รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชำนาญ รัตนากร, บุญแถม ปัญญานนท์วาท, "ไคเซน (KAIZEN) กลยุทธ์การบริหารงานแบบญี่ปุ่น ตอนที่ 2", วารสาร สสท ฉบับ คิวซี , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), ปีที่ 4 ฉบับที่ 17 มิถุนายน 2534.

ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, การควบคุมคุณภาพสำหรับนักบริหาร และกรณีศึกษา , ส.เอเชียเพรส, 2521.

วันชัย ริจิรวนิช, ชอุ่ม มลิลา, เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม , โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

วันชัย ศิริชนะ และคณะ, คู่มือปฏิบัติการทดสอบหมึกและกระดาษพิมพ์ , ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2523.

วิจิตร ตัณฑสุทธ์ และคณะ, การศึกษาการทำงาน , พิมพ์ครั้งที่ 3, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, วิธีทางสถิติเพื่อการพัฒนาคุณภาพ , พิมพ์ครั้งที่ 1, ที. พี. พริ้นท์, 2535.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, จันทนา จันทโร, สถิติสำหรับงานวิศวกรรม , พิมพ์ครั้งที่ 1, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526 : 156-157.

เสรี ยูนิพันธ์ และคณะ, เทคนิคการควบคุมคุณภาพ , โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

ภาษาอังกฤษ

Durrant, W. R., Meacock, C. W. and Whitworth, R. E. Machine Printing. Mackay: Chamtham W&J, 1973.

Hitoshi Kume. Statistical Methods for Quality Improvement. Tokyo: AOTS, 1985.

Lawrence, S. AFT. Productivity Measurement and Improvement. Verginia: Restro Publishing Co., 1983.

Leach, R.H., and Others. Printing Ink Manual. 4th ed. Cornwell: T.J. Press, 1988.

Spencer, A. and Thomas, H. Production Standards for Profits Planing. NewYork: Van Nastrand Reinhold, 1982.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การพิมพ์ระบบกราเวียร์ (GRAVURE PRINTING)

ระบบกราเวียร์ ถือได้ว่าเป็นหนึ่งในระบบการพิมพ์ที่ได้รับความนิยมและมีการใช้งานกันอยู่อย่างแพร่หลาย คุณภาพของงานพิมพ์ที่ได้จะมีความคมชัดสวยงาม ความทนทานในการใช้งานเป็นจุดเด่นที่สำคัญอีกข้อหนึ่ง ที่ทำให้การพิมพ์ด้วยระบบนี้ได้รับความนิยม โดยสามารถใช้พิมพ์บนวัสดุต่าง ๆ ได้หลายประเภท อาทิเช่น อลูมิเนียมฟอยด์ กระดาษ พลาสติก หรือแม้กระทั่งบนแผ่นพื้นยาง

หน้าที่พื้นฐานของเครื่องพิมพ์โดยทั่วไปคือ

1. เป็นเครื่องมือที่มีไว้เพื่อเลือกพื้นที่บริเวณที่ต้องการให้มีการพิมพ์ ซึ่งก็คือองค์ประกอบในส่วนที่เป็นแม่พิมพ์หรือลูกกลิ้งสกรีนนั้นเอง
2. เป็นวิธีการในการที่จะทำให้หมึกพิมพ์ติดอยู่บนวัสดุสิ่งพิมพ์ได้
3. เป็นการให้แรงกดที่จะทำให้สีมีการถ่ายทอดลงสู่วัสดุที่ต้องการพิมพ์
4. มีระบบที่จะนำเอาวัสดุที่ต้องการพิมพ์มาไว้ณ.ตำแหน่งที่จะเกิดการพิมพ์ หลังจากนั้นก็พาเอาวัสดุนั้นออกไป แล้วรับวัสดุอันใหม่เข้ามาพิมพ์อีก การพิมพ์ลงบนวัสดุในแต่ละครั้ง มีหน่วยที่ใช้นับเป็น Impression ค่า Impression ยิ่งสูงยิ่งถือว่าเครื่องพิมพ์นั้นมีความทนทานในการใช้งานได้มาก

จากหน้าที่พื้นฐานทั้ง 4 ข้อที่ได้กล่าวถึงจะพบว่า แต่ละประเด็นจะต้องอาศัยปัจจัยในการปรับแต่ง (Adjustment) เป็นงานหลัก เพื่อที่จะให้ทุกจุดของเครื่องสามารถทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ ตรงตามวัตถุประสงค์และเป็นไปตามความสามารถของเครื่องพิมพ์ที่มีด้วย

ระบบการควบคุมถือได้ว่าหัวใจหลักของการใช้เครื่องพิมพ์ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องแบ่งแยกส่วนต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์ตามหน้าที่การทำงานออกมาพิจารณาศึกษา แล้วจึงทำการประสานส่วนต่าง ๆ ของระบบของเครื่องให้ทำงานได้ตามลำดับหน้าที่ของมันที่ควรจะเป็นต่อไป

องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องพิมพ์ระบบกราเวียร์คือ

1. ลูกกลิ้งสกรีน (Screen roller)

เป็นตัวให้สีจากหลุมสกรีนบนลูกกลิ้ง ลูกกลิ้งสกรีนทำมาจากทองแดงชุบโครเมี่ยม หรือบางที่ก็จะใช้เป็นลูกกลิ้งเซรามิคทั้งลูก ซึ่งมีลักษณะเด่นคือความทนทานในการใช้งานสูง สามารถพิมพ์ได้เป็นจำนวนมากว่า 100,000 Impression รูปร่างของสกรีนที่ใช้งานจะมีทั้งแบบที่เป็นตารางสี่เหลี่ยมที่มีความกว้างของหลุมสกรีนเท่ากัน ต่างกันตรงความลึกของหลุมหมึก หลุมสกรีนที่มีความลึกมากสามารถจุหมึกได้มาก เมื่อมีการถ่ายเทหมึกจากหลุมลงสู่วัสดุที่ต้องการจะทำให้ได้สีที่มีความหนามาก และเช่นกันสกรีนที่มีความกว้างของหลุมหมึกมากในขณะที่ทุกหลุมมีความลึกเท่ากัน หลุมที่มีความกว้างมากย่อมถ่ายเทหมึกลงบนวัสดุได้มากกว่า วิธีการในการสร้างสกรีนทำได้หลายแบบทั้งจากใช้สารเคมี ใช้แสงเลเซอร์ และวิธีใช้แรงกลในการทำสกรีน ลักษณะของลูกกลิ้งสกรีน และสกรีนของลูกกลิ้งแสดงไว้ในภาพที่ ก. 3 - 4

2. ลูกกลิ้งแรงกด (Impression roller)

