บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัย ผลของการปรับเพิ่มลดเม็ดสกรีนที่ส่งผลต่อคุณภาพของงานพิมพ์ออฟเซต มีข้อมูลที่เป็นทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 คุณภาพของสิ่งพิมพ์ในระบบออฟเซต

2.2 การชดเชยเม็ดสกรีนด้วยการอ้างอิงมาตรฐานทางการพิมพ์

2.3 ระบบการพิมพ์ออฟเซต

2.4 สี การรับรู้สี และการวัดสี

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณภาพของสิ่งพิมพ์ในระบบออฟเซต

2.1.1 การทำมาตรฐานการพิมพ์

การพิมพ์ออฟเซต (Offset Printing) [1] เป็นการพิมพ์พื้นราบ (Planographic Printing) ที่ใช้หลักการน้ำกับน้ำมันไม่รวมตัวกัน ในขั้นแรกจะผ่านลูกกลิ้งน้ำเพื่อสร้างเยื่อน้ำไปเกาะอยู่บนบริเวณไร้ภาพของแผ่นแม่พิมพ์ หลังจากนั้นจะผ่านลูกกลิ้งหมึกเพื่อรับรับหมึก หมึกจะไม่เกาะน้ำ แต่จะไปเกาะบริเวณที่เป็นภาพ ภาพหมึกบนแม่พิมพ์จะถูกถ่ายลงบนผ้ายางที่ไปกดทับแม่พิมพ์แล้วจึงถูกถ่ายลงบนกระดาษพิมพ์อีกทีโดยกระดาษพิมพ์จะไปกดทับผ้ายาง การพิมพ์ออฟเซต (Offset Printing) ในปัจจุบันมีความทันสมัยมาก เครื่องพิมพ์ออฟเซต (Offset Press) สามารถผลิตงานพิมพ์ที่มีคุณภาพสูงจนถึงสูงมาก เครื่องพิมพ์ออฟเซต (Offset Press) เหล่านี้มีหลายขนาด อีกทั้งมีเครื่องพิมพ์ (Offset Press) ที่พิมพ์เที่ยวละ 1 สี 2 สี 4 สี 5 สี หรือมากกว่านั้น ตัวอย่างงานพิมพ์ออฟเซต (Offset Pressworks) ที่พบกันบ่อย ๆ มักเป็นงานพิมพ์บนกระดาษ เช่น พิมพ์แผ่นพับ พิมพ์ใบปลิว พิมพ์หนังสือ พิมพ์วารสาร พิมพ์นิตยสาร พิมพ์โบรชัวร์ พิมพ์แคตตาล็อก บรรจุภัณฑ์กระดาษ งาน พิมพ์ใช้ในสำนักงาน ฯลฯ ทั้งนี้โรงพิมพ์ที่ให้บริการในเมืองไทยที่มีจำนวนมากเป็นโรงพิมพ์กระดาษระบบออฟเซต (Paper Offset Printing House) แต่ปัญหาที่เกิดกับการพิมพ์ในปัจจุบันคือเรื่องของมาตรฐานของงานพิมพ์ เพราะถึงแม้จะพิมพ์งานจากเครื่องยี่ห้อเดียวกัน รุ่นเดียวกัน งานเหมือนกัน แต่สิ่งที่ได้กับได้งานที่ไม่เหมือนกัน แตกต่างกันในเรื่องของสีสัน และเฉดของสีบนชิ้นงาน เนื่องจากการพิมพ์งานเหล่านั้นขาดการวางแผนและการทำมาตรฐานที่ดีในการทำงาน จึงทำให้งานขาดคุณภาพ สีไม่เหมือน และยังก่อให้เกิดปัญหาในกระบวนการพิมพ์ที่ต้องใช้ความลำบากในการตัดสินใจเรื่องของสีบนงานพิมพ์ว่าใช้ได้หรือยัง มากน้อยเกินไปหรือไม่ ซึ่งการที่จะทำมาตรฐาน

ทางการพิมพ์จำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำมาตรฐาน รวมทั้งมีสิ่งที่เราต้องรู้เกี่ยวกับการทำมาตรฐานคือ

2.1.1.1 แบบทดสอบ (Test Form)

แบบทดสอบ หรือ Test Form หมายถึง เครื่องมือที่ออกแบบเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตงานพิมพ์ ประกอบด้วยแถบควบคุม และภาพสีแบบต่างๆ มารวมกันจัดเป็นหน้า ได้ตามขนาดตามที่ต้องการ อาจจะออกแบบเอง หรือสำเร็จรูปจากสถาบัน องค์กรที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์ เช่น ISO, GATF, FOGRA, PIRA, Bruner และ UGRA เป็นต้น มีข้อสังเกตว่าแบบทดสอบสำเร็จรูปจากสถาบันต่างๆ จะมีความแตกต่างกันในการกำหนดใช้แถบควบคุม ซึ่งผู้ปฏิบัติงานควรพิจารณาก่อนใช้ เช่น แบบทดสอบ GATF จะไม่รวมแถบสำหรับตรวจสอบการเกิดภาพหลอก (Ghosting) รีจิสเตอร์ และแถบควบคุมการทำแม่พิมพ์ เป็นต้น

แบบทดสอบเหล่านี้ โดยทั่วไปเวลานำไปใช้งานมี 2 ลักษณะ ได้แก่ เป็นข้อมูลดิจิทัล กับเป็นแผ่นฟิล์มแยกสีสำเร็จรูปพร้อมที่จะไปทำแม่พิมพ์ทันที สำหรับกรณีแบบแรกมีข้อดีตรงที่ข้อมูลสามารถส่งออกไปยังอุปกรณ์ได้หลายประเภทได้แก่ เครื่องอิเมจเซ็ตเตอร์สำหรับผลิตฟิล์มแยกสี ปรู๊ฟดิจิทัล เพลตเซ็ตเตอร์ และเครื่องพิมพ์ดิจิทัล โดยไฟล์จะอยู่ในโหมด RGB/CMYK และอาจมีรูปแบบ (Format) ได้หลายรูปแบบ เช่น GDF, EPS และ TIFF เป็นต้น

ในขณะที่แบบทดสอบที่เป็นแผ่นฟิล์มสำเร็จรูป นอกจากจะใช้งานง่ายแล้ว ยังสามารถใช้เทียบกับฟิล์มแยกสีที่ได้มาจากเครื่องอิเมจเซ็ตเตอร์ เพื่อตรวจสอบการเทียบมาตรฐานหรือคาลิเบรต และลีเนียร์ไรเซชั่น (Linearization) ของเครื่องอิเมจเซ็ตเตอร์นั้นๆ

แบบทดสอบที่ดีจะต้องสามารถทำการวิเคราะห์สภาวะการพิมพ์นั้นๆ และความถูกต้องของระบบที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์ เช่น เครื่องอิเมจเซ็ตเตอร์ และปรู๊ฟดิจิทัล เป็นต้น สภาวะการพิมพ์ ได้แก่ ค่าความดำ (Density) ค่าเม็ดสกรีนบวม (Dot Gain) ความเปรียบต่างของการพิมพ์ (Print Contrast) การจับหมึก (Ink Trapping) การผลิตน้ำหนักสี (Tone Reproduction) และเฉดสีที่ได้ รวมทั้งปัญหาการพิมพ์ เช่น พิมพ์พร่า (Slur) พิมพ์ซ้อน (Doubling) การขยายตัวของกระดาษ (Paper Fan-Out) และสมดุลระหว่างหมึกพิมพ์กับน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้แบบทดสอบยังมีประโยชน์ใช้ในการตรวจสอบสภาพความสมบูรณ์ของเครื่องพิมพ์ได้อีกด้วย

แบบทดสอบมาตรฐาน (Standard Test Form) จะเป็นแบบทดสอบที่ได้รับการยอมรับกันในการทำธุรกิจ เพราะสามารถใช้ในการสื่อสารทำความเข้าใจระหว่างโรงพิมพ์กับลูกค้า หรือผู้ขายเครื่อง ได้เป็นอย่างดีก่อนตัดสินใจจะจ้างพิมพ์ หรือซื้อเครื่องหรือไม่ นอกจากนี้ แนวโน้มในอนาคตการใช้

แบบทดสอบยังจะมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับโรงพิมพ์มาตรฐาน เพื่อให้ได้งานพิมพ์คุณภาพสม่ำเสมอ

ขั้นตอนการใช้แบบทดสอบมาตรฐานนี้ ถือว่าเป็นวิธีหนึ่งในการจัดการบริหารโรงพิมพ์ ทำให้เกิดระบบคุณภาพในการทำงานของบุคลากร โดยเฉพาะช่างพิมพ์ สร้างมาตรฐานในการบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ คุณภาพของวัตถุดิบ และสร้างฐานข้อมูลของระบบพิมพ์ได้อย่างถูกต้อง
องค์ประกอบที่ดีจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่

- ส่วนวิเคราะห์ปัญหา (Diagnostic)
- ส่วนวิเคราะห์และการเทียบมาตรฐาน (Calibration)
- ส่วนควบคุมกระบวนการ (Process control)

2.1.2 หลักเกณฑ์ในการพิจารณาคุณภาพ

2.1.2.1 ค่าความดำพื้นทึบและเม็ดสกรีนบวม

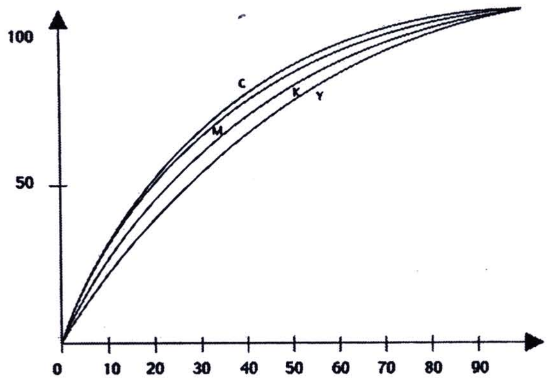
การพิจารณาค่าความดำพื้นทึบและเม็ดสกรีนบวม มีวิธีการดังนี้

1. ทำการพิมพ์จ่ายหมึกน้อยไปหามาก เพื่อเพิ่มความเข้มและคอนทราสของการพิมพ์จนกระทั่งภาพพิมพ์ดูคล้ำและอาจเกิดสกรัมขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

2. วัดค่าคอนทราสหรือค่าเปรียบต่าง (Pc) ของภาพพิมพ์จากแผ่นพิมพ์ข้างต้นของแต่ละสี นำไปพล็อตกราฟระหว่างค่าความดำพื้นทึบกับค่าเปรียบต่างที่คำนวณได้ ให้พิจารณาแผ่นพิมพ์ที่ให้ค่าเปรียบต่างสูงที่สุดของแต่ละสี แผ่นที่ได้นี้ถือว่าเป็นแผ่นพิมพ์อ้างอิงที่จะนำไปใช้วัดค่าความดำพื้นทึบ และค่าเม็ดสกรีนบวมของระบบพิมพ์นั้นต่อไป

2.1.2.2 ลักษณะเฉพาะของภาพพิมพ์

ลักษณะเฉพาะของภาพพิมพ์สามารถแสดงได้ด้วยกราฟที่พล็อตระหว่างค่าความดำของต้นฉบับบริเวณสีเทากับค่าความดำของภาพพิมพ์ที่ได้ หรือค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนของต้นฉบับ (ฟิล์มแยกสี CMYK) กับค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนที่วัดได้บนภาพพิมพ์แต่ละสี ได้กราฟทั้งหมด 4 เส้น (CMYK) ซึ่งผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้เครื่องวัดค่าความดำทำการวัดค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดสกรีนได้ โดยจะทำวิเคราะห์มีแถบควบคุมเท่านั้น ไม่ใช่ส่วนบริเวณภาพพิมพ์

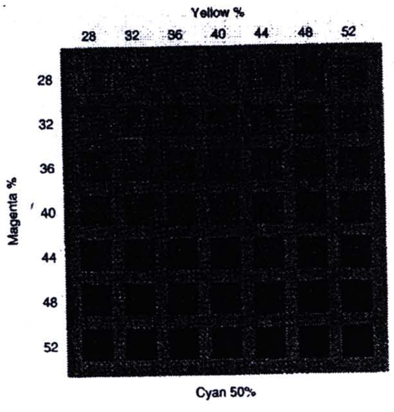


รูปที่ 2.1 กราฟแสดงลักษณะเฉพาะของภาพพิมพ์

2.1.2.3 เกณฑ์การพิจารณาสมดุลเทา

โดยปกติการควบคุมสมดุลเทาจะทำได้ในแถบควบคุมมาตรฐานทั่วไป อาจมี 2 ช่อง สำหรับมิดโทน และ ชาโดว์ หรือ 1 ช่อง บริเวณมิดโทนอย่างเดียว โดยมีสัดส่วนร้อยละของ CMY ตามมาตรฐานนั้นๆ กำหนด ใช้ตาของช่างพิมพ์ในการพิจารณาให้มองเห็นเป็นสีเทา ซึ่งจะแสดงว่าภาพพิมพ์ที่ได้ไม่มีการเพี้ยนของสีใดๆ เกิดขึ้นแต่อย่างไรก็ตาม ระบบพิมพ์ที่แตกต่างกัน อาจทำให้การพิจารณาสมดุลเทาไม่ถูกต้อง หรืออาจไม่สัมพันธ์กับค่าความดำ และค่าเม็ดสกรีนบวมที่กำหนดไว้ก็ได้

ดังนั้นแถบสมดุลที่ถูกต้องจึงน่าจะออกแบบขึ้นมาใช้เองสำหรับระบบพิมพ์หนึ่งๆ ที่ไม่สอดคล้องตามมาตรฐานสากล ซึ่งค่าร้อยละ CMY ที่กำหนด จะได้มาจากการพิมพ์แบบทดสอบทั่วไป เช่น แบบทดสอบ GATF หรือ TRAND (Tone Reproduction and Neutral Density) เป็นต้น ส่วนจะระบุว่าเป็นมิดโทน หรือชาโดว์นั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ปฏิบัติงานเอง



รูปที่ 2.2 Test Chat สำหรับพิจารณาค่าสมดุลเทา

2.1.2.4 ความเปรียบต่างภาพพิมพ์ (Print Contrast)

ค่าความเปรียบต่างจากภาพพิมพ์เป็นการเปรียบเทียบค่าความดำของบริเวรเงา ณ ตำแหน่ง พื้นที่สกรีนที่ 70% (บางทีอาจวัดที่ 75% หรือ 80%) กับตำแหน่งพื้นทึบ จะบอกถึงความสารถของระบบพิมพ์ในการรักษารายละเอียดของบริเวณเงา เนื่องจากรายละเอียดของบริเวณเงาเป็นสิ่งสำคัญกับภาพทั่วไป เช่น ภาพแบนจะมีค่าเปรียบต่างต่ำ และภาพที่ให้รายละเอียดดี จะมีค่าเปรียบต่างสูง

ค่าเปรียบต่างภาพพิมพ์ = D_s- D_t/D_s x 100

D_s : ค่าความดำตำแหน่งพื้นทึบ

D_t = ค่าความดำของบริเวณสกรีน

จากสมการ ถ้าต้องการให้ค่าความเปรียบเทียบต่างสูงขึ้น จะต้องพิมพ์ให้ได้ค่าความดำพื้นทึบสูงๆ พร้อมๆ กับรักษาบริเวณเงาให้คงมีรายละเอียดอยู่ (เม็ดสกรีนไม่บวมจนตัน) นอกจากนี้ในระหว่างการพิมพ์ ค่าเปรียบต่าง ยังมีประโยชน์ใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงในการรักษาสมดุลน้ำ/หมึกพิมพ์ ได้อีกด้วย จากกราฟในรูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดำพื้นทึบกับค่าความเปรียบต่างภาพพิมพ์จะเห็นว่าในช่วงเริ่มต้นพิมพ์ ค่าความดำพื้นที่ทึบเพิ่มขึ้นพร้อมๆ กับค่าเปรียบต่างที่เพิ่มขึ้นด้วย จนถึงตำแหน่งค่าสูงสุด จากนั้นค่าเปรียบต่างเริ่มลดลง ให้ช่างพิมพ์ยึดตำแหน่งที่ค่าความดำพื้นทึบตรงกับค่าเปรียบต่างภาพพิมพ์สูงสุด ให้เป็นค่ามาตรฐานในการควบคุมการจ่ายหมึกในระบบพิมพ์ต่อไป

2.1.2.5 การจับหมึก (Trapping)

ค่าการจับหมึก หรือเรียกสั้นๆว่า แทร็ปปิ้ง จะบ่งบอกถึงสมรรถนะของหมึกพิมพ์ในการรับหมึกพิมพ์อีกสีหนึ่งในการพิมพ์ซ้อน เปรียบเทียบกับการรับหมึกของกระดาษ ซึ่งตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าการจับหมึก ได้แก่ ความหนาของชั้นหมึกพิมพ์ ความเหนียว (Viscosity) และความเหนียวหนืด (Tack) ของหมึกพิมพ์ ความเร็วและลำดับสีในการพิมพ์

สมการ Preucil เป็นสมการคำนวณค่าการจับหมึก จากค่าความดำที่วัดได้จากสีที่พิมพ์ก่อนหรือหลัง ดังนั้นผู้ใช้จะต้องรู้ลำดับสีในการพิมพ์ก่อนหลังด้วย

ถ้าค่าการจับหมึกไม่เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน จะทำให้เกิดการเพี้ยนของสีที่พิมพ์ซ้อนกัน ได้แก่ แดง (M + Y), เขียว (C + Y) และน้ำเงิน (C + M) ซึ่งจะพบได้จากการงานพิมพ์ที่มีรถสีแดง หญ้าสีเขียว และท้องฟ้าสีน้ำเงิน เป็นต้น

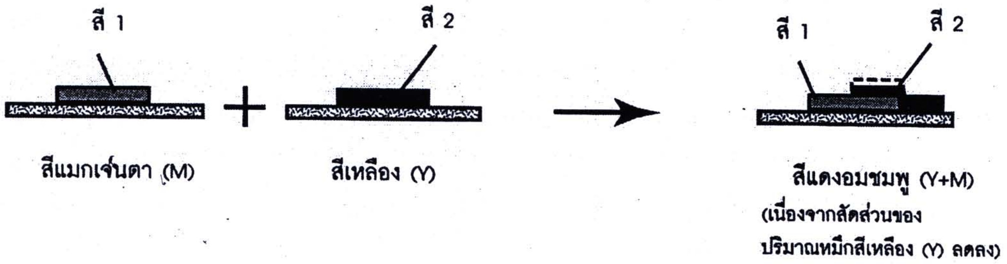
สมการ Preucil :

ค่าการจับหมึก (แทร็ปปิ้ง) = $D_{op} - d_1/D_2 \times 100$

D_{op} : ความดำของหมึก 2 สีที่พิมพ์ทับกัน

D_1 : ความดำของชั้นหมึกที่พิมพ์ก่อน

D_2 : ความดำของชั้นหมึกที่พิมพ์ทีหลัง



หมายเหตุ : D_{op}, D_1, D_2 จะถูกวัดโดยใช้ฟิลเตอร์ที่ใช้วัด D_2

รูปที่ 2.3 แสดงการพิมพ์ซ้อน

2.2 การชดเชยเม็ดสกรีนด้วยการอ้างอิงมาตรฐานทางการพิมพ์

ผลของการปรับชดเชยเม็ดสกรีนที่ส่งผลต่อคุณภาพของงานพิมพ์ออฟเซต กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด ทับทิมทองการพิมพ์ เนื่องจากในปัจจุบันมีปัญหาในเรื่องการปรับตั้งสี ซึ่งในการแก้ไขโดยใช้ประสบการณ์ของช่างพิมพ์เป็นหลักทำให้การปรับตั้งเพื่อให้ได้งานมีคุณภาพไม่เพียงพอ ดังนั้นการที่จะทำมาตรฐานจึงเลือกที่จะเริ่มด้วยกระบวนการปรับแก้ไขแม่พิมพ์สำหรับเครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่น โดยอ้างอิงการชดเชยเม็ดสกรีนตามมาตรฐาน ISO 12647-2 ดังนั้นการที่จะนำ ISO 12647-2 มาใช้ประกอบการทำงาน จึงต้องศึกษาข้อมูล มาตรฐาน ISO 12647-2 ดังนี้

มาตรฐาน ISO 12647-2 หรือ มอก. 2260 เล่ม 2 คือ มาตรฐานในการควบคุมกระบวนการพิมพ์ออฟเซต 4 สี ไม่ว่าจะเป็นระบบ Heat Set Web, Sheet-fed, Continuous Form หรือปรู๊ฟก็ตาม โดยแยกเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ [2]

- ขั้นตอนการแยกสี
- การทำแม่พิมพ์
- ปรู๊ฟ
- พิมพ์

1. ข้อกำหนดฟิล์มแยกสี

ก) คุณภาพ ค่าความดำ (Density) สูงสุดของฟิล์มไม่ควรน้อยกว่า 3.5 และส่วนใสไม่เกิน 0.10 ซึ่งวัดด้วยเครื่องวัดค่าความดำชนิดโปร่งแสง (UV Transmission Densitometer) ความกว้างของเม็ดสกรีนที่เบลอ (Fringe) ไม่ควรเกินระยะ 1/40 ของความกว้างจริงของเม็ดสกรีน

ข) ความละเอียดของสกรีน สำหรับงานพิมพ์ 4 สี ค่าความละเอียดของสกรีนควรอยู่ระว่าง 100-200 เส้น/นิ้ว ดังนี้

Sheet-fed : 150-200 เส้น/นิ้ว

Continuous Forms : 52-60 เส้น/ซม. (133-150 เส้น/นิ้ว)

Commercial / Specialty : 60-80 เส้น/ซม. (150-200 เส้น/นิ้ว)

ค) องศาสกรีน Cyan 15 องศา, Magenta 75 องศา, Yellow 0 องศา, Black 45 องศา

ง) รูปร่างเม็ดสกรีน สามารถใช้ได้ทั้งรูปร่างทรงกลม สี่เหลี่ยม และวงรี

จ) UCR/GCR จะกำหนดเท่าใดก็ได้ แต่ค่า % TIC (Total Ink Coverage) ควรมีค่าใกล้เคียง 350 % สำหรับระบบป้อนแผ่น และ 300 % สำหรับระบบป้อนม้วน

ฉ) สมดุลเทา

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าสมดุลสีเทา ตามมาตรฐาน ISO 12647-2

พื้นที่สี	C	M	Y
ไฮไลท์1/4	25 %	19 %	19 %
มิดโทน	50 %	40 %	40 %
ชาโดว์3/4	75 %	64 %	64 %

