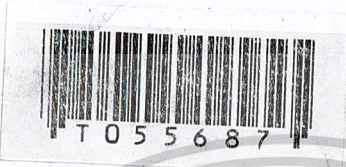


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การถนอมดอกไม้แห้งด้วยการเคลือบพอลิเมอร์-แวกซ์



นายปรกรณ์ พรหมอ่อน
นายพงศ์ประภาส ปิยมโนชา
นายศัลยเวช เกตุแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 55687
วัน,เดือน,ปี 24 พ.ศ. 2548

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

POLYMER/WAX BLENDS COATING FOR DRIED FLOWER
PRESERVATION



Mr. PAKORN PROM-ON
Mr. POMGPRAPAT PIYAMANOCHA
Mr. SULYAWATE KATEKAEW

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง

การถนอมดอกไม้แห้งด้วยการเคลือบพอลิเมอร์-แว็กซ์

โดย

นายปกรณ พรมอ่อน

นายพงศ์ประสาท ปิยมโนชา

นายศัลยเวช เกตุแก้ว

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์

ดร.อภิรักษ์ นัมคณิสร์

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์ร่วม

ดร.สุรัตน์ อารีรัตน์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปริญญาานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ดร.อภิรักษ์ นัมคณิสร์)

.....กรรมการ

(ดร.สุรัตน์ อารีรัตน์)

.....กรรมการ

(ดร.สุธาสนี เนรมิตกพงศ์)

.....กรรมการ

(ดร.พรสวรรค์ กาญจนวานิชย์กุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง

โดย

การถนอมดอกไม้แห้งด้วยการเคลือบพอลิเมอร์เวกซ์

นายปกรณ พรหมอ่อน

นายพงศ์ประภาส ปิยมโนชา

นายศัลยเวช เกตุแก้ว

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์

ดร.อภิรักษ์ นัมคณิสสรณ์

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์ร่วม

ดร.สุรัตน์ อารีรัตน์

ปริญญาานิพนธ์

วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสารเคลือบจากเอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์ เพื่อนำมาใช้สำหรับเคลือบให้เป็นฟิล์มบางบนผิวหน้าของดอกไม้แห้ง ทำให้ดอกไม้แห้งที่ผ่านการเคลือบมีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อม เช่น ความชื้น และแสงแดด และมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น การผลิตสารเคลือบจะใช้ตัวทำละลายที่มีไซลีนเป็นองค์ประกอบมากกว่าร้อยละ 10 เพื่อละลายของผสมระหว่างเอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์และเวกซ์ที่สัดส่วนร้อยละ 5 และ 1 โดยมวลต่อปริมาตรตามลำดับจากสารละลายพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ อาจมีการเติมสารเติมแต่งหรือนำไปใช้เคลือบดอกไม้ได้ทันที การเคลือบดอกไม้ที่มีโครงสร้างกลีบดอกที่ซับซ้อน จะใช้วิธีการชุบดอกไม้แห้งลงในสารละลายพอลิเมอร์เพื่อให้สารเคลือบเข้าได้ทั่วถึง และทิ้งให้สารเคลือบแห้งที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้ได้ชั้นฟิล์มบาง โดยพอลิเมอร์ในสารเคลือบมีเวลามากพอในการจัดเรียงโมเลกุลให้มีโครงสร้างที่เป็นระเบียบและมีความแข็งแรงมากขึ้น ฟิล์มบางที่ได้มีความหนาประมาณ 1 – 2 ไมโครเมตร และสามารถป้องกันความชื้นได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title Polymer/wax Blends coating for Dried Flower Preservation
Student Mr. Pakorn Prom-on
Mr. Pomgprapat Piyamanocha
Mr. Sulyawate Katekaew
Degree Bachelor Degree of Engineering
Major Chemical Engineering
Year 2003
Advisor Dr. Apinan Namkanison
Co-advisor Dr. Surat Areerat
Report for Bachelor's Degree of Chemical Engineering
Department of Chemical Engineering
Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

The research aims to develop polymer thin film coating from ethylene vinyl acetate copolymer (EVA) for dried flower preservation. This protective coating provides better resistance to environmental damage caused by moisture and sun light which shorten the service life of dried flower. The effective coating layer was obtained when the coating solution contains more than 10% xylene in a mixture of EVA and WAX with a weight to volume ratio of 5:1. This ready-to-use solution can be used to coating dried flower with and/or without other additives. The coating step is accomplished by directly dipping the dried flowers into the solution and subsequent drying at the room temperature. The thickness of the coating as estimated by a scanning electron microscope (SEM) was found to be in range of 1 to 2 μm . The mechanical properties as well as the resistance to humidity were also investigated.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องนี้ สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีด้วยความช่วยเหลือจากคณะอาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย ทางทีมงานวิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือดังนี้ คือ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรม สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปี2546 ผู้ให้เงินสนับสนุนการวิจัย

รศ.ดร.ช. ณีภูริศิริ สุขสุวรรณ ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในการเตรียมดอกไม้แห้งสำหรับโครงการวิจัย

บริษัทเซ็นทรัลเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์ต่างๆในการเตรียมดอกไม้แห้ง

คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการเคมีอุตสาหกรรมและพอลิเมอร์เทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

คุณพิสันต์ ผลโพธิ์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการภาควิชาภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ดร.อภิรักษ์ นัมคณิสร์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และ ดร.สุรัตน์ อารีรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงการที่ให้คำปรึกษาแนะนำตลอดมา

คณะผู้วิจัย

นายปกรณ์ พรหมอ่อน

นายพงศ์ประภาส ปิยมโนชา

นายศัลยเวช เกตุแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สัญลักษณ์.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1.ความเป็นมา.....	1
1.2.วัตถุประสงค์.....	2
1.3.ขอบเขต.....	3
1.4.ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
1.5.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	4
2.1.วัตถุประสงค์ของการเคลือบผิว.....	4
2.2.การเกิดฟิล์ม.....	4
2.3.การแห้งของสารเคลือบผิว.....	5
2.4.พอลิเมอร์และเรซินสังเคราะห์ที่นำมาทำสารเคลือบ.....	6
2.5.การเลือกใช้เรซินสังเคราะห์.....	11
2.6.ตัวทำละลาย.....	12
2.7.ข้อบกพร่องที่เกิดกับสารเคลือบผิว.....	24
2.8.สารเติมแต่ง.....	29
2.9.การผลิตดอกไม้แห้ง.....	44
2.10.ลักษณะและโครงสร้างของดอกไม้แห้ง.....	46
2.11.การผลิตสารเคลือบดอกไม้แห้ง.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การทดลอง.....	50
3.1. ตัวแปรที่ต้องการศึกษา.....	50
3.2. สารเคมีที่ใช้ในการศึกษา.....	50
3.3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	50
3.4. วิธีการทดลอง.....	50
3.4.1. การเตรียมสารละลายพอลิเมอร์.....	51
3.4.2. การหาคุณสมบัติของสารละลายพอลิเมอร์.....	52
3.4.3. เลือกลำละลายพอลิเมอร์.....	52
3.4.4. การชุบเคลือบดอกไม้แห้ง และการวิเคราะห์ผลที่ได้ จากสารเคลือบ.....	52
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์.....	54
4.1. การเตรียมสารละลายพอลิเมอร์ และการวิเคราะห์คุณสมบัติของ สารละลายที่เตรียมได้.....	54
4.1.1. ความหนืด.....	54
4.1.2. การดูดกลืนคลื่นแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ต.....	55
4.1.3. ดัชนีหักเหแสง.....	56
4.1.4. การทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของฟิล์มที่ได้จากพอลิเมอร์.....	58
4.1.5. การชุบเคลือบดอกไม้แห้ง และการวิเคราะห์ผลที่ได้จาก สารเคลือบ.....	62
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	68
5.1. สรุปผลที่ได้จากการวิจัย.....	68
5.1.1. ความหนืด.....	68
5.1.2. การดูดกลืนคลื่นแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ต.....	68
5.1.3. ดัชนีการหักเหของแสง.....	68
5.1.4. การทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของฟิล์มที่ได้จากพอลิเมอร์.....	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1.5. การชูปะชอบดอกไม้แห้ง และการวิเคราะห์ผลที่ได้จากสารเคสือบ..	69
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย.....	70
เอกสารอ้างอิง.....	71
ภาคผนวก ก.....	1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการเกาะระหว่างพอลิเมอร์หรือเส้นใยเสริมแรงโดยการใช้สารประสาน.....	29
รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของ Volan A.....	31
รูปที่ 2.3 แสดงผลของการใช้อะมิโนซิลเลนต่อแรงยึดระหว่างพอลิเมอร์เอไมด์ 6 และ Glass Sphere	
(a) ไม่ได้ใช้อะมิโนซิลเลน	
(b) ใช้อะมิโนซิลเลน	32
รูปที่ 2.4 แสดงสูตรโมเลกุลของไอโซโพรพิลไตรไดออกทิลฟอสเฟตไททาเนต (isopropyl tri(dioctylphosphato) titanate).....	34
รูปที่ 2.5 แสดงการเพิ่มแรงยึดระหว่างฟิลเลอร์กับพอลิเมอร์ โดยการเชื่อมกับฟิลเลอร์ด้วยพันธะ Ti-O.....	34
รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของ MA-g-PP.....	35
รูปที่ 2.7 แสดงปฏิกิริยาระหว่างเส้นใยเซลลูโลสและ MA-g-PP.....	36
รูปที่ 2.8 แสดงกลไกของอินินิทีเอชัน.....	37
รูปที่ 2.9 แสดงการสลายพันธะ C-H ของไซโพลิโพรพิลีน.....	37
รูปที่ 2.10 แสดงกลไกของโปรปาเกชัน.....	38
รูปที่ 2.11 แสดงกลไกของเทอร์มิเนชัน.....	38
รูปที่ 2.12 แสดง 2,4-ditert-butyl-4- methyphenol.....	39
รูปที่ 2.13 แสดงกลไกการป้องกันโปรปาเกชันของแอนติออกซิเดนต์.....	39
รูปที่ 2.14 แสดงกลไกการทำงานของตัวสลายเปอร์ออกไซด์.....	40
รูปที่ 2.15 แสดงกลไกการเปลี่ยนฟรีเรดิคัลที่เสถียรของตัวออกซิเดนต์ กลับไปสู่ตัวแอนติออกซิเดนต์ของตัวสลายเปอร์ออกไซด์.....	41
รูปที่ 2.16 แสดงพอลิไวนิลคลอไรด์สลายลงโดยการสูญเสีย HCl.....	42
รูปที่ 2.17 แสดงขั้นตอนการทำงานของฟีนิลซาลิซิลิต	43
รูปที่ 2.18 แสดงขั้นตอนการทำงานของ 2,4-dihydroxybenzophenone.....	43
รูปที่ 2.19 แสดงการป้องกันขั้นตอนโปรปาเกชันของพอลิไวนิลคลอไรด์.....	44
รูปที่ 2.20 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส.....	47
รูปที่ 2.21 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของเอทิลีนไวนิลแอลซีเตต.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.22 แสดงการสร้างพันธะระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสกับเอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์.....	48
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของสารละลายกับอัตราส่วนของตัวทำละลาย.....	54
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นสูงสุดที่ถูกดูดกลืนโดยสารละลายกับอัตราส่วนของตัวทำละลาย.....	55
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการหักเหแสงกับอัตราส่วนของตัวทำละลาย.....	57
รูปที่ 4.4 กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งของดัชนีการหักเหแสง.....	57
รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบการเปลี่ยนสถานะเชิงความร้อนของเอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์ที่นำมาใช้ในการวิจัย.....	59
รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบจุดหลอมเหลวและค่าความร้อนของการหลอมเหลวของฟิล์มพอลิเมอร์ที่ได้จากตัวทำละลายต่าง ๆ.....	60
รูปที่ 4.7 ภาพพื้นผิวของกึ่งดอกไม้แห้ง.....	62
รูปที่ 4.8 ภาพพื้นผิวของกึ่งดอกไม้มันที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ (100%XYN).....	62
รูปที่ 4.9 ภาพพื้นผิวของกึ่งดอกไม้มันที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ (DCE/XYN).....	63
รูปที่ 4.10 ภาพพื้นผิวของกึ่งดอกไม้มันที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ (CYH/XYN).....	63
รูปที่ 4.11 ภาพพื้นผิวของกึ่งดอกไม้มันที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ (CF/XYN).....	64
รูปที่ 4.12 ภาพตัดขวางของกึ่งดอกไม้แห้ง.....	65
รูปที่ 4.13 ภาพตัดขวางของกึ่งดอกไม้มันที่ผ่านการเคลือบด้วยพอลิเมอร์แล้ว (100%XYN).....	65
รูปที่ 4.14 ภาพตัดขวางของกึ่งดอกไม้มันที่ผ่านการเคลือบด้วยพอลิเมอร์แล้ว (DCE/XYN).....	66
รูปที่ 4.15 ภาพตัดขวางของกึ่งดอกไม้มันที่ผ่านการเคลือบด้วยพอลิเมอร์แล้ว (CYH/XYN).....	66
รูปที่ 4.16 ภาพตัดขวางของกึ่งดอกไม้มันที่ผ่านการเคลือบด้วยพอลิเมอร์แล้ว (CF/XYN).....	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 สมบัติของเรซินสังเคราะห์.....	12
ตารางที่ 2.2 พารามิเตอร์การละลายของพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ.....	21
ตารางที่ 2.3 พารามิเตอร์การละลายของตัวทำละลาย.....	22
ตารางที่ 2.4 Commercial silane coupling agents.....	32
ตารางที่ 2.5 Titanate and zirconate coupling agent selection.....	35
ตารางที่ 4.1 จุดหลอมเหลวและค่าความร้อนของการละลายของฟิล์มเอทิลีนไวนิลแอสีเตต ผสมแว็กซ์ที่ได้จากการใช้ตัวทำละลายต่าง.....	60



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์

δ	พารามิเตอร์การละลาย
KB	ค่าเครี-บิวทานอล
ΔG	การเปลี่ยนแปลงพลังงานเสรีของระบบ
ΔH_m	ความร้อนของของผสม
ΔS	การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี
V_m	ปริมาตรทั้งหมดของของผสม มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร
ΔE	พลังงานการกลายเป็นไอ มีหน่วยเป็นแคลอรี
V	ปริมาตรโมลาร์ มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร
Φ	อัตราส่วนโดยปริมาตร ของสาร
$h\nu$	พลังงานของแสง
$h\nu'$	แสงที่มีพลังงานต่ำกว่าถูกคายออกมา
$dn/d\Phi$	ค่าอนุพันธ์อันดับหนึ่งของค่าดัชนีการหักเหของแสงต่อสัดส่วนโดยปริมาตรของตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

จากการที่ประเทศไทยได้มีอุตสาหกรรมผลิตและแปรรูปดอกไม้แห้งเพื่อการส่งออก และมีแนวโน้มเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยตลาดหลักในต่างประเทศคือ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และสหภาพยุโรป ดอกไม้ที่นิยมนำมาทำดอกไม้แห้งคือ ดอกกุหลาบ เพราะเป็นที่นิยมของตลาด สามารถนำมาใช้ได้หลายโอกาส ดอกไม้ที่ถูกทำให้แห้งแล้วจะสามารถเก็บรักษาไว้ได้เป็นระยะเวลานานมาก โดยที่ดอกไม้เหล่านั้นยังคงรักษารูปร่างและสีสันทันได้ไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้การเลือกซื้อดอกไม้แห้ง เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภค ที่ต้องการตกแต่งสถานที่ด้วยดอกไม้ที่มีความคงทนถาวรมากกว่าดอกไม้สด แต่ไม่ต้องการใช้ดอกไม้ประดิษฐ์ หรือผู้ที่ต้องการเก็บรักษาซอดอกไม้เพื่อให้เป็นของที่ระลึกเนื่องในโอกาสสำคัญต่าง ๆ ซึ่งดอกไม้แห้งที่ถูกเก็บรักษาอย่างถูกวิธีนั้นจะสามารถคงสภาพได้นานปี หรือตลอดไป

กรรมวิธีการผลิตดอกไม้แห้งมีหลายวิธี ตั้งแต่การทำให้แห้งในอากาศ (Air Drying), การทำให้แห้งโดยการกดทับ (Pressing Flower), การทำให้แห้งโดยการใช้น้ำมันพืช (Glycerin), การทำให้แห้งด้วยวิธีเยือกแข็ง (Freeze Dry), และการทำให้แห้งด้วยสารดูดความชื้น (Silica Gel) ซึ่งในประเทศไทยนิยมใช้วิธีทำให้แห้งโดยใช้สารดูดความชื้น เนื่องจากเป็นวิธีที่ประหยัดและทำได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือหรือวิธีการที่ทันสมัยมากนัก การทำดอกไม้สดให้แห้งจะต้องรักษารูปลักษณ์ของดอกไม้ให้เหมือนกันทั้งก่อนและหลังการทำให้แห้ง โดยเฉพาะสีของกลีบดอกไม้จะต้องไม่ซีดจาง หรือเปลี่ยนสีไปจากสีเดิมมากนัก แต่เนื่องจากดอกไม้แห้งจะเสื่อมสภาพได้ง่ายในสภาวะแวดล้อมทั่วไปที่มีแสงแดด และความชื้น ดังนั้นดอกไม้แห้งที่ผลิตและนำไปใช้งานจะถูกเก็บรักษาไว้ในภาชนะที่ปิดมิดชิด เพื่อป้องกันความชื้น และจัดวางให้พ้นจากบริเวณที่มีแสงแดดส่องถึง เพื่อรักษาสภาพดอกไม้ และยืดอายุการใช้งานของดอกไม้แห้งนั้น

อุตสาหกรรมผลิตดอกไม้แห้งในประเทศ ผู้ประกอบการส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลาง ที่มีประสบปัญหาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องในรูปของการทำวิจัยเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปัญหาหนึ่งที่พบในอุตสาหกรรมผลิตดอกไม้แห้งคือ การรักษาสภาพของดอกไม้ที่ผ่านการอบแห้งแล้วให้มีสภาพคงทนต่อสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้น, แสงแดด เป็นต้น โดยการยืดอายุของดอกไม้แห้งที่นิยมปฏิบัติในปัจจุบันคือ การบรรจุดอกไม้ในภาชนะปิด เช่น ขวดแก้ว เพื่อป้องกันความชื้น และวางให้พ้นจากบริเวณที่มีแสงแดด ดอกไม้แห้งที่มีการเก็บรักษาในภาชนะปิดจะคงสภาพอยู่ได้ในระยะเวลาประมาณ 1 - 3 ปี หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่านั้นขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บรักษา แต่การบรรจุดอกไม้แห้งในภาชนะปิดนี้ทำให้เกิดข้อจำกัด ในรูปแบบการนำเสนองานผลิตภัณฑ์ และความหลากหลายของดอกไม้ที่จะนำมาอบแห้ง ดังนั้นหาก มีการพัฒนาสารเคลือบที่สามารถนำมาใช้เคลือบดอกไม้ที่ผ่านการอบแห้งแล้ว จะส่งผลให้ไม่ จำเป็น ต้องใช้ภาชนะห่อหุ้มอีกต่อไป ทำให้สามารถพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย มากขึ้น และยังเป็นโอกาสให้สามารถนำดอกไม้ชนิดอื่น ๆ มาอบแห้งได้อีกด้วย

ปัจจุบันสารเคลือบที่ผู้ผลิตดอกไม้แห้งนำมาใช้จำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศ แต่สารเคลือบที่ใช้ยังไม่มีความหลากหลายเพื่อเคลือบดอกไม้โดยเฉพาะ ทำให้คุณสมบัติของสารเคลือบยังไม่มีความเหมาะสมตามที่ต้องการ หากสามารถพัฒนาสารเคลือบเพื่อใช้เคลือบดอกไม้แห้ง โดยเฉพาะได้ในประเทศ จะทำให้สามารถพัฒนาความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น รวมทั้งสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้อย่างมาก ซึ่งเป็นผลดีต่ออุตสาหกรรมดอกไม้แห้งของไทย

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาหาสารที่เหมาะสม เพื่อนำมาเคลือบผิวดอกไม้แห้งเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และคงสภาพเดิมของดอกไม้ที่ผ่านการอบแห้งไว้โดยไม่ต้องเก็บรักษาในภาชนะปิด การวิจัยจะแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่หนึ่งจะเป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการผลิตสารเคลือบ โดยการเตรียมสารเคลือบจากพอลิเมอร์ผสมแว็กซ์และสารเติมแต่งอื่น ๆ ในสารละลายที่เหมาะสม และส่วนที่สองจะเป็นการออกแบบการนำสารเคลือบที่เตรียมได้ไปใช้งาน เช่น การชุบเคลือบ หรือการพ่นด้วยหัวฉีดเพื่อให้ได้ความหนาตามที่ต้องการ และการทดสอบความคงทนของสารเคลือบเมื่อถูกความชื้น และแสงแดด ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพของดอกไม้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาแนวทางในการผลิตสารเคลือบดอกไม้แห้งจากพอลิเมอร์
2. เพื่อศึกษาองค์ประกอบ และอัตราส่วนของสารที่จะนำมาผลิตสารเคลือบ
3. เพื่อศึกษาค้นวิธีการนำสารเคลือบที่ได้ไปใช้เคลือบดอกไม้แห้ง
4. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการนำสารเคลือบไปใช้งาน
5. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของสารเคลือบเมื่อนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขต

1. ศึกษาชนิดสารละลายที่มีความเหมาะสมต่อการเตรียมสารเคลือบ จากสารละลาย 4 ชนิดต่อไปนี้
 - 1,2 ไดคลอโรอีเทน (1,2dichloroethane : $C_2H_4Cl_2$)
 - ไฮโคลเฮกเซน (Cyclohexane : C_6H_{12})
 - คลอโรฟอร์ม (Chloroform : $CHCl_3$)
 - ไกลซีน (Xylene : $C_6H_4(CH_3)_2$)
2. เตรียมสารเคลือบที่มีส่วนผสมของสารเติมแต่ง
3. ออกแบบกรรมวิธีในการเคลือบผิวที่เหมาะสม
4. ศึกษาสมบัติของดอกไม้แห้งหลังจากทำการเคลือบ
 - ความหนาของชั้นฟิล์มเคลือบ
 - การดูดซับความชื้น
 - ความต้านทานแสงแดด

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาวัตถุประสงค์และลักษณะของของสารเคลือบ
2. ศึกษาลักษณะองค์ประกอบของดอกไม้แห้ง
3. ศึกษาลักษณะองค์ประกอบของพอลิเมอร์ที่จะนำมาใช้งาน
4. ศึกษาคุณสมบัติของตัวทำละลายที่จะนำมาใช้ในการศึกษาและวิจัย
5. เตรียมสารละลายพอลิเมอร์และศึกษาคุณสมบัติของสารละลายที่เตรียมขึ้น
6. เปรียบเทียบคุณสมบัติของสารละลาย และเลือกสารละลายที่จะนำมาทำเป็นสารเคลือบ
7. ทำการเคลือบผิวตัวอย่างด้วยสารละลายที่เตรียมขึ้น และศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มเคลือบที่ได้
8. สรุปผลการทดลอง และแนวทางการพัฒนาสารเคลือบต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. แนวทางการศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติของสารละลายพอลิเมอร์ที่เตรียมขึ้น
2. การกำหนดคุณสมบัติเบื้องต้นของสารละลายที่จะนำมาทำเป็นสารเคลือบผิวดอกไม้แห้ง
3. สามารถเตรียมสารละลายพอลิเมอร์ที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวดอกไม้แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 วัตถุประสงค์ของการเคลือบผิว

2.1.1 เพื่อป้องกันพื้นผิวจากมลภาวะต่าง ๆ

สารเคลือบผิวจะช่วยให้ผิวหน้าของวัสดุที่ถูกเคลือบมีความทนทานต่ออากาศ น้ำ และสารเคมีต่าง ๆ นอกจากนี้ สารเคลือบผิวยังช่วยให้ผิวหน้าของวัสดุมีความแข็งแรงขึ้น ทนทานต่อการขัดสีได้มากขึ้น และอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

ตัวอย่างของการป้องกันพื้นผิววัสดุ เช่น การใช้สีทาไม้เพื่อป้องกันการผุกร่อนของไม้อันเนื่องมาจากความชื้น หรือการเคลือบผิวภายในกระป๋องโลหะ เพื่อป้องกันการเกิดการกัดกร่อนจากอาหารหรือสารเคมีที่บรรจุอยู่ภายใน หรือการเคลือบพื้นผิวชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อไม่ให้สัมผัสกับความชื้น หรือสารเคลือบผิวประเภทสีหน่วงการติดไฟ ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการลุกไหม้บนผิวหน้า เป็นต้น

สารเคลือบผิวบางประเภท ใช้ทาผิวหน้าที่มีรูพรุน เช่น ผิวคอนกรีตและปาสเตอร์ เพื่อช่วยให้ทำความสะอาดได้ง่ายขึ้น

2.1.2 เพื่อตกแต่งให้แลดูสวยงาม

ความสวยงามของวัสดุหลังการเคลือบผิวหน้าด้วยสารเคลือบผิว อาจมาจากสี จากความเงา จากลวดลายตกแต่ง หรือจากความสว่าง หรือจากทั้งหมดรวมกัน

สีของผิวหน้ามีผลต่อการสะท้อนแสงของผิวหน้านั้น ๆ สีขาวจะสะท้อนแสงได้สูงสุด และสีดำจะสะท้อนแสงได้ต่ำสุด

2.2 การเกิดฟิล์ม

การเปลี่ยนแปลงสภาพจากสารเคลือบผิวในภาชนะบรรจุ ไปเป็นฟิล์มที่ยึดติดแน่นกับผิว และทำให้พื้นผิวมีความทนทานเพิ่มขึ้นคือ กระบวนการการเกิดฟิล์ม ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 แอพพลิเคชั่น (Application) เป็นการนำสารเคลือบผิวไปเคลือบผิวหน้าหรือทำให้ผิวหน้าของวัสดุเกิดเป็นฟิล์มบาง ๆ ขึ้น การทำอาจใช้แปรง ลูกกลิ้ง การพ่น หรือการจุ่มก็ได้

2.2.2 ฟิกเซชัน (Fixation) เป็นการทำให้ฟิล์มติดแน่น ไม่ให้หลุดออกจากผิวหน้า และไม่เกิดเป็นชั้นของฟิล์มที่ไม่ต้องการ ตัวอย่างเช่น กรณีที่เป็นสารเคลือบผิวที่มีตัวทำละลายอินทรีย์เป็นส่วนประกอบเกิดการเกิดเป็นฟิล์มในขั้นตอนฟิกเซชัน จะเกิดโดยการระเหยของตัวทำละลาย หรือถ้าสารเคลือบผิวเป็นแบบระบบลาเท็กซ์ (Latex System) ขั้นตอนฟิกเซชันจะเกิดโดยอาศัยการระเหยของน้ำ

2.2.3 การบ่ม (Curing) เป็นการทำให้ฟิล์มที่ผ่านขั้นตอนฟิกเซชันแล้วมีความทนทานดีขึ้น ซึ่งอาจทำได้โดยการใช้แสง ความร้อนหรืออากาศ เช่น สีน้ำมันทาบ้านจะเกิดการบ่ม โดยการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ เปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นฟิล์มแห้งแข็งที่มีความทนทานเพิ่มขึ้น หรือการนำเคลือบที่ทำจากพอลิเมอร์ชนิดเทอร์โมเซตไปอบ ซึ่งเป็นการบ่มอีกวิธีหนึ่ง

กระบวนการการเกิดฟิล์มของสารเคลือบผิวบางชนิด ไม่จำเป็นต้องมี 3 ขั้นตอนเสมอไป ตัวอย่าง เช่น แล็กเกอร์ มีขั้นตอนฟิกเซชัน และการบ่มรวมกัน โดยอาศัยการระเหยของตัวทำละลายระหว่างการแอพพลิเคชั่น เป็นต้น

2.3 การแห้งของสารเคลือบผิว

โดยทั่วไป สารเคลือบผิวจะแห้งโดยกรรมวิธีต่าง ๆ กัน 2 แบบ คือ

2.3.1 แห้งโดยกรรมวิธีทางฟิสิกส์ (Physical Drying)

การแห้งด้วยวิธีนี้เกิดจากการระเหยของตัวทำละลาย กลายเป็นฟิล์มยึดติดกับผิวหน้าด้วยพันธะทุติยภูมิอย่างอ่อน ๆ ดังนั้น ฟิล์มที่เกิดจึงยังคงละลายได้ในตัวทำละลายของมัน ตัวอย่างของสารเคลือบผิวที่แห้งโดยกรรมวิธีทางฟิสิกส์ ได้แก่ แล็กเกอร์ สีที่ทำจากยางคลอริเนต เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 แห้งโดยกรรมวิธีทางเคมี (Chemical Drying)

ฟิล์มที่ได้จากการแห้งตัวโดยวิธีการนี้จะยึดติดกับผิวหน้าด้วยพันธะปฏิกิริยาเคมี จากการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนั้น ฟิล์มที่ได้จะแข็งแรงและทนทานต่อตัวทำละลาย การแห้งโดยกรรมวิธีทางเคมีนี้ อาจเกิดโดย

- (1) แห้งโดยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารเคลือบผิวประเภทนี้จะดูดออกซิเจนในอากาศเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้ขนาดอนุภาคของสารเคลือบผิวใหญ่ขึ้น จนรวมตัวเป็นฟิล์มแห้งตามต้องการ เช่น สีนํ้ามันทาบ้านที่ผลิตจากอัลคิเดเรซิน เป็นต้น การแห้งโดยวิธีการนี้อาจเร่งให้แห้งเร็วขึ้นโดยการใส่สารเร่งแห้ง
- (2) แห้งโดยการเกิดปฏิกิริยาเคมี สารเคลือบผิวประเภทนี้ ส่วนใหญ่บรรจุในภาชนะแยกกัน ก่อนใช้จึงนำมาผสมกันตามอัตราส่วนที่ผู้ผลิตแนะนำ ซึ่งเมื่อผสมแล้ว จะเกิดปฏิกิริยาได้เป็นฟิล์มที่แห้งแข็ง เรียกสารเคลือบผิวชนิดนี้ว่า สารเคลือบผิวชนิดบ่มเย็น ตัวอย่างเช่น ยูเรียเรซิน พอลิยูรีเทนเรซิน เป็นต้น แต่ถ้การเกิดปฏิกิริยาต้องใช้อุณหภูมิสูง เรียกสารเคลือบผิวชนิดนี้ว่า สารเคลือบผิวชนิดอบ

2.4 พอลิเมอร์และเรซินสังเคราะห์ที่นำมาทำสารเคลือบ

2.4.1 อัลคิเดเรซิน (Alkyd Resins)

อัลคิเดเรซิน เป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ ซึ่งปกติใช้กลีเซอรอล กับกรดพอลิเบสิก ซึ่งโดยทั่วไปใช้ฟทาลิกแอนไฮไดรด์ (Phthalic Anhydride) นอกจากนี้ มักใช้กรดไขมัน หรือนํ้ามันมาเอสเตอริไฟยาร่วมด้วย

ถ้าให้กลีเซอรอลทำปฏิกิริยากับฟทาลิกแอนไฮไดรด์หรือกรดโตนเบสิกอื่น ๆ แต่ลำพังโดยไม่ใส่สารอื่นลงไปด้วย จะเตรียมได้อัลคิเดเรซินที่เปราะ และใช้ประโยชน์ได้น้อยในอุตสาหกรรมเคลือบผิว เนื่องจากเรซินดังกล่าวเกิดโครงสร้างเชื่อมโยงแบบตาข่ายจากหมู่ไฮดรอกซิลที่เหลืออยู่ จึงทำให้เปราะและไม่ละลายในตัวทำละลายทั่ว ๆ ไป อย่างไรก็ตามสามารถลดความเปราะและเพิ่มการละลายเรซินนี้ได้โดยการเติมกรดโมโนเบสิกที่มีโซ่ยาว ๆ ซึ่งมักได้จากกรดไขมันในนํ้ามันที่เกิดในธรรมชาติเข้าไปในโมเลกุลของอัลคิเดเรซิน และเรียกอัลคิเดเรซินที่เตรียมได้โดยวิธีการดังกล่าวนี้ว่า อัลคิเดที่ดัดแปรด้วยนํ้ามัน (Oil-Modified Alkyd Resin) ตัวอย่างเช่น Linseed Oil-Modified Alkyd Resin ได้จากการนำนํ้ามันลินสีดซึ่งมีกรดลิโนลินิกเป็นส่วนประกอบมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดัดแปลงอัลคิเดเรซิน โดยการนำน้ำมันมาให้ความร้อนผสมกับกลีเซอรอล แล้วจึงเติมฟทาสิก-แอนไฮไดรด์ลงไป

ในทางปฏิบัติ ไม่จำเป็นต้องทำไฮโดรไลซิสแยกเอกรดไขมันออกจากน้ำมันก่อน สามารถใช้น้ำมันที่เกิดอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารประกอบพวกไตรกลีเซอไรด์มาให้ความร้อนกับกลีเซอรอลได้เป็นโมโนกลีเซอไรด์ได้เป็นอัลคิเดเรซิน กรดไขมันที่เข้าไปอยู่ในโมเลกุลของอัลคิเดเรซินจะลดจำนวนหมู่ฟังก์ชันของเรซิน ซึ่งย่อมลดโครงสร้างตาข่ายของเรซินด้วยทำให้ละลายได้ดีขึ้น ในขณะที่เดียวกันไซของกรดไขมันจะทำให้เรซินมีลักษณะไม่มีขั้ว (Non-Polar) เพิ่มขึ้น ทำให้ละลายได้ในน้ำมัน และตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน นอกจากนี้กรดไขมันยังช่วยเพิ่มความอ่อนตัวของเรซินทำให้ไม่เปราะ จึงอาจถือได้ว่ากรดไขมันเป็นพลาสติกไซเซอร์ภายใน (internal Plasticizer) ของอัลคิเดเรซิน

2.4.2 ฟีนอลิกเรซิน (Phenolic Resins)

ฟีนอลิกเรซินเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ชนิดแรกที่เกิดขึ้นในทางการค้า โดยเบคเคแลนด์ (Baekeland) นักเคมีชาวเบลเยียมพบว่า ถ้าให้ความร้อนและความดันก็จะสามารถเปลี่ยนของผสมของฟีนอลและฟอร์มัลดีไฮด์เป็นเรซินที่มีสมบัติเป็นฉนวนยอดเยี่ยม ทนทานต่อความร้อน ความชื้น เคมีภัณฑ์ต่าง ๆ และทนต่อการกัดกร่อนเป็นอย่างดี บริษัทดูปองต์ได้ผลิตเรซินชนิดนี้ออกจำหน่ายในนามของเบคเคไลต์ (Bakelite)

ฟีนอลิกเรซินเตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างฟีนอล หรือฟีนอลที่ถูกแทนที่กับแอลดีไฮด์หรือสารที่จะเกิดเป็นแอลดีไฮด์ได้ ฟีนอลิกเรซินที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิว มักนำมาดัดแปลงด้วยชั้นสน กรดโรซิน หรือกรดไขมัน

2.4.3 ยูเรียเรซิน (Urea Resins)

ยูเรียเรซินเริ่มใช้กันมาตั้งแต่ ค.ศ.1920 แทนฟีนอลิกเรซิน เพราะจะให้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีสีอ่อนกว่า ไม่ขึ้นเหลือง และมีความทนทานต่อต่างดีกว่า ต่อมาได้มีผู้นำยูเรียเรซินไปใช้เป็นกาวยึดไม้ เนื่องจากทนน้ำที่ซึบต่อต่าง ๆ ได้ดี สำหรับการใช้อยูเรียเรซินในอุตสาหกรรมเคลือบผิวได้เริ่มใช้ในราว ปี ค.ศ.1930 ยูเรียเรซินเตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างยูเรียและแอลดีไฮด์ ซึ่งส่วนมากใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ โครงสร้างของยูเรียเรซินที่เตรียมได้จะขึ้นกับแฟกเตอร์ต่อไปนี้คือ

