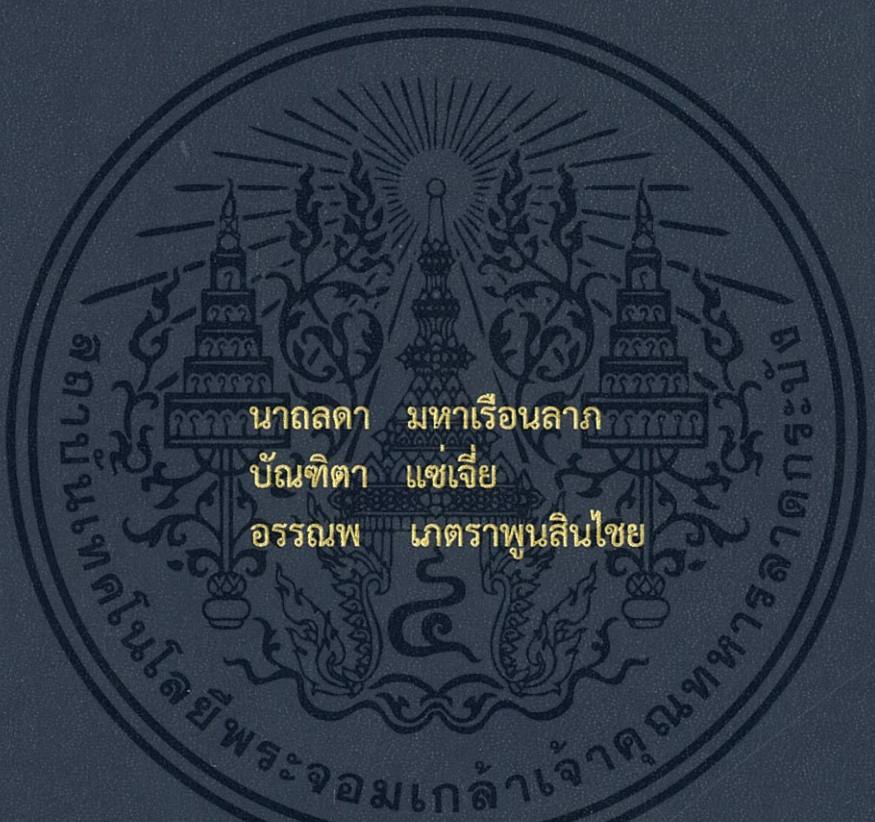
การพัฒนาฟิล์มกาวอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก พอลิไวนิลอะซิเทต น้ำมันลินสีด และน้ำมันละหุ่งสำหรับงานพิมพ์สกรีน

DEVELOPMENT OF SCREEN LATEX FILM FROM OLEIC ACID MODIFIED PVA/PVAc/LINSEED OIL/CASTOR OIL FOR SILK SCREEN PRINTING



นาถลดา มหาเรือนลาภ
บัณฑิตา แซ่เจี่ย
อรรณพ เภตราพูนสินไชย

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาฟิล์มกาวอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก พอลิไวนิลอะซิเทต น้ำมันลินสีด และน้ำมันละหุ่งสำหรับงานพิมพ์สกรีน

DEVELOPMENT OF SCREEN LATEX FILM FROM OLEIC ACID MODIFIED PVA/PVAc/LINSEED OIL/CASTOR OIL FOR SILK SCREEN PRINTING

นาถลดา มหาเรือนลาภ
บัณฑิตา แซ่เจี่ย
อรรณพ เภตราพูนสินไชย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ลงหมู่.....
เลขทะเบียน 149448
วัน.เดือน.ปี 8 ธ.ค. 2561

b.12886506
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF SCREEN LATEX FILM FROM OLEIC ACID MODIFIED PVA/PVAc/LINSEED OIL/CASTOR OIL FOR SILK SCREEN PRINTING

NATLADA MAHARUENLAP

BUNDITA SAE-JIA

UNNOP PETRAPOONSINCHAI

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (INDUSTRIAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMISTRY, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การพัฒนาฟิล์มกาวอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก พอลิไวนิลอะซิเทต น้ำมันลินสีด และน้ำมันละหุ่งสำหรับงานพิมพ์สกรีน Development of Screen Latex Film from Oleic Acid Modified PVA/PVAc/Linseed Oil/Castor Oil for Silk Screen Printing
ชื่อนักศึกษา	นางสาวนาถลดา มหาเรือนลาภ รหัสนักศึกษา 55050703 นางสาวบัณฑิตา แซ่เจี่ย รหัสนักศึกษา 55050713 นายอรรณพ เภตราพูนสินไชย รหัสนักศึกษา 55050869
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์วรา ชัยนิตย์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม) ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สุภารัตน์ รักชลธี ประธานกรรมการ	
ดร.ณวสิทธิ์ โชติแสง กรรมการ	
ผศ.ดร.ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
อาจารย์วรา ชัยนิตย์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การพัฒนาฟิล์มกาวอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก พอลิไวนิลอะซิเทต น้ำมันลินสีด และน้ำมันละหุ่งสำหรับงานพิมพ์สกรีน			
ชื่อนักศึกษา	นางสาวนาถลดา	มหาเรือนลาภ	รหัสนักศึกษา	55050703
	นางสาวบัณฑิตา	แซ่เจี่ย	รหัสนักศึกษา	55050713
	นายอรรณพ	เภตราพูนสินไชย	รหัสนักศึกษา	55050869
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)			
ภาควิชา	เคมี			
คณะ	วิทยาศาสตร์			
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)			
ปีการศึกษา	2558			
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ภัทธาวุธ	มนต์วิเศษ		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์วรา	ชัยนิตย์		

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมฟิล์มกาวอัดสำหรับงานพิมพ์สกรีน ที่มีองค์ประกอบหลักคือพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิกผสมกับพอลิไวนิลอะซิเทตในอัตราส่วน 4:6 โดยน้ำหนัก มีน้ำมันลินสีดผสมกับน้ำมันละหุ่งในอัตราส่วน 4:0, 3:1 และ 2:2 โดยน้ำหนัก เป็นสารช่วยในการเชื่อมโยง ใส่สารดูดซับออกซิเจน ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) และโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) ในปริมาณ 1000 ppm เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของฟิล์มกาวอัดและยืดอายุการใช้งาน และทำการเติมน้ำยาไวแสงชนิดไดอาโซ (Diazo) ลงในกาวอัด จากนั้นปาดลงบนแผ่นพลาสติกใสและทำให้แห้งเพื่อให้ได้ฟิล์มกาวอัดแผ่นฟิล์มกาวอัดที่เตรียมได้มีความหนาเฉลี่ย 35±5 μm นำฟิล์มกาวอัดไปทำแม่พิมพ์สกรีน โดยฉายแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (Visible) (5:00 นาที) และช่วงยูวี (UV) (3:30 นาที) จากนั้นทำการทดสอบความสามารถในการเก็บรายละเอียดของลวดลายที่มีความละเอียดสูง ผลการทดลองพบว่าฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A สามารถใช้งานได้เทียบเท่าฟิล์มเกรดการค้าแม้เก็บไว้ 45 วัน

คำสำคัญ : กรดโอเลอิก น้ำมันละหุ่ง น้ำมันลินสีด พอลิไวนิลอะซิเทต พอลิไวนิแอลกอฮอล์ ฟิล์มกาวอัด สารดูดซับออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Development of Screen Latex Film from Oleic Acid Modified PVA/PVAc/Linseed Oil/Castor Oil for Silk Screen Printing
Students	Miss Natlada Maharuenlap Student ID 55050703
	Miss Bundita Sae-jia Student ID 55050713
	Mr. Unnop Petrapoonsinchai Student ID 55050869
Degree	Bachelor of Science (Industrial Chemistry)
Department	Chemistry
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2015
Advisor	Assistant Professor. Dr. Pathavuth Monvisade
Co-advisor	Mr. Vara Chaiyanitaya

Abstract

This research studied on the preparation of latex films for silk screen printing. All latex formulae contained oleic acid-modified poly(vinyl alcohol) and poly(vinyl acetate) (PVAc) at the ratio of 4:6 as the main component. The mixture of linseed and castor oil as a crosslinking agent at the weight ratio of 4:0, 3:1, 2:2 and 1000 ppm of oxygen scavenger i.e., sodium sulfite (Na_2SO_3) and sodium metabisulfite ($Na_2S_2O_5$) which improves stability and lifespan were also added. Diazo compound as a photosensitizer was then added into the latex before pasting onto a clear plastic sheet and drying to obtain the latex films. The average thickness of the latex films was 35±5 μm. Subsequently, those latex films were used for preparing a screen block by irradiating under visible light (5:00 min) and UV (3:30 min). The pattern sharpness was investigated using a high-resolution picture. The results revealed that the PO4T6L3C1A film was stillusable even storing for 45 days, which was similar to a commercially available film.

Keywords : Oleic acid, Castor oil, Linseed oil, Poly(vinyl acetate), Poly(vinyl alcohol), Screen latex film, Oxygen scavenger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่องการพัฒนาฟิล์มกาวอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก พอลิไวนิลอะซิเทต น้ำมันลินสีด และน้ำมันละหุ่งสำหรับงานพิมพ์สกรีน จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้หากขาดผู้สนับสนุนในการดำเนินโครงงาน

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ภัทธาวุธ มนต์วิเศษ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำเกี่ยวกับความรู้ อบรมให้ทำงานอย่างมีระเบียบแบบแผน พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือและตรวจทานโครงงานพิเศษนี้ ทำให้การจัดทำโครงงานพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์วรา ชัยนิตย์ อาจารย์ผู้ชำนาญการด้านงานพิมพ์สกรีนที่ช่วยให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะและให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงงานพิเศษนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุภารัตน์ รักชลธี และดร.ณวสิทธิ์ โชติแสง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจหาและเสนอแนะความคิดเห็นเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในโครงงานพิเศษ

ขอขอบพระคุณ วิทยาลัยช่างศิลป์ สถาบันบัณฑิตพัฒนาศิลป์ เขตลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือสำหรับดำเนินโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมี และเจ้าหน้าที่ของศูนย์เครื่องมือ ฯ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์งานต่างๆ จนโครงงานพิเศษนี้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา เพื่อนและพี่นักศึกษาปริญญาโทและเอก ที่ให้คำแนะนำ เป็นกำลังใจ และช่วยเหลือให้คำปรึกษาในการดำเนินโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้การศึกษาตลอดระยะเวลา 4 ปี และให้ทุนสนับสนุนการนำเสนอผลงานจนสำเร็จการศึกษา

สุดท้ายนี้ประโยชน์และความรู้อันพึงมีจากโครงงานพิเศษฉบับนี้ขอมอบแด่บิดา มารดา ครอบครัว ผู้มีพระคุณ และคณาจารย์ทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้ศึกษาขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นาถลดา มหาเรือนลาภ
บัณฑิตา แซ่เจี่ย
อรรณพ เภตราพูนสินไชย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ
คำย่อ/สัญลักษณ์ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 การพิมพ์สกรีน 4
2.1.1 หลักการพิมพ์สกรีน 4
2.1.2 วัสดุอุปกรณ์ในการพิมพ์สกรีน 4
2.1.2.1 ผ้าสกรีน 4
2.1.2.2 กรอบสกรีน (Frame) 5
2.1.2.3 รางปาด (Coating trough) 6
2.1.2.4 ยางปาด (Squeegee) 6
2.1.2.5 ตู้ถ่ายไฟบล็อกสกรีน (Exposure lamp) 7
2.1.2.6 กาวอัด 7
2.1.2.7 น้ำยาเคลือบสกรีนแพทลี (Patly) 8
2.1.2.8 น้ำยาเคลือบบล็อกสกรีน 9
2.2 หมึกพิมพ์สกรีน (Screen printing ink) 9
2.2.1 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ 9
2.2.1.1 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสี 10
2.2.1.2 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทสีย้อม 11
2.2.2 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมัน 12
2.2.3 หมึกพิมพ์สกรีนพลาสติซอล 14
2.2.4 หมึกพิมพ์สกรีนยูวี 16
2.2.4.1 องค์ประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนยูวี 16
2.3 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol)) 17
2.3.1 สมบัติพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.2 การใช้งานพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 18
2.3.3 การย่อยสลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 18
2.4 พอลิไวนิลอะซิเทต (Poly(vinyl acetate)) 19
2.4.1 สมบัติพอลิไวนิลอะซิเทต 19
2.4.2 การใช้งานพอลิไวนิลอะซิเทต 20
2.5 น้ำมัน (Oil) 20
2.5.1 องค์ประกอบของน้ำมัน 20
2.5.2 กรดไขมัน 20
2.5.3 ชนิดของน้ำมัน 22
2.5.4 การวิเคราะห์น้ำมัน 22
2.5.5 น้ำมันลินสีด 24
2.5.5.1 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันลินสีด 25
2.5.6 น้ำมันละหุ่ง 26
2.5.6.1 ลักษณะภายนอกของเมล็ดละหุ่ง 26
2.5.6.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันละหุ่ง 27
2.5.6.3 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันละหุ่ง 27
2.5.6.4 สมบัติของน้ำมันละหุ่ง 28
2.5.6.5 การแบ่งประเภทของน้ำมันละหุ่ง 29
2.5.6.6 การใช้งานน้ำมันละหุ่ง 29
2.5.6.7 การแปรรูปน้ำมันละหุ่ง 29
2.5.7 กรดโอเลอิก (Oleic acid) 30
2.6 ตัวเร่งปฏิกิริยา 30
2.6.1 หน้าที่และหลักการทำงาน 30
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 35
3.1 สารเคมี 35
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ 35
3.3 การเตรียมสารละลาย 37
3.3.1 การเตรียมสารละลาย PVA 10% ปริมาตร 600 มิลลิลิตร 37
3.3.2 การเตรียมสารละลาย $NaHCO_3$ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ 38
3.3.3 การเตรียมสารละลาย PVA ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก (PO) 38
3.4 การเตรียมกาวอัดสูตรต่าง ๆ 38
3.5 ทดสอบความหนืดของกาวอัด 39
3.6 การเตรียมฟิล์มกาวอัด 39
3.7 การทำแม่พิมพ์สกรีน 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.8 การทดสอบอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัด 41
3.9 การวัดความคมชัดของลวดลายเทียบกับแม่แบบ 41
3.10 การทดสอบความคงทนของลวดลายด้วยการปาดสี 42
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 43
4.1 การปรับปรุงโครงสร้างของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ด้วยกรดโอเลอิก 44
4.2 ความหนาของฟิล์มกาวอัดที่มีผลต่อการถ่ายแบบพิมพ์สกรีน 45
4.3 การเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงทางเคมีของฟิล์มกาวอัด 46
4.4 การทดสอบความสามารถในการสร้างลวดลาย 48
4.5 การทดสอบอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัดและความคมชัดของลวดลาย หลังการถ่ายแบบ 51
4.6 การทดสอบความคงทนของลวดลายในสภาวะการใช้งานจริง 56
4.7 ความสามารถในการเก็บรายละเอียดเมื่อใช้ลวดลายที่มีความละเอียดสูง 57
4.8 ความสามารถในการใช้งานกับหมึกพิมพ์ชนิดต่าง ๆ 60
4.9 การเปรียบเทียบสมบัติฟิล์มกาวอัดที่เตรียมขึ้นกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า 63
4.10 การประเมินราคาต้นทุนวัตถุดิบต่อหน่วย 64
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 65
5.1 สรุปผลการวิจัย 65
5.2 ข้อเสนอแนะ 66
เอกสารอ้างอิง 67
ภาคผนวก 71
ภาคผนวก ก ผลของความคมชัดของลวดลาดหลังการถ่ายแม่พิมพ์สกรีน 72
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายในสภาวะใช้งานจริง 79
ภาคผนวก ค ปัญหาที่เกิดจากการทำแม่พิมพ์สกรีนโดยใช้ฟิล์มแบบผสมและวิธีแก้ไข 81
ภาคผนวก ง ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะปาดหมึกพิมพ์ลงบนกระดาษและวิธีแก้ไข 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสีและสีย้อม	9
2.2	ส่วนประกอบของหมึกพิมพ์พลาสติซอล	15
2.3	องค์ประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนแบบธรรมดาและหมึกพิมพ์สกรีนยูวี	16
2.4	สมบัติของพอลิไวนิลอะซิเทต	19
2.5	โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว	21
2.6	โครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว	21
2.7	กรดไขมันที่สำคัญของน้ำมันลินสีด	25
2.8	กรดไขมันที่สำคัญของน้ำมันละหุ่ง	27
2.9	สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันละหุ่ง	28
2.10	สมบัติของ *p*-Toluenesulfonic acid	31
3.1	สมบัติของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์	35
3.2	อัตราส่วนผสมของกาวอัดสูตรต่าง ๆ	38
4.1	คำอธิบายสัญลักษณ์ของฟิล์มกาวอัดสูตรที่ผสมน้ำยาไวแสง	43
4.2	คำอธิบายสัญลักษณ์ของฟิล์มกาวอัดสูตรที่ไม่ผสมน้ำยาไวแสง	44
4.3	ผลการทดสอบความคมชัดของฟิล์มกาวอัดโดยการฉายแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น	49
4.4	ผลการทดสอบความคมชัดของฟิล์มกาวอัดโดยการฉายแสงในช่วงยูวี	51
4.5	ผลการทดสอบอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ	53
4.6	เปอร์เซ็นต์ของผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบ (D_T) กับลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B)	55
4.7	ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายในสภาวะใช้งานจริง	56
4.8	การเปรียบเทียบสมบัติฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B, PO4T6L3C1B กับฟิล์มกาวอัดสูตรการค้า	63
4.9	ราคาสารเคมี	64
ก1	ผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบ (D_T) กับระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B)	71
ค1	ปัญหาที่เกิดจากการทำแม่พิมพ์สกรีนโดยใช้ฟิล์มแบบผสมและวิธีแก้ไข	80
ง1	ปัญหาที่เกิดขณะที่ปาดหมึกพิมพ์ลงบนกระดาษและวิธีแก้ไข	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	เทคนิคการทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนแบบปกติ	1
1.2	เทคนิคการทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนแบบผสม	1
2.1	ผ้าสกรีน	5
2.2	กรอบสกรีน	6
2.3	รางปาด	6
2.4	ยางปาด	6
2.5	ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีน	7
2.6	โครงสร้างโมเลกุลของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์	17
2.7	ปฏิกิริยาการสังเคราะห์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส	18
2.8	การสังเคราะห์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ไลซิส	18
2.9	โครงสร้างโมเลกุลของพอลิไวนิลอะซิเทต	19
2.10	ปฏิกิริยาการเตรียมพอลิไวนิลอะซิเทต	19
2.11	โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักในน้ำมันลินสีด	25
2.12	เมล็ดละหุ่ง	26
2.13	โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักในน้ำมันละหุ่ง	27
2.14	โครงสร้างของกรดโอเลอิก	30
2.15	โครงสร้างโมเลกุลของ *p*-Toluenesulfonic acid	31
3.1	ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 1	36
3.2	ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 2	36
3.3	ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 3	37
3.4	บล็อกฟิล์ม	40
3.5	ตำแหน่งของลวดลายบนแม่แบบที่ใช้ตรวจสอบความคมชัด	41
4.1	ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และกรดโอเลอิก	44
4.2	ตัวอย่างฟิล์มกาวอัดสูตร (ก) PO4T6L4A, (ข) PO4T6L4BN และ (ค) ฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า	45
4.3	แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอน	46
4.4	ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของฟิล์มกาวอัด	47
4.5	ลวดลายส่วนหยาบและละเอียดของฟิล์มกาวอัด	48
4.6	ตัวอย่างฟิล์มกาวอัดที่ลวดลายคมชัด (ซ้าย) และไม่คมชัด (ขวา)	48
4.7	ความคมชัดของฟิล์มกาวอัดสูตร (ก) PO4T6L2C2A และ (ข) PO4T6L2C2B	49
4.8	การสร้างลวดลายของฟิล์มกาวอัดโดย (ก) การฉายแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นเทียบกับ (ข) การฉายแสงในช่วงยูวี	50
4.9	ลวดลายการถ่ายแบบโดยการฉายแสงในช่วงยูวีของฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ	52
4.10	ตัวอย่างฟิล์มกาวอัดที่มีลวดลายคมชัด	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.11	ตัวอย่างฟิล์มกาวอัดที่มีลวดลายไม่คมชัด	53
4.12	ปฏิกิริยาออกซิเดชันของโซเดียมซัลไฟต์และโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์	54
4.13	ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของตัวอย่างฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A	55
4.14	ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายตัวอย่างฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A (30 วัน)	57
4.15	ลวดลายที่มีความละเอียดสูงที่ได้จากฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ	58
4.16	ลายภาพที่ได้จากการสกรีนโดยใช้หมึกพิมพ์เชื้อน้ำ จากฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ	60
4.17	ลายภาพที่ได้จากการสกรีนโดยใช้หมึกพิมพ์เชื้อน้ำมัน จากฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ	61
ก1	ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A	74
ก2	ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A	74
ก3	ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4B	75
ก4	ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1B	75
ก5	ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4AN	76
ก6	ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1AN	76
ก7	ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4BN	77
ก8	ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1BN	77
ก9	ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า	78
ข1	ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A	79
ข2	ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A	79
ข3	ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4B	79
ข4	ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1B	80
ข5	ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4AN	80
ข6	ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1AN	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

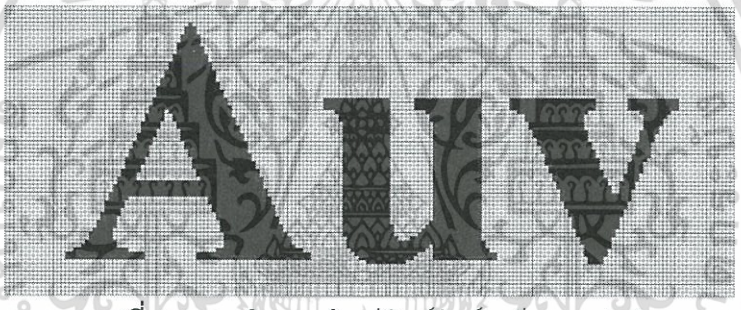
คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
PVA	พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol))
PVAc	พอลิไวนิลอะซิเทต (Poly(vinyl acetate))
Na_2SO_3	โซเดียมซัลไฟต์ (Sodium sulfite)
$Na_2S_2O_5$	โซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ (Sodium metabisulfite)
$NaHCO_3$	โซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicabonate)
p-TSA	กรดพาราโทลูอีนซัลโฟนิก (*p*-Toluenesulfonic acid)
PVC	พอลิไวนิลคลอไรด์ (Poly(vinyl chloride))
pph	ส่วนในร้อยส่วน (Parts per hundred)
ppm	ส่วนในล้านส่วน (Parts per million)
rpm	รอบต่อนาที (Round per minute)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

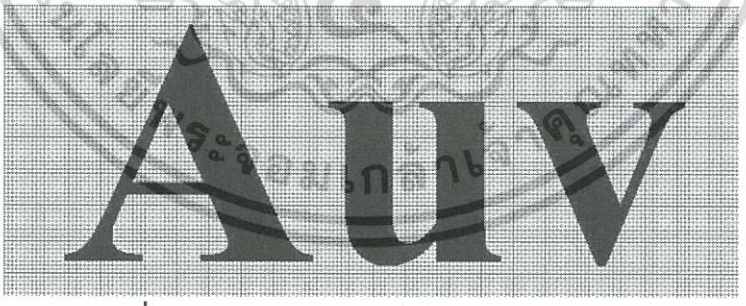
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพิมพ์ซิลค์สกรีน (Silk screen) เป็นระบบการพิมพ์ที่สามารถพิมพ์ได้บนวัสดุหลายชนิด เช่น กระดาษ ผ้า พลาสติก โลหะ และวัสดุสังเคราะห์อื่น ๆ ที่มีรูปทรงหลากหลาย รวมทั้งสามารถพิมพ์ให้เกิดลวดลายพิเศษโดยใช้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำ เทคนิคการทำแม่พิพม์ซิลค์สกรีนโดยใช้กาวอัดผสมน้ำยาไวแสงเป็นเทคนิคที่ง่าย ขั้นตอนในการทำไม่ยุ่งยาก เครื่องมือและอุปกรณ์สามารถหาซื้อได้สะดวก เทคนิคนี้จึงนิยมใช้กันอย่างมากในปัจจุบัน การใช้กาวอัดทำแม่พิมพ์สกรีนไม่สามารถทำแบบที่มีลายหนาได้ และความคมชัดขึ้นกับความละเอียดของเนื้อผ้า จึงมีเทคนิคการทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนแบบผสม (Mixed media method) เป็นการทำแม่พิมพ์ที่ใช้กาวอัดและฟิล์มกาวอัดร่วมกัน ซึ่งฟิล์มกาวอัดจะมีสมบัติไวแสงเมื่อใช้ร่วมกับน้ำยาไวแสง ทำให้ลวดลายเหมือนต้นแบบและมีความคมชัดมากกว่าการถ่ายแบบด้วยกาวอัดธรรมดา



รูปที่ 1.1 เทคนิคการทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนแบบปกติ



รูปที่ 1.2 เทคนิคการทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนแบบผสม

โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ [1] ได้พัฒนาฟิล์มกาวอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิกผสมกับพอลิไวนิลอะซิเทต และน้ำมันลินสีด (Linseed oil) ฟิล์มกาวอัดที่ได้สามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายได้ดี แต่ความทนทานของฟิล์มกาวอัดและอายุการใช้งานมีระยะเวลาที่ค่อนข้างสั้น คาดว่า เนื่องจากความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาของน้ำมันลินสีด ซึ่งเป็นส่วนผสมในเนื้อฟิล์มกับออกซิเจนในบรรยากาศในขณะจัดเก็บ ทำให้ฟิล์มกาวอัดเกิดการเชื่อมโยงบางส่วนก่อนการใช้งาน และส่งผลให้ไม่สามารถถ่ายแบบลวดลายที่คมชัดได้หลังจากการจัดเก็บเป็นเวลามากกว่า 1 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาต่อยอดโดยเตรียมฟิล์มกาวอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิกผสมกับพอลิไวนิลอะซิเทต โดยมีน้ำมันลินสีด และน้ำมันละหุ่ง (Castor oil) เป็นสารช่วยในการเชื่อมโยง งานวิจัยนี้นำน้ำมันละหุ่งมาเป็นส่วนผสม เนื่องจากมีความว่องไวต่อออกซิเจนต่ำกว่าน้ำมันลินสีด จัดเป็นน้ำมันประเภทไม่แห้งตัวเมื่อสัมผัสกับออกซิเจน ในขณะที่น้ำมันลินสีดจัดอยู่ในประเภทน้ำมันแห้งเร็ว จึงคาดว่าน้ำมันละหุ่งจะช่วยเพิ่มเสถียรภาพของฟิล์มกาวอัดและมีอายุการใช้งานนานขึ้น ส่วนผสมดังกล่าวนำมาทำเป็นฟิล์มกาวอัด โดยมีทั้งสูตรที่ผสมน้ำยาไวแสงประเภทไดอาโซ (Diazo) และสูตรที่ไม่มีการผสมน้ำยาไวแสง โดยการนำความรู้ทางด้านเคมีของแสง (Photo chemistry) มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงทางเคมีของฟิล์มกาวอัดขณะถ่ายแบบ เพื่อเป็นการเพิ่มความทนทาน โดยใช้การฉายแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ (Visible light) และช่วงยูวี (UV) อีกทั้งยังมีการนำสารดูดซับออกซิเจนมาใช้ เพื่อยืดอายุฟิล์มกาวอัดให้สามารถใช้งานได้นานขึ้น ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) และโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) โดยฟิล์มกาวอัดที่ได้สามารถนำมาถ่ายแบบลวดลายได้คมชัดและมีความทนทาน สามารถทดแทนฟิล์มเกรดการค้าที่มีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จึงเป็นการช่วยลดต้นทุนและสามารถผลิตใช้ได้เองจากวัตถุดิบหลักที่สามารถหาได้ภายในประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาฟิล์มกาวอัด โดยมีองค์ประกอบหลักของเนื้อกาวเป็นพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และพอลิไวนิลอะซิเทต ชนิดถ่ายแบบลวดลายด้วยแสงช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้และช่วงยูวี
2. เพื่อปรับปรุงฟิล์มกาวอัดให้มีความทนทานและยืดอายุการใช้งานให้นานขึ้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก ในอัตราส่วน 5 pph ของสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์
2. เตรียมสูตรผสมของฟิล์มกาวอัด โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิกและพอลิไวนิลอะซิเทตเป็นเนื้อฟิล์ม โดยมีน้ำมันลินสีดผสมกับน้ำมันละหุ่ง ในอัตราส่วน 4:0, 3:1 และ 2:2 โดยน้ำหนัก
3. ผสมสารดูดซับออกซิเจน ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์และโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์
4. ผสมน้ำยาไวแสงประเภทไดไอโซหรือไม่มีการผสมน้ำยาไวแสง
5. เตรียมแม่พิมพ์สกรีนลวดลายด้วยเทคนิคการทำแม่พิมพ์ซิลค์สกรีน
6. ตรวจสอบและศึกษาสมบัติต่างๆของฟิล์มกาวอัด ได้แก่
   - ความหนาของฟิล์มกาวอัด
   - ความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบ
   - ความคงทนของฟิล์มกาวอัดหลังการทดสอบ
   - ความสามารถในการชะล้าง
   - อายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัด
7. เปรียบเทียบสมบัติกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเตรียมฟิล์มกาวอัดที่ถ่ายแบบลวดลายได้คมชัดและมีเสถียรภาพในการใช้งาน
2. ลดต้นทุนในงานพิมพ์สกรีน และลดการนำเข้าฟิล์มกาวอัดจากต่างประเทศได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การพิมพ์สกรีน

2.1.1 หลักการพิมพ์สกรีน

การพิมพ์สกรีน หรือการพิมพ์ซิลค์สกรีน [2] เป็นระบบการพิมพ์ที่สามารถพิมพ์บนวัสดุต่าง ๆ เช่น กระดาษ ผ้า ไม้ แก้ว ฯลฯ เพื่อใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น บัตร ส.ค.ส. การ์ด โปสเตอร์ แผ่นป้ายโฆษณา บรรจุภัณฑ์ ลวดลายผ้า ปกหนังสือ หน้าปัดนาฬิกา ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ นอกจากนี้ยังสามารถพิมพ์ลงบนวัสดุที่มีรูปทรงต่าง ๆ เช่น กลม โค้ง หรือรูปทรงแปลก ๆ ที่มีผิวเรียบ เพื่อให้เกิดลวดลายสวยงาม โดยใช้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำ

การพิมพ์ซิลค์สกรีนเป็นระบบการพิมพ์ที่มีลักษณ์พิเศษเฉพาะตัว คือ เป็นการพิมพ์โดยการปาดหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดที่พอเหมาะด้วยยางปาดผ่านรูเปิดของผ้าสกรีน (Screen fabric) บนแม่พิมพ์ เพื่อให้หมึกพิมพ์ไหลลงบนวัสดุรองรับ แล้วเกิดเป็นลวดลายต่าง ๆ ตามแม่แบบ (Artwork) ที่อยู่บนแม่พิมพ์สกรีน ทั้งนี้การพิมพ์สกรีนประกอบไปด้วยอุปกรณ์ พร้อมทั้งกรรมวิธีและเทคนิคการพิมพ์ เพื่อให้สามารถพิมพ์ลงบนวัสดุที่ต้องการ โดยต้องพิจารณาถึงรูปร่าง ขนาด พื้นผิว ฯลฯ ที่นำมาใช้พิมพ์ ในขณะเดียวกันอุปกรณ์ที่ใช้ในการพิมพ์ซิลค์สกรีนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ผู้พิมพ์ต้องคัดเลือกและนำมาใช้ให้ได้ตรงตามความต้องการของชิ้นงานที่พิมพ์ เช่น หมึกพิมพ์ กรอบสกรีน ผ้าสกรีน ยางปาด เครื่องพิมพ์สกรีน เป็นต้น

2.1.2 วัสดุอุปกรณ์ในการพิมพ์สกรีน

2.1.2.1 ผ้าสกรีน

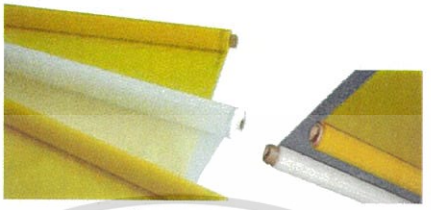
ผ้าสกรีน [3-4] เป็นโครงสร้างในการสร้างภาพบนสกรีนหรือช่วยยึดกาวอัดและแผ่นฟิล์มชนิดต่าง ๆ ที่ใช้สร้างภาพบนสกรีนให้เกิดเป็นลายภาพต่าง ๆ ที่ต้องการ ปัจจุบันผ้าสกรีนมีให้เลือกหลายชนิด หลายขนาด ตามความเหมาะสมของงานพิมพ์ ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้ผ้าสกรีนที่ถูกต้องและเหมาะสมกับงานพิมพ์ ได้แก่ ชิ้นงานหรือวัสดุที่พิมพ์ ภาพต้นฉบับหรือลวดลายที่ต้องการพิมพ์ ความหยาบความละเอียดของผ้าสกรีน และประเภทของผ้าสกรีนที่ใช้ในการทำบล็อกสกรีน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. ผ้าไหม (Silk fabrics) ในสมัยโบราณมีการนำเส้นไหมปั่นเป็นด้ายแล้วทอเป็นผืนนำมาขึงให้ตึงบนกรอบไม้ เพื่อทำเป็นฉากกั้นในการพิมพ์ เรียกว่า การพิมพ์ซิลค์สกรีน ปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้ผ้าไหม เนื่องจากมีราคาแพง เส้นไหมสามารถดูดความชื้นในอากาศได้มากถึง 30 % และสามารถเกิดปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิด งานพิมพ์ที่ได้มีความหนาของหมึกไม่สม่ำเสมอ จึงมีการนำผ้าชนิดอื่นมาทำเป็นผ้าสกรีนแทนผ้าไหมแต่ยังคงเรียกว่าแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนเช่นเดิม

2. ผ้าสเตนเลสสตีล (Stainless steel) เป็นผ้าสกรีนที่ทอจากเส้นใยสเตนเลสปั่นเป็นเส้นด้ายจากเครื่องมือที่ทำด้วยเพชร มีขนาดบางมาก เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.025 mm ซึ่งเส้นด้ายมีความหนาแตกต่างกันเพียง ±0.001 mm ทำให้ผ้าสกรีนมีความเรียบ ขนาดเส้นและรูผ้าสม่ำเสมอกัน ผ้าชนิดนี้สามารถทอได้ 200 เส้นใน 1 ชั่วโมง มีความยืดหยุ่นน้อย ปัจจุบันใช้เป็นผ้าสกรีนสำหรับพิมพ์แก้ว เครื่องปั้นดินเผาและแผงวงจรไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผ้าใยสังเคราะห์ (Synthetic fiber) ทอจากเส้นใยพลาสติกชนิดต่าง ๆ ที่นิยมนำมาทอ คือ เส้นใยไนลอน (Nylon) และเส้นใยพอลิเอสเทอร์ (Polyester) ซึ่งมีสมบัติต่างกันเล็กน้อย คือ ผ้าไนลอนเหมาะสำหรับนำมาขึงกรอบสกรีนด้วยมือ เพราะยืดหดได้ดีและเหมาะแก่การพิมพ์จำนวนมาก ส่วนผ้าพอลิเอสเทอร์เหมาะสำหรับงานพิมพ์ที่ต้องการความเที่ยงตรง เพราะมีการหดตัวน้อยมาก



