การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีของงานพิมพ์เฟล็กโซกราฟีบนสติกเกอร์ชนิดกระดาษและพลาสติก

นายไกรพ เจริญโสภา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ANALYSIS OF TONALCHARECTERISTIC OF FLEXOGRAPHY PRINT ON PAPER AND PLASTIC STICKERS

Mr. Krairop Charoensopa

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Imaging Technology

Department of Imaging and Printing Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

511937

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีของงานพิมพ์เฟล็กโซกราฟีบนสติกเกอร์ชนิดกระดาษและพลาสติก
โดย	นาย ไกรพ เจริญโสภา
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ หาญสืบสาย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชญดา เกตุเมฆ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรทวี พึ่งรัศมี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ หาญสืบสาย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชญดา เกตุเมฆ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชวาล คูร์พิพัฒน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุจิตรา สื่อประสาร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไกรพ เจริญโสภา : การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีของงานพิมพ์เฟล็กโซกราฟีบนสติกเกอร์ชนิดกระดาษและพลาสติก. (ANALYSIS OF TONAL CHARACTERISTIC OF FLEXOGRAPHIC PRINT ON PAPER AND PLASTIC STICKERS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ดร. อรัญ หาญสืบสาย, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ. ดร. พิชญดา เกตุเมฆ 60 หน้า.

การผลิตน้ำหนักสีของการพิมพ์ขึ้นอยู่กับการผสมผสานระหว่างวัสดุทางการพิมพ์ สภาพเครื่องพิมพ์ และผู้ปฏิบัติงานพิมพ์ โดยจะสัมพันธ์กับปรากฏการณ์เม็ดสกรีนบวมที่เกิดขึ้นในระบบพิมพ์ รวมทั้งอีกหลายปัจจัย เข้ามาเกี่ยวข้องได้แก่ ลักษณะรูปร่างของเม็ดสกรีนเช่น ขนาด เส้นรอบวง และค่าความกลม และลักษณะของผิวภาพพิมพ์ งานวิจัยนี้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีของงานพิมพ์เฟล็กโซกราฟีบนสติกเกอร์ชนิดกระดาษ และพลาสติก พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวี แล้วตรวจสอบปัจจัยที่มีผลทำให้การเกิดเม็ดสกรีนบวม จากผลการทดลองพบว่าความหยาบของผิววัสดุและความละเอียดสกรีนให้ผลต่อ ปริมาณการเกิดเม็ดสกรีนบวมมากกว่าการเปลี่ยนชนิดของหมึกพิมพ์ โดยสังเกตได้จากขนาดและรูปร่างเม็ดสกรีนเปลี่ยนไป รวมทั้งความหยาบของผิวภาพพิมพ์เพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ลายมือชื่อนิสิต ไกรพ เจริญโสภา
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....
ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

4872226223 : MAJOR IMAGING TECHNOLOGY

KEY WORD: DOT GAIN/ TONAL CHARACTERISTIC/FLEXOGRAPHIC PRINT

KRAIROP CHAROENSOPA : ANALYSIS OF TONAL CHARACTERISTIC OF FLEXOGRAPHY PRINT ON PAPER AND PLASTIC STICKERS.THESIS PRINCIPAL ADVISOR : ASSOC.PROF. ARAN HANSUEBSAI, THESIS CO ADVISOR : ASST.PROF. PICHAYADA KATEMAKE ,60 pp.

Tone reproduction of printing depends on the combination of printing materials, press condition and operators, whereby dot gain phenomenon occurrs. This relates to several parameters such as dot size, dot perimeter, dot circularity and ink film profile on printed substrates. This research analyzed the change of tonal characteristic of Flexographic print relevant to these parameters on paper and plastic stickers, by using water-based, solvent-based and UV inks. It was found that higher substrates' roughness and screen resolution had influence in the increase of dot gain much more than the use of different inked types. This could be seen from the variable dot size and its fluctuated circularity and increased surface roughness on ink film.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Photographic Science and Printing Technology Student's signature Krairop C.
Field of study Imaging Technology Principal Advisor's signature Aran Hansuebsai
Academic year 2551 Co-advisor's signature Pichayada K.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาและคำชี้นำของอาจารย์ที่ปรึกษาคือ รศ.ดร. อรัญ หาญสืบสาย และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมคือ ผศ.ดร. พิชญดา เกตุเมฆ ที่ได้ให้คำปรึกษาทางด้านข้อมูลและการดำเนินการศึกษาตลอดจนให้ความรู้คำแนะนำและ คำชี้แนะที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอขอบคุณบริษัท ยูพีเอ็ม ราฟาแทค จำกัดที่เอื้อเฟื้อสติกเกอร์ในการพิมพ์ ขอขอบคุณบริษัท ซิเวริ์ก จำกัด ที่เอื้อเฟื้อหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี ขอขอบคุณ บริษัท แม่พิมพ์ จำกัด และบริษัท ทีพีเอ็น เฟล็กแพค จำกัด ที่เอื้อเฟื้อทางวัสดุโพลิเมอร์สำหรับทำแม่พิมพ์และทางด้านการผลิตแม่พิมพ์ และขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีการพิมพ์ ที่ช่วยสั่งสอน อบรม และช่วยเหลือ ตลอดจนฝ่ายธุรการทุกท่าน

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะเลี้ยงดู อบรมสั่งสอนจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 : บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 : เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 แนวคิดและทฤษฎี 3

2.1.1 การพิมพ์เฟล็กโซกราฟี (Flexographic printing) 3

2.1.1.1 ระบบควบคุมและจ่ายหมึก 3

2.1.1.2 ลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ 3

2.1.2 หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี 5

2.1.3 การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ 7

2.1.4 กระดาษสำหรับระบบพิมพ์เฟล็กโซกราฟี 8

2.1.4.1 สภาพพิมพ์ได้ของกระดาษ 8

2.1.4.2 สมบัติกระดาษที่มีผลต่อการพิมพ์ 9

2.1.5 พลาสติกสำหรับใช้การพิมพ์ 11

2.1.5.1 เทอร์โมเซตพลาสติก (Thermoset plastic) 11

2.1.5.2 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) 11

2.1.6 คุณภาพงานพิมพ์ (print quality) 12

2.1.6.1 ค่าความดำ (Print Density) 12

2.1.6.2 การผลิตน้ำหนักสี (Tonal Characteristic) 12

2.1.6.3 การบวมของเม็ดสกรีน (Dot gain) 13

หน้า

2.1.6.4 ความกลมของเม็ดสกรีน(Circularity) 13
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14
บทที่ 3 : วิธีดำเนินการวิจัย 16
3.1 เครื่องมือที่ใช้ 16
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย 16
3.2.1 การวัดสมบัติของสติกเกอร์ 16
3.2.2 พิมพ์ 17
3.2.3 ตรวจสอบคุณภาพงานพิมพ์ 17
บทที่ 4 : ผลการทดลอง 19
4.1 เปรียบเทียบค่าความมันวาวและความเรียบของสติกเกอร์แต่ละประเภท... 19
4.2 วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีของภาพพิมพ์..... 20
4.2.1 ผลของประเภทหมึกพิมพ์ต่อการผลิตน้ำหนักสีภาพพิมพ์..... 20
4.2.2 ผลของความละเอียดสกรีนต่อการผลิตน้ำหนักสีภาพพิมพ์ ด้วยหมึกพิมพ์ยูวี..... 23
4.2.3 ผลของความละเอียดสกรีนต่อการผลิตน้ำหนักสีภาพพิมพ์ ด้วยหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย 26
4.2.4 ผลของความละเอียดสกรีนต่อการผลิตน้ำหนักสีภาพพิมพ์ ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำ 29
4.3 วิเคราะห์การเกิดเม็ดสกรีนบวม 32
4.3.1 ผลของประเภทหมึกพิมพ์ต่อการเกิดเม็ดสกรีนบวม..... 32
4.3.2 ผลของความละเอียดสกรีนต่อการเกิดเม็ดสกรีนบวมที่พิมพ์ ด้วยหมึกพิมพ์ยูวี..... 33
4.3.3 ผลของความละเอียดสกรีนต่อการเกิดเม็ดสกรีนบวมที่พิมพ์ ด้วยหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย 34
4.3.4 ผลของความละเอียดสกรีนต่อการเกิดเม็ดสกรีนบวมที่พิมพ์ ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำ 35
4.4 วิเคราะห์รูปร่างของเม็ดสกรีน..... 35
4.5 วิเคราะห์ความเรียบของภาพพิมพ์ 39

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

บทที่ 5 : สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 41
5.1 สรุปผลการวิจัย 41
5.2 ข้อเสนอแนะ 41
รายการอ้างอิง 42
ภาคผนวก 44
ภาคผนวก ก 45
ภาคผนวก ข 59
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 60

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่ 2-1 ค่าความละเอียดและปริมาตรบ่อหมึกบนลูกกลิ้งแอนนิลอกซ์กับประเภทงานพิมพ์ฉลากที่เหมาะสม 4
ตารางที่ 2-2 ลักษณะที่บ่งชี้คุณภาพของภาพพิมพ์ 8
ตารางที่ 2-3 สมบัติสภาพพิมพ์ได้ที่สัมพันธ์กับคุณภาพสิ่งพิมพ์กับสภาพเดินกระดาษคล่อง 9
ตารางที่ 4-1 ค่าความมันวาวและความเรียบของสติกเกอร์แต่ละประเภท 20
ตารางที่ 4-2 ค่าพื้นที่ของเม็ดสกรีนสีดำที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ความละเอียด 86 lpi 37
ตารางที่ 4-3 ระยะความยาวเส้นรอบรูปของเม็ดสกรีนสีดำที่ 30 เปอร์เซ็นต์ความละเอียด 86 lpi 38
ตารางที่ 4-4 ค่าความกลมของเม็ดสกรีนสีดำที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ความละเอียด 86 lpi 38
ตารางที่ 4-5 ค่าความเรียบเฉลี่ย$_{rms}$ของภาพพิมพ์บริเวณพื้นทึบบนสติกเกอร์ชนิดต่างๆ..... 39
ตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบความอิ่มตัวสีของภาพพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ยูวี 39
ตารางที่ 4-7 เปรียบเทียบความอิ่มตัวสีของภาพพิมพ์ด้วหมึกพิมพ์ฐานน้ำ 40
ตารางที่ 4-8 เปรียบเทียบความอิ่มตัวสีของภาพพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย 40
ตารางที่ ก-1 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86 lpi สีดำ ของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวีบนสติกเกอร์กระดาษความมันวาวสูง 45
ตารางที่ ก-2 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86 lpi สีดำ ของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวีบนสติกเกอร์กระดาษความมันวาวปานกลาง 46
ตารางที่ ก-3 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86 lpi สีดำ ของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวีบนสติกเกอร์กระดาษไม่เคลือบผิว 47
ตารางที่ ก-4 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86 lpi สีดำ ของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวีบนสติกเกอร์พลาสติกพอลิโพรพิลีน 48
ตารางที่ ก-5 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86 lpi สีดำ ของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวีบนสติกเกอร์พลาสติกพอลิเอทิลีน 49

หน้า

ตารางที่ ก-6 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86, 100, 110 และ 120 lpi สีไซแอน ของหมึกพิมพ์ ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำบนสติกเกอร์กระดาษความมันวาวสูง 50
ตารางที่ ก-7 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86, 100, 110 และ 120 lpi สีไซแอน ของหมึกพิมพ์ ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำบนสติกเกอร์กระดาษความมันวาวปานกลาง 51
ตารางที่ ก-8 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86, 100, 110 และ 120 lpi สีไซแอน ของหมึกพิมพ์ ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำบนสติกเกอร์กระดาษไม่เคลือบผิว 52
ตารางที่ ก-9 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86, 100, 110 และ 120 lpi สีไซแอน ของหมึกพิมพ์ ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำบนสติกเกอร์พลาสติกพอลิโพรพิลีน 53
ตารางที่ ก-10 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86, 100, 110 และ 120 lpi สีไซแอน ของหมึกพิมพ์ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์พลาสติกพอลิเอทิลีน 54
ตารางที่ ก-11 ค่าL*a*b* สีไซแอน สีมาเจนตา และสีเหลืองของหมึกพิมพ์ยูวี บนสติกเกอร์ชนิดต่างๆ 55
ตารางที่ ก-12 ค่าL*a*b* สีไซแอน สีมาเจนตา และสีเหลืองของหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย บนสติกเกอร์ชนิดต่างๆ 55
ตารางที่ ก-13 ค่าL*a*b* สีไซแอน สีมาเจนตา และสีเหลืองของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ บนสติกเกอร์ ชนิดต่างๆ 56
ตารางที่ ก-14 พื้นที่ เส้นรอบวง และความกลมของเม็ดสกรีนสีดำของหมึกพิมพ์ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์กระดาษความมันวาวสูง 56
ตารางที่ ก-15 พื้นที่ เส้นรอบวง และความกลมของเม็ดสกรีนสีดำของหมึกพิมพ์ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์กระดาษความมันวาวปานกลาง ... 57
ตารางที่ ก-16 พื้นที่ เส้นรอบวง และความกลมของเม็ดสกรีนสีดำของหมึกพิมพ์ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์กระดาษไม่เคลือบผิว 57

หน้า

ตารางที่ ก-17 พื้นที่ เส้นรอบวง และความกลมของเม็ดสกรีนสีดำของหมึกพิมพ์ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์พลาสติกพอลิโพรพิลีน 58
ตารางที่ ก-18 พื้นที่ เส้นรอบวง และความกลมของเม็ดสกรีนสีดำของหมึกพิมพ์ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์พลาสติกพอลิเอทิลีน 58

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ภาพที่ 2-1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบจ่ายหมึก 4
ภาพที่ 2-2 การสะท้อนแสงตรงและแสงแพร่บนกระดาษผิวหยาบทั้งก่อนและหลังพิมพ์ 10
ภาพที่ 2-3 การสะท้อนแสงตรงและแสงแพร่บนกระดาษผิวเรียบทั้งก่อนและหลังพิมพ์ 10
ภาพที่ 2-4 เปรียบเทียบการครอบคลุมพื้นที่หมึกบนผิวกระดาษที่มีความหยาบต่างกัน 10
ภาพที่ 2-5 กราฟแสดงลักษณะเฉพาะของภาพพิมพ์ 12
ภาพที่ 2-6 พารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณหาค่าความกลมของเม็ดสกรีน 14
ภาพที่ 3-1 อุปกรณ์วัดความมันวาวและความเรียบ 16
ภาพที่ 3-2 เครื่องวัดสีสเปกโตรเดนซิโตมิเตอร์ 17
ภาพที่ 4-1 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีดำที่ความละเอียด 86 lpi บนสติกเกอร์กระดาษ
มันวาวสูงหมึกพิมพ์ต่างชนิดกัน 20
ภาพที่ 4-2 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีดำที่ความละเอียด 86 lpi บนสติกเกอร์กระดาษมันวาว
ปานกลางหมึกพิมพ์ต่างชนิดกัน 20
ภาพที่ 4-3 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีดำที่ความละเอียด 86 lpi บนสติกเกอร์กระดาษ
ไม่เคลือบผิวหมึกพิมพ์ต่างชนิดกัน 21
ภาพที่ 4-4 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีดำที่ความละเอียด 86 lpi บนสติกเกอร์พลาสติก
พอลิโพรพิลีน เมื่อใช้หมึกพิมพ์ต่างชนิดกัน 21
ภาพที่ 4-5 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีดำที่ความละเอียด 86 lpi บนสติกเกอร์พลาสติก
พอลิเอทิลีน เมื่อใช้หมึกพิมพ์ต่างชนิดกัน 22
ภาพที่ 4-6 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
หมึกพิมพ์ยูวีบนสติกเกอร์กระดาษมันวาวสูง 23
ภาพที่ 4-7 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
หมึกพิมพ์ยูวีบนสติกเกอร์กระดาษมันวาวปานกลาง 24
ภาพที่ 4-8 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
หมึกพิมพ์ยูวีบนสติกเกอร์กระดาษไม่เคลือบผิว 24
ภาพที่ 4-9 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
หมึกพิมพ์ยูวีบนสติกเกอร์พลาสติกขาวทึบแสงพอลิโพรพีลีน 25
ภาพที่ 4-10 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
หมึกพิมพ์ยูวีบนสติกเกอร์พลาสติกขาวทึบแสงพอลิเอทิลีน 25

หน้า

ภาพที่ 4-11 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายบนสติกเกอร์กระดาษมันวาวสูง 26
ภาพที่ 4-12 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายบนสติกเกอร์กระดาษมันวาวปานกลาง 26
ภาพที่ 4-13 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายบนสติกเกอร์กระดาษไม่เคลือบผิว 27
ภาพที่ 4-14 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายบนสติกเกอร์พลาสติกขาวทึบแสงพอลิโพรพิลีน... 27
ภาพที่ 4-15 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายบนสติกเกอร์พลาสติกขาวทึบแสงพอลิเอทิลีน 28
ภาพที่ 4-16 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
หมึกพิมพ์ฐานน้ำบนสติกเกอร์กระดาษมันวาวสูง 29
ภาพที่4-17 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
หมึกพิมพ์ฐานน้ำบนสติกเกอร์กระดาษมันวาวปานกลาง 29
ภาพที่4-18 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำบนสติกเกอร์กระดาษไม่เคลือบผิว 30
ภาพที่ 4-19 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
ด้วยหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายบนสติกเกอร์พลาสติกพอลิโพรพิลีน 30
ภาพที่ 4-20 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi
ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำบนสติกเกอร์พลาสติกพอลิเอทิลีน 31
ภาพที่ 4-21 เม็ดสกรีนบวมที่มิดโทน 50 เปอร์เซ็นต์ สีดำ ความละเอียด 86 lpi
บนสติกเกอร์ต่างชนิดกันด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลายและยูวี 32
ภาพที่ 4-22 เม็ดสกรีนบวมที่มิดโทน 50 เปอร์เซ็นต์ สีไซแอน ความละเอียดสกรีน
86 lpi 100 lpi 110 lpi และ 120 lpi บนสติกเกอร์ต่างชนิดกัน
ด้วยหมึกพิมพ์ยูวี 33
ภาพที่ 4-23 เม็ดสกรีนบวมที่มิดโทน 50 เปอร์เซ็นต์ สีไซแอน ความละเอียดสกรีน
86 lpi 100 lpi 110 lpi และ 120 lpi บนสติกเกอร์ต่างชนิดกัน
ด้วยหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย 34

หน้า

ภาพที่ 4-24 เม็ดสกรีนบวมที่มิดโทน 50 เปอร์เซ็นต์ สีไซแอน ความละเอียดสกรีน
86 lpi 100 lpi 110 lpi และ 120 lpi บนสติกเกอร์ต่างชนิดกัน
ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำ 35
ภาพที่ 4-25 ลักษณะภาพถ่ายเม็ดสกรีนสีดำพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำ(ซ้าย)
ฐานตัวทำละลาย(กลาง) และยูวี(ขวา)บนสติกเกอรประเภทต่างๆ 38
ภาพที่ ข-1 แบบทดสอบลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีที่ใช้ทดลอง 59

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพิมพ์เฟล็กโซกราฟี เป็นระบบพิมพ์ที่กำลังได้รับความสนใจและความนิยมเพิ่มมากขึ้นจากนักลงทุนเพราะเป็นทางเลือกหนึ่งของการไม่สร้างมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อมและยังไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ด้วยการใช้หมึกพิมพ์ฐานน้ำ และหมึกยูวี นับจากอดีตจนถึงปัจจุบันคุณภาพงานพิมพ์เฟล็กโซกราฟีมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเข้าใกล้งานพิมพ์ออฟเซตมากขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้มาจากความก้าวหน้าของหน่วยพิมพ์หน่วยจ่ายหมึก หมึกพิมพ์และวัสดุใช้พิมพ์เอง เป็นต้น

การทำมาตรฐานการพิมพ์เป็นอีกกระบวนการหนึ่งในการควบคุมการผลิตน้ำหนักสีให้ได้ตามต้องการ ในสภาวะการพิมพ์แบบต่างๆ โดยเฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหมึกพิมพ์ และวัสดุใช้พิมพ์

งานวิจัยนี้จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีของการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีบนสติกเกอร์ชนิดกระดาษที่มีสมบัติความมันวาวต่างกัน และสติกเกอร์ชนิดพลาสติกขาวทึบแสงพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีน หาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ สมบัติความเรียบ และความมันวาวของสติกเกอร์ ชนิดของหมึกพิมพ์ และความละเอียดสกรีนในการพิมพ์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีของงานพิมพ์เฟล็กโซกราฟีบนสติกเกอร์กระดาษและพลาสติกพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวี ตามลำดับ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. วัดสมบัติความมันวาวและความเรียบของผิวหน้าสติกเกอร์
2. สร้างไฟล์แบบทดสอบพิมพ์ (Test from) นำไปทำแม่พิมพ์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ทูเพลตและพิมพ์ด้วยระบบเฟล็กโซกราฟี
3. วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของการพิมพ์เม็ดสกรีน
4. หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยข้อ 1,3 ลักษณะน้ำหนักสีของภาพที่พิมพ์ได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

หาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงข้อมูลลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีของงานพิมพ์เฟล็กโซกราฟีโดยใช้หมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวี บนสติกเกอร์ชนิดกระดาษและพลาสติกขาวทึบแสง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1การพิมพ์เฟล็กโซกราฟี (Flexographic printing)

การพิมพ์เฟล็กโซกราฟีเป็นการพิมพ์พื้นนูนประเภทหนึ่ง เช่นเดียวกับการพิมพ์เล็ตเตอร์เพรส ต่างกันตรงที่แม่พิมพ์พอลิเมอร์มีความยืดหยุ่นตัวได้มากกว่า และหมึกพิมพ์ที่ใช้มีลักษณะเหลวใช้พิมพ์งานประเภทบรรจุภัณฑ์และฉลาก ปัจจุบันผู้ประกอบการในประเทศไทยได้เริ่มหันมาให้ความสำคัญเกี่ยวกับการทำมาตรฐานการพิมพ์มากขึ้นเพื่อรักษาคุณภาพงานพิมพ์ให้สม่ำเสมอ[1]

