บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 การพิมพ์เฟล็กโซกราฟี (Flexographic printing)

การพิมพ์เฟล็กโซกราฟี (Flexographic printing) เริ่มแรกรู้จักในชื่อ การพิมพ์ยาง (Rubber printing) ที่ประเทศเยอรมัน ในปีพ.ศ. 2363 หลังจากนั้นได้แพร่หลายในประเทศสหรัฐอเมริกาและได้เปลี่ยนชื่อเป็น ระบบพิมพ์แอนนิลีน (Aniline printing) ตามประเภทหมึกพิมพ์ที่ใช้ต่อมา ในที่สุดจึงเปลี่ยนชื่อเป็น การพิมพ์เฟล็กโซกราฟี (Flexographic printing) ซึ่งยังใช้อยู่ในปัจจุบัน ในปีพ.ศ. 2501 เพื่อให้สอดคล้องกับหมึกพิมพ์สูตรใหม่ที่ไม่มีสารแอนนีลีนเป็นส่วนประกอบในตัวหมึก

การพิมพ์เฟล็กโซกราฟี (Flexographic printing) เป็นระบบพิมพ์พื้นนูนโดยการถ่ายโอนหมึกเหลวจากรางหมึกผ่านระบบควบคุมปริมาณหมึก (metering system) ไปที่แม่พิมพ์และส่งถ่ายต่อไปสู่วัสดุใช้พิมพ์ซึ่งใช้แรงกดไม่มากนัก (kiss impression) อีกทั้งยังรองรับวัสดุพิมพ์ได้หลากหลายและสามารถพัฒนาได้ต่อไปในอนาคต **(4)**

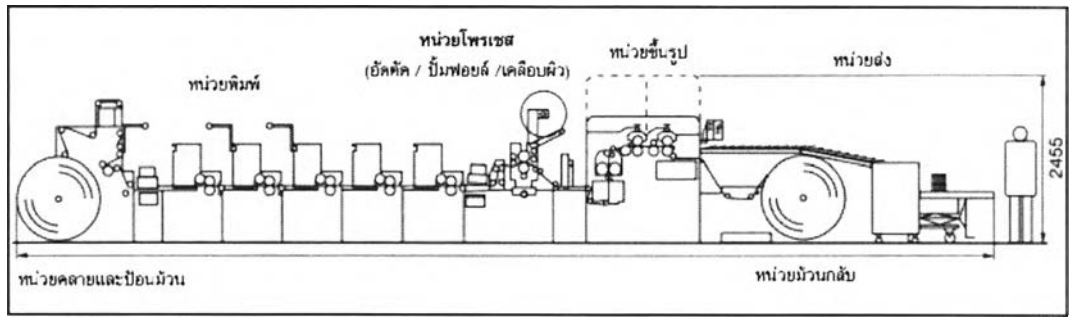
2.1.1.1 เครื่องพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

ความแตกต่างของการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี (Flexographic printing) กับการพิมพ์อื่น ๆ อยู่ที่สามารถเรียงแถว (in-line) กับหน่วยการผลิตต่าง ๆ เพื่อการผลิตสิ่งพิมพ์ออกมาพร้อมใช้งานได้ทันทีกับสิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ เช่น การผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก ผู้ผลิตสามารถติดตั้งเครื่องพิมพ์หน่วยประกบลอน หน่วยอัดตัด และหน่วยขึ้นรูปเป็นกล่องได้ อีกทั้งยังสามารถติดตั้งระบบพิมพ์อื่น ๆ เช่น หน่วยพิมพ์สกรีน (Screen printing) หน่วยพิมพ์กราวัวร์ (Gravure printing) ซึ่งถือว่าเป็นระบบงานพิมพ์ผสม (Hybrid printing) ทั้งหมดดังกล่าวนี้เป็นความได้เปรียบในแง่ความเร็ว ความหลากหลายและคุณภาพที่เพิ่มขึ้นของผลผลิต **(4)**

เครื่องพิมพ์ประกอบไปด้วย (รูปที่ 2-1)

- หน่วยคลายและป้อนม้วน
- หน่วยพิมพ์และหน่วยทำแห้ง
- หน่วยม้วนกลับ

หน่วยคลายและป้อนม้วนเป็นส่วนแรกของเครื่องพิมพ์ซึ่งมีระบบปรับความตึงของวัสดุ ความเที่ยงตรงและระบบนับความยาวของวัสดุพิมพ์ที่ใช้ ระบบป้อนม้วนจะดึงม้วนวัสดุเข้าหน่วยพิมพ์โดยมีเว็บไกด์ (web guide) ควบคุมตำแหน่งและความเร็วในการพิมพ์ให้เหมาะสม เพื่อควบคุมการพิมพ์เหลื่อม หน่วยพิมพ์แต่ละหน่วยประกอบด้วยชุดจ่ายและควบคุมหมึก และ โมกดพิมพ์ ซึ่งเป็นชุดโมกดพิมพ์เดี่ยวหรือพิมพ์ร่วม ถัดจากหน่วยพิมพ์เป็นหน่วยพิมพ์แห้งซึ่งอยู่ระหว่างแต่ละหน่วยพิมพ์ ท้ายสุดเป็นหน่วยม้วนกลับซึ่งมีความคล้ายกับหน่วยคลายม้วน



รูปที่ 2-1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์เฟล็กโซกราฟี **(4)**

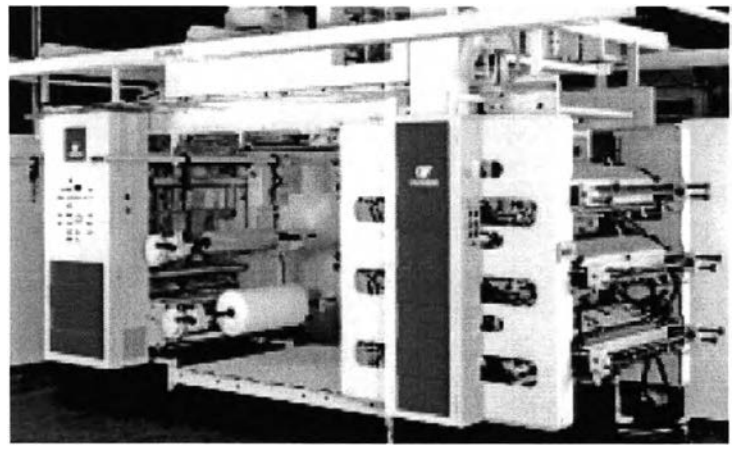
2.1.1.2 ประเภทของเครื่องพิมพ์

เครื่องพิมพ์เฟล็กโซกราฟีแบ่งออกตามการเรียงตัวของหน่วยพิมพ์ได้ 3 แบบ คือ แบบเรียงซ้อนเป็นชั้น (stack press) แบบโมกดร่วม (common impression) และ แบบเรียงแถว (in-line press)**(4)**

1). เครื่องพิมพ์แบบเรียงซ้อน

ลักษณะหน่วยพิมพ์เรียงซ้อนบนแนวตั้ง ทำให้การทำงานง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงและบำรุงรักษา ลักษณะการจัดเรียงแบบนี้ทำให้ใช้พื้นที่ไม่มาก งานสำหรับระบบการพิมพ์นี้ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ประเภทกระดาษ เพราะทนต่อการยืดได้ดีกว่าวัสดุอื่น ๆ และ สามารถพิมพ์ 2 ด้านในการพิมพ์ครั้งเดียว (รูปที่ 2-2)

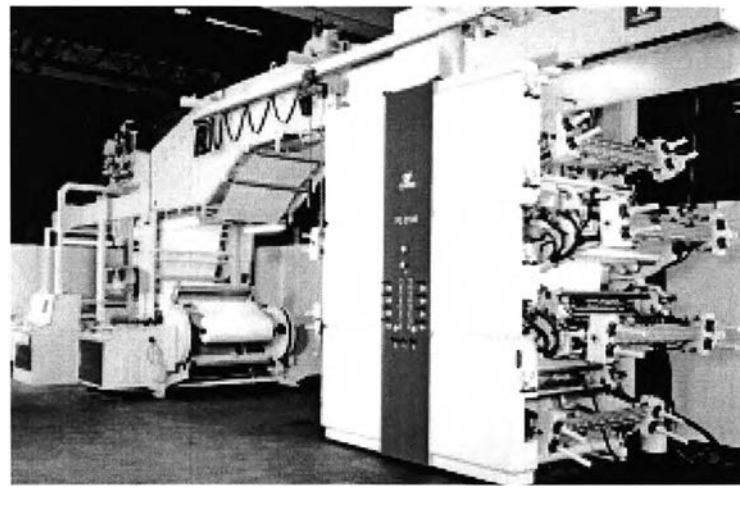
หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