รูปที่ 2.1 ผ้าสกรีน [3]

2.1.2.2 กรอบสกรีน (Frame)

กรอบสกรีน [3-4] ทำหน้าที่เป็นกรอบให้ผ้าสกรีนยึดขึงตึงตามที่ต้องการ และให้ผ้าสกรีนที่ขึงนั้นสามารถคงความตึงได้ รวมทั้งควบคุมขนาดของลวดลายบนผ้าสกรีนให้คงที่และมีความเที่ยงตรงในการพิมพ์ กรอบสกรีนควรผลิตจากวัสดุที่แข็งแรงเพื่อที่จะไม่ให้รูปทรงเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการขึงให้ผ้าสกรีนมีความตึงสูงหรือในระหว่างการพิมพ์ กรอบสกรีนที่บิดงอในขณะพิมพ์จะทำให้แรงกดของยางปาดไม่สม่ำเสมอและหมึกพิมพ์ที่พิมพ์ออกมาจะหนาไม่เท่ากัน อีกทั้งกรอบสกรีนควรจะทนต่อสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์สกรีน และทนต่อตัวทำละลายที่ใช้ผสมในหมึกพิมพ์และล้างทำความสะอาดหลังจากขั้นตอนการพิมพ์ กรอบสกรีนสามารถผลิตได้จากวัสดุหลายประเภท ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของกรอบสกรีนได้ดังนี้

1. กรอบไม้ ส่วนใหญ่นิยมใช้ไม้สักทำกรอบ เพราะมีการหดตัวน้อย ไม่บิดงอหรืออาจใช้ไม้แดง ไม้ฉำฉา เป็นต้น

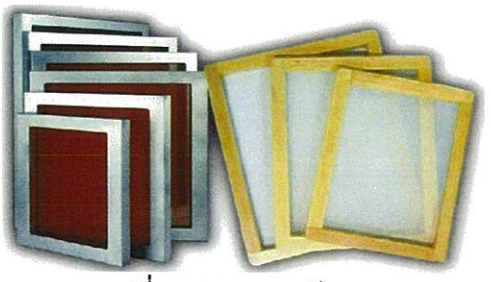
2. กรอบสเตนเลส เป็นที่นิยมใช้ในต่างประเทศ มี 2 ลักษณะ คือ

- กรอบสเตนเลสที่ทำจากการประกอบเหล็กมุมกรอบสกรีน จะหล่อขึ้นมาเป็นชิ้น ๆ เพื่อต่อกับแกนซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนให้ยาวหรือสั้นได้ กรอบออกแบบเป็นร่องเพื่อยึดผ้าสกรีน สามารถปรับเปลี่ยนผ้าสกรีนได้หลายชนิดโดยใช้เพียงกรอบเดียว

- กรอบสเตนเลสแบบน็อตยึด หรือกรอบแบบ Cam-lok เป็นกรอบสเตนเลสที่สามารถขึงผ้าได้เองในตัว โดยไม่ต้องใช้เครื่องขึงผ้า มีลักษณะเป็นโครงเหล็กหนาเจาะเป็นร่องสำหรับใส่แท่งเหล็กประกบผ้าสกรีน มีน็อตยึดแท่งเหล็กเพื่อตรึงผ้าให้ตึงตลอดเวลา กรอบชนิดนี้มีน้ำหนักมากเหมาะแก่การพิมพ์ที่ใช้เครื่องจักร ไม่เหมาะกับการใช้แรงคน

3. กรอบอะลูมิเนียม เป็นกรอบที่ทำจากอลูมิเนียมเส้น ตัดให้ได้ความกว้างยาวตามต้องการ แล้วต่อเชื่อมมุมแบบ 45 องศา นำกรอบไปขัดผิวให้หยาบ เพื่อยึดเนื้อกาวขณะขึงผ้าสกรีนได้ดี กรอบอลูมิเนียมมีน้ำหนักเบา ทนทาน ไม่ยืดหรือหดตัว ทำความสะอาดได้ง่าย จึงเป็นที่นิยมใช้ แม้มีราคาแพงกว่ากรอบไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 กรอบสกรีน [3]

2.1.2.3 รางปาด (Coating trough)

รางปาด [3-4] กาวอัดส่วนใหญ่ทำด้วยสเตนเลสที่มีการตัด พับ และต่อเชื่อมกันเป็นรูปลักษณะของรางปาดกาวอัดขึ้น มีการออกแบบสำหรับใช้มือจับเพื่อให้เกิดความสะดวกในการปาดกาวอัด ปลายด้านข้างทั้ง 2 ปลาย จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้กาวอัดไหลออกนอกรางปาดได้ แต่จะไหลเก็บกลับไปในฐานที่จะเป็นรูปโค้งหรือเทเป็นรูปสามเหลี่ยมรางปาดกาวอัดที่มีความยาวมากจะต้องใช้สเตนเลสที่หนาขึ้นและรางจะต้องลึกขึ้น

ขอบรางปาดกาวอัดในด้านที่จะต้องสัมผัสกับผ้าสกรีนควรจะมีความเรียบ ไม่ขรุขระ กล่าวคือ เมื่อวางแนบกับผ้าสกรีนในขณะปาดนั้น จะต้องราบเรียบขนานไปกับผ้าที่อยู่บนกรอบสกรีน เพื่อที่จะทำให้การเคลือบกาวอัดออกมามีความเรียบและหนาโดยสม่ำเสมอ

รูปที่ 2.3 รางปาด [4]

2.1.2.4 ยางปาด (Squeegee)

ยางปาด [3-4] หรือแปรงปาดหมึก หรือลูกกลิ้งหมึกในงานด้านการพิมพ์สกรีน หมายถึงอุปกรณ์พื้นผิวเรียบที่ช่วยพาหมึกในแม่พิมพ์สกรีนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยที่หมึกได้รับแรงกดจากยางปาด ทำให้ผ่านผ้าสกรีนลงไปบนวัสดุที่พิมพ์ได้

ยางปาดเป็นอุปกรณ์ที่ส่งผลต่อปริมาณหมึกที่ซึมผ่านผ้าสกรีน รวมทั้งความหนาและความเรียบของหมึกบนชิ้นงาน คุณภาพของงานพิมพ์จึงขึ้นกับวัสดุที่ใช้ผลิตยางปาด รูปทรง แรงกด ความแข็ง ขนาด โครงสร้าง ความคม และความเรียบของยางปาด รวมถึงมุมสัมผัสของยางปาดกับผ้าสกรีน (Effective squeegee angle) ความงอหรือโค้ง และแรงที่ถูกบีบของยางปาด

รูปที่ 2.4 ยางปาด [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.5 ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีน (Exposure lamp)

ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีน [3-4] เป็นแหล่งกำเนิดแสงในการทำปฏิกิริยาของกาวอัด โดยแสงจะผ่านจากตู้ไฟถ่ายไปยังบล็อกสกรีนที่เคลือบด้วยกาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงแล้ว บล็อกสกรีนจะถูกดันติดกับกระจกที่หนาพอสมควร และบล็อกสกรีนควรจะติดกับกระจกให้แนบสนิทมากที่สุด เพื่อให้แสงที่ส่องผ่านกระจกตรงไปที่บล็อกสกรีนแล้วเกิดการหักเหของแสงน้อยที่สุด ลวดลายส่วนที่ไม่ถูกบังแสงด้วยฟิล์มแม่แบบ ซึ่งเป็นฟิล์มพอสิทีฟ (Positive film) จะทำปฏิกิริยากับแสงจะเกิดการเชื่อมโยงทางเคมีและแข็งตัว โดยส่วนที่แข็งตัวแล้วจะไม่ละลายน้ำ ส่วนที่ถูกฟิล์มแม่แบบบังจะไม่เกิดปฏิกิริยา และเมื่อนำบล็อกสกรีนไปล้างด้วยน้ำ ส่วนนี้จะถูกน้ำล้างออกไปคงเหลือแต่ลวดลายส่วนที่ไม่มีฟิล์มแม่แบบบัง อย่างไรก็ตามการถ่ายไฟด้วยแสงอัตราความเข้มแสงและเวลาที่พอเหมาะจะทำให้ลวดลายกาวอัดมีความคมชัด

รูปที่ 2.5 ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีน [4]

2.1.2.6 กาวอัด

กาวอัด [5] ผลิตจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์หรือพอลิไวนิลอะซิเทตตัวใดตัวหนึ่ง หรือทั้งสองตัวผสมกัน โดยผ่านกรรมวิธีปั่นกวน และเติมสารเคมีต่าง ๆ เพื่อให้มีสมบัติแตกต่างกัน เช่น สีของกาวอัด ความหนืด (Viscosity) ปริมาณของเนื้อกาวอัด (Solid content) เป็นต้น ซึ่งประเภทของกาวอัดสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. กาวอัดแบบดั้งเดิม (Traditional emulsions) เป็นกาวอัดที่ผสมสารไวแสงประเภทไดโครเมตและสารไวแสงประเภทไดอาโซ กาวอัดมีสีแตกต่างกัน เช่น สีชมพู สีฟ้า สีม่วง สีเขียว ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต การใช้งานแตกต่างกันตามลักษณะของสารไวแสงที่ใช้ เช่น การทำแม่พิมพ์สกรีนจำนวนน้อยและใช้ไฟถ่ายเป็นหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ควรเลือกใช้กาวอัดที่ผสมสารไวแสงประเภทไดโครเมท เนื่องจากสามารถผสมสารไวแสงครั้งต่อครั้งให้พอการใช้งานใน 1 วัน หากเก็บกาวอัดที่ผสมสารไวแสงชนิดนี้ไว้ข้ามวันทำให้ความหนืดและความเข้มข้นของสารไวแสงลดลงจนไม่สามารถนำมาปาดบนบล็อกสกรีนได้ อัตราส่วนในการผสมสารไวแสงขึ้นกับผู้ผลิตกาวอัดเป็นผู้กำหนด

ตัวอย่างกาวอัดที่ใช้ในปัจจุบัน เช่น

- กาวอัดสีชมพู มีความละเอียด ใช้เวลาในการถ่ายด้วยแสงน้อย เหมาะสำหรับงานพิมพ์กราฟฟิคที่เน้นความคมชัด และเก็บรายละเอียดได้ดี มีความคงทนต่อหมึกพิมพ์เชื้อน้ำมันประเภทแห้งช้า ดรูไลท์ (Drulite ink) และประเภทแห้งเร็ว (สีที่มีส่วนประกอบของ PVC) หากเคลือบด้วยน้ำยาแพทลี จะคงทนต่อหมึกเชื้อน้ำ กาวอัดชนิดนี้ใช้ผสมน้ำยาไวแสงชนิดไดโครเมต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กาวอัดสีฟ้าอ่อน สามารถจัดวางตำแหน่งภาพได้ง่าย เนื้อกาวมีความละเอียดเหมาะสำหรับงานพิมพ์กราฟฟิคที่เน้นความคมชัด และมีความคงทนต่อหมึกพิมพ์เชื้อน้ำและเชื้อน้ำมัน หมึกพิมพ์เชื้อพลาสติซอลหรือหมึกพิมพ์ยูวี เนื้อกาวมีความคงทนต่อแรงเสียดสีได้ดี กาวอัดชนิดนี้ใช้ผสมกับน้ำยาไวแสงชนิดไดอาโซ

- กาวอัดสีม่วงอ่อน สีของกาวอัดในกรอบสกรีนที่แห้งแล้ว มีความสามารถในการมองผ่านได้ง่าย ทำให้จัดตำแหน่งแบบถ่ายได้ง่าย เนื้อกาวอัดมีความละเอียดเหมาะสำหรับงานพิมพ์ผ้าทุกชนิด ทั้งผ้ายืด ผ้าผืน และผ้าหลา หรือชิ้นงานที่ต้องการความคมชัดเป็นพิเศษ สามารถเก็บรายละเอียดของแบบภาพได้ดี มีความทนทานต่อหมึกพิมพ์เชื้อน้ำเป็นพิเศษ กาวอัดชนิดนี้ใช้ผสมกับน้ำยาไวแสงชนิดไดอาโซ

- กาวอัดประเภทโฟโต้พอลิเมอร์ชนิดผสมเสร็จ เป็นเนื้อกาวอัดแบบชนิดผสมน้ำยาไวแสงสำเร็จรูป เนื้อกาวเมื่อแห้งมีสีอ่อน เนื้อกาวอัดมีความเข้มข้นสูงเหมาะสำหรับใช้กับงานพิมพ์คุณภาพสูงในอุตสาหกรรมหรืองานพิมพ์ที่ต้องการให้หมึกลงหนาเป็นพิเศษ ให้ความคมชัดได้ดี เนื้อกาวทนทานต่อหมึกพิมพ์ มีราคาแพง

1. กาวอัดแบบดูอัลเคียว (Dual cure emulsion) กาวอัดแบบดูอัลเคียวเป็นกาวอัดที่มีการทำปฏิกิริยา 2 ครั้ง ซึ่งแตกต่างจากกาวอัดแบบอื่น ๆ ซึ่งทำปฏิกิริยาเพียงครั้งเดียว เนื้อกาวอัดมีส่วนผสมของสารไวแสงอยู่จำนวนหนึ่ง โดยทั่วไปเรียกกาวอัดชนิดนี้ว่า โฟโต้พอลิเมอร์ (Photopolymer) กาวอัดประเภทนี้มีความแตกต่างจากกาวอัดแบบดั้งเดิมที่ใช้สารไวแสงประเภทไดอาโซ คือเนื้อกาวอัดสามารถเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวได้เอง แต่ไม่สมบูรณ์พอที่จะเปลี่ยนสถานะของกาวอัดให้เป็นของแข็งได้ จึงต้องเติมสารไวแสงประเภทไดอาโซอีกจำนวนหนึ่งที่ผู้ผลิตจัดเตรียมไว้เข้าไป สารไวแสงไดอาโซช่วยเร่งปฏิกิริยาได้มากขึ้นเมื่อได้รับแสงจากไฟถ่ายในช่วงคลื่น 410 nm กาวอัดประเภทนี้มีความทนทานต่อหมึกฐานน้ำมันและหมึกฐานน้ำ ทั้งยังเก็บรายละเอียด (Resolution) และความคมชัด (Definition) ของลวดลายได้ดีกว่ากาวอัดแบบดั้งเดิม รวมทั้งใช้เวลาในการถ่ายน้อยกว่าจึงเหมาะสำหรับงานพิมพ์ภาพ 4 สี (Half tone) และแผงวงจรไฟฟ้า (PCB)

2. กาวอัดแบบสำเร็จรูป (One component emulsion) เป็นกาวอัดที่มีสารไวแสงผสมอยู่เรียบร้อยแล้ว เนื้อกาวอัดกับสารไวแสงจะทำปฏิกิริยากันเอง แต่ไม่เปลี่ยนสถานะจนกว่าจะได้รับแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ช่วงความยาวคลื่น 365 nm ซึ่งเป็นช่วงคลื่นแสงที่เมื่อกาวอัดได้รับแล้วสามารถทำปฏิกิริยากับสารไวแสงได้สมบูรณ์และกาวเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็งยึดกับผ้าสกรีน ในการใช้งานสามารถเปิดใช้ได้ทันทีให้ห้องที่มีแสงสีแดงหรือแสงสีเหลือง ส่วนบล็อกสกรีนที่ยังไม่ผ่านการถ่ายไฟ สามารถเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ ความชื้นต่ำ และในที่มืดได้นานประมาณ 6 เดือน โดยที่อายุการใช้งานของกาวอัดแบบสำเร็จรูป สามารถเก็บรักษาได้นาน 1-2 ปี

2.1.2.7 น้ำยาเคลือบสกรีนแพทลี (Patly)

น้ำยาเคลือบสกรีนแพทลี [3-4] เป็นน้ำยาใส ใช้เคลือบแม่พิมพ์สกรีนที่ทำจากกาวอัดเพื่อให้ใช้กับหมึกฐานน้ำได้ เนื่องจากโดยปกติแม่พิมพ์กาวอัดจะใช้กับหมึกพิมพ์ฐานน้ำมัน ฐานพลาสติกหรือฐานยูวีเท่านั้น สามารถเคลือบน้ำยาแพทลีบนแม่พิมพ์ได้โดยใช้สำลีชุบน้ำยาเคลือบทาแม่พิมพ์กาวอัดบาง ๆ ทั้ง 2 ด้าน ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งแล้วทาทับใหม่ 1-2 ครั้ง เมื่อเคลือบน้ำยาแพทลีเสร็จ นำไปตากในที่ร่มให้แห้งเองหรือเป่าด้วยลมเย็นเท่านั้น ห้ามใช้ลมร้อนเป่า เพราะจะทำให้น้ำยาเคลือบระเหยเร็วเกินไปจนดึงผ้าสกรีนขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.8 น้ำยาเคลือบบล็อกสกรีน

น้ำยาเคลือบบล็อกสกรีนเป็นเคมีภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการเคลือบแม่พิมพ์ซิลค์สกรีนที่มีลวดลายพร้อมพิมพ์ เมื่อเคลือบแล้วสามารถทนต่อหมึกฐานน้ำและน้ำมัน ความทนทานนี้จะทนมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับการเลือกใช้กาวอัดให้ถูกกับชนิดของหมึกพิมพ์ด้วย อีกทั้งยังสามารถเพิ่มความทนทานต่อการเสียดสีของเครื่องพิมพ์

2.2 หมึกพิมพ์สกรีน (Screen printing ink)

หมึกพิมพ์สำหรับการพิมพ์สกรีน [6] นั้นจำแนกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ (Water-based screen ink) หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมัน (Solvent-based screen ink) หมึกพิมพ์สกรีนพลาสติซอล (Plastisol screen ink) และหมึกพิมพ์สกรีนยูวี (UV screen ink)

2.2.1 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ

หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ [6] เป็นหมึกพิมพ์ที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบในการทำละลายให้หมึกอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลวเช่นเดียวกับหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมันที่มีน้ำมันเป็นตัวทำละลาย โดยทั่วไปหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำจะเหมาะสำหรับการพิมพ์บนวัสดุบางประเภทเท่านั้น เช่น กระดาษ ผ้า และพลาสติกประเภทไวนิลคลอไรด์ เนื่องจากการเกาะติดที่ไม่ดีบนวัสดุบางประเภท เมื่อเปรียบเทียบกับหมึกพิมพ์ประเภทอื่น ๆ ทั้งนี้ หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำยังแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามประเภทสารให้สี ได้แก่

- หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสี คือ หมึกพิมพ์ที่มีสารให้สีเป็นผงสี
- หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทสีย้อม คือ หมึกพิมพ์ที่มีสารให้สีเป็นสีย้อม

การเปรียบเทียบส่วนประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสีและสีย้อม แสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสีและสีย้อม [6]

ประเภท / ส่วนประกอบ	หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ ประเภทผงสี	หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ ประเภทสีย้อม
สารให้สี	ผงสี	สีย้อม
ตัวทำละลาย	น้ำ	น้ำ
สารยึดผงสี (Binder) และสารปรับความหนืด (Thickener)	น้ำมันก๊าด มอนอเมอร์ไวนิลอะซิเทต บิวทิวอะคริเลต	โซเดียมอัลจิเนต
สารเติมแต่ง	สารทำให้นุ่ม สารต้านการเกิดฟอง	สารทำให้เปียก ตัวออกซิไดซ์ สารเพิ่มความชื้น กรดและด่าง สารเพิ่มการละลาย สารกันบูด
สารผนึกสี	เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์	ไทโอยูเรียฟีนอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสี

องค์ประกอบพื้นฐานมี 4 อย่าง คือ ผงสี เรซิน สารเติมแต่ง และน้ำซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายและตัวพาหมึก โดยจะทำหน้าที่กระจายสารยึดผงสี (Binder) ประเภทอะคริลิก เช่น มอนอเมอร์ไวนิลอะซิเทต และบิวทิลอะคริเลต รวมไปถึงการละลายสารเพิ่มความหนืด หรือน้ำมันก๊าด ทำให้รวมตัวกันโดยที่น้ำมันก๊าดแตกตัวเป็นหยดเล็ก ๆ กระจายเข้าไปอยู่ในน้ำซึ่งเป็นตัวกลาง ช่วยให้ความหนืดของหมึกพิมพ์เหมาะสมกับการพิมพ์ ในขณะเดียวกันน้ำก็ทำหน้าที่ห่อหุ้มผงสีไปด้วย นอกจากนี้ภายในหมึกพิมพ์ยังมีสารเติมแต่งที่เติมเพื่อปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของหมึกให้เป็นไปตามที่กำหนด เช่น สารกันฟอง สารทำให้นุ่ม องค์ประกอบสุดท้ายของหมึกพิมพ์ประเภทนี้ คือ สารผนึกสี ที่ช่วยทำให้หมึกพิมพ์ติดบนวัสดุใช้พิมพ์ ตัวอย่างเช่น เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำนี้ยังแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

- หมึกพิมพ์ผ้าสีจมหรือหมึกพิมพ์ผ้าธรรมดา หมึกพิมพ์สกรีนประเภทนี้เหมาะสำหรับพิมพ์ผ้าฝ้าย หรือผ้าใยสังเคราะห์ผสมกับผ้าฝ้ายในอัตราส่วนต่าง ๆ แต่จะต้องมีอัตราส่วนของเส้นใยสังเคราะห์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ผ้าที่พิมพ์ควรจะมีสีอ่อนและควรผ่านการอบหรือให้ความร้อนด้วยวิธีต่าง ๆ ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 100-120°C เป็นเวลาประมาณ 3-5 นาที สารผนึกสีจะทำปฏิกิริยากับหมึกที่พิมพ์ไว้แล้ว ทำให้ยึดติดกับเนื้อผ้า สีจึงไม่ตกหรือจางหลังการซัก หมึกพิมพ์ผ้าสีจมจะประกอบด้วยเม็ดผงสีที่ค่อนข้างหยาบ จึงควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะงาน ลวดลายที่ต้องการพิมพ์และคุณภาพของหมึกพิมพ์เอง
- หมึกพิมพ์ผ้าสีลอย คือ หมึกพิมพ์ผ้าสีจมที่ปรับปรุงให้มีเนื้อผงสีเข้มข้นมากขึ้นทั้งยังมีเรซินที่ช่วยทำให้แม่สีลอยตัวและเกาะติดแน่นบนเนื้อผ้า เมื่อนำไปพิมพ์บนผ้าที่มีพื้นสีเข้ม สีของหมึกพิมพ์จะลอยเด่นชัดอยู่บนเนื้อผ้าทำให้ลวดลายที่พิมพ์ยังคงความสวยงามไว้ได้ ซึ่งต่างกับหมึกพิมพ์ผ้าสีจมที่เมื่อพิมพ์ลงบนพื้นผ้าสีเข้มแล้ว สีของหมึกพิมพ์จะหายไป เนื่องจากผงสีจมหายหรือซึมเข้าไปในเนื้อผ้าทำให้ลวดลายที่พิมพ์ดูไม่สวยงาม ข้อดีของหมึกพิมพ์ผ้าสีลอย คือ เป็นหมึกที่เหมาะสำหรับพิมพ์ทั้งบนผ้าสีอ่อนและสีเข้ม เพราะสามารถผลิตชิ้นงานที่มีความสวยงามและคมชัดได้ดี นอกจากนี้ยังได้มีการปรับปรุงคุณภาพของหมึกพิมพ์ผ้าสีลอย โดยผลิตให้มีความมันเงามากขึ้น และช่วยเพิ่มความสวยงามของผ้าที่พิมพ์ได้ เรียกว่า หมึกพิมพ์ผ้าสีลอยมัน
- หมึกพิมพ์ผ้าสีนูนหรือหมึกพิมพ์ผ้าสีฟู่ หมึกพิมพ์สกรีนประเภทนี้เป็นหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ซึ่งมีสารทำฟอง หรือที่ในวงการสกรีน เรียกว่า “เชื้อฟู” ผสมอยู่ สมบัติของหมึกพิมพ์ประเภทนี้ใกล้เคียงกับหมึกพิมพ์ผ้าสีลอย สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษในการนำมาใช้งาน คือ ต้องมีการปาดหมึกให้เรียบผ่านผ้าสกรีนที่หยาบหรือมีความละเอียดต่ำ และหลังจากพิมพ์เสร็จแล้วต้องนำผ้าที่พิมพ์ไปผึ่งให้แห้งและเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 100-120°C
- หมึกพิมพ์ผ้าสียาง ใช้สำหรับการพิมพ์ผ้าสีอ่อนและสีเข้ม เมื่อสีแห้งจะมีลักษณะเป็นยาง สีมันเงาและยืดได้ หมึกพิมพ์มีความเข้มข้นชนิดทึบแสงและโปร่งแสง

นอกเหนือที่จากที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีหมึกพิมพ์ผ้าประเภทอื่น ๆ เช่น ประเภทสีเงิน ประเภทสีทอง ประเภทสีมุกและประเภทที่มีกากเพชร ซึ่งคล้ายกับสีของหมึกพิมพ์ฐานน้ำมัน ทำได้โดยการใช้สารยึดผงสีเกรดพิเศษมาผสมกับผงเงิน ผงทอง ผงมุก หรือกากเพชร ส่วนองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ผ้าเหล่านี้ก็เช่นเดียวกับหมึกพิมพ์ผ้าประเภทอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทสีย้อม

หมึกพิมพ์ที่มีสารให้สีเป็นสีย้อม มีตัวทำละลายและตัวพาหมึก คือน้ำซึ่งสามารถละลายสีย้อมได้ การพิมพ์ผ้าโดยใช้หมึกพิมพ์สกรีนประเภทสีย้อมนั้นเป็นการพิมพ์ที่มีการลงทุนค่อนข้างสูง ต่างจากการพิมพ์ผ้าโดยหมึกพิมพ์สกรีนประเภทอื่น และส่วนใหญ่จะทำเป็นอุตสาหกรรม องค์ประกอบของหมึกพิมพ์ประเภทนี้มีดังนี้

1. สีย้อม เป็นสีที่มีความเข้มของสีมาก สีย้อมที่นำมาใช้อาจจะอยู่ในสภาพต่าง ๆ กัน ได้แก่ ผง เกล็ด หรือของเหลว เมื่ออยู่ในสภาพผงหรือเกล็ดก่อนนำมาใช้งานต้องนำมาละลายน้ำก่อนที่อุณหภูมิห้อง ถ้าพบว่าละลายได้ยากควรใช้น้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิ 50-60°C หรือใช้สารเคมีที่มีความสามารถในการช่วยละลาย ในระหว่างการละลายหากเกิดฟองให้เติมสารกำจัดฟอง สีย้อมที่นำมาใช้งานทางด้านการพิมพ์ผ้ามีมาก แต่ที่นิยมนำมาใช้งาน ได้แก่

- สีย้อมรีแอคทีฟ (Reactive dyes) นิยมใช้กับการพิมพ์ลงบนเส้นใยเซลลูโลสในกลุ่มฝ้าย ลินิน เรยอน รวมทั้งผ้าไหม การยึดติดระหว่างสีย้อมกับเส้นใยเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นด่าง
- สีย้อมดิสเพิร์ส (Disperse dyes) เหมาะสำหรับใช้กับเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ผ้าพอลิเอสเทอร์ ผ้าอะคริลิก ผ้าไนลอน สีย้อมดิสเพิร์สส่วนใหญ่จะใช้กับผ้าพอลิเอสเทอร์ ลักษณะการยึดติดของสีจะอาศัยวิธีการระเหิด โดยอาศัยความร้อนทำให้สีย้อมกลายเป็นก๊าซแทรกซึมเข้าไปและยึดติดในเส้นใยผ้า
- สีย้อมแวต (Vat dyes) เหมาะสำหรับพิมพ์ผ้าที่เป็นเส้นใยเซลลูโลส เช่น ผ้าฝ้าย ลินิน วิสโคสเรยอน มีสมบัติในด้านความคงทนต่อการซักที่ดีมาก การยึดติดของสีผ้าจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับการเตรียมสีให้ละลายอยู่ในสภาพส่วนประกอบลูโค โดยการรีดิวซ์ในสภาวะที่เป็นด่าง หลังจากพิมพ์แล้วต้องทำให้สีกลับมาอยู่ในสภาพเดิมโดยการออกซิเดชัน ซึ่งจะทำให้สีมีความคงทนที่ดี
- สีย้อมเบสิก (Basic dyes) เหมาะสำหรับพิมพ์ผ้าอะคริลิก มีสมบัติเด่นในด้านความคงทนต่อการซักและความสดใสของสี เนื่องจากการยึดติดกับผ้าจะมีความคงทนสูง โดยอาศัยการยึดระหว่างขั้วบวกของสีย้อมกับเส้นใยที่เป็นขั้วลบ
- สีย้อมแอซิด (Acid dyes) การพิมพ์หรือการย้อมผ้าในกลุ่มของเส้นใยธรรมชาติประเภทเส้นใยโปรตีน เช่น ผ้าขนสัตว์ ผ้าไหม สีพิมพ์ที่เหมาะสม คือ สีแอซิด เนื่องจากสีแอซิดจะมีสมบัติด้านความคงทนต่อการซักและความทนแดดที่ดีโดยการยึดติดระหว่างผ้ากับสีพิมพ์จะมีลักษณะคล้ายกับสีย้อมเบสิกในสภาวะกรด

2. สารเพิ่มความหนืด หน้าที่ของสารเพิ่มความหนืดนี้นอกจากจะทำให้หมึกพิมพ์หนืดขึ้นแล้ว ยังเป็นตัวพาสีย้อมจากแม่พิมพ์สกรีนลงไปบนผ้าประเภทต่าง ๆ สารเพิ่มความหนืดจะมีลักษณะเป็นของเหลวข้น จึงนิยมเรียกกันในวงการพิมพ์สกรีนอีกชื่อหนึ่งว่า “สารข้น” สารเพิ่มความหนืดที่นำมาใช้นี้อาจมาจากธรรมชาติ หรือเป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้น หรือเกิดจากการผสมกันของสารที่ได้จากธรรมชาติและสารสังเคราะห์ก็ได้

- สารเพิ่มความหนืดธรรมชาติ ได้แก่ กัมอาราบิก กัมทรากาแคนท์ กัมจากถั่วโลคัสโซเดียมอะจิเนต เป็นต้น
- สารเพิ่มความหนืดที่ได้จากการสังเคราะห์และกึ่งสังเคราะห์ ได้แก่ คาร์บอกซี-เมทิลเซลลูโลส แป้งคาร์บอกซีเมทิล กัมบริทิช พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ พอลิไวนิลอะซิเทต

สารเพิ่มความหนืด ควรมีสมบัติดังนี้

- ไม่มีฟอง เพราะจะทำให้เกิดรูพรุนในหมึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ควรจะมีความหนืดคงที่ตลอดการพิมพ์ เพื่อไม่ให้หมึกไหลไปในบริเวณที่ไม่ต้องการพิมพ์
- มีความยืดหยุ่นตัวพอควรเพื่อให้เหมาะสมสำหรับความแข็งของยางปาด
- สารเพิ่มความหนืดไม่ควรเกิดปัญหากับสีย้อม มีสมบัติเกาะติดได้บ้างและมีการแห้งตัวที่พอเหมาะ สามารถดูดซับน้ำไว้ได้บ้าง เพื่อป้องกันการซึมของสีย้อมออกมาในน้ำในระหว่างการอบด้วยไอน้ำ

3. สารเติมแต่ง สารเติมแต่งในหมึกพิมพ์สกรีนประเภทสีย้อมมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยปรับแต่งให้หมึกพิมพ์มีสมบัติดีขึ้นในระหว่างการพิมพ์ ซึ่งสารเติมแต่งแต่ละประเภทจะมีสมบัติที่แตกต่างกัน ตัวอย่างสารเติมแต่งที่นิยมใช้ในหมึกพิมพ์ผ้าประเภทสีย้อม เช่น

- สารเติมแต่งที่ช่วยให้สีย้อมละลายดีขึ้น เช่น เอทิลีนไกลคอล ไดเอทิลีนไกลคอล กรดอะซิติก ยูเรีย เป็นต้น
- สารเติมแต่งที่ลดความกระด้างของน้ำ เช่น โซเดียมเอทิลีนไดอามีน
- สารกันฟอง เช่น น้ำมันซิลิโคน
- สารกันบูด เช่น ฟีนอล ครีโซล
- สารทำให้เปียก เช่น กลีเซอรีน เติมลงไปเพื่อช่วยดูดซับความชื้น ทำให้หมึกพิมพ์ไม่แห้งจนเกินไป เมื่อนำผ้าที่พิมพ์แล้วไปเข้าเครื่องอบไอน้ำ
- สารเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น เช่น ไทโอยูเรีย (Thiourea)
- สารปรับหมึก ทำให้มีเนื้อหมึกพิมพ์มากขึ้น เช่น ดินที่ใช้ทำเครื่องดินเผา
- ตัวรีดิวซ์ เป็นตัวทำให้เกิดการคงตัวในย้อมแวต เช่น ไฮโดรซัลเฟต
- ตัวปรับค่ากรด-ด่าง ให้เป็นกรด เพื่อทำให้เกิดการคงตัวในสีย้อมแวต เช่น กรดซิตริก
- ตัวปรับค่ากรด-ด่าง ให้เป็นด่าง ทำให้เกิดการคงตัวในสีย้อมแวต เช่น โซเดียมไบ-คาร์บอเนต

2.2.2 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมัน

หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมัน [6] มีองค์ประกอบหลักเช่นเดียวกับหมึกพิมพ์ของระบบการพิมพ์อื่น กล่าวคือ ประกอบด้วย สารให้สี ตัวทำละลายซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวพาหมึก เรซินซึ่งทำหน้าที่ยึดผงสีและสารเติมแต่ง ซึ่งทำหน้าที่ปรับสมบัติของหมึกพิมพ์ แต่ในส่วนรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบหลักจะแตกต่างกัน องค์ประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมันมีดังนี้

1. สารให้สี หมายถึง สารที่ทำให้เกิดสีของหมึกพิมพ์ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ผงสีและสีย้อม สารให้สีทั้งสองประเภทนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการผลิตหมึกพิมพ์ เนื่องจากทำให้หมึกพิมพ์ต่าง ๆ นั้นมีสีสันที่แตกต่างกัน การมองเห็นและการรับรู้สีของผงสีและสีย้อมในหมึกพิมพ์อาศัยสมบัติในการดูดกลืนและสะท้องแสงที่แตกต่างกัน เมื่อแสงส่องมากระทบกับโมเลกุลของผงสีและสีย้อมแล้วคลื่นแสงบางส่วนจะถูกดูดกลืนไว้ และช่วงคลื่นแสงเฉพาะสีนั้น ๆ จะสะท้อนเข้ามายังตาของคนเราทำให้มองเห็นหมึกพิมพ์เป็นสีต่าง ๆ