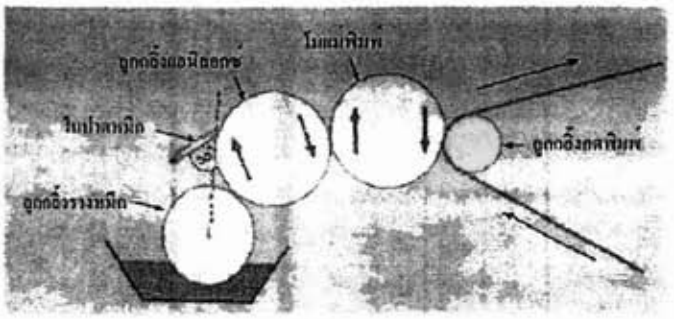
เฟล็กโซกราฟีเหมาะกับการพิมพ์บนวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทอ่อนตัว เช่น เซลโลเฟน กระดาษ โลหะอ่อนและพลาสติก แม่พิมพ์มีขนาดเปลี่ยนไปตามขนาดของสิ่งพิมพ์ที่จะพิมพ์ หมึกพิมพ์ประกอบด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ข้อเสียของการพิมพ์ระบบนี้คือ การทำอาร์ตเวิร์คต้องมีการชดเชยการบิดเบี้ยวของภาพบนแม่พิมพ์ ในระหว่างที่มีการโค้งยืดติดบนโมแม่พิมพ์[2] ปัจจุบันการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีมีแนวโน้มเข้ามามีบทบาทแทนที่ระบบการพิมพ์เล็ตเตอร์เพรสสำหรับงานพิมพ์ฉลาก เนื่องจากใช้เวลาในการเตรียมพร้อมพิมพ์ไม่มาก แม่พิมพ์ทนทานกว่าและคุณภาพงานพิมพ์เป็นที่ยอมรับในตลาด[3]

2.1.1.1 ระบบควบคุมและจ่ายหมึก

หน่วยพิมพ์เฟล็กโซกราฟี ประกอบด้วยลูกกลิ้ง 4 ลูก ได้แก่ ลูกกลิ้งรางหมึก ลูกกลิ้งแอนนิลอกซ์ โมแม่พิมพ์และลูกกลิ้งกดพิมพ์ พบว่าลูกกลิ้งแอนิลอกซ์เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดหมึกจากรางหมึกไปยังโมแม่พิมพ์ ซึ่งจะมีผลอย่างมากต่อคุณภาพและลักษณะของงานพิมพ์ [4]

2.1.1.2 ลูกกลิ้งแอนนิลอกซ์

ลูกกลิ้งแอนนิลอกซ์ทำด้วยโลหะเคลือบโครเมี่ยมหรือเซรามิก ผิวลูกกลิ้งมีลักษณะเป็นบ่อหมึกเล็ก ๆ ทำหน้าที่รับหมึกพิมพ์จากรางหมึกและจ่ายให้แม่พิมพ์ ขนาดของบ่อหมึกมีความละเอียดหลายขนาดตามความต้องการปริมาณหมึกของภาพ งานลายเส้นพื้นทึบต้องการปริมาณหมึกมากต้องเลือกแอนนิลอกซ์ที่มีความละเอียดเพื่อจ่ายหมึกได้ปริมาณมาก และงานฮาล์ฟโทนที่เป็นงานละเอียดบ่อหมึกจะเล็กและละเอียดตามไปด้วย ดังนั้นเครื่องพิมพ์เฟล็กโซกราฟีจึงออกแบบให้สามารถถอดลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ได้ [4]



ภาพที่ 2-1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบจ่ายหมึก

วัสดุใช้พิมพ์แต่ละชนิดและประเภทของงานพิมพ์แต่ละแบบต้องการปริมาณหรือความหนาของชั้นหมึกไม่เท่ากัน ซึ่งผู้ปฏิบัติงานจะต้องเลือกลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ให้เหมาะสมในการจ่ายหมึก ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ค่าความละเอียดและปริมาตรบ่อหมึกบนลูกกลิ้งแอนนิลอกซ์กับประเภทงานพิมพ์ฉลากที่เหมาะสม

ประเภทงานพิมพ์	l/cm.	lpi.	ปริมาตรบ่อหมึก (cm^3/m^2)
Process (150 lpi)	320	810	2.6
Process (133 lpi)	280	710	2.6
Process (120 lpi)	240	610	3
Process (100 lpi)	220	560	3.4
Process (80 lpi)	180	460	4.6
ลายเส้น/ตัวอักษร	140	360	6.5
ลายเส้น/พื้นทึบ	120	300	8
พื้นทึบ	80	200	12

ความละเอียดของลูกกลิ้งแอนนิลอกซ์นี้เรียกว่าจำนวนเซลล์ (cell count) มีหน่วยเป็นจำนวนเซลล์ต่อความยาว1 หน่วย เช่น 80 เส้น/ซ.ม. เป็นต้น ยิ่งละเอียดมากปริมาณหมึกพิมพ์จะน้อยลง นอกจากความละเอียด ปริมาณหมึกที่ถ่ายโอนไปบนแม่พิมพ์ยังขึ้นกับรูปร่างของบ่อหมึกอีกด้วย

2.1.2 หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

กระบวนการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี มีตัวแปรหลายชนิดที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ได้แก่ ชนิดของเครื่องพิมพ์ ลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ ระบบจ่ายหมึก แม่พิมพ์ วัสดุใช้พิมพ์ และหมึกพิมพ์สำหรับหมึกพิมพ์นั้นถือเป็นตัวแปรที่ควบคุมได้ยาก เนื่องจากหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีเป็นหมึกเหลว (liquid ink) ต้องมีความหนืดต่ำเพื่อให้เกิดการถ่ายโอนอย่างเหมาะสมในระบบหมึกเป็นเหตุให้หมึกพิมพ์ต้องมีตัวทำละลายผสมอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง การแห้งตัวของหมึกพิมพ์เกิดจากการดูดซึมและระเหยของตัวทำละลายเมื่อได้สัมผัสกับอากาศ [5] หรือความร้อน และการที่ตัวทำละลายระเหยออกไปจะส่งผลให้ความหนืดของหมึกพิมพ์เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ถ้าความหนืดของหมึกพิมพ์ต่ำเกินไป หมึกพิมพ์ก็จะไม่คงอยู่บนพื้นผิวของแม่พิมพ์ หรือให้ความดำที่เพียงพอ หมึกพิมพ์อาจไปกองรวมกันบริเวณด้านข้างของภาพ ทำให้เกิดปัญหา Fill-in บริเวณภาพเจาะขาว (reverses) และภาพฮาล์ฟโทน (halftone) หรือเกิด halo บริเวณรอบตัวอักษรหรือภาพพิมพ์ [6]

หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานน้ำ (water-based inks) เป็นหมึกพิมพ์ที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายส่วนใหญ่ และอาศัยน้ำในการปรับความหนืดให้ได้ตามต้องการ โดยอาศัยองค์ประกอบทั่วไปดังนี้

Pigment	5 %
Resin solution/emulsion	5 %
Water	15 %
Deformer	1 %
Wetting agent	1 %
Amines	3 %

เนื่องจากหมึกพิมพ์ฐานน้ำดังกล่าวมีการใช้เบส เช่น ammonia หรือ morpholine เพื่อละลายสารยึด (binder) ของหมึกพิมพ์ให้รวมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยถ้ามีเบสไม่เพียงพอ สารยึดจะเริ่มตกตะกอนหรือเกิดการแยกชั้นของหมึกพิมพ์ก่อนที่จะถูกพิมพ์ ในภาวะเช่นนี้การระเหยของเอมีนและน้ำ จะส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของหมึกพิมพ์ลดลง และค่าความหนืดของหมึกพิมพ์จะเพิ่มขึ้น ทำให้หมึกพิมพ์เกิด coagulation [6] ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความหนืดของหมึกพิมพ์จะให้ผล ดังนี้

- ค่าความดำของหมึกพิมพ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณหมึกถูกถ่ายโอนไปมาก
- หมึกพิมพ์มีแนวโน้มแห้งตัวบนแม่พิมพ์
- ที่บริเวณรายละเอียดของภาพเกิดการกระจุกรวมกัน (plugs) ของหมึกพิมพ์ ทำให้ภาพพิมพ์ดูสกปรก
- หมึกพิมพ์มีอัตราการแห้งตัวช้า

หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย (solvent-based ink) มีแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายเป็นหมึกสำหรับพิมพ์งานบนวัสดุหลายประเภท เช่น กระดาษ พลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ และพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง

ปัญหาการระเหยของตัวทำละลายในหมึกพิมพ์ระบบ ฐานตัวทำละลาย ได้แก่

1. การแห้งตัวของหมึกพิมพ์บนแม่พิมพ์ ทำให้แม่พิมพ์มีอายุการใช้งานสั้นลง
2. ทำให้ต้องหยุดพิมพ์ เพื่อทำความสะอาดเครื่องพิมพ์และแม่พิมพ์บ่อย ๆ
3. ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะเป็นพิษทางอากาศ
4. เป็นอันตรายต่อสุขภาพทางเดินหายใจของผู้ที่สูดดม และผิวหนังด้วย เนื่องจากตัวทำละลายสามารถพาเอาน้ำมันที่เคลือบผิวอยู่ออกไป

หมึกพิมพ์ยูวี (UV ink) เป็นหมึกพิมพ์ที่ไม่มีตัวทำละลาย ได้รับการจดสิทธิบัตรตั้งแต่ ค.ศ. 1946 แต่การพัฒนาเทคโนโลยีของหมึกพิมพ์ยูวีเพิ่งเริ่มอย่างจริงจังเมื่อปีค.ศ. 1974 โดยหมึกพิมพ์ยูวีนั้น ไม่มีการระเหยตัวของตัวทำละลายออกสู่บรรยากาศ จึงไม่ทำให้เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศเป็นพิษ อีกทั้งยังช่วยประหยัดพลังงานด้วย เนื่องจากหมึกพิมพ์ยูวีใช้พลังงานในการอบแห้งประมาณ 64 KJ/M ซึ่งน้อยกว่าพลังงานที่ใช้ในระบบอื่น ๆ เช่น ระบบการแห้งตัวด้วยรังสีอินฟราเรดใช้พลังงานในการอบแห้ง 1600 KJ/M และระบบการแห้งตัวด้วยความถี่คลื่นวิทยุซึ่งใช้พลังงานในการอบแห้ง 330 KJ/M เป็นต้น

หมึกพิมพ์ยูวีมีกลไกการแห้งตัวแบบ พอลิเมอร์ไรเซชั่น (polymerization) จึงทำให้ได้ชั้นหมึกพิมพ์ที่มีคุณภาพดี เช่น มีความมันวาว (gloss) สูง ทนทานต่อการขัดถู (abrasion resistance) และทนทานต่อสารเคมี (chemical resistance) ซึ่งผลเหล่านี้มาจากการเกิด cross-link ระหว่างสาย polymer ที่ได้นั่นเอง

ข้อดีของหมึกพิมพ์ยูวี ได้แก่

1. ใช้เวลาในการแห้งตัวน้อย เนื่องจากหมึกพิมพ์ยูวีสามารถแห้งตัวได้เร็ว จึงช่วยลดเวลาในการพิมพ์ลง

2. ประหยัดพลังงานในการอบแห้งมากกว่าระบบอื่น เช่น IR curing system ใช้พลังงานในการแห้งตัว 1600 KJ/M , RF (Radio Frequency) curing system ใช้พลังงานในการแห้งตัว 330 KJ/m ,UV curing system ใช้พลังงานในการแห้งตัว 64 KJ/m เป็นต้น

3. ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่มีการระเหยตัวของตัวทำละลาย

4. ประหยัดเนื้อที่ในการติดตั้ง เนื่องจากเครื่องกำเนิดรังสียูวีใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่าเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนทั่วไป (Heat-set ink dryers)

5. สามารถใช้กับกระดาษคุณภาพต่ำได้ และไม่ทำให้คุณภาพของกระดาษเลดลง แต่ยังช่วยเพิ่มคุณภาพของกระดาษให้ดีขึ้นด้วย เช่น เพิ่มความมันเงาให้กับกระดาษ

6. ช่วยทำให้คุณภาพของงานดีขึ้น และสามารถใช้กับงานที่ต้องการความละเอียดสูงได้

การที่หมึกพิมพ์มีความหนืดมาก มีแนวโน้มในการการรักษารูปร่างเม็ดสกรีนได้ดีกว่าหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดน้อย และมีสมบัติในการยึดติดที่ดีกว่า และสมบัติในการดูดซึมหมึกลงบนกระดาษที่ไม่เคลือบผิว จะน้อยกว่า ส่งผลให้ได้ความดำสูงกว่าหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดน้อย[7]

2.1.3 การแห้งตัวของหมึกพิมพ์

การแห้งตัวของหมึกพิมพ์เกิดขึ้นได้โดยอาศัยกระบวนการการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมีหมึกพิมพ์ส่วนใหญ่ การพิมพ์เฟล็กโซกราฟีอาศัยวิธีการแห้งตัวมากกว่าหนึ่งวิธีดังนี้

1 <u>การดูดซับ</u> (penetration and absorption)

วิธีนี้ตัวพาหมึกจะแทรกซึมและถูกดูดซับไว้ในเนื้อวัสดุใช้พิมพ์ ให้ผงสีค้างอยู่บนผิวและถูกยึดเกาะด้วย เรซิน ชั้นหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวด้วยวิธีนี้มักมีความทนทานต่อการขัดถูต่ำ หมึกจึงเลอะง่าย โดยเฉพาะเมื่อพิมพ์ลงบนวัสดุที่มีความพรุนสูงซึ่งดูดซับของเหลวได้ดี

2 <u>การระเหย</u> (evaporation)

ส่วนประกอบของหมึกพิมพ์ชนิดนี้มีตัวพาเป็นตัวทำละลายที่ระเหยง่าย เช่น แอลกอฮอล์ และโทลูอีน เมื่อตัวทำละลายระเหยออกไปแล้ว จะเหลือผงสีและตัวยึดเคลือบอยู่บนผิววัสดุใช้พิมพ์

3 <u>วิธีบ่มด้วยยูวี</u> (UV curing)

วิธีนี้หมึกพิมพ์จะแห้งตัวทันทีเมื่อผ่านรังสียูวีโดยการไม่มีการหมาดตัว เป็นผลมาจากปฏิกิริยาเคมี แบบพอลิเมอไรเซชัน เป็นวิธีที่ได้รับความสนใจและมีการพัฒนาเร็วมาก เนื่องจากเป็นการแห้งตัวที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีผลทางด้านสภาพแวดล้อม คือ ช่วยลดมลพิษในอากาศเพราะปราศจากการระเหยของตัวทำละลายอย่างไร ก็ตามค่าใช้จ่ายในการผลิตและการติดตั้งหน่วยทำแห้งมีราคาค่อนข้างสูง[8]

2.1.4 กระดาษสำหรับระบบพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

การพิมพ์เฟล็กโซกราฟีเป็นการพิมพ์พื้นนูนมีหลักการเหมือนกับการพิมพ์เล็ตเตอร์เพรส แต่ต่างกันตรงที่แม่พิมพ์เฟล็กโซกราฟีทำจากวัสดุที่หยุ่นตัว สมบัติของกระดาษที่ควรพิจารณาก่อนนำไปพิมพ์[9] ได้แก่ ความเรียบ ขึ้นกับปัจจัย เช่น ความยาวของเส้นใย ชนิดของเส้นใย การใส่ filler เครื่องผลิตกระดาษ และการเคลือบผิวหน้ากระดาษ

การเรียงตัวของเส้นใย หมายถึง ความสม่ำเสมอที่มีผลมาจากการเรียงตัวของเยื่อ หรือการทำแผ่นไม่ดี ความไม่สม่ำเสมอทำให้เกิดผลเสียบริเวณฮาล์ฟโทน โดยเฉพาะบริเวณน้ำหนักสีอ่อน ทำให้สีไม่สม่ำเสมอ และบริเวณพื้นตายเกิดรอยกระด่ำกระด่าง

- ความหยุ่นตัว กระดาษที่มีความหยุ่นตัวสูงจะช่วยให้พิมพ์ได้ดี
- การรับหมึก หมายถึง ความสามารถของผิวกระดาษในการดูดซึมหมึกพิมพ์
- ความขาว
- ความสว่าง
- ความมันวาว

2.1.4.1 <u>สภาพพิมพ์ได้ของกระดาษ</u>

สภาพพิมพ์ได้ของกระดาษ หมายถึง สภาพของกระดาษที่มีสมบัติการรับหมึกได้คุณภาพสิ่งพิมพ์ที่ยอมรับได้และคงที่เสมอ การประเมินค่าสมบัติสภาพพิมพ์ได้ของกระดาษจะต้องทำการทดสอบภายใต้สภาวะการพิมพ์จริง สมบัติต่าง ๆ ที่มีผลเกี่ยวข้องกับคุณภาพสิ่งพิมพ์ หรือปัจจัยต่างๆ ของคุณภาพสิ่งพิมพ์ เช่น ค่าความดำพื้นตาย และเม็ดสกรีนบวม เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 2-2, 2-3

ตารางที่ 2-2 ลักษณะที่บ่งชี้คุณภาพของภาพพิมพ์

ภาพพิมพ์พื้นทึบ (solid print)	ภาพพิมพ์ฮาล์ฟโทน (halftone print)
ความดำ (print density)	ช่วงความดำ (density range)
ความเรียบสม่ำเสมอ (evenness)	ความเรียบสม่ำเสมอ(evenness)
การครอบคลุมพื้นที่หมึก(ink coverage)	ความเปรียบต่าง(contrast)
ความมันวาวของภาพ(print gloss)	ความอิ่มตัวของสี(colour saturation)
พิมพ์ทะลุ (print through)	ความคมของเม็ดสกรีน(dot sharpness)
ซับหลัง (set-off)	เม็ดสกรีนบวม(dot gain)
ความต้านทานต่อแรงขัดถู (rub resistance)	

ตารางที่ 2-3 สมบัติสภาพพิมพ์ได้ที่สัมพันธ์กับคุณภาพสิ่งพิมพ์กับสภาพเดินกระดาษคล่อง

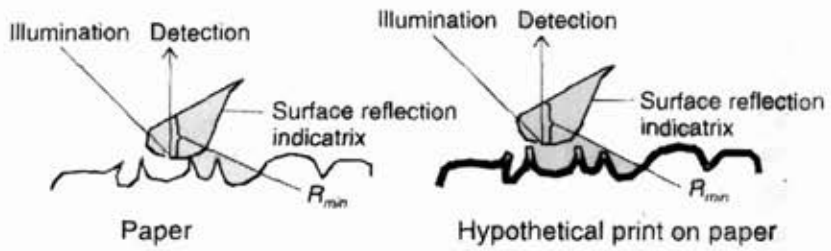
สมบัติสภาพพิมพ์ได้	ผลของสภาพพิมพ์ได้	
	คุณภาพสิ่งพิมพ์	สภาพเดินกระดาษคล่อง
สภาพพิมพ์เรียบ	ความมันวาวของภาพ (print gloss)	-
	ความดำ(print density)	-
	ความเรียบสม่ำเสมอหรือเกิดภาพ กระดำกระด่าง (mottle)	-
	การครอบคลุมพื้นที่หมึก (ink coverage)	-
ความทึบแสง	มองทะลุ (show through)	-
ความมันวาว	ความมันวาวของภาพ (print gloss)	-
ความสว่าง	ความเปรียบต่าง(contrast)	-
สภาพดูดซึมหมึก	ความดำ (print density)	การแห้งตัวของหมึก
	การเกิดภาพกระดำกระด่าง	-
	มองทะลุ (show through)	-
สภาพดูดซึมน้ำ	จุดของหมึก	-

2.1.4.2 <u>สมบัติกระดาษที่มีผลต่อการพิมพ์</u>

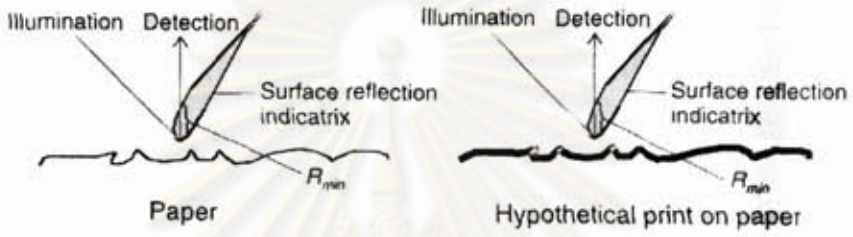
1.ความมันวาว (Gloss)

ความมันวาวของผิวกระดาษจะมีผลต่อการปรากฏสีและน้ำหนักสีของภาพพิมพ์ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของสารเคมีในการทำกระดาษและในขั้นตอนการทำแห้งและปรับผิวของกระบวนการทำกระดาษในโรงงาน

ความมันวาวพิจารณาได้จากการสะท้อนของแสงตกกระทบที่ผิวกระดาษนั้นๆมี 2 แบบ ได้แก่ การสะท้อนแสงตรง (Specularly reflect light) ให้แสงตกกระทบ และแสงที่สะท้อนมีมุมที่เท่ากัน และการ สะท้อนแสงแพร่ (Diffuse reflectance) คือ ให้แสงที่สะท้อนกระจายออกไปทุกทิศทุกทาง เรียกการสะท้อนทั้ง 2 แบบรวมกันว่าการสะท้อนรวม (Total reflectance)[10] ดังแสดงในรูปที่ 2-3 พบว่าวัตถุที่มีผิวเรียบจะให้ปริมาณการสะท้อนแสงตรงมากกว่าการสะท้อนแสงแพร่ [11]