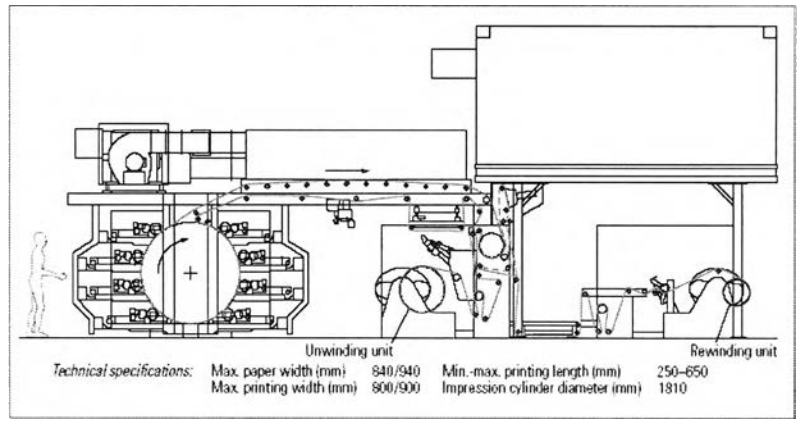
รูปที่ 2-2 เครื่องพิมพ์แบบเรียงซ้อน **(4)**

2). เครื่องพิมพ์แบบโมกดร่วม

หน่วยพิมพ์จะเรียงรอบลูกเดียวกันซึ่งมีขนาดใหญ่มาก ด้วยลักษณะที่มีหน่วยพิมพ์เรียงอยู่รอบข้างชื่ออีกชื่อจึงเรียกว่า เครื่องพิมพ์แซทเทิลไลท์ (satellite press) ระบบพิมพ์นี้เหมาะสำหรับวัสดุที่มีการยืดและบางมาก เช่น พอลิเอทีลีน เพราะโมกดพิมพ์จะรองรับวัสดุตลอดการกดพิมพ์ของแต่ละหน่วยพิมพ์ ทำให้วัสดุไม่เสียรูปและการซ้อนภาพทำได้ดีกว่าเครื่องพิมพ์ระบบอื่น (รูปที่ 2-3) และ จากรูปที่ 2-4 แสดงให้เห็นส่วนประกอบของเครื่องพิมพ์เครื่องพิมพ์แบบโมกดร่วม ได้แก่ โมกดพิมพ์ขนาดใหญ่ซึ่งถูกล้อมรอบด้วยหน่วยพิมพ์ หน่วยป้อนม้วน และ หน่วยม้วนกลับ ปัจจุบันระบบพิมพ์นี้ใช้พิมพ์บรรจุภัณฑ์วัสดุที่บอบบาง และ อ่อนนิ่มซึ่งมักเกิดปัญหาการยืดตัวในระบบพิมพ์กราวัวร์



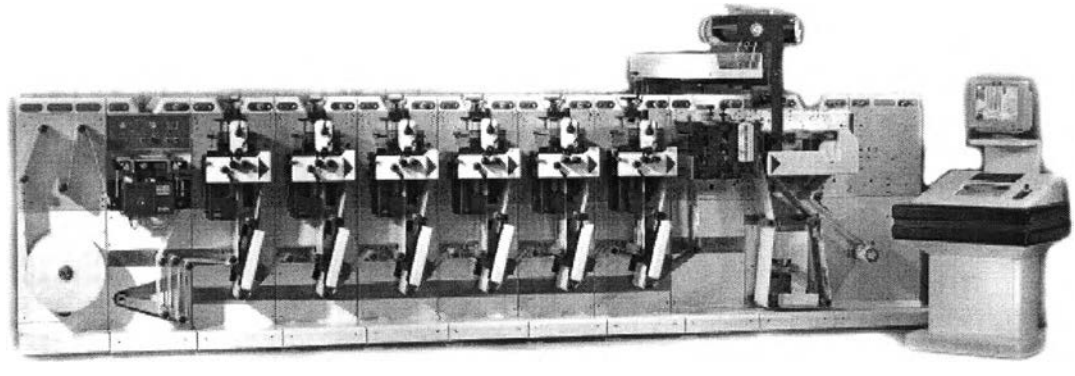
รูปที่ 2-3 เครื่องพิมพ์แบบโมกดร่วม **(4)**



รูปที่ 2-4 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์แบบโมกดร่วม **(5)**

3). เครื่องพิมพ์แบบเรียงแถว

หน่วยพิมพ์เรียงเป็นแถวในแนวนอน แต่ละหน่วยอิสระต่อกันวางบนพื้นเป็นหน่วย ๆ เครื่องพิมพ์แบบนี้นิยมใช้พิมพ์กระดาษลูกฟูกและฉลาก ข้อดีของระบบพิมพ์นี้คือสามารถพ่วงต่อกับหน่วยขึ้นรูปต่าง ๆ ได้ง่ายเมื่อเทียบกับระบบพิมพ์อื่น ๆ (รูปที่ 2-5)



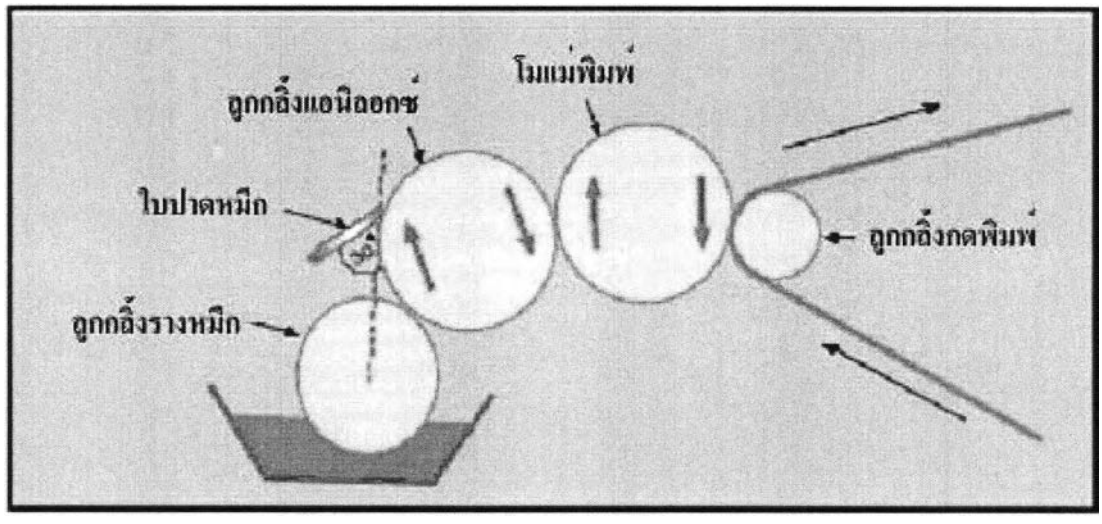
รูปที่ 2-5 เครื่องพิมพ์แบบเรียงแถว **(5)**

2.1.1.3 ระบบควบคุมและจ่ายหมึก

หน่วยพิมพ์เฟล็กโซกราฟี ประกอบด้วยลูกกลิ้ง 4 ลูก แสดงโดยรูปที่ 2-6 ซึ่งได้แก่ ลูกกลิ้งรางหมึก ลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ โมแม่พิมพ์และโมกดพิมพ์ จากรูปเห็นได้ว่าลูกกลิ้งแอนิลอกซ์เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดหมึกจากรางหมึกไปยังโมแม่พิมพ์ ซึ่งจะมีผลอย่างมากต่อคุณภาพและลักษณะของงานพิมพ์ ต่อไปนี้จะกล่าวถึงลูกกลิ้งแอนิลอกซ์โดยละเอียด **(4)**

1). ลูกกลิ้งแอนิลอกซ์

ทำหน้าที่จ่ายหมึกซึ่งลูกกลิ้งทำด้วยโลหะเคลือบโครเมี่ยมหรือเซรามิก ผิวลูกกลิ้งมีลักษณะเป็นบ่อหมึกเล็ก ๆ ทำหน้าที่รับหมึกพิมพ์จากรางหมึกและจ่ายให้แม่พิมพ์ ขนาดของบ่อหมึกมีความละเอียดหลายขนาดตามความต้องการปริมาณหมึกของภาพ งานลายเส้นพื้นทึบต้องการปริมาณหมึกมากต้องเลือกแอนิลอกซ์ที่หยาบและจ่ายหมึกปริมาณมาก และ งานฮาล์ฟโทนที่เป็นงานละเอียดบ่อหมึกจะเล็กและละเอียดตามไปด้วย ดังนั้นเครื่องพิมพ์เฟล็กโซกราฟีจึงออกแบบให้ถอดลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ได้ นอกจากนี้เส้นรอบวงสามารถเปลี่ยนขนาดได้ซึ่งพิมพ์ต่อเนื่องโดยไม่มีช่องว่างหรือแก็บของโมแม่พิมพ์เหมือนระบบออฟเซตทำให้ไม่เปลืองวัสดุในการเว้นช่องดังกล่าว



รูปที่ 2-6 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบจ่ายหมึก **(4)**

สำหรับวัสดุใช้พิมพ์แต่ละชนิดและประเภทของงานพิมพ์แต่ละแบบต้องการปริมาณหรือความหนาของชั้นหมึกไม่เท่ากัน ซึ่งระบบพิมพ์เฟล็กโซกราฟีจะไม่มีการปรับลดหมึกและน้ำตามระบบพิมพ์ออฟเซต แต่ใช้การเลือกลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ให้เหมาะสมต่องานพิมพ์ จำเป็นต้องเลือกลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ให้มีความละเอียดและปริมาตรของบ่อหมึกต่าง ๆ ให้เหมาะสม ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ค่าความละเอียดและปริมาตรบ่อหมึกต่าง ๆ กับประเภทงานพิมพ์ฉลากที่เหมาะสม **(4)**