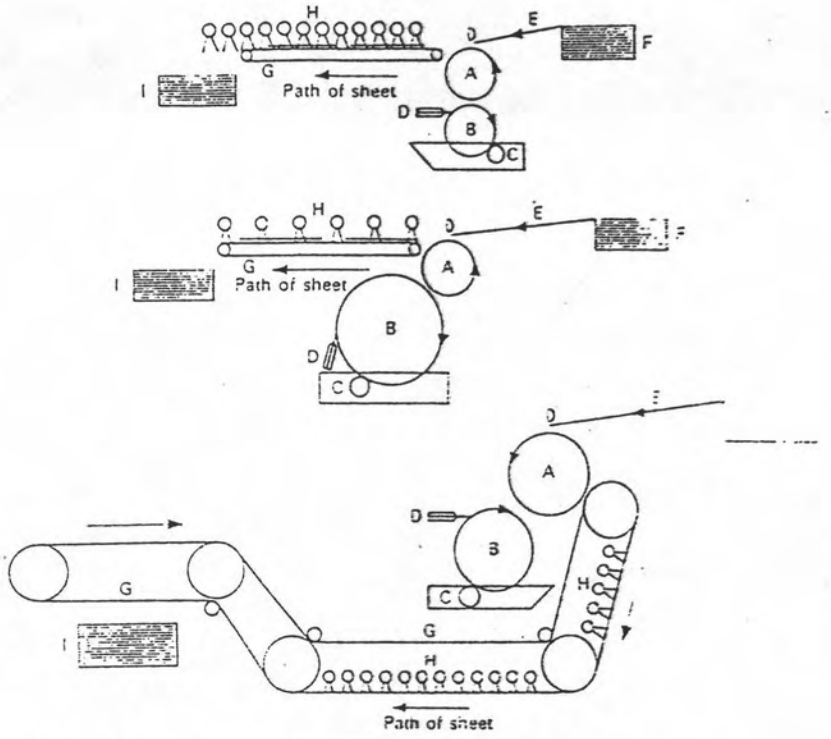
เป็นตัวให้แรงกดทำให้หมึกเกิดการถ่ายเทจากเซลล์ของลูกกลิ้งสกรีน ลงสู่วัสดุที่ใช้พิมพ์ ลูกกลิ้งนี้ส่วนมากจะทำมาจากยางเพื่อให้มีความยืดหยุ่นในการรับแรงกดได้ดี ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งสกรีน และลูกกลิ้งแรงกดนี้ที่วัสดุจะผ่านเข้าไปถูกพิมพ์ ดังนั้นการตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้ง 2 ลูกจึงเป็นอีกจุดหนึ่งที่มีความสำคัญ เพราะถ้าตั้งระยะห่างเกินความหนาของวัสดุที่จะพิมพ์ ก็ไม่เกิดแรงกดสีก็จะไม่มีการถ่ายทอดลงบนวัสดุที่ต้องการพิมพ์ หรือถ้ามีการถ่ายทอดก็อาจจะไม่สม่ำเสมอได้ ในขณะที่ถ้าตั้งแรงกดมากไปสีที่ถ่ายทอดลงบนวัสดุมีแรงมากระทำมากเกินไป ก็จะทำให้ไม่สามารถควบคุมความหนาของสีตามที่ต้องการได้

3. ใบมีดปาดสี (Doctor blade)

ถือว่าเป็นตัวควบคุมปริมาณสีที่มีความสำคัญมากอีกตัวหนึ่ง ใบมีดปาดสีมักทำจากวัสดุที่มีความยืดหยุ่นได้ดี ติดไว้ที่ตำแหน่งของลูกกลิ้งสกรีน โดยการวางทำมุมต่าง ๆ ที่จะทำให้ได้ความหนาบางของสีแตกต่างกันไปตามความต้องการในการใช้งาน ใบมีดปาดสีจะทำการปาดสีส่วนที่เกินออกจากสกรีนของลูกกลิ้งสกรีน ทำให้มีเพียงเฉพาะสีที่อยู่ในเซลล์ที่เราต้องการเท่านั้นที่จะถูกถ่ายทอดลงบนวัสดุที่ต้องการได้

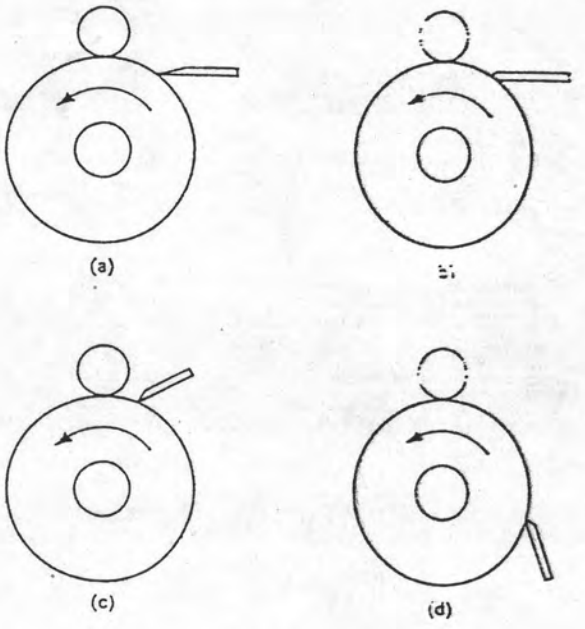
4. หมึกพิมพ์ (Ink)

เป็นพวกหมึกเหลวที่มีความหนืดต่ำ มีการใช้สารละลายในปริมาณที่สูง เพื่อทำให้สีมีความใสเพียงพอที่จะไหลเข้าไปในสกรีนของลูกกลิ้งพิมพ์สี

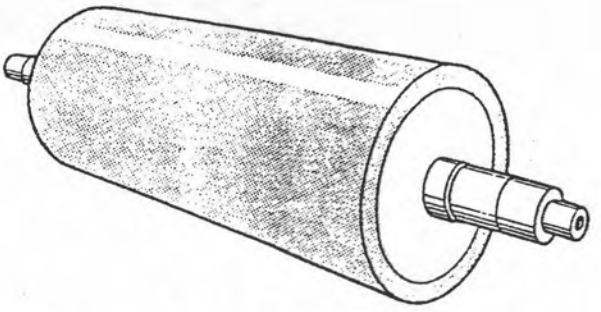


1.16 *Three basic arrangements for sheet-fed gravure printing units: top and centre are two-revolution machines and the lower illustration depicts a single-revolution machine. A, impression cylinder. B, plate cylinder. C, inking unit. D, doctor. E, feedboard. G, tapes. H, drying unit. I, delivery.*

รูปที่ ก.1 ลักษณะของเครื่องพิมพ์ระบบกราเวียร์ที่หลักการของระบบป้อนกระดาษแตกต่างกัน 3 แบบ

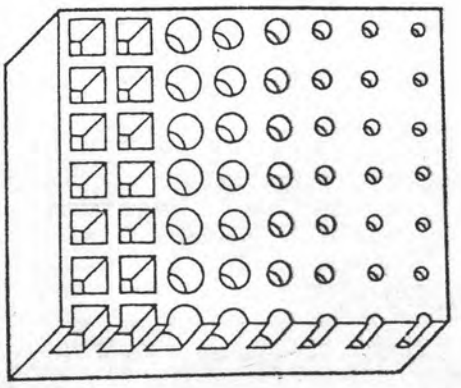


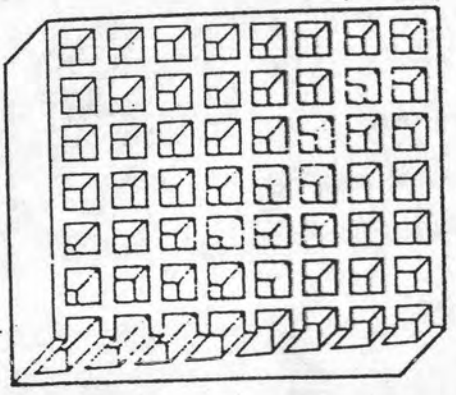
รูปที่ ก.2 การวางใบมีดปาดสีไว้ที่ตำแหน่งแตกต่างกันของลูกกลิ้ง



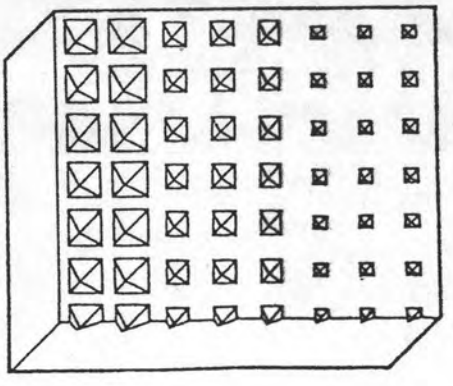
2.16 *A solid gravure cylinder. This is the ideal printing surface for gravure. A continuous image is obtainable, the doctor operation is uninterrupted and ink seepage under a plate or sleeve is not possible.*