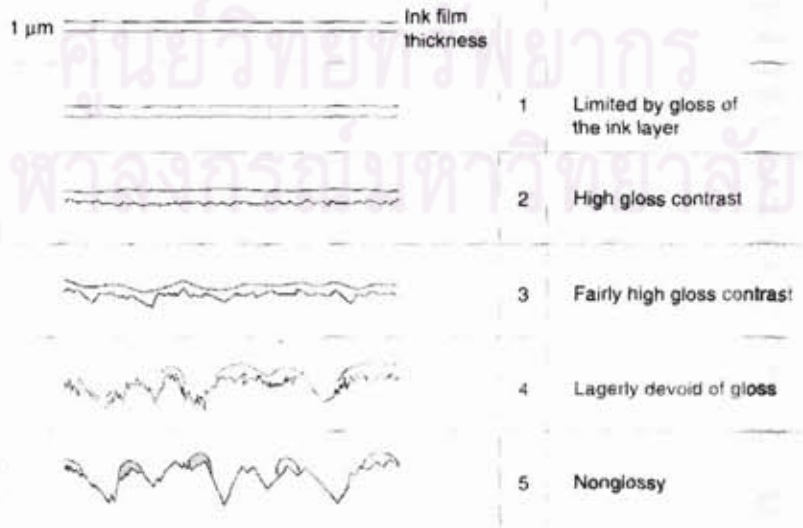
ภาพที่ 2-2 การสะท้อนแสงตรงและแสงแพร่บนกระดาษผิวหยาบทั้งก่อนและหลังพิมพ์



ภาพที่ 2-3 การสะท้อนแสงตรงและแสงแพร่บนกระดาษผิวเรียบทั้งก่อนและหลังพิมพ์

2. ความเรียบ (Smoothness)

ความเรียบจะสัมพันธ์โดยตรงกับความมันวาวของผิวหน้ากระดาษและความสามรถของผิวนั้นในการครอบคลุมพื้นที่หมึกซึ่งจะส่งผลต่อระดับความละเอียดของสกรีนและการผลิตน้ำหนักสีของภาพพิมพ์นั้นๆ [10]



ภาพที่ 2-4 เปรียบเทียบการครอบคลุมพื้นที่หมึกบนผิวกระดาษที่มีความหยาบต่างกัน

2.1.5 พลาสติกสำหรับใช้การพิมพ์

พลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เทอร์โมเซตพลาสติก และเทอร์โมพลาสติก

2.1.5.1 เทอร์โมเซตพลาสติก (Thermoset plastic) เป็นพลาสติกที่มีสมบัติพิเศษคือ ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและทนปฏิกิริยาเคมีได้ดี เกิดคราบและรอยเปื้อนได้ยาก พลาสติกแบบนี้เมื่อหลอมตัวเป็นรูปแบบใด จะเป็นรูปแบบนั้นอย่างถาวรหมายความว่า จะเอามาหลอมใช้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ไม่ได้ กล่าวคือ เกิดการเชื่อมต่อข้ามไปมาระหว่างสายโซ่ของโมเลกุลของโพลิเมอร์ (cross linking among polymer chains) เหตุนี้หลังจาก พลาสติกเย็นจนแข็งตัวแล้ว จะไม่สามารถทำให้อ่อนได้อีกโดยใช้ความร้อน หากแต่จะสลายตัวทันทีที่อุณหภูมิสูงถึงระดับ การทำพลาสติกชนิดนี้ให้เป็นรูปลักษณะต่าง ๆ ต้องใช้ความร้อนสูง และโดยมากต้องการแรงอัดด้วย เช่น เมลามีน พอลิยูริเทน พอลิฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์

2.1.5.2 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เป็นพลาสติกที่อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนขึ้นรูปได้หลายครั้งโดยสมบัติของพลาสติกไม่เปลี่ยนแปลง เป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบเส้น และแบบกิ่ง เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิสไตรีน เป็นต้น

พอลิโพรพีลีน (PP) เป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างอยู่ในกลุ่มของพอลิโอลิฟีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน พลาสติกชนิดนี้มีสมบัติที่ดีหลายประการ เช่น ความเหนียว ความทนทานต่อสารเคมี ความต้านทานการขีดข่วนและความคงรูป อย่างไรก็ตามในอุตสาหกรรมการใช้งานของพอลิโพรพิลีนในหลายประเภทจำเป็นต้องมีสมบัติในการยึดติดที่ดี ตัวอย่างเช่น การเกาะติดกับหมึกพิมพ์หรือสารเคลือบ ซึ่งการยึดติดที่ดีจะถูกกำหนดได้จากความเป็นขั้วของผิวหน้าพลาสติก โดยทั่วไปพลาสติกพอลิโพรพิลีนมีสมบัติการยึดติดต่ำเนื่องจากมีโครงสร้างไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้วเป็นหลักและพลังงานผิวต่ำ[12]

สำหรับพอลิเอทิลีน (PE) มีสีขาวขุ่นโปร่งแสง มีความลื่นมันในตัวเมื่อมีการสัมผัส หยุ่นตัวได้ ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่ติดแม่พิมพ์ มีความเหนียว ทนความร้อนได้ไม่มากนัก แต่ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี เป็นฉนวนไฟฟ้า ใส่สีผสมได้ง่ายมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำจึงลอยน้ำได้ เมื่อความหนาแน่นสูงขึ้นจะทำให้มีความแข็งและความเหนียวเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิหลอมตัวสูง

พอลิเอทิลีน เหมาะสำหรับห่อหุ้มสายไฟสามารถทนกรด ทนด่างได้ดี จึงเหมาะที่จะใช้ทำภาชนะใส่สารเคมีที่ไม่ร้อน แต่ไม่ควรใช้งานกับสารละลายบางชนิดที่ร้อนระดับ 100 องศาเซลเซียสขึ้นไป ได้แก่ น้ำมันเบนซิน โทลูอีน และกรด [13]สามารถใช้งานที่อุณหภูมิต่ำได้ถึง -73 องศาเซลเซียส [14]

2.1.6 คุณภาพงานพิมพ์ (print quality)

2.1.6.1 ความดำ (Print Density)

ความดำภาพพิมพ์ เป็นผลมาจากปรากฏการณ์การดูดซับและสะท้อนแสงของชั้นหมึกพิมพ์ผ่านฟิวเตอร์สีแดง เขียว และน้ำเงิน ในเครื่องวัดความดำ ซึ่งปริมาณแสงสะท้อนจะมากน้อยขึ้นอยู่กับการดูดกลืนแสงของชั้นหมึกพิมพ์สีนั้นๆได้ค่าความดำดังสมการที่ 1 [15]

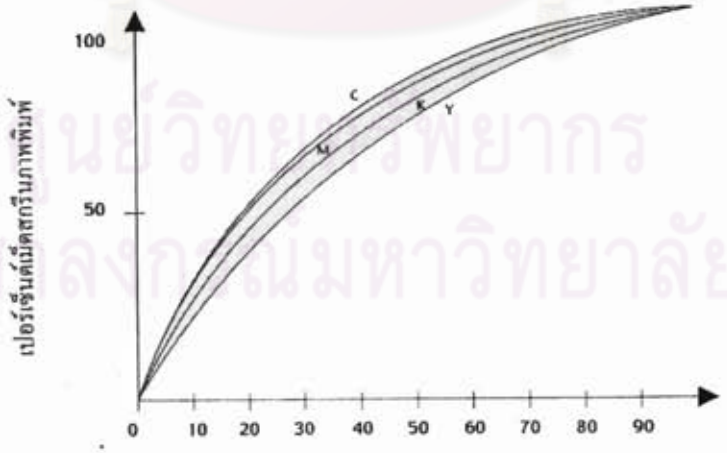
$$D = \log_{10}(1/R) \quad \text{_____(1)}$$

D : ค่าความดำ

R : ปริมาณแสงสะท้อนแสงจากภาพพิมพ์ผ่านฟิลเตอร์แต่ละสี

2.1.6.2 การผลิตน้ำหนักสี (Tone reproduction)

การผลิตน้ำหนักสีทางการพิมพ์ คือ การปรากฏแกรเดชั่น(gradation) ของน้ำหนักสีบนภาพพิมพ์ ตั้งแต่บริเวณส่วนสว่าง(High light) ถึงบริเวณเงา(Shadow) เทียบกับต้นฉบับโดยพิจารณาได้จากกราฟที่พล็อตระหว่างเปอร์เซ็นต์ของเม็ดสกรีนต้นฉบับกับเปอร์เซ็นต์ของเม็ดสกรีนบนสิ่งพิมพ์ที่ได้ดังรูปที่ 2-5 กราฟที่ได้นี้เรียกว่า กราฟลักษณะเฉพาะทางการพิมพ์ (printing chareacteristic) หรือกราฟลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีของภาพพิมพ์ก็ได้ [14]



ภาพที่ 2-5 กราฟแสดงลักษณะเฉพาะของภาพพิมพ์

2.1.6.3 <u>การบวมของเม็ดสกรีน</u> (Dot gain)

การบวมของเม็สกรีนเป็นปรากฏการณที่เกิดขึ้นในระบบการพิมพ์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เกิดจากปัจจัยต่างๆ เช่น แรงกดพิมพ์ สมบัติการรับหมึกของวัสดุใช้พิมพ์ และสมบัติสภาพการไหลของหมึกพิมพ์ เป็นต้น ปรากฏการณ์นี้มีผลต่อคุณภาพของการผลิตน้ำหนักสีของภาพพิมพ์ที่ได้ การบวมของเม็ดสกรีนเป็นผลต่างระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนที่พิมพ์ได้กับเปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต้นฉบับบนเพลตดังสมการที่ (2) และ (3) จากไฟล์ต้นฉบับบนแม่พิมพ์กับพื้นที่สกรีนของงานพิมพ์ที่ได้ ตัวอย่างเช่น ณ ตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ต้นฉบับ 50 เปอร์เซ็นต์บนเพลตเมื่อพิมพ์งานแล้ววัดพื้นที่สกรีนบริเวณตำแหน่งเดียวกันได้ 70 เปอร์เซ็นต์แสดงว่าค่าเม็ดสกรีนบวมเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์

Dot gain = dot area – screen value of plate (%) _____(2)

$$\text{Dot area} = \frac{1-10^{-DT}}{1-10^{-DS}} \bullet 100\% \quad \text{_____ (3)}$$

Dt : ค่าความดำบริเวณพื้นที่สกรีน (Tint density)

Ds : ค่าความดำบริเวณพื้นทึบ (Solid density)

2.1.6.4 <u>ความกลมของเม็ดสกรีน</u>(Circularity)

ค่าความกลมของเม็ดสกรีน คือ ค่าที่ใช้ระบุถึงรูปร่างของความกลมของเม็ดสกรีนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4 โดยค่าที่ดีที่สุดคือค่าความกลมเท่ากับ 1 [16]

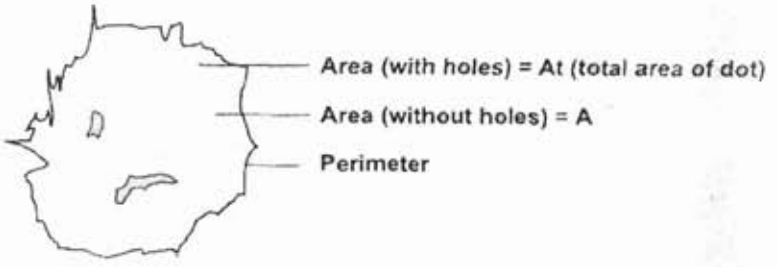
$$C = 4\pi\left(\frac{At}{P^2}\right) \quad \text{_____ (4)}$$

C : ค่าความกลม (Circularity)

At : พื้นที่ทั้งหมดของรูปเม็ดสกรีน

P : ความยาวเส้นรอบรูป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่2-6 พารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณหาค่าความกลมของเม็ดสกรีน

ถ้าวัตถุมีความกลมมากจะมีค่าเท่ากับ 1 การคำนวนหาค่าความกลมของเม็ดสกรีน พิจารณาได้จากโปรแกรม ImageJ โปรแกรมนี้พัฒนาขึ้นโดยนาย Wayne Rasband จากสถาบัน National Institute of Health (NIH) ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลจากรูปภาพ ตัวอย่างเช่น การนับจำนวนเซลล์ที่ได้จากภาพถ่าย การหาพื้นที่ของวัตถุ เป็นต้น โดยทำการวัดขนาดของอนุภาคที่ปรากฏในรูปภาพ วิเคราะห์ขนาดของเกรนและการกระจายตัวของภาคตัดขวางของวัสดุ เป็นโปรแกรมที่ให้มีการดาวน์โหลดได้บนอินเตอร์เน็ตและยังมีการเปิด source code ให้มีการพัฒนาได้

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

David Bould and Tim Claypole ได้ทำการศึกษาผลกระทบของวัสดุใช้พิมพ์และผ้ายางทที่มีผลต่อการถ่ายโอนหมึกพิมพ์ ทดลองพิมพ์ด้วยเครื่อง IGT ใช้ผ้ายางความหนา 1.14 มิลลิเมตร มีความหยาบ 3 ระดับ ได้แก่ ไม่มีการปรับผิว ผิวหยาบระดับ 300 Grit และผิวหยาบระดับ 600 Grit กระดาษหนังสือพิมพ์ 45 แกรม กระดาษไม่เคลือบผิว 80 แกรม กระดาษเคลือบผิว 130 แกรม และกระดาษเคลือบมันวาวสูง 150 แกรม ใช้ White light Interferometer วัดความหยาบของผิวกระดาษและผ้ายาง การพิมพ์แบ่งเป็น 2 ตอน ตอนแรกศึกษาการถ่ายโอนของหมึกพิมพ์ด้วยผ้ายาง 3 ประเภท บนกระดาษหนังสือพิมพ์ 45 แกรมและกระดาษไม่เคลือบผิว 80 แกรม ตอนที่ 2 ศึกษาผลของความหยาบของกระดาษต่อการเกิดภาพกระด่ำกระด่างสรุปได้ว่าความเรียบของผิวกระดาษมีผลต่อการถ่ายโอนหมึกอย่างมีนัยสำคัญมากว่าความเรียบของผิวผ้ายาง[17]

ปฏิพล ศึกษาเรื่องการวัดความคมของการพิมพ์อิงค์เจ็ตบนผ้าไหม ทดลองโดยใช้ผ้าไหมที่มีลายต่างกัน 4 แบบ ทำการออกแบบแบบทดสอบพิมพ์(test form) ที่ประกอบด้วยขนาดของเส้นแนวนอนแนวตั้ง การผลิตน้ำหนักสีแบบสกรีน AM และ FM ทำการพิมพ์ จากนั้นนำภาพบนผ้าไหมไปวิเคราะห์หาคุณภาพของเส้น ความกลมของเม็ดสกรีน วัดค่าความดำแล้วแปลงเป็นค่าการสะท้อนแสง นำมาเขียนกราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนกับค่าการสะท้อนแสง ผลการทดลอง

พบว่าคุณภาพผ้าไหมและความกลมของเม็ดสกรีนจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของเส้นไหม โดยเส้นไหมที่มีความหนาแน่นภายในมากจะให้ความคมที่สูงกว่าเส้นใยที่มีความหนาแน่นน้อย ผ้าไหมที่มีลายต่างกันมีผลต่อการเกิดเม็ดสกรีนบวมต่างกันด้วย[18]

Mesic B., Jarstrom L., Hjarthag C., และ Lestelius M. ศึกษาเรื่องความต้านทานน้ำและสมบัติทางการพิมพ์ของการใช้สารเคลือบกันซึมชนิดแป้งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน โดยแป้งที่ใช้ทดลองมี 2 ชนิดคือแป้งแบบออกซิไดซ์และแป้งแบบไม่ชอบน้ำ นำกระดาษที่ผ่านการเคลือบผิวและขัดผิวแล้ว ตรวจสอบความเรียบ สมบัติการเก็บกักน้ำและมุมสัมผัสของกระดาษก่อนและหลังเคลือบ นำกระดาษเคลือบผิวและไม่เคลือบผิวพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานน้ำ ตรวจสอบคุณภาพงานพิมพ์ เช่น การแผ่ของหยดน้ำบนผิวกระดาษก่อนและหลังเคลือบผิวด้วยค่าความดำ เม็ดสกรีนบวม และความกระด้ำกระด่าง ผลการทดลองพบว่ากระดาษที่เคลือบผิวด้วยแป้งทั้ง 2 ชนิดรับหมึกพิมพ์ได้ดี ส่งผลให้ค่าความดำสูงกว่าและความกระด้ำกระด่างน้อยกว่ากระดาษไม่เคลือบผิว โดยกระดาษที่ใช้สารเคลือบแป้งแบบไม่ชอบน้ำจะให้สมบัติการต้านทานน้ำที่ดี ค่าความดำสูง และความกระด้ำกระด่างน้อยกว่าสารเคลือบแป้งแบบออกซิไดซ์ [19]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้

1. เครื่องปรู๊ฟเฟล็กโซกราฟี Jm heaford รุ่น DEPP 200x400
2. หมึกพิมพ์ 4 สี โพรเซส SIEGWERK ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวี
3. แม่พิมพ์เฟล็กโซกราฟีดิจิทัล BASF หนา 1.14 มิลลิเมตร
4. สติกเกอร์กระดาษ UPM RAFLATAC ชนิดความมันวาวสูง(High Gloss)ความมันวาวปานกลาง(Midgloss) และไม่เคลือบผิว (Uncoated)
5. สติกเกอร์พลาสติกขาวทึบแสง UPM RAFLATAC ชนิดพอลิโพรพิลีน (PP White) และพอลิเอทิลีน(PE White)
6. เครื่องวัดความดำ (X-Rite Spectrodensitometer 530)
7. เครื่องวัดความมันวาว BayerGardner Microgloss 75^0
8. ถ้วยวัดความหนืดของของเหลว ชนิด Zahn เบอร์ 2
9. กล้องถ่ายรูปกำลังขยายสูง Olpmpus รุ่น SZH10
10. เครื่องวัดความเรียบ Scanning Probe Microscope Controller รุ่น NanoScope®IV

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 วัดสมบัติของสติกเกอร์

1. นำตัวอย่างสติกเกอร์ทุกประเภทวัดความมันวาวด้วยเครื่อง Microgloss BayerGardner 75^0 ทำการวัด 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย และวัดความเรียบด้วยเครื่อง Scanning Probe Microscope Controller จะวัดเป็นค่าความเรียบเฉลี่ย rms (Rq) ดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3-1 อุปกรณ์วัดความมันวาวและความเรียบ

3.2.2 พิมพ์

1. ทำแม่พิมพ์สำหรับการทำการทดสอบพิมพ์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์-ทู-เพลต ที่บริษัท TPN Flexpack จำกัด
2. ปรับความหนืดของหมึกพิมพ์ 4 สี โพรเซส ฐานตัวทำละลาย ฐานน้ำ และยูวี ให้ได้ค่า 20 วินาที หรือค่าK_v = 21 centistoke ด้วยถ้วยวัดความหนืดชนิด Zahn
2. ติดแม่พิมพ์บนเครื่องปรู๊พเฟล็กโซกราฟี
3. ทำการทดสอบพิมพ์บนตัวอย่างสติกเกอร์ โดยใช้หมึกพิมพ์โพรเซสแต่ละชุดด้วยความเร็วที่ 50 เมตรต่อนาที ความละเอียดลูกกลิ้งแอนนิลอกซ์ 550 lpi ลำดับสีในการพิมพ์ คือ สีเหลือง สีมาเจนตา สีไซแอน และสีดำ อุณหภูมิห้องพิมพ์ 25 องศาเซลเซียส

3.2.3 ตรวจสอบคุณภาพงานพิมพ์

1. วัดค่าพื้นที่สกรีนบนตัวอย่างแผ่นพิมพ์ด้วยเครื่องวัดสีสเปกโตรเดนซิโตมิเตอร์ที่แถบสเกล 1%-100% ที่ความละเอียด 86, 100, 110, และ120 lpi สกรีนแบบ AM ตามลำดับ แล้วนำไปพล็อตกราฟระหว่างพื้นที่สกรีนต้นฉบับกับพื้นที่สกรีนของภาพพิมพ์ที่ได้ เรียกกราฟที่ได้นี้ว่า กราฟลักษณะเฉพาะน้ำหนักสี
2. วัดค่าการบวมของเม็ดสกรีนที่ 50 เปอร์เซ็นต์บนแผ่นพิมพ์สติกเกอร์ตัวอย่างด้วยเครื่องวัดสี เปรียบเทียบระหว่างหมึกพิมพ์ต่างชนิดกัน กับวัสดุต่างชนิดกัน เมื่อเพิ่มลายละเอียดสกรีนขึ้น
3. วัดค่าสี CIE L*a*b*ที่บริเวณพื้นทึบ (Solid Tone) ของสีเหลือง สีไซแอน สีมาเจนตา และสีดำ นำค่าที่วัดได้มาคำนวนหาค่ารงคะ (Chroma/C*)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3-2 เครื่องวัดสีสเปกโตรเดนซิโตมิเตอร์

4. ถ่ายรูปลักษณะของเม็ดสกรีนสีดำที่พื้นที่สกรีน 30 เปอร์เซ็นต์ ด้วยกล้องถ่ายรูปกำลังขยายสูง 6 เท่า
5. ใช้โปรแกรม ImageJ เพื่อคำนวนหาค่าพื้นที่ ความยาวเส้นรอบรูป และความกลมของเม็ดสกรีน
6. วัดความเรียบของภาพพิมพ์ ด้วยเครื่อง Scaning Probe Microscope Controller ที่บริเวณพื้นทึบบนแผ่นสติกเกอร์ประเภทต่างๆ
7. นำข้อมูลจากข้อ 1-6 มาวิเคราะห์และสรุปผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 เปรียบเทียบค่าความมันวาวและความเรียบของสติกเกอร์แต่ละประเภท