2. ข้อกำหนดภาพพิมพ์

ก) กระดาษพิมพ์

กระดาษพิมพ์ที่ใช้เป็นปรู๊ฟควรเป็นชนิดเดียวกับกระดาษที่ใช้พิมพ์จริงแต่ถ้าไม่สามารถทำได้ควรเลือกใช้กระดาษปรู๊ฟที่มีสมบัติของผิวใกล้เคียงกับกระดาพิมพ์จริงๆ เช่น ค่าสี (L*a*b*) ความมันวาว ความสว่าง ชนิดของผิว และน้ำหนัก เป็นต้น

ISO ได้จำแนกประเภทของกระดาษพิมพ์ออกเป็น 5 ชนิด ดังนี้

- กระดาษชนิดที่ 1 Gloss Coated, Wood Free
- กระดาษชนิดที่ 2 Matt Coated, Wood Free
- กระดาษชนิดที่ 3 Gloss Coated, Web
- กระดาษชนิดที่ 4 Uncoated, White

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 22 มิ.ย. 2555
เลขทะเบียน 247016
เลขเรียกหนังสือ

- กระดาษชนิดที่ 5 Uncoated, Yellowish

กระดาษแต่ละชนิดจะมีข้อกำหนดค่าสี ความมันวาว ความสว่าง และน้ำหนัก ดังรายละเอียดในตาราง

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าสมบัติต่างๆ ของกระดาษพิมพ์ 5 ชนิด ตามมาตรฐาน ISO 12647-2

ชนิดของกระดาษ	ค่าสี			ความมันวาว(%)	ความสว่าง(%)	น้ำหนัก (%)
	L*	a*	B*			
1. gloss coated, wood free	93	0	-3	65	85	115
2. matt coated, wood free	92	0	-3	38	83	115
3. gloss coated, web	87	-1	3	55	70	70
4. uncoated, white	92	0	-3	6	85	115
5. uncoated, yellowish	88	0	6	6	85	115
ค่าขอบเขตในการยอมรับ	±3	±2	±2	±5	-	-

การวัดค่าสีให้กำหนดภาวะดังนี้ Black Backing, D50 Illuminant, 2 องศา Observer, 0/45 หรือ 45 องศา/0 Geometry

ข) สี

มาตรฐาน ISO ได้แนะนำวิธีการควบคุมสีของการพิมพ์ด้วยการใช้ค่าสี L*a*b* เข้ามาช่วย โดยพิจารณาที่บริเวณพื้นตายของปรู๊ฟและสิ่งพิมพ์จริงตามตาราง

ตารางที่ 2.3 ข้อกำหนดการควบคุมการพิมพ์บริเวณพื้นตายด้วยค่าสี ในกระดาษมาตรฐาน 5 ชนิด

ชนิดกระดาษ / สี	1 L*a*b*	2 L*a*b*	3 L*a*b*	4 L*a*b*	5 L*a*b*
บริเวณพื้นตาย					
K	18/0/-1	18/1/1	20/0/0	35/2/1	35/1/2
C	54/-37/-50	54/-33/-49	54/-37/-42	62/-23/-39	58/-25/-35
M	47/75/-6	47/72/-3	45/71/-2	53/56/-2	53/55/1
Y	88/-6/95	88/-6/90	82/-6/86	86/-4/68	84/-1/70
R	48/-65/45	47/63/42	46/61/42	51/53/22	50/50/26
G	49/-65/30	47/-60/26	50/-62/29	52/-38/17	52/-38/17
B	26/22/-45	26/24/-43	26/20/-41	38/12/-28	38/14/-28

ข้อสังเกต

- ลำดับสีในการพิมพ์จะเริ่มต้นด้วย CMYK ตามลำดับ และในภาวะในการวัดสีจะใช้เช่นเดียวกับการวัดสีของกระดาษ

- ข้อกำหนดนี้ยังได้เสนออีกว่า ถ้าจะใช้ปรู๊ฟเทียบสีได้ใกล้เคียงกับสิ่งพิมพ์จริงแล้ว ค่าความแตกต่างของสี ΔE^*ab ระหว่างแผ่นปรู๊ฟกับแผ่น OK Sheet จะต้องอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ตามข้อกำหนดต่อไปนี้

ตารางที่ 2.4 ข้อกำหนดค่าความแตกต่างของสี CIE LAB ΔE^*ab ที่ยอมรับได้

	CIE LAB ΔE^*ab			
	K	C	M	Y
Deviation tolerance	4	5	8	6
Variation tolerance	2	2.5	4	3

- สำหรับสิ่งพิมพ์ที่ใช้สีพิเศษ โดยเฉพาะงานพิมพ์บรรจุภัณฑ์ ค่า tolerance ของ ΔE^*ab ควรมีค่าน้อยกว่าที่กำหนดไว้ข้างต้น

ค) ขอบเขตการผลิตน้ำหนักสี

เป็นที่คาดหวังไว้ว่าน้ำหนักสีของภาพบนฟิล์มควรจะถ่ายทอดไปสู่กระดาษพิมพ์อย่าสม่ำเสมอ และละสมบูรณ์มากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง เนื่องจากความละเอียดของสกรีนและกระดาษเองไม่สามารถผลิตน้ำหนักสีได้ทั้งหมด มาตรฐาน ISO เสนอค่าขอบเขตของน้ำหนักสี บนฟิล์มแยกสีที่เหมาะสมในการพิมพ์ ดังนี้

- ความละเอียด 40 – 70 เส้น/ซม. (100 – 175 เส้น/นิ้ว) กำหนด 3 – 97 %
- ที่ความละเอียด 80 เส้น/ซม. (200 เส้น/นิ้ว) กำหนด 5 – 95 %

ง) ค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น

การทำมาตรฐานการพิมพ์ด้วยการกำหนดค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น ได้กลายเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งทั้งปรู๊ฟและงานพิมพ์จริงจะต้องระบุค่าให้ชัดเจน ให้ช่างพิมพ์นำไปควบคุมงานพิมพ์ ISO 12647 – 2 นี้ได้จำแนกระดับค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น ออกเป็น 8 ระดับ จากน้อยไปหามาก (A - H) ดังแสดงในตาราง ขึ้นอยู่กับชนิดของแม่พิมพ์และกระดาษที่ใช้ รวมทั้งประเภทของงานพิมพ์ด้วย

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบระดับค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น ณ น้ำหนักต่างๆ กัน (25 – 80%)

% ฟิล์ม	ระดับค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น บนสิ่งพิมพ์							
	A	B	C	D	E	F	G	H
25	9	12	15	18	20	23	26	29
40	13	16	19	22	25	28	31	34
50	15	17	20	23	25	28	31	33
70	14	16	17	18	20	21	26	24
75	13	14	15	16	17	18	19	20
80	12	12	13	14	14	15	16	17

ข้อสังเกต

- การควบคุมค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น นี้มาตรฐาน ISO ได้ระบุให้ควบคุมที่แถบควบคุมมาตรฐานความละเอียด60 เส้น/ซม. (150 เส้น/นิ้ว) ที่ตำแหน่ง 50% ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- Heat – Set Web Magazine Printing
  - แม่พิมพ์โพสิทีฟ, กระดาษพิมพ์ 3 ชนิด 19%
  - แม่พิมพ์เนกาทีฟ, กระดาษพิมพ์ 3 ชนิด 27%
- Four – Color Continuous Forms Printing
  - แม่พิมพ์โพสิทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 1 และ 2 26%
  - แม่พิมพ์โพสิทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 4 และ 5 29%
  - แม่พิมพ์เนกาทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 1 และ 2 29%
  - แม่พิมพ์เนกาทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 4 และ 5 33%
- Commercial/Speciality Printing
  - แม่พิมพ์โพสิทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 1 และ 2 17%
  - แม่พิมพ์โพสิทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 3 17%
  - แม่พิมพ์โพสิทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 4 และ 5 23%
  - แม่พิมพ์เนกาทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 1 และ 2 25%
  - แม่พิมพ์เนกาทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 3 27%
  - แม่พิมพ์เนกาทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 4 และ 5 31%
  - ค่าเม็ดสกรีนบวมของสีดำมักจะมากกว่าสีอื่นๆ 2 – 3%

เมื่อมีการกำหนดค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น แล้ว มาตรฐาน ISO ยังได้ระบุช่วงขอบเขตในการยอมรับมาด้วยเพื่อวัตถุประสงค์ในการผลิตปรู๊ฟแผ่น OK Sheet และแผ่นพิมพ์จริงให้มีคุณภาพสม่ำเสมอ โดยพิจารณาที่บริเวณมิดโทน 40 – 50% และชาโดว์ที่ 75 – 80% ดังข้อมูลที่แสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบค่าขอบเขตในการยอมรับของค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น บนแผ่นปรู๊ฟ แผ่น OK Sheet และแผ่นพิมพ์จริง

บริเวณที่พิจารณา	แผ่นปรู๊ฟ Deviation tolerance (%)	แผ่น OK Sheet Deviation tolerance (%)	แผ่นพิมพ์ Deviation tolerance (%)
40 – 50%	3	4	4
75 – 80%	2	3	3
ระยะการกระจายตัวมากที่สุดของมิดโทน (max. mid-tone spread)	4	5	5

- ได้มีรายงานเพิ่มเติมเกี่ยวกับค่าความดำพื้นตายที่สอดคล้องกับค่าสีของภาพพิมพ์ที่ระบุไว้ข้างต้น ทั้งนี้เพื่อความสะดวกของโรงพิมพ์ที่มีเครื่องวัดความดำ (Densitometer) อยู่แล้ว แต่อย่างไรก็ตามผู้ปฏิบัติงานควรมีความรู้เกี่ยวกับเครื่องวัดความดำพอสมควร

2.2.1 มาตรฐานการควบคุมกระบวนการสำหรับ ฟิล์มแยกสี ปรู๊ฟ และงานพิมพ์ระบบออฟเซตป้อนแผ่น

1. ขอบเขต

มาตรฐานนี้เป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐาน ISO 12647 ซึ่งได้กำหนด ปัจจัยและข้อมูลต่างๆ ที่นำมาใช้ในการเตรียมฟิล์มแยกสีที่ใช้ในการพิมพ์ระบบออฟเซตหรือการผลิตงานพิมพ์สี่สีไม่ว่าจะเป็นระบบ heat – Set Web, Sheet – Fed และ Continuous From หรือการปรู๊ฟ ปัจจัยและข้อมูลต่างๆ ในที่นี้สามารถนำมาใช้ได้ตั้งแต่กระบวนการ ผลิตฟิล์มแยกสี ทำแม่พิมพ์ งานปรู๊ฟ และงานพิมพ์

2. ฟิล์มแยกสี

ก) คุณภาพ

ค่าความดำ (Density) สูงสุดของฟิล์มไม่ควรน้อยกว่า 3.5 และส่วนใสไม่เกิน 0.10 ซึ่งวัดด้วยเครื่องวัดค่าความดำชนิดโปร่งแสง (Transmission Densitometer) ความกว้างของเม็ดสกรีนที่เบลอ (Fringe) ไม่ควรเกินระยะ 1/40 ของความกว้างจริงของเม็ดสกรีน

ข) ความละเอียดของเส้นสกรีน

สำหรับงานพิมพ์ 4 สี ค่าความละเอียดของสกรีน ควรอยู่ระหว่าง 100 – 200 เส้น/นิ้ว ดังนี้

- Web Offset : 150 – 200 เส้น/นิ้ว
- Continuous Forms : 52 – 60 เส้น/ซม. (133 – 150 เส้น/นิ้ว)
- Commercial / Speciality : 60 – 80 เส้น/ซม. (150 – 200 เส้น/นิ้ว)

ค) อาศาสกรีน

สำหรับงานที่ไม่มีการกำหนดองศาสกรีนที่แน่นอนโดยปกติจะกำหนดเท่าใดก็ได้ แต่โดยปกติองศาระหว่าง สีน้ำเงินเขียว สีม่วงแดงและสีดำจะต้องต่างกัน 30 องศา โดยสีเหลืองจะต่างเท่ากับ 15 องศา โดยให้องศาหลักอยู่ที่ 45 องศา

สำหรับงานที่มีการกำหนดองศาโดยปกติจะกำหนดเท่าใดก็ได้ แต่โดยปกติองศาระหว่าง สีน้ำเงินเขียว สีม่วงแดงและสีดำจะต้องต่างกัน 60 องศา โดยสีเหลืองจะต่างเท่ากับ 15 องศา โดยให้องศาหลักอยู่ที่ 45 องศา หรือ 135 องศา

สำหรับการผลิตฟิล์มแยกสีสำหรับการพิมพ์ระบบกราเวียร์จะพยายามหลีกเลี่ยง องศาสกรีนที่ 75 และ 105 องศายกเว้นสีเหลือง

ง) รูปร่างเม็ดสกรีน

สามารถใช้ได้ทั้งรูปร่างวงกลม สี่เหลี่ยม และวงรี โดยเม็ดสกรีนต้องมีการเชื่อมโยงครั้งแรกที่เม็ดสกรีนมากกว่า 40% และเชื่อมต่อครั้งที่สองเมื่อเม็ดสกรีนไม่เกิน 60%

จ) ขนาดของภาพที่ยอมรับได้

สำหรับชุดฟิล์มแยกสีโดยปกติขนาดของภาพตามเส้นทแยงมุมจะต้องไม่ต่างกันเกิน 0.02%

ฉ) ค่าน้ำหนักสีรวม

จะกำหนดเท่าไรก็ได้แต่ควรมีค่าไม่เกิน 350% สำหรับการพิมพ์ป้อนแผ่นและไม่เกิน 300% สำหรับการพิมพ์ป้อนม้วน

ช) ค่าสมดุลสีเทา

จะกำหนดเท่าไรก็ได้ ส่วนค่าที่แสดงนี้เป็นค่าที่ได้ตามน้ำหนักสีรวม

ตารางที่ 2.7 ค่าสมดุลเท่าที่พื้นที่ต่างๆ (เปอร์เซ็นต์)

	cyan	magenta	yellow
ไฮเลท์ 1/4	25%	19%	19%
มิดโทน	50%	40%	40%
ชาโดว์ 3/4	75%	64%	64%

3) ภาพพิมพ์

ก) คุณสมบัติด้านการมองเห็นขององค์ประกอบของภาพ

- ค่าสีของวัสดุรองพิมพ์

กระดาษพิมพ์ที่ใช้เป็นปรู๊ฟควรเป็นชนิดเดียวกับกระดาษที่ใช้พิมพ์จริง แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ควรเลือกใช้กระดาษปรู๊ฟที่มีสมบัติของผิวใกล้เคียงกับกระดาษพิมพ์จริงๆ เช่น ค่าสี (L*a*b*) ความมันวาว ความสว่าง ชนิดของผิว และน้ำหนัก เป็นต้น

ISO ได้จำแนกประเภทของกระดาษพิมพ์ออกเป็น 5 ชนิด ดังนี้

- ชนิด 1 กระดาษ Gloss Coated, Wood Free
- ชนิด 2 กระดาษ Matt Coated, Wood Free
- ชนิด 3 กระดาษ Gloss Coated, Web
- ชนิด 4 กระดาษ Uncoated, White
- ชนิด 5 กระดาษ Uncoated, Yellowish

กระดาษแต่ละชนิดจะมีข้อกำหนดค่าสี ความมันวาว ความสว่าง และน้ำหนัก ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ค่าสมบัติต่างๆ ของกระดาษพิมพ์ 5 ชนิด ตามมาตรฐาน ISO

ชนิดของกระดาษ	น้ำหนักแกรม	ค่าสี			ความมันวาว	ความสว่าง
		L*	a*	b*	(%)	(%)
1. gloss coated, wood free	115	93	0	-3	65	85
2. matt coated, wood free	115	92	0	-3	38	83
3. gloss coated, web	70	87	-1	3	55	70
4. uncoated, white	115	92	0	-3	6	85
5. uncoated, yellowish	115	88	0	6	6	85
ค่าขอบเขตในการยอมรับ	±3	±2	±2	±5	-	-

การวัดค่าสีให้กำหนดภาวะดังนี้ Black Backing, D50 Illuminant, 2 องศา Observer, 0/45 หรือ 45 องศา/0 Geometry

- ความมันเงาของวัสดุรองพิมพ์

ค่าความมันเงาของวัสดุรองพิมพ์ที่ใช้ในการปรู๊ฟควรเลือกใช้ให้ใกล้เคียงกับที่ใช้ในการผลิตจริง แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ควรเลือกใช้กระดาษปรู๊ฟที่มีสมบัติของผิวใกล้เคียงกับกระดาษพิมพ์จริงๆ

ข) ค่าสีของชุดหมึก

มาตรฐาน ISO ได้แนะนำวิธีการควบคุมสีของการพิมพ์ด้วยการใช้ค่าสี L*a*b* เข้ามาช่วย โดยพิจารณาที่บริเวณพื้นตายของปรู๊ฟและสิ่งพิมพ์จริงตามตาราง

ตารางที่ 2.9 ข้อกำหนดการควบคุมการพิมพ์บริเวณพื้นตายด้วยค่าสี ในกระดาษมาตรฐาน 5 ชนิด

ชนิดกระดาษ	1	2	3	4	5
ค่าสีบริเวณพื้นตาย	L*a*b*	L*a*b*	L*a*b*	L*a*b*	L*a*b*
K	18/0/-1	18/1/1	20/0/0	35/2/1	35/1/2
C	54/-37/-50	54/-33/-49	54/-37/-42	62/-23/-39	58/25/35
M	47/75/-6	47/72/-3	45/71/-2	53/56/-2	53/55/1
Y	88/-6/-95	88/-6/90	82/-6/86	86/-4/68	84/-1/70
R	48/-65/45	47/-63/42	46/61/42	51/53/22	50/50/26
G	49/-65/-30	47/-60/-26	50/-62/-29	52/-38/17	52/-38/17
B	26/22/-45	26/24/-43	26/20/-41	38/12/-28	38/14/-28

<u>ข้อสังเกต</u>

- ลำดับสีในการพิมพ์จะเริ่มต้นด้วย CMYK ตามลำดับ และในภาวะในการวัดสีจะใช้เช่นเดียวกับการวัดสีของกระดาษ

- ข้อกำหนดนี้ยังได้เสนออีกว่า ถ้าจะใช่ปรู๊ฟเทียบสีได้ใกล้เคียงกับสิ่งพิมพ์จริงแล้ว ค่าความแตกต่างของสี ΔE *ab ระหว่างแผ่นปรู๊ฟกับแผ่น OK Sheet จะต้องอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ตามข้อกำหนดต่อไปนี้

ตารางที่ 2.10 ข้อกำหนดค่าความแตกต่างของสี CIE LAB ΔE *ab ที่ยอมรับได้

ช่วงการยอมรับ (สี)	Yellow	Black	Cyan	Magenta
Deviation tolerance	4	5	8	6
Variation tolerance	2	2.5	4	3

- ค่าความมันเงาของชุดหมึก

ค่าความมันเงาของชุดหมึกบริเวณพื้นตายอาจจะกำหนดก็ต่อเมื่อเห็นว่ามีความจำเป็น

ค) ขอบเขตการผลิตน้ำหนักสี

เป็นที่คาดหวังไว้ว่าน้ำหนักสีของภาพบนฟิล์มควรจะถ่ายทอดไปสู่ กระดาษพิมพ์อย่างสม่ำเสมอ และสมบูรณ์มากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง เนื่องจากความละเอียดของ

สกรีนและกระดาษเองไม่สามารถผลิตน้ำหนักสีได้ทั้งหมด มาตรฐาน ISO เสนอค่าขอบเขตของน้ำหนักสีบนฟิล์มแยกสีเหมาะสมในการพิมพ์ ดังนี้

- ที่ความละเอียด 40-70 เส้น/ซม. (100-175 เส้น/นิ้ว) กำหนด 3-97%
- ที่ความละเอียด 80 เส้น/ซม. (200 เส้น/นิ้ว) กำหนด 5-95%

ง) ความเหลื่อมของตำแหน่งภาพ

ช่วงที่มากที่สุดของหมึกสองสีในภาพเดียวกันจะต้องไม่เกินครึ่งหนึ่งของระยะเม็ดสกรีนที่น้อยที่สุดของฟิล์มแยกสี

จ) ค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น

- ระดับของน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น

การทำมาตรฐานการพิมพ์ด้วยการกำหนดค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น ได้กลายเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งทั้งปรู๊ฟและงานพิมพ์จริงจะต้องระบุค่าให้ชัดเจนให้ช่างพิมพ์นำไปควบคุมงานพิมพ์ ISO 12647-2 นี้ได้จำแนกระดับน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น ออกเป็น 8 ระดับ จากน้อยไปมาก (A-H) ดังแสดงในตารางที่ 2.4 ขึ้นอยู่กับชนิดของแม่พิมพ์และกระดาษที่ใช้ รวมทั้งประเภทของงานพิมพ์ด้วย

ตารางที่ 2.11 เปรียบเทียบระดับน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น บนสิ่งพิมพ์ ณ น้ำหนักต่างๆ กัน (25-80%)

ค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น								
ฟิล์ม	A	B	C	D	E	F	G	H
25	9	12	15	18	20	23	26	29
40	13	16	19	22	25	28	31	34
50	15	17	20	23	25	28	31	33
70	14	16	17	18	20	21	23	24
75	13	14	15	16	17	18	19	20
80	12	12	13	14	14	15	16	17

<u>ข้อสังเกต</u>

- การควบคุมค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น นี้มาตรฐาน ISO ได้ระบุให้ควบคุมที่แถบควบคุมมาตรฐานความละเอียด 60 เส้น/ซม. (150 เส้น/นิ้ว) ที่ตำแหน่ง 50% ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- Heat – Set Web Magazine Printing
  - แม่พิมพ์โพสิทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 3 19 %
  - แม่พิมพ์เนกาทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 3 27 %
- Four – Color Continuous Forms Printing
  - แม่พิมพ์โพสิทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 1 และ 2 26 %
  - แม่พิมพ์โพสิทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 4 และ 5 29 %
  - แม่พิมพ์เนกาทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 1 และ 2 29 %
  - แม่พิมพ์เนกาทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 4 และ 5 33 %
- Commercial/Specialily Printing
  - แม่พิมพ์โพสิทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 1 และ 2 17 %
  - แม่พิมพ์โพสิทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 3 17 %
  - แม่พิมพ์โพสิทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 4 และ 5 23 %
  - แม่พิมพ์เนกาทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 1 และ 2 25 %
  - แม่พิมพ์เนกาทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 3 27 %
  - แม่พิมพ์เนกาทีฟ, กระดาษพิมพ์ ชนิด 4 และ 5 31 %
  - ค่าเม็ดสกรีนบวมของสีดำมักจะมากกว่าสีอื่นๆ 2-3 %

- ขอบเขตการยอมรับค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น ขอบเขตในการยอมรับเม็ดสกรีนบวมของแผ่นปรู๊ฟ และแผ่น OK Sheet ได้กำหนดไว้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 2.12 เปรียบเทียบค่าขอบเขตในการยอมรับของค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น บนแผ่นปรู๊ฟ OK Sheet และแผ่นพิมพ์จริง

บริเวณที่พิจารณา	แผ่นปรู๊ฟ	แผ่น OK Sheet	แผ่นพิมพ์
	Deviation tolerance %	Deviation tolerance %	Deviation tolerance %
40 – 50 %	3	4	4
75 – 80 %	2	3	3
ระยะกระจายตัวมากสุดของมิดโทน	4	5	5

ฉ) วิธีในการตรวจสอบ

วิธีในการตรวจสอบค่าน้ำหนักสีและค่าน้ำหนักโทนที่เพิ่มขึ้น นั้น ให้อ้างอิงตามมาตรฐานสากล ISO 12647-2

2.3 ระบบการพิมพ์ออฟเซต [3]

2.3.1 หลักการพื้นฐานของการพิมพ์

สิ่งพิมพ์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตทางการพิมพ์มีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกลุ่มเป้าหมายผู้นำสิ่งพิมพ์ไปใช้ จำนวนที่ต้องการพิมพ์ คุณภาพและรายละเอียดของการพิมพ์ ระยะเวลาการใช้สิ่งพิมพ์ เวลาที่ต้องใช้ในการพิมพ์ ต้นทุนการพิมพ์ ระบบการพิมพ์ เป็นต้น ซึ่งสามารถนำลักษณะงานพิมพ์ออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.3.1.1 งานเอกสารการพิมพ์ สิ่งพิมพ์ประเภทนี้มีรายละเอียดของภาพไม่สูงนัก ส่วนมากมักผลิตโดยการใช้อุปกรณ์การพิมพ์ต่าง ๆที่ใช้กันทั่วไปในสำนักงาน มีขั้นตอนในกระบวนการพิมพ์ไม่ยุ่งยากและซับซ้อน เหมาะสำหรับพิมพ์งานพิมพ์ที่มีจำวนพิมพ์น้อย อาจจะมีจำนวนพิมพ์เป็นสิน เป็นร้อยหรือจำนวนหลาย ๆ ร้อย เช่น เครื่องอัดสำเนาหรือเครื่องโรเนียว เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องพิมพ์ที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ต้นทุนในการพิมพ์จะต่ำและมีการใช้งานจำกัดเฉพาะกลุ่ม มิได้ใช้แพร่หลายทั่วไป ตัวอย่างเอกสารประเภทนี้ ได้แก่ เอกสารที่ใช้ในสำนักงาน เอกสารสำหรับการนำเสนอเอกสารการประชุม เป็นต้น

สำหรับการอัดสำเนา เป็นกรรมวิธีทางการพิมพ์วิธีหนึ่งซึ่งสามารทำการผลิตภาพให้ปรากฏบนวัสดุพิมพ์ โดยทั่วไปมักรู้จักกันว่าการอัดสำเนาด้วยเครื่องอัดสำเนาหรือเรียกว่าเครื่องโรเนียว จึงนับเป็นการพิมพ์วิธีหนึ่ง แต่ไม่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมการพิมพ์ เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น คุณภาพและรายละเอียดของการพิมพ์ไม่ดี ความเร็วในการพิมพ์ค่อนข้างช้า

2.3.1.2 งานอุตสาหกรรมการพิมพ์ สิ่งพิมพ์ประเภทนี้มีใช้สำหรับการสื่อสารกับกลุ่มเป้าหมายขนาดใหญ่ เช่น หนังสือเรียน หนังสือพิมพ์ นิตยสาร แผ่นโฆษณา สิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ เป็นต้น จำนวนพิมพ์ที่มีตั้งแต่จำนวนพันไปจนถึงจำนวนเป็นล้าน เครื่องพิมพ์ที่ใช้เป็นเครื่องพิมพ์ขนาดใหญ่ที่ใช้กันทั่วไปในโรงพิมพ์ ขั้นตอนในกระบวนการพิมพ์ยุ่งยากและซับซ้อนขึ้น ความเร็วของเครื่องพิมพ์สูง เมื่อเทียวกับเครื่องพิมพ์บางประเภทที่เป็นอุปกรณ์สำนักงาน สิ่งพิมพ์ที่ได้จะมีคุณภาพดี มีรายละเอียดของภาพพิมพ์สูงและได้มาตรฐานมากขึ้น อย่างไรก็ตามสิ่งพิมพ์ประเภทเอกสารที่ใช้ในสำนักงานมักผลิติ

จากเทคโนโลยีการพิมพ์ประเภทไร้แรงกดหรือระบบการพิมพ์ไม่สัมผัส สำหรับสิ่งพิมพ์ประเภทอุตสาหกรรมการพิมพ์ซึ่งผลิตจากระบบการพิมพ์พื้นฐานทั่วไป ต่างก็อาศัยหลักการพื้นฐานของการพิมพ์เดียวกัน

ในกระบวนการพิมพ์ภาพให้ปรากฏบนวัสดุพิมพ์จนเกิดเป็นตัวหนังสือหรือภาพต่าง ๆ ที่มีสีสันสวยงามได้นั้น ต้องอาศัยระบบการพิมพ์ต่าง ๆ กัน ระบบการพิมพ์ที่สำคัญและนิยมใช้กันแพร่หลายทั่วไปในอุตสาหกรรมการพิมพ์ นับตั้งแต่เริ่มรู้จักการทำเครื่องจักรสำหรับการพิมพ์และพัฒนามาจนถึงปัจจุบัน สามารถจำแนกออกตามลักษณะของแม่พิมพ์ได้ 5 ระบบ คือ การพิมพ์พื้นนูน การพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์ฉลุลายผ้า การพิมพ์พื้นราบ และการพิมพ์ไม่สัมผัส ระบบการพิมพ์สี่ระบบแรกจัดเป็นการพิมพ์สัมผัส ซึ่งหมายความถึงการพิมพ์ที่เกิดจากแม่พิมพ์สัมผัสกับวัสดุพิมพ์โดยอาศัยแรงกดพิมพ์ สำหรับการพิมพ์ไม่สัมผัสนั้นเป็นการพิมพ์ที่เกิดขึ้นโดยปราศจากการกดพิมพ์ เป็นระบบการพิมพ์ที่ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วในระยะหลัง ๆ รายละเอียดเกี่ยวกับระบบการพิมพ์เหล่านี้จะได้กล่าวถึงในตอนต่อไป อย่างไรก็ตามระบบการพิมพ์แต่ระบบจำเป็นต้องมีองค์ประกอบหลักสำหรับการพิมพ์นั้น ๆ โดยเฉพาะ ได้แก่

1. ลักษณะและชนิดของแม่พิมพ์
2. ชนิดของหมึกพิมพ์ที่เหมาะสมกับระบบการพิมพ์และวัสดุพิมพ์
3. ชนิดของวัสดุพิมพ์ ได้แก่ กระดาษ พลาสติก ฟอยล์ และ ผ้า เป็นต้น
4. ชนิดของเครื่องพิมพ์
5. วิธีการกดพิมพ์หรือวีการทำให้เกิดแรงกดพิมพ์

2.3.1.3 หลักสำคัญประการหนึ่งของแม่พิมพ์ที่ใช้ในระบบการพิมพ์ แม่พิมพ์ที่ใช้กับระบบการพิมพ์ทุกระบบจะมีส่วนที่เหมือนกันอย่างหนึ่ง คือ พื้นที่ผิวหน้าของแม่พิมพ์จะถูกแบ่งเป็นสองส่วนคือส่วนที่เป็นบริเวณภาพ (Image area) และส่วนที่เป็นบริเวณไร้ภาพ (Non-Image area)

1. บริเวณภาพ เป็นบริเวณรับหมึกพิมพ์ที่ถูกคลึงหรือถูกจ่ายลงบนผิวหน้าของแม่พิมพ์ เมื่อบริเวณภาพรับหมึกพิมพ์แล้วจะทำหน้าที่ถ่ายโอนหมึกพิมพ์ที่รับไว้ให้กับวัสดุพิมพ์ด้วยแรงกดพิมพ์ ภาพจากแม่พิมพ์จะถูกถ่ายทอดและไปปรากฏบนวัสดุพิมพ์

2. บริเวณไร้ภาพ เป็นบริเวณที่ไม่รับหมึกพิมพ์ที่ถูกคลึง หรือถูกจ่ายลงบนผิวหน้าของแม่พิมพ์ ดังนั้นหมึกพิมพ์จะไม่ติดบริเวณไร้ภาพ บริเวณนี้จึงเป็นบริเวณที่ว่างหรือช่องว่างของภาพ และจะไม่ปรากฏเป็นภาพบนวัสดุพิมพ์ถึงแม้ว่าจะทำให้เกิดแรงกดพิมพ์แล้วก็ตาม สำหรับการเลือกใช้ระบบการพิมพ์ให้เหมาะสมกับประเภทและชนิดของสิ่งพิมพ์นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น จำนวนที่ต้องการพิมพ์ ชนิดของวัสดุพิมพ์ ความละเอียดขอภาพต้นฉบับและความละเอียดของงานที่ต้องการ ขนาดของงานพิมพ์ และเวลาที่ใช้ในการพิมพ์ เป็นต้น ทั้งนี้ระบบการพิมพ์

แต่ละระบบต่างก็มีข้อจำกัดด้านอื่น ๆ อีกที่ต้องคำนึงถึง เช่น ขนาดของเครื่องพิมพ์ ระบบการป้อนและรับส่งวัสดุพิมพ์ การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ เป็นต้น ดังนั้นก่อนที่จะเลือกใช้ระบบการพิมพ์ระบบใดระบบหนึ่ง จึงต้องพิจารณาอย่างรอบคอบถึงปัจจัยและปัญหาด้านต่าง ๆ ของระบบการพิมพ์นั้น ๆ เสียก่อน รวมถึงข้อจำกัดของกรรมวิธีการพิมพ์ด้วย เพื่อให้แน่ใจว่าเมื่อเลือกระบบการพิมพ์นั้นๆ มาใช้แล้ว สามารถผลิตงานพิมพ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับงานพิมพ์นั้น ๆ มากที่สุด

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว ไม่ว่าจะเป็นระบบการพิมพ์ระบบใดก็ตาม การทำให้เกิดภาพพิมพ์ลงบนวัสดุพิมพ์ นอกจากต้องอาศัยแม่พิมพ์ หมึกพิมพ์ วัสดุพิมพ์ และเครื่องพิมพ์แล้ว ยังมีความจำเป็นต้องอาศัยการทำให้เกิดแรงกดหรือการกดพิมพ์ด้วย ลักษณะการกดพิมพ์นี้มีหลายแบบ ขึ้นกับลักษณะของแม่พิมพ์ เครื่องพิมพ์ ตลอดจนความเร็วในการพิมพ์ ทั้งนี้การกดพิมพ์ในลักษณะต่าง ๆ จะมีผลต่อความคมชัดและรายละเอียดของภาพพิมพ์

2.3.1.4 หลักการของการกดพิมพ์แบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้ [4]

1. การกดพิมพ์แนวราบกับแนวราบ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

- แนวราบตามแนวนอน ลักษณะการกดพิมพ์แบบนี้พบในเครื่องพิมพ์ในยุคแรก ๆ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องพิมพ์เลตเตอร์หรือเครื่องพิมพ์หิน ลักษณะการวางแม่พิมพ์จะวางในแนวนอน มีที่กดพิมพ์เป็นแบบแนวราบตามแนวนอนด้วย มีความเร็วในการพิมพ์ช้ามาก คุณภาพทางการพิมพ์ต่ำ

- การราบตามแนวตั้ง ลักษณะการกดพิมพ์แบบนี้พบในเครื่องแท่นยืนหรือเครื่องพิมพ์เพลทเทน (Platen press) กระบวนการพิมพ์เลตเตอร์เพรสมีทั้งแบบโยกด้วยมือ แบบที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าแต่ต้องป้อนกระดาษด้วยมือ และแบบที่พัฒนาความเร็วขึ้นด้วยการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและกระดาษอัตโนมัติ การวางแม่พิมพ์จะวางในแนวตั้ง ที่กดพิมพ์จะเคลื่อนเข้าหาแม่พิมพ์ตามแนวตั้งด้วยความเร็วในการพิมพ์ช้ามาก คุณภาพการพิมพ์ปานกลาง

2. การกดพิมพ์แนวราบกับโม ส่วนมากการกดพิมพ์แนวราบกับโมมักเป็นลักษณะการกดพิมพ์ที่เครื่องพิมพ์เลตเตอร์เพรส ทั้งชนิดป้อนมือและอัตโนมัติที่เรียกว่า เครื่องพิมพ์โมเดี่ยว (Cylinder press) สามารถพิมพ์งานพิมพ์ที่ขนาดใหญ่ขึ้นและมีคามเร็วในการพิมพ์สูงขึ้น การวางแม่พิมพ์จะมีลักษณะเป็นแนวราบตามนอน และที่กดพิมพ์เป็นโมทรงกระบอก ความเร็วในการพิมพ์ช้า คุณภาพในการพิมพ์ปานกลาง

3. การกดพิมพ์แบบโมกับโม ลักษณะการกดพิมพ์ประเภทนี้ยังแบ่งออกได้อีก 2 แบบ ดังนี้

- การกดพิมพ์แบบโมแม่พิมพ์กับโมกดพิมพ์ ลักษณะการกดพิมพ์แบบนี้พบในเครื่องพิมพ์โรตารี (Rotary press) ซึ่งเป็นการพิมพ์แบบป้อนม้วนด้วยเครื่องพิมพ์ที่มีความเร็วสูง ในระบบการพิมพ์เลตเตอร์เพรส แม่พิมพ์ที่ใช้อาจจะทำจากพอลิเมอร์หรือตบแบบโค้งด้วยตะกั่ว มีแรงกดพิมพ์ที่

เกิดจากโมกดพิมพ์ นอกจากนี้ ยังพบการกดพิมพ์แบบนี้ในเครื่องพิมพ์อินทาลโย และเครื่องพิมพ์กราวัวร์อีกด้วย

- การกดพิมพ์แบบโมแม่พิมพ์ผ่านโมยางกับโมกดพิมพ์ ลักษณะการกดพิมพ์แบบนี้มักจะพบในเครื่องพิมพ์ออฟเซตทั้งชนิดป้อนแผ่นและป้อนม้วน แม่พิมพ์จะถูกติดรอบโมพิมพ์ แล้วโมพิมพ์จะถ่ายโอนหมึกพิมพ์ไปให้โมยาง เมื่อผ่านวัสดุพิมพ์เข้าทำการพิมพ์ หมึกพิมพ์บนโมยางจะถูกถ่ายโอนลงบนวัสดุพิมพ์โดนอาศัยแรงกดของโมพิมพ์

2.3.2 หลักการพิมพ์ออฟเซต

การพิมพ์พื้นราบหรือบ้างก็เรียกว่า การพิมพ์พื้นเรียบนั้น เป็นระบบการพิมพ์ที่ใช้กันแพร่หลายทั่วไป และมีความสำคัญต่อธุรกิจการพิมพ์และอุตสาหกรรมการพิมพ์อย่างกว้างขวาง เพราะสามารถพิมพ์ลงบนวัสดุต่าง ๆ ได้หลายชนิด เช่น กระดาษ โลหะ และพลาสติก เป็นต้น การพิมพ์ระบบนี้ได้รับการพัฒนาอย่างกว้างขวางและรวดเร็ว จากเดิมที่พิมพ์ครั้งละไม่กี่แผ่น จนปัจจุบันสามารถพิมพ์ได้นับจำนวนเป็นล้านแผ่น มีโรงงานผลิตเครื่องพิมพ์ระบบนี้อย่างมากมายทั่วโลก นอกจากนี้ยังมีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์มาประกอบกับการใช้เครื่องพิมพ์

การพิมพ์หิน (Lithography) เป็นต้นกำเนิดของการพิมพ์พื้นราบ เกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1798 โดยการค้นพบของชาวเยอรมันชื่อ อลัวส์ เซเนเฟลเดอร์ (Alois Senefeleder) ซึ่งใช้แผ่นหินเป็นแม่พิมพ์โดยบังเอิญ คำว่า Lithography แปลว่า การเขียนบนหิน (Stone Writing) มาจากคำสองคำ คือ Lithos ซึ่งแปลว่า หิน (Stone) และจากคำว่า Graphe ซึ่งแปลว่า การเขียน (Writing) ภายหลังได้มีการทดลองทำแม่พิมพ์โดยขัดหินให้มีผิวเรียบ และใช้ดินสอเทียนทำพิเศษที่เรียกว่า ดินสอเกรยอง เขียนลงบนแผ่นหินเป็นบริเวณภาพที่ต้องการพิมพ์ การพิมพ์ใช้นำไปทำให้เกิดความเปียก ต่อมาการพิมพ์หินได้เปลี่ยนจากการใช้งานทางศิลปกรรมมาเป็นทางพาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม ได้มีการพัฒนาเครื่องพิมพ์จากการใช้แรงงานคนเป็นเครื่องจักรไอน้ำที่มีโมกดพิมพ์และมีรางหมึกพร้อมลูกกลิ้งคลึงหมึกและลูกกลิ้งน้ำ แต่ก็ยังเป็นการพิมพ์วิธีตรง ต่อมาจึงเปลี่ยนเป็นการพิมพ์ออฟเซตซึ่งเป็นการพิมพ์วิธีอ้อม (Indirect Printing) ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

ภาพพิมพ์บนแม่พิมพ์ที่ทำเพื่อพิมพ์ด้วยวิธีนี้เป็นภาพจริง คือ เป็นภาพที่เหมือนกับภาพบนต้นฉบับและภาพบนวัสดุพิมพ์ทุกประการ ภาพจากแม่พิมพ์จะถูกถ่ายทอดลงบนโมยาง เป็นภาพกลับและถูกถ่ายทอดต่ออีกครั้งบนวัสดุพิมพ์ เป็นภาพจริง เรียกว่า เกิดการซับ (Set Off) ซึ่งเป็นการถ่ายทอดภาพ 2 ครั้ง จึงเรียกระบบการพิมพ์นี้ว่า Offset เพื่อเป็นการบอกให้ทราบว่าการพิมพ์ระบบนี้มาจากการพิมพ์หิน ชื่อเต็มของระบบนี้จึงเป็น ออฟเซตลิโธกราฟี (Offset Lithography) นอกจากการพิมพ์ออฟเซตจะเป็นการพิมพ์วิธีอ้อมแล้ว อีกหลักการหนึ่งของการพิมพ์ออฟเซต คือ เป็นการพิมพ์ระบบ

พื้นราบ ซึ่งบริเวณภาพและบริเวณไร้ภาพของแม่พิมพ์จะอยู่ในระนาบเดียวกัน และจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไปในเรื่องแม่พิมพ์ออฟเซต

สมดุลระหว่างน้ำกับหมึกพิมพ์ การจ่ายน้ำเพื่อให้ความชื้นบนผิวหน้าแม่พิมพ์ระบบการพิมพ์พื้นราบต้องให้น้ำในปริมาณที่พอเหมาะกับปริมาณหมึกพิมพ์ และเหมาะสมกับสัดส่วนบริเวณภาพต่อบริเวณไร้ภาพบนแม่พิมพ์

2.3.2.1 การจ่ายน้ำมาก จะทำให้บริเวณภาพเกิดรอยด่าง หมึกพิมพ์เกาะได้ไม่เต็มที่ เพราะโดยทั่วไปลูกกลิ้งคลึงน้ำจะคลึงน้ำลงบนแม่พิมพ์ก่อน ลูกกลิ้งหมึกจึงจะคลึงหมึกลงบนแม่พิมพ์ตาม ทำให้ลูกกลิ้งคลึงหมึกรีดน้ำบางส่วนไปทางด้านท้ายของแม่พิมพ์ เป็นผลให้หมึกไม่เกาะบริเวณภาพ เพราะน้ำบางส่วนที่ตกค้างอยู่บนบริเวณภาพจะผลักดันหมึกไว้ เมื่อรอยน้ำหมดไป หมึกจึงจะเกาะติดบริเวณภาพได้

2.3.2.2 การจ่ายหมึกมาก ทำให้เม็ดสกรีนของภาพพิมพ์บวม (Dot Gain) และทำให้ภาพพิมพ์บริเวณไร้ภาพเปรอะเปื้อนหมึก

2.3.2.3 การจ่ายน้ำน้อย ทำให้ภาพพิมพ์เปรอะเปื้อนหมึกที่บริเวณไร้ภาพ เพราะน้ำไม่สามารถผลักดันหมึกบริเวณนี้ได้ ซึ่งเรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า สกัม

2.3.2.4 การจ่ายหมึกน้อย ทำให้ความเข้มข้นของสีหมึกบริเวณภาพลดลง คือ ภาพจะมีสีซีด และบางครั้งจะเกิดรอยขี้หมึกที่แห้ง

2.3.2.5 น้ำและหมึกสมดุล การจ่ายหมึกและน้ำที่พอดี จะไม่ทำให้ภาพพิมพ์เกิดรอยด่าง สกัม หรือภาพสีซีด ความเข้มของสีหมึกพิมพ์จะพอดี ภาพมีความคมชัด

2.3.3 ลักษณะภาพและสิ่งพิมพ์ออฟเซต

การพิมพ์ระบบออฟเซตไม่สามารถที่จะพิมพ์ภาพโดยให้หมึกพิมพ์มีสีอ่อนและสีเข้มตามน้ำหนักของภาพได้ ต้องอาศัยจุดของหมึกพิมพ์ขนาดต่าง ๆ ที่เรียกว่า เม็ดสกรีน เป็นตัวกำหนด ตัวอย่างที่พอจะเห็นได้ชัดเจน เช่น ตรงบริเวณสว่างของภาพ เม็ดสกรีนจะมีขนาดเล็กๆ บริเวณเงามืดของภาพ เม็ดสกรีนจะมีขนาดใหญ่ ถ้ามีขนาดใหญ่มาก เม็ดสกรีนแต่ละชนิดจะอยู่ใกล้กันมาก จนมองเห็นส่วนของวัสดุพิมพ์เป็นจุดขาวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งภาพที่เกิดจากเม็ดสกรีนเหล่านี้จะถูกกำหนด โดย

ฟิล์มที่ได้จากการถ่ายภาพงานพิมพ์ และนำมาประกบกับแม่พิมพ์เริ่มตั้งแต่พื้นที่เม็ดสกรีน 1 เปอร์เซ็นต์ ถึง 9 เปอร์เซ็นต์ โดยคำนวณได้จากพื้นที่ของภาพบริเวณที่มีหมึกพิมพ์กับส่วนที่ไม่มีหมึกพิมพ์ ณ บริเวณนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น พื้นที่เม็ดสกรีน 3 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่า บริเวณนั้นของภาพมีจุดที่มีหมึกพิมพ์ส่วนและพื้นที่ว่างเปล่าไม่มีหมึกพิมพ์ 97 ส่วน การพิมพ์ออฟเซตเป็นระบบการพิมพ์ที่นิยมแพร่หลายมากกว่าการพิมพ์ระบบอื่น ๆ เพราะสามารถพิมพ์ได้รายละเอียดของภาพได้ดี และขอบจองภาพพิมพ์จะเรียกว่า เมื่อเทียบกับภาพพิมพ์ที่ได้จากการพิมพ์ระบบอื่น ๆ นอกจากนี้ยังสามารถพิมพ์ภาพได้ใกล้เคียงกับภาพถ่ายมากที่สุด ปัจจุบันสามารถพิมพ์ได้ละเอียดถึง 600 – 700 เส้นต่อนิ้ว จุดของเม็ดสกรีนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือมองผ่านแว่นขยายที่มีกำลังขยายต่ำ ๆ ได้ สิ่งพิมพ์ออฟเซต การพิมพ์ระบบออฟเซตสามารถพิมพ์สิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ได้มากมายโดยใช้วัสดุพิมพ์ได้หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นกระดาษ โลหะ หรือพลาสติก สิ่งพิมพ์ออฟเซต ได้แก่ หนังสือพิมพ์ หนังสือแบบเรียน ตำราเรียน หนังสือพิมพ์ นิตยสาร วารสาร แผ่นปลิว แผ่นพับ โปสเตอร์ แผ่นป้าย กระดาษหัวจดหมาย แบบฟอร์ม ฉลากสินค้า เป็นต้น บางครั้งใช้พิมพ์สิ่งพิมพ์ที่มีค่า เช่น ธนบัตร ซึ่งส่วนมากใช้พิมพ์สีพื้น และสิ่งพิมพ์ประเภทบรรจุภัณฑ์

2.3.4 กระบวนการพิมพ์ออฟเซต

กระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ในอุตสาหกรรมการพิมพ์ได้แยกงานต่าง ๆ ในการผลิตไว้เป็น 3 กระบวนการ คือ งานก่อนพิมพ์ (Pre-Press) งานพิมพ์ (Press) และงานหลังพิมพ์ (After Press) สิ่งพิมพ์บางชนิดอาจจะใช้เพียงขั้นตอนเดียว แต่ละงานประกอบด้วยขั้นตอนการผลิตย่อย ๆ ดังนี้

2.3.4.1 งานก่อนพิมพ์ โดยทั่วไปงานก่อนพิมพ์จะเป็นการผลิตงานตั้งแต่งานต้นฉบับจนถึงขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ งานต่าง ๆ ในงานก่อนพิมพ์แยกเป็นขั้นตอนการผลิตย่อย ๆ ได้ตามลำดับดังนี้ การเตรียมต้นฉบับ การออกแบบงานศิลปะ การเรียงพิมพ์ การทำอาร์ตเวิร์ก การถ่ายภาพงานพิมพ์และการแยกสี การประกอบฟิล์ม การจัดวางฟิล์ม การทำแม่พิมพ์ และการปรู๊ฟ

การจัดวางตำแหน่งฟิล์ม เป็นขั้นตอนการจัดวางตำแหน่งของฟิล์มให้ถูกต้องบนแผ่นต้นแบบอัดแม่พิมพ์ ซึ่งจะหมายถึง การจัดวางหน้าในงานหนังสือเป็นส่วนใหญ่ ตำแหน่งของหน้าที่วางบนต้นแบบอัดแม่พิมพ์นั้น เมื่อพิมพ์พับเก็บเล่มและตัดเจียนเป็นหนังสือแล้ว เลขหน้าของหนังสือจะต้องเรียงตามลำดับอย่างถูกต้อง เพื่อให้งานจัดวางหน้าฟิล์มสะดวกรวดเร็ว ควรมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1) การทำดัมมีจำลองยกพิมพ์ เป็นการจำลองกระดาษพิมพ์ที่นำมาพับเป็นยกพิมพ์เพื่อกำหนดตำแหน่งสันหนังสือ ส่วนบนหนังสือ และเลขหน้า ซึ่งมีวิธีทำหลายวิธี ได้แก่ วิธีตัดด้านบนของดัมมีเป็นมุมแหลม หรือตัดตามเส้นไข่ปลาตรงกลางหนังสือแล้วเขียนตำแหน่งหน้าบนดัมมี

2) การกำหนดตำแหน่งหน้าบนดัมมี ในการกำหนดตำแหน่งหน้าบนดัมมี มีองค์ประกอบที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้

- วิธีการทำเล่ม ก่อนที่จะเขียนตำแหน่งหน้า จะต้องคำนึงถึงวิธีการทำเล่มว่าเป็นมุมแบบหลังคา ซึ่งจะสอดยกพิมพ์ซ้อนทับกันตรงกลาง หรือเป็นการทำเล่มแบบเย็บสัน หรือไสกาว ซึ่งจะเรียงพิมพ์ยกต่อเนื่องกัน ในการเขียนเลขหน้าบนดัมมีในแต่ละยกพิมพ์ จะเขียนตามวิธีการทำเล่มสิ่งพิมพ์ ตัวอย่างเช่น การทำดัมมี 16 หน้ายก แต่ละยกพิมพ์สามารถพิมพ์ได้ 8 หน้า การเขียนเลขหน้าบนดัมมีจะแตกต่างกัน

2.3.4.2 งานพิมพ์ออฟเซต ดังได้กล่าวมาแล้วว่า กระบวนการพิมพ์ออฟเซตเป็นการพิมพ์วิธีอ้อม บริเวณภาพและบริเวณภาพบนแม่พิมพ์ออฟเซตอยู่ในระนาบเดียวกันแต่มีคุณสมบัติทางเคมีต่างกัน บริเวณไร้ภาพจะรับน้ำแล้วน้ำไปมีผลผลักดันหมึก ในทางตรงกันข้าม บริเวณภาพจะผลักดันน้ำแต่รับหมึก จากหลักการพิมพ์ออฟเซต กระบวนการพิมพ์ออฟเซตเกิดขึ้นได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ลูกน้ำคลึงแม่พิมพ์ จะคลึงน้ำเพื่อทำความชื้นบนผิวหน้าพิมพ์ น้ำจะเกาะติดที่บริเวณไร้ภาพ แต่ไม่เกาะติดที่บริเวณภาพ

2. ลูกหมึกคลึงแม่พิมพ์ จะคลึงหรือถ่ายโอนหมึกบนแม่พิมพ์ หมึกจะเกาะติดเฉพาะบริเวณภาพ

3. แม่พิมพ์ถ่ายโอนหมึกบนผ้ายาง

4. ผ้ายางถ่ายโอนหมึกหรือพิมพ์ภาพลงบนวัสดุพิมพ์

ข้อดีของการพิมพ์ออฟเซต

1. ให้ชั้นของหมึกพิมพ์ที่บางและสม่ำเสมอ การที่แม่พิมพ์ออฟเซตมีผิวเรียบ เพราะบริเวณภาพและบริเวณไร้ภาพสูงต่ำเท่ากัน ทำให้ลูกหมึกคลึงแม่พิมพ์ ไม่สามารถคลึงลงไปในบริเวณภาพเหมือนกับกระบวนการพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ หมึกพิมพ์จึงเกาะติดอยู่บนผิวแม่พิมพ์ได้บาง และมีผิวหมึกเรียบสม่ำเสมอกว่ากระบวนการพิมพ์พื้นฐานอื่น ๆ นอกจากนี้การที่เครื่องพิมพ์ออฟเซตประกอบด้วยลูกกลิ้งหมึกมากกว่าเครื่องพิมพ์ในกระบวนการพิมพ์อื่น ๆ ทำให้สามารถบดหมึกได้ละเอียดขึ้น เกลี่ยหมึกได้สม่ำเสมอ และคลึงหมึกได้บาง

2. ให้ภาพพิมพ์ที่มีผิวเรียบสม่ำเสมอและช่วยให้แม่พิมพ์มีความคงทน การพิมพ์วิธีอ้อมโดยใช้โมยางเป็นตัวกลางทำหน้าที่ถ่ายทอดภาพลงบนวัสดุพิมพ์ ช่วยให้ถ่ายโอนหมึกลงวัสดุพิมพ์ได้ง่าย ได้ภาพพิมพ์ที่มีผิวเรียบสม่ำเสมอ เนื่องจากผ้ายางมีรูพรุนเล็ก ๆ มีคุณสมบัติในการหยุ่นตัวได้ดี คุณสมบัติหยุ่นตัวของผ้ายางนี้เองทำให้สามารถพิมพ์ได้บนวัสดุพิมพ์หลายชนิด ทั้งยังช่วยให้แม่พิมพ์มีความคงทนกว่าการพิมพ์ออฟเซตวิธีตรง

2.3.4.3 งานหลังพิมพ์ เป็นกระบวนการผลิตที่ต่อเนื่องจากงานพิมพ์โดยรับเอางานที่พิมพ์เรียบร้อยแล้วมาดำเนินการต่อให้สำเร็จเป็นรูปเล่มหรือเป็นชิ้นงาน สามารถแยกเป็นขั้นตอนต่าง ๆได้ดังนี้ การพับ การเก็บเล่ม การทำเล่ม การเคลือบเงา การเดินรอยร้อน การดุนนูนหรือการปั๊มนูน การอัดตัดตามแม่แบบหรือการไดคัท การทำรอยพับ การปรุฉีก การตีเบอร์ และการทำ อย่างไรก็ตามสิ่งที่ต้องคำนึงถึงทุกครั้งก่อนที่จะเริ่มกระบวนการพิมพ์ทั้งสามกระบวนการ จำเป็นต้องมีหน่วยงานที่ควบคุมและเกี่ยวข้องกับวัสดุและอุปกรณ์ในการทำงานทางการพิมพ์ หรืออาจเรียกว่าหน่วยงานพัสดุก็ได้ ซึ่งจะต้องทราบถึงลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุ จำนวนและปริมาณการใช้ ความถี่ในการใช้ เป็นต้น

2.3.5 ประเภทเครื่องพิมพ์ออฟเซต [5]

เครื่องพิมพ์ออฟเซตสามารถแบ่งได้ตามโครงสร้างและลักษณะการป้อนวัสดุพิมพ์ออกเป็น 2 ประเภท คือ ชนิดป้อนแผ่นและชนิดป้อนม้วน เครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่น ใช้กระดาษที่จะพิมพ์ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่น ๆ โดยจะถูกตัดมาให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ นำมาวางซ้อนทับกันบนหน่วยป้อนกระดาษ จากนั้นกระดาษจะถูกส่งผ่านไปยังกระดานป้อนกระดาษซึ่งจะควบคุมให้กระดาษเข้าแท่นให้ตรงทั้งฉากหน้าและฉากข้าง แล้วจึงถูกฟันตัดกระดาษส่งผ่านไประหว่างโมยางกับโมกดพิมพ์ โดยฟันจับกระดาษที่โมกดพิมพ์จะเป็นตัวจับยึดกระดาษ เมื่อทำการพิมพ์เสร็จแล้ว กระดาษที่พิมพ์แล้วจะถูกส่งไปวางซ้อนยังหน่วยรับกระดาษ

2.3.5.1 เครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่น มีตั้งแต่เครื่องพิมพ์สีเดียว 2 สี 4 สี 5 สี 6 สี และได้พัฒนาถึงเครื่องพิมพ์ 8 สี พร้อมหน่วยอาบเงาในตัว นอกจากนี้ในเครื่องพิมพ์หลายสี คือตั้งแต่ 2 สีขึ้นไป การติดตั้งอุปกรณ์พิมพ์กลับหน้าระหว่างหน่วยพิมพ์ ซึ่งกระดาษจะถูกกลับหน้าเพื่อทำการพิมพ์ด้านอีกด้านหนึ่ง ทำให้สามารถพิมพ์หน้าเดียวหลายสี หรือพิมพ์ 2 หน้าก็ได้ เมื่อกระดาษผ่านเข้าไปพิมพ์หน่วยพิมพ์สำหรับพิมพ์หน้าแรกหรือสีแรกแล้ว จะมีโมส่งกระดาษ (Transfer Cylinder) ทำหน้าที่ดึงกระดาษเข้าไปพิมพ์หน้าหรือสีที่ 2 ต่อไป

โครงสร้างของเครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นสีเดียว หรือหลายมีก็มีลักษณะสำคัญเช่นเดียวกันแต่ละหน่วยพิมพ์ประกอบด้วยโม 3 โมได้แก่ โมแม่พิมพ์ซึ่งอยู่ติดกับชุดลูกหมึก และชุดลูกน้ำ โมยางระหว่างโมแม่พิมพ์กับโมกดพิมพ์ ซึ่งโมกดพิมพ์นี้จะทำหน้าที่รับกระดาษเข้าไปทำการพิมพ์เพื่อรับพิมพ์จากโมยางอีกต่อหนึ่ง

2.3.5.2 เครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วน (Web Fed offset Press) ปัจจุบันเครื่องพิมพ์ออฟเซตแบบป้อนม้วนได้พัฒนามาใช้การกดพิมพ์ด้วยโมยาง (Blanket to Blanket) กดพิมพ์ จึงสามารถพิมพ์ได้ครั้งละ 2 หน้า เครื่อง พิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนเกือบทั้งหมดจะไม่มีโมกดพิมพ์ซึ่งกันและกัน แต่อาศัยโมยางแต่

ละโมทำหน้าที่แทนโมกดพิมพ์ด้วย เครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้ 2 แบบ คือ

1. เครื่องพิมพ์สำหรับพิมพ์งานทั่วไป (Conventional Web-Offset Press) เครื่องพิมพ์แบบนี้เหมาะที่จะใช้พิมพ์งานที่ไม่ต้องการคุณภาพมากนัก เช่น หนังสือพิมพ์ หนังสือเรียน นิตยสาร ซึ่งส่วนมากมักพิมพ์ 1 – 2 สี และใช้กระดาษซึ่งดูดซับน้ำมันจากหมึกพิมพ์ได้ดี เช่น กระดาษปรู๊ฟ หรือกระดาษปอนด์ และใช้หมึกที่ไม่ต้องการระบบทำแห้ง สำหรับการป้อนกระดาษนั้นมีทั้งแบบเปลี่ยนกระดาษม้วนแบบธรรมดาและเปลี่ยนด้วยเครื่องอัตโนมัติ เครื่องพิมพ์ออฟเซตแบบป้อนม้วนมีทั้งแบบป้อนครั้งละ 1 ม้วนและป้อนครั้งละหลายม้วน

2. เครื่องพิมพ์ออฟเซตชนิดป้อนม้วนสำหรับงานพิมพ์คุณภาพสูง (Commercial Web – Offset Press) เครื่องพิมพ์แบบนี้เหมาะที่จะใช้พิมพ์งานที่มีคุณภาพ เช่น นิตยสาร แคตาล็อก หนังสือประเภทสวยงาม หนังสือที่มีคุณภาพอื่น ๆ ที่พิมพ์ด้วยกระดาษเคลือบผิวหรือกระดาษอาร์ต กระดาษพวกทำหมึกแห้งตัวช้า เพราะกระดาษดูดซับหมึกได้น้อยมาก จึงต้องใช้หมึกที่แห้งเร็ว เช่น หมึกประเภทหมาดตัวด้วยความร้อน (Heatset Ink) และมีการเร่งการแห้งตัวของหมึกโดยใช้ความร้อนอบแห้ง เครื่องพิมพ์แบบนี้จึงมีอุปกรณ์อบหมึกให้แห้งเพื่อไม่ให้เกิดการซับหลัง สำหรับระบบการควบคุมปริมาณน้ำและหมึก ใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม ในส่วนของหน่วยป้อนกระดาษนั้น ส่วนใหญ่ใช้เครื่องเปลี่ยนกระดาษอัตโนมัติ เครื่องพิมพ์ออฟเซตแบบป้อนม้วนมีทั้งแบบป้อนครั้งละ 1 ม้วนและป้อนครั้งละ 2 ม้วน

2.4 สี การรับรู้สี และการวัดสี

2.4.1 แหล่งกำเนิดแสง

2.4.1.1 กระบวนการกำเนิดแสงต่าง ๆ [6] อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายกระบวนการต่อไปนี้ร่วมกัน

ก. กระบวนการเกิดแสงจากความร้อน สารบางชนิดเมื่อได้รับความร้อนที่สูงมากเกินกว่า 727 องศาเซลเซียสหรือ 1000 เคลวิน จะสามารถเปล่งแสงออกมาได้ (Incandescence) ทั้งนี้แสงที่เปล่งออกมาจะมีสีเป็นเช่นไรขึ้นอยู่กับชนิดของสารและระดับความร้อนที่สารนั้นได้รับ ตัวอย่างเช่น การเผาโลหะโซเดียมจะให้แสงสีเหลืองออกมา ในขณะที่การเผาลิเทียมจะให้แสงสีแดง หรือการเผาแท่งเหล็กด้วยความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ กัน จะทำให้มองเห็นสีของแท่งเหล็กเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิต่ำ แท่งเหล็กจะเปลี่ยนจากสีเดิมของเหล็กเป็นสีแดง และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิก็จะทำให้สีแดงค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีขาวและสีน้ำเงินตามลำดับ

การที่สารให้แสงเมื่อได้รับความร้อนเป็นผลจากความร้อนที่สารได้รับไปทำให้อิเล็กตรอนภายในอะตอมของสารนั้นมีพลังงานสูงขึ้นและเปลี่ยนไปอยู่ในสถานะกระตุ้น อิเล็กตรอนในสถานะกระตุ้นนั้นไม่เสถียร จึงพยายามจะกลับไปสู่สภาวะพื้น โดยการปลดปล่อยพลังงานออกสู่สิ่งแวดล้อมในรูปของพลังงานแสง ตัวอย่างของแหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงเมื่อได้รับความร้อน เช่น ดวงอาทิตย์ ถ่านหุงข้าว หลอดไฟทังสเตน เป็นต้น

ข. กระบวนการเกิดแสงที่ไม่ใช้ความร้อน สารบางชนิดสามารถให้แสดงได้โดยไม่อาศัยความร้อนในการทำให้เดแสง (Luminescence) การกำเนิดแสงโดยไม่ใช้ความร้อนนี้ยังสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายวิธี ดังนี้

(1) การเกิดแสงจากการชนด้วยอิเล็กตรอน (Electroluminescence) สารบางชนิดเมื่อได้รับการชนด้วยอิเล็กตรอน ทำให้อิเล็กตรอนภายในอะตอมของสารนั้นมีพลังงานสูงขึ้น และเมื่ออิเล็กตรอนพยายามกลับไปสู่สถานะพื้น ก็จะปลดปล่อยพลังงานออกสู่สิ่งแวดล้อมในรูปของพลังงานโดยทั่วไปสารที่ใช้ในการกำเนิดแสงด้วยวิธีการนี้เป็นสารที่อยู่ในสถานก๊าซ (Gas Discharge)

(2) การเกิดแสดงจากโฟตอน (Photoluminescence) สารบางชนิดมีความสามารถในการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ พลังงานที่ได้รับจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้สารนั้นสามารถเปล่าแสงออกมาได้ ทั้งนี้สามารถแบ่งวิธีการกำเนิดแสงแบบนี้ออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ

(2.1) การวาวแสง (Fluorescence) โดยทั่วไปการวาวแสงเกิดจากสารบางชนิดดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นแต่มีพลังงานสูง แล้วเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่นยาวกว่าออกมา เช่น ดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลต ที่มีความยาวคลื่น 360 นาโนเมตร แล้วเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ออกมา เป็นต้น แหล่งกำเนิดแสงประเภทนี้ ได้แก่ หลอดวาวแสงหรือหลอดฟลูออเรสเซนซ์ที่ใช้ตามบ้านเรือน สำหรับสารที่สามารถวาวแสงได้ในทางการพิมพ์ เช่น ผงสีวาวแสงในหมึกประเภทวาวแสง สารเพิ่มความขาวสว่างในกระดาษใช้พิมพ์บางประเภท เป็นต้น

(2.2) การเรืองแสง (Phosphorescence) เป็นการเกิดแสงในลักษณะที่คล้ายคลึงกับความวาวแสง ความแตกต่างกันอยู่ที่สารที่สามารถกำเนิดแสงด้วยวิธีเรืองแสงสามารถเรืองแสงได้ในอีกช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นสารนั้นหมดไปในขณะที่สารที่เกิดการวาวแสงได้จะหยุดการวาวแสงทันทีที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหมดไป ตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสงประเภทนี้ เช่น จอโทรทัศน์ จอคอมพิวเตอร์ชนิดหลอดรังสีแคโทดเป็นต้น สำหรับการเกิดการเรืองแสงในตัวอย่างที่ยกมานั้นเกิดขึ้นจากการยิงอิเล็กตรอนในชั้นสารเรืองแสงที่เคลือบอยู่ที่จอโทรทัศน์และจอคอมพิวเตอร์ ไม่ได้เกิดจากการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

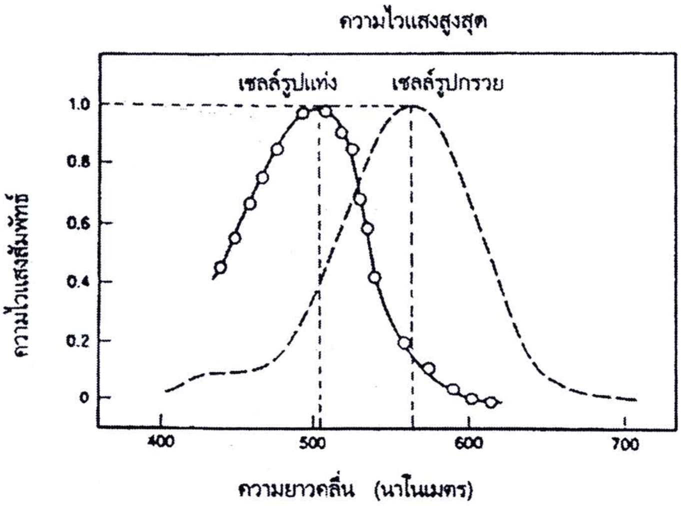
ตัวอย่างของสารที่สามารถเรืองแสงได้เป็นเกลือโลหะ ประเภทต่างๆ เช่น เกลือทังสเตน เกลือซิลิเคต เกลือบอเรต เกลืออาร์ซีเนต เป็นต้น

(2.3) การเกิดแสงด้วยปฏิกิริยาเคมี (Chemiluminescence's) การกำเนิดแสงวิธีนี้เป็นผลของปฏิกิริยาเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งปฏิกิริยาเคมีประเภทออกซิเดชัน ตัวอย่างของแหล่งกำเนิดแสงประเภทนี้เช่น การเรืองแสงในหิ่งห้อยหรือในปลาที่อาศัยอยู่ใต้ทะเลลึก เป็นต้น

2.4.2 สมบัติของแสง

แหล่งกำเนิดแสงแต่ละประเภทให้แสงที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน สมบัติเหล่านี้นอกจากจะมีผลทำให้สีของแสงที่มนุษย์เรามองเห็นและรับรู้ได้แตกต่างกันแล้ว ยังมีผลทำให้สีของวัตถุที่แสงนั้นตกกระทบมีการเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันด้วย สมบัติของแสงที่สำคัญมีดังนี้

2.4.2.1 การกระจายพลังงานแสงในแต่ละความยาวคลื่นในสเปกตรัม (Spectral Power Distribution) แสงที่แหล่งกำเนิดแสงมีพลังงานในแต่ละความยาวคลื่นแตกต่างกันจะมีความแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น แสงแดดในตอนเช้าหรือเย็นมีสีออกเหลืองอมส้มเป็นเพราะว่า แสงแดดในขณะนั้นมีพลังงานในช่วงความยาวคลื่นใกล้กัน ทำให้ไม่มีสีหรือที่เรียกกันทั่วไปว่าสีขาว ทั้งนี้การแสดงการกระจายพลังงานของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงในแต่ละความยาวคลื่นสามารถทำได้โดยการใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและพลังงานแสงสัมพัทธ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างเส้นโค้งการกระจายพลังงานแสงในแต่ละความยาวคลื่นของแสงจากแหล่งกำเนิดแสง A, D_{50} และ D_{65}

กราฟในรูปที่ 2.4 แสดงเส้นโค้งการกระจายแสงในแต่ละความยาวคลื่นของแสงจากแหล่งกำเนิด แสงสามชนิดคือ A, D_{50} และ D_{65} จะเห็นได้ว่า แสงจากแหล่งกำเนิด A เป็นแสงที่มีค่าพลังงานแสงเพิ่มขึ้นตามความยาวคลื่นแสงที่มากขึ้น และมีค่าพลังงานแสงสูงสุดที่มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ดังนั้น

แสดงจากแหล่งกำเนิดแสงประเภทนี้จึงมีสีสันออกไปทางสีแดงอมเหลือง ส่วนแสงจากแหล่งกำเนิดแสง D_{50} และ D_{65} นั้นเป็นแสงที่มีค่าพลังงานในช่วงความยาวคลื่นสั้นสูงกว่าจากแหล่งกำเนิด A ดังนั้นจึงเป็นแสงที่มีแสงสีน้ำเงินมากกว่า

เมื่อพิจารณาค่าพลังงานแสงที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 450-700 นาโนเมตร ของแสงจากแหล่งกำเนิดแสง D ทั้งสองประเภท จะเห็นว่าค่าพลังงานแสงในแต่ละความยาวคลื่นมีค่าไม่แตกต่างกันนัก เมื่อเทียบกับแสง A โดยเฉพาะอย่างยิ่งแสง D_{50} ดังนั้นแสงจากแหล่งกำเนิดแสง D ทั้งสองประเภทนี้จึงมีสีสันน้อยหรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีสี อย่างไรก็ตาม แสง D_{65} มีค่าพลังงานในช่วงความยาวคลื่นของแสงสีน้ำเงินสูงกว่า แต่มีค่าพลังงานแสงในช่วงความยาวคลื่นสีแดงต่ำกว่าแสง D_{50} จึงทำให้แสง D_{65} มีสีอมมีน้ำเงินมากกว่าแสง D_{50}
โดยปกติค่าพลังงานแสงที่ใช้เป็นค่าสัมพัทธ์ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบกับค่าพลังงานต่าง ๆ กับค่าพลังงานที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร เพราะแสง ณ ความยาวคลื่นดังกล่าวเป็นแสงที่เซลล์รูปกรวยในตามนุษย์มีความไวมากที่สุดซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในเรื่องต่อไป สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดพลังงานของแสงที่แหล่งกำเนิดแสงแต่ละชนิดให้ออกมาในแต่ละหน่วยความยาวคลื่นที่เรียกว่า "สเปกโทรเรดิโอมิเตอร์" (Spectroradiometer)

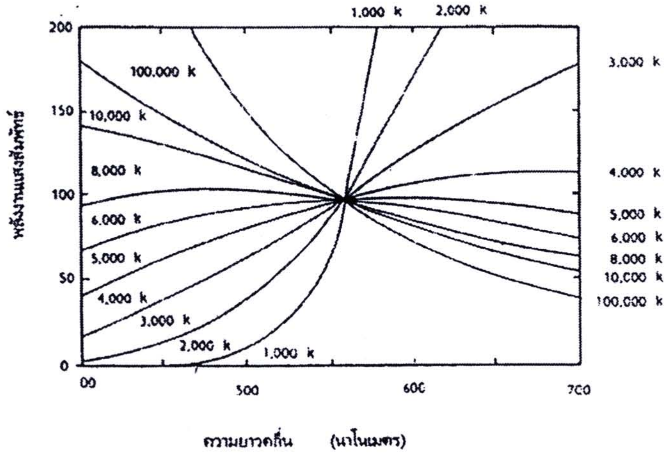
2.4.2.2 อุณหภูมิ (Color Temperature)
สีของแสงนอกจากระบุได้จากค่าการกระจายพลังงานแสงในหน่วยความยาวคลื่นแล้ว ยังสามารถระบุได้โดยใช้อุณหภูมิสีของแสงด้วย อุณหภูมิสี หมายถึง อุณหภูมิในหน่วยเคลวินที่วัตถุดำ (Black Body) เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมินั้นแล้วเปล่งแสงสีที่มีแสงสีแตกต่างกันออกมา ทั้งนี้วัตถุดำเป็นตัวเปล่งแสงในทางทฤษฎีหรืออุดมคติ ซึ่งไม่มีจริงในโลกนี้ มีสมบัติสำคัญคือ เป็นตัวดูดกลืนพลังงานและเปล่งพลังงานที่สมบูรณ์แบบ โดยไม่มีการเลือกดูดกลืนและเลือกปล่อยพลังงานเฉพาะความยาวคลื่นใดความยาวคลื่นหนึ่งเท่านั้น วัตถุดำจะให้พลังงานในแต่ละความยาวคลื่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ อย่างไรเป็นไปตามสมการที่นักฟิสิกส์ชื่อ แมกซ์ พลังค์ (Max Plank) เป็นผู้กำหนดขึ้น ดังนั้นวัตถุดำจึงอาจมีชื่อเรียกกว่า ตัวเปล่งรังสีของพลังค์ (Planckian Radiator)

จากการที่วัตถุดำเป็นตัวเปล่งรังสีทางทฤษฎี หากจะทดลองสร้างขึ้นมาก็อาจมีลักษณะเป็นกล่องที่มีลักษณะปิดล้อมทุกด้านและภายในกลวง ที่รอบผนังทำเป็นช่องเพื่อให้ของเหลวใด ๆ ที่ถูกทำให้ร้อนผ่านเข้าไปในช่องรอบกล่องปิดนี้ และที่ผนังด้านหนึ่งเจาะรูขนาดเล็กไว้ เมื่อยังไม่ได้ผ่านของเหลวร้อนเข้าไปรอบกล่อง ขณะที่มองผ่านรูก็จะพบว่าภายในกล่องมองดูดำหรือไม่มีแสงส่องออกมา แต่เมื่อผ่านของเหลวร้อนที่มีอุณหภูมิต่าง ๆ เข้าไป ก็จะทำให้วัสดุที่ใช้ทำกล่องนี้ดูดกลืนความร้อนเข้าไปจากนั้นจึงเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้กลายเป็นพลังงานแสดงที่มีสีต่าง ๆ ออกมาตามระดับความ

ร้อนที่วัสดุได้รับ อย่างไรก็ตาม แหล่งกำเนิดแสงที่มีอยู่ในโลกที่มีสมบัติใกล้เคียงกับวัตถุดำทางทฤษฎีมากที่สุด คือ ดวงอาทิตย์และหลอดทังสเตน

เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงแทบทุกชนิดที่มีใช้กันในปัจจุบันเป็นตัวเปล่งรังสีที่ไม่สมบูรณ์แบบเหมือนกับตัวเปล่งรังสีของพลังค์ ดังนั้น แหล่งกำเนิดแสงแทบทุกชนิดจึงให้สีของแสงที่แตกต่างจากตัวเปล่งรังสีของพลังค์เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิเดียวกัน การบอกสีของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงต่าง ๆ โดยใช้อุณหภูมิสีจึงไม่ถูกต้องนัก ดังนั้นการใช้ "อุณหภูมิสีเทียบเคียง" (Correlated Color Temperature) ในการบอกสีของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงต่าง ๆ แทนอุณหภูมิสีเทียบเคียง หมายถึงอุณหภูมิของตัวเปล่งรังสีของพลังค์ที่ให้แสงที่มองเห็นและรับรู้ได้ใกล้เคียงกับสีของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงนั้นมากที่สุด เมื่อแสงทั้งสองมีความสว่างเท่ากัน และมองด้วยสภาพการมองที่เหมือนกัน

โดยปกติแสงที่มีอุณหภูมิสีต่ำระหว่างประมาณ 2000-5000 เคลวิน จะเป็นแสงที่พลังงานของแสงในความยาวคลื่นมากกว่าในความยาวคลื่นสั้น ทำให้สีของแสงมีสีออกไปทางสีเหลืองอมแดงจนถึงไม่มีสี (เมื่ออุณหภูมิสีมากขึ้น) ตัวอย่างของแหล่งกำเนิดแสงประเภทนี้เช่น หลอดทังสเตนประเภทต่างๆ หลอดทังสเตนประเภทต่างๆ หลอดฟลูออเรสเซนซ์บางชนิด เป็นต้น เมื่ออุณหภูมิสีของแสงสูงขึ้นกว่า 5,600 เคลวิน สีของแสงจะเปลี่ยนจากไม่มีสีไปทางสีน้ำเงินมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างของแหล่งกำเนิดแสงประเภทนี้เช่น หลอดแสงกลางวัน (Day Light Lamps) ประเภทต่างๆ หลอดซีนอน หลอดฟลูออกเรสเซนต์บางประเภท เป็นต้น การกระจายพลังงานในแต่ละความยาวคลื่นของแสงที่มีอุณหภูมิสีต่าง ๆ



รูปที่ 2.5 แสดงการกระจายพลังงานในแต่ละความยาวคลื่นของแสงที่เปล่งออกจากตัว เปล่งรังสีของพลังค์ที่มีอุณหภูมิสีต่าง ๆ

สำหรับตัวอย่างอุณหภูมิสีของแหล่งกำเนิดแสงบางประเภทที่มีใช้กันอุณหภูมิสีของแสงสามารถใช้ระบุสีของแสงได้สะดวกกว่าการใช้ค่าการกระจายพลังงานในแต่ละความยาวคลื่น เนื่องจากเป็นตัวเลขเพียงค่าเดียว ในขณะที่ค่าพลังงานเป็นตัวเลขที่แตกต่างกันตามความยาวคลื่น จึงเป็นการไม่สะดวกที่จะระบุสีของแสง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการซื้อขายหลอดไฟ

ตารางที่ 2.13 แสดงอุณหภูมิของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ

แหล่งกำเนิด	สีเทียบเคียงของแสง (เคลวิน)
เทียน	1,900
อาทิตย์อัศดง	2,000
ทังสเตนที่ใช้ตามบ้านเรือน (40-60 วัตต์)	280
ทังสเตนที่ใช้ตามบ้านเรือน (100-200 วัตต์)	2,900
ฟลูออเรสเซนซ์ (ขาวอุ่น)	3,000
ทังสเตนใช้สำหรับถ่ายภาพในสตูดิโอ	3,200
ทังสเตนชนิดใช้กับเครื่องฉายข้ามศีรษะ	3,200
ทังสเตนแฮโลเจน	3,300
ทังสเตนชนิดโฟโตฟลัด	3,400
ฟลูออเรสเซนซ์ (ขาว)	3,500
ฟลูออเรสเซนซ์ (ขาวเย็น)	4,200
แสงกลางวัน ใช้มองเปรียบเทียบสีสิ่งพิมพ์	5,000
ซีนอน	6,000
แสงกลางวันโดยเฉลี่ย	6,500

2.4.2.3 การแปรเปลี่ยนสี (Color Rendering)

การแปรเปลี่ยนสีเป็นสมบัติของแสงจากแหล่งกำเนิดใดๆ ที่ทำให้แสงที่ปรากฏของวัตถุมีการแปรเปลี่ยนไปเมื่อมองดูภายใต้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐานหรือแหล่งกำเนิดแสดงอ้างอิงใด ๆ โดยปกติแหล่งกำเนิดแสดงอ้างอิงที่ใช้ก็คือ ดวงอาทิตย์ หรือแหล่งกำเนิดแสงประเภทแสงกลางวันหรือแสงที่มีการกระจายพลังงานในแต่ละช่วงความยาวคลื่นของสเปกตรัมของแสงสีขาว ใกล้เคียมของแสงกัน ดังนั้น แหล่งกำเนิดแสงที่ให้พลังงานในวงคลื่นแคบ ๆ ไม่ตลอดสเปกตรัมของแสงสีขาวหรือเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงสีเดียว (Mono-Chromat Light) จะมีสมบัติการแปรเปลี่ยนสีที่ไม่ดีเมื่อเทียบกับแสงอาทิตย์ ตัวอย่างของหลอดไฟโอโซเดียม หลอดเลเซอร์ประเภทต่าง ๆ เป็นต้น ในกรณีของหลอดไฟไอโซเดียมชนิดความดันต่ำ (Low Pressure Sodium Lamp) ที่ใช้เป็นแสงที่ให้ความสว่างในท้องถนนในยามค่ำคืน ให้แสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 589-589.6 นาโนเมตร ซึ่งมีสีเหลือง ดังนั้น

สีของวัตถุที่มองดูภายใต้แหล่งกำเนิดแสงประเภทนี้เมื่อเทียบกับเมื่อมองดูภายใต้แสงอาทิตย์จะมีความแตกต่างกันมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งสีน้ำเงินจะมองดูกลายเป็นสีดำภายใต้แหล่งกำเนิดแสงประเภทนี้

ในการทราบสมบัติการแปรเปลี่ยนสีของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงใดสามารทำได้โดยใช้ค่าดัชนีการแปรเปลี่ยนสี (Color Rendering Index) ซึ่งเป็นค่าตัวเลขที่คำนวณโดยใช้ค่าสีซีไปอีของแผ่นสีมันเซลล์ภายใต้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน และค่าสีซีไออีของแผ่นสีมันเซลล์แผ่นเดียวกันภายใต้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงต่าง ๆ (ระบบการกำหนดสีมันเซลล์และซีไออีจะได้กล่าวถึงในรายละเอียดต่อไปนี้) ทั้งนี้ค่าดัชนีการแปรเปลี่ยนสีมีค่าสูงสุดได้เท่ากับ 100 แสงจากแหล่งกำเนิดแสงใดก็ตามที่มีค่าดัชนีการแปรเปลี่ยนสีมีค่าเท่ากับ 100 ก็หมายความว่าแสงนั้นไม่ทำให้สีของวัตถุแปรเปลี่ยนไปจากสีของวัตถุเดียวกันที่มองดูภายใต้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐานแต่ถ้าแสงจากแหล่งกำเนิดแสงใดก็ตามที่มีค่าดัชนีการแปรเปลี่ยนสีต่ำกว่า 100 มากๆ ก็ยิ่งทำให้สีที่ปรากฏของวัตถุมีความแตกต่างไปจากสีของวัตถุที่มองดูภายใต้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐานมากขึ้นเท่านั้น

ในทางการพิมพ์การเลือกซื้อตู้แสงมาตรฐานเพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบสีของงานพิมพ์และแผ่นงานพิมพ์มาตรฐานมีความจำเป็นที่จะต้องทราบค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงสีของสิ่งพิมพ์แขนงแหล่งกำเนิดแสงที่ติดตั้งในตู้แสงมาตรฐานนั้น ๆ ด้วย นอกเหนือไปจากอุณหภูมิสีของแสง เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงสองแหล่งที่มีอุณหภูมิที่เท่ากัน แม้ว่าจะมีสีของแสงที่เหมือนกัน แต่เมื่อนำตัวอย่างสีใด ๆ มาวางใต้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงทั้งสองแหล่ง สีที่ปรากฏของตัวอย่างสีนั้นก็อาจแตกต่างกันได้เนื่องจากมีการกระจายพลังงานในแต่ละหน่วยความยาวคลื่นแตกต่างกันได้

ตารางที่ 2.14 แสดงตัวอย่างค่าดัชนีการแปรเปลี่ยนสีของแหล่งกำเนิดแสงต่างๆ

แหล่งกำเนิดแสง	ค่าดัชนีการแปรเปลี่ยนสี
ทังสเตนที่ใช้ตามบ้านเรือน	100
ทังสเตนฮาโลเจน	100
แหล่งกำเนิดแสงกลางวันที่มีอุณหภูมิสี 5000 เคลวิน	100
แหล่งกำเนิดแสงกลางวันที่มีอุณหภูมิสี 6500 เคลวิน	100
ซีนอน	93
ฟลูออเรสเซนซ์ (ขาวเย็น)	58
ฟลูออเรสเซนซ์ (ขาว)	54
ฟลูออเรสเซนซ์ (ขาวอุ่น)	51

2.4.3 วัตถุและสีของวัตถุ

การที่วัตถุมีสีได้เป็นเพราะว่าในวัตถุมีสีนั้นๆ มีสารให้สีต่างๆ เป็นองค์ประกอบ เมื่อมีแสงจากแหล่งกำเนิดแสดงใดๆ ก็ตามมาตรกระทบบนสารให้สีเหล่านี้ องค์ประกอบทางสเปกตรัมของแสงตกกระทบเกิดการเปลี่ยนแปลง เป็นผลให้สามารถมองเห็นเป็นสีต่างๆ ได้ ทั้งนี้องค์ประกอบทางสเปกตรัมของแสงเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เกิดจากปรากฏการณ์ทางแสงต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.4.3.1 การเลือกส่องผ่านแสงและการเลือกดูดกลืนแสงของวัตถุมีสีชนิดโปร่งใส

วัตถุที่มีความโปร่งใส เมื่อมีแสงตกกระทบ แสงจะสามารถเดินทางจากด้านหนึ่งของวัตถุผ่านทะละไปยังอีกด้านหนึ่งได้ โดยที่ทิศทางของแสงตกกระทบและแสงส่องผ่านอยู่ในแนวเดียวกัน จึงเรียกแสงที่ส่องผ่านออกมาในลักษณะนี้ว่า แสงส่องผ่านตรง และถ้าหากวัตถุโปร่งใสนั้นไม่ดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นใดๆ วัตถุนั้นก็จะไม่มีสีด้วย ตัวอย่างเช่น แก้ว กระจกใส ถุงพลาสติกใส เป็นต้น แต่ถ้าวัตถุนั้นมีการดูดกลืน (Selective Absorption) แสงสีในช่วงความยาวคลื่นใดความยาวคลื่นหนึ่งของแสงตกกระทบและเลือกส่องผ่านแสง (Selective Transmission) ในช่วงความยาวคลื่นอื่นๆ ออกมาแล้ว วัตถุใสนั้นก็จะปรากฏสีขึ้นมา

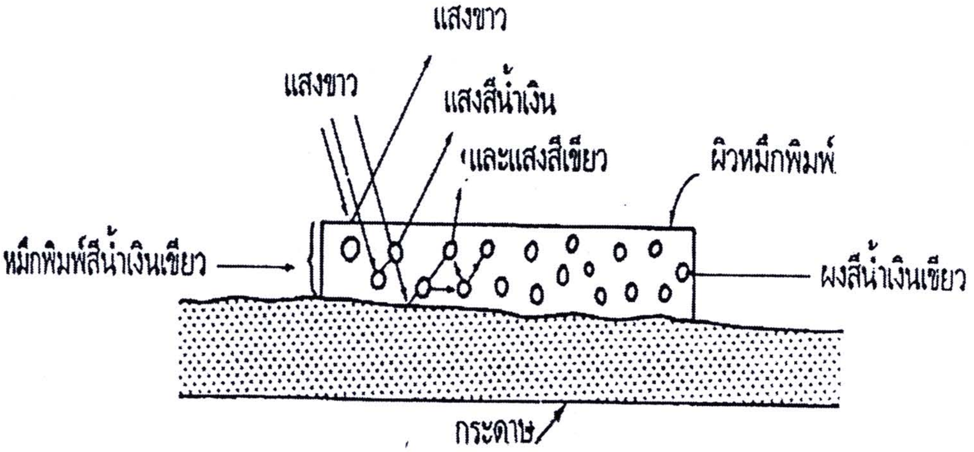
ตัวอย่างเช่น น้ำเปล่าที่ใส่อยู่ในถ้วยแก้วจะใสไม่มีสี เมื่อผสมน้ำหวานสีแดงเข้าไปน้ำก็จะพบว่าน้ำเปล่าเปลี่ยนสีไปเป็นสีแดง ทั้งนี้อธิบายได้ว่าน้ำหวานที่ใส่เข้าไปในน้ำเลือกดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นอื่นๆ ของแสงสีขาวไว้และเลือกส่องผ่านเฉพาะแสงสีแดงออกมา ดังนั้น จึงทำให้น้ำเปล่าผสมน้ำหวานสีแดงมีสีเป็นสีแดง และถ้ายิ่งผสมน้ำหวานสีแดงเข้าไปมากเท่าใด การเลือกดูดกลืนแสงสีเขียวและน้ำเงินก็จะมีมากขึ้น ทำให้สีแดงของน้ำผสมน้ำหวานมีความอิ่มตัวสีเพิ่มมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำหวานสีแสดงมีผลทำให้ความเข้มของแสงตกกระทบที่ผ่านออกน้ำผสมน้ำหวานมีน้อยลง ตัวอย่างของวัตถุสีที่มีความโปร่งใสที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์ เช่น ต้นฉบับภาพสไลด์สี ฟิลเตอร์สี และ หมึกพิมพ์แม่สีระบบการพิมพ์ เป็นต้น

2.4.3.2 การเลือกการสะท้อนแสงและการดูดกลืนแสงของวัตถุมีสีประเภททึบแสง

ในขณะที่สีที่ปรากฏของวัตถุโปร่งใสสีเกิดจากกกาเลือกการส่องผ่านแสงและการเลือกดูดกลืนแสงสีที่ปรากฏของวัตถุทึบแสงเป็นผลมาจากการเลือกการสะท้อนแสงและการดูดกลืนแสงของวัตถุนั้น หากวัตถุทึบแสงไม่มีการเลือกสะท้อนแสงและเลือกดูดกลืนแสงแล้ว วัตถุนั้นจะไม่มีสีแต่อย่างไร ตัวอย่างเช่น กระดาษประเภทที่มีความทึบแสง มีสีเป็นสีขาวเพราะว่า เมื่อแสงสีขาวมาตกกระทบบนกระดาษ กระดาษไม่ได้ดูกลืนแสงในความยาวคลื่นใดความยาวคลื่นหนึ่งของแสงสีขาวเอาไว้ แต่สะท้อนแสงในทุกความยาวคลื่นของแสงสีขาวออกมาเข้าสู่นัยน์ตาโดยไม่เปลี่ยนองค์ประกอบทางสเปกตรัมของแสงสีขาว ดังนั้นจึงทำให้มองเห็นกระดาษเป็นสีขาว เป็นต้น

การสะท้อนแสงที่ไม่ทำให้เกิดสีขึ้น เป็นการสะท้อนแสงแบบสะท้อนแสงตกกระทบทุกความยาวคลื่นได้หมด (Nonselective Reflection) ซึ่งลักษณะการสะท้อนแบบไม่เลือกนี้ยังอาจแบ่งได้เป็นอีกสองประเภทตามการสะท้อนที่เกิดขึ้นบนผิววัตถุที่มีลักษณะแตกต่างกัน กล่าวคือ ในกรณีของวัตถุที่มีผิวไม่เรียบ แสงสะท้อนแบบไม่เลือกนี้จะเกิดขึ้นในลักษณะกระจัดกระจาย การที่แสงสะท้อนมีลักษณะกระจัดกระจาย มีผลทำให้ความสว่างที่ผิวหน้าที่มองดู ณ มุม ต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันนัก ส่วนใหญ่กรณีที่วัตถุมีผิวเรียบและมันวาว เช่น ผิวโลหะต่าง ๆ ที่ผ่านการขัดมัน เป็นต้น การสะท้อนแสงจะเกิดขึ้นในลักษณะที่เป็นสะท้อนตรง (Specular Reflection) ซึ่งการสะท้อนตรงนี้มีผลให้ความสว่างที่ผิววัตถุมีการเปลี่ยนแปลงไปตามทิศทางที่ใช้ในการมองดู โดยถ้ามุมที่ใช้มองดู (Viewing Angle) เป็นมุมที่ทำกับระนาบของผิววัตถุมีความสว่างมากที่สุดและอาจสามารถสังเกตเห็นลักษณะหรือรูปร่างของแห่งกำเนิดแสงที่สะท้อนจากผิววัตถุได้อย่างชัดเจน ถ้าแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้เป็นหลอดไฟประเภทต่าง ๆ ที่อยู่ในระยะใกล้พอเหมาะกับผิววัตถุ ส่วนมุมที่อื่น ๆ ผิวของวัตถุจะมีความสว่างน้อยกว่ามุมนี้

ในทางการพิมพ์สีที่ปรากฏบนแผ่นงานพิมพ์หรือบนสิ่งพิมพ์ประเภทต่าง ๆ เกิดจากการสะท้อนและเลือกดูดกลืนแสงมากกว่าการส่องผ่านแสง โดยการพิมพ์เกิดขึ้นจาการถ่ายโอนหมึกพิมพ์จากแม่พิมพ์ลงบนผิววัสดุใช้พิมพ์ประเภทต่าง ๆ ในที่นี้อธิบายการเปลี่ยนแปลงของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ตกกระทบบนแผ่นงานพิมพ์ที่เกิดจากการพิมพ์หมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียนบนกระดาษ และทำให้มองเห็นเป็นสีต่าง ๆ ดังภาพต่อไปนี้



รูปที่ 2.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางสเปกตรัมของแสงตกกระทบบนแผ่นกระดาษที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียนที่มีความมันวาวสูง

จากรูปที่ 2.6 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางสเปกตรัมและทิศทางของแสงตกกระทบได้ดังนี้

ก. การสะท้อนแสงที่ผิวหมึกพิมพ์ หมึกพิมพ์นอกจากผงสีแล้ว ยังประกอบด้วยตัวพา ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้ผงสีกระจายอยู่ได้ เมื่อหมึกพิมพ์เกิดการแห้งตัว ตัวพาก็จะเกิดเป็นฟิล์มแข็งปกคลุมและยึดผงสีที่อยู่ข้างใต้ หากตัวพาที่ใช้เมื่อแห้งและแข็งตัวแล้วให้ชั้นหมึกพิมพ์ที่มันวาว ก็จะทำให้สีที่ปรากฏของหมึกพิมพ์บนกระดาษมีความอิ่มตัวสีมากกว่าหมึกพิมพ์ที่ประกอบด้วยตัวพาซึ่งเมื่อแห้งตัวแล้วเกิดเป็นฟิล์มที่มีความมันวาวน้อยกว่า (เมื่อมองดูในมุมที่ไม่ใช้มุมสะท้อนและไม่ใช่แสงกระจาย)

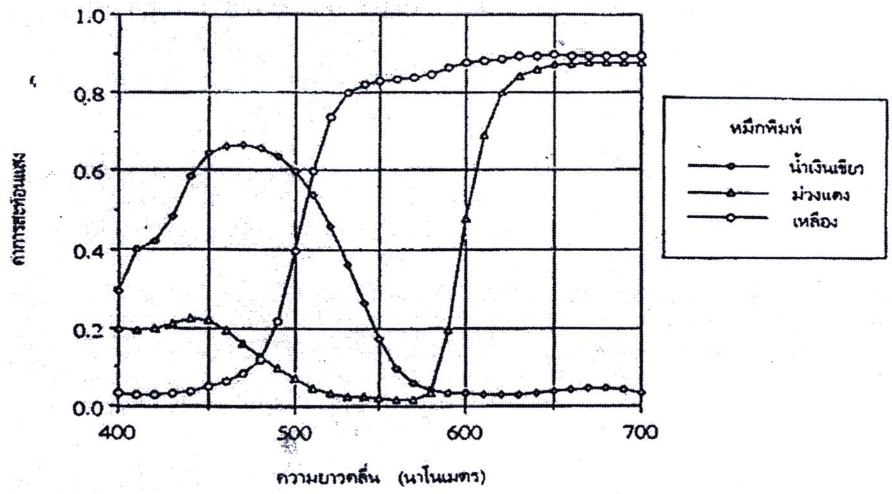
สาเหตุที่ผิวหมึกพิมพ์ที่มีความมันวานน้อยกว่า มีสีของหมึกพิมพ์ที่ปรากฏอิ่มตัวน้อยกว่าเป็น เพราะว่าการสะท้อนที่ผิวหมึกมีลักษณะเป็นแสงสะท้อนกระจายมากกว่าแสงสะท้อนตรง ซึ่งแสงกระจายที่เกิดขึ้นนี้จะไปรวมกับแสงที่ออกมาจากผงสีที่อยู่ใต้ผิว และไปเพิ่มแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ผงสีน้ำเงินดูดกลืนไว้หรือแสงสีแดงให้มากขึ้น เป็นผลให้แสงสีน้ำเงินที่สะท้อนจากชั้นหมึกพิมพ์นั้นมีความอิ่มตัวสีลดลง เนื่องจากการที่หมึกพิมพ์ใด ๆ จะมีความอิ่มตัวมากน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถในการเลือกดูดกลืนแสงคู่สีเติมเต็มได้มากหรือน้อย การที่หมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียวมองดูมีความอิ่มตัวสีมากก็ต้องดูดกลืนแสงสีแดงได้มาก และในขณะเดียวกันก็ต้องสามารถสะท้อนแสงสีน้ำเงินและแสงสีเขียวได้มากด้วยเช่นกัน

ข. การสะท้อนแสงของผงสี ชั้นนี้เป็นที่อยู่ระหว่างชั้นผิวและชั้นของวัสดุใช้พิมพ์ ในชั้นนี้นอกจากตัวพาแล้วยังมีผงสีกระจายตัวอยู่ด้วย ชั้นนี้เป็นชั้นโปร่งใส แสงที่ผ่านจากชั้นบนจึงสามารถส่องผ่านเข้ามาได้เมื่อแสงสีขาวส่องผ่านมากระทบผงสี จะเกิดการสะท้อนแสงขึ้น การสะท้อนแสงจะมีลักษณะเป็นเช่นไรขึ้นอยู่กับเรียบและความมันวาวของผงสีเป็นสำคัญ นอกจากความเรียบของผงสีและขนาดของผงสีก็มีผลต่อการสะท้อนแสงด้วย โดยที่ผงสีที่มีขนาดเล็กจะดูดกลืนแสงหรือปล่อยให้แสงเดินทางผ่านไปมากกว่า ทำให้แสงเกิดการกระเจิง เมื่อผงสีมีขนาดใหญ่ขึ้นจะดูดกลืนแสงลดลงและกระเจิงแสงได้มากขึ้น และแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าจะกระเจิงได้มากกว่าแสงที่มีความยาวคลื่นยาวกว่าด้วย

โดยปกติผงสีที่ใช้ในหมึกพิมพ์แม่สีหรือหมึกพิมพ์ชุดสอดสีในทางการพิมพ์เป็นผงสีที่มีความโปร่งใส ดังนั้น จึงมีแสงบางส่วนที่สามารถเดินทางผ่านผงสีออกไป ในที่นี้ผงสีที่ใช้คือผงสีน้ำเงินเขียว ดังนั้นเมื่อแสงสีขาวเดินทางผ่านผงสี จะมีเฉพาะแสงในช่วงความยาวคลื่นของแสงสีน้ำเงินและแสงสีขาวเดินทางออกจากผงสี ส่วนแสงที่ได้รับการดูดกลืนไว้ คือ แสงในช่วงความยาวคลื่นสีแดง แสงสีน้ำเงินและแสงสีเขียวเมื่อตกกระทบกระดาษที่อยู่ใต้ชั้นผงสีนี้ ก็จะสะท้อนกลับไปยังชั้นผงสีและชั้นผิวอีกครั้งตามลำดับ และสะท้อนเข้าสู่ตาในที่สุด

ค. การสะท้อนแสงของกระดาษ กระดาษที่ใช้เป็นวัสดุรองรับชั้นหมึกพิมพ์มีผลต่อผงสีของหมึกพิมพ์ด้วยหากกระดาษที่ใช้มีสีที่ไม่ใช่สีขาว เมื่อแสงตกกระทบกระดาษจะเกิดการเลือกดูดกลืนและเลือกสะท้อนขึ้น ทำให้สีของหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนกระดาษมีความผิดเพี้ยนได้ ดังนั้น ในทางการพิมพ์จึงนิยมใช้กระดาษสีขาวมากกว่าสีอื่น อย่างไรก็ตามกระดาษที่มีคุณภาพต่ำจะมีสีเหลืองน้ำตาลจึงใช้สำหรับงานพิมพ์ที่ไม่ต้องการคุณภาพมากนัก

ในการวัดค่าการสะท้อนแสงของหมึกพี่พิมพ์บนกระดาษสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) เมื่อนำค่าการสะท้อนแสงในแต่ละความยาวคลื่นตั้งแต่ 400-700 นาโนเมตร มาเขียนกราฟ จะได้กราฟค่าการสะท้อนแสง



รูปที่ 2.7 แสดงกราฟค่าการสะท้อนแสงของหมึกพิมพ์สีน้ำเงิน
หมึกพิมพ์สีม่วงแดงและหมึกพิมพ์สีเหลือง

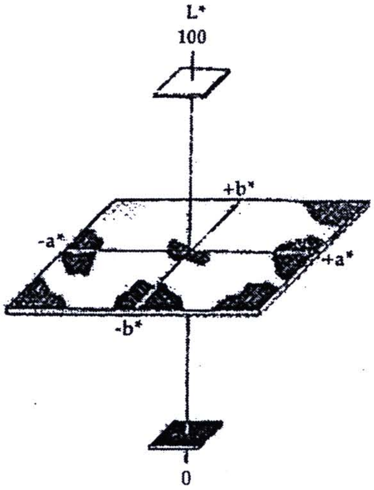
ทั้งนี้จากกราฟค่าการสะท้อนแสงสามารถใช้ระบุว่าหมึกพิมพ์นั้นสะท้อนแสงสีใดดูดกลืนแสงสีใดไว้ โดยถ้าสะท้อนแสงสีใดได้มากค่าการสะท้อนแสงก็จะมีมาก ณ ความยาวคลื่นนั้น ส่วนแสงสีใดที่หมึกพิมพ์นั้นดูดกลืนไว้ ก็จะทำให้ค่าการสะท้อนแสงมีค่าต่ำ ณ ความยาวคลื่น ดังนั้น จากกราฟข้างต้นจะเห็นได้ว่า หมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียวสะท้อนแสงสีน้ำเงินและแสงสีเขียว แต่ดูดกลืนแสงสีแดง หมึกพิมพ์สีม่วงแสงสะท้อนแสงสีน้ำเงินและแสงสีแดงแต่ดูดกลืนแสงสีเขียว และหมึกพิมพ์สีเหลืองสะท้อนแสงสีเขียวและแสงสีแดงแต่ดูดกลืนแสงสีน้ำเงิน

2.4.4 ทฤษฎีการวัดสี

2.4.4.1 แผนภูมิสีซีแล็บ (CIE Lab)

แผนภูมิสีซีแล็บ แผนภูมิโครมาติกซิตี ถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย แต่ก็เป็นแผนภูมิที่มีข้อเสียหลายประการ ข้อเสียสำคัญประการหนึ่งก้อคือมีการบิดเบือนในการแสดงสี กล่าวคือ คู่สีมันเซลล์สองคู่ใดๆ ที่มีความสว่างสีสัมพัทธ์และมีความแตกต่างของสีสันและความอิ่มตัวสีสัมพัทธ์ของคู่สีแต่ละคู่เท่ากัน เมื่อนำค่าสีโครมาติกซิตีของคู่สีทั้งสองคู่ มาลงพิกัดในแผนภูมิโครมาติกซิตี แล้วลากเส้นเชื่อมจุดพิกัดโครมาติกซิตีของสีแต่ละคู่ จะพบว่าเส้นเชื่อมตรงจุดพิกัดของคู่สีแต่ละคู่ยาวไม่เท่ากัน ทั้งๆที่คู่สีทั้งสองคู่มีความแตกต่างในมิติขิงสีสันและความอิ่มตัวสีสัมพัทธ์เท่ากัน หรืออาจสังเกตความบิดเบือนในการแสดงสี ได้จากตำแหน่งจุดพิกัดของสีของแสงบนเส้นโค้งสเปกตรัมรูปเกือกม้า ตัวอย่างเช่น ระยะห่างของจุดพิกัดของแสงที่มีความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร และ 480 นาโนเมตร ควรมีระยะห่างเท่ากับระยะห่างของจุดพิกัดของแสงที่มีความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร และ490 นาโนเมตร แต่ในความจริงพบว่าระยะห่างไม่เท่ากัน ซึ่งความบิดเบือนนี้พบได้ที่ความยาวคลื่นอื่นๆ บนเส้นโค้งสเปกตรัมรูปเกือกม้าด้วย

ความบิดเบือนในการแสดงสีดังกล่าว ทำให้ซีไออีได้สร้างและพัฒนาระบบการวัดสีใหม่ขึ้นมา ซึ่งมีความบิดเบือนในการแสดงสีในแผนภูมิในแผนภูมิแสดงสีน้อยลงโดยระบบการวัดสีใหม่มีอยู่ด้วยกันหลายระบบ โดย ระบบการวัดสีใหม่มีอยู่ด้วยกันหลายระบบ โดยระบบการวัดสีใหม่ระบบหนึ่งในหลายๆระบบซีไออีสร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2519 และใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือ “แผนภูมิซีไออีแอลสตาร์ เอสตาร์ บีสตาร์ 1976” (1976 CIE L* a* b* Color Space) หรือเรียกย่อๆ ว่า แผนภูมิซีไออีแล็บ (CIE Lab Color Space) แผนภูมิซีแล็บนี้ที่สร้างขึ้นมาตามทฤษฎีการมองเห็นสีคู่ตรงข้ามซึ่งแตกต่างจากระบบการวัดสีด้วยค่าไตรสติมูลัสซึ่งเป็นระบบที่สร้างขึ้นตามทฤษฎีการมองเห็นสีไตรโครมาติก แผนภูมิซีแล็บนี้เป็นแผนภูมิสามมิติ ประกอบด้วยแกน 3 แกนคือ แกน L* แกน a* และแกน b*ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.8 แผนภูมิสีซิไออี L* a* b* 1976

แกน L* เป็นแกนที่ใช้แสดงมิติความสว่างสีสัมพัทธ์ของสีมีมาตราอยู่ระหว่าง 0 – 100

แกน a* เป็นแกนที่ใช้แสดงความเป็นสีแดงและความเป็นสีเขียวของสี โดยส่วนของแกนที่เป็น “+” ใช้แสดงความเป็นสีแดง ยิ่งค่า a* มากเท่าไร สีก็จะยิ่งเป็นสีแดงมากเท่านั้น และส่วนของแกนที่เป็น “-” ใช้แสดงความเป็นสีเขียว ยิ่งค่า a* เป็นลบมากเท่าไร สีก็จะยิ่งมีความเป็นสีเขียวมากขึ้นเท่านั้น

แกน b* เป็นแกนที่ใช้แสดงความเป็นสีเหลืองและความเป็นสีน้ำเงินของสี โดยส่วนของแกนที่เป็น “+” ใช้แสดงความเป็นสีเหลือง ยิ่งค่า b* มากเท่าไร สีก็จะยิ่งเป็นสีเหลืองมากเท่านั้น และส่วนของแกนที่เป็น “-” ใช้แสดงความเป็นสีน้ำเงิน ยิ่งค่า a* เป็นลบมากเท่าไร สีก็จะยิ่งมีความเป็นสีน้ำเงินมากขึ้นเท่านั้น

สำหรับสีอรงค์ทั้งหลายเป็นสีที่มีค่า a* และ b* เท่ากับ 0 แต่มีค่า L* แตกต่างกัน โดยที่มีสีขาวที่สุดจะมีค่า L* = 100 และสีดำที่สุดจะมีค่า L-* = 0 ส่วนสีเทาจะมีค่า L* อยู่ระหว่าง L* สีขาว และ L* สีดำ

2.4.4.2 การคำนวณค่าสีพิกัดซีแล็บของสี

ในการแสดงสีในแผนภูมิซีแล็บ จำเป็นต้องคำนวณหาค่าพิกัดซีแล็บก่อน ทั้งนี้ค่าพิกัดสีซีแล็บสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$L^* = 116\,(Y/Y)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500\,[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$$

$$b^* = 200\,[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$$

ทั้งนี้ X Y และ Z คือ ค่าไตรสติมูลัสของสีใดๆ

X_n Y_n และ Z_n คือค่าไตรสติมูลัสของสีขาวอ้างอิง ซึ่งในทางการพิมพ์หมายถึง ค่าไตรสติมูลัสของแสง D_{50} หรืออาจใช้ค่าไตรสติมูลัสของกระดาษที่ใช้พิมพ์แทนก็ได้ขึ้นอยู่กับว่าต้องการเปรียบเทียบสีของหมึกพิมพ์กับสีของอะไร

ตัวอย่าง

จงคำนวณค่าสีพิกัดซีแล็บของแถบสีน้ำเงินที่มีค่าไตรสติมูลัส X = 14.40 Y = 22.72 และ Z = 49.03 โดยใช้สีขาวอ้างอิงคือ แสง D_{50} ซึ่งมีค่าไตรสติมูลัส X_n = 96.72 Y_n = 100 และ Z_n= 81.41

วิธีทำ

1) คำนวณหาค่า (X/X_n) - (Y/Y_n) และ (Z/Z_n)

$$(X/X_n) = (14.04/96.72) = 0.1452$$

$$(Y/Y_n) = (22.72/100) = 0.2272$$

$$(Z/Z_n) = (49.03/81.41) = 0.6023$$

2) คำนวณหาค่า L* a* และ b*

$$L^* = 116\,(Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

$$= 116\,(0.2272)^{1/3} - 16$$

$$= 116\,(0.6102) - 16$$

$$= 54.78$$

$$a^* = 500\,[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$$

$$= 500\,[(0.1452)^{1/3} - (0.2272)^{1/3}]$$

$$= 500(0.5256 - 0.6102)$$

$$= -42.35$$

$$b^* = 200\,[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$$

$$= 200\,[(0.2272)^{1/3} - (0.6023)^{1/3}]$$

$$= 200\,(0.6102 - 0.8445)$$

$$= -46.86$$

โดยอาศัยวิธีการคำนวณตามตัวอย่างข้างต้น ค่าพิกัดซีแล็บของแถบสีต่างๆที่มีค่าไตรสตีมูลัส ก็สามารถคำนวณได้ในลักษณะเดียวกัน

ตารางที่ 2.15 แสดงตัวอย่างค่าพิกัดซีแล็บของสีต่างๆ (แสง D_{50} คือ แสงมาตรฐาน)

สี	ค่าพิกัดซีแล็บ		
	L*	**a***	**b***
น้ำเงินเขียว	54.78	-42.34	-46.85
ม่วงแดง	49.59	70.94	-1.21
เหลือง	89.10	1.34	92.80
น้ำเงิน	20.34	14.40	-47.24
เขียว	47.14	-68.91	25.80
แดง	48.29	69.52	50.20
ดำ	15.55	-0.09	4.40
ขาว	95.35	0.41	4.20

2.4.4.3 การระบุสีสันและความอิ่มตัวสีสัมพัทธ์ของสีในแผนภูมิสีซีแล็บ

สีสันและความอิ่มตัวสีสัมพัทธ์ของสีใดๆที่มีพิกัดแสดงในแผนภูมิสีซีแล็บ สามารถระบุสีสันและความอิ่มตัวสีสัมพัทธ์โดยใช้สมการความสัมพัทธ์ดังต่อไปนี้

$$h_{ab} = \arctan (b^*/ a^*)$$

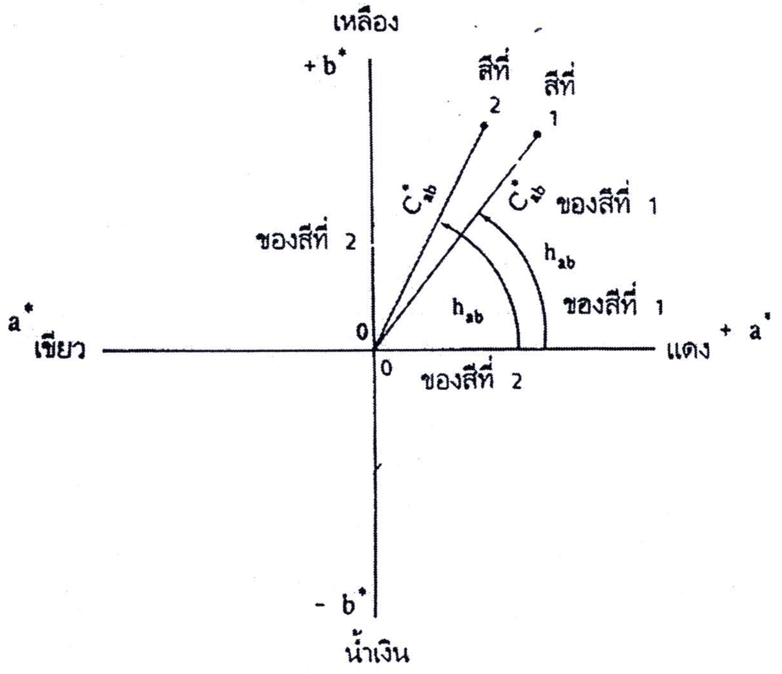
$$C^*_{ab} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

โดยที่ h_{ab} คือ มุมของสีสันของสีนั้น

C^*_{ab} คือ ความอิ่มตัวสัมพัทธ์ของสีนั้น

a* และ b* คือ ค่าพิกัด a* และ b* ของสีนั้น

หรืออาจแสดงการหมุนหามุมของสีสันและความอิ่มตัวสีสัมพัทธ์ของสีใดๆในระนาบ a* b* ของแผนภูมในซีแล็บดังแสดงในภาพ



รูปที่ 2.9 แสดงการหามุมสีสันและความอิ่มตัวสีสัมพัทธ์ของสีใดๆในระนาบ a* b* ของแผนภูมิในซีแล็บ

ตัวอย่าง

จงคำนวณหาค่า h_{ab} และ C^*_{ab} ของสีน้ำเงินเขียวที่มีค่า L* = 54.78 a* = - 42.34 และ b* = -46.85

วิธีทำ

(1) การคำนวณหาค่ามุมสีสัน

$$h_{ab} = \arctan \frac{b^*}{a^*}$$

$$= \arctan \frac{(-46.85)}{-42.34}$$

$$= 47.89$$

แต่เนื่องจากค่า a* และ b* เป็นลบทั้งคู่ ดังนั้นพิกัดสีนี้ต้องอยู่ในจตุภาพที่ 3 ของระนาบ a* b* ดังนั้นจึงต้องบวกมุมสีสันที่คำนวณได้ด้วย 180 องศา ซึ่งทำให้ได้มุมสีสันใหม่เท่ากับ 227 องศา

2.4.4.4 การคำนวณหาค่าความอิ่มตัวสีสัมพัทธ์

$$C^*_{ab} = (a^{*2} + b^{*2})^{½}$$

$$= [(-42.34)^2 - (-46.85)^2]^{½}$$

$$= (1792.68 + 2194.92)^{½}$$

$$= 63.15$$

เมื่ออาศัยวิธีการคำนวณดังตัวอย่างข้างต้น สีต่างๆ ในตารางที่ 2.16 จะมีมุมค่าสีสันและความอิ่มตัวสีสัมพัทธ์ในระบบการวัดสีซีแล็บ ดังในตารางที่ 2.16

ตารางที่ 2.16 ตัวอย่างค่ามุมสีสัน (h_{ab}) และความอิ่มตัวสีสัมพัทธ์ (C^*_{ab}) ในระบบการวัดสีซีแล็บ สีต่างๆ

สี	h_{ab} (องศา)	C^*_{ab} (องศา)
น้ำเงินเขียว	227.89	63.15
ม่วงแดง	359.02	70.95
เหลือง	89.17	92.81
น้ำเงิน	256.95	49.39
เขียว	159.47	73.58
แดง	35.83	85.75
ดำ	268.83	4.40
ขาว	84.42	4.22

2.4.5 ขอบเขตของสี (Color Gamut)

ขอบเขตสี หมายถึง ความสามารถของแม่สีที่จะผลิตสีได้จำนวนมาก (Colourendering) และมีความบริสุทธิ์ (Purity) สูงสุด ทั้งนี้ต้องสัมพันธ์กับความไวแสงของเซลล์รับแสงในตามนุษย์ด้วย ตามนุษย์มีเซลล์รับแสงที่เรียกว่า Cone Cell อยู่ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มเซลล์ที่ไวต่อแสงสีน้ำเงิน (Blue-Cone Cell) กลุ่มเซลล์ที่ไวต่อแสงสีเขียว (Green-Cone Cell) และกลุ่มเซลล์ที่ไวต่อแสงสีแดง (Red-Cone Cell) พบว่าระบบเกิดสีแบบพวกนี้จะให้ขอบเขตของสีมากที่สุด ในกรณีที่แม่สีทั้ง 3 มีความยาวคลื่นเดียว (Monochromat Wave Length) และจะต้องสัมพันธ์กับความไวแสงของเซลล์รับแสงแต่ละกลุ่มของตามนุษย์เท่านั้น สำหรับการเกิดสีระบบลบนั้น จะต้องคำนึงถึงข้อจำกัดสภาพของแสงที่จะใช้มองภาพ

ด้วยสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้คือสีอาจเปลี่ยนแปลงได้ถ้ามองสีนั้นภายใต้แสงที่แตกต่างกัน เช่นไฟทังสเตน ไฟฟลูออเรสเซนต์ หรือแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ สมบัติของแม่สีระบบนี้ในอุดมคติ จะต้องมีการดูดกลืนและสะท้อนแสงที่เหมาะสม คือหมึกพิมพ์สีเหลืองควรมีสมบัติดูดกลืนแสงสีน้ำเงินเท่านั้น และสะท้อนแสงสีเขียวกับแสงสีแดงให้เข้าตามนุษย์มองเห็นเป็นสีเหลืองได้ และเช่นเดียวกัน หมึกพิมพ์สีมาเจนต้า ควรมีสมบัติดูดกลืนแสงสีเขียวและสะท้อนแสงสีน้ำเงินกับแสงสีแดง ส่วนหมึกสีไซแอน จะต้องดูดกลืนแสงสีแดงและสะท้อนแสงสีน้ำเงินกับแสงสีเขียว

องค์กรระหว่างชาติสำหรับกำหนดมาตรฐานสี (Commission International De l' E'clairage) หรือที่เรียกย่อๆ ว่า CIE (ซีไออี) ได้กำหนดไดอะแกรมขอบเขตของธรรมชาติสี (Chromatity Diagram) มีรูปร่างคล้ายเกือกม้า มีสเกลรอบๆเป็นค่าความยาวคลื่นของแสง เพื่อกำหนดคุณลักษณะของสีที่เกิดขึ้น (Dominant Wavelength) และเส้นตรงจากสเกลนี้เข้าหาบริเวณศูนย์กลาง ซึ่งเป็นตำแหน่งของกำเนิดแสงที่ใช้มองภาพ จะใช้บอกความบริสุทธิ์มาก

ปัจจุบันการผลิตสีระบบทางบวก สามารถให้ขอบเขตของสีกว้าง และมีความบริสุทธิ์มากกว่าการผลิตสีระบบสีทางลบทั้งนี้ เพราะการผลิตสีระบบหลังมีปัจจัยหลายประการที่เป็นข้อจำกัดอยู่ เช่น สารสีหรือผงสีที่ใช้ในฟิล์มสไลด์ หรือหมึกพิมพ์ไม่มีสมบัติการดูดกลืนและสะท้อนแสงตามอุดมคติดังกล่าวและสมบัติทางแสง (Optal Property) ของวัสดุที่ใช้พิมพ์ ได้แก่ ความมันวาว (Gloss) ความขาว (Whiteness) ความสว่าง (Brightness) และการดูดกลืนและสะท้อนแสง (Light Absorption & Reflection) ไม่ดีเท่าที่ควร เป็นต้น ด้วยเหตุผลนี้จึงสรุปได้ว่า ทำไมสีบนจอโทรทัศน์, บนฟิล์มสไลด์, บนกระดาษขยายรูปสีและบนภาพพิมพ์จึงมองแตกต่างกัน

2.4.6 ค่าความแตกต่างสี (ΔE)

การใช้งานค่าสีในระบบการวัดสีต่างๆ ในลักษณะหนึ่งนอกเหนือไปจากการใช้เพื่อกำหนดสีก็คือ การหาค่าความแตกต่างระหว่างสีสองสีใดๆ เพื่อนำค่าความแตกต่างในการคำนวณไปใช้ในเกณฑ์ในการผลิตสี โดยในการผลิตสีเพื่อให้มีสีที่ใกล้เคียงกับสีมาตรฐาน ก็สามารถนำค่าซีไออีของสีมาตรฐานของสีที่ผลิตได้มาเปรียบเทียบ และคำนวณเป็นตัวเลข แล้วสังเกตดูว่าตัวเลขแสดงความแตกต่างดังกล่าว สีที่ผลิตได้มองเห็นแตกต่างจากสีมาตรฐานอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้หรือไม่ หากได้ก็สามารถใช้ค่าความแตกต่างสีดังกล่าวเป็นค่ามาตรฐานในการผลิตสีต่อๆ ไปได้

ในระบบการวัดสีซีไออี ค่าความแตกต่างของสีสองสีใดๆ สามรถคำนวณได้โดยใช้ค่าพิกัดสีซีแล็บของสองสีนั้น มาคำนวณโดยใช้สมการต่อไปนี้

การคำนวณหาค่าความแตกต่างสีรวม

$$\Delta E^*_{ab} = [(L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2]^{½}$$

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{½}$$

โดยที่ ΔE^*_{ab}	คือ	ความแตกต่างสีรวมอยู่ระหว่างสีสองสีใดๆ
$L^*_1\ a^*_1\ b^*_1$	คือ	ค่าพิกัดสีซีแล็บของสีที่ 1
$L^*_2\ a^*_2\ b^*_2$	คือ	ค่าพิกัดสีซีแล็บของสีที่ 2
$\Delta b^* \Delta a^* \Delta L^*$	คือ	ค่าความแตกต่างระหว่างพิกัดสี L* a* b* ของสีทั้งสอง

การคำนวณในตัวอย่างข้างต้นเป็นการแสดงเพื่อให้เห็นวิธีการคำนวณค่าความแตกต่างสีรวมในระบบการวัดสีซีแล็บเท่านั้น เพราะในทางปฏิบัติในทางการพิมพ์การคำนวณหาความแตกต่างของสีจะทำเฉพาะสีที่มีสีสันเดียวกันที่พิมพ์บนแผ่นพิมพ์มาตรฐานกับที่พิมพ์บนแผ่นงานพิมพ์จริงเท่านั้น

ในการควบคุมคุณภาพงานพิมพ์โดยทั่วไปใช้ค่าความแตกต่างสีรวมเป็นหลัก ยิ่งค่าความแตกต่างสีรวมระหว่างสีบนแผ่นพิมพ์มาตรฐานกับสีเดียวกันบนแผ่นพิมพ์จริงมีค่าน้อยเท่าใด ก็จะมีสีเหมือนกันมากเท่านั้นในการกำหนดตัวเลขค่าความแตกต่างสีรวมที่จะใช้เป็นค่ามาตรฐานในการควบคุมคุณภาพงานพิมพ์ว่าควรมีค่าเท่าไหร่นั้นขึ้นอยู่กับระดับคุณภาพของงานพิมพ์ที่ต้องการเป็นสำคัญ ถ้าเป็นงานพิมพ์ที่ต้องการคุณภาพสูง ก็ต้องกำหนดให้ตัวเลขค่าความแตกต่างสีรวมเป็นตัวเลขน้อยๆ เช่น 2 หรือ 3 เป็นต้น ส่วนงานพิมพ์ที่ไม่ต้องการคุณภาพมากนัก ก็สามารถกำหนดให้ค่าตัวเลขความแตกต่างสีรวมมีค่าสูงขึ้นได้ จากงานวิจัยอันหนึ่ง พบว่าในการพิมพ์ภาพด้วยความละเอียดสกรีน 150 เส้นต่อนิ้ว โดยใช้แม่พิมพ์พอซิทิฟ บนกระดาษเคลือบผิว ความแตกต่างสีรวมมีค่าประมาณ 5 ซึ่งในภาวการณ์พิมพ์ดังกล่าวจัดได้ว่าเป็นงานพิมพ์คุณภาพสูง

อย่างไรก็ตาม การกำหนดตัวเลขค่าความแตกต่างสีรวมให้มีค่าน้อยเท่าใด ช่างพิมพ์ต้องมีความเอาใจใส่การตรวจวัดสีบนแผ่นงานพิมพ์ด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตรมิเตอร์มากขึ้นเท่านั้น หากผลการวัดสีบนงานพิมพ์พบว่าความแตกต่างสีรวมเกินกว่าที่กำหนดไว้ ช่างพิมพ์ก็มีหน้าที่ที่จะปรับการจ่ายหมึกบนเครื่องพิมพ์ใหม่ จนกว่าจะได้ชั้นหมึกที่พิมพ์บนกระดาษได้ถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งจะทำให้สีพิมพ์จริงเหมือนกับสีมาตรฐานที่ต้องการมากที่สุด

2.4.7 เครื่องมือวัดแสงทางการพิมพ์

2.5.7.1 เดนซิโทมิเตอร์

เป็นเครื่องมือวัดแสง ใช้เพื่อวัดความเข้มของแสงที่สะท้อนจากภาพที่มีลักษณะทึบหรือแสงส่องผ่าน โดยค่าความเข้มของแสงที่วัดได้จะได้รับการคำนวณให้เป็นค่าความดำโดยคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงสามารถเรียกว่า เครื่องวัดความดำได้ทั้งนี้ค่าความเข้มของแสงสะท้อนหรือความเข้มของแสงส่องผ่านสัมพันธ์กับค่าความดำในรูปของฟังก์ชันลอการิทึมดังนี้

D = log 1/R หรือ D = 1/T

ที่ซึ่ง D = ค่าความดำ

R = ค่าการสะท้อนแสง

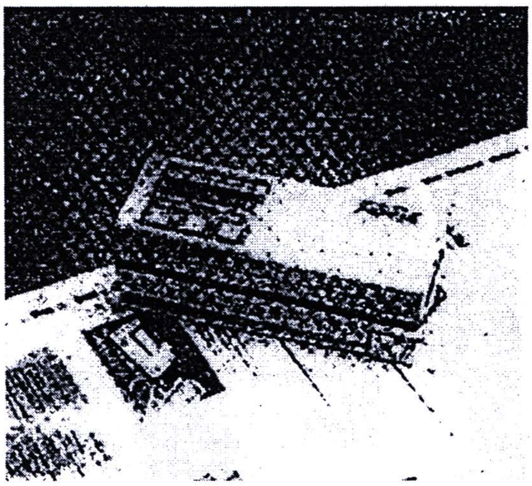
T = ค่าการส่องผ่านแสง

จากสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่า ยิ่งค่าการสะท้อนแสงมีค่าน้อยเท่าใด ก็จะมีผลให้ค่าความดำมีค่ามากขึ้นเท่านั้น

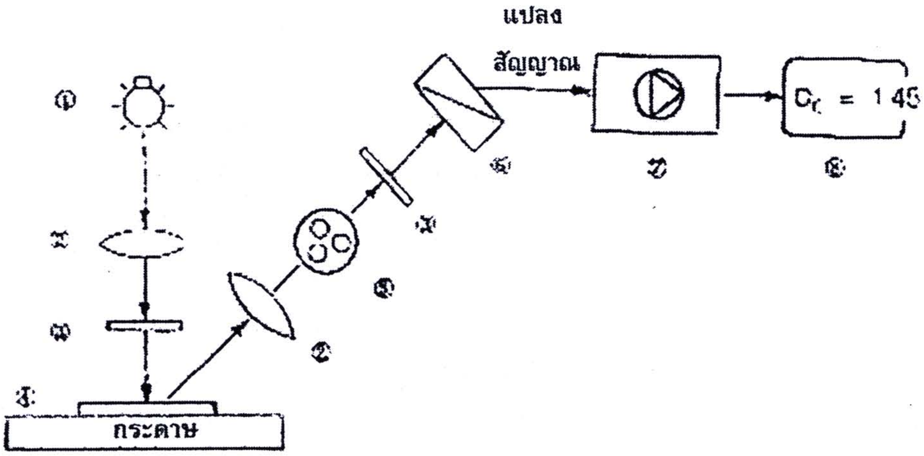
ประเภทของเครื่องวัดความดำ

สามารถแบ่งได้สองประเภท ตามลักษณะทึบแสงของภาพที่นำมาวัด

ก) เครื่องวัดความดำสำหรับภาพทึบแสง เป็นเครื่องวัดความดำที่ใช้เพื่อวัดความดำที่เกิดจากการสะท้อนแสงตกกระทบของภาพทึบแสง ดังนั้น จึงเรียกเครื่องวัดความดำประเภทนี้ว่า เครื่องวัดความดำชนิดวัดการสะท้อนแสง และนำไปใช้วัดภาพทึบแสงสี

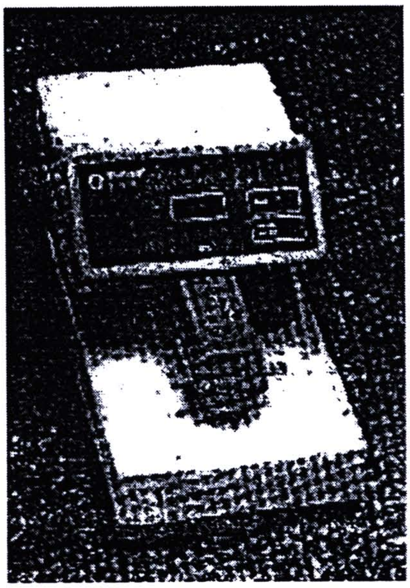


รูปที่ 2.10 เครื่องวัดความดำชนิดวัดการสะท้อนแสง



รูปที่ 2.11 องค์ประกอบภายในของเครื่องวัดความดำชนิดวัดการสะท้อนแสง

ข) เครื่องวัดความดำสำหรับภาพโปร่งใส เป็นเครื่องวัดความดำที่ใช้เพื่อวัดความดำที่เกิดจากการส่องผ่านของแสงตกกระทบของภาพโปร่งใส ดังนั้น จึงเรียกว่า เครื่องวัดความดำชนิดวัดการส่องผ่านแสง ตัวอย่างของภาพโปร่งใส เช่น สไลด์สี และฟิล์มแยกสี เป็นต้น



รูปที่ 2.12 เครื่องวัดความดำชนิดวัดการส่องผ่านแสง

ค) องค์ประกอบภายในของเครื่องวัดความดำ

เครื่องวัดความดำชนิดวัดการสะท้อนแสง มีองค์ประกอบภายในที่สำคัญ ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสง เลนส์ ฟิลเตอร์ อุปกรณ์ตรวจจับแสง

1) แหล่งกำเนิดแสง ทำหน้าที่ ให้แสงตกกระทบลงบนภาพที่ต้องการวัดความดำ ชนิดของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในเดนซิโทมิเตอร์ทั่วไป คือทังสเตนแฮโลเจน ทั้งนี้ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงอาจทำมุม 0 องศา หรือ 45 องศา กับผิวหน้าของภาพที่ต้องการวัดค่าความดำโดยต้องสัมพันธ์กับตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจจับแสงด้วย

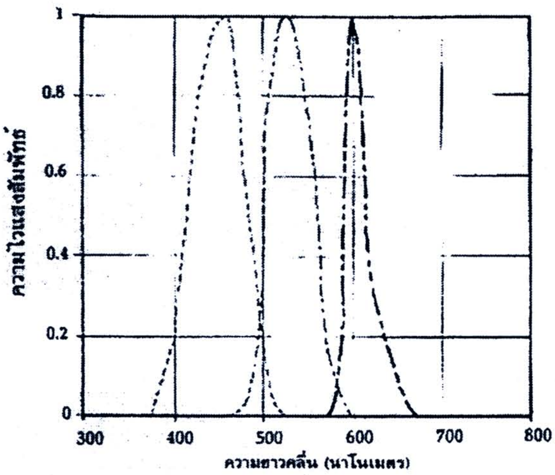
2) เลนส์ ทำหน้าที่ รวมแสงให้ตกกระทบบนภาพและให้เข้าสู่อุปกรณ์ตรวจจับแสง

3) ฟิลเตอร์ ใช้ในเครื่องวัดความดำอาจมีตำแหน่งอยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและภาพที่ต้องการวัดหรือระหว่างภาพที่ต้องการวัดและอุปกรณ์ตรวจจับแสง และสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

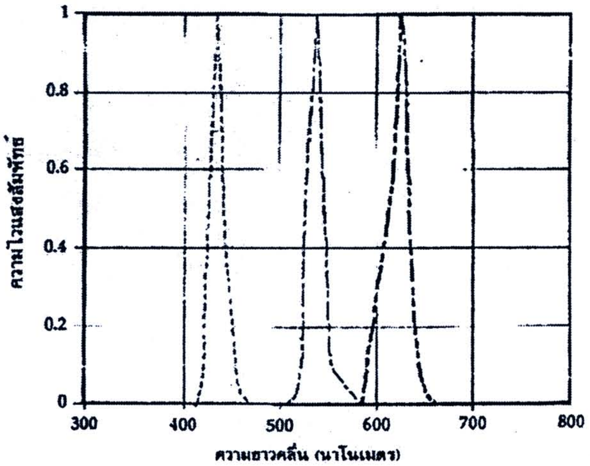
- ฟิลเตอร์สี ทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของสเปกตรัมของแสงจากแหล่งกำเนิดแสง หรือแสงสะท้อนจากภาพ ให้เหมาะสมกับการตอบสนองต่อแสงของอุปกรณ์ตรวจจับแสงและสีที่ต้องการวัด โดยทั่วไปในทางการพิมพ์ บริเวณสีภาพที่ทำการวัดเพื่อควบคุมคุณภาพการผลิต คือ สีของแถบพื้นทึบของหมึกพิมพ์ชุดสอดสี

การใช้ฟิลเตอร์สีเติมเต็มในการวัดหมึกแม่พิมพ์สี ในระบบการพิมพ์เป็นเพราะว่า หมึกพิมพ์แม่สีจะดูดกลืนแสงที่เป็นสีเติมเต็มของหมึกพิมพ์นั้นไว้ ซึ่งฟิลเตอร์สีเติมเต็มที่ใช้ จะมีช่วงดูดกลืนแสงครอบคลุมความยาวคลื่นของแสงที่หมึกพิมพ์นั้นดูดกลืนได้มาที่สุด ดังนั้นการเรียกการวัดปริมาณแสงสะท้อนจากหมึกพิมพ์ผ่านฟิลเตอร์สีเติมเต็มของสีหมึกพิมพ์นั้นก็จะมองเห็นหมึกพิมพ์นั้นเป็นสีดำ โดยจะดำมากหรือดำน้อยขึ้นอยู่กับความหนาชั้นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนกระดาษและรูปแบบการดูดกลืนแสงของฟิลเตอร์เป็นสำคัญ