- ผงสี ที่ใช้ในหมึกพิมพ์โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท คือประเภทที่เป็นผงสีอินทรีย์ ทั้งที่ได้จากธรรมชาติ เช่น แร่ธาตุหรือพืชต่าง ๆ กับที่สังเคราะห์ขึ้น ส่วนใหญ่แล้วผงสีจะสังเคราะห์ขึ้นจากสารเคมีที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม สำหรับผงสีที่ใช้ในหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมันทั่วไป ควรเป็นผงสีที่มีความทึบแสงพอควร เพื่อที่จะสามารถกลบสีของพื้นวัสดุที่พิมพ์ได้สนิท ในขณะที่หมึกพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอดสีควรใช้ผงสีที่มีความโปร่งเพื่อให้เกิดสีที่ 3 ขึ้น เมื่อพิมพ์ซ้อนทับกันและในกรณีของหมึกพิมพ์แก้วและเซรามิกส์ ผงสีจะเป็นส่วนสำคัญทั้งในการเกาะติด ให้สีสัน และความทนทานต่าง ๆ ของหมึกที่พิมพ์

- สีย้อม โดยทั่วไปแล้วมักจะใช้ในหมึกพิมพ์เหลว เช่น หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี และหมึกพิมพ์กราวัวร์ เนื่องจากสีย้อมต่าง ๆ นั้นสามารถละลายเข้ากับส่วนประกอบที่นำมาทำเป็นหมึกพิมพ์ได้ ซึ่งต่างจากผงสีที่ไม่ละลายเมื่อนำไปผสมเพื่อทำเป็นหมึกพิมพ์ สำหรับหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมันนั้นมีการใช้สีย้อมเช่นกัน สมบัติที่ดีอย่างหนึ่งของสีย้อม คือ สามารถละลายในตัวทำละลายต่าง ๆ ได้ทำให้ง่ายต่อการเลือกใช้และผลิต

2. ตัวทำละลาย หมายถึง สารที่มีความสามารถละลายสารประเภทอื่น ซึ่งอาจจะเป็นหนึ่งหรือหลายประเภทให้ละลายจนเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยทั่วไปตัวทำละลายที่ใช้ในหมึกพิมพ์ได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบ ซึ่งมีหลายประเภทขึ้นกับว่า ได้มาจากการกลั่นที่ขั้นตอนใดและที่ช่วงอุณหภูมิเท่าใด เรียกว่า “การกลั่นลำดับส่วน” ทำให้สมบัติของตัวทำละลายที่ได้แตกต่างกัน สมบัติของตัวทำละลายที่สำคัญ คือ ความสามารถในการทำละลายจะแปรผันไปตามประเภทของเรซิน การกำหนดว่าตัวทำละลายนั้น ๆ มีความสามารถในการทำละลายเพียงใด มักใช้วิธีประเมินจากปริมาณของเรซินที่ละลายในตัวทำละลายนั้น ๆ ว่ามีมากหรือน้อยเพียงใด ถ้าสามารถละลายเรซินได้ในปริมาณมากก็แสดงว่าตัวทำละลายนั้นมีความสามารถในการทำละลายสูง

อัตราการระเหยที่ต่างกันมีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ สำหรับหมึกพิมพ์สกรีนนั้นไม่ควรที่จะแห้งตัวเร็วเกินไป เนื่องจากจะส่งผลให้หมึกพิมพ์ส่วนที่แห้งไปอุดตันรูเปิดของผ้าสกรีนหรือที่เรียกว่า “บล็อกสกรีนตัน” แต่ไม่ควรแห้งช้าจนเกินไป เพราะจะทำให้เสียเวลาในการผลิต อัตราการระเหยของตัวทำละลายมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการกลั่นตัวทำละลายประเภทนั้น ๆ ถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการกลั่นต่ำ ตัวทำละลายประเภทนั้นมักจะระเหยและแห้งเร็ว ในทางกลับกัน ถ้าใช้อุณหภูมิสูงในการกลั่นลำดับส่วน ตัวทำละลายประเภทนั้นจะระเหยและแห้งช้า ประเภทของตัวทำละลายที่นำมาใช้ได้ในหมึกพิมพ์สกรีน เช่น ไกลคอล ไกลคอลอีเทอร์ คีโตนและเอสเทอร์ ฯลฯ

ตัวทำละลายในหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมันทำหน้าที่ในการละลายเรซินที่เป็นของแข็งให้กลายเป็นของเหลว เพื่อให้สามารถผสมเข้ากับผงสีได้ง่าย สำหรับตัวทำละลายที่เลือกใช้จะต้องมีสมบัติในการละลายเรซินได้เป็นอย่างดี เมื่อพิมพ์หมึกพิมพ์ลงบนวัสดุตัวทำละลายจะระเหยออกไปจากวัสดุที่ใช้พิมพ์อย่างรวดเร็ว คงเหลือไว้แต่เรซินและผงสีที่เกาะติดบนผิวของวัสดุที่ใช้พิมพ์

3. เรซิน หมายถึง สารที่อยู่ในรูปของแข็งที่เป็นผลึกหรือของเหลวที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โดยทั่วไป เรซินจะมีจุดหลอมเหลวที่ไม่แน่นอน ก่อนนำมาใช้ต้องนำไปละลายในตัวทำละลายก่อน หากใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมจะละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน เรียกว่า ตัวพาหมึก เรซินในหมึกพิมพ์ทำหน้าที่กำหนดสมบัติต่าง ๆ ของหมึกพิมพ์ ไม่ว่าจะเป็นความแข็ง ความมันเงา การเกาะติด และความยืดหยุ่น นอกจากนี้เรซินยังเป็นสารที่ทำให้โมเลกุลของเม็ดสีรวมตัวกันอยู่และทำหน้าที่เป็นสารเกาะติดสารให้สีกับวัสดุที่ใช้พิมพ์ ตัวอย่างเรซินที่มักจะนำมาใช้เป็นส่วนผสมในหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมัน ได้แก่ ไนโตรเซลลูโลส ไวนิล อะคริลิก ยูรีเทน และพอลิเอสเทอร์ ทั้งนี้การเลือกใช้เรซินขึ้นอยู่กับสมบัติของหมึกพิมพ์ที่ต้องการนำไปใช้งานด้วย ในการจำแนกประเภทของเรซินสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เรซินธรรมชาติ ไม่ค่อยนิยมนำมาใช้ในหมึกพิมพ์สกรีน เพราะมีสมบัติไม่คงที่และการนำเรซินธรรมชาติมาใช้นั้นมักจะต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงสมบัติทางเคมีให้เหมาะสมก่อน แต่ในปัจจุบันยังมีการนำมาใช้งานอยู่บ้าง เรซินธรรมชาติส่วนใหญ่จะได้จากยางของต้นไม้และมีบางส่วนที่ได้จากสัตว์ ตัวอย่างเช่น โลซิน มะนิลาโคปอล แป้งสะสมในพืชและกัม เป็นต้น

- เรซินสังเคราะห์ เป็นเรซินที่เกิดขึ้นโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์พอลิเมอร์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้สารโมเลกุลเล็กหลายโมเลกุลมารวมกันเป็นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ขึ้น สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเรซินสังเคราะห์มักขึ้นอยู่กับโครงสร้างและส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตเรซินนั้น ๆ ส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างทางเคมีที่แน่นอนทำให้สามารถผลิตหรือทำซ้ำขึ้นใหม่ได้หลายครั้ง โดยเรซินที่ได้จากการสังเคราะห์แต่ละครั้งจะยังคงมีสมบัติเหมือนเดิม ซึ่งต่างจากเรซินธรรมชาติที่มีโครงสร้างทางเคมีที่ไม่แน่นอน เนื่องจากแปรเปลี่ยนตามสภาพแวดล้อม ตัวอย่างเรซินสังเคราะห์ที่ใช้ในหมึกพิมพ์สกรีน เช่น อีพอกซี ไวนิล อัลคิลและอะคริลิก เป็นต้น

4. สารเติมแต่ง คือ สารที่เติมลงไปในหมึกพิมพ์เพื่อทำให้หมึกพิมพ์มีสมบัติต่าง ๆ เพิ่มขึ้นตามที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น

- เพิ่มสมบัติในการเกาะติด คือ ทำให้หมึกพิมพ์มีการเกาะติดกับวัสดุได้ดีขึ้นนอกเหนือไปจาก สมบัติในการเกาะติดกับวัสดุที่ได้จากองค์ประกอบอื่นของหมึกพิมพ์ เช่น เรซิน และใช้สำหรับงานบางประเภทที่ต้องการให้หมึกพิมพ์มีสมบัตินี้เพิ่มขึ้น

- เพิ่มความยืดหยุ่น คือ ทำให้หมึกพิมพ์ที่พิมพ์ลงวัสดุมีความยืดหยุ่นดีขึ้น เนื่องจากวัสดุบางประเภทเมื่อพิมพ์หมึกลงไปแล้วจะไม่มีความยืดหยุ่น ทำให้เปราะแตกได้

- เพิ่มความทนทานต่อการขีดข่วนและการเสียดสี คือ เมื่อมีการขีดข่วนในบริเวณที่พิมพ์หมึกลงไป บริเวณนั้นจะไม่เกิดรอย หรือเมื่อมีการเสียดสี หมึกก็จะไม่หลุดลอกออกมาง่าย

- เพิ่มความทนทานต่อสารเคมี คือ ทำให้หมึกพิมพ์สามารถทนต่อสารเคมีบางประเภทได้ หมึกพิมพ์แต่ละประเภทมีสมบัติที่ทนต่อสารเคมีอย่างหนึ่ง แต่อาจจะไม่ทนต่อสารเคมีอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งไม่มีหมึกพิมพ์ประเภทใดที่จะทนต่อสารเคมีได้ทุกประเภท ความทนต่อสารเคมีของหมึกพิมพ์ขึ้นกับสมบัติของเรซินและสารให้สี รวมถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ใส่เพิ่มเติมลงไปในหมึกพิมพ์

การเติมสารเติมแต่งเป็นการเพิ่มสมบัติที่ต้องการของหมึกพิมพ์บางประเภทเท่านั้น โดยต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งาน สมบัติของวัสดุที่นำมาพิมพ์และอื่น ๆ

2.2.3 หมึกพิมพ์สกรีนพลาสติซอล

หมึกพิมพ์พลาสติซอลเป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้สารพลาสติไซเซอร์ (Plasticizer) เป็นตัวทำละลายเรซินให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนที่จะนำไปผสมกับผงสีและไม่มีส่วนประกอบที่เป็นตัวทำละลายที่ใช้ในหมึกพิมพ์ทั่วไป ทำให้หมึกพิมพ์ประเภทนี้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางน้ำและทางอากาศน้อยมาก หมึกพิมพ์พลาสติซอลเป็นหมึกที่ทำจากเรซินพวกไวนิลผสมกับพลาสติไซเซอร์ เหมาะสำหรับการพิมพ์ผ้าฝ้ายหรือผ้าฝ้ายผสมพอลิเอสเทอร์โดยที่แม่พิมพ์สกรีนต้องทำจากกาวอัดหรือฟิล์มที่ทนต่อน้ำมันทุกประเภท และต้องขึงผ้าสกรีนให้ตึงมากที่สุดเท่าที่ผ้าสกรีนจะรับแรงตึงได้ สำหรับหมึกพิมพ์พลาสติซอลจะมีองค์ประกอบ ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของหมึกพิมพ์พลาสติซอล [6]

ส่วนประกอบของหมึกพิมพ์	หมึกพิมพ์พลาสติซอล
สารให้สี	ผงสี
ตัวทำละลาย	สารพลาสติไซเซอร์
สารยึดผงสี	พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC)
สารเติมแต่ง	สารทำให้นุ่ม สารฟอก

1. ผงสี ผงสีที่ใช้ในการพิมพ์พลาสติซอลสำหรับพิมพ์ผ้าจะต่างจากผงสีที่ใช้ในหมึกพิมพ์ผ้าฐานน้ำทั่วไป ดังนั้นการเลือกใช้ผงสีในการผลิตหมึกพิมพ์ ต้องเลือกให้มีสมบัติที่เข้ากับประเภทของสารที่ใช้เป็นพลาสติไซเซอร์

2. สารยึดผงสี สารยึดผงสีที่นำมาใช้ในการผลิตหมึกพิมพ์พลาสติซอล คือ เรซินสังเคราะห์พอลิไวนิลคลอไรด์หรือพีวีซี สามารถบดให้ละเอียดจนขนาดอนุภาคเล็กลงถึง 0.5-2 μm ซึ่งเป็นระดับอนุภาคแพร่กระจาย ทำให้หมึกพิมพ์สำเร็จรูปที่ผลิตออกมามีเนื้อละเอียดมาก ความละเอียดของเรซินเมื่อรวมกับผงสีแล้วจะทำให้หมึกพิมพ์มีเนื้อละเอียดจนสามารถพิมพ์ผ่านผ้าสกรีนได้ถึงขนาด 165 เส้นต่อเซนติเมตร หรือ 420 เส้นต่อนิ้ว หมายถึงผ้าพิมพ์สามารถนำหมึกพิมพ์ประเภทนี้มาใช้ในการพิมพ์สกรีน 4 สี ที่มีความละเอียดของภาพ 85-100 เส้นต่อนิ้วได้เป็นอย่างดี

3. ตัวทำละลาย ตัวทำละลายของพอลิไวนิลคลอไรด์ คือ สารพลาสติไซเซอร์ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีสภาพเหลวข้นและใส สารพลาสติไซเซอร์เป็นตัวกำหนดความยืดหยุ่น ความแข็งกระด้าง ความเงา และจุดแห้งตัวสมบูรณ์ของหมึกพิมพ์

4. สารเติมแต่งในหมึกพิมพ์พลาสติซอล จะเลือกใช้เพียงเล็กน้อยตามความเหมาะสมของสมบัติของหมึกพิมพ์ที่ต้องการ

สมบัติทั่วไปของหมึกพิมพ์สกรีนพลาสติซอล

- หมึกพิมพ์พลาสติซอลผลิตจากหมึกพิมพ์ประเภทไวนิลเรซิน และนำมาละลายด้วยสารพลาสติไซเซอร์ผสมผงสีและนำมาบดให้เข้ากันจนละเอียด จากนั้นนำสารพลาสติไซเซอร์มาแทนตัวทำละลาย ทำให้สามารถผลิตหมึกให้มีเนื้อสีสูงและทำให้มีความหนืดสูง เช่นกัน
- หมึกพิมพ์พลาสติซอลจะมีการแห้งตัวที่ช้า หรืออาจกล่าวได้ว่าไม่แห้งตัวเลยในสภาวะอุณหภูมิปกติจะทำให้แม่พิมพ์สกรีนไม่เกิดการอุดตัน ช่วยให้การพิมพ์ง่ายขึ้น เมื่อหยุดสกรีนอาจจะไม่จำเป็นต้องเก็บหมึกขึ้นจากแม่พิมพ์สกรีน แต่ต้องระวังเรื่องฝุ่นละอองในอากาศ และเมื่อต้องการพิมพ์ใหม่ก็สามารถนำมาพิมพ์ได้ทันทีโดยไม่ต้องเทหมึกลงไปในแม่พิมพ์สกรีนใหม่เพื่อเตรียมการพิมพ์ ทำให้ประหยัดเวลาในการเตรียมงาน
- ความละเอียดของหมึกพิมพ์ที่ผลิตได้ จะมีอนุภาคของหมึกพิมพ์ที่มีความละเอียดมากและต่ำกว่า 10 μm ทำให้สามารถพิมพ์ด้วยผ้าที่มีความละเอียดสูง เช่น เบอร์ 165 ต่อเซนติเมตร หรือผ้าสกรีนของญี่ปุ่น เบอร์ 355 ต่อนิ้วได้ ทำให้สามารถพิมพ์งานละเอียด เช่น งานลายเส้นหรืองานเม็ดสกรีนที่ละเอียด
- หมึกพิมพ์พลาสติซอลจะมีการแปรและคืนสภาพหมึกแบบไทโซโทรปี (Thixotrophy) เมื่อเก็บหมึกไว้ในภาชนะบรรจุ จะอยู่ในสภาพเกาะกันแน่น ไม่มีการไหลตัว หลังจากเทหมึกพลาสติซอล ลงบนแม่พิมพ์สกรีนและปาดยางไปมา ความหนืดของหมึกพิมพ์จะเริ่มลดลง เนื่องจากเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงกระทำของยางปาด หมึกจะเหลวลงอยู่ในสภาพที่พิมพ์ได้พอดี หลังจากพิมพ์เสร็จแล้วตั้งทิ้งไว้ หมึกจะคืนสภาพกลับมามีความหนืดสูงอีกครั้ง ดังนั้นหมึกพิมพ์พลาสติซอลจะเหมาะสำหรับพิมพ์งานประเภทเม็ดสกรีนของภาพ 4 สี เหลือง น้ำเงินเขียว ม่วงแดง ดำ ที่ไม่ต้องการให้หมึกเกิดเม็ดสกรีนบวม โดยการพิมพ์ลายลงบนชิ้นงานต้องมีขนาดของเม็ดสกรีนไม่ใหญ่กว่าลายที่อัดอยู่บนแม่พิมพ์สกรีน เมื่อหมึกพิมพ์ไหลผ่านรูเปิดของผ้าสกรีนแล้ว หมึกจะหนืดขึ้นและคงสภาพของเม็ดสกรีนได้ดี ไม่เกิดการไหลตัวต่อ ซึ่งเป็นสาเหตุของเม็ดสกรีนบวม

- หมึกพิมพ์พลาสติซอลจะต้องผ่านการแห้งตัวโดยการอบซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายเพื่อให้ได้การเกาะติด โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 155-165°C ทำให้หมึกพิมพ์มีการแห้งตัวโดยสมบูรณ์

- หมึกพิมพ์พลาสติซอลช่วยลดมลภาวะในอากาศ เนื่องจากหมึกจะมีพลาสติไซเซอร์เป็นตัวทำละลายแทน จึงไม่ทำให้เกิดกลิ่นที่ไปทำลายสุขภาพของผู้ใช้และเป็นมลภาวะในอากาศ

2.2.4 หมึกพิมพ์สกรีนยูวี

หมึกพิมพ์ยูวีเป็นหมึกพิมพ์ที่จะต้องได้รับรังสียูวี [6] ฉายลงบนชั้นฟิล์มของหมึก หลังจากที่พิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์แล้ว เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ที่เรียกโดยย่อว่า การเคียวร์ (Curing) ซึ่งจะทำให้เปลี่ยนสภาวะจากของเหลวเป็นของแข็งทันที เทคโนโลยีการใช้แสงยูวีนี้ได้มีการคิดค้นและวิจัยขึ้นเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2513 โดยการนำความรู้ด้านเคมีของแสงและความรู้ทางด้านเคมีพอลิเมอร์ ผนวกเข้ากับเทคโนโลยีในการผลิตหลอดยูวี พัฒนาจนทำให้เกิดความก้าวหน้าด้านยูวีในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ

2.2.4.1 องค์ประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนยูวี

หมึกพิมพ์ยูวี มีองค์ประกอบซึ่งแตกต่างจากหมึกพิมพ์ทั่วไป ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนแบบธรรมดาและหมึกพิมพ์สกรีนยูวี [6]

หมึกพิมพ์สกรีนแบบธรรมดา	หมึกพิมพ์สกรีนยูวี
เรซิน	พรีพอลิเมอร์ หรือโอลิโกเมอร์
สารละลาย	มอนอเมอร์
สารให้สี	สารให้สี
สารเติมแต่ง	สารเติมแต่ง
ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) หรือ สารเร่งแข็ง (Hardener)	สารเริ่มปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ เมื่อได้รับรังสีหรือสารไวแสง

- พรีพอลิเมอร์ เป็นองค์ประกอบหลักในหมึกพิมพ์ ซึ่งจะแห้งตัวและเกาะติดกับวัสดุที่ใช้พิมพ์หมึกพิมพ์ยูวีประกอบด้วย พรีพอลิเมอร์หรือโอลิโกเมอร์ที่สามารถทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ได้เป็นพอลิเมอร์ โดยมีรังสียูวีเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน พรีพอลิเมอร์ที่ใช้ส่วนมากเป็นสารประกอบประเภทอะคริเลตของอีพอกซี ยูรีเทน และพอลิเอสเทอร์ สารแต่ละประเภทมีสมบัติแตกต่างกันออกไป เช่น ความยืดหยุ่น ความแข็ง และความทนทานต่อสารเคมี เป็นต้น

- มอนอเมอร์ ทำหน้าที่เป็นสารปรับความหนืดในหมึกพิมพ์สกรีนยูวี คล้ายกับตัวทำละลายในหมึกพิมพ์ฐานน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

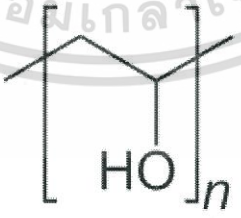
- ผงสี ที่ใช้เป็นส่วนผสมในหมึกพิมพ์สกรีนยูวีจะมีสมบัติใกล้เคียงกับผงสีในหมึกพิมพ์สกรีนแบบธรรมดา แต่แตกต่างกันตรงที่ผงสีในหมึกพิมพ์ยูวีเป็นผงสีที่ยอมให้รังสียูวีส่องผ่านได้ดี

- สารเติมแต่ง ที่ใช้ในหมึกพิมพ์ยูวีส่วนใหญ่มีสมบัติเป็นตัวปรับสมบัติของหมึกพิมพ์ เพื่อให้เกิดการไหล การลื่นที่ดี และทนต่อการเสียดสี การใส่สารเติมแต่งสามารถทำให้หมึกแห้งตัวได้ช้า ในการผลิตหมึกพิมพ์ยูวีจึงควรเลือกใช้สารเติมแต่งที่มีสมบัติเหมาะสมกับหมึกพิมพ์ที่ต้องการ นอกจากนั้นยังมีสารเติมแต่งประเภทอื่น เพื่อปรับปรุงสมบัติ เช่น สารกันฟอง และสารทำให้ผิวเรียบ

- สารริเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสงและสารไวแสง สารริเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสง คือ สารที่เมื่อได้รับรังสีหรือแสงแล้วก่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ซึ่งในหมึกพิมพ์สกรีนแบบธรรมดาไม่จำเป็นต้องใช้สารนี้ เนื่องจากการแห้งตัวของหมึกพิมพ์แบบธรรมดาเกิดจากการระเหยตัวของตัวทำละลาย โดยอาศัยอากาศและความร้อนช่วยในการแห้งตัว สำหรับหมึกพิมพ์สกรีนยูวี เมื่อปล่อยไว้ในสภาพอากาศปกติ หรือใช้ความร้อนช่วยเร่งจะไม่สามารถทำให้หมึกพิมพ์ยูวีแห้งตัวได้ เนื่องจากหมึกพิมพ์ยูวีแห้งตัวด้วยการเชื่อมโยงโดยปฏิกิริยาการเชื่อมโยง เริ่มต้นจากสารริเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสงได้รับแสงแล้วทำให้เกิดการริเริ่มของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันระหว่างมอนอเมอร์กับพรีพอลิเมอร์ในหมึกพิมพ์ นอกจากนี้สามารถเติมสารไวแสงในหมึกพิมพ์ เพื่อช่วยเร่งการแห้งตัวของหมึก การเลือกใช้สารทั้งสองต้องเลือกให้มีช่วงคลื่นในการดูดกลืนรังสียูวีที่ตรงกัน หรือใกล้เคียงกับช่วงคลื่นที่เกิดจากการแผ่รังสีของหลอดไฟยูวี ที่ทำให้หมึกพิมพ์แห้งตัว ปริมาณของสารทั้งสองที่ใส่ในหมึกพิมพ์ต้องมีปริมาณมากเพียงพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน

2.3 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol))

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVOH, PVA, or PVAl) [8] เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่ไม่มีสารพิษ ไม่มีกลิ่นและละลายน้ำได้ โดยพอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีสมบัติการก่อฟิล์ม การละลายของเหลว และการยึดติด (เป็นกาว) ที่ยอดเยี่ยม อีกทั้งยังทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำมัน น้ำมันหล่อลื่นชนิดหนา และตัวทำละลาย (Solvent) ได้ดี มีความเค้นแรงดึงและความยืดหยุ่นสูง พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีสูตรโครงสร้าง คือ

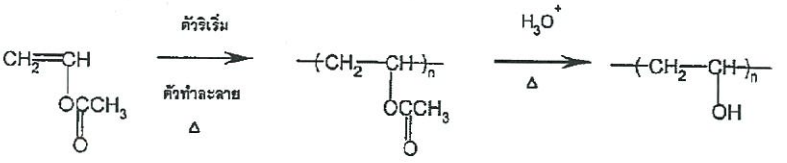


รูปที่ 2.6 โครงสร้างโมเลกุลของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ [8]

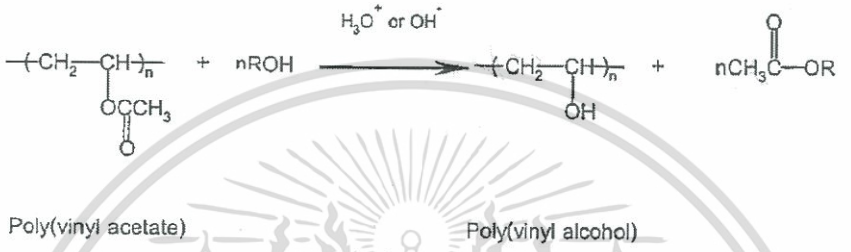
พอลิเมอร์ชนิดนี้ไม่สามารถเตรียมได้จากไวนิลแอลกอฮอล์มอนอเมอร์ (Vinyl alcohol monomer) โดยตรง [7] เพราะเป็นสารที่ไม่เสถียร จึงต้องเตรียมโดยวิธีอื่น คือ โดยการพอลิเมอไรเซชันไวนิลอะซิเทตมอนอเมอร์ (Vinyl acetate monomer) ได้เป็นพอลิไวนิลอะซิเทต จากนั้นพอลิไวนิลอะซิเทตที่เกิดขึ้นจะถูกแปลงเป็นพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โดยการนำพอลิไวนิลอะซิเทตผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ปฏิกิริยาการเตรียมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์แสดงดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

149448



รูปที่ 2.7 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส [8]



รูปที่ 2.8 การสังเคราะห์พอลิไวนิลแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาแอลกอฮอไลซิส [8]

2.3.1 สมบัติพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีความหนาแน่น 1.298 g/cm^3 [8] อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass transition temperature ; Tg) 80°C มีสมบัติคล้ายแป้ง คือ เกิดสีน้ำเงินกับไอโอดีน ละลายได้ในน้ำและเบสอ่อน มีความเป็นผลึกมากพอสมควร น้ำหนักโมเลกุล (M_w) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีอยู่ 4 ช่วง คือ 250,000-300,000 ; 170,000-220,000 ; 120,000-150,000 และ 25,000-35,000 ตามลำดับ สมบัติทางกายภาพขึ้นอยู่กับดีกรีของพอลิเมอไรเซชัน (Degree of polymerization) และการไฮโดรไลซิส นอกจากนี้ยังได้รับอิทธิพลจากความชื้นในสิ่งแวดล้อม เพราะน้ำเป็นพลาสติไซเซอร์ที่มีผลต่อความทนแรงดึงและความทนแรงฉีกขาด เกี่ยวกับสมบัติการละลายน้ำ พบว่าการละลายน้ำจะสูงสุดเมื่อมีดีกรีของการเปลี่ยนหมู่ไฮดรอกซิล 88% ทนทานต่อตัวทำละลายอินทรีย์ได้หลายชนิด

2.3.2 การใช้งานพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

การนำพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ไปใช้ประโยชน์ [8] อาจแยกเป็น 2 ลักษณะ โดยที่ลักษณะแรกเนื่องจากพอลิเมอร์นี้ละลายน้ำได้และทนต่อแรงดึงสูง จึงใช้ทำฟิล์มบรรจุของที่ไม่ละลายน้ำได้ เช่น สีย้อมผ้า ยาฆ่าแมลง ทำน้ำยาถอดแบบ กาว เป็นต้น ส่วนอีกลักษณะคือ สมบัติที่เปลี่ยนจากละลายน้ำเป็นไม่ละลายน้ำเมื่อผ่านปฏิกิริยาเคมีแล้วจึงนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเส้นใย ฟองน้ำสังเคราะห์

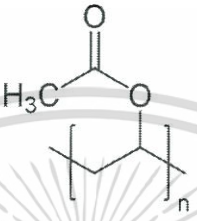
2.3.3 การย่อยสลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีโครงสร้างของสายโซ่หลักเป็นอะลิฟาติก (Aliphatic backbone) [8] ทำให้เกิดการสลายตัวได้ช้า เนื่องจากพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมกับอีกหนึ่งคาร์บอนอะตอม (C-C bonds) ต้องใช้พลังงานสูงในการทำลายพันธะ การย่อยสลายทางชีวภาพของพอลิไวนิล-แอลกอฮอล์นั้นเกิดขึ้นได้ยาก จึงต้องมีการเพิ่มจุลินทรีย์ที่ไม่ได้เกิดขึ้นในธรรมชาติเข้าไป โดยไปทำให้พันธะของสายโซ่หลักอ่อนแอลง ส่งผลให้เวลาในการสลายตัวของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์นั้นสั้นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

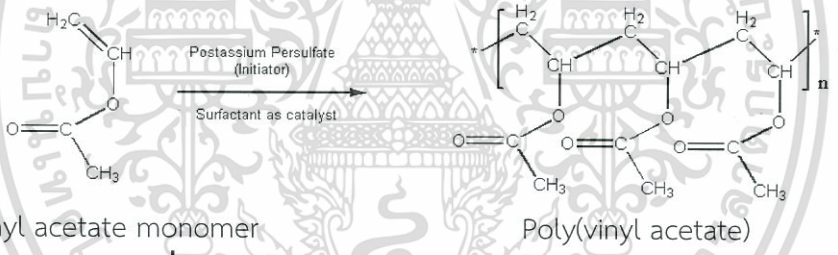
2.4 พอลิไวนิลอะซิเทต (Poly(vinyl acetate))

พอลิไวนิลอะซิเทต หรือพอลิเอทิลเอทาโนเอต (Poly(ethy ethanoate)) [9-10] เป็นพอลิเมอร์ที่มีแขนงหนาแน่น มีลักษณะโมเลกุลแบบอะแทกติก (Atactic) ไม่มีความเป็นผลึก จึงมีลักษณะอ่อนนิ่มมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับพอลิเมอร์ชนิดอื่น จึงทำให้มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด มีสีขาวขุ่น เมื่อแห้งจะใสมาก เนื่องจากความอ่อนนิ่มจนมีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด จึงไม่สามารถหล่อขึ้นรูปด้วยวิธีแม่พิมพ์ใด ๆ ได้ พอลิไวนิลอะซิเทตมีสูตรโครงสร้าง คือ



รูปที่ 2.9 โครงสร้างโมเลกุลของพอลิไวนิลอะซิเทต [9]

พอลิไวนิลอะซิเทตสามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของไวนิลอะซิเทตมอนอเมอร์ [9] ปฏิกิริยาการเตรียมพอลิไวนิลอะซิเทตแสดงดังนี้



รูปที่ 2.10 ปฏิกิริยาการเตรียมพอลิไวนิลอะซิเทต [9]

2.4.1 สมบัติพอลิไวนิลอะซิเทต

ตารางที่ 2.4 สมบัติของพอลิไวนิลอะซิเทต [10]

ชื่ออื่นๆ	Poly (1-acetyloxiethene), PVAc, Poly(ethenyl ethanoate), Poly(ethenyl acetate)
ลักษณะภายนอก	ของเหลวข้นหนืด สีขาวขุ่น
ความหนาแน่น	1.19 g/cm^3
ปริมาณของแข็ง	22-25%
จุดเยือกแข็ง	0°C
จุดเดือด	100°C
จุดวาบไฟ	ไม่ระบุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การใช้งานพอลิไวนิลอะซิเทต

พอลิไวนิลอะซิเทตละลายน้ำได้ไม่ดี [11] เรซินชนิดนี้ใช้ทำกาวในรูปอิมัลชัน (Emulsion) สำหรับติดไม้ กระดาษ ผ้า และหนังเทียม มักเรียกกาวชนิดนี้ว่า "กาวลาเท็กซ์" ใช้เป็นสารเหนียวในหมากฝรั่ง ทำสี และเคลือบหลอดไฟสำหรับถ่ายรูปสมัยก่อน

2.5 น้ำมัน (Oil)

น้ำมันถูกนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิว [12] มานานแล้ว แต่ในปัจจุบันการนำน้ำมันเพียงอย่างเดียวมาใช้เป็นสารยึดผิวมีอยู่น้อยมาก อย่างไรก็ตามยังมีการใช้น้ำมันเป็นส่วนผสมของวาร์นิชหรือสารเคลือบผิวบางชนิดเพื่อจุดประสงค์อย่างอื่น เช่น เพื่อเพิ่มความอ่อนตัวของฟิล์มทำให้ไม่เปราะหรือเพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติการละลาย

น้ำมันที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิวได้มาจาก 2 แหล่งใหญ่ คือ น้ำมันพืช และน้ำมันจากทะเลซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่ น้ำมันปลา

2.5.1 องค์ประกอบน้ำมัน

น้ำมันเป็นสารไตรกลีเซอไรด์ (Trirlyceride) [13-14] กล่าวคือเป็นไตรเอสเทอร์ของกลีเซอรอล (Glycerol) กับกรดไขมัน (Fatty acid)

$$\text{กลีเซอรอล} + \text{กรดไขมัน} \rightleftharpoons \text{ไตรกลีเซอไรด์} + 3H_2O$$

ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ ดังนั้นหากไฮโดรไลซ์ (Hydrolyze) น้ำมัน จะได้กลีเซอรอล และกรดไขมัน

ไขมัน (Fat) จัดเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์เหมือนกัน แต่ไขมันต่างจากน้ำมันตรงที่ไขมันมีลักษณะเป็นของแข็ง แต่น้ำมันมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง

2.5.2 กรดไขมัน

กรดไขมัน [15] เป็นกรดที่ได้จากน้ำมัน ซึ่งสมบัติของน้ำมันขึ้นอยู่กับโครงสร้างโมเลกุลที่มีอยู่ในกรดไขมัน โดยชนิดของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้างของน้ำมันมีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน

กรดไขมันเป็นสารที่ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) ต่ออยู่กับสายโซ่ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon chain) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนตั้งแต่ 9 ถึง 22 อะตอม แต่โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์บอน 18 อะตอม

กรดไขมัน แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) [16] คือ กรดไขมันที่ไม่มีพันธะคู่ในโครงสร้างส่วนไฮโดรคาร์บอน โดยคาร์บอนแต่ละตัวบนสายโซ่จะต่ออยู่กับไฮโดรเจนอย่างน้อย 2 ตัว เนื่องจากไม่มีพันธะคู่ ดังนั้นน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในโครงสร้างจะมีสมบัติไม่แห้งตัว ตัวอย่างของกรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ กรดสเตียริก (Stearic acid) กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) เป็นต้น โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว แสดงดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว [18-19]