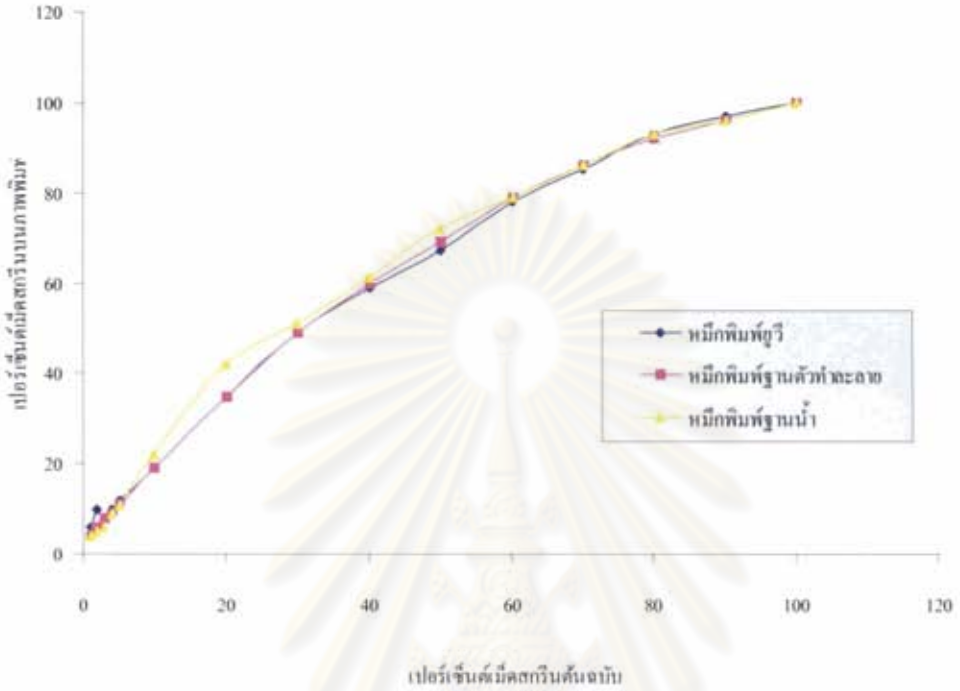
ตารางที่ 4-1 ค่าความมันวาวและความเรียบของสติกเกอร์แต่ละประเภท

สติกเกอร์	ค่าความมันวาว(%)	ค่าความเรียบเฉลี่ย rms (nm)
มันวาวสูง	85.10	27.08
มันวาวปานกลาง	73.20	31.51
ไม่เคลือบผิว	6.20	77.14
พอลิโพรพิลีน	87.60	8.61
พอลิเอทิลีน	89.50	4.62

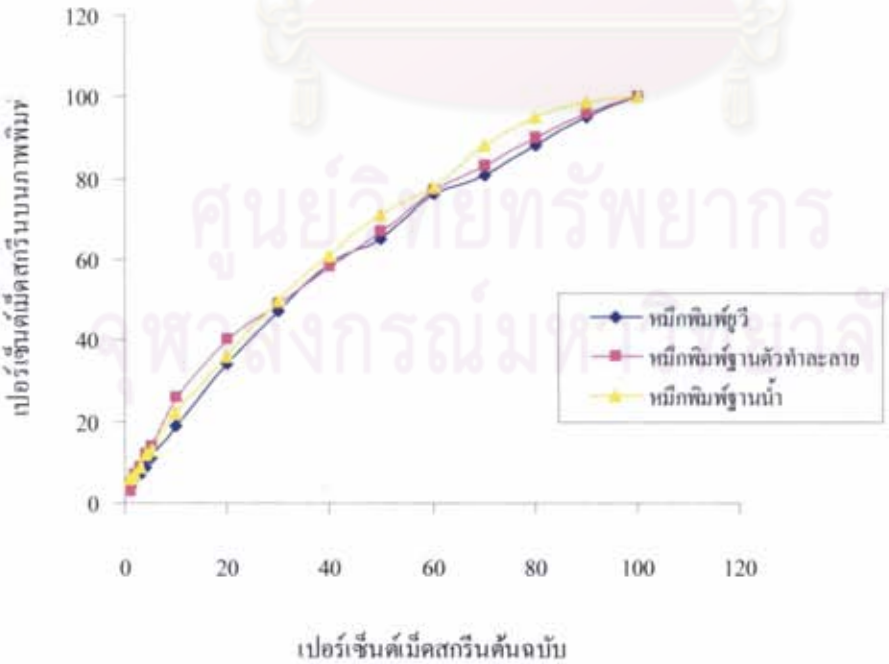
จากตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบค่าความมันวาวและความเรียบของสติกเกอร์ประเภทต่างๆ พบว่าสติกเกอร์ชนิดกระดาษที่มีความมันวาวสูงจะให้ค่าความมันวาว 85.1% รองลงมาคือสติกเกอร์กระดาษชนิดความมันวาวปานกลางให้ค่าความมันวาว 73.2% ในขณะที่สติกเกอร์กระดาษชนิดไม่เคลือบผิวจะให้ค่าความมันวาวน้อยที่สุด เพราะการสะท้อนแสงส่วนใหญ่จะให้แสงแพร่ (Diffuse reflectance) มากกว่าแสงตรง (Specularly reflect light) ส่วนสติกเกอร์ชนิดพลาสติกพบว่าพอลิเอทิลีนจะให้ความมันวาวสูงสุด 89.5% และสูงกว่าสติกเกอร์พลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน 87.6% เล็กน้อย ที่น่าสนใจค่าความเรียบที่ได้จะสัมพันธ์กับค่าความมันวาว ยิ่งค่าความมันวาวสูงความเรียบเฉลี่ยก็จะมีค่าน้อยลง โดยความเรียบของผิววัสดุจะมีผลต่อรูปร่างลักษณะของภาพเม็ดสกรีน และการปกคลุมพื้นที่หมึก ทั้งนี้มีสมมุติฐานที่ว่า วัสดุที่มีความเรียบของผิวสูงจะให้การปกคลุมพื้นที่หมึกได้ดีกว่าวัสดุที่มีความเรียบของผิวต่ำ และรูปร่างเม็ดสกรีนกลมเหมือนต้นฉบับมากกว่า

4.2 วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีของภาพพิมพ์

4.2.1 ผลของประเภทหมึกพิมพ์ต่อการผลิตน้ำหนักสีภาพพิมพ์

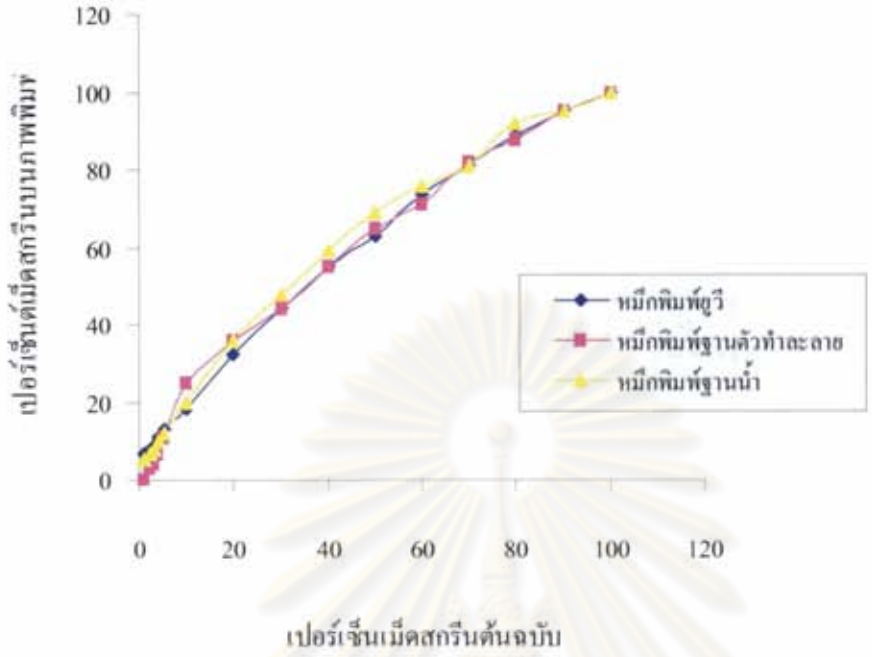


ภาพที่ 4-1 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีดำที่ความละเอียด 86 lpi บนสติกเกอร์กระดาษมันวาวสูง หมึกพิมพ์ต่างชนิดกัน

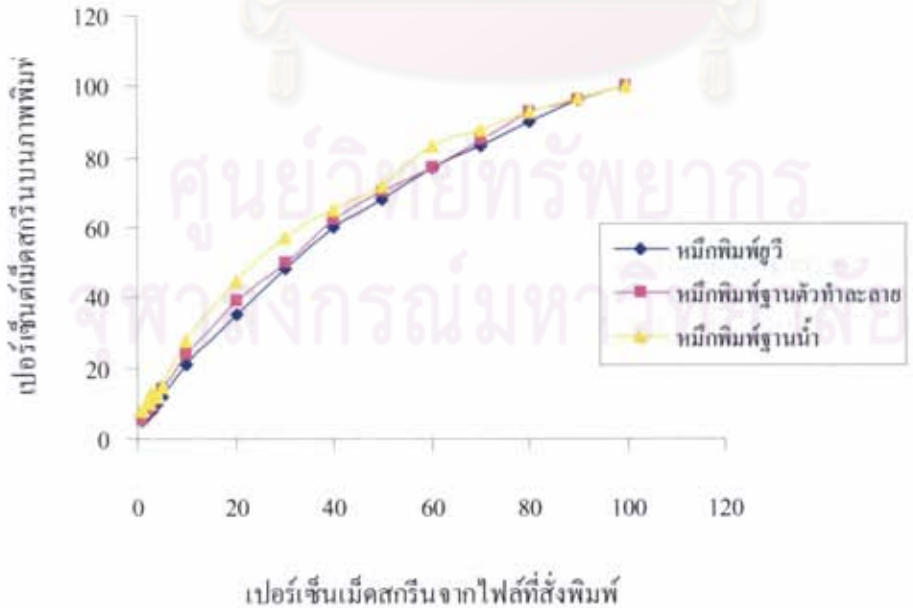


ภาพที่ 4-2 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีดำที่ความละเอียด 86 lpi บนสติกเกอร์กระดาษมันวาวปานกลาง หมึกพิมพ์ต่างชนิดกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

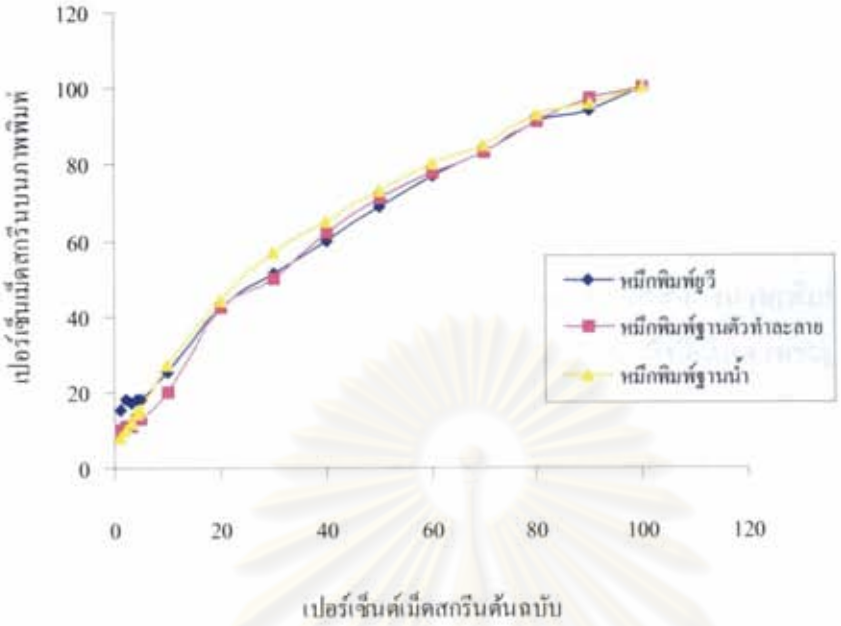


ภาพที่ 4-3 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีดำที่ความละเอียด 86 lpi บนสติกเกอร์กระดาษไม่เคลือบผิว หมึกพิมพ์ต่างชนิดกัน



ภาพที่ 4-4 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีดำที่ความละเอียด 86 lpi บนสติกเกอร์พลาสติกพอลิโพรพิลีน เมื่อใช้หมึกพิมพ์ต่างชนิดกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

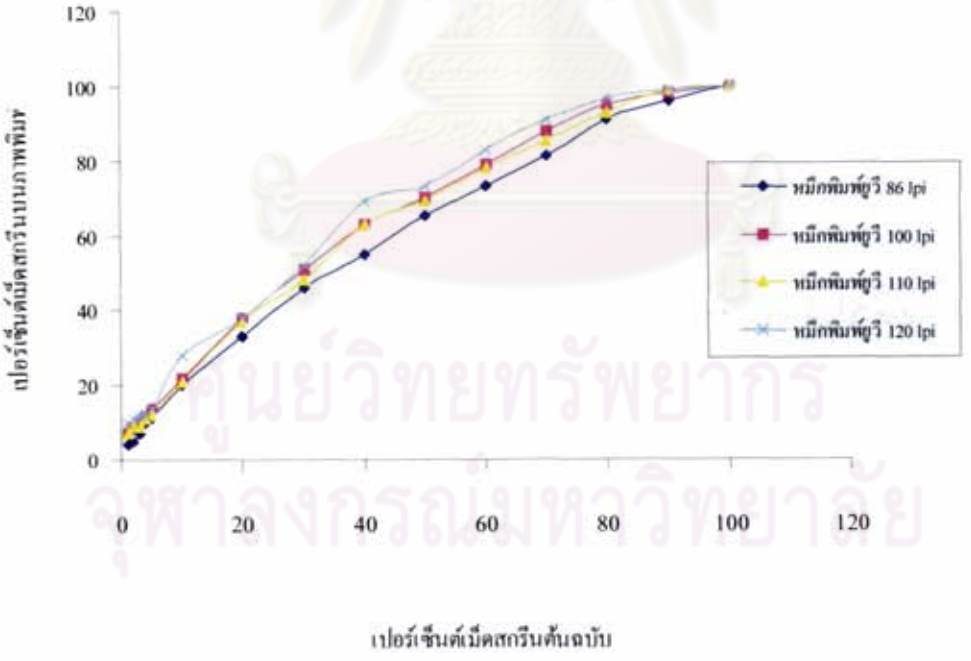


ภาพที่ 4-5 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีดำที่ความละเอียด 86 lpi บนสติกเกอร์พลาสติกพอลิเอทิลีน เมื่อใช้หมึกพิมพ์ต่างชนิดกัน

ภาพที่ 4-2 – 4-6 เป็นกราฟเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีที่ได้จากการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีบนความละเอียด 86 lpi แอนนิลอกซ์ 550 lpi บนสติกเกอร์ความมันวาวสูง ความมันวาวปานกลาง ไม่เคลือบผิว พลาสติกพอลิโพรพิลีน และพอลิเอทิลีน ด้วยหมึกพิมพ์ 3 ชนิด ตามลำดับพบว่าลักษณะน้ำหนักสีที่พิมพ์ลงบนวัสดุประเภทต่างๆ ด้วยสีไซแอน สีมาเจนตา สีเหลือง และสีดำมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันจึงได้นำข้อมูลของสีดำมาแสดง โดยจะพิจารณาในช่วงไฮไลท์(0-40%) มิดโทน(40-80%) และชาโดว์(80-100%) ในช่วงที่น่าสนใจในช่วงไฮไลท์และชาโดว์ หมึกพิมพ์ทั้ง 3 ชนิดให้ค่าการผลิตน้ำหนักสีใกล้เคียงกันทั้งหมด แต่ที่บริเวณเม็ดสกรีน 50 เปอร์เซ็นต์ หมึกพิมพ์ยูวีสามารถผลิตน้ำหนักสีให้เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนจากไฟล์ต้นฉบับที่สั่งพิมพ์มากที่สุด รองมาคือหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายและหมึกพิมพ์ฐานน้ำ หมายความว่าหมึกพิมพ์ฐานน้ำเกิดเม็ดสกรีนบวม(dot gain) มากที่สุดรองลงมาคือหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายและหมึกพิมพ์ยูวีจะเกิด น้อยที่สุดโดยมีแนวโน้มเหมือนกันในทุกวัสดุพิมพ์ ดังนั้นหมึกพิมพ์ยูวีจึงให้ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีดีที่สุดเพราะสามารถให้เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนได้ใกล้เคียงกับเปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนที่สั่งจากไฟล์พิมพ์ มากกว่าหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายและฐานน้ำ

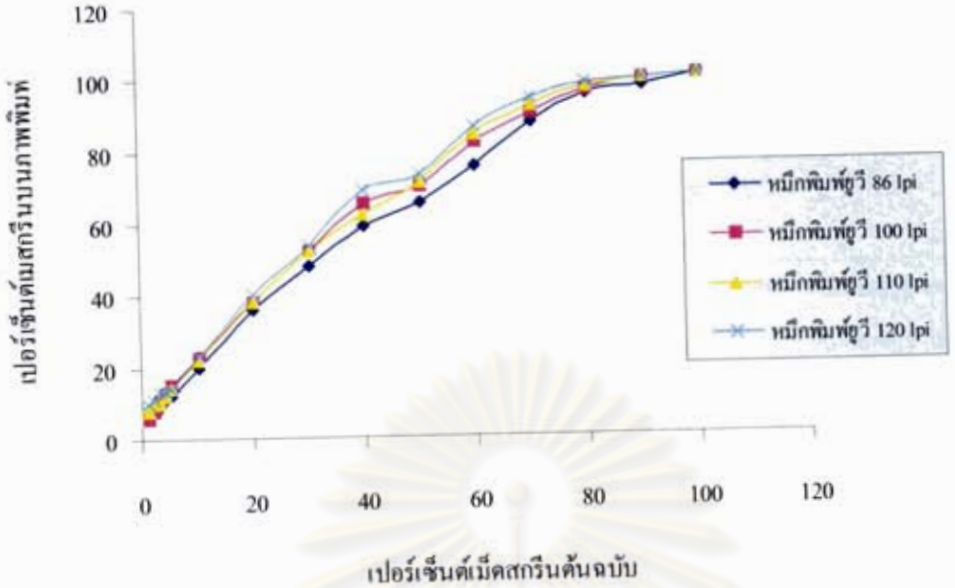
4.2.2 ผลของความละเอียดสกรีนต่อการผลิตน้ำหนักสีภาพพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ยูวี

ภาพที่ 4-6 -4-10 เป็นกราฟแสดงลักษณะเฉพาะน้ำหนกสีของสีไซแอน ที่กำหนดค่าความละเอียด 86, 100, 110, และ 120 lpi บนสติกเกอร์ความมันวาวสูง ความมันวาวปานกลาง ไม่เคลือบผิว พลาสติกพอลิโพรพิลีน และพอลิโพรพิลีน ด้วยหมึกพิมพ์ยูวีตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มความละเอียดสกรีนสูงขึ้นจะทำให้การผลิตน้ำหนักสีของภาพเพิ่มขึ้น และพบว่าที่ความละเอียดลายสกรีน 86 lpi เป็นการผลิตลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีที่ดีที่สุด เพราะให้น้ำหนักสีของภาพพิมพ์ใกล้เคียงกับน้ำหนักสีของไฟล์ต้นฉบับมากที่สุด อันเนื่องมาจากมีการเกิดการบวมของเม็ดสกรีนน้อยที่สุด และที่ความละเอียดสกรีน 120 lpi จะให้ค่าน้ำหนักสีของภาพพิมพ์ที่ได้ต่างกับค่าน้ำหนักสีของต้นฉบับมากที่สุด โดยในทุกวัสดุจะมีแนวโน้มเหมือนกันด้วย ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่าความละเอียดของลายสกรีนจะมีผลต่อการเกิดเม็ดสกรีนบวมของภาพพิมพ์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งบริเวณมิดโทนที่ 50 เปอร์เซ็นต์ จะได้รับผลกระทบมากว่าบริเวณอื่นๆ

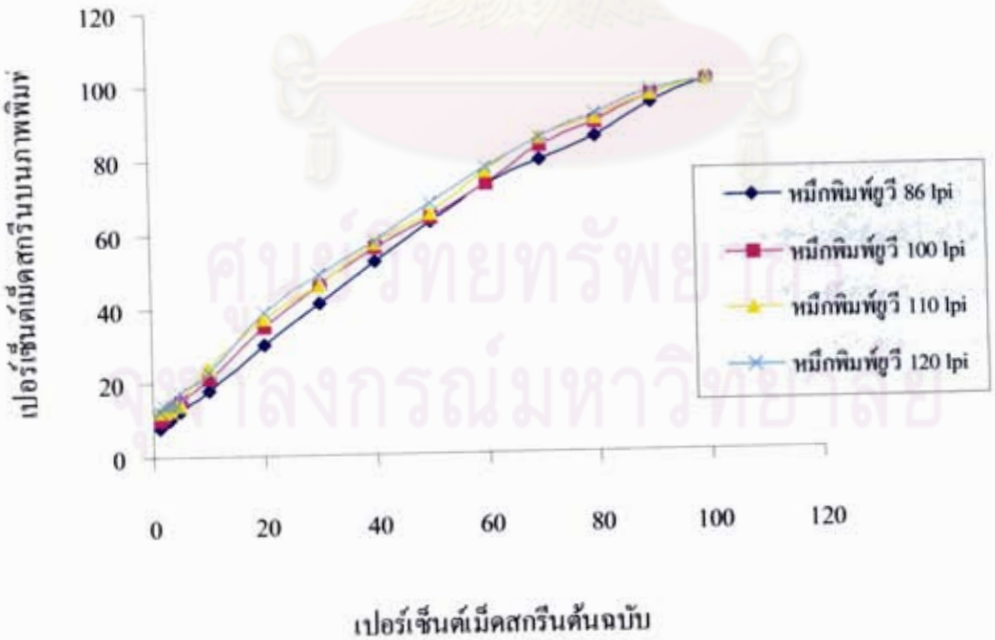


ภาพที่ 4-6 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi หมึกพิมพ์ยูวีบนสติกเกอร์กระดาษมันวาวสูง