- (1) ตัวกลางที่ใช้ เช่น น้ำ หรือแอลกอฮอล์
- (2) อัตราส่วนจำนวนโมลของสารเริ่มต้นทั้งสองที่ทำปฏิกิริยากัน
- (3) ตัวเร่ง และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปฏิกิริยา
- (4) อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ทำปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าทำปฏิกิริยาในน้ำและมีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะได้สารซึ่งไม่ละลายในตัวทำละลายใด ๆ จึงเอาไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ แต่ถ้าทำปฏิกิริยาในน้ำยาที่เป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อย จะเกิดโมโนเมทิลลอลยูเรีย (Mono-Methylol Urea) ขึ้นก่อน ซึ่งจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาต่อไปเป็นไดเมทิลลอลยูเรีย (Dimethylol Urea) ไดเมทิลลอลยูเรียจะเข้าทำปฏิกิริยากันเองเกิดเป็นโมเลกุลใหญ่ ซึ่งโครงสร้างต่อกันด้วยพันธะเมทิลีน และพันธะอีเทอร์

2.4.4 เมลามีนเรซิน (Melamine Resins)

เมลามีนเรซินเตรียมได้ทำนองเดียวกันกับการเตรียมยูเรียเรซิน โดยการให้เมลามีนทำปฏิกิริยากับฟอมาลดีไฮด์ ไฮโดรเจนของหมู่อะมิโนจะถูกแทนที่ด้วยหมู่เมทิลลอล ควรสังเกตด้วยว่าไฮโดรเจนทั้งสองอะตอมของหมู่อะมิโนในเมลามีนจะถูกแทนที่ได้ง่ายกว่าไฮโดรเจนของหมู่อะมิโนในยูเรีย

ในการเตรียมเมลามีนเรซินเพื่อใช้เป็นสารเคลือบผิว โดยทั่วไปใช้ฟอมาลดีไฮด์ 5-6 โมล ทำปฏิกิริยากับเมลามีน 1 โมล ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นครั้งแรกเป็นของผสมระหว่างเพนตะ- และเฮกซะเมทิลลอลเมลามีน ซึ่งจะรวมตัวกันต่อไป เกิดพันธะอีเทอร์ และพันธะเมทิลีนเช่นเดียวกับกรณีของ ยูเรียเรซิน และในการที่จะได้เรซินซึ่งละลายได้ในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน ในขั้นสุดท้ายของปฏิกิริยาจะต้องเติมบิวทานอลให้มากเกินพอ โดยควบคุมสารละลายให้มีความเป็นกรดเล็กน้อยเพื่ออีเทอร์ิฟายหมู่เมทิลลอลบางส่วน

2.4.5 อีพอกซีเรซิน (Epoxy Resins)

อีพอกซีเรซินเดิมที่เรียกกันว่าอีพอกไซด์เรซิน (Epoxy Resins) หรือในยุโรปเรียกกันว่าอีทอกซิลีนเรซิน (Ethoxyline Resins) แต่ในสหรัฐอเมริกานิยมเรียกกันว่า อีพอกซีเรซิน

อีพอกซีเรซินเป็นเรซินที่ใช้ประโยชน์ได้มากในอุตสาหกรรม ประมาณ 60% ที่ผลิตขึ้นใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิว พี คาสตัน (P. Caston) ชาวสวิสเซอร์แลนด์เป็นผู้จดทะเบียนสิทธิบัตรอีพอกซีเรซินไว้ในปี 1938 หลังจากนั้นบริษัทซีบา (CIBA) ในสวิสเซอร์แลนด์ และบริษัทเดอโรและเรย์โนลด์ (Deroy & Reynolds) ในสหรัฐอเมริกาได้ผลิตเรซินชนิดนี้ออกจำหน่ายใน Epon และได้ผลิตส่งออกนอกสหรัฐอเมริกาในนาม Epikote ต่อมาในปี ค.ศ.1948 บริษัทซีบาได้ผลิตอีพอกซีเรซิน ออกจำหน่ายในนาม Araldite

อีพอกซีเรซินเตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างได- หรือพอลิไฮดริกฟีนอล และอีพิฮาโลไฮดริน (Epihalohydrin) พอลิไฮดริกฟีนอลที่ใช้กันมากได้แก่ บิสฟีนอล-เอ (Bisphenol-A) สำหรับอีพิฮาโลไฮดรินที่สำคัญในทางการค้าคือ อีพิคลอโรไฮดริน (Epichlorohydrin) อีพอกซีมีข้อด้อยคือ ไม่ละลายในตัวทำละลายที่มีราคาถูกลง และไม่เข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับเรซินบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ฟิล์มที่ได้จากอีพอกซีเรซินอาจจะร่วนเมื่ออยู่ภายนอกเป็นระยะเวลาสั้น ๆ และความทนน้ำก็ด้อยลงด้วย

ตัวทำละลายอีพอกซีเรซินได้แก่ เมทิลเอทิลคีโตน ไกลคอลอีเทอร์ และไดเอซีโตน เนื่องจากตัวทำละลายเหล่านี้ราคาแพง ดังนั้นจึงมักเติมแอลกอฮอล์หรือตัวทำละลายอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนผสมไปด้วยเพื่อลดต้นทุน

2.4.6 พอลิยูรีเทน (Polyurethane)

พอลิยูรีเทนเป็นพอลิเมอร์ที่มีหมู่ $-NHCOO-$ อยู่ในโมเลกุล ได้จากปฏิกิริยาระหว่างได-หรือพอลิไอโซไซยาเนต กับได- หรือพอลิไฮดรอกซีแอลกอฮอล์

ปฏิกิริยาการเกิดพอลิยูรีเทนค้นพบในปี ค.ศ.1848 โดยเวิร์ตซ์ (Wurtz) เขาพบว่าโมโนไอโซไซยาเนต ($R-N=C=O$: R=หมู่อัลคิล หรือแอริล) สามารถเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบซึ่งมีไฮโดรเจนที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา (เช่นแอลกอฮอล์ และเอมีน) ได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิห้องเกิดเป็นเอสเทอร์ของกรดคาร์บาไมกที่ถูกแทนที่ ต่อมาในปี ค.ศ.1937 ไบเออร์ (Bayer) นักเคมีชาวเยอรมันและผู้ร่วมงานพบว่า ถ้านำไดไอโซไซยาเนตมาทำปฏิกิริยากับไดออลจะได้พอลิยูรีเทนซึ่งมีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีโครงสร้างแข็งเส้น

2.4.7 พอลิไวนิลแอสีเตต (Polyvinyl Acetate)

ไวนิลแอสีเตตเป็นโมโนเมอร์ที่หาได้ง่าย และมีราคาถูก ไวนิลแอสีเตตเตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างอะเซทิลีน กับกรดน้ำส้ม โดยมีเกลือของปรอทเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

พอลิไวนิลแอสีเตตเตรียมได้จากไวนิลแอสีเตตโมโนเมอร์ โดยวิธีการทั้งแบบบัลค์ (Bulk-Polymerization) แบบสารละลาย (Solution Polymerization) แบบแขวนลอย (Suspension-Polymerization) หรือแบบอิมัลชัน (Emulsion Polymerization) ก็ได้ พอลิไวนิลแอสีเตตเป็นของแข็ง โปร่งใส ไม่มีสี จุดอ่อนตัว (Softening Point) ต่ำ อยู่ในช่วง 40 ถึง 90 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นกับ น้ำหนักโมเลกุล พอลิไวนิลแอสีเตตเป็นสารที่ชอบน้ำเล็กน้อย (Weakly Hydrophilic) น้ำจะมีผลต่อสมบัติต่าง ๆ มาก เช่น ความแข็งแรง แรงยึดกับผิวหน้า เป็นต้น ถ้าแช่พอลิไวนิลแอสีเตตไว้ในน้ำนาน ๆ จะเกิดการพองตัวและอ่อนตัว เกิดไฮโดรไลซิสโดยกรด หรือต่างไปเป็นพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ได้

พอลิไวนิลแอสีเตตมีสมบัติการยึดติดกับผิวหน้าดีมาก ทั้งนี้เพราะในโครงสร้างมีหมู่แอสีเตตซึ่งเป็นหมู่ที่มีขั้วอยู่ ดังนั้นนอกจากจะนำเอาพอลิไวนิลแอสีเตตไปใช้เป็นสารยึดในสีอิมัลชันแล้ว ยังนิยมนำไปใช้ทำกาวลาเทกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.8 อะคริลิกเรซิน (Acrylic Resins)

อะคริลิกเรซินเป็นพอลิเมอร์และโคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากรดอะคริลิก และอนุพันธ์ของกรดอะคริลิก เช่น กรดเมตาคริลิก และเอสเทอร์ของกรดเหล่านี้ อะคริลิกที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิว สามารถผลิตขึ้นได้ในลักษณะทางฟิสิกส์ต่าง ๆ กัน เช่น เป็นของแข็ง สารละลาย และอิมัลชัน เป็นต้น

อะคริลิกเรซินชนิดแข็งที่ใช้ในการเคลือบผิว เป็นพอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมพลาสติก จะอยู่ในลักษณะเป็นเม็ด (Bead) เล็ก ๆ ซึ่งได้มาจากการบดบล็อกใหญ่ ๆ ส่วนมากมักเป็นไฮโมพอลิเมอร์ของเมทาคริลेटเอสเทอร์ หรือเป็นโคพอลิเมอร์ของเมทาคริลेट สำหรับอะคริลิกเรซินที่ผลิตขึ้นในลักษณะสารละลาย มักทำขึ้นโดยกรรมวิธีพอลิเมอร์ไรเซชันแบบสารละลาย และฟิล์มที่ได้หลังการแห้งตัวจะเป็นเทอร์โมพลาสติก แต่ถ้าเรซินมีฟังก์ชันแนลโมโนเมอร์ที่เหมาะสมอยู่ด้วยอาจจะเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงกลายเป็นเทอร์โมเซตได้

2.4.9 สไตรีน-บิวตะไดอินโคพอลิเมอร์ (Styrene-Butadiene Copolymer)

เมื่อนำสไตรีน และบิวตะไดอินมาทำปฏิกิริยาโคพอลิเมอร์ไรเซชันเข้าด้วยกัน จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งต่าง ๆ กันแล้วแต่อัตราส่วนของโมโนเมอร์ทั้งสอง กล่าวคือ ถ้าจะใช้ทำเป็นยางสังเคราะห์จะต้องมีปริมาณของบิวตะไดอินมาก (ประมาณ 75%) แต่ถ้าใช้เป็นสารยึดมีสีอิมัลชันจะต้องมีปริมาณของสไตรีนมาก (สไตรีน:บิวตะไดอิน = 60:40 ถึง 67:33) บิวตะไดอินทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ภายใน

2.4.10 ไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose)

ไนโตรเซลลูโลสถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ.1845 โดยจีนไบน์ (Schonbein) เขาคิดว่าเขาสามารถเตรียมสารประกอบซึ่งมีไนโตรเจนต่ออยู่โดยตรงกับคาร์บอน จึงเรียกสารที่เตรียมขึ้นได้นี้ว่า ไนโตรเซลลูโลส ซึ่งไม่ถูกต้องนัก ชื่อที่ถูกต้องคือ เซลลูโลสไนเตรต (Cellulose Nitrate)

ไนโตรเซลลูโลสเตรียมได้จากกรรมวิธีที่เรียกว่า ไนเตรชัน (Nitration) ซึ่งทำได้จากปฏิกิริยาระหว่างเซลลูโลส กับกรดไนตริก โดยหมู่ไนเตรตจะเข้าไปแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลของเซลลูโลส เวลาเตรียมใช้กรดไนตริกผสมกับกรดซัลฟูริกในอัตราส่วน 25:55% และใช้น้ำอีก 20% ผ่านเซลลูโลสเข้าไปที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส ประมาณ 20-60 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้แยกออกโดยวิธีเซนตริฟิวจ์ (Centrifuge)

2.4.11 ยางคลอริเนเตด (Chlorinated Rubber)

บริษัทไอซีไอในประเทศไทยได้ผลิตยางคลอรีเนเตดออกจำหน่ายในนามของ แอลโลพรีน (Alloprene) แอลโลพรีนเป็นผงสีขาว ไม่มีรส ไม่มีติดไฟ และไม่เป็นพิษ จะเกิดฟิล์มที่ไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมี มีความทนทานต่อสารต่าง ๆ ได้ดี ทนต่อการกัดกร่อน น้ำจะซึมผ่านเข้าไปในแอลโลพรีนได้ยาก จึงใช้ประโยชน์ได้ในอุตสาหกรรมสารเคลือบผิว

ในการเตรียมยางคลอรีเนเตด ขั้นแรกจะต้องพอลิเมอร์ไรซ์ (Polymerize) ยางธรรมชาติให้มีขนาดของโซ่ที่เหมาะสมก่อน ซึ่งทำได้โดยการบดยางด้วยลูกกลิ้งที่ร้อน นำยางที่ถูกบดแล้วนี้ไปละลายในตัวทำละลายเฉื่อย เช่น คาร์บอนเตตระคลอไรด์ จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปกลั่นไหลกลับพร้อมทั้งผ่านแก๊สคลอรีนเข้าไปด้วย ก็จะได้ยางคลอรีเนเตดซึ่งจะตกตะกอนลงมา นำไปล้างและทำให้แห้ง ยางคลอรีเนเตดที่ได้นี้มีลักษณะเป็นผงสีครีม ในการที่จะให้ได้ยางคลอรีเนเตดที่มีคุณภาพดี จะต้องให้มีปริมาณของคลอรีนอยู่ประมาณ 65-67%

2.4.12 ซิลิโคนเรซิน (Silicone Resins)

ซิลิโคนเรซินเป็นพอลิเมอร์อินทรีย์ สามารถใช้ประโยชน์ได้มากมายในอุตสาหกรรม สารประเภทซิลิโคนมีอยู่มากมายขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุล และกรุ๊ปอินทรีย์ที่ต่ออยู่กับซิลิคอน ซิลิโคนเรซินที่ใช้ในทางการค้าส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างเป็นโซ่ อาจจะยาวหรือสั้นก็ได้ใช้ประกอบด้วยซิลิคอนสลับกับออกซิเจน โดยมีกรุ๊ปอินทรีย์ต่ออยู่กับซิลิคอนอะตอม

ซิลิโคนที่ใช้ในทางการค้ามีทั้งในรูปของเหลว จารบี (Grease) ยาง และเรซิน ซึ่งลักษณะที่แตกต่างกันนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล และน้ำหนักโมเลกุล ซิลิโคนเตรียมได้จากการไฮโดรไลซ์คลอโรซิลเลน (Chlorosilane) จะได้ซิลานอล (Silanol) นำซิลานอลไปทำปฏิกิริยากันเอง ก็จะได้ซิลิโคนที่มีโครงสร้างเป็นพอลิซิลอกเซนเชิงเส้น (Linear Polysiloxane) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลที่ปลายโซ่ผสมอยู่กับอนุพันธ์ที่เป็นวงแหวน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เป็นวงแหวนนี้สามารถนำไปทำให้เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นได้โดยให้ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริก หรือไปเตสเทียมไฮดรอกไซด์แห้ง

2.5 การเลือกใช้เรซินสังเคราะห์

เรซินสังเคราะห์ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิวมีด้วยกันหลายชนิด ดังนั้นการเลือกใช้เรซินให้ได้ผลดีที่สุด จึงต้องรู้จักเลือกใช้ให้เหมาะสมโดยขั้นแรกควรศึกษาถึงสภาพสิ่งแวดล้อมตลอดจนรู้ถึงสมบัติของเรซินที่จะนำมาใช้งานเสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 สมบัติของเรซินสังเคราะห์

สมบัติ	เรซินสังเคราะห์					
	อัลคิด	ไวนิล	อีพอกซี	ฟีนอลิก	ยางสังเคราะห์	พอลิยูรีเทน
1. การยึดกับผิวหน้า	VG	F	E	G	G	G
2. ความแข็ง	G	G	VG	VG	VG	E
3. ความอ่อนตัวไม่เปราะ	G	E	E	G	G	VG
4. ความทนทานต่อการขีดสี	G	VG	VG	VG	G	E
5. ความทนกรด	F	E	G	VG	VG	E
6. ความทนด่าง	F	E	E	G	VG	VG
7. ความทนผงซักฟอก	F	E	E	VG	VG	VG
8. ความทนทานต่อความร้อน	G	P	G	G	VG	G
9. ความทนตัวทำละลายรุนแรง	F	F	E	VG	F	E
10. ความทนน้ำ	G	E	G	E	VG	VG
11. ความทนต่อการเปลี่ยนสี	VG	E	G	G	G	F
12. ความทนต่อการเกิดเป็นฝุ่น	G	E	F	G	G	F

Key : E Excellent, Outstanding F Fair
 VG Very good P Poor
 G Good or Average NR Not recommend

2.6 ตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย คือ ของเหลวที่ระเหยได้ซึ่งใช้ในสารเคลือบผิว เพื่อละลายสารยึดที่เป็นของแข็งหรือที่มีความหนืดสูงให้ได้เป็นเนื้อเดียวกัน

ไดลูเอนต์ คือ ของเหลวที่ระเหยได้ซึ่งไม่สามารถละลายสารยึดได้ด้วยตนเอง แต่เข้าได้เป็นเนื้อเดียวกับตัวทำละลาย และใช้เติมลงไปเพื่อให้การใช้งานของสารเคลือบผิวทำได้ง่ายขึ้นหรือเพื่อปรับปรุงสมบัติการระเหย หรือเพื่อลดต้นทุน

ตัวทำละลายแฝง คือ ตัวทำละลายซึ่งไม่สามารถละลายสารยึดได้ด้วยตนเอง แต่เมื่ออยู่ร่วมกับตัวทำละลายที่แท้จริง จะช่วยให้ของผสมสามารถรับไดลูเอนต์ได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 ชนิดของตัวทำละลาย

อาจแบ่งตัวทำละลาย และไดลูเอนต์ออกได้ตามสมบัติทางเคมีดังต่อไปนี้ คือ

(1) ตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน

ตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน อาจแบ่งออกได้ตามสมบัติทางเคมีเป็น 4 หมู่ คือ

- ก. **ตัวทำละลายอะลิฟาติก** ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนที่ตรงหรือมีกิ่งก้านสาขาก็ได้ ตัวทำละลายอะลิฟาติกที่อิ่มตัว เรียกว่า พาราฟิน ส่วนตัวทำละลายที่ไม่อิ่มตัว เรียกว่า โอลีฟิน
- ข. **ตัวทำละลายอะโรมาติก** เป็นตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนแบบวงที่มีโครงสร้างเป็นวงเบนซิน
- ค. **แนฟทีน** เป็นตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนแบบวงที่อิ่มตัว โครงสร้างอาจมีกิ่งก้านสาขาหรือไม่ก็ได้
- ง. **เทอร์เพนโทน** เป็นตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนแบบวงที่ไม่อิ่มตัวมีสูตรทั่วไปคือ $C_{10}H_{16}$

ศัพท์ต่างๆ ที่ใช้กันในการเรียกชื่อตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน

ไวท์สปีริต เป็นศัพท์ที่ใช้กันทั่วไปในภาษาอังกฤษ หมายถึง ส่วนของน้ำมันปิโตรเลียมระหว่างน้ำมันรถยนต์และน้ำมันก๊าด ไวท์สปีริตมีช่วงจุดเดือดประมาณ 150 - 200 องศาเซลเซียส

ปิโตรเลียมสปีริต และ มิเนอรัลสปีริต เป็นศัพท์ที่ใช้กันในอเมริกาและแคนาดา หมายถึง ส่วนของน้ำมันปิโตรเลียมซึ่งใกล้เคียงกับไวท์สปีริต

ปิโตรเลียมอีเทอร์ หรือ ลิโกรอิน ได้แก่ ส่วนของน้ำมันปิโตรเลียมที่ระเหยง่ายที่สุด มีช่วงเดือดแคบ เช่น 40 - 60 องศาเซลเซียส, 60 - 70 องศาเซลเซียส และ 60 - 80 องศาเซลเซียส และมีปริมาณอะโรมาติกต่ำระหว่าง 1-5 เปอร์เซ็นต์

น้ำมันก๊าด เป็นส่วนของน้ำมันปิโตรเลียมที่มีช่วงจุดเดือดระหว่าง 160 - 285 องศาเซลเซียส น้ำมันก๊าดระเหยได้ยาก จึงไม่ใช้กันในสีทาบ้านและผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกัน

ตัวทำละลายหมู่ไฮโดรคาร์บอนส่วนมากได้จากน้ำมันปิโตรเลียม สำหรับตัวทำละลายอะโรมาติกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ๆ เช่น เบนซิน โทลูอีน และไซลีน สมัยก่อนได้จากน้ำมันดิบเป็นส่วนมาก แต่เนื่องจากปัจจุบันนี้ความต้องการใช้ตัวทำละลายดังกล่าวในอุตสาหกรรมเคลือบผิวสูงมาก จึงได้มีโรงงานอุตสาหกรรมเคมีคิดค้นวิธีการผลิตตัวทำละลายดังกล่าวนี้จากน้ำมันปิโตรเลียม และทำให้ปัจจุบันนี้ตัวทำละลายดังกล่าวได้มาจากน้ำมันปิโตรเลียมมากกว่าน้ำมันดิบ ซึ่งการเปลี่ยนพาราฟินและแนฟทีนไปเป็นอะโรมาติกนี้ เรียกว่า **อะโรมาติกเซชัน**

(2) ตัวทำละลายน้ำมันดิน

ในขบวนการกลั่นน้ำมันดิน จะแยกได้ส่วนซึ่งประกอบด้วยสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ต่ำที่สุด 3 ชนิดคือ เบนซิน โทลูอีน และไซลีน

เบนซินไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวทำละลาย และไดลูเอนต์ เนื่องจากระเหยง่าย มีจุดวาบไฟต่ำ และเป็นพิษ ดังนั้นจึงไม่ค่อยใช้เบนซินในอุตสาหกรรมเคลือบผิว

สำหรับโทลูอีน เป็นพิษน้อยกว่าเบนซิน และอัตราการระเหยก็เกินไปโดยความเหมาะสม ดังนั้นจึงนิยมใช้โทลูอีนเป็นไดลูเอนต์ในไนโตรเซลลูโลส และไวนิลแลกเกอร์ และใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับเรซินสังเคราะห์บางตัว

(3) เทอร์เพนโทลีน และน้ำมันสน

ตัวทำละลายชนิดนี้ประกอบด้วยของผสมของเทอร์พีนเป็นส่วนใหญ่ เทอร์เพนโทลีนมีกลิ่นเฉพาะตัว และส่วนใหญ่จะกลั่นออกมาที่อุณหภูมิระหว่าง 150 – 180 องศาเซลเซียส

เทอร์เพนโทลีนแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด ดังนี้ คือ

- ก. กัมเทอร์เพนโทลีน หรือ กัมสปีริต เตรียมได้โดยการกลั่นยางไม้ หรือโอลีโอเรซินที่เก็บมาจากต้นสนที่ยังไม่ตาย โดยใช้ไอน้ำ
- ข. สตรีมดิสทิลลูด์เทอร์เพนโทลีน ได้จากโอลีโอเรซินที่อยู่โคนต้นสนโดยการผ่านไอน้ำเข้าไปที่ไม้ที่บดแล้ว หรือโดยการสกัดไม้ที่บดแล้วด้วยตัวทำละลาย
- ค. ซัลเฟตลูด์ เทอร์เพนโทลีน เป็นการผลิตผลพลอยได้จากขบวนการเปลี่ยนไม้เป็นเยื่อกระดาษโดยกรรมวิธีซัลเฟต
- ง. เดสทาร์คทีฟลีดิสทิลลูด์เทอร์เพนโทลีน ได้จากส่วนของผลิตภัณฑ์ซึ่งระเหยในระหว่างกรรมวิธีการกลั่นตัวทำละลายของไม้สน เทอร์เพนโทลีนชนิดนี้ปัจจุบันใช้กันน้อยมาก

ส่วนประกอบที่สำคัญของเทอร์เพนโทลีน ได้แก่ แอลฟา-ไพนีน, บีตา-ไพนีน, แครีน และ ไดเพนทีน ซึ่งได้จากส่วนของลูด์เทอร์เพนโทลีน ผลิตภัณฑ์ในทางการค้า มีช่วงจุดเดือด 170 - 180 องศาเซลเซียส ไดเพนทีนมีความสามารถทำละลายได้ดี นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติด้านการแห้งตัวของฟิล์มที่ได้จากน้ำมันแห้งเร็ว จึงเป็นสารกันการเกิดฝ้าในสีน้ำมันและวารนิช

น้ำมันสน เป็นของเหลวไม่มีสีจนกระทั่งถึงสีอำพัน ได้จากส่วนซึ่งมีจุดเดือดสูงระหว่างการทำให้ลูด์เทอร์เพนโทลีนบริสุทธิ์ นอกจากนี้ ยังได้จากไอที่เกิดขึ้นในระหว่างขบวนการย่อยไม้โดยกรรมวิธีซัลเฟต น้ำมันสนประกอบด้วยของผสมของเทอร์พีนแอลกอฮอล์เป็นส่วนใหญ่มีช่วงจุดเดือด 190 – 202 องศาเซลเซียส น้ำมันสนมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดีมาก ด้านการเกิดฝ้าและด้านการเกิดฟอง นอกจากนี้ยังแสดงสมบัติเป็นยาฆ่าเชื้อโรคอย่างอ่อน ๆ

(4) ตัวทำละลายที่ไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอน

- ก. ไนโตรพาราฟิน เริ่มใช้ครั้งแรกในวงการอุตสาหกรรมในปี ค.ศ.1941 ตัวทำละลายชนิดนี้ที่ใช้นั้นมีอยู่ 4 ชนิด คือ ไนโตรมีเทน ไนโตรอีเทน ไนโตรโพรเพน และ α -ไนโตรโพรเพน ซึ่งตัวทำละลายทั้งหมดนี้มีสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับไวนิลเรซิน ไนโตรเซลลูโลส เซลลูโลสเอซีเตต น้ำมัน ไขมัน ชี้น้ำมัน และยางบางชนิด ข้อดีของตัวทำละลายชนิดนี้คือ มีกลิ่นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ คีโตน ซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับไวนิลเรซิน และอนุพันธ์ของเซลลูโลส นอกจากนี้ยังมีสมบัติทำละลายดีมาก และมีอัตราการระเหยปานกลาง
- ข. คลอริเนเตดไฮโดรคาร์บอน ที่ใช้กันมากคือ เมทิลีนคลอไรด์ ไตรคลอโรเอทิลีน เมทิลีนคลอไรด์ และเปอร์คลอโรเอทิลีน เมทิลีนคลอไรด์ส่วนใหญ่ใช้เป็นน้ำยาล้างสี ในขณะที่ตัวทำละลาย 2 ชนิดที่เหลือ ใช้เป็นตัวละลายไขมันบนผิวโลหะ

2.6.2 สมบัติที่สำคัญของตัวทำละลายและไดลูเอนต์

สมบัติที่สำคัญของตัวทำละลายและไดลูเอนต์ สำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรม เคลิือบ-ผิวคือ ความสามารถในการทำละลาย การระเหย จุดติดไฟที่เกิดขึ้นเอง จุดวบไฟ เสถียรภาพทางเคมี สี กลิ่น สมบัติทางสรีรวิทยา สมบัติการกัดกร่อน และราคา

(1) ความสามารถในการทำละลาย

วิธีการทดลองในห้องทดลองที่ใช้หาความสามารถในการทำละลายของตัวทำละลาย และไดลูเอนต์ ได้แก่

ก. อัตราส่วนการเจือจาง

อัตราส่วนการเจือจาง นิยามได้ว่า เป็นความสัมพันธ์ทางปริมาตรระหว่างไดลูเอนต์ และตัวทำละลายแท้จริง หรือของผสมระหว่างตัวทำละลายแท้จริงกับตัวทำละลายแฝง ณ จุดซึ่งได้เติมไดลูเอนต์ลงไปเพียงพอในสารละลายแลกเกอร์ จนทำให้เกิดการตกตะกอน

การหาอัตราส่วนการเจือจาง ทำได้โดยการหยดไดลูเอนต์จากบิวเรตต์ลงในสารละลายของพอลิเมอร์ที่รู้ความเข้มข้นและปริมาตร จนกระทั่งสังเกตเห็นความขุ่น ตัวทำละลายใดมีความสามารถในการทำละลายสูง ก็จะได้รับไดลูเอนต์ได้มาก (มีค่าอัตราส่วนการเจือจางสูง) โดยปกติค่าอัตราส่วนการเจือจางของตัวทำละลายจะลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ข. การทดสอบหาค่าเคาโร-บิวทานอล (Kauri-Butanol Test)

มักเรียกย่อ ๆ ว่า *KB test* ซึ่งทดสอบได้โดยการเอาสารละลายของเคาโรโคแพลเรซิน 16.7% ในนอร์มอลบิวทานอลมาไทเทรตกับไดลูเอนต์จนของผสมข้นมาก จนกระทั่งไม่สามารถอ่านตัวอักษรบนแผ่นกระดาษที่วางไว้ได้ภาชนะที่ใช้ในการไทเทรตได้

เบอร์เรลได้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์การละลายและค่า *KB* ของตัวทำละลายอะลิฟาติก ดังสมการต่อไปนี้

$$\delta = 6.3 + 0.3 \text{ KB} \quad \dots(1)$$

สมการดังกล่าวนี้ ใช้ประโยชน์ในการหาค่าพารามิเตอร์การละลายของตัวทำละลายปิโตรเลียมซึ่งประกอบด้วยของผสมของตัวทำละลายที่มีช่วงจุดเดือดกว้าง และไม่รู้ค่าน้ำหนักโมเลกุล *KB test* ขณะนี้ใช้กันน้อยมาก โดยมากมักใช้กันในการหาสมบัติความสามารถในการทำละลายของตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน เนื่องจากค่า *KB* จะบอกถึงปริมาณของสารอะโรมาติกที่มีอยู่ในตัวทำละลายประเภทนี้ เช่น ไวท์สปีริตซึ่งมีปริมาณของสารอะโรมาติกต่ำ (5 – 20% โดยปริมาตร) มีค่า *KB* อยู่ระหว่าง 30 – 40 ในขณะที่โทลูอีนบริสุทธิ์มีค่า *KB*=105

ค. จุดหมอกแอนิลิน (Aniline Cloud Point)

จุดหมอกแอนิลิน หรือจุดแอนิลิน (Aniline point) คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่ปริมาตรเท่า ๆ กันของแอนิลิน และตัวทำละลายจะรวมอยู่ได้เป็นเนื้อเดียวกัน

การหาค่าจุดหมอกแอนิลิน ทำได้โดยค่อย ๆ ลดอุณหภูมิของของผสมระหว่างแอนิลิน และตัวทำละลายลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งของผสมเริ่มขุ่น การหาจุดหมอกแอนิลินนี้ใช้กันมากในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม เพราะเป็นการวัดปริมาณของสารอะโรมาติกอย่างคร่าว ๆ

ง. ความหนืด

ของเหลวมีสมบัติเฉพาะตัวคือ ความสามารถในการไหล ของเหลวต่างชนิดกันมีความสามารถในการไหลต่างกัน ความต้านทานการไหลของของเหลวก็คือ ความหนืดนั่นเอง ของเหลวที่ไหลได้ยากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ เรียกว่า ของเหลวหนืด ซึ่งโดยปกติ น้ำมันและสีจะไหลได้ยากกว่าน้ำ กล่าวคือ มีความหนืดสูงกว่าน้ำนั่นเอง ส่วนตัวทำละลายทั้งหมดจะมีความหนืดน้อยกว่าน้ำ

การวัดความหนืดสามารถกระทำได้หลายวิธี เครื่องมือที่ใช้สำหรับหาความหนืด เรียกว่า *มาตรความหนืด* ในการวัดความหนืดไม่ว่าจะวัดโดยวิธีใดก็ตามอุณหภูมิมาตรฐานที่กำหนดให้คือ 25 องศาเซลเซียส และโดยปกติ ความหนืดที่มีหน่วยเป็นพอยส์ โดยกำหนดให้ความหนืดของน้ำที่ 25 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 0.01 พอยส์ หรือเซนติพอยส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ารู้ค่าความหนืดของสารละลายเรซิน หรือสารยึดในตัวทำละลายมาตรฐาน และตัวทำละลายทดสอบ (โดยที่อัตราส่วนของ เรซิน:ตัวทำละลาย คงที่) สามารถนำมาหาค่าดัชนีการละลายได้ดังนี้

$$\text{ดัชนีการละลาย} = \frac{\text{ความหนืดของสารละลายของเรซิน X \% ในตัวทำละลายมาตรฐาน} * 100}{\text{ความหนืดของสารละลายของเรซิน X \% ในตัวทำละลาย}}$$

จ. การระเหย

อัตราการระเหยของตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในสารเคลือบผิว (โดยเฉพาะอย่างยิ่งในไนโตรเซลลูโลสแลกเกอร์) เป็นสมบัติที่สำคัญอย่างยิ่ง เพราะถ้าตัวทำละลายมีอัตราการระเหยเร็ว ถึงแม้จะทำให้เกิดการแห้งตัวเป็นฟิล์มเร็วกก็ตาม แต่บางครั้งอาจทำให้ฟิล์มเกิดข้อบกพร่องได้ เช่น เกิดลักษณะผิวส้ม หรือเกิดความดัน ในทางตรงกันข้าม ถ้าการระเหยของตัวทำละลายช้ามาก ถึงแม้ว่าจะไม่ทำให้ฟิล์มเกิดข้อบกพร่องก็ตามแต่ก็จะทำให้เวลาที่ใช้ในการแห้งนานเกินไป

การหาอัตราการระเหยของตัวทำละลายสามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่ง่ายที่สุดคือ ใ้ปิเปตดูดเอาตัวทำละลาย 0.5 มิลลิลิตร หยดลงตรงกลางกระดาษกรอง เช่น กระดาษวัดแมนหมายเลข 1 แล้วถือกระดาษกรองยกขึ้นส่องดูกับแสงไฟ สังเกตหยดตัวทำละลายจนกระทั่งหายไป เวลาของการระเหยก็คือ เวลาตั้งแต่เริ่มหยดตัวทำละลายลงไปจนกระทั่งมองไม่เห็นหยดดังกล่าว แต่วิธีนี้ไม่เหมาะสำหรับการหาอัตราการระเหยของตัวทำละลายผสม

ฉ. การละลายของพอลิเมอร์หรือเรซิน

การเลือกใช้ตัวทำละลายสำหรับพอลิเมอร์หรือเรซินให้ถูกต้อง มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะถ้าเลือกใช้ตัวทำละลายที่ไม่ดีแล้ว ฟิล์มที่เคลือบผิวหน้าวัสดุย่อมไม่ดี และหลุดออกได้ง่าย กระบวนการการละลายของพอลิเมอร์ในตัวทำละลายทั่วไป ต่างจากการละลายของสารโมเลกุลเล็ก ๆ ที่เห็นได้ชัดเจนคือ พอลิเมอร์ละลายได้ช้ากว่ามาก และชนิดของตัวทำละลายที่สามารถละลายพอลิเมอร์มีน้อยกว่าหรือมีจำกัด

กระบวนการการละลายของพอลิเมอร์เกิดเป็น 2 ขั้นตอนคือ

ขั้นที่ 1 หลังจากผสมพอลิเมอร์และตัวทำละลายเข้าด้วยกัน โมเลกุลของตัวทำละลายจะแพร่เข้าหาโมเลกุลของพอลิเมอร์อย่างช้าๆ เกิดแรงกระทำระหว่างโมเลกุลของตัวทำละลายกับพอลิเมอร์ โมเลกุลของพอลิเมอร์จะขยายตัวออกโดยการบวมตัวขึ้น ปรากฏเป็นลักษณะคล้ายฟูน