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

ความละเอียดนี้เรียกว่าจำนวนเซลล์ (cell count) มีหน่วยเป็นจำนวนเซลล์ต่อความยาว 1 หน่วย เช่น 80 เส้น/ซ.ม. เป็นต้น ยิ่งละเอียดมากปริมาณหมึกพิมพ์จะน้อยลง นอกจากความละเอียดปริมาณหมึกที่ถ่ายโอนไปบนแม่พิมพ์ยังขึ้นกับรูปร่างของบ่อหมึก

2). ประเภทของลูกกลิ้งแอนิลอกซ์

ลูกกลิ้งแอนิลอกซ์มีหลากหลายแบบ เช่น Form roll, Meter roll, Engraved roll, Ink applicating หรือ Ink-transfer roll เป็นต้น โดยที่ผิวของลูกกลิ้งมีลักษณะเป็นร่องลึกเล็ก ๆ สม่ำเสมอตลอดทั้งลูก ซึ่งทำหน้าที่กักเก็บหมึกพิมพ์จากรางหมึกแล้วถ่ายโอนไปยังแม่พิมพ์ ลูกกลิ้งแอนิลอกซ์มีหลายประเภท ได้แก่

(1).ลูกกลิ้งเซรามิกผิวเรียบ (smooth ceramic anilox roll)

ลักษณะเป็นลูกกลิ้งโลหะที่ผ่านกรรมวิธีพ่นละอองเซรามิกเคลือบหรือโครเมี่ยมออกไซด์ หลังจากนั้นผ่านการขัดผิวด้วยวิธีมิล (mill)

(2).ลูกกลิ้งเซรามิกผิวหยาบ (textured ceramic anilox roll)

ลูกกลิ้งชนิดนี้จะเคลือบด้วยเซรามิกผิวหยาบ ซึ่งลูกกลิ้งชนิดนี้ไม่สามารถควบคุมปริมาณหมึกได้แน่นอน

(3).ลูกกลิ้งโครมร่องลึก (engraved and chrome anilox roll)

เป็นลูกกลิ้งเหล็กคุณภาพสูงผ่านการชุบทองแดงขัดมันแล้วเจาะบ่อหมึกด้วยวิธีกล หลังจากนั้นนำไปชุบโครเมี่ยมด้วยความหนา 0.007 นิ้ว ลูกกลิ้งนี้มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถเจาะบ่อหมึกความละเอียดมาก ๆ ได้ ซึ่งทำได้ไม่เกิน 300 เส้นต่อนิ้ว

(4).ลูกกลิ้งเซรามิกร่องลึก (engraved ceramic anilox roll)

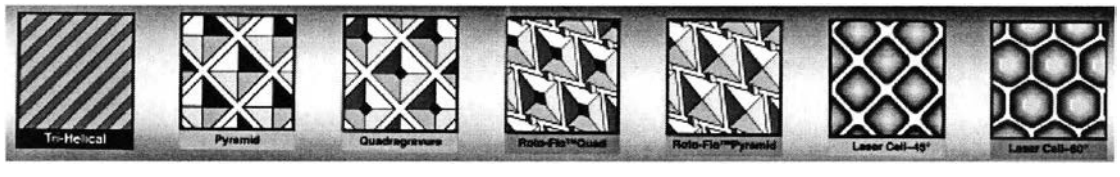
ลูกกลิ้งชนิดนี้บ่อหมึกถูกเจาะด้วยวิธีทางกลและเคลือบด้วยละอองเซรามิกหนาประมาณ 0.002 นิ้วและเพื่อให้ใช้ได้นานและไม่อุดตันการเจาะต้องไม่ละเอียดมาก

(5).ลูกกลิ้งเซรามิกเจาะบ่อหมึกด้วยเลเซอร์(laser engraved ceramic anilox roll)

เป็นลูกกลิ้งชนิดที่ทนทานและราคาแพงที่สุดเนื่องจากใช้กระบวนการผลิตคุณภาพสูงและใช้แสงเลเซอร์ในการเจาะ

3). รูปร่างบ่อหมึก

บ่อหมึกหรือร่องลึกบนผิวลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพงานพิมพ์ เช่น การผลิตน้ำหนักสี ค่าความเปรียบต่างของภาพ เป็นต้น โดยที่รูปร่างของการออกแบบบ่อหมึกมีเพียงไม่กี่แบบและที่นิยมใช้ได้แก่ แบบฟันเฟือง (tri-helical) ปิรามิด (pyramid) และ สี่เหลี่ยม (quadrangular) สำหรับมุมในการเจาะกำหนดที่ 45° เป็นค่ามาตรฐาน (รูปที่ 2-7) ซึ่งมุมของลูกกลิ้งแอนิลอกซ์ สามารถวัดได้โดยการวัดจากจุดศูนย์กลางบ่อหมึกลากเส้นตามแนวระนาบไปตามจุดศูนย์กลางบ่อหมึกข้างเคียงและลากเส้นที่สองตามจุดศูนย์กลางบ่อหมึกด้านบน ตามรูปที่ 2-8



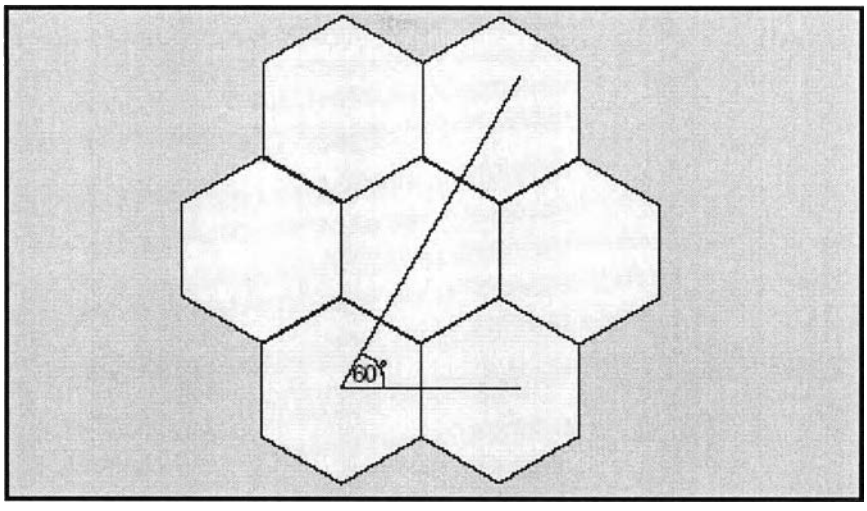
รูปที่ 2-7 รูปร่างแบบต่าง ๆ ของลูกกลิ้งแอนิลอก **(4)**

เทคนิคการเจาะบ่อหมึกด้วยเลเซอร์มีมุมและรูปร่างแบ่งได้ 3 แบบ

1).แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส มุม 45˚

2).แบบรังผึ้งหรือหกเหลี่ยม มุม 30˚

3).แบบหกเหลี่ยม มุม 60˚ (รูปที่ 2-8)



รูปที่ 2-8 ตัวอย่างของมุมบ่อหมึก **(4)**

ประโยชน์ที่เด่นชัดของการเจาะบ่อหมึกด้วยแสงเลเซอร์

(1).สามารถพิมพ์งานที่มีเส้นสกรีนสูง ๆ ได้ เนื่องจากลูกกลิ้งแอนิลอกซ์มีความละเอียดสูงถึง 1200 เส้นต่อนิ้ว เพราะไม่มีข้อจำกัดของขนาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการเจาะจึงทำให้ได้บ่อหมึกที่มีขนาดความกว้างและความหนาของกำแพงลดลง สามารถพิมพ์ภาพที่มีเม็ดสกรีนเล็กลงโดยที่เม็ดสกรีนไม่จมลงในบ่อหมึก

(2).ลูกกลิ้งแอนิลอกซ์มีลักษณะความกว้างของกำแพงลดลง ทำให้ได้ความหนาของชั้นหมึกต่อเนื่องและเปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนบวมลดลง งานพิมพ์ไฮไลท์สะอาดขึ้นและยังช่วยประหยัดหมึกพิมพ์

(3).มีความทนทานแข็งแรง ทนทานต่อการสึกกร่อน ใช้งานได้ดีกับใบมีดปาดหมึก

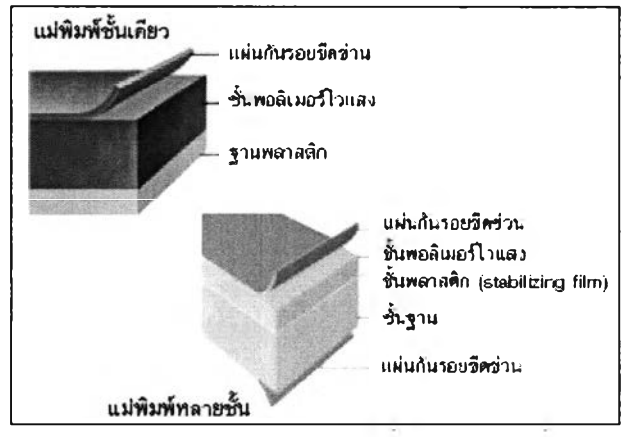
(4).ทำความสะอาดง่าย เพราะบ่อหมึกไม่ลึกจนเกินไปและปัญหาการอุดตันของหมึกพิมพ์ลดลง