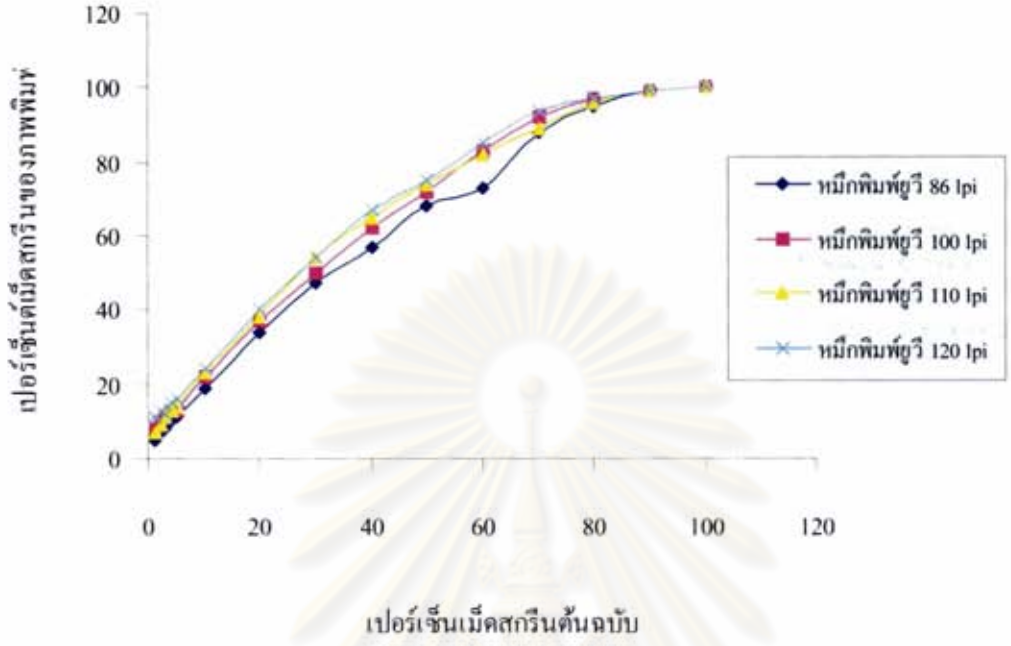
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



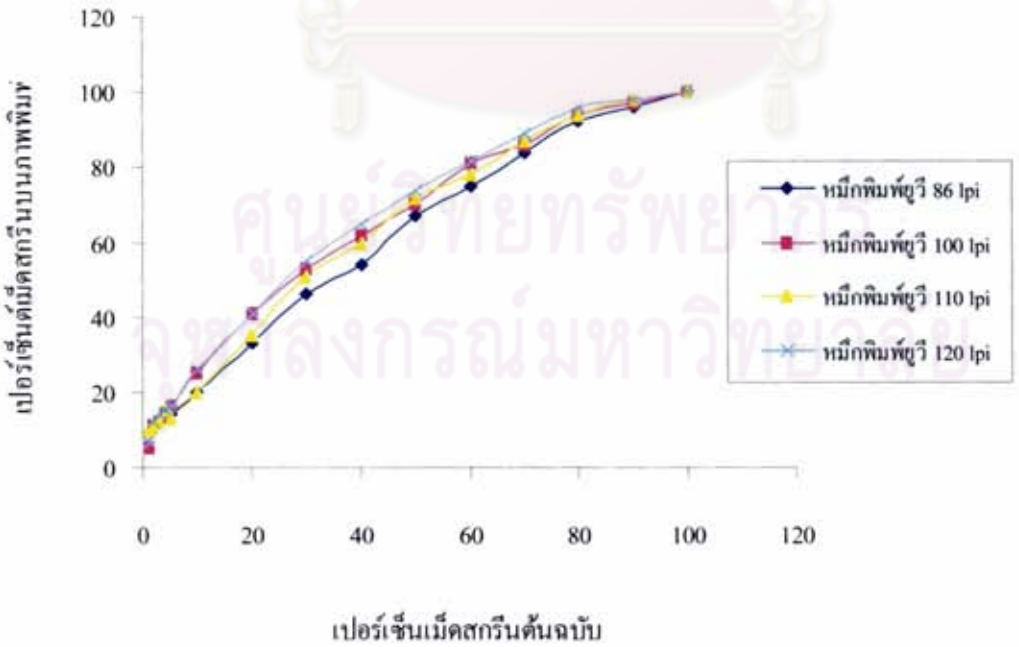
ภาพที่ 4-7 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi หมึกพิมพ์ยูวีบนสติกเกอร์กระดาษมันวาวปานกลาง



ภาพที่ 4-8 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi หมึกพิมพ์ยูวีบนสติกเกอร์กระดาษไม่เคลือบผิว

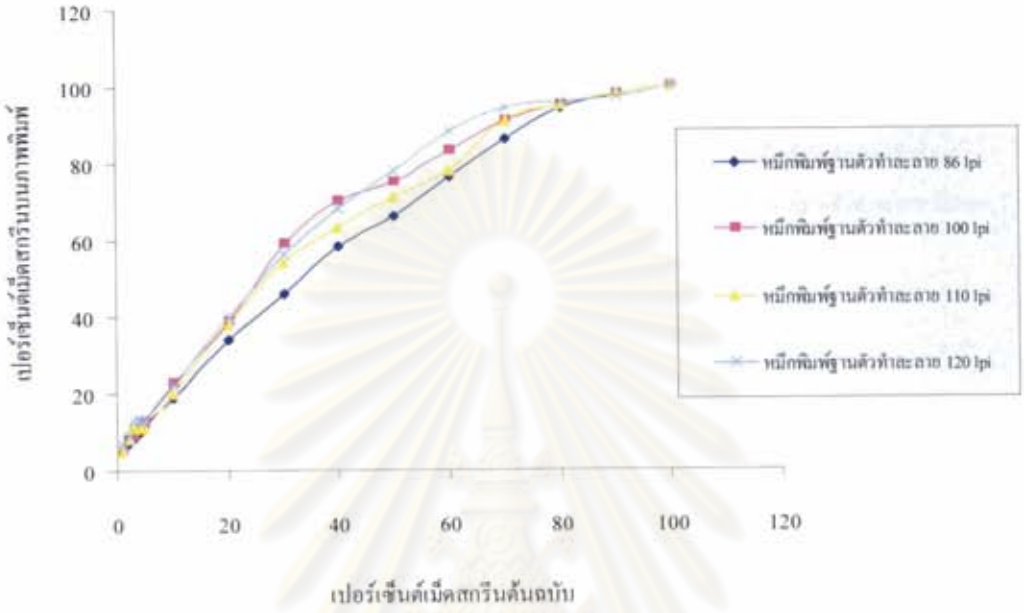


ภาพที่ 4-9 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi หมึกพิมพ์ยูวีบนสติกเกอร์พลาสติกขาวทึบแสงพอลิโพรพีลีน

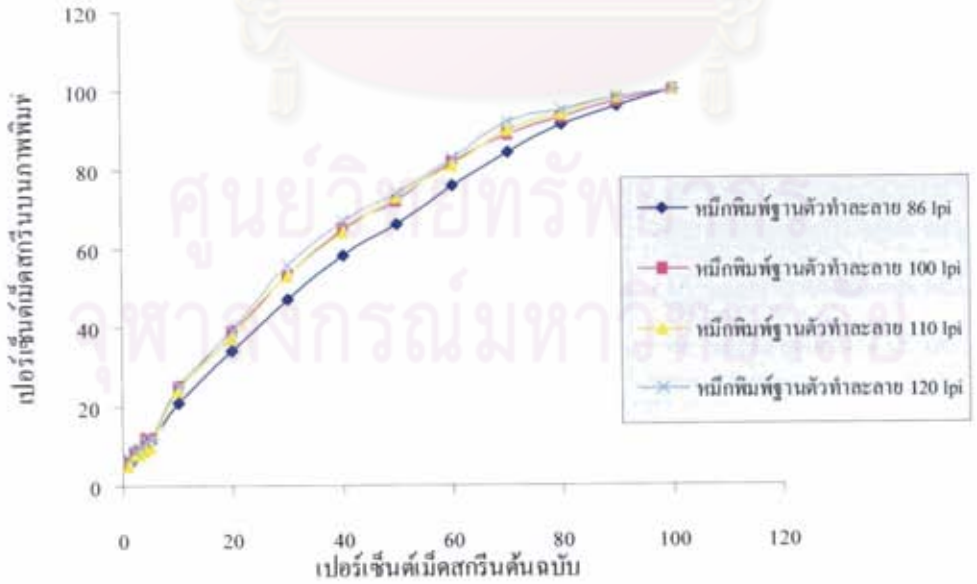


ภาพที่ 4-10 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi หมึกพิมพ์ยูวีบนสติกเกอร์พลาสติกขาวทึบแสงพอลิเอทิลีน

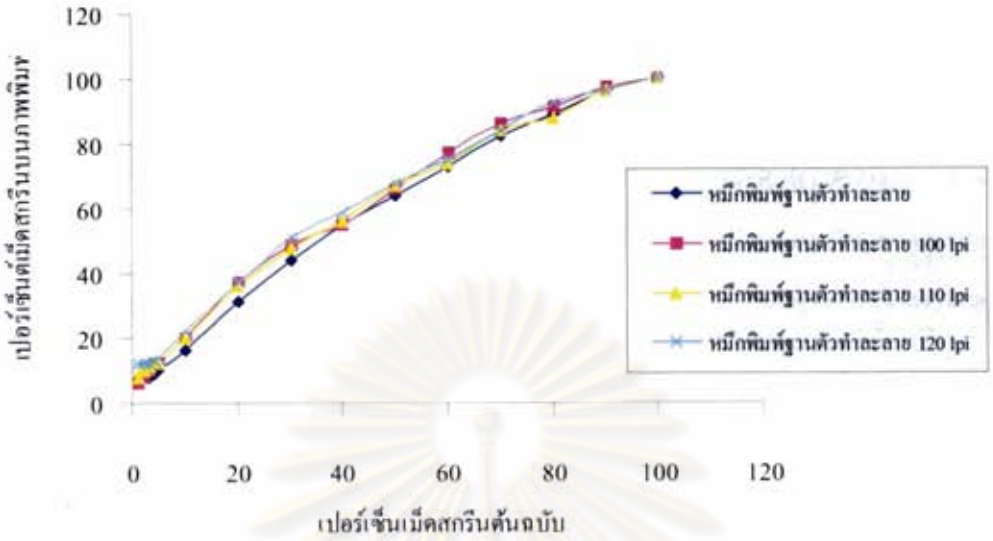
4.2.3 ผลของความละเอียดสกรีนต่อการผลิตน้ำหนักสีภาพพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย



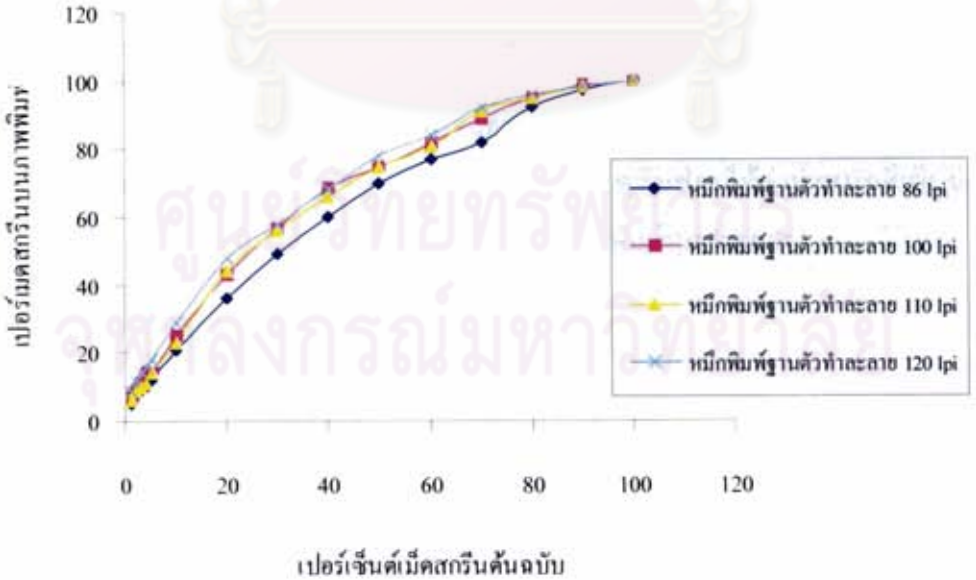
ภาพที่ 4-11 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายบนสติกเกอร์กระดาษมันวาวสูง



ภาพที่ 4-12 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายบนสติกเกอร์กระดาษมันวาวปานกลาง

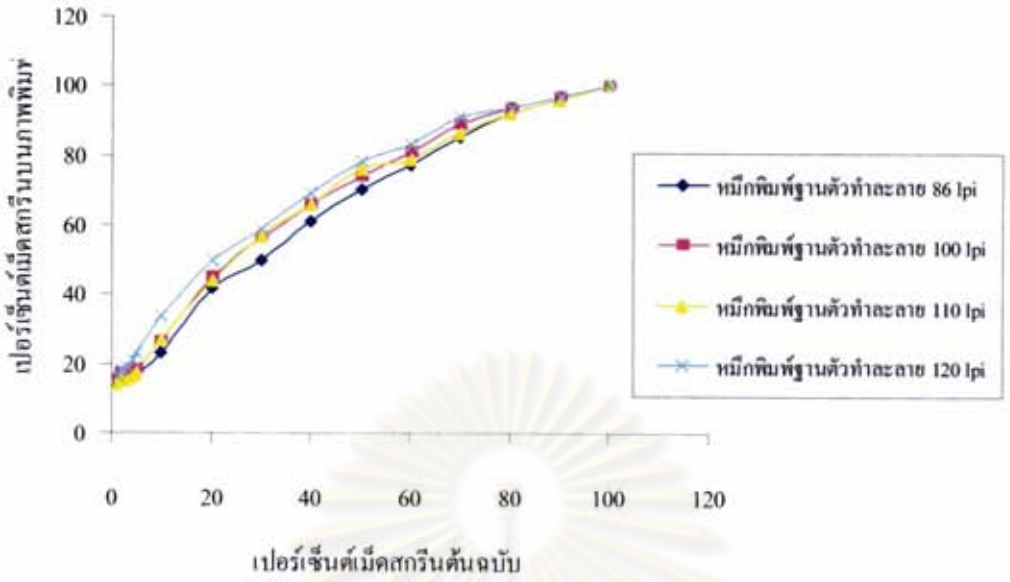


ภาพที่ 4-13 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายบนสติกเกอร์กระดาษไม่เคลือบผิว



ภาพที่ 4-14 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายบนสติกเกอร์พลาสติกขาวทึบแสงพอลิโพรพิลีน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

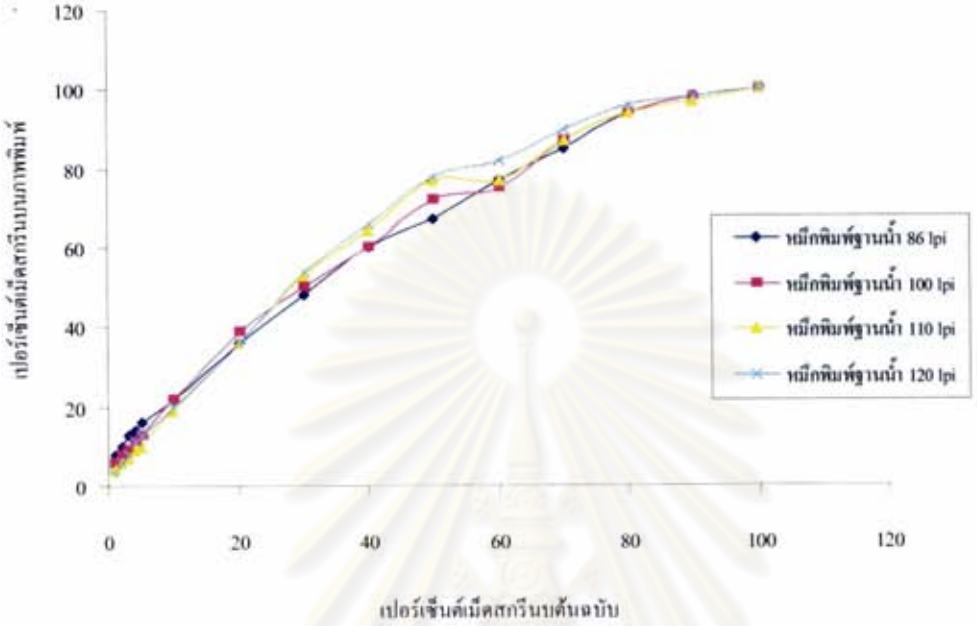


ภาพที่ 4-15 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายบนสติกเกอร์พลาสติกขาวทึบแสงพอลิเอทิลีน

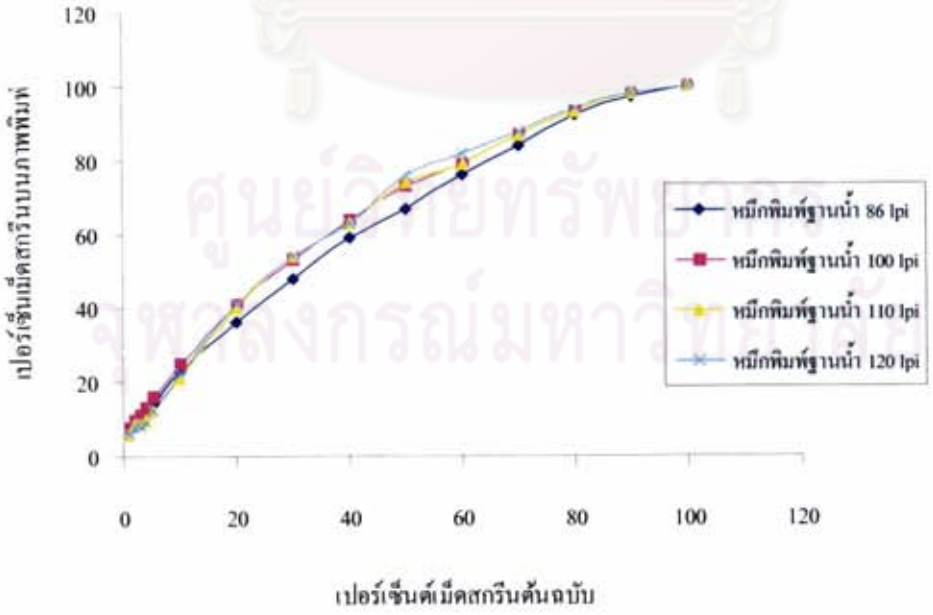
ภาพที่ 4-11- 4-15 เป็นกราฟแสดงลักษณะเฉพาะน้ำหนกสีของสีไซแอนที่มีค่าความละเอียด 86, 100, 110, และ 120 lpi บนสติกเกอร์ความมันวาวสูง ความมันวาวปานกลาง ไม่เคลือบผิว พลาสติกพอลิโพรพิลีน และพอลิเอทิลีน ด้วยหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายตามลำดับ พบว่าการผลิตน้ำหนักสีที่ลายละเอียดสกรีน86 lpi จะให้ค่าน้ำหนักสีของภาพพิมพ์ได้ใกล้เคียงกับน้ำหนักสีของไฟล์ต้นฉบับมากที่สุด รองลงมาคือ 100 lpi 110 lpi 120 lpi ตามลำดับ อันเนื่องมาจากผลการเกิดเม็ดสกรีนบวมสูงขึ้นตามค่าความละเอียดสกรีนที่เพิ่มขึ้น ที่น่าสนใจเมื่อเปลี่ยนประเภทวัสดุพิมพ์พบว่าลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีของสติกเกอร์ทุกวัสดุพิมพ์จะให้ค่าน้ำหนักสีเพิ่มขึ้นเมื่อความละเอียดสกรีนสูงขึ้นและมีแนวโน้มเหมือนกันในวัสดุใช้พิมพ์ทุกประเภท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

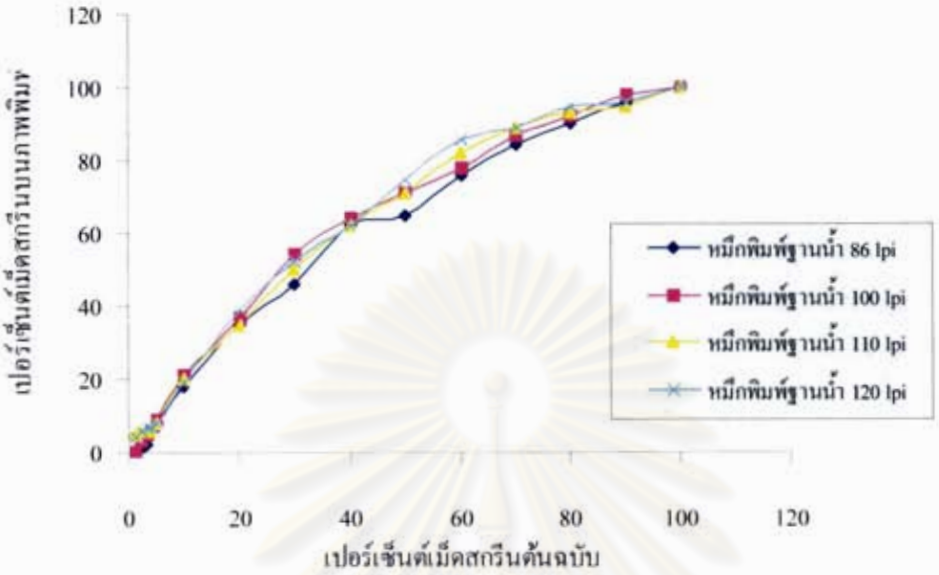
4.2.4 ผลของความละเอียดสกรีนต่อการผลิตน้ำหนักสีภาพพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำ



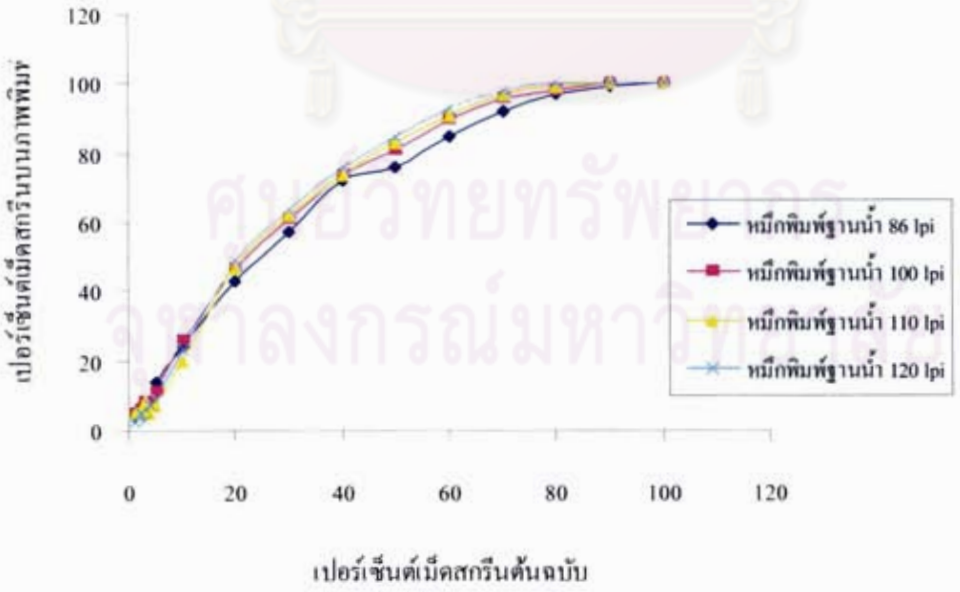
ภาพที่ 4-16 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi หมึกพิมพ์ฐานน้ำบนสติกเกอร์กระดาษมันวาวสูง



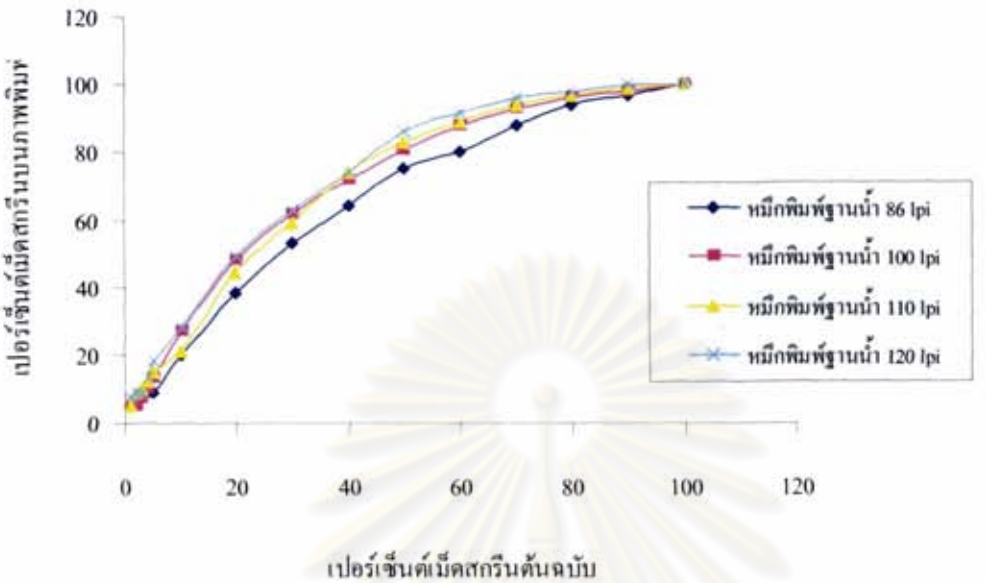
ภาพที่4-17 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi หมึกพิมพ์ฐานน้ำบนสติกเกอร์กระดาษมันวาวปานกลาง



ภาพที่4-18 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำบนสติกเกอร์กระดาษไม่เคลือบผิว



ภาพที่ 4-19 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi ด้วยหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายบนสติกเกอร์พลาสติกพอลิโพรพิลีน



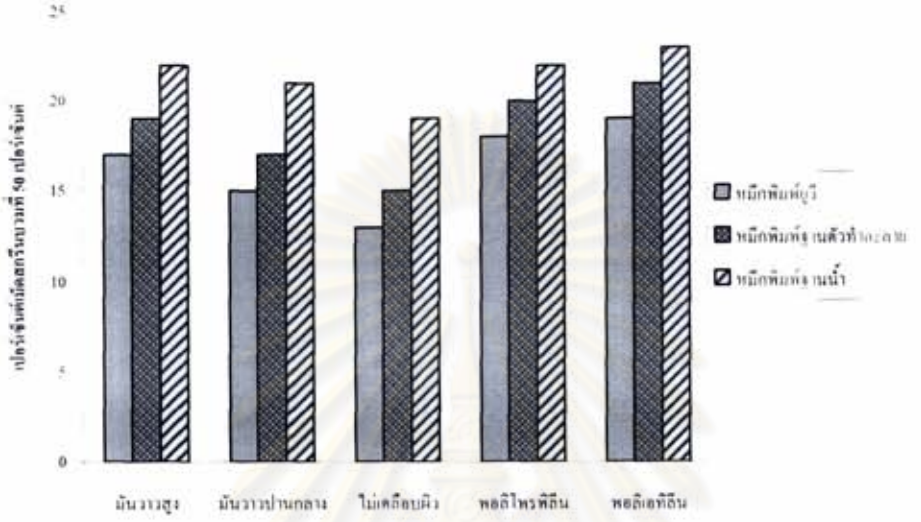
ภาพที่ 4-20 ลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีไซแอนที่มีความละเอียดสกรีน 86,100,110,120 lpi ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำบนสติกเกอร์พลาสติกพอลิเอทิลีน

ภาพที่ 4-11 - 4-15 เป็นกราฟแสดงลักษณะเฉพาะน้ำหนกสีของสีไซแอนที่มีค่าความละเอียด 86, 100, 110, และ 120 lpi บนสติกเกอร์ความมันวาวสูง ความมันวาวปานกลาง ไม่เคลือบผิว พลาสติกพอลิโพรพิลีน และพอลิเอทิลีน ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำตามลำดับ ได้ให้ผลเช่นเดียวกับการพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ยูวีและฐานตัวทำละลายคือ การผลิตน้ำหนักสีที่ได้จากความละเอียดสกรีน 86 lpi จะดีที่สุดรองลงมาคือ 100 lpi 110 lpi 120 lpi ตามลำดับ เนื่องจากการเกิดเม็ดสกรีนบวมสูงขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 วิเคราะห์การเกิดเม็ดสกรีนบวม

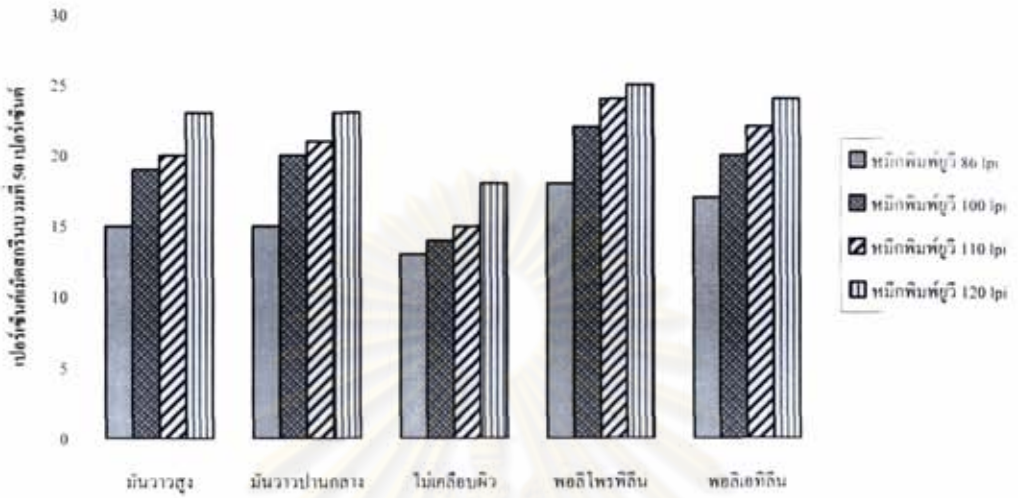
4.3.1 ผลของประเภทหมึกพิมพ์ต่อการเกิดเม็ดสกรีนบวม



ภาพที่ 4-21 เม็ดสกรีนบวมที่มิดโทน 50 เปอร์เซ็นต์ สีดำ ความละเอียด 86 lpi บนสติกเกอร์ต่างชนิดกันด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลายและยูวี

การพิจารณาผลิตน้ำหนักสีของภาพพิมพ์โดยทั่วไป บริเวณมิดโทนจะได้รับผลกระทบมากที่สุดไม่ว่าจะเป็นค่าเม็ดสกรีนบวมที่สูงและมีการเปลี่ยนแปลงง่ายที่สุด เมื่อเทียบกับในส่วนบริเวณไฮไลท์และชาโดว์ การบวมของเม็ดสกรีนเป็นผลต่างระหว่างพื้นที่สกรีน จากไฟล์ดิจิทัลกับพื้นที่สกรีนของงานพิมพ์ที่ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงให้ความสำคัญที่บริเวณมิดโทน โดยจากผลการวัดค่าจะเห็นว่า หมึกพิมพ์ฐานน้ำจะให้การบวมของเม็ดสกรีนมากที่สุด รองลงมาคือหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย และหมึกพิมพ์ยูวีตามลำดับ บนวัสดุทุกประเภทดังภาพที่ 4-22 เนื่องจากหมึกพิมพ์ฐานน้ำจะมีน้ำเป็นตัวทำละลายและการแห้งตัวน้ำจะระเหยช้ากว่าหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายเป็นผลให้ปริมาณหมึกที่ถูกถ่ายโอนไปวัสดุจะแพร่ซึมไปเป็นพื้นที่กว้าง ทำให้ขนาดของเม็ดสกรีนขยายตัวขึ้น ต่างกับหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย ที่มีแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลาย มีการแห้งตัวโดยการระเหยเร็วกว่าน้ำ หมึกพิมพ์ที่ถูกถ่ายโอนไปวัสดุตัวทำละลายจะระเหยออกได้เร็วกว่าน้ำจึงแห้งตัวเร็วทำให้พื้นของเม็ดสกรีนขยายตัวขึ้นน้อยกว่า ในขณะที่หมึกพิมพ์ยูวีนั้นจะไม่มีการระเหยตัวของตัวทำละลายแต่จะใช้การแห้งตัวโดยการฉายรังสี UV ทำให้เกิดการแห้งตัวของชั้นฟิล์มของหมึกพิมพ์ทันที โอกาสที่เม็ดสกรีนจะเกิดการบวมจึงมีน้อย

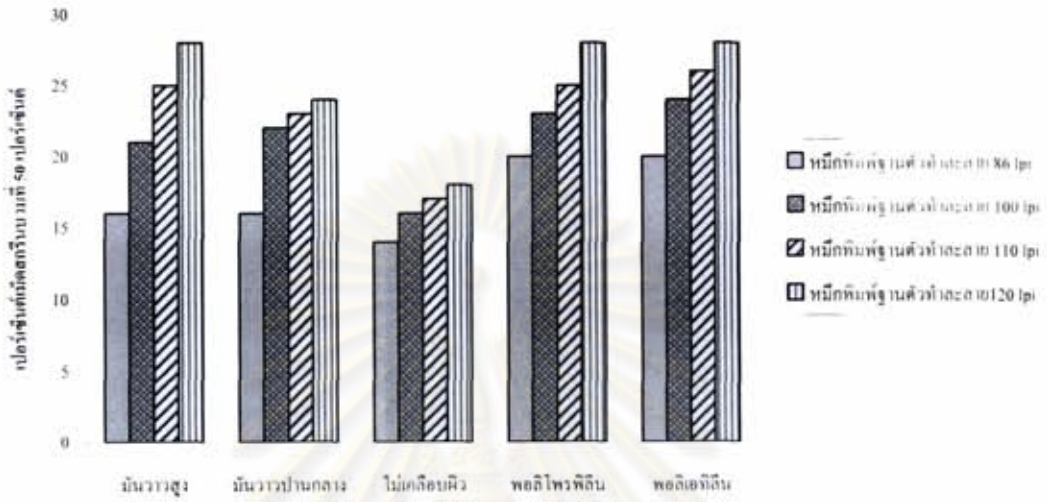
4.3.2 ผลของความละเอียดสกรีนต่อการเกิดเม็ดสกรีนบวมที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ยูวี



ภาพที่ 4-22 เม็ดสกรีนบวมที่มิดโทน 50 เปอร์เซ็นต์ สีไซแอน ความละเอียดสกรีน 86 lpi 100 lpi 110 lpi และ 120 lpi บนสติกเกอร์ต่างชนิดกันด้วยหมึกพิมพ์ยูวี

จากกราฟเปรียบเทียบการบวมของเม็ดสกรีนที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ความละเอียดสกรีน86 lpi 100 lpi 110 lpi และ 120 lpi แสดงให้เห็นการบวมของเม็ดสกรีนเพิ่มมากขึ้นตามค่าความละเอียดของสกรีนสูงขึ้นดังรูปที่ 4-22 เช่นเดียวกับผิววัสดุที่มีความเรียบสูงเกิดการบวมของเม็ดสกรีนมากกว่าวัสดุที่มีความเรียบต่ำโดยใช้ค่าความมันวาวเป็นตัวบอกความเรียบ ในสติกเกอร์ประเภทกระดาษมันวาวสูงจะให้ค่าการบวมของเม็ดสกรีนสูงที่สุดรองมาคือ มันวาวปานกลางและไม่เคลือบผิว สติกเกอร์กระดาษมันวาวสูงที่มีความเรียบสูงทำให้มีพื้นที่ที่สามารถรับหมึกพิมพ์ที่มาจากแม่พิมพ์ได้มากกว่ากระดาษมันวาวปานกลาง และไม่เคลือบผิวที่มีผิวขรุขระทำให้มีพื้นที่ที่สามารถรับหมึกพิมพ์ที่มาจากแม่พิมพ์น้อยจึงส่งผลให้เกิดเม็ดสกรีนบวมน้อย ส่วนในสติกเกอร์ประเภทพลาสติกทั้ง 2 ชนิด คือพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนซึ่งมีค่าความมันวาวใกล้เคียงการเกิดเม็ดสกรีนบวมจึงมีค่าใกล้เคียงกันด้วย และจะเกิดการบวมของเม็ดสกรีนสูงกว่าในสติกเกอร์ประเภทกระดาษ อนึ่งการทดสอบพิมพ์นี้ให้ควบคุมค่าของแรงกดพิมพ์ที่เท่ากันตลอด ซึ่งค่าที่ได้นี้อาจคลาดเคลื่อนไป เนื่องจากความหนาของสติกเกอร์ที่ทำให้แรงกดพิมพ์ต่างกันได้

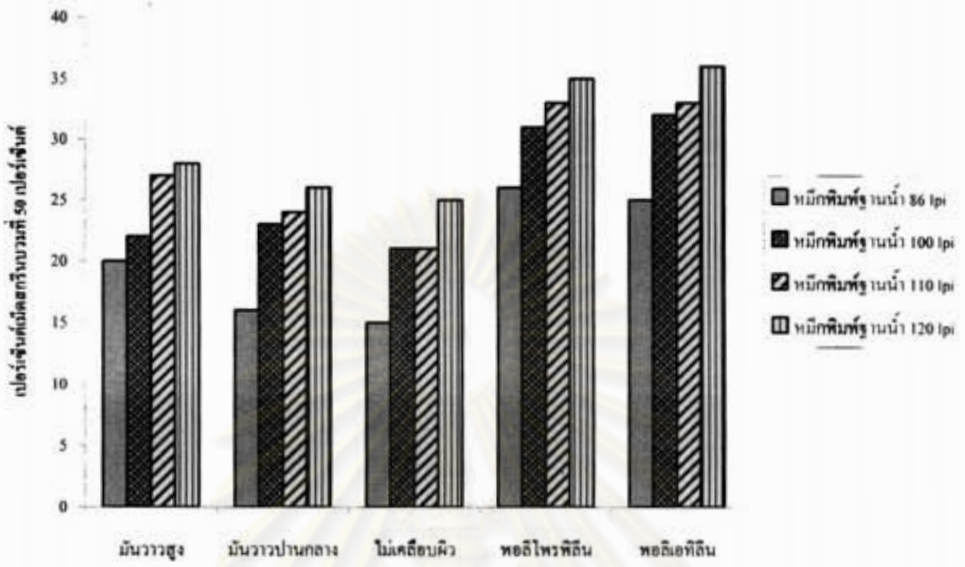
4.3.3 ผลของความละเอียดสกรีนต่อการเกิดเม็ดสกรีนบวมที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย



ภาพที่ 4-23 เม็ดสกรีนบวมที่มิดโทน 50 เปอร์เซ็นต์ สีไซแอน ความละเอียดสกรีน 86 lpi 100 lpi 110 lpi และ 120 lpi บนสติกเกอร์ต่างชนิดกันด้วยหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย

จากกราฟภาพที่ 4-24 เปรียบเทียบการบวมของเม็ดสกรีนที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ความละเอียด 86 lpi 100 lpi 110 lpi และ 120 lpi เกิดการบวมของเม็ดสกรีนเพิ่มมากขึ้นเมื่อความละเอียดสกรีนสูงขึ้น โดยวัสดุที่มีความเรียบสูงจะเกิดการบวมของเม็ดสกรีนมากกว่าวัสดุที่มีความเรียบต่ำ ดังนั้นสติกเกอร์ประเภทกระดาษมันวาวสูงจะให้ค่าการบวมของเม็ดสกรีนสูงที่สุด รองมาคือมันวาวปานกลางและไม่เคลือบผิว สติกเกอร์กระดาษมันวาวที่มีความเรียบสูงมีพื้นที่ที่สามารถรับหมึกพิมพ์ที่มาจากแม่พิมพ์ได้มากกว่ากระดาษมันวาวปานกลาง และไม่เคลือบผิวที่มีผิวขรุขระ ส่วนในสติกเกอร์ประเภทพลาสติกทั้ง 2 ชนิดมีค่าความมันวาวไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการเกิดเม็ดสกรีนบวมจึงมีค่าใกล้เคียงกันด้วย และค่าการบวมของเม็ดสกรีนที่ได้สูงกว่าสติกเกอร์ประเภทกระดาษ

4.3.4 ผลของความละเอียดสกรีนต่อการเกิดเม็ดสกรีนบวมที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำ

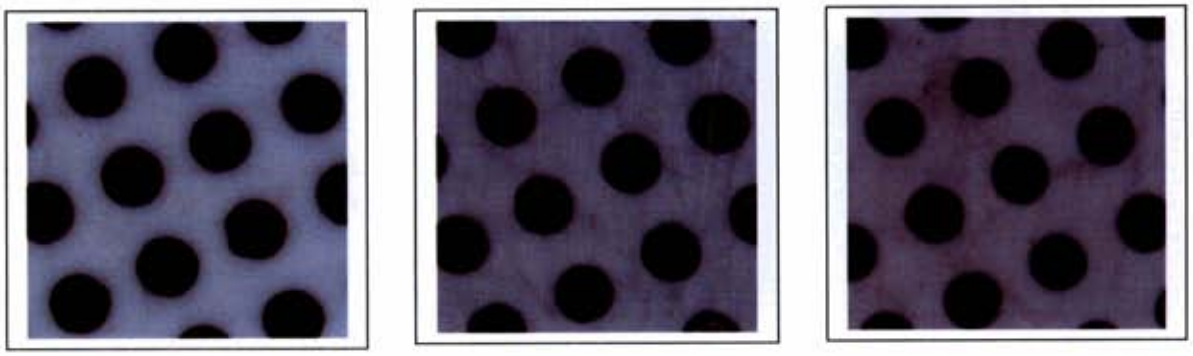


ภาพที่ 4-24 เม็ดสกรีนบวมที่มิดโทน 50 เปอร์เซ็นต์ สีไซแอน ความละเอียดสกรีน 86 lpi 100 lpi 110 lpi และ 120 lpi บนสติกเกอร์ต่างชนิดกันด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำ

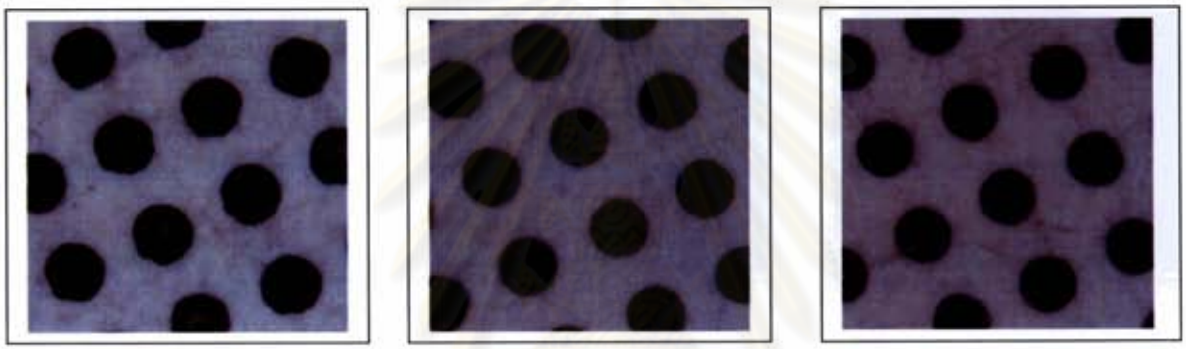
จากกราฟภาพที่ 4-25 เปรียบเทียบการบวมของเม็ดสกรีนที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ความละเอียด 86 lpi 100 lpi 110 lpi และ 120 lpi ผลการบวมของเม็ดสกรีนที่ได้เกิดขึ้นในแนวทางเดียวกันกับการพิมพ์ด้วยหมึกยูวี และหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายโดยปริมาณการบวมของเม็ดสกรีนที่เกิดจะแปรผันตามค่าละเอียดลายสกรีนและความเรียบของวัสดุใช้พิมพ์