ขั้นที่ 2 ถ้าแรงดึงดูดหรือแรงกระทำระหว่างโมเลกุลของตัวทำละลายและพอลิเมอร์มีมากพอ การละลายขั้นที่ 2 นี้จะเกิดขึ้นโดยที่พอลิเมอร์ที่บวมตัวออกนี้ค่อย ๆ ขยายตัวออกไปอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนกระทั่งสามารถผสมกับโมเลกุลตัวทำละลายอย่างเต็มที่ เกิดสารละลายพอลิเมอร์ที่แท้จริง เนื่องจากกระบวนการละลายในขั้นที่ 2 นี้ต้องแยกโมเลกุลของพอลิเมอร์ทั้งหลายออกจากกัน ดังนั้นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นร่างแห หรือแบบเชื่อมโยงจะไม่สามารถละลายในขั้นตอนที่ 2 กล่าวคือ พอลิเมอร์เหล่านี้จะไม่ละลาย จะเกิดแต่การบวมเท่านั้น

แฟกเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการละลายพอลิเมอร์

การที่พอลิเมอร์ชนิดหนึ่งจะละลายได้หรือไม่ หรือละลายได้มากน้อยเพียงใดในตัวทำละลายขึ้นอยู่กับธรรมชาติและโครงสร้างของพอลิเมอร์ ดังนี้

(1) น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า การเกิดสารละลายพอลิเมอร์อย่างแท้จริง โมเลกุลของพอลิเมอร์ และตัวทำละลายจะต้องผสมกันได้เป็นอย่างดี ดังนั้นพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก ๆ โอกาสที่โมเลกุลของพอลิเมอร์และตัวทำละลายจะผสมกันได้ดีจะมีน้อยกว่า ดังนั้นโดยทั่วไปสำหรับพอลิเมอร์ชนิดเดียวกัน ความสามารถในการละลายจะลดลงเมื่อพอลิเมอร์นั้นมีน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยสูงขึ้น

(2) โครงสร้างของพอลิเมอร์

พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบร่างแห หรือแบบเชื่อมโยงเป็นตาข่ายจะเกิดการบวมตัวเป็นวุ้นเท่านั้น แต่จะไม่ละลาย และองศาของการบวมตัว หรือการบวมตัวจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดขึ้นกับองศาของการเชื่อมโยง ถ้าการเชื่อมโยงมีไม่มาก พอลิเมอร์นั้นจะบวมตัวมาก เช่น ยางธรรมชาติที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการวัลคาไนเซชัน จะสามารถละลายได้ในตัวทำละลายหลายชนิด เช่น เบนซีน โทลูอีน หรือคลอรีเนเตดไฮโดรคาร์บอน เช่น คลอโรฟอร์ม ยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการวัลคาไนเซชันและเกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลไม่มากนัก จะบวมได้มากกว่า ยางที่มีการเชื่อมโยงมากในโมเลกุล และในที่สุดยางที่มีการเชื่อมโยงมาก ๆ จนกลายเป็นร่างแหอย่างแท้จริง จะไม่เกิดแม้แต่การบวมตัวเลย

อิทธิพลของโครงสร้างที่มีต่อความสามารถในการละลายอีกประการหนึ่ง ได้แก่ กรณีของพอลิเมอร์ชนิดเดียวกันแต่มีการแตกกิ่งก้านสาขาออก โดยทั่วไปพอลิเมอร์ที่มีกิ่งก้านสาขาจะสามารถละลายได้ดีกว่าพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นโซ่ตรงภายใต้ภาวะเดียวกันกล่าวคือ อุณหภูมิ ความดัน และตัวทำละลายเดียวกัน

(3) ความเป็นผลึก

ข้อแตกต่างที่สำคัญประการหนึ่งระหว่างพอลิเมอร์ และสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ก็คือความเป็นผลึกหรือความสามารถในการตกผลึก เป็นที่ทราบกันดีว่าสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเล็กหรือมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำทั่วไปสามารถตกผลึกหรืออยู่ในรูปของผลึก แต่สำหรับพอลิเมอร์ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีโซ่ยาวมากหรือมีน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก จึงมีโอกาสตกผลึกน้อย พอลิเมอร์ที่ไม่มีความเป็นผลึก เรียกว่า พอลิเมอร์อสัณฐาน และมีสมบัติแบบแก้ว พอลิเมอร์จำนวนมาก เช่น พอลิไวนิล-คลอไรด์ พอลิไวนิลอะซีเตตไม่มีสมบัติเป็นผลึกเลย แม้ว่าพอลิเมอร์นั้นอาจจะมีการจัดของอะตอมอย่างเป็นระเบียบก็ตาม เช่น มีสเตอริโอเคมีแบบไอโซแทกติก อย่างไรก็ตามมีพอลิเมอร์หลายชนิดที่อาจจะตกผลึกได้ แต่จะไม่ตกผลึกตลอดทั้งโมเลกุล หมายความว่า ภายในโมเลกุลเดียวกันมีบางแหล่งที่เป็นผลึก ขณะเดียวกันก็มีบางแหล่งที่ไม่เป็นผลึกหรือเป็นอสัณฐาน

ความเป็นผลึกจะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นกับชนิดของพอลิเมอร์ พอลิเมอร์ที่มีหมู่หรืออะตอมต่าง ๆ จัดกันอย่างเป็นระเบียบ หมู่แทนที่ของโซ่คาร์บอนมีขนาดไม่ใหญ่เกินไป มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล เช่น มีหมู่ที่มีสภาพขั้วในโซ่โมเลกุล หรือมีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัวที่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ พอลิเมอร์นั้นก็จะมีโอกาสเป็นผลึกได้มากหรือมีความเป็นผลึกสูง ตัวอย่างพอลิเมอร์ที่มีความเป็นผลึกสูงได้แก่ พอลิเอทิลีนเชิงเส้นตรงซึ่งมีความเป็นผลึกได้มากกว่าร้อยละ 90 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ พอลิเอไมด์ เช่น ไนลอน6 หรือไนลอน6,6 พอลิเอสเทอร์ และเซลลูโลส เป็นต้น

พอลิเมอร์ที่มีความเป็นผลึกสูง สืบเนื่องมาจากการจัดเรียงตัวของหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ ในสายโซ่ของพอลิเมอร์อย่างเป็นระเบียบ และแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมีมาก ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้นจะมีความสามารถในการละลายต่ำ หรือน้อยกว่าพอลิเมอร์ที่มีความเป็นผลึกต่ำ เช่น พอลิเอทิลีนเชิงเส้น เทฟลอน และเซลลูโลส จะไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ทุกชนิด ณ อุณหภูมิห้อง ไนลอน6 หรือไนลอน6,6 ละลายได้เฉพาะในตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วสูง และสามารถให้โปรตอนได้เท่านั้น เช่น กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก และฟีนอล

ความสามารถในการละลายของพอลิเมอร์จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิโดยความสัมพันธ์ระหว่างการละลายและอุณหภูมิ สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\Delta G = \Delta H_m - T\Delta S \quad \dots(2)$$

โดยที่ ΔG = การเปลี่ยนแปลงพลังงานเสรีของระบบ เมื่อผสมพอลิเมอร์เข้ากับตัวทำละลาย
ถ้า ΔG มีค่าเป็นลบก็จะเกิดการละลาย

ΔH_m = ความร้อนของของผสม

ΔS = การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี ซึ่งเป็นตัวบอกความไม่เป็นระเบียบในระบบพอลิเมอร์

เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ΔG จะมีค่าเป็นลบ นั่นคือ พอลิเมอร์จะละลาย แต่ถ้ารักษาอุณหภูมิให้คงที่พอลิเมอร์จะละลายได้ก็ต่อเมื่อ ΔH_m มีค่าน้อยกว่า $T\Delta S$ โดยที่สามารถหาค่า ΔH_m ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Delta H_m = V_m [(\Delta E_1 / V_1)^{1/2} - (\Delta E_2 / V_2)^{1/2}]^2 \Phi_1 \Phi_2 \quad \dots(3)$$

โดยที่ V_m = ปริมาตรทั้งหมดของของผสม มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

$\Delta E_1, \Delta E_2$ = พลังงานการกลายเป็นไอ ของแต่ละส่วน มีหน่วยเป็นแคลอรี

V_1, V_2 = ปริมาตรโมลาร์ ของแต่ละส่วนมีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

Φ_1, Φ_2 = ส่วนปริมาตร ของแต่ละส่วน

สมการข้างบนอาจเขียนใหม่ได้เป็น

$$\Delta H_m = v_m (\delta_1 - \delta_2)^2 \phi \Phi_1 \Phi_2 \quad \dots(4)$$

โดยที่ $\delta = (\Delta E / V)^{1/2}$

จากสมการหลัง จะเห็นได้ว่าเมื่อ δ_1 และ δ_2 มีค่าใกล้เคียงกัน จะทำ ΔH_m มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งจะผลให้ ΔG มีค่าเป็นลบ ทำให้ลบ ทำให้เกิดการละลาย หรือกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า ถ้า δ ของแต่ละส่วนมีค่าใกล้เคียงกัน ($\delta_1 - \delta_2$ มีค่าน้อย) โอกาสที่จะเกิดการละลายซึ่งกันและกันย่อมมีมาก δ_1, δ_2 เรียกว่า พารามิเตอร์การละลาย พอลิเมอร์จะละลายในตัวทำละลายซึ่งมีค่าพารามิเตอร์การละลายใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์ของพอลิเมอร์นั้น

ในการทำนายการละลายของพอลิเมอร์ให้ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุดนั้น จะต้องนำความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนของตัวทำละลายแต่ละชนิด เข้ามาพิจารณาด้วยโดยเบอร์เรลได้เป็นต้นคิดในเรื่องนี้ เขาได้แบ่งตัวทำละลายเป็น 3 กลุ่มตามความสามารถที่จะเกิดพันธะไฮโดรเจน ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนต่ำใช้ตัวย่อว่า δ_p ได้แก่ ตัวทำละลายอะลิฟาติก ตัวทำละลายอะโรมาติก ตัวทำละลายคลอริเนตไฮโดรคาร์บอนและไนโตรพาราฟิน

กลุ่มที่ 2 ความทนสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนปานกลางใช้ตัวย่อว่า δ_m ได้แก่ เอสเทอร์ อีเทอร์ และคีโตน

กลุ่มที่ 3 ความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนสูง ใช้ตัวย่อว่า δ_s แอลกอฮอล์ เอมีน และกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถใช้พารามิเตอร์การละลายทำนายการละลายของพอลิเมอร์ได้อย่างง่าย ๆ กล่าวคือ ตัวทำละลายที่มีค่าพารามิเตอร์การละลายอยู่ในช่วงเดียวกับค่าพารามิเตอร์การละลายของพอลิเมอร์หนึ่ง ๆ จะเป็นตัวทำละลายที่ดีของพอลิเมอร์นั้น ๆ

ตารางที่ 2.2 พารามิเตอร์การละลายของพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ

พอลิเมอร์	พารามิเตอร์การละลาย (cal/cm ³)
พอลิเตตระฟลูออโรเอทธีลีน	8.0
พอลิคลอโรไตรฟลูออโรเอทธีลีน	8.0
พอลิไดเมทิลซิลลอกเซน	8.1
ยางเอทธีลีน-โพรไพลีน	8.4
พอลิไอโซบิวทิลีน	8.4
พอลิเอทธีลีน	8.0
พอลิโพรไพลีน	8.0
พอลิไอโซพรีน	8.1
พอลิบิวตะไดอีน	8.4
ยางสไตรีน-บิวตะไดอีน	8.4
พอลิเมทิลพรีนิลซิลลอกเซน	9.0
พอลิเอทธีลอะครีเลต	9.2
ยางพอลิซัลไฟด์	9.0-9.4
พอลิสไตรีน	9.2
ยางคลอโรพรีน	9.2-9.4
พอลิเมทิลเมทาครีเลต	9.2
เอทธีลีนไวนิลเอซีเตต	9.4
พอลิไวนิลคลอไรด์	9.5
บีส-ฟีนอลเอพอลิคาร์บอนเนต	9.5
พอลิไวนิลไอดีนคลอไรด์	9.8-12.2
เอทธีลีนเซลลูโลส	8.5-10.3
พอลิเอทธีลีนเทอริฟทาเลต	10.55
เซลลูโลสไดไนเตรต	10.7
อะซีตอลเรซิน	11.1
เซลลูโลสไดอะครีเลต	11.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) พารามิเตอร์การละลายของพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ

พอลิเมอร์	พารามิเตอร์การละลาย (cal/cm ³)
ไนลอน66	13.6
พอลิเมทิลิด แอลฟา-ไซยาโนอะคริเลต	14.1
พอลิอะคริโลไนไตรล์	14.1
พอลินอร์มอลเฮกซิลเมทาคริเลต	8.6
พอลินอร์มอลบิวทิลเมทาคริเลต	8.7
พอลิบิวทิลอะคริเลต	8.8
พอลิเอทิลเมทาคริเลต	9.0

ตารางที่ 2.3 พารามิเตอร์การละลายของตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย	พารามิเตอร์ของการละลาย (cal/cm ³)
อะลิฟาติก ไฮโดรคาร์บอน	
นอร์มอลเฮกเซน	7.3
นอร์มอลเฮปเทน	7.4
นอร์มอลออกเทน	7.6
เทอร์เพนไทม์	8.1
ไซโคลเฮกเซน	8.2
อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน	
เบนซีน	9.2
โทลูอีน	8.9
ไซลีน	8.8
ทีทราลีน	9.5
ไนโตรพาราฟิน	
ไนโตรมีเทน	12.7
ไนโตรอีเทน	11.1
ไนโตรโพรเพน	10.7
อีเทอร์	
ไดเมทิล	8.8
ไดเอทิล	7.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) พารามิเตอร์การละลายของตัวทำละลาย

ตัวทำละลาย	พารามิเตอร์ของการละลาย (cal/cm ³)
อีเทอร์	
ไดโอเซน	9.9
เอสเทอร์	
เมทิลอะครีเตต	9.6
เอทิลอะครีเตต	9.1
โพรพิลอะครีเตต	8.8
นอร์มอล-บิวทิลอะครีเตต	8.5
ไอโซ-บิวทิลอะครีเตต	8.3
เมทิลบิวทีเรต	8.9
บิวทิลบิวทีเรต	8.1
ไดบิวทิลฟทาเลต	9.4
เอทิลีนไกลคอล มอนอแอลคิล อีเทอร์	
เมทิล	10.8
เอทิล	9.9
บิวทิล	8.9
แอลกอฮอล์	
เมทานอล	14.5
เอทานอล	12.7
นอร์มอลบิวทานอล	11.4
เตียร์ต บิวทานอล	10.6
นอร์มอลออกทานอล	10.3
แอลกอฮอล์	
2-เอทิลเฮกซานอล	9.5
เอทิลีนไกลคอล	14.2
กลีเซอรอล	16.5
น้ำ	23.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ข้อบกพร่องที่เกิดกับสารเคลือบผิว

ข้อบกพร่องที่เกิดกับสารเคลือบผิว หรือฟิล์มของสารเคลือบผิว ไม่ว่าจะเป็ นดี วารนิช หรือแล็กเกอร์ อาจเป็นผลมาจากสาเหตุหลายประการดังต่อไปนี้

- (1) การเตรียมพื้นผิววัสดุที่ต้องการเคลือบยังไม่ดีพอ เช่น พื้นผิวที่สะอาดหรือไม่แห้งสนิท เป็นต้น
- (2) ใช้เทคนิคหรือกรรมวิธีการเคลือบไม่ถูกต้อง
- (3) ทำการเคลือบภายใต้ภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิต่ำเกินไป หรือความชื้นสูงเกินไป เป็นต้น
- (4) การเคลือบผิวที่หนาหรือบางเกินไป

(5) เลือกใช้สารเคลือบผิวที่ไม่เหมาะสมกับพื้นผิววัสดุ

(6) เลือกใช้วัตถุดิบที่ไม่เหมาะสมกับชนิดของสารเคลือบผิว หรือวัตถุดิบที่มีคุณภาพต่ำ

ดังนั้นสามารถป้องกันการเกิดข้อบกพร่อง หรือให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดได้ โดยการหลีกเลี่ยงสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ข้อบกพร่องที่เกิดกับสารเคลือบผิว มีหลายลักษณะดังนี้

(1) การเป็นฝ้า

การเป็นฝ้า หมายถึง ลักษณะมัวคล้ายหมอกที่เกิดขึ้นบนผิวของฟิล์มของสีเคลือบ หรือวารนิชที่แห้งแล้ว และทำให้ความเงาของฟิล์มลดลง การเป็นฝ้าเกิดมาจาก

ก. การใช้สารเร่งแห้งที่ทำจากเกลือของโคบอลต์ หรือแมงกานีสมากเกินไป เป็นผลทำให้เกิดการตกตะกอนของสารที่เรียกว่า ลิโนซิน บนผิวของฟิล์ม สารลิโนซินนี้จะดูดความชื้นและฝุ่น ทำให้ฟิล์มเป็นฝ้า

ข. การใช้สารยึดที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งจะดูดความร้อนจากอากาศในระหว่างการแห้ง ทำให้ฟิล์มเมื่อแห้งเกิดเป็นฝ้าขึ้น

ค. แอมโมเนียและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งมีอยู่ในบรรยากาศ จะทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นตะกอนเล็ก ๆ ของแอมโมเนียมซัลเฟตจับอยู่บนผิวของฟิล์ม ทำให้ฟิล์มเป็นฝ้า

การเป็นฝ้าที่เกิดขึ้นบนผิวของฟิล์มของสารเคลือบผิวนี้ สามารถกำจัดได้โดยการใช้ผ้าเปียกเช็ดออก นอกจากนี้สามารถป้องกันการเกิดการเป็นฝ้าได้โดยการใส่แคลเซียมแนฟทีเนตเป็นสารเติมแต่งลงไปนในสารเคลือบผิวด้วย

(2) ความดำน

ความดำน หมายถึง ลักษณะทึบแสงของฟิล์มของแล็กเกอร์ที่กำลังแห้ง ซึ่งเกิดจากการตกตะกอนของส่วนที่เป็นของแข็งของผลิตภัณฑ์ ความดำนั้นมี 2 แบบ คือ ความดำเนื่องจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้น และความดันจากกัม แบบแรกมีสาเหตุจากความชื้นสูง และแบบหลังมีสาเหตุจากการเลือกใช้ตัวทำละลายที่ไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดการระเหยเร็วเกินไปเป็นผลให้ของแข็งที่ไม่ระเหยบางส่วนตกตะกอน การป้องกันไม่ให้เกิดเกอร์เกิดความดัน ทำได้โดยการปรับอัตราการระเหยของตัวทำละลายที่ใช้โดยการเลือกใช้ตัวทำละลายที่มีส่วนผสมต่าง ๆ กัน

(3) การพอง

การพอง หมายถึง การโป่งที่ผิวของฟิล์มของสีที่แห้งแล้ว เนื่องจากมีความชื้นหรือแก๊สใต้ฟิล์มของสี ส่วนใหญ่การพองจะเกิดกับสีสำหรับการตกแต่งที่ทำมาจากอัลคิเดเรซิน อีพอกซี-เอสเทอร์ ยูรีเทนออยล์ และน้ำมันวาร์นิช เนื่องจากสารยึดเหนี่ยวนี้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อัลคิเดเรซิน ประกอบด้วยส่วนที่สามารถสกัดได้ด้วยน้ำเป็นปริมาณสูงกว่าสารยึดประเภทไวนิล หรืออีพอกซีเรซินชนิด 2 ส่วน

การพองที่เกิดขึ้นกับฟิล์มของสีที่ใช้เคลือบพื้นผิวไม้ มีสาเหตุมาจากความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทำให้สีอ่อนตัว และเกิดความดันใต้ฟิล์มของสีซึ่งเป็นผลมาจากการระเหยของสารที่ระเหยได้ ทำให้ผิวของฟิล์มขยายตัวโป่งออกมา

การพองอาจเกิดมาจากผลิตภัณฑ์ลอยได้จากปฏิกิริยาการเตรียมสี เช่น ในกรณีของสีที่ทำจากพอลิยูรีเทน จะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างกระบวนการบ่มเป็นผลทำให้ฟิล์มโป่งได้

นอกจากนี้ความชื้นที่มีอยู่ในบรรยากาศหรือฝน ก็อาจเป็นสาเหตุให้ฟิล์มเกิดการพองตัวได้ กล่าวคือ ความชื้นจะไปละลายหรือสกัดสารบางตัวในสีเกิดเป็นออสโมติกเซลล์ และถ้ามีน้ำซึมผ่านเข้าไปในสีอีก ฟิล์มของสีชั้นที่ห่อหุ้มออสโมติกเซลล์นี้ ก็จะขยายภายใต้ความดัน ทำให้ผิวของฟิล์มโป่งออกมา

ในกรณีที่พื้นผิวโลหะ ถ้ามีการทำความสะอาดผิวหน้าที่ดีเพียงพอ ไม่มีน้ำหรือสารที่ละลายน้ำได้ตกค้างอยู่บนผิวหน้า การพองจะเกิดขึ้นได้ยากเพราะถ้าพื้นผิวโลหะสะอาดจะทำให้แรงยึดระหว่างสีและผิวหน้าสูงกว่าความดันใต้ฟิล์มที่จะดันให้ฟิล์มโป่งออกมา บางครั้งการพองจะหายไป หลังจากที่ได้ไล่ความชื้นหรือแก๊สออกจากฟิล์มแล้ว

(4) รอยแตก

รอยแตก หมายถึง ข้อบกพร่องของฟิล์มของสารเคลือบผิวที่เกิดการแยกตัวเนื่องจากสารเคลือบผิวไม่สามารถขยายตัว และหดตัวได้ในอัตราที่เท่ากันระหว่างกรรมวิธีการแห้งตัวของฟิล์ม ซึ่งเป็นผลมาจากการเคลือบสารเคลือบผิวหนาเกินไป

รอยแตกมีหลายลักษณะต่าง ๆ กันดังนี้ คือ

- ก. รอยแตกเส้นผม หมายถึง รอยแตกเป็นเส้นเล็ก ๆ ที่ไม่ทะลุผิวเคลือบชั้นบนเกิดขึ้นเป็นแห่ง ๆ

- ข. รอยราน หมายถึง รอยแตกเป็นเส้นเล็ก ๆ ที่ไม่ทะลุผิวเคลือบชั้นบนและเกิดกระจายตัวไปทั่วพื้นผิว มีลักษณะคล้ายลวดลายเป็นสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ
- ค. รอยร้าว หมายถึง รอยแตกที่คล้ายรอยรานแต่ลึกและกว้างกว่า
- ง. รอยแตกผิวหนังจะเข้ หมายถึง รอยร้าวที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรง ทำให้ฟิล์มมีลวดลายคล้ายผิวหนังจะเข้
- จ. รอยแตก หมายถึง รอยแยกที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรง ทำให้ฟิล์มเกิดการแตกร้าว มีการทะลุผิวเคลือบอย่างน้อย 1 ชั้น

การเกิดเป็นรอยแตก ยังมีสาเหตุเนื่องจากฟิล์มเปราะ ดังนั้นการแก้ไขจึงทำได้โดยการเลือกใช้สารเคลือบผิวที่มีความยืดหยุ่นมากกว่า

(5) การเป็นรูเข็มและการเป็นหลุม

การเป็นรูเข็ม หมายถึง การเกิดเป็นรูเล็ก ๆ บนผิวของฟิล์มของสารเคลือบผิว มีสาเหตุมาจากระหว่างการเคลือบเกิดฟองอากาศเล็ก ๆ ซึ่งจะแตกระหว่างกรรมวิธีแห้งตัวเป็นฟิล์ม ทำให้ผิวของฟิล์มเกิดเป็นรูเล็ก ๆ ลักษณะเหมือนรูเข็ม

ในกรณีที่เคลือบหนามาก ฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะมีขนาดใหญ่ และเมื่อฟองอากาศนี้แตกระหว่างแห้งตัว จะทำให้เกิดเป็นแอ่งเล็ก ๆ รูปถ้วยในฟิล์ม เรียกข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นว่า การเป็นหลุม

(6) การเป็นใยแมงมุม

การเป็นใยแมงมุม หมายถึง การเกิดเป็นเส้นใยเล็ก ๆ แทนละออง เมื่อพ่นแล็กเกอร์บางประเภท เช่น แล็กเกอร์ยางคลอรีเนต การเป็นใยแมงมุมอาจทำให้ลดน้อยลงและขจัดให้หมดไปได้โดยการเลือกใช้ตัวทำละลายอย่างระมัดระวัง และปรับสภาวะการพ่นให้เหมาะสม

(7) ลักษณะผิวส้ม

ข้อบกพร่องชนิดนี้ แสดงถึงลักษณะของฟิล์มที่พ่นแล้วไม่เรียบคล้ายผิวส้ม มีสาเหตุหลายประการคือ

- ก. ความหนืดของสารเคลือบผิวสูงเกินไป
- ข. ใช้อัตราส่วนของตัวทำละลายที่ไม่เหมาะสม กล่าวคือ ใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำในปริมาณสูงเกินไป ดังนั้นแก้ไขได้โดยการเพิ่มอัตราส่วนของตัวทำละลายที่มีจุดเดือดสูง
- ค. ความดันของลมที่พ่นไม่ถูกต้อง
- ง. ขณะที่พ่น หัวพ่นอยู่ห่างจากผิววัสดุมากเกินไป เกิดการสูญเสียตัวทำละลายก่อนที่สารเคลือบผิวจะไปเกาะที่ผิววัสดุ ทำให้ฟิล์มที่ได้ไม่เรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8) การล่อนเป็นเกล็ด

การล่อนเป็นเกล็ด หมายถึง ปรากฏการณ์ที่ฟิล์มของสารเคลือบผิวหลุดออกมาเป็นแผ่นเล็ก ๆ ซึ่งมีรูปร่างแตกต่างกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยต่ำกว่า 6 มิลลิเมตร การล่อนเป็นเกล็ดมีสาเหตุจากฟิล์มของสารเคลือบผิวไม่มีแรงยึดติดกับวัสดุ และมักจะเกิดกับผิววัสดุที่ยังมีความชื้นหลงเหลืออยู่ ดังนั้นเมื่อเคลือบด้วยสารเคลือบผิว แรงดันจากน้ำใต้ฟิล์มจะดันฟิล์มให้หลุดออกมา โดยที่ชั้นแรกฟิล์มจะเกิดการพองก่อน แล้วจึงจะล่อนเป็นเกล็ดออกมา

(9) การดิ่งตัว

การดิ่งตัว หมายถึง ข้อบกพร่องที่เกิดจากการพองตัวของฟิล์มของสารเคลือบผิวที่แห้งแล้ว เมื่อเคลือบสารเคลือบผิวอีกชั้นหนึ่งทับ มักจะเกิดเป็นรอยย่น การดิ่งตัวมีสาเหตุมาจากการเลือกใช้ตัวทำละลายที่แรงเกินไป

นอกจากนี้ การดิ่งตัวของฟิล์มยังเกิดขึ้นได้เมื่อเคลือบสีจากยางคลอริเนต ทับไปบนชั้นเคลือบของสีอัลคิด์ที่ยังแห้งหรือทิ้งให้บ่มไม่ดีพอ

(10) การเป็นคลื่น

การเป็นคลื่น หมายถึง การที่ผิวของฟิล์มของสารเคลือบผิวมีลักษณะไม่เรียบคล้ายระลอกคลื่น มีสาเหตุมาจากเคลือบหนาเกินไป หรือจากการใช้สารเร่งแห้งจากโคบอลต์มากเกินไป ทำให้การแห้งตัวเป็นฟิล์มจากชั้นบนสุดไปยังชั้นต่ำสุดไม่สม่ำเสมอ

(11) การย้อย

การย้อย หมายถึง การที่ฟิล์มของสารเคลือบผิวไหลลงมาระหว่างการเคลือบแล้วเกิดแข็งตัวเป็นผลทำให้ผิวเคลือบไม่สม่ำเสมอ มีขอบล่างหนา โดยปกติ การย้อยมีลักษณะเหมือนมันเกิดขึ้นเฉพาะพื้นผิวในแนวตั้ง

การย้อยมีสาเหตุมาจากการเคลือบหนาเกินไป หรือเกิดจากการใช้ตัวทำละลายที่ระเหยได้ช้า หรือมีสาเหตุมาจากเคลือบที่อุณหภูมิต่ำเกินไป

(12) การไหลเป็นทาง

การไหลเป็นทาง หมายถึง การที่สีหรือวารนิชไหลลงมาเป็นทางแคบ ๆ อาจมีสาเหตุมาจากการที่มีสารเคลือบผิวมากเกินไปบนพื้นผิวบัพพ่อง เช่น มีรอยแตก รู เป็นต้น สารเคลือบผิวส่วนนี้ยังคงไหลต่อไปในขณะที่สารเคลือบผิวโดยรอบแข็งตัวแล้ว

(13) การเป็นสายเส้นไหม

ข้อบกพร่องชนิดนี้ เป็นลักษณะรอยขนาดเล็กมากที่ผิวของฟิล์มของสารเคลือบผิวที่แห้งแล้ว และทำให้ฟิล์มมีลักษณะสูงใสขึ้นเล็กน้อยคล้ายผ้าไหม ถ้าเคลือบด้วยวิธีจุ่มหรือทา ข้อบกพร่องจะปรากฏตามทิศทางของการไหล ถ้าทาด้วยแปรงข้อบกพร่องจะปรากฏตามทิศทางของรอยแปรงชั้นสุดท้าย

ข้อบกพร่องชนิดนี้ มีสาเหตุจากส่วนผสมของสารเคลือบผิวยังไม่เข้าเป็นเนื้อเดียวกันดี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(14) การเกิดฝ้า

การเกิดฝ้า หมายถึง สารเคลือบผิวที่รวมตัวเป็นแผ่นลอยอยู่ที่ผิวหน้า การรวมตัวจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปิดกระป๋องที่บรรจุสารเคลือบผิวไว้ เนื่องจากสารเคลือบผิวจะเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นออกมา และจำเป็นต้องกำจัดแผ่นเหล่านี้ออกก่อนที่จะนำสารเคลือบผิวนั้นไปใช้งานใหม่ นอกจากนี้สารเคลือบผิวที่เก็บไว้ในกระป๋องที่ฝาปิดไม่สนิท ก็มีโอกาที่จะเกิดฝ้าเช่นกัน ดังนั้นจึงควรเก็บสารเคลือบผิวในกระป๋องที่ปิดได้สนิท และควรเขย่ากระป๋องแรง ๆ ก่อนเก็บ

สารเคลือบผิวที่แห้งได้เร็วจะมีโอกาสเกิดเป็นฝ้าได้มาก ในทางตรงกันข้ามสารเคลือบผิวที่แห้งได้ช้า โอกาสที่จะเกิดเป็นฝ้าระหว่างเก็บมีน้อย ดังนั้นในการผลิตสีหรือวารนิช บางครั้งจึงต้องใส่สารกับการเกิดฝ้าด้วยซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นสารที่ระเหยได้ เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชัน

สำหรับการเกิดฝ้าที่ผิวหน้าของฟิล์มของสารเคลือบผิว มีสาเหตุจากสารเคลือบผิวมีส่วนผสมของสารเร่งแห้งไม่เหมาะสม กล่าวคือ มีส่วนผสมของสารเร่งแห้งจากโคบอลต์มากเกินไป หรือมีส่วนผสมของสารเร่งแห้งจากแมงกานีสหรือตะกั่วมากเกินไป นอกจากนี้การเกิดฝ้าบนผิวหน้าของฟิล์มอาจมีสาเหตุมาจากกระหว่างทำการเคลือบมีลมแรงเกินไป ในขณะที่ฟิล์มชั้นล่างยังมีตัวทำละลายหลงเหลืออยู่ หรือไม่สามารรถรับออกซิเจนได้

(15) การเกิดรอยย่น

ข้อบกพร่องชนิดนี้มีลักษณะเป็นรอยย่นในฟิล์ม เนื่องจากผิวฟิล์มแห้งไม่สม่ำเสมอ มีสาเหตุมาจาก 2 ประการด้วยกันคือ สารเคลือบผิวมีสารเร่งแห้งมากเกินไป หรือการเคลือบหนาเกินไป

(16) การขึ้นเหลือง

การขึ้นเหลือง หมายถึง การเกิดสีเหลืองเข้มขึ้นบนฟิล์มของสี การขึ้นเหลืองเป็นปัญหาที่พบกับฟิล์มของสีขาวมานานแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เป็นฟิล์มที่ได้จากน้ำมันลินสีดและน้ำมันทัง หรือจากอัลคิดเรซินที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบ การขึ้นเหลืองของน้ำมันลินสีดมีสาเหตุมาจากการมีกรดลิโนลินิกในน้ำมันลินสีดเป็นปริมาณสูง การขึ้นเหลืองนี้จะเกิดเร็วยิ่งขึ้นถ้าบรรยากาศแวดล้อมมีแอมโมเนียอยู่

สำหรับสีขาวที่ทำจากอัลคิดเรซินที่มีน้ำมันที่ไม่มีกรดลิโนลินิกเป็นองค์ประกอบ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันทอลล์ น้ำมันทานตะวัน เป็นต้น พบว่ามีกรขึ้นเหลืองน้อย จึงนิยมใช้อัลคิดเรซินนี้มากในการทำสีทับหน้าสำหรับตกแต่ง

2.8 สารเติมแต่ง(Additive)

2.8.1 สารประสาน (Coupling Agents)

ในการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์โดยการใส่สารตัวเติม (Filler) หรือเส้นใยเสริมแรงนั้น พอลิเมอร์ผสมสูตรที่ได้จะมีสมบัติดี ถ้าทำให้สารตัวเติมหรือเส้นใยเสริมแรงกระจายตัวหรือยึดเกาะกับพอลิเมอร์ได้ดี ซึ่งวิธีการหนึ่งที่ยอมรับกันมานานแล้วคือ การเคลือบหรือปรับแต่งพื้นผิวของสารตัวเติมหรือเส้นใยเสริมแรง ตัวอย่างเช่น แคลเซียมคาร์บอเนตที่ถูกเคลือบด้วยกรดสเตียริกเมื่อนำไปผสมกับพอลิเมอร์ หมูกรดจะยึดเกาะกับอนุภาคของแคลเซียมคาร์บอเนต ในขณะที่สายโซ่อะลิฟาติกจะเข้ากันได้ดีกับพอลิเมอร์ ส่งผลให้แคลเซียมคาร์บอเนตกระจายตัวในพอลิเมอร์เมทริกซ์ได้ดี

การปรับปรุงการยึดระหว่างสารตัวเติมหรือเส้นใยเสริมแรงกับพอลิเมอร์ นอกจากการใช้สารปรับแต่งพื้นผิวแล้ว ยังอาจใช้สารเติมแต่งอีกประเภทหนึ่งคือ สารประสานหรือสารช่วยยึด (Coupling Agents or Adhesion Promoters) ซึ่งสารประเภทนี้จะทำหน้าที่เป็นสะพานหรือตัวกลางเชื่อมระหว่างพอลิเมอร์กับสารตัวเติมหรือเส้นใยเสริมแรง (ดังรูปข้างล่าง) โดยการสร้างพันธะที่แข็งแรงกับเฟสทั้งสอง ทำให้มีการยึดเกาะระหว่างเฟสดีขึ้น



รูปที่ 2.1 แสดงการยึดเกาะระหว่างพอลิเมอร์หรือเส้นใยเสริมแรงโดยการใส่สารประสาน

**กลไกการปรับปรุงการยึดระหว่างสารตัวเติมหรือเส้นใยเสริมแรงกับพอลิเมอร์
โดยการใส่สารประสาน**

สารประสานมีสูตรทั่วไปคือ $(R'O)_x-M-(R-X)_y$

โดย M คือ โลหะ ได้แก่ ซิลิกอน ไททาเนียม หรือ เซอร์โคเนียม

X เป็นหมู่ฟังก์ชันที่เข้าทำปฏิกิริยาเกิดพันธะกับพอลิเมอร์ เช่น หมู่ไวนิล หมู่อะมิโน

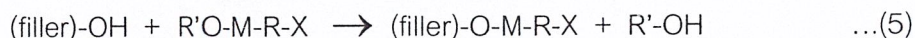
เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

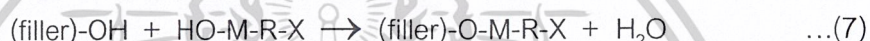
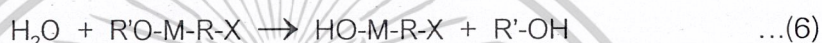
R เป็นหมู่อินทรีย์ที่เชื่อมอยู่ระหว่างหมู่ X กับโลหะ M