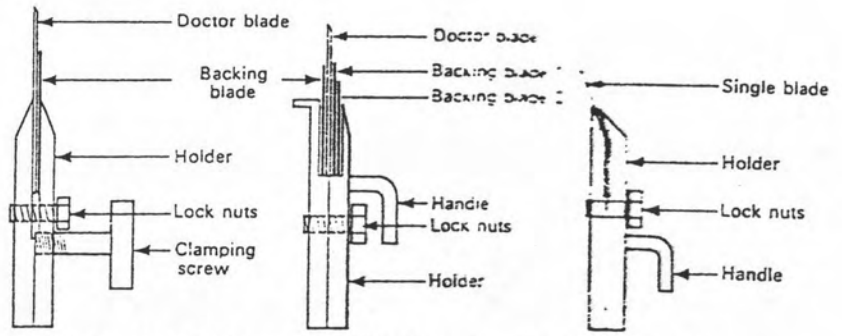
รูปที่ ก.3 ลูกกลิ้งสกรีน





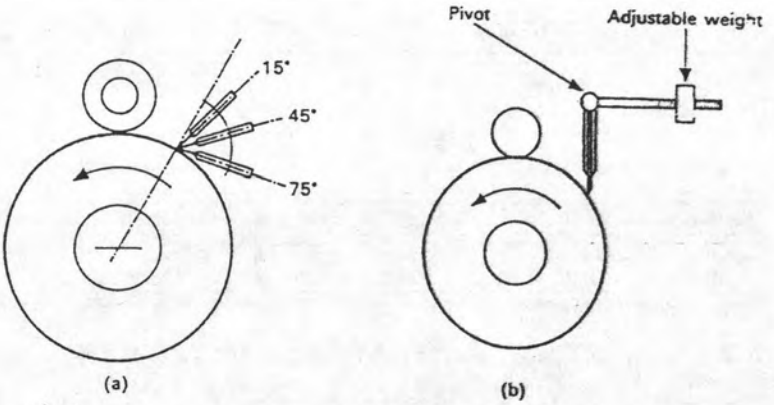
รูปที่ ก.4 ลักษณะของสกรีน
แบบต่างๆ



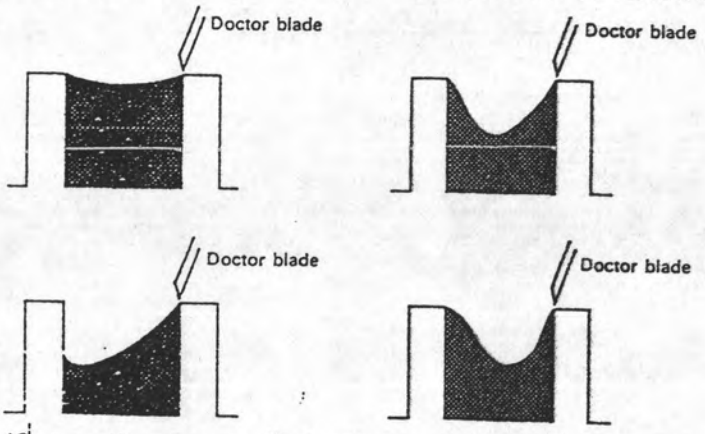


3.10 *Various doctor blade assemblies. The illustrations show different types of doctor blades and holders in current use on gravure machines.*

รูปที่ ก.5 ลักษณะของใบมีดปาดสีและฐานที่ยึดแบบต่างๆ



รูปที่ ก.6 แสดงการวางองศาของใบมีดแบบต่างและการปรับแรงกด



รูปที่ ก.7 ลักษณะของหมึกพิมพ์ในหลุมสกรีนหลังจากถูกใบมีดบางสีส่วนเกินออกไปแล้ว

หมึกพิมพ์ มีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 4 ส่วนด้วยกันคือ 1) องค์ประกอบที่เป็นตัวให้สี โดยปกติจะใช้พวก Pigment หรือ Dye ขึ้นอยู่กับประเภทของงานและวัสดุที่จะใช้พิมพ์ 2) เรซินที่ช่วยในการยึดเกาะระหว่างสีกับวัสดุที่ต้องการพิมพ์ ซึ่งส่วนนี้เราจะเรียกว่า Vehical หรือ Binder เป็นสารพวกพอลิเมอร์ประเภทต่าง เช่น Polyurethane , Acrylic Resin , Alkyd Resin เป็นต้น ซึ่งสารแต่ละตัวก็จะมีจุดเด่นของคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป 3) สารละลาย ซึ่งจะเป็นตัวช่วยให้องค์ประกอบต่าง ๆ ของหมึกพิมพ์รวมกันเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ง่ายขึ้น และใช้เป็นตัวปรับควบคุมความหนืดของสีให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมและพอดีต่อความต้องการในการใช้งาน 4) สารเติมแต่งอื่น ๆ ซึ่งจะเป็นตัวที่ช่วยเพิ่มคุณสมบัติต่างๆ ให้กับหมึกพิมพ์ตามที่เราต้องการ อาทิเช่น แวกซ์ช่วยทำให้หมึกมีการไหลที่ดีขึ้น ซิลิโคนกันการเกิดฟองของสี แคลเซี่ยมคาร์บอเนตที่ใช้เป็นตัวเพิ่มเนื้อสีช่วยลดต้นทุน เป็นต้น

5. ระบบการแห้งตัวของสี (Drying system)

ด้วยลักษณะที่เป็นหมึกเหลวมีสารละลายเป็นองค์ประกอบส่วนมากนี้เอง ระบบการแห้งตัวที่ใช้จึงมีความสำคัญมาก สารละลายจะต้องระเหยได้หมดในเวลาอันรวดเร็ว โดยการนำระบบการแห้งตัวด้วยความร้อนหรือใช้ลมเย็นมาเป่าใช้งาน ความร้อนนอกจากจะช่วยให้สารละลายระเหยไปแล้ว หมึกพิมพ์บางชนิดยังต้องอาศัยความร้อนเป็นตัวเร่งให้เกิดการทำปฏิกริยาเคมีของพอลิเมอร์ในหมึกด้วย แหล่งความร้อนที่นำมาใช้ เช่น หลอดอินฟาเรด เป็นต้น นอกจากนี้ก็ยังมีการแห้งตัวด้วยแสงยูวีในหมึกพวก UV Cure ด้วย

ระบบการพิมพ์หมุนย้อน (Reverse roll - Gravure)

ถือได้ว่าเป็นการประยุกต์การใช้งานของการพิมพ์ด้วยระบบกราเวียร์ที่มีอยู่เดิม โดยลักษณะเด่นของการพิมพ์ด้วยระบบ Reverse Roll ก็คือ ลูกกลิ้ง Screen และลูกกลิ้ง Impression จะมีทิศทางการหมุนย้อนทางกัน ดังที่ได้แสดงไว้ในรูป 3.1 โดยที่ความเร็วของลูกกลิ้งทั้ง 2 ลูกจะสามารถปรับตั้งได้อย่างเป็นอิสระต่อกัน โดยการใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนแยกออกจากกัน ความเร็วของลูกกลิ้งที่เปลี่ยนไปทำให้งานพิมพ์ที่ได้ มีความหนาบางของสีแตกต่างกันออกไปด้วย

ระบบ Reverse Roll นี้ ได้รับความนิยมเริ่มต้นมาจากโรงงานฟอกหนัง เนื่องจากพิมพ์ได้สีที่มีความหนา ซึ่งจะช่วยปกปิดร่องแผลของหนังที่ไม่ต้องการได้เป็นอย่างดี จากนั้นจึงได้มีการนำเอาการพิมพ์ในระบบนี้มาประยุกต์ใช้กับงานพิมพ์ชนิดอื่น ๆ