4.4 วิเคราะห์รูปร่างของเม็ดสกรีน

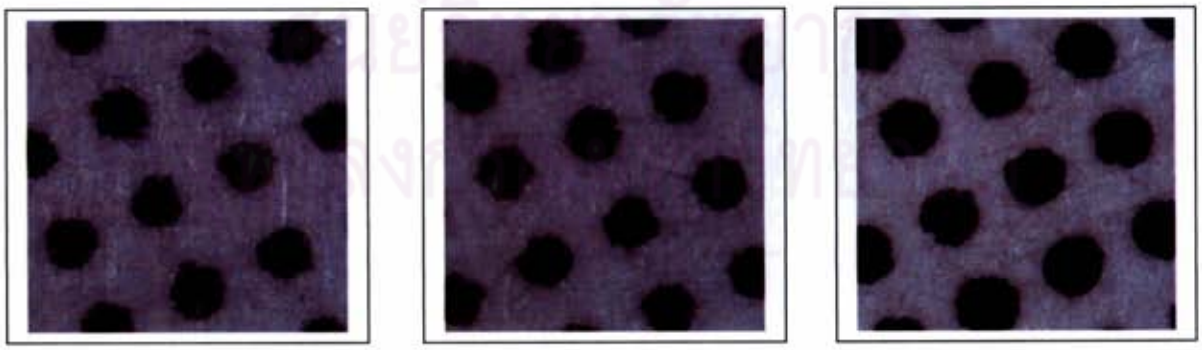
รูปร่างของเม็ดกสรีนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการผลิตลักษณะเฉพาะของน้ำหนักสีบนภาพพิมพ์ ขึ้นอยู่กับพื้นที่ของเม็ดสกรีน ความยาวเส้นรอบรูปของเม็ดสกรีน และความกลมของเม็ดสกรีน จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม imageJ ให้ข้อมูลดังกล่าวแสดงในรูปที่ 4-25 และตารางที่ 4-5, 4-6



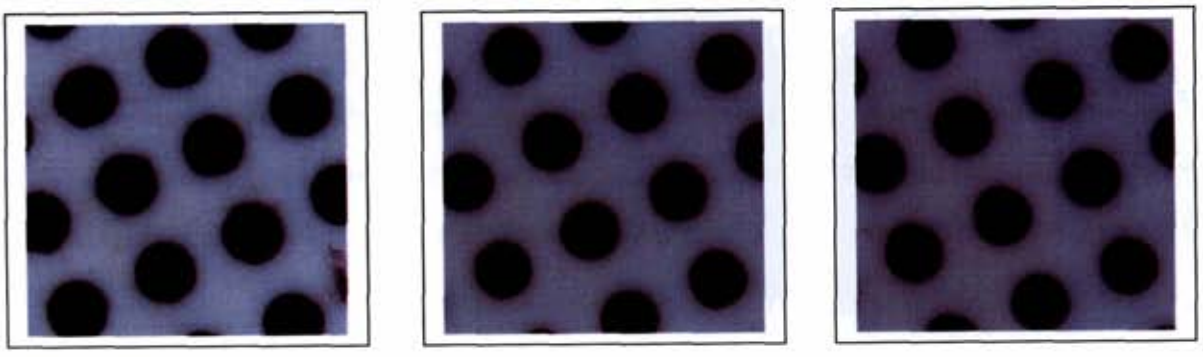
กระดาษความมันวาวสูง



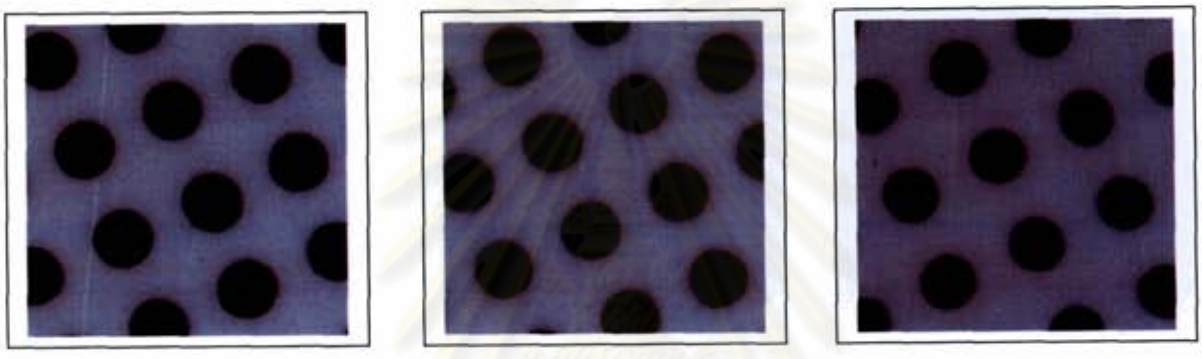
กระดาษความมันวาวปานกลาง



กระดาษไม่เคลือบผิว



พลาสติกพอลิโพรพิลีน



พลาสติกพอลิเอทิลีน

ภาพที่ 4-25 ลักษณะภาพถ่ายเม็ดสกรีนสีดำพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำ(ซ้าย)ฐานตัวทำละลาย(กลาง) และยูวี(ขวา)บนสติกเกอรประเภทต่างๆ

ตารางที่ 4-2 ค่าพื้นที่ของเม็ดสกรีนสีดำที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ความละเอียด 86 lpi

ชนิดของสติกเกอร์	พื้นที่เม็ดสกรีน (μm^2)		
	ยูวี	ฐานตัวทำละลาย	ฐานน้ำ
มันวาวสูง	3.54	3.53	3.68
มันวาวปานกลาง	4.49	3.59	4.56
ไม่เคลือบผิว	2.76	2.78	2.96
พอลิโพรพิลีน	3.40	3.42	3.42
พอลิเอทิลีน	3.40	3.70	4.04

การวิเคราะห์ลักษณะเม็ดสกรีนจะเปลี่ยนภาพสีเป็น 8 บิต ก่อนแล้วปรับ threshold เพื่อให้เห็นรูปร่างเม็ดสกรีนชัดขึ้นจากความเปรียบต่างที่ได้ แล้วทำการวัดระยะเพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบโดยระยะ 1 ไมครอน มีค่าเท่ากับ 126 พิเซลเป็นตัวเทียบ แล้วจึงให้โปรแกรมทำการวัดหาค่าต่างๆดังตารางที่ 4-5, 4-6, 4-7 เป็นค่าพื้นที่เม็ดสกรีน ความยาวเส้นรอบรูปและค่าความกลม ตามลำดับ

ตารางที่ 4-3 ระยะความยาวเส้นรอบรูปของเม็ดสกรีนสีดำที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ความละเอียด 86 lpi

ชนิดของสติกเกอร์	ความยาวเส้นรอบรูป(μm)		
	ยูวี	ฐานตัวทำละลาย	ฐานน้ำ
มันวาวสูง	7.28	7.46	7.43
มันวาวปานกลาง	8.33	7.55	8.35
ไม่เคลือบผิว	9.96	10.09	11.28
พอลิโพรพิลีน	6.98	6.99	6.99
พอลิเอทิลีน	6.98	7.34	7.60

ตารางที่ 4-4 ค่าความกลมของเม็ดสกรีนสีดำที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ความละเอียด 86 lpi

ชนิดของสติกเกอร์	ค่าความกลม		
	ยูวี	ฐานตัวทำละลาย	ฐานน้ำ
มันวาวสูง	0.84	0.80	0.84
มันวาวปานกลาง	0.82	0.82	0.79
ไม่เคลือบผิว	0.36	0.35	0.35
พอลิโพรพิลีน	0.88	0.88	0.88
พอลิเอทิลีน	0.88	0.86	0.88

ค่าความกลม (Circularity) เป็นการหารูปร่างของเม็ดสกรีนค่าที่ใช้บอกความกลม หาได้โดยการคำนวนจากสูตร $C = 4\pi\left(\frac{Al}{P^2}\right)$ โดยค่าความกลมที่ดีที่สุดคือค่าความกลมเท่ากับ 1 พบว่าสติกเกอร์ชนิดเดียวกันการเปลี่ยนประเภทหมึกพิมพ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพื้นที่เม็ดสกรีน ความยาวเส้นรอบรูป ค่าความกลม และภาพของเม็ดกสกรีนเท่าใดนัก ในขณะที่การเปลี่ยนชนิดของสติกเกอร์จะให้ผลความแตกต่างของค่าความกลมของเม็ดสกรีนมากกว่า และพบว่าค่าความกลมจะแปรผันตามค่าความเรียบของสติกเกอร์

4.5 วิเคราะห์ความเรียบของภาพพิมพ์

ตารางที่ 4-8 แสดงค่าความเรียบเฉลี่ย rms ของภาพพิมพ์บริเวณพื้นทึบ(Solid tone) เปรียบเทียบระหว่างสติกเกอร์ชนิดต่างๆ ด้วยหมึกพิมพ์ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ

ตารางที่ 4-5 ค่าความเรียบเฉลี่ย rms ของภาพิมพ์บริเวณพื้นทึบบนสติกเกอร์ชนิดต่างๆ

ชนิดของสติกเกอร์	ค่าความเรียบเฉลี่ย rms (nm)		
	ยูวี	ฐานตัวทำละลาย	ฐานน้ำ
มันวาวสูง	32.26	37.67	29.62
มันวาวปานกลาง	30.72	43.05	35.72
ไม่เคลือบผิว	50.18	59.21	58.41
พอลิโพรพิลีน	10.54	36.76	29.79
พอลิเอทิลีน	5.10	12.62	16.91

ผลจากการทดลองพบว่าหมึกพิมพ์ 3 ประเภทให้ค่าความเรียบของผิวภาพิมพ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อการปรากฏของสีภาพอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ไม่ว่าจะเป็นค่าความอิ่มตัวของสี ความมันวาว ค่าความดำ และลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีของภาพพิมพ์ ในอุดมคติงานพิมพ์ที่ดีจะต้องให้ผิวของชั้นหน้าหมึกพิมพ์ที่เรียบมากๆ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ และความหยาบของผิววัสดุใช้พิมพ์ และสมบัติทางเคมีของผิวหน้าวัสดุ เป็นต้น ที่น่าสนใจคือสติกเกอร์ที่มีความเรียบสูงจะให้การปกคลุมพื้นที่หมึกสูงและเกิดความเรียบตามมา เช่น สติกเกอร์พลาสติกจะให้ชั้นหมึกที่เรียบกว่าสติกเกอร์กระดาษ

ตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบความอิ่มตัวสีของภาพพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ยูวี

ชนิดของสติกเกอร์	ค่าความอิ่มตัวของหมึกพิมพ์ยูวี			
	ไซแอน	มาเจนตา	เหลือง	ดำ
มันวาวสูง	64.48	75.51	102.97	-
มันวาวปานกลาง	64.27	74.32	104.94	-
ไม่เคลือบผิว	58.34	59.61	81.17	-
พอลิโพรพิลีน	71.54	79.61	106.61	-
พอลิเอทิลีน	72.53	79.83	107.05	-

ตารางที่ 4-7 เปรียบเทียบความอิ่มตัวสีของภาพพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ฐานน้ำ

ชนิดของสติกเกอร์	ค่าความอิ่มตัวของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ			
	ไซแอน	มาเจนตา	เหลือง	ดำ
มันวาวสูง	63.39	64.28	86.56	-
มันวาวปานกลาง	63.26	64.07	86.56	-
ไม่เคลือบผิว	47.75	45.76	62.03	-
พอลิโพรพิลีน	65.69	64.45	90.58	-
พอลิเอทิลีน	66.92	64.45	92.76	-

ตารางที่ 4-8 เปรียบเทียบความอิ่มตัวสีของภาพพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย

ชนิดของสติกเกอร์	ค่าความอิ่มตัวของหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย			
	ไซแอน	มาเจนตา	เหลือง	ดำ
มันวาวสูง	60.99	71.64	100.68	-
มันวาวปานกลาง	60.49	70.62	101.11	-
ไม่เคลือบผิว	49.40	67.77	99.88	-
พอลิโพรพิลีน	61.89	77.44	106.59	-
พอลิเอทิลีน	62.19	77.53	107.98	-

ตารางที่ 4-2, 4-3, และ 4-4 เปรียบเทียบความอิ่มตัวสีของภาพพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ พบว่าสัมพันธ์กับค่าความหยาบของผิวสติกเกอร์ สติกเกอร์ที่มีผิวเรียบไม่ว่าจะพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ใดก็ตาม จะให้ค่าความอิ่มตัวของสีสูงกว่าสติกเกอร์ผิวหยาบ ซึ่งความหยาบของผิวภาพิมพ์ที่ได้นี้น่าจะมีผลมาจากความเรียบของผิววัสดุนั่นเอง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีและคุณภาพของงานพิมพ์เฟล็กโซกราฟีโดยใช้หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวี ที่พิมพ์ลงบนสติกเกอร์กระดาษและพลาสติกขาวทึบแสง โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ วัสดุที่มีผิวเรียบหยาบต่างกันหมึกพิมพ์ที่มีการแห้งตัวและเวลาในการแห้งตัวต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีและคุณภาพของงานพิมพ์เฟล็กโซกราฟี โดยตรวจสอบจากผลการทดลองดังนี้

1 .เปรียบเทียบลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีระหว่างหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวีบนวัสดุประเภทต่างๆ พบว่าการเปลี่ยนแปลงหมึกพิมพ์ไม่น่าจะมีผลต่อการผลิตน้ำหนักสีของภาพ เนื่องจากขนาดรูปร่างของเม็ดสกรีนที่ได้ไม่แตกต่างกัน จากการวิเคราะห์ทางกายภาพแต่เมื่อวัดค่าเม็ดสกรีนซึ่งเป็นวิธีเชิงแสงด้วยเครื่องวัดสีแล้วค่าที่ได้มีความแตกต่างกันเนื่องจากค่าการบวมของเม็ดสกรีนที่ได้จะรวมผลของการกระเจิงแสงของผิววัสดุนั้นๆเข้าไปด้วย

2. เปรียบเทียบลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีกับความละเอียดสกรีน พบว่าการเพิ่มขึ้นของความละเอียดสกรีนจะส่งผลต่อการผลิตน้ำหนักสีของภาพ เช่น ความละเอียดสกรีนที่ต่ำจะให้ผลต่อการผลิตน้ำหนักสีของภาพที่ดีกว่า เนื่องจากการเกิดเม็ดสกรีนที่น้อยกว่า

3. ความหยาบของผิววัสดุใช้พิมพ์จะให้ผลต่อการเกิดเม็ดสกรีนบวม ในปริมาณที่มากกว่าชนิดของหมึกพิมพ์ที่ต่างกัน

5. ความเรียบผิววัสดุมีผลต่อลักษณะเม็ดสกรีนที่ได้ เช่น ขนาด เส้นรอบรูป และค่าความกลมของเม็ดสกรีน วัสดุผิวหยาบจะทำให้ลักษณะเม็ดสกรีนที่เปลี่ยนไปจากต้นฉบับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

การทดลองครั้งต่อไปเสนอให้ทดลองพิมพ์ซ้ำกับเครื่องพิมพ์เฟล็กโซกราฟี 4 สี เปรียบเทียบลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีของที่ได้ภาพพิมพ์แล้วทำแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้สังเกตเพื่อนำผลความแตกต่างไปชดเชยการผลิตน้ำหนักสีของภาพต้นฉบับในการทำแม่พิมพ์คอมพิวเตอร์ทูเพลตต่อไป

รายการอ้างอิง

[1] Antony White. High quality flexography. UK : pira international, 1992.

[2] Dykes Y. Flexograpy : Principle and plactices. 5th ed. The beginner flexograpic. New York : Fundation of Flexogaphic Technical Assosciation, 1998.

[3] Michals. Everyday Printing Problems and How to Keep Your Press Running. The beginner Flexographic. New York : Fundation of Flexogaphic Technical Assosciation, 1988.

[4] อรัญหาญสืบสาย. ระบบการพิมพ์แบบต่างๆและการนำไปใช้. พิมพ์ครั้งที่. กรุงเทพมหานคร : เพาเวอร์พริ้นท์, 2545.

[5] Nelson R. Eldred and Terry Scarlett. What the Printer Should about Ink. Pennsylvania : Graphic art Technical foundation, 1990.

[6] Roffey C. G. Photopolymerization of surface coatings. New York : wiley, 1982.

[7] Ronald E Todd. Printing ink. UK : pira international, 1994.

[8] ศูนย์ฝึกอบรมการพิมพ์แห่งชาติ. การพิมพ์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2537.

[9] อรัญ หาญสืบสาย, พรทวี พึ่งรัศมี. สาระน่ารู้เรื่องกระดาษพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ด่านสุทธาการพิมพ์, 2537.

[10] Centasia Co., Ltd. การสื่อสารสีอย่างแม่นยำ การควบคุมสีจากการรับรู้ไปสู่อุปกรณ์การวัดสี. โรงพิมพ์ทรีนิตี้: บริษัท มินอตา จำกัด(ประเทศไทย).

[11] Pirkko Oittinen and Hannu Saarelma. Papermaking Science and Technology. Findland : Gummerus Oly, 1998.

[12] พัฒนชัย กุลศิริสวัสดิ์. การพิมพ์สกรีนบนบรรจุภัณฑ์. วรสารการพิมพ์สกรีน. 11, 33 (2546) : 82-85.

[13] Bob Thompson. Printing Materials. UK : pira international, 1998.

[14] J.W.S. Hearle. Polymers and their properties. Vol. 1. Fundamentals of structure and Mechanics. NewYork : wiley, 1982.

[15] อรัญ หาญสืบสาย. มาตรฐานการพิมพ์ออฟเซต แนวคิดและวิธีการ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2547.

[16] Jan Erick Levlin and Liva Soderhjelm . Papermaking Science and Technology. pulp and paper testing. Findland : Gummerus Oly, 1998.

[17] David Bould and Tim Claypole. Effect of substrate and blanket roughness on ink transfer. Conference proceedings book, p.92-94. 2006.

[18] ปฏิพล อ้วนเจริญ. การวัดความคมชัดของการพิมพ์อิงค์เจ็ตบนผ้าไหม. โครงการวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์, 2548.

[19] Mesic B., Jarstrom L., Hjarthag C., Lestelius M. Effects of application temperature in paper suface sizing with temperature-responsive starch on water repellcy and flexographic printability. Appita Journal 57, p281-285. 2004.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางที่ก-1 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86 lpi สีดำ ของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวีบนสติกเกอร์กระดาษความมันวาวสูง

เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต้นฉบับ	เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนที่วัดได้จากภาพพิมพ์		
	หมึกพิมพ์ยูวี	หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย	หมึกพิมพ์ฐานน้ำ
1	5.75	3.75	3.88
2	9.75	5.88	5.13
3	7.88	7.75	6.25
4	9.75	9.13	9.38
5	11.88	10.88	11.50
10	18.75	18.75	22.13
20	34.63	34.63	41.50
30	48.88	49.25	51.00
40	58.75	60.50	61.13
50	66.75	68.88	72.38
60	78.00	79.25	79.25
70	85.00	86.13	86.13
80	92.75	92.13	93.13
90	97.13	96.38	96.25
100	100.00	100.00	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ก-2 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86 lpi สีดำ ของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวีบนสติกเกอร์กระดาษความมันวาวปานกลาง

เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต้นฉบับ	เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนที่วัดได้จากภาพพิมพ์		
	หมึกพิมพ์ยูวี	หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย	หมึกพิมพ์ฐานน้ำ
1	3.88	2.88	5.88
2	5.88	7.00	6.88
3	6.88	8.88	8.75
4	8.88	12.00	10.50
5	11.13	14.00	12.88
10	18.88	26.00	22.00
20	34.13	39.88	35.88
30	46.88	49.00	50.00
40	58.75	58.00	61.13
50	64.88	66.88	71.13
60	75.88	77.13	78.00
70	80.88	83.13	88.13
80	87.75	90.25	94.88
90	95.00	96.13	98.88
100	100.00	100.00	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ก-3 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86 lpi สีดำ ของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวีบนสติกเกอร์กระดาษไม่เคลือบผิว

เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต้นฉบับ	เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนที่วัดได้จากภาพพิมพ์		
	หมึกพิมพ์ยูวี	หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย	หมึกพิมพ์ฐานน้ำ
1	6.38	2.13	5.00
2	7.50	3.00	7.00
3	8.75	4.25	8.00
4	10.88	7.25	10.00
5	12.75	11.13	12.00
10	17.88	24.00	20.00
20	31.88	36.25	36.00
30	43.50	44.13	48.00
40	54.88	55.13	59.00
50	62.88	65.13	69.00
60	73.75	71.25	76.00
70	80.75	82.13	81.00
80	88.75	88.13	92.00
90	94.63	95.00	95.00
100	100.00	100.00	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ก-4 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86 lpi สีดำ ของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวีบนสติกเกอร์พลาสติกพอลิโพรพิลีน

เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต้นฉบับ	เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนที่วัดได้จากภาพพิมพ์		
	หมึกพิมพ์ยูวี	หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย	หมึกพิมพ์ฐานน้ำ
1	4.75	5.13	7.75
2	6.75	8.13	9.50
3	7.88	9.00	12.50
4	9.88	12.25	12.13
5	11.75	14.13	15.25
10	21.00	24.38	28.00
20	34.75	39.13	45.00
30	47.88	50.25	57.25
40	59.88	62.00	65.38
50	68.00	70.38	72.13
60	76.75	77.25	83.00
70	83.00	85.13	88.00
80	89.88	93.25	93.25
90	95.88	96.13	97.13
100	100.00	100.00	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ก-5 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86 lpi สีดำ ของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และยูวีบนสติกเกอร์พลาสติกพอลิเอทิลีน

เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต้นฉบับ	เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนที่วัดได้จากภาพพิมพ์		
	หมึกพิมพ์ยูวี	หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย	หมึกพิมพ์ฐานน้ำ
1	14.0	9.50	7.50
2	17.5	10.38	9.63
3	16.8	10.88	12.00
4	17.8	12.88	14.38
5	18.0	12.88	15.25
10	24.6	19.88	27.25
20	41.9	41.63	44.13
30	50.8	49.75	57.00
40	59.4	61.88	65.50
50	68.8	70.75	72.63
60	76.8	77.75	80.13
70	82.9	83.25	84.75
80	90.8	90.50	93.00
90	93.8	96.50	96.25
100	100.0	99.88	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ก-6 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86, 100, 110 และ 120 lpi สีไซแอน ของหมึกพิมพ์ ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์กระดาษความมันวาวสูง

เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต้นฉบับ	หมึกพิมพ์ยูวี				หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย				หมึกพิมพ์ฐานน้ำ			
	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi
1	4.00	6.75	5.00	9.75	5.25	5.25	5.00	6.88	8.13	5.88	4.25	3.00
2	5.00	8.75	7.88	10.88	7.13	7.88	7.88	8.88	10.13	7.88	6.25	6.25
3	6.88	8.88	9.13	11.75	8.13	11.13	9.13	12.88	13.25	8.88	7.25	8.25
4	9.88	10.75	11.13	11.75	10.13	11.25	11.13	13.13	14.38	11.00	9.00	11.25
5	10.88	11.88	13.38	13.75	12.25	11.13	13.38	13.25	16.25	13.13	10.13	13.38
10	19.88	20.75	23.00	27.88	19.13	20.13	23.00	22.13	22.25	22.13	19.38	20.13
20	32.75	36.63	39.25	37.75	34.00	38.13	39.25	40.25	36.13	39.25	36.38	36.13
30	45.75	47.88	59.13	51.88	45.88	54.13	59.13	56.25	48.13	50.50	53.25	54.13
40	54.75	62.88	70.25	68.88	58.25	63.00	70.25	68.13	59.75	60.38	64.25	66.13
50	64.88	69.00	75.13	72.88	66.13	70.88	75.13	78.13	66.75	72.13	77.25	78.13
60	73.00	77.75	83.25	82.88	76.25	78.00	83.25	88.13	77.00	74.88	77.50	82.25
70	80.88	84.88	91.00	90.75	86.25	91.13	91.00	94.25	85.25	87.13	87.13	90.38
80	91.25	93.13	95.38	97.00	94.13	95.25	95.38	96.25	94.25	94.25	92.88	96.25
90	96.00	98.88	98.13	99.00	98.13	98.13	98.13	97.25	98.13	98.00	97.25	98.13
100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ก-7 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86, 100, 110 และ 120 lpi สีไซแอน ของหมึกพิมพ์ ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์กระดาษความมันวาวปานกลาง

เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต้นฉบับ	หมึกพิมพ์ยูวี				หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย				หมึกพิมพ์ฐานน้ำ			
	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi
1	5.75	5.75	7.88	9.75	4.75	5.88	4.88	6.75	7.25	8.00	5.88	6.13
2	7.75	7.88	10.00	10.88	6.75	8.75	7.88	8.88	8.13	10.13	8.88	8.25
3	9.00	10.88	9.75	12.75	8.13	8.88	7.88	10.13	10.13	11.25	8.88	8.13
4	10.88	12.75	11.88	12.88	9.25	11.75	9.00	11.13	12.13	13.13	10.13	9.25
5	11.75	14.75	13.88	13.75	11.38	11.88	10.13	12.13	14.13	16.13	12.13	11.75
10	19.88	22.75	21.88	22.63	21.25	25.13	24.13	25.13	23.13	25.25	21.25	22.13
20	35.88	37.75	37.88	39.88	34.25	39.13	37.13	39.25	36.13	41.13	39.88	41.25
30	47.88	51.75	51.88	53.75	47.25	52.75	53.25	56.13	48.00	52.88	54.13	54.25
40	59.13	64.75	61.75	68.75	58.25	64.75	64.00	67.25	51.75	64.00	63.13	63.38
50	65.13	69.75	70.75	72.88	66.13	71.88	72.88	74.25	66.13	73.00	74.25	76.25
60	75.13	81.75	83.75	85.75	76.13	82.25	81.25	83.25	76.25	78.50	79.25	82.25
70	87.13	89.75	91.88	93.88	84.13	89.00	90.13	92.25	84.25	86.88	87.25	88.13
80	94.75	95.88	96.88	97.88	91.25	92.75	94.13	95.25	92.38	92.75	93.25	94.13
90	97.25	98.88	99.00	98.88	96.13	97.13	98.13	98.00	97.25	98.00	98.13	98.13
100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ก-8 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86, 100, 110 และ 120 lpi สีไซแอน ของหมึกพิมพ์ ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์กระดาษไม่เคลือบผิว

เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต้นฉบับ	หมึกพิมพ์ยูวี				หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย				หมึกพิมพ์ฐานน้ำ			
	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi
1	7.75	9.75	11.38	4.50	6.25	5.88	7.63	11.75	0.38	0.75	6.06	3.38
2	8.75	10.75	11.88	10.88	7.88	7.88	9.75	11.88	0.88	3.00	8.00	5.63
3	9.88	11.88	12.88	11.88	8.25	9.88	10.75	12.25	2.25	5.25	9.17	6.63
4	11.63	13.88	14.13	13.75	9.13	11.75	11.88	13.13	4.88	6.25	10.61	6.88
5	11.75	14.88	14.88	16.13	10.25	12.00	11.88	14.38	6.75	9.00	11.91	8.25
10	18.00	20.88	24.25	24.88	16.13	19.88	19.88	22.25	17.75	21.25	20.78	19.25
20	29.75	34.75	37.13	40.88	31.13	37.13	35.75	37.25	34.75	37.25	36.41	39.25
30	41.00	45.75	46.13	52.88	44.25	49.13	48.25	51.25	46.25	54.13	49.03	52.25
40	52.00	55.88	57.13	61.75	55.13	55.13	56.00	59.25	62.25	64.25	58.86	62.13
50	63.00	64.00	65.13	69.88	63.88	66.13	66.75	68.13	65.25	71.13	67.03	75.13
60	73.00	72.75	76.13	80.88	72.75	77.13	73.88	75.25	76.38	78.25	76.33	86.00
70	79.00	82.88	85.25	85.75	81.88	86.13	84.25	84.25	84.13	87.38	84.88	89.00
80	85.00	89.13	90.50	93.88	89.13	91.13	88.25	93.13	90.50	92.38	91.11	95.00
90	94.00	96.00	96.25	97.13	96.13	97.13	96.13	96.50	96.25	98.13	96.70	96.00
100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.88	100.00	100.00	99.98	99.88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ก-9 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86, 100, 110 และ 120 lpi สีไซแอน ของหมึกพิมพ์ ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์พลาสติกพอลิโพรพิลีน

เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต้นฉบับ	หมึกพิมพ์ยูวี				หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย				หมึกพิมพ์ฐานน้ำ			
	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi
1	4.63	7.75	6.75	10.88	4.25	6.75	6.25	8.75	4.75	5.25	4.75	2.50
2	6.88	9.75	8.75	13.13	7.25	8.75	9.13	11.75	6.88	6.13	5.75	5.13
3	7.50	10.75	10.75	11.88	6.25	10.75	10.25	14.13	8.13	8.13	8.13	3.50
4	9.63	12.50	12.88	15.00	8.25	13.50	11.13	16.25	10.25	8.38	5.38	7.13
5	10.63	12.75	13.75	15.88	14.13	13.88	13.88	18.25	12.13	10.75	7.25	9.25
10	18.88	21.88	23.00	23.75	24.13	24.88	22.88	29.38	21.13	25.75	20.25	23.25
20	33.88	36.63	37.75	40.25	43.13	42.88	44.13	48.38	36.63	47.25	47.25	49.25
30	46.75	49.88	54.00	53.75	57.13	56.88	56.13	58.50	49.25	61.25	61.88	64.13
40	56.88	62.00	65.00	66.88	72.13	69.13	66.25	68.38	60.25	74.38	73.75	76.13
50	67.75	71.88	74.00	74.75	70.25	73.00	75.38	78.25	70.13	81.13	83.13	85.13
60	72.63	82.88	82.00	84.50	85.50	81.88	80.75	84.13	77.13	90.13	91.25	93.25
70	87.75	91.50	88.88	93.75	92.25	89.13	90.88	92.00	82.13	96.13	97.25	98.13
80	94.88	96.50	96.00	96.88	97.25	95.25	95.13	96.00	92.38	98.13	99.13	100.00
90	99.00	99.00	99.13	99.00	99.00	99.00	98.13	98.13	97.13	100.00	100.00	100.00
100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ก-10 ค่าพื้นที่เม็ดสกรีนที่วัดได้ที่เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต่างๆ ที่ความละเอียด 86, 100, 110 และ 120 lpi สีไซแอน ของหมึกพิมพ์ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์พลาสติกพอลิเอทิลีน

เปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนต้นฉบับ	หมึกพิมพ์ยูวี				หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย				หมึกพิมพ์ฐานน้ำ			
	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi	86 lpi	100 lpi	110 lpi	120 lpi
1	4.75	4.75	9.75	6.88	13.88	14.25	13.50	23.38	4.75	5.00	4.75	8.13
2	10.25	10.75	10.75	11.88	16.63	16.75	14.50	16.88	4.88	5.25	9.13	9.38
3	12.00	11.75	11.75	13.75	15.88	16.75	14.63	19.13	6.88	7.38	10.13	9.75
4	14.00	13.75	14.63	14.75	16.25	17.50	15.75	21.13	8.88	10.25	12.25	13.25
5	14.25	16.13	12.63	15.75	16.63	17.75	17.13	23.13	9.13	13.25	14.75	18.25
10	19.63	25.25	19.75	25.88	23.13	25.75	27.63	34.13	20.25	27.25	21.25	28.38
20	32.75	40.75	34.75	40.88	41.75	44.75	43.75	50.38	38.13	48.50	44.75	49.00
30	45.88	53.25	50.88	54.88	50.50	55.75	56.75	59.25	52.88	62.25	59.25	63.25
40	54.13	62.25	59.75	64.75	61.38	65.88	66.00	69.13	64.00	72.25	74.13	74.13
50	67.13	70.63	71.75	73.88	70.38	73.88	76.38	78.25	74.88	81.25	83.25	86.13
60	75.13	81.50	77.75	82.00	76.88	80.88	79.25	83.13	80.13	88.13	89.25	92.13
70	83.75	86.13	87.13	89.25	84.75	89.13	86.25	91.38	88.13	93.25	94.25	96.25
80	91.88	94.25	93.75	96.13	91.88	94.13	92.25	94.13	94.13	96.13	97.25	98.25
90	95.88	97.13	98.13	98.13	96.13	97.00	96.63	97.13	97.38	98.25	99.00	99.75
100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ก-11 ค่าL*a*b* สีไซแอน สีมาเจนตา และสีเหลืองของหมึกพิมพ์ยูวี บนสติกเกอร์ชนิดต่างๆ

ชนิดของสติกเกอร์	สีไซแอน			สีมาเจนตา			สีเหลือง		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
มันวาวสูง	43.24	-29.04	-57.57	38.76	74.37	13.08	82.49	0.85	102.97
มันวาวปานกลาง	43.36	-29.47	-57.11	39.06	73.12	13.28	82.74	-2.46	104.91
ไม่เคลือบผิว	27.65	-26.59	51.93	47.72	59.54	-0.76	83.81	-0.19	81.17
พอลิโพรพิลีน	46.55	-31.37	-64.30	41.88	78.22	14.80	85.41	2.12	106.59
พอลิเอทิลีน	36.66	-37.62	-62.01	41.78	78.53	14.34	86.60	-5.04	106.93

ตารางที่ก-12 ค่าL*a*b* สีไซแอน สีมาเจนตา และสีเหลืองของหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายบนสติกเกอร์ชนิดต่างๆ

ชนิดของสติกเกอร์	สีไซแอน			สีมาเจนตา			สีเหลือง		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
มันวาวสูง	46.61	-31.55	-52.19	49.29	71.59	2.79	84.47	-3.98	100.6
มันวาวปานกลาง	46.32	-30.54	-52.22	48.18	70.41	5.41	84.78	-3.13	101.06
ไม่เคลือบผิว	51.65	-23.47	-43.47	39.74	67.07	9.69	83.16	1.81	98.86
พอลิโพรพิลีน	51.28	-34.91	-51.10	40.45	75.74	16.14	86.40	0.82	106.59
พอลิเอทิลีน	49.73	-34.61	-51.67	40.07	75.55	17.39	83.87	-4.05	107.90

ตารางที่ก-13 ค่าL*a*b* สีไซแอน สีมาเจนตา และสีเหลืองของหมึกพิมพ์ฐานน้ำบนสติกเกอร์ ชนิดต่างๆ

ชนิดของสติกเกอร์	สีไซแอน			สีมาเจนตา			สีเหลือง		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
มันวาวสูง	42.18	-26.43	-56.52	40.74	63.46	10.26	80.74	-8.04	86.19
มันวาวปานกลาง	40.21	-24.3	-58.41	39.02	63.32	9.79	84.10	-8.04	86.19
ไม่เคลือบผิว	62.56	47.60	-3.81	62.56	45.60	-3.81	87.25	-4.75	61.85
พอลิโพรพิลีน	46.43	-31.28	-57.76	52.85	64.32	-4.11	84.79	2.00	90.56
พอลิเอทิลีน	51.28	-34.90	-57.10	52.85	64.32	-4.11	84.84	3.46	90.69

ตารางที่ก-14 พื้นที่ เส้นรอบวง และความกลมของเม็ดสกรีนสีดำของหมึกพิมพ์ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์กระดาษความมันวาวสูง

เม็ดสกรีน	หมึกพิมพ์ยูวี			หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย			หมึกพิมพ์ฐานน้ำ		
	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม
1	3.44	7.20	0.83	3.58	7.43	0.82	3.78	7.41	0.87
2	3.46	7.12	0.86	3.61	7.49	0.81	3.69	7.33	0.86
3	3.52	7.30	0.83	3.44	7.45	0.78	3.84	7.57	0.84
4	3.48	7.33	0.82	3.58	7.46	0.81	3.46	7.18	0.84
5	3.84	7.57	0.84	3.49	7.60	0.76	3.67	7.36	0.85
6	3.48	7.13	0.86	3.48	7.33	0.82	3.66	7.71	0.77
ค่าเฉลี่ย	3.54	7.28	0.84	3.53	7.46	0.80	3.68	7.43	0.84

ตารางที่ก-15 พื้นที่ เส้นรอบวง และความกลมของเม็ดสกรีนสีดำของหมึกพิมพ์ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์กระดาษความมันวาวปานกลาง

	หมึกพิมพ์ยูวี			หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย			หมึกพิมพ์ฐานน้ำ		
เม็ดสกรีน	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม
1	4.42	8.11	0.85	4.39	8.17	0.83	3.61	7.52	0.8
2	4.52	8.44	0.8	4.53	8.31	0.83	3.53	7.44	0.8
3	4.48	8.36	0.8	4.64	8.37	0.83	3.55	7.45	0.8
4	4.50	8.4	0.8	4.44	8.32	0.81	3.62	7.62	0.78
5	4.52	8.24	0.84	4.54	8.35	0.82	3.62	7.72	0.76
6	4.49	8.4	0.8	4.80	8.6	0.82	3.58	7.55	0.79
ค่าเฉลี่ย	4.49	8.33	0.82	4.56	8.35	0.82	3.59	7.55	0.79

ตารางที่ก-16 พื้นที่ เส้นรอบวง และความกลมของเม็ดสกรีนสีดำของหมึกพิมพ์ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์กระดาษไม่เคลือบผิว

	หมึกพิมพ์ยูวี			หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย			หมึกพิมพ์ฐานน้ำ		
เม็ดสกรีน	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม
1	2.59	8.92	0.41	2.78	10.89	0.29	2.83	9.66	0.38
2	2.78	10.89	0.29	2.59	8.93	0.41	2.85	9.96	0.36
3	2.84	10.93	0.3	2.84	10.93	0.3	2.92	9.92	0.37
4	2.94	10.64	0.33	2.94	10.64	0.33	3.11	10.77	0.34
5	2.73	8.77	0.45	2.73	8.77	0.45	2.81	9.98	0.35
6	2.67	9.6	0.36	2.79	10.37	0.33	3.25	11.39	0.31
ค่าเฉลี่ย	2.76	9.96	0.36	2.78	10.09	0.35	2.96	10.28	0.35

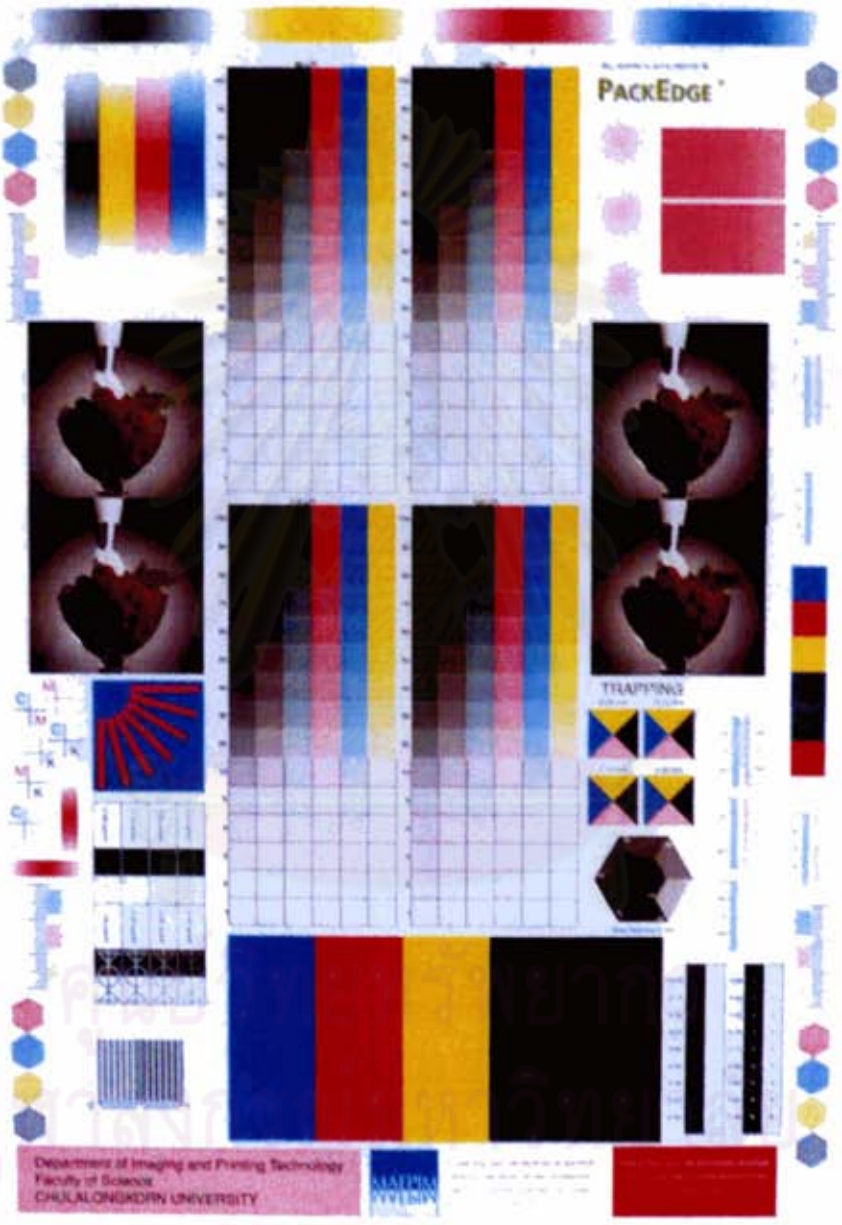
ตารางที่ก-17 พื้นที่ เส้นรอบวง และความกลมของเม็ดสกรีนสีดำของหมึกพิมพ์ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์พลาสติกพอลิโพรพิลีน

เม็ดสกรีน	หมึกพิมพ์ยูวี			หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย			หมึกพิมพ์ฐานน้ำ		
	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม
1	3.44	7.00	0.88	3.47	7.08	0.87	3.47	7.03	0.88
2	3.47	7.08	0.87	3.43	7.00	0.88	3.43	6.98	0.88
3	3.32	6.89	0.88	3.45	7.05	0.87	3.44	7.00	0.88
4	3.32	6.92	0.87	3.40	6.98	0.88	3.39	6.98	0.88
5	3.43	7.02	0.87	3.37	6.93	0.88	3.35	6.91	0.88
6	3.43	6.98	0.88	3.42	7.02	0.87	3.43	7.02	0.87
ค่าเฉลี่ย	3.40	6.98	0.88	3.42	7.01	0.88	3.42	6.99	0.88

ตารางที่ก-18 พื้นที่ เส้นรอบวง และความกลมของเม็ดสกรีนสีดำของหมึกพิมพ์ยูวี ฐานตัวทำละลาย และฐานน้ำ บนสติกเกอร์พลาสติกพอลิเอทิลีน

เม็ดสกรีน	หมึกพิมพ์ยูวี			หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย			หมึกพิมพ์ฐานน้ำ		
	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม	พื้นที่	เส้นรอบวง	ความกลม
1	3.47	7.03	0.88	3.65	7.31	0.86	4.06	7.67	0.87
2	3.39	6.98	0.88	3.70	7.33	0.87	4.03	7.60	0.88
3	3.35	6.91	0.88	3.67	7.35	0.85	4.02	7.57	0.88
4	3.47	7.08	0.87	3.71	7.35	0.86	4.07	7.64	0.88
5	3.43	7.01	0.88	3.69	7.33	0.86	4.00	7.52	0.89
6	3.32	6.89	0.88	3.76	7.37	0.87	4.06	7.62	0.88
ค่าเฉลี่ย	3.41	6.98	0.88	3.70	7.34	0.86	4.04	7.60	0.88

ภาคผนวก ข



ภาพที่ ข-1 แบบทดสอบลักษณะเฉพาะน้ำหนักสีที่ใช้ทดลอง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายไกรพ เจริญโสภา เกิดเมื่อวันที่ 1 มกราคม 2525 กรุงเทพมหานคร จบการศึกษาปริญญาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการพิมพ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี ปี 2547 และเข้าศึกษาปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2548

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย