รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเปรียบเทียบและชดเชยสีที่แตกต่างกันระหว่างรูปแบบไฟล์. PSD และ. AI ในการพิมพ์ระบบดิจิตอล

COMPARISON OF COLOR DIFFERENT BETWEEN PSD AND AI FILE FORMAT IN DIGITALPRINTING

นายสิทธิชัย โชติตระกูล

คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ประจำปี 2564

หัวข้อวิจัย การเปรียบเทียบและชดเชยสีที่แตกต่างกันระหว่างรูปแบบไฟล์. PSD และ .AI ในการพิมพ์ระบบดิจิตอล

โดย นายสิทธิชัย โชติตระกูล
นักวิชาการศึกษา คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานที่รวดเร็ว ประหยัดต้นทุนในการผลิต รวมไปถึงการควบคุมคุณภาพงานพิมพ์ ความรู้ความเข้าใจในการส่งสาร ระหว่างผู้ขอรับบริการ และผู้ให้บริการ ทราบถึงความเปรียบต่างสีจากเครื่องพิมพ์ผลออก จากเครื่องพิมพ์ระบบดิจิตอล ยี่ห้อ Fuji รุ่น 700 และ รุ่น v80

ผู้ศึกษาได้หาข้อมูลและทดสอบคุณภาพงานพิมพ์ จากค่าความดำพื้นทึบและค่าความเปรียบต่างสี จากนั้นทำการออกแบบ แบบทดสอบคุณภาพด้วยโปรแกรมประยุกต์ และ พิมพ์ทดสอบด้วยกระดาษพิมพ์ทดสอบเป็น กระดาษเคลือบผิว 210 g/m2 โดยพิมพ์ 5 แผ่นต่อ 1 เครื่องพิมพ์ ตรวจสอบคุณภาพสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer บันทึกผลด้วยค่า L*a*b* และค่า Density จากนั้น วิเคราะห์ผล และ สรุปผลด้วยค่า Delta E โดยกำหนดให้ค่าไม่เกิน 2.0

ผลการศึกษาพบว่าไฟล์ต้นฉบับที่สร้างด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator สามารถให้ค่าเฉดสีได้ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานมากที่สุด โดยมีค่า Delta E เฉลี่ยอยู่ที่ 18.76 สำหรับสี ทดสอบ Y และ 6.38 สำหรับสีทดสอบที่ B อัตราเฉลี่ยรวมค่าการผิดเพี้ยนของไฟล์ อยู่ที่ 12.57 ทั้งนี้อัตราเฉลี่ยรวมค่าการผิดเพี้ยนของไฟล์ต้นฉบับที่สร้างด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop อยู่ที่ 14.32 และ ในการพิมพ์ทดสอบเครื่องพิมพ์ Fuji Digital 80 สามารถให้ค่าเฉดสีได้ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานมากที่สุด โดยมีค่า Delta E เฉลี่ยอยู่ที่ 3.14 สำหรับสีทดสอบ Y และ 4.19 สำหรับสีทดสอบ B อัตราเฉลี่ยรวมค่าการผิดเพี้ยนของเครื่อง อยู่ที่ 3.66 และผลค่าการปรับเทียบเฉดสีของสีทดสอบ Y มีค่าการลดหลั่น ดังนี้ L* -0.16 a* -0.05 b* -1.78 สีทดสอบ B มีค่าดารลดหลั่น ดังนี้ L* -0.79 a* 0.24 b* -1.20 โดยมีค่า Delta E เฉลี่ยเฉดสีทดสอบ Y มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.75 เฉดสีทดสอบ B มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.79

Title : COMPARISON OF COLOR DIFFERENT BETWEEN PSD AND AI FILE FORMAT IN DIGITALPRINTING

Authors : Mr.Sitthichai Chottakun

Educator Faculty of Mass Communication Technology Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Abstract

The objectives of this study are to learn how to improve quality and productivity of printing, save the production costs and control the quality of printing. In addition, this study provides better understanding of the communication between customers and service providers, as well as to identify the color contrast from output printers of the Fuji digital printers--model 700 and v80.

In this study, Density and Delta E were recorded and used for examining the printing quality. The application software was used to design the quality test. Coated paper 210 g/m2 was used as test paper. It was printed out 5 sheets per a printer. A spectrophotometer was used to measure the quality of print color. L*a*b and Density were recorded as the results. After analyzing the results, acceptable Delta E should not be more than 2.0.

The study found that the original file, which was created by using Adobe Illustrator software could provide the closest color shades to the standard color values. The average delta E was 18.76 and 6.38 for the test color Y and B, respectively. The average file distortion value was 12.57. On the other hand, the average file distortation value of the original file that was created by using Adobe Photoshop software was 14.32. In addition, Fuji digital printers--model v80

could produce the closest color shades to the standard color values. The average Delta E were 3.14 and 4.19 for the test color Y and B, respectively. The average machine error was 3.66. The result of color calibation of the test colors Y and B are as follows: L*-0.16 a*-0.05 b*-1.78 and L*-0.79 a*0.24 b*-1.20. The average delta E of the test color Y and B were 1.75 and 1.79, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จะไม่สามารถประสบผลสำเร็จ หากไม่ได้รับความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์ประภา พ่วงสุวรรณ รวมถึงบุคลากรสายวิชาการ และ บุคลากรสายสนับสนุน คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีแห่งนี้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ และสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดี ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าของเอกสาร บทความ ตำรา หนังสือทุกท่านที่ผู้วิจัยใช้ศึกษาในการสืบค้นข้อมูลที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ หากมีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยเป็นอย่างสูงในข้อบกพร่องและความผิดพลาดนั้น พร้อมทั้งยินดีรับฟังและนำไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ท้ายนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมี ที่มีต่องานวิจัยอย่างยิ่งโดยเฉพาะกรณีของผู้วิจัย ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย ขอขอบคุณกองบริหารงานบุคคล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่มอบโอกาสให้เผยแพร่งานวิจัย ผ่านทางเว็บไซต์ www.research.rmutt.ac.th ขอขอบคุณศูนย์วิจัยสี คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน ที่ให้การสนับสนุนและเปิดโอกาสให้ได้นำเสนอผลงาน ในงาน ACA Color Association Conference 11-14 December 2013 ผู้วิจัยขอขอบคุณ ณ โอกาสนี้

สิทธิชัย โชติตระกูล

กรกฎาคม 2561

สารบัญ

เรื่อง		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ง
สารบัญ		จ
สารบัญตาราง		ช
สารบัญภาพ		ญ
บทที่ 1 บทนำ		**2**
1.1	หลักการ และ เหตุผล	2
1.2	วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4	ขอบเขตการศึกษา	3
1.5	คำนิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 เอกสาร และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		**5**
2.1	สี	5
2.2	การมองเห็นสี	6
2.3	ทฤษฎีการผสมสี	11
2.4	หลักการใช้สีในการออกแบบ	12
2.5	ค่าความแตกต่างสีรวมของซีไออี	18
2.6	หลักการพิมพ์ระบบพ่นหมึก	20
2.7	กระดาษ	42
2.8	ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	69

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง		หน้า
บทที่ 3 วิธีการศึกษา		**70**
	3.1 วัสดุ/อุปกรณ์	70
	3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	70
	3.3 ผังการดำเนินงาน	71
บทที่ 4 ผลการศึกษา		**84**
	4.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบ	84
	4.2 ผลการศึกษาขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ โปรแกรม และ เครื่องพิมพ์ที่ให้คุณภาพงานพิมพ์สูงที่สุด	90
	4.3 ผลการศึกษาขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบควบคุมค่า Delta E	99
	4.4 ผลการศึกษาขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบซ้ำ	105
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย		**106**
	5.1 สรุปผล	106
	5.1 ข้อเสนอแนะ	107
เอกสารอ้างอิง		**108**
ภาคผนวก		**111**
ประวัติผู้จัดทำ		

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 2.1	ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยที่มีอยู่ใน โครงสร้างเส้นใยอย่างคร่าว ๆ	45
ตารางที่ 2.2	คุณสมบัติของสารสีย้อมชนิดต่างๆ	47
ตารางที่ 4.1	ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับ ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V80	84
ตารางที่ 4.2	ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับ ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V*80*	85
ตารางที่ 4.3	ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับ ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V700	85
ตารางที่ 4.4	ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับ ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V700	85
ตารางที่ 4.5	ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับ ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V80	86

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 4.6	ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80	86
ตารางที่ 4.7	ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700	86
ตารางที่ 4.8	ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700	87
ตารางที่ 4.9	ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80	87
ตารางที่ 4.10	ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80	87
ตารางที่ 4.11	ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 4.12	ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700	88
ตารางที่ 4.13	ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80	88
ตารางที่ 4.14	ตารางแสดงค่าสี L*a*b* B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80	89
ตารางที่ 4.15	ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700	89
ตารางที่ 4.16	ตารางแสดงค่าสี L*a*b* B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700	89
ตารางที่ 4.17	ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80	90
ตารางที่ 4.18	ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 4.19	ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80	91
ตารางที่ 4.20	ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700	92
ตารางที่ 4.21	ตารางสรุปค่าความดำพื้นทึบ ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80	92
ตารางที่ 4.22	ตารางสรุปค่าความดำพื้นทึบ ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700	93
ตารางที่ 4.23	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80	93
ตารางที่ 4.24	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80	94

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 4.25	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700	94
ตารางที่ 4.26	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700	95
ตารางที่ 4.27	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80	95
ตารางที่ 4.28	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80	95
ตารางที่ 4.29	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700	96
ตารางที่ 4.30	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700	96

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 4.31	ตารางสรุปค่าความเปรียบต่างสี ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจาก โปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V80	97
ตารางที่ 4.32	ตารางสรุปค่าความดำพื้นทึบ ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V700	97
ตารางที่ 4.33	ตารางสรุปค่าความดำพื้นทึบ ระหว่างเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 และ เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700 ด้วยไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator	98
ตารางที่ 4.34	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี ระหว่างเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 และ เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700 ด้วยไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator	98
ตารางที่ 4.35	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 1	100
ตารางที่ 4.36	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 2	100
ตารางที่ 4.37	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 3	101
ตารางที่ 4.38	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 4	101
ตารางที่ 4.39	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 5	102
ตารางที่ 4.40	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 1	102

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 4.41	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 2	103
ตารางที่ 4.42	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 3	103
ตารางที่ 4.43	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 4	104
ตารางที่ 4.44	ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 5	104
ตารางที่ 4.45	ตารางสรุปค่า Delta E และ Density สีทดสอบ Y ในการพิมพ์ทดสอบซ้ำ	105
ตารางที่ 4.46	ตารางสรุปค่า Delta E และ Density สีทดสอบ B ในการพิมพ์ทดสอบซ้ำ	105

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ 2.1	ภาพจำลองแสดงการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์พ่นหมึก และตัวอย่างภาพถ่ายของหยดหมึกที่พ่นออกจากหัวพิมพ์	20
ภาพที่ 2.2	ส่วนประกอบที่สำคัญในระบบการพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่อง	22
ภาพที่ 2.3	การสร้างหยดหมึกให้ออกจากท่อพ่นหมึกในการพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่อง	23
ภาพที่ 2.4	การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องที่ใช้ระบบควบคุมหยดหมึกแบบไบนารี	24
ภาพที่ 2.5	การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องที่ใช้ระบบควบคุมหยดหมึกแบบมัลติเพิล	25
ภาพที่ 2.6	การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องแบบเฮิรตซ์	26
ภาพที่ 2.7	การสร้างประจุไฟฟ้าตรงขั้วไฟฟ้าให้แก่หยดหมึก	27
ภาพที่ 2.8	ลักษณะท่อพ่นหมึกสำหรับการพิมพ์พ่นหมึกแบบเฉพาะจุดที่ต้องการ	28
ภาพที่ 2.9	ขั้นตอนการสร้างหยดหมึกด้วยวิธีทางความร้อน	29
ภาพที่ 2.10	ส่วนประกอบในท่อพ่นหมึกที่มีการสร้างหยดหมึกด้วยวิธีไพโซอิเล็กทริก	29
ภาพที่ 2.11	เครื่องพิมพ์สำหรับพิมพ์บนบรรจุภัณฑ์	30
ภาพที่ 2.12	ตัวอย่างเครื่องพิมพ์พ่นหมึกสำหรับสำนักงาน	31
ภาพที่ 2.13	เครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ใช้งานพิมพ์ปรู๊ฟขนาดใหญ่	32
ภาพที่ 2.14	เครื่องพิมพ์พ่นหมึกขนาดเล็กที่ใช้พิมพ์แผ่นปรู๊ฟ	32
ภาพที่ 2.15	เครื่องพิมพ์พ่นหมึกสำหรับป้ายโฆษณาขนาดใหญ่	33

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ 2.16	การสร้างภาพแบบหัวพิมพ์เคลื่อนที่ ขณะที่วัสดุพิมพ์อยู่กับที่	34
ภาพที่ 2.17	โครงสร้างเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่วัสดุใช้พิมพ์เคลื่อนที่แต่หัวพิมพ์อยู่กับที่	35
ภาพที่ 2.18	ลักษณะเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่มีการเคลื่อนที่ทั้งวัสดุและหัวพิมพ์	35
ภาพที่ 2.19	การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ	36
ภาพที่ 2.20	เปรียบเทียบ (ก) หมึกพิมพ์ชนิดสีย้อมและ (ข) หมึกพิมพ์ชนิดผงสี เมื่อพิมพ์ลงกระดาษ	37
ภาพที่ 2.21	ภาพแสดงรูปร่างของเซลล์ชนิดต่างๆ ในไม้เนื้ออ่อน และไม้เนื้อแข็ง	43
ภาพที่ 2.22	ภาพแสดงตัวอย่างโครงสร้างของเส้นใยจากไม้สน	44
ภาพที่ 2.23	เครื่องมือที่ใช้วัดน้ำหนักมาตรฐาน	51
ภาพที่ 2.24	ภาพแสดงแนวเกรนในกระดาษม้วน	53
ภาพที่ 2.25	การตรวจสอบทิศทางของเส้นใยโดยดูการโค้งงอของกระดาษ	53
ภาพที่ 2.26	การตรวจสอบทิศทางของเส้นใยโดยการฉีกกระดาษ	54
ภาพที่ 2.27	การตรวจสอบทิศทางของเส้นใยโดยการพับกระดาษ	54
ภาพที่ 2.28	การตรวจสอบทิศทางของเส้นใยโดยดูความทรงรูป	55
ภาพที่ 2.29	ความแตกต่างของผิวกระดาษทั้ง 2 ด้าน ในด้านการจัดเรียงตัวของเส้นใย	55
ภาพที่ 2.30	รอยตะแกรงของผิวกระดาษ	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ 2.31	การฉีกกระดาษเพื่อตรวจสอบด้านของกระดาษ	56
ภาพที่ 2.32	ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของกระดาษ	58
ภาพที่ 2.33	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงและความยืดของกระดาษ A และ B	59
ภาพที่ 2.34	การเปรียบเทียบเส้นโค้ง แรงดึงและความยืดของกระดาษ A = กระดาษทำถุงหลายชั้น B = กระดาษยืดพิเศษ C = กระดาษย่น	61
ภาพที่ 2.35	รอยแตกของชิ้นทดสอบในการทดสอบความต้านแรงดันทะลุ	62
ภาพที่ 2.36	เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุแบบอัตโนมัติ	62
ภาพที่ 2.37	เครื่องทดสอบความต้านแรงฉีกขาด	63
ภาพที่ 2.38	การเกิดปรากฏการณ์ 4 อย่าง เมื่อแสงกระทบผิวกระดาษ	64
ภาพที่ 2.39	การหักเหและการสะท้อนกันของแสง	65
ภาพที่ 2.40	การวัดความมันวาวเชิงมุม 75 องศา	67
ภาพที่ 2.41	แสดงการสะท้อนแสงที่ช่วงคลื่นต่างๆ ของเยื่อย้อมสี A = เยื่อฟอกขาว B = เยื่อย้อมสีแดง C = เยื่อย้อมสีน้ำเงิน D = เยื่อย้อมสีเหลือง	68
ภาพที่ 2.42	แสดงการสะท้อนแสงของเยื่อและกระดาษเมื่อเติมสารฟอกนวล A = กระดาษที่ใส่สารฟอกนวล B = เยื่อที่ได้จากฝ้าย C = เยื่อฟอกขาว	68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 3.1	แบบทดสอบสำหรับงานวิจัย ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CS6	72
ภาพที่ 3.2	แบบทดสอบสำหรับงานวิจัย ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator CS6	73
ภาพที่ 3.3	การบันทึกไฟล์ต้นแบบ	74
ภาพที่ 3.4	แผ่นพิมพ์ทดสอบด้วยเครื่อง Fuji Digital 700 สี Y	75
ภาพที่ 3.5	แผ่นพิมพ์ทดสอบด้วยเครื่อง Fuji Digital 700 สี B	75
ภาพที่ 3.6	แผ่นพิมพ์ทดสอบด้วยเครื่อง Fuji Digital 80 สี Y	76
ภาพที่ 3.7	แผ่นพิมพ์ทดสอบด้วยเครื่อง Fuji Digital 80 สี B	76
ภาพที่ 3.8	ขั้นตอนการเปรียบเทียบเพื่อหาโปรแกรมประยุกต์ที่เหมาะสม ระหว่างโปรแกรม Adobe Photoshop CS6 และ โปรแกรม Adobe Illustrator CS6	77
ภาพที่ 3.9	ขั้นตอนการเปรียบเทียบเพื่อหาเครื่องพิมพ์ที่เหมาะสม ระหว่างเครื่องพิมพ์ Fuji Digital 700 และ เครื่อง Fuji Digital 80	78

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

สิ่งพิมพ์ถือได้ว่าเป็นสิ่งที่ความสำคัญยิ่งควบคู่มากับการพัฒนาการของมนุษยชาติ และ จัดเป็นสื่อมวลชนประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญมาตลอดนับแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ในการถ่ายทอดความรู้วิชาการ และ เพื่อการติดต่อสื่อสารสำหรับมนุษยชาติ “สิ่งพิมพ์” นับเป็นวัสดุที่แสดงถึงพัฒนาการความเจริญก้าวหน้าทางด้านสติปัญญา ของมนุษย์ ความคิด จินตนาการ เจตคติ ความฝัน ชีวิต วัฒนธรรม สังคม เหตุการณ์ เรื่องราวต่าง ๆ ของมนุษย์แต่ละยุคสมัย สามารถเก็บรักษาสืบทอดจากชนรุ่นหนึ่งไปสู่ชนรุ่นหลัง ความคิดในเรื่องการพิมพ์นี้นอกเหนือจาก เพื่อเป็นเครื่องมือในการบันทึกความคิด จินตนาการ ความรู้ และ เหตุการณ์ต่าง ๆ แล้วยังเป็นเครื่องแสดงให้เห็นว่าชนชาติต่าง ๆ ในโลกนี้ล้วนมีความพยายามที่จะพัฒนาความคิดของตนให้เจริญก้าวหน้าทันสมัยอย่างต่อเนื่อง ความคิดในเรื่องการพิมพ์ที่มีจุดประสงค์เริ่มแรกก็คงเพื่อให้มีการแพร่หลายเรื่องความคิด ความรู้ ไปสู่ชนรุ่นหลัง และ เพื่อให้มีหลายๆ สำเนาจะได้เก็บรักษาให้คงอยู่ได้นานปีนั้น ในยุคปัจจุบันชนรุ่นหลังได้สานต่อความคิดเรื่องการพิมพ์จนกระทั่งกลายเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัย และ ซับซ้อน สามารถผลิตสิ่งพิมพ์ได้หลากหลายชนิดตอบสนองวัตถุประสงค์ของมนุษยชาติได้กว้างขวางนอกเหนือจากสื่อสิ่งพิมพ์จะเป็นสื่อมวลชนที่มีความเกี่ยวกันกับมนุษยชาติมานานนับพันปี และ มีความเก่าแก่กว่าสื่อมวลชนประเภทอื่นไม่ว่าจะเป็น วิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ หรืออินเตอร์เน็ต ซึ่งเป็นสื่อประเภทหนึ่งที่มีการใช้แพร่หลายไปทั่วโลกเช่นในปัจจุบันก็ตาม แต่สื่อสิ่งพิมพ์ก็ยังเป็นสื่อที่มีการใช้อย่างแพร่หลายเป็นที่นิยมของทุกชนชาติมิได้ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน ไม่ว่าจะเป็นสื่อสิ่งพิมพ์ประเภทใดก็ตาม เช่น หนังสือพิมพ์รายวัน นิตยสาร วารสาร หรือสิ่งพิมพ์ประเภทต่างๆ สาเหตุสำคัญที่ทำให้สื่อสิ่งพิมพ์ยังเป็นที่นิยมแพร่หลายมาโดยตลอด ก็เพราะบุคคลสามารถเลือกอ่านได้ตามความเหมาะสม อีกทั้งยังใช้เป็นเอกสารอ้างอิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ความเป็นมาของสื่อ [ออนไลน์], กันยายน, 2557 พจนี พลสิทธิ์ 2536 : 3)

เห็นได้ว่า สื่อสิ่งพิมพ์ยังคงมีความจำเป็นอย่างมากในการที่จะส่งสารให้แก่บุคคลอื่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ก็เป็นอีกหนึ่งสถานศึกษาที่ใช้ประโยชน์จากสื่อสิ่งพิมพ์จนเกิดประโยชน์สูงสุด อาทิเช่น การส่งผ่านความรู้ด้วยหนังสือที่มีความหลากหลายทั้งเนื้อหา และ มากด้วยคุณประโยชน์ การประชาสัมพันธ์ข่าวสารภายใน และ ภายนอกด้วยสื่อประเภทใบปลิว แผ่นพับ โปสเตอร์ ไวนิลขนาดใหญ่ อีกทั้งยังผลิตสื่อที่มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของมหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีอีกด้วย ฯลฯ ในการนี้ทางคณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน ก็ได้มีส่วนร่วมในการผลิตสื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ ให้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน

จากข้อมูลข้างต้นคณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชนได้ผลิตสื่อสิ่งพิมพ์ให้แก่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และ องค์กรภายนอกมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้วิจัยทราบถึงปัญหาที่เกินขึ้นในกระบวนการผลิตสื่อสิ่งพิมพ์จากเครื่องพิมพ์ระบบดิจิทัล ซึ่งเป็นระบบที่นิยม และ มียอดการขอรับบริการสูงที่สุด ปัญหาที่ผู้วิจัยหยิบยกมานั้นคือ คุณภาพของสื่อสิ่งพิมพ์ และ การสื่อสารด้านข้อมูลเชิงเทคนิคกับผู้ขอรับบริการจากทางคณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน เป็นเหตุให้ผู้วิจัยได้จัดทำโครงการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบและชดเชยสีที่แตกต่างกันระหว่างรูปแบบไฟล์ .PSD และ .AI เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานที่รวดเร็ว และ ประหยัดค่าใช้จ่าย รวมไปถึงความรู้ความเข้าใจในการส่งสารระหว่าง ผู้ขอรับบริการ และ ผู้ให้บริการอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อเป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจเลือกใช้งานเครื่องพิมพ์ดิจิทัลภายในห้องปฏิบัติการดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน

1.2.2 เพื่อเสนอแนวทางในการควบคุมคุณภาพงานพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ระบบดิจิทัลในห้องปฏิบัติการดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน

1.2.3 เพื่อเป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจเลือกใช้โปรแกรมประยุกต์ให้เหมาะสมกับประเภทของงานพิมพ์ดิจิทัลภายในห้องปฏิบัติการดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน

1.2.4 เพื่อเป็นแนวทางลดของเสียที่เกิดจากการผลิตที่ผิดพลาดไม่ตรงตามมาตรฐาน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ลดระยะเวลาในการปฏิบัติงานของเครื่องพิมพ์ดิจิทัล ภายในห้องปฏิบัติการดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน โดยไม่เสียคุณภาพงานพิมพ์

1.3.2 สามารถเลือกใช้โปรแกรมประยุกต์ และ เครื่องพิมพ์ ที่เหมาะสมกับงานพิมพ์ดิจิทัลภายในห้องปฏิบัติการดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน

1.3.3 เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจหรือปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับเครื่องพิมพ์ดิจิทัลภายในห้องปฏิบัติการดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน

1.4 ขอบเขตการศึกษา

โครงการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบและชดเชยสีที่แตกต่างกันระหว่างรูปแบบไฟล์. PSD และ. AI ในการพิมพ์ระบบดิจิตอล ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1.4.1 ใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CS6 และ Adobe Illustrator CS6 ในขั้นตอนการออกแบบ test from โดยใช้ Profile Color เป็นแบบ Default คือ Japan Color 2001 Coated ใช้โหมดสีเป็น CMYK และ ใช้การบันทึกในรูปแบบ .PDF ในโหมด Press Quality รูปแบบมาตรฐาน PDF/X-4:2010 สำหรับโหมดการทำงานร่วมกับ Acrobat 7 (PDF 1.6) การบีบอัดสีในรูปแบบ Color Bitmap 300 ppi, Grayscale Bitmap 300 ppi และ Monochrome Bitmap 1200 ppi

1.4.2 พิมพ์ทดสอบในระบบ Digital Printing ด้วยเครื่อง Fuji Digital press 700 และเครื่อง Fuji Digital press 80 ในห้องปฏิบัติการดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน โดยใช้การอ่านค่า Profile Color เป็นแบบ Default ของเครื่องพิมพ์

1.4.3 พิมพ์ทดสอบด้วยกระดาษพิมพ์ทดสอบเป็น กระดาษเคลือบผิว 210 g/m^2

1.4.4 พิมพ์แผ่นทดสอบจำนวน 5 แผ่นต่อ 1 เครื่องพิมพ์

1.4.5 ตรวจสอบคุณภาพสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer

1.4.6 บันทึกผลด้วยค่า L*a*b* และ ค่า Density

1.4.7 วิเคราะห์ผล และ สรุปผลด้วยค่า Delta E โดยกำหนดให้ค่าไม่เกิน 2.5

1.4.8 นำเสนอผลในรูปแบบ ตารางประกอบความเรียง

1.4.9 ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้อ้างอิงค่า L*a*b* จากงานวิจัยเรื่อง การศึกษาหาค่าสีที่ได้จากการจำลองสีด้วยสายตาจากภาพถ่าย เป็นค่าอ้างอิงมาตรฐาน จำนวน 2 สี โดยต่อไปจะใช้ “Y” แทนค่าสี L 61 a 20 b 69 และ “B” แทนค่าสี L 38 a -11 b -42

1.5 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 ค่าสี L* หมายถึง ค่าความสว่าง (lightness) ของสี ถ้าค่า L* มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึง สีดำ ถ้าค่าสี L* มีค่าเท่ากับ 100 หมายถึง สีขาว

1.5.2 ค่าสี a* หมายถึง ความเป็นสีแดงหรือสีเขียว (red-green) ค่าสี a* เป็นค่าบวก หมายถึง ความเป็นสีแดงถ้าค่าสี a* เป็นลบ หมายถึงความเป็นสีเขียว

1.5.3 ค่าสี b* หมายถึง ความเป็นสีเหลืองหรือน้ำเงิน (yellow-blue) ค่าสี b* เป็นค่าบวก หมายถึงความเป็นสีเหลือง ถ้าค่าสี b* เป็นค่าลบ หมายถึงความเป็นสีน้ำเงิน

1.5.4 Delta E หมายถึง ค่าความผิดเพี้ยนของสี

1.5.5 สีทางการพิมพ์ หมายถึง แม่สีทางลบ ประกอบด้วย สีน้ำเงินเขียว (Cyan) สีม่วงแดง (Magenta) สีเหลือง (Yellow) สีดำ (Black)

1.5.6 นาโนเมตร หมายถึง หน่วยวัดความยาวคลื่นแสง

1.5.7 Density หมายถึง ค่าความดำพื้นทึบ

1.5.8 Spectrodensitometer หมายถึง เครื่องมือตรวจสอบคุณภาพงานพิมพ์ในด้านสี

1.5.9 g/m^2 หมายถึง หน่วยวัดน้ำหนักกระดาษ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัย เรื่อง การเปรียบเทียบและชดเชยสีที่แตกต่างกันระหว่างรูปแบบไฟล์ .PSD และ .AI ผู้ศึกษาได้ทำการตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้องในการจัดทำ ดังนี้

2.1 สี
2.2 การมองเห็นสี
2.3 ทฤษฎีในการผสมสี
2.4 หลักการใช้สีในการออกแบบ
2.5 ค่าความแตกต่างสีรวมของซีไออี
2.6 หลักการพิมพ์ระบบพ่นหมึก
2.7 กระดาษเคลือบผิว
2.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สี

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ได้ให้ความหมาย สี ไว้ 2 ความหมาย ความหมายแรกคือ ลักษณะที่ปรากฏแก่ตาให้เห็นเป็นสี ดำ ขาว แดง เขียว และ ความหมายที่เป็นสีของวัตถุธาตุ สิ่งที่ทำให้เป็นสีต่างๆ ความหมายของสี 24 ความหมายสำหรับคำนาม และ 5 ความหมายในคำกริยา โดยให้ความหมายในเชิงฟิสิกส์ ได้แก่ การดูดกลืน การแผ่รังสี สเปกตรัม และ ในส่วนที่เป็นการรับรู้ของคน และ สัตว์ อย่างไรก็ตาม สีในคำนามของภาษาต่างๆ อาจไม่เหมือนกัน โลกที่คนเรารู้จักสี 3 แบบ ดังนี้

โลกแบบที่หนึ่งเป็นโลกทางกายภาพประกอบด้วย วัตถุ สถานะของวัตถุมีทั้งสิ่งมีชีวิต ไม่มีชีวิตที่มีในธรรมชาติ สิ่งที่ประดิษฐ์ขึ้น มีทั้งของแข็ง ของเหลว และ ก๊าซ จับต้องได้ และ สัมผัสได้

โลกแบบที่สองเป็นโลกทางนามธรรมซึ่งเป็นเรื่องของความคิด จิตวิญญาณ ได้แก่ จิตใต้สำนึก ประสบการณ์ อารมณ์ ความรู้สึก ความฝัน ความปรุงแต่ง จินตนาการ นี่เป็นรูปแบบหนึ่งของสีที่คนเราสัมผัสได้

โลกแบบที่สามเป็นโลกที่คนเราคิดสร้างสรรค์ ค้นคว้า เรียนรู้ ศึกษา และ รวบรวมไว้อย่างเป็นระบบ ได้แก่ ความรู้ ทฤษฎี ปรัชญา และ วิทยาศาสตร์ ประวัติศาสตร์ เราได้รู้จักสีในโลกแบบนี้เช่นกัน (พรทวี พึ่งรัศมี และ มิตซูโอะ อิเคดะ. 2551: 2-16)

2.2 การมองเห็นสี

แสง (Light) เป็นจุดเริ่มต้นของการมองเห็น มีความสำคัญต่องานออกแบบทัศนศิลป์ เพราะถ้าปราศจากแสง ก็จะไม่เห็นภาพใดๆ และ ถ้าไม่เห็นภาพ ก็ไม่มีศิลปะที่มองเห็นได้ (Visual Art) ผลของแสง จะทำให้มนุษย์ รับรู้สิ่งต่างๆ เช่น สี เส้น รูปร่าง รูปทรง น้ำหนัก พื้นผิว อันเป็นส่วนประกอบของการ ออกแบบทัศนศิลป์ (Element of Art) และ ที่สำคัญที่สุด ก็คือ แสงเป็นแหล่งกำเนิดของสี ที่นำไปสู่ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมากมาย แสง และ สี จะมีความสัมพันธ์กันตลอดเวลา การศึกษาเรื่องสี ต้องศึกษาเรื่องแสง ประกอบด้วย รังสีแกมมา (Gamma Rays) รังสีเอกซ์ (X-Rays) แสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) แสงสีที่มองเห็นได้ (Visible Color) แสงอินฟราเรด (Infrared) คลื่นไมโครเวฟ (Microwave) คลื่นวิทยุ (Radio Frequency)

คลื่นเหล่านี้ เรียกรวมว่า Electromagnetic Spectrum โดยแต่ละคลื่น จะมีความยาวคลื่นต่างกัน โดยคลื่นวิทยุมีความยาวที่สุด คือตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร จนถึง หลายกิโลเมตร และ รังสีแกมมา มีความยาวน้อยที่สุด คือมีความยาวน้อยกว่า 0.1 นาโนมิเตอร์ (1/10,000,000,000 เมตร) ตาของมนุษย์ สามารถรับรู้ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อยู่ในช่วงแคบๆ คือ ช่วงระหว่าง 380 - 780 นาโนเมตร (nm.) ซึ่งช่วงนี้เรียกว่า ช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (Visible Spectrum / Visible Light) หรือเรียกสั้นๆ ว่า “แสง” (Light) นั่นเอง

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงที่มนุษย์มองเห็นได้ (Visible Spectrum/Visible Light) แสงที่มนุษย์มองเห็นได้นี้ มองเห็น เป็น แสง สีขาว (Light White) ซึ่งที่จริงแล้ว แสงสีขาวนี้ ประกอบไปด้วย สี จำนวน 7 สี พบว่า แสงอาทิตย์มีสีต่างๆ รวมกันอยู่ เมื่อให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านแท่งแก้วรูปสามเหลี่ยม (Prism) แสงที่ผ่านออกมาอีกด้านหนึ่ง จะมี 7 สี ดังที่เห็นในสีรุ้งกินน้ำ เซอร์ ไอแซค นิวตัน จึงได้กำหนดชื่อไว้ดังนี้ Red Yellow Orange, Green, Blue, Indigo, Violet หรือเรียกเป็นชื่อย่อว่า ROY G BIV การเกิดรุ้งกินน้ำแสงที่มองเห็นเป็นสีต่างๆ นี้ เกิดจากความยาวคลื่น และ ความถี่ที่ต่างกัน โดยความยาวคลื่น (Wavelength) เป็นตัวกำหนด สี (Hue) และ Amplitude เป็นตัวกำหนด ความสว่างของสี (Brightness) องค์ประกอบการมองเห็น (Vision Properties) ดังกล่าวมาแล้วว่า “แสง” เป็นต้นกำเนิดของสี ไม่มีแสง ก็จะไม่มีสี แสดงให้เห็นว่าแสงจากแหล่งกำเนิด ส่องไปยังวัตถุ และ ก่อให้เกิดการรับรู้ของมนุษย์ได้ การเห็นสีประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 อย่าง ได้แก่ แสง วัตถุ และ ระบบการมองเห็น ได้แก่ ตา ระบบประสาท รวมถึงสมอง

เมื่อแสงส่องมากระทบกับวัตถุแล้วสะท้อนเข้าสู่ตา ระบบประสาทตาส่งสัญญาณไปสู่สมอง ทำให้เกิดการรับรู้การเห็นสี เมื่อแสงตกกระทบวัตถุใดๆ ก็ตาม จะเกิดปรากฏการณ์ขึ้น 3 อย่าง ดังนี้ การสะท้อนของแสง การดูดกลืนของแสง และ การหักเหของแสงเมื่อผ่านวัตถุนั้น

ปรากฏการณ์ทั้ง 3 อย่างนี้จะเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสมบัติความทึบหรือโปร่งแสง ค่าดรรชนีหักเห และ สีของวัตถุนั้นๆ แต่อย่างไรก็ตามผลลัพธ์สุดท้ายจะพิจารณาที่ปริมาณอัตราส่วนของแสงที่ส่องผ่านหรือสะท้อนออกจากวัตถุนั้น ซึ่งเมื่อผสมกันแล้วจะกลายเป็นสีปรากฏให้ตามองเห็นได้ ที่น่าสนใจเป็นพิเศษคือในกรณีที่แสงตกกระทบลงบนวัตถุโปร่งแสงมีสี เช่น ฟิลเตอร์สีแดง เป็นต้น สีย้อม (Dye) ที่ฉาบไว้บนผิวของฟิลเตอร์นี้จะยอมให้เฉพาะแสงสีแดงเท่านั้นที่ผ่านได้ โดยจะดูดกลืนแสงสีเขียว และ สีน้ำเงินมาวางกั้นแสงสีที่ทะลุมาจากฟิลเตอร์อันแรก เราจะมองไม่เห็นสีใดเลยเนื่องจากแสงสีแดงที่ทะลุผ่านฟิลเตอร์อันแรกนั้นถูกดูดกลืนด้วยฟิลเตอร์สีน้ำเงินไว้หมด

กลไกการเห็นผลลัพธ์สีที่เกิดจากวัตถุที่ซ้อนกันนี้เรียกว่าการเกิดสีระบบสีลบ (Subtractive Method) ตัวอย่างการเกิดสีแบบหักลบนี้ ได้แก่ ภาพสีที่เกิดจากการถ่ายภาพบนฟิล์มการะดาษอัดขยายรูปสี และ ภาพพิมพ์ เป็นต้น สำหรับการพิมพ์นั้นจะใช้หมึกพิมพ์ชุดซึ่งประกอบด้วยหมึกพิมพ์สีหลักๆ 4 สี คือสีเหลือง (Yellow, Y) สีม่วงแดง (Magenta, M) สีไซแอน (Cyan, C) และ สีดำ (Black, K) เป็นที่น่าสังเกตว่า สีดำนั้นเป็นสีเพิ่มเติมที่พิมพ์ซ้อนสี Y+M+C เพื่อให้สีดำของภาพพิมพ์ที่ได้มีความอิ่มตัว และ เข้มขึ้น

อนึ่ง การมองเห็นสีของวัตถุจะแตกต่างกันได้นั้น มีปัจจัยหลักอยู่ 2 ประการ คือ ตากับสมอง ซึ่งพอสรุปอธิบายได้ดังนี้

แสงสะท้อนจากวัตถุตกกระทบ เรตินา (Retina) ภายในดวงตาของคนซึ่งประกอบด้วยรอดเซลล์ และ โคนเซลล์ (Rod & Cone Cells) รอดเซลล์ทำหน้าที่รับแสงที่มีความเข้มน้อยเท่านั้น ไม่เกี่ยวข้องกับสี ส่วนโคนเซลล์ทำหน้าที่รับแสงที่มีความเข้มสูง และ ยังรับสีต่างๆ ได้อีกด้วย โคนเซลล์มี 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะไวต่อแสงสีแดง เขียว และ สีน้ำเงิน ตามลำดับ เมื่อกลุ่มเซลล์เหล่านี้รับพลังงานแสงแล้ว จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (Physiological Change) ภายในเซลล์เรียกว่า การฟอกสี (Bleaching) เพื่อเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นกระแสประสาท (Nerve impulse) ไหลไปตามเส้นประสาทที่เรียกว่า Optic Nerve ไปยังสมองส่วนที่เป็น Visual Cortex เพื่อแปล และ ตีความตามประสบการณ์ที่คนผู้นั้นเคยเห็นผ่านมา นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการมองเห็นสีนั้นไม่ใช่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับค่าความยาวคลื่นของแสงที่ตกมากระทบเท่านั้น แต่ยังมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยได้แก่ สภาพแสงรอบๆ วัตถุที่กำลังมองอยู่ และ ความสมบูรณ์ของตาคนมอง เป็นต้น การแปลค่าสี โดยหลักการแล้วจะจำแนกสมบัติของสีได้ดังนี้

สีสัน (Hue) เป็นสมบัติที่ทำให้สีถูกแยกออกเป็นชื่อต่างๆ เช่น สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน สีเขียว โดยที่ยังเป็นสีแท้หรือสีบริสุทธิ์ คือ ปราศจากการเจือปนด้วยสีขาว และ /หรือสีดำการกล่างถึงสีสันจะชัดเจนมากขึ้น ถ้าสามารถให้รายละเอียดได้ว่าสีนั้นโน้มเอียงไปทางใด เช่น สีแดง สีแดงอมส้ม หรือ สีแดงอมม่วง

สีในความหมายของสีสันกับสี (Color) นั้นต่างกับสีสันหนึ่งๆ เมื่อนำมาเปลี่ยนค่าความสว่างสี และ ความอิ่มตัวสีจะได้สีต่างๆ มากมาย

ความอิ่มตัว (Saturation) เป็นสมบัติที่ใช้แสดงความเข้มอิ่มตัวของสี ซึ่งทำให้เห็นสีแดงสดต่างกับสีแดงอิฐที่มีความอิ่มตัวสีสูง หมายถึง สีที่ดูเหมือนมีสีเทาเจือปนอยู่น้อยจึงให้สภาพสีที่สดจ้าชัดแจ้งเรียกว่า สีแท้ ส่วนสีที่มีความอิ่มตัวสีต่ำจะทึบทึมเพราะดูเหมือนมีสีเทาเจือปนอยู่มาก ยิ่งมีสีเทาในเนื้อสีมากเท่าใดความอิ่มตัวสีก็จะลดลงมากเท่านั้น สีแท้ที่มีสีเทาผสมอยู่เรียกว่า สีคล้ำ (Tone)

ความสว่าง (Brightness) เป็นสมบัติที่ทำให้เราเห็นความแตกต่างของสีอ่อนหรือสีสว่างกับสีแก่หรือสีมืด ถ้ามองด้วยตาเปล่าพอจะตัดสินได้ว่าสีเหลืองเป็นสีสว่างคือมีความสว่างมากกว่าสีอื่นๆ แต่ถ้าจะเปรียบเทียบความสว่างของสีให้แม่นยำมากขึ้นต้องนำสีนั้นมาเปรียบเทียบกับสเกลสีเทา (grayscale) ซึ่งมาจากการใส่น้ำหนักสีจากสีดำไปสู่สีขาวหลายระดับ ตัวอย่าง สเกลสีเทาในที่นี้แบ่งง่ายๆ ออกเป็น 9 ระดับ จะได้สีเทา 3 กลุ่ม คือ กลุ่มเทาเข้มคือสีเท่าที่มีอัตราส่วนของสีดำ 70-90% กลุ่มเทากลางคือสีเท่าที่มีอัตราส่วนของสีดำ 40-60% และ กลุ่มเทาอ่อนคือสีเท่าที่มีอัตราส่วนของสีดำ 10-30%

ระดับสีเทานี้ใช้เปรียบเทียบความมืด-สว่างกับสีอื่นๆ ซึ่งไม่รวมสีดำ และ สีขาวไว้ด้วย เพราะถือว่าไม่มีสีอื่นใดมืดเท่าสีดำหรือสว่างเท่าสีขาว สีดำแท้ในอุดมคติมีสภาพเป็นสีที่ไร้แสงคล้ายกับสีดำที่เห็นในกล่องมืด ดังนั้นจึงไม่พบสีดำแท้ในงานจิตรกรรมทั่วไป เช่นเดียวกับสีขาวแท้ในอุดมคติก็ไม่สามารถพบเห็นในชีวิตประจำวันเพราะเป็นสีที่สะท้อนแสงออกไปทั้งหมด สีขาวที่ขาวที่สุดเท่าที่มนุษย์สังเคราะห์ได้มาจากแมกนีเซียมออกไซด์ ซึ่งก็มีค่าเพียง 9.8 หากให้ค่าสีขาวแท้เป็น 10 สามารถเปรียบเทียบความสว่างสีใดๆ กับระดับสีเทาได้อย่างคร่าวๆ โดยถ่ายภาพสีนั้นเป็นภาพขาวดำแล้วนำภาพนั้นมาเปรียบเทียบกับระดับสีเทาก็จะทราบความสว่างสีโดยประมาณของสีนั้น ซึ่งจะได้ค่าที่เชื่อถือได้มากกว่าการตัดสินด้วยตาเปล่า เพราะคนปกติมีแนวโน้มที่จะจำแนกระดับน้ำหนักสี (Gradation) ในช่วงของเทาอ่อนมากกว่าเทาเข้ม สีหนึ่งๆ นั้นสามารถปรับเปลี่ยนความสว่างสีได้โดยการผสมสีดำหรือสีขาวในเนื้อสีด้วยปริมาณต่างๆ กัน

ถ้าผสมสีขาวจะได้สีอ่อน (Tint) หรือสีที่มีความสว่างสีมากกว่าปกติ ถ้าผสมสีดำจะได้สีแก่ (Shade) หรือสีที่มีค่าความสว่างสีน้อยกว่าปกติ ปัจจุบันคำว่า Shade มักถูกนำไปใช้ผิดความหมาย

โดยกลายเป็นคำทั่วไปที่ใช้กล่าวถึงกลุ่มสี เช่น เฉดเหลือง หมายรวมทั้งเหลืองอ่อนไปถึงเหลืองแก่ ซึ่งไม่ถูกต้องตามความหมายที่แท้จริง

จากที่ได้กล่าวเกี่ยวกับมิติของสีมาแล้วนั้น สีในโลกอาจแบ่งออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้ สีแท้ สีขาว สีดำ สีเทา สีอ่อน เช่น สีชมพู สีม่วงอ่อน สีครีม สีงาช้าง สีแก่ เช่น สีน้ำตาล สีแดงเลือดหมู สีคล้ำ เช่น สีน้ำผึ้ง

2.2.1 ธรรมชาติของสี สีในธรรมชาติ (Spectrum) มีมากมายหลายร้อยสี ขึ้นอยู่กับค่าความยาวคลื่นของแสงแต่ละสีนั้น สำหรับในการศึกษาการผลิตสี (Color Reproduction) นี้ จะคิดว่าสีในธรรมชาติที่ตามองเห็นได้นั้นสามารถแยกออกเป็นแม่สี (Primary Color) ได้ 3 สีดังนี้

1) สีน้ำเงิน มีช่วงความยาวคลื่นแสง 400-500 นาโนเมตร

2) สีเขียว มีช่วงความยาวคลื่นแสง 500-600 นาโนเมตร

3) สีแดง มีช่วงความยาวคลื่นแสง 600-700 นาโนเมตร

เมื่อนำแม่สีแต่ละสีเหล่านี้มารวมกันในอัตราส่วน 1:1 จะทำให้เกิดสีใหม่ที่เรียกว่าสีเติมเต็ม (Complementary Color) ตัวอย่างเช่น สีเหลือง เกิดจาก แสงสีเขียว+แสงสีแดง สีน้ำเงินเขียว (ไซแอน) เกิดจาก แสงสีน้ำเงิน+แสงสีเขียว สีม่วงแดง (มาเจนต้า) เกิดจาก แสงสีน้ำเงิน+แสงสีแดง สำหรับสีอื่นๆ ในธรรมชาติที่ตามองเห็นได้นั้น จะมาจากการรวมตัวของแม่สีเหล่านี้ในอัตราส่วนต่างๆ กัน เช่น สีเขียวมะนาว = แสงสีแดง+แสงสีเขียว ผสมในอัตราส่วน 1:2 สีน้ำตาล = แสงสีแดง+แสงสีเขียว+แสงสีน้ำเงิน ผสมในอัตราส่วน 2:1:1 เป็นต้นกลไกการเกิดสีแบบนี้เรียกว่า การเกิดสีระบบสีบวก (Additive Method) จะพบได้จากจอมอนิเตอร์หรือจอโทรทัศน์

2.2.2 สีบอกเรื่องราว สีของสิ่งต่างๆ ในธรรมชาติบอกเรื่องราวหรือข้อมูลแก่คนเรา และ สิ่งมีชีวิตอื่นๆ อย่างมากมาย ข้อมูลเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตอย่างที่ขาดไม่ได้เลย เช่น เรื่องอาหาร สีของพืช และ สัตว์ทำให้สิ่งมีชีวิตต่างๆ แยกแยะได้ว่า สิ่งไหนกินได้หรือไม่ได้ สีของท้องฟ้าบอกเวลา สีของพื้นดิน น้ำ และ สิ่งแวดล้อมทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เช่น การหลบหลีกอันตราย และ การนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง คนเรารู้จักการใช้สีให้เป็นประโยชน์มาตั้งแต่สมัยโบราณ ได้มีการใช้สีกับปัจจัยสี่ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ ได้แก่ อาหาร ยา เครื่องนุ่งห่ม และ ที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรมหลายประเภทใช้สีเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ เช่น การพิมพ์ สื่อโทรทัศน์ บรรจุภัณฑ์ โฆษณา แฟชั่น เสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม ล้วนใช้สีทำให้เป็นที่น่าสนใจ แม้แต่ผลิตภัณฑ์ยา และ อาหาร คนเราใช้สีสันเพื่อชวนให้ลิ้มรสจนถึงกับเป็นศาสตร์ที่ต้องมีการเรียนการสอนกัน การออกแบบใช้สีให้ผลิตภัณฑ์น่าสนใจ กระตุ้นความต้องการของผู้บริโภค และ ทำให้ผู้บริโภคพึงพอใจทางด้านจิตเวช

2.2.3 ความรู้สึกต่อสี สีมีผลต่อคนเราทั้งในด้านสรีระ และ ด้านจิตใจ เราตอบสนองต่อการเห็นสีโดยธรรมชาติตามสัญชาตญาณ การเรียนรู้ ประสบการณ์ การมองเห็นสีเปรียบเสมือนป้อนข้อมูลให้กับสมองผ่านกระบวนการต่างๆ เกิดการตีความออกมาเป็นความรู้สึกทางจิตใจ อารมณ์ ดังนั้น การเห็นสีของคนเราเชื่อว่ามีผลถึงร่างกาย และ จิตใจโดยรวมด้วย ซึ่งในส่วนนี้ได้มีการนำไปใช้ในด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ต่างๆ การตกแต่งที่อยู่อาศัย และ ด้านการตลาด อย่างมากซึ่งเราเห็นอยู่ทั่วไป

สีอบอุ่นสีเย็น แบ่งสีสันออกเป็น กลุ่มสีอุ่น (warm color) ได้แก่ แดง ส้ม เหลือง มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า สีแข็ง (hard color) กลุ่มนี้มีความสว่างสีสูงกว่า กลุ่มสีเย็น (cool color) มีชื่อเรียกอีกอย่างว่าสีนุ่ม (soft color) ได้แก่ สีเขียว สีน้ำเงิน และ สีม่วง กลุ่มสีอุ่นมีความยาวคลื่นยาว การโฟกัสเกิดขึ้นที่ด้านหลังของเรตินา เลนส์ตาทำหน้าที่ปรับชัดโดยดึงภาพมาที่เรตินาในภาวะที่เป็นเลนส์นูนทำให้ภาพมีขนาดโตขึ้น ใกล้ขึ้น มองเห็นภาพได้ชัดเจน ตรงข้ามกับกลุ่มสีเย็น การโฟกัสภาพเกิดขึ้นที่เรตินา เลนส์ปรับชัดโดยดึงภาพมาที่เรตินาในภาวะที่เลนส์มีลักษณะแบนราบ ภาพจึงมีขนาดเล็กลง และ ไกลกว่าเดิม การปรับชัดยากว่ากลุ่มสีอุ่น ในแง่การกระตุ้นหรือเร่งเร้า ความรู้สึกสีอุ่นโดยเฉพาะสีแดงมีผลในการกระตุ้นเร้าความสนใจได้ดีกว่าสีน้ำเงิน ในขณะที่สีเหลือง และ สีเขียวค่อนข้างเป็นกลาง การเร้าหรือการกระตุ้นนี้เกิดขึ้นที่ระบบประสาทอัตโนมัติ ไม่ว่าผู้นั้นจะชอบหรือไม่ชอบสีนั้นๆ โดยตั้งใจหรือไม่ก็ตาม สีอุ่นทำให้ความดันเลือดสูงขึ้น อุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้น ในขณะที่สีเย็นมีผลตรงข้าม เขาพบว่าการบรรยายในห้องสีแดงจะได้ผลดี ผู้ฟังให้ความสนใจได้นานกว่าการบรรยายในห้องสีน้ำเงิน ในแง่จิตวิทยา สีอุ่นทำให้รู้สึกอบอุ่น และ มีพลัง มีชีวิตชีวา และ รื่นเริง มีผลให้เกิดการร่วมในสังคม สำหรับความรู้สึกตอบสนองต่อสีแข็ง และ สีนุ่ม ด้วยผลจากการโฟกัสรูปที่มีสีกลุ่มอุ่นจะเห็นได้ชัดเจน จึงทำให้เกิดการรับรู้ว่าแข็งเพราะความคมชัด ตรงข้ามกับสีกลุ่มเย็นที่ปรากฏมีความชัดน้อยกว่า ทำให้เกิดการรับรู้ที่อ่อนนุ่ม และ สงบกว่า (พรทวี พึ่งรัศมี และ มิตซูโอะ อิเคดะ. 2551: 2-16)

2.3 ทฤษฎีการผสมสี

ปัจจุบันทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับสีมีผู้คิดค้นขึ้นมากมายโดยบุคคลต่างสาขาอาชีพ แต่ละทฤษฎีมีความคล้ายคลึง และ แตกต่างกันไปในรายละเอียดปลีกย่อย ดังนี้

2.3.1 ทฤษฎีสีบนพื้นฐานการผสมสีของแสง ทฤษฎีสีบนพื้นฐานการผสมสีของแสงหรือการผสมสีแบบบวก (Additive Color Mixing) แม่สีของแสงมีสามสี คือ สีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงิน โดยการผสมที่ใช้ความเข้มแสงต่างๆ กันก็จะให้ได้แสงสีอื่นๆ มากมาย ตัวอย่างเช่น เห็นบนจอโทรทัศน์ และ จอคอมพิวเตอร์เกิดจากการผสมของแสงทั้งสามสีดังนี้

1) แสงสีแดงผสมกับแสงสีน้ำเงินได้เป็นแสงสีม่วงแดง

2) แสงสีแดงผสมกับแสงสีเขียวได้เป็นแสงสีเหลือง

3) แสงสีน้ำเงินผสมกับแสงสีเขียวได้เป็นแสงสีน้ำเงินเขียว

4) แสงสีแดงผสมกับแสงสีน้ำเงิน และ สีเขียวผสมกันเป็นแสงสีขาว

2.3.2 ทฤษฎีสีบนพื้นฐานการผสมสีของหมึกพิมพ์ ทฤษฎีสีบนพื้นฐานการผสมสีของหมึกพิมพ์หรือการผสมสีแบบลบ (Subtractive Color Mixing) ใช้ในกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ต่างๆ ซึ่งใช้แม่สีคือ สีม่วงแดง สีน้ำเงิน สีเขียว และ สีเหลือง ตัวอย่างเช่น สีที่เห็นบนสิ่งพิมพ์ทั่วไปเกิดจากการผสมของหมึกพิมพ์สามสีดังนี้

1) หมึกพิมพ์สีม่วงแดงผสมกับหมึกพิมพ์สีเหลืองได้เป็นสีแดง

2) หมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียวผสมกับหมึกพิมพ์สีเหลืองได้เป็นสีเขียว

3) หมึกพิมพ์สีม่วงแดง สีน้ำเงินเขียว และ สีเหลืองผสมกันได้เป็นสีดำ

2.3.3 ทฤษฎีสีบนพื้นฐานการผสมสีเชิงจิตวิทยา ทฤษฎีสีบนพื้นฐานการผสมสีเชิงจิตวิทยามีแม่สี คือ สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน และ สีเขียวในการผสมเพราะเป็นสีที่เรียบง่ายมีความโดดเด่นซึ่งทำให้เร้าประสาทตาได้ชัดเจน ถ้าผสมสีทั้ง 4 โดยการมองด้วยตาเปล่า เช่น ให้สีทั้งสี่ปรากฏบนจานวงกลมในปริมาณเท่าๆ กัน แล้วหมุนจานเร็วๆ จะเห็นภาพรวมเป็นสีเทา ในทางจิตวิทยาแล้วพบว่าตาจะจับความสนใจไปยังภาพสีตามลำดับดังนี้

1) ลำดับแรก (Primary Order) ตา และ สมองรับรู้สีแท้ สีขาว และ สีดำได้เป็นกลุ่มแรก โดยเฉพาะถ้าสีแท้นั้นเป็นสีปฐมภูมิคือไม่ได้เกิดขึ้นจากสีอื่นผสมกัน สีเขียวเป็นกรณีพิเศษเพราะถึงแม้ว่าจะเกิดจากสีเหลืองผสมสีน้ำเงิน แต่เมื่อผสมแล้วได้สีที่มีเอกลักษณ์จนแทบไม่มีอิทธิพลของสีที่ผสมเหลืออยู่ สีทุติยภูมิหรือสีที่เกิดจากสีปฐมภูมิ 2 สีมารวมกันจะทำให้สมองรับรู้ได้ช้าลงเพราะเมื่อเราเห็นสีส้ม นั่นคือการรวมสีเหลือง และ สีแดงในความคิด หลักการเช่นนี้นักออกแบบได้นำไปใช้เป็นประโยชน์ เช่น ใช้สีปฐมภูมิกับการออกแบบที่ต้องการดึงความสนใจของคนกลุ่มใหญ่

อย่างตรงไปตรงมาหรือทันทีทันใด แต่ถ้าต้องการให้ซับซ้อนหรือเจาะจงเฉพาะกลุ่มเป้าหมายของกลุ่ม จึงใช้สีทุติยภูม

2) ลำดับสอง (Secondary Order) เป็นสีที่ตา และ สมองรับรู้ เป็นกลุ่มที่สองได้แก่ สีอ่อน สีแก่ และ สีคล้ำ

2.3.4 ทฤษฎีสีบนพื้นฐานการผสมสีจากเนื้อสีทางศิลปะ ทฤษฎีสีบนพื้นฐานการผสมสีจากเนื้อสีทางศิลปะ เป็นทฤษฎีสีที่ว่าด้วยแม่สี 3 สี คือ สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน ซึ่งถือเป็นสีขั้นที่ 1 หรือสีปฐมภูมิ เมื่อจับคู่ผสมกันก็จะได้สีแท้อื่นๆ เป็นสีขั้นที่ 2 หรือสีทุติยภูมิ เมื่อสีปฐมภูมิ และ สีตติยภูมิที่อยู่ข้างเคียงกันในวงสีผสมกันจะได้สีขั้นที่ 3 หรือสีตติยภูมิ ดังนี้

1) สีแดง (R) ผสมกับสีเหลือง (Y) ได้เป็นสีส้ม (O) เป็นสีขั้นที่ 2
2) สีแดง (R) ผสมกับสีน้ำเงิน (B) ได้เป็นสีม่วง (V) เป็นสีขั้นที่ 2
3) สีเหลือง (Y) ผสมกับสีน้ำเงิน (B) ได้เป็นสีเขียว (G) เป็นสีขั้นที่ 2
4) สีแดง (R) ผสมกับสีส้ม (O) ได้เป็นสีส้มอมแดง (R-O) เป็นสีขั้นที่ 3
5) สีแดง (R) ผสมกับสีม่วง (V) ได้เป็นสีม่วงอมแดง (R-V) เป็นสีขั้นที่ 3

(พรทวี พึ่งรัศมี และ มิตซูโอะ อิเคดะ. 2551: 2-16)

2.4 หลักการใช้สีในการออกแบบ

การออกแบบต่างๆ นอกจากเราจะใช้สีสันเพื่อให้เกิดเป็นเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ แล้ว เรายังต้องคำนึงขั้นตอนการพิมพ์ว่าเรามีงบประมาณเท่าใด เพราะถ้าเราใช้สีมาก ค่าใช้จ่ายก็จะมากตามไปด้วยนั่นเอง และ ที่สำคัญการใช้สีที่มากเกินไปจะทำให้เกิดความสวยงามได้ยากขึ้นตามไปด้วย เพราะจะทำให้ขาดความเป็นเอกลักษณ์นั่นเอง หลักการใช้สี มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ

2.4.1 การใช้สีสันที่กลมกลืน (Harmony) จะเป็นการใช้สีสันที่มีความคล้ายกันไม่มีสีใดโดดเด่นขึ้นมา โดยสามารถใช้ได้หลายวิธี เช่น การใช้สีสีเดียวเพื่อเพิ่มน้ำหนัก อ่อนหรือแก่ เช่น สีน้ำเงิน สีฟ้าเข้ม และ สีฟ้าอ่อน เป็นต้น การใช้สีสีเดียวโดยผสมในทุกสีที่มาร่วมกัน ใช้เฉพาะสีร้อนหรือเย็น และ ใช้สีที่อยู่ในลำดับติดกันในวงจรสี เช่น สีเหลือง สีส้ม สีแสด เป็นต้นโดยการใช้สีที่มีลักษณะที่กลมกลืนกันนี้ มีจุดประสงค์เพื่อต้องการให้เกิดความนุ่มนวล รสนิยมสูง สุขุม เป็นต้น แต่การใช้สีในลักษณะนี้จะไม่ค่อยเป็นที่นิยมเพราะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่มีความ โดดเด่น (ผกามาศ ผจญแกล้ว,2539: 176-180)

มนุษย์ต้องการสมดุลที่พอเหมาะเพื่อสร้างความพอใจในการมองเห็น และ จะรู้สึกขุ่นเคืองทันทีในภาวะที่สีไม่สมดุลกัน การพยายามจัดสีหลากหลายให้อยู่ด้วยกันอย่างได้สัดส่วน และ ตอบสนองความสมดุลโดยดูแล้วไม่ขัดตา เรียกว่า การจัดสีให้กลมกลืนกัน (Color Harmony)

คำว่ากลมกลืนนี้อาจเปรียบเทียบให้เข้าใจได้ชัดเจนคล้ายกับความกลมกลืนของเสียงดนตรีซึ่งอธิบายคุณลักษณะของมันเองด้วยเสียงสูง-ต่ำ ทุ้ม-แหลม ที่ชัดเจนเสียงดนตรีกลมกลืนกันด้วยช่องต่างของระดับเสียงที่สัมพันธ์กัน และ ได้จังหวะ ผลที่เกิดขึ้นคือความรื่นรมย์ในรสดนตรีของผู้ฟัง ซึ่งก็เป็นความพอใจเฉกเช่นเกี่ยวกับความสบายตาในการมองสีที่กลมกลืนกันนั่นเอง เนื่องจากรสนิยมของมนุษย์แปรเปลี่ยนตามยุคสมัย อายุ เพศ เชื้อชาติ การศึกษา และ ภูมิหลังทางวัฒนธรรม จึงเป็นการยากที่จะกำหนดกฎเกณฑ์สำหรับการสร้างคู่สีหรือกลุ่มสีที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละสถานการณ์ ในที่นี้จึงขอเสนอเพียงหลักการทั่วไปที่ช่วยสร้างความสบายตาของการใช้สีกลมกลืนกันในการออกแบบดังนี้

2.4.2 ความกลมกลืนของการใช้สีสันเดียว ความกลมกลืนของการใช้สีสันเดียว (Have Harmony) คือ การใช้สีแท้เพียงสีเดียวในงานออกแบบ (Monochrome) แต่อาจแปรเปลี่ยนค่าความสว่างสีหรือความอิ่มตัวของสีให้หลากหลาย นอกจากนี้ยังทำได้โดยการผสมสีเฉพาะสีใดสีหนึ่งลงในทุกสีในงานออกแบบ ความกลมกลืนของการใช้สีสันเดียวนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการสร้างความกลมกลืนของสี

2.4.3 ความกลมกลืนของการใช้สีคล้ายคลึงกัน ความกลมกลืนของการใช้สีคล้ายคลึงกัน (Analogous Harmony) คือ การสร้างความกลมกลืนโดยใช้สีคล้ายคลึงกัน ซึ่งหมายถึงสีที่เรียงอยู่ติดกันหรือเคียงข้างกันในวงสี เช่น สีที่คล้ายคลึงกับสีเหลือง คือ สีส้มอมเหลือง และ สีเขียวอมเหลือง สีที่คล้ายคลึงกับสีแดง คือ สีส้มอมแดง และ สีม่วงอมแดง เนื่องจากข้อมูลของนักจิตวิทยาที่กล่าวว่าคนส่วนใหญ่พอใจสีแดง สีน้ำเงิน สีเขียว ดังนั้นกลุ่มสีคล้ายคลึงกับสีทั้งสามจึงให้ความน่าพึงพอใจกว่ากลุ่มสีอื่นด้วย ตัวอย่างการใช้สีคล้ายคลึงกันมากมายในธรรมชาติ เช่น สีเหลืองของขนไก่ บนปีกแมลงบางชนิดเป็นสีเขียว สีน้ำเงิน และ สีม่วง ท้องทะเลมีสีอมเขียว สีน้ำเงิน และ สีม่วง ในระดับความลึกต่างกัน การเปลี่ยนสีของใบไม้ในฤดูใบไม้ร่วงจะเปลี่ยนจากสีเขียว สีเขียวเหลือง สีเหลือง สีส้ม สีแดง และ สีม่วงตามกันไปทำให้เกิดความกลมกลืนกันของสีที่น่าดู

2.4.3 ความกลมกลืนจากการจัดสีให้สมดุล ความกลมกลืนจากการจัดสีให้สมดุล (Balance Harmony) สีตั้งแต่ 2 สีขึ้นไปที่ไม่ใช่สีคล้ายคลึงกัน ในวงสีสามารถนำมาใช้ด้วยกันให้เกิดความสมดุล โดยจัดกลุ่มสีตามตำแหน่งในวงสี เช่น สีส้มแดง สีเขียวเหลือง และ สีม่วงน้ำเงิน เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความกลมกลืนของสีสามเส้า (Triads)

คำแนะนำเกี่ยวกับความกลมกลืนของสีว่าสีค่าอ่อนของสีที่มีความสว่างสีสูง เช่น สีส้ม ส้มเหลือง สีเขียว สีเขียวเหลือง จะดูดีที่สุดเมื่ออยู่กับสีแก่ของสีที่มีความสว่างสีต่ำ เช่น สีม่วง สีม่วงน้ำเงิน สีน้ำเงิน กล่าวคือ สีชมพูจะดูดีขึ้นเมื่ออยู่กับม่วงน้ำเงินมากกว่าจะอยู่กับม่วงอ่อน และ สีครีมหรือสีงาช้างจะดูดีเมื่ออยู่กับสีแดงเข้มหรือสีน้ำเงิน

1) สีแท้ใดๆ ก็ตามสามารถเชื่อมสามารถความกลมกลืนกันได้ด้วยสีขาว และ สีดำ

2) สีแท้ไปกันได้ดีกับสีอ่อนบนพื้นขาว

3) สีแท้ไปกันได้ดีกับสีแก่บนพื้นดำ

4) สีแท้ไปกันได้ดีกับสีคล้ำบนพื้นเทา

5) สีอ่อน สีแก่ และ สีคล้ำไปกันได้ดีที่สุดบนพื้นสีเทา

6) สีอ่อนทั้งหลายอยู่ด้วยกันได้อย่างกลมกลืนโดยใช้สีขาวเป็นสีเชื่อม

7) สีแก่ทั้งหลายอยู่ด้วยกันได้อย่างกลมกลืนโดยใช้สีดำเป็นสีเชื่อม

8) สีคล้ำทั้งหลายอยู่ด้วยกันได้อย่างกลมกลืนโดยใช้สีเทาเป็นสีเชื่อม

2.4.4 การใช้สีตัดกัน (Contrast) จะเป็นการใช้สีที่มีน้ำหนักแตกต่างกัน ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมนำมาใช้ในการออกแบบ โดยมีการใช้งานกันใน 2 ลักษณะ คือ

1) การใช้สีที่ตัดกันอย่างแท้จริง เช่น สีเขียวกับสีแดง สีม่วงกับสีเหลือง สีส้มกับสีน้ำเงิน เป็นต้น โดยการใช้สีในวิธีการนี้ ไม่ควรใช้ให้มันเด่นพอๆ กัน ควรให้ปริมาณสีใกล้หนึ่งมากกว่าหรือเบรกสีใดสีหนึ่งหรือทั้งสองสี การใช้สีที่ไม่ตัดกันอย่างแท้จริง หรือสีที่อยู่คนละวรรณะกัน เช่น สีขาวกับสีดำ สีดำกับสีแดง สีส้มกับสีเขียว เป็นต้น โดยการใช้สีในลักษณะนี้จะทำให้เกิดความรู้สึกตื่นเต้น น่าสนใจ ยกตัวอย่างเช่น ทำให้อาหารดูน่ารับประทาน ทำให้เสื้อน่าสวมใส่โดยสรุปแล้ว จุดมุ่งหมายของการใช้สีในการออกแบบ ก็เพื่อให้เกิดความเป็นเอกลักษณ์ น่าสนใจ อีกทั้งยังทำให้เกิดความสวยงาม ดังนั้นเราจะต้องฝึกการใช้สีเพื่อให้เกิดความชำนาญ และ ใช้ได้อย่างถูกวิธี (ปราโมทย์ แสงพลสิทธิ์,2539: 62-70)

การใช้สีตัดกัน (Color Contrasts) เป็นเรื่องปกติที่คนโดยทั่วไปจะพอใจกับการดูสีที่กลมกลืนกันโดยการใช้สีคล้ายคลึงกัน แต่การใช้สีต่างกันมาอยู่ด้วยกันนั้นเรียกความสนใจได้ดีกว่า และ ถ้าใช้อย่างเหมาะสมก็ให้ความกลมกลืนของงานโดยรวมได้เช่นเดียวกัน ลักษณะการตัดกันของสีสามารถจะแยกได้ดังนี้ คือ การตัดกันของสีสัน การตัดกันของสีสัน(Chromatic Contrast) สีที่ตัดกันได้ระหว่างแม่สีขั้นที่ 1 (แดง เหลือง น้ำเงิน) จะรุนแรงกว่าสีที่ตัดกันในระหว่างสีขั้นที่ 2 (ส้ม เขียว ม่วง) และ สีขั้นที่ 3 ก็จะตัดกันได้รุนแรงน้อยลงตามลำดับ

2) การตัดกันของสีที่ไม่มีสีสัน การตัดกันของสีที่ไม่มีสีสัน (Achromatic Contrast) เป็นการใช้คู่สี สีที่ไม่มีสีสันได้แก่ สีดำ สีขาว และ สีเทาที่เกิดจากการผสมสีดำเข้ากับสีขาวในอัตราส่วนต่างๆ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าสีกลาง (Neutral Color) การตัดกันของสีขาว และ สีดำก่อให้เกิดความแตกต่างของสีที่รุนแรงที่สุด ทำให้เห็นรายละเอียดของคู่สีทั้ง 2 นั้นชัดเจนที่สุดด้วยวิธีที่เรียบง่ายที่สุด ดังนั้นจึงเหมาะสมสำหรับใช้เป็นเทคนิคของการวาดภาพร่าง (Sketch) ภาพวาด

(Drawing) การเขียน และ การพิมพ์ปกติแล้วจะใช้สีขาวเป็นสีพื้น และ สีดำเป็นสีภาพ เพราะคนส่วนใหญ่คุ้นเคยกับการประมวลพื้นที่สีดำเป็นรูปร่างของภาพ ในขณะที่เห็นสีขาวเป็นพื้นภาพ ดังนั้นการสร้างภาพให้สีทั้งสองสลับหน้าที่กันจะได้ภาพที่ไม่เหมือนจริง หรือได้งานที่แปลกออกไปกว่าปกติ

3) การตัดกันของความสว่างสี การตัดกันของความสว่างสี (Lightness Contrast) สีที่มีความสว่างสีใกล้เคียงกันมีแนวโน้มที่จะรวมตัวกันในการรับรู้สีของเราทำให้ดูเป็นกลุ่มเดียวกัน แต่สีที่มีความสว่างสีต่างกันเมื่อมาอยู่ใกล้เคียงกันจะส่งผลกระทบกันให้เราเห็นภาพผิดเพี้ยนจากที่เป็นจริง โดยอาจลวงตาให้เห็นขนาดของสีของภาพผิดไปได้

4) การตัดกันของสีคู่ตรงข้าม การตัดกันของสีคู่ตรงข้าม (Complementary Contrast) คือ การใช้สี 2 สีที่อยู่ในตำแหน่งตรงข้ามกันในวงสี เช่น สีแดงเป็นคู่สีตรงข้ามกับสีเขียว สีเหลืองเป็นคู่สีตรงข้ามกันสีม่วง และ สีน้ำเงินเป็นคู่สีตรงข้ามกับสีส้ม คู่สีตรงข้ามเมื่อผสมกันในคู่กันเองจะได้สีกลาง คือ สีออกเทาหรือน้ำตาลขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของคู่สีในการผสมนั้น สีดำ และ สีขาวถือเป็นคู่สีตรงข้ามซึ่งกัน และ กัน สีที่เกือบจะอยู่ตำแหน่งตรงข้ามกันในวงจรสีก็ให้ผลใกล้เคียงกับคู่สีตรงข้าม เช่น สีส้มเกือบเป็นสีตรงข้ามกับสีเขียวอมน้ำเงินหรือสีม่วงอมน้ำเงิน นักทฤษฎีสีบางคนได้ตั้งกฎไว้ว่าคู่สีตรงข้ามตัดกันจะอยู่ด้วยกันได้สบายตาที่สุด เมื่อสัดส่วนของสีทั้งสองรวมกันได้สีเทากลาง เช่น ถ้าสี A มีความจัดจ้านของเนื้อสีมากกว่า สี B ในพื้นที่ใหญ่กว่าสี A ในงานออกแบบ นอกจากนี้สีแท้แรงๆ จะดูดีที่สุดเมื่อใช้ในเนื้อที่น้อยๆ และ ล้อมรอบด้วยพื้นที่ที่ใหญ่กว่าของคู่สีตรงข้ามที่นุ่มกว่า โดยการเจือสีขาว ดำ เทา เพื่อให้ความเข้มสีลดลง

5) การตัดกันของปริมาณหรือพื้นที่สี การตัดกันของปริมาณหรือพื้นที่สี (Quantitation Contrast) เป็นการตัดกันด้วยขนาด และ พื้นที่สีตั้งแต่ 2 สีขึ้นไป ซึ่งต้องคำนึงถึงสัดส่วนของสีทั้งสองให้สมดุลกัน โดยในที่นี้ใช้ความอิ่มตัวสีเป็นเกณฑ์จัดความสมดุล เช่น สีเหลืองกับสีม่วง มีอัตราส่วนของความอิ่มตัวสีเป็น 3:1 เมื่ออยู่ร่วมกันให้เกิดความสมดุลต้องให้พื้นที่สีเหลืองต่อพื้นที่สีม่วง มีอัตราส่วนเป็น 1:3 สีส้มกับสีน้ำเงิน มีอัตราส่วนของความอิ่มตัวสีเป็น 2:1 เมื่ออยู่ร่วมกันให้เกิดความสมดุลต้องให้พื้นที่สีส้มต่อพื้นที่สีน้ำเงิน มีอัตราส่วนเป็น 1:2 และ สีแดงกับสีเขียว มีอัตราส่วนของความอิ่มตัวสีเป็น 1:1 เมื่ออยู่ร่วมกันให้เกิดความสมดุลต้องให้พื้นที่สีแดงต่อพื้นที่สีเขียว มีอัตราส่วนเป็น 1:1

6) การตัดกันของสีร้อน และ สีเย็น การตัดกันของสีร้อน และ สีเย็น (Cold-Warm Contrast) ถือเป็นการตัดกันของสีที่รุนแรงที่สุด สีร้อนได้แก่ สีเหลือง สีส้ม สีส้มอมเหลือง สีส้มอมแดง สีแดง และ สีม่วงอมแดง ส่วนสีเย็นได้แก่ สีเขียวอมเหลือง สีเขียว สีเขียวอมน้ำเงิน สีน้ำเงิน สีม่วงอมน้ำเงิน และ สีม่วง สีม่วง และ สีเหลืองเป็นสีก้ำกึ่งระหว่างสีร้อน และ สีเย็นทั้งนี้ขึ้นกับความสว่างสี ความอิ่มตัวสี และ อิทธิพลสีข้างเคียง เช่น สีเหลืองที่มีความเข้มสูง และ มีความสว่างของสี

มากเมื่ออยู่กับสีน้ำเงินก็จะถูกขับให้เป็นสีร้อน แต่ถ้าอยู่กับสีเย็นที่มีน้ำหนักสีใกล้เคียงกัน เช่น สีเขียวอมเหลืองก็จะถูกกลมกลืนให้เข้าพวกเป็นสีเย็นได้เช่นกัน ความรุนแรงของการตัดกันด้วยสีร้อน-เย็นจะลดลงถ้าคู่สีนั้นถูกเจือจางด้วยสีดำ ขาว หรือเทา สีร้อนมีคุณสมบัติในลักษณะของความตื่นตัว เร้าใจ ทึบ ใกล้ หนัก แห้ง จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นส่วนของภาพ ในขณะที่สีเย็นให้ลักษณะของความผ่อนคลาย โปร่ง สงบไกล เบา เปียก จึงเหมาะที่จะใช้เป็นส่วนพื้นภาพ

7) การตัดกันของคู่สีที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาไซมัลเทเนียสคอนทราส การตัดกันของคู่สีเกิดที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาไซมัลเทเนียสคอนทราส (Simultaneous Contrast) กล่าวคือเมื่อนำสีต่าง ๆ มาอยู่ด้วยกันตาจะถูกกระตุ้นให้เห็นสีตรงข้ามของสีเหล่านั้นทำให้เห็นสีผิดเพี้ยนไปจากที่เป็นจริง โดยอิทธิพลของสีที่อยู่ข้างเคียงกัน เช่น เมื่อเอาสีเขียวล้อมรอบสีส้มทำให้สร้างภาพด้วยคู่สีตรงข้ามกับสีเขียว (คือสีแดง) นี้ไปผสมกับภาพจริงทำให้เห็นสีส้มเป็นสีส้มอมแดงกว่าปกติ เช่นกันถ้าล้อมรอบสีส้มด้วยสีม่วงจะเห็นสีส้มเป็นสีส้มอมเหลืองกว่าที่เป็นจริงปรากฏการณ์ของไซมัลเทเนียสคอนทราสทำให้เห็นความสว่างสีเพี้ยนไปด้วย โดยถ้าเราล้อมรอบสีใดด้วยสีที่สว่างกว่าสีนั้น จะเห็นสีนั้นมืดลงกว่าปกติ การตัดกันของสียังทำให้เราเห็นค่าความอิ่มตัวของสีผิดไปด้วย เช่นถ้าเราล่อมรอบสีใดด้วยสีที่เป็นคู่สีตรงข้ามของสีนั้นจะเห็นสีนั้นสดขึ้น แต่ถ้าล้อมรอบสีนั้นด้วยสีที่มีตำแหน่งใกล้เคียงกันในวงจะส่งผลให้สีนั้นดูทึบลง

2.4.5 การพิจารณาเลือกบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับสินค้าแต่ละชนิด มีปัจจัยที่ควรพิจารณา คือ ลักษณะ และ คุณสมบัติของสินค้า สินค้าแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ซึ่งเราจะต้องพิจารณาว่าลักษณะของสินค้าทั้งทางด้านกายภาพ และ ทางด้านเคมีมี ลักษณะเป็นเช่นไร เพื่อที่เราจะได้เลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้ถูกต้อง เช่น ถ้าสินค้าของเรามีลักษณะเป็นของเหลว เราจะต้องเลือกบรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะที่ไม่เสียสภาพ เมื่อโดนความชื้น สามารถป้องกันการรั่วซึมได้ หรือ ถ้าสินค้ามีลักษณะเป็นกรด เราก็จะต้องเลือกบรรจุภัณฑ์ที่สามารถทนความเป็นกรดได้ เป็นต้น

2.4.6 การใช้สีสื่อความหมาย สีมีอิทธิพลในการชักจูงจิตใจมนุษย์ให้ตกอยู่ในอารมณ์ต่าง ๆ แม้แต่สำนวนอเมริกันยังมีว่า “Feeling Blue” ซึ่งหมายถึง รู้สึกสลดหดหู่ นักเขียน นักประพันธ์ตั้งแต่สมัยโบราณถึงปัจจุบันก็ยังใช้สีเปรียบเทียบถึงความรู้สึกอยู่เสมอ มีการพิสูจน์ว่าคนส่วนใหญ่มีปฏิกิริยาค่อนข้างเหมือนกันต่อสีหนึ่งๆ อย่างไรก็ตามก็มีกรณีเฉพาะที่แตกต่างในแต่ละบุคคลเพราะความรู้สึกที่มีต่อสีของคน โดยมากขึ้นกับประสบการณ์ และ การเรียนรู้จากธรรมชาติ บางครั้งจึงมีรสนิยมเกี่ยวกับสีที่ต่างกันโดยไม่มีเหตุผล สีให้ความรู้สึกอย่างไรนั้นอาจจะสังเกตได้จากปฏิกิริยาตอบสนองของเด็ก ๆ เพราะเด็กไม่รู้ และ ไม่สนใจเรื่องการใช้สีเป็นเครื่องหมายแทนสิ่งหนึ่งสิ่งใด และ ยังบริสุทธิ์อยู่มากกับประสบการณ์เกี่ยวกับสีจิตวิทยาสีจึงถูกนำมาใช้ในวงการต่างๆ เช่น เพื่อการขายสินค้า โดยโฮเวิร์ด เคตแซม (Howard Ketcham) ทำการศึกษาได้ข้อสรุปว่า ยอดขายกาแฟดีขึ้น

เมื่อใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นสีเหลือง หรือสีน้ำผึ้ง ในขณะที่เครื่องประดับอัญมณีจะดูสูงค่าเมื่ออยู่กับสีเหลือง สีม่วงสดจ้า และ สีแดง (ผกามาศ ผจญแกล้ว,2539: 179)

การใช้สีสื่อความหมายได้เนื่องจากสีแต่ละสีมีลักษณะเฉพาะตัว จึงมีการใช้สีมาเป็นสัญลักษณ์ในงานต่างๆ ขอยกเป็นตัวอย่างพอสังเขปดังนี้

1) สีเหลือง มีลักษณะเป็นสีที่สว่าง และ สะท้อนแสงมากที่สุดในบรรดาสีแท้ต่างๆ ในแง่บวกนั้น จะใช้สีเหลืองสดใสเป็นสัญลักษณ์ของพระอาทิตย์ ความสนุกสนานร่าเริง ความมีชีวิตชีวา ในประเทศจีนใช้สีเหลืองในการสักการบูชาสิ่งศักดิ์สิทธิ์เช่นเดียวกับคริสตจักรในยุโรปที่ใช้สีเหลืองเป็นเครื่องหมายของแสง และ รัศมีที่เปล่งออกจากเศียรพระเจ้า ในแง่ลบนั้นจะใช้สีเหลืองมืดสีเหลืองอมเทา สีเหลืองอมเขียวคล้ำ เป็นสีเหลืองที่ไม่พึงนิยม และ คนส่วนใหญ่ไม่ชอบที่สุดในกระบวนสีทั้งหมดเพราะให้ความรู้สึกเกี่ยวพันกับโรคภัยไข้เจ็บ เชื้อโรค ความหยาบคาย ความขี้ขลาด อิจฉาริษยา หลอกลวง ฉ้อโกง และ ทรยศ หักหลัง

2) สีแดง มีลักษณะเป็นสีที่แรงที่สุด และ มีอำนาจในการดึงดูดความสนใจมากที่สุด ให้ความรู้สึกตื่นเต้น ก้าวร้าว มีการค้นพบการใช้สีแดงเร่งจังหวะชีพจร และ เพิ่มความดันโลหิต ในขณะที่แสงสีน้ำเงินให้ผลในทางตรงข้าม สีแดงเป็นสียอดนิยมที่สุดในหมู่ผู้หญิง สีแดงให้ความโดดเด่นที่สุดในการตกแต่งนอกสถานที่จึงพบสีแดงมากมายในที่กลางแจ้ง เช่น เก้าอี้ชายหาด ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ สีแดงเป็นสัญลักษณ์ของความรักใคร่ และ อารมณ์ให้ความรู้สึกเกี่ยวพันกับความเร่าร้อน โทสะ ความขัดแย้ง การทะเลาะวิวาท อันตราย และ ความรู้สึกทางเพศ ในประเทศจีนใช้สีแดงกับงานมงคล เช่น พิธีแต่งงาน แต่สำหรับบางศาสนาในประเทศแถบยุโรป และ อเมริกาใช้สีแดงเป็นสัญลักษณ์ของความทุกข์ทรมาน และ ความศรัทธา แม้ว่าสีแดงสดจะเร้าใจเป็นที่นิยมของคนส่วนใหญ่ แต่ถ้าใช้มากเกินไปทำให้สายตาล้าซึ่งส่งผลให้เราต้องการคู่สีตรงข้ามมาชดเชยให้สบายตาขึ้น

3) สีน้ำเงิน มีลักษณะเยือกเย็น เงียบสงบ ไร้ปฏิกิริยาโต้ตอบ สีน้ำเงินเป็นสัญลักษณ์ของความหวัง ความจริงใจ และ ความสงบเยือกเย็น

4) สีม่วง มีลักษณะยิ่งใหญ่ โอ่อ่า ร่ำรวย ความซาบซึ้ง ประทับใจ สีม่งเป็นสัญลักษณ์ของการผสมผสานของสีน้ำเงิน และ สีแดงจึงรวมสมบัติของสีทั้งสองด้วย นั่นคือ ความห้าวหาญพละกำลังของสีแดงกับความมีคุณธรรม ความเกี่ยวพันกับจิตวิญญาณของสีน้ำเงิน สีม่วงจึงให้ความหมายของราชวงศ์

5) สีเขียว มีลักษณะคล้ายสีน้ำเงิน ถือเป็นสีที่ผ่อนคลายที่สุด ใช้เป็นสัญลักษณ์แสดงถึงศรัทธา และ ชีวิตที่เป็นนิรันดร และ ยังให้ความรู้สึกสดชื่น อ่อนเยาว์ ไร้เดียงสา และ ความเป็นอมตะ

6) สีขาว มีลักษณะกระตุ้นเร้าใจเมื่อเทียบกับสีดำ สว่าง สะท้อนแสง โปร่งเบา ละเอียดอ่อน เปราะบาง สีขาวเป็นสัญลักษณ์ของความบริสุทธิ์ ไร้เดียงสา ความสัตย์ ความดีงาม และ คุณธรรม ในประเทศจีนสีขาวเป็นสีของความโศกเศร้า และ การพราก แต่ในประเทศตะวันตกสีขาวเป็นสีประเพณีนิยมในการตัดชุดเจ้าสาว สำหรับธงขาวหมายถึงการสงบศึกหรือการยอมแพ้

7) สีดำ มีลักษณะเงียบสงบ ข่มอารมณ์ หดหู่ เคร่งขรึม ล้ำลึก ในประเทศตะวันตกนั้นสีดำมักใช้เป็นสัญลักษณ์ที่ให้ความหมายของความตาย และ ความโศกเศร้าเสียใจนอกจากนี้ยังหมายถึงความเร้นลับ ความน่ากลัว และ ความชั่วร้าย แม้ว่าสีดำจะแสดงถึงความห่อเหี่ยวเศร้าหมอง แต่ถ้าใช้ร่วมกับสีอื่น เช่น เป็นสีพื้น และ เสริมความเด่นด้วยสีขาวหรือสีอื่นๆ ก็จะให้ความรู้สึกของความเป็นระเบียบแบบแผนที่น่าดู

8) สีส้ม ให้ความรู้สึกคึกคัก แข็งแรง

9) สีเทา ให้ความรู้สึกเศร้า สลดใจ

10) สีชมพู ให้ความรู้สึกประณีต ร่าเริง มีความหวัง

11) สีทอง ให้ความรู้สึกมั่งมี มั่งคั่ง มีราคา สูงค่า ความเจริญรุ่งเรือง

12) สีน้ำตาล ให้ความรู้สึกแห้งแล้ง น่าเบื่อหน่าย

(ผกามาศ ผจญแกล้ว,2539: 176-180)

2.5 ค่าความแตกต่างสีรวมของซีไออี

ค่าสีซีแล็บสามารถนำมาใช้เพื่อคำนวณค่าความแตกต่างสีได้ ค่าความแตกต่างสีในที่นี้ คือ ค่าความแตกต่างสีรวมของซีไออี (CIE y = total color difference) เขียนแทนด้วย ΔE^*_{ab} (อ่านว่า เดลต้าอีสตาร์เอบี) เป็นค่าแสดงความแตกต่างในทุกมิติของสีรวมกันระหว่างสีสองสีใดๆ ใช้สำหรับควบคุมคุณภาพงานพิมพ์เพื่อให้ได้สีที่ถูกต้องตามต้องการ รายละเอียดสำคัญเกี่ยวกับค่าความแตกต่างสีรวมของซีไออีมีดังนี้

2.5.1 สูตรการคำนวณค่าความแตกต่างสีรวม ค่าความแตกต่างสีรวมของซีไออีระหว่างสองสีใดๆ คำนวณได้โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L * 2 + \Delta a * 2 + \Delta b * 2}$$

โดยที่ ΔE^*_{ab} คือ ความแตกต่างสีรวม (total color difference) ระหว่างสีสองสีใดๆ

ΔL^* คือ ผลต่างระหว่าง L_1^* ของสีที่ 1 และ L_2^* ของสีที่ 2

Δa^* คือ ผลต่างระหว่าง a_1^* ของสีที่ 1 และ a_2^* ของสีที่ 2

Δb^* คือ ผลต่างระหว่าง b_1^* ของสีที่ 1 และ b_2^* ของสีที่ 2

จากสูตรการคำนวณจะเห็นได้ว่า ค่าความแตกต่างสีรวมเป็นผลรวมของค่าความแตกต่างสีระหว่างสีสองสีใดๆ กล่าวคือ เป็นค่าความแตกต่างในมิติของ ความสว่าง สีสัน และ ความอิ่มตัวสีรวมกัน โดยความแตกต่างของความสว่างสีพิจารณาจากค่า ΔL* ส่วนค่าความแตกต่างของสีสันและ ความอิ่มตัวสีพิจารณาจากค่า Δa* และ Δb* ร่วมกัน ค่าของ ΔL*, Δa* และ Δb* มีค่าเป็นไปได้ทั้ง 0, + และ – แต่ ΔE_{ab}* เป็นจำนวนที่มีค่าเป็นได้เฉพาะ 0 และ + เท่านั้น ทั้งนี้ผลต่างของค่า L*, a*, b* ระหว่างสีที่ 1 และ สีที่ 2 โดยทั่วไปหมายถึง ผลต่างระหว่างค่า L*, a*, b* ของสีที่พิมพ์ได้กับค่า ค่า L_s*, a_s*, b_s* ของสีมาตรฐาน

2.5.2 การแปลความหมายค่าความแตกต่างสีรวม ก่อนที่จะพิจารณาความหมายของ ΔE^*_{ab} ขอให้พิจารณาความหมายของค่า ΔL*, Δa* และ Δb* แต่ละค่าก่อน เนื่องจากการประเมินความแตกต่างสีด้วยค่า ΔE^*_{ab} เท่านั้น ทำให้ทราบเพียงว่าสีที่พิมพ์ได้แตกต่างไปจากสีมาตรฐานมากหรือน้อย แต่ไม่ทราบว่าแตกต่างกันในมิติสีใดบ้าง และ มากน้อยเท่าไหร่ เช่น สว่างมากกว่าหรือแดงมากกว่าหรือไม่ ดังนั้นจึงต้องพิจารณาค่าของ ΔL*, Δa* และ Δb* ประกอบด้วยดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าค่าความแตกต่างของค่าสีทั้งสามเป็นไปได้ทั้ง 0, + และ –ในกรณีที่เป็นศูนย์แสดงว่าในมิติสีนั้นไม่มีความแตกต่างกัน แต่ในกรณีเป็น + หรือเป็น – มีความหมายดังนี้

1) ถ้า ΔL* มีค่าเป็นบวก หมายความว่า สีที่พิมพ์ได้มีความสว่างสีสูงกว่ามาตรฐาน

ถ้า ΔL* มีค่าเป็นลบ หมายความว่า สีที่พิมพ์ได้มีความสว่างสีต่ำกว่าหรือมืดกว่ามาตรฐาน

2) ถ้า Δa* มีค่าเป็นบวก หมายความว่า สีที่พิมพ์ได้แดงมากกว่าหรือเขียวน้อยกว่ามาตรฐาน

ถ้า Δa* มีค่าเป็นลบ หมายความว่า สีที่พิมพ์ได้มีเขียวมากกว่าหรือแดงน้อยกว่ามาตรฐาน

3) ถ้า Δb* มีค่าเป็นบวก หมายความว่า สีที่พิมพ์ได้เหลืองมากกว่าหรือน้ำเงินน้อยกว่ามาตรฐาน

ถ้า Δb* มีค่าเป็นลบ หมายความว่า สีที่พิมพ์ได้น้ำเงินมากกว่าหรือเหลืองน้อยกว่ามาตรฐาน

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในการพิจารณาค่า ΔE^*_{ab} ว่าเป็นใดจึงจัดว่าน้อยหรือมากนั้น ทำได้โดยอาศัยเกณฑ์ของค่า ΔE^*_{ab} ที่สัมพันธ์กับระดับความแตกต่างของสีที่เห็นได้ดังนี้

0 ≤ $\Delta E^*_{ab} < 1$ คือ มองไม่เห็นความแตกต่างสี

1 ≤ ΔE^*_{ab} < 2 คือ สีมีความแตกต่างกันน้อย สังเกตเห็นได้โดยผู้มีประสบการณ์หรือมีความเชี่ยวชาญในการเทียบสี และ ที่ ΔE^*_{ab} = 1 ความแตกต่างของสีเริ่มสังเกตเห็นได้ (Just noticeable difference)

2 ≤ ΔE^*_{ab} < 3.5 คือ สีมีความแตกต่างกันพอสมควร เห็นได้แม้แต่คนทั่วๆ ไป

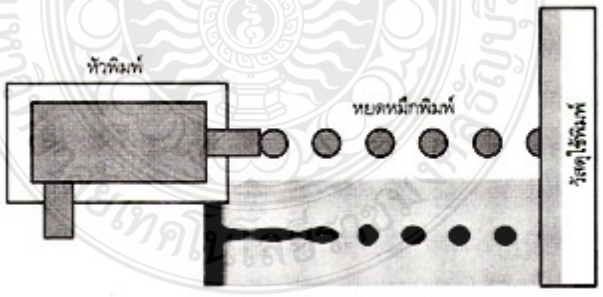
3.5 ≤ ΔE^*_{ab} ≤ 5 คือ สีมีความแตกต่างกันชัดเจน

ΔE^*_{ab} > 5 คือ สีมีความแตกต่างกันอย่างมาก

(ธีระ ตั้งวิชาชาญ, 1,2552: 11-3 – 11-5)

2.6 หลักการพิมพ์ระบบพ่นหมึก

การพิมพ์ระบบพ่นหมึกเป็นวิธีการพิมพ์ที่ใช้การพ่นหยดหมึกเหลวออกจากท่อพ่นหมึกแล้วไปสร้างภาพโดยตรงบนวัสดุใช้พิมพ์ โดยไม่ต้องมีตัวกลางในการถ่ายโอนภาพ เพียงแต่การพิมพ์ระบบพ่นหมึกจะต้องมีระบบควบคุมหยดหมึกที่สร้างขึ้นให้ไปพิมพ์เฉพาะบริเวณภาพที่ต้องการเท่านั้น และทำให้ส่วนที่ไม่ใช่ภาพไม่มีหยดหมึกพ่นไปเกาะติดบนวัสดุพิมพ์ โดยอาจจะทำการหยุดหยดหมึกก่อนที่จะมาถึงวัสดุใช้พิมพ์หรือไม่มีการสร้างหยดหมึกออกมาจากท่อพ่นหมึกตั้งแต่แรก วิธีการพิมพ์แบบพ่นหมึกในลักษณะนี้หัวพิมพ์ไม่ได้สัมผัสกับวัสดุใช้พิมพ์และไม่ต้องใช้แรงกดพิมพ์ในการทำให้หมึกยึดติดบนวัสดุใช้พิมพ์ จึงเป็นการพิมพ์ไร้แรงกดอย่างแท้จริง นอกจากนี้ยังไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุพิมพ์ที่มีผิวราบในการถ่ายโอนภาพ และยังทำให้สามารถพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ในรูปทรงต่าง ๆ ได้หลากหลายมากขึ้น



ภาพที่ 2.1 แสดงการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์พ่นหมึกและตัวอย่างภาพถ่ายของหยดหมึกที่พ่นออกจากหัวพิมพ์

ที่มา : ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์ หน่วยที่ 8-15, 2548: 135

2.6.1 การสร้างหยดหมึกออกจากท่อพ่นหมึก การสร้างหยดหมึกออกจากท่อพ่นหมึกเป็นหลักการสำคัญและจำเป็นสำหรับการพิมพ์ระบบพ่นหมึกได้มีการพัฒนาวิธีต่างๆ ขึ้นเพื่อสร้างและพ่นหยดหมึกออกมาจากส่วนปลายท่อพ่นหมึก เช่น การใช้พลังงานเสียง (acoustical method) การใช้ความร้อน การยืดและหดตัวของวัสดุไพโซอิเล็กทริกเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า เป็นต้น และการสร้างหยดหมึกให้พ่นออกจากท่อพ่นหมึกอาจจะเป็นการพ่นแบบต่อเนื่อง หรือพ่นแบบเฉพาะจุดที่ต้องการก็ได้ ขึ้นกับโครงสร้างของเครื่องพิมพ์และวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

2.6.2 การควบคุมหยดหมึกเพื่อสร้างเป็นภาพบนวัสดุใช้พิมพ์ การควบคุมหยดหมึกเพื่อสร้างเป็นภาพบนวัสดุใช้พิมพ์ เป็นหลักการสำหรับการพ่นหยดหมึกให้สร้างเป็นภาพ มี 2 วิธีตามประเภทของการพิมพ์พ่นหมึก คือ

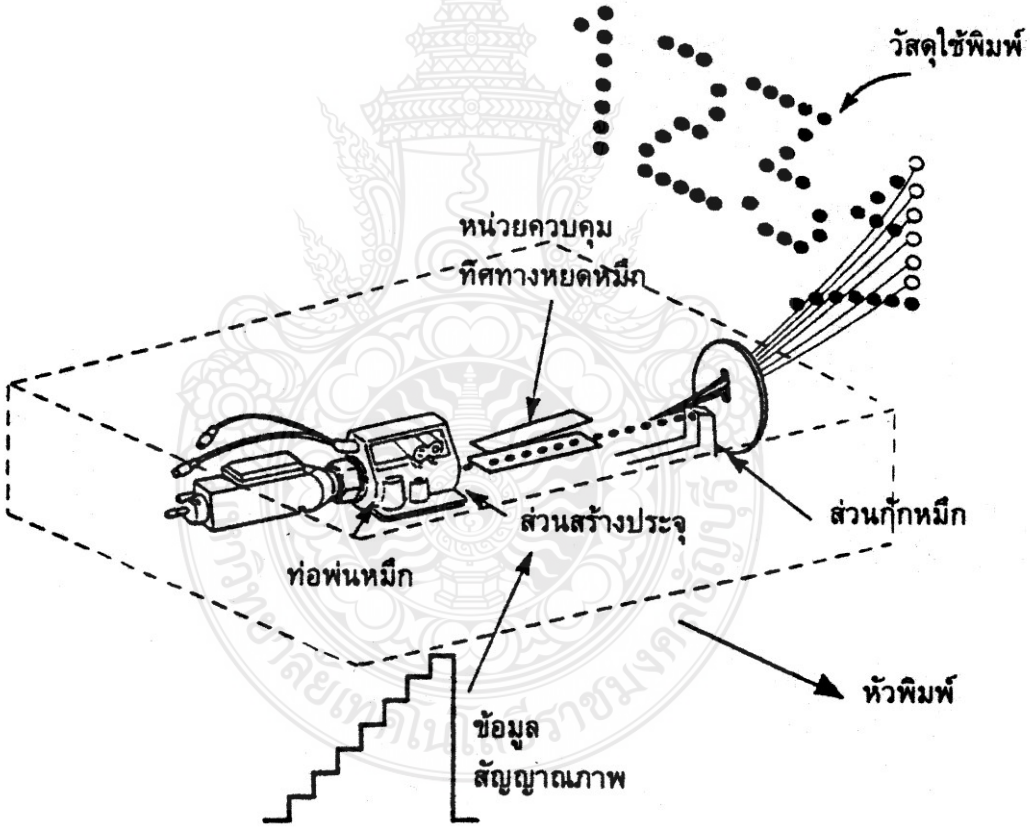
1) การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่อง หยดหมึกที่ออกจากท่อพ่นหมึกแบบต่อเนื่องจำเป็นต้องมีระบบควบคุมหยดหมึกที่พ่นออกมาจากท่อพ่นหมึกเพื่อสร้างเป็นภาพบนวัสดุพิมพ์ที่ใช้พิมพ์เฉพาะบริเวณภาพเท่านั้น ข้อมูลภาพที่เป็นสัญญาณดิจิทัลจากระบบคอมพิวเตอร์จะควบคุมกลไกการสร้างประจุไฟฟ้าให้แก่หยดหมึกที่พ่นออกมาจากท่อพ่นหมึก โดยให้มีความแตกต่างของประจุไฟฟ้าระหว่างหยดหมึกที่จะสร้างเป็นภาพกับหยกหมึกที่ไม่ต้องการสร้างเป็นภาพ จากนั้นให้หยดหมึกผ่านไปยังส่วนที่มีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อควบคุมทิศทางของหยดหมึกเฉพาะส่วนที่ต้องการให้ไปตกบนวัสดุใช้พิมพ์ ส่วนหยดหมึกที่ไม่ต้องการจะถูกควบคุมให้ไปตกบนส่วนกักหมึกให้ไหลลงไปยังอ่างหมึก

2) การพิมพ์พ่นหมึกแบบเฉพาะจุดที่ต้องการ หลักการควบคุมหยดหมึกให้สร้างภาพจะใช้ข้อมูลภาพที่เป็นสัญญาณดิจิทัลไปควบคุมให้ท่อพ่นหมึกพ่นหยดหมึกเฉพาะจุดภาพที่ต้องการบนวัสดุใช้พิมพ์ เท่านั้น

2.6.3 การควบคุมกลไกสร้างเป็นภาพต่อเนื่องเต็มพื้นที่ภาพ การควบคุมกลไกการสร้างเป็นภาพต่อเนื่องเต็มพื้นที่ภาพ เป็นกลไกที่เครื่องพิมพ์พ่นหมึกจะทำให้หัวพิมพ์สามารถสร้างภาพได้ต่อเนื่องจนได้ภาพที่ต้องการบนวัสดุใช้พิมพ์

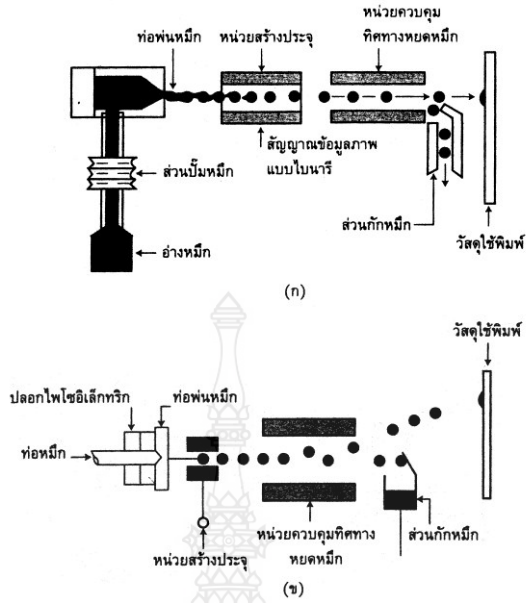
2.6.4 ประเภทของการพิมพ์ระบบพ่นหมึก การพิมพ์ระบบพ่นหมึกมีการพัฒนาทางเทคโนโลยีมานานกว่า 100 ปี เป็นการพัฒนาด้านการสร้างหยดและพ่นหมึก ลักษณะท่อพ่นหมึก เครื่องพิมพ์พ่นหมึก และวัสดุต่างๆ ที่ใช้พิมพ์ในระบบพ่นหมึก ปัจจุบันการพิมพ์ระบบพ่นหมึกมีใช้กันมากมายหลายประเภท หากจำแนกประเภทการพิมพ์ระบบพ่นหมึกตามลักษณะการสร้างและพ่นหยดหมึกไปบนวัสดุใช้พิมพ์จำแนกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ การพิมพ์ระบบพ่นหมึกแบบต่อเนื่อง และการพิมพ์ระบบพ่นหมึกแบบเฉพาะจุดที่ต้องการ

1) การพิมพ์ระบบพ่นหมึกแบบต่อเนื่อง เป็นการพิมพ์ระบบพ่นหมึกที่ใช้แรงดันให้หมึกพ่นออกมาจากท่อพ่นหมึกขนาดเล็กที่ละหยดอย่างต่อเนื่องเป็นสายหมึก การพิมพ์พ่นหมึกประเภทนี้จำเป็นต้องมีระบบสร้างประจุเพื่อสร้างประจุไฟฟ้าแก่หยดหมึกตามสัญญาณข้อมูลภาพ โดยให้หยดหมึกส่วนที่เป็นภาพมีประจุไฟฟ้าแตกต่างจากหยดหมึกที่ไม่ต้องการให้เป็นภาพ และมีระบบควบคุมทิศทางหยดหมึกให้ตรงไปยังวัสดุใช้พิมพ์หยดที่ต้องการให้สร้างภาพ ส่วนหยดหมึกที่ไม่ต้องการให้ไปตกบนวัสดุใช้พิมพ์ ระบบควบคุมหยดหมึกก็จะต้องเบนทิศทางให้ไปตกในส่วนกักหมึก (gutter) ให้ไหลกลับลงไปในอ่างหมึก แล้วหมุนเวียนกลับมาเข้าไปในท่อพ่นหมึกใหม่ ส่วนใหญ่การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องจะเป็นการพ่นหมึกจากท่อพ่นหมึกในแนวตั้ง ขณะที่หัวพิมพ์จะเคลื่อนไปในแนวนอน จึงทำให้เกิดการพิมพ์ตัวพิมพ์หรือภาพไปทีละแนวบนวัสดุใช้พิมพ์



ภาพที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญในระบบการพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่อง

ที่มา : กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด หน่วยที่ 8-15, 2542: 290



ภาพที่ 2.3 แสดงการสร้างหยดหมึกให้ออกจากท่อพ่นหมึกในการพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่อง (ก) ระบบใช้ที่ปั๊มหมึก (ข) ระบบใช้วัสดุไพโซอิเล็กทริก

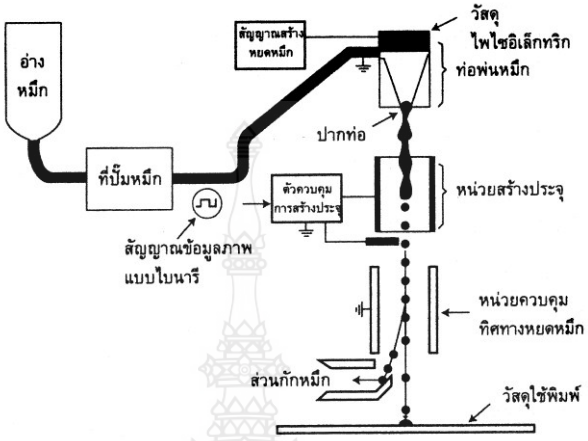
ที่มา : กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด หน่วยที่ 8-15, 2542: 291

การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่อง นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการพิมพ์บรรจุภัณฑ์ เมื่อต้องการพิมพ์วันหมดอายุของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ รหัสแท่ง หรือการพิมพ์ฉลาก การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องสามารถจำแนกตามวิธีการสร้างจุดภาพได้เป็น 2 ประเภท คือ การสร้างจุดภาพขนาดเดียว (fixed dot) และการสร้างจุดภาพหลายขนาด (variable dot) ดังนี้

(1) การสร้างจุดภาพขนาดเดียว การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องที่มีการสร้างจุดภาพขนาดเดียว เป็นวิธีการสร้างและพ่นหยดหมึกให้ไปสร้างจุดภาพแต่ละจุดตามสัญญาณดิจิทัล ด้วยวิธีการนี้จุดภาพแต่ละจุดจะมีน้ำหนักสีเพียงระดับเดียวคือเท่ากับความเข้มของหมึกพิมพ์ ส่วนบริเวณที่ไม่มีจุดภาพก็จะมีน้ำหนักสีเท่ากับสีพื้นของวัสดุใช้พิมพ์ การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องวิธีนี้ มีการสร้างภาพในลักษณะต่างๆขึ้นกับระบบควบคุมทิศทางหยดหมึก ซึ่งจำแนกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ ระบบควบคุมหยดหมึกแบบไบนารี (binary deflection system) ระบบควบคุมหยดหมึกแบบมัลติเพิล (multiple deflection system)

(ก) ระบบควบคุมทิศทางหยดหมึกแบบไบนารี เป็นระบบควบคุมทิศทางหยดหมึกที่ออกมาจากท่อพ่นหมึกให้ไปสร้างเป็นภาพโดยการสร้างประจุไฟฟ้าให้กับหยดหมึก 2 ระดับเท่านั้น คือ มีการสร้างประจุไฟฟ้า กับไม่มีการสร้างประจุไฟฟ้า หยดหมึกที่ได้รับประจุไฟฟ้า

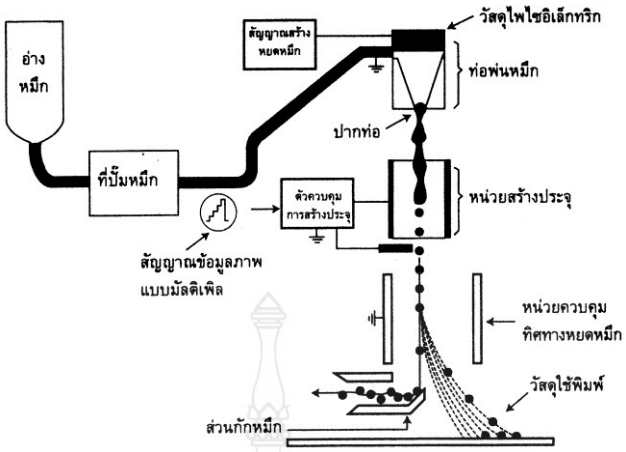
จะปล่อยให้พ่นตรงไปยังวัสดุใช้พิมพ์ ส่วนหยดหมึกที่ไม่มีประจุไฟฟ้า จะถูกเบนทิศทางไปยังส่วนกักหมึกเพื่อไหลลงไปที่บรรจุหมึกแล้วหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่



ภาพที่ 2.4 แสดงการพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องที่ใช้ระบบควบคุมหยดหมึกแบบไบนารี

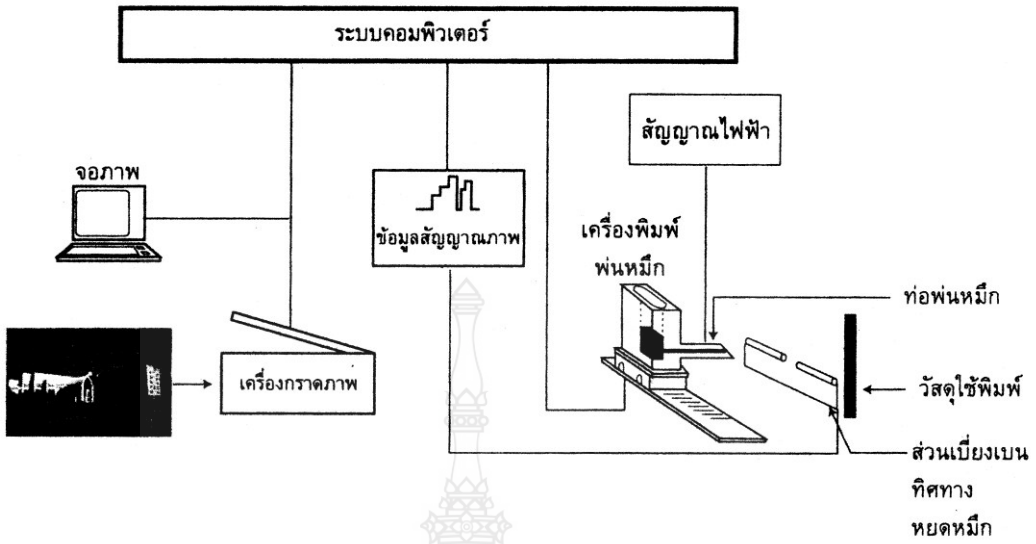
ที่มา : กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด หน่วยที่ 8-15, 2542: 294

(ข) ระบบควบคุมทิศทางหยดหมึกแบบมัลติเพิล เป็นระบบควบคุมทิศทางที่พ่นออกมาจากท่อพ่นหมึกด้วยการสร้างประจุไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้าหลายๆระดับให้แก่หยดหมึก เนื่องจากข้อมูลภาพที่ส่งไปยังเครื่องพิมพ์เป็นสัญญาณไฟฟ้าต่างกันหลายค่าตามระดับสัญญาณข้อมูลภาพนำเข้า หยดหมึกจะมีศักย์ไฟฟ้าต่างกันหลายระดับ แม้ว่าหน่วยควบคุมทิศทางหยดหมึกมีความเข้มของสนามแม่ไฟฟ้าสถิตคงที่ การเคลื่อนที่ของหยดหมึกเมื่อผ่านหน่วยควบคุมทิศทางหยดหมึกจะเกิดการเบี่ยงเบนทิศทางมากหรือน้อย ทำให้เกิดภาพบนวัสดุใช้พิมพ์ในตำแน่งต่างๆ กันไป ส่วนหยดหมึกที่ไม่มีประจุไฟฟ้าจะไม่เบนทิศทาง แต่เคลื่อนที่ตรงไปยังส่วนกักหมึกเพื่อให้ไหลลงอ่างหมึกเพื่อหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่



ภาพที่ 2.5 แสดงการพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องที่ใช้ระบบควบคุมหยดหมึกแบบมัลติเพิล
ที่มา : กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด หน่วยที่ 8-15, 2542: 295

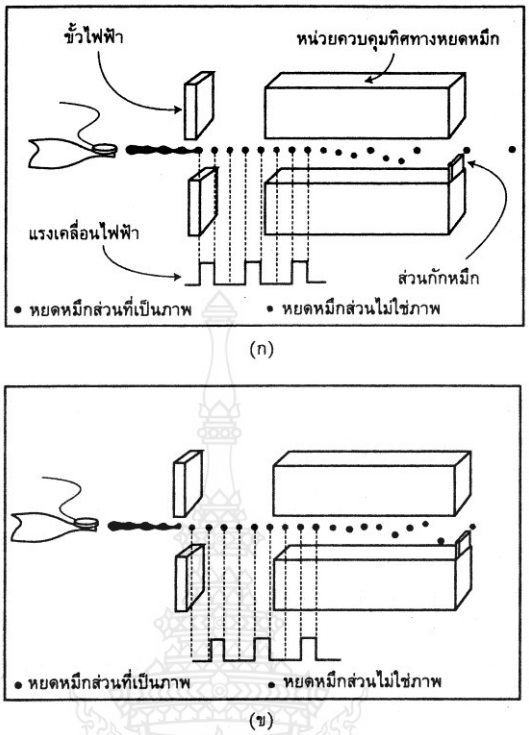
(2) การสร้างจุดภาพหลายขนาด การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องที่มีการสร้างจุดภาพหลายขนาด เป็นวิธีการสร้างแต่ละจุดภาพจากจำนวนหยดหมึกต่างกันได้ตามข้อมูลสัญญาณภาพที่มีหลายระดับ ด้วยวิธีการนี้จุดภาพแต่ละจุดจะมีน้ำหนักสีหลายระดับ ทำให้ภาพพิมพ์ที่ได้มีน้ำหนักสีต่อเนื่องกันมากขึ้น การสร้างและพ่นหมึกวิธีนี้คิดค้นขึ้นโดยศาสตราจารย์เฮลมุท เฮิรตซ์ จึงเรียกการพิมพ์วิธีนี้ว่า การพ่นหมึกแบบเฮิรตซ์ (Hertz technology) การพ่นหมึกแบบเฮิรตซ์ เป็นวิธีการพิมพ์พ่นหมึกที่สามารถพิมพ์ภาพน้ำหนักสีหลายระดับได้โดยให้หมึกที่สามารถเหนี่ยวนำประจุไฟฟ้าไหลผ่านท่อพ่นหมึก เมื่อพ่นหมึกออกจากปลายท่อพ่นหมึก หมึกก็จะระเบิดแตกเป็นหยดหมึกเล็กๆ การสร้างหยดหมึกให้พ่นออกมาจากท่อพ่นหมึกจะยังคงที่อย่างต่อเนื่องด้วยการทำผลึกไพโซอิเล็กทริกยืดหดตัวอย่างรวดเร็ว มีผลทำให้หมึกพิมพ์ภายในท่อพ่นหมึกสั่นตัว ตำแหน่งที่พ่นหยดหมึกจะมีขั้วไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำให้หยดหมึกที่มีประจุไฟฟ้าตรงข้ามกับประจุไฟฟ้าที่เกิดบนขั้วไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าตรงหน่วยควบคุมทิศทางหยดหมึกจะเบี่ยงเบนทิศทางของหยดหมึกที่มีประจุไฟฟ้าไปยังส่วนกักหมึกส่วนหยดหมึกที่ไม่มีประจุไฟฟ้าเป็นหยดหมึกที่ไปสร้างภาพบนวัสดุใช้พิมพ์ แนวคิดของการพิมพ์พ่นหมึกแบบเฮิรตซ์ได้นำมาใช้ผลิตเครื่องพิมพ์พ่นหมึกของบริษัทไอริสกราฟิกส์ (Iris graphics) บริษัทไซเทกซ์ ดิจิทัล (Scitex Digital) ในตลาดของการพิมพ์ปรู๊ฟสีและ การพิมพ์ตามความต้องการด้วยความเร็วสูง



ภาพที่ 2.6 แสดงการพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องแบบเฮิรตซ์

ที่มา : กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด หน่วยที่ 8-15, 2542: 296

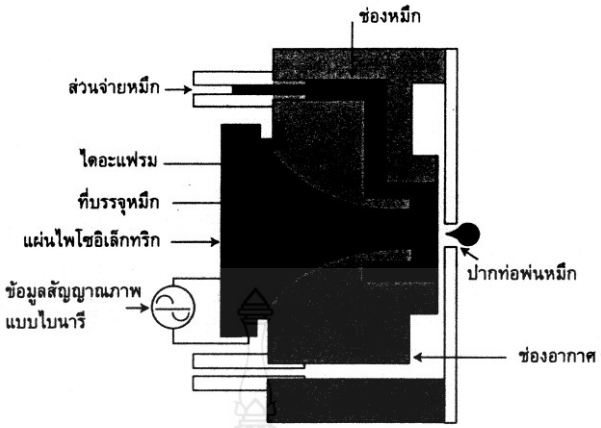
การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องที่มีวิธีการสร้างจุดภาพขนาดเดียวจะใช้ในการพิมพ์เครื่องหมาย รหัส ข้อความบนบรรจุภัณฑ์ รวมทั้งการพิมพ์ป้ายโฆษณากลางแจ้งขนาดใหญ่ ส่วนวิธีการสร้างจุดภาพหลายขนาดนิยมใช้กับงานพิมพ์กราฟิก สิ่งสำคัญของการพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องที่ต้องมีการสร้างหยดหมึกด้วยการกระตุ้นวัสดุไพโซอิเล็กทริกด้วยกระแสไฟฟ้า และมีการสร้างประจุไฟฟ้าให้แก่หยดหมึก คือแรงเคลื่อนไฟฟ้าซึ่งให้แก่ขั้วไฟฟ้าที่สร้างประจุต้องสัมพันธ์กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่กระตุ้นวัสดุไพโซอิเล็กทริก เพื่อทำให้เกิดการเบี่ยงเบนทิศทางหยดหมึกเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์



ภาพที่ 2.7 แสดงการสร้างประจุไฟฟ้าตรงขั้วไฟฟ้าให้แก่หยดหมึก (ก) แรงเคลื่อนไฟฟ้าสัมพันธ์กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่กระตุ้นด้วยวัสดุไพโซอิเล็กทริก (ข) แรงเคลื่อนไฟฟ้าไม่สัมพันธ์กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่กระตุ้นด้วยวัสดุไพโซอิเล็กทริก

ที่มา : กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด หน่วยที่ 8-15, 2542: 297

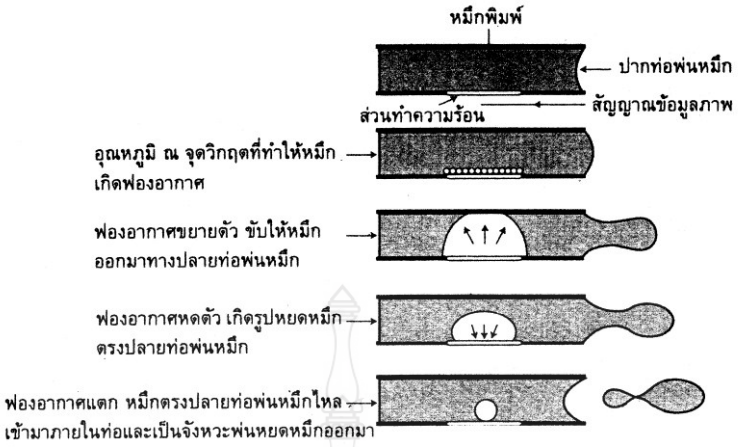
2) การพิมพ์ระบบพ่นหมึกแบบเฉพาะจุดที่ต้องการ การพิมพ์พ่นหมึกแบบเฉพาะจุดที่ต้องการเป็นการพิมพ์ระบบพ่นหมึกที่ท่อพ่นหมึกจะพ่นหมึกออกมาตามข้อมูลสัญญาณภาพเฉพาะหยดหมึกที่ต้องการให้ปรากฏบนวัสดุใช้พิมพ์ ส่วนบริเวณที่ไม่ต้องการให้มีหยดหมึกบนวัสดุใช้พิมพ์ก็จะไม่มีการสร้างหยดหมึกออกมาจากท่อพ่นหมึก การควบคุมให้มีการพ่นหรือไม่พ่นหมึกออกมาจากท่อพ่นหมึกขึ้นกับข้อมูลสัญญาณภาพซึ่งเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ จึงอาจเรียกการพิมพ์พ่นหมึกประเภทนี้ว่า การพิมพ์พ่นหมึกแบบวาล์วอิเล็กทรอนิกส์ (electro-valve jet printer) การพิมพ์พ่นหมึกประเภทนี้จะต้องการระบบสร้างแบะควบคุมหยดหมึกที่จะให้ปรากฏบนวัสดุใช้พิมพ์อยู่ภาพในท่อพ่นหมึก โดยไม่จำเป็นต้องมีส่วนสร้างประจุไฟฟ้า ส่วนควบคุมทิศทางหยดหมึก และระบบหมุนเวียน ทำให้เครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ใช้เทคโนโลยีสร้างภาพลักษณะนี้มีราคาถูกกว่ามาก และ สามารถออกแบบหัวพิมพ์ให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งมีผลให้ภาพพิมพ์มีความละเอียดสูงขึ้น



ภาพที่ 2.8 แสดงลักษณะท่อพ่นหมึกสำหรับการพิมพ์พ่นหมึกแบบเฉพาะจุดที่ต้องการ

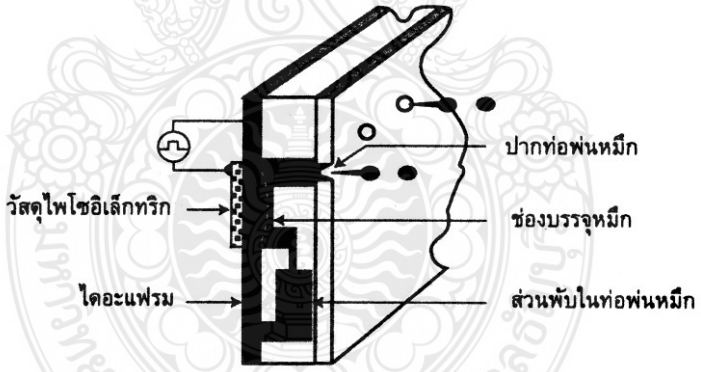
ที่มา : กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด หน่วยที่ 8-15, 2542: 299

หากต้องการได้คุณภาพงานพิมพ์ที่มีความละเอียดสูงจากการพิมพ์พ่นหมึกเฉพาะจุดที่ต้องการ ปริมาตรของหยดหมึกที่พ่นออกมาจากท่อพ่นหมึกจะต้องมีขนาดเล็กมาก ดังนั้น เส้นผ่าศูนย์กลางของหัวพิมพ์จะต้องมีขนาดเล็กมาก ปกติไม่มากไปกว่า 30 ไมครอน การพิมพ์พ่นหมึกเฉพาะจุดที่ต้องการมีกลไกในกระบวนการสร้างและพ่นหยดหมึกได้ 4 วิธี คือ วิธีทางความร้อน (thermal inkjet) วิธีไพโซอิเล็กทริก (piezoelectric inkjet) วิธีประจุไฟฟ้าสถิต (electrostatic inkjet) และวิธีทางเสียง (acoustic inkjet) เครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ผลิตขึ้นมาจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่จะมีกลไกการสร้างหยดหมึกด้วยวิธีทางความร้อนและวิธีไพโซอิเล็กทริก ส่วนวิธีประจุไฟฟ้าสถิตและวิธีทางเสียงยังเป็นวิธีที่ยังอยู่ในระหว่างการพัฒนาในห้องปฏิบัติการ จึงยังมีเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ใช้วิธีการนี้น้อยมากการพ่นหมึกเฉพาะจุดที่ต้องการที่ใช้วิธีทางความร้อนในการสร้างและพ่นหยดหมึกมีลักษณะการพ่นหมึกออกจากท่อพ่นหมึกได้ 2 ลักษณะตามตำแหน่งของปลายท่อพ่นหมึกกับส่วนทำความร้อนภายในท่อพ่นหมึก ดังนี้ คือ ท่อพ่นหมึกที่พ่นหมึกด้านหน้า (roof shooter) และท่อพ่นหมึกที่พ่นหมึกด้านข้าง (side shooter)



ภาพที่ 2.9 แสดงขั้นตอนการสร้างหยดหมึกด้วยวิธีทางความร้อน

ที่มา : กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด หน่วยที่ 8-15, 2542: 301



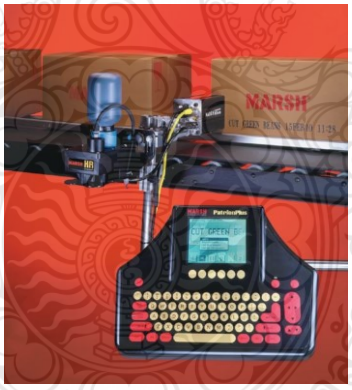
ภาพที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบในท่อพ่นหมึกที่มีการสร้างหยดหมึกด้วยวิธีไพโซอิเล็กทริก

ที่มา : กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด หน่วยที่ 8-15, 2542: 303

2.6.5 เครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึก ปัจจุบันการพิมพ์ระบบพ่นหมึกเป็นระบบการพิมพ์ที่สามารถพิมพ์งานได้หลากหลาย พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ได้หลายชนิด และมีรูปทรงต่างๆได้ เพราะเป็นระบบการพิมพ์ไม่สัมผัส นอกจากระบบการพิมพ์พ่นหมึกจะใช้พิมพ์วันหมดอายุแล้ว ยังสามารถใช้พิมพ์ในรูปแบบอื่นได้อีกมากมาย

1) ประเภทของเครื่องพิมพ์พ่นหมึก เครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ผลิตขึ้นมาจำหน่ายโดยบริษัทต่างๆ หลายบริษัทและได้นำมาใช้งานพิมพ์ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

(1) เครื่องพิมพ์พ่นหมึกสำหรับงานพิมพ์บรรจุภัณฑ์ เครื่องพิมพ์พ่นหมึกประเภทนี้เป็นเครื่องพิมพ์ที่ออกแบบมาสำหรับพิมพ์ข้อความบนบรรจุภัณฑ์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นรหัสแท่ง วันที่ผลิตหรือวันหมดอายุของสินค้า รหัสสินค้า ที่อยู่บนซองหรือกล่องเพื่อจัดส่ง เป็นต้น หลักการสร้างและพ่นหยดหมึกจากท่อพ่นหมึกจากท่อพ่นหมึกในเครื่องพิมพ์พ่นหมึกประเภทนี้ส่วนใหญ่เป็นการพิมพ์แบบต่อเนื่องที่มีการสร้างจุดภาพขนาดเดียวอาจเป็นได้ทั้งระบบที่มีการควบคุมทิศทางหยดหมึกแบบไบนารีหรือมัลติเพิล โดยข้อมูลที่ส่งให้เครื่องพิมพ์จะเป็นสัญญาณข้อมูลแบบไบนารีหรือมัลติเพิล ทั้งนี้ขึ้นกับระบบของเครื่องพิมพ์ ท่อพ่นหมึกที่ใช้มักมีส่วนประกอบไพโซอิเล็กทริกที่ทำให้เกิดคลื่นแรงดันพ่นหมึกไปยังวัสดุใช้พิมพ์



ภาพที่ 2.11 แสดงเครื่องพิมพ์สำหรับพิมพ์บนบรรจุภัณฑ์

ที่มา : http://www.videojet.comitempage=1253024394&pkey=mp.downloads&item=1

(2) เครื่องพิมพ์พ่นหมึกสำหรับงานพิมพ์สำนักงาน เครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ใช้ในสำนักงานส่วนใหญ่เป็นเครื่องพิมพ์ขนาดเล็กที่พิมพ์บนวัสดุพิมพ์ขนาดเอ 4 หรือเอ 3 การสร้างและพ่นหมึกส่วนใหญ่เป็นแบบเฉพาะจุดที่ต้องการใช้วิธีทางความร้อนโดยใช้หมึกพิมพ์เหลวในเครื่องพิมพ์บับเบิ้ลเจ็ต หรือหมึกพิมพ์แข็ง (solid ink) ในเครื่องพิมพ์เฟสเชนจ์ การใช้งานส่วนใหญ่เพื่อพิมพ์ผล

ออกจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น การพิมพ์ข้อความและภาพของหน้าเอกสาร การพิมพ์นามบัตร ด่วน การ์ดเชิญ หน้าอาร์ตเวิร์ก หรือภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพดิจิทัล ซึ่งนับเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะเมื่อมีหมึกพิมพ์พ่นหมึกที่มีความทนทานต่อแสงและการซีดจาง ทั้งยังให้สีสดใสกว่าเครื่องพิมพ์ประเภทอื่น หัวพิมพ์ของเครื่องพิมพ์พ่นหมึกประเภทนี้สามารถถอดเปลี่ยนพร้อมกับการเปลี่ยนตลับหมึก ทำให้งานพิมพ์สะอาดและสะดวกในการใช้งาน

ภาพที่ 2.12 แสดงตัวอย่างเครื่องพิมพ์พ่นหมึกสำหรับสำนักงาน

ที่มา : http://www.epson.co.th/epson_thailand/printers_and_all_in_ones/inkjet/product.page?product_name=Epson_Stylus_Office_TX300F

(3) เครื่องพิมพ์พ่นหมึกสำหรับงานปรู๊ฟสี เครื่องพิมพ์พ่นหมึกสำหรับงานปรู๊ฟสีเป็นเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้งานพิมพ์ปรู๊ฟสีโดยเฉพาะ ส่วนใหญ่เป็นเครื่องพิมพ์พ่นหมึกแบบสี่สี ข้อมูลของภาพแยกสีได้จากระบบคอมพิวเตอร์แยกสี ทำให้เครื่องพิมพ์พ่นหมึกประเภทนี้มักมีชื่อเรียกว่า เครื่องพิมพ์ปรู๊ฟดิจิทัล (digital proof printer) การใช้เครื่องพิมพ์ปรู๊ฟดิจิทัลมีแนวโน้มขยายตัวมากขึ้น เนื่องจากลดต้นทุนของการถ่ายฟิล์ม ทำแม่พิมพ์เพื่อการพิมพ์ปรู๊ฟ ลดขั้นตอนและเวลาในการปรู๊ฟสี สามารถนำงานไปพิมพ์ได้เร็วขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องพิมพ์ปรู๊ฟดิจิทัลให้ได้แผ่นปรู๊ฟสีที่สามารถตรวจสอบได้ควรจะต้องมีระบบการจัดการสี (Color Management System) ประกอบด้วย จึงจะได้แผ่นปรู๊ฟที่มีสีถูกต้อง และต้องสามารถผลิตแผ่นปรู๊ฟจำลองลักษณะที่ควรได้จากการพิมพ์ด้วย เช่น การจับหมึก การพิมพ์ซ้อนทับ เป็นต้น แต่เครื่องพิมพ์พ่นหมึกในงานปรู๊ฟสีขนาดเล็กมักใช้การสร้างและพ่นหมึกแบบเฉพาะจุดที่ต้องการ ซึ่งอาจพ่นด้วยวิธีไพโซอิเล็กทริก วิธีทางความร้อนหรือการใช้หมึกพิมพ์แข็ง เครื่องพิมพ์ชนิดนี้นอกจากจะใช้งานพิมพ์ปรู๊ฟแล้ว ยังนำมาใช้ในงานพิมพ์ทั่วไปสำหรับสำนักงาน วัสดุใช้พิมพ์อาจเป็นแผ่นหรือม้วน