ภาคผนวก ข
การวัดสีโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมตรี

การผสมสีใด ๆ เราผสมได้โดยใช้แม่สี (Primaries) สามสีคือ สีแดง เขียว และน้ำเงิน ตามทฤษฎีของการผสมสีแบบเติมเต็ม (Additives) เมื่อผสมแม่สีทั้ง 3 สีนี้ด้วยปริมาณเท่า ๆ กัน จะได้สีขาว (ซึ่งต่างจากทฤษฎีสีแบบ Subtractive แม่สีผสมด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ จะเห็นเป็นสีใด ๆ ที่เรตินาของลูกตามนุษย์จะมีรอท (Rodes) และโคน (Cones) ซึ่งไวต่อแสงสีทั้งสามคือสีแดง เขียว และน้ำเงิน)

ปริมาณของแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน ที่รวมกันแล้วได้สีใดสีหนึ่ง เรียกว่าค่าไตรสติมูลัส (Tristimulus Values) ซึ่งเป็นค่าที่คงที่ สีหนึ่ง ๆ อัตราส่วนระหว่างทั้งสามสีจะคงที่เสมอ ไม่ว่าแสงนั้นจะมีความเข็มหรือสว่างมากน้อยเท่าใด

การวัดสีประกอบด้วย 3 เกณฑ์คือ

1. สีสัน (Hue) หมายถึง สีที่สะท้อนจากวัตถุเข้าตา แล้วมีความรู้สึกว่าเป็นสีแดง เขียว หรือ น้ำเงิน
2. ความสว่าง (Lightness หรือ Brightness) แสงสีที่สะท้อนอาจแลดูสว่างมากหรือน้อย ขึ้นกับปริมาณของแสงสีที่สะท้อนเข้าตา ความสว่างของสีนั้นเรียกว่า Lightness / Brightness
3. ความอิ่มตัว (Saturation) สีใด ๆ ที่สดใสหรือคล้ำ เราจะมีความรู้สึกว่าสีนั้นมีสีขาวเจือปนมากหรือน้อย ถ้าสีใดมีสีขาวปนน้อยย่อมจะดูสดใสกว่า เรียกว่ามีความอิ่มตัวของสีสูง <u>เกณฑ์ของสีสัน และความอิ่มตัวรวมกัน เรียกว่า Chromaticity</u>

<u>ค่าไตรสติมูลัสและค่าสัมประสิทธิ์ของไตรโครมาติก ตามระบบ CIE</u>

(Tristimulus Value and Trichromatic Coefficients)

สีใด ๆ ปริมาณของสีแดง เขียว และน้ำเงิน ที่ผสมกันนั้นเรียกว่า ค่าไตรสติมูลัส (Tristimulus Value) แทนค่านี้ด้วย <u>X , Y และ Z</u>

เมื่อ X เป็นค่าไตรสติมูลัสของสีแดง

Y เป็นค่าไตรสติมูลัสของสีเขียว

Z เป็นค่าไตรสติมูลัสของสีน้ำเงิน

ตามทฤษฎีของการผสมสีแบบเติมเต็ม (Additives)

X = Y = Z = 100 % = White

X = Y = Z = 100 % = Gray เช่น

X = Y = Z = 50 % = Gray1

X = Y = Z = 30 % = Gray2

อัตราส่วนของทั้ง 3 ค่าเท่ากัน แต่ค่าสัมบูรณ์ (Absolute Value) ต่างกัน สี(Hue)ทั้งสองเหมือนกันคือเป็นสีเทา แต่ความสว่าง (Lightness / Brightness) ไม่เท่ากัน การแสดงสีใด ๆ ด้วยค่า X , Y , Z จึงไม่สะดวกต้องแก้ไข โดยใช้ผลรวมของ X , Y , Z ให้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของไตรโครมาติก (Trichromatic Coefficients) หรือ โคออดิเนทของโครมาติกซิตี้ (Chromaticity Coordinates) แทนได้ด้วย X , Y , Z ดังนี้

X = X/(X + Y + Z)

Y = Y/(X + Y + Z)

Z = Z/(X + Y + Z)

ดังนั้นเมื่อรวมทั้ง 3 สมการ จะได้ X + Y + Z = 1

จากผลรวมคงที่เท่ากับ 1 เมื่อทราบค่า 2 ค่าใด ๆ จะหาอีกค่าหนึ่งได้จากสมการ จึงลดจากค่า 3 มิติได้เป็น 2 มิติเท่านั้น ซึ่งสะดวกในการเขียนกราฟ ดังนั้นใช้เฉพาะค่า X และ Y เพียงคู่เดียวเป็นตัวบอกสี(Hue) หนึ่ง ๆ ได้ และใช้ค่า Y อีกตัวหนึ่งเป็นตัวบอกความสว่าง (Luminance หรือ Brightness)

ถ้า Y เข้าใกล้ 100 สีค่อนข้างสว่าง (Bright)

ถ้า Y เข้าใกล้ 0 สีค่อนข้างมืด (Dark)

ตัวอย่างเช่น X1 = 15.50 Y1 = 24.19 Z1 = 22.64

X1 = 25.26 Y1 = 39.42 Z1 = 36.89

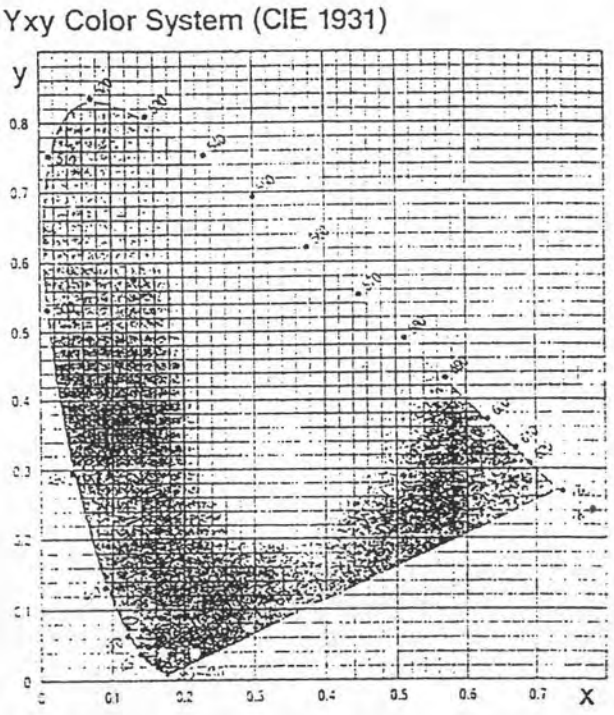
ค่าไตรสติมูลัสทั้งสองชุดไม่สามารถบอกได้ว่าสีทั้งสองมีสี (Hue) เดียวกันหรือไม่ แต่ถ้าเปลี่ยนเป็นสัมประสิทธิ์ของไตรโครมาติกซิตี้

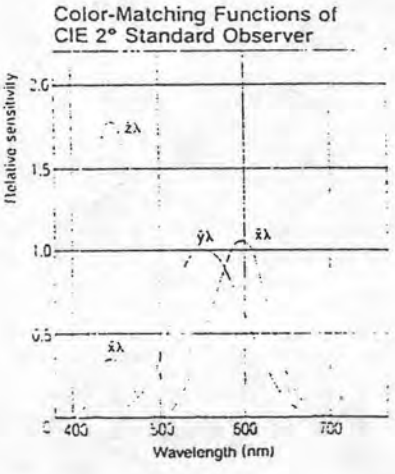
X1 = 0.2487 Y1 = 0.3881 Z1 = 24.19

X1 = 0.2487 Y1 = 0.3881 Z1 = 39.42

จะเห็นว่าสีทั้งสองมีสีเดียวกัน แต่สีที่สองมีความสว่างมากกว่า (Y1 > Y2)