Common Name	Systematic Name	Structure	Melting Point (°C)
Lauric acid	Dodecanoic acid	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	44.2
Myristic acid	Tetradecanoic acid	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	52.0
Palmitic acid	Hexadecanoic acid	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	63.1
Stearic acid	Octadecanoic acid	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	69.6
Arachidic acid	Eicosanoic acid	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$	75.4
Behenic acid	Docosanoic acid	$CH_3(CH_2)_{20}COOH$	81.0
Lignoceric acid	Tetracosanoic acid	$CH_3(CH_2)_{22}COOH$	84.2

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) [17] สายโซ่ไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วยพันธะคู่ตั้งแต่ 1 พันธะขึ้นไป และตำแหน่งของพันธะคู่ของกรดไขมันแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป พันธะคู่ที่มีอยู่ในกรดไขมัน มีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน เพราะปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับพันธะคู่ของโมเลกุลน้ำมัน ยิ่งมีพันธะคู่มากเท่าไรการแห้งตัวจะยิ่งเร็วขึ้น นอกจากนี้ตำแหน่งพันธะคู่มีผลต่อสมบัติการแห้งตัวของน้ำมัน ถ้ามีพันธะคู่สลับเดี่ยว (Conjugate) จะเกิดปฏิกิริยาและแห้งตัวได้เร็วกว่าพันธะคู่ที่อยู่ห่างกัน (Non-conjugate) โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว แสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 โครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว [18-19]

Common Name	Systematic Name	Structure	Melting Point (°C)
Palmitoleic acid	9-Hexadecenoic acid	$CH_3(CH_2)_5CH{=}CH(CH_2)_7COOH$	-0.5
Oleic acid	9-Octadecenoic acid	$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH_3(CH_2)_7COOH$	13.4
Linoleic acid	9,12-Octadecadienoic acid	$CH_3(CH_2)_4(CH{=}CHCH_2)_2(CH_2)_6COOH$	-9.0
α - Linoleic acid	9,12,15-Octadecatrienoic acid	$CH_3CH_2(CH{=}CHCH_2)_3(CH_2)_6COOH$	-17.0
γ - Linoleic acid	6,9,12-Octadecatrienoic acid	$CH_3(CH_2)_4(CH{=}CHCH_2)_3(CH_2)_3COOH$	-11.0
Arachidonic acid	5,8,11,14-Eicosatetrienoic acid	$CH_3(CH_2)_4(CH{=}CHCH_2)_4(CH_2)_2COOH$	-49.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 โครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (ต่อ) [18-19]

Common Name	Systematic Name	Structure	Melting Point (°C)
Eleostearic acid	5,8,11,14,17-Eicosapentanoic acid	$CH_3CH_2(CH=CHCH_2)_5(CH_2)_2COOH$	-54.0
Nervonic acid	15-Tetracosenoic acid	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_{13}COOH$	39.0

2.5.3 ชนิดของน้ำมัน

การแบ่งชนิดของน้ำมันอาจแบ่งได้ตามสมบัติในการแห้งตัว [13-14] ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันนั้น ๆ โดยแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. น้ำมันแห้งเร็ว (Drying oil) แห้งตัวได้เร็วที่สุด คือ สามารถดูดออกซิเจนในอากาศเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นฟิล์มที่แห้งแข็ง ไม่ละลายในตัวทำละลายที่สามารถละลายน้ำมันได้ ไม่ยอมให้ความชื้นซึมผ่านได้ และมีความทนทานต่อสารเคมี น้ำมันชนิดนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ 3 พันธะต่อสายโซ่ไฮโดรคาร์บอน 1 สายโซ่ ตัวอย่างเช่น น้ำมันลินสีด น้ำมันทัง เป็นต้น

2. น้ำมันแห้งช้า (Semi-drying oil) จะดูดออกซิเจนจากอากาศได้น้อย และเกิดเป็นฟิล์มที่แห้งช้ากว่าน้ำมันแห้งเร็ว กรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันชนิดนี้ส่วนใหญ่จะมีพันธะคู่อยู่ 2 พันธะต่อสายโซ่ไฮโดรคาร์บอน 1 สายโซ่ น้ำมันชนิดนี้นำมาใช้เป็นสารประกอบในอัลคิลเรซินที่ไม่ขึ้นเหลือง (Non-yellowing alkyl) ตัวอย่างของน้ำมันแห้งช้า ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง (Soy bean oil) น้ำมันคำฝอย เป็นต้น

3. น้ำมันไม่แห้ง (Non-drying oil) ไม่สามารถแห้งตัวได้ น้ำมันชนิดนี้ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่หรือมีพันธะคู่ต่อสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนน้อย มักใช้ประโยชน์เป็นพลาสติไซเซอร์สำหรับเรซินที่ใช้เป็นสารยึดในแลกเกอร์ ตัวอย่างของน้ำมันไม่แห้ง ได้แก่ น้ำมันละหุ่ง เป็นต้น

2.5.4 การวิเคราะห์น้ำมัน

ก่อนที่จะนำน้ำมันมาใช้งานควรต้องตรวจสอบคุณภาพก่อน [13] โดยทำตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่น มาตรฐาน B.S. (British Standard) มาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materail) มาตรฐาน AOCS (American Oil Chemists' Society) เป็นต้น

1. ค่าความเป็นกรด (Acid value) นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในการทำให้กรดอิสระเป็นกลางในน้ำมัน 1 กรัม

ค่าความเป็นกรดเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความเป็นกรดอิสระที่มีในน้ำมัน มีวิธีการหาดังนี้ ชั่งน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ละลายในตัวกลางแล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่มีความเข้มข้น 0.1 N (0.1 N KOH) ใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์คำนวณหาค่าความเป็นกรดโดยใช้สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

*สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1639 [20]

2. ค่าสะพอนนิฟิเคชัน (Saponification value) นิยามไว้ว่า เป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในการสะพอนิฟายเอสเทอร์และสารอื่น ๆ ที่สามารถเกิดสะพอนิฟิเคชันได้ในน้ำมันหนัก 1 g

การหาค่าสะพอนนิฟิเคชันทำได้โดยการชั่งน้ำมัน เติมสารละลายแอลกอฮอลิกโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Alcohol potassium hydroxide) จากนั้นไปกลั่นไหลกลับ (Reflux) จนปฏิกิริยาสะพอนนิฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายกรดเกลือมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.5 N (0.5N HCl) โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ พร้อมทำการทดสอบแบลน์ค (Blank titration) ด้วย ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าสะพอนนิฟิเคชันโดยใช้สูตร

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

โดยที่ B คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบลน์ค
V คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย HCl ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน
N คือ ความเข้มข้นของ HCl
S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

*สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1962 [21]

3. สารที่สะพอนนิฟายไม่ได้ (Unsaponifiable matter) สารเหล่านี้เป็นสารที่ละลายได้ในน้ำมันแต่จะไม่เกิดสบู่ เมื่อทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์จะละลายในตัวทำละลายน้ำมัน เช่น ปิโตรเลียมอีเทอร์ ไดเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น ซึ่งการหาค่าสารที่สะพอนนิฟายไม่ได้ทำโดยนำน้ำมันส่วนที่เหลือมาสกัดด้วยตัวทำละลายไขมัน

4. ค่าไฮดรอกซิล (Hydroxyl value) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลที่มีอยู่ในน้ำมัน นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่สมดุลกับปริมาณหมู่ไฮดร อกซิลที่มีในน้ำมันหนัก 1 g น้ำมันส่วนใหญ่ไม่มีหมู่ไฮดรอกซิล ยกเว้นน้ำมันละหุ่งจะพบหมู่ไฮดรอกซิลในส่วนของกรดไขมันอยู่ในโครงสร้างของน้ำมัน คือ กรดริซิโนลีอิก ถึง 90% การหาค่าไฮดรอกซิลทำโดยนำน้ำมันมาทำปฏิกิริยากับสารละลายของแอซิติกแอนไฮไดรด์ในไพริดิน (Pyridine solution of acetic anhydride) จากปฏิกิริยาแอซิติกแอนไฮไดรด์ที่มากเกินพอจะถูกไฮโดรไลซ์เกิดเป็นกรดแอซิติก ซึ่งสามารถหาปริมาณได้โดยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานแอลกอฮอลิกโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

*สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1957 [22]

5. ค่าไอโอดีน (Iodine value) เป็นการวัดปริมาณความไม่อิ่มตัวที่มีในน้ำมัน นิยามให้เป็นจำนวนมิลลิกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดโดยน้ำมัน 1 g เช่น น้ำมันชนิดหนึ่งมีค่าไอโอดีนท่ากับ 140 หมายความว่า น้ำมัน 100 g จะทำปฏิกิริยากับไอโอดีน 140 g การหาค่าไอโอดีนทำโดยชั่งตัวอย่างน้ำมันให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนนำมาละลายในตัวทำละลายเฉื่อย เช่น คลอโรฟอร์ม คาร์บอนเตตระคลอไรด์ แล้วเติมสารละลายที่มีหมู่ฮาโลเจนอิสระที่รู้ปริมาณที่แน่นอนลงไป เก็บไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์จะเกิดไอโอดีนออกมา นำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0.1 N (0.1 N $Na_2S_2O_3$) ใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการทดสอบแบลน์คโดยใช้สูตร

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

โดยที่ B คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ในการไทเทรตสารละลายแบลน์ค

V คือ จำนวนมิลลิลิตรของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

N คือ ความเข้มข้นของ $Na_2S_2O_3$

S คือ น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

*สำหรับรายละเอียดดูได้จาก ASTM D 1959 [23]

2.5.5 น้ำมันลินสีด

ลินสีด [24-26] จัดเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญทางเศรษฐกิจของโลกชนิดหนึ่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Linum usitatissimum* ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งในรูปของน้ำมันที่สกัดมาจากส่วนของเมล็ดและเส้นใยที่ได้จากส่วนของลำต้น ในประเทศไทย รัฐบาลตระหนักถึงความสำคัญของพืชนี้ และส่งเสริมให้มีการปลูกทั้งในที่สูงบนที่ราบเชิงเขาและในที่ราบ พืชชนิดนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามความต้องการและการนำไปใช้ประโยชน์ คือ

1. ลินสีด (Linseed) ในกรณีที่ปลูกเพื่อนำเมล็ดไปใช้ในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมัน โดยน้ำมันที่ได้มีลักษณะพิเศษ คือแห้งเร็ว ที่เรียกทั่ว ๆ ไป ว่าน้ำมันชักแห้ง (Drying oil) จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำสี น้ำมันชักเงา น้ำยาเคลือบไม้ หมึกพิมพ์ ผ้าพลาสติก น้ำยาฟอกหนัง จารบี (Grease) และสารหล่อลื่น (Lubricants) เช่น ผสมกับน้ำมันสน น้ำมันตะกั่วดำ และในอุตสาหกรรมทำพรมน้ำมัน (Linolium)

2. ลินิน (Linen) ในกรณีที่ใช้ประโยชน์จากเส้นใยส่วนของลำต้น เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอ (Fabrics) เช่น ผ้าลินิน เชือก (Twines) ผ้าใบ (Canvas) กระเป๋า (Bags) ด้าย (Cordage) วัสดุกันความร้อน และพรมปูพื้น นอกจากนี้แล้ว กาก (Meal) ที่ได้หลังจากการสกัดน้ำมันจากเมล็ดลินสีด ยังมีคุณค่าทางอาหารสูงและเหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะวัวที่ชอบบริโภคเป็นอย่างมาก โดยกากที่ได้มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 24-36% และสามารถย่อยได้ถึง 85% นอกจากนี้กากที่ได้ยังสามารถใช้เลี้ยงสัตว์พวกที่ให้น้ำนมและให้เนื้อ รวมทั้งยังใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีปริมาณของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมประมาณ 5, 1.4 และ 1.8% ตามลำดับ

เมล็ดลินสีด มีปริมาณน้ำมันประมาณ 35-45% ซึ่งจัดเป็นพืชน้ำมันหลักที่มีปริมาณกรดไขมัน Linolenic acid (C18:3) สูงถึงประมาณ 40-65% และมีสมบัติว่องไวต่อการเกิด Auto oxidation ซึ่งเป็นผลให้น้ำมันลินสีดมีสมบัติแห้งเร็ว เหมาะที่จะใช้ในอุตสาหกรรมการทำสีย้อม (Paints) และสีเคลือบเงา (Varnish) น้ำมันลินสีดดิบ (Raw and cold-processed oil) อาจถูกใช้ในแง่โภชนาการได้เช่นกัน กล่าวคือ ในอินเดีย ประมาณ 35-40% ของน้ำมันลินสีดถูกใช้เพื่อการปรุงอาหาร (Cooking oil) ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันลินสีด แสดงในตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 กรดไขมันที่สำคัญของน้ำมันลินสีด [25]

กรดไขมัน	ปริมาณ (%)
กรดปาล์มมิติก	6.72
กรดไมริสติก	2.73
กรดโอเลอิก	21.63
กรดลิโนเลอิก	13.29
กรดลิโนเลนิก	56.61

2.5.5.1 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันลินสีด [22-29]

1. กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) [27] หรืออีกชื่อเรียกว่า Hexadecanoic acid ไม่มีพันธะคู่ภายในโครงสร้าง ดังรูปที่ 2.11 (ก)

2. กรดไมรีสติก (Myristic acid) [28] ไม่มีพันธะคู่ในโครงสร้าง ดังรูปที่ 2.11 (ข)

3. กรดโอเลอิก (Oleic acid) [34] มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 2.11 (ค)

4. กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) [29] มีพันธะคู่ 2 ตำแหน่ง แต่ไม่เป็นระบบคอนจูเกต ดังรูปที่ 2.11 (ง)

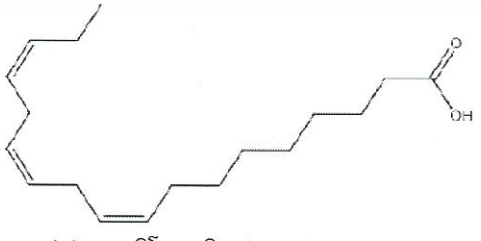
5. กรดลิโนเลนิก (Linolenic acid) [30] มีพันธะคู่ 3 ตำแหน่ง แต่ไม่เป็นระบบคอนจูเกต ดังรูปที่ 2.11 (จ)

(ก) กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid)

(ข) กรดไมรีสติก (Myristic acid)

(ค) กรดโอเลอิก (Oleic acid)

(ง) กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid)



(จ) กรดลิโนเลนิก (Linolenic acid)

รูปที่ 2.11 โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักในน้ำมันลินสีด [27-34]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากน้ำมันลินสีดมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว Linolenic (C18:3) ในปริมาณมาก ทำให้เกิดการเหม็นหืน (Rancidity) ได้ง่าย และมีอายุเก็บรักษาสั้น (Short shelf-life) ทั้งการผลิตในเชิงการค้ามีน้อยเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น ๆ น้ำมันลินสีดจึงถูกใช้ในแง่บริโภคน้อยมาก และได้มีความพยายามอย่างมากที่จะลดปริมาณของกรดลิโนเลนิกลง ซึ่งจะช่วยให้น้ำมันมีคุณภาพในการบริโภคดีขึ้น ปัจจุบันมีพันธุ์พืชน้ำมันเขตหนาวเรียกว่า "Linola" แต่การใช้ประโยชน์เป็นน้ำมันเพื่อบริโภคในตลาดการค้าโลกยังเป็นปัญหาอยู่ เนื่องจากน้ำมันลินสีดต้องแข่งขันกับน้ำมันทานตะวันและคำฝอย ซึ่งมีองค์ประกอบของกรดไขมันใกล้เคียงกับของ Linola มาก ปริมาณโปรตีนในเมล็ดลินสีดอยู่ในช่วง 20-24% หลังสกัดน้ำมันจะได้กาก (Meal) ที่ประกอบด้วยโปรตีนเข้มข้นที่เหมาะในการใช้เป็นอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตามกากจะต้องผ่านกระบวนการขจัดเอาเมือก (Mucilage) และสารพิษ Inactive toxic constituents เช่น เอ็นไซม์ Linamarase ซึ่งจะไปไฮโดรไลซ์สารประกอบพวก Cyanogenic glucoside linamarin เกิดเป็นสารพิษพวก Hydrocyanic acid (HCN) หรือกรด Prussic acid กระนั้นก็ตาม คุณภาพและโปรตีนในกากลินสีดเมื่อเทียบกับของพืชอื่น ๆ จัดว่ามีคุณภาพที่ด้อยกว่าเพราะมีปริมาณของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายโดยเฉพาะ Lysine น้อย ในประเทศสหภาพโซเวียตมีการผลิตลินสีดได้มากที่สุดในโลก (ประมาณ 55% โดยใช้เส้นใยมากกว่าการใช้น้ำมัน) รองลงมาคือ สหรัฐอเมริกา อาร์เจนตินา และอินเดีย ตามลำดับ

2.5.6 น้ำมันละหุ่ง

น้ำมันละหุ่ง [36-38] เป็นน้ำมันพืช (Vegetable oil) ที่สกัดได้จากเมล็ดละหุ่ง ต้นละหุ่งมีถิ่นกำเนิดในแอฟริกาตะวันออก โดยประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ของโลก ละหุ่งจัดเป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นขนาดเล็ก มีความสูงของต้นได้ถึง 6 m โดยแบ่งออก 2 ชนิด ได้แก่ละหุ่งขาว และละหุ่งแดง โดยต้นละหุ่งขาวจะมีลำต้นและก้านใบเป็นสีเขียว ส่วนละหุ่งแดงจะมีลำต้นและก้านใบเป็นสีแดง ส่วนยอดอ่อนและช่อดอกเป็นสีนวลขาว การสกัดเอาน้ำมันออกจากเมล็ดนั้น ต้องใช้วิธีการบีบออกโดยไม่ผ่านความร้อน หรือใช้วิธีการ "บีบเย็น" (Cold pressed) เพื่อไม่ให้โปรตีนที่เป็นพิษติดออกมาด้วย

2.5.6.1 ลักษณะภายนอกของเมล็ดละหุ่ง

เมล็ดละหุ่งมีลักษณะเป็นทรงรี เปลือกเมล็ดสีน้ำตาลแดงประขาว หรือจุดสีน้ำตาลปนเทา เป็นลายคล้ายตัวเห็บ มีสีแตกต่างกันไปขึ้นกับพันธุ์ เนื้อในสีขาว (มีโปรตีนที่มีพิษ) เนื้อในมีน้ำมันอยู่ภายใน น้ำมันจากเมล็ดเป็นของเหลวข้น เหนียว ใส ไม่มีสี หรือมีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นเล็กน้อย

รูปที่ 2.12 เมล็ดละหุ่ง [36]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6.2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันละหุ่ง

ภายในเมล็ดประกอบด้วยน้ำมันระเหยยาก (Fixed oil) ประมาณ 45-55% ในน้ำมันมีองค์ประกอบสำคัญ คือ Triricinoleoylglycerol คิดเป็นประมาณ 90% ของกรดไขมันทั้งหมด ที่เหลือเป็น Linoleic acid, Oleic acid และ Stearic acid เล็กน้อย

ตารางที่ 2.8 กรดไขมันที่สำคัญของน้ำมันละหุ่ง [39]

กรดไขมัน	ปริมาณ (%)
Ricinoleic acid	85-95%
Oleic acid	2-6%
Linoleic acid	1-5%
α-Linolenic acid	0.5-1%
Stearic acid	0.5-1%
Palmitic acid	0.5-1%
Dihydroxystearic acid	0.3-0.5%
Others	0.2-0.5%

2.5.6.3 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันละหุ่ง

1. กรดริซิโนเลอิก (Ricinoleic acid) [31] มีคาร์บอน 18 ตัว มีพันธะคู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 และ 10 และมี Hydroxyl group ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 12

2. กรดโอเลอิก (Oleic acid) [34] เป็นกรดไขมันที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในไขมันสัตว์ ไขมันพืช และน้ำมัน มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว

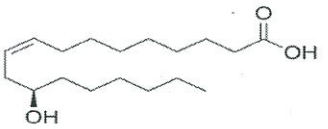
3. กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) [29] มีพันธะคู่ 2 ตำแหน่ง เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว

4. กรดแอลฟาลิโนเลนิก (α-Linolenic acid) [30] มีพันธะคู่ 3 ตำแหน่ง เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว

5. กรดสเตียริก (Stearic acid) [32] ประกอบด้วยคาร์บอน 18 อะตอม ไม่มีพันธะคู่ในโครงสร้าง เป็นกรดไขมันอิ่มตัว

6. กรดปาลมิติก (Palmitic acid) [27] หรืออีกชื่อเรียกว่า Hexadecanoic acid ประกอบด้วยคาร์บอน 16 อะตอม ไม่มีพันธะคู่ในโครงสร้าง เป็นกรดไขมันอิ่มตัว

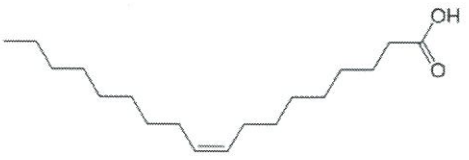
7. กรดไดไฮดรอกซิสเตียริก (Dihydroxystearic acid) [33] กรดไขมันที่ได้จากกรดสเตียริก โดยการแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมด้วยหมู่ไฮดรอกซิที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 และ 10



(ก) กรดริซิโนเลอิก

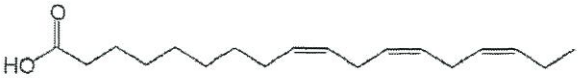
รูปที่ 2.13 โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักในน้ำมันละหุ่ง [27-34]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) กรดโอเลอิก

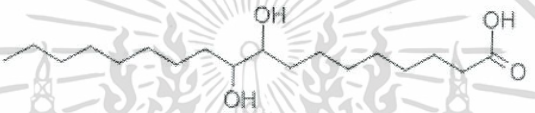
(ค) กรดลิโนเลอิก



(ง) กรดแอลฟาลิโนเลนิก

(จ) กรดสเตียริก

(ฉ) กรดปาลมิติก



(ช) กรดไดไฮดรอกซิสเตียริก

รูปที่ 2.13 โครงสร้างโมเลกุลขององค์ประกอบหลักในน้ำมันละหุ่ง (ต่อ) [27-34]

2.5.6.4 สมบัติของน้ำมันละหุ่ง

ตารางที่ 2.9 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันละหุ่ง [38-39]

สูตรโมเลกุล	$C_{57}H_{104}O_9$
น้ำหนักโมเลกุล	928.5 $g.mol^{-1}$
ความหนาแน่น	0.945-0.965 g/cm^3 ที่ 25°C
จุดเดือด	313.0°C
จุดหลอมเหลว	5.0°C
จุดแข็งตัว	-10 ถึง -18°C
ดัชนีหักเห	1.473-1.477
ความถ่วงจำเพาะ	0.958-0.969
ความหนืด	935-1,033 centipoise ที่ 20°C
ค่า Iodine	84-88
ค่า Saponification	176-178
ละลายน้ำ	< 0.1 g/100 mL ที่ 20°C
การละลาย	ละลายใน Ethanol, Benzene, Chloroform, Carbon disulfide
จุดวาบไฟ	229.4°C
การเก็บรักษา	เก็บที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6.5 การแบ่งประเภทน้ำมันละหุ่ง

การแบ่งประเภทน้ำมันละหุ่ง [40] สามารถแบ่งได้โดยใช้หลักการ 2 ประเภท ได้แก่ แบ่งตามสมบัติของน้ำมันและแบ่งตามวิธีการสกัดน้ำมัน

การแบ่งประเภทตามสมบัติของน้ำมันแบ่งออกได้ 5 ประเภท ดังนี้

1. เกรดยา ใช้ในอุตสาหกรรมทำยา เช่น ยาระบาย และยารักษาโรคอื่น ๆ
2. เกรด Extra pale ใช้ในการผลิตเครื่องสำอางและครีมใส่ผม
3. เกรด Pale press ใช้ในการทำจารบี ครีมขัดเงา ยาขัดรองเท้า อุตสาหกรรมทำสีและหมึกพิมพ์
4. เกรด No.1 ใช้ในการทำหนังเทียม น้ำยาเคลือบผิว และสิ่งทอ
5. เกรด Commercial ใช้ในอุตสาหกรรมทำยางแท่ง กาวและพลาสติก

การแบ่งประเภทตามวิธีการสกัด แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

1. น้ำมันเกรด 1 ได้จากการสกัดโดยวิธี Cold press ซึ่งเป็นการบีบอัดโดยใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 90-100°F ได้ปริมาณน้ำมัน 25-35% น้ำมันที่สกัดได้จะใสไม่มีสี มีความเป็นกรดน้อยและเป็นน้ำมันที่มีความบริสุทธิ์ จึงเหมาะต่อการนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ยา

2. น้ำมันเกรด 2 เป็นน้ำมันที่ได้จากการบีบอัดที่อุณหภูมิสูงขึ้น สีเข้มขึ้น ถ้าเป็นการสกัดโดยนำกากที่เหลือ (Press cake) จากที่สกัดน้ำมันเกรด 1 จะได้น้ำมันเพียง 10-20% น้ำมันที่สกัดได้นำไปผ่านไอน้ำเพื่อให้เอนไซม์รวมกับสิ่งสกปรกต่าง ๆ แล้วตกตะกอน แต่ถ้าทำการสกัดเป็นครั้งแรกจะสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้ประมาณ 90% น้ำมันที่สกัดได้เป็นประเภท Commercial crude oil มีชื่อเรียกว่า Firsts

3. น้ำมันเกรด 3 นำกากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันเกรด 2 มาสกัดด้วยสารเคมี (Solvent extraction) สารเคมีที่ใช้ได้แก่ Carbon disulfide หรือ Ether น้ำมันที่ได้นำไปผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

2.5.6.6 การใช้งานน้ำมันละหุ่ง

การใช้งานน้ำมันละหุ่ง [40] น้ำมันละหุ่งมีสมบัติเฉพาะตัวสูง ไม่สามารถนำมาใช้แทนน้ำมันพืชชนิดอื่นได้ โดยนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเรซิน น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันชักเงา น้ำมันผสมสี หมึกพิมพ์ ใช้ทำสีทาบ้าน และยังใช้เป็นอาหารสัตว์ได้อีกด้วย ส่วนน้ำมันละหุ่งที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์แล้วสามารถนำมาผลิตใช้เป็นยารักษาโรค เครื่องสำอางชนิดต่าง ๆ

2.5.6.7 การแปรรูปน้ำมันละหุ่ง

น้ำมันมันละหุ่งนำไปแปรรูปโดยกรรมวิธีต่าง ๆ ดังนี้ [40]

1. Hydrogenated castor oil เป็นน้ำมันที่ได้จากการใช้ไฮโดรเจนไปแทนที่ Hydroxyl group ของน้ำมัน ในกรณีของ Ricinoleic acid การแทนที่นี้ทำให้น้ำมันแข็งตัวเป็นไข เนื่องจากทำให้มีจุดหลอมเหลวสูงขึ้น

2. Dehydrated castor oil เป็นน้ำมันที่ถูกดึงโมเลกุลน้ำ หรือระเหยน้ำออกไป โดยการแยกเอาไฮโดรเจนและ Hydroxyl group ของคาร์บอนที่อยู่ใกล้เคียงกันออกไป ในทางทฤษฎีทำให้เกิดเป็น Unsaturated glyceride มากกว่าเดิม มีลักษณะเป็นน้ำมันหอมระเหย (Drying property) นำไปใช้เป็นน้ำยาชักแห้ง นอกจากนี้ยังมีความหนืดต่ำ จึงนำไปทำน้ำมันเบรก น้ำมันหล่อลื่น ในระบบกันสะเทือนของรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Sulfonated castor oil เป็นน้ำมันที่ถูกเพิ่มซัลเฟอร์ลงไปโดยการเติม Sulfurtrioxide, Sulfuric acid หรือ Cholosulfunic acid ที่อุณหภูมิ 25-30°C เรียกกระบวนการนี้ว่า Sulfunation น้ำมันที่ได้เรียกว่า Turkey red oil ใช้เป็นสีย้อมคุณภาพสูงสำหรับย้อมเส้นใยและเครื่องหนัง

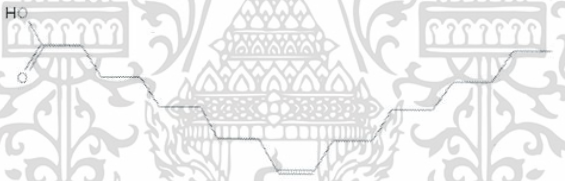
4. Saponified castor oil ได้จากการทำไขมันให้ร้อน แล้วผสมกับด่าง เช่น Caustic soda ได้เกลือของกรดไขมันของสบู่ แล้วแยกเอากลีเซอไรด์ออกไป โดยทั่วไปแล้ว สบู่ คือ เกลือโซเดียมหรือโพแทสเซียมของกรดไขมัน มีสมบัติละลายน้ำได้และเกิดฟอง

5. Oxidized castor oil ได้จากการพ่นน้ำมันในอากาศหรือออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 80-130°C นำไปทำแลกเกอร์ หนังเทียมและผ้าน้ำมัน

6. Alkali fusion น้ำมันที่ได้จากส่วนนี้นำไปทำพลาสติกและไนลอน

2.5.7 กรดโอเลอิก (Oleic acid)

กรดโอเลอิก [35] เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชและสัตว์เกือบทุกชนิด เมื่อนำมาทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสถานะเป็นของเหลวจึงเหมาะแก่การนำมาศึกษา โดยกรดไขมันไม่ได้มาจากระบบชีวภาพโดยตรงแต่กรดไขมันหลายชนิด เช่น กรดโอเลอิก เกิดจากสารประกอบเอสเทอร์ของตัวมันเองหรือไตรกลีเซอรอลซึ่งเป็นองค์ประกอบในน้ำมันธรรมชาติทั่วไป โดยเมื่อผ่านกระบวนการสะพอนนิฟิเคชัน จะทำให้ได้กรดไขมันออกมาโครงสร้างกรดโอเลอิกแสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 โครงสร้างของกรดโอเลอิก [35]

กรดโอเลอิกมีชื่อทางเคมีว่า Octadecenoic acid เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ที่มีจำนวนคาร์บอน 18 ตัว พันธะคู่ 1 ตำแหน่ง ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 จัดเป็น Monounsaturated fatty acid เนื่องจากมีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง ดังนั้นรูปร่างของกรดโอเลอิกจึงไม่ได้เป็นเส้นตรง แต่จะมีลักษณะหักมุมที่ตำแหน่งพันธะคู่ โดยกรดโอเลอิกนี้จะไม่มีกลิ่น และไม่มีสี แต่ในทางการค้าถูกเติมแต่งให้มีสีเหลืองอ่อน

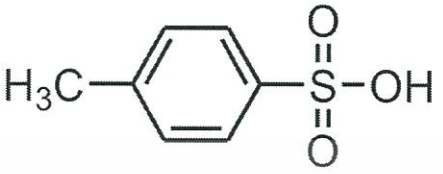
2.6 ตัวเร่งปฏิกิริยา

2.6.1 หน้าที่และหลักการทำงาน

ตัวเร่งปฏิกิริยา [41] คือสารที่เติมลงไปในปฏิกิริยาแล้วทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้นหรือทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น โดยที่ตัวเร่งปฏิกิริยามีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยาด้วยหรือไม่ก็ได้ แต่เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาตัวเร่งจะต้องมีปริมาณเท่าเดิมและมีสมบัติเหมือนเดิม การที่ตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้นั้นเนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาช่วงลดพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาให้ต่ำลง ทำให้โมเลกุลที่มีพลังงานสูงหรือเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์มีจำนวนมากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วขึ้นแต่ไม่ได้ทำให้พลังงานของปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไป สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ตัวเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาในปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ *p*-Toluenesulfonic acid (*p*-TSA) [42] ซึ่งเป็นกรดแก่ชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นของแข็ง สามารถละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์ และตัวทำละลาย โครงสร้างของ *p*-Toluenesulfonic acid แสดงดังรูปที่ 2.16 และสมบัติทางกายภาพแสดงดังตารางที่ 2.11 ตามลำดับ



รูปที่ 2.15 โครงสร้างโมเลกุลของ *p*-Toluenesulfonic acid [42]

ตารางที่ 2.10 สมบัติของ *p*-Toluenesulfonic acid [43]

สูตรโมเลกุล	$C_7H_8O_3S$
น้ำหนักโมเลกุล	172.20 $g.mol^{-1}$
ลักษณะภายนอก	ของแข็งสีขาว
ความหนาแน่น	1.24 g/cm^3
จุดหลอมเหลว	38.0°C
จุดเดือด	140.0°C
ค่าดัชนีหักเห	1.3825-1.3845
การละลายในน้ำ	67 g/100 mL

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชมพูนุช ฉันทะจำรัสศิลป์ และคณะ [44] ศึกษาและพัฒนากาวอัดสำหรับงานพิมพ์สกรีนจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก พอลิไวนิลอะซิเทต และน้ำมันลินสีด ตัวแปรที่ศึกษาคือ ปริมาณน้ำมันลินสีดและกรดโอเลอิก โดยกาวอัดที่ได้นำมาผสมกับน้ำยาไวแสง แล้วปาดลงบนแม่พิมพ์สกรีน ทำการถ่ายแบบด้วยแสงสีขาวที่เวลาต่าง ๆ นำแม่พิมพ์ไปล้างด้วยน้ำจะปรากฏเป็นลายภาพ พบว่าลวดลายที่ได้มีความคมชัด สามารถเก็บรายละเอียดได้ทั้งส่วนที่ละเอียดและหยาบ ชะล้างกาวออกจากผ้าสกรีนได้ง่าย เมื่อนำมาทดสอบความคงทนเบื้องต้นและความคงทนในสภาวะการใช้งาน พบว่ากาวอัดสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือ กาวอัดที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างพอลิไวนิล-แอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 5 pph ต่อ PVAc เท่ากับ 4:6 และปรับปรุงสมบัติของกาวอัดด้วยน้ำมันลินสีด 4 pph โดยใช้เวลาการถ่ายแบบด้วยแสงอยู่ในช่วงเวลา 2:30-3:30 นาที

ณัฏฐดนัย อุนเกษม และคณะ [45] ได้ศึกษาการเตรียมกาวปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์สำหรับเยื่อกระดาษอัด โดยใช้ PVA ที่ทำการปรับปรุงด้วยน้ำมันทัง และน้ำมันละหุ่ง เพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านทานน้ำ และสมบัติเชิงกล โดยกำหนดอัตราส่วน PVA : น้ำมันทัง : น้ำมันละหุ่ง เป็น 85:15:0, 82.5:15:2.5 และ 80:15:5 โดยน้ำหนักใช้ *p*-Toluenesulfonic Acid เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และใช้ Silica เป็นสารเสริมแรง จากนั้นนำกาวที่เตรียมได้มาทำการขึ้นรูปแผ่นเยื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระดาษอัด ปรับปริมาณอัตราส่วนกาวต่อเยื่อกระดาษเป็น 15%, 20% และ 25% นำแผ่นเยื่อกระดาษอัดที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่าง ๆ จากผลการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณกาวเพิ่มขึ้นส่งผลให้สมบัติของแผ่นกระดาษอัดดีขึ้น

รัตนาพร ทองสุข และ คณะ [46] ศึกษาการใช้น้ำมันทังเพื่อปรับปรุงสมบัติของกาวติดไม้ที่ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์ที่เตรียมจาก PVA เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำ โดยการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนน้ำมันทังเป็น 15% และ 20% โดยน้ำหนัก ใช้กรดพาราโทลูอีนซัลโฟนิก (*p*-toluenesulfonic acid, *p*-TSA) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium persulfate, KPS) เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และโซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulfate, SLS) เป็นสารลดแรงตึงผิว โดยมีการปรับปริมาณ SLS เป็น 2% และ 4% โดยน้ำหนัก และทำการทดสอบสมบัติของกาว ได้แก่ ความหนืด ปริมาณของแข็ง (Solid content (%)) และเปอร์เซ็นต์การบวมตัวของฟิล์มกาว จากนั้นนำกาวที่เตรียมได้มาขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล โดยใช้ไม้ยูคาลิปตัส เบอร์ 2 และเบอร์ 3 และปรับปริมาณกาวต่อไม้เป็น 15%, 20% และ 25% โดยน้ำหนัก แผ่นพาร์ทิเคิลที่ได้นำไปทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก.876 ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวทางความหนา ความแข็งแรงดัดโค้ง มอดุลัสยืดหยุ่น และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่าสูตรกาวที่มีปริมาณน้ำมันทัง 15%, SLS 2% ใช้ปริมาณกาว 25% ขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลด้วยไม้เบอร์ 3 ให้ค่าการทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก.876 ทุกค่า ยกเว้นค่าการพองตัวทางความหนา

Park, H.K. และคณะ [47] ศึกษาผลของสารยึดติด PVA ที่มีประสิทธิภาพในการยึดติดสูงบนแบตเตอรีลิเทียมไอออน โดยใช้ PVA ที่มีมวลโมเลกุลสูง เมื่อนำไปเคลือบบนวัสดุที่ใช้งานจะทำให้ความแข็งแรงในการยึดของขั้วดีขึ้น เนื่องจากถ้ามีพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของ PVA และส่วนใช้งานของวัสดุมากจะมีประสิทธิภาพการยึดติดดีขึ้น

Lakkanapronwisit, P. and Rattanaapiromyakit, N. [48] ศึกษาการใช้น้ำมันลินสีดเพื่อปรับปรุงสมบัติของกาวติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์ที่เตรียมจาก PVA โดยใช้น้ำมันลินสีดที่อัตราส่วนต่างๆ คือ 10%, 15%, และ 20% โดยน้ำหนัก ใช้ Potassium persulfate เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา *p*-Toluenesulfonic Acid เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และ Sodium lauryl sulfate เป็นสารลดแรงตึงผิว จากนั้นนำกาวที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นแผ่นพาร์ทิเคิล โดยใช้ไม้ยูคาลิปตัส 4 ชนิด ซึ่งมีลักษณะของชิ้นไม้ที่แตกต่างกันดังนี้ ชนิดที่ 1 หยาบและสั้น ความชื้น 9% ชนิดที่ 2 หยาบและยาว ความชื้น 9% ชนิดที่ 3 หยาบและยาว ความชื้น 4% และชนิดที่ 4 ละเอียดและสั้น ความชื้น 9% จากนั้นนำแผ่นพาร์ทิเคิลที่เตรียมได้มาทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908 จากการทดสอบพบว่าน้ำมันลินสีดช่วยเพิ่มความแข็งแรงดัดโค้ง แต่ลดความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่น (Internal bonding) โดยแผ่นพาร์ทิเคิลที่ผลิตจากไม้ชนิดที่ 4 จะให้ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่นสูงสุด ความแข็งแรงโค้งงอสูงสุด ความหนาแน่นต่ำสุด การดูดซับความชื้นต่ำสุด และการบวมตัวต่ำสุดเช่นกัน ซึ่งไม้ชนิดที่ 4 สามารถทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A 5908 ทั้งหมด ยกเว้นการบวมตัวเมื่อแช่น้ำ (Swelling test)

Tharhate, S. and Ngamcharoentavorn, J. [49] ได้ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มัลดีไฮด์ โดยใช้ PVA โดยการปรับปรุงใช้กรดไขมัน ได้แก่ Oleic acid และ Linoleic acid ร่วมกับน้ำมันลินสีด เป็นสารเชื่อมโยงมี *p*-Toluenesulfonic acid เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา Potassium persulfate เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และ Sodium lauryl sulfate เป็นสารลดแรงตึงผิว เพื่อช่วยให้กาวมีการกระจายตัวที่ดี สูตรกาวติดไม้ที่ให้ผลทดสอบที่ดีที่สุดคือ อัตราส่วนโดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ PVA : Oleic acid : Linoleic acid เป็นอัตราส่วน 90:5:5 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าความต้านทานน้ำสำหรับไม้มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยา Esterification ระหว่างหมู่ Carboxylic acid และหมู่ Hydroxyl และเกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงที่ตำแหน่งพันธะคู่ใน Oleic acid และ Linoleic acid ค่าความแข็งแรงเฉือนมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 12.52 MPa

Riyajan, S. and Sasithornsonti, Y. [50] ได้ศึกษาสมบัติของ PVA ที่ปรับปรุงด้วยโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต เมื่อปริมาณของโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตและอุณหภูมิที่สูงขึ้นเวลาในการเกิดเจลจะลดลง ทำให้ความหนืดของ PVA เพิ่มขึ้น ซึ่งตรวจสอบได้ด้วย Brookfield viscometers โครงสร้างทางเคมีของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงด้วยโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตสามารถตรวจสอบได้ด้วย ATR-FTIR อัตราการบวมตัวของ PVA จะลดลง เมื่อปริมาณของโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตเพิ่มขึ้น

Bai, S. และคณะ [51] ศึกษาสมบัติเชิงกลของโครงข่ายพอลิเมอร์พอลิยูรีเทนกับน้ำมันละหุ่งและพอลิสไตรีน โดยพบว่าน้ำมันละหุ่งมีโครงสร้างไตรไฮดรอกซิลซึ่งทำให้ยูรีเทนเกิดการเชื่อมโยงเป็นพอลิยูรีเทนได้ ทำได้โดยผสมน้ำมันละหุ่ง MDI และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไดบิวทิวทินไดลอเรตไปผสมโดยใช้เครื่องปั่นกวนความเร็วสูงเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำไปทำให้สุกตัวที่อุณหภูมิห้อง 12 ชั่วโมง และนำไปทำให้สุกตัวอีกทีที่อุณหภูมิ 9°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

Oymane, Z.O. และคณะ [52] ได้ทำการศึกษาการเกิดปฏิกิริยา Oxidation ของน้ำมันแห้งเร็วที่เป็นระบบ Non-conjugate (น้ำมันลินสีด) และระบบ Conjugate (น้ำมันทัง) โดยใช้ Co(II)-2-ethylhexanoate (Co-EH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยน้ำมัน 2 ชนิดนี้จะมีกลไกของการเกิด Oxidation ที่แตกต่างกัน สำหรับน้ำมันลินสีดซึ่งเป็น Non-conjugate การแตกออกของไฮโดรเจนจะเกิดขึ้นผ่านอัลไลลิกไฮโดรเจนอะตอม ออกซิเจนปริมาณมากที่ใส่ลงไปนำไปสู่การเกิด Hydroperoxide ซึ่งสามารถสลายกลายเป็นอนุมูลอิสระของ Alkoxy และ Peroxy โดยทำให้เกิดการเชื่อมโยงและผลิตภัณฑ์ร่วม น้ำมันทังที่มีระบบ Conjugate เป็นหลัก เกิด Oxidation โดยเริ่มจากการแตกออกของไฮโดรเจนจาก Monoallylic โดยเมื่อเทียบกันน้ำมันลินสีดจะใช้ปริมาณออกซิเจนที่น้อยกว่าและเกิด Hydroperoxide รวมทั้งได้ผลิตภัณฑ์ร่วมมากว่าเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอนุมูลอิสระชอบเข้าทำปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ที่เป็น Conjugate มากกว่า โดยจะแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมของ Monoallylic

รักษ์สุดา สวรรค์ดอน และคณะ [1] ศึกษาและพัฒนาฟิล์มกาวอัดจาก PVA ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก PVAc และน้ำมันลินสีดสำหรับงานพิมพ์สกรีน และใช้สารดูดซับออกซิเจน ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3), โซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) และไฮโดรควิโนน (Hydroquinone) ในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อยืดอายุการใช้งาน โดยกาวอัดที่ได้นำมาผสมกับน้ำยาไวแสง แล้วปาดลงบนแล้วปาดลงบนแผ่นใส จากนั้นนำฟิล์มไปทำแม่พิมพ์สกรีน ตรวจสอบความคมชัดของลวดลายและทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์มกาวอัด พบว่าฟิล์มกาวอัดที่มีอัตราส่วนผสมระหว่าง PVA ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก 5 pph ต่อพอลิไวนิลอะซิเทต 4:6 และปรับปรุงสมบัติของฟิล์มกาวอัดด้วยน้ำมันลินสีด 4 pph โดยใช้เวลาในการถ่ายแบบด้วยแสง 2:30 นาที พบว่าฟิล์มกาวอัดที่เหมาะสมที่สุดคือ PO(5)4T6L4B500 เนื่องจากมีสมบัติการใช้งานใกล้เคียงกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้าคุณภาพสูง

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การใช้น้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบในการพัฒนาฟิล์มกาวอัดทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในบรรยากาศของน้ำมันลินสีดในขณะจัดเก็บ ทำให้ฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กาวอัดเกิดการเชื่อมโยงบางส่วนก่อนการใช้งาน และส่งผลให้ไม่สามารถถ่ายแบบลวดลายที่คมชัดได้ หลังจากการจัดเก็บเป็นเวลา 1 เดือน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาการเตรียมฟิล์มกาวอัดจาก PVA ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก และ PVAc โดยมีน้ำมันลินสีด และน้ำมันละหุ่ง เป็นส่วนผสม เพื่อช่วยในการเชื่อมโยง เนื่องจากน้ำมันละหุ่งจัดเป็นน้ำมันประเภทไม่แห้งตัวเมื่อสัมผัสกับออกซิเจน ในขณะที่น้ำมันลินสีดจัดอยู่ในประเภทน้ำมันแห้งเร็ว จึงคาดว่าจะช่วยเพิ่มเสถียรภาพของฟิล์มกาวอัดและมีอายุการใช้งานนานมากขึ้น ส่วนผสมดังกล่าวนำมาผสมน้ำยาไวแสงประเภทไดอาโซและมีการนำความรู้ทางด้านเคมีของแสงมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงทางเคมีของฟิล์มกาวอัดขณะถ่ายแบบ เพื่อเป็นการเพิ่มความทนทาน โดยใช้การฉายแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้และการฉายแสงในช่วงคลื่นยูวี ใช้สารดูดซับออกซิเจนเพื่อยืดอายุฟิล์มกาวอัดให้สามารถใช้งานได้นานขึ้น ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์ และโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี

1) พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly(vinyl alcohol), PVA) : เกรด JP-27, บริษัท Japan Vam & Poval จำกัด

ตารางที่ 3.1 สมบัติของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

สมบัติ	JP-27	หน่วย
มวลโมเลกุล	120,000	g/mol
ความหนืด	48-56	mPa.s
ไฮโดรไลซิส	87.0-85.0	โมลเปอร์เซ็นต์
ปริมาณการระเหยสูงสุด	5	เปอร์เซ็นต์
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	5-7	-
ปริมาณเถ้าสูงสุด	0.5	เปอร์เซ็นต์

2) พอลิไวนิลอะซิเตต (Poly(vinyl acetate), PVAc) : เกรด LA-22S, บริษัท ทีโอเอ เคมิคอล อันดัสตรีส์ จำกัด

3) น้ำมันลินสีด (Linseed oil) : บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด

4) น้ำมันละหุ่ง (Castor oil) : บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด

5) กรดโอเลอิก (Oleic acid) : บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด

6) *p*-Toluenesulfonic acid : บริษัท CARLO ERBA Reagents จำกัด

7) ฟิล์มกาวอัด : เกรดการค้า, ตัวแทนจำหน่าย บริษัท ชัยบูรณ์ บราเดอร์ส จำกัด

8) น้ำยาเคลือบแพทลี่ : เกรดการค้า, Patly clear red บริษัท ชัยบูรณ์ บราเดอร์ส จำกัด

9) น้ำยาไวแสงประเภทไดอาโซ : บริษัทสกาล่า ซิลค์สกรีน จำกัด

10) โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) : เกรดการค้า, บริษัท CARLO ERBA Reagents จำกัด

11) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) ชนิดแอนไฮดรัส : เกรดการค้า, บริษัท CARLO ERBA Reagents จำกัด

12) โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) : เกรดการค้า, บริษัท CARLO ERBA Reagents จำกัด

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด : รุ่น SI-234, บริษัท Denver instrument
- เครื่องปั่นกวน : รุ่น EUROSTAR 60 digital, บริษัท IKA จำกัด
- แผ่นให้ความร้อนแบบเรียบ (Hot plate) : รุ่นMSH-20D, บริษัท WiseStir จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใบพัดปั่นกวน
- แผ่นใสสำหรับถ่ายเอกสาร
- กระดาษแลคซีน
- รางปาดและยางปาด
- เครื่องเป่าลมเย็น
- คัตเตอร์และกรรไกร
- กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์
- ลูกยางปิเปต (ลูกยางดูดสารเคมี)
- ขวดวัดปริมาตร
- แท่งแก้วคนสาร
- ช้อนตักสาร
- ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 1 ขนาด 120x80x20 cm^3 กระจกหนา 5 mm ประกอบด้วยฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ แสงสีขาว (Day light T8) จำนวน 19 หลอด ระยะห่างของหลอดไฟกับกระจกใส 11 cm ดังรูปที่ 3.1

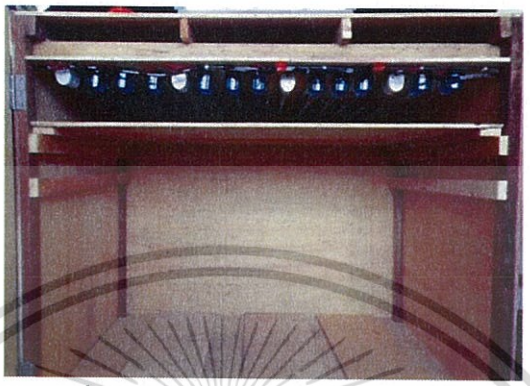
รูปที่ 3.1 ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 1

- ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 2 ขนาด 150x100x30 cm^3 กระจกหนา 6 mm ประกอบด้วยฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ แสงสีขาว (Day light T8) จำนวน 10 หลอด ระยะห่างของหลอดไฟกับกระจกใส 20 cm และมีระบบสุญญากาศ (Vacuum) ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 3 ขนาด 80x100x100 cm^3 ประกอบด้วยหลอดซันเบิร์นเรดิเอชัน (Sunburn radiation) 18 วัตต์ มีช่วงความยาวคลื่น 280-315 nm และระดับพลังงาน 3.94-4.43 eV จำนวน 7 หลอด และหลอดแบล็กไลท์ (Black light) 20 วัตต์ มีช่วงความยาวคลื่น 315-400 nm และระดับพลังงาน 3.10-3.94 eV จำนวน 8 หลอด ระยะห่างของหลอดไฟกับชิ้นงาน 5 cm ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 3

- กระดาษสำหรับพิมพ์สกรีน (White paperboard) 240 แกรม, ความหนา 32 µm : บริษัท SCG paper จำกัด
- หมึกพิมพ์เชื้อน้ำ (สีจม) TO340-1K สีเหลืองทอง : บริษัท ซัยบูรณ์ บราเดอร์ส จำกัด
- ผ้าสกรีน เบอร์ 1200 : บริษัท สกาล่า ซิลค์สกรีน จำกัด
- บล็อกสกรีนไม้
- เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer) : รุ่น RVT, บริษัท Brookfield Engineering Labora.lng จำกัด
- กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Digital microscope) : รุ่น Dino-Lite Digital Microscope Pro 2, บริษัท ANMO Electronics Coporation จำกัด
- ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) : รุ่น H-20, บริษัท OZAKI MFG. จำกัด

3.3 การเตรียมสารละลาย

3.3.1 การเตรียมสารละลาย PVA 10% ปริมาตร 600 ml

1) ชั่ง PVA 60 g
2) ตวงน้ำกลั่น 540 ml ใส่บีกเกอร์ขนาด 1000 ml
3) ปั่นกวนน้ำกลั่นด้วยความเร็วรอบ 500 rpm ค่อยๆใส่ PVA ลงไป
4) ปิดปากบีกเกอร์ด้วยฟิล์มห่ออาหาร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C ปั่นกวนต่อเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้ PVA ละลายจนหมด
5) เมื่อ PVA ละลายหมดแล้ว ตั้งสารละลาย PVA ทิ้งไว้จนสารละลายใส เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การเตรียมสารละลาย $NaHCO_3$ ความเข้มข้น 1 โมลาร์

1) ชั่ง $NaHCO_3$ 4.2 g ละลายในน้ำกลั่น

2) ปั่นกวนโดยใช้เครื่องปั่นกวน เพื่อให้ $NaHCO_3$ ละลายหมด

3) ปรับปริมาตรในขวดปริมาตร 50 ml

3.3.3 การเตรียมสารละลาย PVA ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก (PO)

1) ชั่งสารละลาย PVA 10% ปริมาณ 500 g กรดโอเลอิก 25 g และ p-TSA 5 g

2) เติมกรดโอเลอิกลงในสารละลาย PVA 10% ปั่นกวนให้เข้ากัน

3) เติม *p*-TSA ลงไป ปั่นกวนให้เข้ากัน

4) ปั่นกวนสารละลายที่ความเร็วรอบ 700 rpm ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ระหว่างปั่นกวนปิดปากบีกเกอร์ด้วยฟิล์มห่ออาหาร และหุ้มบีกเกอร์ด้วยฟอยล์ห่ออาหาร

5) เมื่อปั่นกวนจนครบเวลา ตั้งสารละลายให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

6) จากนั้นนำมาปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 400 rpm เติมสารละลาย $NaHCO_3$ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ เพื่อปรับ pH ให้มีค่าเท่ากับ 7-8

7) ตั้งทิ้งไว้ เพื่อให้ฟองอากาศลดลง ก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

3.4 การเตรียมกาวอัดสูตรต่างๆ

1) ชั่ง PVAc และ PVA หรือ PO ตามอัตราส่วน ดังตารางที่ 3.2

2) นำสารมาผสมกัน แล้วนำไปปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 1,000 rpm

3) เติมน้ำมันลินสีดหรือน้ำมันละหุ่ง ตามอัตราส่วน ดังตารางที่ 3.2 ปั่นกวนเป็นเวลา 15 นาที

4) หยดสีลงไป 20หยด แล้วปั่นกวนต่ออีกเป็นเวลา 45 นาที จนสารมีสีเป็นเนื้อเดียวกัน

5) เติมสารดูดซับออกซิเจน (Oxygen scavenger) ตามอัตราส่วน ดังตารางที่ 3.2 โดยนำมาละลายในน้ำกลั่นก่อนเติมสารลงไป จากนั้นปั่นกวนต่อเป็นเวลา 15 นาที

6) เมื่อปั่นกวนจนสารเป็นเนื้อเดียวกัน ปิดปากบีกเกอร์ด้วยฟิล์มห่ออาหาร ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้ฟองอากาศลดลง แล้วนำไปวัดความหนืด

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมของกาวอัดสูตรต่างๆ

สูตร	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก					
	PO	สารละลาย PVAc	น้ำมันลินสีด (pph)	น้ำมันละหุ่ง (pph)	สารดูดซับออกซิเจน (ppm)	
					Na_2SO_3	$Na_2S_2O_5$
PO4T6L4A	40	60	4	-	1000	-
PO4T6L3C1A	40	60	3	1	1000	-
PO4T6L2C2A	40	60	2	2	1000	-
PO4T6L4B	40	60	4	-	-	1000
PO4T6L3C1B	40	60	3	1	-	1000
PO4T6L2C2B	40	60	2	2	-	1000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมของกาวอัดสูตรต่างๆ (ต่อ)

สูตร	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก					
	PO	สารละลาย PVAc	น้ำมันลินสีด (pph)	น้ำมันละหุ่ง (pph)	สารดูดซับออกซิเจน (ppm)	
					Na_2SO_3	$Na_2S_2O_5$
PO4T6L4AN	40	60	4	-	1000	-
PO4T6L3C1AN	40	60	3	1	1000	-
PO4T6L4BN	40	60	4	-	-	1000
PO4T6L3C1BN	40	60	3	1	-	1000

กำหนดสัญลักษณ์ ดังนี้

PO คือ สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก

T คือ พอลิไวนิลอะซิเทต

L คือ น้ำมันลินสีด

C คือ น้ำมันละหุ่ง

A คือ โซเดียมซัลไฟต์

B คือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

N คือ ฟิล์มกาวอัดที่ไม่ได้ผสมน้ำยาไวแสง

3.5 ทดสอบความหนืดของกาวอัด

1) เทตัวอย่างกาวอัดปริมาตร 120 ml ลงในบีกเกอร์ขนาด 150 ml

2) จุ่มโรเตอร์ เบอร์ 7 ลงในกาวอัด แล้วหมุนสกรูต่อเชื่อมเข้ากับเครื่อง Brookfield viscometer จากนั้นเลื่อนโรเตอร์ลงมาจนถึงตำแหน่งที่กำหนดไว้

3) ตั้งรอบ 100 rpm ที่ต้องการใช้ หลังจากมอเตอร์หมุนเป็นเวลา 3 นาที อ่านค่าและจดบันทึกเป็นทศนิยมตำแหน่งเดียว

4) คำนวณค่าความหนืดในหน่วยเซนติพอยส์ (cP)

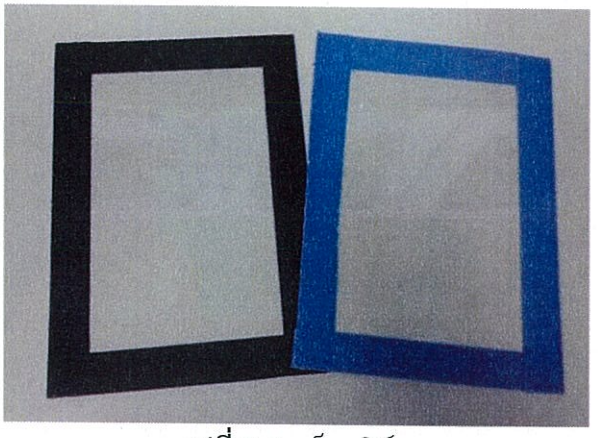
3.6 การเตรียมฟิล์มกาวอัด

(ขั้นตอนต่อไปนี้ต้องทำภายในห้องมืดที่มีแสงสีแดงหรือแสงสีเหลืองเท่านั้น)

1) ชั่งกาวอัด 30 g ผสมกับน้ำยาไวแสง 1 ml คนให้เข้ากัน (ระวังอย่าคนแรงเพื่อไม่ให้มีฟองอากาศเกิดขึ้น) หรือไม่ผสมน้ำยาไวแสง สำหรับสูตรที่ไม่มีการผสมน้ำยาไวแสง

2) การทำบล็อกฟิล์ม โดยนำแผ่นใส่สำหรับถ่ายเอกสารมาตัดให้ได้ขนาดตามต้องการ ปิดขอบแผ่นใสทั้ง 4 ด้านด้วยกระดาษแลคซีน ดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 บล็อกฟิล์ม

3) นำบล็อกฟิล์มที่ได้วางลงบนแท่นลองสำหรับปาด หรือวัสดุที่สามารถรองรับแรงในการปาดกาวอัดได้

4) เทกาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงลงบนบล็อกฟิล์มในปริมาณที่พอเหมาะ อาจใช้แท่งแก้วช่วยในการกำจัดฟองอากาศที่อยู่ในกาวอัด

5) ปาดกาวอัดด้วยรางปาด จากด้านบนลงไปด้านล่างให้กาวอัดมีความสม่ำเสมอ

6) นำบล็อกฟิล์มไปเป่าให้แห้ง ด้วยเครื่องเป่าลมเย็น

7) วัดความหนาของฟิล์มกาวอัดที่ได้ด้วยไมโครมิเตอร์ 10 ตำแหน่ง เพื่อนำมาเฉลี่ยคำนวณความหนาในหน่วย μm

8) เก็บฟิล์มกาวอัดไว้ในที่มืด

3.7 การทำแม่พิมพ์สกรีน

(ขั้นตอนที่ 1-5 ต้องทำภายในห้องมืดที่มีแสงสีแดงหรือแสงสีเหลืองเท่านั้น)

1) นำกาวอัดเกรดการค้า 30 g ผสมกับน้ำยาไวแสง 1 ml คนให้เข้ากัน

2) นำแผ่นฟิล์มกาวอัดที่เตรียมได้มาตัดออกจากบล็อกฟิล์ม นำฟิล์มไปวางบนแผ่นเหล็กโดยให้ด้านที่เป็นเนื้อฟิล์มหงายขึ้น

3) วางบล็อกสกรีนลงแผ่นฟิล์มที่วางเตรียมไว้ให้แนบสนิท เทกาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงแล้วลงบนบล็อกสกรีนบริเวณที่มีแผ่นฟิล์ม จากนั้นใช้ยางปาดปาดกาวอัดให้เรียบเสมอกัน

4) ยกบล็อกสกรีนออกจากแผ่นเหล็ก แผ่นฟิล์มจะติดอยู่กับผ้าสกรีน จากนั้นนำบล็อกสกรีนไปเป่าด้วยเครื่องเป่าลมเย็นจนกาวอัดแห้ง

5) เมื่อกาวอัดแห้งสนิทแล้ว ลอกแผ่นพลาสติกใสออก

6) ติดแบบที่ถ่ายด้วยเทปใสกับฟิล์มกาวอัดด้านที่ลอกแผ่นพลาสติกใสออก แล้วนำบล็อกสกรีนไปฉายไฟกับตู้ไฟ (ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 1 หรือระบบที่ 2) โดยเวลาในการถ่ายแบบขึ้นกับสูตรและความหนาของฟิล์มกาวอัด

7) เมื่อครบเวลาในการถ่ายแบบแล้ว นำบล็อกสกรีนไปล้างน้ำ โดยไล่ฉีดตามลวดลายที่ถ่ายแบบ

8) นำบล็อกสกรีนไปเป่าให้แห้ง ตรวจสอบความคมชัดของลวดลายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การทดสอบอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัด

1) นำฟิล์มที่เตรียมได้เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 1, 7, 15, 30 และ 45 วัน

2) นำฟิล์มกาวอัดที่เก็บไว้ที่เวลาดังกล่าวหรือฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า มาสร้างลวดลายบนบล็อกสกรีนตามวิธีการใน หัวข้อที่ 3.7

3) นำบล็อกสกรีนที่เตรียมได้มาทดสอบความคมชัดของลวดลายตามหัวข้อที่ 3.9 และทดสอบความคงทนของลวดลายตามหัวข้อที่ 3.10

4) เปรียบเทียบสมบัติฟิล์มกาวอัดเกรดการค้ากับฟิล์มกาวอัดที่เตรียมได้

3.9 การวัดความคมชัดของลวดลายเทียบกับแม่แบบ

วัดลวดลายของชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง ดูความกว้างและความคมชัดของลวดลายที่ถ่ายลงบนแม่พิมพ์สกรีน โดยวัดระยะห่างจากตำแหน่งที่กำหนดของแม่พิมพ์สกรีน ดังนี้

- D_{T1} คือ ระยะของตำแหน่งที่ 1 เท่ากับ 1.804 mm
- D_{T2} คือ ระยะของตำแหน่งที่ 2 เท่ากับ 1.160 mm
- D_{T3} คือ ระยะของตำแหน่งที่ 3 เท่ากับ 0.606 mm วัดระยะห่างเพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งต่าง ๆ ของแม่พิมพ์สกรีนกับระยะห่างจากตำแหน่งต่าง ๆ ของแม่แบบ

รูปที่ 3.5 ตำแหน่งของลวดลายบนแม่แบบที่ใช้ตรวจสอบความคมชัด

การคำนวณผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบ (D_T) กับระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) คำนวณได้จาก

$$\%\Delta D_{TB} = \frac{\Delta D_{TB}}{D_T} \times 100 \qquad (3.1)$$

เมื่อ D_T คือ ระยะห่างของลวดลายแม่แบบ

D_B คือ ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน

ΔD_{TB} คือ $D_T - D_B$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 การทดสอบความคงทนของลวดลายด้วยการปาดสี

1) นำบล็อกสกรีนที่ผ่านการฉายแสงแล้ววางลงบนกระดาษ และยึดด้วยที่จับบล็อก

2) นำหมึกพิมพ์สีปาดบริเวณลวดลายโดยทำการสกรีนอย่างต่อเนื่อง

3) ตรวจสอบความคมชัดของลวดลายเมื่อทำการปาดสีทุก ๆ 100 แผ่นด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง

4) เปรียบเทียบสมบัติฟิล์มกาวอัดเกรดการค้ากับฟิล์มกาวอัดที่เตรียมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากงานวิจัยของรักษ์สุดา สวรรค์ดอน และคณะ [1] พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตร PO(5)4T6L4A500 และ PO(5)4T6L4B500 สามารถถ่ายแบบและเก็บรายละเอียดของลวดลายได้ดี แต่อายุการใช้งานมีระยะเวลาค่อนข้างสั้น ดังนั้นจึงเลือกฟิล์มกาวอัดที่เตรียมจากสูตร PO(5)4T6L4A500 และ PO(5)4T6L4B500 มาปรับปรุงเสถียรภาพการใช้งาน โดยการเพิ่มปริมาณสารดูดซับออกซิเจนและการเพิ่มน้ำมันละหุ่งเข้ามาเป็นส่วนผสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการเตรียมฟิล์มกาวอัดสำหรับงานพิมพ์สกรีน ที่มีองค์ประกอบหลักของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก และพอลิไวนิลอะซิเทตในสัดส่วนดังกล่าว (4:6 โดยน้ำหนัก) โดยมีน้ำมันลินสีด และน้ำมันละหุ่งเป็นตัวช่วยในการเชื่อมโยงร่วมในสัดส่วน 4 pph และใช้สารดูดซับออกซิเจน ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์ และโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเป็น 1000 ppm เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของฟิล์มกาวอัดและยืดอายุการใช้งานของฟิล์ม โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่าง น้ำมันลินสีด และน้ำมันละหุ่ง ในอัตราส่วน 4:0, 3:1 และ 2:2 pph และศึกษาผลของการใช้น้ำยาไวแสงชนิดไดอาโซโดยใช้การฉายแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ และช่วงยูวี จากนั้นนำฟิล์มกาวอัดที่เตรียมได้มาทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์มกาวอัดเช่น ความหนาของฟิล์มกาวอัด อายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัด ความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบและการทดสอบความคงทนของลวดลายในสภาวะใช้งานจริงโดยรายละเอียดแสดงดังหัวข้อต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 คำอธิบายสัญลักษณ์ของสูตรฟิล์มกาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสง

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
PO4T6L4A	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PO : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 4 pph และ Na_2SO_3 (A) 1,000 ppm
PO4T6L3C1A	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PO : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 3 pph : Castor oil (C) 1 pph และ Na_2SO_3 (A) 1,000 ppm
PO4T6L2C2A	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PO : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 2 pph : Castor oil (C) 2 pph และ Na_2SO_3 (A) 1,000 ppm
PO4T6L4B	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PO : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 4 pph และ $Na_2S_2O_5$ (B) 1,000 ppm
PO4T6L3C1B	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PO : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 3 pph : Castor oil (C) 1 pph และ $Na_2S_2O_5$ (B) 1,000 ppm
PO4T6L2C2B	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PO : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 2 pph : Castor oil (C) 2 pph และ $Na_2S_2O_5$ (B) 1,000 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

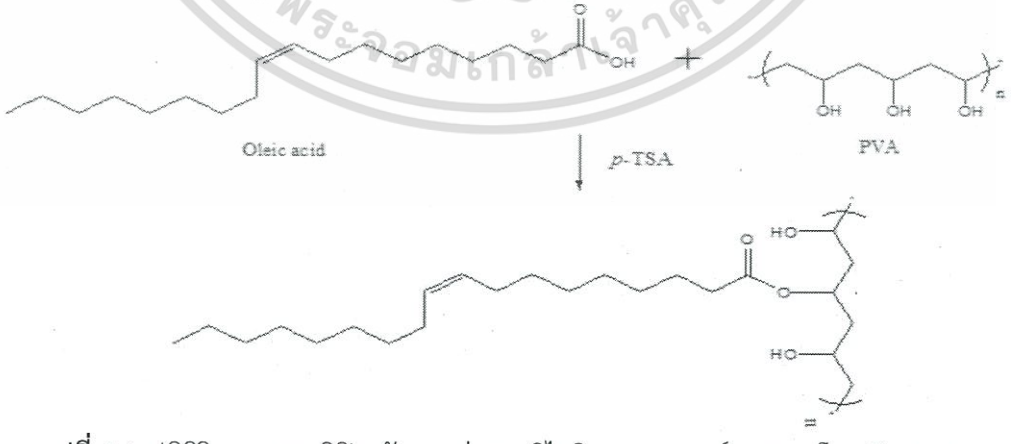
ตารางที่ 4.2 คำอธิบายสัญลักษณ์ของสูตรฟิล์มกาวอัดที่ไม่ผสมน้ำยาไวแสง

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
PO4T6L4AN	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PO : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 4 pph และ Na_2SO_3 (A) 1,000 ppm
PO4T6L3C1AN	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PO : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 3 pph : Castor oil (C) 1 pph และ Na_2SO_3 (A) 1,000 ppm
PO4T6L4BN	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PO : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 4 pph และ $Na_2S_2O_5$ (B) 1,000 ppm
PO4T6L3C1BN	กาวอัดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ PO : PVAc (T) เท่ากับ 4:6 ปรับปรุงสมบัติกาวอัดด้วย Linseed oil (L) 3 pph : Castor oil (C) 1 pph และ $Na_2S_2O_5$ (B) 1,000 ppm

หมายเหตุ PO คือ สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วย Oleic acid 5 pph

4.1 การปรับปรุงโครงสร้างของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ด้วยกรดโอเลอิก

เนื่องจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีหมู่ไฮดรอกซิลที่มีความชอบน้ำจึงไม่มีความคงทนต่อการละลายในน้ำ เพื่อเป็นการเพิ่มสมบัติความต้านทานน้ำ จึงปรับปรุงโครงสร้างของพอลิไวนิล-แอลกอฮอล์ด้วยกรดโอเลอิก โดยเกิดผ่านปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างหมู่คาร์บอกซิลิกของกรดโอเลอิกและหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โดยมีกรดพาราโทลูอีนซัลโฟนิก (*p* -TSA) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังรูปที่ 4.1 โดยโปรตอนของกรดกรดพาราโทลูอีนซัลโฟนิกเกิดโปรโตเนชันกับออกซิเจนที่ตำแหน่งคาร์บอนิลของกรดโอเลอิก ทำให้หมู่คาร์บอกซิลิกขาดแคลนอิเล็กตรอน หมู่ไฮดรอกซิลของ PVA จึงเข้าทำปฏิกิริยาได้ง่าย เกิดเป็นพันธะเอสเทอร์โครงสร้างของพอลิไวนิล-แอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงแล้ว จะมีบริเวณสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนของกรดโอเลอิกซึ่งเป็นส่วนที่ไม่มีขั้ว ส่งผลให้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีสมบัติความต้านทานน้ำเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.1 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และกรดโอเลอิก [35]

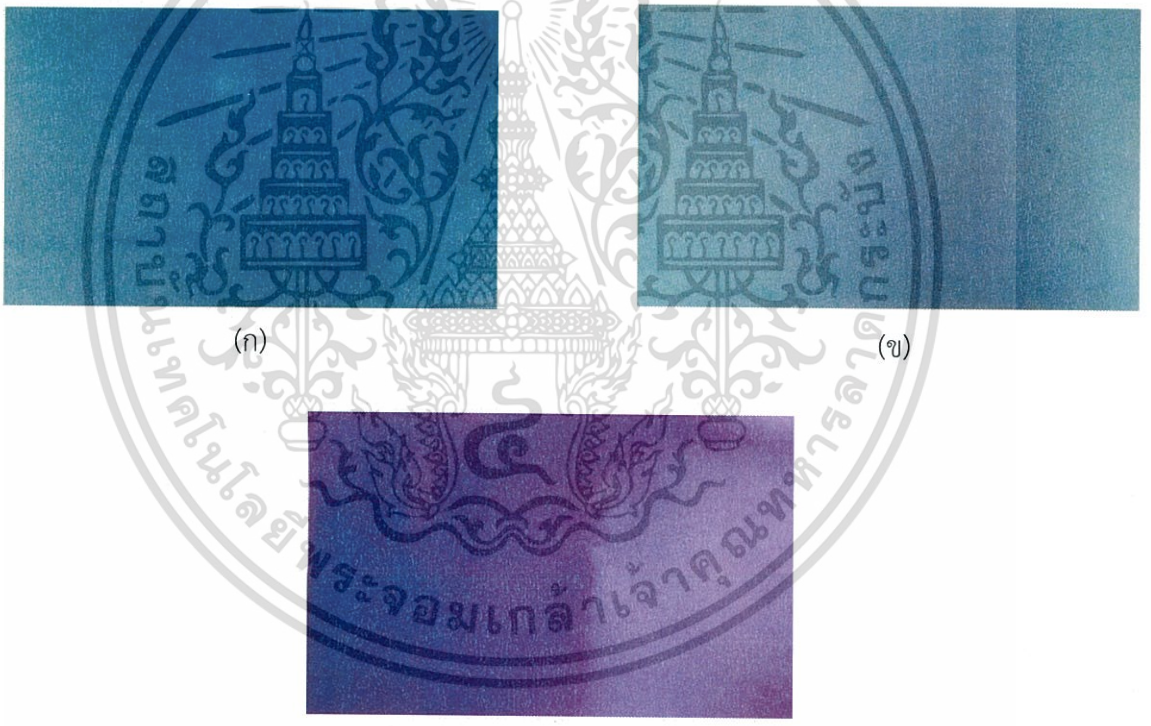
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ความหนาของฟิล์มกาวอัดที่มีผลต่อการถ่ายแบบพิมพ์สกรีน

ฟิล์มกาวอัดเตรียมจากการนำกาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงและไม่ได้ผสมน้ำยาไวแสงปาดลงบนแผ่นพลาสติกใส เมื่อฟิล์มกาวอัดแห้งแล้ว นำมาวัดความหนา 10 ตำแหน่ง โดยใช้ไมโครมิเตอร์ นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย โดยความหนาของฟิล์มกาวอัดมีหน่วยเป็น μm ซึ่งฟิล์มกาวอัดที่เตรียมได้มีความหนาที่แตกต่างกันขึ้นอยู่ปัจจัย ดังต่อไปนี้

1. ความหนืดของกาวอัด
2. ความเชี่ยวชาญในการปาดกาวอัดของผู้ทำงาน

ฟิล์มกาวอัดที่มีความหนาน้อยสามารถถ่ายแบบได้ละเอียดและมีความคมชัดของลวดลายมากกว่าฟิล์มกาวอัดที่มีความหนามาก เนื่องจากแสงไม่สามารถทำปฏิกิริยากับฟิล์มกาวอัดได้ทั่วถึง เกิดการเชื่อมโยงได้น้อย ทำให้ฟิล์มกาวอัดไม่ยึดติดกับผ้าสกรีน ดังนั้นเมื่อนำไปชะล้างลวดลายด้วยน้ำ เนื้อฟิล์มส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงจึงหลุดออก โดยความหนาของฟิล์มกาวอัดที่เหมาะสมในการถ่ายแบบพิมพ์สกรีนในงานวิจัยนี้อยู่ในช่วง 35±5 μm โดยพบว่า ถ้าฟิล์มกาวอัดมีความหนามากกว่า 40 μm จะไม่สามารถถ่ายแบบได้ลวดลายที่ละเอียดและคมชัดได้ จากการวัดค่าความหนาของฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า พบว่ามีความหนาเฉลี่ย 30 μm



(ก) (ข)

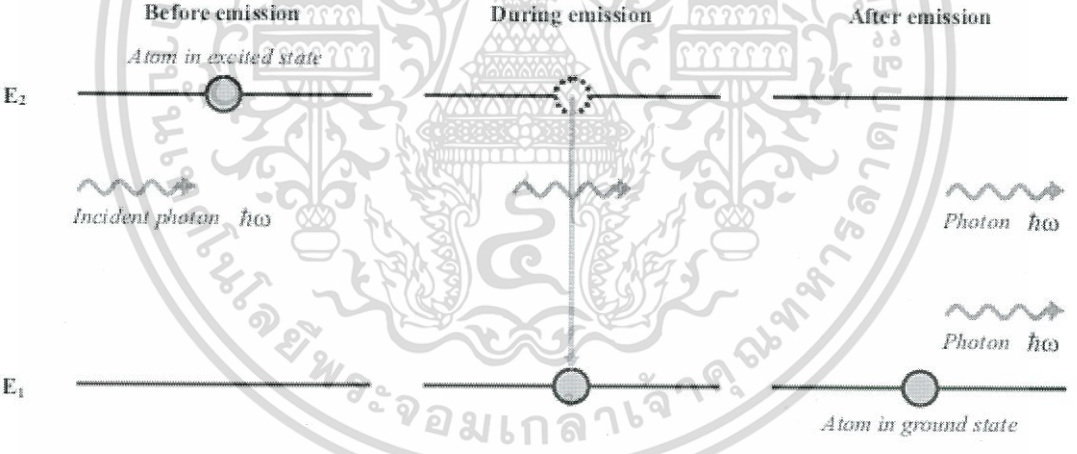
(ค)

รูปที่ 4.2 ตัวอย่างฟิล์มกาวอัดสูตร (ก) สูตรPO4T6L4A (ข) สูตร PO4T6L4BN และ (ค) ฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

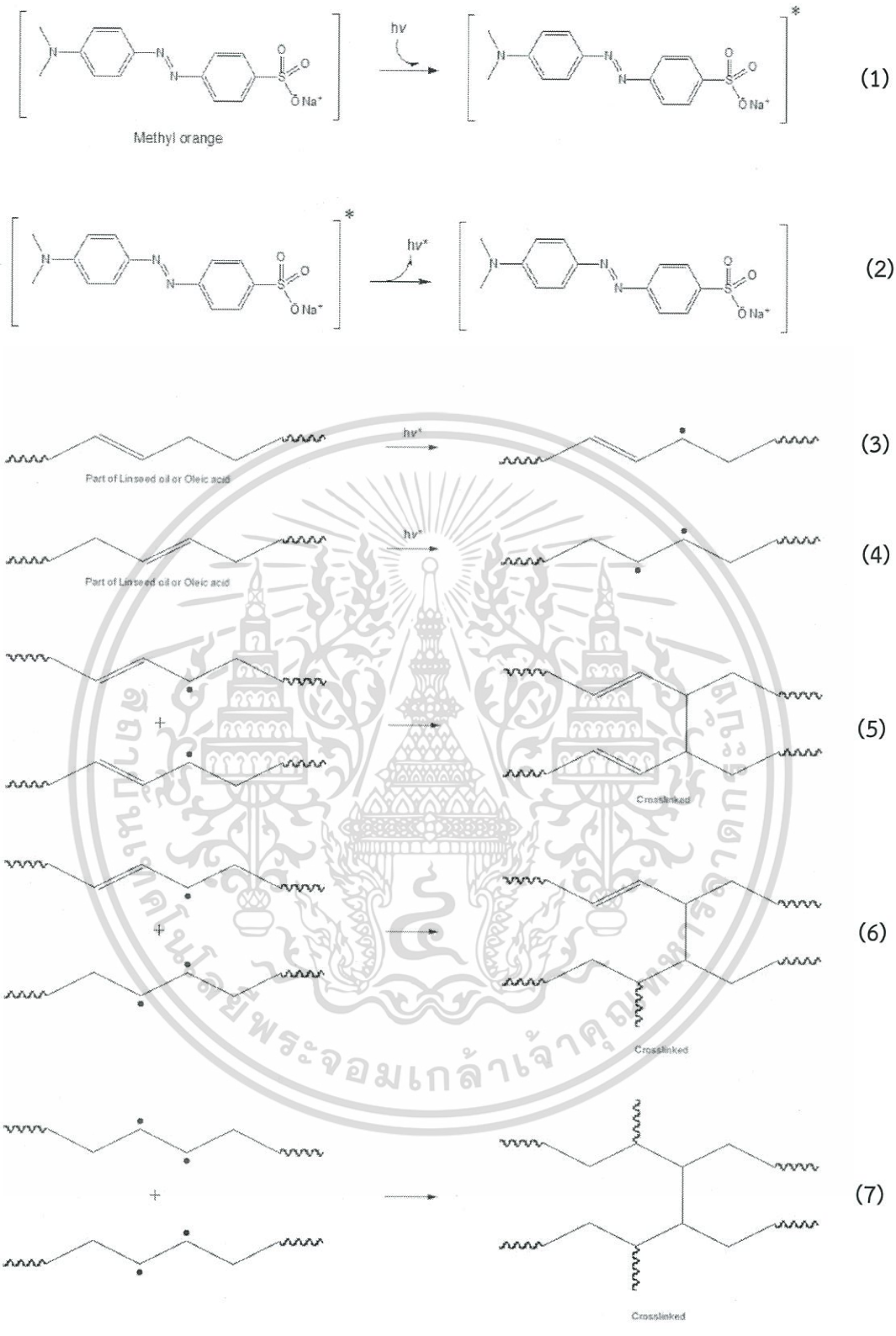
4.3 การเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงทางเคมีของฟิล์มกาวอัด

นำฟิล์มกาวอัดที่เตรียมได้มายึดเข้ากับแม่พิมพ์สกรีนด้วยกาวอัดเกรดการค้าที่ผสมน้ำยาไวแสง จากนั้นนำแม่พิมพ์สกรีนไปถ่ายแบบด้วยแสง โดยในระบบการถ่ายแบบด้วยแสงในช่วงที่ตามองเห็นใช้เวลาในการฉายแสง 5:00 นาที และช่วงยูวีใช้เวลา 3:30 นาที โดยระยะเวลาการฉายแสงของระบบดังกล่าว เป็นระยะเวลาที่เหมาะสม ให้ลวดลายที่คมชัด หลังทำการทดลองปรับระยะเวลาในการฉายแสง สำหรับสูตรฟิล์มกาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสง ระหว่างขั้นตอนการถ่ายแบบด้วยแสงอิเล็กตรอนในโมเลกุลของน้ำยาไวแสง ได้รับพลังงานจากภายนอก ทำให้อิเล็กตรอน เปลี่ยนจากสถานะพื้น (Ground state) ไปยังสถานะกระตุ้น (Excited state) ซึ่งไม่เสถียร (รูปที่ 4.3) จึงคายพลังงานออกมาอยู่ในรูปพลังงานแสง โดยพลังงานจะไปกระตุ้นที่ตำแหน่งพันธะคู่หรือตำแหน่งอัลไลลิกของกรดโอเลอิก น้ำมันลินสีดและน้ำมันละหุ่งเกิดการแตกออกของพันธะไพที่ตำแหน่งพันธะคู่หรือการแตกออกของพันธะที่ตำแหน่งอัลไลลิกเกิดเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะเข้าทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่หรืออนุมูลอิสระที่อัลไลลิกของสายโซ่อื่น เกิดเป็นพันธะเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่โมเลกุล (รูปที่ 4.4) แต่สำหรับสูตรฟิล์มกาวอัดที่ไม่มีการผสมน้ำยาไวแสงนั้น จะสามารถฉายแสงในช่วงยูวีเท่านั้น เนื่องจากพลังงานงานแสงจะต้องเข้าไปกระตุ้นที่ตำแหน่งพันธะคู่หรือตำแหน่งอัลไลลิกของกรดโอเลอิก น้ำมันลินสีดและน้ำมันละหุ่งโดยตรง ซึ่งแสงในช่วงที่ตามองเห็นไม่มีพลังงานมากเพียงพอ ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงจึงไม่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยไม่สามารถสร้างลวดลายบนแผ่นฟิล์มกาวอัดได้



รูปที่ 4.3 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอน [53]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของฟิล์มกาวอัด

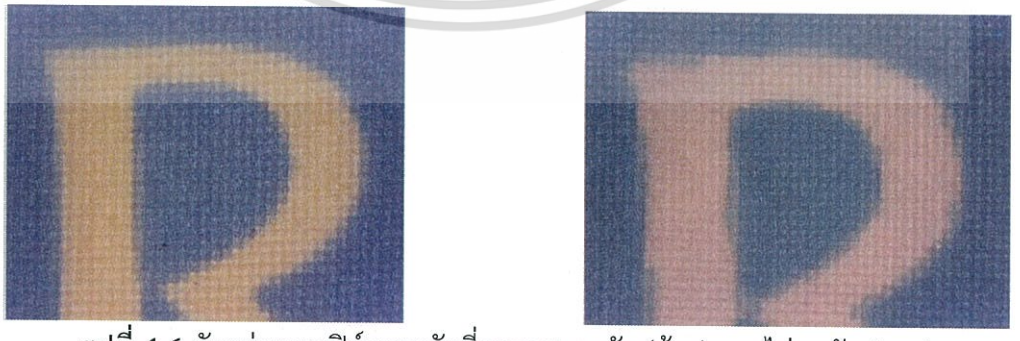
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดสอบความสามารถในการสร้างลวดลาย

นำฟิล์มกาวอัดแต่ละสูตรที่เตรียมได้หลังเก็บไว้ 1 วัน นำมายึดเข้ากับแม่พิมพ์สกรีนด้วยกาวอัดที่ผสมน้ำยาไวแสงแล้วปาดลงบนแม่พิมพ์สกรีน จากนั้นนำไปฉายแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้และในช่วงยูวีเป็นระยะเวลา 5:00 นาที และ 3:30 นาที ตามลำดับ (ระยะเวลาที่เหมาะสมหลังทำการปรับเปลี่ยนเวลาในช่วง 4:30 ถึง 5:30 นาที และ 3:00 ถึง 4:00 นาที) หลังการชะล้างลวดลายด้วยน้ำ นำแม่พิมพ์สกรีนที่ได้จากฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ มาตรวจสอบความคมชัดของลวดลายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง ว่าสามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายทั้งในส่วนที่หยาบและส่วนที่ละเอียดได้หรือไม่

ผลการทดสอบพบว่า ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A และ PO4T6L4B สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนลวดลายที่คมชัดและสามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายได้ จากนั้นลดปริมาณน้ำมันลินสีดและเพิ่มน้ำมันละหุ่ง ในอัตราส่วน 3:1 และ 2:2 โดยน้ำหนัก พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A และ PO4T6L3C1B สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้ แต่สำหรับฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L2C2A และ PO4T6L2C2B ที่มีปริมาณน้ำมันลินสีดผสมกับน้ำมันละหุ่งในอัตราส่วน 2:2 โดยน้ำหนัก พบว่าลวดลายของแม่พิมพ์สกรีนที่ได้ไม่คมชัด ไม่สามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายได้ทั้งหมด และใช้เวลาในการฉายแสงค่อนข้างนาน เมื่อเทียบกับสูตรที่มีปริมาณน้ำมันลินสีดผสมกับน้ำมันละหุ่งในอัตราส่วน 3:1 โดยความคมชัดของลวดลาย จะพิจารณาจากลวดลายส่วนหยาบและส่วนละเอียดของภาพ ดังรูปที่ 4.5 ตัวอย่างฟิล์มกาวอัดที่มีลวดลายคมชัดและไม่คมชัดแสดงดังรูปที่ 4.6 ผลการทดสอบความคมชัดของฟิล์มกาวอัดโดยการฉายแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นแสดงดังตารางที่ 4.3

รูปที่ 4.5 ลวดลายส่วนหยาบและละเอียดของฟิล์มกาวอัด



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างของฟิล์มกาวอัดที่ลวดลายคมชัด (ซ้าย) และไม่คมชัด (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความคมชัดของฟิล์มกาวอัดโดยการฉายแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น

สูตร	ความคมชัด	การชะล้างลวดลาย
PO4T6L4A	คมชัด	ง่าย
PO4T6L3C1A	คมชัด	ง่าย
PO4T6L2C2A	ไม่คมชัด	ยาก
PO4T6L4B	คมชัด	ง่าย
PO4T6L3C1B	คมชัด	ง่าย
PO4T6L2C2B	ไม่คมชัด	ยาก
ฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า	คมชัด	ง่าย

หมายเหตุ

ความสามารถในการเก็บรายละเอียด หมายถึง เม็ดสกรีนและลายเส้นที่ปรากฏบนฟิล์มแม่แบบ (Dispositive film) ที่เล็กที่สุดที่ฟิล์มกาวอัดแต่ละชนิดสามารถเคลือบบนแม่พิมพ์สกรีนได้และสามารถนำไปพิมพ์ให้เกิดเป็นภาพได้

ความคมชัด หมายถึง ความสามารถในการทำแม่พิมพ์สกรีนที่มีเม็ดสกรีนหรือลายเส้นให้มีขนาดเท่ากับแม่แบบ และเมื่อนำแม่พิมพ์สกรีนนั้นไปพิมพ์ลวดลาย ลวดลายที่พิมพ์ได้จะมีขนาดใกล้เคียงกับแม่แบบ

การชะล้างลาย หมายถึง การล้างลายหลังการถ่ายด้วยแสงให้ฟิล์มกาวอัดหลุดออกเป็นลวดลายตาม แผ่นฟิล์มต้นฉบับด้วยน้ำ

- ง่าย หมายถึง สามารถใช้น้ำฉีดให้ฟิล์มกาวอัดหลุดเป็นลวดลายได้ ภายใน 1 นาที
- ยาก หมายถึง สามารถใช้น้ำฉีดให้ฟิล์มกาวอัดหลุดเป็นลวดลายได้ แต่ใช้เวลามากกว่า 1 นาที

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.7 ความคมชัดของฟิล์มกาวอัดสูตร (ก) PO4T6L2C2A และ (ข) PO4T6L2C2B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 การทดสอบความคมชัดของฟิล์มกาวอัดโดยใช้การฉายแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นพบว่า ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L2C2A และ PO4T6L2C2B ที่มีปริมาณน้ำมันลินสีดผสมกับน้ำมันละหุ่งในอัตราส่วน 2:2 โดยน้ำหนัก ไม่สามารถถ่ายแบบลวดลายที่คมได้ และใช้เวลาในการฉายแสงค่อนข้างนาน (ดังรูปที่ 4.7) เนื่องจากน้ำมันละหุ่งเป็นน้ำมันประเภทไม่แห้งตัวเมื่อสัมผัสกับออกซิเจน ส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการฉายแสงนานมากขึ้น ไม่สะดวกต่อการใช้งาน

นำฟิล์มกาวอัดสูตรที่สามารถถ่ายแบบได้ลวดลายที่คมชัด จากการใช้แสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น และสูตร PO4T6L4AN, PO4T6L3C1AN, PO4T6L4BN และ PO4T6L3C1BN มาเปลี่ยนระบบการฉายแสงเป็นการฉายแสงในช่วงยูวีเป็นระยะเวลา 3:30 นาที (ระยะเวลาที่เหมาะสมหลังทำการปรับเปลี่ยนเวลาในช่วง 3:00 ถึง 4:00 นาที) พบว่า ฟิล์มกาวอัดทั้ง 8 สูตร (PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B, PO4T6L3C1B, PO4T6L4AN, PO4T6L3C1AN, PO4T6L4BN และ PO4T6L3C1BN) สามารถถ่ายแบบได้ลวดลายที่คมชัดมากกว่า สามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายได้ดีกว่าและใช้เวลาในการถ่ายแบบน้อยกว่าเมื่อเทียบกับระบบการฉายแสงในช่วงที่ตามองเห็น (ดังรูปที่ 4.8) เนื่องจากแสงยูวีนั้น มีความยาวคลื่นสั้นและมีความถี่สูงกว่า ทำให้มีพลังงานเข้าไปกระตุ้นในตำแหน่งพันธะคู่หรือตำแหน่งอัลไลลิกของกรดโอเลอิก น้ำมันลินสีดและน้ำมันละหุ่งได้มาก ผลการทดสอบความคมชัดของฟิล์มกาวอัดโดยการฉายแสงในช่วงยูวีแสดงดังตารางที่ 4.4

(ก) ตัวอย่างของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A ที่ฉายแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น

(ข) ตัวอย่างของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A ที่ฉายแสงในช่วงคลื่นยูวี

รูปที่ 4.8 การสร้างลวดลายของฟิล์มกาวอัดโดย (ก) การฉายแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นเทียบกับ (ข) การฉายแสงในช่วงยูวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความคมชัดของฟิล์มกาวอัดโดยการฉายแสงในช่วงยูวี

สูตร	ความคมชัด	การชะล้างลวดลาย
PO4T6L4A	คมชัด	ง่าย
PO4T6L3C1A	คมชัด	ง่าย
PO4T6L4B	คมชัด	ง่าย
PO4T6L3C1B	คมชัด	ง่าย
PO4T6L4AN	คมชัด	ง่าย
PO4T6L3C1AN	คมชัด	ง่าย
PO4T6L4BN	คมชัด	ง่าย
PO4T6L3C1BN	คมชัด	ง่าย
ฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า	คมชัด	ง่าย

จากตารางที่ 4.4 พบว่าฟิล์มกาวอัดทั้ง 8 สูตร (PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B, PO4T6L3C1B, PO4T6L4AN, PO4T6L3C1AN, PO4T6L4BN และ PO4T6L3C1BN) สามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายได้คมชัด และขั้นตอนการชะล้างลวดลายทำได้ง่ายเทียบเท่าฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า โดยภาพถ่ายลวดลายการถ่ายแบบของฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4.9

4.5 การทดสอบอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัดและความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบ

ฟิล์มกาวอัดในงานวิจัยนี้ปรับปรุงจากงานวิจัยของรักษ์สุดา สวรรค์ดอนและคณะ [1] โดยการเพิ่มปริมาณสารดูดซับออกซิเจนที่นำมาผสมในสูตรฟิล์มกาวอัด เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของฟิล์มกาวอัด ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์และโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm และเพิ่มน้ำมันละหุ่งเข้ามาเป็นส่วนผสมและลดปริมาณน้ำมันลินสีด เพื่อลดความว่องไวต่อออกซิเจน โดยมีน้ำมันลินสีดกับน้ำมันละหุ่ง ในอัตราส่วน 4:0, 3:1 และ 2:2 โดยน้ำหนัก

นำฟิล์มกาวอัดทุกสูตร มาทดสอบอายุการใช้งานโดยเก็บไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1, 7, 15, 30 และ 45 วัน โดยพบว่าฟิล์มกาวอัดเกือบทุกสูตร ถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้ยกเว้นสูตรที่มีปริมาณน้ำมันลินสีดผสมกับน้ำมันละหุ่งในอัตราส่วน 2:2 (PO4T6L2C2A และ PO4T6L2C2B) ลวดลายของแม่พิมพ์สกรีนที่ได้ไม่คมชัด ไม่สามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายได้ และเวลาในการฉายแสงค่อนข้างนาน สำหรับฟิล์มกาวอัดสูตรที่ไม่ได้ผสมน้ำยาไวแสง (PO4T6L4AN, PO4T6L3C1AN, PO4T6L4BN และ PO4T6L3C1BN) จะถ่ายแบบลวดลายโดยฉายแสงในช่วงยูวีเพียงอย่างเดียว ก็พบว่า สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้ ผลการทดสอบของสูตรต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

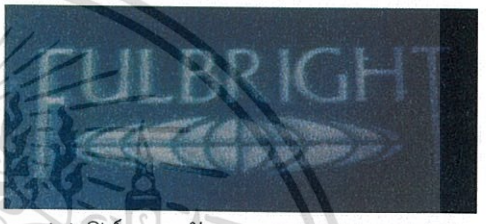
(ก) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A

(ข) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A

(ค) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4B

(ง) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1B

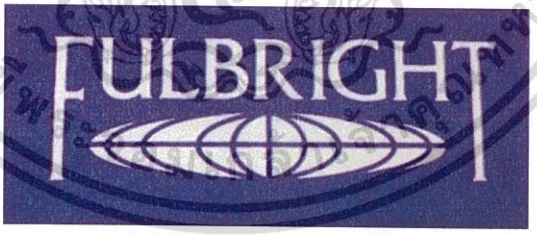
(จ) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4AN



(ฉ) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1AN

(ช) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4BN

(ซ) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1BN



(ญ) ฟิล์มกาวเกรดการค้า

รูปที่ 4.9 ลวดลายการถ่ายแบบโดยการฉายแสงในช่วงยูวีของฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ

สูตร	อายุฟิล์ม							
	1 วัน		7 วัน		15 วัน		30 วัน	45 วัน
	visible	UV	visible	UV	visible	UV	UV	UV
PO4T6L4A	√	√	√	√	√	√	√	√
PO4T6L3C1A	√	√	√	√	√	√	√	√
PO4T6L2C2A	X	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
PO4T6L4B	√	√	√	√	√	√	√	√
PO4T6L3C1B	√	√	√	√	√	√	√	√
PO4T6L2C2B	X	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
PO4T6L4AN	√	√	√	√	√	√	√	√
PO4T6L3C1AN	√	√	√	√	√	√	√	√
PO4T6L4BN	√	√	√	√	√	√	√	√
PO4T6L3C1BN	√	√	√	√	√	√	√	√

<u>หมายเหตุ</u>

เครื่องหมาย “√” หมายถึง ฟิล์มกาวอัดที่เตรียมได้มีความสามารถในการเก็บรายละเอียดได้คมชัด ลวดลายที่พิมพ์ต้องมีขนาดใกล้เคียงหรือเท่ากับแม่แบบ

รูปที่ 4.10 ตัวอย่างฟิล์มกาวอัดที่มีลวดลายคมชัด

เครื่องหมาย “x” หมายถึง ฟิล์มกาวอัดที่เตรียมได้ไม่สามารถเก็บรายละเอียดได้ ลวดลายที่พิมพ์ได้มีขนาดไม่เท่ากับแม่แบบ จึงทำให้ฟิล์มกาวอัดในสูตรนั้นไม่ผ่านการทดสอบอายุการใช้งาน

รูปที่ 4.11 ตัวอย่างฟิล์มกาวอัดที่มีลวดลายไม่คมชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L2C2A และ สูตร PO4T6L2C2B ไม่สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนและเก็บรายละเอียดลวดลายได้คมชัดที่ระยะเวลาตั้งแต่ 1 วัน โดยน้ำมันลินสีดและน้ำมันละหุ่ง ทำหน้าที่เป็นสารช่วยในการเชื่อมโยง แต่เนื่องจากน้ำมันละหุ่งเป็นน้ำมันประเภทไม่แห้งตัวเมื่อสัมผัสกับออกซิเจน ส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการฉายแสงนานมากขึ้น แต่ทั้งนี้ถ้าใช้ระยะเวลาในการฉายแสงนานเกินไป จะทำให้บางส่วนที่ไม่ต้องการให้เกิดการเชื่อมโยง มีการเชื่อมโยงเกิดขึ้น ไม่สามารถล้างลวดลายให้หลุดและได้ลวดลายที่มีความคมชัดได้ อีกทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการฉายแสงที่นานเกินไปไม่สะดวกต่อการใช้งาน ดังนั้นจึงไม่นำฟิล์มกาวอัดสูตรดังกล่าวมาทดสอบอายุการใช้งานที่มากขึ้น

สารดูดซับออกซิเจน ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์และโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ จะทำหน้าที่ป้องกันออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดโอเลอิก น้ำมันลินสีดและน้ำมันละหุ่ง โดยสารดูดซับออกซิเจนทั้งสองนี้เป็นสารดูดซับออกซิเจนในกลุ่มซัลไฟต์ เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นโซเดียมซัลเฟต โดยการจับโมเลกุลของออกซิเจนและการเกิดปฏิกิริยาแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.12 และจากตารางที่ 4.5 พบว่า ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B, PO4T6L3C1B,PO4T6L4AN,PO4T6L3C1AN, PO4T6L4BN และ PO4T6L3C1BNที่เตรียมไว้เป็นระยะเวลา 45 วัน สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้คมชัด และจากการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสงของฟิล์มกาวอัดที่เก็บไว้ 30 วันก่อนการถ่ายแบบ เมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบกับลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (ΔD_{TB}) (สูตรการคำนวณแสดงดังบทที่ 3 ในหัวข้อ 3.9) ของฟิล์มกาวอัดทั้ง 8 สูตร มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของลวดลายบริเวณหยาบ (ตำแหน่งที่ 1และ2) และลวดลายบริเวณละเอียด (ตำแหน่งที่ 3) ดังแสดงในตารางที่ 4.6 โดยค่าเฉลี่ยระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) แสดงดังตารางที่ ก1 และตัวอย่างการวัดค่า D_B ดังรูปที่ 4.13 และรูปที่ ก1-ก9 และระยะห่างของลวดลายแม่แบบ (D_T) แสดงในหัวข้อที่ 3.9 และรูปที่ 3.5

โซเดียมซัลไฟต์

$$2Na_2SO_3 + O_2 \longrightarrow 2Na_2SO_4 \qquad (4.1)$$

โซเดียมเมทาไบซัลไฟต์

$$2Na_2S_2O_5 + O_2 \longrightarrow 2Na_2SO_4 + 2SO_2 \qquad (4.2)$$

$$SO_2 + 2NaHCO_3 \longrightarrow Na_2SO_3 + H_2O + 2CO_2 \qquad (4.3)$$

$$2Na_2SO_3 + O_2 \longrightarrow 2Na_2SO_4 \qquad (4.4)$$

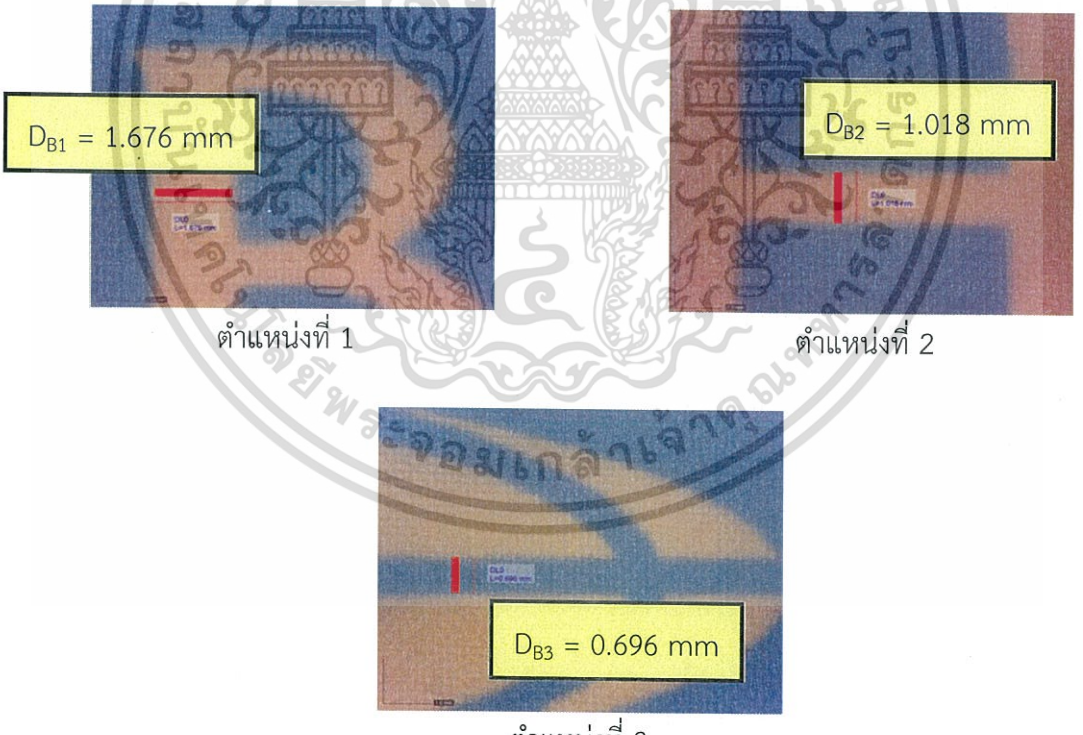
รวม $2Na_2S_2O_5 + Na_2SO_3 + 2NaHCO_3 + 2O_2 \longrightarrow 4Na_2SO_4 + SO_2 + 2CO_2 + H_2O$

รูปที่ 4.12 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของโซเดียมซัลไฟต์และโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์ของผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบ (D_T) กับลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B)

สูตร	ค่าเฉลี่ย $\%\Delta D_{TB}$		
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
PO4T6L4A	7.59	15.43	-20.95
PO4T6L3C1A	8.37	13.87	-23.43
PO4T6L4B	8.31	-14.13	-5.61
PO4T6L3C1B	17.12	26.72	-20.95
PO4T6L4ANOMO	10.80	18.70	3.46
PO4T6L3C1ANOMO	6.92	7.41	1.48
PO4T6L4BNOMO	10.19	7.75	-0.82
PO4T6L3C1BNOMO	4.49	9.65	-9.90
ฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า	4.47	4.45	6.00



รูปที่ 4.13 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของตัวอย่างฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดสอบความคงทนของลวดลายในสภาวะการใช้งานจริง

นำฟิล์มกาวอัดที่ผ่านการทดสอบอายุการใช้งานและความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบ หลังจากเก็บฟิล์มกาวอัดเป็นระยะเวลา 30 และ 45 วัน ได้แก่สูตร PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B, PO4T6L3C1B, PO4T6L4AN, PO4T6L3C1AN, PO4T6L4BN และ PO4T6L3C1BN มาสร้างลวดลายภาพ โดยใช้เวลาในการถ่ายแบบด้วยแสงในช่วงยูวี 3:30 นาที นำหมึกพิมพ์มาสกรีนผ่านแม่พิมพ์สกรีนที่ได้จากฟิล์มกาวอัดลงบนกระดาษอาร์ตด้าน โดยการปาดสีบริเวณลวดลายด้วยยางปาดอย่างต่อเนื่อง และตรวจสอบความคงทนของลวดลาย เมื่อปาดสีทุก ๆ 100 แผ่นด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง จนถึง 800 แผ่น ซึ่งเป็นระดับที่ยอมรับได้สำหรับการพิมพ์สกรีนอย่างต่อเนื่อง ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายฟิล์มกาวอัดทุกสูตรแสดงดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ ข1-ข6

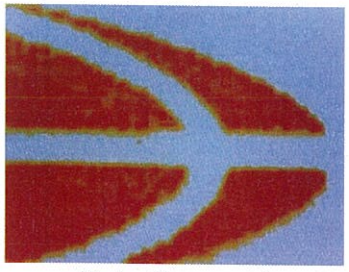
ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายในสภาวะใช้งานจริง

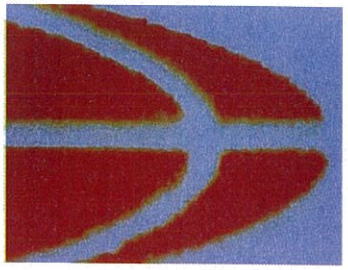
สูตรฟิล์มกาวอัด	อายุฟิล์มกาวอัด	
	30 วัน	45 วัน
PO4T6L4A	ผ่านที่ 800 แผ่น	ไม่ผ่านที่ 250 แผ่น
PO4T6L3C1A	ผ่านที่ 800 แผ่น	ผ่านที่ 800 แผ่น
PO4T6L4B	ผ่านที่ 800 แผ่น	ผ่านที่ 800 แผ่น
PO4T6L3C1B	ผ่านที่ 800 แผ่น	ไม่ผ่านที่ 228 แผ่น
PO4T6L4AN	ไม่ผ่านที่ 100 แผ่น	-
PO4T6L3C1AN	ไม่ผ่านที่ 90 แผ่น	-

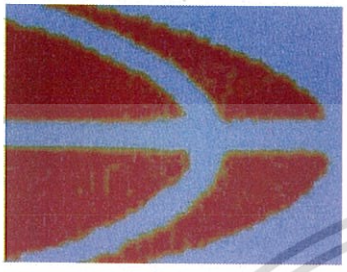
จากผลการทดสอบ พบว่า ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B และ PO4T6L3C1B ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 30 วัน สามารถปาดสีอย่างต่อเนื่องลงบนกระดาษได้มากกว่า 800 แผ่นและที่ระยะเวลา 45 วัน พบว่า มีเพียงกาวอัด 2 สูตร (PO4T6L3C1A และ PO4T6L4B) ที่ผ่านการทดสอบ สำหรับสูตร PO4T6L4A และ PO4T6L3C1B สามารถปาดอย่างต่อเนื่องได้เพียง 250 และ 228 แผ่น ตามลำดับ ฟิล์มกาวอัดสูตรที่ไม่ได้ผสมน้ำยาไวแสง (PO4T6L4AN, PO4T6L3C1AN, PO4T6L4BN และ PO4T6L3C1BN) ที่มีอายุฟิล์ม 30 วัน ไม่สามารถทนต่อแรงปาดของยางปาดได้ โดยสูตร PO4T6L4AN และ PO4T6L3C1AN สามารถปาดสีอย่างต่อเนื่องได้เพียง 100 และ 90 แผ่นตามลำดับ ดังนั้นจึงไม่นำฟิล์มกาวอัด 4 สูตรที่ไม่ผสมน้ำยาไวแสง (PO4T6L4AN, PO4T6L3C1AN, PO4T6L4BN และ PO4T6L3C1BN) มาทดสอบที่ระยะเวลา 45 วัน

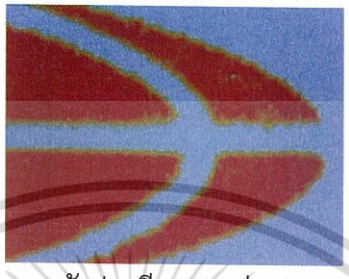
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

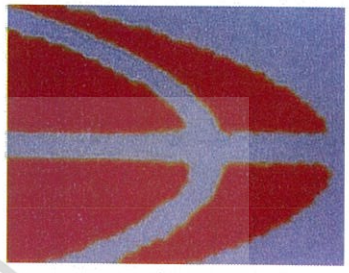
ก่อนปาดสี


หลังปาดสี 100 แผ่น


หลังปาดสี 200 แผ่น


หลังปาดสี 300 แผ่น


หลังปาดสี 400 แผ่น


หลังปาดสี 500 แผ่น

หลังปาดสี 600 แผ่น

หลังปาดสี 700 แผ่น

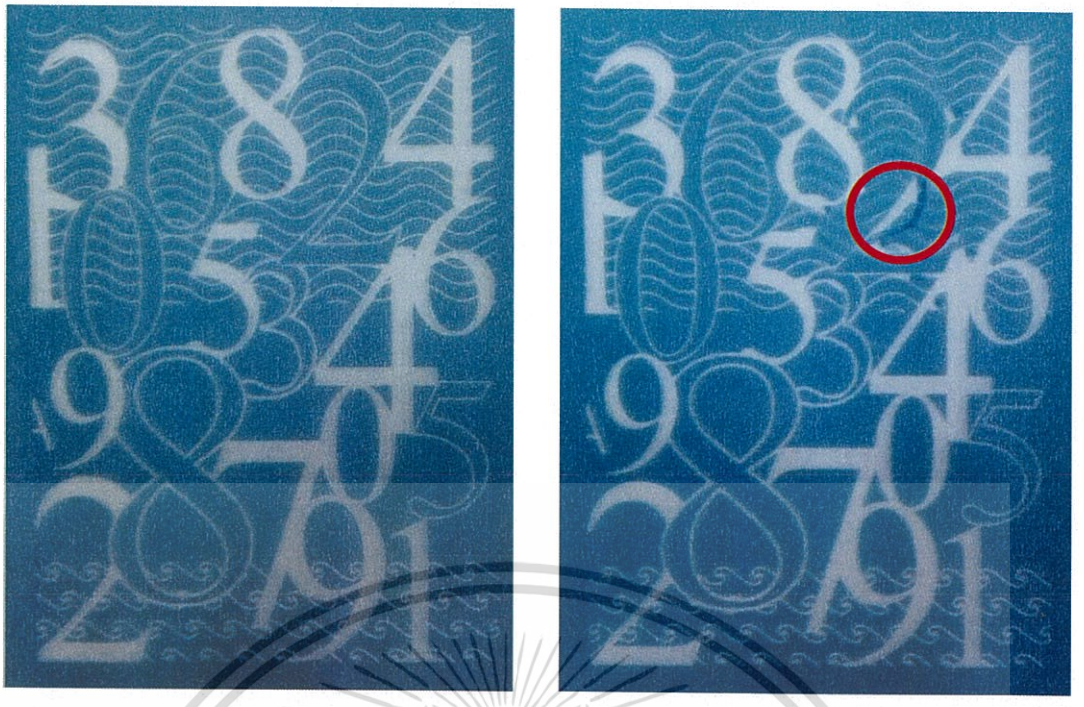
หลังปาดสี 800 แผ่น

รูปที่ 4.14 ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายตัวอย่างฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A (30 วัน)

4.7 ความสามารถในการเก็บรายละเอียดเมื่อใช้ลวดลายที่มีความละเอียดสูงขึ้น

จากการทดสอบอายุการใช้งานและความคงทนของลวดลาย จึงนำฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B และ PO4T6L3C1B ที่ระยะเวลาการเก็บ 7 และ 45 วัน มาถ่ายแบบด้วยแสงเป็นเวลา 4:00 นาที (ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 2) ใช้ลวดลายที่มีความละเอียดสูง โดยอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง จากวิทยาลัยช่างศิลป์ สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A ที่เก็บไว้ 7 วัน (ซ้าย) และ 45 วัน (ขวา)

(ข) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A ที่เก็บไว้ 7 วัน (ซ้าย) และ 45 วัน (ขวา)

รูปที่ 4.15 ลวดลายที่มีความละเอียดสูงที่ได้จากฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4B ที่เก็บไว้ 7 วัน (ซ้าย) และ 45 วัน (ขวา)

(ง) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1B ที่เก็บไว้ 7 วัน (ซ้าย) และ 45 วัน (ขวา)

รูปที่ 4.15 ลวดลายที่มีความละเอียดสูงที่ได้จากฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ (ต่อ)

จากผลการทดสอบความสามารถในการเก็บรายละเอียดเมื่อใช้ลวดลายที่มีความละเอียดสูงขึ้น ที่อายุฟิล์ม 7 วันพบว่า ฟิล์มกาวอัดทุกสูตร (PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B และ PO4T6L3C1B) สามารถถ่ายแบบและเก็บรายละเอียดของลวดลายได้ แต่ที่อายุฟิล์ม 45 วัน มีเพียงฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A เท่านั้นที่สามารถถ่ายแบบและเก็บรายละเอียดได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ความสามารถในการใช้งานกับหมึกพิมพ์ชนิดต่าง ๆ

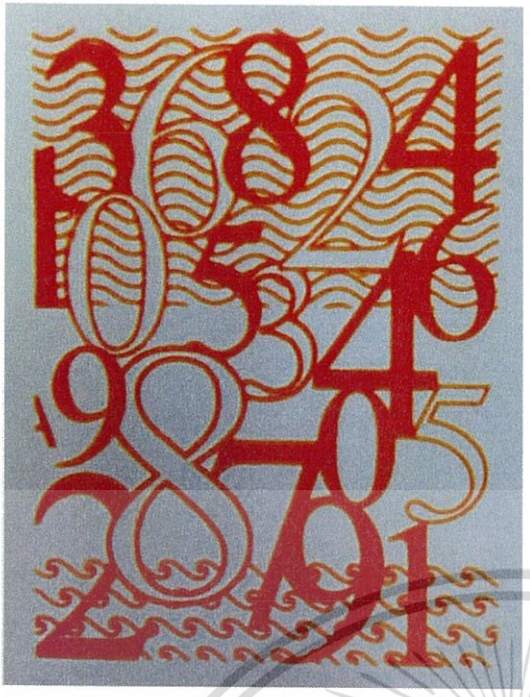
ฟิล์มกาวอัดสูตรที่ผ่านการทดสอบความสามารถในการเก็บรายละเอียดเมื่อใช้ลวดลายที่มีความละเอียดสูงขึ้นจากหัวข้อ 4.7 มาทดสอบการใช้งานกับหมึกพิมพ์เชื้อน้ำ และเชื้อน้ำมันชนิดแห้งช้า โดยปาดผ่านบล็อกสกรีนที่เตรียมได้ลงบนกระดาษ พบว่าฟิล์มกาวอัดทุกสูตร (PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B และ PO4T6L3C1B) สามารถใช้งานกับหมึกพิมพ์เชื้อน้ำและเชื้อน้ำมันชนิดแห้งช้าได้ แสดงดังรูปที่ 4.16 และ 4.17 ตามลำดับ

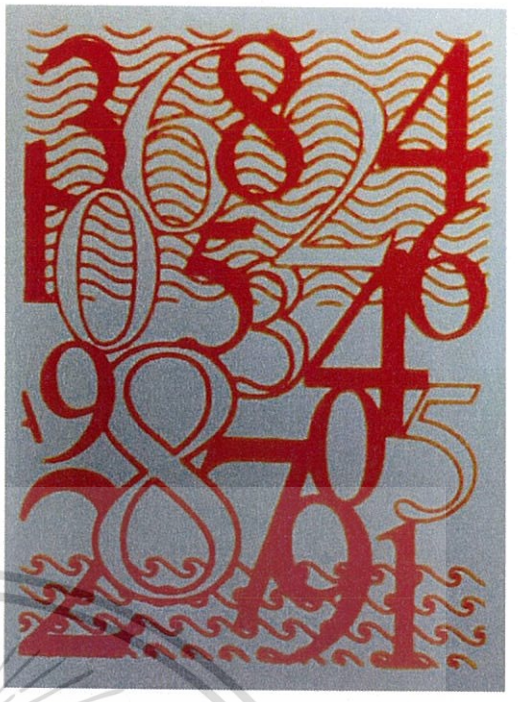
(ก) ฟิล์มกาวอัดสูตรPO4T6L4A ที่เก็บไว้ 7 วัน

(ข) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A ที่เก็บไว้ 7 วัน (ซ้าย) และ 45 วัน (ขวา)

รูปที่ 4.16 ลายภาพที่ได้จากการสกรีนโดยใช้หมึกพิมพ์เชื้อน้ำ จากฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





(ค) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4B ที่เก็บไว้ 7 วัน (ง) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1B ที่เก็บไว้ 7 วัน

รูปที่ 4.16 ลายภาพที่ได้จากการสกรีนโดยใช้หมึกพิมพ์เชื้อน้ำ จากฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ (ต่อ)

(ก) ฟิล์มกาวอัดสูตรPO4T6L4A ที่เก็บไว้ 7 วัน

รูปที่ 4.17 ลายภาพที่ได้จากการสกรีนโดยใช้หมึกพิมพ์เชื้อน้ำมัน จากฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A ที่เก็บไว้ 7 วัน (ซ้าย) และ 45 วัน (ขวา)

(ค) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4B ที่เก็บไว้ 7 วัน (ง) ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1B ที่เก็บไว้ 7 วัน

รูปที่ 4.17 ลายภาพที่ได้จากการสกรีนโดยใช้หมึกพิมพ์เชื้อน้ำมัน จากฟิล์มกาวอัดสูตรต่าง ๆ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 การเปรียบเทียบสมบัติฟิล์มกาวอัดที่เตรียมขึ้นกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบสมบัติของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B, PO4T6L3C1B กับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า

ฟิล์มกาวอัด / สมบัติ	PO4T6L4A	PO4T6L3C1A	PO4T6L4B	PO4T6L3C1B	ฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า
ลักษณะทางกายภาพ	นิ่ม	นิ่ม	นิ่ม	นิ่ม	แข็ง
สีของฟิล์มกาวอัด*	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	ม่วง
ความหนา	35±5 µm	35±5 µm	35±5 µm	35±5 µm	30 µm
เวลาในการถ่ายแบบ**	3:30 นาที	3:30 นาที	3:30 นาที	3:30 นาที	4:00 นาที***
การเก็บรักษา	เก็บในที่มืด	เก็บในที่มืด	เก็บในที่มืด	เก็บในที่มืด	เก็บในที่มืด
การดึงแผ่นพลาสติกออก	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ค่อนข้างยาก
การเก็บลายละเอียดลวดลายที่มีความละเอียดสูง	น้อย	น้อย	น้อย	น้อย	มากกว่า
ความคงทนในการปาดสี	มากกว่า 800 แผ่น	มากกว่า 800 แผ่น	มากกว่า 800 แผ่น	มากกว่า 800 แผ่น	มากกว่า 800 แผ่น
การใช้งานกับหมึกพิมพ์เชื้อน้ำ	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้
การใช้งานกับหมึกพิมพ์เชื้อน้ำมันชนิดแห้งช้า (Drulite ink)	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้
ความยากง่ายของการล้างฟิล์มกาวอัดออกจากบล็อกสกรีน	ล้างออกง่าย	ล้างออกง่าย	ล้างออกง่าย	ล้างออกง่าย	ล้างออกง่าย

*สีของฟิล์มขึ้นอยู่กับการเลือกใช้สี โดยไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของการถ่ายแบบลวดลาย

**ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 3

***ตู้ไฟถ่ายบล็อกสกรีนระบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 การประเมินราคาต้นทุนวัตถุดิบต่อหน่วย

เมื่อพิจารณาราคาสารเคมีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ เพื่อคิดราคาต้นทุนในการผลิตฟิล์มกาวอัด ขนาด 100x100 cm^2 สูตร PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B และ PO4T6L3C1B พบว่าทุกสูตรมีราคาต้นทุน 22.04 บาท (ไม่รวมค่าเครื่องมือและอุปกรณ์) โดยฟิล์มกาวอัดเกรดการค้ามีราคา 500 บาท (ราคาขายปลีก) สารเคมีต่าง ๆ มีราคาแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ราคาสารเคมี

สารเคมี	ขนาดบรรจุภัณฑ์ (กิโลกรัม)	ราคา (บาท)	ราคาต่อปริมาณ (บาท/กิโลกรัม)
พอลิไวนิลแอลกอฮอล์	20.0	207	10.35
พอลิไวนิลอะซิเทต	1.8	125	69.44
กรดโอเลอิก	1.0	740	740
น้ำมันลินสีด	1.0	200	200
น้ำมันละหุ่ง	1.0	192	192
กรดพาราโทลูอีนซัลโฟนิก	0.5	1,600	3,200
น้ำยาไวแสง	0.1	35	350
โซเดียมซัลไฟต์	1.0	800	800
โซเดียมเมทาไบซัลไฟต์	1.0	800	800
โซเดียมไบคาร์บอเนต	1.0	480	480

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยของรักษ์สุดา สวรรค์ดอน และคณะ [1] พบว่าฟิล์มกาวอัดสูตร PO(5)4T6L4A500 และ PO(5)4T6L4B500 สามารถถ่ายแบบและเก็บรายละเอียดของลวดลายได้ดี แต่อายุการใช้งานมีระยะเวลาค่อนข้างสั้น ดังนั้นจึงเลือกฟิล์มกาวอัดทั้ง 2 สูตร (PO(5)4T6L4A500 และ PO(5)4T6L4B500) มาปรับปรุงเสถียรภาพการใช้งาน โดยการเพิ่มน้ำมันละหุ่งและปริมาณสารดูดซับออกซิเจนงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการพัฒนาฟิล์มกาวอัดสำหรับงานพิมพ์สกรีน โดยมีพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงโครงสร้างด้วยกรดโอเลอิก และพอลิไวนิลอะซิเทต เป็นองค์ประกอบหลักของเนื้อฟิล์ม มีน้ำมันลินสีดและน้ำมันละหุ่งเป็นสารช่วยในการเชื่อมโยง โดยน้ำมันละหุ่งเป็นน้ำมันประเภทไม่แห้งเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในบรรยากาศ สามารถเพิ่มเสถียรภาพให้แก่ฟิล์มกาวอัดในขณะจัดเก็บ และมีการใช้สารดูดซับออกซิเจน ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์และโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ในปริมาณ 1000 ppm เพื่อยืดอายุการใช้งานโดยควบคุมความหนาของฟิล์มกาวอัดที่เตรียมได้ให้อยู่ในช่วง 35±5 μm โดยเปรียบเทียบกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้าที่มีความหนาเฉลี่ยอยู่ที่ 30 μm

เมื่อนำฟิล์มกาวอัดทุกสูตรที่เก็บไว้ 1 วันมาสร้างลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีนพบว่า ฟิล์มกาวอัดเกือบทุกสูตร สามารถเก็บรายละเอียดของลวดลายได้คมชัด การชะล้างลวดลายด้วยน้ำสามารถทำได้ง่าย ยกเว้น สูตร PO4T6L2C2A และ PO4T6L2C2B แม่พิมพ์สกรีนที่ได้มีลวดลายไม่คมชัด และชะล้างลวดลายค่อนข้างยาก

จากการศึกษาอายุการใช้งานของฟิล์มกาวอัดและความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบที่ระยะเวลาการเก็บฟิล์ม 1, 7, 15, 30 และ 45 วัน พบว่า ฟิล์มกาวสูตร PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B และ PO4T6L3C1B สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้คมชัดทั้งระบบการฉายแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นและแสงช่วงยูวีโดยใช้เวลาในการฉายแสงที่ 5:00 และ 3:30 นาที ตามลำดับ สำหรับฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4AN, PO4T6L3C1AN, PO4T6L4BN และ PO4T6L3C1BN นำมาถ่ายแบบในระบบการฉายแสงช่วงยูวีเพียงอย่างเดียว ซึ่งสามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้คมชัดเช่นกัน แต่ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L2C2A และ PO4T6L2C2B ไม่สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้คมชัดในระบบการฉายแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นที่อายุฟิล์มตั้งแต่ระยะเวลา 1 วันขึ้นไป

จากการวัดความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแบบ โดยพิจารณาจากผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบกับลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (ΔD_{TB}) ของฟิล์มกาวอัดสูตรที่สามารถถ่ายแบบแม่พิมพ์สกรีนได้คมชัด พบว่า ฟิล์มกาวอัดทุกสูตร (PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B, PO4T6L3C1B, PO4T6L4AN, PO4T6L3C1AN, PO4T6L4BN และ PO4T6L3C1BN) มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของลวดลายบริเวณหยาบ (ตำแหน่งที่ 1 และ 2) และลวดลายบริเวณละเอียด (ตำแหน่งที่ 3) มีค่ามากกว่าฟิล์มกาวอัดเกรดการค้าเล็กน้อย แสดงถึงความคลาดเคลื่อนของลวดลายหลังการถ่ายแบบของฟิล์มกาวอัดสูตรดังกล่าวที่มากกว่าฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า จากนั้นนำแม่พิมพ์สกรีนที่ได้ไปทดสอบความคงทนที่สภาวะการใช้งานจริง ที่ระยะเวลาการเก็บฟิล์ม 30 และ 45 วัน พบว่า ที่ 30 วัน ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B และ PO4T6L3C1B สามารถปาดสีได้มากกว่า 800 แผ่น แต่สำหรับสูตร PO4T6L4AN, PO4T6L3C1AN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถปาดสีได้เพียง 100 และ 90 แผ่น ตามลำดับ และการทดสอบที่ 45 วัน พบว่า มีเพียงฟิล์มกาวอัด 2 สูตร คือ PO4T6L3C1A และ PO4T6L4B ที่สามารถปาดสีได้มากกว่า 800 แผ่น

จากการทดสอบความสามารถในการเก็บรายละเอียดของลวดลายที่มีความละเอียดสูงขึ้นและการใช้งานกับหมึกพิมพ์เชื้อน้ำและเชื้อน้ำมันชนิดแห้งช้าของฟิล์มกาวอัดที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 7 และ 45 วัน พบว่าที่ 7 วัน ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A, PO4T6L3C1A, PO4T6L4B และ PO4T6L3C1B สามารถถ่ายแบบลวดลายที่มีความละเอียดสูง และสามารถใช้งานกับหมึกพิมพ์ทั้ง 2 ชนิดได้แต่ที่ 45 วัน มีเพียงฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A เท่านั้นที่สามารถถ่ายแบบลวดลายที่มีความละเอียดสูง และสามารถใช้งานกับหมึกพิมพ์ทั้ง 2 ชนิดได้

เมื่อนำการทดสอบทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า พบว่า ฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A มีสมบัติการใช้งานใกล้เคียงกับฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า สามารถนำมาใช้งานทดแทนฟิล์มกาวอัดเกรดการค้าได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาน้ำมันประเภทแห้งช้าชนิดอื่นเปรียบเทียบกับน้ำมันละหุ่ง เพื่อปรับปรุงเสถียรภาพของฟิล์มกาวอัด
2. ศึกษาประเภทของน้ำยาไวแสงชนิดอื่น ที่สามารถทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมโยงได้
3. นำฟิล์มกาวอัดไปทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่ใช้งานจริง เพื่อเก็บข้อมูลและประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] รักษ์สุดา สวรรค์ดอน, รุ่งเรืองชัย คำเมืองไหว และลลิตา อุไรสกุล. 2557. "การพัฒนาฟิล์มกาวอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิก พอลิไวนิลอะซิเทต และน้ำมันลินสีดสำหรับงานพิมพ์สกรีน." โครงงานพิเศษ สาขาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[2] ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์. 2548. **การพิมพ์ซิลค์สกรีน.** กรุงเทพฯ : สิปประภา.

[3] วิเชียร จิระกรานนท์ และนงเยาว์ จิระกรานนท์. 2546. **การพิมพ์สกรีน Screen Print techniques.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : อุษาการพิมพ์.

[4] วรา ชัยนิตย์. 2539. **การพิมพ์สกรีน Screen Printing.** กรุงเทพฯ : วิทยาลัยช่างศิลป์.

[5] ปิยะ วงกิจพิมพ์ และยงยุทธ ตั้งจิตปิยะนนท์. 2536. **เทคนิคการพิมพ์สกรีน.** กรุงเทพฯ : เอส.วี.พริ้นติ้ง.

[6] กฤติยา หอมชู, ภานุพงศ์ พันธ์พืช และวันวิวาห์ ชื่นสำนวล. 2555. "การพัฒนาสูตรเนื้อสีฐานน้ำ สำหรับงานพิมพ์สกรีนจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และน้ำยางธรรมชาติ." โครงงานพิเศษ สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[7] Vessel Chemical. 2014. **โพลิไวนิลแอลกอฮอล์ / พีวีเอ.** [Online]. Available : http://www.vessel-chemical.com/Default.aspx?pageid=25.

[8] Wikipedia. 2016. **Polyvinyl alcohol, Others.** [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl_alcohol.

[9] ไพศาล นาคพิพัฒน์ และเอิบบุญ สุทธิประภา. 2547. **พลาสติกกับชีวิตในปัจจุบัน.** [Online]. Available : http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/other_sub.php?file=encyclopedia/saranugrom.htm.

[10] Wikipedia. 2016. **Polyvinyl acetate.** [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl_acetate.

[11] ธนาวดี ลี้จากภัย. 2008. **กาวกับการเลือกใช้งาน.** [Online]. Available : http://www.vcharkarn.com/varticle/38229.

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

[13] Cyberlab. 2548. **น้ำมันชักแห้งธรรมชาติ.** [Online]. Available : http://cyberlab.lkl.ku.ac.th/elearn/faculty/version/vet69/Biochemistry%20Web%20Job/lipid/fatty%20acid.htm.

[14] เกษตรพอเพียง. 2548. **น้ำมันชักแห้งธรรมชาติ.** [Online]. Available : www.kasetporpeang.com/forums/index.php?topic=5782.0.

[15] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2013. **Fatty acid.** [Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0800/fatty-acid.

[16] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2013. **Saturated fatty acid.** [Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/314/saturated-fatty-acid.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[17] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2013. **Unsaturated fatty acid.** [Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/886/unsaturated-fatty-acid.

[18] Richard, W. 1993. "International News on Fats." *Oils and Related Materials.* 20(4) : 174-176.

[19] บุญรอด วงษ์สวาท. 2015.**ชนิดของกรดไขมัน.** [Online]. Available : http:// www.promma.ac.th/main/chemistry/boonrawd_site/kind_of_fattyacid.htm.

[20] American Society for Testing and Materials (ASTM). 2005. **Acid value : D 1639.** Standard Method for Acid Value of organic Materials.

[21] American Society for Testing and Materials (ASTM). 2005. **Saponification value : D 1962.** Test for saponification value of drying oil, fats and polymerized fatty acids.

[22] American Society for Testing and Materials (ASTM). 2005. **Hydroxyl value : D 1957.** Standard Test Method for Hydroxyl Value of Fatty Oils and Acids.

[23] American Society for Testing and Materials (ASTM). 2005. **Iodine value : D 1959.** Test for Iodine Value of drying Oils and their Derivatives.

[24] วิกิพีเดีย. 2558. **จิตรกรรมสีน้ำมัน.** [Online]. Available : http://th.Wikipedia.org/wiki/จิตรกรรมสีน้ำมัน.

[25] Wikipedia. 2016. **Linseed oil.** [Online]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Linseed_oil.

[26] Vchakarn. 2551. **ลินสีด(Linseed or Flaxseed).** [Online]. Available : http://www.vcharkarn.com/vcafe/62564.

[27] Gunstone, F.D. John, L. and Albert, J. 2007. **The Lipid Handbook.** [CD-ROM]. Florida : Boca Raton.

[28] Wikipedia. 2016. **Myristic acid.** [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Myristic_acid.

[29] Wikipedia. 2016. **Linoleic acid.** [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Linoleic_acid.

[30] Wikipedia. 2016. **Alpha-Linolenic acid.** [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Alpha-Linolenic_acid.

[31] Wikipedia. 2016. **Ricinoleic acid.** [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Ricinoleic_acid.

[32] Wikipedia. 2016. **Stearic acid.** [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Stearic_acid.

[33] Pub Chem. 2005. **Dihydroxystearic acid.** [Online]. Available : https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov.

[34] Wikipedia. 2016. **Oleic acid.** [Online]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Oleic_acid.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[35] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2013. **Oleic acid / กรดโอเลอิก.** [Online]. Available : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1643/oleic-acid.

[36] ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2013. **ละหุ่ง สรรพคุณและประโยชน์ของละหุ่ง.** [Online]. Available : www.phargarden.com.

[37] ศศิวิมล แสวงผล, เชฏฐ์ สาทรกิจและทยา เจนจิตติกุล. 2546. **สารานุกรมผลิตผลและผลิตภัณฑ์จากพืชในซุปเปอร์มาร์เก็ต ฉบับคอมพิวเตอร์.** [Online]. Available : http://www.sc.mahidol.ac.th.

[38] อาวุธ ณ ลำปาง และชุลี ชัยพิพัฒน์. 2538. **พืชน้ำมัน.** [Online]. Available : http://www.kanchanapisek.or.th.

[39] Wikipedia. 2016. **Castor oil.** [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/Castor_oil.

[40] ศศิธร จารุสมบัติ. 2545. **พืชน้ำมัน.** กรุงเทพฯ. ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[41] อรอุมา บวรศักดิ์. 2548. **ตัวเร่งปฏิกิริยา.** [Online]. Available : http://www.thaigoodview.com/library/teachershow/nongkhai/onumab/chemical/sec01p16.htm.

[42] Wikipedia. 2016. ***P*-toluenesulfonic acid.** [Online]. Available : https://en.wikipedia.org/wiki/P-Toluenesulfonic_acid.

[43] Pub Chem. 2005. ***P*-toluenesulfonic acid.** [Online]. Available : https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov.

[44] ชมพูนุช ฉันทะจำรัสศิลป์, ธนาภรณ์ สหัสสานนท์ และพีรพร สัจจพันธ์พงษ์. 2555. "การพัฒนากาวอัดจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และพอลิไวนิลอะซิเทตปรับปรุงด้วยกรดโอเลอิกและน้ำมันลินสีดสำหรับงานพิมพ์สกรีน." โครงงานพิเศษ สาขาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[45] ณัฏฐดนัย อุนเกษม, ปาวีณา มูลเค้า และพรพิมล กังวาลสงค์. 2554. "การเตรียมแผ่นกระดาษอัดโดยใช้กาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ปรับปรุงสมบัติด้วยน้ำมันทังและน้ำมันละหุ่ง." โครงงานพิเศษ สาขาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[46] รัตนาพรทองสุขและพรพรรณพูนแสวง. 2552. "การเตรียมกาวติดไม้ปราศจากฟอร์มัลดี-ไฮด์จาก PVA และน้ำมันทัง." โครงงานพิเศษ สาขาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[47] Park, H.K. Kong, B.S. and Oh, E.S. 2011. "Effect of high adhesive polyvinyl alcohol binder on the anodes of lithium ion batteries." *Electrochemistry Communications*. 11(13) : 1051-1053.

[48] Lakkanapronwisit, P. and Rattanaapiromyakit, N. 2008. "Preparation and modification of wood-adhesive using PVOH and natural-drying oil." Special

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Book International programs, Faculty of science King Mongkut's Institute of Technolgy Ladkrabang.

[49] Tharhate, S. and Ngamcharoentavorn, J. 2007. "Water-resistant enhancement of Drying oil Modified Poly(vinyl alcohol)." Special Project Book International programs, Faculty of science King Mongkut's Institute of Technolgy Ladkrabang.

[50] Riyajan, S. and Sasithornsonti, Y. 2013. "Chemical Crosslink Degradable PVA Aqueous Solution by Potassium persulphate." *Journal of polymers and the environment.* 56(21) : 472-478.

[51] Bai, S. Khakhar, D.V. and Nadkarni, V.M. 1996. "Mechanical Properties of simultaneous interpenetrating polymer networks of castor oil based polyurethane and polystyrene." *Polymer.* 11(38) : 1319-1323.

[52] Oyman, Z.O. Ming, W. and Van der Linde, R. 2005. "Oxidation of drying oils containing non-conjugated and conjugated double bond catalyzed by a cobalt catalyzed." *Organic Coatings.* 48(54) : 198-204.

[53] Wikiwand. 2559. **เลเซอร์.** [Online]. Available : http://www.wikiwand.com/th/เลเซอร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลของความคมชัดของลวดลายหลังการถ่ายแม่พิมพ์สกรีน

ตารางที่ ก1 ผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบ (D_T) กับระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B)

สูตร	ตำแหน่งที่	D_B(mm)			Average of D_B(mm)	ΔD_{TB} (mm)	$\%D_{TB}$
		D_{B1}	D_{B2}	D_{B3}			
ฟิล์มกาวอัด เกรดการค้า	1	1.676	1.793	1.701	1.723	0.081	4.47
	2	1.083	1.147	1.095	1.108	0.052	4.45
	3	0.580	0.554	0.575	0.570	0.036	6.00
PO4T6L4A	1	1.701	1.676	1.624	1.667	0.137	7.59
	2	0.967	1.005	0.971	0.981	0.179	15.43
	3	0.786	0.709	0.705	0.733	-0.127	-20.95
PO4T6L3C1A	1	1.676	1.624	1.659	1.653	0.151	8.37
	2	1.018	0.988	0.992	0.999	0.161	13.87
	3	0.696	0.786	0.764	0.748	-0.142	-23.43
PO4T6L4B	1	1.701	1.701	1.560	1.654	0.150	8.31
	2	1.005	1.160	0.825	0.996	-0.164	-14.13
	3	0.619	0.528	0.773	0.640	-0.034	-5.61
PO4T6L3C1B	1	1.675	1.277	1.533	1.495	0.309	17.12
	2	1.019	0.773	0.758	0.850	0.310	26.72
	3	0.670	0.889	0.656	0.733	-0.127	-20.95
PO4T6L4AN	1	1.624	1.637	1.566	1.609	0.195	10.80
	2	1.057	0.928	0.876	0.943	0.217	18.70
	3	0.593	0.609	0.554	0.585	0.021	3.46
PO4T6L3C1AN	1	1.624	1.714	1.701	1.679	0.125	6.92
	2	1.186	0.967	1.070	1.074	0.086	7.41
	3	0.645	0.580	0.567	0.597	0.009	1.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก1 ผลต่างระหว่างระยะห่างของลวดลายแม่แบบ (D_T) กับระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) (ต่อ)

สูตร	ตำแหน่งที่	D_B(mm)			Average of D_B (mm)	ΔD_{TB} (mm)	$\%D_{TB}$
		D_{B1}	D_{B2}	D_{B3}			
PO4T6L4BN	1	1.701	1.559	1.601	1.620	0.184	10.19
	2	1.108	1.044	1.058	1.070	0.090	7.75
	3	0.696	0.567	0.570	0.611	-0.005	-0.82
PO4T6L3C1BN	1	1.780	1.650	1.740	1.723	0.081	4.49
	2	1.057	0.954	1.134	1.048	0.112	9.65
	3	0.645	0.748	0.606	0.666	-0.060	-9.90

หมายเหตุ

$$\%\Delta D_{TB} = \frac{\Delta D_{TB}}{D_T} \times 100$$

D_T คือ ระยะห่างของลวดลายแม่แบบ

D_{T1} คือ ระยะของลวดลายแม่แบบตำแหน่งที่ 1 เท่ากับ 1.804 mm

D_{T2} คือ ระยะของลวดลายแม่แบบตำแหน่งที่ 2 เท่ากับ 1.160 mm

D_{T3} คือ ระยะของลวดลายแม่แบบตำแหน่งที่ 3 เท่ากับ 0.606 mm

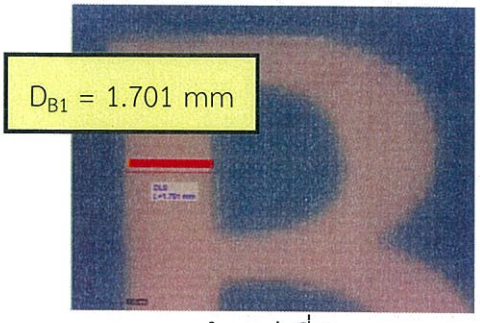
D_B คือ ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน

D_{B1} คือ ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีนครั้งที่ 1

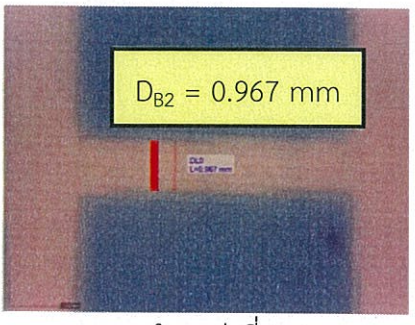
D_{B2} คือ ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีนครั้งที่ 2

D_{B3} คือ ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีนครั้งที่ 3

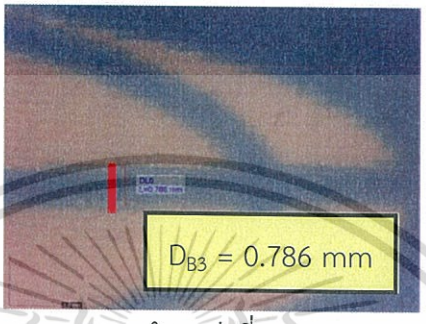
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตำแหน่งที่ 1

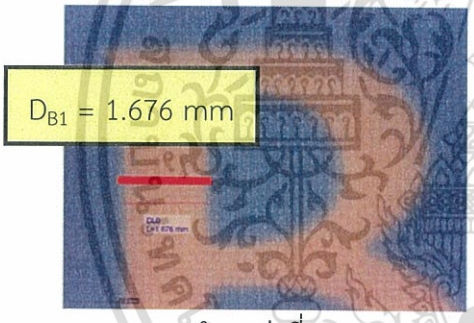


ตำแหน่งที่ 2

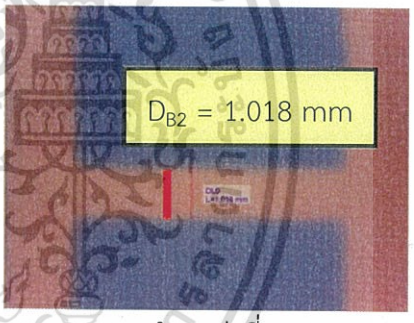


ตำแหน่งที่ 3

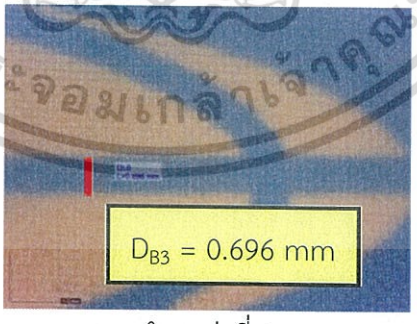
รูปที่ ก1 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A



ตำแหน่งที่ 1



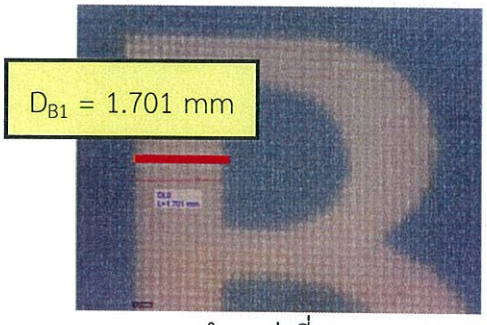
ตำแหน่งที่ 2



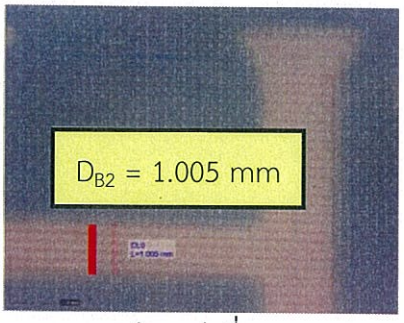
ตำแหน่งที่ 3

รูปที่ ก2 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A

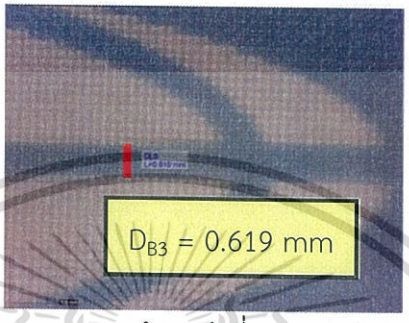
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตำแหน่งที่ 1

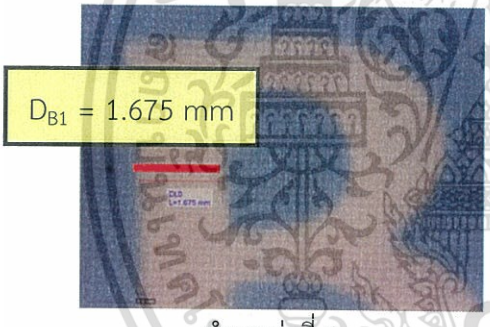


ตำแหน่งที่ 2

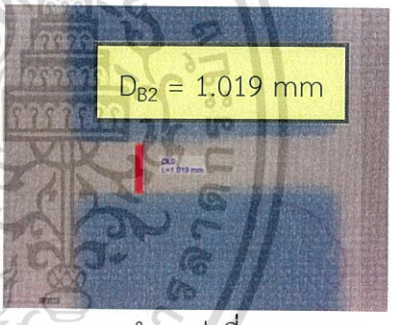


ตำแหน่งที่ 3

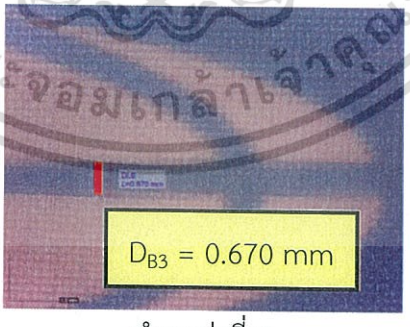
รูปที่ ก3 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4B



ตำแหน่งที่ 1



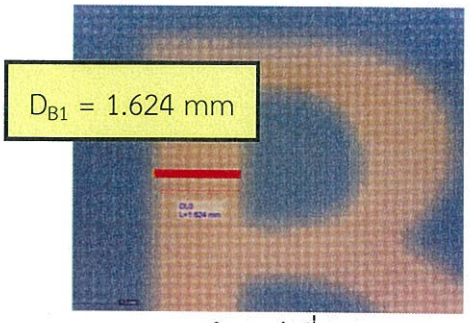
ตำแหน่งที่ 2



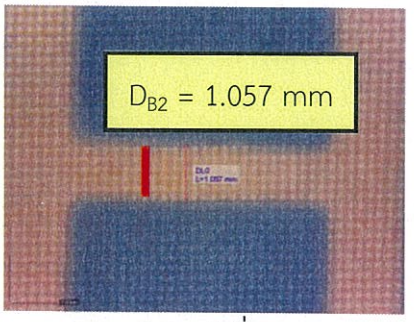
ตำแหน่งที่ 3

รูปที่ ก4 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1B

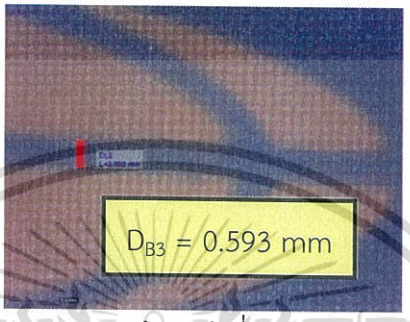
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตำแหน่งที่ 1

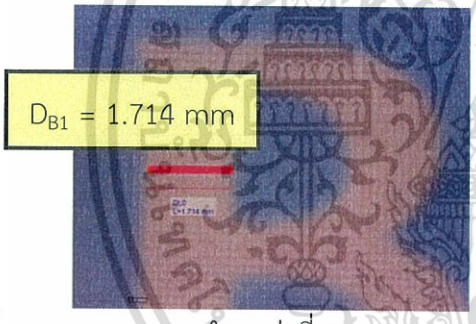


ตำแหน่งที่ 2

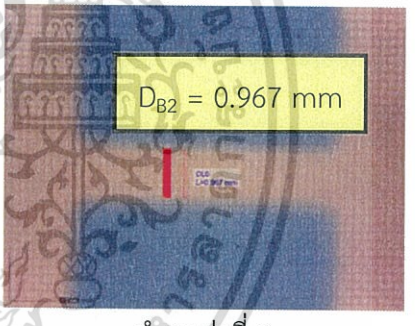


ตำแหน่งที่ 3

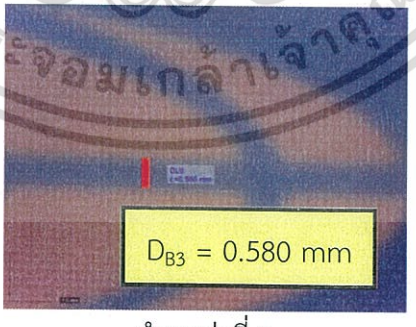
รูปที่ ก5 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4AN



ตำแหน่งที่ 1



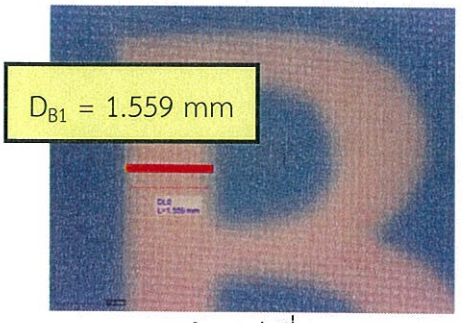
ตำแหน่งที่ 2



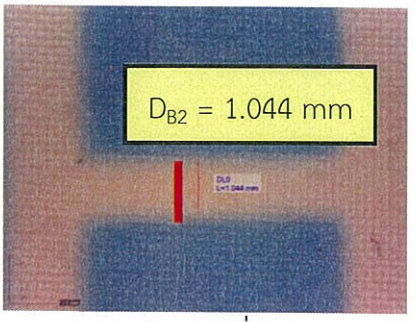
ตำแหน่งที่ 3

รูปที่ ก6 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1AN

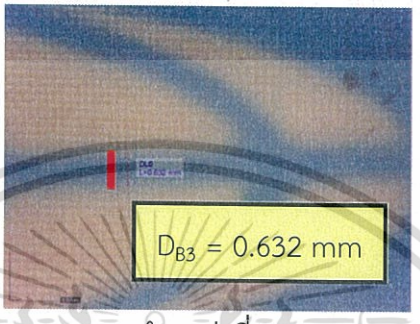
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตำแหน่งที่ 1

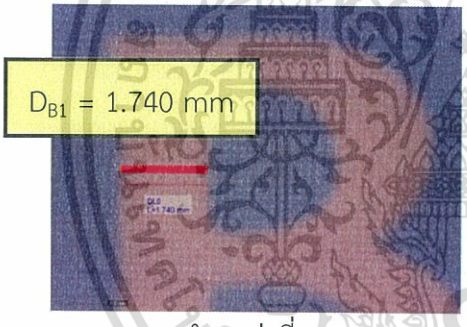


ตำแหน่งที่ 2

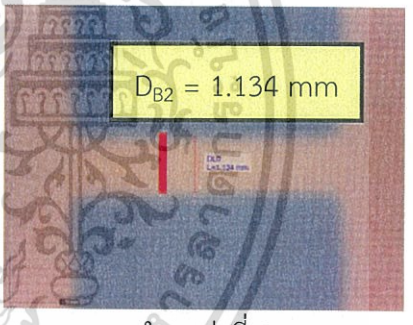


ตำแหน่งที่ 3

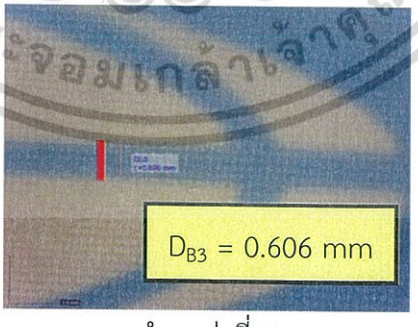
รูปที่ ก7 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4BN



ตำแหน่งที่ 1



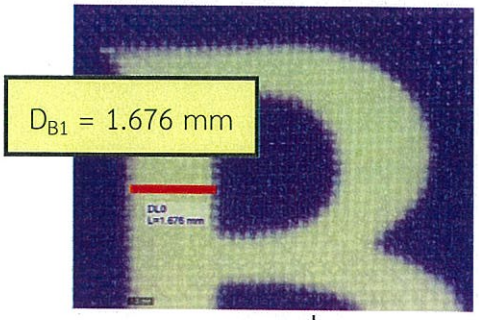
ตำแหน่งที่ 2



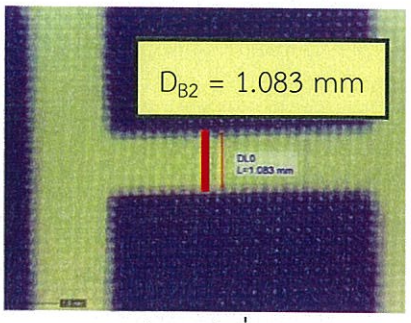
ตำแหน่งที่ 3

รูปที่ ก8 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1BN

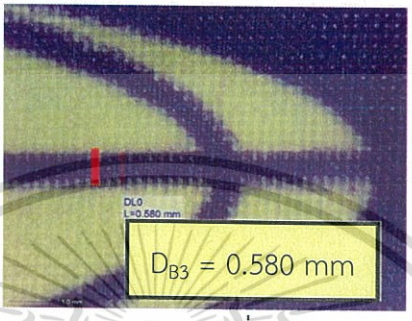
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตำแหน่งที่ 1



ตำแหน่งที่ 2



ตำแหน่งที่ 3

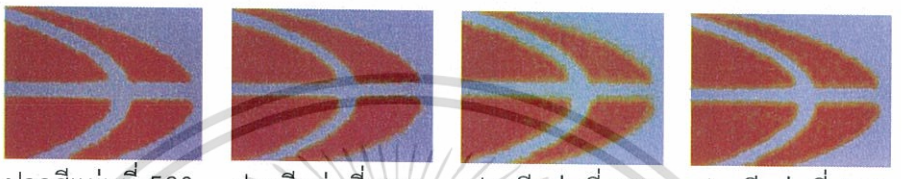
รูปที่ ก9 ระยะห่างของลวดลายบนแม่พิมพ์สกรีน (D_B) ของฟิล์มกาวอัดเกรดการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายในสภาวะการใช้งานจริง

ก่อนปาดสี ปาดสีแผ่นที่ 100 ปาดสีแผ่นที่ 200 ปาดสีแผ่นที่ 300 ปาดสีแผ่นที่ 400



ปาดสีแผ่นที่ 500 ปาดสีแผ่นที่ 600 ปาดสีแผ่นที่ 700 ปาดสีแผ่นที่ 800

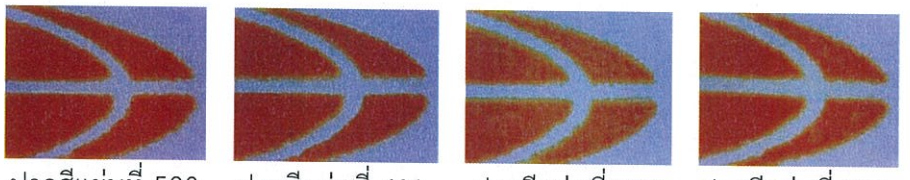
รูปที่ ข1 ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4A

ก่อนปาดสี ปาดสีแผ่นที่ 100 ปาดสีแผ่นที่ 200 ปาดสีแผ่นที่ 300 ปาดสีแผ่นที่ 400

ปาดสีแผ่นที่ 500 ปาดสีแผ่นที่ 600 ปาดสีแผ่นที่ 700 ปาดสีแผ่นที่ 800

รูปที่ ข2 ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1A

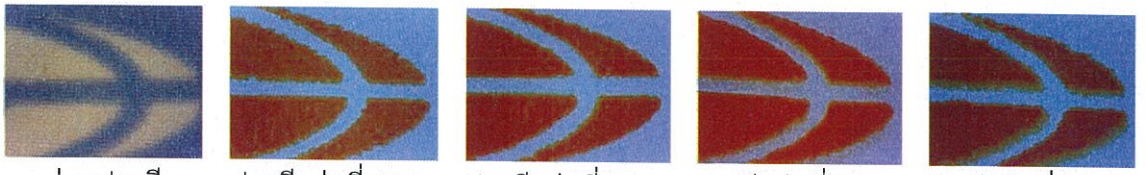
ก่อนปาดสี ปาดสีแผ่นที่ 100 ปาดสีแผ่นที่ 200 ปาดสีแผ่นที่ 300 ปาดสีแผ่นที่ 400



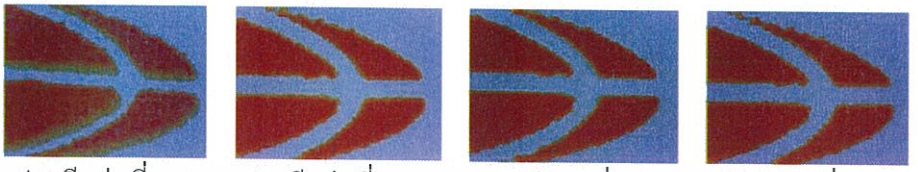
ปาดสีแผ่นที่ 500 ปาดสีแผ่นที่ 600 ปาดสีแผ่นที่ 700 ปาดสีแผ่นที่ 800

รูปที่ ข3 ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก่อนปาดสี ปาดสีแผ่นที่ 100 ปาดสีแผ่นที่ 200 ปาดสีแผ่นที่ 300 ปาดสีแผ่นที่ 400



ปาดสีแผ่นที่ 500 ปาดสีแผ่นที่ 600 ปาดสีแผ่นที่ 700 ปาดสีแผ่นที่ 800

รูปที่ ข4 ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1B

ก่อนปาดสี

ไม่ผ่านที่ 100 แผ่น

รูปที่ ข5 ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L4AN

ก่อนปาดสี

ไม่ผ่านที่ 90 แผ่น

รูปที่ ข6 ผลการทดสอบความคงทนของลวดลายฟิล์มกาวอัดสูตร PO4T6L3C1AN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ปัญหาที่เกิดจากการทำแม่พิมพ์สกรีนโดยใช้ฟิล์มแบบผสมและวิธีแก้ไข

ตารางที่ ค1 ปัญหาที่เกิดจากการทำแม่พิมพ์สกรีนโดยใช้ฟิล์มแบบผสมและวิธีแก้ไข

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
● มีเม็ดเล็กบนแม่พิมพ์สกรีน	1. ผ้าสกรีนไม่สะอาด 2. มีฝุ่นละอองเกาะติดอยู่บนแม่แบบ ผ้าสกรีน แผ่นฟิล์ม หรือกระจก	1. ทำความสะอาดผ้าสกรีนใหม่ จนแน่ใจว่าไม่มีสิ่งเจือปนติดอยู่ 2. เช็ดทำความสะอาดแม่แบบ ผ้าสกรีน แผ่นฟิล์ม หรือกระจกให้สะอาดปราศจากฝุ่นก่อนนำมาใช้งาน
● ล้างลวดลายได้เฉพาะบางส่วน	1. ปาดกาวอัดไม่เรียบ หรือไม่สม่ำเสมอ ทำให้มีความหนาไม่สม่ำเสมอ 2. ลวดลายแม่แบบมีความทึบแสงไม่สม่ำเสมอ 3. ลวดลายแม่แบบไม่แนบสนิทกับผ้าสกรีน	1. ปาดกาวอัดจากบนลงล่างเพียงครั้งเดียว และปาดซ้ำจนแน่ใจว่ากาวอัดติดทั่วฟิล์มกาวอัดแล้ว 2. ตรวจสอบลวดลายแม่แบบก่อนว่ามีความทึบแสงสม่ำเสมอหรือไม่ ก่อนนำมาใช้งาน 3. ต้องทำให้ลวดลายแม่แบบแนบสนิทกับผ้าสกรีนก่อนนำไปฉายแสง
● ส่วนของฟิล์มกาวอัดที่นอกเหนือจากลวดลายหลุดออกในระหว่างการล้าง	1. ผสมกาวอัดและน้ำยาไวแสงไม่ถูกต้องตามอัตราส่วน 2. ใช้หัวฉีดน้ำที่มีแรงดันน้ำสูงเกินไป หรือล้างลายนานเกินไป 3. ใช้เวลาในการฉายแสงน้อยเกินไป	1. ผสมกาวอัดและน้ำยาไวแสงให้อยู่ในอัตราส่วนที่ถูกต้องเหมาะสม 2. ฉีดล้างเฉพาะตำแหน่งของลวดลายให้ออกจนขัดเจนและลดแรงดันของน้ำลง อย่าล้างลายนานเกินไป 3. หาระยะเวลาในการฉายแสงให้เหมาะสม

ตารางที่ ค1 ปัญหาที่เกิดจากการทำแม่พิมพ์สกรีนโดยใช้ฟิล์มแบบผสมและวิธีแก้ไข (ต่อ)

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
● เกิดฟองอากาศบนแม่พิมพ์สกรีน	1. ยางปาดที่ใช้ปาดกาวอัดเพื่อยึดฟิล์มมีลักษณะแหลมและเข็งมากเกินไป 2. แรงที่ใช้ในการปาดกาวอัดน้อยเกินไป หรือไม่สม่ำเสมอ	1. ควรใช้ยางปาดที่มีความแข็งปานกลางและแรงกดที่ใช้ปาดกาวอัดควรแรงพอให้ฟิล์มติดบนผ้าสกรีน 2. กดยางปาดในขณะปาดกาวอัดให้สม่ำเสมอจนแน่ใจว่ากาวอัดติดทั่วบริเวณฟิล์มกาวอัด
● กาวอัดหลุดออกหมดขณะล้างลวดลาย	1. กาวอัดและน้ำยาไวแสงอาจเสื่อมสภาพ 2. เคลือบกาวอัดลงบนผ้าสกรีนบางเกินไป ทำให้เนื้อฟิล์มกาวอัดไม่สามารถยึดติดบนผ้าสกรีนได้ดี 3. ผสมกาวอัดและน้ำยาไวแสงไม่เข้ากัน 4. ใช้เวลาในการฉายแสงน้อยเกินไป	1. ตรวจสอบอายุการใช้งานของกาวอัดและน้ำยาไวแสง 2. เคลือบกาวอัดให้สม่ำเสมอและมีความหนาพอเหมาะกับความละเอียดของผ้าสกรีน 3. ควรคนกาวอัดและน้ำยาไวแสงให้เข้ากันก่อนนำมาใช้ 4. เพิ่มเวลาในการฉายแสงให้นานขึ้น
● ขอบของลวดลายไม่คมชัด	1. ยางปาดที่ใช้ปาดกาวอัดในเวลาติดฟิล์มมีความแข็งและคมมากเกินไป 2. แม่แบบฟิล์มไม่แนบสนิทกับผ้าสกรีนขณะฉายแสง 3. ใช้เวลาในการล้างลวดลายน้อยเกินไป 4. ใช้เวลาในการฉายแสงน้อยเกินไป	1. ใช้ยางปาดที่มีความแข็งแรงขนาดกลางและไม่คมมากเกินไป ออกแรงกดพอสมควรขณะติดฟิล์มกับผ้าสกรีน 2. ใช้กระจกที่มีขนาดเล็กวางทับลวดลายแม่แบบ เพื่อให้มั่นใจว่าลวดลายแม่แบบแนบสนิทกับกระจกแล้ว 3. ฉีดน้ำล้างจนกว่าตำแหน่งของลายจะหลุดออกสมบูรณ์ 4. หาระยะเวลาในการฉายแสงให้เหมาะสม

ภาคผนวก ง
ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะปาดหมึกพิมพ์ลงบนกระดาษและวิธีแก้ไข

ตารางที่ ง1 ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะที่ปาดหมึกพิมพ์ลงบนกระดาษและวิธีแก้ไข

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
• หมึกพิมพ์ติดเลอะที่แม่พิมพ์สกรีนด้านที่สัมผัสกับกระดาษ ทำให้มีหมึกพิมพ์ติดเลอะออกนอกลวดลาย	1. ใช้แรงกดแม่พิมพ์สกรีนน้อยเกินไป 2. ขณะปาดหมึกพิมพ์แม่พิมพ์สกรีนไม่แนบสนิทกับกระดาษ 3. ใช้แรงกดยางปาดน้อยเกินไป	1. ใช้มือกดแม่พิมพ์สกรีนให้สนิทขณะที่ปาดหมึกพิมพ์ 2. ตรวจสอบดูว่าไม่มี กระดาษ หรือสิ่งของใดๆ มากั้นให้แม่พิมพ์สกรีนไม่แนบสนิท 3. ใช้แรงกดยางปาดพอสมควรอย่างสม่ำเสมอ
• กระดาษติดขึ้นมากับแม่พิมพ์สกรีนหลังการปาดหมึกพิมพ์	1. กระดาษไม่เรียบไม่ยึดติดกับแผ่นรองสกรีน 2. กาวยึดผ้าที่ใช้ยึดติดได้น้อยลง 3. มีหมึกพิมพ์เลอะที่แม่พิมพ์ด้านที่สัมผัสกระดาษ 4. ใช้แรงกดยางปาดมากเกินไปทำให้หมึกพิมพ์ลงไปในลวดลายมากจนมีแรงพอที่จะดึงกระดาษติดขึ้นมา	1. กดกระดาษให้เรียบก่อนการปาดหมึกพิมพ์ 2. ใส่กาวยึดผ้าเพิ่มก่อนปาดหมึกพิมพ์ต่อ 3. ปาดหมึกพิมพ์ต่อไปเรื่อยๆ หมึกที่เลอะจะลดลงเองหรือใช้ผ้าเช็ดออก 4. ใช้แรงกดยางปาดพอประมาณแต่ต้องให้แนบสนิท
• แผ่นรองสกรีนติดแม่พิมพ์สกรีนขึ้นมาจากพื้นก่อนจะหล่นลงไป ทำให้ขยับจากตำแหน่งเดิม	1. มีส่วนของกาวยึดผ้าที่ออกมานอกขอบกระดาษทำให้แผ่นรองสกรีนยึดติดกับแม่พิมพ์ 2. แผ่นกระดาษเล็กเกินไปไม่ครอบคลุมพื้นที่ที่ทากาวยึดผ้า	1. ใช้กาวยึดผ้าให้พอดีกับขนาดกระดาษ และไม่ใส่เยอะจนเกินไป 2. ตัดแผ่นกระดาษให้มีขนาดสม่ำเสมอกัน

ตารางที่ ง1 ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะที่ปาดหมึกพิมพ์ลงบนกระดาษและวิธีแก้ไข (ต่อ)

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
• หมึกพิมพ์ไหลออกนอกลวดลายของแม่พิมพ์สกรีน	1. หมึกพิมพ์เหลวเกินไปจากการผสมน้ำยา Softy ที่มากเกินไป	1. เพิ่มความหนืดของหมึกพิมพ์ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการปาดหมึกพิมพ์
• ลวดลายที่ได้มีการซ้อนกัน ลายพิมพ์ไม่ตรงกัน มีการเหลื่อมกัน	1. ดึงกระดาษที่ติดขึ้นมากับแม่พิมพ์สกรีนออก แล้วกระดาษเคลื่อนทำให้สีเลอะแม่พิมพ์สกรีน 2. กระดาษที่ติดขึ้นมากับแม่พิมพ์สกรีนหลุดออกเองและเลอะแม่พิมพ์สกรีน 3. แม่พิมพ์สกรีนไม่แนบสนิทกับกระดาษ อาจจะมีสิ่งของอื่นๆ ขวางกั้นอยู่	1. กรณีที่กระดาษติดขึ้นมาให้ดึงกระดาษออกตรงๆ ไม่ให้เคลื่อนไปโดนตำแหน่งอื่น 2. ใช้กาวยึดผ้าให้กระดาษติดอยู่กับแผ่นรองสกรีนไม่ติดขึ้นมากับแม่พิมพ์สกรีน 3. เคลียสิ่งของให้อยู่ห่างจากบริเวณแม่พิมพ์สกรีน
• หมึกพิมพ์ติดบนชิ้นงานไม่สม่ำเสมอ มีรอยหมึกพิมพ์ติดด้านนอกของลวดลาย	1. เนื้อฟิล์มบางตำแหน่งเกิดการเปื่อย 2. ฟิล์มมีรอยทะลุ เนื้อฟิล์มไม่เต็มแผ่น 3. ใส่หมึกพิมพ์น้อยเกินไป หมึกพิมพ์จึงติดไม่เต็ม 4. หมึกพิมพ์ออกนอกบริเวณเนื้อฟิล์ม	1. ต้องระวังไม่ให้หมึกพิมพ์ค้างอยู่กับบริเวณฟิล์มมากเกินไป 2. ใช้เทปกาวติดบริเวณที่เนื้อฟิล์มหายไป 3. เติมหมึกพิมพ์เพิ่มในการสกรีนครั้งต่อๆ ไป 4. ตอนทำแม่พิมพ์สกรีน ต้องไม่ให้ลวดลายอยู่ติดขอบฟิล์มมากเกินไป
• หมึกพิมพ์เกาะเป็นก้อนๆ ติดอยู่ที่ยางปาดไม่ลงไปในแม่พิมพ์สกรีน	1. หมึกพิมพ์มีปริมาณเนื้อมากเกินไป 2. ปาดยางปาดโดยใช้มุมมากเกินไป ทำให้สีรวมตัวกันเป็นก้อน	1. ลดความหนืดของหมึกพิมพ์โดยใช้น้ำยา Softy 2. ปาดยางปาดโดยทำมุมให้น้อยลงไม่ให้มีช่องว่างมากเกินไปจนทำให้สีเกิดการรวมตัวกัน
• หมึกพิมพ์ที่ติดบนผ้าสกรีนล้างไม่ออก	1. การใช้หมึกพิมพ์ที่มีความหนืดสูง จะทำให้เนื้อสียึดติดกับช่องของผ้าสกรีนแน่น และล้างออกได้ยาก	1. ใช้เทปกาวปิดผ้าสกรีนส่วนที่ไม่มีฟิล์มไม่ให้สัมผัสกับหมึกพิมพ์โดยตรง

ตารางที่ ง1 ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะที่ปาดหมึกพิมพ์ลงบนกระดาษและวิธีแก้ไข (ต่อ)

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
• ลวดลายบนผ้าที่ได้แห้งช้า เมื่อเก็บรวบรวมจะทำให้ลวดลายเสียหายติดกับกระดาษอีกแผ่น	1. หมึกพิมพ์ที่ใช้มีความหนืดสูง เมื่อใช้กับฟิล์มที่มีความหนา ลวดลายที่ได้จะมีความหนาและแห้งช้า	1. ลดความหนืดของหมึกพิมพ์โดยใช้น้ำยา Softy
• เมื่อปาดหมึกพิมพ์ลงบนพื้นที่กว้างๆ จะเกิดรอยด่างหรือเกิดเป็นรอยคลื่น	1. ผ้าสกรีนที่ใช้มีความตึงน้อย ทำให้ไม่คืนตัวหลังจากการปาดหมึกพิมพ์	1. ตรวจดูผ้าสกรีนก่อนใช้ว่ามีความตึงเพียงพอที่จะใช้หรือไม่
• เนื้อหมึกพิมพ์อุดตันบริเวณลายภาพ ทำให้ลายที่ได้ไม่สมบูรณ์	1. ผ้าสกรีนมีความละเอียดสูงเกินไป ทำให้หมึกพิมพ์ผ่านได้ยาก 2. หมึกพิมพ์มีความหนืดมากเกินไปเกาะติดที่ช่องว่างของผ้าสกรีน 3. หมึกพิมพ์เกิดการแห้งตัวระหว่างการพิมพ์	1. เลือกใช้เบอร์ผ้าสกรีนที่เหมาะสมกับหมึกพิมพ์ 2. ลดความหนืดของหมึกพิมพ์โดยใช้น้ำยา Softy 3. ควรปาดหมึกพิมพ์อย่างต่อเนื่องไม่ให้หมึกพิมพ์เกิดการแห้งตัว
• ขนาดของแม่พิมพ์สกรีนเล็กเกินไป ทำให้มีพื้นที่สำหรับการปาดหมึกพิมพ์น้อย	1. เลือกใช้แม่พิมพ์สกรีนที่มีขนาดเล็ก สกรีน ตำแหน่งฟิล์มจะอยู่ต่ำกว่าแผ่นรองสกรีนไม่แนบสนิทกัน	1. เลือกใช้แม่พิมพ์ที่มีขนาดใหญ่ และทำลวดลายให้อยู่ตำแหน่งที่เหมาะสม

ปัญหาต่างๆ ที่มักเกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงานทางเทคนิคนั้น อาจเกิดได้จากสาเหตุหลายสาเหตุประกอบกัน ผู้ปฏิบัติงานนั้นควรศึกษาวิธีการใช้งานของวัสดุอุปกรณ์แต่ละชนิด และเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีความพร้อม ไม่ชำรุดเสียหาย เหมาะสมกับงานที่ต้องใช้ ฝึกฝนทักษะความสามารถให้เกิดความชำนาญ ใช้งานโดยไม่ประมาท แก้ไขปัญหาตามสถานการณ์ และรู้จักแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าให้ทันเวลา ประยุกต์การใช้งานของเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สร้างผลงานที่มีคุณภาพสามารถนำไปใช้งานได้ และสามารถนำไปพัฒนาต่อ สร้างสรรค์ผลงานในระดับที่สูงขึ้นต่อไป