ 10:90, 30:70 และ 50:50 ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้หลังการโพลีเมอไรซ์แล้ว จะนำมากรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศแบบบุชเนอร์ จากนั้นนำไปอบแห้ง

3.6 การศึกษาความสามารถในการเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสม

ศึกษาจากอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g)

นำพอลิเมอร์ผสมที่ได้ทั้งเตรียมจากการผสมในรูปลาเทกซ์ และจากเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์ที่อัตราส่วนระหว่างโพลีสไตรีนแบบเชื่อมโยง ต่อโพลีบิวทิลอะคริเลต เท่ากับ 10:90, 30:70 และ 50:50 ไปวัดหาค่า T_g ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC'7 Perkin Elmer) ภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจน

3.7 การศึกษาความสามารถในการเตรียมเป็นแผ่นฟิล์มของพอลิเมอร์ผสม

3.7.1) เตรียมสารจากขั้นตอนเดียวกันกับการผสมพอลิเมอร์ในรูปลาเทกซ์ และเฟส-ทรานส์เฟอร์ โดยเตรียมในปริมาณมาก จากการวิจัยได้เตรียมจาก โพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง 0.5%DVB ต่อโพลีบิวทิลอะคริเลต เท่ากับ 10:90, 30:70 และ 50:50 ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปบดผสมแล้วรีดให้เป็นแผ่น ด้วยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง ใช้เวลาบดนาน 5-8 นาที ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกลักษณะที่ได้

3.7.2) ทำเช่นเดียวกับขั้น 3.7.1) โดยผสมยางธรรมชาติปริมาณ 10% โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ผสม บันทึกลักษณะที่ได้

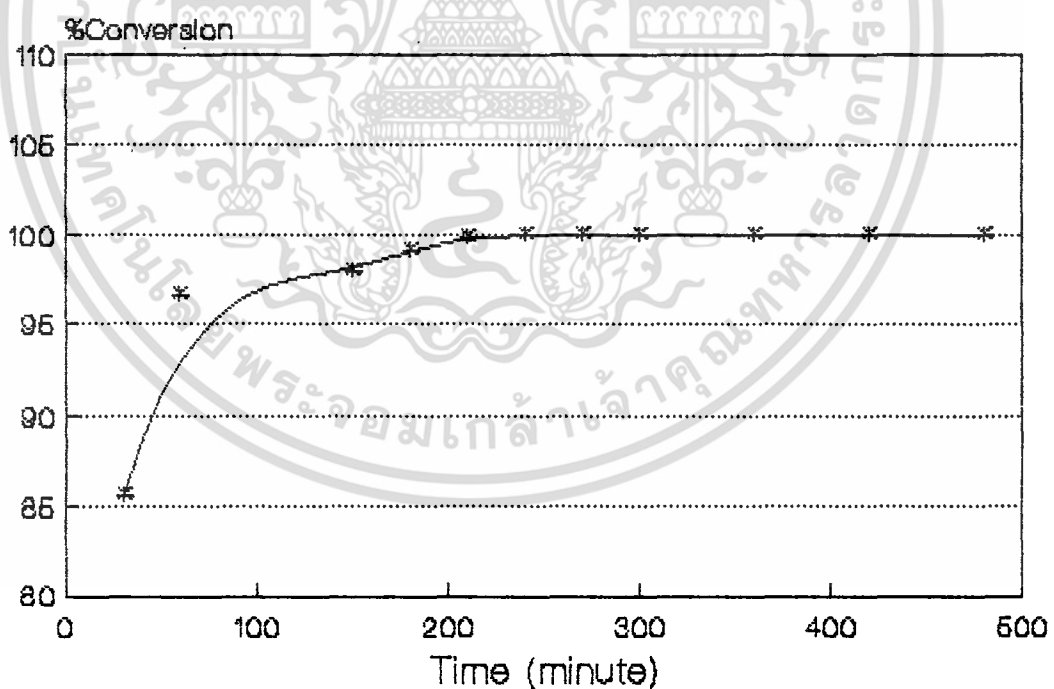
บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 โดยศึกษาจลนศาสตร์ และสมบัติทางกายภาพ

4.1.1) ผลการศึกษาจลนศาสตร์ของโพลีบิวทิลอะคริเลตลาเทกซ์

การเปลี่ยนแปลง %conversion จะเพิ่มขึ้นตามช่วงเวลา โดยเพิ่มอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 1 ชม.แรก แล้วเข้าสู่จุดๆ หนึ่งที่ซึ่งค่า %conversion ที่ได้จะคงที่ 100% ซึ่งชี้ให้เห็นถึงเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงจากบิวทิลอะคริเลตโมโนเมอร์ ไปเป็นโพลีบิวทิลอะคริเลต โดยค่า %conversion ที่ได้แสดงในตารางภาคผนวกที่ 1 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %conversion กับเวลา จะได้ผลดังรูปที่ 4.1



รูป 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %conversion และเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ของโพลีบิวทิลอะคริเลตลาเทกซ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟจะเห็นได้ว่า %conversion มีค่าสูง และเริ่มคงที่เมื่อเวลาการโพลีเมอไรซ์ผ่านไปประมาณ 3 ชม. โดย %conversion ที่ได้มีค่าเท่ากับ 100 แสดงว่านิวทิลอะคริลเลตโมโนเมอร์สามารถเปลี่ยนเป็นโพลีนิวทิลอะคริลเลตลาเทกซ์ได้อย่างสมบูรณ์

4.1.2) ปริมาณของแข็งทั้งหมดในโพลีนิวทิลอะคริลเลตลาเทกซ์ (%TSC)

จากผลการทดลองหาหลาย ๆ ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยของ %TSC ของโพลีนิวทิลอะคริลเลตลาเทกซ์เท่ากับ 10.60% โดยน้ำหนัก

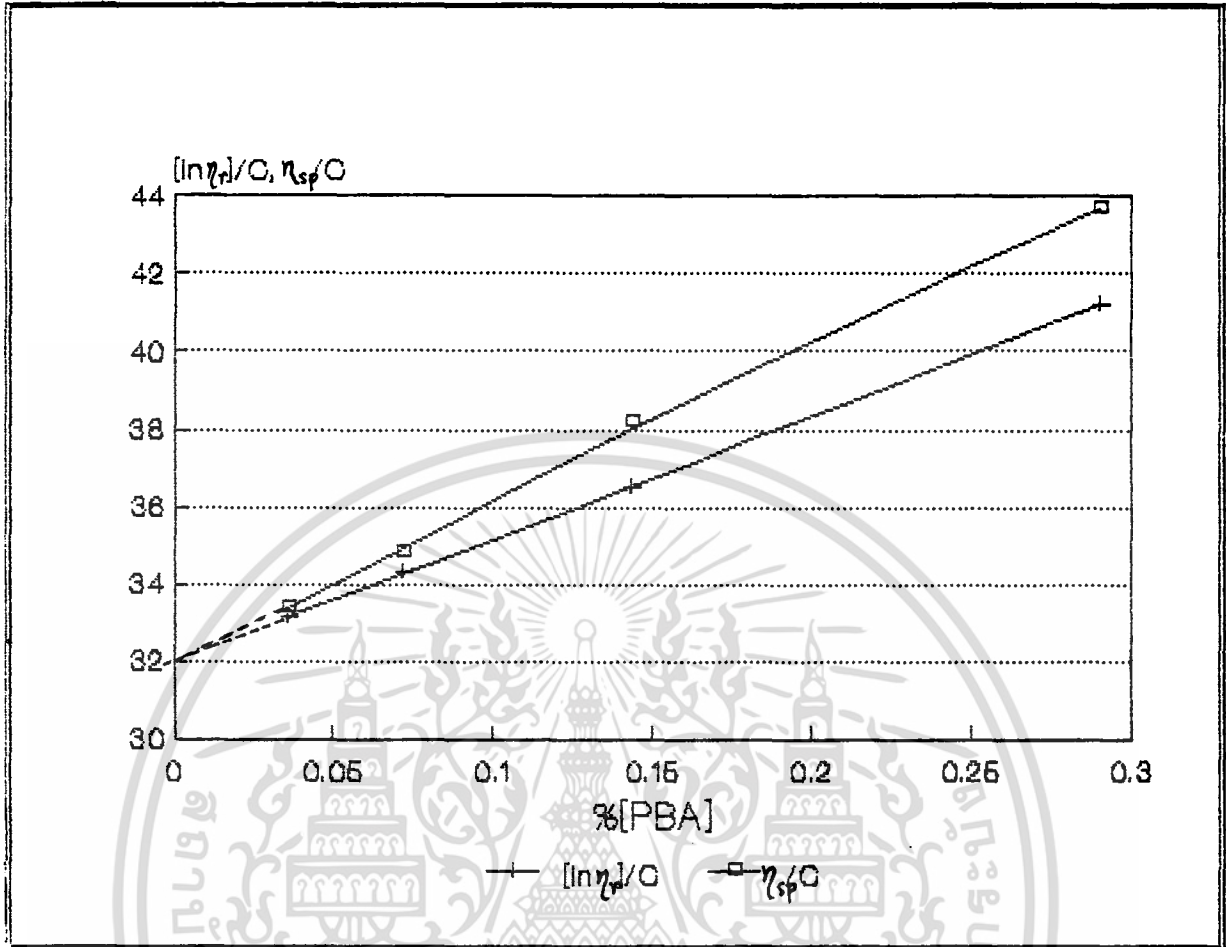
4.1.3) น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของโพลีนิวทิลอะคริลเลต

จากผลการทดลองหาน้ำหนักโมเลกุลของโพลีนิวทิลอะคริลเลต ทั้งแบบที่เตรียมด้วยกระบวนการโพลีเมอไรซ์แบบบัลค์และแบบอิมัลชัน โดยละลายในสารละลายอะซีโตน แล้ววัดความหนืดหรือเวลาการไหล (flow time) ด้วยอับเบโลดวิสโคมิเตอร์ ได้ผลดังตารางที่ 4.1, รูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.2, รูปที่ 4.3 ตามลำดับ

ตาราง 4.1 ผลความหนืดของโพลีนิวทิลอะคริลเลตที่เตรียมจากกระบวนการโพลีเมอไรเซชันแบบบัลค์ที่อุณหภูมิ 25 ° C

ลำดับ	%ความเข้มข้นของสารละลาย	ความเข้มข้นของสารละลาย (c) $\times 10^{-3}$ ฐ/ml	เวลาไหลเฉลี่ยของสารละลาย (วินาที)	ความหนืดสัมพัทธ์ (η_{sp})	ความหนืดจำเพาะ (η_{sp}/c)	$[\ln \eta_{sp}] / c$	η_{sp} / c
1	0.0358	0.36	73.1	1.012	0.012	33.13	33.33
2	0.0718	0.72	74.0	1.025	0.025	34.30	34.72
3	0.1434	1.43	76.2	1.056	0.056	38.10	39.16
4	0.1210	1.21	77.3	1.071	0.071	40.11	41.52
5	0.2898	2.90	81.4	1.127	0.127	41.23	43.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารงานวิจัยสำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/c และ $[\ln \eta_r]/c$ กับความเข้มข้นของโพลีบิวทิลอะครีเลตที่เตรียมจากกระบวนการบัลค์ โพลีเมอไรเซชัน

จากกราฟนำค่าที่จุดตัดแกน η_{sp}/c , $[\ln \eta_r]/c$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$[\eta] = 32.0$ แทนลงในสมการ

$$[\eta] = k\bar{M}_v^a \quad \text{โดย } a = 0.75$$

$$k = 6.85 \times 10^{-3} \text{ มล./กรัม}$$

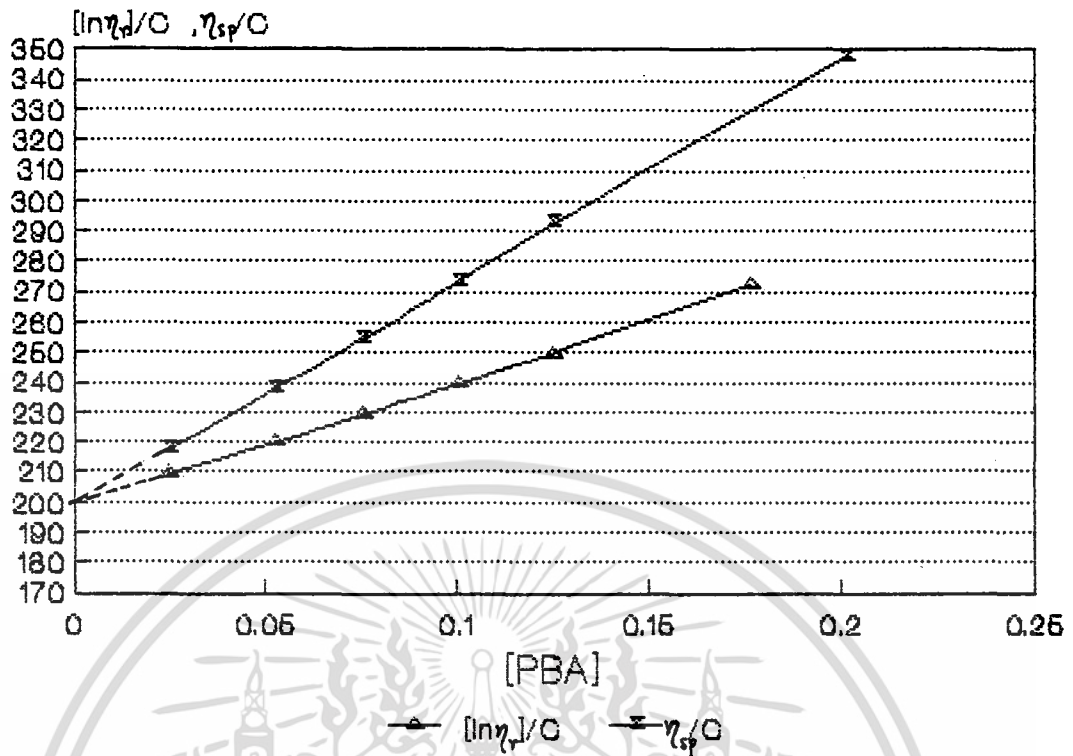
จะได้น้ำหนักโมเลกุล (\bar{M}_v) = 78,093

เอกสารนี้เป็นเอกสารเผยแพร่ค่า a , k เพื่อเป็นค่าคงที่ \bar{M}_v ไม่นอญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.2 ผลความหนืดของโพลีบิวทิลอะครีเลตที่เตรียมจากกระบวนการ
โพลีเมอไรเซชันแบบอิมัลชันที่อุณหภูมิ 25 ° C

No	%ความเข้มข้นของสารละลาย	ความเข้มข้นของสารละลาย (c) $\times 10^{-3}$ ฐ/ml	เวลาไหลเฉลี่ยของสารละลาย (วินาที)	ความหนืดสัมพัทธ์ (η_r)	ความหนืดจำเพาะ (η_{sp})	$[\ln \eta_r]/c$	η_{sp}/c
1	0.0246	0.246	75.8	1.053	0.053	209.23	215.45
2	0.0522	0.522	80.7	1.121	0.121	218.81	231.80
3	0.0754	0.754	85.5	1.188	0.188	228.48	249.34
4	0.1002	1.002	91.7	1.274	0.274	241.68	273.45
5	0.1250	1.250	98.0	1.361	0.361	246.58	288.80
6	0.1516	1.516	101.9	1.415	0.415	228.98	273.75
7	0.1762	1.762	116.4	1.616	0.616	272.50	349.60
8	0.2012	2.012	122.4	1.700	0.700	263.75	347.94
9	อะซีโตน	-	72.0	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{sp}/c และ $[\ln \eta_{sp}]/c$ กับ ความเข้มข้นของโพลีบิวทิลอะคริเลตที่เตรียมจากกระบวนการ โพลีเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน

จากกราฟนำค่าจุดตัดแกน $\eta_{sp}/c, [\ln \eta_{sp}]/c$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $[\eta] = 200$

แทนลงในสมการ $[\eta] = k\bar{M}_v^a$ โดย $a = 0.75$

จะได้น้ำหนักโมเลกุล (\bar{M}_v) = 899.054 $k = 6.85 \times 10^{-3}$ มล./กรัม

หมายเหตุ ค่า a, k เป็นค่าคงที่

จากค่าน้ำหนักโมเลกุลคิดจากความหนืดที่ได้จากการเตรียมทั้ง 2 แบบพบว่า น้ำหนักโมเลกุลของโพลีบิวทิลอะคริเลต ที่เตรียมจากกระบวนการอิมัลชันโพลีเมอไรเซชัน มีค่าสูงกว่าแบบบัลค์มาก เนื่องจากการโพลีเมอไรเซชันแบบอิมัลชันนั้นมีการกระจายความร้อน ได้ดี สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ง่าย มีอัตราการเกิดโพลีเมอไรเซชันที่สูง ทำให้तिकิริยาของโพลีเมอไรเซชันสูงขึ้นไปด้วย อีกทั้งการเกิดอนุมูลอิสระจะเกิดในชั้นน้ำ แต่การเกิดปฏิกิริยาลิ้นสุดจะเกิดขึ้นในไมเซลล์ ส่วนในกรณีแบบบัลค์โพลีเมอไรเซชัน จะมีการกระจายความร้อนได้ไม่ดี ควบคุมอุณหภูมิได้ยากและอาจเกิดขึ้นลิ้นสุดได้ง่าย

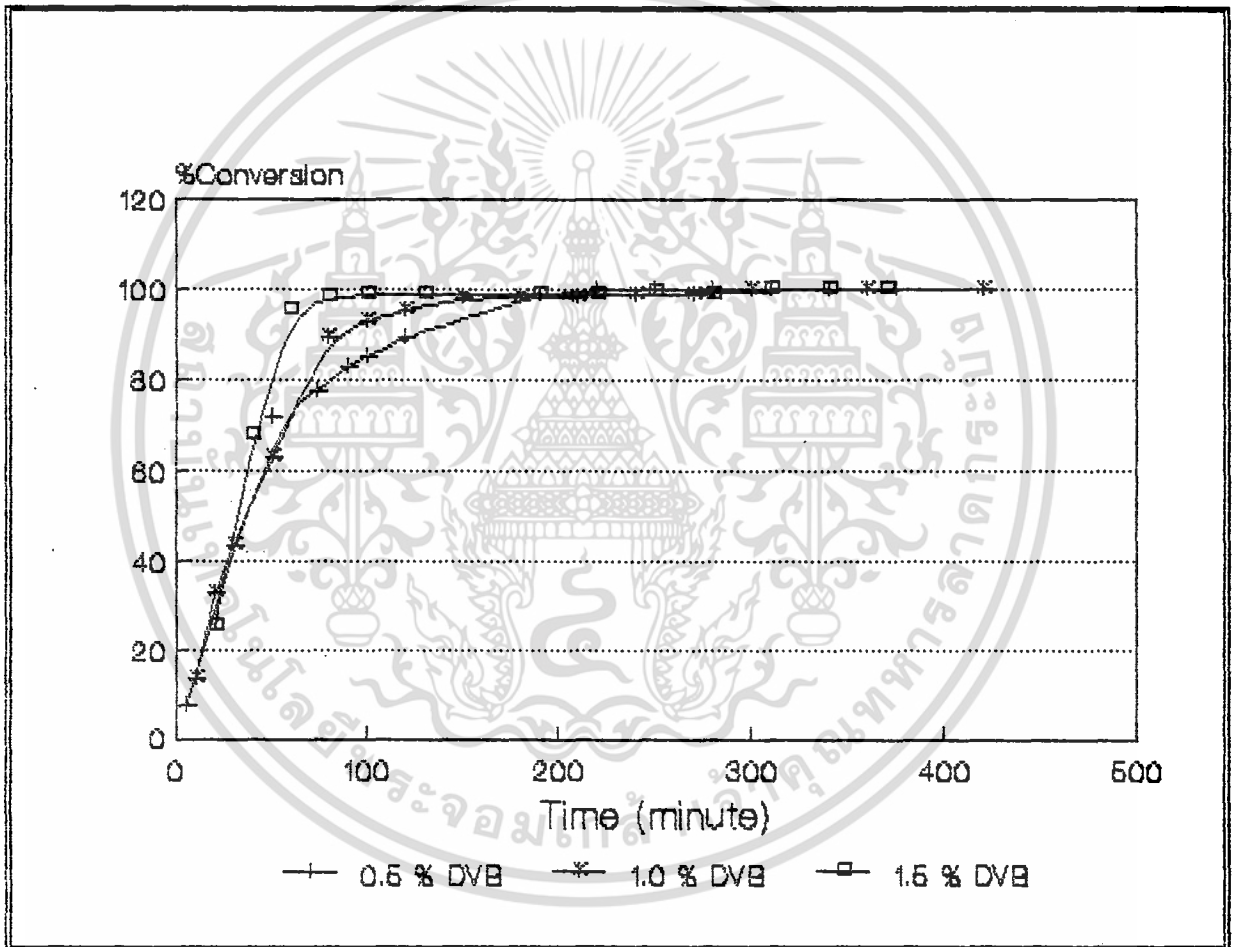
เอกสารนี้เป็นของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถนำออกนอกระบบได้ หากมีข้อสงสัย กรุณาติดต่อฝ่ายวิชาการ โทร. 0-2910-7100

4.2 การศึกษาคุณลักษณะของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง

4.2.1) การศึกษาจลนศาสตร์และคุณสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ลาเทกซ์

ก) ผลการศึกษาจลนศาสตร์ของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ %conversion ต่อช่วงเวลาของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงทั้ง 3 ชนิด คือ 0.5, 1 และ 1.5% ของไดไวนิลเบนซีนโดยค่า %conversion กับเวลาจะได้ผลดังรูปที่ 4.4



รูป 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %conversion กับเวลาของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วย 0.5, 1 และ 1.5% ของไดไวนิลเบนซีน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จากกราฟเห็นได้ว่า %conversion สูงสุดและเริ่มคงที่ เมื่อเวลาการโพลีไม์กว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมอไรซ์ผ่านไปประมาณ 3 ชม. %conversion ที่ได้มีค่าเท่ากับ 100 แสดงว่าโมโนเมอร์ลไทรินที่มีสารเชื่อมโยงอยู่สามารถที่จะเปลี่ยนเป็นโพลีลไทรินลาเทกซ์ได้อย่างสมบูรณ์ โดยมีลักษณะขุ่นขาวคล้ายน้ำนมเหลือบสีน้ำเงินเมื่อส่องกับแสง เนื่องจากอนุภาคพอลิเมอร์กระจายอยู่ในน้ำในลักษณะสารแขวนลอยที่เสถียร ค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่อยู่ในสารละลายที่เป็นน้ำ มีค่าโดยเฉลี่ยดังตารางที่ 4.3

ตาราง 4.3 ปริมาณของของแข็งทั้งหมดในสารละลายของโพลีลไทรินลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง

ชนิดโพลีลไทรินลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วยปริมาณไดไวนิลเบนซีน	เปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งทั้งหมด
0.5%	10.08
1%	10.20
1.5%	10.32

จากตารางจะเห็นได้ว่าการเตรียมโพลีลไทรินลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วยองค์ประกอบของสารต่างๆ ตามการทดลองโพลีลไทรินลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงที่ได้ จะมีเปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่อยู่ในสารละลายประมาณ 10%

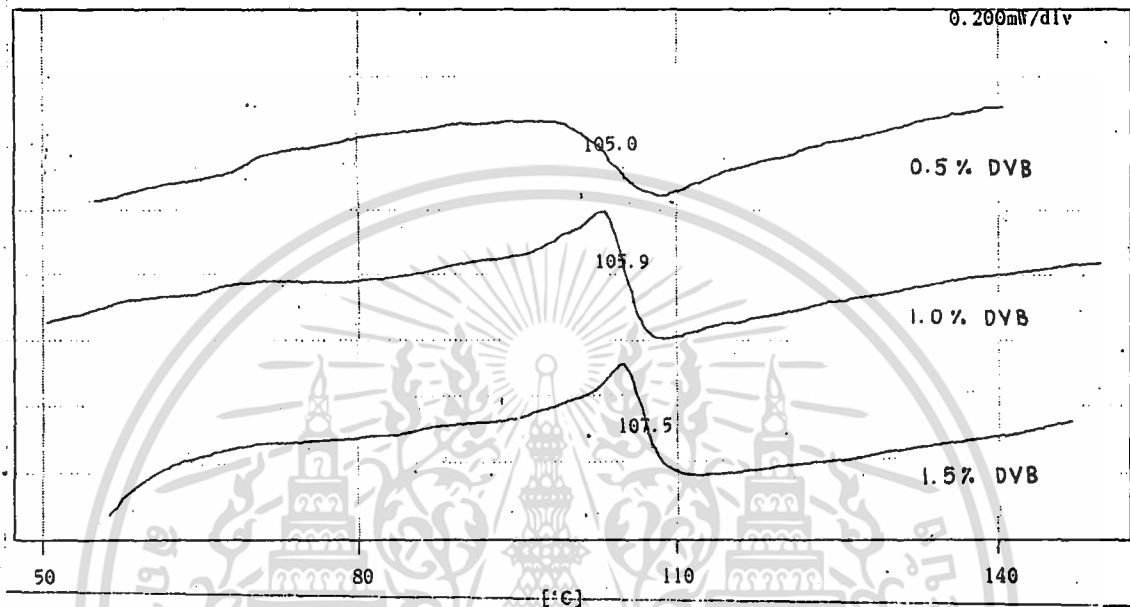
ข) การศึกษาอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) โดยใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimetry

อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วเป็นอุณหภูมิที่พอลิเมอร์ในสถานะที่เป็นอสัณฐานเปลี่ยนสถานะเมื่อได้รับความร้อน จากสถานะที่แข็งคล้ายแก้ว ซึ่งค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วสามารถหาได้โดยใช้ Calorimetric method

ผลค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วที่ได้ของโพลีลไทรินลาเทกซ์แบบเชื่อม

โยงทั้ง 3 ชนิด แสดงในรูปที่ 4.5 โดยใช้เครื่อง DSC-(SHIMADZU) ภายใต้สภาวะไม่วุ่นวายใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน โดยใช้อัตราการให้ความร้อนเท่ากับ $10^{\circ}\text{C}/\text{นาที}$



รูป 4.5 กราฟแสดงอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงด้วยปริมาณเปอร์เซ็นต์ไดไวนิลเบนซีนต่างๆ

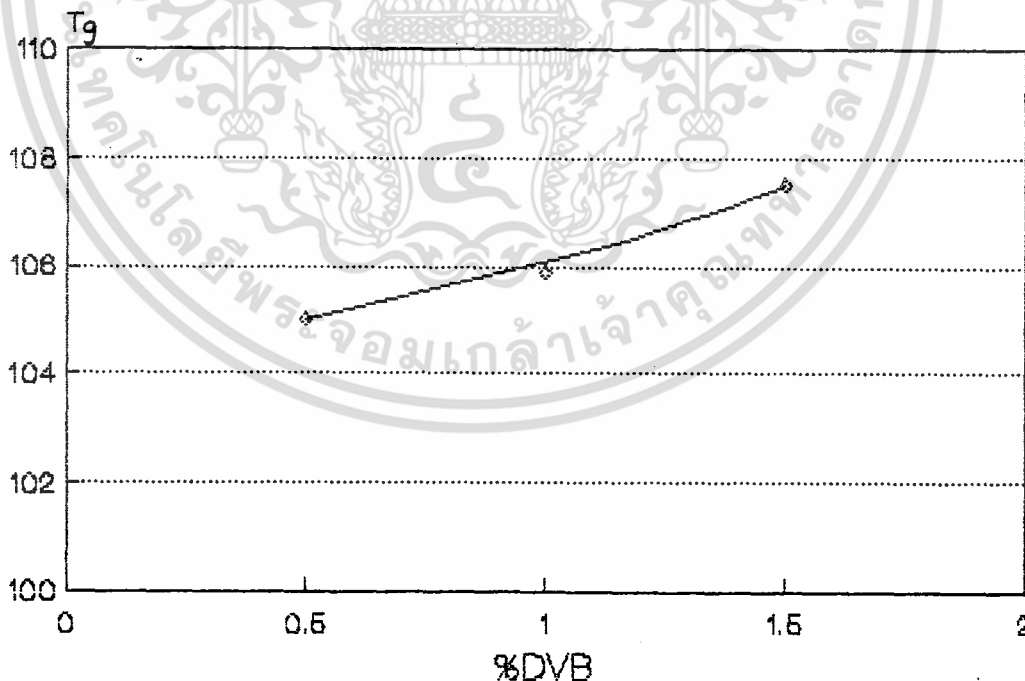
จากกราฟแสดงอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงด้วยปริมาณไดไวนิลเบนซีน 0.5, 1 และ 1.5%DVB ค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของโพลีสไตรีนชนิด 1.5%DVB จะมีค่าสูงสุด และรองมาคือชนิด 1%DVB และชนิด 0.5%DVB มีค่าต่ำสุด ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเมื่อมีปริมาณการเชื่อมโยงมากขึ้น อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากเมื่อมีปริมาณการเชื่อมโยงมากขึ้น โมเลกุลจะมีการเคลื่อนไหวยากขึ้น ซึ่งสามารถสรุปอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของ

โพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงทั้ง 3 ชนิดได้ดังตารางที่ 4.4 ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เอกสารฉบับนี้ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.4 อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้วของโพลีไทรีนลาเทกซ์
แบบเชื่อมโยงด้วยเปอร์เซ็นต์ไดไวนิลเบนซีนต่างๆ

ชนิดโพลีไทรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง ด้วยปริมาณไดไวนิลเบนซีน	อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้ว
0.5%	105.0
1%	105.9
1.5%	107.5

จากอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้วที่ได้ นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์
ระหว่าง เปอร์เซ็นต์ไดไวนิลเบนซีน กับอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ได้ผลดัง
รูปที่ 4.6



รูป 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ T_g กับเปอร์เซ็นต์ไดไวนิลเบนซีน
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อมีปริมาณสารเชื่อมโยงไดไวนิลเบนซีนเพิ่มขึ้น ค่าอนุกรมการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยมีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง และจากอนุกรมของการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วนี้ สามารถที่จะคำนวณหาปริมาณการเกิดการเชื่อมโยง(%crosslink density) ของโพลิสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงชนิดต่าง ๆ ได้โดยใช้ความสัมพันธ์จากสมการที่ 5

4.2.2) การวัดขนาดอนุภาคของโพลิสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยง

จากการวัดหาขนาดอนุภาคของโพลิสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงทั้ง 3 ชนิด โดยใช้เครื่อง Submicron Particle Size Analyzer (Coulter model N-4) ได้ผลดังตารางที่ 4.5 - 4.7

ตาราง 4.5 แสดงขนาดอนุภาคของโพลิสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงด้วย 0.5% ไดไวนิลเบนซีนที่กระจายอยู่ในน้ำ

Particle size of Polystyrene latex (0.5%) in water measured by SCP N-4

Number of run	Weight diameter (nm)	Number Diameter (nm)	Dust
1	69.0	64.0	5
2	69.9	64.1	0
3	75.6	65.7	0
4	71.9	65.2	2
5	72.7	63.0	2
6	72.0	65.3	2
7	72.9	65.7	2
8	76.0	65.9	0
9	72.5	65.5	0
10	71.2	64.9	3
Average value	72.4±2.2	64.9±0.9	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.6 แสดงขนาดอนุภาคของโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยง
ด้วย 1% ไดไวนิลเบนซีนที่กระจายอยู่ในน้ำ

Particle size of Polystyrene latex (1.0%) in water measured by SCP N-4

Number of run	Weight diameter (nm)	Number Diameter (nm)	Dust
1	72.5	65.5	0
2	(63.0)	(45.8)	2
3	73.4	66.0	2
4	74.7	66.5	0.5
5	75.3	67.0	0.4
6	77.0	67.9	0
7	75.6	67.1	1
8	73.7	65.9	0
9	(69.5)	(55.5)	0
10	73.6	66.1	2
Average value	74.5±1.5	66.5±0.8	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.7 แสดงขนาดอนุภาคของโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยง
ด้วย 1.5% ไดไวนิลเบนซีนที่กระจายอยู่ในชั้นน้ำ

Particle size of Polystyrene latex (1.5%) in water measured by SCP N-4

Number of run	Weight Diameter (nm)	Number diameter (nm)	Dust
1	85.8	75.7	0.8
2	84.5	74.1	0
3	80.7	70.5	1
4	(76.3)	(54.3)	0
5	80.5	70.4	0.1
6	79.7	69.8	1
7	81.5	71.3	0
8	81.5	71.2	0
9	80.4	70.3	0.2
10	82.3	69.2	0
Average value	81.9±2.0	71.4±2.0	-

จากขนาดอนุภาคโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงด้วยปริมาณไดไวนิลเบนซีน
0.5, 1 และ 1.5%DVB สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.8

ตาราง 4.8 แสดงขนาดอนุภาคของอนุภาคโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงด้วยปริมาณ
ไดไวนิลเบนซีนต่างๆ โดยน้ำหนักและโดยจำนวนอนุภาค

ชนิดโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบ ด้วยปริมาณไดไวนิลเบนซีน	ขนาดอนุภาค (นาโนเมตร)		ϕ_w / ϕ_n
	โดยน้ำหนัก (weight diameter)	โดยจำนวน (number diameter)	
0.5%	72.4 +/- 2.2	64.9 +/- 0.9	1.1
1%	74.5 +/- 1.5	66.5 +/- 0.8	1.1
1.5%	81.9 +/- 2.0	74.4 +/- 2.0	1.1

จะเห็นได้ว่า โพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงที่เตรียมได้ทั้ง 3 ชนิดมีขนาดใกล้เคียงกัน และแต่ละชนิดเป็นลาเท็กซ์ที่มีการกระจายของอนุภาคพอลิเมอร์อย่างสม่ำเสมอ (monodisperse latex) เนื่องจากมีค่า ϕ_w / ϕ_n ใกล้เคียง 1 ทั้งนี้จะเห็นได้ชัดเจนจากการสังเกตจากลาเท็กซ์ พบว่าลาเท็กซ์เหล่านี้มีสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนมและสะท้อนแสงแล้วเห็นเป็นเกลือบสีน้ำเงิน ซึ่งแสดงความเป็น monodisperse ของลาเท็กซ์

4.3 การศึกษาเทคนิคเฟล-ทรานส์เฟอ์

จากหลักการเทคนิคเฟล-ทรานส์เฟอ์ เพื่อนำมาเตรียมพอลิเมอร์ผสมของโพลีสไตรีนแบบเชื่อมโยงกับโพลีบิวทิลอะคริลเลตได้ ควรจะศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อเทคนิคนี้ เพื่อให้เข้าใจกลไกของเทคนิคและสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมต่อไป

4.3.1) การศึกษาผลของ

- %p (%particle) ซึ่งหมายถึงปริมาณของอนุภาคพอลิเมอร์ที่กระจายอยู่ในตัวทำละลายอินทรีย์หรือโมโนเมอร์ภายหลังการเฟล-ทรานส์เฟอ์สิ้นสุดแล้ว
- f (fraction) เป็นปัจจัยที่กำหนดภาวะการเฟล-ทรานส์เฟอ์ที่เหมาะสม โดยเป็นส่วนส่วนของตัวทำละลายอินทรีย์หรือโมโนเมอร์ต่อสารละลายทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ชนิดตัวทำละลายอินทรีย์หรือโมโนเมอร์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) ผลของ %p ต่อค่า CTC

จากการศึกษาผลของจำนวนอนุภาคของพอลิเมอร์ (ที่มีน้ำหนัก 0.20 - 0.98 กรัม) ที่มีผลต่อความเข้มข้นที่จุดวิกฤติ (CTC) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตาราง 4.9 ผลของ %p ต่อค่า CTC

no	น้ำหนัก(กรัม)			f	ปริมาตรสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวกที่ใช้ (cc.)	CTC $\times 10^{-3}$	น.น.สารละลายที่ดูดมา (กรัม)		%p
	ลาเทกซ์	น้ำ	โพลูอิน				ก่อนอบ	หลังอบ	
1	2.04	20.09	10.39	0.32	1.3	7.80	3.6520	0.0679	97.0
2	2.02	20.18	10.22	0.31	1.3	7.88	4.7152	0.0897	97.2
3	5.00	15.43	10.20	0.33	3.2	7.83	5.7206	0.2655	100
4	5.03	15.33	10.30	0.34	3.3	8.03	2.7829	0.1269	99.3
5	9.94	10.28	10.24	0.34	6.4	7.88	3.8964	0.3398	99.7
6	10.01	10.30	10.33	0.34	6.4	7.83	4.3068	0.3727	99.2

หมายเหตุ CTC มีหน่วยเป็น โมล/กรัมของลาเทกซ์ที่แห้ง

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าที่จุดยุติจะสามารถทราบสเฟอร่อนอนุภาคของ โพลีลไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง จากชั้นน้ำมาสู่ชั้นของตัวทำละลายอินทรีย์ได้หมดในทันทีทันใด เนื่องจาก %p เกือบ 100% และปริมาณของลาเทกซ์แห้งเฉพาะในการทดลองนี้ และจำนวนของอนุภาคพอลิเมอร์ไม่มีผลต่อค่า CTC เนื่องจากผลการทดลอง ค่า CTC ที่ได้ค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดย CTC เฉลี่ยประมาณ $(7.88 \pm 0.08) \times 10^{-3}$ โมล/กรัมของลาเทกซ์ที่แห้ง

ดังนั้นเทคนิคเฟล-ทรานส์เฟอรันี้ จึงสามารถใช้แยกอนุภาคของโพลีลไตรีน

ลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงออกจากชั้นน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) การศึกษาผลของ f ต่อค่า CTC

เป็นการศึกษาสัดส่วนของตัวทำละลายอินทรีย์โทลูอิน ที่มีผลต่อค่าความเข้มข้นที่จุดวิกฤติ (CTC) โดยแบ่งเป็นการควบคุมปริมาณของตัวทำละลายอินทรีย์และการควบคุมปริมาณน้ำกับลาเทกซ์ ได้ผลดังตารางที่ 4.10

ตาราง 4.10 ผลของ f ต่อค่า CTC

ลำดับ	น้ำหนัก(กรัม)			f	ปริมาตรสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก	CTC $\times 10^{-3}$
	ลาเทกซ์	น้ำ	โทลูอิน			
1	2.18	38.02	10.10	0.19	1.4	7.86
2	5.00	18.29	10.27	0.31	3.2	7.84
3	2.03	20.09	10.39	0.32	1.3	7.84
4	2.02	20.19	20.08	0.47	1.3	7.88
5	10.10	-	10.03	0.50	6.5	7.88
6	2.01	20.06	30.10	0.58	สังเกตจุดยุติได้ไม่ชัดเจน	

จากผลการทดลองพบว่า การใช้ค่า f ที่เหมาะสม จะช่วยในการสังเกตจุดยุติ(end point) ได้ชัดเจนขึ้น และค่า CTC ที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันโดยเฉลี่ยประมาณ $(7.86 \pm 0.02) \times 10^{-3}$ มิลลิกรัมของลาเทกซ์แห้ง ซึ่ง f ที่เหมาะสมสำหรับโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง มีค่า ≤ 0.5

ค) การศึกษาผลของชนิดตัวทำละลายอินทรีย์หรือโมโนเมอร์

โดยเลือกใช้ตัวทำละลายอินทรีย์หรือโมโนเมอร์ที่มีค่าการละลาย

(solubility parameter,) ใกล้เคียงกับพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่ได้ ได้ผลดังตารางที่ 4.11

ตาราง 4.11 ผลของชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์หรือโมโนเมอร์ต่อค่า CTC

ลำดับ	น้ำหนัก(กรัม)				r	ปริมาตรสารลดแรงตึงชนิดประจุบวกที่ใช้	CTC	
	ลาเทกซ์	น้ำ	ชนิดตัวทำละลาย				x 10 ⁻⁸	
								เฉลี่ย
1	2.03	20.09	T	10.39	0.32	1.3	7.84	7.88+/-
2	2.01	20.18	T	10.32	0.31	1.3	7.92	0.04
3	2.04	20.78	M	10.28	0.31	1.3	7.80	7.86+/-
4	2.01	19.95	M	10.25	0.31	1.3	7.92	0.06
5	2.01	21.04	B	10.21	0.31	1.3	7.92	7.90+/-
6	2.02	19.89	B	10.19	0.32	1.3	7.88	0.02

หมายเหตุ T คือ โทลูอีน

M คือ เมทิลเมทาอะคริลเลตโมโนเมอร์

B คือ บิวทิลอะคริลเลตโมโนเมอร์

จากผลของชนิดตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ศึกษาคือโทลูอีน, เมทิลเมทาอะคริลเลตโมโนเมอร์ และบิวทิลอะคริลเลตโมโนเมอร์ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่ดีของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วยไดไวนิลเบนซีน เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกับพอลิเมอร์ เนื่องจากผลของค่าCTCเฉลี่ยที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าค่า CTC ไม่ขึ้นกับชนิดตัวทำละลายอินทรีย์เหล่านั้น นอกจากนี้จากการสังเกตยังพบว่าโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วยไดไวนิลเบนซีนนี้ สามารถกระจายอยู่ในชั้นของตัวทำละลายเหล่านี้ได้อย่างสม่ำเสมอซึ่งคงเป็นเพราะ อนุภาคโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วยไดไวนิลเบนซีนเสถียรอยู่ในตัวทำละลายด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์ กับตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2) วัดความสามารถในการบวมตัวของอนุภาคพอลิเมอร์ลาเท็กซ์

จากการเฟสทรานส์เฟอร์โพสิสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงด้วยไดไวนิลเบนซิน เข้าไปในชั้นของเมทิลเมทาอะคริลเลตโมโนเมอร์ แล้วนำไปวัดหาขนาดอนุภาคพอลิเมอร์ที่บวมตัวอยู่ในชั้นโมโนเมอร์ เทียบกับขนาดอนุภาคพอลิเมอร์ในน้ำ โดยใช้ เครื่อง Photon Correlation Spectroscopy (Coulter Model N-4) ทำการวัดขนาดของอนุภาคโดยน้ำหนัก และโดยจำนวน 10 ครั้ง ได้ผลดังตารางที่ 4.12-4.14



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.12 ขนาดอนุภาคของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วย 0.5% ไดไวนิลเบนซีน
ในน้ำและในเมทิลเมทาอะคริลเลตโมโนเมอร์

Particle size of Polystyrene latex (0.5%) in water measured by SCP N-4

Number of run	Weight diameter (nm)	Number Diameter (nm)	Dust
1	69.0	64.0	5
2	69.9	64.1	0
3	75.6	65.7	0
4	71.9	65.2	2
5	72.7	63.0	2
6	72.0	65.3	2
7	72.9	65.7	2
8	76.0	65.9	0
9	72.5	65.5	0
10	71.2	64.9	3
Average value	72.4±2.2	64.9±0.9	-

Particle size of Polystyrene latex (0.5%) in MMA measured by SCP N-4

Number of run	Weight diameter (nm)	Number Diameter (nm)	Dust
1	103.8	97.4	0
2	103.5	97.8	0
3	102.9	97.9	0
4	102.8	97.9	0
5	103.1	97.7	0.7
6	103.4	97.9	0
7	103.4	97.9	0
8	102.9	98.0	0
9	103.8	97.8	0
10	103.9	97.3	2
Average value	103.9 ± 0.4	97.8 ± 0.2	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.13 ขนาดอนุภาคของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วย 1% ไดไวนิลเบนซีน
ในน้ำและในเมทิลเมทาอะคริลเลต

Particle size of Polystyrene latex (1.0%) in water measured by SCP N-4

Number of run	Weight diameter (nm)	Number Diameter (nm)	Dust
1	72.5	65.5	0
2	(63.0)	(45.8)	2
3	73.4	66.0	2
4	74.7	66.5	0.5
5	75.3	67.0	0.4
6	77.0	67.9	0
7	75.6	67.1	1
8	73.7	65.9	0
9	(69.5)	(55.5)	0
10	73.6	66.1	2
Average value	74.5±1.5	66.5±0.8	-

Particle size of Polystyrene latex (1.0%) in MMA measured by SCP N-4

Number of run	Weight diameter (nm)	Number Diameter (nm)	Dust
1	99.6	96.3	0
2	101	96.6	0
3	99.5	96.2	0
4	99.8	96.3	0
5	99.4	96.2	0
6	99.7	96.3	0
7	100	96.5	0
8	100	96.5	0
9	101	96.8	0
10	101	96.6	0
Average value	100.1±0.6	96.4±0.2	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.14 ขนาดอนุภาคของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงด้วย 1.5% ไดไวนิล
เบนซีนในน้ำและในเมทิลเมทาอะคริลเลต

Particle size of Polystyrene latex (1.5%) in water measured by SCP N-4

Number of run	Weight Diameter (nm)	Number diameter (nm).	Dust
1	85.8	75.7	0.8
2	84.5	74.1	0
3	80.7	70.5	1
4	(76.3)	(54.3)	0
5	80.5	70.4	0.1
6	79.7	69.8	1
7	81.5	71.3	0
8	81.5	71.2	0
9	80.4	70.3	0.2
10	82.3	69.2	0
Average value	81.9±2.0	71.4±2.0	-

Particle size of Polystyrene latex (1.5%) in MMA measured by SCP N-4

Number of run	Weight Diameter (nm)	Number Diameter (nm)	Dust
1	101	96.5	0.5
2	101	96.6	0
3	101	95.7	0
4	101	96.7	0
5	101	96.7	0
6	101	96.7	0
7	101	96.7	0
8	101	96.6	0
9	101	96.7	0.3
10	100	96.5	0
Average value	100.9±0.3	96.5 ± 0.3	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.15 ขนาดอนุภาคของโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงด้วยเปอร์เซ็นต์
ไดไวนิลเบนซีนต่างๆ ซึ่งวัดโดยน้ำหนัก

เปอร์เซ็นต์ไดไวนิลเบนซีน	ขนาดอนุภาคเมื่ออยู่ใน		อัตราการบวมตัว
	น้ำ	เมทิลเมทาอะคริลเลต	
0.5	72.4 +/-2.2	103.3+/-0.4	2.90
1	74.5 +/-1.5	100.1+/-0.6	2.42
1.5	81.9 +/-2.0	100.9+/-0.3	1.87

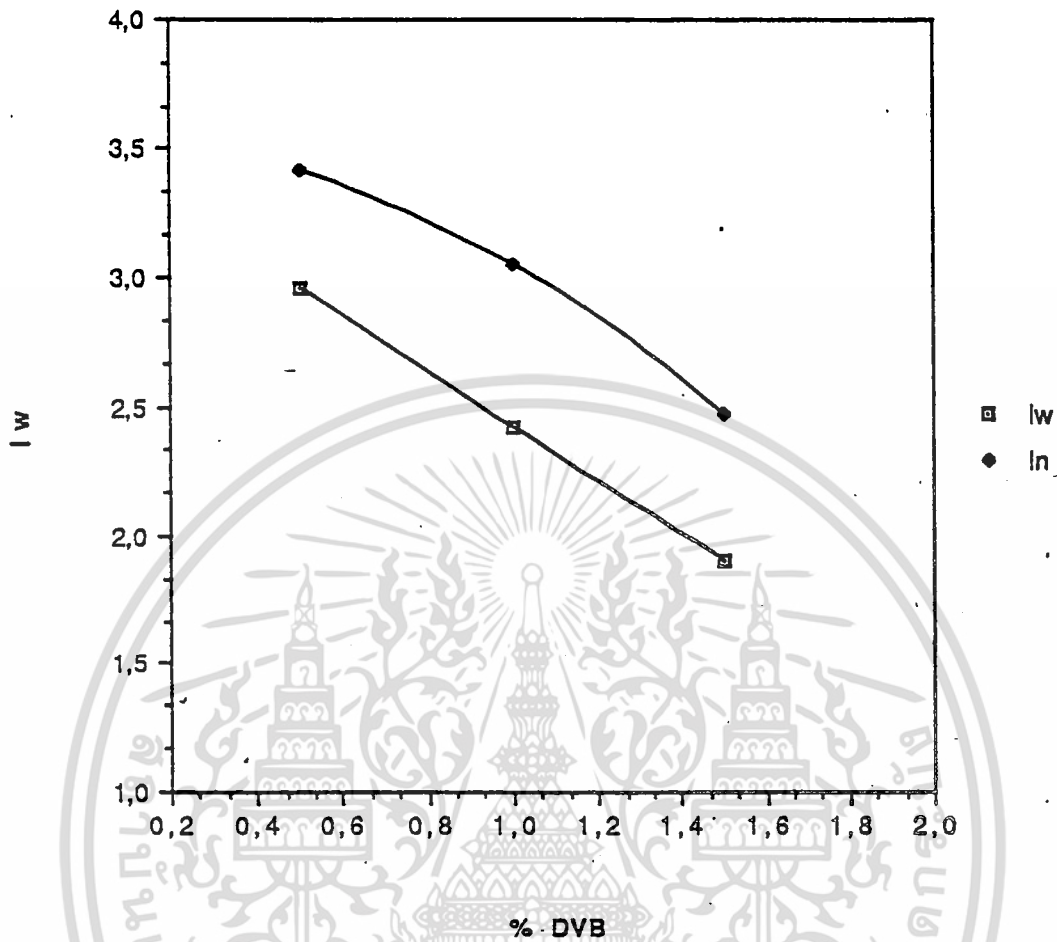
ตาราง 4.16 ขนาดอนุภาคของโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงด้วยเปอร์เซ็นต์
ไดไวนิลเบนซีนต่างๆ ซึ่งวัดโดยจำนวน

เปอร์เซ็นต์ไดไวนิลเบนซีน	ขนาดอนุภาคเมื่ออยู่ใน		อัตราการบวมตัว
	น้ำ	เมทิลเมทาอะคริลเลต	
0.5	64.9+/-0.9	97.8+/-0.2	3.42
1	66.5+/-0.8	96.4+/-0.2	3.05
1.5	71.4+/-2.0	96.5+/-0.3	2.47

จากตาราง 4.15 และ 4.16 เมื่อนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง
ปริมาณเปอร์เซ็นต์การเชื่อมโยง กับ ค่าอัตราการบวมตัวโดยน้ำหนักและจำนวน ได้ดังรูป
ที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Swelling ratio of PS latex -KMITL



รูป 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการบวมตัวของโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยง กับเปอร์เซ็นต์ไดไวนิลเบนซีน

จากกราฟที่ได้ จะเห็นว่าอัตราส่วนการบวมตัวของอนุภาคโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยง จะลดลงตามเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของไดไวนิลเบนซีน เนื่องจากอนุภาคพอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมโยงมาก (% ไดไวนิลเบนซีนมาก) อนุภาคจะหนาแน่นด้วยสารเชื่อมโยงมากกว่า ทำให้อนุภาคบวมตัวได้น้อยกว่า

ผลการทดลองนี้ จะเห็นได้ว่าเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์เป็นเทคนิคที่มีประโยชน์ สามารถวัดหาอัตราปริมาณการบวมตัวของอนุภาคพอลิเมอร์ได้โดยตรง โดยไม่จำเป็นต้อง

เอกสารทำให้ลาเท็กซ์แห้งเสียก่อนเหมือนวิธีเดิม การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4) ศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีนแบบเชื่อมโยง

กับโพลีบิวทิลอะคริเลต

4.4.1) โดยจากการสังเกต (General observation)

ก) โดยวิธีการผสมในรูปของลาเทกซ์ (latex mixing)

ศึกษาผลของสารที่ให้ความเสถียร ซึ่งได้แก่ โซเดียมโอดีเตคิลซัลเฟต

จากการผสมโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง (PS) และโพลีบิวทิลอะคริเลต

ลาเทกซ์ (PBA) ที่อัตราส่วน 10:90, 30:70, 50:50 ตามลำดับ โดยแบ่งเป็น 2 ชุดคือ ชุดหนึ่งใส่ 10% โซเดียมโอดีเตคิลซัลเฟต กับอีกชุดไม่ใส่ 10% โซเดียมโอดีเตคิลซัลเฟต ผลิตรหัสที่ได้มีลักษณะดังนี้

ใส่ 10% โซเดียมโอดีเตคิลซัลเฟต	ไม่ใส่ 10% โซเดียมโอดีเตคิลซัลเฟต
มีลักษณะสีขุ่นขาวและมีผงละเอียดสีขาว เกาะตามผลิตรหัสที่อยู่มาตาม มีความเหนียวน้อยสามารถฉีดขาดออกได้ง่าย	มีลักษณะออกขุ่นขาวเล็กน้อย ผลิตรหัสที่มีความเหนียว และยืดหยุ่นได้ดี ซึ่งถ้ามีองค์ประกอบของโพลีสไตรีนลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงมากขึ้น ผลิตรหัสที่ได้จะมีความเหนียวและความแข็งมากขึ้น

จากผลที่ได้จะเห็นว่าคุณสมบัติของผลิตรหัสที่ได้จากการไม่เติม 10% โซเดียมโอดีเตคิลซัลเฟตจะมีคุณสมบัติที่ดีกว่าการเติม 10% โซเดียมโอดีเตคิลซัลเฟต ซึ่งลาเทกซ์สังเคราะห์ทั้งสองชนิดเมื่อมาผสมกันก็มีความเสถียรแล้ว โดยสังเกตได้จากไม่มีการตกตะกอนของสารใดๆ เกิดขึ้นภายหลังการปั่นรวมผสมให้เข้ากัน ดังนั้นจึงไม่ควรมีการเติมสารที่ให้ความเสถียรเข้าไปอีก เพราะการที่มีสารเพิ่มความเสถียรมากขึ้น อาจมีผลต่อการเตรียมเป็นฟิล์ม, คุณสมบัติทางกายภาพ รวมถึงคุณสมบัติเชิงกลได้

ดังนั้นในการเตรียมพอลิเมอร์ผสมโดยวิธีการผสมในรูปลาเทกซ์ไม่จำเป็นต้องมี

การใส่โซเดียมโอดีเตคิลซัลเฟตเพิ่มเข้าไปอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) โดยวิธีเฟล-ทรานส์เฟอร์

ศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการโพลีเมอไรซ์ โดยศึกษาที่อุณหภูมิ 60-65° ซ และ 75-80° ซ ได้ผลดังนี้

ที่อุณหภูมิ 60-65° ซ	ที่อุณหภูมิ 75-80° ซ
<p>ไม่มีการพุ่งออกของก๊าซเลยในขณะที่โพลีเมอไรซ์อยู่ ผลลัพท์ที่ได้มีลักษณะเป็นก้อนค่อนข้างแข็งสีขาว ส่วนที่สารละลายก็ยังคงใสเหมือนเดิม และเมื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผลลัพท์ (%yield) ที่ได้จะมีค่าเกือบ 100%</p>	<p>ขณะที่ทำการโพลีเมอไรซ์อยู่ในช่วงเวลาประมาณ 20-30 นาที จะเกิดก๊าซพุ่งออกมาจากภาชนะ และมีคราบยางเหนียวไหลหลุดออกมาด้วย เมื่อสิ้นสุดการโพลีเมอไรซ์ ผลลัพท์ที่ได้จะมีลักษณะเป็นก้อนค่อนข้างแข็งสีขาว ส่วนสารละลายจากที่ได้ภายหลังเฟล-ทรานส์เฟอร์ที่ใส จะกลับกลายเป็นขาวขุ่น และเมื่อนำเอาสารละลายขาวขุ่นที่ได้นั้นไปประเหยเอาน้ำออก จะได้ผลลัพท์ที่มีลักษณะคล้ายยาง</p>

ดังนั้นในการเตรียมพอลิเมอร์ผสมโดยวิธีเฟล-ทรานส์เฟอร์ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการโพลีเมอไรซ์ คือ ประมาณ 60-65° ซ

4.4.2) การศึกษาคุณลักษณะโครงสร้างของพอลิเมอร์ผสม

จะศึกษาความสามารถในการเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสม และโครงสร้างของผลิตภัณฑ์จากการผสม ด้วย Differential Scanning Calorimetry

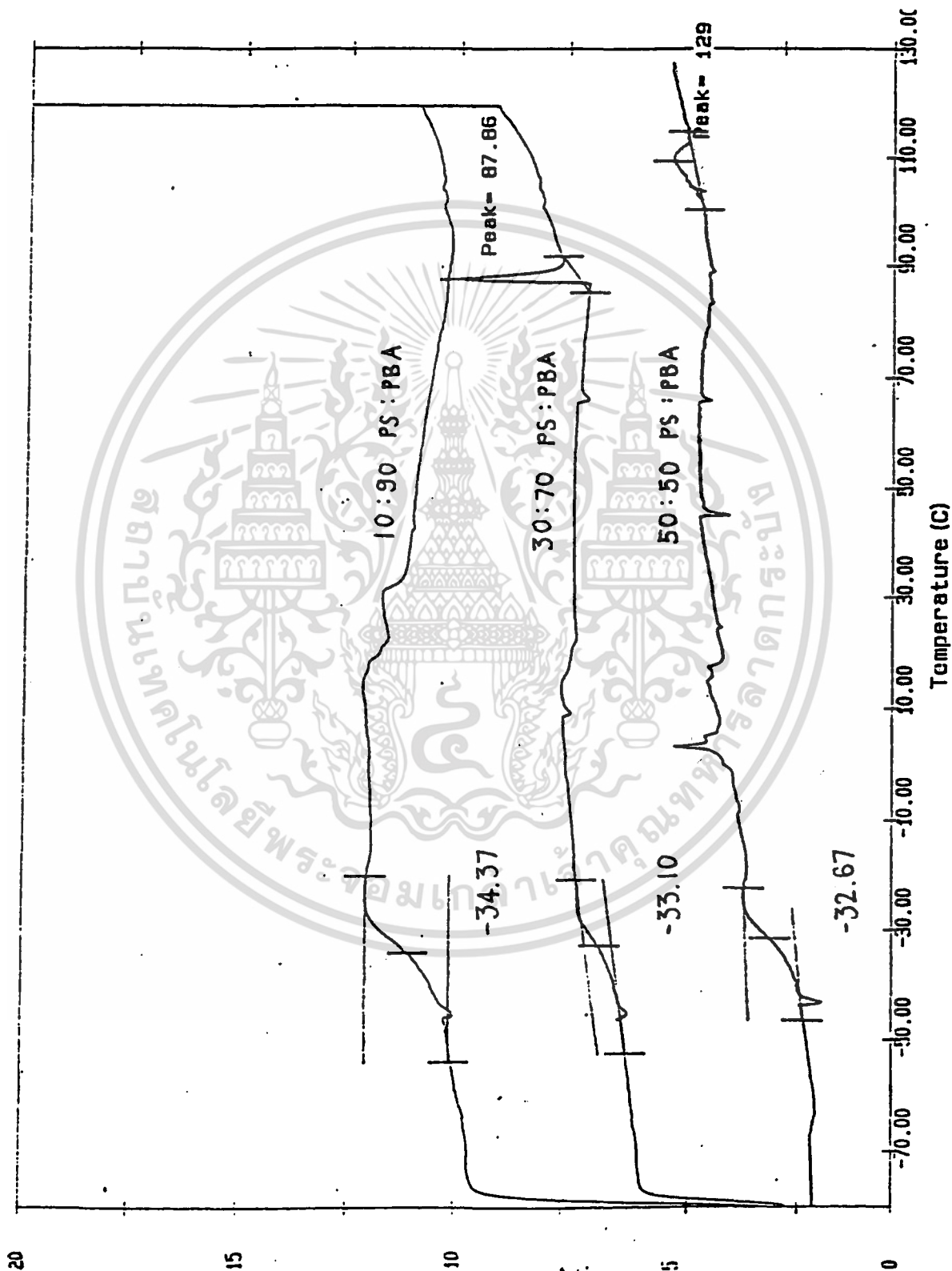
โดย Differential Scanning Calorimetry

โดยใช้เครื่อง DSC-7 Perkin Elmer ในการวัดคุณสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงกับโพลีบิวทิลอะคริเลต ในอัตราส่วน 10:90, 30:70 และ 50:50 ที่เตรียมจากวิธีการผสมในรูปของลาเท็กซ์ (latex mixing) และจากเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์ ได้ thermogram ดังรูป 4.8 -

4.12

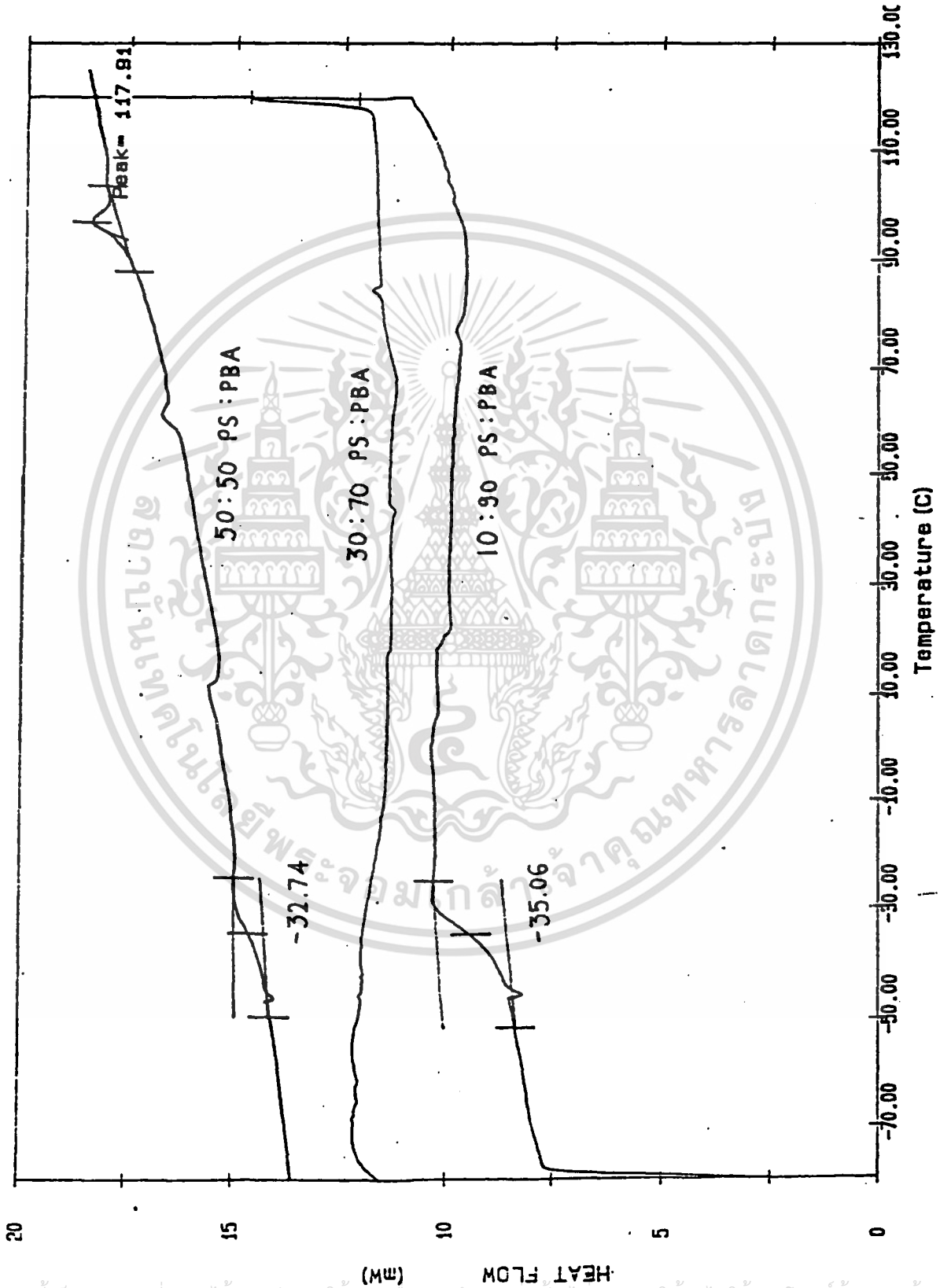


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงอุณหภูมิ T_g ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีน
ลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง กับโพลีบิวทิลอะคริเลตที่อัตราส่วนต่างๆ
โดยวิธีการผสมในรูปลาเทกซ์



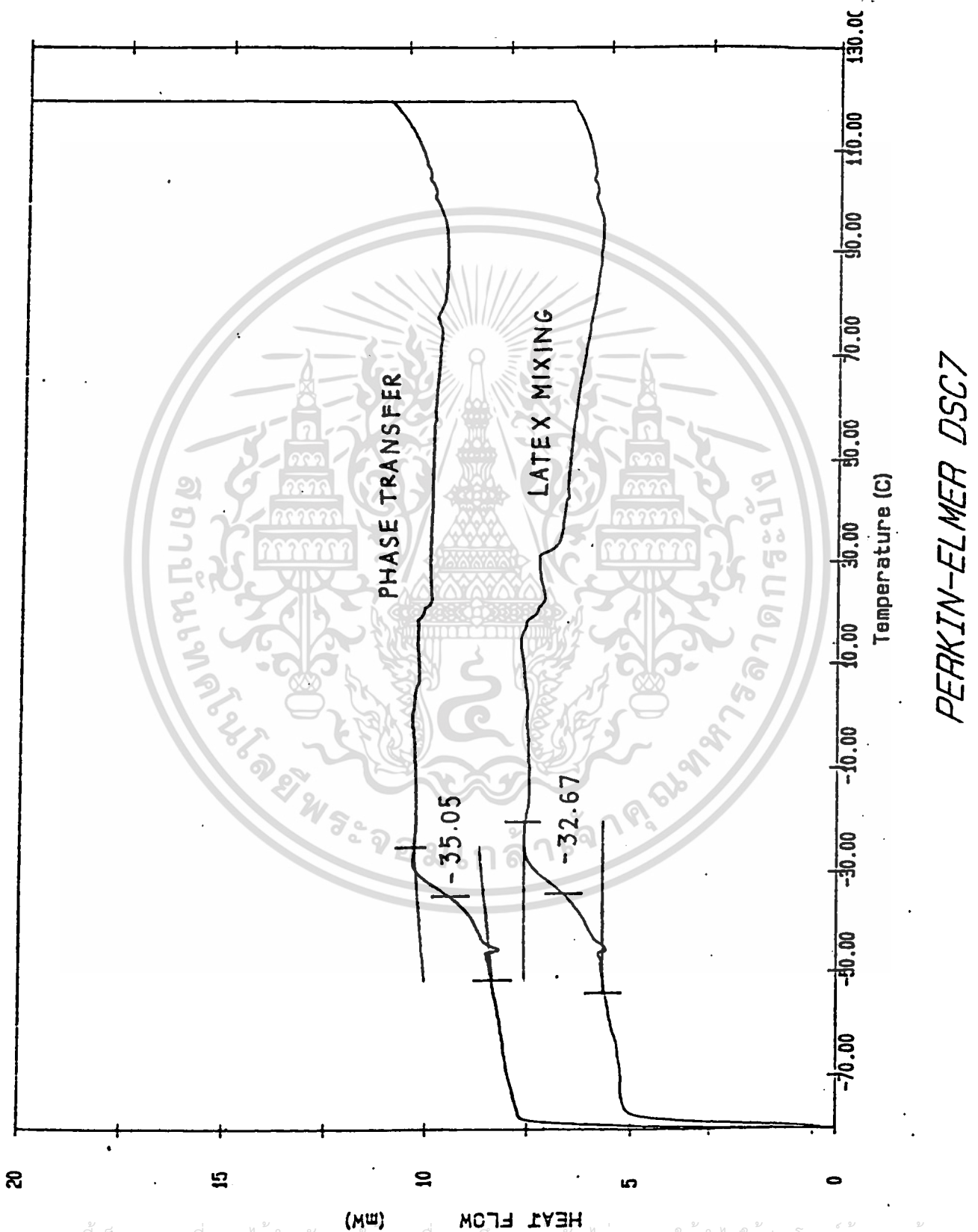
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ (M) การศึกษา การปฏิบัติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงอุณหภูมิ T_g ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีน
ลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง กับโพลีบิวทิลอะคริเลตที่อัตราส่วนต่างๆ
โดยเทคนิคเฟล-ทราન્สเฟอร์



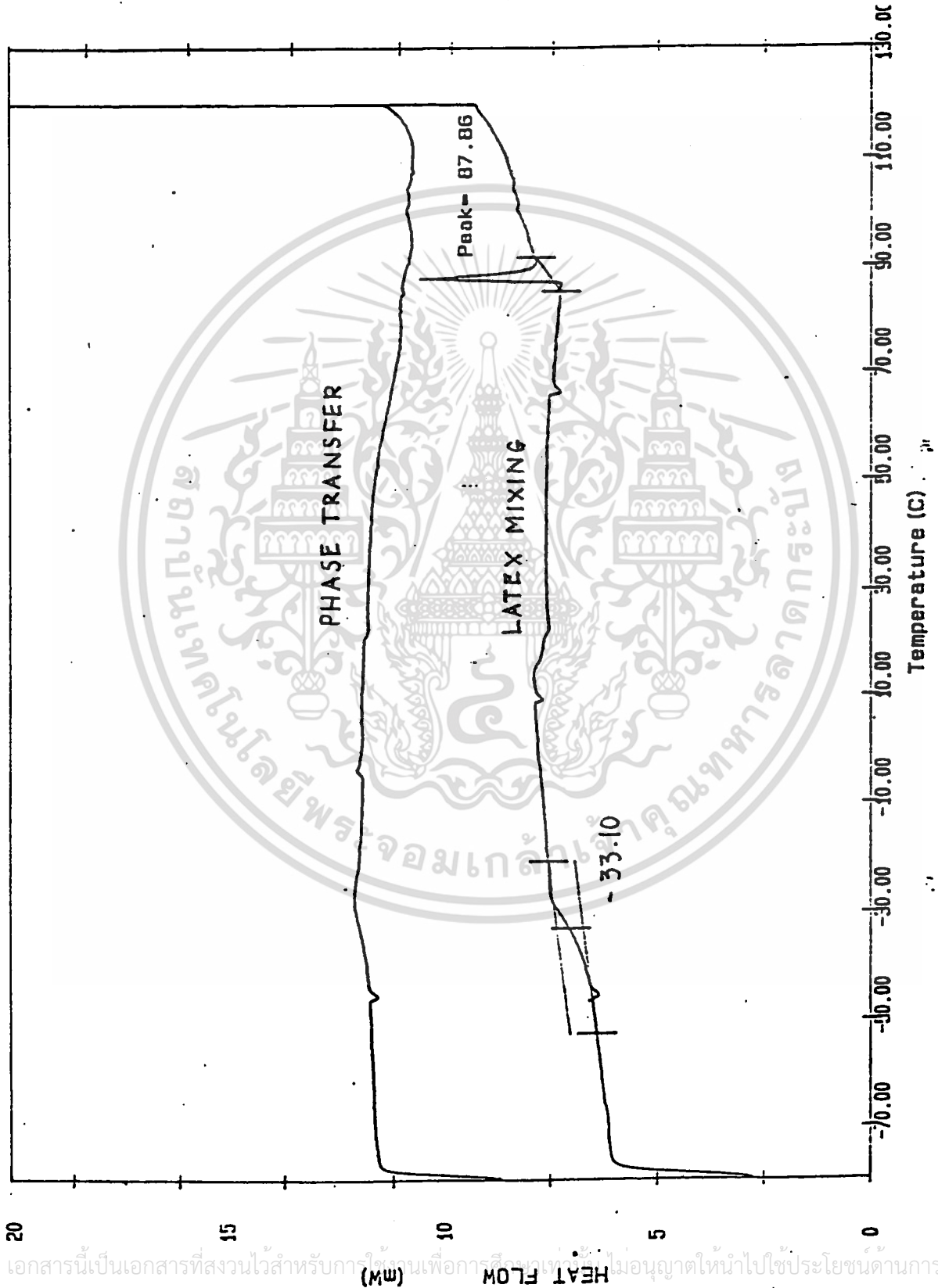
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงอุณหภูมิ T_g ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีน
 ลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยง กับโพลีบิวทิลอะคริลเลตที่อัตราส่วน 10:90
 โดยวิธีการผสมในรูปลาเท็กซ์ และวิธีเฟส-ทรานส์เฟอร์



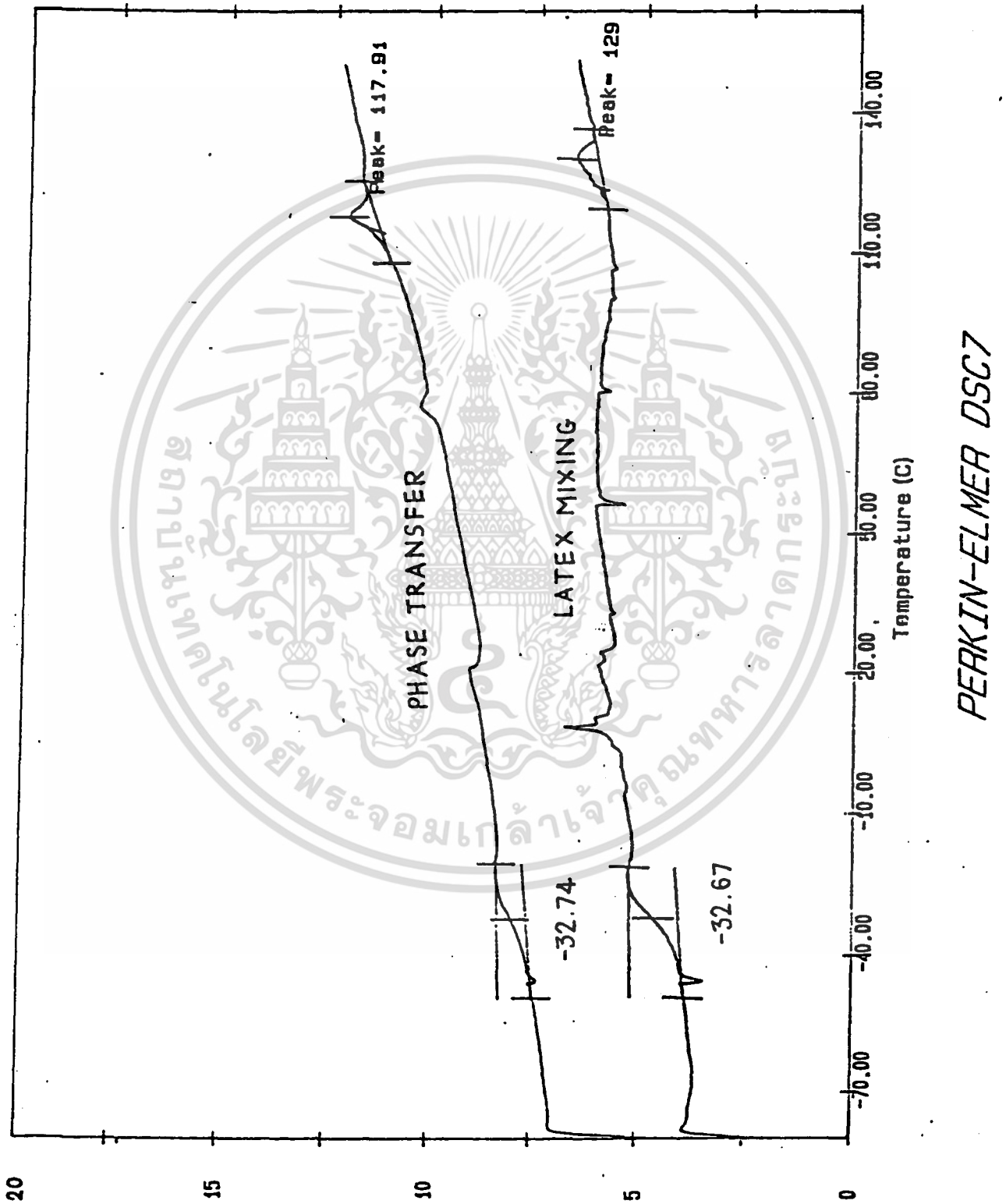
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงอุณหภูมิ T_g ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีน
 ลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยง กับโพลีบิวทิลอะครีเลตที่อัตราส่วน 30:70
 โดยวิธีการผสมในรูปลาเท็กซ์ และวิธีเฟส-ทรานส์เฟอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงอุณหภูมิ T_g ของพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีน
ลาเทกซ์แบบเชื่อมโยง กับโพลีนิวทีลอะคริลเลตที่อัตราส่วน 50:50
โดยวิธีการผสมในรูปลาเทกซ์ และวิธีเฟส-ทรานส์เฟอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับก (มว) งานเพื่อ MOJY 3H ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง DSC จะเห็นการเปลี่ยนแปลง H ชัดเจนที่อุณหภูมิประมาณ 35°C ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิ T_g ของอีลาสโตเมอร์ ในที่นี้คือโพลีบิวทิลอะคริเลต [Poly(butyl acrylate) matrix] สำหรับอุณหภูมิ T_g ของโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยง ซึ่งเป็นตัวกระจาย (disperse phase) อยู่ในโพลีบิวทิลอะคริเลตจะสังเกตเห็นไม่ชัดเจน ถ้าเปอร์เซ็นต์โพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงต่ำๆ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพอลิเมอร์ ซึ่งเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดี จะไม่สามารถส่งผ่านความร้อนจาก disperse phase ออกมาได้ดังที่ชัดเจนขนาดของโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงนั้นค่อนข้างเล็กมาก ซึ่งกระจายได้ดีในโพลีบิวทิลอะคริเลต จนไม่สามารถแสดงคุณสมบัติเฉพาะของอุณหภูมิ T_g ของโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงออกมาได้ แต่ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า พอลิเมอร์ผสมที่เตรียมได้มี 2 phase เพราะว่า อุณหภูมิ T_g ของโพลีบิวทิลอะคริเลตไม่เปลี่ยนแปลง

นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง H ที่ประมาณ 20°C ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าเป็นอุณหภูมิ T_g ของโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงที่เกิดแรงยึดเหนี่ยว (interaction) กับโพลีบิวทิลอะคริเลต พอลิเมอร์ผสมโดยเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์ ควรมีความเข้ากันได้มากกว่าแบบการผสมในรูปของลาเท็กซ์ เนื่องจากมีการโพลีเมอร์ที่โพลีบิวทิลอะคริเลต หลังจากปล่อยให้โพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงอยู่ในบิวทิลอะคริเลตโมโนเมอร์ เป็นเวลา 24 ชม. ก่อนแล้ว จากข้อมูลของการบวมตัวพบว่า โพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงดังกล่าวสามารถบวมตัวได้ ดังนั้นโพลีบิวทิลอะคริเลตและโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยง ควรเข้ากันได้ดีกว่าแบบการเตรียมโดยวิธีการผสมในรูปลาเท็กซ์ (latex mixing) ซึ่งเป็นการผสมลาเท็กซ์ 2 ชนิดโดยไม่มีแรงยึดเหนี่ยว (interaction) ต่อกัน แต่พบว่า peak ของพอลิเมอร์ผสม และของโพลีสไตรีนลาเท็กซ์แบบเชื่อมโยงนี้เห็นไม่ชัดเจน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ disperse phase มีขนาดเล็กมากๆ (70 นาโนเมตร) และใช้สารริเริ่ม คือ AIBN จึงคงทำให้ได้การผสมแบบ mechanical blending เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3) การศึกษาความสามารถในการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์

เป็นการศึกษาในขั้นเบื้องต้นในทางอุตสาหกรรมว่าพอลิเมอร์ผสมที่เตรียมได้นี้จะมีคุณสมบัติในการขึ้นรูปได้มากน้อยเพียงใด

ก) ผลการศึกษาการเตรียมฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีไทรอินลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงชนิด 0.5%DVB กับโพลีบิวทิลอะคริลเลตโดยเตรียมฟิล์มจากการบดผสมโดยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง โดยปรับระยะห่างของลูกกลิ้งให้ได้ความหนาประมาณ 1 มม. เป็นเวลาประมาณ 8 -10 นาที ในอุณหภูมิห้อง ผลที่สังเกตได้ดังแสดงในตาราง 4.17

ตาราง 4.17 ผลการเตรียมฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ

พอลิเมอร์ผสม จากวิธี	อัตราส่วน PS:PBA	ลักษณะที่สังเกตได้
latex mixing	10:90	ไม่สามารถเตรียมเป็นฟิล์มได้ เนื่องจากติดกับลูกกลิ้งเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง เมื่อแกะออก หรือดึงออกมาไม่สามารถจะลอกออกมาให้เป็นแผ่นฟิล์มได้
	30:70	
	50:50	
phase transer	10:90	ไม่สามารถเตรียมเป็นฟิล์มได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังเฟส ทรานส์เฟอ์มีความเหนียวหนืดมาก
	30:70	
	50:50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และได้นำเอาผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปอัดให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องอัดความร้อน ที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 10 นาที แล้วพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากการอัดมีลักษณะที่เป็นแผ่นไม่เรียบ เห็นรอยเชื่อมต่อกัน และมีริ้วรอยต่างๆ มากมาย ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้อาจเกิดมาจากพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติที่เข้ากันได้ด้วยกันไม่ดี จึงได้นำยางธรรมชาติมาผสมกับพอลิเมอร์ผสมสองชนิดนี้ เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มการยึดติดของพอลิเมอร์ผสมสองชนิดนี้ได้ดีขึ้น

ข) ผลการเตรียมแผ่นฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีไทรินลาเทกซ์แบบเชื่อมโยงชนิด 0.5%DVB กับโพลีบิวทิลอะครีเลต ในอัตราส่วน 50:50 ซึ่งได้มีการผสมด้วย 10% โดยน้ำหนักของยางธรรมชาติ ผลที่ได้เป็นดังนี้

พอลิเมอร์ผสมจากวิธี	ลักษณะที่สังเกตได้
latex mixing	สามารถเตรียมเป็นแผ่นฟิล์มได้ โดยแผ่นฟิล์มจะมีลักษณะขุ่นเหลือง
phase transfer	ได้แผ่นฟิล์มที่มีสีขุ่นเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

จากผลการวิจัยและดำเนินงาน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

- 1) สามารถเตรียมลาเทกซ์สังเคราะห์ของโพลีบิวทิลอะคริเลต และโพลีสไตรีนที่เชื่อมโยงด้วยไดไวนิลเบนซีนต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ 0.5%, 1% และ 1.5%DVB โดยกระบวนการอิมัลชันโพลีเมอไรเซชัน โดยใช้การเตรียมแบบแบทช์ ที่อุณหภูมิ 60°C พบว่า %conversion เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของปฏิกิริยา และเข้าสู่ค่าคงที่ที่ประมาณ 100% conversion ในเวลาประมาณ 3 ชม.
- 2) น้ำหนักโมเลกุลคิดจากความหนืด (M_v) พบว่าพอลิเมอร์ที่เตรียมโดยวิธีอิมัลชัน โพลีเมอไรเซชันมีน้ำหนักโมเลกุลคิดจากความหนืดเท่ากับ 899,054 ซึ่งมีค่าสูงกว่า โพลีบิวทิลอะคริเลตที่เตรียมได้จาก บัลด์โพลีเมอไรเซชัน ซึ่งน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 78,093
- 3) โพลีสไตรีนลาเทกซ์มีการเชื่อมโยงด้วยไดไวนิลเบนซีน เมื่อวัดขนาดของอนุภาคพบว่า มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 80 นาโนเมตร และจากอัตราส่วนของการกระจายอนุภาค พบว่าลาเทกซ์เหล่านี้ค่อนข้างกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ เป็นแบบ monodisperse
- 4) ปริมาณของสารเชื่อมโยงชนิดไดไวนิลเบนซีนในโพลีสไตรีนลาเทกซ์ จะแปรผันกับอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ของพอลิเมอร์ เมื่อวัดด้วย DSC กล่าวคือ เมื่อปริมาณสารเชื่อมโยงเพิ่มขึ้น อุณหภูมิ T_g จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณการเชื่อมโยงมากขึ้น การเคลื่อนไหวของโมเลกุลจะน้อยลง สายโซ่พอลิเมอร์มีการเคลื่อนไหวยากขึ้น ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ T_g กับปริมาณการเชื่อมโยง (%DVB) เป็นลักษณะเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารอนุภาคของโพลีสไตรีนที่มีการเชื่อมโยงด้วยไดไวนิลเบนซีนนั้น เสร็จเรียบร้อยแล้ว
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลบ จากสารลดแรงตึงผิวของโซเดียมโอดีคิลซัลเฟต เมื่อนำมาศึกษาเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์ โดยไทเทรตด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวกของเบนซิลไดเมทิลเอทิลเอทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ พบว่าลาเทกซ์จะสามารถทรานส์เฟอร์เข้าไปในตัวทำละลายอินทรีย์ที่ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวกค่าหนึ่งคือจุดวิกฤติ, CTC

- ที่จุดยุติ อนุภาคของพอลิเมอร์ในลาเทกซ์จะย้ายจากชั้นน้ำเข้าไปอยู่ในชั้นของตัวทำละลายอินทรีย์เกือบหมด ($\sim 100\%$) ทำให้เห็นว่าชั้นน้ำนั้นใส

- ค่า CTC มีค่าคงที่ ไม่ขึ้นกับชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์ เมื่อตัวทำละลายอินทรีย์นั้นมีค่าใกล้เคียงกับพอลิเมอร์ หลังจากเฟส-ทรานส์เฟอร์ อนุภาคของพอลิเมอร์แขวนลอยอยู่ในชั้นของตัวทำละลายอินทรีย์ได้อย่างสม่ำเสมอและเสถียร เนื่องจากอาศัยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์กับตัวทำละลายอินทรีย์

- ค่า f ที่เหมาะสมสำหรับการทดลองนี้ คือ f น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5

6) เทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์มีประโยชน์ในการใช้วัดอัตราการบวมตัวของอนุภาคโพลีสไตรีนที่ถูกเชื่อมโยงด้วยไดไวนิลเบนซีนในน้ำได้โดยตรง โดยได้

$$I_w = 2.90, 2.42 \text{ และ } 1.87$$

$$I_n = 3.42, 3.05 \text{ และ } 2.47$$

สำหรับ %DVB = 0.5, 1.0, 1.5 ตามลำดับ

7) การใช้เทคนิคการผสมในรูปของลาเทกซ์ และเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์ มาเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างโพลีสไตรีนกับโพลีบิวทิลอะครีเลต ในอัตราส่วน 10:90, 30:70 และ 50:50 พบว่า พอลิเมอร์ผสมที่เตรียมได้จากสองวิธีนี้ยังมีลักษณะที่แยกจากกัน จากข้อมูลที่ได้จากเครื่อง DSC ซึ่งให้เห็นว่า อนุภาคของโพลีสไตรีนมีขนาดเล็กจนเห็นอนุภาค T_g ไม่ชัดเจน

8) การศึกษาเบื้องต้นในการเตรียมฟิล์มของพอลิเมอร์ผสมนั้น

ฟิล์มจากเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์ที่อัตราส่วนโพลีสไตรีนชนิด 0.5% ไดไวนิล-เบนซีน ต่อโพลีบิวทิลอะครีเลต เท่ากับ 50:50 มีลักษณะเป็นแผ่นค่อนข้างใส และเหนียว

ฟิล์มจากการผสมกันในรูปของลาเทกซ์ที่อัตราส่วนโพลีสไตรีนชนิด 0.5% ไดไวนิล

เบนซีน ต่อโพลีบิวทิลอะคริเลต เท่ากับ 50:50 มีลักษณะไม่ได้เป็นแผ่นเนื่องจากเหนียว ติดลูกกลิ้งของเครื่องอัดรีด

และเมื่อนำเอาอย่างธรรมชาติมาช่วย จะทำให้พอลิเมอร์ผสมทั้งสองตัวเข้ากันได้มากขึ้น สามารถเตรียมเป็นฟิล์มได้ง่ายขึ้น แต่ฟิล์มที่ได้จะมีสีออกขุ่นเหลือง ไม่ใส

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาวิธีการโพลิเมอไรซ์สารที่ได้หลังจากการทำเฟส-ทรานส์เฟอร์วิธีอื่นๆ เช่น กระบวนการการแขวนลอย (Suspension) เป็นต้น
2. ควรศึกษาคูสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้จากเทคนิคเฟส-ทรานส์เฟอร์ต่อไป
3. อาจนำเทคนิคนี้ไปประยุกต์ใช้กับน้ำยาธรรมชาติที่มีการเชื่อมโยงแล้ว เนื่องจากน้ำยาธรรมชาติเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายและราคาไม่แพง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลของ % conversion ที่ช่วงเวลาต่างๆของโพลีบิวทิลอะคริเลต
ลาเทกซ์

เวลา min	นน. ภาชนะ (กรัม)	นน.ภาชนะ +สาร (กรัม)	นน.สาร (กรัม)	ปริมาณ M เริ่มต้น (กรัม)	นน.ภาชนะ +สารหลังอบ (กรัม)	นน.สาร อบแห้ง (กรัม)	%conver sion (กรัม)
30	0.343	1.208	0.865	0.090	0.427	0.420	85.55
60	0.295	1.143	0.848	0.088	0.380	0.085	96.59
90	0.317	1.388	1.071	0.111	0.420	0.103	92.79
150	0.317	1.103	0.786	0.081	0.396	0.079	97.53
180	0.372	1.573	1.201	0.124	0.495	0.123	99.19
210	0.250	1.080	0.830	0.086	0.335	0.085	98.84
240	0.298	1.442	1.144	0.199	0.417	0.119	100.0
270	0.269	1.216	0.947	0.098	0.367	0.098	100.0
300	0.243	1.547	1.304	0.135	0.378	0.135	100.0
360	0.224	0.924	0.700	0.073	0.298	0.024	100.0
420	0.315	1.349	1.034	0.107	0.423	0.108	100.0
480	0.254	1.090	0.836	0.087	0.342	0.088	100.0

หมายเหตุ M คือ บิวทิลอะคริเลตโมโนเมอร์

น้ำหนักบิวทิลอะคริเลตโมโนเมอร์ = 52 กรัม

น้ำหนักรวมของสารทั้งหมด = 501.65 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลของ %conversion ที่ช่วงเวลาต่างๆ ของโพลีไทรอินลาเทกซ์
0.5% ไดไวนิลเบนซีน

เวลา min	นน. ภาชนะ (g)	นน.ภาชนะ +สาร (g)	นน.สาร (g)	ปริมาณ M เริ่มต้น (g)	นน.ภาชนะ +สารหลังอบ (g)	นน.สาร อบแห้ง (g)	%conver sion (g)
5	0.397	0.915	0.518	0.054	0.401	0.004	7.41
50	0.430	1.282	0.852	0.088	0.493	0.063	71.59
74	0.283	1.011	0.728	0.076	0.342	0.059	77.63
90	0.223	0.861	0.638	0.066	0.236	0.053	80.30
100	0.298	0.902	0.604	0.063	0.350	0.052	82.54
120	0.277	0.906	0.629	0.065	0.330	0.053	81.54
160	0.215	0.973	0.758	0.079	0.278	0.063	79.75
190	0.213	1.347	1.134	0.118	0.330	0.117	99.15
220	0.235	0.959	0.724	0.075	0.314	0.079	100.0
250	0.268	1.082	0.814	0.084	0.355	0.087	100.0
280	0.275	1.249	0.974	0.101	0.376	0.101	100.0
310	0.222	1.043	0.821	0.085	0.312	0.087	100.0
340	0.205	0.980	0.775	0.080	0.292	0.087	100.0
375	0.183	1.158	0.975	0.101	0.285	0.102	100.0