ภาพที่ 2.13 แสดงเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ใช้งานพิมพ์ปรู๊ฟขนาดใหญ่
ที่มา : http://www.epson.co.th/epson_thailand/printers_and_all_in_ones/large_format/product.page?product_name=Epson_Stylus_Pro_9900

ภาพที่ 2.14 แสดงเครื่องพิมพ์พ่นหมึกขนาดเล็กที่ใช้พิมพ์แผ่นปรู๊ฟ
ที่มา : http://www.epson.co.th/epson_thailand/printers_and_all_in_ones/inkjet/product.page?product_name=Epson_Stylus_Office_T1100

(4) เครื่องพิมพ์พ่นหมึกสำหรับป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ เป็นเครื่องพิมพ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มเครื่องพิมพ์ขนาดใหญ่ (wide format printer) มักจะใช้พิมพ์ป้ายโฆษณากลางแจ้งหรือในร่ม หรืองานพิมพ์อื่นๆ ที่มีขนาดใหญ่ เทคโนโลยีของการสร้างและพ่นหมึกประเภทนี้ส่วนใหญ่มี 2 ลักษณะ ได้แก่ การใช้วิธีทางความร้อนโดยใช้หมึกเหลว หรือการใช้วัสดุไพโซอิเล็กทริกที่กระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า เครื่องพิมพ์ที่ใช้หลักการไพโซอิเล็กทริกจะให้ความเร็วในการพิมพ์สูงกว่าเหมาะสำหรับการพิมพ์จำนวนมาก ความละเอียดของเครื่องพิมพ์พ่นหมึกสำหรับงานพิมพ์ประเภทนี้จะอยู่ที่ 180 – 720 จุดต่อนิ้ว ส่วนใหญ่ประมาณ 300 – 360 จุดต่อนิ้วซึ่งสูงเพียงพอที่จะให้คุณภาพ

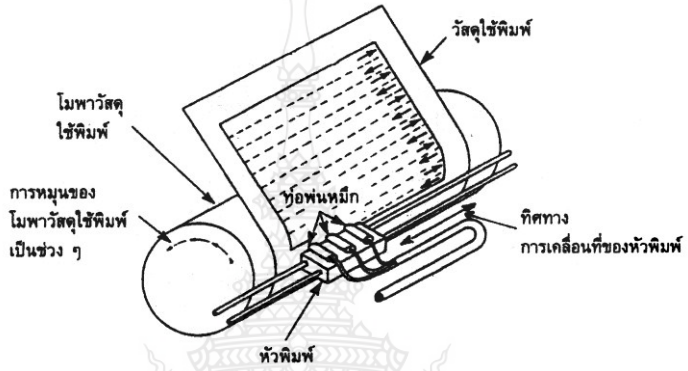
ของภาพบนป้ายโฆษณาที่ดี หากพิมพ์ป้ายโฆษณาที่มีความละเอียดสูงขึ้นความเร็วในการพิมพ์ก็จะยิ่งลดลง ส่วนความอิ่มตัวของสีภาพ ความทนทานต่อแสง และสภาพการใช้งานกลางแจ้งขึ้นกับชนิดของหมึกพิมพ์ที่ใช้

ภาพที่ 2.15 แสดงเครื่องพิมพ์พ่นหมึกสำหรับป้ายโฆษณาขนาดใหญ่
ที่มา : http://www.epson.co.th/epson_thailand/printers_and_all_in_ones/large_format/product.page?product_name=Epson_Stylus_Pro_GS6000

(5) เครื่องพิมพ์พ่นหมึกสำหรับงานพิมพ์ผ้า งานพิมพ์ผ้าหลายงานที่สามารถพิมพ์ด้วยการพิมพ์ระบบพ่นหมึก เช่น ภาพพิมพ์แขวนฝาผนัง ภาพพิมพ์บนเสื้อยืด เสื้อผ้าหรือชุดว่ายน้ำ พรม เป็นต้น การพิมพ์บนผ้าด้วยเครื่องพิมพ์พ่นหมึกสามารถทำได้ 2 วิธี คือการพิมพ์บนกระดาษถ่ายโอน (transfer paper) ก่อนแล้วจึงนำไปผนึกบนผ้าภายหลังหรือการพิมพ์บนผ้าโดยตรง ดังนั้นเครื่องพิมพ์พ่นหมึกสำหรับผ้าจึงมี 2 ประเภทตามวิธีการพิมพ์บนผ้า สำหรับเครื่องพิมพ์หมึกที่พิมพ์บนผ้าโดยตรงก็ยังสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ การพิมพ์บนม้วนผ้าและบนแผ่นผ้า

2) การสร้างภาพให้เต็มพื้นที่ภาพของเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ในการพิมพ์พ่นหมึกจะมีการสร้างและพ่นหยดหมึกจากท่อพ่นหมึกทีละหยด การสร้างภาพแต่ละคราวจะครอบคลุมพื้นที่ภาพทีละส่วน ดังนั้นเครื่องพิมพ์พ่นหมึกจะต้องมีโครงสร้างและกลไกสำหรับการพิมพ์ให้เต็มพื้นที่ภาพบนวัสดุใช้พิมพ์ ความเร็วในการพิมพ์ขึ้นกับการจัดวางตำแหน่งหัวพิมพ์ ขนาดของหัวพิมพ์ และการเคลื่อนที่ของวัสดุใช้ กลไกในเครื่องพิมพ์สำหรับการสร้างภาพให้เต็มพื้นที่สามารถทำได้ 3 แบบดังนี้

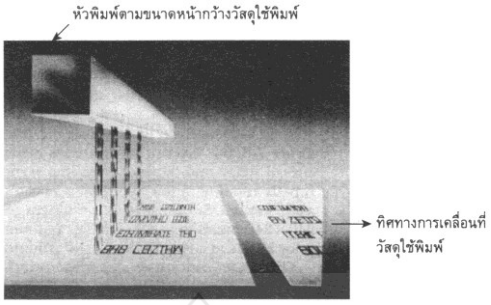
(1) แบบหัวพิมพ์เคลื่อนที่ ขณะที่วัสดุใช้พิมพ์อยู่กับที่ กลไกการสร้างภาพแบบนี้ใช้หลักการเช่นเดียวกับเครื่องพิมพ์ดีด โดยหัวพิมพ์จะเคลื่อนที่ไปมาเพื่อพ่นหมึกบนวัสดุใช้พิมพ์ ขณะที่วัสดุใช้พิมพ์ถูกยึดตรึงอยู่กับที่เมื่อหัวพิมพ์พิมพ์ภาพเต็มแนวกว้างของวัสดุใช้พิมพ์แต่ละแถว วัสดุใช้พิมพ์จะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งถัดไป เพื่อให้หัวพิมพ์สร้างภาพในแนวถัดไป ลักษณะการสร้างภาพเช่นนี้ มักพบในเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ใช้พิมพ์ตัวอักษรเป็นหลัก



ภาพที่ 2.16 แสดงการสร้างภาพแบบหัวพิมพ์เคลื่อนที่ ขณะที่วัสดุพิมพ์อยู่กับที่

ที่มา : กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด หน่วยที่ 8-15, 2542: 321

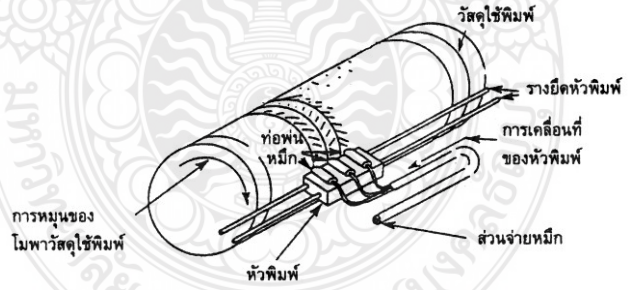
(2) แบบหัวพิมพ์อยู่กับที่ วัสดุใช้พิมพ์เคลื่อนที่ เป็นโครงสร้างเครื่องพิมพ์ที่มีกลไกให้วัสดุใช้พิมพ์เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องด้วยความเร็วคงที่ ผ่านหัวพิมพ์อยู่กับที่ หัวพิมพ์มีลักษณะเป็นแท่งยาวตามขนาดหน้ากว้างของวัสดุใช้พิมพ์ ซึ่งภายในหัวพิมพ์ประกอบด้วยท่อพ่นหมึกขนาดเล็กเรียงชิดติดกันจนเต็มหัวพิมพ์ เครื่องพิมพ์พ่นหมึกลักษณะนี้มักเป็นเครื่องพิมพ์สีเดียว โดยมีแท่งหัวพิมพ์ความยาวประมาณ 11 นิ้วเพื่อพิมพ์ภาพตามขนาดหน้ากว้างของวัสดุใช้พิมพ์ที่เป็นม้วนหรือแผ่นที่เคลื่อนที่ผ่านหัวพิมพ์อย่างต่อเนื่องเพื่อรับหมึกพิมพ์ที่พ่นออกเป็นภาพ



ภาพที่ 2.17 แสดงโครงสร้างเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่วัสดุใช้พิมพ์เคลื่อนที่แต่หัวพิมพ์อยู่กับที่

ที่มา : กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด หน่วยที่ 8-15, 2542: 322

(3) แบบวัสดุใช้พิมพ์และหัวพิมพ์เคลื่อนที่ โครงสร้างเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่มีการเคลื่อนที่ทั้งหัวพิมพ์และวัสดุใช้พิมพ์ จะมีโมยึดวัสดุใช้พิมพ์ ซึ่งจะยึดวัสดุใช้พิมพ์โดยรอบโมตลอดเวลาที่มีการสร้างภาพจนเต็มพื้นที่พิมพ์ขณะที่โมยึดวัสดุใช้พิมพ์หมุนไปด้วยความเร็วสูงและคงที่เพื่อรับหมึกจากหัวพิมพ์ หัวพิมพ์จะเคลื่อนที่อย่าช้าๆ กลับไปกลับมาตามแนวขนานของโม เพื่อพ่นหมึกสร้างภาพบนวัสดุใช้พิมพ์ ทำให้จุดภาพที่เกิดขึ้นบนวัสดุใช้พิมพ์จะเรียงตัวต่อเนื่องกันในลักษณะเป็นเกลียว (helical pattern)



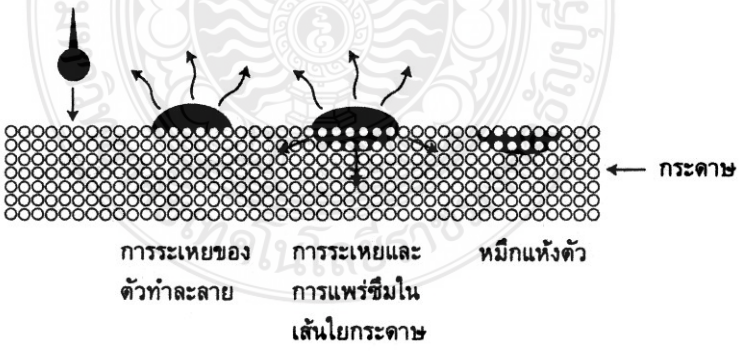
ภาพที่ 2.18 แสดงลักษณะเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่มีการเคลื่อนที่ทั้งวัสดุและหัวพิมพ์

ที่มา : กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด หน่วยที่ 8-15, 2542: 322

3) หมึกพิมพ์ในการพิมพ์ระบบพ่นหมึก ตลอดเวลาที่มีการพัฒนาการพิมพ์พ่นหมึกก็ได้มีการตระหนักถึงความสำคัญของหมึกและวัสดุที่ใช้พิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์ระบบพ่นหมึกด้วย หมึกพิมพ์ที่ใช้สำหรับการพิมพ์พ่นหมึกจะต้องเป็นหมึกเหลวขณะที่มีการสร้างและพ่นหยดหมึกออกจากท่อพ่นหมึก เมื่อหยดหมึกเหลวสัมผัสผิวหน้าของวัสดุใช้พิมพ์โดยเฉพาะกระดาษ หมึกพิมพ์จะกระจายตัวเข้าไปในเส้นใยกระดาษ ถ้าการกระจายตัวของหมึกมากเกินไป ก็จะไม่สามารถรักษาความละเอียดของภาพตามข้อมูลภาพจากระบบคอมพิวเตอร์ได้ ถ้าใช้วัสดุพิมพ์ที่มีความสามารถในการดูดซึมต่ำ เช่น กระดาษเคลือบผิว หมึกพิมพ์จะแพร่ซึมเข้าไปในวัสดุพิมพ์ช้าเกินไป หมึกจะไม่สามารถแห้งตัวได้ภายในระยะเวลาอันสั้น คุณภาพสีที่ได้จากการพิมพ์ต่ำ ดังนั้นคุณภาพงานพิมพ์จึงขึ้นกับความสามารถในการกระจายตัวของหมึกและความสามารถในการดูดซึมหมึกของวัสดุใช้พิมพ์ อันเป็นสาเหตุสำคัญที่ต้องพัฒนาเทคโนโลยีของหมึกพิมพ์และวัสดุใช้พิมพ์สำหรับการพิมพ์พ่นหมึกควบคู่ไปด้วย ในที่นี้จะกล่าวถึงหมึกพิมพ์สำหรับการพิมพ์พ่นหมึก

(1) องค์ประกอบหมึกพิมพ์ องค์ประกอบหลักที่สำคัญของหมึกพิมพ์ในการพิมพ์ระบบพ่นหมึกจะเหมือนกับหมึกพิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์ระบบอื่นๆ คือ ประกอบด้วยตัวพาหมึก ซึ่งเป็นส่วนที่มีตัวทำละลาย เรซิน และสารเติมแต่งอื่นๆ หรือมักเรียกส่วนนี้ทั้งหมดโดยรวมว่าเป็น ฐานหมึก (ink base) และสารให้สี (colorants)

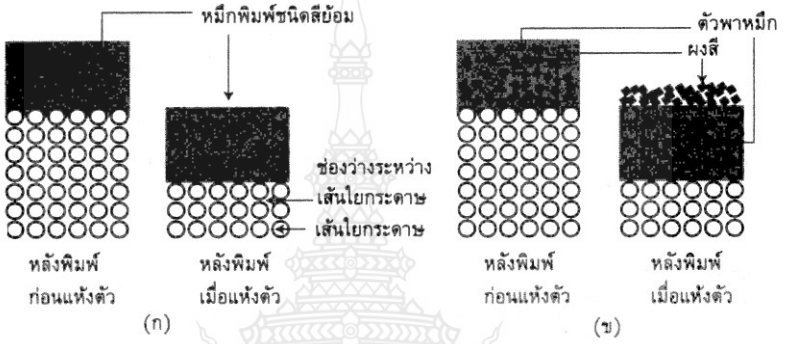
(ก) ตัวพาหมึก หรือฐานหมึกเป็นส่วนที่มีเรซิน ตัวทำละลาย และสารเติมแต่ง ละลายตัวเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ตัวทำละลายที่ใช้มีหลายชนิด เช่น น้ำ น้ำมัน หรือตัวทำละลายอื่นๆ เช่น แวกซ์ ทำให้ส่วนใหญ่มักแยกประเภทตัวพาหมึกตามชนิดของตัวทำละลาย



ภาพที่ 2.19 แสดงการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ฐานน้ำ

ที่มา : กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด หน่วยที่ 8-15, 2542: 326

(ข) สารให้สี สารให้สีที่ใช้ในหมึกพิมพ์ระบบการพิมพ์พ่นหมึกมี 2 ชนิด คือ ผงสีและสีย้อม สารให้สีหมึกพิมพ์สำหรับการพิมพ์ระบบพ่นหมึกส่วนใหญ่เป็นสีย้อม ในการพิมพ์ภาพสี การพิมพ์ปรู๊ฟสี หรืองานพิมพ์อื่นที่ต้องการความทนทานสูง ได้มีการพัฒนาหมึกพิมพ์ที่ใช้ผงสีเป็นสารให้สี ซึ่งทำให้ได้คุณภาพของภาพดีขึ้น มีความทนทานมากขึ้น และการพ่นหมึกมีความแน่นอนยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.20 แสดงเปรียบเทียบ (ก) หมึกพิมพ์ชนิดสีย้อมและ (ข) หมึกพิมพ์ชนิดผงสี เมื่อพิมพ์ลงกระดาษ

ที่มา : กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด หน่วยที่ 8-15, 2542: 330

(2) สมบัติสำคัญของหมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึก หมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึกต้องมีสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการสร้างภาพบนวัสดุใช้พิมพ์ได้อย่างสมบูรณ์ ตั้งแต่การสร้างหยดหมึกให้พ่นออกมาจากท่อพ่นหมึก การควบคุมทิศทางหยดหมึกให้ไปตกบนวัสดุใช้พิมพ์ คุณภาพของวัสดุใช้พิมพ์ และความทนทานของภาพที่ติดบนวัสดุใช้พิมพ์ รวมทั้งความปลอดภัยต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม

4) วัสดุใช้พิมพ์ในการพิมพ์ระบบพ่นหมึก วิธีการพิมพ์ระบบพ่นหมึก หัวพิมพ์ไม่ต้องสัมผัสกับวัสดุใช้พิมพ์ ทำให้สามารถใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ได้หลากหลายมากกว่าการพิมพ์ไร้แรงกดในระบบอื่นๆ โดยเฉพาะการพิมพ์พ่นหมึกสำหรับการพิมพ์โดยตรงบนบรรจุภัณฑ์ ซึ่งอาจเป็นบรรจุภัณฑ์กระดาษ พลาสติก โลหะ หรือแก้ว อย่างไรก็ตาม หากต้องการให้ได้ภาพพิมพ์ที่มีคุณภาพดีจะต้องใช้หมึกพิมพ์ให้เหมาะสมกับประเภทของวัสดุใช้พิมพ์ด้วย เช่น หมึกพิมพ์สำหรับการพิมพ์บนบรรจุภัณฑ์มักเป็นหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย ซึ่งจะแห้งตัวได้เร็วด้วยการระเหยของตัวทำละลาย

ถ้าเป็นการพิมพ์สำหรับสำนักงาน หรืองานพิมพ์ปรู๊ฟสี จะใช้หมึกพิมพ์ฐานน้ำ ซึ่งจะไม่แห้งตัวภายในท่อพ่นหมึกขนาดเล็ก แต่จะมีปัญหาตรงที่เมื่อพ่นไปยังกระดาษธรรมดาแล้ว หมึกพิมพ์จะแพร่ซึมเข้าไปในเส้นใยกระดาษ ทำให้จุดภาพพิมพ์ไม่คมชัด หรือเกิดภาพมองทะลุได้ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ควรมีการเคลือบผิววัสดุใช้พิมพ์ด้วยสารเคลือบพิเศษ เช่น สารซิลิกา ซึ่งช่วยให้สามารถดูดซับหมึกพิมพ์ได้เร็วขึ้นขณะเดียวกับที่ยังคงหมึกพิมพ์ไว้ที่ผิวกระดาษตรงจุดภาพที่พิมพ์ ทำให้ได้จุดภาพที่คมชัด ไม่เกิดเม็ดสกรีนบวมและได้ความดำสูงสุด

(1) วัสดุใช้พิมพ์ชนิดแผ่นสำหรับการพิมพ์ระบบพ่นหมึก วัสดุชนิดแผ่นสำหรับการพิมพ์ระบบพ่นหมึกส่วนใหญ่ เป็นวัสดุใช้พิมพ์ที่ผลิตขึ้นมาสำหรับเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ใช้พิมพ์งานหลายสีในสำนักงานหรือใช้พิมพ์งานปรู๊ฟสี สมบัติพิเศษที่ต้องการ คือความสามารถในการดูดซับหมึกพิมพ์ได้รวดเร็ว และหมึกพิมพ์แห้งตัวทันทีที่พ่นมาบนวัสดุใช้พิมพ์ ทำให้หมึกพิมพ์ไม่ซึมแทรกในเส้นใยกระดาษ หรือรอยแยกเป็นชั้นบนผิวกระดาษที่อาจจะหลุดลอกจากผิวกระดาษได้ง่าย ทั้งนี้เพื่อให้ได้ขอบภาพที่คมชัด วัสดุใช้พิมพ์ชนิดแผ่นนี้มีหลายขนาดให้เลือกใช้ตามความสามารถของเครื่องพิมพ์ หากจำแนกวัสดุใช้พิมพ์สำหรับการพิมพ์พ่นหมึกที่ใช้ผลิตใช้ทั่วไป สามารถจำแนกได้ 3 ประเภทหลัก ได้แก่ กระดาษ พลาสติก และสติกเกอร์

(ก) กระดาษ กระดาษเคลือบผิวสำหรับการพิมพ์พ่นหมึกมีลักษณะผิวแบบต่างๆ มากมายให้ใช้ เช่น ชนิดเคลือบผิวปกติที่มีน้ำหนักพื้นฐาน 90 กรัมต่อตารางเมตร และ 120 กรัมต่อตารางเมตร มักใช้สำหรับงานพิมพ์สอดสีทั่วไป ให้ภาพเหมือนภาพพิมพ์บนกระดาษปอนด์เคลือบผิว การใช้กระดาษผิวชนิดพิเศษจะช่วยให้สามารถพิมพ์ภาพที่มีความละเอียดสูง ๆ ได้ โดยภาพสีที่ได้มีความอิ่มตัวสีที่ดีต่างจากการใช้กระดาษถ่ายเอกสารมาพิมพ์ ซึ่งจะได้สีของภาพสอดสีที่เพี้ยนไปจากที่ควรจะเป็น นอกจากนี้ ยังมีชนิดเคลือบผิวกึ่งมันวาว (semigloss coated inkjet paper) และชนิดเคลือบผิวมันวาวสูง (high glossy coated paper) ที่มีน้ำหนักพื้นฐาน 150-160 กรัมต่อตารางเมตร เนื้อกระดาษมีสีขาว ผิวมันวาว ภาพพิมพ์ที่ได้บนวัสดุใช้พิมพ์ชนิดนี้จะมีสีสดใส เหมือนกับภาพพิมพ์บนกระดาษเคลือบผิวมัน เช่น กระดาษอาร์ตหรือภาพถ่ายบนกระดาษอัดรูป เมื่อมีการใช้เครื่องพิมพ์พ่นหมึกในการพิมพ์นามบัตรด่วนและการ์ดเชิญมากขึ้น จึงได้มีการพัฒนากระดาษชนิดต่างๆ สำหรับการพิมพ์นามบัตรและการ์ดเชิญ เช่นกระดาษการ์ดที่ผิวมีลวดลายต่างๆ ส่วนใหญ่จะเป็นกระดาษที่มีน้ำหนักพื้นฐานมากกว่า 200 กรัมต่อตารางเมตร

(ข) พลาสติก เป็นแผ่นพลาสติกที่ได้รับการปรับสภาพผิวมาแล้วเพื่อให้รับหมึกพิมพ์และแห้งตัวทันที นอกจากนี้หมึกพิมพ์จะต้องยึดติดบนแผ่นพลาสติกได้ดีหลังพิมพ์เสร็จ แผ่นพลาสติกมีทั้งที่เป็นพลาสติกใสสำหรับใช้ในงานที่ต้องการนำเสนอข้อมูล หรือแผ่นใส

ประกอบคำบรรยาย และแผ่นพลาสติกขาวทึบแสง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลาสติกไวนิลสำหรับใช้งานโฆษณาประชาสัมพันธ์ ป้ายโฆษณากลางแจ้ง ซึ่งต้องการความทนทานต่อแสงและน้ำได้ดี

(ค) สติกเกอร์ เป็นแผ่นกระดาษหรือพลาสติกที่มีกาวเคลือบในตัวพัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานเฉพาะ เช่น งานโปสเตอร์ประชาสัมพันธ์ ฉลากติดบนสินค้า และภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพดิจิทัล เป็นต้น สมบัติพิเศษที่ต้องการเพิ่มเติมจากวัสดุใช้พิมพ์ประเภทอื่นๆ คือ กันน้ำได้ดี สติกเกอร์สำหรับการพิมพ์พ่นหมึกมีให้เลือกขนาดต่างๆ ทั้งแบบแผ่นเต็มและแบบอัดตัดเป็นชุดขนาดเล็ก นอกจากนี้ สติกเกอร์ยังมีลักษณะผิวให้เลือก 2 แบบ คือ แบบเคลือบผิวธรรมดาและเคลือบผิวมัน

(2) วัสดุใช้พิมพ์ชนิดม้วนสำหรับการพิมพ์ระบบพ่นหมึก วัสดุใช้พิมพ์ชนิดม้วนส่วนใหญ่จะใช้ในเครื่องพิมพ์พ่นหมึกขนาดใหญ่ซึ่งส่วนใหญ่ใช้พิมพ์ป้ายโฆษณากลางแจ้งขนาดใหญ่หรือในร่ม หรืองานพิมพ์กราฟิกขนาดใหญ่ วิธีการสร้างภาพของเครื่องพิมพ์พ่นหมึกอาจเป็นวิธีทางความร้อนที่ใช้หมึกเหลว และวิธีไพโซอิเล็กทริกใช้หมึกพิมพ์ฐานแวกซ์ ผู้ผลิตจะต้องมีวัสดุใช้พิมพ์ให้มีสมบัติเหมาะสมกับวิธีการสร้างภาพของเครื่องพิมพ์พ่นหมึกแต่ละบริษัทด้วย ดังนั้น ผู้ใช้ควรสอบถามบริษัทผู้ผลิตด้วยว่าวัสดุใช้พิมพ์นั้นสามารถใช้กับเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่มีอยู่ได้หรือไม่ วัสดุใช้พิมพ์มีให้เลือกใช้เช่นเดียวกับวัสดุใช้พิมพ์ชนิดแผ่น คือ มีทั้งกระดาษเคลือบผิว ฟิล์มพลาสติก และพลาสติกไวนิล ในขนาดหน้ากว้างตั้งแต่ 36 นิ้ว ถึง 72 นิ้ว สำหรับให้เลือกใช้ตามขนาดของเครื่องพิมพ์พ่นหมึกขนาดใหญ่ และมีความยาวม้วนต่างๆเช่น 60 ฟุต 100 ฟุต และ 200 ฟุต เป็นต้น ชนิดของวัสดุใช้พิมพ์แบบม้วนสำหรับเครื่องพิมพ์พ่นหมึกขนาดใหญ่มีดังนี้

(ก) กระดาษเคลือบผิว มีทั้งเคลือบผิวปกติ และเคลือบผิวกึ่งมันเคลือบผิวมันวาว และความหนาบางต่างๆ ให้เลือกใช้ในงานพิมพ์ภาพกราฟิก กระดาษเคลือบผิวที่จะนำไปใช้ในการพิมพ์ป้ายโฆษณากลางแจ้งจะต้องได้รับการเคลือบผิวพิเศษด้วยฟิล์มไวนิลหรือฟิล์มพอลิเอทิลีน เพื่อเพิ่มสมบัติทนทานต่อแสงกันน้ำ ต้านการฉีกขาด และต้านการขัดถู

(ข) สติกเกอร์ เป็นชนิดกระดาษขาวทึบแสงเคลือบด้วยฟิล์มไวนิลหนาประมาณ 3.5 มิลลิเมตรเพื่อให้ภาพมีความอิ่มตัวสีสูงสุด

(ค) กระดาษภาพถ่ายเคลือบผิว มีทั้งชนิดกึ่งมันวาวและมันวาว ซึ่งจะมีการเคลือบผิวด้วย เรซิน ด้วยความหนามากกว่ากระดาษเคลือบผิวเพื่อใช้งานปกติ เช่น ประมาณ 6-8 มิลลิเมตร ทำให้มีสมบัติที่ทนทานต่อแสงและต้านน้ำได้ดี ให้ภาพพิมพ์ที่มีน้ำหนักสีต่อเนื่องได้ดี

(ง) ฟิล์มพลาสติก มีทั้งชนิดใสและชนิดด้าน ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับพิมพ์เป็นป้ายโฆษณาในร้าน ณ จุดขาย ภาพที่แสดงในนิทรรศการ การพิมพ์บนวัสดุประเภทนี้อาจ

เป็นตัวอักษรอ่านออก หรือพิมพ์ตัวอักษรกลับด้าน ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน จึงต้องเลือกวัสดุใช้พิมพ์ที่มีด้านเคลือบผิวเพื่อการพิมพ์ที่ถูกต้อง

(จ) ฟิล์มไวนิลขาวทึบแสง มักใช้ในการพิมพ์ป้ายโฆษณากลางแจ้ง จึงต้องการความทนทานมากเป็นพิเศษ เพื่อให้ทนสภาพแวดล้อมกลางแจ้งได้นานๆ เป็นเดือน มีให้เลือกที่ความหนาต่างๆตั้งแต่ 8-15 มิลลิเมตร แม้ว่าการพิมพ์ระบบพ่นหมึกจะมีข้อจำกัดเรื่องการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ แต่จากการที่มีวัสดุพิมพ์ให้เลือกมากมายหลายชนิด ทำให้การพิมพ์พ่นหมึกมีแนวโน้มขยายตัวในภาคอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว และยังคงต้องพัฒนาวัสดุใช้พิมพ์ชนิดใหม่ขึ้นมาตลอดเวลา เพื่อให้ใช้งานพิมพ์ในด้านต่างๆ มากขึ้น

2.6.6 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการพิมพ์ระบบพ่นหมึก ดังที่ได้ทราบมาแล้วว่า การพิมพ์ระบบพ่นหมึกเป็นระบบการพิมพ์ไร้แรงกดที่มีการใช้พิมพ์งานได้อย่างหลากหลายมากที่สุด ตั้งแต่งานพิมพ์ขนาดเล็กมาก จนถึงงานพิมพ์ขนาดใหญ่ และงานพิมพ์ที่เป็นงานพิมพ์ลายสีเส้นเดียว ถึงงานพิมพ์ฮาล์ฟโทนหลายสี ดังนั้นในการพิจารณางานพิมพ์ที่ได้จากการพิมพ์ระบบพ่นหมึกอาจต้องแยกการพิจารณาตามประเภทของงานพิมพ์ เช่น งานพิมพ์ลายเส้น หรืองานพิมพ์พื้นทึบ จะพิจารณาความดำของภาพ ความเรียบสม่ำเสมอของภาพ ความคมชัดของลายเส้น การพิมพ์ทะลุ การพิมพ์ซับหลัง ส่วนงานพิมพ์ภาพฮาล์ฟโทน จะพิจารณาจากน้ำหนักสีของภาพ ความเปรียบต่างของภาพ ความละเอียดของภาพ ความคมชัดของเม็ดสกรีน ถ้าเป็นกรณีภาพสี จะต้องพิจารณาสีของภาพ และ ความอิ่มตัวของสีของภาพ ในการพิมพ์ระบบพ่นหมึก ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของงานพิมพ์ ได้แก่ ความละเอียดของการพิมพ์ ระบบสร้างและพ่นหยดหมึกของเครื่องพิมพ์ ชนิดสารให้สีของหมึกพิมพ์ที่ใช้ และวัสดุใช้พิมพ์

1) ความละเอียดการพิมพ์ การพิมพ์ระบบพ่นหมึกมีกระบวนการสร้างภาพบนวัสดุใช้พิมพ์เช่นเดียวกับการพิมพ์ระบบไร้แรงกดอื่นๆ ที่ใช้ข้อมูลจากระบบคอมพิวเตอร์ คือ เป็นการสร้างจุดภาพจากจุดเล็กๆ ประกอบกัน จุดภาพแต่ละจุดเกิดจากหยดหมึกที่พ่นออกมาจากจากหัวพ่นหมึก ถ้าจุดภาพมีขนาดเล็กและเรียงชิดติดกันได้มากเท่าไร จะได้ภาพที่มีความละเอียดมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งหมายถึงเครื่องพิมพ์พ่นหมึกจะต้องมีหัวพ่นหมึกที่เรียงชิดกัน จึงจะได้ภาพที่มีความละเอียดสูงได้ ตรงกันข้าม ถ้าเครื่องพิมพ์พ่นหมึกมีหัวพ่นหมึกขนาดใหญ่ ก็จะได้ภาพที่มีความละเอียดต่ำ ความละเอียดการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์พ่นหมึกจะมีผลต่อคุณภาพในด้านความละเอียดของภาพ และ ความคมชัดของภาพลายเส้น ถ้าเป็นภาพฮาล์ฟโทน ความละเอียดการพิมพ์นอกจากจะมีผลต่อความคมชัดของภาพแล้ว ยังมีผลต่อการแสดงรายละเอียดในส่วนต่างๆ ของภาพได้ต่อเนื่อง ซึ่งหมายถึงการแสดงน้ำหนักสีด้วยจำนวนเปอร์เซ็นต์พื้นที่เม็ดสกรีนและจำนวนเส้นสกรีนที่พิมพ์ได้ ความละเอียดการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์จะสัมพันธ์กับความละเอียดของเม็ดสกรีนหรือจำนวนเส้นสกรีน

ที่ได้จากการพิมพ์ระบบพ่นหมึก และจำนวนเปอร์เซ็นต์พื้นที่เม็ดสกรีนที่สามารถพิมพ์ได้ โดยเม็ดสกรีนของภาพพิมพ์ในระบบนี้เกิดจากการรวมจุดภาพหลายๆจุดภาพประกอบกันในลักษณะเมทริกซ์ของเซลล์เม็ดสกรีน และจำนวนจุดภาพที่รวมกันเป็นเซลล์เม็ดสกรีนจะเป็นตัวกำหนดจำนวนเปอร์เซ็นต์พื้นที่เม็กสกรีนของเครื่องพิมพ์สามารถพิมพ์ได้ เมื่อมีเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่สามารถพิมพ์ด้วยความละเอียดการพิมพ์ที่ค่าจุดต่อนิ้วค่าหนึ่ง เมื่อต้องการพิมพ์ภาพที่สีจำนวนเส้นสกรีนสูง ก็จะได้ภาพที่มีระดับน้ำหนักสีน้อย ผลก็คือน้ำหนักสีกระโดดเป็นช่วงๆ แต่ถ้าให้ภาพแสดงการลดหลั่นน้ำหนักสีได้ต่อเนื่องโดยให้มีจำนวนเปอร์เซ็นต์พื้นที่เม็ดสกรีนขนาดต่างๆกันต่อเนื่องหลายระดับภาพนั้นก็จะมีจำนวนเส้นสกรีนน้อยลง เนื่องจากจะต้องมีการแปลงค่าความละเอียดที่เป็นจุดต่อนิ้วเป็นค่าจำนวนเส้นสกรีน และจำนวนระดับน้ำหนักสีที่ผลิตได้ โดยมีความสัมพันธ์กันเป็นสมการดังนี้

$$\text{จำนวนระดับน้ำหนักสี} = \left[\frac{\text{ความละเอียดการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์}}{\text{จำนวนเส้นสกรีน}}\right]^{2} + 1$$

จากสมการดังกล่าวนี้ หากใช้เครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่มีความละเอียดการพิมพ์ 300 จุดต่อนิ้ว จะสามารถคำนวณเส้นสกรีนที่สัมพันธ์กับจำนวนระดับน้ำหนักสีในค่าต่างๆ ได้

2) ระบบสร้างและพ่นหมึกของเครื่องพิมพ์พ่นหมึก ระบบสร้างและพ่นหมึกของเครื่องพิมพ์พ่นหมึกจำแนกเป็น 2 ประเภทหลักตามที่กล่าวมาแล้ว ได้แก่ ระบบพ่นหมึกแบบต่อเนื่องและระบบพ่นหมึกเฉพาะจุดที่ต้องการ นอกจากนี้แต่ละประเภทยังมีระบบและวิธีการพ่นหมึกแยกย่อยแตกต่างกันออกไปอีกหลายประเภท เช่น ระบบพ่นหมึกเฉพาะจุดที่ต้องการ จะแบ่งเป็นการพ่นหมึกด้วยวิธีทางไฟโซอิเล็กทริกและการพ่นหมึกด้วยวิธีทางความร้อน การที่เครื่องพิมพ์พ่นหมึกมีระบบสร้างและพ่นหมึกที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพของงานพิมพ์ โดยเฉพาะด้านความละเอียดการพิมพ์ นอกจากคุณภาพด้านความละเอียดการพิมพ์แล้ว ระบบสร้างและพ่นหมึกของเครื่องพิมพ์พ่นหมึกยังมีผลต่อคุณภาพทางด้านจำนวนระดับน้ำหนักสีที่สามารถพิมพ์ได้ น้ำหนักสีที่เกิดจากจุดภาพระบบพ่นหมึกแบบต่อเนื่องแบบเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นการสร้างจุดภาพจากการพ่นหยดหมึกหลายหยดได้ตามสัญญาณข้อมูลภาพ ทำให้จุดภาพแต่ละจุดมีน้ำหนักสีต่างกัน อันมีผลให้ได้น้ำหนักสีของภาพต่อเนื่องได้ดีกว่าเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่มีระบบสร้างจุดภาพจากหมึกหยดเดียว ซึ่งแต่ละจุดภาพจะมีน้ำหนักสีระดับเดียว แต่จะมองเห็นน้ำหนักสีต่อเนื่องได้จากการที่รวมจุดภาพหลายจุดเป็นเม็ดสกรีนขนาดต่างๆกันตามข้อมูลสัญญาณภาพ ดังนั้น จะพบว่า เครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ใช้วิธีการพ่นหมึกแบบต่อเนื่องแบบเฮิรตซ์มักเป็นเครื่องพิมพ์พ่นหมึกสำหรับงานพิมพ์ปรู๊ฟสี ที่ต้องการภาพปรู๊ฟสีให้มีน้ำหนักสีใกล้เคียงกับต้นฉบับได้ดีที่สุด

3) หมึกพิมพ์พ่นหมึก หมึกพิมพ์พ่นหมึกสำหรับเครื่องพิมพ์พ่นหมึกประเภทต่าง ๆ จะมีองค์ประกอบและสมบัติที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของของเครื่องพิมพ์พ่นหมึก

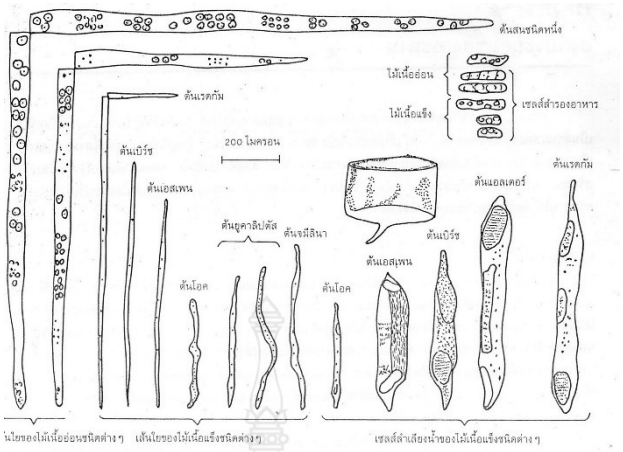
และ วัตถุประสงค์ของการใช้งาน จากการที่หมึกพิมพ์มีองค์ประกอบและสมบัติที่แตกต่างกันล้วนมีผลต่อคุณภาพของภาพที่ได้จากการพิมพ์ระบบพ่นหมึกทั้งสิ้นองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ที่มีผลต่อคุณภาพงานพิมพ์ ได้แก่ ชนิดของสารให้สี และชนิดของตัวพาหมึก ส่วนสมบัติของหมึกพิมพ์พ่นหมึกที่มีความสำคัญต่อคุณภาพงานพิมพ์ ได้แก่ ความหนืด แรงตึงผิว และการนำประจุไฟฟ้า

4) วัสดุใช้พิมพ์ การพิมพ์ระบบพ่นหมึกมีวัสดุใช้พิมพ์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่หลากหลายชนิดทั้งวัสดุใช้พิมพ์ธรรมดาทั่วไปที่เครื่องพิมพ์สามารถพิมพ์ได้ และ วัสดุใช้พิมพ์ชนิดพิเศษที่มีการเคลือบผิวเฉพาะ หรือปรับสภาพผิวเฉพาะ ทั้งที่เป็นวัสดุสีขาวทึบแสง และ วัสดุโปร่งแสง ผู้ใช้สามารถเลือกใช้พิมพ์งานต่างๆได้มากมาย อย่างไรก็ตามในการเลือกชนิดของวัสดุพิมพ์จะต้องคำนึงถึงผลของคุณภาพของงานพิมพ์ที่จะได้ด้วย สมบัติของวัสดุใช้พิมพ์ที่จะมีผลต่อคุณภาพงานพิมพ์ที่ได้ เช่น สี ความขาวสว่าง ความมันวาว และความสามารถในการรับหมึก เป็นต้น (ศุภณี เรียบเลิศหิรัญ ,2542: 11-3 – 11-5)

2.7 กระดาษ

กระดาษเป็นแผ่นวัสดุซึ่งได้จากการนำวัสดุหลาย ๆ ชนิดมาผสมให้เข้ากันดี แล้วนำไปทำเป็นแผ่นวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมเหล่านี้ ได้แก่ เส้นใยสั้น เส้นใยยาว แป้ง ชันสน ดินขาว และ ผงสี วัสดุที่ใช้ผสมเหล่านี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นองค์ประกอบหลักของกระดาษ ได้แก่ ส่วนที่เป็นเส้นใย (fibrous material) ซึ่งเป็นโครงสร้างของแผ่นกระดาษ และส่วนที่ไม่ใช่ เส้นใย ซึ่งเป็นสารเติมแต่งใช้เติมผสมลงไปในส่วนเส้นใย เพื่อปรับปรุงสมบัติกระดาษให้ได้ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน

2.7.1 ส่วนเส้นใย ในกระดาษโดยทั่วไป จะมีส่วนเส้นใยผสมอยู่ในประมาณร้อยละ 70-95 ของน้ำหนักกระดาษ ปริมาณส่วนเส้นใยจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของกระดาษที่ต้องการผลิต ส่วนเส้นใยนี้จะได้จากพืชชนิดต่าง ๆ เช่น ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็ง และพืชล้มลุก ส่วนเส้นใยเรียกทั่วไปว่า เยื่อ เยื่อที่ใช้ทำกระดาษส่วนมากจะเป็นเยื่อผสมของเยื่อใยยาวและเยื่อใยสั้น ดังนั้น ในส่วนเส้นใยจึงประกอบด้วยเซลล์พืชชนิดต่าง ๆ ผสมกันอยู่ เซลล์เหล่านี้ ได้แก่ เส้นใย (fiber) เซลล์สำรองอาหาร (parenchyma cell) และ เซลล์ลำเลียงน้ำ (vessel element) ถ้าเป็นเยื่อที่ได้จากพืชล้มลุกอาจมีเซลล์ชนิดอื่นผสมด้วย เช่น เซลล์วงแหวน (ring thickening) เซลล์ปากใบ (stomata cell) และ เซลล์ผิวนอก (epidermis cell) ดังนั้น เพื่อให้เข้าใจและรู้จักส่วนเส้นใยดีขึ้น จึงควรเริ่มจากการรู้จักกายวิภาคของไม้ (wood anatomy) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ชนิดต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 2.21 แสดงภาพแสดงรูปร่างของเซลล์ชนิดต่างๆ ในไม้เนื้ออ่อน และไม้เนื้อแข็ง
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 20

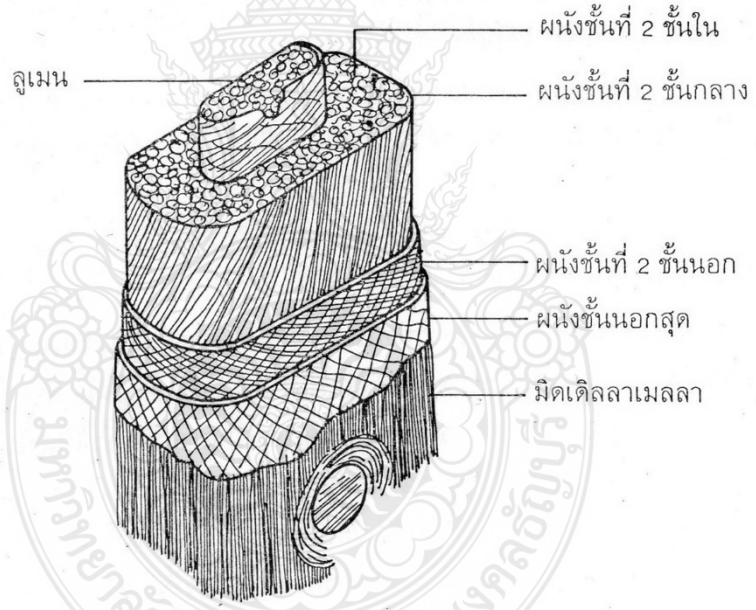
1) เส้นใย เป็นเซลล์รูปยาวเรียว ปิดหัวปิดท้าย มีผนังเซลล์ ตรงกลางเป็นช่องเรียกว่า ลูเมน (lumen) เส้นใยของไม้แต่ละชนิดจะมีรูปร่างแตกต่างกันไปตามความหนาของผนังเซลล์ ความกว้างของลูเมน และ ลักษณะของรูเปิด (pit) เป็นเส้นใยของไม้เนื้ออ่อน จะเรียกว่า ทราคีด (tracheid) เส้นใยทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่ต้นไม้ เส้นใยส่วนมากจะเรียงตัวตามความยาวในแนวขนานกับลำต้น

2) เซลล์สำรองอาหาร เป็นเซลล์ปิด มีขนาดเล็กมาก รูปทรงโดยทั่วไปเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำหน้าที่เก็บสำรองอาหาร

3) เซลล์ลำเลียงน้ำ เป็นเซลล์ขนาดใหญ่ รูปร่างคล้ายเส้นใยที่ปลายเปิดทั้งสองข้าง และ มีลักษณะของรูเปิดที่แตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดของไม้ ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุดทางกายวิภาคของไม้ คือ เส้นใย ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษ ดังนั้นควรศึกษาและเข้าใจถึงโครงสร้างของเส้นใยด้วย ดังนี้ โครงสร้างของเส้นใย (fiber structure) เซลล์ของสัตว์และพืชชั้นต่ำ เช่น พวกสาหร่ายจะมีเพียงผนังบางที่หุ้มโปรโตพลาสซึมไว้ภายใน แต่ในกรณีของพืชชั้นสูง เช่น ไม้ยืนต้นจะมีลักษณะเซลล์ที่แตกต่างออกไป เพราะต้องการความคงรูปในการยืนต้น ดังนั้น ผนังเซลล์จะต้องมีความคงรูปแข็งแรงเพื่อให้สามารถรังแรงดันของของเหลวภายในได้ โดยเซลล์ของพืชชั้นสูงหรือเส้นใยจะมีผนังเส้นใย ซึ่งประกอบด้วยชั้นของเซลลูโลสไมโครไฟบริล ซึ่งฝังตัวอยู่ในชั้นอสัญฐานของเฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน เส้นใยแต่ละเส้นเมื่อนำมาตัดตามขวางเส้นใยแล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง ๆ จะพบว่า ผนังเส้นใยมิได้เป็นวัสดุเนื้อเดียวสม่ำเสมอกันโดย

ตลอด หากประกอบขึ้นด้วยผนังย่อย ๆ หลายชั้น ซึ่งสามารถแยกความแตกต่างกันได้เป็น 4 ชั้น ด้วยกันคือ

- ผนังชั้นนอกสุด หรือผนังชั้นที่ 1 ของเส้นใย (primary wall layer, P)
- ผนังชั้นที่ 2 ของเส้นใย (secondary wall layer, S) ซึ่งในผนังชั้นที่ 2 ของเส้นใยนี้ จะประกอบด้วยผนังย่อย 3 ชั้น มีลักษณะแตกต่างกัน โดยมีชื่อเรียกตามลำดับดังนี้ ผนังชั้นที่ 2 ชั้นนอก (outer secondary wall layer, S_1), ผนังชั้นที่ 2 ชั้นกลาง (middle secondary wall layer, S_2) และ ผนังชั้นที่ 2 ชั้นใน (inner secondary wall layer, S_3) หรือ (tertiary wall) ผนังเส้นใยทั้ง 4 ชั้น จะมีองค์ประกอบทางเคมี คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน ในปริมาณที่แตกต่างกันไป ผนังชั้นนอกสุดของเส้นใยแต่ละเส้นจะยึดเชื่อมติดกันด้วยชั้นบาง ๆ ที่เรียกว่า มิดเดิล ลาเมลลา (middle lamella)



ภาพที่ 2.22 แสดงภาพแสดงตัวอย่างโครงสร้างของเส้นใยจากไม้สน
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 21

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยที่มีอยู่ในโครงสร้างเส้นใยอย่างคร่าว ๆ

ส่วน	ปริมาณ (ร้อยละ)		
	เซลลูโลส	เฮมิเซลลูโลส	ลิกนิน
ลาเมลลา	0	10	95
ผนังเส้นใยชั้นที่ 1	10	20	70
ผนังเส้นใยชั้นที่ S_1	40	25	40
ผนังเส้นใยชั้นที่ S_2	55	30	15
ผนังเส้นใยชั้นที่ S_3	55	40	10

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 21

2.7.2. ส่วนที่ไม่ใช่เส้นใย

ส่วนที่ไม่ใช่เส้นใยหรือที่เรียกว่า สารเติมแต่ง (additive) เป็นสารเคมีที่เติมลงไปเพื่อปรับปรุงสมบัติกระดาษให้ได้ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน สารเติมแต่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) สารเติมแต่งหลัก (functional additive) สารเติมแต่งประเภทนี้ทำหน้าที่ปรับปรุงสมบัติเฉพาะอย่างของกระดาษ แบ่งเป็น 6 ชนิดด้วยกัน คือ

(1) สารต้านการซึมน้ำ (sizing agent) สารเติมแต่งชนิดนี้ เป็นสารเคมีที่ใส่ลงไปเพื่อเพิ่มสมบัติด้านการต้านทานการซึมน้ำของกระดาษ ทำให้กระดาษต้านทานการเปียกน้ำได้ดีขึ้น เนื่องจากกระดาษทำจากเส้นใยเซลลูโลส ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้สูง กระดาษที่ไม่ได้ใส่สารต้านการซึมน้ำจึงเปียกน้ำและดูดซับน้ำได้ง่าย เช่น กระดาษชำระและกระดาษซับ (blotting paper) การเติมสารต้านการซึมน้ำลงไป จะช่วยลดพื้นที่ผิวของการดึงดูดระหว่างเส้นใยและโมเลกุลของน้ำ ทำให้ลดอัตราการซึมน้ำเข้าสู่เนื้อกระดาษ เมื่อกระดาษโดนน้ำจะมะเปียกหรือซับน้ำในทันทีทันใด การเติมสารต้านการซึมน้ำแบ่งเป็น 3 ระดับ มีชื่อเรียกกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำแต่ละระดับ ดังนี้

(ก) กระดาษที่ไม่ใส่สารต้านการซึมน้ำเลย (water-leaf) เช่น กระดาษชำระ

(ข) กระดาษที่ใส่สารต้านการซึมน้ำเล็กน้อย มีระดับการซึมน้ำปานกลาง (slack-sized) เช่น กระดาษพิมพ์และเขียน

(ค) กระดาษที่ใส่สารต้านการซึมน้ำในปริมาณสูงมาก มีระดับต้านการซึมน้ำสูง (hard-sized) เช่นกระดาษทำถ้วย กระดาษทำกล่องนม สารต้านการซึมน้ำที่ใช้ในการ

ทำกระดาษ ได้แก่ สารส้มและชันสน (alum/rosin size) ไขผึ้ง (wax) ยางมะตอย (asphalt) อัลคีนิลซักซินิกแอนไฮดรายด์ (alkenyl succinic anhydride, ASA)

(2) ตัวเติม (filler) สารเติมแต่งชนิดนี้จะเป็นผงแร่สีขาว ใส่ลงไปเพื่อเพิ่มสมบัติด้านทัศนศาสตร์และปรับปรุงสมบัติด้านการพิมพ์ของกระดาษ นอกจากนี้ยังใส่ลงไปเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตกระดาษอีกด้วย เพราะตัวเติมส่วนมากจะมีราคาถูกเมื่อเทียบกับเส้นใย ผงแร่ที่ใช้เป็นตัวเติมลงในกระดาษจะต้องมีขนาดเล็กละเอียด ตัวเติมที่ดีควรมีขนาดประมาณ 1-10 ไมครอน ผงแร่ที่มีขนาดเล็กนี้เมื่อเติมลงไปจะช่วยเพิ่มเนื้อที่ผิวภายในกระดาษ โดยเพิ่มพื้นที่ผิวระหว่างผงแร่กับอากาศและผงแร่กับเส้นใย ทำให้เพิ่มค่าการกระเจิงแสง (light scattering) ของกระดาษ ทำให้กระดาษมีค่าความขาวสว่างเพิ่มขึ้นและเนื่องจากมีขนาดเล็กกว่าเส้นใยมาก เมื่อใส่ลงไปจะทำให้กระดาษมีผิวเรียบขึ้น ผงแร่ที่ใช้เป็นตัวเติมในกระดาษ ได้แก่ ดินขาว (kaolin clay) ไททาเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide, TiO_2) และ แคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate, $CaCO_3$) ผงแร่เมื่อใส่ลงไปจะช่วยปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของกระดาษให้ดีขึ้น ดังนี้

(ก) ทำให้ผิวกระดาษเรียบขึ้น

(ข) เพิ่มความขาวสว่างและความทึบแสงของกระดาษ

(ค) ทำให้กระดาษมีการดูดซับหมึกได้ดีขึ้น

(ง) ลดต้นทุนการผลิตกระดาษ

แต่การเติมผงแร่ลงไปก็มีส่วนลดสมบัติด้านความเหนียวของกระดาษลงด้วย ผงแร่แต่ละชนิดมีลักษณะรูปร่าง ขนาด และดัชนีการหักเหของแสงต่างกัน

(3) สารเพิ่มความเหนียว สารเติมแต่งชนิดนี้เป็นสารเคมีที่เติมลงไปเพื่อเพิ่มสมบัติด้านความเหนียวของกระดาษ โดยเฉพาะความต้านแรงดึง และความต้านแรงดันทะลุ นอกจากนี้ยังช่วยลดการหลุดลอกของเส้นใยที่ผิวกระดาษ และเพิ่มพันธะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นกระดาษแข็ง ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญมาก เพราะถ้าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นต่ำจะทำให้เกิดการแยกชั้นของกระดาษแข็งในระหว่างการพิมพ์ได้ สารเพิ่มความเหนียวที่ใช้ ได้แก่ แป้งธรรมชาติ (native starch) แป้งปรุงแต่ง (modified starch) ปรับให้เป็นประจุบวก กัม และพอลิอะคริลเอไมด์ (polyacrylamide) แป้งเป็นสารเพิ่มความเหนียวที่รู้จักกันดีและมีใช้มานานแล้ว แต่ในปัจจุบันนิยมใช้แป้งประจุบวกและพอลิอะคริลเอไมด์มากกว่า เนื่องจากสารเหล่านี้มีประจุบวก จึงสามารถจับกันได้ดีกับเส้นใย ซึ่งมีประจุลบทำให้เพิ่มพันธะระหว่างเส้นใยในกระดาษส่งผลให้กระดาษมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

(4) สารเพิ่มความเหนียวเมื่อเปียก (wet strength agent) สารเติมแต่งชนิดนี้เป็นสารเคมีเติมลงไป เพื่อรักษาความเหนียวของกระดาษให้คงไว้ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 ของ

ความเหนียวเดิม ปกติจะไม่ใส่สารชนิดนี้ในกระดาษพิมพ์ทั่วไป กระดาษธนบัตร สารเคมีที่ใช้เป็นสารเพิ่มความเหนียวเมื่อเปียก ได้แก่ ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (melamine-formldehyde) พอลิเอไมด์ (polyamide) และพอลิเอมีน (polyamine)

(5) สารสีย้อม (dyes) สารเติมแต่งชนิดนี้เป็นสารเคมีที่ใส่ลงไปในการทำกระดาษ โดยมีวัตถุประสงค์ 2 ประการด้วยกัน คือ

(ก) ต้องการทำกระดาษสี (colored paper) ในกรณีนี้จะเติมสารสีย้อมลงไปในส่วนผสมของน้ำเยื่อจนได้สีตามที่ต้องการ

(ข) ต้องการแต่งสีกระดาษขาวให้ได้ระดับคล้ำสีที่ต้องการ หรือเพื่อให้ดูขาวขึ้น เรียกว่า สีแต่ง (tinting dye) โดยใช้สีแต่งในปริมาณน้อย ๆ เติมลงในส่วนผสมน้ำเยื่อ สีที่ใช้แต่งนี้อาจเป็นสีอะไรก็ได้ แต่ในกระดาษขาวจะใช้สีม่วงหรือสีน้ำเงิน

สารสีย้อมที่ใช้แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ สีไดเรก (direct dyes) สีเบสิก (basic dyes) และสีแอสิก (acid dyes) โดยสีแต่ละชนิดจะมีสมบัติที่แตกต่างกัน ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของสารสีย้อมชนิดต่างๆ

	สีไดเรก	สีเอสิก	สีเบสิก
สมบัติการละลายน้ำ	ต่ำ	สูง	-
ความทนต่อแสง (light fastness)	ดี	ดี	ไม่ดี
ความสดใสของสี	น้อย	น้อย	มาก
การยึดติดเส้นใย	ดีมาก	ต้องใช้สารช่วยยึด	ต้องใช้สารช่วยยึด

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 23

(6) สารเพิ่มขาวสว่าง สารเติมแต่งชนิดนี้ เป็นสารสีย้อมประเภทเรืองแสง (fluorescent dye) เรียกทั่วไปว่า สารฟอกนวล เมื่อเติมลงไปจะช่วยให้กระดาษมีความขาวสว่างเพิ่มขึ้น กระดาษพิมพ์เขียนทุกชนิดจะมีสารฟอกนวลผสมอยู่ด้วย

2) สารเติมแต่งเสริม (chemical processing aid) สารเติมแต่งประเภทนี้นอกจากทำหน้าที่ช่วยเสริมให้สารเติมแต่งหลักทำหน้าที่เฉพาะอย่างได้ดีขึ้นแล้วยังช่วยในการบำรุงดูแลรักษาความสะอาดของเครื่องจักรผลิตกระดาษเพื่อให้สามารถเดินกระดาษได้ดีอีกด้วย สารเติมแต่งประเภทนี้แบ่งได้เป็น 6 ชนิด ตามลักษณะหน้าที่ ดังนี้

(1) สารเพิ่มการตกค้าง (retention aid) สารชนิดนี้ช่วยให้มีการตกค้างของเส้นใยละเอียดและตัวเติมค้างในเยื่อกระดาษมากขึ้น

(2) สารต้านการเกิดฟอง (deformer) สารชนิดนี้ช่วยป้องกันการเกิดฟองและช่วยให้เยื่อกระดาษมีความสม่ำเสมอดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้น้ำแยกตัวออกจากเยื่อได้เร็ว

(3) สารควบคุมจุลชีวะ (microbiological control agent) สารชนิดนี้จะช่วยควบคุมการเกิดเมือก (slime) และการแพร่ขยายของจุลชีวะ

(4) สารควบคุมการเกิดจุดดำ (pitch control agent)

(5) สารช่วยแยกน้ำ สารชนิดนี้จะช่วยเพิ่มอัตราการแยกน้ำออกจากกระดาษให้เร็วขึ้น

(6) สารช่วยกระจายตัว สารชนิดนี้จะช่วยให้เส้นใยกระจายตัวสม่ำเสมอ ลดการจับกลุ่มก้อนของเส้นใย

2.7.3 ประเภทของกระดาษเพื่อการพิมพ์ กระดาษในที่นี้หมายถึง กระดาษที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้เป็นวัสดุในงานพิมพ์ต่าง ๆ เช่น หนังสือทั่วไป ใบปลิว โฆษณาใบแทรก วารสาร หนังสือพิมพ์ และอื่น ๆ กระดาษเพื่อการพิมพ์ทุกชนิด จะมีสมบัติที่ต้องการเหมือน ๆ กัน คือ ความสะอาดของกระดาษ ความขาวสว่าง ความทึบแสง การรับหมึกและมีผิวเรียบ ส่วนสมบัติด้านความแข็งแรงของกระดาษไม่จำเป็นต้องสูงมากนัก เพียงให้สามารถพิมพ์โดยไม่ขาดก็พอเพียงแล้ว การจำแนกประเภทของกระดาษพิมพ์อาจทำได้กว้าง ๆ โดยใช้หลักการพิจารณา ดังนี้

1) การจำแนกประเภทของกระดาษพิมพ์ตามชนิดของเยื่อที่ใช้เป็นส่วนผสม การจำแนกประเภทของกระดาษพิมพ์ตามชนิดของเยื่อที่ใช้เป็นส่วนผสมสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ กระดาษที่มีเยื่อเชิงกลผสม (groundwood containing paper) และ กระดาษที่ทำจากเยื่อเคมีล้วน (woodfree paper)

(1) กระดาษที่มีเยื่อเชิงกลผสม โดยทั่วไปจะมีเยื่อใยยาวเคมีฟอกขาวผสมอยู่ด้วยเล็กน้อยเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกระดาษ เยื่อเชิงกลที่ใช่จะทำให้กระดาษมีเนื้อฟ่าม หรือไม่แน่น ทึบแสง ผิวเรียบ และมีความยืดหยุ่นตัวในการรับแรงได้ดี เส้นใยที่ได้จากเยื่อเชิงกลจะเหลืองหรือเปลี่ยนสีได้ง่าย จึงไม่นิยมใช้ทำกระดาษที่ต้องการเก็บไว้นาน กระดาษประเภทนี้ ได้แก่ กระดาษหนังสือพิมพ์

(2) กระดาษที่ทำจากเยื่อเคมีล้วน เยื่อที่ใช้เป็นเยื่อผสม ของเยื่อใยยาวเคมีฟอกขาว และเยื่อใยสั้นเคมีฟอกขาว เยื่อใยขาวเคมีฟอกขาวใส่ลงไปเพื่อให้ความแข็งแรง เยื่อใยสั้นเคมีฟอกขาวใส่ลงไปเพื่อทำให้กระดาษมีเนื้อฟ่าม มีความเรียบของผิวและความทึบแสงของกระดาษดีขึ้น เยื่อเคมีที่ใช้อาจเป็น เยื่อซัลเฟต ซัลไฟต์หรือโซดาก็ได้ กระดาษประเภทนี้ เช่น กระดาษพิมพ์

และ เขียนทั่วไป กระดาษแข็งไอวารี กระดาษที่ทำจากเยื่อเคมีฟอกขาวล้วนสามารถเก็บไว้ได้นาน เยื่อที่ใช้สำหรับทำกระดาษพิมพ์จะมีการเตรียมน้ำเยื่อต่างกัน คือ เยื่อเชิงกล ไม่ต้องนำไปบด เยื่อใยสั้นจะบดเพียงเล็กน้อย และเยื่อใยยาวต้องบดให้ได้ค่าความแข็งแรงสูงสุด โดยไม่เสียสมบัติด้านความทึบแสงและความต้านแรงฉีกขาด กระดาษพิมพ์ทุกชนิดจะมีตัวเติมผสมลงไปเพื่อเพิ่มความทึบแสง อัตราส่วนการผสมมากถึงร้อยละ 30 ของน้ำหนักกระดาษ กระดาษพิมพ์โดยทั่วไปจะผลิตด้วยเครื่องจักรผลิตกระดาษโฟร์ดวิเนียร์

2) การจำแนกประเภทของกระดาษพิมพ์ตามลักษณะความแตกต่างของวิธีการปรับปรุงผิวกระดาษ การจำแนกประเภทของกระดาษพิมพ์โดยดูลักษณะความแตกต่างของวิธีการปรับปรุงผิวกระดาษ ซึ่งสามารถแยกให้เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ กระดาษไม่เคลือบผิว (uncoated paper) และ กระดาษเคลือบผิว (coated paper)

(1) กระดาษไม่เคลือบผิว เป็นกระดาษที่มีการปรับปรุงผิวกระดาษให้เรียบขึ้นโดยการฉาบผิว และรีดผิวกระดาษ (calendaring) และถ้าต้องการปรับปรุงผิวให้ได้ใกล้เคียงกับกระดาษเคลือบผิว สามารถทำได้โดยนำไปผ่านการขัดผิว (supercalendering) เพื่อปรับปรุงความเรียบของผิวกระดาษให้ดีขึ้น

(2) กระดาษเคลือบผิว กระดาษประเภทนี้มีมากมายหลายชนิด เริ่มตั้งแต่การเคลือบผิวหน้าเดียว (one side. Coated, C1S) หรือเคลือบสองหน้า (two side coated, C2S) ซึ่งสามารถแบ่งเป็น เคลือบบาง เคลือบปานกลาง และเคลือบหนา ตามน้ำหนักของพื้นผิวเคลือบจากน้อยไปหามาก ตามลำดับ

(3) วัสดุที่นำมาใช้เคลือบมีความสำคัญมากสำหรับการทำให้กระดาษมีสมบัติตรงตามที่ต้องการผลิต วัสดุที่ใช้เคลือบ ได้แก่ ผงแร่และสารยึดติด ผงแร่ที่ใช้ได้แก่ ไททาเนียมไดออกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต

(4) กระดาษเคลือบสำหรับสิ่งพิมพ์โฆษณาทั่วไปมักใช้ดินขาวและแป้ง ซึ่งมีราคาไม่แพงนักและถ้าต้องการให้มีคุณภาพสูงสุด การเลือกใช้วัสดุจะยิ่งซับซ้อนและแพงขึ้น ต้องใช้วัสดุที่มีความขาวสว่างมากขึ้น และถ้าต้องการคุณภาพที่สูงขึ้นไปอีก วัสดุที่ใช้เป็นสารยึดติดจะเป็นกาวลาเทกซ์

2.7.4 การจำแนกประเภทของกระดาษพิมพ์ตามชนิดของเยื่อที่ใช้และวิธีการปรับปรุงผิวกระดาษ การจำแนกประเภทของกระดาษพิมพ์ตามชนิดของเยื่อที่ใช้และวิธีการปรับปรุงผิวกระดาษสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ กระดาษหนังสือพิมพ์ (newsprint) กระดาษไม่เคลือบผิว (uncoated paper) และกระดาษเคลือบผิว (coated paper)

1) กระดาษหนังสือพิมพ์ ใช้เป็นวัสดุพิมพ์ได้ทั่วไป ระบบการพิมพ์เริ่มแรกเป็นแบบเลตเตอร์เพรสส์ แต่ปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นระบบออฟเซตลิโธกราฟี ส่วนผสมของกระดาษหนังสือพิมพ์ส่วนมากจะเป็นเยื่อเชิงกลและมีเยื่อใยยาวฟอกขาวผสมอยู่เพื่อคงความแข็งแรงของกระดาษไว้ กระดาษหนังสือพิมพ์จะทำเป็นแผ่นโดยใช้เครื่องจักรผลิตกระดาษโฟร์ดริเนียร์แบบทวินไวร์ (twin-wire) ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มีตะแกรงลวดเดินแผ่นสองชั้นวิ่งได้เร็วกว่าเครื่องจักรผลิตกระดาษโฟร์ดริเนียร์ปกติ มีความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษและมีผิวที่เหมาะกับการพิมพ์ทั้งสองด้าน การปรับปรุงผิวกระดาษจะใช้วิธีการฉาบผิวบนเครื่องที่ใช้ฉาบผิว (size press) โดยใช้แป้งเป็นตัวฉาบ

2) กระดาษไม่เคลือบผิว แบ่งเป็น 2 ชนิด ดังนี้

(1) กระดาษที่ทำจากเยื่อเคมีล้วนหรือกระดาษปลอดไม้ (woodfree paper) กระดาษชนิดนี้จะมีการใช้งานทางการพิมพ์ มีระดับคุณภาพสูง เช่น กระดาษปอนด์ ยิ่งถ้าต้องการคุณภาพงานสูง จะมีการใช้ตัวเติมเพิ่มมากขึ้นและผ่านการขัดผิว ซึ่งจะให้คุณภาพใกล้เคียงกับกระดาษเคลือบ

(2) กระดาษที่มีเยื่อเชิงกลผสม (groundwood containing paper) กระดาษชนิดนี้เป็นวัสดุพิมพ์ที่มีราคาถูก เช่น ใบแทรก แบบฟอร์มทางธุรกิจ

3) กระดาษเคลือบผิว กระดาษเคลือบสามารถแบ่งได้เป็นหลายชนิดนี้ อยู่กับความต้องการของตลาดและผู้ผลิต หรือแล้วแต่ต้องการ แบ่งตามระดับน้ำหนักของชั้นเคลือบ ดังนี้

(1) กระดาษเคลือบบาง (light weight coating, LWC) ส่วนมากจะทำจากเยื่อเชิงกล ถ้ามีการเคลือบผิวหนามากขึ้น ปริมาณการใช้เยื่อเชิงกลจะลดน้อยลง

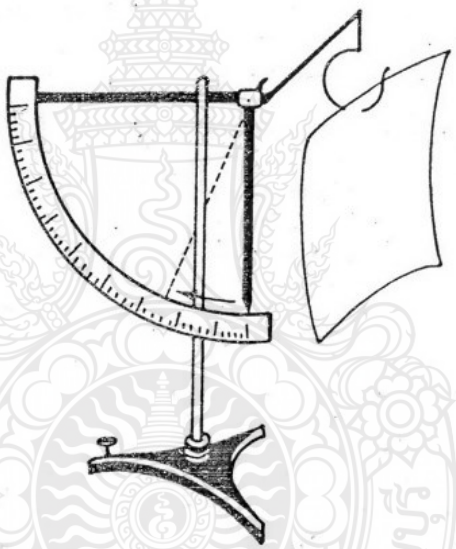
(2) กระดาษเคลือบปานกลาง (medium weight coating, MWC) ใช้เพื่อเป็นแผ่นปลิวโฆษณา

(3) กระดาษเคลือบหนา (high weight coating, HWC) จะมีราคาเพิ่มขึ้นตามคุณภาพ ใช้เป็นวัสดุพิมพ์สำหรับสิ่งพิมพ์โฆษณา กระดาษเคลือบหนาจะเคลือบแยกจากเครื่องจักรผลิตกระดาษ (off machine) และใช้การเคลือบหลายชั้น กระดาษเคลือบจะผ่านการขัดผิวเพื่อให้มีความมันวาวสูงหรืออาจเคลือบแบบผิวด้าน (dull finish) ก็ได้

2.7.5 ลักษณะทางโครงสร้างของกระดาษ กระดาษเป็นแผ่นวัสดุซึ่งมิได้มีเนื้อเดียวกันและ มีความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษไม่เท่ากันตลอดทั้งแผ่น ทั้งนี้เพราะโครงสร้างของกระดาษประกอบขึ้นจากการสานตัวของเส้นใยและมีสารเติมแต่งอุดช่องว่างระหว่างเส้นใย ลักษณะทางโครงสร้างของกระดาษจึงเป็นตัวบ่งชี้การจัดเรียงตัวขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเนื้อกระดาษ เช่น การกระจายตัวของเส้นใย ทิศทางการเรียงตัวในแนวขนานเครื่องของเส้นใย ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติอื่น ๆ ของกระดาษด้วยลักษณะทางโครงสร้างของเส้นใย ได้แก่ น้ำหนักมาตรฐาน (basis weight

หรือ grammage) ความหนา ความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ (formation) ทิศทางของเส้นใย (directionality) ความแตกต่างของผิวกระดาษสองด้าน (two-sideness) ความพรุน (porosity) และความเรียบของผิวกระดาษ (smoothness)

1) น้ำหนักมาตรฐาน หมายถึง น้ำหนักของกระดาษต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เก็บในสภาวะอุณหภูมิและความชื้นที่ได้มีการควบคุมตามมาตรฐานกำหนด น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจะเป็นประโยชน์ในด้านการควบคุมการผลิตกระดาษ โดยจะควบคุมปริมาณเนื้อกระดาษที่ใช้ หน่วยที่ใช้วัดน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจะเป็น กรัมต่อตาราเมตร ตามระบบสากลทั่วไป แต่บางประเทศจะมีการใช้เป็นหน่วยปอนด์ต่อตารางฟุต หรือ ปอนด์ต่อ 3,000 ตารางฟุต ในปัจจุบันมาตรฐาน ISO และ Tappi ซึ่งเป็นมาตรฐานในการทดสอบกระดาษให้ใช้คำว่า “แกรมเมจ” grammage แทนน้ำหนักมาตรฐาน



ภาพที่ 2.23 แสดงเครื่องมือที่ใช้วัดน้ำหนักมาตรฐาน

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 30

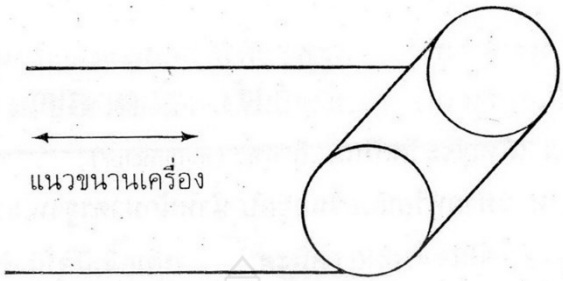
2) ความหนา หมายถึง ระยะห่างที่ตั้งฉากระหว่างผิวด้านบนและผิวด้านล่างของกระดาษ ภายใต้สภาวะการทดสอบที่กำหนด หน่วยที่ใช้ในสหรัฐอเมริกาจะระบุเป็นนิ้ว (inches) หรือ มิล (mil) ในระบบ Sl จะวัดเป็นหน่วยไมโครเมตร (micrometer) แต่ส่วนใหญ่จะวัดเป็นมิลลิเมตร (millimeter) ความหนาแน่นปกติได้จากความสัมพันธ์ระหว่างมวลต่อปริมาตร สำหรับในวงการกระดาษจะหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาและน้ำหนักมาตรฐานได้เป็นความหนาแน่นเสมือน (spparent density) ซึ่งจะเป็นการเทียบหาความหนาแน่นของกระดาษที่ระดับน้ำหนักมาตรฐานเดียวกัน อาจมีความหนาไม่เท่ากัน ซึ่งสามารถหาได้ ดังนี้

น้ำหนักกระดาษ	49	กรัมต่อตารางเมตร
ความหนา	0.085	มิลลิเมตร หรือ 8.5 ×10-5 เมตร
ความหนาแน่นเสมือน เท่ากับ	49/ (8.5 ×10-5^{-5})	กรัมต่อลูกบาศก์เมตร
หรือ	576,470.58	กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

หน่วยของความหนาแน่นเสมือนที่นิยมใช้ในระบบ Sl จะกำหนดเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้น ความหนาแน่นเสมือนที่ได้ของกระดาษชนิดนี้จะเป็น 576 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฉะนั้นกระดาษที่มีน้ำหนักเท่ากัน แต่มีความหนาของกระดาษต่างกัน กระดาษที่มีความหนามากจะให้ค่าความหนาแน่นเสมือนน้อย

3) ความสม่ำเสมอในเนื้อกระดาษ นับว่าเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับกระดาษพิมพ์ เมื่อนำกระดาษเนื้อไม่สม่ำเสมอกัน (wild formation) ไปพิมพ์จะให้งานพิมพ์ที่มีคุณภาพไม่ดี ความไม่สม่ำเสมอกันของเนื้อกระดาษเกิดขึ้นจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเนื้อกระดาษ เช่น เส้นใย สารเติมแต่งต่าง ๆ ที่นำมาผสมกันมีความแตกต่างกันในขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น ดัชนีหักเหของแสงและองค์ประกอบทางเคมี นอกจากนี้ยังขึ้นกับขั้นตอนการผสมและการเดินแผ่น ซึ่งล้วนแต่มีผลต่อการกระจายตัวและจับตัวกันของสารผสมเหล่านี้ทั้งสิ้น การตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษสามารถทำได้ โดยการยกขึ้นส่งกับแสงสว่าง ถ้ากระดาษมีความสม่ำเสมอต่ำ (poor formation) จะเห็นการกระจายตัวของเนื้อกระดาษไม่เสมอกันปรากฏภาพเป็นดวง ๆ เป็นทาง ๆ เป็นฝ้านม หรือ มองดูคล้ายก้อนเมฆ ความสม่ำเสมอของกระดาษมีผลต่อสมบัติของกระดาษทั้งทางเชิงกลและทางแสง ในเชิงปริมาณจะนิยามความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษว่าเป็นสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษพื้นที่ขนาดจิ๋ว (100 SD / $\bar{x}$ โดยที่ $\bar{x}$ เป็นน้ำหนักมาตรฐานเฉลี่ย และ SD เป็นความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ปัจจุบันยังไม่มีวิธีวัดที่กำหนดเป็นมาตรฐาน

2.7.6 ทิศทางของเส้นใย ในการผลิตกระดาษเส้นใยจะเรียงตัวในแนวราบเป็นส่วนใหญ่ ถ้าแบ่งตามทิศทางของเครื่องจักร สามารถแบ่งได้เป็น 2 แนว คือ แนวขนานเครื่อง (machine direction) หรือแนวเกรน (grain direction) และแนวขวางเครื่อง (cross direction, CD) หรือแนวขวางเกรน (cross grain direction) โดยเส้นใยจะเรียงตัวตามแนวขนานเครื่อง (MD) มากกว่าแนวขวางเครื่อง (CD) เปรียบเสมือนท่อนซุงลอยน้ำจะลอยตามกระแสน้ำ

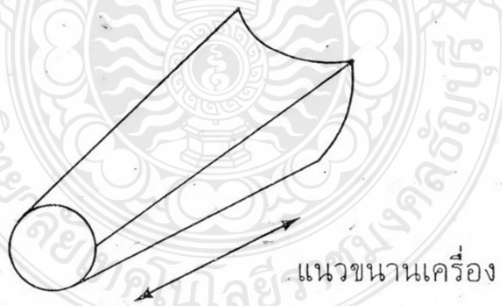


ภาพที่ 2.24 แสดงภาพแสดงแนวเกรนในกระดาษม้วน
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 32

จากการที่ทิศทางของเส้นใยเรียงตัวในแนวขนานเครื่องมากกว่าแนวขวางเครื่องทำให้สมบัติทางเชิงกลของกระดาษทั้งสองแนวแตกต่างกัน (paper anisotropy) การตรวจสอบแนวเกรนของกระดาษมีความสำคัญมากในขั้นตอนการนำกระดาษไปแปรรูป ยกตัวอย่าง เช่น การหักพับเซาะร่อง สามารถทำได้ง่ายในแนวขนานเครื่อง และค่าความทรงรูปในแนวขนานเครื่องที่สูงกว่ามีประโยชน์ในการออกแบบแฟ้ม หรือบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ

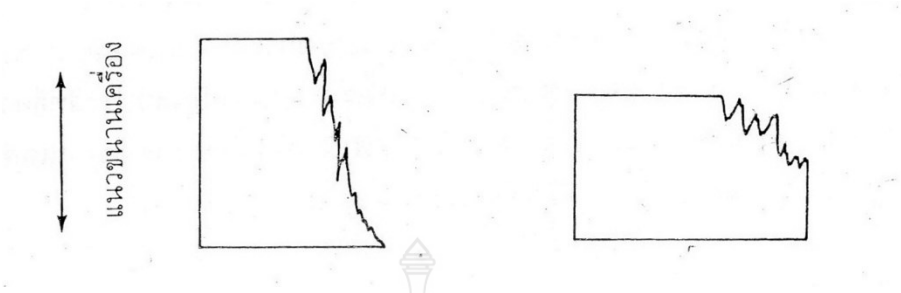
1) ในการตรวจสอบแนวเกรนของกระดาษ อาจทำได้โดยวิธีง่าย ๆ ดังนี้

(1) การตรวจสอบการโค้งงอ (curl test) ตัดกระดาษเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 2 × 2 ตารางนิ้ว แล้วใช้น้ำทาเพียงด้านเดียว กระดาษจะงอตามแนวขวางเครื่อง



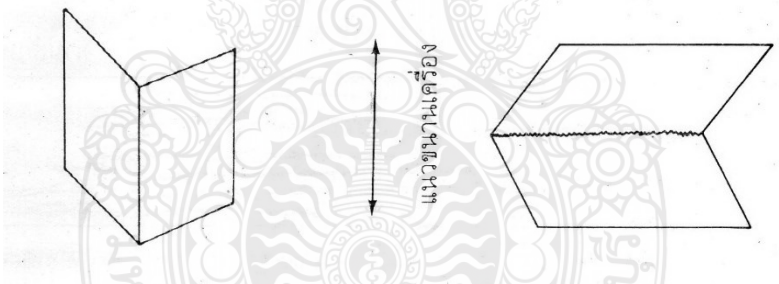
ภาพที่ 2.25 แสดงการตรวจสอบทิศทางของเส้นใยโดยดูการโค้งงอของกระดาษ
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 32

(2) การตรวจสอบโดยการฉีกกระดาษ ถ้าเป็นแนวขนานเครื่องจะฉีกได้ง่ายกว่า และแนวตรงกว่าการฉีกในแนวขวางเครื่อง ดังแสดงในภาพ



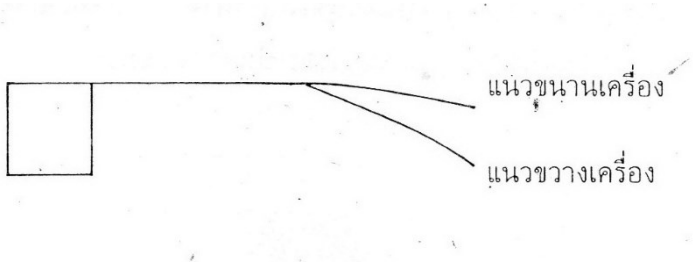
ภาพที่ 2.26 แสดงการตรวจสอบทิศทางของเส้นใยโดยการฉีกกระดาษ
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 32

(3) การตรวจสอบโดยการพับกระดาษ ถ้าเป็นแนวขนานเครื่อง รอยพับจะเรียบกว่าแนวขวางเครื่อง สำหรับแนวขวางเครื่องนั้นเมื่อพับจะเห็นรอยแตกหักและไม่เรียบ ถ้าเป็นกระดาษแข็งสามารถสังเกตเห็นรอยแตกหักได้ชัดเจน



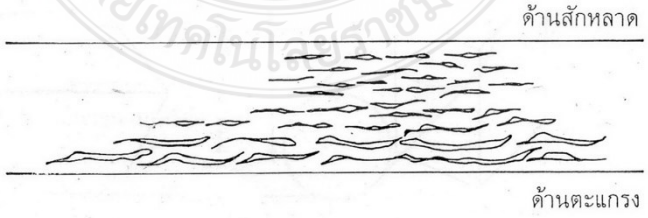
ภาพที่ 2.27 แสดงการตรวจสอบทิศทางของเส้นใยโดยการพับกระดาษ
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 33

(4) การตรวจสอบโดยการดูความทรงรูป โดยการตัดกระดาษให้มีความกว้างและความยาวเท่ากันปล่อยให้กระดาษโค้งงอโดยน้ำหนักตัวเองหรือแรงจากภายนอกเท่ากันมากระทำ พบว่าถ้าเป็นแนวขวางเครื่องจะโค้งงอได้มากกว่าแนวขนานเครื่อง



ภาพที่ 2.28 แสดงการตรวจสอบทิศทางของเส้นใยโดยดูความทรงรูป
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 33

2.7.7 ความแตกต่างของผิวกระดาษสองด้าน สองด้านของผิวกระดาษที่กล่าวถึง คือ ด้านตะแกรง (wire side, WS) และด้านสักหลาด (felt side, FS) ด้านตะแกรง หมายถึง ผิวของกระดาษด้านที่สัมผัสกับตะแกรงลวดในเครื่องเดินแผ่น ด้านตะแกรงมักมีรอยตะแกรงปรากฏให้เห็น ด้านสักหลาด หมายถึง ด้านที่อยู่ตรงข้ามกับด้านตะแกรงหรือเป็นด้านบนเวลาทำแผ่นกระดาษ ที่จริงแล้วควรเรียกว่า ด้านบท (top side) มากกว่า ในส่วนตะแกรงลวดเดินแผ่นจะมีการสั่นสะเทือนของเครื่องเพื่อไม่ให้เส้นใยจับกลุ่มกันและในส่วนของตะแกรงลวดเดินแผ่นนี้ น้ำเยื่อจะเริ่มก่อตัวเป็นแผ่นด้วยกระบวนการกรองและมีการแยกน้ำออก ซึ่งในการแยกน้ำออกจะมีอุปกรณ์ลมดูดต่าง ๆ ซึ่งจะดูดเอาส่วนเยื่อละเอียดหรือสารเติมแต่งต่าง ๆ หลุดไปพร้อมกับน้ำด้วยเมื่อมองในทิศทางของ Z (Z-direction) หรือภาคตัดขวางของกระดาษทั้งแผ่น จะเห็นว่าผิวกระดาษทั้งสองด้านมีองค์ประกอบต่าง ๆ แตกต่างกัน คือ ด้านบนหรือด้านสักหลาดจะมีส่วนของเยื่อละเอียด (fine) และส่วนที่ไม่ใช่เส้นใยอยู่มากในขณะที่ด้านล่างหรือด้านตะแกรงจะมีส่วนที่เป็นเส้นใย และมีการจัดเรียงตัวตามแนวเกรนของเครื่องมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากด้านตะแกรงนั้น ส่วนของเยื่อละเอียด และอนุภาคของสารเติมแต่งต่าง ๆ สามารถลอดผ่านตะแกรงไปได้ ผิวกระดาษด้านตะแกรงจะหยาบกว่าด้านสักหลาด

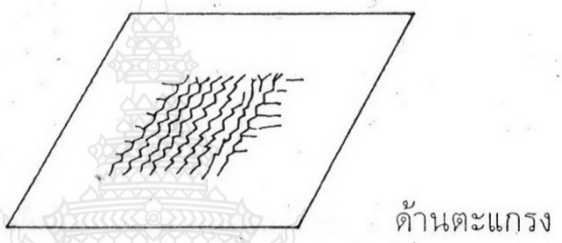


ภาพที่ 2.29 แสดงความแตกต่างของผิวกระดาษทั้ง 2 ด้าน ในด้านการจัดเรียงตัวของเส้นใย
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 34

ความแตกต่างของผิวกระดาษทั้งสองด้านจะมีผลต่อความเรียบ การดูดซึมน้ำและ น้ำมัน โดยเฉพาะในด้านการพิมพ์ ความแตกต่างของผิวกระดาษไม่ควรแตกต่างกันมากนัก ดังนั้นในการผลิตกระดาษปัจจุบันจะพยายามปรับความแตกต่างของผิวกระดาษ โดยมีการผลิตตะแกรงที่มีความเรียบสูงขึ้น

1) วิธีตรวจสอบผิวกระดาษว่าด้านไหนเป็นด้านตะแกรงหรือด้านสักหลาด สามารถทำได้ 2 วิธี ดังนี้

(1) การสังเกตว่าด้านไหนที่แสดงรอยตะแกรงจะเป็นด้านตะแกรง (SW)



ภาพที่ 2.30 แสดงรอยตะแกรงของผิวกระดาษ

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 34

(2) การตรวจสอบโดยการฉีกขาดที่มุม และสังเกตรอยฉีกขาด โดยคว่ำกระดาษให้ด้านหนึ่งขนาดกับพื้นแล้วฉีกที่มุม ถ้ารอยฉีกบริเวณมุมเป็นแนวกว้างของการลอกออกของเส้นใยมาก แสดงว่าเป็นด้านตะแกรง เพื่อให้แน่ใจลองพลิกกระดาษในด้านตรงข้าม แล้วฉีกที่มุมเทียบรอยฉีกที่ได้

ภาพที่ 2.31 แสดงการฉีกกระดาษเพื่อตรวจสอบด้านของกระดาษ

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 34

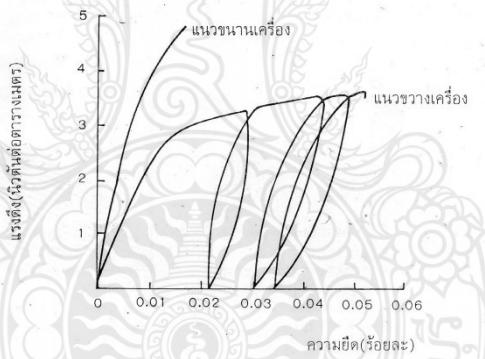
2.7.8 ความพรุนของกระดาษ กระดาษที่มองเห็นนั้นไม่ใช่ว่าจะทึบไปทั่วทั้งแผ่น จริง ๆ แล้ว มีลักษณะเป็นรูพรุนเล็ก ๆ อยู่ภายในแผ่นกระดาษ ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นเส้นใย และส่วนที่ไม่ใช่เส้นใย กระดาษโดยทั่วไปจะมีอากาศอยู่ประมาณร้อยละ 50 โดยปริมาตร อัตราส่วนของปริมาตรรูพรุนต่อปริมาตรทั้งหมดของแผ่นกระดาษนั้น เรียกว่า ความพรุนของกระดาษ วิธีวัดความพรุนของกระดาษโดยตรงทำได้ค่อนข้างยาก โดยทั่วไปจะใช้วัดเทียบกับค่าการยอมให้อากาศไหลผ่าน โดยวัดจากปริมาตรอากาศ (total volume) ที่สามารถไหลผ่านกระดาษในหนึ่งหน่วยเวลา ในสภาวะการทดสอบมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ความพรุนของกระดาษแสดงถึงความต้านทานอากาศที่สามารถผ่านได้ด้วย ถ้ากระดาษมีความพรุนมาก หมายถึง ความต้านทานอากาศผ่านจะน้อย ความต้านทานอากาศซึมแผ่นมีความสำคัญมากต่อการใช้งาน เช่น ถุงกระดาษ กระดาษทิชชู กระดาษกรอง กระดาษกันน้ำมัน เครื่องมือที่ใช้วัดความพรุนของกระดาษที่ใช้กันอยู่ มีหลายแบบ เช่น เครื่องเบนท์เซน (Bendtsen) และเกอร์เลย์ (Gurley) เครื่องเกอร์เลย์เป็นการวัดโดยการกำหนดให้อากาศคงที่ เวลาเปลี่ยนหน่วยที่ใช้วัดจะเป็นเวลาต่อปริมาตรอากาศ ซึ่งหลักการจะต่างจากของเบนท์เซน ที่เป็นการวัดความต้านทานอากาศ โดยวัดเป็นปริมาตรอากาศที่ไหลผ่านในระยะเวลาที่กำหนด หน่วยที่วัดจะเป็นปริมาตรต่อเวลา

2.7.9 ความเรียบของผิวกระดาษ เป็นลักษณะผิวกระดาษที่สัมพันธ์กับความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ และความเรียบหยาบของผิวกระดาษทั้งสองด้าน ความเรียบมีความสำคัญโดยเฉพาะทางด้านการพิมพ์ โดยจะแบ่งไปตามกระบวนการและวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต การใช้เส้นใยสั้น ส่วนละเอียดและตัวเติมมากขึ้นจะเพิ่มความเรียบของผิวกระดาษ นอกจากนี้การรีดผิว เคลือบผิว ขัดผิว ก็มีผลต่อการเพิ่มความเรียบของผิวกระดาษด้วยเช่นกัน การวัดความเรียบใช้วิธีการวัดเช่นเดียวกันกับการวัดความพรุน ความเรียบของผิวกระดาษที่วัดได้จะขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ คือ ความหมายหยาบของผิวกระดาษ ความราบของผิวกระดาษ และการยุบตัวเมื่อรับแรงกด

2.7.10 สมบัติเชิงกลของกระดาษเป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการใช้งานของกระดาษ ซึ่งหมายถึง การที่กระดาษมีความทนทานต่อการใช้งาน (durability) และความสามารถในการต้านทานแรงที่มากระทำในลักษณะต่าง ๆ เช่น แรงดึง แรงเฉือน แรงบิด และแรงที่ทำให้กระดาษโค้งงอ ซึ่งแรงเหล่านี้เกิดขึ้นในหลายขั้นตอนตั้งแต่การผลิตกระดาษ การแปรรูปจนถึงการใช้งาน กระดาษจะตอบสนองแรงที่มากระทำเหล่านี้ได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของกระดาษ ซึ่งสามารถวัดออกมาได้ในรูปของสมบัติเชิงกลได้ ดังนั้นในการเลือกกระดาษเพื่อนำไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงสมบัติทางเชิงกลของกระดาษด้วย สมบัติทางเชิงกลพื้นฐานจะพิจารณาจากลักษณะที่ปรากฏให้เห็นของกระดาษในขณะรับแรงที่มากระทำ ซึ่งจะสัมพันธ์กับทฤษฎีว่าด้วยการเสียรูปของกระดาษที่

เกิดจากการรับแรง (mechanical deformation) ส่วนสมบัติทางเชิงกลประยุกต์จะพิจารณาจากสมบัติทางเชิงกลต่าง ๆ ของกระดาษ ซึ่งมีการทดสอบและรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการผลิตและการแปรรูปสมบัติทางเชิงกลของกระดาษ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

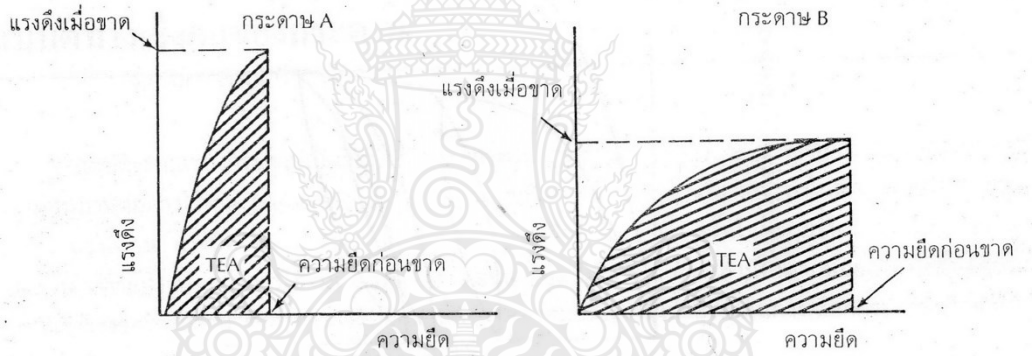
1) สมบัติทางเชิงกลพื้นฐาน เป็นสมบัติทางเชิงกลที่บ่งบอกถึงพฤติกรรมของกระดาษที่เกิดขึ้นในขณะที่ได้รับแรงดึง ซึ่งกระดาษแต่ละชนิดจะมีพฤติกรรมในลักษณะเดียวกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยใช้สัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด (stress-strain plot) ความเค้นในที่นี้ หมายถึง แรงที่กระทำให้วัตถุเกิดการยืดตัว ยกตัวอย่างเช่น แขวนตุ้มน้ำหนักไว้ที่ปลายลวด ลวดจะได้รับแรงดึงทำให้เกิดการยืดตัวขึ้น แรงที่กระทำเรียกว่า เทนไซล์สเตรส (tensile stress) มีหน่วยเป็นแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เช่น นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) ความเครียดในที่นี้ หมายถึง การยืดตัวของวัตถุเมื่อถูกแรงดึง หน่วยที่ใช้เป็นร้อยละ โดยคิดจากความยาวที่เพิ่มขึ้นต่อความยาวเดิมของวัตถุ เช่น วัตถุเดิมยาว 100 มิลลิเมตร หลังได้รับแรงดึงมีความยาวเพิ่มขึ้นเป็น 105 มิลลิเมตร ดังนั้น วัตถุนี้จะมีความเครียดหรือความยืดเท่ากับร้อยละ 5 พฤติกรรมของกระดาษอธิบายจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดได้ ดังภาพ



ภาพที่ 2.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของกระดาษ
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 37

จากภาพจะเห็นว่าค่าแรงดึงของแนวขนานเครื่องจะสูงกว่าแนวขวางเครื่องและความยืดตัวของแนวขวางเครื่องจะสูงกว่าแนวขนานเครื่องอันเป็นผลเนื่องมาจากการเรียงตัวของเส้นใย ที่ระดับความยืดร้อยละ 0.0005 ของกระดาษทุกชนิด ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความยืด จะเป็นสมการเส้นตรง โดยเมื่อได้รับแรงดึงกระดาษจะมีการยืดตัวออกและสามารถหดตัวกลับไปที่ความยาวเดิมได้เมื่อเอาแรงออกเรียกพฤติกรรมนี้ของกระดาษว่าพฤติกรรมที่ยืดหยุ่นได้ (elastic behavior) แต่ที่ระดับความยืดตัวสูงกว่านี้กระดาษจะแสดงสมบัติคล้ายพลาสติก คือ เมื่อได้รับแรงดึงกระดาษจะยืดตัวออกแล้วไม่สามารถหดตัวกลับไปที่ความยาวเดิมได้เมื่อ

เอาแรงออก ซึ่งเป็นลักษณะการยืดตัวของพลาสติกที่ระดับความยืดร้อยละ 0.022 และ 0.03 ซึ่งเป็นวงจรที่สองและสามของการยืดตัวและหดตัวของกระดาษ (straining-destraining cycles) ในช่วงวงจรนี้กระดาษยืดตัวออกโดยมีแรงกระทำที่คงที่ แต่ไม่สามารถหดตัวกลับไปที่ความยาวเดิมได้เมื่อเอาแรงออกจะเห็นได้ว่ากระดาษสามารถแสดงสมบัติทั้งของยางและพลาสติกได้เมื่อได้รับแรงดึง (viscoselastic) จากเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดึงและความยืดตัว สามารถจัดสมบัติเชิงกลพื้นฐาน โดยพิจารณาจากพื้นที่ใต้เส้นโค้งของแรงตึงและความยืดตัว หรือทีอีเอ (tensile energy absorption, TEA) มีหน่วยเป็นพลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เช่น จูลต่อตารางเมตร (j/m^2) กระดาษแต่ละชนิดจะมีพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดึงและความยืดตัวต่างกัน ยกตัวอย่างดังภาพ ตัวอย่าง A และ B จะมีค่า TEA ไม่เท่ากัน



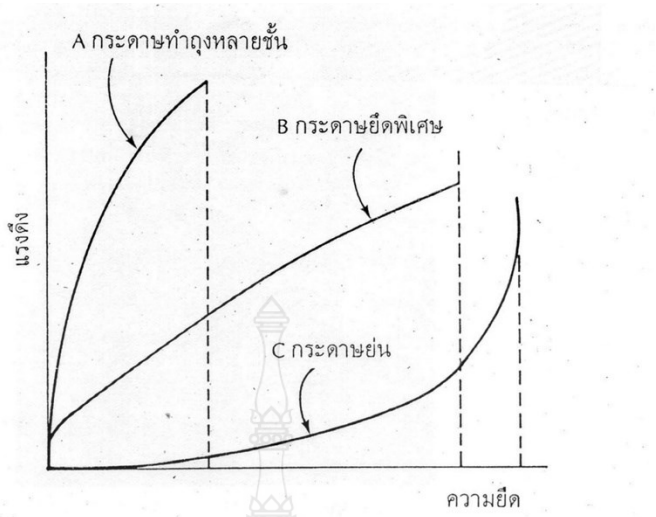
ภาพที่ 2.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงและความยืดของกระดาษ A และ B
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 38

กระดาษ A มีค่าแรงดึงสูงกว่ากระดาษ B แต่กระดาษ B จะมีค่า TEA สูงกว่ากระดาษ A ซึ่งมีค่าแรงดึงสูงกว่าทั้งนี้เป็นเพราะกระดาษ B มีค่าความยืดสูงกว่า A มาก จึงให้ค่า TEA สูงกว่าด้วย เพราะค่า TEA เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากค่าแรงดึงและความยืดตัว ดังกล่าวแล้วข้างต้น

2) สมบัติทางเชิงกลประยุกต์ สมบัติทางเชิงกลประยุกต์เป็นสมบัติเชิงกลของกระดาษที่บ่งชี้ถึงค่าความต้านทานแรงที่มากระทำต่อกระดาษในหลายลักษณะจนกระดาษขาด ได้แก่ แรงดึง แรงฉีก และแรงเฉือน สมบัติทางเชิงกลของ ได้แก่ ความต้านแรงดึง และการยืดตัว ความต้านแรงดันทะลุ ความต้านแรงฉีกขาด ความทนต่อการพับขาดและความทรงรูป สมบัติทางเชิงกลเหล่านี้

ยกเว้นความต้านทานแรงดันทะลุจะขึ้นกับทิศทางการเรียงตัวของเส้นใยว่าจะเป็นแนวขนานเครื่อง (MD) หรือแนวขวางเครื่อง (CD) โดยทิศทางของเส้นใยจะทำให้ค่าสมบัติทางเชิงกลของกระดาษตามแนวขนานเครื่องและขวางเครื่องแตกต่างกัน เช่น ความต้านแรงดึงขาดในแนวขนานเครื่องจะมีค่ามากกว่าแนวขวางเครื่อง หรือความต้านแรงฉีกขาดในแนวขนานเครื่องมีค่าน้อยกว่าแนวขวางเครื่อง นอกจากนี้ความชื้นก็มีผลต่อสมบัติเหล่านี้ด้วยเช่นกัน การทดสอบสมบัติทางเชิงกลเหล่านี้มีความหมายต่อการนำไปใช้งาน และการตรวจสอบด้านสุขภาพ

(1) ความต้านแรงดึงและการยืดตัว ความต้านแรงดึง หมายถึง ความสามารถในการรับแรงดึงสูงสุดที่กระดาษจะทนได้ก่อนจะขาดออกจากกัน มีหน่วยเป็นแรงต่อความกว้างของกระดาษที่ใช้ทดสอบ เช่น กิโลนิวตันต่อเมตร (kN/m) หรือปอนด์ต่อนิ้ว (lb/in) ค่าที่วัดได้จะเป็นสิ่งที่บ่งชี้ให้เห็นถึงความทนทานและศักยภาพในการใช้งานของกระดาษ ซึ่งต้องรับแรงในขณะใช้งาน เช่น เพื่อการห่อของ ทำถุง ทำม้วนเทป โดยทั่วไปแล้วค่าต่ำสุดของความต้านแรงดึงของกระดาษละชนิดต้องการเพียงเพื่อไม่ให้แผ่นกระดาษฉีกขาดระหว่างแปรรูปเพื่อใช้งาน เช่น การใช้กระดาษม้วนป้อนงานพิมพ์ นอกจากนี้ยังนำไปใช้สำหรับกระดาษที่ต้องการความต้านแรงดึงขาดเมื่อเปียก (wet-tensile strength) เพื่อให้แน่ใจว่ากระดาษไม่ยุ่ยง่ายเมื่อถูกน้ำในขณะใช้งาน โดยการตรวจสอบความต้านแรงดึงขาดขณะที่กระดาษยังเปียกอยู่ สมบัติการยืดตัวของกระดาษนับว่ามีความสำคัญมากดังที่ได้กล่าวในสมบัติทางเชิงกลพื้นฐานเกี่ยวกับค่า TEA ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกศักยภาพการใช้งานของกระดาษชนิดพิเศษที่ต้องการมีความยืดสูงมากพอที่จะทนแรงที่มากระทำได้ เช่น กระดาษที่ใช้ทำถุงหลายชั้น เพราะกระดาษที่มีความยืดสูงจะไม่แตกเปราะง่าย การที่กระดาษมีค่าแรงดึงสูงเพียงอย่างเดียวไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ในลักษณะการใช้งานของกระดาษชนิดนี้ เพราะกระดาษจะเกิดการแตกเนื่องจากไม่มีความแข็งแรงพอจะรับแรงมากและทำให้เกิดยืดตัวได้ ความยืดของกระดาษสามารถเพิ่มได้โดยเพิ่มการบดเยื่อ แต่ถ้าต้องการเพิ่มความยืดของกระดาษให้สูงขึ้นอีกสามารถทำได้โดยการทำให้กระดาษย่น ซึ่งเป็นการทำให้เกิดรอยย่นขนาดเล็ก (microcrepe) บนผิวกระดาษ กระดาษยืดพิเศษ (extensible paper) กระดาษชนิดนี้จะให้ค่า TEA สูง

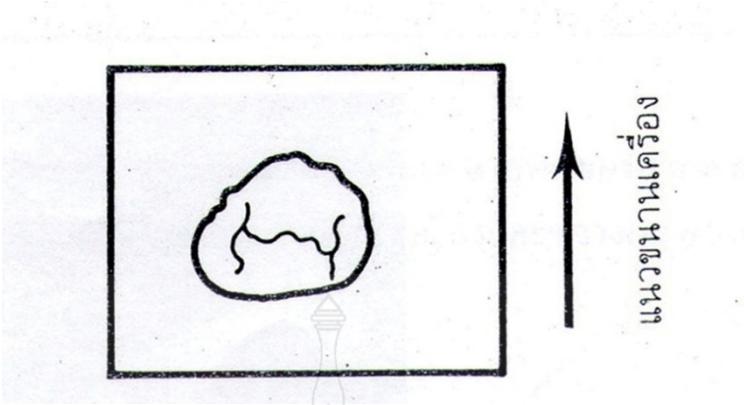


ภาพที่ 2.34 แสดงการเปรียบเทียบเส้นโค้ง แรงดึงและความยืดของกระดาษ
A = กระดาษทำถุงหลายชั้น B = กระดาษยืดพิเศษ C = กระดาษย่น

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 40

เปรียบเทียบค่า TEA ของกระดาษทำถุงหลายชั้น และกระดาษยืดพิเศษ TEA ของกระดาษยืดพิเศษจะสูงกว่ากระดาษทำถุงหลายชั้น

(2) ความต้านแรงดันทะลุ หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะทนแรงดันได้สูงสุด เมื่อได้รับแรงกระทำในทิศทางตั้งฉากต่อผิวหน้ากระดาษ มีหน่วยเป็น กิโลปาสกาล (kPa) หรือ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรหรือปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความต้านแรงดันทะลุมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความต้านแรงดึงในแนวขนานเครื่อง ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะการกระจายตัวของแรงที่มากระทำต่อชิ้นทดสอบ จากการที่พื้นที่ทดสอบมีลักษณะเป็นวงกลม ในการทดสอบเมื่อเครื่องทดสอบทำงาน แผ่นไดอะแฟรมจะถูกดันให้โป่งขึ้นจนทำให้กระดาษแตกทะลุ ก่อนที่กระดาษจะแตกออก กระดาษจะเกิดการยืดตัวออกไปในทุกทิศทุกทาง แต่เนื่องจากกระดาษมีความยืดในแต่ละทิศทางไม่เท่ากัน ดังนั้นความสามารถในการรับแรงที่มากระทำจึงไม่เท่ากันทุกทิศทาง แนวรอยแตกของชิ้นทดสอบที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะตั้งฉากกับแนวขนานเครื่องของกระดาษ เพราะกระดาษมีการยืดตัวในแนวนี้ต่ำกว่าแนวขวางเครื่อง ด้วยเหตุนี้จึงสามารถบอกได้ว่า แนวรอยแตกเป็นแนวเดียวกันกับแนวขนานเครื่องของกระดาษ ดังภาพ



ภาพที่ 2.35 แสดงรอยแตกของชิ้นทดสอบในการทดสอบความต้านแรงดันทะลุ
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 41

กระดาษที่จำเป็นต้องตรวจสอบความต้านแรงดันทะลุ จะเกี่ยวข้องกับการบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่กระดาษผิวกล่อง (linerboard) ซึ่งจะนำมาใช้ผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก (corrugated board) หรือกล่องที่ใช้เพื่อการขนส่ง (shipping container) หลักการในการตรวจสอบความต้านแรงดันทะลุ วางชิ้นทดสอบระหว่างปากจับบนและล่าง ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นกลมมีช่องกลมตรงกลางแล้วเดินเครื่องทำงาน กลีเซอลีน (อยู่ภายใต้ตัวเครื่อง) จะดันแผ่นยางไดอะแฟรม จนโปร่งขึ้นดันจนกระดาษแตกทะลุ ดังภาพ

ภาพที่ 2.36 แสดงเครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุแบบอัตโนมัติ
ที่มา : http://www.sithiphorn.com, 12 มกราคม 2554

(3) ความต้านแรงฉีกขาด หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงกระทำซึ่งจะทำให้ชิ้นทดสอบหนึ่งชิ้นขาดออกจากรอยฉีกนำเดิม หน่วยที่วัดได้เป็นมิลลินิวตัน (mN) หรือ กรัม (gram) กระดาษที่จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบความต้านแรงฉีกขาด ได้แก่ กระดาษทำถุง กระดาษพิมพ์และเขียน หลักการในการตรวจสอบความแรงฉีกขาดทำโดย ใส่ชิ้นทดสอบที่มีขนาดตามมาตรฐานกำหนด ในระหว่างปากจับบนแท่นเครื่องและบนลูกตุ้ม ซึ่งเคลื่อนที่ได้ ใช้ใบมีดตัดชิ้นทดสอบเป็นการฉีกนำยาวประมาณ 2 เซนติเมตร ทำการทดสอบโดยปล่อยให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่ชิ้นทดสอบจะฉีกขาด

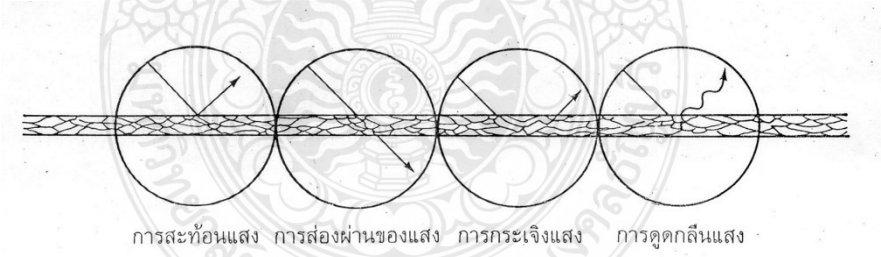
ภาพที่ 2.37 แสดงเครื่องทดสอบความต้านแรงฉีกขาด
ที่มา : http://www.Made-in-China.com, 12 มกราคม 2554

(4) ความทนต่อการพับขาด หมายถึง จำนวนการพับไปพับมา (double folds) ของชิ้นทดสอบจนกระทั่ง ชิ้นทดสอบขาดออกจากกันภายใต้แรงที่กำหนด หน่วยที่ใช้เป็นจำนวนครั้ง หรือ $\log_{10}$ ค่าความทนทานต่อการพับขาดในแนวขนานเครื่องสูงกว่าแนวขวางเครื่อง ความทนต่อการพับขาดจะเป็นการวัดที่รวมความต้านแรงดึง การยืดตัว การแยกชั้นของกระดาษ และ ความต้านทานแรงกด ซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงอายุการใช้งานของกระดาษ เช่น กระดาษปก หลักการในการตรวจสอบความทนต่อการพับขาดจะทำโดยยึดปลายข้างหนึ่งของชิ้นทดสอบด้วยแรงคงที่ ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งถูกจับด้วยปากจับแล้วพับไปมาด้วยความเร็วคงที่และองศาตามมาตรฐานกำหนด จนกระทั่งชิ้นทดสอบขาด

(5) ความทรงรูป หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านทานแรงที่มากระทำให้กระดาษโค้งงอด้วยน้ำหนักกระดาษจากภายนอก หน่วยที่ใช้เป็น นิวตัน-เมตร หรือ นิวตัน หรือหน่วยอื่นที่เกี่ยวข้อง ความต้องการค่าความทรงรูปของผู้ใช้งานอาจสูงหรือต่ำก็ได้ตาม

ความเหมาะสมของกระดาษ เช่น กระดาษสำหรับพิมพ์ระบบป้อนเป็นแผ่น กระดาษแข็งชนิดต่าง ๆ เช่น กระดาษแฟ้มปกแข็ง กระดาษการ์ดต่างๆ เช่น กระดาษโปสเตอร์ กระดาษทำถ้วย นอกจากนี้สมบัติด้านความทรงรูปของกระดาษนับเป็นสมบัติทางเชิงกลที่สำคัญที่สุดของกระดาษบรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้เพื่อให้บรรจุภัณฑ์สามารถต้านทานการเสียรูป หรือการโป่งพองของสินค้า (bulging) ในขณะบรรจุและตั้งวางอยู่บนชั้นสินค้า หลักการในการตรวจสอบ ใส่ชิ้นทดสอบลงในปากจับ ทำการทดสอบโดยแรงกระทำจะทำให้กระดาษโค้งงอไปเป็นมุม 7.5 องศา หรือ 15 องศา แล้วแต่ชนิดกระดาษ

2.7.11 สมบัติด้านทัศนศาสตร์ของกระดาษ หมายถึง สมบัติทางแสงของกระดาษที่ปรากฏแก่สายตา ได้แก่ ความขาวสว่าง (brightness) ความทึบแสง (opacity) ความขาว ความมันวาว (gloss) สมบัติเหล่านี้ของกระดาษไม่สามารถวัดค่าออกมาโดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์เพียงอย่างเดียวได้แต่จะต้องประกอบด้วยหลักการทางจิตวิทยาร่วมด้วย ทั้งนี้ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการมองเห็นของสายตามนุษย์ ซึ่งต้องอาศัยดวงตาในการสังเกตและสมองตัดสินการรับรู้ในการมองเห็นอีกครั้ง ดังนั้นในการวัดค่าเกี่ยวกับสมบัติทางด้านทัศนศาสตร์จึงต้องประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนในการพิจารณา คือ แหล่งกำเนิดแสง กระดาษที่ถูกส่องแสง และดวงตามนุษย์ หรือเครื่องวัดแสงที่ทำหน้าที่สังเกตการณ์และแปลผลการสะท้อนแสงหรือการส่องผ่านของแสงที่กระทำต่อกระดาษ อันตรกิริยาระหว่างแสงกับกระดาษ เมื่อแสงตกกระทบบนแผ่นกระดาษจะเกิดปรากฏการณ์ 4 อย่าง คือ การสะท้อนแสง การกระเจิงแสง การดูดกลืนแสง และการส่องผ่านของแสง



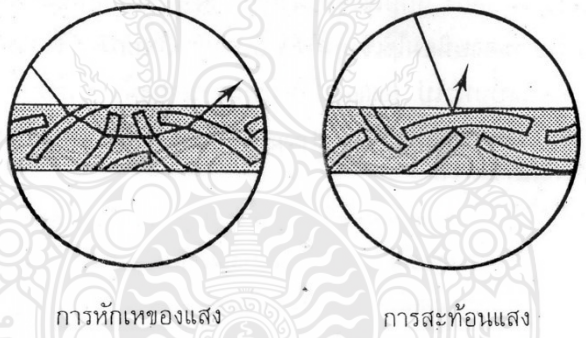
ภาพที่ 2.38 แสดงการเกิดปรากฏการณ์ 4 อย่าง เมื่อแสงกระทบผิวกระดาษ
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 44

1) การสะท้อนแสง เป็นปรากฏการณ์แรกสุดที่เกิดขึ้น ทันทีที่แสงตกกระทบบนผิวกระดาษ แสงบางส่วนจะเกิดการสะท้อนกลับออกจากผิวบนสุดของกระดาษ เนื่องจากกระดาษมีผิวหยาบจึงมีทิศทางการสะท้อนแสงไม่แน่นอน แต่จะมีการสะท้อนแสงในทุกทิศทุกทางบนผิวกระดาษ การสะท้อนแสงแบบนี้เรียกว่า การสะท้อนแสงแบบกระจาย (diffuse refection) แต่ถ้ากระดาษ

มีพื้นผิวเรียบมากผ่านการขัดมันหรือเคลือบผิวด้วยสารที่มีความมันวาวสูง เช่น กระดาษอาร์ตมัน การสะท้อนแสงบนผิวกระดาษเรียบนี้จะมีทิศทางแน่นอน คือ มีค่าของมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเรียกการสะท้อนแสงแบบนี้ว่า การสะท้อนแสงเชิงมุม (specular reflection) หรือความมันวาว

2) การดูดกลืนแสง แสงบางส่วนที่ตกกระทบจะผ่านเข้าไปในเนื้อกระดาษและจะถูกดูดกลืนไว้ในแต่ละช่วงคลื่นตามปริมาณและสมบัติของสารสีที่มีอยู่ การเกิดสีเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการดูดกลืนแสงของวัสดุ วัสดุใดถ้าไม่มีการดูดกลืนแสงเลยในทุกช่วงคลื่น วัสดุนั้นจะมีสีขาว (perfect white) วัสดุใดถ้ามีการดูดกลืนแสงไว้หมดทุกช่วงคลื่น วัสดุนั้นจะมีสีดำ (perfect black) และถ้าวัสดุใดดูกลืนแสงมากเฉพาะช่วงคลื่นที่แน่นอนวัสดุนั้นจะมีสี

3) การกระเจิงแสง เป็นผลรวมที่ได้จากการหักเหของแสง (refraction) และ การสะท้อนแสง (reflection) ที่เกิดภายในเนื้อกระดาษรวมกัน ดังภาพ



ภาพที่ 2.39 แสดงการหักเหและการสะท้อนกันของแสง
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 45

ดังที่ทราบแล้วว่าภายในเนื้อกระดาษประกอบด้วยเส้นใยจำนวนมากที่สานตัวซ้อนกันอยู่เป็นชั้น ๆ การสานตัวจะไม่แนบสนิทเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นในเนื้อกระดาษจึงมีช่องอากาศเป็นจำนวนมาก เมื่อแสงผ่านเข้ามาถึงเนื้อกระดาษ แสงบางส่วนจะกระทบเส้นใยและเกิดการสะท้อนแสงออกจากผิวเส้นใย แต่แสงบางส่วนจะผ่านเข้าสู่เส้นใยซึ่งเป็นวัสดุโปร่งแสง แต่เนื่องจากเส้นใยมีดัชนีการหักเหสูงกว่าอากาศ เมื่อแสงเดินทางผ่านอากาศเข้าสู่เส้นใยจึงทำให้ทิศทางการเดินของแสงหักเหไปจากทิศทางเดิม แสงที่เดินทางจากเส้นใยหนึ่งไปยังเส้นใยอื่นจะมีการเปลี่ยนทิศ

ทางเดินจนนับครั้งไม่ถ้วน ทำให้เกิดการหักเหของแสงและการสะท้อนแสงกลับภายในเนื้อกระดาษเป็นไปอย่างไม่เป็นระเบียบ เรียกว่า การกระเจิงแสง (scattering) นอกจากนี้ภายในเนื้อกระดาษยังมีตัวเติม ซึ่งมีอนุภาคเล็กกว่าเส้นใยมากจึงยิ่งทำให้เกิดการเพิ่มพื้นที่ผิวในการกระเจิงแสงภายในของเนื้อกระดาษมากขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการหักเหและสะท้อนกลับขึ้นสู่ผิวกระดาษมากขึ้น และ เนื่องจากตัวเติมมีสีขาวไม่ดูดกลืนสีจึงทำให้กระดาษมองดูขาวและทึบแสงขึ้น

4) การส่องผ่านของแสง แสงบางส่วนอาจผ่านทะลุกระดาษได้ กระดาษบางชนิดยอมให้แสงผ่าน (translucent paper) เช่น กระดาษไขเขียนแบบ กระดาษกลาสซีน มีเนื้อแน่นมาก ทำให้มีพื้นที่ผิวในการกระจายแสงภายในเนื้อกระดาษน้อย แสงจึงผ่านทะลุได้มากกว่ากระดาษชนิดอื่น

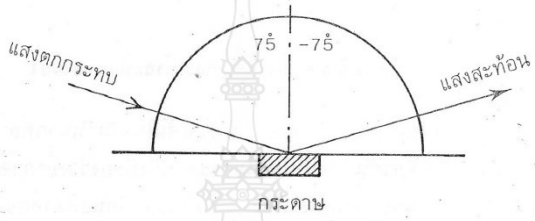
2.7.12 สมบัติด้านทัศนศาสตร์ของกระดาษมี ดังนี้

1) ความขาวสว่าง ในวงการอุตสาหกรรมกระดาษจะหมายถึงค่าการสะท้อนแสงของแสงสีน้ำเงินที่ช่วงคลื่น 457 นาโนเมตรเท่านั้นจุดประสงค์เดิมของการวัดความขาวสว่าง เพื่อต้องการดูผลของการฟอกเยื่อเป็นสำคัญ เยื่อกระดาษที่ยังไม่ได้ฟอกส่วนมากจะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงเหลืองอ่อน อันเนื่องจากลิกนินจะดูดซับแสงสีน้ำเงินไว้ ทำให้ค่าการสะท้อนแสงที่ได้ในช่วงแสงสีน้ำเงินมีค่าต่ำ แต่เมื่อนำเยื่อไปฟอกโดยการขจัดลิกนิน หรือเปลี่ยนโครงสร้างแล้ว เยื่อฟอกขาวที่ได้จะให้ค่าการสะท้อนแสงที่ช่วงแสงสีน้ำเงินสูงขึ้นมาก

2) ความทึบแสง ความทึบแสงของกระดาษ เป็นคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับกระดาษพิมพ์และเขียน กระดาษจะต้องทึบแสงพอที่จะบังภาพหรืออักษรที่อยู่ด้านหลังไม่ให้ปรากฏจนเกิดปัญหาในการอ่านและความชัดเจนของสิ่งที่พิมพ์ ความทึบแสงสามารถวัดได้โดยโดยเปรียบเทียบค่าการสะท้อนแสงสีเขียวที่ช่วงคลื่น 557 นาโนเมตร ระหว่างกระดาษแผ่นเดียวที่รองหลังด้วยพื้นดำสนิท กับกระดาษที่วางซ้อนกันหนาจนแสงไม่ผ่านทะลุ ความทึบแสงและความขาวสว่างต่างขึ้นกับปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ การกระเจิงแสงและการดูดซับแสงกระดาษที่ใช้เยื่อที่มีความขาวสว่างสูงมาก อาจมีปัญหาด้านความทึบแสง เพราะเยื่อจะมีความทึบแสงน้อยลง การใช้ตัวเติมช่วยเพิ่มการกระเจิงแสงในเนื้อกระดาษจะช่วยปรับปรุงความทึบแสงให้ดีขึ้นได้

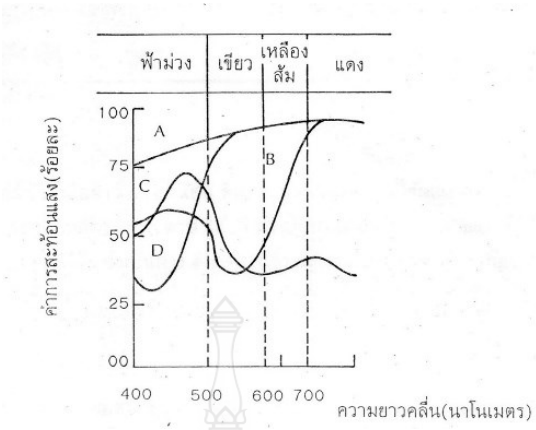
3) ความมันวาว เป็นสมบัติด้านทัศนศาสตร์อย่างหนึ่งของกระดาษเคลือบผิวหรือกระดาษอาร์ต โดยหลักการความมันวาว หมายถึง ลักษณะของผิวกระดาษที่จะสะท้อนแสง ณ มุมที่กำหนด โดยมุมสะท้อนเท่ากับมุมตกกระทบ สำหรับกระดาษนิยมใช้เชิงมุม 75 องศากับเส้นปกติ ถ้าแสงที่สะท้อนในเชิงมุม (specular) ดังกล่าวมีมากกว่าแสงที่สะท้อนแบบทั่วไป (diffuse) ผิวกระดาษจะดูมันวาวมาก อย่างไรก็ตามกระดาษบางประเภทที่มีความมันวาวมาก เช่น กระดาษชุบ

ไข (waxed paper) อาจใช้มุมอื่นในการวัด เช่น 20 องศา ความมันวาวของกระดาษกับความเรียบของผิวกระดาษ มิได้มีความสัมพันธ์กันเสมอไป ความมันวาวเป็นความพอใจของผู้ใช้และความจำเป็นต่อการใช้งานมากกว่า กระดาษอาร์ตด้าน (matt art) ซึ่งมีความมันวาวต่ำก็สามารถให้ผลงานพิมพ์คุณภาพสูงได้



ภาพที่ 2.40 แสดงการวัดความมันวาวเชิงมุม 75 องศา
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 46

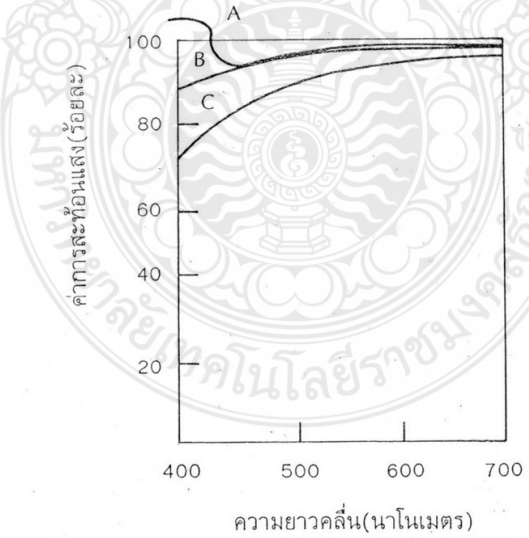
4) ความขาว เป็นสมบัติที่แตกต่างจากความขาวสว่าง คนจะรู้สึกว่ากระดาษหรือวัสดุใดมีสีขาวกว่าอีกสิ่งหนึ่ง ถ้ากระดาษนั้นสะท้อนแสงในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นออกมาสม่ำเสมอกว่า การย้อม (tinting) กระดาษขาวด้วยสีม่วงหรือสีน้ำเงินให้ดูขาวขึ้นก็เพราะแสงสีเหลืองและแสงสีแดงถูกดูดซับไว้มากขึ้น จึงถูกสะท้อนออกมาน้อยลง หากวัดค่าความขาวสว่างจะพบว่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากสีทุกสีที่ใส่ลงไปในกระดาษจะถูกดูดกลืนแสงไว้ แต่สีน้ำเงินจะมีผลกระทบต่อค่าความขาวสว่างน้อยกว่าสีอื่น ดังภาพ



ภาพที่ 2.41 แสดงการสะท้อนแสงที่ช่วงคลื่นต่างๆ ของเยื่อย้อมสี A = เยื่อฟอกขาว B = เยื่อย้อมสีแดง C = เยื่อย้อมสีน้ำเงิน D = เยื่อย้อมสีเหลือง

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 47

การใช้สารฟอกนวลในกระดาษ เป็นการช่วยให้กระดาษมีการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีม่วงและสีน้ำเงินมากขึ้น กระดาษจึงดูขาวขึ้นเมื่อดูด้วยแสงแดด หรือแสงที่มีปริมาณรังสีอุลตราไวโอเลตใกล้เคียงกับแสงธรรมชาติในเวลากลางวัน ดังภาพ (รุ่งอรุณ, 2539 : 19-47)



ภาพที่ 2.42 แสดงการสะท้อนแสงของเยื่อและกระดาษเมื่อเติมสารฟอกนวล A = กระดาษที่ใส่สารฟอกนวล B = เยื่อที่ได้จากฝ้าย C = เยื่อฟอกขาว

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์, 2539 : 47

2.8 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุชาดา คันธารส (2561 : บทคัดย่อ) ได้วิจัยเรื่องการศึกษาหาค่าสีที่ได้จากการจำลองสีด้วยสายตาจากภาพถ่าย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ผลที่ได้จากการมองเห็นสีจากภาพถ่ายจิตรกรรมฮูปแต้มฝาผนังของนักออกแบบบนจอคอมพิวเตอร์ นำมาระบุค่าสีอัตลักษณ์เพื่อประยุกต์ใช้ในงานออกแบบบรรจุภัณฑ์ ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research Methodology) จากการรวบรวมภาพถ่ายของภาพเขียนฝาผนังฮูปแต้มจำนวน 4 วัด ในจังหวัดขอนแก่น ซึ่งมี อัตลักษณ์ของการใช้สีจากธรรมชาติในการเขียนภาพ และ มีความโดดเด่น 2 สี ได้แก่ สีฟ้า และ สีเหลือง นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์การมองเห็นสีนี้มาประมวลผลเพื่อหาค่าความถี่ในการจับคู่สีที่มองเห็นผ่านจอคอมพิวเตอร์ของนักออกแบบเปรียบเทียบกับสีที่มองเห็นในหนังสือสี Japanese Industrial Standard for Color JIS Z 8721 Glossy Edition2 ใช้ผู้ทดลองเป็นนักออกแบบบรรจุภัณฑ์ จำนวน 5 คน ได้ผลการมองเห็นสีที่มากที่สุด ของสีฟ้า Munsell Color Code 2.5PB 4/10 และ สีเหลือง Munsell Color Code 10YR6/10 จากนั้นผู้วิจัยนำเครื่องวัดสีวัดหาค่าสีที่บนแผ่นชาร์ทสีของ JIS COLOR ตาม Munsell code ที่ได้ และ ระบุค่าสีเพื่อนำไปใช้ในงานออกแบบ ใช้วิธีการหาค่าความแตกต่างของสี ΔE เมื่อกำหนดสีในโปรแกรมคอมพิวเตอร์กราฟิกและ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ เปรียบเทียบกันได้ค่าใกล้เคียง มากำหนดสี CMYK ด้วยการใส่ค่า L*a*b* ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์กราฟิกได้ค่าสีเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบโดย สีฟ้า คือ CMYK MODE : C99 M57 Y13 K2 RGB MODE : R0 G95 B157 #005F9D สีเหลือง CMYK MODE : C19 M49 Y100 K8 RGB MODE : R197 G132 B15 #C5840F นำสีที่ได้ไปใช้ในการออกแบบชุดบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยกำหนดค่าสี และ แสดงผลออกมาเพื่อทำการประเมินความพึงพอใจกับกลุ่มเป้าหมาย ได้ผลการประเมินความพึงพอใจด้านความเป็น อัตลักษณ์สื่อถึงภาพเขียนฝาผนังฮูปแต้ม พบว่า อยู่ในระดับเหมาะสมมาก (X = 4.40)

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

โครงการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบและชดเชยสีที่แตกต่างกันระหว่างรูปแบบไฟล์ .PSD และ .AI ผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินโครงการวิจัย และ วัสดุอุปกรณ์ ดังนี้

3.1 วัสดุ/อุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

1) กระดาษพิมพ์ทดสอบ กระดาษเคลือบผิว 210 g/m^2
2) แผ่นบังสายตา
3) หมึกพิมพ์ Fuji Digital press 700 และ Fuji Digital press 80

3.1.2 อุปกรณ์

1) โปรแกรม Adobe Photoshop CS6
2) โปรแกรม Adobe Illustrator CS6
3) เครื่องพิมพ์ Fuji Digital press 700
4) เครื่องพิมพ์ Fuji Digital press 80
5) เครื่องวัดค่าสี Spectrodensitometer ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น FD-A06

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 ขั้นตอนการออกแบบแบบทดสอบสำหรับงานวิจัย

3.2.2 ขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบ

3.2.3 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ โปรแกรม และ เครื่องพิมพ์ ที่เหมาะสม

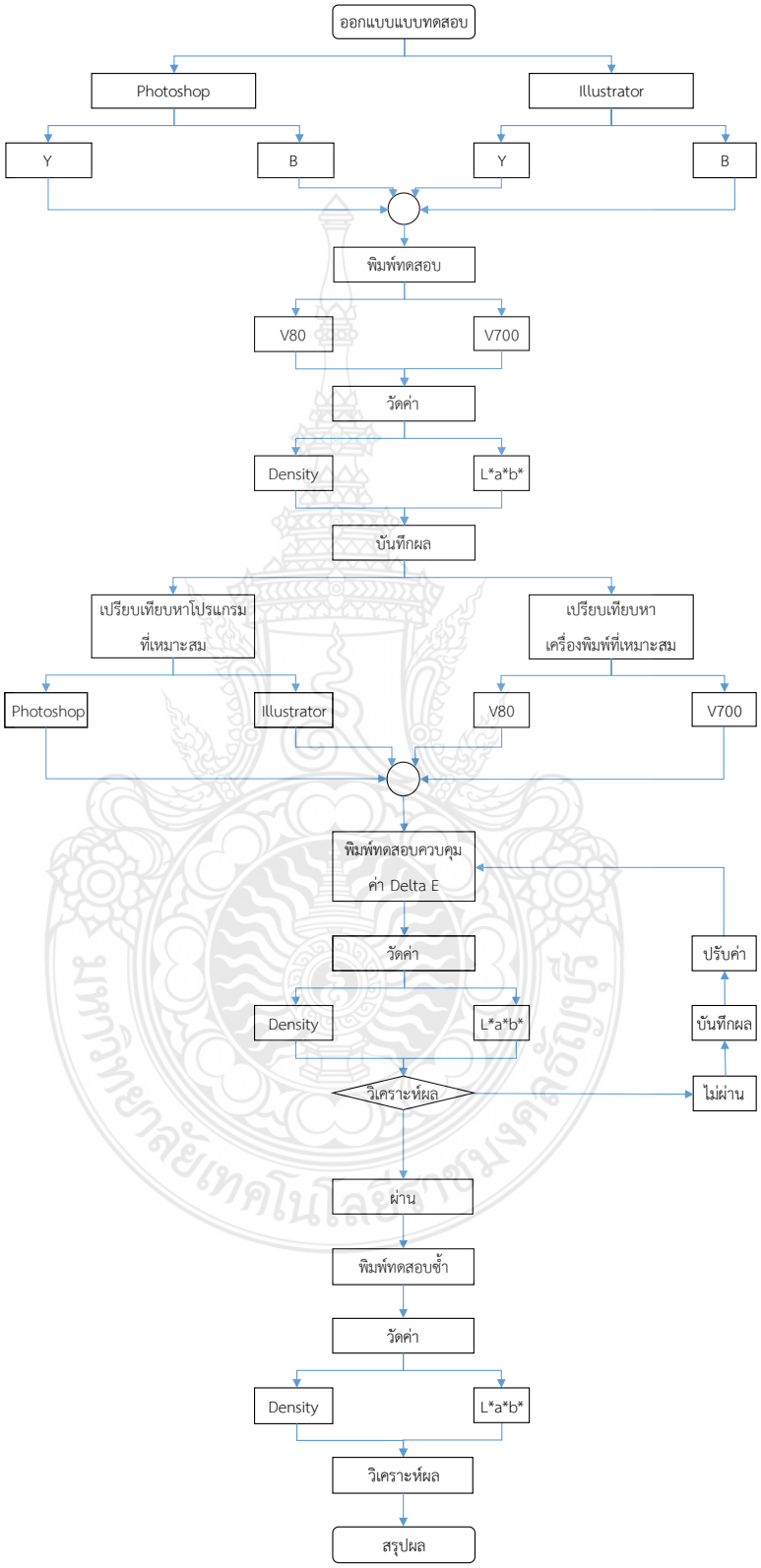
3.2.4 ขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบควบคุมค่า Delta E

3.2.5 ขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบซ้ำ

3.2.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผล

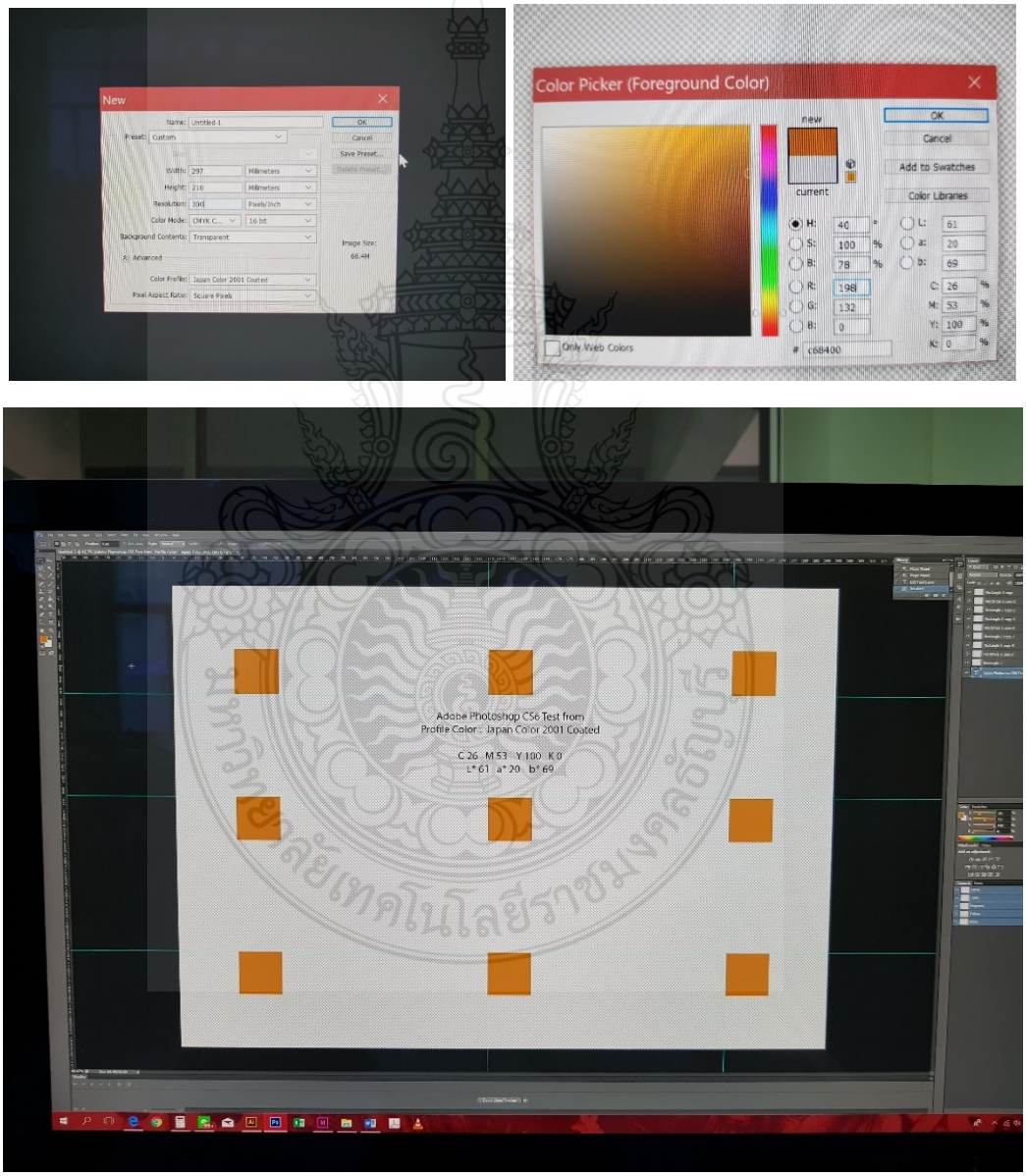
3.2.7 ขั้นตอนการสรุปผล

3.3 ผังการดำเนินงาน

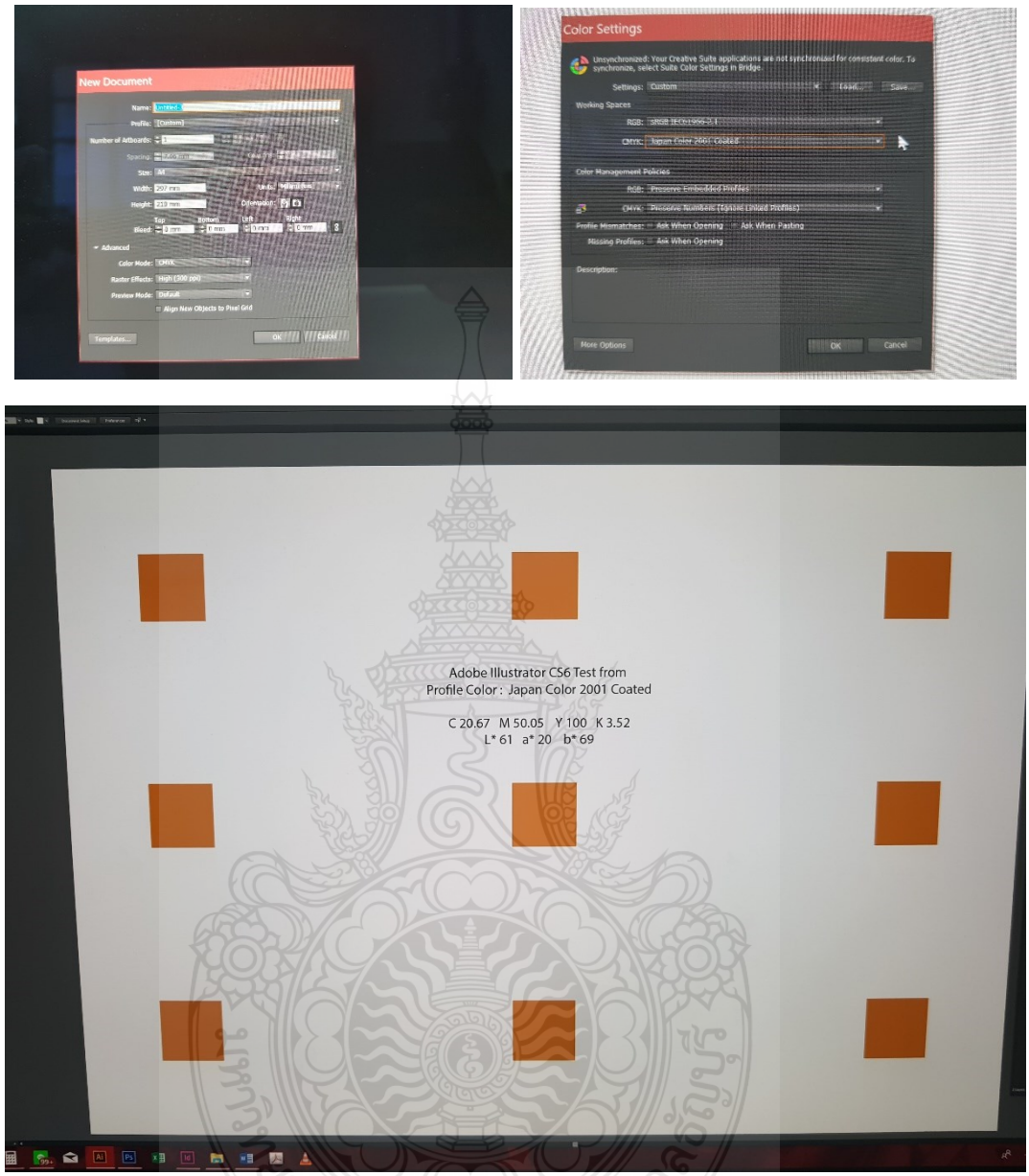


3.2.1 ขั้นตอนการออกแบบแบบทดสอบสำหรับงานวิจัย

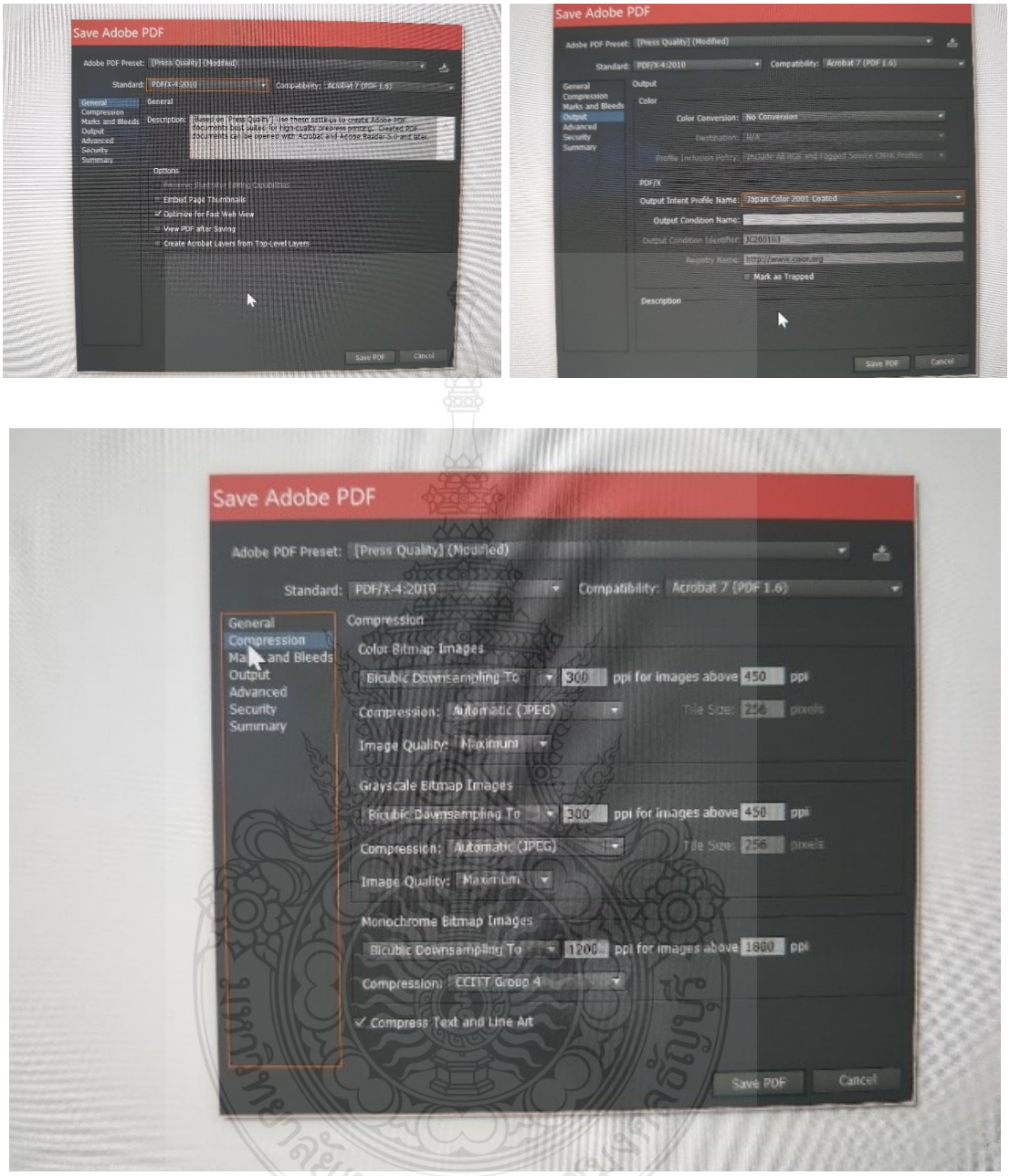
ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CS6 และ Adobe Illustrator CS6 ในการออกแบบ test from โดยใช้ Profile Color เป็นแบบ Default คือ Japan Color 2001 Coated ใช้โหมดสีเป็น CMYK และ ใช้การบันทึกในรูปแบบ .PDF ในโหมด Press Quality รูปแบบมาตรฐาน PDF/X-4:2010 สำหรับโหมดการทำงานร่วมกับ Acrobat 7 (PDF 1.6) การบีบอัดสีในรูปแบบ Color Bitmap 300 ppi,Grayscale Bitmap 300 ppi และ Monochrome Bitmap 1200 ppi



ภาพที่ 3.1 แสดงแบบทดสอบสำหรับงานวิจัย ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop CS6



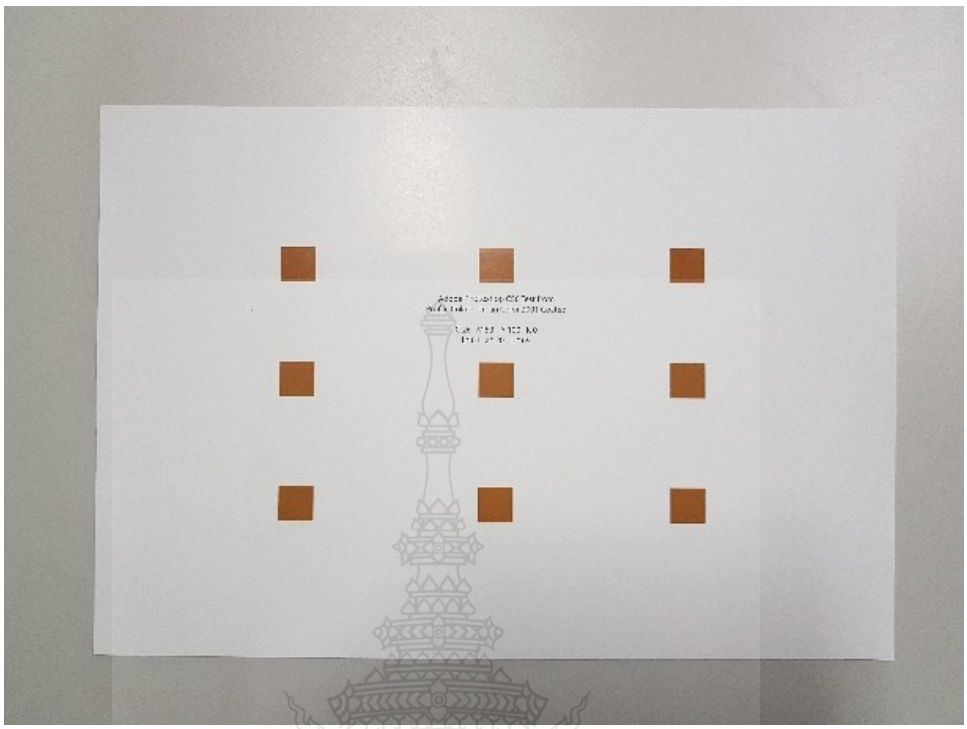
ภาพที่ 3.2 แสดงแบบทดสอบสำหรับงานวิจัย ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator CS6



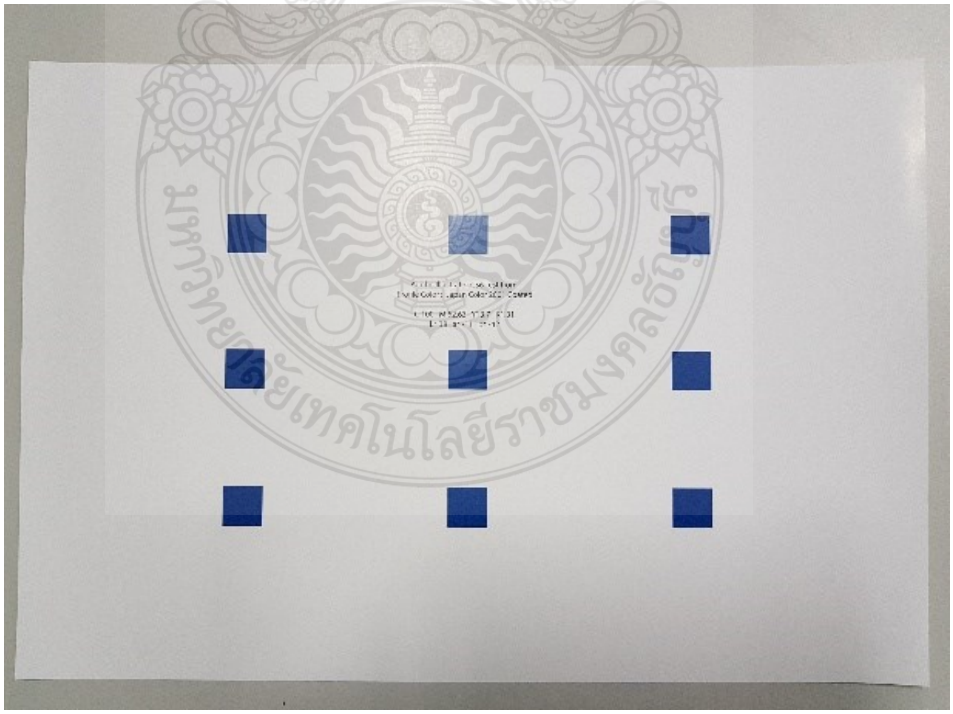
ภาพที่ 3.3 แสดงการบันทึกไฟล์ต้นแบบ

3.2.2 ขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบ

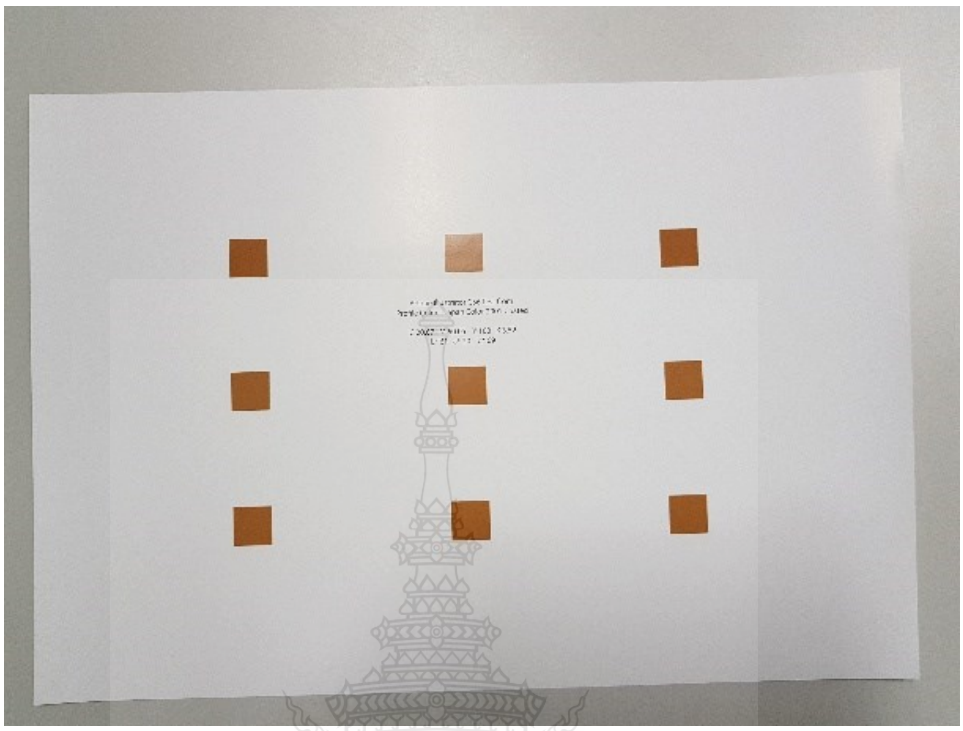
ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยพิมพ์แบบทดสอบด้วยเครื่อง Fuji Digital 700 และ เครื่อง Fuji Digital 80 โดยใช้การอ่านค่า Profile Color เป็นแบบ Default ของเครื่องพิมพ์ ใช้ไฟล์ต้นฉบับที่สร้างจากโปรแกรม Photoshop และ จากโปรแกรม Illustrator พิมพ์จำนวนเครื่องละ 5 แผ่น



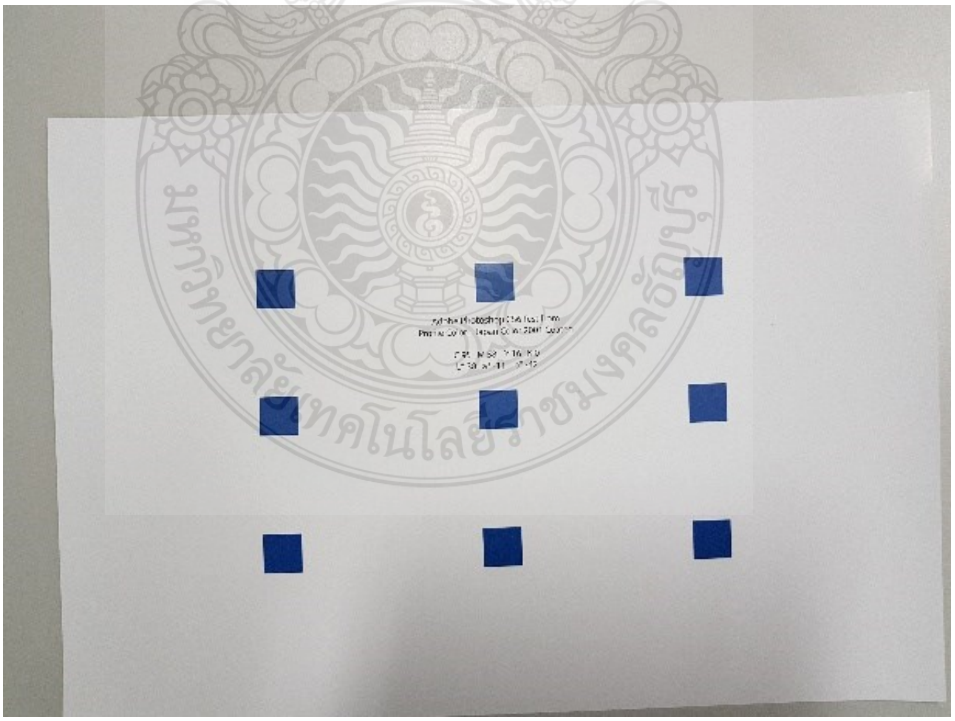
ภาพที่ 3.4 แสดงแผ่นพิมพ์ทดสอบด้วยเครื่อง Fuji Digital 700 สี Y



ภาพที่ 3.5 แสดงแผ่นพิมพ์ทดสอบด้วยเครื่อง Fuji Digital 700 สี B



ภาพที่ 3.6 แสดงแผ่นพิมพ์ทดสอบด้วยเครื่อง Fuji Digital 80 สี Y

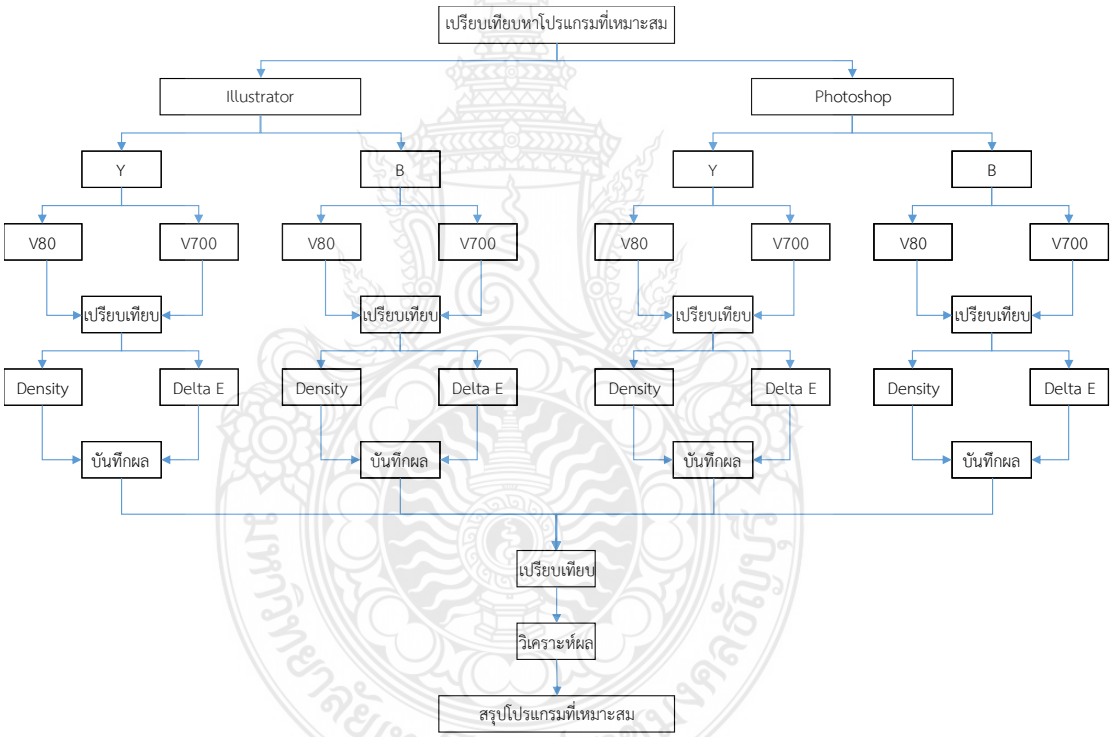


ภาพที่ 3.7 แสดงแผ่นพิมพ์ทดสอบด้วยเครื่อง Fuji Digital 80 สี B

3.2.3 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ โปรแกรม และ เครื่องพิมพ์ ที่เหมาะสม

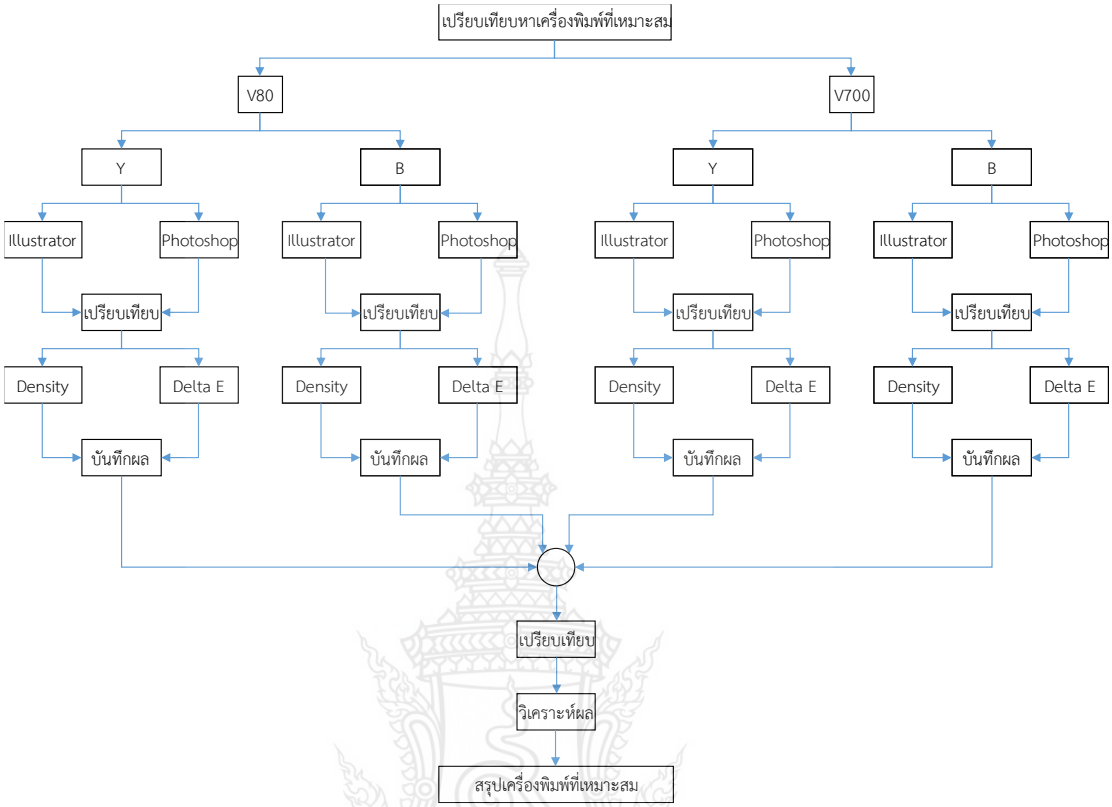
ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้แบ่งเป็น 2 หัวข้อหลัก คือ การเปรียบเทียบเพื่อหาโปรแกรมประยุกต์ที่เหมาะสม และ การเปรียบเทียบเพื่อหาเครื่องพิมพ์ที่เหมาะสม ผู้วิจัยจะมีเกณฑ์ในการตัดสินใจความเหมาะสม สำหรับการทดลองโดยอิงจาก ค่า Density ที่สูงที่สุด และ ค่า Delta E น้อยที่สุดหรือใกล้เคียงกับค่าต้นฉบับมากที่สุด โดยผลจากการทดสอบนี้จะใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกใช้โปรแกรมประยุกต์ และ เครื่องพิมพ์ ในการทดสอบขั้นตอนต่อไปอีกด้วย

1) การเปรียบเทียบเพื่อหาโปรแกรมประยุกต์ที่เหมาะสม ระหว่างโปรแกรม Adobe Photoshop CS6 และ โปรแกรม Adobe Illustrator CS6 ในการพิมพ์แบบทดสอบโดยใช้โปรแกรมประยุกต์เป็นตัวตั้ง มีขั้นตอนการพิมพ์ และ การวิเคราะห์เปรียบเทียบ ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 แสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบเพื่อหาโปรแกรมประยุกต์ที่เหมาะสม ระหว่างโปรแกรม Adobe Photoshop CS6 และ โปรแกรม Adobe Illustrator CS6

2) การเปรียบเทียบเพื่อหาเครื่องพิมพ์ที่เหมาะสม ระหว่างเครื่องพิมพ์ Fuji Digital 700 และ เครื่อง Fuji Digital 80 ในการพิมพ์แบบทดสอบโดยใช้เครื่องพิมพ์เป็นตัวตั้ง มีขั้นตอนการพิมพ์ และ การวิเคราะห์เปรียบเทียบ ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 แสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบเพื่อหาเครื่องพิมพ์ที่เหมาะสม ระหว่างเครื่องพิมพ์ Fuji Digital 700 และ เครื่อง Fuji Digital 80

3.2.4 ขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบควบคุมค่า Delta E

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำข้อสรุปจากขั้นตอนที่ 3.2.3 มาเป็นตัวแปลควบคุมในการทดสอบควบคุมค่า Delta E และ ใช้ค่า L*a*b* จากงานวิจัยเรื่อง การศึกษาหาค่าสีที่ได้จากการจำลองสีด้วยสายตาจากภาพถ่าย โดยค่าสี “Y” มีค่า L 61 a 20 b 69 และ “B” มีค่า L 38 a -11 b -42 จากนั้นทำการพิมพ์ทดสอบ และ ปรับแต่งโดยใช้หลักการลดหลั่น โดยการวัด ที่บริเวณพื้นทึบบนแผ่นทดสอบ 9 ตำแหน่ง ตำแหน่งละ 3 ครั้ง และ นำมาหาค่าเฉลี่ย จนได้สิ่งพิมพ์ที่มีค่า Delta E ตามที่กำหนด จากนั้นบันทึกค่า Density, L*a*b* และ Delta E

3.2.5 ขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบซ้ำ

นำผลที่ได้จากการทดสอบในขั้นตอนที่ 3.2.4 มาทำการพิมพ์ทดสอบซ้ำ และ วัดค่า Density, L*a*b* และ Delta E โดยใช้ค่าที่ได้จากการทดสอบ เป็นค่ามาตรฐาน ในการทดสอบจะพิมพ์จำนวน 5 แผ่นพิมพ์ วัด ที่บริเวณพื้นทึบบนแผ่นทดสอบ 9 ตำแหน่ง ตำแหน่งละ 3 ครั้ง

3.2.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผล

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยใช้ ค่า Delta E จากผลการตรวจสอบคุณภาพในขั้นตอนที่ 3.2.4 ของแผ่นพิมพ์ทดสอบที่ให้ค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานมากที่สุด มาปรับปรุงแบบทดสอบ และ ตรวจสอบคุณภาพจนกว่าค่า Delta E จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.0 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดทำการจดบันทึก และ วิเคราะห์ผลตามขั้นตอน ดังนี้

1) วัดค่า และ จดบันทึกค่า Density จากแผ่นพิมพ์ทดสอบ

2) วัดค่า และ จดบันทึก L*a*b* จากแผ่นพิมพ์ทดสอบ

3) นำค่า L*a*b* มาคำนวณหาค่า Delta E

4) หากขั้นตอนที่ 3 มีผลการทดลองของค่า Delta E มากกว่า 2.0 จะทำการปรับค่าด้วยหลักการการลดหลั่น ค่า L*a*b*

5) นำไฟล์ที่ปรับแต่งค่า L*a*b* แล้วนั้นทำการพิมพ์ทดสอบใหม่โดยใช้ตัวแปรเดิม

6) ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 ถึง ขั้นตอนที่ 4 จนกว่า ผลที่ได้จะมีค่า Delta E ต่ำกว่า 2.0

3.2.7 ขั้นตอนการสรุปผล

ในการวิจัยเรื่อง การทดสอบประสิทธิภาพ และ ควบคุมคุณภาพงานพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ระบบดิจิทัลในห้องปฏิบัติการดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน ผู้วิจัยสรุปผลในรูปแบบตารางประกอบความเรียง มีหัวข้อหลัก ดังนี้

1) ขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะให้ข้อมูลในรูปแบบตารางประกอบความเรียง ประกอบด้วย

(1) ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

(2) ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

(3) ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

(4) ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

(5) ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

(6) ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

(7) ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

(8) ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

(9) ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

(10) ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

(11) ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

(12) ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

(13) ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

(14) ตารางแสดงค่าสี L*a*b* B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

(15) ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

(16) ตารางแสดงค่าสี L*a*b* B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

2) ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ โปรแกรม และ เครื่องพิมพ์ ที่เหมาะสม ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะให้ข้อมูลในรูปแบบตาราง ดังนี้

(1) ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

(2) ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

(3) ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

(4) ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

(5) ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y ระหว่างเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 และ เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700 ด้วยไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop

(6) ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y ระหว่างเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 และ เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700 ด้วยไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator

(7) ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B ระหว่างเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 และ เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700 ด้วยไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop

(8) ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B ระหว่างเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 และ เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700 ด้วยไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator

(9) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

(10) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

(11) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

(12) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

(13) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

(14) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

(15) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

(16) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

3) ขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบควบคุมค่า Delta E ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะให้ข้อมูลในรูปแบบตาราง ดังนี้

(1) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 ในการปรับตั้งครั้งที่ 1

(2) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 ในการปรับตั้งครั้งที่ 1

(3) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 ในการปรับตั้งครั้งที่ 2

(4) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 ในการปรับตั้งครั้งที่ 2

(5) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 ในการปรับตั้งครั้งที่ 3

(6) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 ในการปรับตั้งครั้งที่ 3

(7) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 ในการปรับตั้งครั้งที่ 4

(8) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 ในการปรับตั้งครั้งที่ 4

(9) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 ในการปรับตั้งครั้งที่ 5

(10) ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 ในการปรับตั้งครั้งที่ 5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ในการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบและชดเชยสีที่แตกต่างกันระหว่างรูปแบบไฟล์. PSD และ. AI ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยมีลำดับขั้นตอน และ ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบ

ในขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบ ผู้วิจัยได้ทำการพิมพ์สีทดสอบ Y และ สีทดสอบ B ด้วยเครื่อง Fuji Digital V80 และ เครื่อง Fuji Digital V700 ในรูปแบบไฟล์ .PDF ที่ได้จากการสร้างด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ โปรแกรม Adobe Photoshop ในจำนวน 5 ชุด โดยแต่ละชุด ผู้วิจัย ได้ทำการวัดค่า Density และ ค่า L*a*b* ด้วยเครื่อง Spectrodensitometer ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น FD-A06 และ เริ่มทำการวัดหลังจากพิมพ์ เป็นเวลา 10 นาที โดยแต่ละครั้งจะทำการวัด 9 จุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยในแต่ละแผ่นพิมพ์ ได้ผล ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80										
density	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
V80-Y-01	1.61	1.55	1.6	1.62	1.57	1.58	1.6	1.58	1.59	1.59
V80-Y-02	1.59	1.55	1.59	1.6	1.6	1.55	1.63	1.58	1.6	1.59
V80-Y-03	1.55	1.58	1.63	1.59	1.58	1.59	1.62	1.55	1.62	1.59
V80-Y-04	1.6	1.54	1.62	1.62	1.55	1.56	1.59	1.61	1.6	1.59
V80-Y-05	1.61	1.54	1.58	1.6	1.58	1.6	1.6	1.57	1.59	1.59
ค่าเฉลี่ย	1.59	1.55	1.60	1.61	1.58	1.58	1.61	1.58	1.60	1.59

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80										
density	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
V80-Y-01	1.57	1.56	1.61	1.64	1.58	1.59	1.61	1.57	1.59	1.59
V80-Y-02	1.56	1.55	1.59	1.67	1.62	1.61	1.59	1.61	1.58	1.60
V80-Y-03	1.6	1.58	1.62	1.65	1.59	1.6	1.6	1.58	1.62	1.60
V80-Y-04	1.57	1.6	1.58	1.6	1.59	1.57	1.61	1.6	1.6	1.59
V80-Y-05	1.57	1.56	1.63	1.58	1.6	1.61	1.62	1.56	1.59	1.59
ค่าเฉลี่ย	1.57	1.57	1.61	1.63	1.60	1.60	1.61	1.58	1.60	1.60

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700										
density	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
V700-Y-01	1.22	1.21	1.3	1.21	1.22	1.27	1.28	1.25	1.28	1.25
V700-Y-02	1.25	1.25	1.31	1.21	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1.26
V700-Y-03	1.2	1.23	1.27	1.21	1.25	1.26	1.28	1.22	1.31	1.25
V700-Y-04	1.23	1.19	1.32	1.21	1.2	1.25	1.28	1.22	1.25	1.24
V700-Y-05	1.24	1.2	1.28	1.21	1.24	1.32	1.31	1.27	1.25	1.26
ค่าเฉลี่ย	1.23	1.22	1.30	1.21	1.22	1.28	1.29	1.23	1.28	1.25

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700										
density	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
V700-Y-01	1.25	1.24	1.24	1.27	1.24	1.27	1.25	1.26	1.25	1.25
V700-Y-02	1.26	1.2	1.23	1.25	1.23	1.25	1.25	1.25	1.26	1.24
V700-Y-03	1.22	1.21	1.25	1.26	1.23	1.25	1.26	1.22	1.27	1.24
V700-Y-04	1.27	1.22	1.23	1.29	1.25	1.28	1.27	1.28	1.27	1.26
V700-Y-05	1.23	1.27	1.22	1.25	1.24	1.27	1.27	1.27	1.24	1.25
ค่าเฉลี่ย	1.25	1.23	1.23	1.26	1.24	1.26	1.26	1.26	1.26	1.25

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80										
density	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
V80-B-01	1.37	1.32	1.34	1.37	1.31	1.34	1.38	1.33	1.35	1.35
V80-B-02	1.39	1.33	1.36	1.4	1.33	1.36	1.36	1.38	1.32	1.36
V80-B-03	1.36	1.35	1.29	1.38	1.32	1.33	1.36	1.35	1.34	1.34
V80-B-04	1.37	1.29	1.34	1.38	1.29	1.34	1.39	1.31	1.33	1.34
V80-B-05	1.37	1.3	1.31	1.4	1.33	1.34	1.42	1.28	1.35	1.34
ค่าเฉลี่ย	1.37	1.32	1.33	1.39	1.32	1.34	1.38	1.33	1.34	1.35

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80										
density	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
V80-B-01	1.54	1.48	1.49	1.5	1.51	1.47	1.52	1.49	1.49	1.50
V80-B-02	1.52	1.5	1.45	1.48	1.48	1.44	1.55	1.53	1.44	1.49
V80-B-03	1.56	1.5	1.5	1.5	1.49	1.46	1.51	1.51	1.45	1.50
V80-B-04	1.55	1.49	1.52	1.51	1.49	1.47	1.55	1.52	1.5	1.51
V80-B-05	1.55	1.48	1.48	1.49	1.48	1.47	1.48	1.5	1.47	1.49
ค่าเฉลี่ย	1.54	1.49	1.49	1.50	1.49	1.46	1.52	1.51	1.47	1.50

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700										
density	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
V700-B-01	1.22	1.26	1.3	1.2	1.24	1.29	1.21	1.24	1.26	1.25
V700-B-02	1.18	1.28	1.34	1.17	1.21	1.26	1.2	1.25	1.24	1.24
V700-B-03	1.2	1.27	1.29	1.26	1.26	1.32	1.2	1.26	1.26	1.26
V700-B-04	1.19	1.24	1.31	1.22	1.27	1.3	1.2	1.25	1.25	1.25
V700-B-05	1.24	1.26	1.31	1.18	1.19	1.25	1.24	1.27	1.26	1.24
ค่าเฉลี่ย	1.21	1.26	1.31	1.21	1.23	1.28	1.21	1.25	1.25	1.25

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางแสดงค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700										
density	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
V700-B-01	1.33	1.36	1.4	1.35	1.36	1.37	1.34	1.38	1.35	1.36
V700-B-02	1.31	1.29	1.39	1.36	1.38	1.34	1.35	1.42	1.35	1.35
V700-B-03	1.34	1.31	1.41	1.38	1.4	1.37	1.42	1.4	1.37	1.38
V700-B-04	1.3	1.33	1.4	1.33	1.37	1.37	1.42	1.37	1.32	1.36
V700-B-05	1.36	1.35	1.42	1.35	1.36	1.36	1.39	1.36	1.34	1.37
ค่าเฉลี่ย	1.33	1.33	1.40	1.35	1.37	1.36	1.38	1.39	1.35	1.36

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80										
L*a*b*	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
L*	48.53	49.41	50.2	48.68	50.25	50.6	48.59	49.75	50.55	49.62
a*	23.82	22.94	23.45	24.36	22.48	22.32	23.3	22.68	22.52	23.10
b*	50.24	50.16	51.9	51.03	51.57	52.59	50.68	51.12	52.53	51.31

ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80										
L*a*b*	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
L*	49.67	51.57	51.81	49.78	52.02	51.99	49.92	51.59	52.06	51.16
a*	23.7	22.84	22.97	23.53	22.3	22.1	22.82	21.94	23.02	22.80
b*	53.09	53.64	55.18	53.23	53.98	54.84	52.94	54.11	55.29	54.03

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700										
L*a*b*	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
L*	56.21	55.43	53.95	56.57	56.26	54.15	55.11	55.23	53.66	55.17
a*	18.3	17.95	18.93	18.17	17.66	19.27	20.1	18.39	19.81	18.73
b*	48.84	45.65	46.19	48.37	47.43	46.38	48.17	46.5	45.24	46.97

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ Y จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700										
L*a*b*	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
L*	59.75	57.72	57.92	58.38	57.52	58.02	58.67	57.76	57.22	58.11
a*	15.29	17.49	17.62	17.79	17.86	17.16	17.54	17.48	18.21	17.38
b*	53.36	50.24	49.97	52.71	49.97	50.28	50.02	49.38	49.88	50.65

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80										
L*a*b*	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
L*	30.32	32.06	32.05	30.58	31.89	31.91	30.63	31.96	32.84	31.58
a*	-7.6	-8.26	-8.44	-8.04	-7.72	-8.16	-8.72	-8.83	-9.8	-8.40
b*	-35.2	-35.5	-35.8	-34.7	-35.1	-35.7	-34.4	-34.9	-35.9	-35.25

ตารางที่ 4.14 ตารางแสดงค่าสี L*a*b* B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางแสดงค่าสี L*a*b* B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80										
L*a*b*	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
L*	27.91	29.01	29.21	28.29	29.34	29.71	27.97	28.91	29.2	28.84
a*	-7.18	-6.74	-7.54	-7.43	-7.49	-8.18	-7.1	-7.82	-7.58	-7.45
b*	-38.1	-38.7	-38.8	-37.8	-38.1	-38.5	-38.1	-37.9	-38.5	-38.27

ตารางที่ 4.15 ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางแสดงค่าสี L*a*b* สีทดสอบ B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700										
L*a*b*	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
L*	35.69	34.83	33.5	35.62	35.62	34	35.98	35.3	34.75	35.03
a*	-7.48	-8.86	-9.12	-7.43	-8.93	-8.31	-8.64	-8.9	-9.13	-8.53
b*	-37.5	-38	-38.1	-37.4	-37.4	-38	-37.2	-37.9	-37.9	-37.72

ตารางที่ 4.16 ตารางแสดงค่าสี L*a*b* B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางแสดงค่าสี L*a*b* B จากไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700										
L*a*b*	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	ค่าเฉลี่ย
L*	33.17	33.05	31.72	33.12	32.4	32.28	33.37	33.15	33.1	32.82
a*	-8.49	-8.44	-7.96	-7.74	-7.77	-7.49	-7.99	-8.12	-8.02	-8.00
b*	-40.3	-39.9	-40.2	-39.8	-39.8	-39.7	-40	-39.6	-38.8	-39.78

4.2 ผลการศึกษาขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ โปรแกรม และ เครื่องพิมพ์ ที่ให้คุณภาพงานพิมพ์สูงที่สุด

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้แบ่งเป็น 2 หัวข้อหลัก คือ การเปรียบเทียบเพื่อหาโปรแกรมประยุกต์ที่ให้คุณภาพงานพิมพ์สูงที่สุด และ การเปรียบเทียบเพื่อหาเครื่องพิมพ์ที่ให้คุณภาพงานพิมพ์สูงที่สุด ผู้วิจัยจะมีเกณฑ์ในการตัดสินใจความเหมาะสม สำหรับการทดลองโดยอิงจาก ค่า Density ที่สูงที่สุด และ ค่า Delta E น้อยที่สุดหรือใกล้เคียงกับค่าต้นฉบับมากที่สุด โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 4.1 ถึง ตารางที่ 4.16 มาทำการวิเคราะห์ และ สรุปผล ได้ผลดังนี้

4.2.1 ผลการวิจัย การเปรียบเทียบการเปรียบเทียบเพื่อหาโปรแกรมประยุกต์ ที่ให้คุณภาพงานพิมพ์สูงที่สุด ระหว่าง โปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator

ตารางที่ 4.17 ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80			
ชุดที่	Photoshop	ค่าความต่าง	Illustrator
test 1	1.59	0.00	1.59
test 2	1.59	0.01	1.60
test 3	1.59	0.01	1.60
test 4	1.59	0.00	1.59
test 5	1.59	0.01	1.59
ค่าเฉลี่ย	1.59	0.01	1.60

จากตารางที่ 4.17 ผู้วิจัย เลือกใช้ โปรแกรมประยุกต์ เป็นตัวแปร โดยมี สีทดสอบ Y และ เครื่องพิมพ์ Fuji Digital V80 เป็นตัวแปรควบคุม โดยสรุปผลได้ความว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator นั้นมีค่าความดำพื้นทึบสูงกว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop โดยมีค่าอยู่ที่ 1.60 และ ค่าความต่างอยู่ที่ 0.01

ตารางที่ 4.18 ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700			
ชุดที่	Photoshop	ค่าความต่าง	Illustrator
test 1	1.25	0.00	1.25
test 2	1.26	0.02	1.24
test 3	1.25	0.01	1.24
test 4	1.24	0.02	1.26
test 5	1.26	0.01	1.25
ค่าเฉลี่ย	1.25	0.01	1.25

จากตารางที่ 4.18 ผู้วิจัย เลือกใช้ โปรแกรมประยุกต์ เป็นตัวแปร โดยมี สีทดสอบ Y และ เครื่องพิมพ์ Fuji Digital V700 เป็นตัวแปรควบคุม โดยสรุปผลได้ความว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop มีค่าความดำพื้นทึบเท่ากันโดยมีค่าอยู่ที่ 1.25

ตารางที่ 4.19 ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80			
ชุดที่	Photoshop	ค่าความต่าง	Illustrator
test 1	1.35	0.15	1.50
test 2	1.36	0.13	1.49
test 3	1.34	0.16	1.50
test 4	1.34	0.17	1.51
test 5	1.34	0.14	1.49
ค่าเฉลี่ย	1.35	0.15	1.50

จากตารางที่ 4.19 ผู้วิจัย เลือกใช้ โปรแกรมประยุกต์ เป็นตัวแปร โดยมี สีทดสอบ B และ เครื่องพิมพ์ Fuji Digital V80 เป็นตัวแปรควบคุม โดยสรุปผลได้ความว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator นั้นมีค่าความดำพื้นทึบสูงกว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop โดยมีค่าอยู่ที่ 1.50 และ ค่าความต่างอยู่ที่ 0.15

ตารางที่ 4.20 ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700			
ชุดที่	Photoshop	ค่าความต่าง	Illustrator
test 1	1.25	0.11	1.36
test 2	1.24	0.12	1.35
test 3	1.26	0.12	1.38
test 4	1.25	0.11	1.36
test 5	1.24	0.12	1.37
ค่าเฉลี่ย	1.25	0.12	1.36

จากตารางที่ 4.20 ผู้วิจัย เลือกใช้ โปรแกรมประยุกต์ เป็นตัวแปร โดยมี สีทดสอบ B และ เครื่องพิมพ์ Fuji Digital V80 เป็นตัวแปรควบคุม โดยสรุปผลได้ความว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator นั้นมีค่าความดำพื้นทึบสูงกว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop โดยมีค่าอยู่ที่ 1.36 และ ค่าความต่างอยู่ที่ 0.12

จากตารางที่ 4.17 ถึง ตารางที่ 4.20 แสดงถึงการเปรียบเทียบค่าความดำพื้นทึบ ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop สรุปผลได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.21 ตารางสรุปค่าความดำพื้นทึบ ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางสรุปค่าความดำพื้นทึบ ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V80			
สีทดสอบ	Photoshop	ค่าความต่าง	Illustrator
Y	1.59	0.01	1.60
B	1.35	0.15	1.50

จากตารางที่ 4.2.5 ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator ให้ค่าความดำพื้นทึบได้สูงกว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop โดยสีทดสอบ Y มีค่าอยู่ที่ 1.60 และ ค่าความต่างอยู่ที่ 0.01 และ สีทดสอบ B มีค่าอยู่ที่ 1.50 และ ค่าความต่างอยู่ที่ 0.15

ตารางที่ 4.22 ตารางสรุปค่าความดำพื้นทึบ ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางสรุปค่าความดำพื้นทึบ ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V700			
สีทดสอบ	Photoshop	ค่าความต่าง	Illustrator
Y	1.25	0.00	1.25
B	1.25	0.12	1.36

จากตารางที่ 4.22 ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator ให้ค่าความดำพื้นทึบได้สูงกว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop โดยสีทดสอบ Y มีค่าอยู่ที่ 1.25 และ ค่าความต่างอยู่ที่ 0 และ สีทดสอบ B มีค่าอยู่ที่ 1.36 และ ค่าความต่างอยู่ที่ 0.12

ตารางที่ 4.23 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80		
L*a*b*	Photoshop	ค่ามาตรฐาน
L*	49.62	61.00
a*	23.10	20.00
b*	51.31	69.00
Delta E	21.26	

ตารางที่ 4.24 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80		
L*a*b*	Illustrator	ค่ามาตรฐาน
L*	51.16	61.00
a*	22.80	20.00
b*	54.03	69.00
Delta E	18.13	

ตารางที่ 4.25 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700		
L*a*b*	Photoshop	ค่ามาตรฐาน
L*	55.17	61.00
a*	18.73	20.00
b*	46.97	69.00
Delta E	22.82	

ตารางที่ 4.26 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700		
L*a*b*	Illustrator	ค่ามาตรฐาน
L*	58.11	61.00
a*	17.38	20.00
b*	50.65	69.00
Delta E	18.76	

ตารางที่ 4.27 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80		
L*a*b*	Photoshop	ค่ามาตรฐาน
L*	31.58	38.00
a*	-8.40	-11.00
b*	-35.25	-42.00
Delta E	9.67	

ตารางที่ 4.28 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80		
L*a*b*	Illustrator	ค่ามาตรฐาน
L*	28.84	38.00
a*	-7.45	-11.00
b*	-38.27	-42.00
Delta E	10.51	

ตารางที่ 4.29 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700		
L*a*b*	Photoshop	ค่ามาตรฐาน
L*	35.03	38.00
a*	-8.53	-11.00
b*	-37.72	-42.00
Delta E	5.76	

ตารางที่ 4.30 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ ค่ามาตรฐาน พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700		
L*a*b*	Illustrator	ค่ามาตรฐาน
L*	32.82	38.00
a*	-8.00	-11.00
b*	-39.78	-42.00
Delta E	6.38	

จากตารางที่ 4.23 ถึง ตารางที่ 4.30 แสดงถึงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B และ สีทดสอบ Y ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator และ ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop สรุปผลได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.31 ตารางสรุปค่าความเปรียบต่างสี ระหว่างไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V80

ตารางสรุปค่าความเปรียบต่างสี ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V80			
Delta E	Photoshop	Illustrator	ค่าความต่าง
Y	21.26	18.13	3.13
B	9.67	10.51	0.84

จากตารางที่ 4.31 สีทดสอบ Y ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator มีค่าความเปรียบต่างสีน้อยกว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop โดยมีค่า Delta E อยู่ที่ 18.13 มีค่าความต่างอยู่ที่ 3.13 สีทดสอบ B ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop มีค่าความเปรียบต่างสีน้อยกว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop โดยมีค่า Delta E อยู่ที่ 9.67 มีค่าความต่างอยู่ที่ 0.84

ตารางที่ 4.32 ตารางสรุปค่าความดำพื้นทึบ ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางสรุปค่าความดำพื้นทึบ ระหว่างไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และ Adobe Illustrator พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ ดิจิทัล Fuji Digital V700			
สีทดสอบ	Photoshop	Illustrator	ค่าความต่าง
Y	22.82	18.76	4.05
B	5.76	6.38	0.62

จากตารางที่ 4.32 สีทดสอบ Y ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator มีค่าความเปรียบต่างสีน้อยกว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop โดยมีค่า Delta E อยู่ที่ 18.76 มีค่าความต่างอยู่ที่ 4.05 สีทดสอบ B ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop มีค่าความเปรียบต่างสีน้อยกว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop โดยมีค่า Delta E อยู่ที่ 5.76 มีค่าความต่างอยู่ที่ 0.62

จากตารางที่ 4.21 ถึง ตารางที่ 4.22 และ 4.31 ถึง ตารางที่ 4.32 ผู้วิจัยตัดสินใจเลือกใช้ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator เนื่องจากค่า Density มีค่าสูงกว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop ทั้งใน สีทดสอบ Y และ สีทดสอบ B ในส่วนค่า Delta E สีทดสอบ Y ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator นั้นมีค่าต่ำกว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop โดยมีค่า Delta E อยู่ที่ 18.13 ในเครื่อง Fuji Digital V80 และ มีค่า Delta E อยู่ที่ 18.76 ในเครื่อง Fuji Digital V700 สีทดสอบ B ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Photoshop นั้นมีค่าต่ำกว่า ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator โดยมีค่าอยู่ที่ 9.67 ในเครื่อง Fuji Digital V80 และ มีค่า Delta E อยู่ที่ 5.76 ในเครื่อง Fuji Digital V700 หากแต่ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าค่า Delta E ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator นั้นมีความต่างของค่า อยู่ที่ 0.84 ในเครื่อง Fuji Digital V80 และ 0.62 ในเครื่อง Fuji Digital V700 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้เมื่อนำค่า Density และ ค่า Delta E จากข้อมูลข้างต้นทั้งหมด มาประกอบการตัดสินใจ ด้วยเหตุนี้ทำให้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรม Adobe Illustrator ในการทดสอบขั้นต่อไป

4.2.2 ผลการวิจัย การเปรียบเทียบการเปรียบเทียบเพื่อหาเครื่องพิมพ์ ที่ให้คุณภาพงานพิมพ์สูงที่สุด ระหว่าง เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 และ เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700

ตารางที่ 4.33 ตารางสรุปค่าความดำพื้นทึบ ระหว่างเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 และ เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700 ด้วยไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator

ตารางสรุปค่าความดำพื้นทึบ ระหว่างเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 และ เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700 ด้วยไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator			
สีทดสอบ	V80	ค่าความต่าง	V700
Y	1.60	0.35	1.25
B	1.50	0.13	1.36

ตารางที่ 4.34 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี ระหว่างเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 และเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700 ด้วยไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop

ตารางสรุปค่าความดำพื้นทึบ ระหว่างเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 และเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700 ด้วยไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop			
สีทดสอบ	V80	ค่าความต่าง	V700
Y	1.59	0.34	1.25
B	1.35	0.10	1.25

จากตารางที่ 4.33 ถึง ตารางที่ 4.34 ผู้วิจัยตัดสินใจเลือกใช้เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 เนื่องจากค่า Density มีค่าสูงกว่า เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700 ทั้งใน สีทดสอบ Y และ สีทดสอบ B ในส่วนค่า Delta E สีทดสอบ Y เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 นั้นมีค่าต่ำกว่า เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700 โดยมีค่า Delta E อยู่ที่ 18.13 สีทดสอบ B เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700 นั้นมีค่า Delta E ต่ำกว่า เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 โดยมีค่าอยู่ที่ 6.38 หากแต่ผู้วิจัยเล็งเห็นว่า ค่า Density สิ่งพิมพ์ที่ได้จากเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 นั้นมีค่าสูงกว่าเครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V700 ทั้งสองสีทดสอบ ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้เมื่อนำค่า Density และ ค่า Delta E จากข้อมูลข้างต้นทั้งหมด มาประกอบการตัดสินใจ ด้วยเหตุนี้ทำให้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 ในการทดสอบขั้นต่อไป

จากผลการวิจัยในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ โปรแกรม และ เครื่องพิมพ์ ที่ให้คุณภาพงานพิมพ์สูงที่สุด ผู้วิจัยได้เลือกใช้ ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรมประยุกต์ Adobe Illustrator และ พิมพ์ทดสอบด้วย เครื่องพิมพ์ดิจิทัล Fuji Digital V80 โดยสีทดสอบ Y มีค่า Density อยู่ที่ 1.60 ค่า Delta E อยู่ที่ 18.13 สีทดสอบ B มีค่า Density อยู่ที่ 1.50 ค่า Delta E อยู่ที่ 10.51

4.3 ผลการศึกษาขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบควบคุมค่า Delta E

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ใช้ ค่า L*a*b* จากงานวิจัยเรื่องการศึกษาหาค่าสีที่ได้จากการจำลองสีด้วยสายตาจากภาพถ่าย เป็นค่าสีมาตรฐาน และ ผลการวิจัยจาก ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรม และ เครื่องพิมพ์ ที่ให้คุณภาพงานพิมพ์สูงที่สุด เป็นตัวแปรควบคุม

4.3.1 ผลการปรับตั้งด้วยการลดหลั่นค่า L*a*b* ของสีทดสอบ Y และ สีทดสอบ B โดยใช้ไฟล์ต้นฉบับ และ ปรับค่าจากโปรแกรมประยุกต์ Adobe Illustrator และ ใช้เครื่องพิมพ์

Fuji Digital V80 ในการพิมพ์ทดสอบ โดยมีค่า L61 a20 b69 สำหรับสีทดสอบ Y และ L38 a-11 b-42 สำหรับสีทดสอบ B เป็นค่ามาตรฐานในการวิเคราะห์

ตารางที่ 4.35 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 1

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 1				
test 1 V80	L*	a*	b*	Delta E
1	59.06	21.30	64.27	5.28
2	60.53	20.39	64.02	5.02
3	60.48	21.03	65.83	3.37
4	58.92	20.98	63.79	5.69
5	60.15	20.72	63.49	5.62
6	60.34	19.89	65.75	3.32
7	59.72	20.52	63.93	5.25
8	61.19	19.19	64.89	4.19
9	60.72	19.32	65.52	3.56
ค่าเฉลี่ย	60.12	20.37	64.61	4.59

ตารางที่ 4.36 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 2

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 2				
test 2 V80	L*	a*	b*	Delta E
1	59.53	21.31	64.87	4.58
2	60.94	20.08	65.14	3.86
3	61.01	20.36	66.48	2.55
4	60.61	19.99	65.98	3.05
5	61.36	19.65	66.49	2.56
6	61.34	19.51	66.78	2.30
7	59.95	20.92	64.98	4.26
8	60.97	20.02	65.71	3.29
9	61.32	20.17	66.70	2.33
ค่าเฉลี่ย	60.78	20.22	65.90	3.20

ตารางที่ 4.37 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 3

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 3				
test 3 V80	L*	a*	b*	Delta E
1	59.56	21.12	65.96	3.55
2	60.72	20.28	65.60	3.42
3	61.23	20.33	67.62	1.44
4	60.04	20.09	65.71	3.43
5	60.97	19.91	65.91	3.09
6	60.65	20.17	66.39	2.64
7	60.11	19.99	65.71	3.41
8	60.54	20.04	65.25	3.78
9	61.14	19.83	67.10	1.91
ค่าเฉลี่ย	60.55	20.20	66.14	2.96

ตารางที่ 4.38 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 4

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 4				
test 4 V80	L*	a*	b*	Delta E
1	59.63	21.26	66.04	3.50
2	61.03	20.31	66.08	2.94
3	61.07	20.43	66.68	2.36
4	60.32	20.64	66.56	2.61
5	61.01	21.02	66.44	2.76
6	62.06	19.67	67.45	1.91
7	60.28	20.54	65.59	3.53
8	61.25	20.25	66.01	3.01
9	61.82	19.70	67.29	1.92
ค่าเฉลี่ย	60.94	20.42	66.46	2.73

ตารางที่ 4.39 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 5

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ Y ในการปรับตั้งครั้งที่ 5				
test 5 V80	L*	a*	b*	Delta E
1	60.31	20.26	67.25	1.90
2	60.65	19.91	68.12	0.95
3	61.49	20.12	67.26	1.81
4	60.24	20.15	66.46	2.66
5	61.28	20.50	67.12	1.97
6	61.61	19.01	67.68	1.76
7	60.09	19.95	66.50	2.66
8	61.35	19.80	67.44	1.61
9	60.56	19.86	67.15	1.91
ค่าเฉลี่ย	60.84	19.95	67.22	1.91

ตารางที่ 4.40 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 1

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 1				
test 1 V80	L*	a*	b*	Delta E
1	37.04	12.77	-33.88	25.14
2	38.02	13.06	-33.41	25.55
3	38.86	13.18	-33.22	25.74
4	37.76	12.25	-33.07	24.91
5	38.11	12.92	-33.21	25.48
6	39.24	12.46	-32.45	25.36
7	37.72	11.97	-32.8	24.75
8	38.53	11.81	-33.03	24.52
9	38.57	12.49	-33.43	25.01
ค่าเฉลี่ย	38.21	12.55	-33.17	25.16

ตารางที่ 4.41 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 2

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 2				
test 2 V80	L*	a*	b*	Delta E
1	43.29	-29.95	-44.79	19.87
2	43.99	-29.36	-45.43	19.61
3	43.82	-29.81	-45.70	20.03
4	42.96	-29.06	-45.24	19.01
5	44.03	-28.89	-45.73	19.24
6	44.01	-30.15	-45.72	20.41
7	43.54	-29.50	-45.24	19.58
8	44.03	-29.42	-45.62	19.72
9	44.00	-29.71	-46.03	20.06
ค่าเฉลี่ย	43.74	-29.54	-45.50	19.73

ตารางที่ 4.42 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 3

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 3				
test 3 V80	L*	a*	b*	Delta E
1	38.22	-27.97	-37.70	17.51
2	39.20	-27.95	-37.73	17.52
3	39.52	-29.01	-37.73	18.57
4	38.55	-28.43	-37.35	18.05
5	39.61	-28.22	-37.11	17.97
6	39.45	-28.69	-37.62	18.28
7	38.75	-27.92	-37.40	17.55
8	39.42	-28.17	-37.63	17.77
9	39.40	-28.49	-37.85	18.03
ค่าเฉลี่ย	39.12	-28.32	-37.57	17.92

ตารางที่ 4.43 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 4

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 4				
test 4 V80	L*	a*	b*	Delta E
1	36.63	-22.98	-40.88	12.11
2	37.66	-22.62	-41.26	11.65
3	37.88	-23.99	-41.45	13.00
4	36.66	-23.49	-40.44	12.66
5	37.83	-22.99	-40.98	12.03
6	38.00	-24.25	-41.02	13.29
7	36.86	-23.21	-41.01	12.30
8	37.52	-23.10	-41.10	12.14
9	38.01	-23.95	-41.58	12.96
ค่าเฉลี่ย	37.45	-23.40	-41.08	12.46

ตารางที่ 4.44 ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 5

ตารางแสดงค่าความเปรียบต่างสี สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 5				
test 5 V80	L*	a*	b*	Delta E
1	36.87	-10.40	-43.17	1.73
2	37.69	-10.59	-43.17	1.28
3	37.30	-10.23	-43.88	2.15
4	36.58	-10.79	-43.24	1.90
5	37.69	-10.96	-42.69	0.76
6	37.29	-10.57	-43.41	1.64
7	36.67	-11.17	-42.95	1.64
8	37.56	-11.01	-42.87	0.97
9	37.23	-11.11	-43.42	1.62
ค่าเฉลี่ย	37.21	-10.76	-43.20	1.52

จากตารางที่ 4.35 ถึง ตารางที่ 4.44 สีทดสอบ Y และ สีทดสอบ B ในการปรับตั้งครั้งที่ 5 สามารถทำให้ค่า Delta E ต่ำกว่า 2.0 โดย สีทดสอบ Y มีค่า L60.84 a19.95 b67.22 ค่า Delta E อยู่ที่ 1.91 สีทดสอบ B มีค่า L37.21 a-10.76 b-43.20 ค่า Delta E อยู่ที่ 1.52

4.4 ผลการศึกษาขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบซ้ำ

ในการทดสอบนี้ผู้วิจัยได้ใช้ผลการวิจัยจากการทดลองในขั้นตอนการพิมพ์ทดสอบควบคุมค่า Delta E มาทำการทดสอบซ้ำ จำนวน 5 ครั้งเพื่อยืนยันผลการควบคุมค่า Delta E โดยใช้ไฟล์ต้นฉบับจากโปรแกรมประยุกต์ Adobe Illustrator และ ใช้เครื่องพิมพ์ Fuji Digital V80 ในการพิมพ์ทดสอบซ้ำ โดยมีค่า L60.84 a19.95 b67.22 ค่า Delta E 1.91 สำหรับสีทดสอบ Y และ L37.21 a-10.76 b-43.20 ค่า Delta E 1.52 สำหรับสีทดสอบ B เป็นค่ามาตรฐานในการทดสอบ และ วิเคราะห์ผล

ตารางที่ 4.45 ตารางสรุปค่า Delta E และ Density สีทดสอบ Y ในการพิมพ์ทดสอบซ้ำ

ตารางสรุปค่า Delta E และ Density สีทดสอบ Y ในการพิมพ์ทดสอบซ้ำ					
Y-V80-Illustrator	L*	a*	b*	Delta E	Density
Test 1 Y-V80	59.78	20.04	66.77	1.27	1.57
Test 2 Y-V80	60.67	19.20	68.10	1.55	1.60
Test 3 Y-V80	60.30	19.70	66.37	1.32	1.58
Test 4 Y-V80	59.97	19.86	66.70	1.15	1.60
Test 5 Y-V80	61.34	20.75	68.01	1.57	1.61

ตารางที่ 4.46 ตารางสรุปค่า Delta E และ Density สีทดสอบ B ในการพิมพ์ทดสอบซ้ำ

ตารางสรุปค่า Delta E และ Density สีทดสอบ B ในการพิมพ์ทดสอบซ้ำ					
B-V80-Illustrator	L*	a*	b*	Delta E	Density
Test 1 B-V80	37.14	-10.19	-44.27	1.72	1.48
Test 2 B-V80	38.11	-11.31	-42.61	1.40	1.54
Test 3 B-V80	37.53	-11.34	-44.14	1.55	1.46
Test 4 B-V80	37.98	-10.31	-43.73	1.17	1.52
Test 5 B-V80	36.79	-10.14	-44.13	1.61	1.50

จากตารางที่ 4.45 ถึง ตารางที่ 4.46 แสดงให้เห็นว่า สีทดสอบ Y และ สีทดสอบ B สามารถควบคุมค่า Delta E ให้อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ทั้ง 5 แบบทดสอบ โดย สีทดสอบ Y มีค่า Delta E อยู่ในช่วง 1.57 ถึง 1.61 ค่า Density เฉลี่ยอยู่ที่ 1.59 และ ทดสอบ B มีค่า Delta E อยู่ในช่วง 1.46 ถึง 1.54 ค่า Density เฉลี่ยอยู่ที่ 1.50

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผล

ในการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบและชดเชยสีที่แตกต่างกันระหว่างรูปแบบไฟล์ .PSD และ .AI ผู้วิจัยจะทำการสรุปผลการวิจัย ดังนี้

5.1.1 คุณภาพงานพิมพ์ด้านค่าความดำพื้นทึบของสีทดสอบ Y และ สีทดสอบ B เครื่องพิมพ์ Fuji Digital 80 มีค่า Density สูงกว่าเครื่องพิมพ์ Fuji Digital 700 ทั้งในรูปแบบไฟล์ .AI และ .PSD โดยเครื่องพิมพ์ Fuji Digital 80 สีทดสอบ Y มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.59 และ สีทดสอบ B มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.42

5.1.2 คุณภาพงานพิมพ์ด้านค่าความแตกต่างสี โดยใช้ไฟล์ต้นฉบับเป็นไฟล์นามสกุล .AI ระหว่างเครื่องพิมพ์ Fuji Digital 80 และ Fuji Digital 700 พบว่าเครื่องพิมพ์ Fuji Digital 80 สามารถสร้างเฉดสีทดสอบ Y โดยมีค่าความแตกต่างสีใกล้เคียงกับไฟล์ต้นฉบับมากที่สุด อยู่ที่ 18.13 และ เครื่องพิมพ์ Fuji Digital 700 สามารถสร้างเฉดสีทดสอบ B โดยมีค่าความแตกต่างสีใกล้เคียงกับไฟล์ต้นฉบับมากที่สุด อยู่ที่ 6.38

5.1.3 คุณภาพงานพิมพ์ด้านค่าความแตกต่างสี โดยใช้ไฟล์ต้นฉบับเป็นไฟล์นามสกุล .PSD ระหว่างเครื่องพิมพ์ Fuji Digital 80 และ Fuji Digital 700 พบว่าเครื่องพิมพ์ Fuji Digital 80 สร้างเฉดสีทดสอบ Y มีค่าความแตกต่างสีใกล้เคียงกับไฟล์ต้นฉบับมากที่สุด อยู่ที่ 21.26 และ เครื่องพิมพ์ Fuji Digital 700 สร้างเฉดสีทดสอบ B มีค่าความแตกต่างสีใกล้เคียงกับไฟล์ต้นฉบับมากที่สุด อยู่ที่ 5.76

5.1.4 จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องพิมพ์ Fuji Digital 80 ในการพิมพ์ทดสอบ เนื่องจากสามารถให้ค่าเฉดสีได้ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานมากกว่าเครื่องพิมพ์ Fuji Digital 700 โดยมีค่า Delta E เฉลี่ยอยู่ที่ 3.14 สำหรับสีทดสอบ Y และ 4.19 สำหรับสีทดสอบ B อัตราเฉลี่ยรวมค่าการผิดเพี้ยนของเครื่อง อยู่ที่ 3.66 ทั้งนี้อัตราเฉลี่ยรวมค่าการผิดเพี้ยนของเครื่อง Fuji Digital 700 อยู่ที่ 3.98 อีกทั้งเครื่องพิมพ์ Fuji Digital 80 ไม่เกิดการแกว่งของค่า Density ของสีทดสอบทั้งสองสี อ้างอิงจากข้อมูลผลการทดลอง ในตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่า Density ระหว่างเครื่องพิมพ์ Fuji Digital 700 และ Fuji Digital 80 ของสีทดสอบ Y และ สีทดสอบ B

5.1.5 จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยได้เลือกใช้ไฟล์ต้นฉบับที่สร้างด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator เนื่องจากสามารถให้ค่าเฉดสีได้ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานมากที่สุด โดยมีค่า Delta E

เฉลี่ยอยู่ที่ 18.76 สำหรับสี ทดสอบ Y และ 6.38 สำหรับสีทดสอบ B อัตราเฉลี่ยรวมค่าการผิดเพี้ยนสีของไฟล์ต้นฉบับ อยู่ที่ 12.57 ทั้งนี้อัตราเฉลี่ยรวมค่าการผิดเพี้ยนสีของไฟล์ต้นฉบับที่สร้างด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop อยู่ที่ 14.32

5.1.6 ค่าการปรับตั้ง ของสีทดสอบ Y มีค่าการลดหลั่น ดังนี้ L* -0.16 a* -0.05 b* -1.78

5.1.7 ค่าการปรับตั้ง ของสีทดสอบ B มีค่าการลดหลั่น ดังนี้ L* -0.79 a* 0.24 b* -1.20

5.1.8 ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบซ้ำโดยอ้างอิงจากผลสรุป ข้อที่ 5.1.1 - 5.1.8 มีผลสรุป ดังนี้

1) เฉดสีทดสอบ Y มีค่า Delta E เฉลี่ยอยู่ที่ 1.57

2) เฉดสีทดสอบ B มีค่า Delta E เฉลี่ยอยู่ที่ 1.54

สรุปได้ว่าในการในการผลิตงาน ของเครื่องพิมพ์ดิจิทัลภายในห้องปฏิบัติการดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน ควรเลือกใช้การทำไฟล์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator และ เลือกใช้เครื่องพิมพ์ Fuji Digital 80 ในการพิมพ์

5.1 ข้อเสนอแนะ

5.1.1 เพิ่มชุดสีในการทดสอบ ทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุม และ สามารถนำข้อมูล รวมถึงผลการวิจัย ไปใช้ในการจัดการ ระบบการจัดการสี เพื่อเพิ่มคุณภาพของงานพิมพ์

5.1.2 ศึกษาแล้วสร้างเป็นโปรแกรมประยุกต์สำหรับการคำนวณการลดหลั่น ทั้งนี้กล่าวคือการเขียนโค้ดโปรแกรมเพื่อรองรับการคำนวณที่ซับซ้อน ในขั้นตอนการแปลงค่าเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน

5.1.4 เปลี่ยนตัวแปลในส่วนนามสกุลไฟล์ให้สอดคล้องกับเครื่องพิมพ์ผลออก เช่น นามสกุลไฟล์ภาพ .png, .jpeg, .ps เป็นต้น

5.1.5 เปลี่ยนตัวแปลในด้านวัสดุใช้พิมพ์ เช่น กระดาษปอนด์ กระดาษถนอมสายตา ไวนิล สติ๊กเกอร์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

คู่สี. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://wongwas.multiply.com/journal/item/5/5 (วันที่ 30 เมษายน 2554).

เครื่องทดสอบความต้านแรงฉีกขาด [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.Made-in-China.com (วันที่ค้นข้อมูล : 12 มกราคม 2554).

เครื่องทดสอบความต้านแรงดันทะลุแบบอัตโนมัติ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.sithiphorn.com (วันที่ค้นข้อมูล : 12 มกราคม 2554).

เครื่องมือวัดความดำแบบแสงสะท้อนใช้วัดวัตถุทึบแสง [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.gammex.com (วันที่ค้นข้อมูล : 12 มกราคม 2554).

เครื่องวัดความดำแบบแสงส่องผ่าน ใช้วัดวัตถุโปร่งแสง [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.wme-inc.com (วันที่ค้นข้อมูล : 12 มกราคม 2554).

ความเป็นมาของสื่อ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://bell-watcharaphon.blogspot.com/2011/09/blog-post_9245.html (วันที่ค้นข้อมูล : 12 มกราคม 2554).

ชวาล คูร์พิพัฒน์. (2539). **เอกสารการสอนชุดวิชาความรู้เฉพาะวิชาชีพทางการพิมพ์ หน่วยที่ 3.** โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี. หน้า 94-96

ธีระ ตั้งวิชาชาญ. **เอกสารการสอนชุดวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยีการพิมพ์ หน่อยที่ 8-15**. นนทบุรี. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. พิมพ์ครั้งที่ 1.2552 : 11-3 – 11-5

ธีระ ตั้งวิชาชาญ. (2537). **เอกสารการสอนชุดวิชาพื้นฐานการพิมพ์ หน่วยที่ 6**. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี. หน้า 370-372.

ธีระ ตั้งวิชาญ. การพิมพ์ไร้แรงกด. **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์**. นนทบุรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2548

ปราโมทย์ แสงพลสิทธิ์. **เอกสารการสอนชุดวิชาการออกแบบทางการพิมพ์ หน่วยที่ 1-7**.นนทบุรี โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.พิมพ์ครั้งที่ 1.2539 : 62-70

ผกามาศ ผจญแกล้ว. **เอกสารการสอนชุดวิชาการออกแบบทางการพิมพ์ หน่อยที่ 1-7**. นนทบุรี. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. พิมพ์ครั้งที่ 1.2539 : 176-180

ผกามาศ ผจญแก้ว. การพิมพ์ระบบพ่นหมึก. **กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้าและการพิมพ์ไร้แรงกด**. นนทบุรี. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2542

พรทวี พึ่งรัศมี และ มิตซูโอะ อิเคดะ. **สี และ การมองเห็นสี**. กรุงเทพมหานครฯ.สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. พิมพ์ครั้งที่ 1.2551: 2-16

ระบบสี. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.punyisa.com/photoshop/graphic/graphic4.html (วันที่ 20 พฤษภาคม 2554).

รุ่งอรุณ วัฒนวงศ์ และสุภาวดี เทวาสะโณ. **(2537). เอกสารการสอนชุดวิชาการพิมพ์เบื้องต้น หน่วยที่ 6** โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี**.**

รุ่งอรุณ วัฒนวงศ์. (2539). **เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์ หน่วยที่ 9**. โรงพิมพ์มหาวิทายาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี. หน้า 19-47.

วงกลมแสงสี. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.photohobby.net/content.php/162-white-balance (วันที่ 25 เมษายน 2553).

วงจรสีของแสง. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://klongthai.multiply.com/journal/item/1/1 (วันที่ 2 กันยายน 2553).

ศุภณี เรียบเลิศหิรัญ. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์ไร้แรงกด. **กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้าและการพิมพ์ไร้แรงกด.** นนทบุรี. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2542

สนั่น พานิชกุล และธีระ ตั้งวิชาชาญ. **(2539). เอกสารการสอนชุดวิชาความรู้เฉพาะวิชาชีพการพิมพ์ 3** หน่วยที่ 3. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี.

สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.pharmaceutical-int.com (วันที่ค้นข้อมูล : 12 มกราคม 2554).

สุชาดา คันธารส (2561: บทคัดย่อ) **เรื่องการศึกษาหาค่าสีที่ได้จากการจำลองสีด้วยสายตาจากภาพถ่าย** 1.2560 : 4-5.

หลักการเบื้องต้นในการใช้สีสำหรับการออกแบบ. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.bunjupun.com99/2010/05/15/.html#more-1262 (วันที่ 15 พฤษภาคม 2553).

อนันต์ ตันวิไลศิริ. 2553. “ปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อการเกิดเม็ดสกรีนบวม”. **วารสารส่งเสริมวิชาการพิมพ์**. ปีที่12. ฉบับที่ 37. หน้า 28.

อรัญ หาญสืบสาย. ระบบพิมพ์ดิจิทัล. **ระบบการพิมพ์แบบต่างๆและการนำไปใช้งาน.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางการถ่ายภาพและเทคโนโลยีการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548

อรัญ หาญสืบสาย. (2548). **ระบบพิมพ์แบบต่างๆ และการนำไปใช้งาน.** โรงพิมพ์ตะวันออก จำกัด (มหาชน). กรุงเทพฯ. หน้า 9-11.

Delta E. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://zschuessler.github.io/DeltaE/learn/ (วันที่ 13 เมษายน 2553).

COMPARISON OF COLOR DIFFERENT BETWEEN PSD AND AI FILE FORMAT IN DIGITAL PRINTING

Sithichai Chotakul

[1]*Department of Printing Technology, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand.*

*Corresponding author: Sithichai Chotakul, sc_max@hotmail.com

Keywords: Color different, file format, digital printing, Hoop-tam mural painting

ABSTRACT

Now a day the conventional printing is decreasing but digital printing is very popular and acceptable from the clients. After getting the original file from the client then he/she always using default of the original file format from the client that sometime cause to the print-stop or color cast etc. This research is aimed to compare the color different between .PSD and .AI file format in digital printing (Fuji Digital press 700 and Fuji Digital press 80). The simulating color patches were yellow and blue from Hoop-tam mural painting with the size 3x3 cm^2 by using Adobe Photoshop CS6 (.PSD) and Adobe Illustrator CS6 (.AI) with setting color profile as default (Japan Color 2001coated CMYK). Those flies were exported through the workflow namely Portable Document Format (PDF) version 1.6/acrobat 7 with the printing mode at press quality PDF/X-4:2010. The resolution of color patches was 300 pixels per inch. The color patches were printed on the coated paper with the paper weight 210 g/m^2. The reference of yellow and blue colors is L*61, a* 20, b* 69 and L*38, a* -11, b* -42, respectively. The density and color L*a*b* were measured in each color patch. The result showed that the color different (ΔE*ab) at the printer Fuji Digital press 700 was lower than Fuji Digital press 80 for blue color only. The result suggests that the .AI file format is given the lower color different than .PSD.

INTRODUCTION

Hoop-Tam mural painting is the charming of Esan traditional which is often seen in the temple. This painting is made by delicate hand drawing and it took a long time to produce for decorating one temple. Sometime the painter was not expert for painting just normal people or monk who wants to work for the temple. That is cause to the difference in the drawing, color tone, component of the images. Hoop-Tam is Esan language but in format Thai language is called Roop-Tam (painting) which means the tinged color making the image in the mural by painter.[1)] The classical of the contrast on the pair of colors (blue and yellow) is very interested to applied in the others printed. To control the color on the printed following the reference color of unique two colors blue and yellow was investigated in the present experiment. Moreover, now a day the digital printing is popular in used. It is better to know the characteristic of those printers that we are using. In this paper we aimed to show the difference of Hoop-Tam color based on two types of file format and two types of digital printer.

EXPERIMENT

The experiment was carried out at the printing house, faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. Firstly, the simulating color patches were yellow and blue from Hoop-tam mural painting with the size 3 x 3 cm by using Adobe Photoshop CS6 (.PSD) and Adobe Illustrator CS6 (.AI) with setting color profile as default (Japan Color 2001coated CMYK). Those flies were exported through the workflow namely Portable Document Format (PDF) version 1.6/acrobat 7 with the printing mode at press quality PDF/X-4:2010. The resolution of color patches was 300 pixels per

inch. The color patches were printed on the coated paper with the paper weight 210 g/m^2. The reference of yellow and blue colors is L*61, a* 20, b* 69 and L*38, a* -11, b* -42, respectively. The color patches were printed by two kinds of digital printer from Fuji xerox, Fuji Digital press 700 and Fuji Digital press 80. The reason why we used two kind of printer in this experiment was to check the gamut and characteristic of each printer the RMUTT printing house. Each condition of file format and each printer was printed in 5 copies. After printing the color patches of representative Hoop-tam mural yellow and blue colors as shown in Fig. 1, the process of measurement was starting by Spectrodensitometer X-Rite 504.

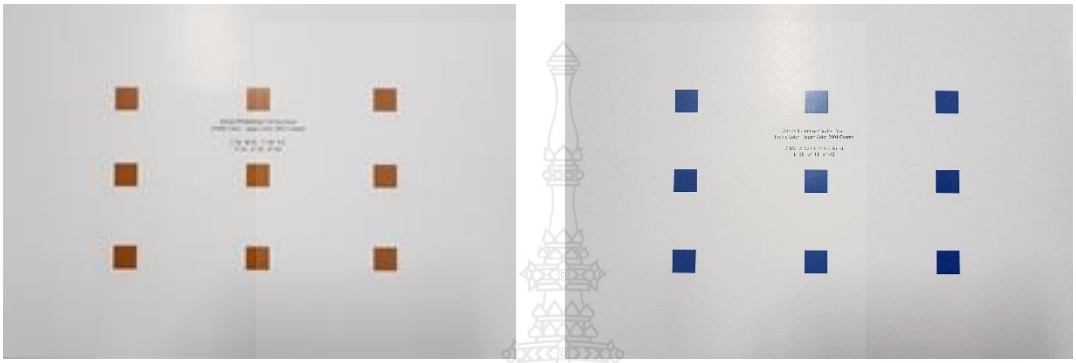


Figure 1. The simulating of yellow and blue color patches from Hoop-tam mural painting.

RESULTS

Table 1. The averages of the color measurement from the test form.

Fuji 80	Average			delta E	Reference		
PSD	*L**	*a**	*b**		*L**	*a**	*b**
Y-80-all	49.62	23.10	51.31	21.26	61	20	69
B-80-all	31.58	-8.40	-35.25	9.67	38	-11	-42
Fuji 80	Average			delta E	Reference		
AI	*L**	*a**	*b**		*L**	*a**	*b**
Y-80-all	51.16	22.80	54.03	18.13	61	20	69
B-80-all	28.84	-7.45	-38.27	10.51	38	-11	-42
Fuji 700	Average			delta E	Reference		
PSD	*L**	*a**	*b**	PSD	*L**	*a**	*b**
Y-700-all	55.17	18.73	46.97	22.82	61	20	69
B-700-all	35.03	-8.53	-37.72	5.76	38	-11	-42
Fuji 700	Average			delta E	Reference		
AI	*L**	*a**	*b**	PSD	*L**	*a**	*b**
Y-700-all	58.11	17.38	50.65	18.76	61	20	69
B-700-all	32.82	-8.00	-39.78	6.38	38	-11	-42

Table 1 showed the averages of color measurement in L*a*b* of each file format, printer compared with the reference color from the original Hoop-tam mural painting. Based on the data of measurement, seemed to show that those colors printed from Fuji 700 had the color difference value lower than the Fuji 80 in blue color only. And for yellow color the data of measurement showed very high value of color difference around 18.13 to 22.81 in both printers and file formats.

From the result showed in the table 1 we modified the yellow and blue colors to get the lower color difference till nearly to the standard of acceptable printed >5. The result of color difference was showed in table 2 and it showed the color difference at 1.79 for yellow color and 1.46 for blue color. From now we can simulate the yellow and blue colors from Hoop-tam mural painting into other printed correctly such as packaging, brochure etc. based on the L*a*b* showing in table 2.

Table 2. The color difference of yellow and blue colors after modification.

Color	Reference			delta E	.AI Fuji 700			ΔModification		
	*L**	*a**	*b**		*L**	*a**	*b**	*L**	*a**	*b**
Y-80	61.00	20.00	69.00	1.79	60.84	19.95	67.22	-0.16	-0.05	-1.78
B-80	38.00	-11.00	-42.00	1.46	37.21	-10.76	-43.20	-0.79	0.24	-1.20

REFERENCE

1. Techawong, R. (2013). The study of folk-art E-sarn for applied to contemporary painting Khon Kaenand Mahasarakham province. Restricted; http://lib18.kku.ac.th/dcms/files//23078/Abstract.pdf