R'O เป็นหมู่ที่เข้าทำปฏิกิริยาเกิดพันธะกับสารตัวเติมหรือเส้นใยเสริมแรง

การยึดระหว่างสารประสานและสารตัวเติมอาจเกิดจากปฏิกิริยาโดยตรงระหว่างหมู่ OR' ของสารประสานกับหมู่ OH ที่พื้นผิวสารตัวเติมดังนี้



หรืออาจเกิดจากการที่หมู่ OR' ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยความชื้นที่พื้นผิวสารตัวเติมได้เป็นหมู่ OH ซึ่งทำปฏิกิริยาต่อไปกับสารตัวเติมดังนี้



สำหรับการยึดระหว่างสารประสานและพอลิเมอร์เกิดจากหมู่ X ของสารประสานเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ฟังก์ชันของพอลิเมอร์ โดยหมู่ X มีแตกต่างกันหลายชนิดเพื่อให้เหมาะสมในการใช้งานกับพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น สารประสานที่หมู่ X คือไวเนลหรือหมู่อะคริลิล (Acrylyl) ก็จะถูกนำไปใช้กับพอลิเอสเทอร์ชนิดไม่อิ่มตัว หรือพอลิโอสเตอีนชนิดเชื่อมโยง (Crosslinked polyoefins) โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างสารประสานกับพอลิเมอร์เป็นแบบฟรีเรดิคัล หรือถ้าหมู่ X คือ หมู่อะมิโน ก็จะนำสารประสานชนิดนี้ไปใช้กับอีพอกซีเรซินหรือพอลิเอไมด์

การใช้สารประสานมี 2 วิธี คือ

(1) นำไปเคลือบหรือปรับแต่งที่พื้นผิวของสารตัวเติม หรือเส้นใยเสริมแรงแล้วจึงนำไปผสมกับพอลิเมอร์

(2) ผสมกับพอลิเมอร์โดยตรงระหว่างกระบวนการคอมพาวด์ดิ้ง

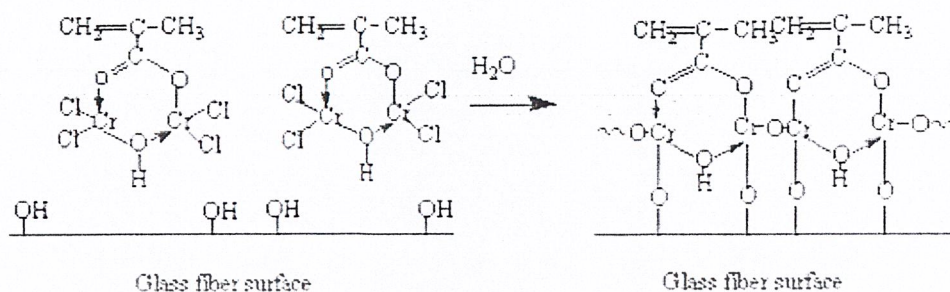
สำหรับสารประสานที่ใช้กันอยู่ทั่วไป มีดังนี้ คือ

(1) สารโครเมียมเชิงซ้อน (Chromium Complexes)

สารโครเมียมเชิงซ้อนเป็นสารประสานชนิดแรกที่เกิดขึ้นในทางการค้า โดยบริษัทดูปองต์ได้ผลิต Methacrylato-Chrome Chloride ออกจำหน่ายในนาม "Volan" หรือต่อมาเรียกกันว่า "Volan A" เพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส สารโครเมียมเชิงซ้อนตัวนี้ช่วยให้ใยแก้วยึดเกาะกับพอลิเอสเทอร์ที่ไม่อิ่มตัวได้โดยการสร้างพันธะ Cr-O-Si ระหว่างตัวมันและพื้นผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใยแก้ว (ดังรูปที่ 2.2) และยึดเกาะกับพอลิเอสเทอร์จากปฏิกิริยาระหว่างหมู่ Methacryl กับพันธะคู่ในสไตรีนมอนอเมอร์



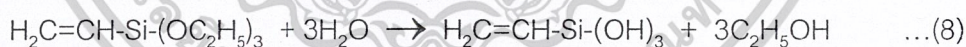
รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของ Volan A

ปัจจุบันนี้แทบไม่มีการใช้สารโครเมียมเชิงซ้อน แต่จะใช้ซิลเลนหรือสารประสานชนิดอื่น ๆ แทน

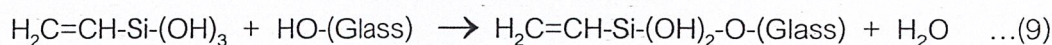
(2) ซิลเลน

ซิลเลนเป็นสารประสานที่นิยมใช้มากที่สุดกับผลิตภัณฑ์พลาสติกเสริมแรงด้วยใยแก้ว มีสูตรทั่วไปคือ $Y-Si(OR)_3$ โดยหมู่ OR' (เช่น $-OCH_3$, $-OC_2H_5$) จะเข้าทำปฏิกิริยาเกิดพันธะกับใยแก้ว ในขณะที่หมู่ Y (เช่น หมู่ไวนิล หมู่อะมิโน หมู่อีพอกซี หมู่ Mercapto) จะทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ ซึ่งมีผลให้ใยแก้วยึดติดกับพอลิเมอร์ได้ดี ตัวอย่างเช่น การใช้ไวนิลไตรเอทอกซีซิลเลน (Vinyltriethoxysilane) จะช่วยให้ใยแก้วยึดเกาะกับพอลิเมอร์ได้ ดังนี้คือ

ขั้นที่ 1 หมู่เอทอกซีถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นหมู่ซิลลานอล



ขั้นที่ 2 ซิลลานอลเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ OH ที่พื้นผิวของใยแก้ว เกิดเป็นพันธะ $Si-O-Si$ ระหว่างสารประสานกับใยแก้ว



ในขณะเดียวกันกับหมู่ไวนิลจะเข้าทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ เกิดเป็นพันธะโควาเลนต์ระหว่างสารประสานกับพอลิเมอร์ โดยวิธีการนี้ จึงทำให้ใยแก้วมีแรงยึดกับพอลิเมอร์เมทริกซ์ได้ การใช้ซิลเลนจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อนำไปใช้เป็นสารประสานสำหรับสารตัวเติมต่อไปนี้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซิลิกา แก้ว อะลูมินา และอะลูมิโนซิลิเกต ในทางตรงกันข้าม เมื่อนำไปใช้กับแคลเซียมคาร์บอเนต ซิลิโคนจะไม่มีประสิทธิภาพเลย

ซิลิโคนที่ผลิตออกจำหน่ายในทางการค้ามีหมู่ฟังก์ชัน (หมู่ Y) แตกต่างกันหลายแบบเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานกับพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ซิลิโคนที่ประกอบด้วยหมู่ไวโนล จะถูกนำไปใช้งานกับพอลิเอสเตอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัว ในขณะที่ซิลิโคนซึ่งประกอบด้วยหมู่อีพอกซี หรือหมู่อะมิโน ก็จะถูกนำไปใช้งานกับพอลิเอไมด์ อีพอกซีเรซิน หรือพอลิยูรีเทนชนิดเทอร์โมเซต รูปข้างล่างแสดงผลของการใช้อะมิโนซิลิโคนในการปรับปรุงการยึดเกาะระหว่าง Glass Sphere และพอลิเอไมด์ ตัวอย่างของซิลิโคนทางการค้าที่ใช้กับพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ แสดงไว้ดังตาราง 2.4



รูปที่ 2.3 แสดงผลของการใช้อะมิโนซิลิโคนต่อแรงยึดระหว่างพอลิเอไมด์ 6 และ Glass Sphere

(a) ไม่ได้ใช้อะมิโนซิลิโคน

(b) ใช้อะมิโนซิลิโคน

ตารางที่ 2.4 Commercial silane coupling agents

Name	Chemical structure	Used with	Min. covered area(m ² /g)
Vinyltrichlorosilane	$\text{CH}_2=\text{CHSiCl}_3$	UP,PS,EVA,PE,PP	
Vinyltriethoxysilane	$\text{CH}_2=\text{CHSi}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$	UP,PS,EVA,PE,PP	411
γ -Methacryloxypropyl-trimethoxysilane	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COO}(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{CCH}_3)_3$	UP,PS,ABS,PE,PP	316

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 (continue) Commercial silane coupling agents

Name	Chemical structure	Used with	Min.covered area(m ² /g)
γ -Aminopropyl-triethoxysilane	$H_2N(CH_2)_3Si(OC_2H_5)_3$	EP,PF,MF,PUR,PA, PE,PP,PC,PVC	354
γ -Glycidoxypropyl-trimethoxysilane	$CH_2-CHCH_2O(CH_2)_3Si(OCH_3)_3$	UP,EP,PF,MF,PUR, ABS,PS,PVC	332
γ -Mercaptopropyl-trimethoxysilane	$HS(CH_2)_3Si(OCH_3)_3$	EP,PF,EPDM,SBR, PVC	399

สำหรับปริมาณซิลเลนที่เหมาะสมในการใช้ สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณซิลเลน(กรัม)} = \frac{\text{ปริมาณฟิลเลอร์ (กรัม)} \times \text{พื้นที่ผิวหน้าฟิลเลอร์ (ตารางเมตร/กรัม)}}{\text{ความสามารถปกคลุมพื้นที่ผิวฟิลเลอร์ของซิลเลน (ตารางเมตร/กรัม)}}$$

ตัวอย่างเช่น ซิลเลนชนิดหนึ่งมีความสามารถปกคลุมพื้นที่ผิวสารตัวเติม = 400 เมตร/กรัม เมื่อนำไปใช้กับทัลค์ 1000 กรัม โดยทัลค์มีพื้นที่ผิวเท่ากับ 8 ตารางเมตร/กรัม

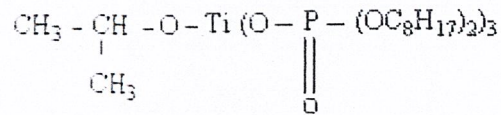
$$\begin{aligned} \text{ปริมาณซิลเลนที่เหมาะสม} &= (1000 \times 8) / 400 \\ &= 20 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

(3) ไททาเนต (Titanates)

ไททาเนตเป็นสารประสานที่ผลิตขึ้นเพื่อที่จะนำไปใช้กับมินเนอรัลสารตัวเติมเป็นส่วนใหญ่ (โดยเฉพาะอย่างยิ่ง $CaCO_3$) มีสูตรทั่วไปคือ $RO-Ti-(O-X)_3$ โดยหมู่ OR จะถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นหมู่ OH ซึ่งจะเข้าทำปฏิกิริยาต่อไปกับหมู่ที่พื้นผิวสารตัวเติมเกิดเป็นพันธะ TiO เชื่อมระหว่างสารประสานกับสารตัวเติม ส่วน X ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันที่สามารถทำปฏิกิริยาและเกิดพันธะกับพอลิเมอร์ได้ ตัวอย่างเช่น หมู่เอสเทอร์ หมู่ฟอสเฟต หมู่ไพโรฟอสเฟต หมู่ซิลิเฟเนต หรือหมู่อะมิโน เป็นต้น

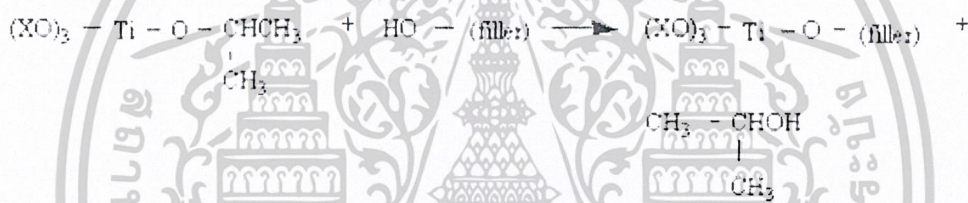
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไททาเนตช่วยให้สารตัวเติมยึดเกาะกับพอลิเมอร์ได้ดีขึ้นโดยใช้หลักการเดียวกันกับการใช้ซิลิโคน ตัวอย่างเช่น การใช้ไอโซโพรพิลไตรไดออกทิลฟอสเฟตไททาเนต (Isopropyl Tri(Dioctylphosphato) -titanate)



รูปที่ 2.4 แสดงสูตรโมเลกุลของไอโซโพรพิลไตรไดออกทิลฟอสเฟตไททาเนต (Isopropyl tri (dioctylphosphato) titanate)

ช่วยเพิ่มแรงยึดระหว่างสารตัวเติมกับพอลิเมอร์ โดยการเชื่อมกับสารตัวเติมด้วยพันธะ ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 2.5 แสดงการเพิ่มแรงยึดระหว่างสารตัวเติมกับพอลิเมอร์ โดยการเชื่อมกับสารตัวเติมด้วยพันธะ Ti-O

สำหรับการยึดกับพอลิเมอร์ (เช่น พอลิเอสเตอร์) เกิดจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification) โดยผ่านหมู่ฟอสเฟต โดยทั่วไปปริมาณไททาเนตที่ใช้จะอยู่ในช่วง 0.2 – 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักพอลิเมอร์

จากการนำไอโซโพรพิลไตรไดออกทิลไพโรฟอสเฟตไททาเนต (Isopropyl Tri(Dioctyl - pyrophosphato) Titanate) ปริมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ไปใช้กับ CaCO₃-filled PVC Plastisols พบว่า ความเหนียวของพลาสติกไหลลดลง

นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ ไอโซโพรพิลไตรไอโซสเตียโรอิลไททาเนต (Isopropyl-Triisostearoyl Titanate) ปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารประสานใน PP ที่ใส่ CaCO₃ ปริมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยปรับปรุงสมบัติการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลว รวมทั้งทำให้ผลิตภัณฑ์มีความทนแรงกระแทกเพิ่มขึ้นถึง 7.5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ได้ใช้ ไททาเนต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อด้อยของไททานเต คือ เมื่อนำไปใช้กับพอลิเมอร์ใสสารประกอบฟีนอลิก (ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารกันออกซิเดชันหรือสารเพิ่มเสถียรภาพทางแสง) จะมีผลทำให้พอลิเมอร์เกิดการเปลี่ยนสีได้

(4) เซอร์โคเนียมอะลูมิเนต (Zirconium Aluminates)

เซอร์โคเนียมอะลูมิเนตหรือเซอร์โคเนต (Zirconates) เป็นสารประสานที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้แทนไททานเตในกรณีที่น่าไปใช้กับพอลิเมอร์ที่ต้องใสสารประกอบฟีนอลิกด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการเปลี่ยนสีของพอลิเมอร์ ซึ่งสารประกอบชนิดนี้มีราคาแพง

ตารางที่ 2.5 แสดงการเลือกใช้ไททานเตและเซอร์โคเนตกับพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ โดยพิจารณาจากหมู่ฟังก์ชันของสารประสาน

ตารางที่ 2.5 Titanate and zirconate coupling agent selection

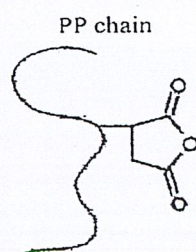
Functional Group	Thermosets	Thermoplastics	Rubbers
Phosphate or pyrophosphate	PF, UP, EP, Acrylic	PE, PP, PVC, PS, PA, PET	XPE
Benzene-sulfonyl	EP	PE, PP, PSU	TPR
Ethylene-diamino	PU	TPU, EVA, CAB	Polysulfide
Amino-phenyl	PU	PC, PPO, PPS, ABS, POM	EPDM, SBR

(5) มาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีน

(Maleic Anhydride Grafted Polypropylene, MA-g-PP)

การปรับปรุงการยึดระหว่างใยแก้วหรือสารตัวเติมกับเทอร์โมพลาสติกพอลิเมอร์ที่มีขั้วเช่น พอลิเอไมด์ สามารถทำได้โดยใช้อะมิโนซิลเลน เนื่องจากหมู่ฟังก์ชันในพอลิเอไมด์สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนของซิลเลนเกิดเป็นพันธะโควาเลนต์ระหว่างพอลิเอไมด์กับซิลเลน อย่างไรก็ตามในกรณีของเทอร์โมพลาสติกที่ไม่มีขั้ว เช่น PE, PP พบว่าการใช้สารประสานที่ได้มาจากมาเลอิกแอนไฮไดรด์กราฟต์พอลิโพรพิลีน (MA-g-PP) จะทำให้สารตัวเติมหรือใยแก้วยึดเกาะกับพอลิเมอร์เหล่านั้นได้ดี

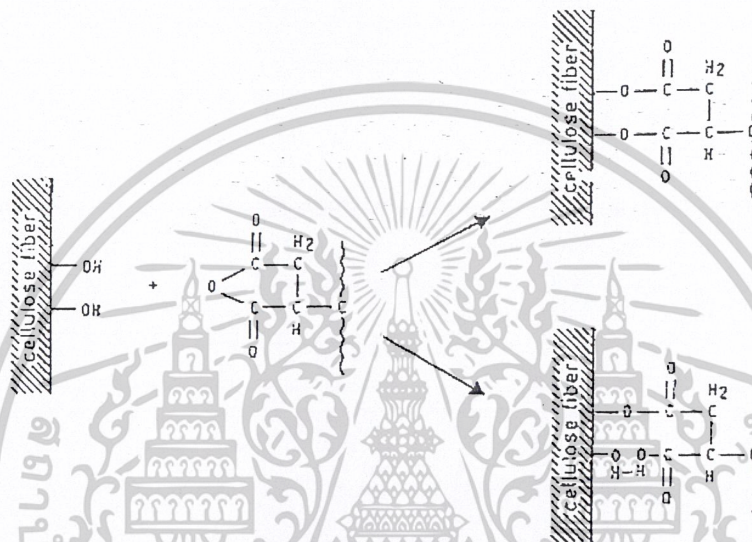
MA-g-PP สังเคราะห์ได้จากการนำมาเลอิกแอนไฮไดรด์ไปกราฟต์บนสายโซ่ PP โดยการทำให้เกิดฟรีเรดิคัลบนสายโซ่ PP ดังรูปแสดงโครงสร้างของ MA-g-PP



รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของ MA-g-PP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MA-g-PP นอกจากจะใช้เป็นสารประสานระหว่างพอลิโพลีเอทิลีนและใยแก้ว หรือสารตัวเติมอินทรีย์แล้ว ยังนิยมใช้เป็นสารประสานระหว่างพอลิโพลีเอทิลีนและเส้นใยเซลลูโลส หรือสารตัวเติมอินทรีย์ (เช่น แป้ง ผงไม้) อีกด้วย ซึ่งปฏิกิริยาระหว่างเส้นใยเซลลูโลส และ MA-g-PP แสดงดังรูปข้างล่าง นอกจากนี้ยังใช้ MA-g-PP เป็นสารช่วยผสม (Compatibilizer) ในการทำพอลิเมอร์ผสม (Polymer Blend or Polyblend or Polymer Alloy) ระหว่างพอลิโพลีเอทิลีนและพอลิเอไมด์ หรือพอลิเมอร์ที่มีขั้วชนิดอื่น ๆ ด้วย



รูปที่ 2.7 แสดงปฏิกิริยาระหว่างเส้นใยเซลลูโลสและ MA-g-PP

(6) แอนติออกซิเดนต์

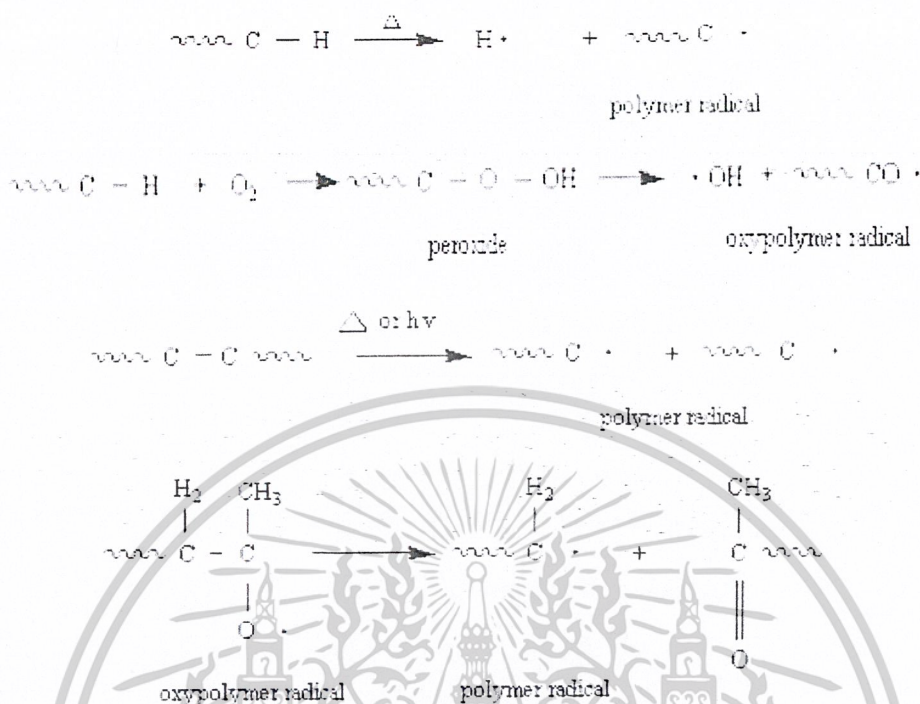
พอลิเมอร์ทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่ง พอลิเมอร์แบบรวมตัวที่เกิดจากไวไนลพอลิเมอร์ เช่น พอลิโพรพิลีน พอลิไวนิลคลอไรด์ สามารถสลายตัวลงค่อนข้างง่ายโดยความร้อน ขณะกระบวนการแปรรูป หรือไม่กี่ขณะใช้งานในที่เปิดซึ่งต้องสัมผัสกับแสงแดดและดินฟ้าอากาศตามธรรมชาติ พอลิเมอร์แบบควบแน่น เช่น ไนลอน 6,6 สามารถสลายตัวได้เช่นกัน แต่กระบวนการสลายตัวเกิดขึ้นได้ยากกว่าพอลิเมอร์แบบรวมตัว

การสลายตัวของพอลิเมอร์ เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่เช่นเดียวกับปฏิกิริยาลูกโซ่แบบทั่วไป ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ อินิเชียชัน โพรพาเกชัน และเทอร์มิเนชัน

โซ่คาร์บอนอาจเริ่มสลายตัวได้หลายแบบใดแบบหนึ่งได้แก่ การสลายพันธะ C-H ของโซ่พอลิเมอร์ โดยความร้อนทั้งในบรรยากาศที่มีออกซิเจน หรือไร้ออกซิเจน อีกแบบหนึ่งได้แก่การสลายของพันธะ C-C ของโซ่พอลิเมอร์โดยความร้อนหรือแสงอัลตราไวโอเล็ต กลไกของอินิเชียชันทั้งสองแบบนี้แสดงดังสมการต่อไปนี้

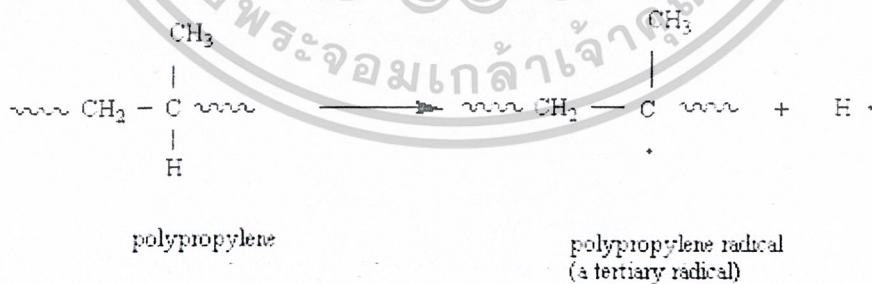
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินินิทีเอชัน



รูปที่ 2.8 แสดงกลไกของอินินิทีเอชัน

การสลายตัวดังสมการ เกิดขึ้นได้ง่ายถ้าพอลิเมอร์เรดิคัลที่ได้เป็นองศา 3 นี้ เป็นเหตุผลที่พอลิโพรพิลีนสลายตัวลงได้ง่ายโดยกระบวนการนี้ และถ้าไอออนของโลหะทรานซิชัน เช่น Cu^+ , Fe^{2+} , Cr^{2+} และ V^{2+} อยู่ด้วย ไอออนเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งในการสลายตัวด้วย

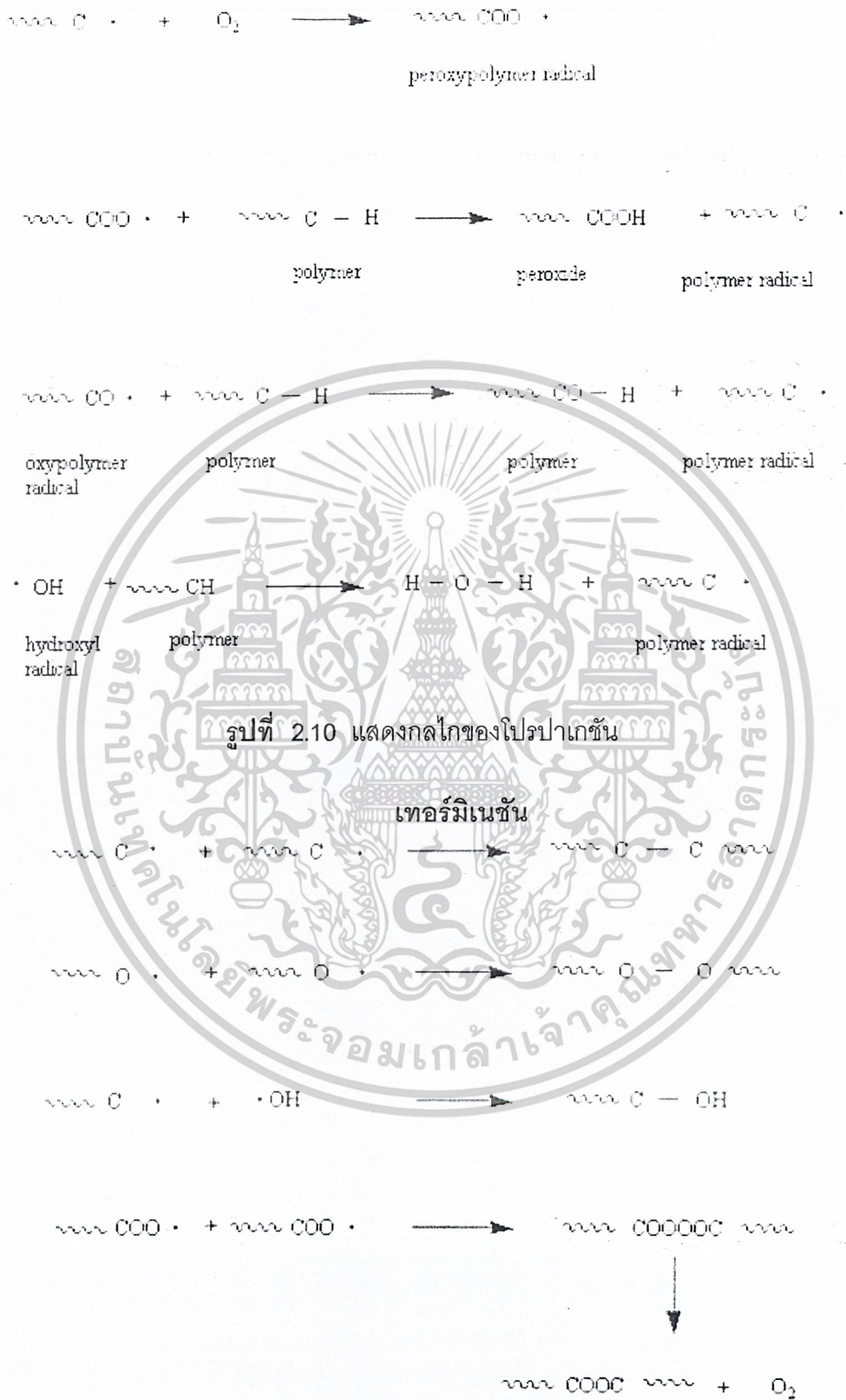


รูปที่ 2.9 แสดงการสลายพันธะ C-H ของโซ่พอลิโพรพิลีน

เมื่อเกิดอินินิทีเอชันแล้วกระบวนการไปรพาเกชัน และเทอร์มิเนชันจะเกิดการติดตามมา
ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพรพาเกชัน



รูปที่ 2.11 แสดงกลไกของเทอร์มิเนชัน

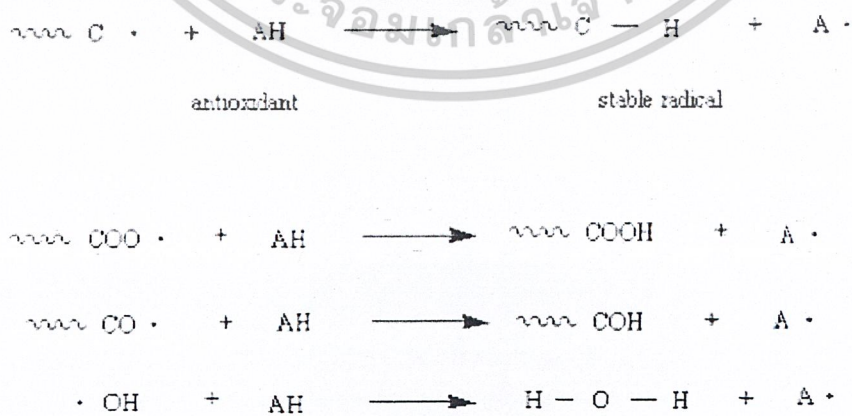
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการสลายของพอลิเมอร์ คือ โซ่พอลิเมอร์สั้นลง กล่าวคือ น้ำหนักโมเลกุลต่ำลง โครงสร้างพอลิเมอร์เปลี่ยนไป และอาจเกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ได้ ทำให้สมบัติของพอลิเมอร์เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นในด้านที่ทำให้คุณภาพของพอลิเมอร์นั้นเสื่อมลง

การเกิดขึ้นตอนโปรปาเกชันสามารถป้องกันได้โดยการเติมสารบางชนิดลงไป สารที่เติมใส่นี้ เรียกว่า แอนติออกซิเดนต์ ซึ่งทำหน้าที่ต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยเป็นตัวย้ายลูกโซ่ แอนติออกซิเดนต์ที่ใช้ทั่วไปเป็นสารประเภทฟีนอลที่มีผลทางสเตอริกสูง อะโรเมติกเอมีน เกลือ และผลิตภัณฑ์จากการควบแน่นระหว่างเอมีน หรืออะมิโนฟีนอลกับแอลดีไฮด์ คีโตน และสารไทโอ ตัวอย่างเฉพาะได้แก่



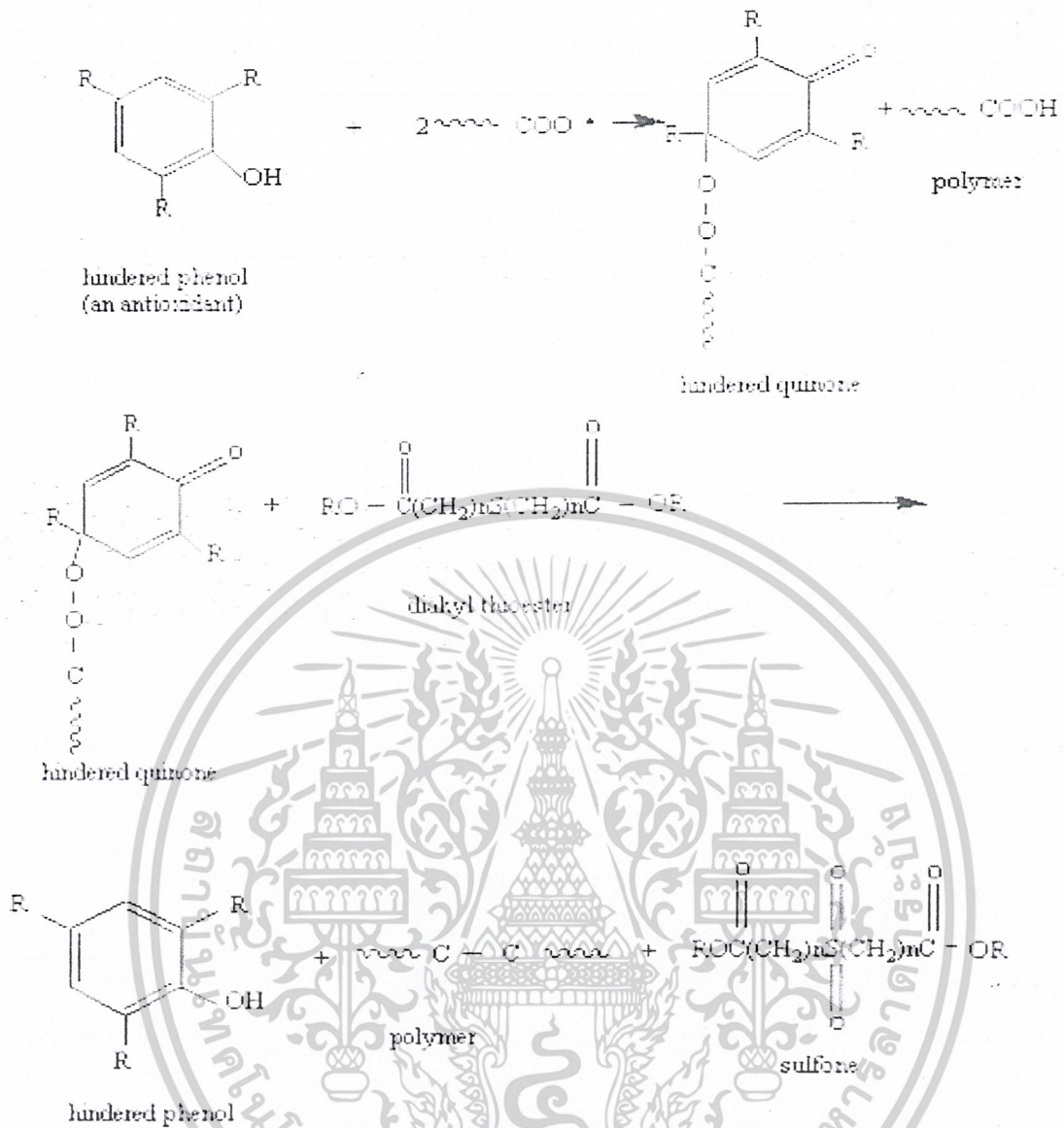
แอนติออกซิเดนต์ป้องกันขั้นตอนโปรปาเกชันโดยทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์เรดิคัล โดยรับฟรีเรดิคัลจากพอลิเมอร์เรดิคัลเกิดเป็นฟรีเรดิคัลที่มีเสถียรภาพ โดยเรโซแนนซ์มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาต่ำ จึงไม่สามารถทำปฏิกิริยาโปรปาเกชันต่อไปนี้



รูปที่ 2.13 แสดงกลไกการป้องกันโปรปาเกชันของแอนติออกซิเดนต์

(HA แทนแอนติออกซิเดนต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงกลไกการเปลี่ยนฟรีแรดดิคัลที่เสถียรของตัวออกซิเดนต์ กลับไปสู่ตัวแอนติออกซิเดนต์ของตัวสลายเปอร์ออกไซด์

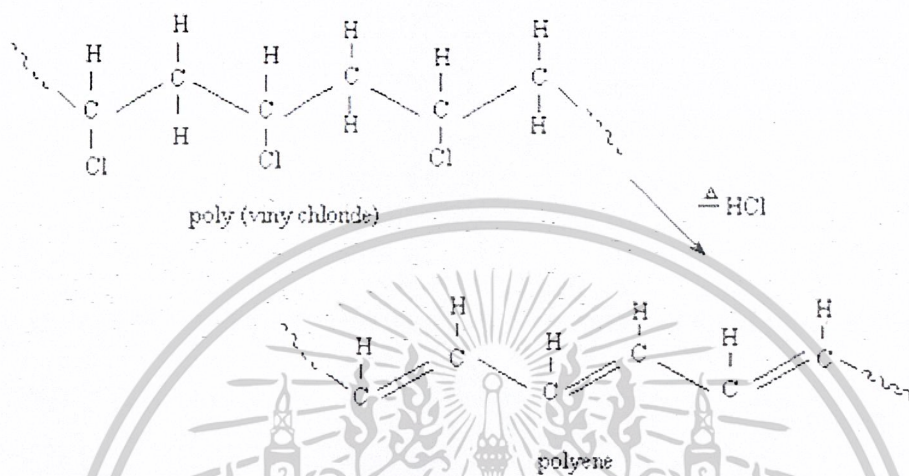
(7) สเตบิลไลเซอร์สำหรับความร้อนและแสงอัลตราไวโอเล็ต

พอลิเมอร์ที่มีคลอรีนอะตอมเป็นส่วนหนึ่งของโมเลกุล เช่น พอลิไวนิลคลอไรด์ พอลิไวนิลดีนคลอไรด์ และโคพอลิเมอร์ของไวนิลคลอไรด์ เมื่อได้รับความร้อนหรือแสงอัลตราไวโอเล็ต มีแนวโน้มที่จะสูญเสีย HCl จากโมเลกุลของพอลิเมอร์ได้ พอลิเมอร์ไฮโดรคาร์บอนอื่น ๆ ที่โครงสร้างมีคาร์บอนองศา 3 เช่น พอลิพรพีลีน และพอลิสไตรีน ดังได้กล่าวมาแล้วก็สามารถสลายตัวลงได้โดยความร้อนและแสงยูวีเช่นกัน ทั้งนี้เป็นเพราะแสงในช่วงคลื่นยูวี (290-400 นาโนเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีพลังงาน 71 – 95 กิโลแคลอรีต่อโมล ซึ่งพลังงานนี้เพียงพอต่อการสลายพันธะ C-C, C-Cl และ C-H

พอลิไวนิลคลอไรด์สลายลงโดยการสูญเสีย HCl ปฏิกริยาเป็นแบบลูกโซ่ และสามารถคะตะไลซ์โดยตนเอง การสูญเสีย HCl จากโซ่พอลิเมอร์เป็นการสลายตัวลงแบบถอดซิป ดังนี้



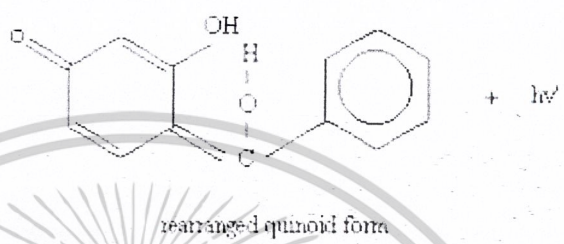
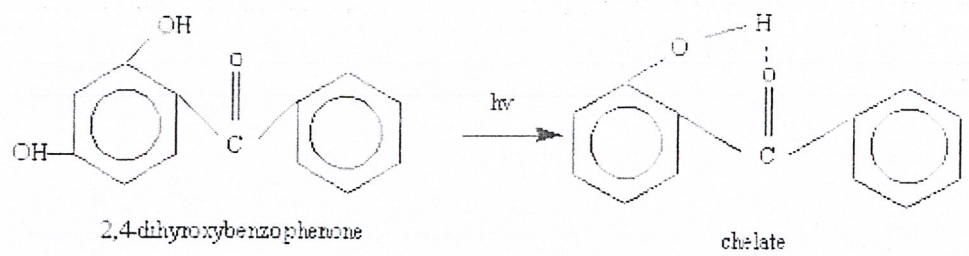
รูปที่ 2.16 แสดงพอลิไวนิลคลอไรด์สลายลงโดยการสูญเสีย HCl

พอลิไวนิลคลอไรด์หลังสูญเสีย HCl เกิดเป็นหมู่เอทธิลีนเป็นจำนวนมาก และแบบคอนจูเกตกัน ซึ่งหมู่เหล่านี้สามารถดูดแสงในช่วงคลื่นของแสงมองเห็นได้ พอลิไวนิลคลอไรด์หลังสูญเสีย HCl จึงปรากฏมีสี และสีเปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ จากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลจนในที่สุดเป็นสีดำ ขึ้นกับปริมาณ HCl ที่สูญเสียไป หรือจำนวนหมู่เอทธิลีนที่เกิดขึ้นในโซ่คาร์บอนของพอลิเมอร์

เพื่อป้องกันการสลายตัวของพอลิเมอร์โดยแสงยูวี จึงจำเป็นต้องเติมสารบางอย่างลงไป สารจำพวกแอนติออกซิเดนต์ดังได้กล่าวมาแล้ว ความจริงทำหน้าที่เป็นสเตบิไลเซอร์สำหรับพอลิไวนิลคลอไรด์ และพอลิเมอร์ที่มีคลอรีนอะตอมเป็นองค์ประกอบอื่น ๆ ต้องเติมสารพิเศษลงไป เพื่อป้องกันการสลายตัวของพอลิเมอร์โดยแสงยูวีโดยเฉพาะ

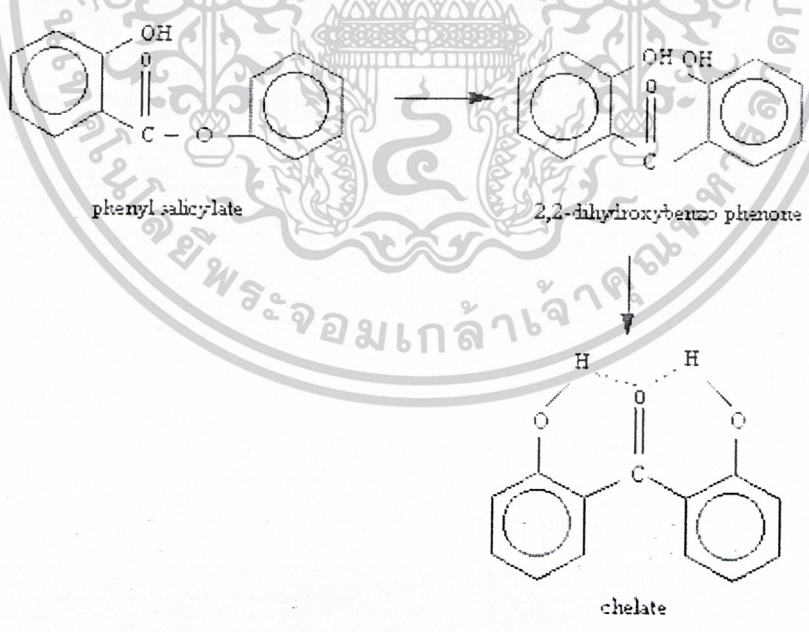
อัลตราไวโอเล็ตสเตบิไลเซอร์ที่นิยมใช้ ได้แก่ ฟีนิลซาลิไซเลต, 2-ไฮดรอกซีเบนโซโพรพิโอน, 2-ไฮดรอกซีเพนิลเบนโซโพรพิโอน, 2-ไซอะโนโดเพนิลอะคริเลต สารเหล่านี้สามารถดูดแสงในช่วงคลื่น 290 – 400 นาโนเมตร โดยตัวสารเอง เมื่อดูดแสงแล้วจะถูกเปลี่ยนไปเป็นสารอื่น และคายแสงที่เหลืองที่มีความยาวคลื่นยาวกว่า หรือมีพลังงานต่ำกว่า เช่น ฟีนิลซาลิไซเลตดูดแสงอัลตราไวโอเล็ต เปลี่ยนไปเป็นสาร 2,2-ไดไฮดรอกซีเบนโซโพรพิโอน ซึ่งสามารถอยู่ในรูปของซีเลต และคายแสงที่มีพลังงานต่ำกว่าออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงขั้นตอนการทำงานของฟีนอลิกซัลไฟด์ (hv คือ แสงที่มีพลังงานต่ำกว่าถูกคายออกมา)

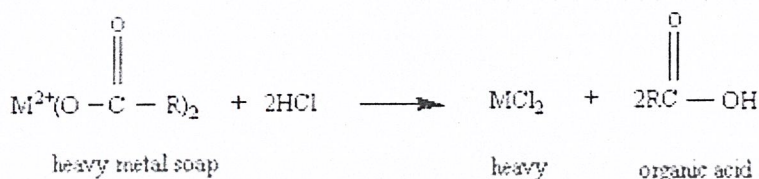
สาร 2,4-dihydroxybenzophenone ก็ทำหน้าที่ทำนองเดียวกันดังนี้



รูปที่ 2.18 แสดงขั้นตอนการทำงานของ 2,4-dihydroxybenzophenone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของพอลิไวนิลคลอไรด์ ชั้นตอนโปรปาเกชันอาจจะป้องกันได้ โดยการเติมสารจำพวกเกลือของโลหะหนัก หรือสบู่ที่เป็นเกลือของโลหะหนัก สารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวได้ ตัวอย่างได้แก่ barium stearate



รูปที่ 2.19 แสดงการป้องกันชั้นตอนโปรปาเกชันของพอลิไวนิลคลอไรด์

2.9 การผลิตดอกไม้แห้ง

(1) การทำให้แห้งในอากาศ (Air Drying)

การทำให้แห้งในอากาศ วิธีกรรมนี้เป็นวิธีการที่ง่ายและประหยัดที่สุดในการเก็บรักษาดอกไม้โดยการทำให้แห้ง วิธีกรรมทำได้โดยการเด็ดใบออกจากก้านดอกให้หมด หรืออาจไม่เด็ดดอกก็ได้ ถ้าแน่ใจว่าใบไม้ นั้นสามารถแห้งได้ง่าย มัดดอกไม้รวมกันมัดละ 6-10 ดอก จากนั้นนำไปแขวนโดยห้อยด้านที่เป็นดอกลงในห้องที่ไม่มีแสงสว่างและปราศจากความชื้น ทิ้งไว้ประมาณ 3 - 4 สัปดาห์ดอกไม้จะแห้งสนิท สังเกตได้โดยการหักก้านดอกตรงส่วนปลาย ถ้าสามารถหักได้ง่าย แสดงว่าดอกไม้ นั้นแห้งสนิทดีแล้ว จากนั้นนำสเปรย์อคริลิก หรือสเปรย์แต่งผสมชนิดที่มีเซลแลกเป็นส่วนผสมมาพ่นเคลือบ เพื่อช่วยในการรักษารูปทรงของดอกไม้ รูปร่างและสีสันทันของดอกไม้แห้งนี้จะขึ้นกับชนิดของดอกไม้ที่นำมาใช้

(2) การทำให้แห้งด้วยการกดทับ (Pressing Flower)

เป็นการทำดอกไม้ให้แห้งโดยการกดทับให้แบน โดยนิยมใช้วิธีการนี้กับใบไม้ กลีบดอกไม้ หรือเฟิร์นบางชนิด ดอกไม้ที่จะนำมาทำดอกไม้แห้งด้วยวิธีการนี้ควรจะต้องเก็บในตอนเช้าที่น้ำค้างแห้งแล้ว และไม่ควรเก็บหลังจากที่ดอกไม้โดนแสงแดดนานเกินไป อุปกรณ์ที่ใช้กดทับนิยมใช้หนังสือทั่วไปที่มีน้ำหนักมาก เช่น สมุดโทรศัพท์ หรือหนังสือสารานุกรมเก่า ๆ เป็นต้น วิธีการกดทับทำได้โดยวางหนังสือหน้ากลางออก ใช้กระดาษดูดซับวางรองชั้นล่าง จากนั้นนำดอกไม้ที่ต้องการกดทับมาเรียงให้เป็นระเบียบ โดยต้องไม่ให้กลีบของดอกไม้ทับกันเอง ในขั้นตอนนี้ต้องไม่มีหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเกาะที่กลีบดอกไม้หรือใบไม้ มิฉะนั้นจะทำให้ดอกไม้ขึ้นราได้ หรือถ้ายังมีหยดน้ำให้ใช้กระดาษชำระวางทับด้านบนก่อนใช้กระดาษดูดซับวางทับชั้นบนสุดก่อนจะพับหนังสือปิดลงไป วางหนังสือทิ้งไว้ 1 – 2 สัปดาห์ (ใบไม้ 1 สัปดาห์, ดอกไม้ 2 สัปดาห์) กางหนังสือออกอย่างระมัดระวัง จะได้ดอกไม้แห้งด้วยกรรมวิธีกดทับเป็นแผ่นบางๆ

(3) การทำให้แห้งด้วยซิลิกาเจล (Silica Gel)

ซิลิกาเจลไม่ใช่สารที่มีลักษณะเป็นเจล แต่เป็นของแข็งเม็ดเล็ก ๆ ที่มีความสามารถในการดูดซับความชื้นสูง วิธีการทำดอกไม้ให้แห้งด้วยซิลิกาเจลเป็นวิธีที่นิยมมาก เนื่องจากสามารถรักษาสีของดอกไม้ได้ใกล้เคียงกับของจริงมาก วิธีการนี้อาจใช้ทำดอกไม้แห้งทั้งซ่อ หรือเฉพาะส่วนของดอกเท่านั้นก็ได้ วิธีการทำโดยเทซิลิกาเจลลงในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทสูงประมาณ 1 นิ้ว นำดอกไม้ที่ตัดก้านออกแล้วเสียบลงในซิลิกาโดยให้ก้านของดอกไม้ตั้งขึ้น ค่อย ๆ เติมซิลิกาเจลลงไปจนท่วมดอกไม้ ในขณะที่เติมให้จัดกลีบดอกไม้ให้อยู่ในลักษณะที่สวยงามไปพร้อมกัน พยายามอย่าให้มีส่วนของดอกไม้โผล่พ้นซิลิกาเจล เพราะจะทำให้ดอกไม้แห้งไม่เท่ากันทั่วทั้งดอก ปิดฝาภาชนะให้สนิททิ้งไว้ 5 - 7 วัน ค่อย ๆ นำดอกไม้แห้งออกมาปิดซิลิกาเจลที่ติดอยู่ด้วยฟู่กันขนอ่อน จากนั้นพ่นด้วยสเปรย์เช่นเดียวกับที่ใช้ในดอกไม้แห้งในอากาศ เพื่อช่วยรักษารูปทรงของดอกไม้

ซิลิกาเจลที่นำมาใช้สามารถอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเพื่อไล่ความชื้น และนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซิลิกาเจลจะมีสีน้ำเงินขณะแห้ง และจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูใสเมื่อดูดความชื้น

(4) การทำให้แห้งด้วยกลีเซอริน (Glycerin)

การทำดอกไม้แห้งด้วยการแช่ในสารละลายกลีเซอริน วิธีการนี้จะทำให้สีของดอกไม้เข้มขึ้น แต่ลักษณะพิเศษคือก้าน และกลีบของดอกไม้จะยังคงอ่อนนุ่ม และวิธีการนี้ยังคงสามารถรักษากลิ่นหอมตามธรรมชาติของดอกไม้ไว้ได้ด้วย

วิธีการทำโดยใช้กลีเซอริน 1 ส่วนผสมกับน้ำร้อน 2 ส่วน ต้มให้เดือด เทกลีเซอรินลงในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทสูงประมาณ 3 นิ้ว นำดอกไม้วางลงในภาชนะโดยให้ก้านของดอกไม้จุ่มอยู่ในสารละลาย (ก้านดอกไม้จะต้องเป็นส่วนที่สามารถตัดทิ้งได้ และต้องเป็นส่วนที่สามารถดูดซึมสารละลายได้) ปิดฝาและใช้เวลาประมาณ 2 – 3 สัปดาห์ในกระบวนการทำให้แห้ง และใน 2 - 3 วันแรกจะต้องมีการเติมสารละลายกลีเซอรินเพื่อรักษาระดับของสารละลายให้สูงเท่าเดิม ถ้าต้องการเปลี่ยนสีของดอกไม้ยังสามารถทำได้โดยการเติมสีผสมอาหาร สีย้อมผ้า หรือสีจากธรรมชาติ 1 ออนซ์ต่อกลีเซอริน 3 ถ้วยตวง ลงไปในสารละลาย สีของดอกไม้จะขึ้นกับเวลาที่ดอกไม้แช่อยู่ในสารละลาย เมื่อดอกไม้แห้งสนิทสีของใบจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทอง หรือสีของสารละลายไม่เปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการนี้เป็นวิธีการที่เสียค่าใช้จ่ายสูงมาก เนื่องจากลิเซอรินที่ใช้จะต้องเป็นลิเซอรินที่มีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งมีราคาสูงกว่าลิเซอรินชนิดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเชิงวิเคราะห์เล็กน้อยเท่านั้น

(5) การทำให้แห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze Drying)

กรรมวิธีทำให้แห้งแบบเยือกแข็ง เป็นเทคโนโลยีล่าสุดที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตดอกไม้แห้ง กรรมวิธีนี้สามารถรักษารูปทรง และสีสดของดอกไม้ให้เหมือนจริงได้มากที่สุด และทำให้เกิดความเสียหายต่อดอกไม้ให้น้อยที่สุด

ดอกไม้ที่ถูกนำมาทำให้แห้งด้วยวิธีการนี้จะถูกทำให้อยู่ในสภาพเยือกแข็ง เพื่อรักษาลักษณะรูปร่างของดอกไม้ทั้งก่อนและหลังการทำให้แห้ง ขั้นตอนนี้ยังสามารถรักษารูปร่างของช่อดอกไม้ให้คงเดิมได้ทั้งช่ออีกด้วย จากนั้นตู้อบดอกไม้จะถูกลดความดันเพื่อให้ความชื้นระเหยออกมาที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ความชื้นที่ระเหยออกมาจะถูกจับไว้โดยธาตุโลหะที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า -10 องศาเซลเซียส กระบวนการทำให้แห้งจะดำเนินไปจนกว่าจะไม่มี ความชื้นมาจับที่ธาตุโลหะอีกจึงนำดอกไม้ออกจากตู้อบได้

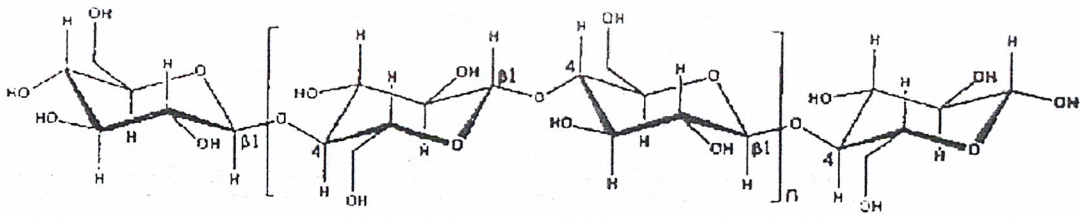
ดอกไม้แห้งที่ผลิตด้วยวิธีการนี้สามารถดูความชื้นกลับได้ และทำให้อายุของดอกไม้สั้นลงอย่างมาก วิธีการเดียวที่สามารถรักษาดอกไม้แห้งชนิดนี้คือการเก็บรักษาในภาชนะที่ปิดสนิท และไม่มี การถ่ายเทอากาศ

2.10 ลักษณะและโครงสร้างของดอกไม้แห้ง

เซลลูโลส เป็นโพลิเมอร์เชิงเส้นตรง ประกอบด้วยน้ำตาล ดี-กลูโคสที่เชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะเบต้า 1-4 (β 1-4) โกลโคซิดิก เซลลูโลสมีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 10 - 10,000 ประกอบด้วย ดี-กลูโคสประมาณ 15,000 หน่วย จากการศึกษาโดยใช้เทคนิค X-Ray Diffraction โมเลกุลของเซลลูโลสอยู่ในลักษณะเป็นเส้นยาวเรียงขนานกัน แต่ละเส้นจะเชื่อมกันด้วยพันธะไฮโดรเจนให้อยู่รวมกันเป็นมัดตั้งแต่ 40 โมเลกุลขึ้นไป เป็นเส้นใยเล็กเรียกว่า ไฟบริล (Fibril) ไฟบริลนี้ไม่ละลายน้ำ เซลลูโลสเป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์ของพืช โดยไม้จะมีส่วนประกอบของเซลลูโลสประมาณร้อยละ 50

ดอกไม้เป็นส่วนประกอบหนึ่งของพืชทั่วไป ดังนั้นจึงมีโครงสร้างเป็นสารประเภทเซลลูโลสที่มีโครงสร้างซับซ้อน และประกอบไปด้วยหมู่ฟังก์ชันจำนวนมากโดยเฉพาะหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล (Hydroxyl Group: -OH) ซึ่งการมีหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิลจำนวนมากนั้นทำให้โครงสร้างของเซลลูโลสมีความเป็นขี้สูงตามไปด้วย โครงสร้างของเซลลูโลสแสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



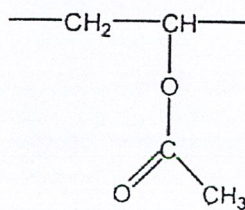
รูปที่ 2.20 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส

2.11 การผลิตสารเคลือบดอกไม้แห้ง

จากแนวความคิดในการนำพอลิเมอร์มาทำเป็นสารเคลือบดอกไม้แห้ง พอลิเมอร์ที่จะนำมาใช้จึงควรมีส่วนของโมเลกุลที่มีขั้วด้วย เพื่อให้สามารถสร้างพันธะยึดเกาะกับโครงสร้างของเซลลูโลสได้ดี

ในปัจจุบันการใช้เอทิลีนไวนิลแอซีเตต (Ethylene Vinyl Acetate: EVA) เพื่อผลิตเป็นสารเคลือบถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำมาใช้เคลือบผิวโลหะแผงวงจรโซล่าเซลล์ เนื่องจากเอทิลีนไวนิลแอซีเตตเป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีความคงทนต่อสภาพการใช้งาน สามารถทำเป็นฟิล์มบาง ๆ ได้ง่าย ฟิล์มที่ได้จะมีลักษณะโปร่งใส มีความยืดหยุ่น สามารถป้องกันการขีดข่วนได้ดี สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน และยังสามารถเติมสารเติมแต่งอื่น ๆ ได้ง่าย เช่น สารเพิ่มการยึดเกาะ และสารเพิ่มความทนทานต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต เป็นต้น ในการวิจัยจึงให้ความสนใจนำเอทิลีนไวนิลแอซีเตตมาทำการศึกษา เนื่องจากเอทิลีนไวนิลแอซีเตตมีส่วนของโมเลกุลที่มีความเป็นขั้วสูง ซึ่งสามารถสร้างพันธะยึดเกาะกับหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลเซลลูโลสได้ดี ทำให้โมเลกุลของพอลิเมอร์ชนิดนี้มีส่วนประกอบที่เหมาะสมในการนำมาใช้งาน

เอทิลีนไวนิลแอซีเตตมีโครงสร้างโมเลกุลดังนี้

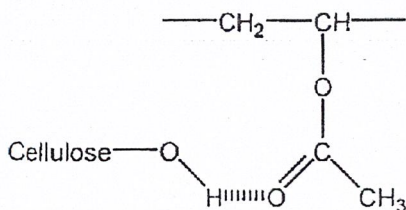


รูปที่ 2.21 โครงสร้างโมเลกุลของเอทิลีนไวนิลแอซีเตต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเอทิลีนไวนิลเอซีเตตเข้ายึดเกาะกับโครงสร้างของโมเลกุลเซลลูโลสจะเกิดโครงสร้าง

ดังรูป



รูปที่ 2.22 การสร้างพันธะระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสกับเอทิลีนไวนิลเอซีเตต

การนำเอทิลีนไวนิลเอซีเตตมาใช้เป็นสารเคลือบ จำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม เนื่องจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ชนิดของตัวทำละลายมีผลกระทบต่อลักษณะของสารละลายพอลิเมอร์ที่ได้ Qian และคณะ [1] ได้ศึกษาผลของความเข้มข้น และอุณหภูมิ Annealing ที่มีต่อการละลายของเอทิลีนไวนิลเอซีเตตในตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane), ไซโคลเฮกเซน (Cyclohexane), ไซลีน (Xylene), และคลอโรฟอร์ม (Chloroform) โดยใช้ความหนืดของสารละลายเป็นตัวแปรในการกำหนดว่า ตัวทำละลายใดมี ประสิทธิภาพสูงที่สุดในการละลายเอทิลีนไวนิลเอซีเตต จากการศึกษาพบว่าการเลือกชนิดของตัวทำละลายมีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติของสารละลายที่ได้

J.W. Qian [2] ได้ศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงโมเลกุลของเอทิลีนไวนิลเอซีเตตในสารละลายผสม โดยใช้หลักการกระเจิงของแสง (Light Scattering) และความหนืด (Viscosity) เป็นตัวบอกความแตกต่างของการเกิดการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวของเอทิลีนไวนิลเอซีเตตในสารละลาย จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนชนิดของตัวทำละลายจะทำให้ลักษณะการจัดเรียงตัวของโมเลกุลเอทิลีนไวนิลเอซีเตตเปลี่ยนไป ซึ่งจะมีผลต่อคุณสมบัติของสารละลายพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ และทำให้เราสามารถทำนายลักษณะของการจัดเรียงโมเลกุลของเอทิลีนไวนิลเอซีเตตในสารละลายอื่นๆ ได้

ในงานวิจัยนี้ จึงเริ่มต้นจากการศึกษาสารละลายที่เหมาะสมในการทำละลายเอทิลีนไวนิลเอซีเตต โดยเลือกจากชนิดของตัวทำละลายที่อยู่ในการทดลองของ Qian และคณะ และนำตัวทำละลายชุดดังกล่าวมาทำการศึกษาตามวิธีการของ J.W. Qian เพื่อหาคุณสมบัติของสารละลายที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ผลิตสารเคลือบ

สำหรับการใช้เอทิลีนไวนิลเอซีเตตเพื่อเคลือบผิวดอกไม้แห้ง จะต้องคำนึงถึงความสามารถของสารเคลือบเพื่อป้องกันความชื้นและแสงอัลตราไวโอเล็ตด้วย การใช้สารเติมแต่งเพื่อเอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับปรุงคุณสมบัติของสารละลายให้เหมาะสมจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาใช้ โดยการเพิ่มคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นจะเลือกใช้สารผสมระหว่างเอทิลีนไวโนลแอซีเตตกับแวกซ์(Wax) เนื่องจากโมเลกุลของเอทิลีนไวโนลแอซีเตตจะทำหน้าที่สร้างพันธะกับโมเลกุลของเซลลูโลส ส่วนโมเลกุลของแวกซ์ ซึ่งเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว จะทำหน้าที่เป็นหมู่ฟังก์ชันที่ไม่รวมตัวกับน้ำ (Hydrophobic Group) ป้องกันความชื้นไม่ให้แพร่เข้าสู่ชั้นของสารเคลือบ ส่วนการเพิ่มคุณสมบัติความทนทานต่อแสงอัลตราไวโอเลตนั้น จะใช้สารป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต (UV-Protect Agent) เพื่อเพิ่มความทนทานของสารเคลือบ และลดการเปลี่ยนสีของพอลิเมอร์ นอกจากนี้ยังมีสารเติมแต่งอีกประเภทที่อาจถูกนำมาใช้ คือ สารเพิ่มความแข็งแรงที่ผิวสัมผัสระหว่างชั้นเคลือบกับผิวที่ต้องการเคลือบ (Silane Coupling Agent) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดเกาะของสารเคลือบกับผิวของดอกไม้แห้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

1. ความหนืดของสารละลาย
2. ดัชนีการหักเหแสงของสารละลาย
3. การเปลี่ยนแปลงสถานะของพอลิเมอร์โดยความร้อน
4. การดูดซับพลังงานแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ต
(Maximum wave number of UV-spectra)

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการศึกษา

1. เอทิลีนไวนิลเอซีเตต (Ethylene Vinyl Acetate Copolymer)
2. แอนติออกซิเดนท์ อะลิฟาติกแว็กซ์ (Antioxidant Aliphatic Wax)
3. 1,2-ไดคลอโรมีเทน (1,2 -Dichloromethane: DCE)
4. ไซโคลเฮกเซน (Cyclohexane: CYH)
5. คลอโรฟอร์ม (Chloroform: CF)
6. ไซลีน (Xylene: XYN)
7. สารป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV Stabilizer)
8. ดอกไม้แห้ง (ดอกกล้วยไม้)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. ชุดกลั่นไหลกลับ (Reflux)
2. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)
3. ขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร
4. แท่งแก้วคน
5. ขวดสีชา
6. เทอร์โมมิเตอร์
7. ปิเปตขนาด 25 มิลลิลิตร พร้อมลูกยาง
8. กระจกตวง
9. หลอดหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ซิลิกาเจล
11. กล่องพลาสติกที่มีฝาปิดสนิทสำหรับเก็บดอกไม้แห้ง
12. เครื่องมือและอุปกรณ์วัดตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่
 - อุปกรณ์วัดดัชนีการหักเหของแสง Refractometer
 - อุปกรณ์วัดความหนืด Ubbelohde Viscometer
 - อุปกรณ์วัดค่าการดูดกลืนแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ต (UV Spectrophotometer)
 - อุปกรณ์วัดค่าการเปลี่ยนแปลงสถานะของพอลิเมอร์โดยความร้อน (Differential scanning calorimeter: DSC)

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมสารละลายพอลิเมอร์

1. ตวงสารละลาย 1,2 ไดคลอโรอีเทน จำนวน 100 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ชั่งเอทิลีนไวไนลแอสีเตต 1 กรัม และแว็กซ์ 0.2 กรัมใส่ลงในขวดก้นกลมเดียวกัน
3. นำไปกลั่นไหลกลับที่อุณหภูมิ 60–70 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที
4. ใช้แท่งแก้วคนกวนให้แน่ใจว่าของแข็งทั้งหมดละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับสารละลาย
5. เทสารละลายใส่ลงในขวดสีชา เก็บไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
6. เปลี่ยนตัวทำละลายจาก 1,2 ไดคลอโรอีเทน เป็นไซโคลเฮกเซน, คลอโรฟอร์ม, และไซลีน ตามลำดับ ทำตามข้อที่ 1–5
7. ตวงสารละลาย 1,2 ไดคลอโรอีเทน 90 มิลลิลิตร และไซโคลเฮกเซน 10 มิลลิลิตรใส่ในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร ทำตามข้อที่ 2–5
8. เปลี่ยนอัตราส่วนของตัวทำละลายจาก 90:10 มิลลิลิตร เป็น 80:20, 70:30, ..., 20:80, และ 90:10 ตามลำดับ ทำตามข้อ 2-5
9. เปลี่ยนคู่ของตัวทำละลายผสมเป็นตัวทำละลายดังต่อไปนี้
 - 1,2 ไดคลอโรอีเทน กับ คลอโรฟอร์ม
 - 1,2 ไดคลอโรอีเทน กับ ไซลีน
 - ไซโคลเฮกเซน กับ คลอโรฟอร์ม
 - ไซโคลเฮกเซน กับ ไซลีน
 - คลอโรฟอร์ม กับ ไซลีน
 - 1,2 ไดคลอโรอีเทน กับ ไซโคลเฮกเซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การหาคุณสมบัติของสารละลายพอลิเมอร์

1. การวัดความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์

1.1 นำสารละลายที่เตรียมได้ทั้งหมดไปวัดความหนืดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

1.2 บันทึกผลการทดลอง

2. การวัดการดูดกลืนคลื่นแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ตของสารละลายพอลิเมอร์

2.1 นำสารละลายที่เตรียมได้ทั้งหมดไปวัดการดูดกลืนคลื่นแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ตที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2.2 บันทึกผลการทดลอง

3. การวัดดัชนีการหักเหแสงของสารละลายพอลิเมอร์

3.1 นำสารละลายที่เตรียมได้ทั้งหมดไปวัดดัชนีการหักเหแสงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3.2 บันทึกผลการทดลอง

4. การทดสอบการเปลี่ยนสถานะของพอลิเมอร์โดยความร้อนด้วยอุปกรณ์

Differential Scanning Calorimeter (DSC)

4.1 ตวงสารละลายชนิดละ 25 มิลลิลิตร เทใส่กระจกนาฬิกาทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

4.2 นำตัวอย่างฟิล์มของแข็งที่ได้ไปทดสอบด้วยเครื่อง DSC

4.3 บันทึกผลการทดลอง

3.4.3 เลือกสารละลายพอลิเมอร์

1. นำผลจากการทดสอบสารละลายพอลิเมอร์มาเปรียบเทียบหาสารละลายพอลิเมอร์ที่เหมาะสม

2. ทำการวิเคราะห์หาอัตราส่วนของตัวทำละลายพอลิเมอร์ที่ได้จากข้อ 1 เพื่อให้ได้อัตราส่วนที่เหมาะสม

3.4.4 การชุปเคลือบดอกไม้แห้ง และการวิเคราะห์ผลที่ได้จากสารเคลือบ

1. ตวงตัวทำละลายพอลิเมอร์ตามอัตราส่วนที่เลือกจากข้อ 3.3.3 ใส่ลงในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร

2. ชั่งเอทิลีนไดออกไซด์ 5 กรัม และแวกซ์ 1 กรัมใส่ลงในขวดก้นกลมเดียวกัน

3. นำไปกลั่นไหลกลับที่อุณหภูมิ 60 – 70 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที

4. ใช้แท่งแก้วคนกวนให้แน่ใจว่าของแข็งทั้งหมดละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับสารละลาย

5. เทสารละลายลงในบีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำดอกไม้แห้งมาจุ่มลงในสารละลายทั้งดอก โดยจับที่ก้านดอกและค่อย ๆ กดส่วนที่เป็นกลีบดอกลงในสารละลายเป็นเวลา 1 นาที นำดอกไม้ขึ้นจากสารละลายตั้งดอกไม้ไว้บนปากขวดโดยเสียบก้านดอกลงไปในช่วงที่มีขนาดพอเหมาะ ทิ้งไว้ 30 นาที ให้สารละลายแห้งสนิท เก็บดอกแห้งที่ผ่านการเคลือบแล้วในกล่องพลาสติก
7. นำกลีบดอกไม้แห้ง ไปถ่ายภาพขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (SEM) โดยถ่ายทั้งภาพพื้นผิว และภาพตัดขวางของกลีบดอก
8. นำกลีบดอกไม้แห้งที่ผ่านการเคลือบด้วยพอลิเมอร์แล้ว ไปถ่ายภาพขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (SEM) โดยถ่ายทั้งภาพพื้นผิว และภาพตัดขวางของกลีบดอก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

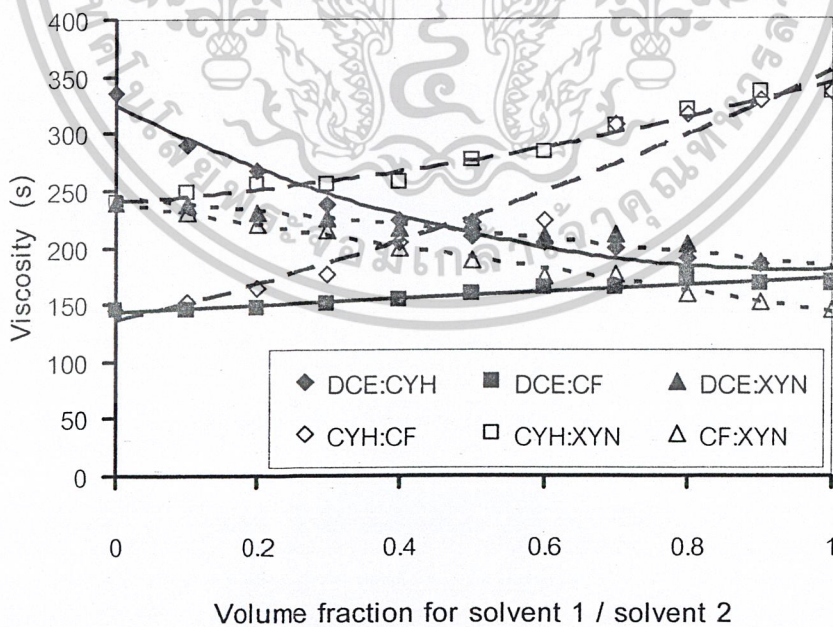
ผลการทดลอง

และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 การเตรียมสารละลายพอลิเมอร์ และการวิเคราะห์คุณสมบัติของสารละลายที่เตรียมได้

4.1.1 ความหนืด

ซึ่งเอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์ 1 กรัม และแวกซ์ 0.2 กรัมใส่ลงในขวดก้นกลม จับคู่ตัวทำละลายที่ละคู่โดยปรับเปลี่ยนตัวทำละลายชนิดที่ 1 และ 2 ซึ่งอัตราส่วนของตัวทำละลายผสม จะแสดงในรูปอัตราส่วนโดยปริมาตร (Volume fraction for solvent 1 / solvent 2, Φ) เติมตัวทำละลายผสมที่เตรียมไว้แล้ว ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปกลั่นไหลกลับ (Reflux) ที่อุณหภูมิ 60 - 70 องศาเซลเซียส จนกว่าเอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์และแวกซ์จะละลายหมด นำสารละลายมาวัดความหนืดด้วยอุปกรณ์วัดความหนืดรูปตัวยู (Ubbelohde Viscometer) ยี่ห้อ CANNON รุ่น OBK664 ที่อุณหภูมิ 25 ± 0.5 °C บันทึกผลการทดลองเป็นเวลา (วินาที) ที่สารละลายไหลออกจากกระเปาะจนหมด



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของสารละลายกับอัตราส่วนของตัวทำละลาย

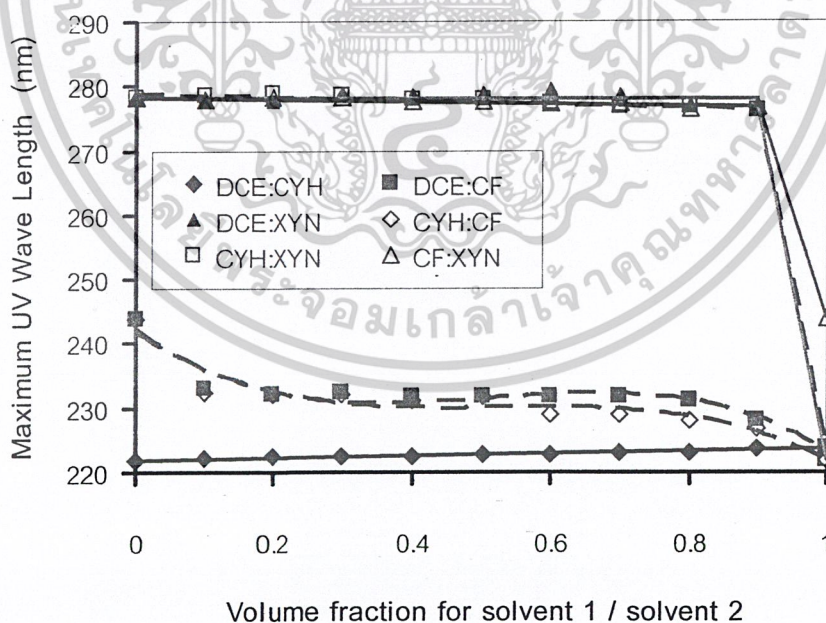
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองปรับเปลี่ยนอัตราส่วน และชนิดของตัวทำละลายโดยกำหนดให้ความเข้มข้นของเอทิลีนไวโนลแอซีเตตต่อแวกซ์คิงที่ ผลการทดลองในรูปที่ 4.1 พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซนในสารละลาย จะมีผลทำให้ความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์สูงขึ้นดังแสดงได้ในเส้นแนวโน้มของ DCE:CYH, CYH:CF, CYH:XYN ในขณะที่เดียวกันเมื่อเพิ่มอัตราส่วนตัวทำละลายคลอโรฟอร์ม จะช่วยทำให้ความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์ลดลง

ความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์จะมีผลต่อการเคลือบเป็นฟิล์มเป็นอย่างมาก โดยที่สารละลายพอลิเมอร์ที่มีความหนืดมาก จะให้ผลการเคลือบฟิล์มที่หนาและมีผลต่อการจัดเรียงตัวของพอลิเมอร์ขณะมีการระเหยของตัวทำละลาย ในขณะที่เดียวกันสารละลายพอลิเมอร์ที่มีความหนืดน้อยจะทำให้ได้ฟิล์มที่เคลือบบนกลีบดอกไม้ไม่สม่ำเสมอ ผลการทดลองเปรียบเทียบอัตราส่วนและชนิดของตัวทำละลายพบว่า มีผลต่อความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์ดังนี้ ตัวทำละลายไซโคลเฮกเซนจะมีผลทำให้ความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์สูงขึ้น ในขณะที่เดียวกันการผสมคลอโรฟอร์มจะช่วยทำให้ความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์ลดลง

4.2.2 การดูกลืนคลื่นแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ต

นำสารละลายพอลิเมอร์ที่เตรียมไว้ชุดเดียวกัน มาวัดการดูดกลืนความยาวแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ตด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ JENWAY รุ่น 6405UV/Vis



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นสูงสุดที่ถูกดูดกลืนโดยสารละลายกับอัตราส่วนของตัวทำละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

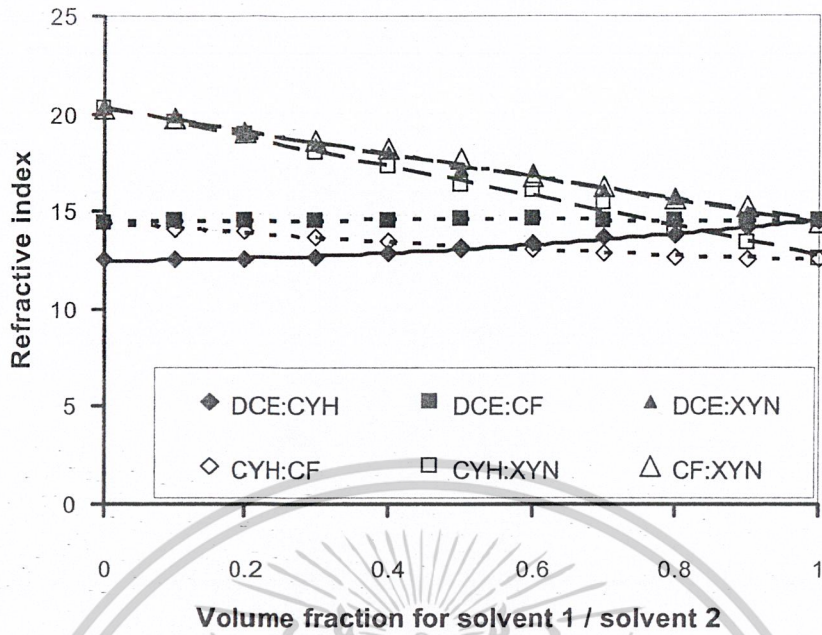
โดยทั่วไป UV Spectrophotometry เป็นวิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวของสายโซ่พอลิเมอร์ในตัวทำละลาย เมื่อมีการเปลี่ยนอัตราส่วนและชนิดของตัวทำละลาย J. W. Qian และคณะ [10] และการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวของพอลิเมอร์จะมีผลต่อค่าความยาวคลื่นสูงสุดของการดูดกลืนคลื่นแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ต โดยมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด จากการทดลองเมื่อลดปริมาณไซลีนลงต่ำกว่าร้อยละ 10 หรือใช้ปริมาณคลอโรฟอร์มร้อยละ 20 ตามรูปที่ 4.2 ค่าความยาวคลื่นสูงสุดจะลดลงอย่างรวดเร็ว แสดงให้เห็นว่าการลดลงของค่าความยาวคลื่นสูงสุดอย่างรวดเร็วเมื่อเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของตัวทำละลาย เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของแรงยึดเหนี่ยวของพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ C=O กับไฮโดรเจนในหมู่ฟังก์ชันของไวนิลแอซีเตต (Vinyl Acetate: VA) เมื่อแรงยึดเหนี่ยวของพันธะไฮโดรเจนมากขึ้น มีผลทำให้สายโซ่ของเอทิลีนไวนิลแอซีเตตในสารละลายพอลิเมอร์รวมตัวเป็นกลุ่มก้อนมากขึ้น และอาจจะมีผลต่อการผสมเข้ากันกับแว็กซ์ที่เติมได้ ดังนั้น ควรเลือกใช้สัดส่วนของตัวทำละลายไซลีนมากกว่าร้อยละ 10 หรือใช้คลอโรฟอร์มมากกว่าร้อยละ 20 ในตัวทำละลายผสมเพื่อหลีกเลี่ยงการไม่กระจายตัวของสายโซ่พอลิเมอร์ และช่วยให้การผสมกับแว็กซ์เกิดได้ดีขึ้น

4.1.3 ดัชนีการหักเหแสง

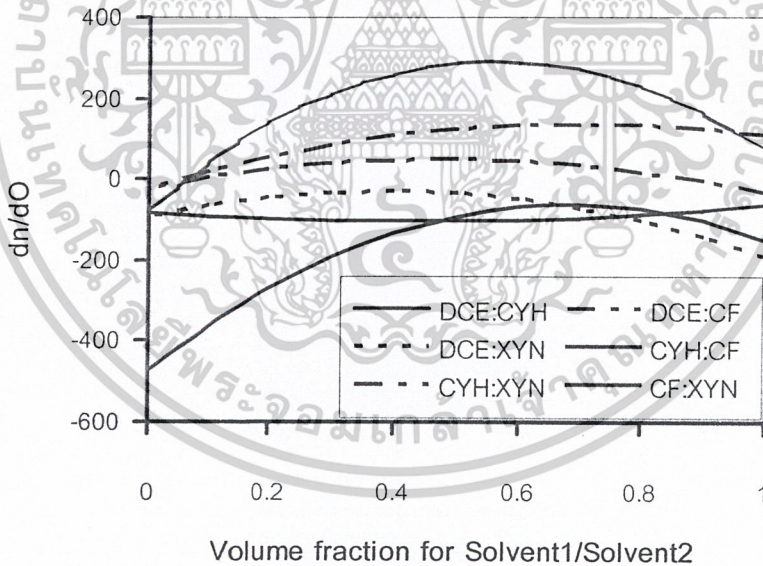
นำสารละลายพอลิเมอร์ที่เตรียมไว้ชุดเดียวกัน มาวัดดัชนีการหักเหแสงของสารละลายด้วยเครื่อง Petrotest B+S 60/ED ได้ผลการทดลองดังแสดงได้ตามรูปที่ 4.3 ซึ่งพบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนชนิดและสัดส่วนของตัวทำละลาย มีผลทำให้ค่าดัชนีการหักเหแสงเปลี่ยนไป

จากการทดลองสามารถพิจารณาผลของตัวทำละลาย ต่อการจัดเรียงตัวของเอทิลีนไวนิลแอซีเตตและแว็กซ์ ได้จากค่าอนุพันธ์อันดับหนึ่งของค่าดัชนีการหักเหแสง ต่อสัดส่วนโดยปริมาตรของตัวทำละลาย ($dn/d\Phi$) ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ค่า $dn/d\Phi$ สูงสุดแสดงถึงสัดส่วนโดยปริมาตรของตัวทำละลายผสม ที่มีผลต่อการจัดเรียงตัวของสายโซ่เอทิลีนไวนิลแอซีเตตและแว็กซ์ในสารละลายพอลิเมอร์

จากรูปที่ 4.4 พบว่าสารละลายที่มีส่วนผสมของตัวทำละลายไซโคลเฮกเซนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนมาก เนื่องจากไซโคลเฮกเซนเป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วเพียงชนิดเดียว ส่วนสารละลายที่มีปริมาณคลอโรฟอร์มที่สัดส่วนประมาณร้อยละ 40 - 50 ก็สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกัน



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการหักเหแสงของสารละลาย EVA/WAX กับอัตราส่วนของตัวทำละลาย



รูปที่ 4.4 กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งของดัชนีการหักเหแสง

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวของสายโซ่พอลิเมอร์ ในตัวทำละลายสามารถวัดได้จากการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีการหักเหของแสง ที่เป็นฟังก์ชันกับสัดส่วนของตัวทำละลายผสม ดังนั้นในการทดลองนี้ได้ศึกษาผลของสัดส่วนตัวทำละลายต่อการจัดเรียงตัวของเอทิลีนไวนิลเอซีเตตและแวกซ์ ด้วยการวัดค่าดัชนีการหักเหของแสงของสารละลายพอลิเมอร์ที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิคงที่ 25 °C ซึ่งพบว่า เมื่อมีการปรับเปลี่ยนสัดส่วนของตัวทำละลาย เช่น การปรับลดปริมาณของไซลีนในคู่ตัวทำละลายผสม DCE:XYN, CYH:XYN, และCF:XYN มีผลทำให้ค่าดัชนีการหักเหของแสงลดลง ในขณะที่การปรับลดปริมาณของไซโคลเฮกเซนในคู่ตัวทำละลายผสม DCE:CYH มีผลทำให้ค่าดัชนีการหักเหของแสงเพิ่มมากขึ้น

จากผลการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีการหักเหของแสง ที่เป็นผลมาจากสัดส่วนของตัวทำละลาย จะพบว่าสามารถพิจารณาผลของตัวทำละลายต่อการจัดเรียงตัวของเอทิลีนไวนิลเอซีเตต และแกวซ์ได้จากค่าอนุพันธ์อันดับหนึ่งของค่าดัชนีการหักเหของแสง ต่อสัดส่วนโดยปริมาตรของตัวทำละลาย ($dn/d\Phi$) ค่า $dn/d\Phi$ สูงสุดแสดงถึงสัดส่วนโดยปริมาตรของคู่ตัวทำละลายผสมที่มีผลต่อการจัดเรียงตัวของสายโซ่เอทิลีนไวนิลเอซีเตตและแกวซ์ในสารละลายพอลิเมอร์

จากการทดลองพบว่าปริมาณคลอโรฟอร์มที่สัดส่วนประมาณร้อยละ 40 - 50 ในสารละลายคู่ผสม CYH:CF และ DCE:CF มีผลต่อการจัดเรียงตัวของเอทิลีนไวนิลเอซีเตตและแกวซ์ ส่วนสำหรับไซลีนจะมีผลต่อการจัดเรียงตัวของสายโซ่พอลิเมอร์ ในสัดส่วนประมาณร้อยละ 30 ในตัวทำละลายคู่ผสม CYH:XYN

4.1.4 การทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของฟิล์มที่ได้จากพอลิเมอร์

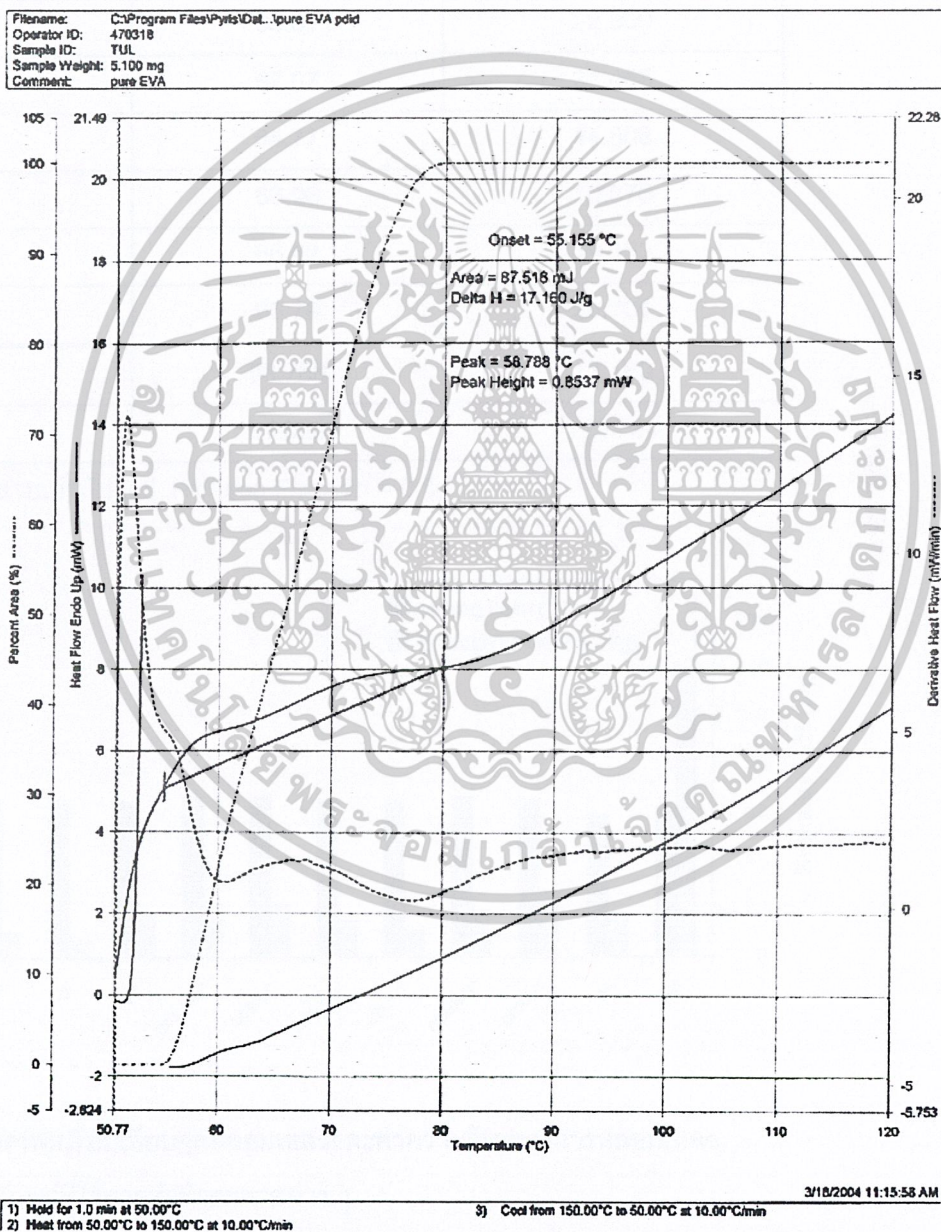
การทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของฟิล์มที่ได้จาก เอทิลีนไวนิลเอซีเตตผสมแกวซ์ สามารถทำได้โดยนำสารละลายที่เตรียมไว้มาเทลงบนกระจกนาฬิกาปริมาตร 10 มิลลิลิตร ทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง สังเกตลักษณะของฟิล์มที่ได้ และนำฟิล์มนี้ไปทดสอบการเปลี่ยนสถานะของพอลิเมอร์โดยความร้อนด้วยอุปกรณ์ Differential Scanning Calorimeter: DSC ที่อัตราการให้ความร้อน 10 °C/นาที

ผลจากการสังเกตฟิล์มที่ได้จากเอทิลีนไวนิลเอซีเตตผสมแกวซ์ ที่เคลือบบนกระจกนาฬิกา (Film casting) ฟิล์มที่ได้จากสารละลาย 1,2-ไดคลอโรอีเทนจะมีความขุ่นมาก เนื่องจากตัวทำละลายไม่สามารถละลายแกวซ์ได้ดี เมื่ออุณหภูมิของสารละลายลดลง แกวซ์จะแยกชั้นออกมาก่อนทำให้เกิดการขุ่นของฟิล์ม ส่วนตัวทำละลายอื่นที่นำมาทดสอบสามารถละลายเอทิลีนไวนิลเอซีเตตและแกวซ์ได้ดี นอกจากนี้การขุ่นของฟิล์มยังเกิดจากการที่สารละลายแห้งเร็วเกินไป ทำให้เกิดการแยกวัฏภาค (Phase separation) ของเอทิลีนไวนิลเอซีเตตและแกวซ์ เช่นกรณีของคลอโรฟอร์มที่มีจุดเดือดต่ำ ทำให้สารละลายแห้งเร็วจนเกิดการแยกชั้นของแกวซ์จนสังเกตได้

ตัวอย่างผลการทดสอบการเปลี่ยนสถานะของเอทิลีนไวนิลเอซีเตต ที่นำมาใช้ในงานวิจัย และยังไม่มีการละลายด้วยตัวทำละลาย หรือผสมแกวซ์ เป็นดังรูป 4.5 จุดหลอมเหลวของสารตัวอย่างคือจุดที่เส้นกราฟการดูดกลืนความร้อน (Heat Flow Endo Up) มีค่าสูงสุด จุดที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นกราฟอนุพันธ์ของการดูดกลืนความร้อน (Derivative Heat Flow) มีการเปลี่ยนโค้งเป็นครั้งแรก หมายถึงสารตัวอย่างเริ่มมีการดูดกลืนพลังงานเพื่อการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งไปเป็นของเหลว และจุดที่สารตัวอย่างหยุดดูดกลืนความร้อนเพื่อการหลอมเหลว คือ จุดที่เส้นกราฟการดูดกลืนความร้อนเริ่มมีความชันคงที่ ส่วนพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมด คือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ถูกดูดกลืนโดยสารตัวอย่างเพื่อใช้เปลี่ยนสถานะจากของแข็งไปเป็นของเหลว

ผลการทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของฟิล์มที่ได้จากสารละลายต่าง ๆ จากการทดลองดูได้จากตารางที่ 4.1 (ดูกราฟผลการทดลองได้จากภาคผนวก ก)



รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบการเปลี่ยนสถานะเชิงความร้อนของ

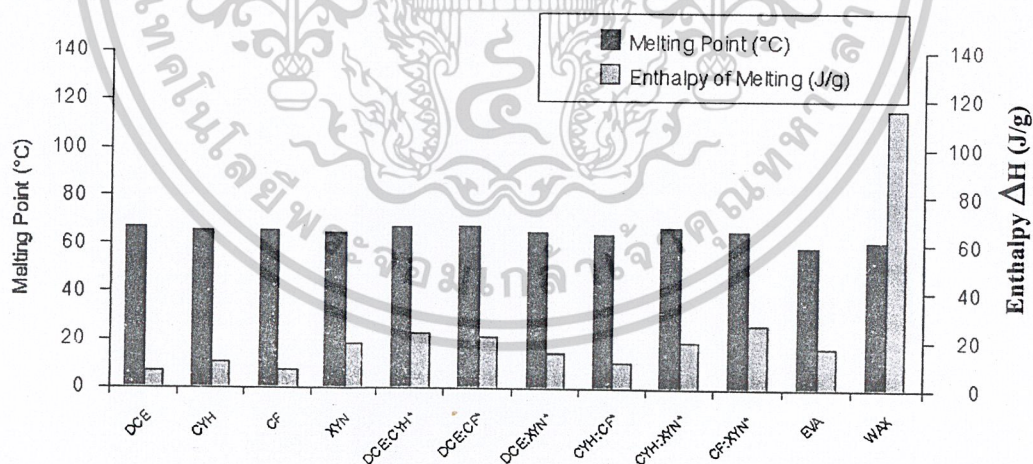
เอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์ที่นำมาใช้ในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.1 จุดหลอมเหลว และค่าความร้อนของการละลายของฟิล์มเอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์ผสม
แกวซ์ที่ได้จากการใช้ตัวทำละลายต่าง ๆ

ตัวทำละลายเอทิลีน- ไวนิลแอลกอฮอล์กับแกวซ์	จุดหลอมเหลว (°C)	ค่าความร้อน ของการหลอมเหลว (J/g)
DCE	66.51	7.344
CYH	65.51	10.908
CF	65.62	7.508
XYN	64.28	18.524
DCE:CYH*	66.61	22.800
DCE:CF*	67.07	21.465
DCE:XYN*	64.77	14.808
CYH:CF*	63.96	10.875
CYH:XYN*	66.62	19.153
CF:XYN*	65.79	26.701
EVA	58.788	17.160
WAX	61.025	115.794

* อัตราส่วนตัวทำละลายเท่ากับ 0.5 (Volume Fraction = 0.5)



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบจุดหลอมเหลวและค่าความร้อนของการหลอมเหลว
ของฟิล์มพอลิเมอร์ที่ได้จากตัวทำละลายต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองวัดค่าการดูดกลืนแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ต และค่าดัชนีการหักเหของแสงในเบื้องต้นได้แสดงให้เห็นแล้วว่า สัดส่วนและชนิดของตัวทำละลายมีผลต่อการจัดเรียงตัวของพอลิเมอร์และการผสมเข้ากันกับแว็กซ์ และเมื่อสารละลายพอลิเมอร์ผสมแว็กซ์ถูกทำให้แห้งเป็นฟิล์ม การจัดเรียงตัวและการผสมเข้ากันของพอลิเมอร์และแว็กซ์จะมีผลต่อสมบัติเชิงความร้อนอีกด้วย สารเคลือบผิวที่ดีต้องมีความแข็งแรงเชิงกลซึ่งมีความสัมพันธ์กับทนทานต่อความร้อนของฟิล์ม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทดสอบสมบัติเชิงความร้อนพื้นฐานของสารเคลือบผิวเอทิลีน-ไวนิลเอซีเตตและแว็กซ์ โดยใช้ DSC เพื่อวัดอุณหภูมิหลอมเหลว (T_m) และค่าพลังงานความร้อนของการหลอมเหลว (ΔH)

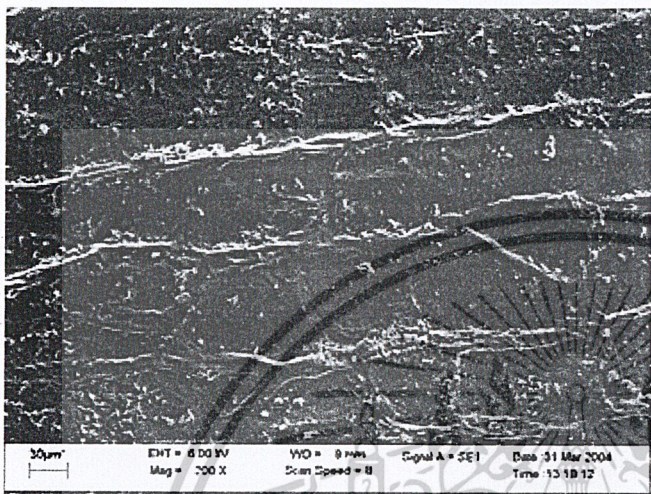
จากรูปที่ 4.6 เอทิลีนไวนิลเอซีเตต และแว็กซ์ที่ใช้ศึกษาเป็นสารเคลือบ มีค่าอุณหภูมิหลอมเหลวใกล้เคียงกัน คือประมาณ 58.8 และ 61 °C ตามลำดับ แต่ค่าพลังงานความร้อนของการหลอมเหลวของแว็กซ์มีค่าสูงกว่าเอทิลีนไวนิลเอซีเตตประมาณ 7 เท่า คือเอทิลีนไวนิลเอซีเตตมีค่าความร้อนของการหลอมเหลวประมาณ 17.1 J/g และแว็กซ์มีค่าประมาณ 115.8 J/g

เมื่อผสมเอทิลีนไวนิลเอซีเตตกับแว็กซ์ โดยใช้ตัวทำละลายชนิดเดียว และตัวทำละลายผสมที่อัตราส่วนโดยปริมาตรเท่ากับ 0.5 พบว่าค่าความร้อนของการหลอมเหลวเพิ่มขึ้นเฉพาะฟิล์มของพอลิเมอร์ที่ได้จากตัวทำละลายไซลีนเท่านั้น ส่วนตัวทำละลายอื่นทำให้ค่าความร้อนของการหลอมเหลวลดลง แต่เมื่อเปลี่ยนเป็นตัวทำละลายผสมที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรเท่ากับ 0.5 พบว่ามีเพียงตัวทำละลาย DCE:XYH และ CYH:CF เท่านั้นที่ทำให้ค่าความร้อนของการหลอมเหลวลดลง ส่วนฟิล์มที่ได้จากสารละลายและสารละลายผสมทุกชนิด มีอุณหภูมิหลอมเหลวเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเอทิลีนไวนิลเอซีเตตเพียงอย่างเดียว และมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ระหว่าง 64 - 67 °C

เมื่อแว็กซ์ผสมเข้ากับเอทิลีนไวนิลเอซีเตตได้ดี ค่าความร้อนของการหลอมเหลวควรมีค่ามากขึ้น เมื่อเทียบกับเอทิลีนไวนิลเอซีเตตเพียงอย่างเดียว จากผลการทดลองพบว่าตัวทำละลายผสม CF:XYN ให้ค่าความร้อนของการหลอมเหลวสูงสุดประมาณ 26.7 J/g และเมื่อพิจารณาผลการวัดค่าอุณหภูมิหลอมเหลวพบว่า ตัวทำละลาย CYH:XYN ทำให้สารเคลือบผิวมีค่าอุณหภูมิหลอมเหลวเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเอทิลีนไวนิลเอซีเตต หรือแว็กซ์เพียงอย่างเดียว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟิล์มที่ได้จากเอทิลีนไวนิลเอซีเตตและแว็กซ์ มีการจัดเรียงตัวที่เป็นระเบียบ และมีความต้านทานเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย

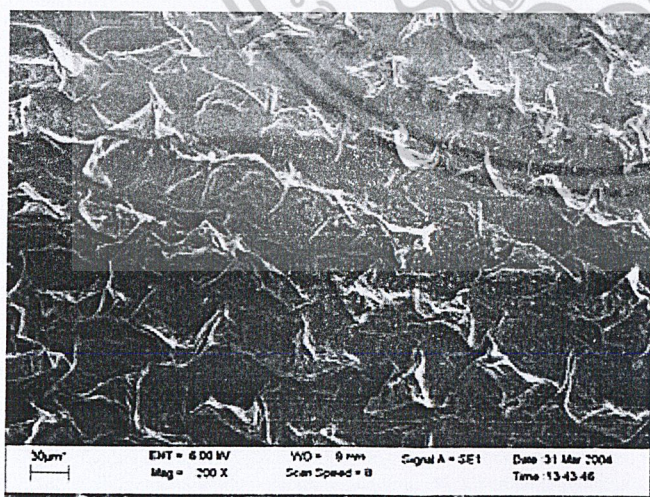
4.1.5 การชุบเคลือบดอกไม้แห้ง และการวิเคราะห์ผลที่ได้จากสารเคลือบ

นำกลีบดอกไม้วีผ่านการทำให้แห้งด้วยซิลิกาเจล ไปทำการถ่ายภาพขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (Scanning Electron Microscope, SEM) เพื่อวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของกลีบดอกไม้วีก่อนทำการเคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ ดังแสดงในรูป 4.7



รูปที่ 4.7 ภาพพื้นผิวของกลีบดอกไม้แห้ง ก่อนทำการเคลือบผิวที่กำลังขยาย 200 เท่า

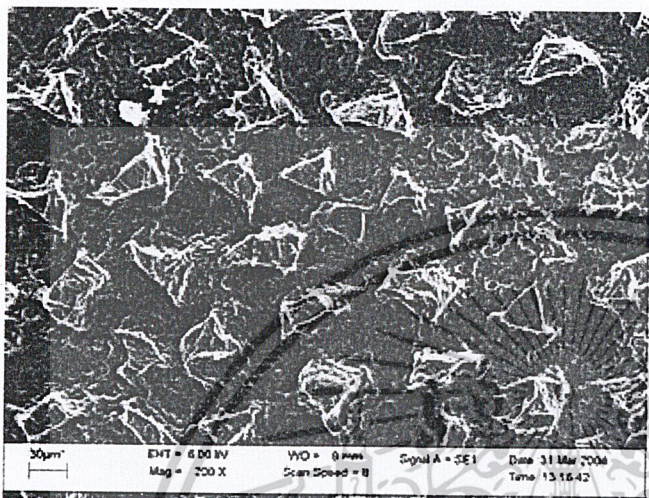
เตรียมสารเคลือบโดยใช้ไซลีนปริมาตร 100 มิลลิลิตร ความเข้มข้นของพอลิเมอร์ร้อยละ 5 และแก๊ซร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ที่ไว้ให้เย็น นำดอกไม้ผ่านการทำให้แห้งด้วยซิลิกาเจล มาทำการเคลือบด้วยการชุบลงในสารเคลือบที่เตรียมไว้แล้ว ที่ให้ฟิล์มแห้งที่อุณหภูมิห้อง นำดอกไม้ที่เคลือบแล้วไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของฟิล์มพอลิเมอร์ที่เคลือบอยู่บนผิวของกลีบดอกไม้



รูปที่ 4.8 ภาพพื้นผิวของกลีบดอกไม้ที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ 100%XYN ที่กำลังขยาย 200 เท่า

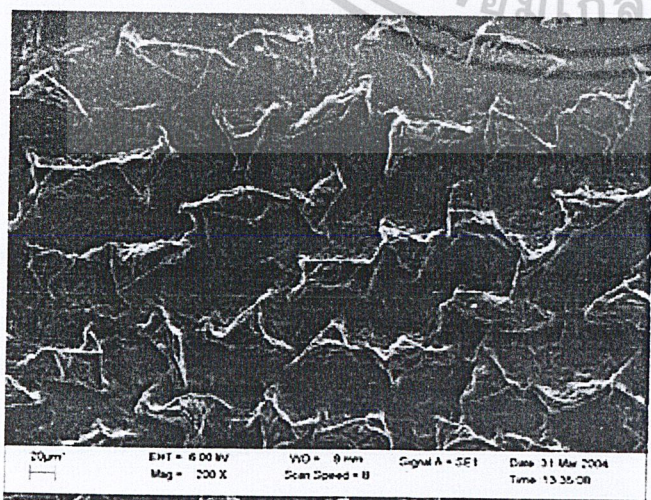
รูปที่ 4.8 เป็นภาพถ่ายของกลีบดอกไม้แห้งที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ที่ใช้ไซลีนเป็นตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว จะสังเกตได้ว่าพอลิเมอร์จับตัวเป็นก้อนกระจายไป เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีโครงสร้างที่เชื่อมโยงกันบางส่วน ผลึกของพอลิเมอร์มีผิวเรียบและเงา ซึ่งเกิดจากการที่โมเลกุลของพอลิเมอร์สามารถจัดเรียงตัวให้เป็นระเบียบได้มากในขณะที่สารละลายกำลังแห้ง และพอลิเมอร์จับตัวกันเป็นฟิล์ม ซึ่งการที่พอลิเมอร์มีการจัดเรียงตัวที่เป็นระเบียบ และมีผลึกที่เชื่อมโยงกันนี้เอง ทำให้ฟิล์มที่ได้มีความแข็งแรงมากขึ้น และเหมาะที่จะนำมาทำเป็นสารเคลือบผิว



รูปที่ 4.9 ภาพพื้นผิวของกليبดอกไม้
ที่เคลือบด้วยสารละลาย
พอลิเมอร์ DCE/50%XYN
ที่กำลังขยาย 200 เท่า

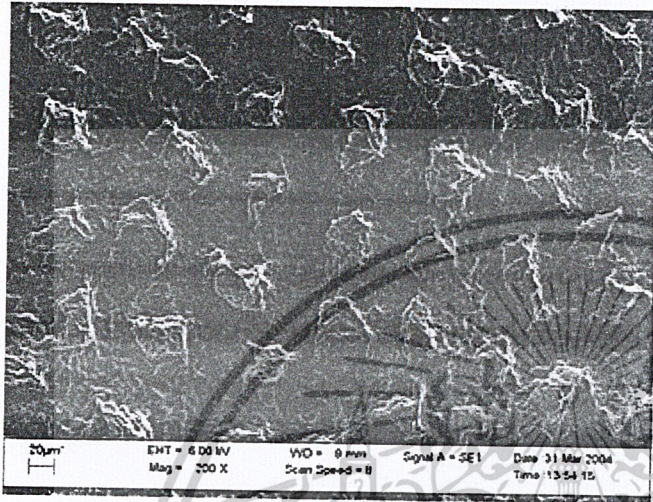
จากรูปที่ 4.9 พบว่าฟิล์มที่ได้มีลักษณะเป็นก้อนกระจายทั่วไป แต่เกือบจะไม่มี การเชื่อมโยงระหว่างผลึกของพอลิเมอร์เลย ซึ่งน่าจะเกิดจากเวลาในการแห้งตัวของพอลิเมอร์น้อยไป หรือโมเลกุลของแก๊สที่ตกตะกอนออกมาก่อน เป็นตัวบั่นยั้งการเชื่อมโยงโครงสร้างของพอลิเมอร์ ส่วนพื้นผิวของฟิล์มมีลักษณะขรุขระ และมีความด้านมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่ตัวทำละลาย 1,2-ไดคลอโรอีเทนนั้นไม่สามารถทำละลายแก๊สได้ดี ดังนั้นเมื่อสารละลายเริ่มแห้งตัวโมเลกุลของแก๊สบางส่วนจึงเกิดการตกตะกอน ฟิล์มที่ได้จึงมีผิวไม่เรียบ มีความด้าน และการไม่มีการเชื่อมโยงของโครงสร้างของพอลิเมอร์