ฟิลเตอร์สีที่ใช้ในเครื่องวัดความดำ ยังอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ฟิลเตอร์สีที่มีรูปแบบการดูดกลืนแสงแบบช่วงกว้างหรือฟิลเตอร์สีประเภทวายด์แบนด์ และฟิลเตอร์สีที่มีรูปแบบการดูดกลืนแสงช่วงแบบแคบ หรือฟิลเตอร์สีประเภทโรว์แบนด์



(ก) สเทกัสที



(ข) เอสพีไอ

รูปที่ 2.13 แสดงเส้นโค้งความไวแสง

(ก) เส้นโค้งความไวแสงของการวัดความดำสเทกัสที

(ข) เส้นโค้งความไวแสงของฟิลเตอร์เอสพีไอ

ฟิลเตอร์ที่มีรูปแบบการดูดกลืนแสงแบบช่วงกว้าง ใช้ในการวัดแถบหมึกพิมพ์ในงานพิมพ์ทั่วไป ส่วนฟิลเตอร์ที่มีรูปแบบการดูดกลืนแสงช่วงแคบใช้สำหรับวัดแถบหมึกพิมพ์ในงานพิมพ์ที่ต้องการคุณภาพสูง เนื่องจากการที่ฟิลเตอร์สีมีรูปแบบการดูดกลืนแสงช่วงแคบ ทำให้ค่าความดำพื้นทึบของหมึกพิมพ์ที่วัดได้มีค่าเพิ่มหรือลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อชั้นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนกระดาษเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้ฟิลเตอร์แบบช่วงแคบสีน้ำเงินที่ใช้ในการวัดหมึกพิมพ์สีเหลือง มักได้รับการสร้างให้มีความไวในการวัดค่าความดำมากกว่าฟิลเตอร์แบบช่วงแคบที่ใช้ในการวัดหมึกพิมพ์สีอื่น ดังนั้นเพื่อให้การพิมพ์หมึกพิมพ์สีเหลืองให้มีความหนาชั้นหมึกพิมพ์ที่ถูกต้องมากขึ้น การควบคุมความหนาชั้นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนกระดาษจึงต้องการฟิลเตอร์ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาชั้นหมึกพิมพ์มากกว่าหมึกพิมพ์สีอื่น

ตารางที่ 2.17 แสดงการเปรียบเทียบค่าความดำของหมึกพิมพ์สีต่างๆ ที่วัดผ่านฟิลเตอร์ต่างประเภท

แถบหมึกพิมพ์	ฟิลเตอร์วัดสี	ค่าความดำ	
		ฟิลเตอร์วายแบนด์ (ฟิลเตอร์แยกสี)	ฟิลเตอร์โรแบนด์ (ฟิลเตอร์เอสพีไอ)
น้ำเงินเขียว	แดง	1.34	1.39
ม่วงแดง	เขียว	1.14	1.29
เหลือง	น้ำเงิน	0.94	1.36

- ฟิลเตอร์โพลาไรส์ เป็นฟิลเตอร์ที่ใช้เพื่อลดความแตกต่างของค่าความดำระหว่างค่าความดำที่วัดจากแถบหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนกระดาษและยังไม่แห้งตัวดี กับค่าความดำที่วัดจากแถบหมึกพิมพ์เดียวกันที่แห้งตัวแล้ว โดยปกติแถบหมึกที่ยังไม่แห้งตัวจะมีความเรียบและความมันวาวที่ผิวหน้ามากกว่าวัดจากแถบหมึกพิมพ์เดียวกันที่แห้งตัวแล้ว เนื่องจากยังมีชั้นของน้ำมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่ที่ผิวหน้าแถบหมึกพิมพ์มาก ดังนั้นแสงที่สะท้อนจากหมึกพิมพ์ที่ยังไม่แห้งตัว จึงมีลักษณะเป็นแสงสะท้อนตรงหรือแสงแบบสเปกคิวลาร์มากกว่าแสงสะท้อนจากหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวแล้ว ซึ่งแสงสะท้อนมีลักษณะกระจัดกระจายมากกว่า การใช้ฟิลเตอร์โพลาไรส์จึงสามารถลดความแตกต่างของค่าความดำได้ เนื่องจากฟิลเตอร์ชนิดนี้ช่วยลดทิศทางการสั่นของคลื่นแสงให้มีน้อยลง ทำให้ค่าความดำที่วัดจากแถบหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวแล้วมีค่าความดำใกล้เคียงหรือเท่ากับค่าความดำที่วัดจากแถบหมึกพิมพ์ที่ยังไม่แห้งตัว

ง) อุปกรณ์ตรวจจับแสง หรือเซลล์รับแสง เซลล์รับแสงที่ใช้อาจเป็นโฟโตไดโอดหรือโฟโตมัลติพลายเออร์ ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นไฟฟ้า ตำแหน่งทำมุม 45 องศากับตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสง เป็นการจำลองมุมในการมองดูภาพของมนุษย์

จ) อุปกรณ์แปลงสัญญาณ เปลี่ยนระบบไฟฟ้าเป็นระบบดิจิตอล

- วงจรอิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่คำนวณค่าความดำตามความเข้มหรือปริมาณสัญญาณไฟฟ้า และแสดงค่าความดำได้เป็นตัวเลขที่จอแสดงผล

ในปัจจุบันเครื่องวัดความดำประเภทนี้วัดความดำพื้นทึบแล้ว ยังสามารถคำนวณหาค่าพื้นที่เม็ดสกรีน ค่าการบวม ค่าความเปรียบต่างภาพ ค่าการจับหมึกพิมพ์ ซึ่งสามารถนำค่าที่ได้ไปใช้ในการประเมินคุณภาพงานพิมพ์ได้ต่อไป

นอกจากเครื่องวัดความดำทั้งสองประเภทแล้ว ยังมีเครื่องวัดความดำชนิดที่วัดได้ทั้งการสะท้อนแสงและการส่องผ่านแสง โดยจะประกอบด้วยหัววัดสองหัว หัวหนึ่งใช้วัดการสะท้อนแสง อีกอันวัดการส่องผ่านแสง

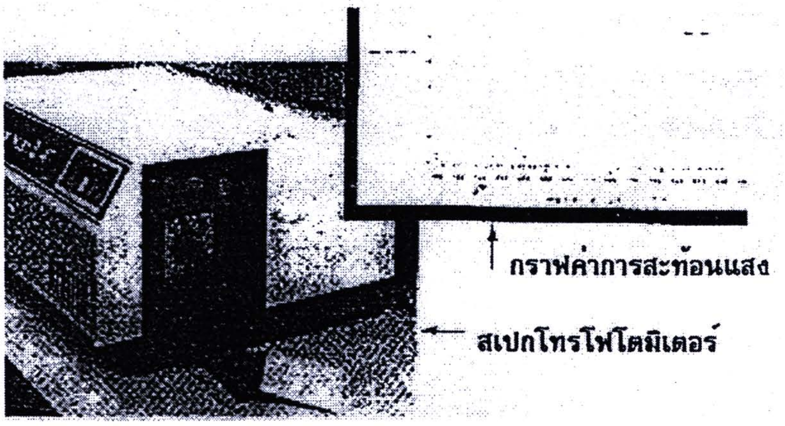
2.4.7.2 สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดในการวัดการส่องผ่านหรือการสะท้อนแสงของภาพสี วัดความเข้มความยาวคลื่นประมาณ 400-700 นาโนเมตร ทั้งนี้การวัดทำที่ช่วงความยาวคลื่นแคบๆ ค่าการสะท้อนแสงจะนำไปใช้ในการเขียนกราฟการสะท้อน

ความแตกต่างระหว่างสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ กับ คัลเลอริมิเตอร์ อยู่ตรงที่สเปกโทรโฟโตมิเตอร์เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดความเข้มของแสงส่องผ่าน ขณะคัลเลอริมิเตอร์สร้างขึ้นเพื่อวัดสีโดยเฉพาะ ดังนั้นคัลเลอริมิเตอร์จึงไม่สามารถแสดงผลวัดความเข้มแสงส่วนการวัดสีนั้นเครื่องมือทั้งสองสามารถใช้วัดสีตามระบบซีไออีได้ ดังนั้นถ้าหากว่าจะวัดค่าสีเท่านั้นก็ควรใช้คัลเลอริมิเตอร์เพราะมีราคาถูกกว่า

ก) ประเภทของสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

มีทั้งชนิดที่สำหรับวัดค่าการส่องผ่านแสงและค่าสะท้อนแสง แต่เนื่องจากชนิดที่วัดค่าการสะท้อนแสงเป็นชนิดที่วัดสีการพิมพ์แบ่งเป็นประเภทของสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ อาจแบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ



รูปที่ 2.14 ภาพตัวอย่างเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิด d / o

ข) องค์ประกอบภายในที่สำคัญของสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

1) แหล่งกำเนิดแสง เป็นประเภทเดียวกับคัลเลอริมิเตอร์

- ทรงกลมรวมแสง ผิวภายในได้รับการเคลือบด้วยสารสีขาว ให้มีลักษณะด้านไม่มันวาว จึงทำหน้าที่กระจายแสง โดยแสงจากแหล่งกำเนิดแสงจะตกกระทบบนผิวของ

- ทรงกลมรวมแสง ก่อนที่จะสะท้อนไปตกกระทบบนภาพที่ต้องการวัดสี

2) เลนส์ ทำหน้าที่รวมแสงสะท้อนให้ผ่านเข้าสู่อุปกรณ์แยกกระจายแสงและอุปกรณ์ตรวจจับแสง

3) อุปกรณ์แยกกระจายแสง ทำหน้าที่กระจายแสงสะท้อนให้ออกเป็นแสงในความยาวคลื่นเดียวๆ ในบรรดาอุปกรณ์การกระจายแสงทั้งหมด เกรติงเป็นอุปกรณ์ที่นิยมมากที่สุด

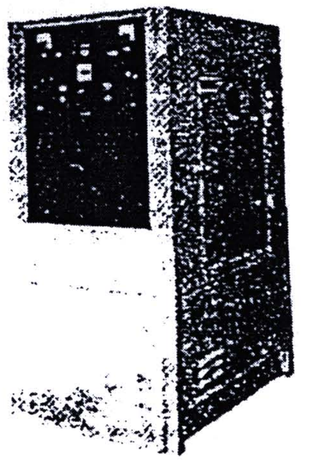
4) อุปกรณ์ตรวจจับแสง ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสง สะท้อนจากบริเวณภาพสีนำมาวัดให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ตรวจจับแสงที่ใช้คือ โฟโตไดโอดชนิดซิลิกอนที่เรียงเป็นแถว จำนวนของโฟโตไดโอดมีเท่าไร สัมพันธ์กับช่วงความยาวคลื่นที่อุปกรณ์แยกสเปกตรัมของแสงตกกระทบได้พร้อมๆ กัน ทำให้การวัดทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

5) อุปกรณ์แปลงสัญญาณ ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าอะนาลอก เป็นสัญญาณดิจิตอล

6) คอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่สร้างกราฟสะท้อนแสงและคำนวณค่าสีต่างๆ ในระบบซีไออี

2.4.7.3 Fade-O meter

คือเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความทนทานต่อแสงหรือความต้านทานต่อความซีดจางของหมึกพิมพ์



รูปที่ 2.15 แสดงเครื่อง Fade-O meter

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรพงษ์ รุ่งเรือง [7] "การเปรียบเทียบค่าขอบเขตสีระหว่างกระบวนงานแม่สีบวกกับแม่สีลบ" ผลการวิจัยพบว่า กระบวนงานในการจัดเตรียมงานก่อนพิมพ์ ไฟล์แม่สีบวกมีขนาดของไฟล์เล็กกว่าไฟล์แม่สีลบเท่ากับร้อยละ 33 ไฟล์งานแม่สีบวกใช้เวลาประมวลผลเร็วกว่าไฟล์งานแม่สีลบร้อยละ 42 ไฟล์แม่สีบวกใช้เวลาในการบันทึกข้อมูลน้อยกว่าไฟล์แม่สีลบร้อยละ 18 ค่าความแตกต่างสีของแผ่นพิมพ์ทดสอบระหว่างไฟล์แม่สีบวกและแม่สีลบ (ΔE) ที่ใช้เครื่องพิมพ์ออฟเซตเท่ากับ 3.72 เครื่องพิมพ์อิเล็กโทรโฟโตกราฟีเท่ากับ 2.305 ซึ่งมีค่าความแตกต่างสีเล็กน้อย และมีขอบเขตสีใกล้เคียงกัน สรุปได้ว่า กระบวนงานเตรียมไฟล์ในระบบแม่สีบวกสามารถเก็บข้อมูลสีได้ดีกว่าระบบแม่สีลบ แต่ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพงานพิมพ์อย่างเด่นชัด

วรางคณา เอื้องอุดม [8] "ขั้นตอนวิธีการสร้างมุมสกรีนสำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี" กำหนดขั้นตอนวิธีการสร้างมุมสกรีนสำหรับเม็ดสกรีนกลมด้วยเทคนิค Rational-Irrational tangent สร้างมุมสกรีนตามองศาที่กำหนดโดยยังคงรายละเอียดของภาพเหมือนภาพต้นฉบับ ตรวจสอบผลการสร้างมุมสกรีน โดยการทดลองพิมพ์ภาพทดสอบและแถบสีบน Linear Low Density Polyethylene ด้วยหมึกพิมพ์ชุดสอดสีฐานตัวทำละลาย และพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์เฟล็กโซกราฟีแบบเรียงแถว ประเมินการเกิดตาเสื่อด้วยสายตา ประเมินคุณภาพงานพิมพ์ด้วยกราฟการผลิตน้ำหนักสีและ CIE a*,b* diagram ผลการทดลองพบว่า โปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถสร้างมุมสกรีนได้ทุกองศาตามที่กำหนด จากการทดสอบหมุนมุมสกรีนทุกองศาบนภาพฮาล์ฟโทนสีพื้น พบว่าเกิดตาเสื่อในช่วง 37 ถึง 52 องศา ทดสอบพิมพ์สอดสีที่มุมสกรีน 0, 75, 15 และ 45 องศา พิมพ์หมึกพิมพ์สีเหลือง ม่วงแดง น้ำเงินเขียว และดำ ตามลำดับ และที่มุมสกรีนเบี่ยงไปจากมุมดังกล่าว -7.5 องศา ผลการทดลองพบว่าไม่เกิดตาเสื่อ จากการวิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์ การผลิตน้ำหนักสีของมุมสกรีนทั้ง 2 ชุดได้ผลไม่ต่างกันและคุณภาพอยู่ในระดับดี สมดุลสีเทาเข้าใกล้สีเทากลาง และรายงานผลการชดเชยเม็ดสกรีนบวมไว้ด้วย

ภัทมาส สุขแก้ว [9] "การเลือกชุดหมึกพิมพ์ออฟเซตที่เหมาะสมสำหรับการผลิตภาพสีดิจิทัลโดยการเทียบเคียงขอบเขตสี" งานวิจัยจำนวนมากประสบความสำเร็จในการศึกษาเกี่ยวกับการเทียบสีระหว่างภาพต้นฉบับและภาพที่ผลิตได้ในหลายด้าน คุณภาพสีของภาพต้นฉบับ เช่นภาพเขียน ภาพถ่ายไม่สามารถที่จะผลิตได้ด้วยกระบวนการพิมพ์เพียงแค่หมึกสี่สีเท่านั้น และการแก้ปัญหาด้วยการใช้กระบวนการหมึกพิมพ์แบบคุณภาพสูง (high-fidelity colour printing) นั้นยังไม่เพียงพอ นอกจากนั้นการเพิ่มหมึกพิมพ์เข้าไปในกระบวนการพิมพ์ฮาร์ฟโทนยังมีข้อจำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงแนะนำวิธีในการคัดเลือกหมึกพิมพ์และจำนวนของหมึกพิมพ์โดยการเทียบเคียงขอบเขตสีของชุดหมึกให้ใกล้เคียงกับขอบเขตสีของต้นฉบับมากที่สุดโดยจะมีการสร้างฐานข้อมูลของกระบวนการ

หมึกพิมพ์สี่สี 3 ชุดและ หมึกพิมพ์สีพิเศษ21 สี ซึ่งพิมพ์บนกระดาษอาร์ตมัน โดยฐานข้อมูลนี้จะประกอบด้วยสมบัติทางทัศนศาสตร์ของหมึกพิมพ์ ซึ่งคำนวณมาจากการใช้ทฤษฎีคูเบลคา-มังค์ ชนิดสองตัวแปร โดยใช้โปรแกรมMicrosoft Excel นอกจากนั้นยังใช้โปรแกรมนี้เป็นเครื่องมือในการหาขอบเขตสีของชุดหมึกพิมพ์ต่างๆ สูตรถูกกำหนดให้ใช้จำนวนของหมึกพิมพ์ในการหาขอบเขตสีดังนี้ 5, 6, 7,9 และ 10 สี ภาพมาตรฐานดิจิทัลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นของ SHIPP ซึ่งค่าสี R, G, และB ของทุกพิกเซลในภาพต้นฉบับจะถูกอ่าน จากนั้นนำมาแปลงเป็นค่าสี XYZ และค่าสีCIEL*a*b* ต่อไปโดยการใช้โปรแกรม MATLAB โดยวิธีที่ใช้ในการแปลงนั้น จะเป็นของภาพมาตรฐาน SHIPP เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาชุดหมึกที่เหมาะสมกับภาพสีดิจิทัลของต้นฉบับนั้นใช้ 2 วิธี คือการพิจารณาปริมาตรของขอบเขตสีและ พิจารณาขนาดและรูปร่างของขอบเขตสีของชุดหมึกใดที่ใกล้เคียงกับขอบเขตสีของภาพต้นฉบับมากที่สุด การใช้เครื่องมือนั้นพบว่า ขอบเขตสีของภาพมาตรฐานบางภาพสามารถถูกครอบคลุมโดยขอบเขตสีของชุดขบวนการหมึกพิมพ์เพียง 4 สี อย่างไรก็ตามบางภาพที่มีสีสันมากจะต้องการหมึกพิมพ์มากกว่า 4 สีดังนั้นสามารถใช้เครื่องมือที่พัฒนานำมาหาชุดหมึกที่เหมาะสมกับภาพสีต้นฉบับดิจิทัลได้

สันติ สุวรรณรังสี [10] “การพัฒนาการประกันคุณภาพในกระบวนการของขั้นตอนการผลิตงานพิมพ์” ขั้นตอนการพิมพ์เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดเพื่อบรรลุเป้าหมายคุณภาพที่ดีชองการผลิตสิ่งพิมพ์ จากการศึกษาพบว่าโรงพิมพ์ตัวอย่างขาดระบบประกันคุณภาพสำหรับกระบวนการขั้นตอนการพิมพ์ที่ดี ทำให้เกิดปัญหาการผลิตงานพิมพ์ที่มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอไม่เป็นที่พอใจของลูกค้า และทำให้ลูกค้าไม่มั่นใจในคุณภาพที่จะได้รับผู้วิจัยได้เสนอระบบประกันคุณภาพสำหรับกระบวนการขั้นตอนการพิมพ์ให้แก่โรงพิมพ์ตัวอย่างไว้ดังนี้ 1. ระบบประกันคุณภาพที่สร้างความมั่นใจในปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพงานพิมพ์ ได้แก่ วัตถุดิบ ที่มีคุณภาพ สม่ำเสมอ เครื่องพิมพ์ที่มีความพร้อมในการผลิตบุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมอย่างดี วิธีปฏิบัติงานที่มีมาตรฐานและการตรวจวัดที่มีประสิทธิภาพ 2. ระบบประกันคุณภาพสำหรับกระบวนการขั้นตอนการพิมพ์ประกอบไปด้วยการวางแผนคุณภาพ การควบคุมคุณภาพ การตรวจติดตามคุณภาพการปฏิบัติการแก้ไขและป้องกัน การบำรุงรักษาอุปกรณ์และสอบเทียบเครื่องมือวัด การฝึกอบรม การจัดองค์กรเพื่อคุณภาพ นอกจากนี้ในแต่ละขั้นตอนการผลิตได้นำระบบการบันทึกคุณภาพ (แบบฟอร์ม)มาใช้เพื่อเป็นเครื่องมือ ประเมินผลที่จะประกันได้ว่าคุณภาพของแผ่นพิมพ์สำเร็จรูปมีระดับคุณภาพที่ดีสม่ำเสมอก่อนส่งถึงลูกค้า การศึกษาระบบประกันคุณภาพสำหรับกระบวนการขั้นตอนการพิมพ์ชนิดกระดาษป้อนแผ่นในครั้งนี้ นอกจากจะช่วยปรับปรุงคุณภาพงานพิมพ์ให้ดีขึ้นและทำให้ลูกค้าเกิดความมั่นใจในคุณภาพแล้วยังอาจใช้เป็นแนวทางสำหรับพัฒนาระบบประกันคุณภาพสำหรับขั้นตอนอื่นของอุตสาหกรรมการพิมพ์ได้ด้วยหรือสำหรับอุตสาหกรรมอื่นที่มีความคล้ายคลึงกัน

สุรัช นัทธีการ [11] “การทำมาตรฐานกระบวนการแยกสีสำหรับระบบการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี” มาตรฐานการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี เป็นกระบวนการผลิตฟิล์มแยกสี CMYK ให้ได้ตามคาดหวัง ในการวิจัยนี้เริ่มด้วยการออกแบบแบบทดสอบ แล้วนำไปพิมพ์เพื่อให้ได้ข้อมูลลักษณะจำเพาะของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กราฟแสดงค่าความดำ และการเกิดเม็ดสกรีนบวมของการพิมพ์แต่ละสีและสมดุลเทา (gray balance) นำค่าที่ได้พร้อมกำหนดน้ำหนักสีภาพที่ต้องการและชนิดของแม่พิมพ์ดำ (black printer) มาคำนวณการผลิตน้ำหนักสี(tone reproduction) ของฟิล์มแยกสี CMYK ผ่านโปรแกรมที่สร้างขึ้น การทดลองนี้ได้พิมพ์ทดสอบเพื่อประเมินผลโปรแกรม พบว่าสิ่งพิมพ์ที่ได้มีการผลิตน้ำหนักสีสอดคล้องกับข้อมูลที่กำหนดข้างต้น