หมายเหตุ M คือ สไตรีนโมโนเมอร์และไดไวนิลเบนซีน

น้ำหนักสไตรีนและไดไวนิลเบนซีน = 52.049 กรัม

น้ำหนักรวมของสารทั้งหมด = 501.703 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลของ %conversion ที่ช่วงเวลาต่างๆ ของโพลีลไทรินลาเทกซ์
% ไดไวนิลเบนซีน

เวลา min	นน. ภาษา (๘)	นน.ภาษา +สาร (๘)	นน.สาร (๘)	ปริมาณ M เริ่มต้น (๘)	นน.ภาษา +สารหลังอบ (๘)	นน.สาร อบแห้ง (๘)	%conver sion (๘)
10	0.240	1.034	0.794	0.082	0.251	0.011	13.41
20	0.288	2.107	1.819	0.188	0.350	0.062	32.98
30	0.178	1.152	0.974	0.101	0.222	0.044	43.56
50	0.192	1.779	1.587	0.164	0.295	0.103	62.80
80	0.221	1.440	1.219	0.126	0.334	0.113	89.68
100	0.248	1.415	1.167	0.121	0.357	0.109	90.08
120	0.203	1.500	1.297	0.134	0.331	0.128	95.52
150	0.190	1.295	1.105	0.114	0.302	0.112	98.24
180	0.180	1.406	1.226	0.127	0.305	0.125	98.24
210	0.215	1.561	1.346	0.140	0.353	0.138	98.57
240	0.211	1.431	1.220	0.126	0.336	0.125	99.21
270	0.198	1.285	1.087	0.113	0.310	0.112	99.21
300	0.233	1.415	1.182	0.123	0.356	0.113	100.0
360	0.197	1.185	0.988	0.102	0.299	0.102	100.0
420	0.197	1.432	1.235	0.128	0.325	0.128	100.0

หมายเหตุ M คือ สไตรีนโมโนเมอร์และไดไวนิลเบนซีน

น้ำหนักสไตรีนและไดไวนิลเบนซีน = 52.007 กรัม

น้ำหนักรวมของสารทั้งหมด = 501.664 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลของ %conversion ที่ช่วงเวลาต่างๆ ของโพลีสไตรีนลาเท็กซ์
1.5% ไดไวนิลเบนซีน

เวลา min	นน. ภาษาณะ (g)	นน.ภาษาณะ +สาร (g)	นน.สาร (g)	ปริมาณ M เริ่มต้น (g)	นน.ภาษาณะ +สารหลังอบ (g)	นน.สาร อบแห้ง (g)	%conver sion (g)
20	0.238	2.386	2.148	0.223	0.294	0.056	25.11
40	0.161	1.571	1.410	0.146	0.260	0.099	67.81
60	0.251	1.710	1.459	0.151	0.395	0.144	95.36
80	0.241	0.960	0.719	0.074	0.310	0.069	93.24
100	0.235	1.021	0.786	0.081	0.312	0.077	95.06
130	0.245	2.012	1.767	0.183	0.426	0.181	98.91
190	0.428	1.663	1.235	0.128	0.555	0.127	99.22
220	0.447	1.896	1.449	0.150	0.596	0.149	99.23
250	0.318	1.416	1.098	0.114	0.431	0.113	99.30
280	0.229	1.219	0.990	0.103	0.331	0.102	99.03
310	0.244	1.569	1.325	0.137	0.381	0.137	100.0
340	0.227	1.058	0.831	0.086	0.313	0.086	100.0
370	0.349	1.324	0.975	0.101	0.450	0.101	100.0

หมายเหตุ M คือ สไตรีนโมโนเมอร์และไดไวนิลเบนซีน

น้ำหนักสไตรีนและไดไวนิลเบนซีน = 52.07 กรัม

น้ำหนักรวมของสารทั้งหมด = 501.661 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 ค่าการละลาย(solubility parameter, δ)

ของตัวทำละลายบางชนิด

Solvent	δ [J/m^3] ^{3/2} · 10 ⁻³	δ [cal/cm^3] ^{3/2}	H-Bonding Group
Bromostyrene (ortho)	20.1	9.8	p
Butadiene-1, 3	14.5	7.1	p
Butane (normal)	13.9	6.8	p
Butanediol-1, 3	23.7	11.6	s
Butanediol-1, 4	24.8	12.1	s
Butanediol-2, 3	22.7	11.1	s
Butyl acetate (iso)	17.0	8.3	m
Butyl acetate (normal)	17.4	8.5	m
Butyl acetate (secondary)	16.8	8.2	m
Butyl acrylate (iso)	17.4	8.5	m
Butyl acrylate (normal)	18.0	8.9	m
Butyl alcohol (iso)	21.5	10.5	s
Methyl isobutyrate	17.0	8.3	m
Methyl isopropyl ketone	17.4	8.5	m
Methyl isovalerate	16.2	7.9	m
Methyl methacrylate	18.0	8.8	m
Methyl nonyl ketone	16.0	7.8	m
Methyl-2-pentanediol-1, 3	21.1	10.3	s
Methyl-2-pentanediol-2, 4	19.8	9.7	s
Methyl-2-pentanediol monoethyl ether (Pentaxol)	17.4	8.5	m
Methyl propionate	18.2	8.9	m
Methyl propyl ketone	17.3	8.7	m
Methyl propyl sulfone	25.6	12.5	m
Methyl pyrrolidone-2 (N)	23.1	11.3	m
Socal Solvent No. 2	16.2	7.9	p
Socal Solvent No. 3	15.8	7.7	p
Solvesso 100	17.8	8.6	p
Solvesso 150	17.4	8.5	p
Styrene	19.0	9.3	p
Styrene oxide	21.5	10.5	m
Succinic anhydride	31.5	15.4	s
Terpene 3	17.2	8.4	p
Tetrachloroethane-1, 1, 2, 2	19.8	9.7	p
Tetrachloroethylene (perchloro- ethylene)	19.0	9.3	p
Tetraethylene glycol	20.3	9.9	s
Tetrahydrofuran	18.6	9.1	m
Tetrahydronaphthalene	19.4	9.5	p
Tetramethylene sulfone	27.4	13.4	m
Tetramethyloxamide	23.3	11.4	m
Thiophene	20.1	9.8	m
Toluene	18.2	8.9	p
Tolylenediisocyanate	23.7	11.6	s
Tributylamine	15.8	7.7	s
Trichloroethane-1, 1, 2	19.6	9.6	p
Trichloroethylene	18.8	9.2	p

ที่มา เอกสารอ้างอิง 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 6 ค่าการละลาย (solubility parameter, δ)

ของพอลิเมอร์บางชนิด

IV-358

SOLUBILITY PARAMETER VALUES

Polymer	δ [J/cm ³] ^{1/2} · 10 ⁻³	δ [cal/cm ³] ^{1/2}	Method	T °C	References
3.5 <u>Poly(styrene)</u>	17.52	8.56			5
	17.53-17.45	8.59-8.53			5
	20.16	9.85	calc.		8
	17.36-17.92	8.73 or 8.76			15
	17.54, 18.56	8.72, 9.07	visc.		35b
	18.6	9.1			20
	19.72	9.15		35	23
	19.62	9.10	av.		23
	19.62	9.10	swelling		23
	19.66	9.12	calc.		23
	19.09	9.33		25	34
	19.66	9.12	calc.		35
	19.6	9.1	obs. (11)		36
	17.7-19.8	8.6-9.7	obs. (11)		36
	17.4	8.5			4
	17.6	8.6			5
	19.4	9.0			16
	19.29	9.42	calc.		38a
	21.1	10.3	calc.		38
	17.32	8.56			36
17.34	8.72			5, 31	
19.6	9.1			33	
17.6-17.9	8.6-8.7			21	
18.3	9.1			23	
Poly(styrene-co-divinylbenzene)	18.6	9.1	obs. (11)		35
	17.39	8.50			4

ที่มา เอกสารอ้างอิง 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและน้ำหนักโมเลกุล
ของพอลิเมอร์บางชนิด

Polymer	Solvent	Temp. [°C]	K × 10 ³ (ml/g)	a	No. of Samples		Mol. WL Range AF × 10 ⁻⁴	Method	Remarks	Ref.	
					Fr.	W.F.					
1.3 Poly(acrylic acid) and Derivatives											
Poly(acrylamide)	water	30	6.31	0.80	7	—	—	50	SD	B	101
		30	68	0.66	—	21	—	—	20	PR	C
Poly(acrylic acid) —, sodium salt	1,4-dioxane	30	6.5	0.82	7	—	—	127	OS	B	710
		30	76	0.50	—	4	—	—	82	OS	B
	aqueous NaOH (2M)	25	42.2	0.64	12	—	—	50	OS	C	105
		20	—	0.93	7	—	—	180	LV	B	106
	aqueous NaBr (1.5M)	25	15.47	0.90	12	—	—	50	OS	C	105
		15	165	0.50	5	—	—	64	LV	C	107
	aqueous NaBR (1.5M)	15	124	0.50	4	—	—	83	LS	C	108
		15	51.7	0.628	7	—	—	50	LV	C	109
	aqueous NaSCN (1.12M)	25	50.6	0.656	7	—	—	80	LV	C	110
		15	25.4	0.755	7	—	—	50	LV	C	109
aqueous NaSCN (1.12M)	25	31.2	0.755	7	—	—	80	LV	C	110	
	15	28.1	0.77	7	—	—	50	LV	C	109	
aqueous NaSCN (1.12M)	25	16.3	0.84	7	—	—	50	LV	C	110	
	15	17.6	0.85	7	—	—	80	LV	C	109	
aqueous NaSCN (1.12M)	25	13.6	0.89	7	—	—	50	LV	C	110	
	15	13.2	0.91	7	—	—	80	LV	C	109	
aqueous NaSCN (1.12M)	25	(44.2)	0.83	7	—	—	50	LV	C	110	
	15	(24.9)	0.89	7	—	—	50	LV	C	109	
aqueous NaSCN (1.12M)	30	154	0.50	5	—	—	64	LV	C	107	
	35	0.587	0.883	7	—	—	—	OS	C	337	
Poly(benzyl acrylate)	butanone	25	6.85	0.75	—	6	—	27	LS	C	112
Poly(butyl acrylate)	acetone	25	4.7	0.75	5	—	—	31	LS	B	712
Poly(tert-butyl acrylate)	butanone	25	3.2	0.80	5	—	—	31	LS	B	712
	hexane	24.2	49.0	0.50	5	—	—	31	LS	B	712
	methanol	25	16.0	0.61	5	—	—	31	LS	B	712
Pentane	25	22.0	0.57	5	—	—	31	LS	B	712	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Blackley, D.C. High Polymer latices vol.1, pp.3-5, 214, 261-262, Maclaren and Sons, 1966
2. Herman, F.M. and Jacqueline, I.K. Encyclopedia of Polymer Science and Engineering 2 nd ed., pp. 355-360, Interscience, Publisher,
3. Emulsion Polymer Handbook Crystal Monograph No.3, pp. 5-9, 21-29, Scott Bader Company, 1974
4. Calvert, K.O. Polymer Latices and their Applications , pp. 21-27, Applied Science Publishers , 1982
5. Campbell and White, J.R. Polymer Characterisation , p 26-28, Chapman and Hall, 1989
6. Bucknall, C. Toughened Plastics Applied Science, London, 1977
7. Rabek, J.F Experimental Methods in Polymer Chemistry, pp. 127, Chichester, Wiley ,1980
8. Brandrup, J. and Immergrt, E.H. Polymer Handbook 2nd ed., pp. III 144, 154, IV 341-344, Wiley and Sons , New York, 1975
9. Olabisi, O., Robeson, M.L. and Shaw, T.M. Polymer-Polymer Miscibility pp. 2, 9-12, 123, 128-132, Academic Press, New York ,1979

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

10. Harrison, D., yates,W. and Johnson, F.J. "Techniques for the Analysis of Crosslinked Polymers "Rev. Macromol. Chem. Phys. 25(4). (1985) : 481-482, 539
11. Mokhagul, J. "Preparation and Property Studies of Polyblends of Natural Rubber and Polystyrene." Master's Thesis, Department of Chemistry, Graduate studies, Mahidol University, 1983
12. Tanghoriboonrat, P. "Study of the Preparation and Properties of Interpenetrating Polymer Networks (IPNs) and Semi-Interpenetrating Polymer Networks(Semi-IPNs) of Natural Rubber and Polystyrene" Master's thesis, Department of Chemistry, Graduate studies, Mahidol University, 1986
13. Heim, p. Thesis, University of Haute Alsace, 1987
14. Tanghoriboonrat, P. Ph.D.Thesis, University of Haute Alsace, 1991
15. "Particle Characterisation Systems from Coulter"
Coulter Scioutific Instruments, 1990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้