รูปที่ 4.10 ภาพพื้นผิวของกليبดอกไม้
ที่เคลือบด้วยสารละลาย
พอลิเมอร์ CYH/50%XYN
ที่กำลังขยาย 200 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

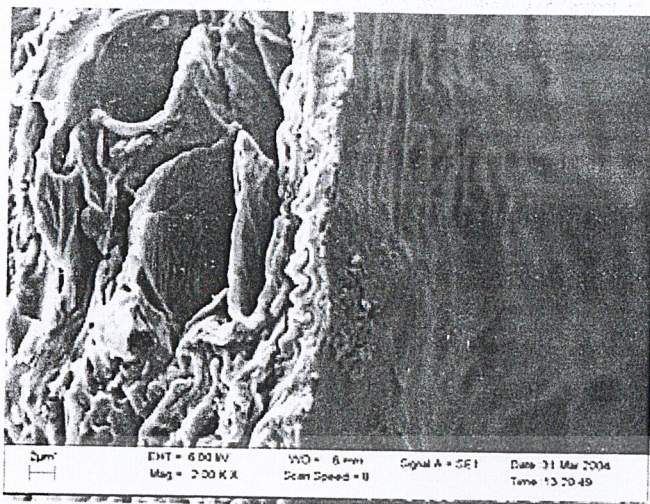
จากรูปที่ 4.10 พบว่าฟิล์มที่ได้มีลักษณะคล้ายฟิล์มที่ได้จากสารละลายพอลิเมอร์ในไซลีนเพียงอย่างเดียว คือ พอลิเมอร์จับตัวเป็นก้อนกระจายทั่วไป และมีการเชื่อมโยงกันบางส่วน แตกต่างกันว่าฟิล์มพอลิเมอร์ที่ได้จากไซลีนเพียงอย่างเดียวจะมีความเรียบเป็นเงามากกว่า ส่วนฟิล์มพอลิเมอร์จากรูปที่ 4.10 จะด้านกว่า และปรากฏลักษณะพื้นผิวที่ขรุขระบางส่วน



รูปที่ 4.11 ภาพพื้นผิวของกليبดอกไม้ที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ CF/50%XYN ที่กำลังขยาย 200 เท่า

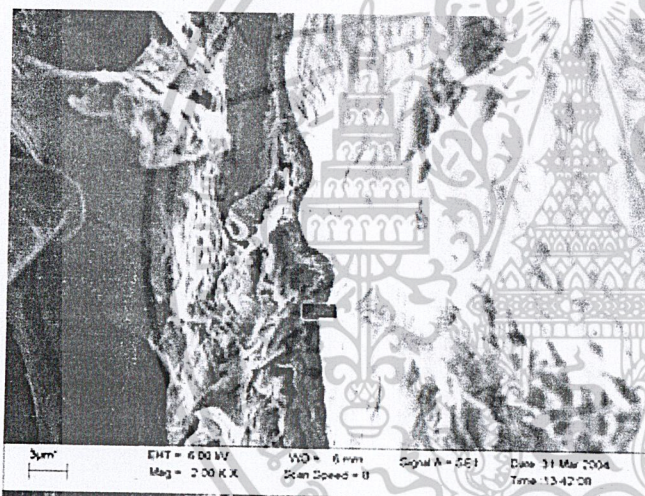
จากรูปที่ 4.11 พบว่าพอลิเมอร์มีลักษณะเป็นก้อนกระจายทั่วไปโดยไม่มีการเชื่อมโยงของโครงสร้าง และพื้นผิวของฟิล์มจะมีลักษณะเป็นคลื่นเล็ก ๆ จำนวนมาก การเกิดคลื่นเล็ก ๆ นี้สาเหตุมาจากการที่สารละลายแห้งตัวไม่สม่ำเสมอ ทำให้ฟิล์มพอลิเมอร์ไม่สามารถจัดเรียงโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบต่อเนื่องกัน และเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่เกิดโครงสร้างที่เชื่อมโยงกันด้วย

จากรูปที่ 4.7 ที่เป็นภาพถ่ายของกليبดอกไม้ที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยซิลิกาเจลแล้ว จะสังเกตเห็นว่ามีเศษผงซิลิกาเจลหลงเหลืออยู่อย่างกระจัดกระจาย เศษผงซิลิกาเจลเหล่านี้เองจึงทำหน้าที่คล้ายตัวล่อ (Nucleating site) และกระตุ้นให้เกิดการตกผลึกของพอลิเมอร์เป็นกลุ่มก้อนกระจัดกระจายทั่วไปดังรูปที่ 4.8 - 4.11 แต่ขนาดของผลึกพอลิเมอร์เหล่านี้มีขนาดเล็กมาก ทำให้ไม่มีผลกระทบต่อคุณลักษณะของฟิล์มมากนัก แต่ถ้าผลึกของพอลิเมอร์เหล่านี้มีขนาดใหญ่เกินไป อาจทำให้เกิดการหักเหของแสงที่ตกกระทบบนฟิล์ม ทำให้มีผลต่อสีของกليبดอกไม้ที่อาจเปลี่ยนไป ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการทำความสะอาดเศษผงซิลิกาเจล ที่ตกค้างอยู่บนกليبดอกไม้แห่งออกก่อนที่จะทำการเคลือบด้วยฟิล์มพอลิเมอร์ เพื่อป้องกันการตกผลึกของพอลิเมอร์ที่มีขนาดใหญ่เกินไป



รูปที่ 4.12 ภาพตัดขวางของกลีบ
ดอกไม้แห้งก่อนทำการ
เคลือบผิวที่กำลังขยาย
2000 เท่า

จากรูปที่ 4.12 จะพบว่ากลีบดอกไม้มีโครงสร้างเป็นแผ่นบาง ๆ ซ้อนกันอยู่เป็นจำนวนมาก และส่วนที่เป็นพื้นผิวของกลีบดอกไม้จะเป็นส่วนโค้งงอ และเว้าสลับกันไป



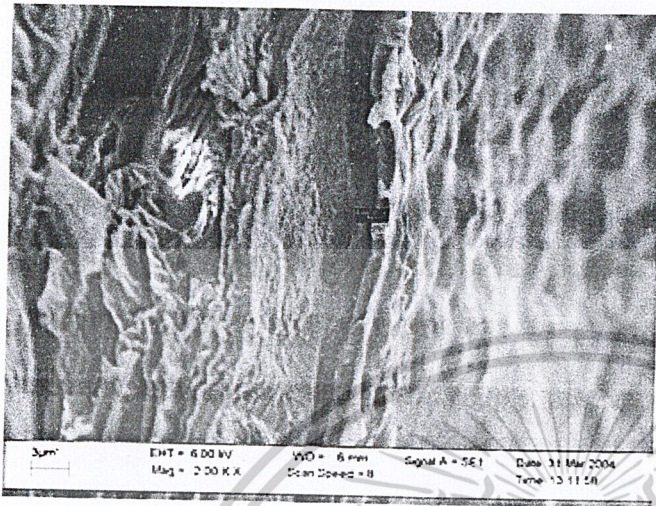
รูปที่ 4.13 ภาพตัดขวางของกลีบ
ดอกไม้แห้งที่ผ่านการ
เคลือบด้วยสารละลาย
พอลิเมอร์ 100%XYN
ที่กำลังขยาย 2000 เท่า

จากรูปที่ 4.13 แสดงภาพตัดขวางของกลีบดอกไม้แห้งที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ในตัวทำละลายไซลีนเพียงอย่างเดียว พบว่าฟิล์มที่ได้มีความหนาประมาณ 1.2 ไมครอน ฟิล์มยึดติดกับผิวของกลีบดอกไม้ได้ดี สังเกตได้จากพื้นผิวของฟิล์มเรียบเป็นระนาบเดียวกับพื้นผิวของดอกไม้แห้ง

จากรูปที่ 4.12 แสดงภาพตัดขวางของกลีบดอกไม้แห้งก่อนการเคลือบด้วยพอลิเมอร์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาดที่กำลังขยาย 2000 เท่า เปรียบเทียบกับรูปที่ 4.13 ซึ่งเป็นภาพตัดขวางของกลีบดอกไม้แห้ง ที่ผ่านการเคลือบด้วยฟิล์มพอลิเมอร์ที่ได้จากตัวทำละลายไซลีนเพียงอย่างเดียวแล้ว พบว่าฟิล์มที่ได้มีความหนาประมาณ 1.2 ไมโครเมตร และฟิล์มที่ได้มีการยึดเกาะที่แนบสนิทกับผิวของกลีบดอกไม้ได้เป็นอย่างดี จากการที่ความหนาของฟิล์ม

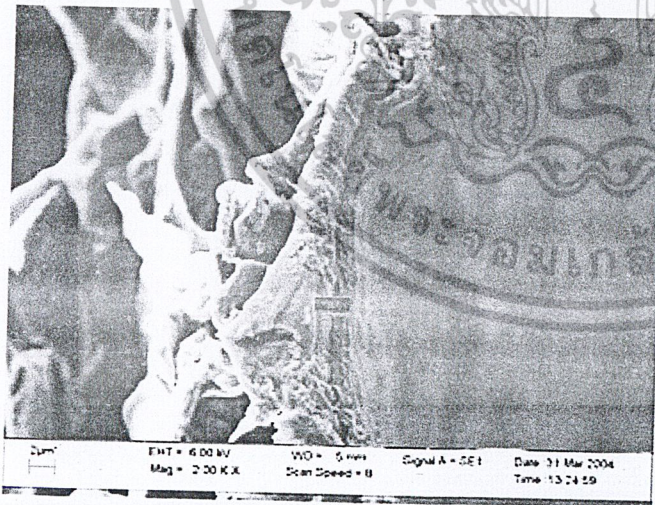
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในระดับไม่เกิน 5 ไมโครเมตร ทำให้แสงที่ส่องผ่านฟิล์มไม่เกิดการหักเห ดังนั้นดอกไม้แห้งที่ผ่านการเคลือบด้วยฟิล์มพอลิเมอร์จึงยังคงมีสีสันสดใสเหมือนก่อนทำการเคลือบด้วยพอลิเมอร์



รูปที่ 4.14 ภาพตัดขวางของฟิล์มดอกไม้แห้งที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ DCE/50%XYN ที่กำลังขยาย 2000 เท่า

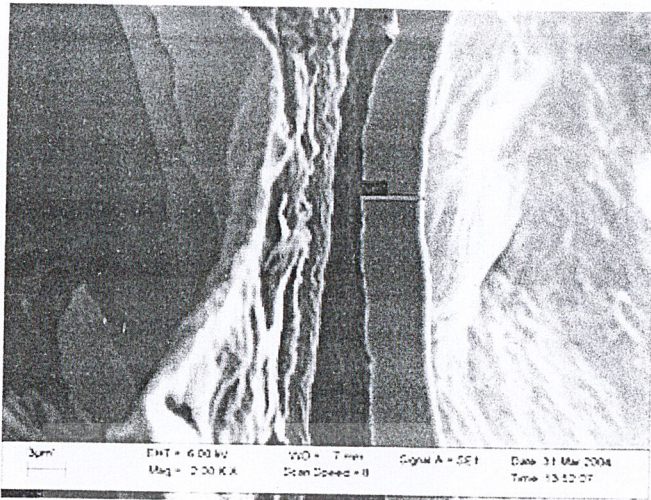
จากรูปที่ 4.14 พบว่าฟิล์มที่ได้มีความหนาประมาณ 1.2 ไมครอน แต่จากภาพจะสังเกตเห็นว่าพื้นผิวฟิล์มจะไม่เรียบเป็นระนาบเดียวกับพื้นผิวของดอกไม้แห้ง แต่จะมีการจับตัวเป็นก้อน ๆ ที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และเห็นได้ชัดเจน ส่วนที่มีลักษณะเป็นก้อนของพอลิเมอร์นี้อาจเป็นส่วนที่มีการตกตะกอนของแว็กซ์ เนื่องจากความสามารถในการละลายแว็กซ์ของตัวทำละลาย 1,2 ไดคลอโรอีเทน ไม่ดีนัก



รูปที่ 4.15 ภาพตัดขวางของฟิล์มดอกไม้แห้งที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ CYH/50%XYN ที่กำลังขยาย 2000 เท่า

จากรูปที่ 4.15 ฟิล์มที่ได้คล้ายกับฟิล์มที่ได้จากสารละลายพอลิเมอร์ในไซลีนเพียงอย่างเดียว คือฟิล์มมีความหนาประมาณ 1.2 ไมครอน และยึดติดกับผิวหน้าของดอกไม้ได้ดี พื้นผิวของฟิล์มเป็นระนาบเดียวกับพื้นผิวของดอกไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ภาพตัดขวางของก๊ลิบ
ดอกไม้แห้งที่ผ่านการ
เคลือบด้วยสารละลาย
พอลิเมอร์ CF/50%XYN
ที่กำลังขยาย 2000 เท่า

จากรูปที่ 4.16 พบว่าฟิล์มที่ได้มีความหนาค่อนข้างมาก คือประมาณ 5 ไมครอน การ
ที่ฟิล์มมีความหนามากนี้เอง ที่อาจเป็นสาเหตุของการเป็นคลื่นของพื้นผิวของฟิล์มดังรูปที่ 4.10
เพราะฟิล์มที่มีความหนามากมักแห้งตัวได้ไม่สม่ำเสมอ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลที่ได้จากการวิจัย

โครงการนี้เป็นการศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาคุณสมบัติของสารละลายพอลิเมอร์ และแก๊สที่เหมาะสมในการนำไปทำเป็นสารเคลือบผิวของดอกไม้แห้งที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยซิลิกาเจล โดยงานวิจัยมุ่งเน้นที่จะศึกษาคุณสมบัติของสารละลายพอลิเมอร์ ที่เตรียมจากเอทิลีนไวนิลเอซีเตตผสมกับแอนติออกซิแดนซ์แก๊ส โดยใช้ตัวทำละลายทางอุตสาหกรรม 4 ชนิด คือ 1,2-ไดคลอโรอีเทน, ไซโคลเฮกเซน, คลอโรฟอร์ม, และไซลีน เพื่อทำละลายเอทิลีนไวนิลเอซีเตต และแก๊สให้รวมเป็นสารละลายเนื้อเดียว และในงานวิจัยนี้ยังศึกษามลของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของสารละลายผสมที่มีต่อคุณสมบัติของสารละลายพอลิเมอร์อีกด้วย

5.1.1 ความหนืด

การปรับอัตราส่วนของตัวทำละลาย ทำให้สามารถปรับความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์ได้ตามต้องการขึ้นอยู่กับตัวทำละลายที่เลือกใช้ (ที่ความเข้มข้นของพอลิเมอร์คงที่) และความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์ ยังมีผลกระทบต่อกระบวนการเคลือบผิวโดยตรงในด้านความหนาและการจัดเรียงตัวของพอลิเมอร์ขณะมีการระเหยของตัวทำละลาย ซึ่งมีผลโดยตรงกับคุณสมบัติของฟิล์มที่ได้

5.1.2 การดูดกลืนคลื่นแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ต

เมื่อมีการเปลี่ยนอัตราส่วนของตัวทำละลายที่ใช้ จะทำให้พอลิเมอร์ที่ละลายอยู่ในสารละลายเกิดการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงโมเลกุล โดยสามารถสังเกตได้จากจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความยาวคลื่นแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ตที่ถูกดูดกลืนโดยสารละลายอย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถพิจารณารูปแบบของพอลิเมอร์ที่อยู่ในสารละลายนั้นได้

5.1.3 ดัชนีการหักเหของแสง

จากการพิจารณาอนุพันธ์ของค่าดัชนีการหักเหของแสง เทียบกับอัตราส่วนตัวทำละลาย ทำให้สามารถพิจารณารูปแบบการจัดเรียงตัวของพอลิเมอร์ที่อยู่ในสารละลายได้ เช่นเดียวกับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูตกสั้นคลื่นแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ต โดยจุดที่อนุพัทธ์มีค่าสูงสุด หรือต่ำสุด จะเป็นจุดที่พอลิเมอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวภายในสารละลาย

5.1.4 การทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของฟิล์มที่ได้จากพอลิเมอร์

ตัวทำละลายไซลีน เป็นเพียงตัวทำละลายเดียวที่ทำให้เอทิลีนไวนิลแอสีเตตเกิดการ จัดเรียงตัวที่เป็นระเบียบมากที่สุด เมื่อพอลิเมอร์เปลี่ยนสถานะจากสารละลายเป็นฟิล์ม เนื่องจากไซลีนเป็นตัวทำละลายเพียงชนิดเดียว ที่ทำให้ค่าความร้อนของการหลอมเหลวของฟิล์มที่ได้ จากสารละลายมีค่าสูงขึ้น และตัวทำละลายไซลีนยังเป็นตัวทำละลายที่เมื่อนำมาใช้ในระบบ สารละลายคู่ผสมคู่ผสมแล้ว ทำให้คุณสมบัติเชิงความร้อนของฟิล์มที่ได้จากสารละลายคู่ผสมนั้น มีคุณสมบัติเชิงความร้อนที่ดีขึ้นด้วย

5.1.5 การซุบเคลือบดอกไม้แห้ง และการวิเคราะห์ผลที่ได้จากสารเคลือบ

ฟิล์มเคลือบที่ได้จากสารละลายพอลิเมอร์ในไซลีน เป็นฟิล์มที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด ในการนำมาทำเป็นสารเคลือบดอกไม้แห้ง เนื่องจากฟิล์มที่ได้จากสารละลายนี้มีคุณสมบัติที่ เหมาะสม เช่น มีความหนาประมาณ 1.2 ไมครอน การจัดเรียงตัวของพอลิเมอร์ค่อนข้างเป็น ระเบียบ มีการเชื่อมโยงระหว่างผลึกของพอลิเมอร์ ทำให้ฟิล์มที่ได้มีความแข็งแรงมากขึ้น และมีการยึดเกาะกับผิวของดอกไม้แห้งได้ดี

จากสารละลายพอลิเมอร์ที่เตรียมขึ้นทั้งหมด พบว่าตัวทำละลายที่มีส่วนผลมของคลอโร-ฟอร์มมากกว่าร้อยละ 20 หรือไซลีนมากกว่าร้อยละ 10 มีคุณสมบัติที่ค่อนข้างเหมาะสมในการ นำมาทำสารเคลือบพอลิเมอร์ เนื่องจากตัวทำละลายดังกล่าวสามารถละลายได้ทั้งเอทิลีนไวนิล-แอสีเตตและแวกซ์ได้ดี มีความหนืดต่ำ ระเหยช้า เมื่อนำไปใช้เคลือบผิวของดอกไม้แห้ง พอลิ-เมอร์ในสารละลายจะมีเวลาในการจัดเรียงตัวค่อนข้างมาก ทำให้พอลิเมอร์มีการจัดเรียงตัวที่เป็น ระเบียบ หรือมีความเป็นผลึกมากขึ้น และฟิล์มที่ได้จะมีความใส และแข็งแรงกว่าฟิล์มของพอลิ-เมอร์ที่มีระยะเวลาในการจัดเรียงตัวน้อยอันเนื่องมาจากตัวทำละลายที่ระเหยเร็วเกินไป

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

1. จากการทดลอง แม้ว่าฟิล์มที่ได้จากสารละลายพอลิเมอร์ที่มีไซลีนเป็นตัวทำละลายจะมีคุณสมบัติที่ดีในการนำมาทำเป็นสารเคลือบ แต่เนื่องจากไซลีนเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูง จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งานจริง ดังนั้นในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปควรใช้ตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับตัวทำละลายไซลีน แต่มีความเป็นพิษน้อยกว่าเพื่อลดอันตรายจากการใช้ตัวทำละลายลง
2. สารเคลือบที่ได้จากการทดลองยังมีคุณสมบัติป้องกันความชื้นได้เพียงระดับหนึ่งเท่านั้น ซึ่งยังไม่เพียงพอที่จะรักษาสภาพของดอกไม้แห้งให้คงสภาพได้ดี ดังนั้นจึงควรศึกษาและปรับปรุงองค์ประกอบของสารเคลือบให้มีคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น เมื่อต้องการนำมาใช้งานจริง
3. ปัจจุบันการพัฒนาสารเคลือบมุ่งเน้นการใช้สารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ตัวทำละลาย เช่น การใช้สารเคลือบในรูปของอิมัลชัน ทั้งนี้เพื่อลดความอันตรายจากการใช้งาน และลดมลพิษ แต่วิธีการนี้ยังมีข้อด้อยคือ ถ้าใช้สารเคลือบประเภทอิมัลชัน ฟิล์มที่ได้จะมีส่วนที่ชอบน้ำอยู่ ทำให้คุณสมบัติในการป้องกันความชื้นลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์, "เคมีโพลีเมอร์", สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรุษา สรวารี, "สารเคลือบผิว (สี วาร์นิชและแล็กเกอร์)", สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537
3. ผศ.ดร. ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์, "เคมีพอลิเมอร์", ภาควิชาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
4. รศ.บรรเลง ศรีนิล, "เทคโนโลยีพลาสติก", สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กทม., 2546
5. รศ.ดร. อาภัสสรา ชมิดท์, "ชีวเคมี", ภาควิชา สรีระวิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, 2543
6. รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์, "Properties Of Polymer", ภาควิชาวัสดุศาสตร์ , คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541
7. Jin Wen Qian, Xiaohui Wang, Guo Rong Qi, and Chi Wu, "Inter- and Intrachain Associations of an Ethylene Vinyl Acetate Random Copolymer in Dilute 1,2-Dichloroethane Solutions" *Macromolecules* 1997, 30, 3283-3287
8. Joel R. Fried., "Polymer Science and Technology", University of Cincinnati, New Jersey, 1995
9. J.W. Qian, G.R. Qi and R.S. Cheng, "Association of Ethylene-Vinyl Acetate Copolymer in Dilute Solution-I. Solvent, Concentration and Annealing Temperature Effect" *Eur. Polymer. J.*, 33,8, 1263-1265 (1997)
10. J.W.Qian, Q.F.An,G.H.Zhou, "Study on conformational transition of EVA random copolymer in selective solvent mixtures" *European Polymer Journal* 39 (2003) 375 – 379.

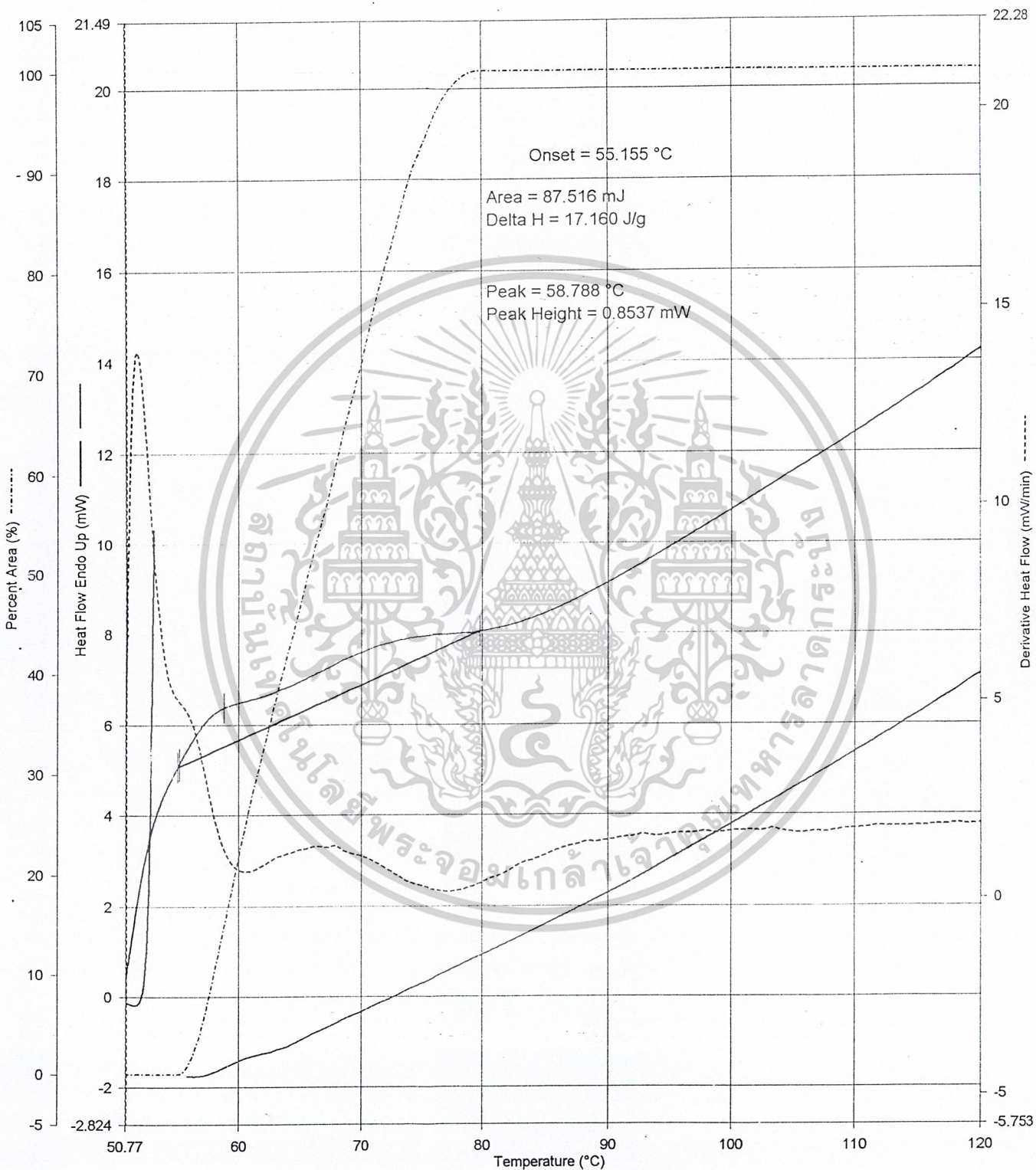
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Filename: C:\Program Files\Pyris\Dat...\pure EVA.pdid
 Operator ID: 470318
 Sample ID: TUL
 Sample Weight: 5.100 mg
 Comment: pure EVA



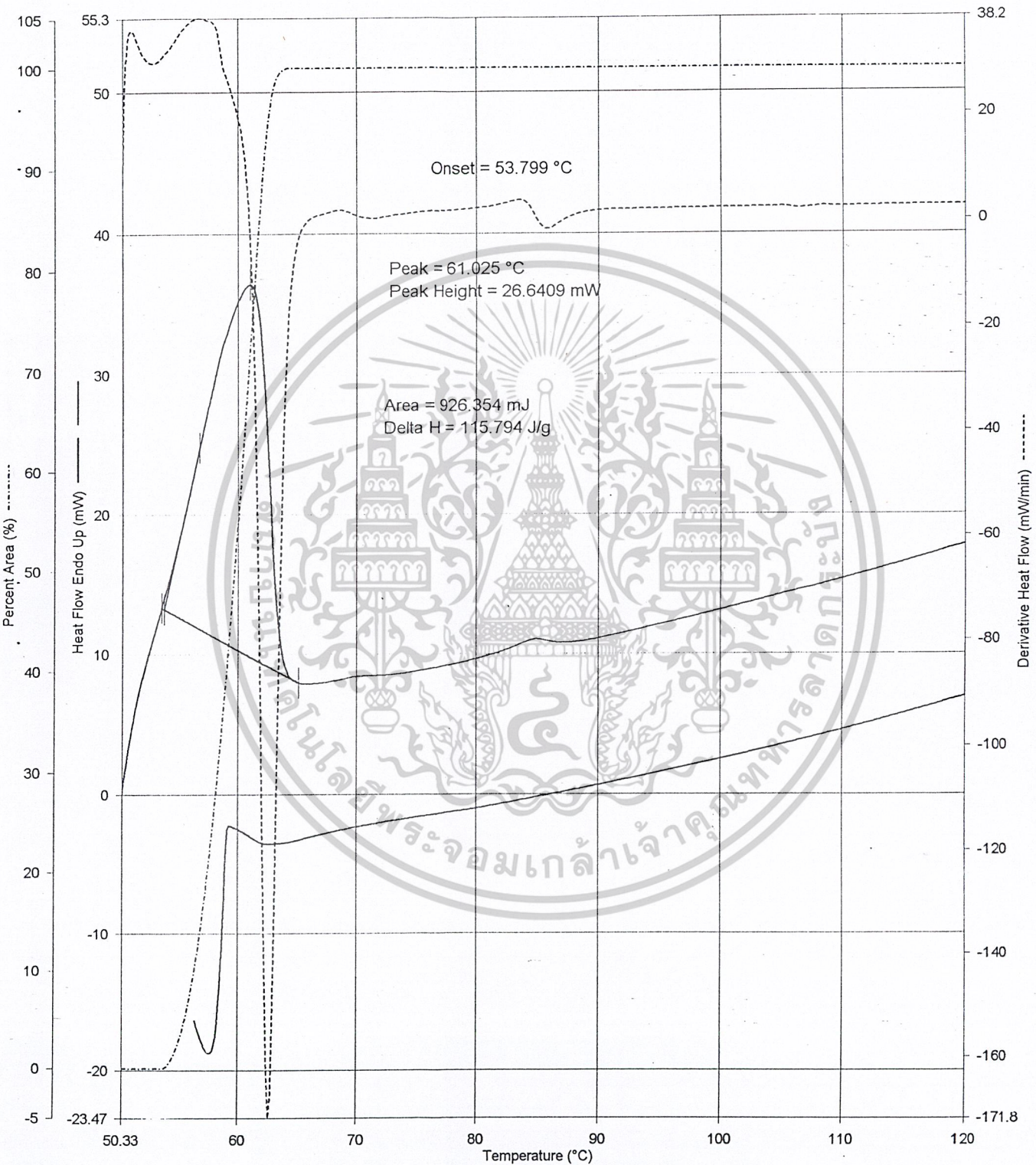
3/18/2004 11:15:58 AM

1) Hold for 1.0 min at 50.00°C
 2) Heat from 50.00°C to 150.00°C at 10.00°C/min

3) Cool from 150.00°C to 50.00°C at 10.00°C/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Filename: C:\Program Files\Pyris\Dat...\pure WAX.pdid
 Operator ID: 470318
 Sample ID: TUL
 Sample Weight: 8.000 mg
 Comment: pure WAX

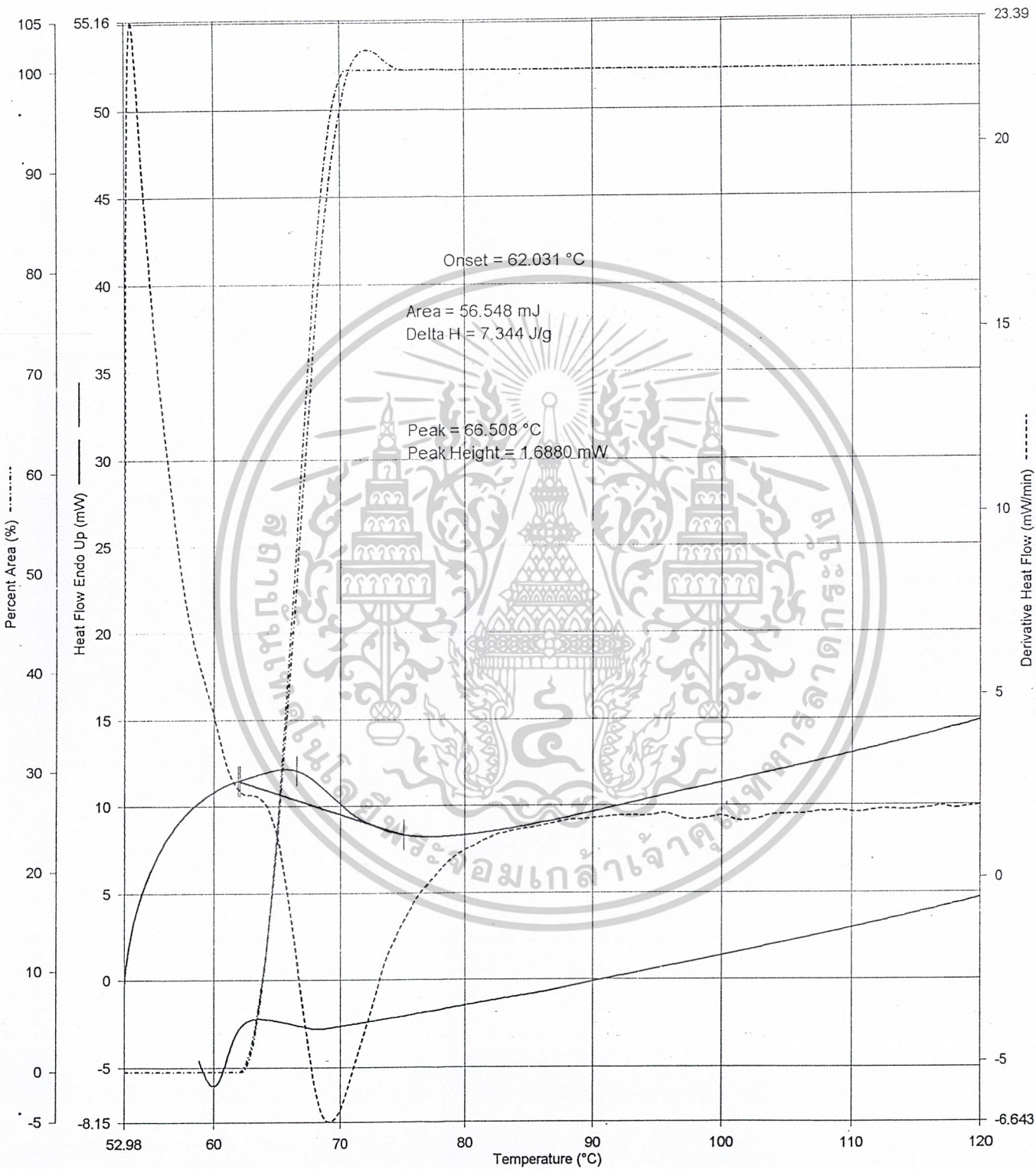


3/18/2004 11:58:13 AM

- 1) Hold for 1.0 min at 50.00°C
- 2) Heat from 50.00°C to 150.00°C at 10.00°C/min
- 3) Cool from 150.00°C to 50.00°C at 10.00°C/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Filename: C:\Program Files\Pyris\Data\pak...\DCE.pdtd
 Operator ID: pakorn
 Sample ID: 470315-004
 Sample Weight: 7.700 mg
 Comment: DCE