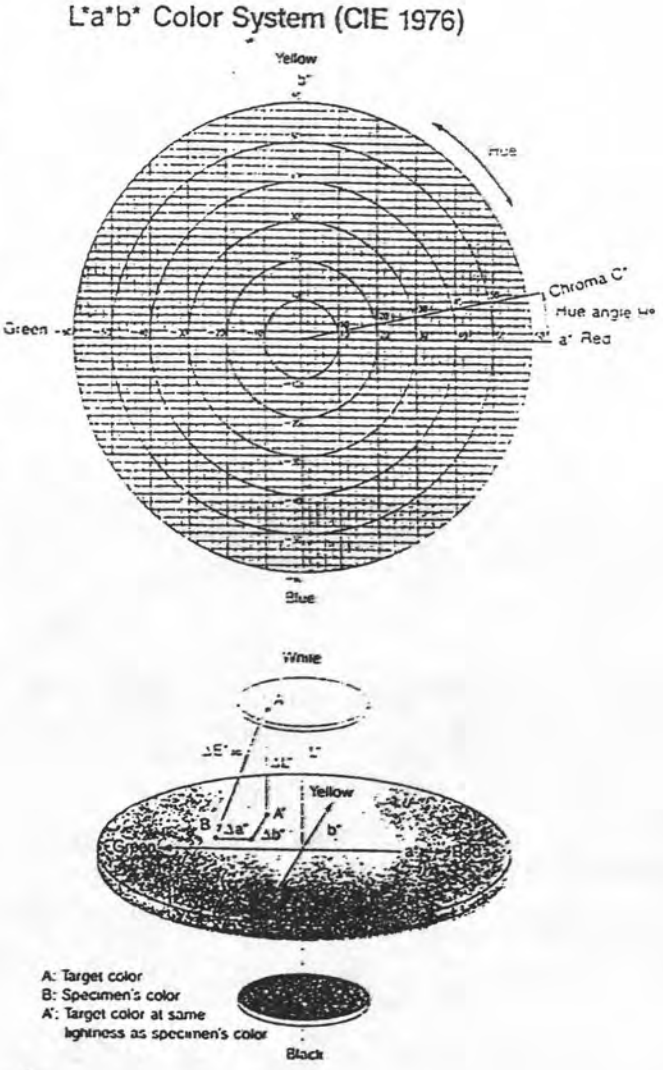
รูปที่ ข .1 แสดงตำแหน่งของสีในระบบ Yxy Color System





รูปที่ ข.3 แสดงการสะท้อนแสงของสี ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ

รูปที่ ข.2 แสดงตำแหน่งของสีตาม ระบบ CIE L*a*b*



3

จากสมการ $X + Y + Z = 1$

ดังนั้น $X + Y = 1 - Z$

เพราะฉะนั้น $X + Y <= 1$

และค่า $X , Y <= 1$ (น้อยกว่า 1 เสมอ)

เมื่อเขียนกราฟแสดงค่า ระหว่าง X และ Y จุดของสีบนกราฟจะมีขีดจำกัดอยู่ในรูปสามเหลี่ยมเท่านั้น จุดนอกเหนือจากนั้นจะไม่มีสี

<u>การหาค่าความแตกต่างของสี (Color Difference) ในระบบ CIE L*a*b*</u>

ความแตกต่างของสี หรือ E คือความแตกต่างระหว่างสีสองสี หรือระยะระหว่างจุดสองจุดในแผนภูมิสี (Color Chart) โดยมากจะเทียบหมึกที่ทดสอบกับหมึกมาตรฐาน การหา E ใช้หลักของCIE L*a*b* ซึ่งเปลี่ยนโคออดิเนท (Coordinate) จาก X , Y , Z เป็น L*, a* , b* มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นแรกเปลี่ยนค่า X , Y , Z เป็น X*, Y*, Z* เพื่อเลื่อนแสงสว่าง (Illuminant) ให้เป็นค่าสติมูลัสที่ไม่มีสี (Achromatic Stimulus) ส่วนใหญ่ใช้ D65 เป็นสีขาวอุดมคติ (Ideal White) ซึ่งไม่เป็น 100 , 100 , 100 แต่เป็น 95 , 100 , 108 ตามตาราง

ตารางแสดงค่า สมมุติว่าแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐานมี Y = 100 การวัดสีของแหล่งกำเนิดแสงแสดงได้ดังนี้

ค่าสีของแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน

	C	D65
X	98.070	95.021
Y	100.000	100.000
Z	118.224	108.825
X	0.3101	0.3127
Y	0.3162	0.3290

และสีเทามีค่าเป็น 49 , 50 , 54 เพื่อเลื่อนกลับไปเป็นแสงสว่าง C ให้เป็นสีเทาที่เป็นกลาง (Neutral Gray) และเพื่อให้ค่าไตรสติมูลัสเท่า ๆ กัน

ถ้าแสงสว่าง D65 และ Xn = 94.81 Yn = 100.00 Zn = 107.34

$X^* = X / Xn$

$Y^* = Y / Yn$ ใช้ได้เมื่อมีค่ามากกว่า 0.01

$Z^* = Z / Zn$

ดังนั้นสีขาวสมบูรณ์ (Perfect White) $X^* = Y^* = Z^* = 1$

และสีเทา (Gray) $X^* = Y^* = Z^*$

จากนั้นเปลี่ยน X^*, Y^*, Z^* เป็น L^*, a^*, b^*

$$L^* = 116 * \sqrt[3]{Y^*} - 16$$

ถ้า $Y^* = 1$

ดังนั้น $L^*max = 100 = White$

$$a^* = 500 (\sqrt[3]{X^*} - \sqrt[3]{Y^*})$$

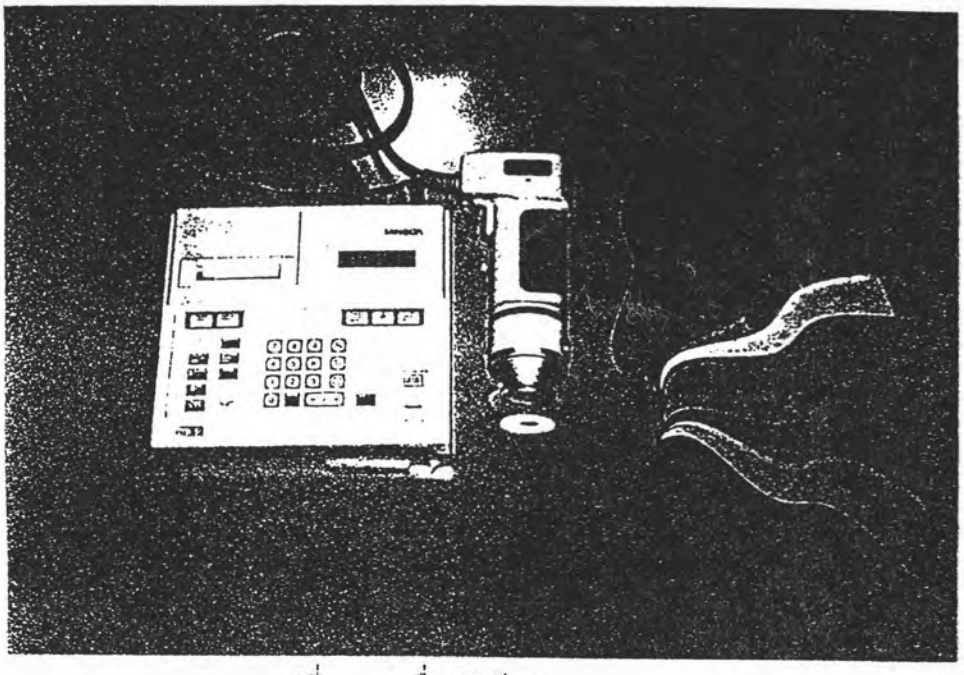
$$b^* = 200 (\sqrt[3]{Y^*} - \sqrt[3]{Z^*})$$

สีเทาที่มี $X^* = Y^* = Z^*$ ทำให้ค่าในวงเล็บเท่ากับ 0

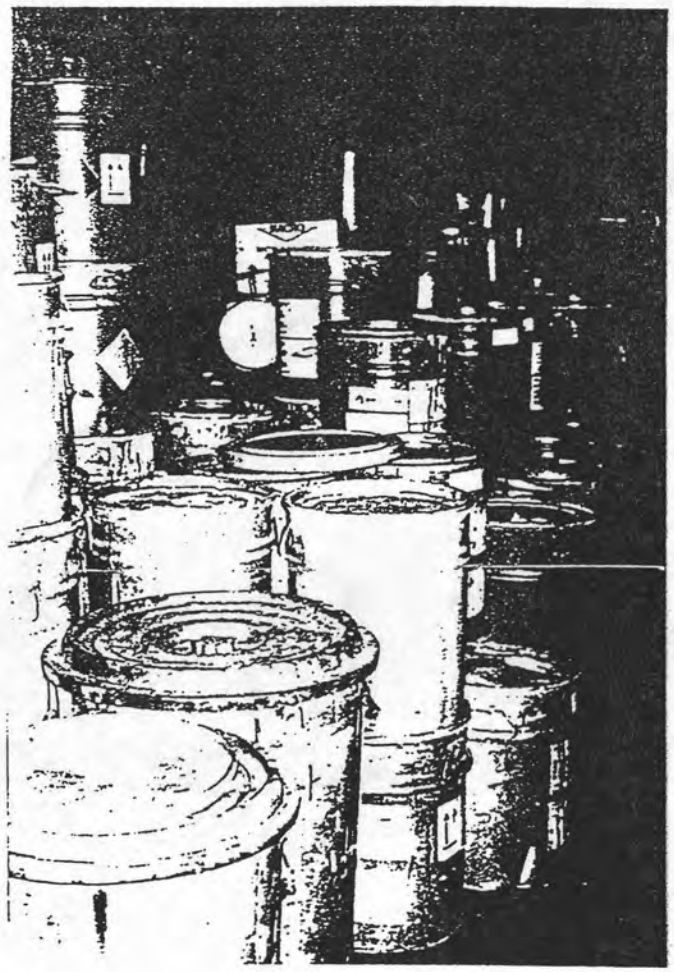
กรณีของสีอื่น a^* หรือ b^* อาจมีค่าเป็นลบได้

หมายเหตุ เครื่องวัดสี Chroma meter ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ก็อาศัยหลักการทำงานและทฤษฎีของสีเช่นเดียวกับเครื่องสเปกโตรโฟโตเมตรีเช่นกัน

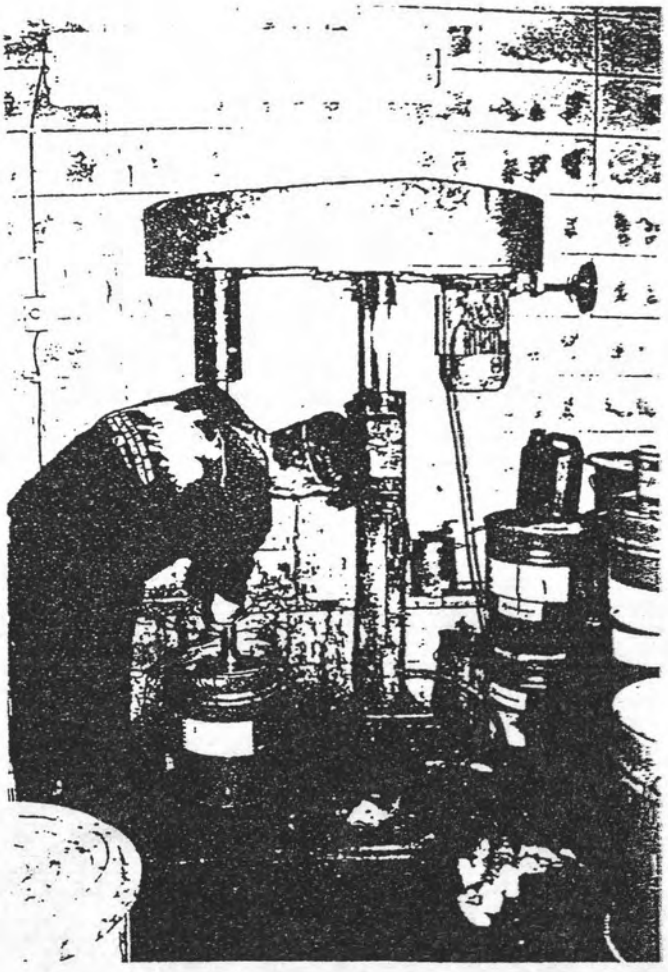
ภาคผนวก ค
รูปของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพิมพ์



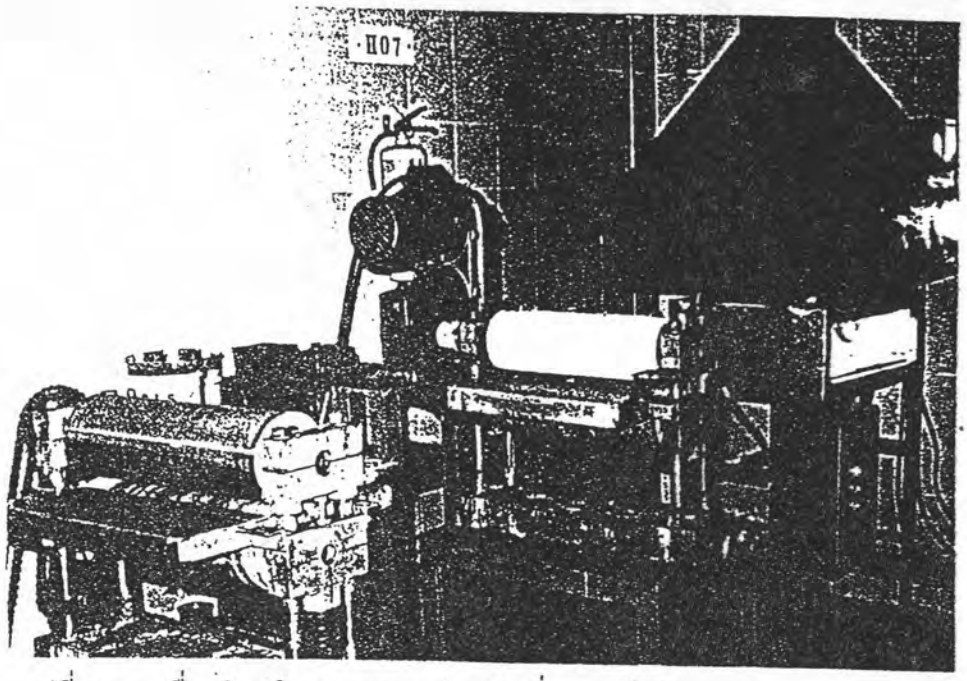
รูปที่ ค.1 เครื่องวัดสี Chroma meter



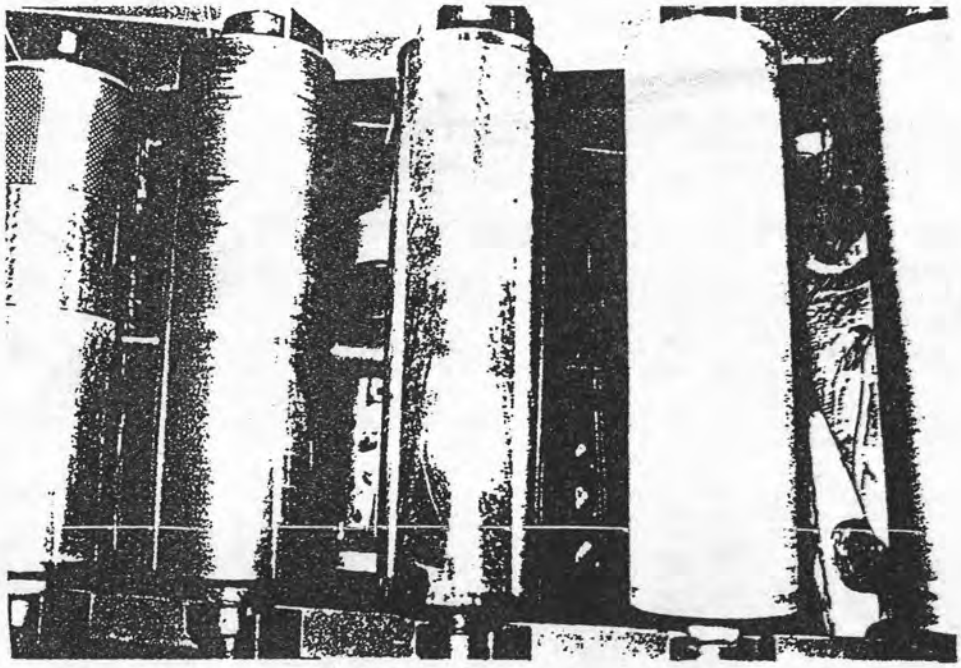
รูปที่ ค.2 Stock ของวัตถุดิบ
ที่ใช้ผสมสี



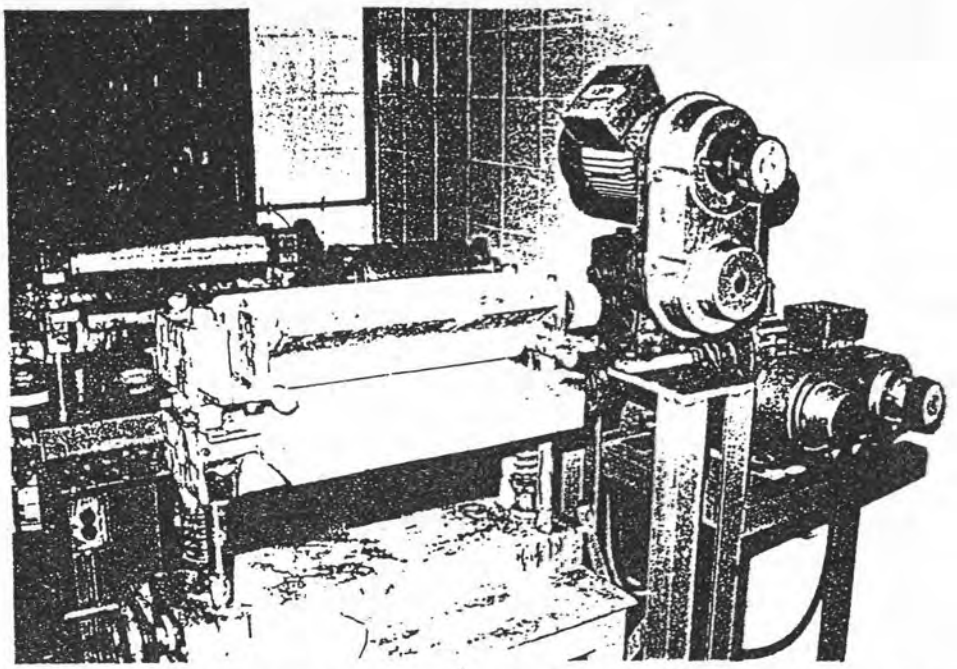
รูปที่ ค.3 เครื่องผสมสี (Mixer)



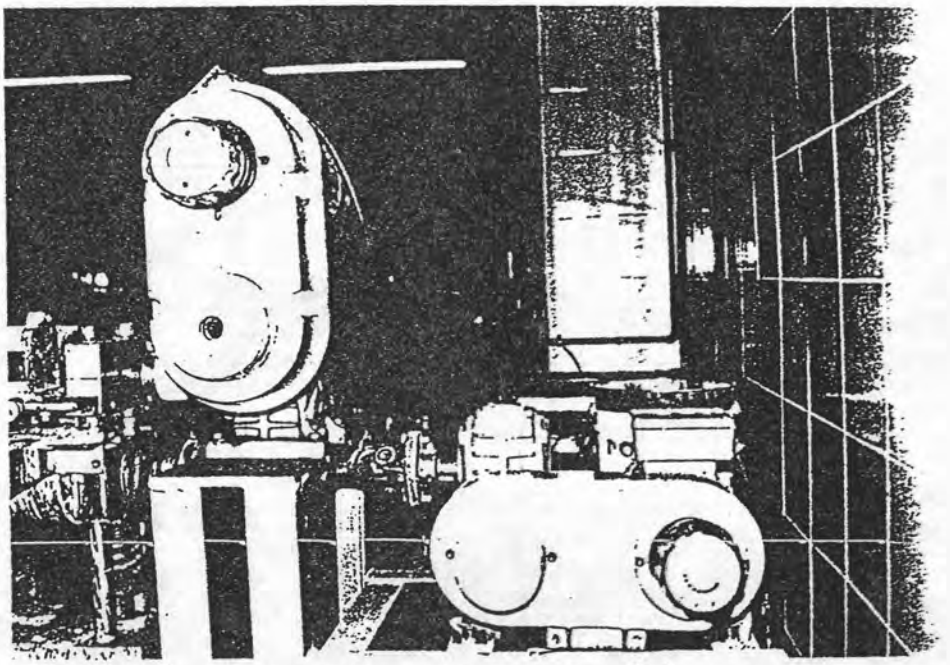
รูปที่ ค.4 เครื่องพิมพ์ใน Lab และอุปกรณ์เครื่องอบแห้งด้วยแสงอินฟาเรด (IRK)