2.1.1.4 แม่พิมพ์เฟล็กโซกราฟี

1). โครงสร้างแม่พิมพ์

แม่พิมพ์พอลิเมอร์ที่ใช้ทั่วไปมี 2 ลักษณะ คือ แม่พิมพ์ชั้นเดียวและแม่พิมพ์หลายชั้น ซึ่งต่างกันตรงที่แม่พิมพ์หลายชั้นนั้นมีชั้นฐาน (base layer) รวมอยู่ด้วย ในขณะที่แม่พิมพ์ชั้นเดียวจะเป็นพอลิเมอร์ไวแสงอย่างเดียว (relief layer) ทำให้ช่างพิมพ์สามารถควบคุมความสูงพื้นนูน (relief depth) ได้ตามต้องการ นอกจากนี้มีแผ่นพลาสติกประกบไว้ทางด้านบนและล่างของแม่พิมพ์เพื่อกันรอยขีดข่วนอีกทั้งพื้นล่างยังเป็นโครงฐานด้วย สำหรับแม่พิมพ์หลายชั้นจะเพิ่มพลาสติกยึดระหว่างชั้นพอลิเมอร์กับชั้นฐานให้แม่พิมพ์มีสภาวะคงมิติดี (stabilizing film) **(6)** ดังรูปที่ 2-9

โครงสร้างแม่พิมพ์ที่ต่างกันจะเหมาะกับงานพิมพ์แต่ละประเภท ขึ้นอยู่กับความหนา ความแข็งพื้นผิว ชนิดของพอลิเมอร์ไวแสงและสมบัติของรองหนุนที่ใช้ เช่น แม่พิมพ์ที่มีความแข็งของผิวระหว่าง 32˚-46˚ShA ซึ่งจัดเป็นแม่พิมพ์ผิวอ่อนช่วยให้งานพิมพ์พื้นตายดูสม่ำเสมอกับวัสดุพิมพ์ผิวหยาบ และ แม่พิมพ์ที่มีค่าความแข็งระหว่าง 49˚-52˚ShA เป็นแม่พิมพ์ที่ใช้ได้หลากหลายไม่ว่าเป็นภาพฮาล์ฟโทนหรือภาพพื้นตาย **(4)**



รูปที่ 2-9 ลักษณะโครงสร้างของแม่พิมพ์ชั้นเดียวและหลายชั้น **(4)**

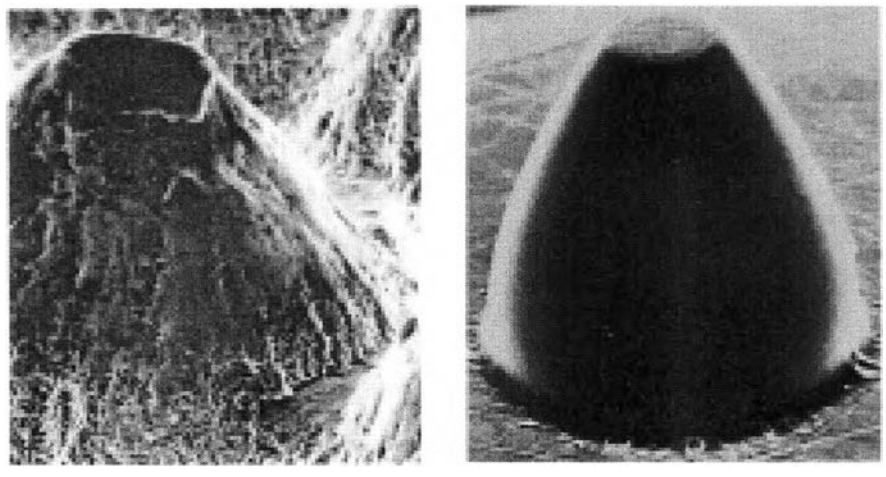
โครงสร้างของแม่พิมพ์หลายชั้นมีลักษณะคล้ายกับแม่พิมพ์บาง (thin plate) ซ้อนบนชั้นฐานที่หนาซึ่งทำหน้าที่เป็นรองหนุนที่มีลักษณะหยุ่นตัว (compressible) ช่วยให้งานพิมพ์มีคุณภาพดีขึ้น โดยเฉพาะงานพิมพ์ภาพฮาล์ฟโทน **(6)**

แม่พิมพ์พอลิเมอร์มีคุณสมบัติทนต่อหมึกพิมพ์ไม่เหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นหมึกพิมพ์ฐานน้ำ แอลกอฮอล์ หรือหมึกพิมพ์ UV ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของพอลิเมอร์ที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ Stylene diene elastoer, Polybutadiene elastomer และ Oligomeric acrylates โดยเป็นสารประเภทอะคริเลต (acrylates) ช่วยเพิ่มความทนทานต่อหมึกพิมพ์ UV ได้ **(7)**

2). ลักษณะแม่พิมพ์ที่ดี

แม่พิมพ์ที่ดีสามารถผลิตน้ำหนักสีของภาพฮาล์ฟโทนได้ครบไม่ว่าจะพิมพ์ลงบนวัสดุใดก็ตาม หรือ ภาพลายเส้นที่ให้เส้นทึบครบเหมือนต้นฉบับและบริเวณพื้นทึบให้สีที่มีความสม่ำเสมอ

แม่พิมพ์ที่ดีต้องพิจารณาถึงความแข็งแรงและรูปร่างของส่วนพื้นนูนและสภาพแม่พิมพ์ที่ไม่ก่อปัญหาทางการพิมพ์ เช่น แม่พิมพ์บวม (swelling) เกิดลายที่ผิว (orange peel) ความเหนียว (tacky) โดยสาเหตุส่วนใหญ่มาจากขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ **(8)**



รูปที่ 2-10 ลักษณะรูปร่างพื้นนูนของแม่พิมพ์เฟล็กโซกราฟี **(8)**

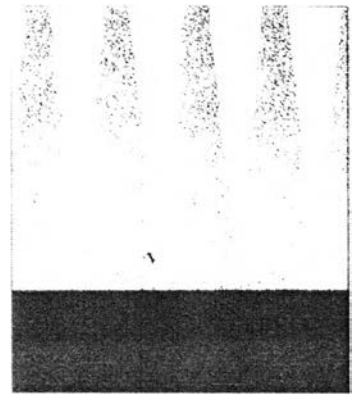
แม่พิมพ์ที่ดีต้องให้มุมที่ฐานของส่วนพื้นนูนกว้างพอที่จะรองรับแรงกดพิมพ์ได้โดยไม่เกิดการล้มและจะต้องไม่กว้างเกินไปที่ทำให้เม็ดสกรีนข้างเคียงมาต่อกัน ทำให้รอยต่อเกิดขึ้น เมื่อนำไปพิมพ์อาจเกิดปัญหาภาพและรายละเอียดเลอะเทอะได้ โดยมุมที่ดีที่สุดคือ 60° **(4)** (รูปที่ 2-10)

3). ขั้นตอนการทำแม่พิมพ์

ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

(1).การฉายแสงหลัง (back exposure)

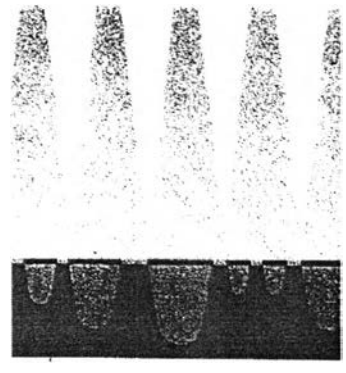
ขั้นตอนควบคุมการสร้างฐานแม่พิมพ์สำหรับพิมพ์ชั้นเดียว ด้วยการฉายรังสี UV จากหลอดกำเนิด UV-A ที่เปล่งรังสีออกมาในช่วงคลื่น 360 มม. (รูปที่ 2-11)



รูปที่ 2-11 การฉายแสงพื้นหลัง

2).การฉายแสงหลัก (main exposure)

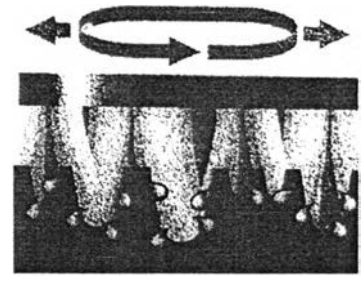
ใช้รังสี UV-A สร้างส่วนพื้นนูนจากชั้นพอลิเมอร์ให้เหมาะสม (รูปที่ 2-12)



รูปที่ 2-12 การฉายแสงหลัก

3).การล้าง (wash out)

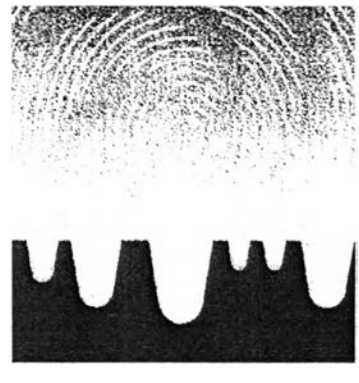
ใช้น้ำยาประเภทแอลกอฮอล์ผสมกับสารละลาย tetrachloro ethylene ทำหน้าที่ละลายชั้นผิวหน้าบนสุดของชั้นพอลิเมอร์และสารพอลิเมอร์ที่ไม่ถูกฉายแสงออกไปตามลำดับ หลังจากผ่านขั้นตอนนี้จะได้ส่วนนูนของบริเวณภาพเกิดขึ้น (รูปที่ 2-13)



รูปที่ 2-13 การล้าง

4).การทำแห้ง (drying)

ขั้นตอนการล้างแม่พิมพ์จะมีการพองและการขยายตัว (swelling) เนื่องจากมีน้ำยาบางส่วนซึมอยู่ภายใน จึงต้องมีการเป่าทำแห้งด้วยเวลาและอุณหภูมิจากผู้ผลิต ไม่ควรเร่งอุณหภูมิให้สูงขึ้น เพราะอาจทำให้เกิดการหดและโค้งงอได้ (shrinkage) และเมื่อผ่านการแห้งตัวแล้วจะทิ้งแม่พิมพ์ไว้ 12-15 ชั่วโมง เพื่อให้แม่พิมพ์กลับสู่สภาพปกติ (รูปที่ 2-14)



รูปที่ 2-14 การทำแห้ง

5).การฉายแสงซ้ำ (post exposure)

การนำแม่พิมพ์ที่แห้งตัวแล้วไปรับการฉายรังสี UV-A อีกครั้งโดยไม่ต้องผ่านฟิล์มต้นฉบับใด ๆ เพื่อให้ชั้นพอลิเมอร์บางส่วนที่ยังรับรังสีไม่ได้เต็มที่ให้รับรังสีอีกครั้ง เพื่อให้เกิดปฏิกริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่นอย่างสมบูรณ์ทั่วทั้งแม่พิมพ์

6).การปรับผิว (surface treatment)

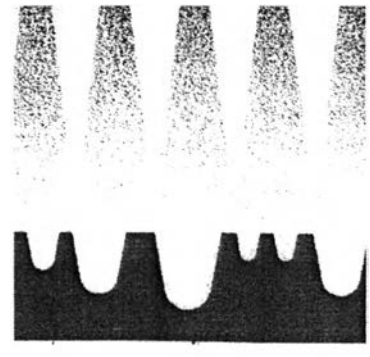
เป็นการปรับผิวไม่ให้มีความเหนียวหนืด (tackiness) เพื่อให้เกิดความคล่องตัวในการพิมพ์และไม่เป็นที่เกาะของฝุ่นและเศษหมึก ทำได้ 2 วิธี(รูปที่ 2-15)

(1) การฉายรังสี UV-C

เป็นรังสีในช่วง 254 ม.ม. ซึ่งไม่สามารถผ่านชั้นพอลิเมอร์ได้ (ต่างจากรังสี UV-A) ทำให้ทำปฏิกิริยากับผิวหน้าพอลิเมอร์ได้เต็มที่ เป็นผลให้โครงสร้างพอลิเมอร์เปลี่ยนไป ลดความเหนียวหนืดได้ วิธีนี้นิยมมากเนื่องจากรวดเร็วและง่าย เพียงแต่ต้องไม่สัมผัสกับรังสีนี้อย่างเด็ดขาด

(2) การใช้สารเคมี

โดยผ่านสารละลายโบรมีน (bromine solution) ใช้เวลาเท่ากันไม่ว่าวัสดุแม่พิมพ์เป็นแบบใดก็ตาม



รูปที่ 2-15 การปรับผิวหน้า

การสลายชั้นคาร์บอนนั้นถือว่าต้องใช้พลังงานที่มากอีกทั้งในแม่พิมพ์ระบบดิจิทัลของการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีนั้น ใช้พลังงานมากกว่าระบบดิจิทัลของการพิมพ์อื่น ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการสร้างภาพ **(8)**

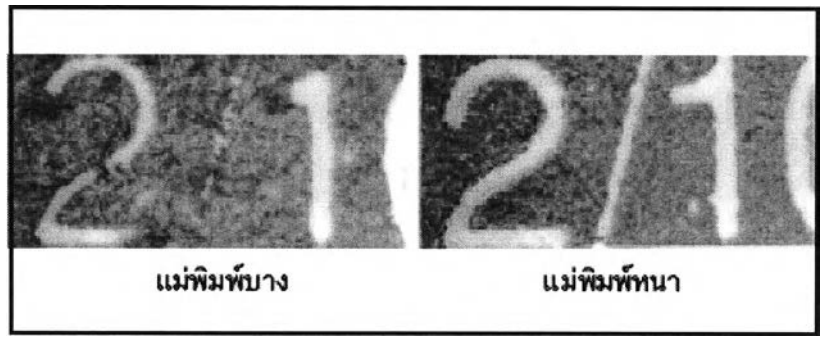
ชนิดแม่พิมพ์	**พลังงานที่ต้องการในการรับแสง (mJ/cm^2)**
แม่พิมพ์ซิลเวอร์เฮไลด์แสงธรรมชาติ	0.002
แม่พิมพ์พอลิเมอร์แสงธรรมชาติ	0.2
แม่พิมพ์ความร้อน	120
แม่พิมพ์เฟล็กโซกราฟีแบบดิจิทัล	4,000
แม่พิมพ์ไดแอโซแสงยูวี	375

ง). ความสัมพันธ์ของแม่พิมพ์

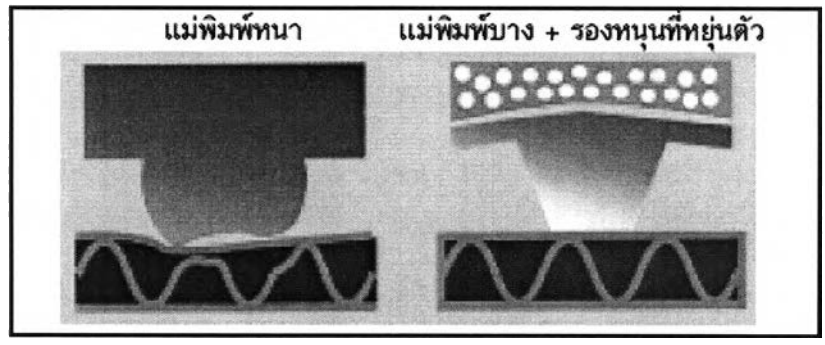
แนวโน้มการใช้แม่พิมพ์บางได้รับการยอมรับมากขึ้น เพราะสามารถพิมพ์งานได้ดีกว่าแม่พิมพ์หนาดังรูปที่ 2-16 (ภาพที่ได้จะเห็นว่ามีเส้นที่มีความบางของตัวอักษรใกล้เคียงกับต้นฉบับมากกว่า) เช่น การเกิดเม็ดสกรีนบวมน้อยกว่า ให้ช่วงการผลิตน้ำหนักสีดีกว่า เป็นต้น แต่แม่พิมพ์แบบนี้นั้นจำเป็นต้องใช้ร่วมกับรองหนุนหรือเทปที่มีสมบัติอ่อนหรือหยุ่นตัว (compressible) เช่น cusion tape, adhesive foam, R-bak support เป็นต้น **(4)** (รูปที่ 2-17)

ข้อดีของแม่พิมพ์บาง

- มีการยืดตัวน้อย
- มีการฉายแสงน้อยในการทำแม่พิมพ์
- แม่พิมพ์สามารถเก็บรายละเอียดขนาดเล็ก ๆ ได้ดี



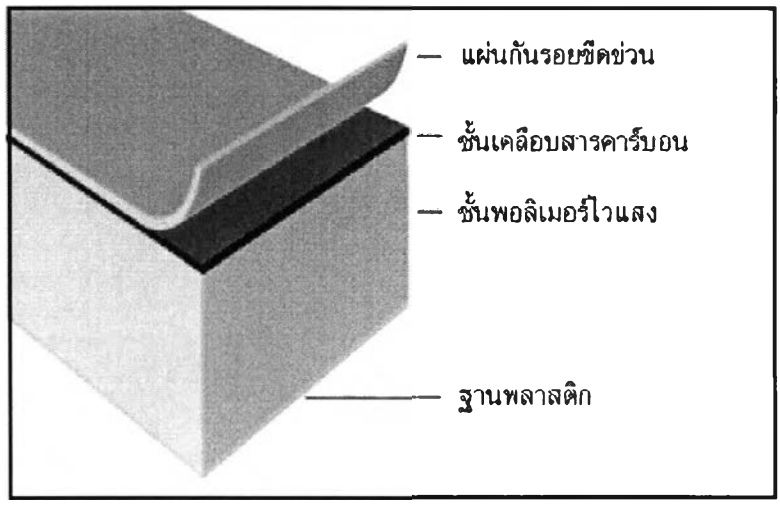
รูปที่ 2-16 เปรียบเทียบผลของแม่พิมพ์ที่ใช้ **(4)**



รูปที่ 2-17 ผลการเกิดเม็ดสกรีนบวมลดลงจากแม่พิมพ์ **(4)**

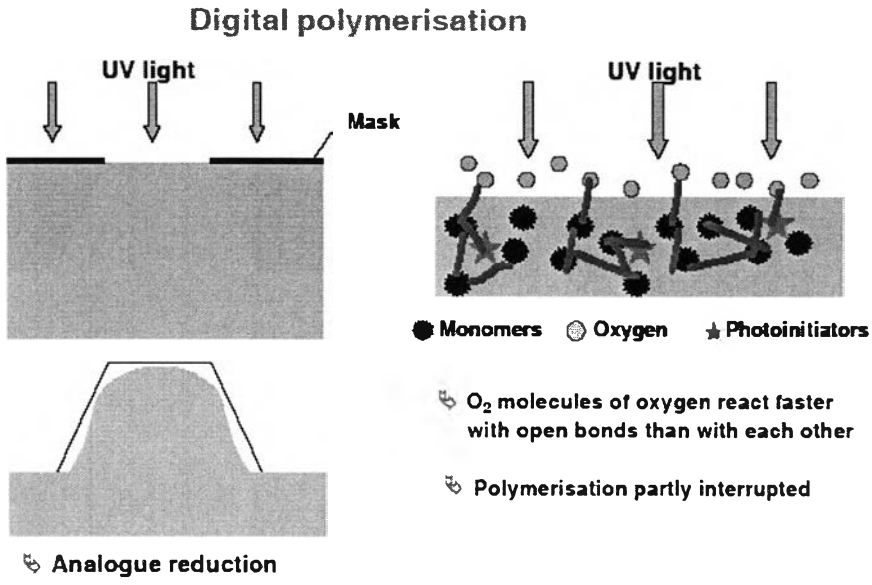
จ). ระบบคอมพิวเตอร์-ทู-เพลต (computer-to-plate)

ระบบคอมพิวเตอร์-ทู-เพลต เป็นเทคโนโลยีเชื่อมต่อระหว่างขั้นตอนงานเตรียมต้นฉบับ จัดการข้อมูล ลงสกรีน แยกสี และ งานทำแม่พิมพ์ ให้ทำงานร่วมกันโดยตรงไม่ต้องผ่านฟิล์ม แม่พิมพ์ออกแบบมาโดยเฉพาะให้ชั้นบนสุดเคลือบด้วยชั้นคาร์บอนสีดำ ซึ่งทำหน้าที่เป็นฟิล์ม โดยแม่พิมพ์จะถูกฉายแสงผ่านลำแสงเลเซอร์ IR ทำลายผิวชั้นดังกล่าวก่อน จากนั้นนำแม่พิมพ์ไปทำการฉายแสง UV-A เข้าสู่ขั้นตอนทำแม่พิมพ์ตามปกติ **(9)** (รูปที่ 2-18)

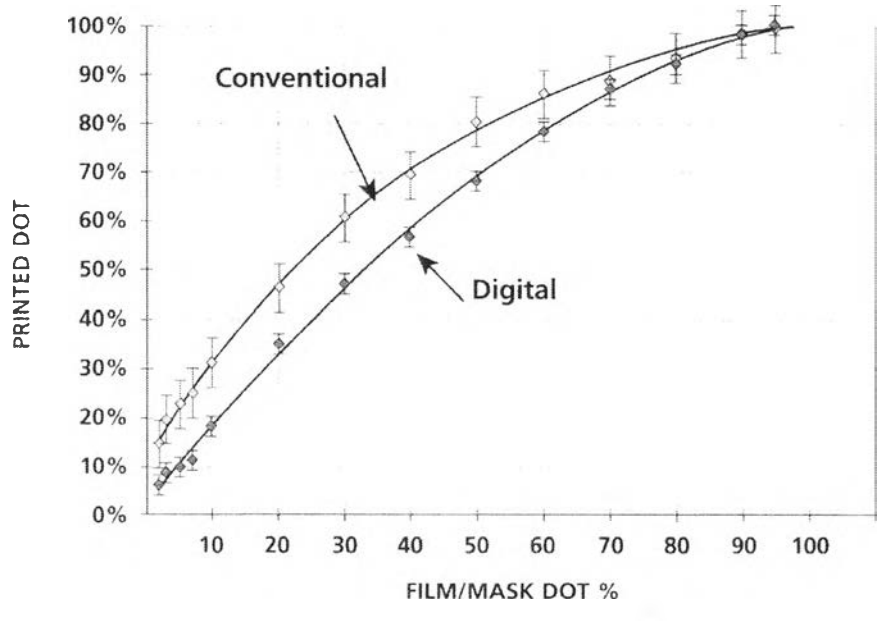


รูปที่ 2-18 ลักษณะโครงสร้างของแม่พิมพ์คอมพิวเตอร์-ทู-เพลต **(4)**

เทคโนโลยีนี้สามารถช่วยปรับปรุงลักษณะของแม่พิมพ์ให้ดีขึ้นกว่าวิธีแบบเก่าที่ต้องฉายรังสียูวีผ่านฟิล์ม เช่น ขนาดของเม็ดสกรีนที่ทำได้เล็กลงโดยเฉพาะการพิมพ์สกรีนฝุ่นหรือสกรีน FM (frequency modulated screen) การผลิตน้ำหนักสีสามารถทำได้ตั้งแต่ 1-98% และวิธีนี้การผลิตน้ำหนักสีของภาพบนแม่พิมพ์จะถูกบีบ (compress) ให้ลดลงกว่าปกติเนื่องจากออกซิเจนบนพื้นผิวในสิ่งแวดล้อมนั้นเข้าไปยับยั้งปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่นทำให้ภาพพื้นนูนที่ได้มีขนาดและบ่ามุมน้อยกว่าแม่พิมพ์ธรรมดาและยังช่วยด้านการลดขนาดเม็ดสกรีนบวมอีกด้วย ดังรูปที่ 2-19 และ จากรูปที่ 2-20 แสดงให้เห็นถึงเส้นกราฟของแม่พิมพ์คอนเวนชั่นแนลเกิดเม็ดสกรีนบวมตั้งแต่บริเวณไฮไลท์ไปจนถึงมิดโทน และ ค่อย ๆ ลดลงจนบรรจบกันที่บริเวณพื้นทึบ ซึ่งแม่พิมพ์ดิจิทัลสามารถให้การผลิตน้ำหนักสีที่ต่ำกว่าบริเวณไฮไลท์และมิดโทน ทำให้แสดงบริเวณไฮไลท์ต่ำ ๆได้ **(4)**



รูปที่ 2-19 ลักษณะการสร้างภาพบนแม่พิมพ์ดิจิทัล **(1)**

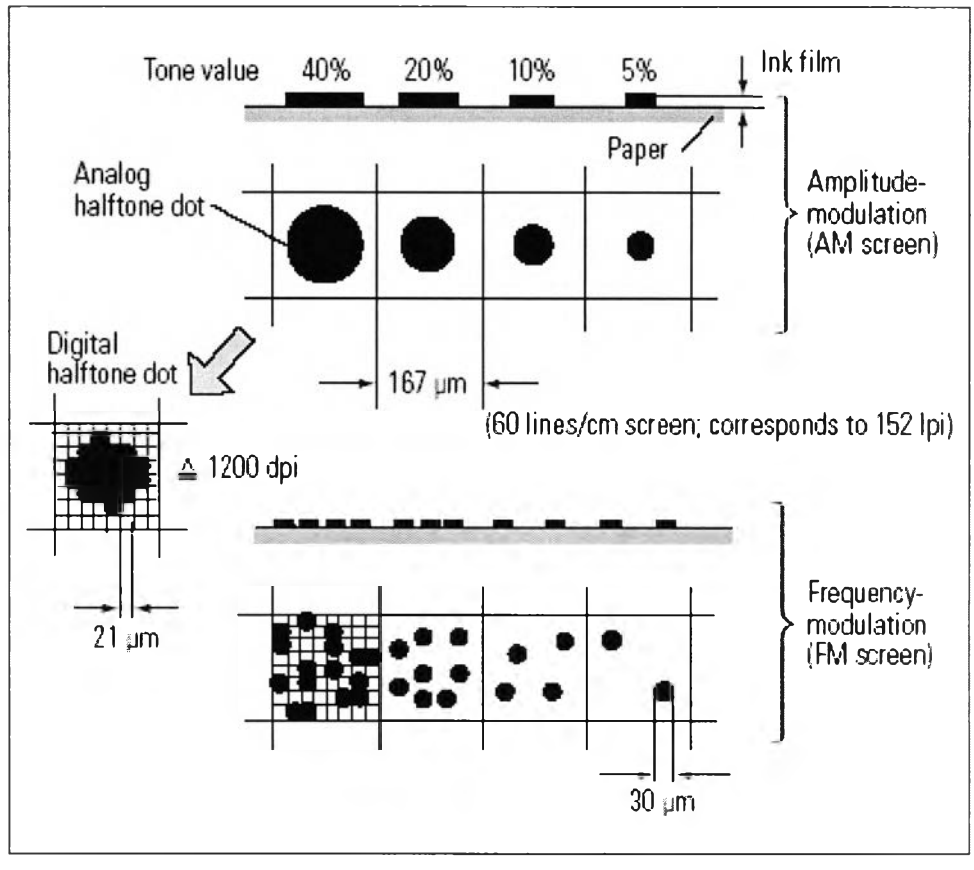


รูปที่ 2-20 การเปรียบเทียบแม่พิมพ์ต่อการผลิตน้ำหนักสี **(1)**

2.1.2 ระบบสกรีนฝุ่น (Stochastic screen)

สกรีนฝุ่น เป็นสกรีนระบบดิจิทัลมีขนาดของเม็ดสกรีนเท่า ๆ กันและมีขนาดเล็กกว่าเม็ดสกรีนแบบเก่าหรือ เอ เอ็ม สกรีน โดยขึ้นอยู่กับการเปรียบเทียบพื้นที่สกรีน และ ความละเอียดของเม็ดสกรีน ซึ่งเม็ดสกรีนแต่ละเม็ดมีระยะห่างไม่เท่ากัน และ มีลักษณะกระจายตัวหรือมีการกระจายตัวแบบสุ่ม จากรูปที่ 2-21 การผลิตน้ำหนักสีที่ 5-40% เห็นได้ว่าเม็ดสกรีนทั้งสองแบบแตกต่างกัน สกรีนฝุ่นนั้นจะเพิ่มจำนวนเม็ดแบบสุ่มแต่ไม่เพิ่มขนาด แต่เม็ดสกรีนทั่วไปจะเพิ่มขนาดเม็ดสกรีนแต่ไม่เพิ่มจำนวน **(10)**

เม็ดสกรีนที่มีขนาดเล็กทำให้ภาพมีความต่อเนื่องน้ำหนักสีดีกว่าและมีความใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ แต่ข้อจำกัดของวัสดุนั้นยังคงมีอยู่



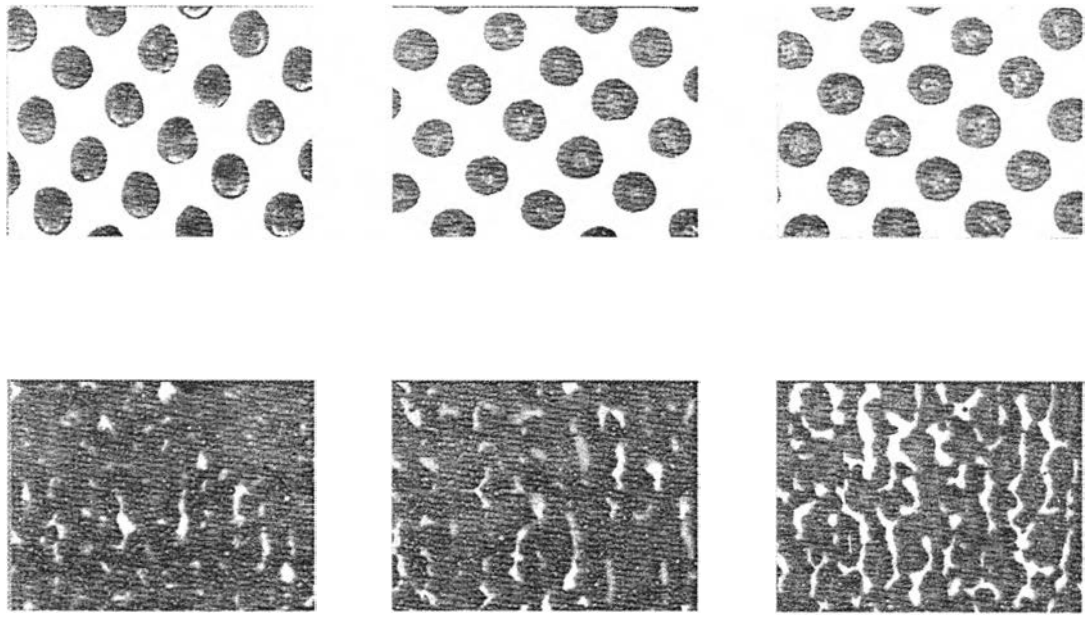
รูปที่ 2-21 การเปรียบเทียบลักษณะเม็ดสกรีน AM และ FM **(10)**

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3 วัสดุรองหนุน (packing material)

รองหนุนทำหน้าที่ช่วยปรับระดับความสูงของฐานแม่พิมพ์และยังช่วยรองรับแรงกดพิมพ์ได้อย่างดีทำให้การกระจายตัวของหมึกพิมพ์ลดน้อยลง คือ ปริมาณการเกิดเม็ดสกรีนบวมลดน้อยลง และ ยังช่วยให้พื้นที่ภาพพิมพ์เรียบสม่ำเสมอ

ในทางปฏิบัติชนิดของรองหนุนเป็นตัวกำหนดคุณภาพงานพิมพ์ที่ได้ อีกทั้งยังมีผลต่อลักษณะงานที่จะพิมพ์อีกด้วย เช่น วัสดุรองหนุนแบบโฟม จะช่วยถ่ายโอนน้ำหนักสีได้ดีใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับซึ่งเหมาะสมกับภาพฮาล์ฟโทน วัสดุรองหนุนแบบฟิล์ม มีความแข็งแรงสูงช่วยการถ่ายโอนพื้นตายได้ดีซึ่งเหมาะกับงานพิมพ์พื้นตายและตัวอักษรต่าง ๆ เป็นต้น รองหนุนที่มีความหยุ่นตัวสูง (compressible) จะช่วยรองรับแรงกดพิมพ์ได้ดีอีกทั้งยังช่วยกระจายแรงกดพิมพ์ทำให้การถ่ายโอนน้ำหนักสีของแม่พิมพ์ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ



รูปที่ 2-22 เปรียบเทียบคุณภาพงานพิมพ์ที่ได้จากรองหนุนที่มีสมบัติแข็ง (ซ้าย) และอ่อน (ขวา)

จากรูปที่ 2-22 วัสดุรองหนุนแบบแข็ง ปานกลาง และ อ่อน เรียงตามซ้ายไปขวาตามลำดับ ซึ่งด้านบนคือรูปร่างของเม็ดสกรีน และ ด้านล่างคือ บริเวณภาพพิมพ์พื้นทึบ รองหนุนที่มีความแข็งน้อยนั้นจะให้รูปร่างของเม็ดสกรีนกลมและตรงกับรูปร่างเม็ดสกรีนแม่พิมพ์ แต่ค่าความดำพื้นทึบ

ให้ความหนาแน่นของสีน้อยกว่า เมื่อเทียบกับวัสดุรองหนุนที่มีความแข็งมากกว่ารูปร่างเม็ดสกรีนจะไม่เหมือนตามลักษณะสกรีนของแม่พิมพ์เท่าใดนัก แต่ให้ค่าความดำพื้นทึบมากกว่า

2.1.4 คุณภาพงานพิมพ์ (print quality)

2.1.4.1 ค่าความดำ (ink density)

ค่าความดำของหมึกพิมพ์ เป็นผลมาจากปรากฏการณ์เชิงคลื่นแสงคือ การสะท้อน การดูดกลืนและการหักเหของแสง ซึ่งค่าดังกล่าวจะมีผลต่อการพิมพ์ **(11)**

การวัดค่าความดำคือ การวัดปริมาณของแสงที่สะท้อนจากงานพิมพ์ แล้วเปลี่ยนเป็นค่าความดำ (density) ซึ่งปริมาณแสงที่สะท้อนดังกล่าวจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการดูดกลืนแสงของชั้นหมึกพิมพ์ ถ้าปริมาณแสงสะท้อนน้อยจะวัดได้ค่าความดำมาก (11) จากสูตร 2.1

$$\text{ค่าความดำ} = \log_{10}(1/R) \quad \text{.....2.1}$$

R = ค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) จากภาพพิมพ์ส่องผ่านฟิลเตอร์

หาพิสัยค่าความดำ (density range : delta D) เป็นค่าความแตกต่างของค่าความดำ ยิ่งมีค่ามากแสดงว่ามีขอบเขตการผลิตน้ำหนักสีครอบคลุมค่าความดำได้มากหรือมีขอบเขตค่าความดำมาก จากสูตร 2.2

$$\text{delta D} = d_{max} - d_{min} \quad \text{.....2.2}$$

d_{max} = ค่าความดำสูงสุด

d_{min} = ค่าความดำต่ำสุด

2.1.4.2 ค่าเม็ดสกรีนบวม (dot gain)

ค่าเม็ดสกรีนบวมเป็นผลต่างระหว่างพื้นที่สกรีน (dot area) จากไฟล์ต้นฉบับกับพื้นที่สกรีนของงานพิมพ์ที่ได้ โดยทั่วไปมักจะวัดกันที่พื้นที่สกรีน 50% ตัวอย่างเช่นถ้าบนไฟล์ต้นฉบับวัดพื้นที่สกรีนได้ 50% เมื่อพิมพ์จริงแล้ววัดพื้นที่สกรีนบริเวณเดียวกันได้ 70% เพราะฉะนั้นค่าเม็ดสกรีนบวมเท่ากับ 70-50=20% **(11)**

2.1.4.3 การผลิตน้ำหนักสี (tone reproduction)

การผลิตน้ำหนักสีทางการพิมพ์ที่ดีสามารถถ่ายทอดการผลิตน้ำหนักสีของต้นฉบับได้อย่างครบถ้วน ซึ่งการการผลิตน้ำหนักสีทางการพิมพ์จะไม่สามารถถ่ายทอดบริเวณพื้นขาว (highlight) และพื้นดำ (shadow)ได้ ส่วนใหญ่สามารถยอมรับได้ที่ 5-95% เนื่องจากความผิดพลาดทางการพิมพ์ เช่น ค่าเม็ดสกรีนบวม เป็นต้น **(11)**

2.1.4.4 ลักษณะความสม่ำเสมอของพื้นตาย (print uniformity)

ความสม่ำเสมอที่ดีแสดงถึงคุณภาพงานพิมพ์พื้นทึบและพื้นที่การผลิตน้ำหนักสีที่มีค่าเดียวกันขนาดใหญ่ ซึ่งตำแหน่งบนพื้นที่พิมพ์ค่าความดำไม่เท่ากัน รวมถึง วัสดุพิมพ์และการปรับตั้งที่แตกต่าง ดังนั้นลักษณะความสม่ำเสมอของพื้นตาย สามารถพิจารณาคุณภาพการพิมพ์ของวัสดุและการปรับตั้งทางการพิมพ์ได้

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Weber **(1)** ได้ทำการทดลองศึกษาเปรียบเทียบถึงเทคนิคการสร้างแม่พิมพ์คอนเวนชั่นแนล, ระบบดิจิทัล และ ระบบการกัดแม่พิมพ์โดยตรง ซึ่งการพิจารณาคุณภาพนั้นสามารถพิจารณาได้จากโครงสร้างแม่พิมพ์จากการสร้างภาพบนแม่พิมพ์ด้วยระบบต่าง ๆ และพิจารณาคุณภาพการพิมพ์จากวัสดุพิมพ์ ทั้งความละเอียดของสกรีนและค่าการผลิตน้ำหนักสี จุดประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อนำผลการทดลองที่ได้จากการเปรียบเทียบกระบวนการสร้างภาพระบบต่าง ๆ ที่ดีที่สุด จนได้กระบวนการที่เหมาะสมต่อการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี แต่ละการทดลองนั้นได้มีการแยกการทดลองย่อยซึ่งแต่ละระบบมีการทดลองไม่เท่ากัน เนื่องจากระบบที่มีใช้ทางธุรกิจนั้นมีไม่เท่ากัน แม่พิมพ์ที่ใช้ ชั้นพอลิเมอร์มีคุณสมบัติเดียวกัน ซึ่งหากมีความแตกต่างทางวิธีการมากก็จะใช้ลักษณะที่ใกล้เคียงกันให้มากที่สุดเพื่อลดความแตกต่างของค่าการทดลอง การตั้งเครื่องล้างรวมถึงเครื่องพิมพ์นั้นจะใช้แบบเดียวกันและ ระบบสกรีนที่ใช้เป็น สกรีนเอ็ฟเอ็ม ที่เป็นแบบเดียวกัน

ผลที่ได้พบว่าค่าของระบบดิจิทัลกับการกัดแม่พิมพ์โดยตรงนั้นมีลักษณะที่ให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน มีความแตกต่างไม่มากซึ่งสอดคล้องกับลักษณะเม็ดสกรีนที่สร้างภาพบนแม่พิมพ์ อีกทั้งลักษณะของบ่ามุมมีความใกล้เคียงกัน ต่างแต่พื้นผิวของแม่พิมพ์เท่านั้นซึ่งไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพการพิมพ์แต่อย่างใด แม่พิมพ์คอนเวนชั่นแนลที่มีการปรับค่าเพื่อให้เหมาะสมกับการพิมพ์แล้วนั้น เมื่อทำการพิมพ์ ค่าที่ได้จากการผลิตน้ำหนักสีมีลักษณะที่ให้ค่าที่ต่ำกว่าทั้งระบบดิจิทัลกับ

การกัดแม่พิมพ์ และ ลักษณะของเม็ดสกรีนบนแม่พิมพ์มีบ่ามุมที่แบนราบมากกว่า (ค่าการบวมของเม็ดสกรีนบนแม่พิมพ์) จึงทำให้ค่าการผลิตน้ำหนักสีมีค่าที่มากกว่า (เม็ดสกรีนบวม) และ ภาพที่ได้มีความคมชัดน้อยกว่า

Meyer **(12)** ได้ทำการทดลองศึกษาเปรียบเทียบถึงเทคนิคการสร้างแม่พิมพ์จากฟิล์มสู่แม่พิมพ์ ซึ่งการพิจารณาคุณภาพนั้นสามารถพิจารณาได้จาก รูปร่างเม็ดสกรีนบนฟิล์ม รูปร่างเม็ดสกรีนบนแม่พิมพ์ เปอร์เซ็นต์การถ่ายโอน และ ค่าการผลิตน้ำหนักสี จุดประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อทำการประเมินค่าวัสดุฟิล์ม รูปร่างเม็ดสกรีน วัสดุแม่พิมพ์ และ หน่วยฉายแสง แบบทดสอบใช้ความละเอียดที่ 48 L/cm. (122 lpi) ประกอบด้วยแถบควบคุม ชาโดว์ ไฮไลท์ และ ภาพฮาล์ฟโทน กระบวนการทำฟิล์มแบ่งออกเป็น 2 ชนิด 1.Direct negative 2.Contract negative แต่ละแบบนั้นแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ฟิล์มสำหรับกล้องรีโปร และ ฟิล์มสำหรับเครื่องอัดสัมผัส แบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้

1. Direct negative : ฟิล์มสำหรับกล้องรีโปร (A) และ ฟิล์มทั่วไป (D)

2. Contract negative : ฟิล์มสำหรับเครื่องอัดสัมผัส (B) และ ฟิล์มทั่วไป (C)

โดยฟิล์มกลุ่ม A B และ C ใช้ในการทดสอบการถ่ายโอนน้ำหนักสีเพียงอย่างเดียว ส่วนกลุ่ม D มีปัจจัยในการควบคุมความแตกต่างของหน่วยฉายแสง (ซึ่งทั้ง A B C D นำมาพิจารณาด้วยกัน ซึ่งกลุ่ม D นั้นนำในส่วนที่เหมือนกันมาพิจารณา) การวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของค่าการฉายแสงนั้น กลุ่ม A B จะมีค่าความเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า กลุ่ม C D ส่วนของมิดโทนและชาโดว์นั้นจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงวัสดุ และ พื้นผิวของแม่พิมพ์จะสัมพันธ์กับการล้าง ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิและระดับของแสงส่งผลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักสี ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญ

Skidmore **(2)** ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลของการผลิตน้ำหนักสีของการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีโดยการใช้วัสดุรองหนุน ซึ่งการวิเคราะห์ปัญหานั้นได้มุ่งเน้นถึงปัญหาการผลิตน้ำหนักสีบริเวณพื้นทึบโดยเกิดปัญหารายละเอียดขาดหาย เม็ดสกรีนบวม และการถ่ายโอนหมึกน้อยลง เมื่อทำการรองแม่พิมพ์สามารถช่วยปรับปรุงปัญหาดังกล่าวในส่วนพื้นทึบ ซึ่งในการทดลองนี้ใช้วัสดุรองหนุนเทปโลหะ ซึ่งผลที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับแม่พิมพ์ที่ไม่ได้รองหนุนด้วยเทปโลหะ จะได้เม็ดสกรีนบวมน้อยกว่าและปรับปรุงการผลิตน้ำหนักสีได้ดีขึ้น

Stanton และ Warner **(3)** ได้ทำการวิจัยลักษณะการผลิตน้ำหนักสีของภาพที่ใช้สกรีนฝุ่น โดยทำการทดลองบนแบบทดสอบ GATF 12.5x19 นิ้ว เพื่อเปรียบเทียบผลจากเม็ดสกรีนคอนเวนชั่นแนลและสกรีนฝุ่นภายใต้การพิมพ์ปกติ ซึ่งการทดลองพิมพ์จะพิมพ์บนคอนเวนชั่นแนลและดรายออฟเซต เพื่อหาข้อจำกัดของงานพิมพ์และวัสดุที่ใช้

จากการทดลองพบว่าการเปรียบเทียบเม็ดสกรีนทั้ง 2 แบบให้คุณภาพที่ดีใกล้เคียงกัน โดยสกรีนฝุ่นให้รายละเอียดของภาพดีกว่า เม็ดสกรีนบวมสูงกว่า พริ้นคอนทราสมีค่าต่ำ (5%) อัตราสมดุลเท่านั้นที่มีค่าเท่ากันทั้ง 2 แบบ แต่ค่าความดำพื้นทึบ สกรีนฝุ่น (330%) น้อยกว่า สกรีนคอนเวนชั่นแนล (360%) ซึ่งข้อสรุปที่ได้นั้น ความแตกต่างทั้ง 2 แบบมีความใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างที่เด่นชัดแน่นอน

Stanton **(25)** ได้วิจัยสร้างแบบทดสอบดิจิทัล GATF เพื่อทำการวัดค่าควบคุม และวินิจฉัย สื่อสิ่งพิมพ์จาก อิมเมจเซตเตอร์ ดิจิทัลปรูฟ และอุปกรณ์การพิมพ์อื่น ๆ ซึ่งแบบทดสอบนี้มีองค์ประกอบได้แก่ กล่องหัวข้อ แถบค่าความดำสูงสุด กล่องข้อมูล มาตราส่วนน้ำหนักสี เส้นการปรับรีจีสเตอร์ต่อเนื่อง แถบควบคุมสี ความละเอียดตัวอักษร พื้นที่สีมาตรฐาน หน่วยภาพ แผ่นสมดุลเทา หน่วยการกระจาย และ หน่วยเทียบปรูฟดิจิทัล GCA/GATF