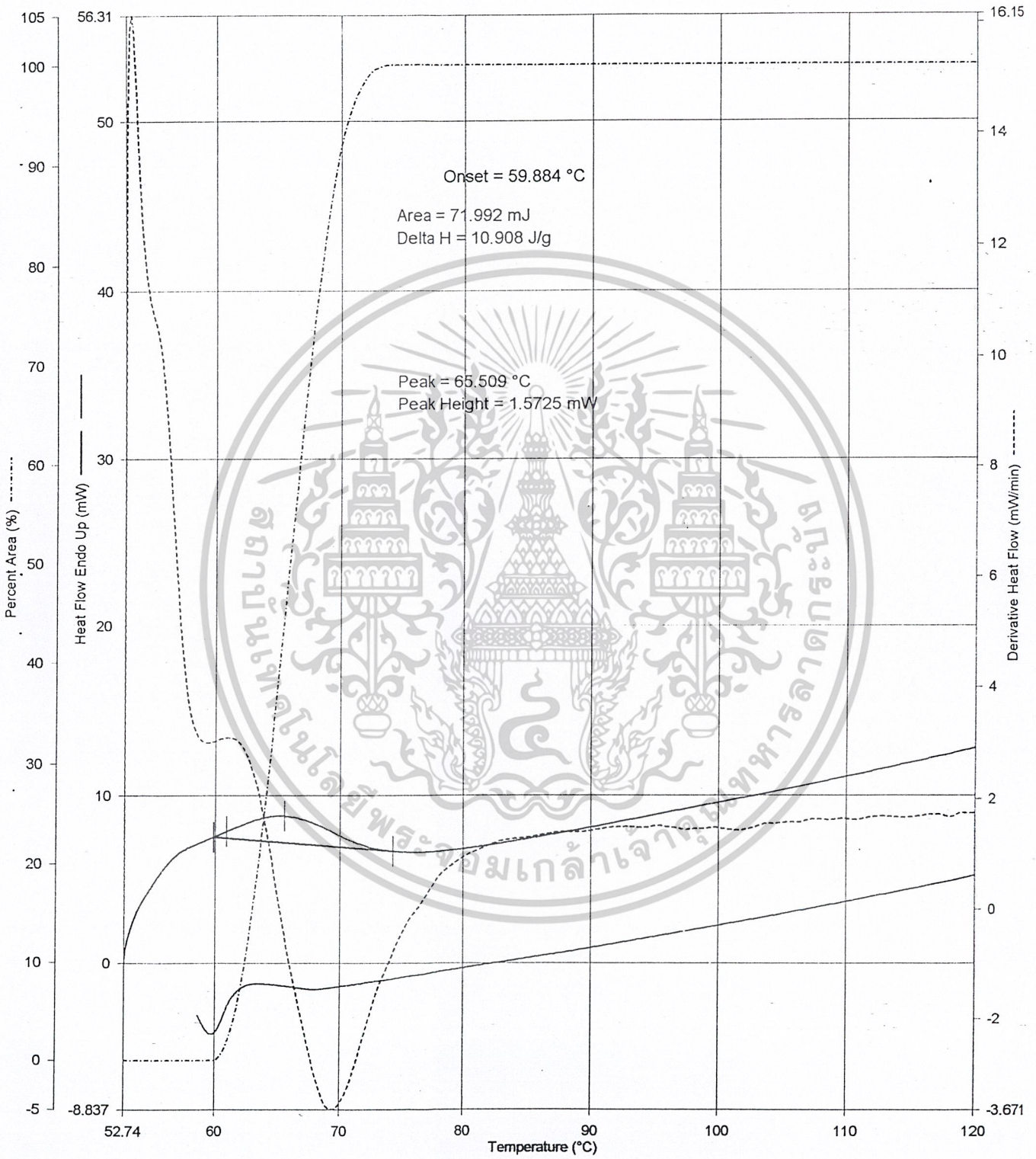
3/18/2004 11:35:23 AM

1) Hold for 1.0 min at 50.00°C
 2) Heat from 50.00°C to 150.00°C at 10.00°C/min

3) Cool from 150.00°C to 50.00°C at 10.00°C/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Filename: C:\Program Files\Pyris\Data\pa... \CYH1.pdid
 Operator ID: pakorn
 Sample ID: 470315-001
 Sample Weight: 6.600 mg
 Comment: CYH

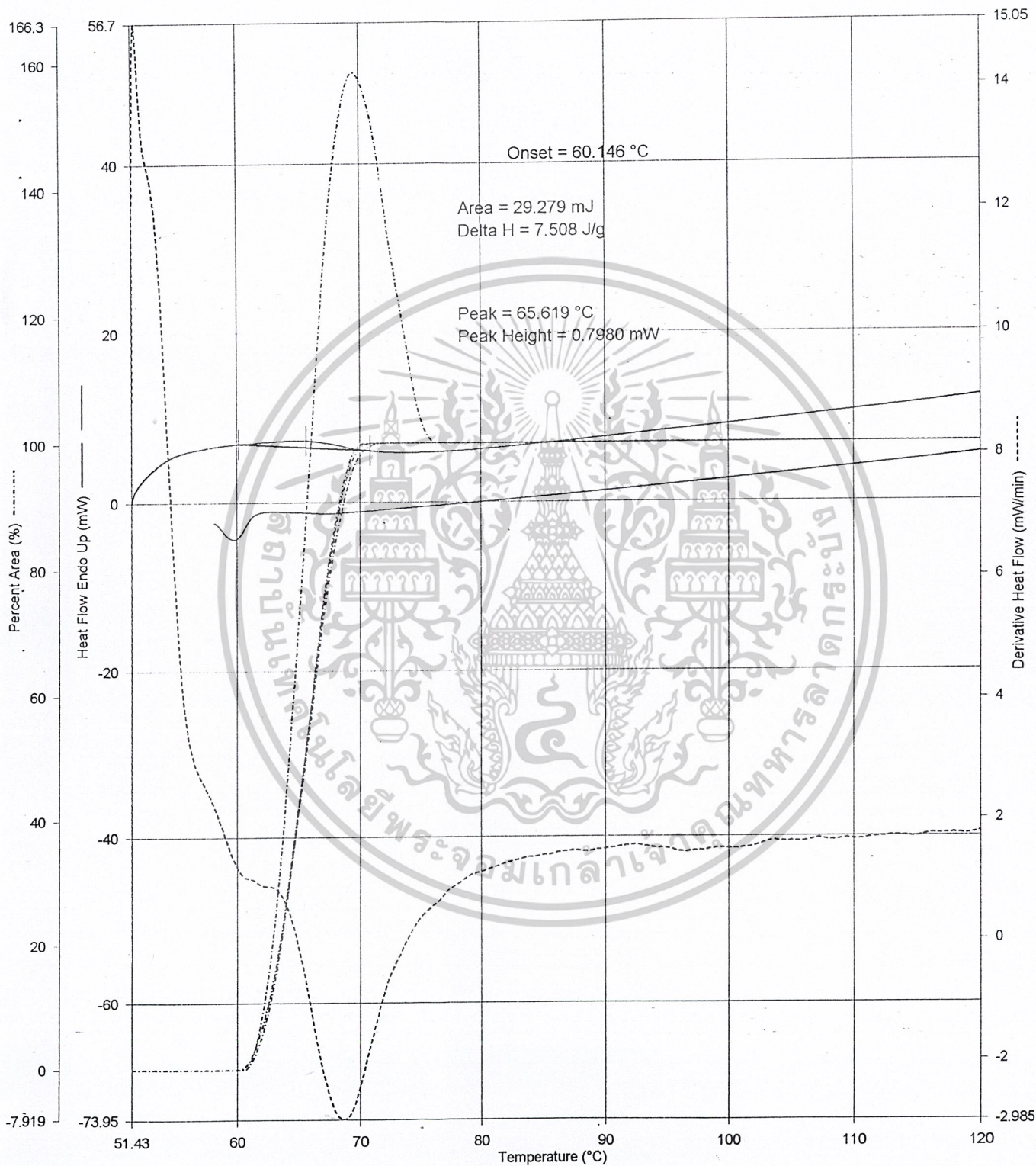


3/18/2004 11:31:36 AM

- 1) Hold for 1.0 min at 50.00°C
- 2) Heat from 50.00°C to 150.00°C at 10.00°C/min
- 3) Cool from 150.00°C to 50.00°C at 10.00°C/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Filename: C:\Program Files\Pyris\Data\pak...CHF.ppid
 Operator ID: pakorn
 Sample ID: 470315-002
 Sample Weight: 3.900 mg
 Comment: CHF

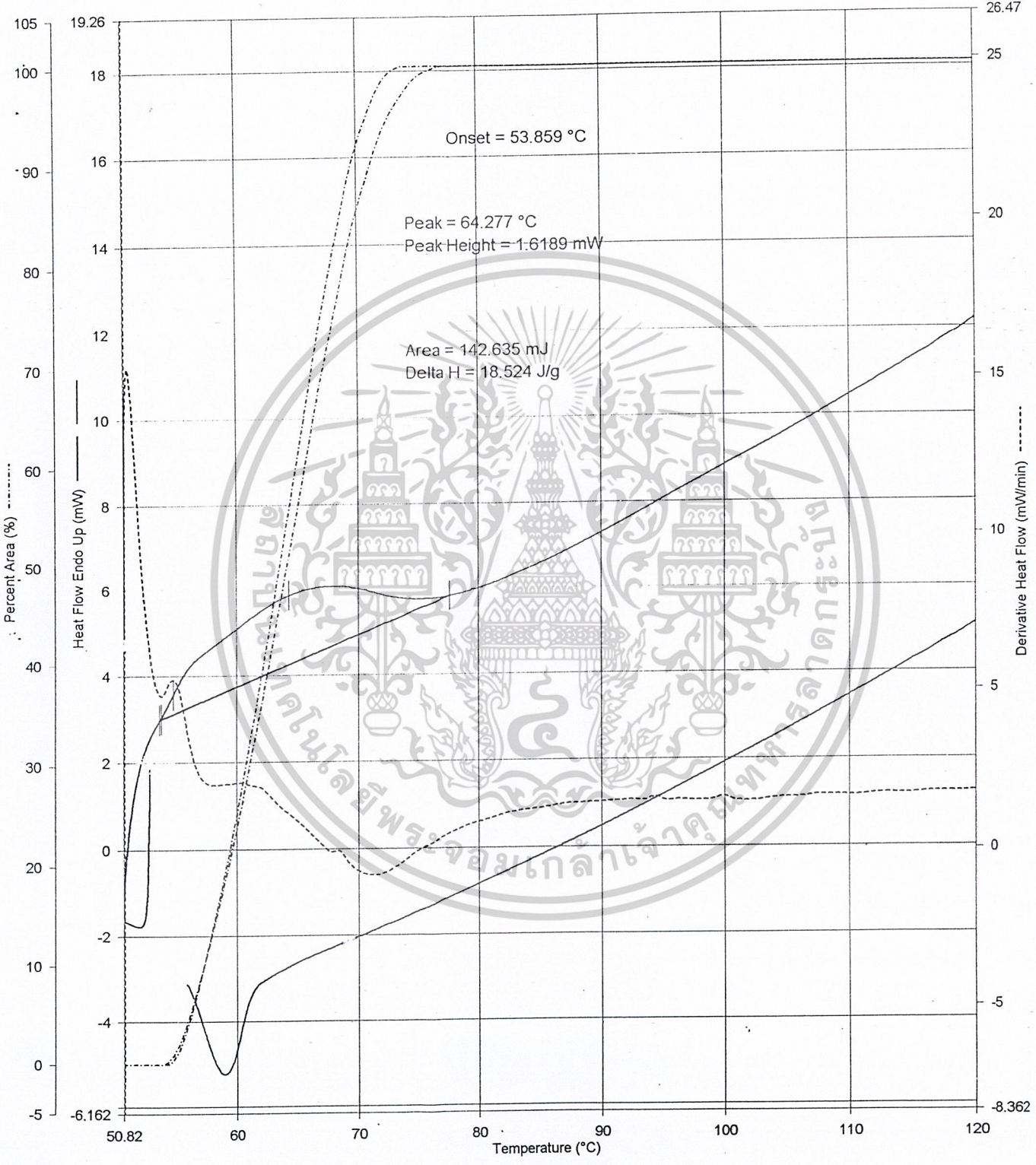


3/18/2004 11:02:42 AM

- 1) Hold for 1.0 min at 50.00°C
- 2) Heat from 50.00°C to 200.00°C at 10.00°C/min
- 3) Cool from 200.00°C to 50.00°C at 10.00°C/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Filename: C:\Program Files\Pyris\Dat...\XYN new.pdid
 Operator ID: Tul
 Sample ID: 470317
 Sample Weight: 7.700 .mg
 Comment: XYN new

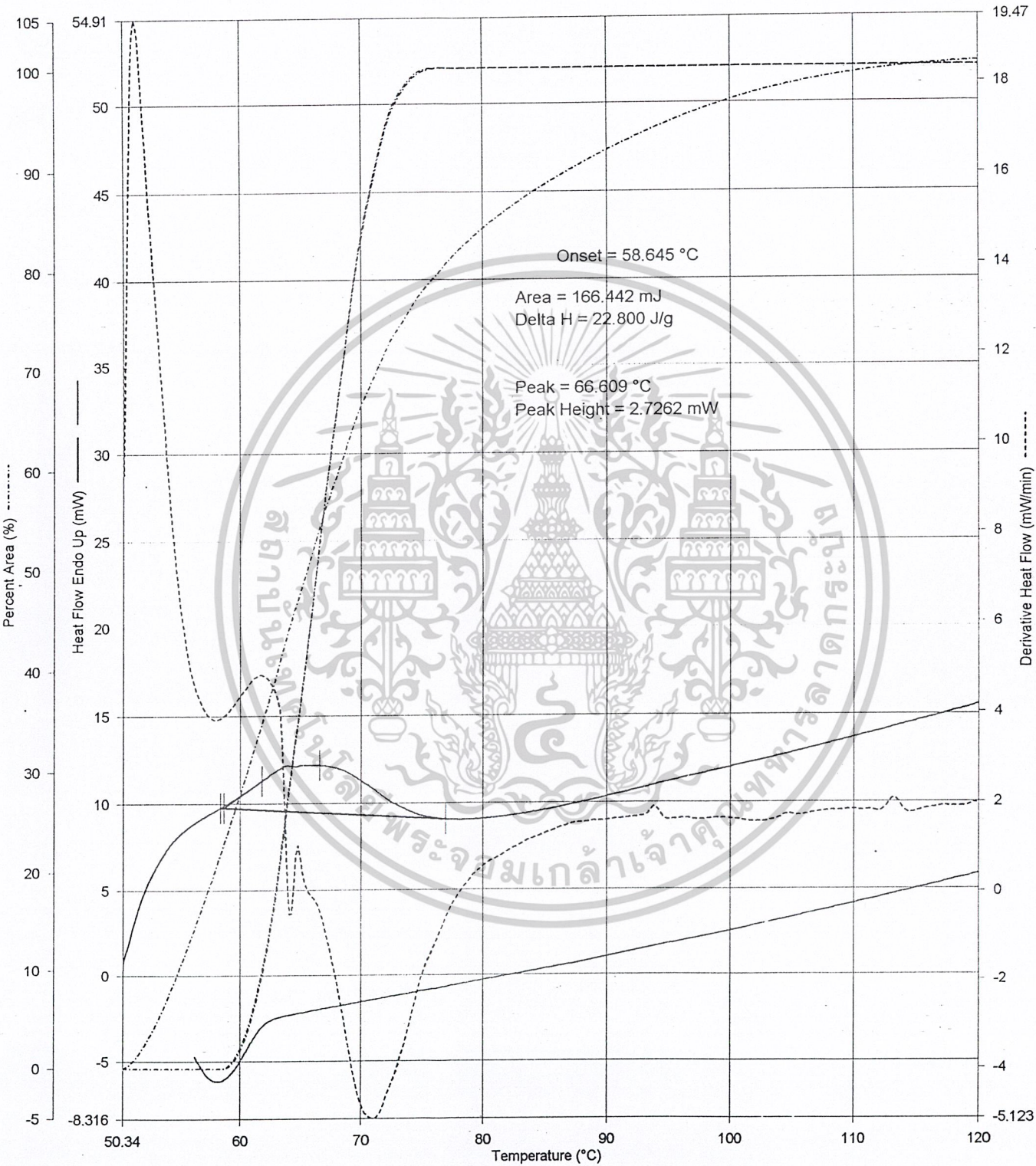


3/18/2004 12:02:03 PM

- 1) Hold for 1.0 min at 50.00°C
- 2) Heat from 50.00°C to 150.00°C at 10.00°C/min
- 3) Cool from 150.00°C to 50.00°C at 10.00°C/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Filename: C:\Program Files\Pyris\Data...\DCE+CYH.pdid
 Operator ID: Tul
 Sample ID: 470317
 Sample Weight: 7.300 mg
 Comment: DCE+CYH

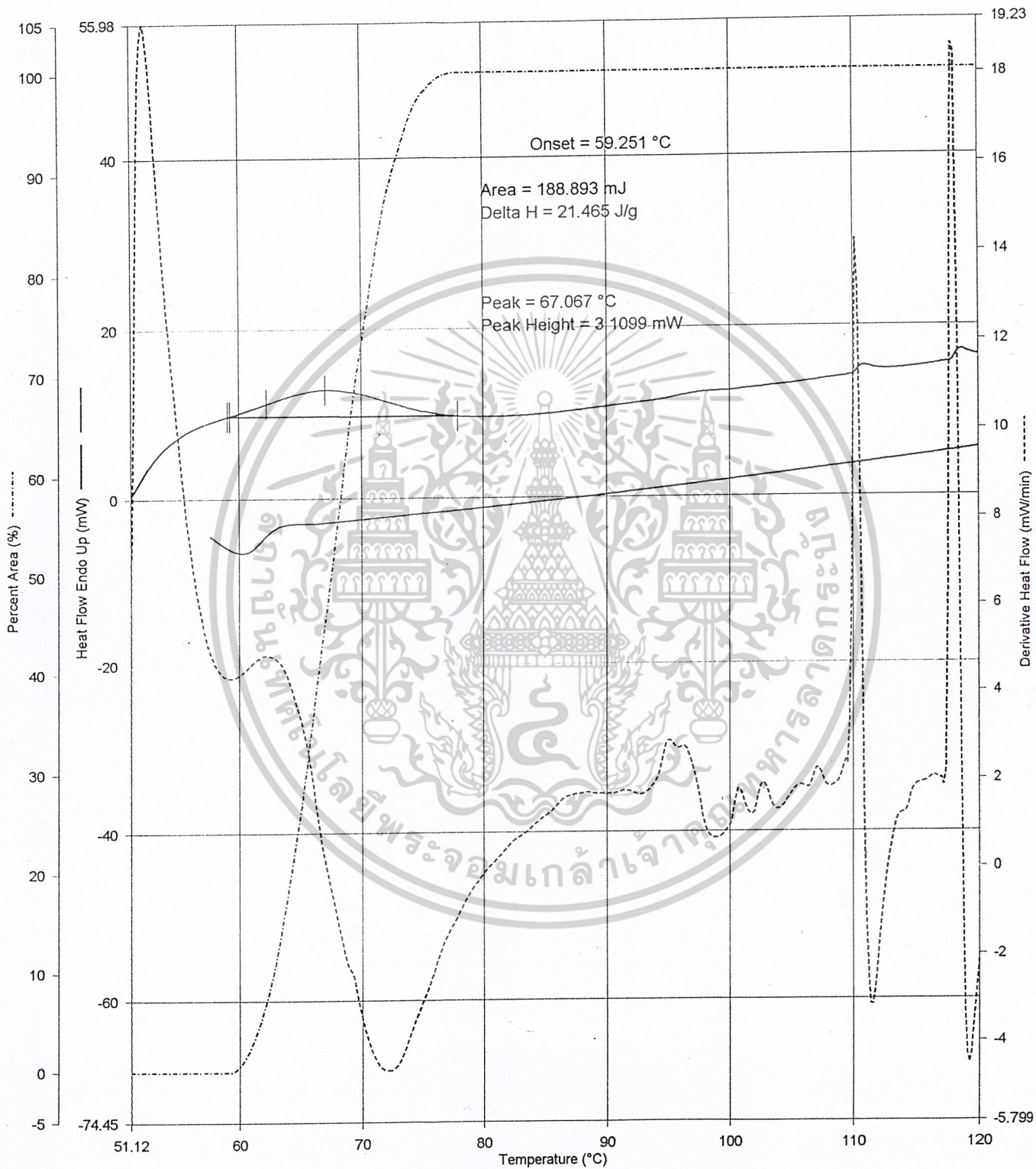


3/18/2004 11:45:22 AM

- 1) Hold for 1.0 min at 50.00°C
- 2) Heat from 50.00°C to 150.00°C at 10.00°C/min
- 3) Cool from 150.00°C to 50.00°C at 10.00°C/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Filename: C:\Program Files\Pyris\Data...\DCE+CHF.pdid
 Operator ID: 470317
 Sample ID: tul
 Sample Weight: 8.800 mg
 Comment: DCE+CHF

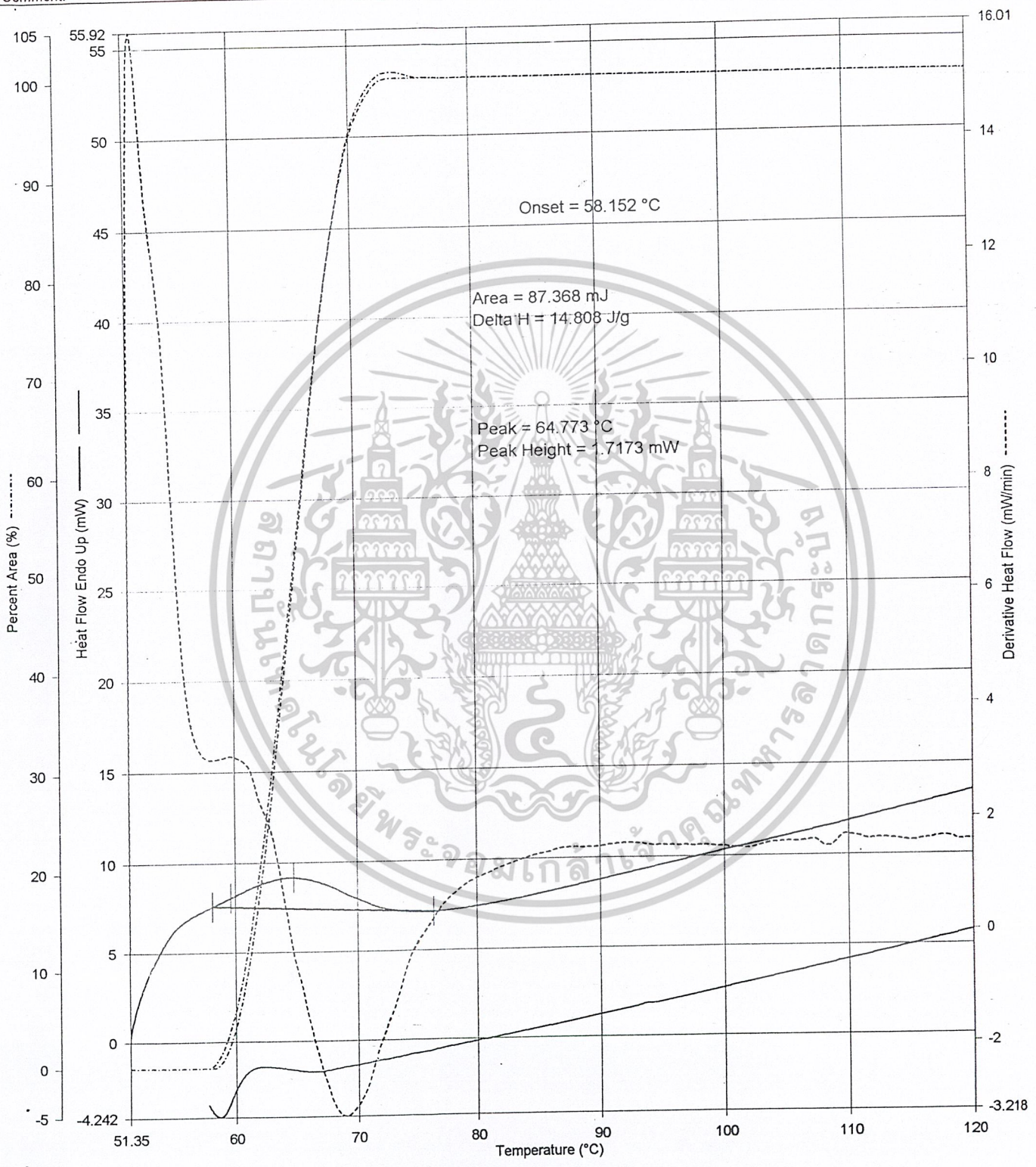


3/18/2004 11:40:21 AM

- 1) Hold for 1.0 min at 50.00°C
- 2) Heat from 50.00°C to 150.00°C at 10.00°C/min
- 3) Cool from 150.00°C to 50.00°C at 10.00°C/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Filename: C:\Program Files\Pyris\Data...\DCE+XYN.pdid
 Operator ID: 470317
 Sample ID: tul
 Sample Weight: 5.900 mg
 Comment: DCE+XYN

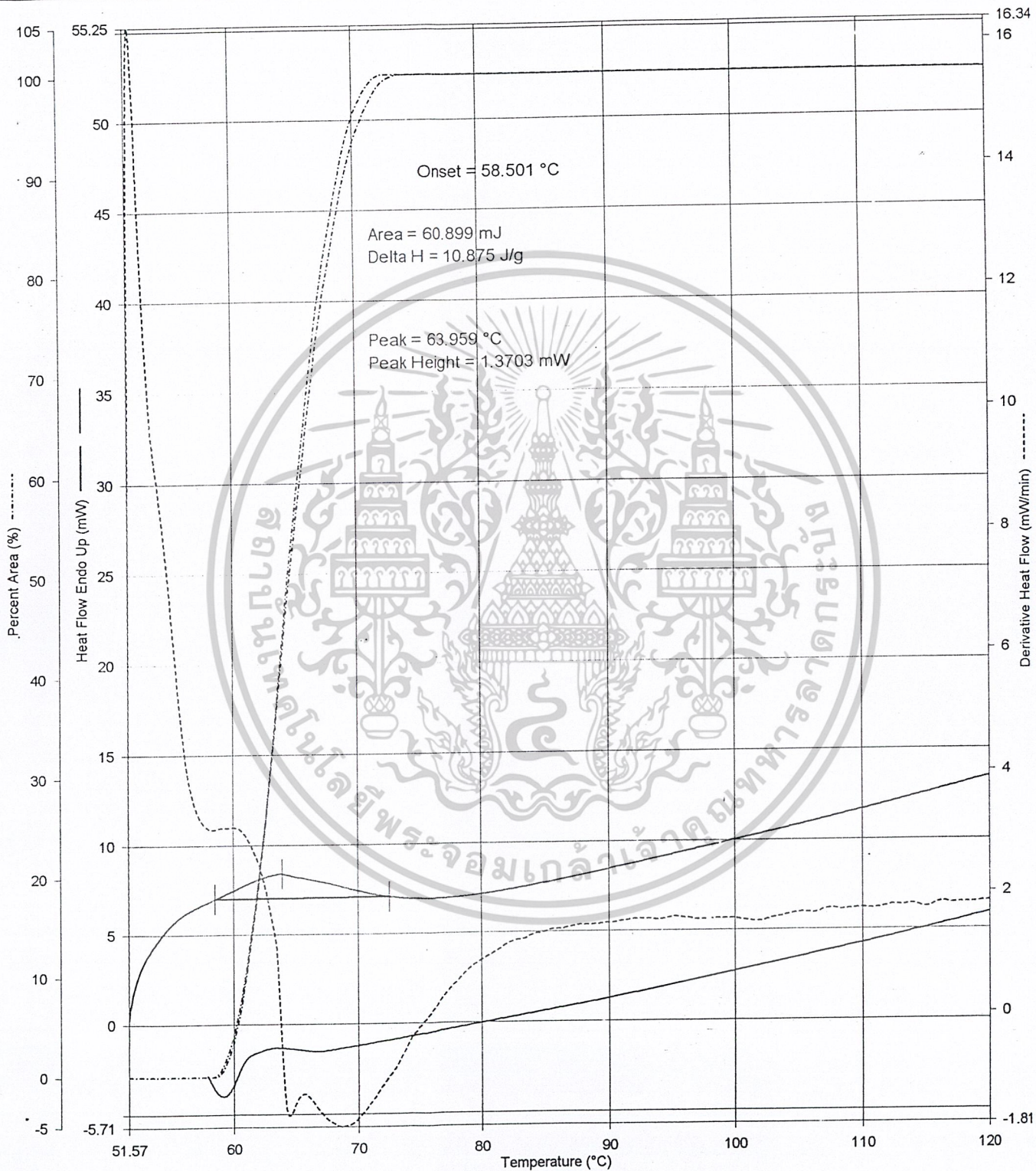


3/18/2004 11:55:22 AM

- 1) Hold for 1.0 min at 50.00°C
- 2) Heat from 50.00°C to 150.00°C at 10.00°C/min
- 3) Cool from 150.00°C to 50.00°C at 10.00°C/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Filename: C:\Program Files\Pyris\Data...\CYH+CHF.pdid
 Operator ID: 470317
 Sample ID: tul
 Sample Weight: 5.600 mg
 Comment: CYH+CHF

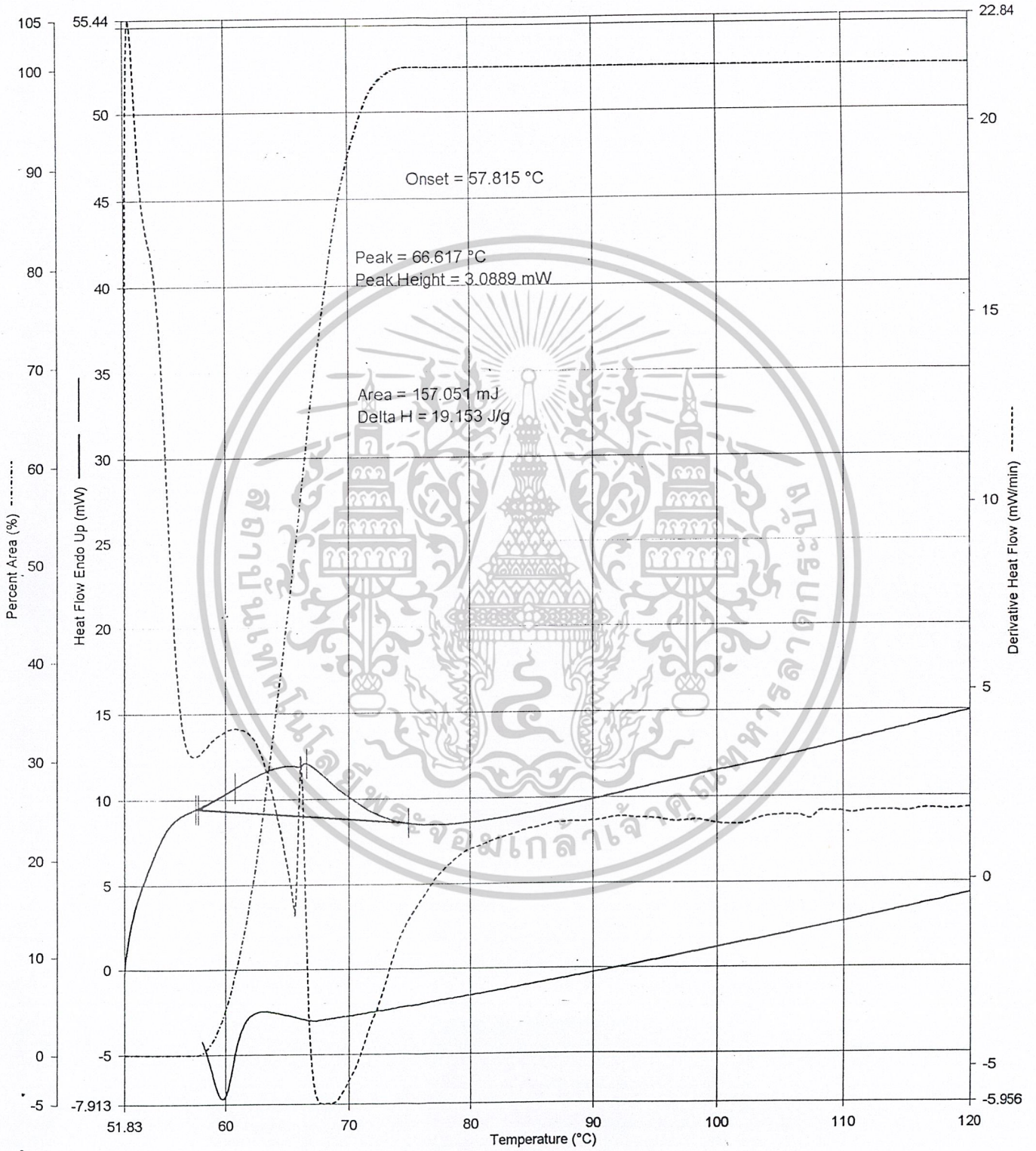


3/18/2004 11:19:20 AM

- 1) Hold for 1.0 min at 50.00°C
- 2) Heat from 50.00°C to 150.00°C at 10.00°C/min
- 3) Cool from 150.00°C to 50.00°C at 10.00°C/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Filename: C:\Program Fil...\CYH+XYN@040317145945.pdid
 Operator ID: 470317
 Sample ID: tul
 Sample Weight: 8.200 mg
 Comment: CYH+XYN



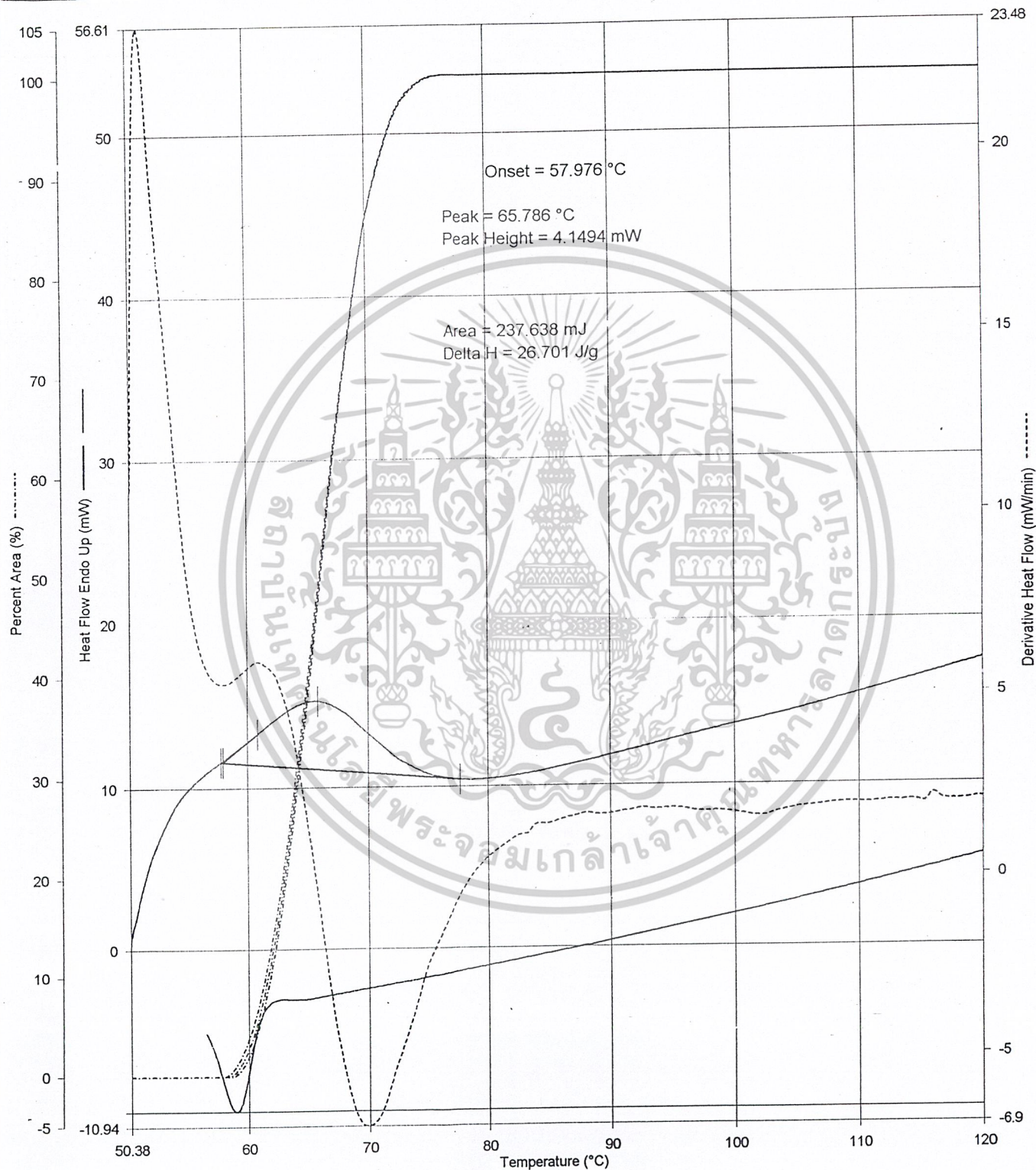
3/18/2004 11:28:06 AM

- 1) Hold for 1.0 min at 50.00°C
- 2) Heat from 50.00°C to 150.00°C at 10.00°C/min

- 3) Cool from 150.00°C to 50.00°C at 10.00°C/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Filename: C:\Program Files\Pyris\Data...\ICHF+XYN.pdtd
 Operator ID: Tul
 Sample ID: 470317
 Sample Weight: 8.900 mg
 Comment: C.F.+XYN



3/18/2004 11:07:40 AM

- 1) Hold for 1.0 min at 50.00°C
- 2) Heat from 50.00°C to 150.00°C at 10.00°C/min

- 3) Cool from 150.00°C to 50.00°C at 10.00°C/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้