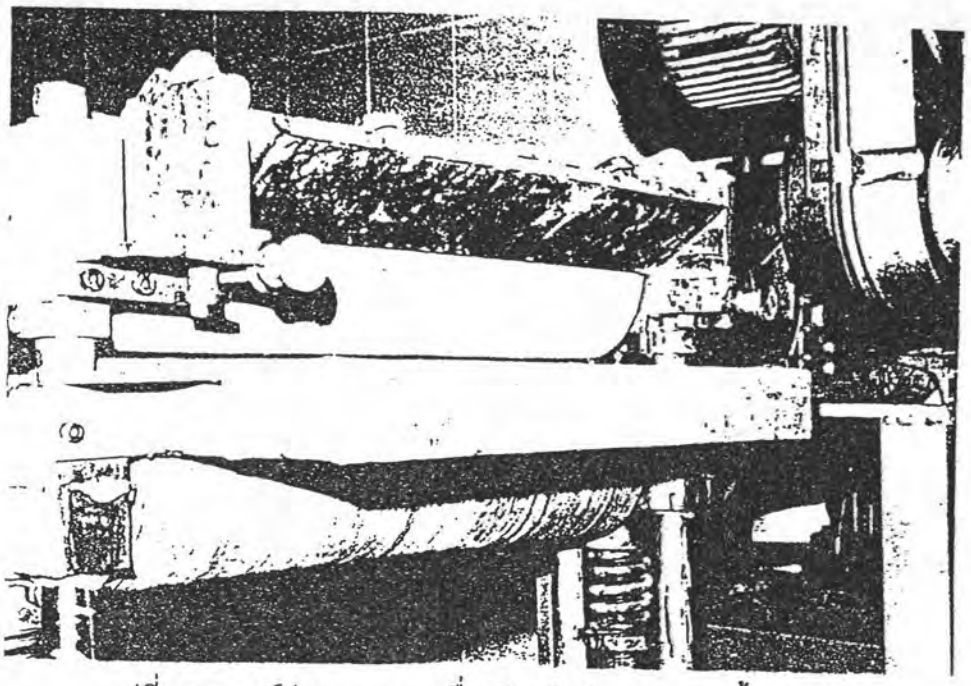
รูปที่ ค.5 ลูกกลิ้งสกรีนแบบต่างๆ



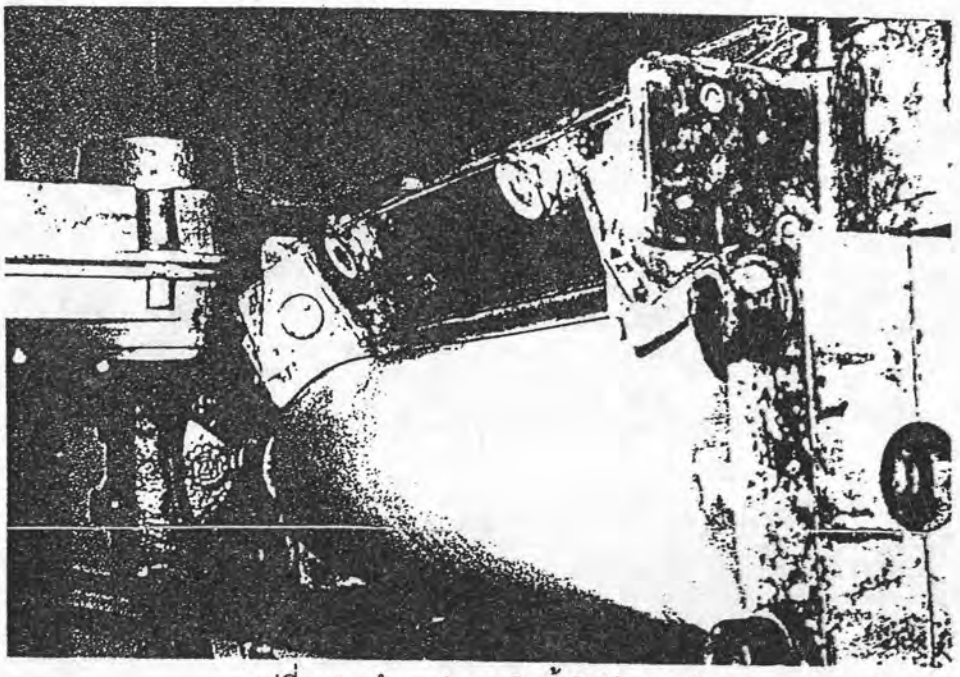
รูปที่ ค.6 ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องพิมพ์ระบบ REVERSE ROLL - GRAVURE



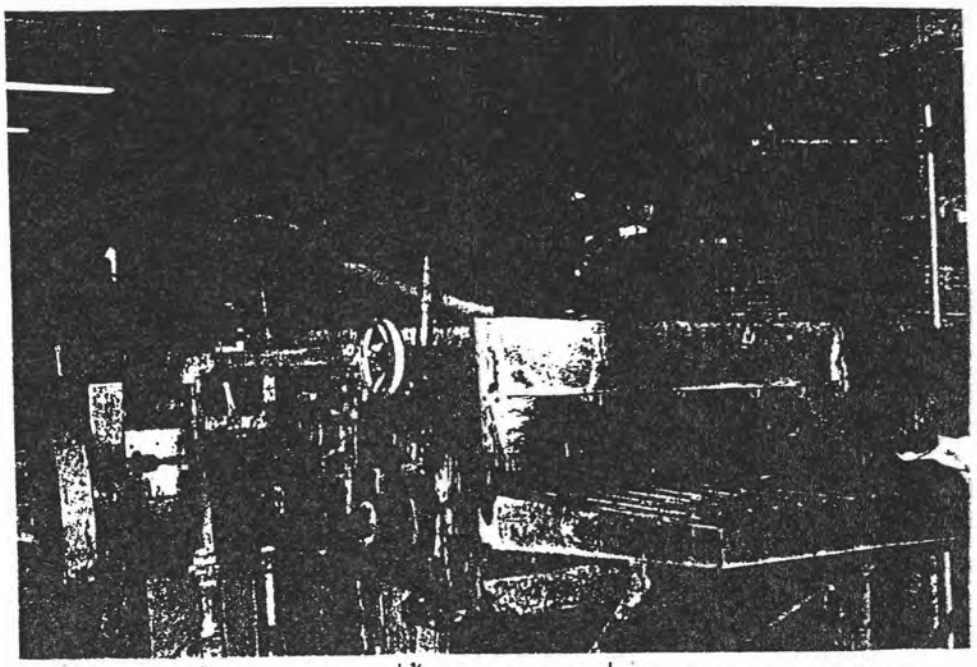
รูปที่ ค.7 อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่แยกกันระหว่าง
ลูกกลิ้งScreen และลูกลิ้ง Impression



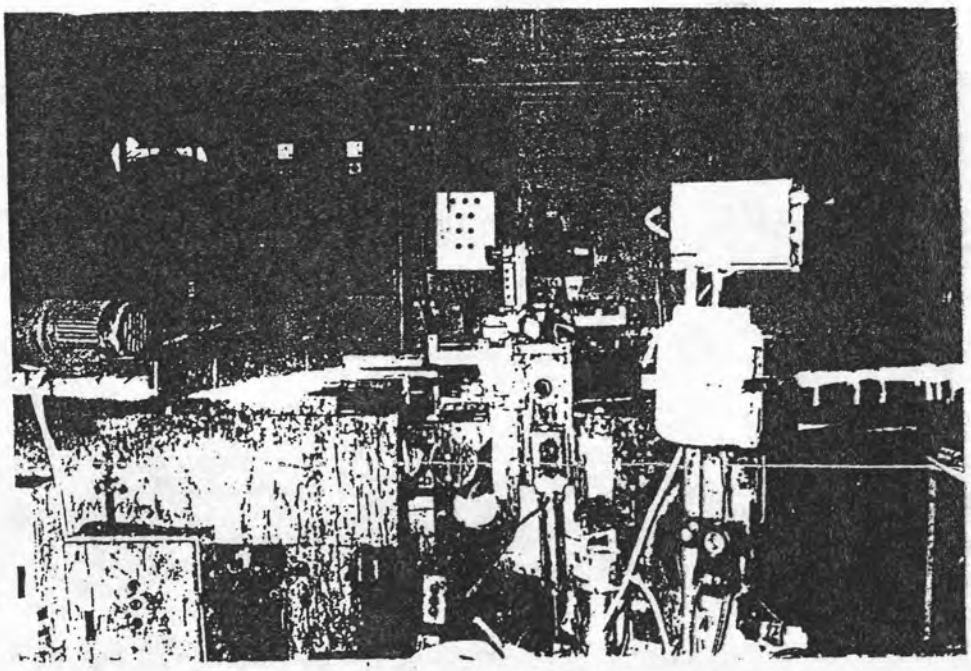
รูปที่ ค.8 องค์ประกอบของเครื่องพิมพ์ในส่วนของ ลูกกลิ้งScreen ลูกกลิ้งImpression และใบมีดปาดสี (Doctor Blade)



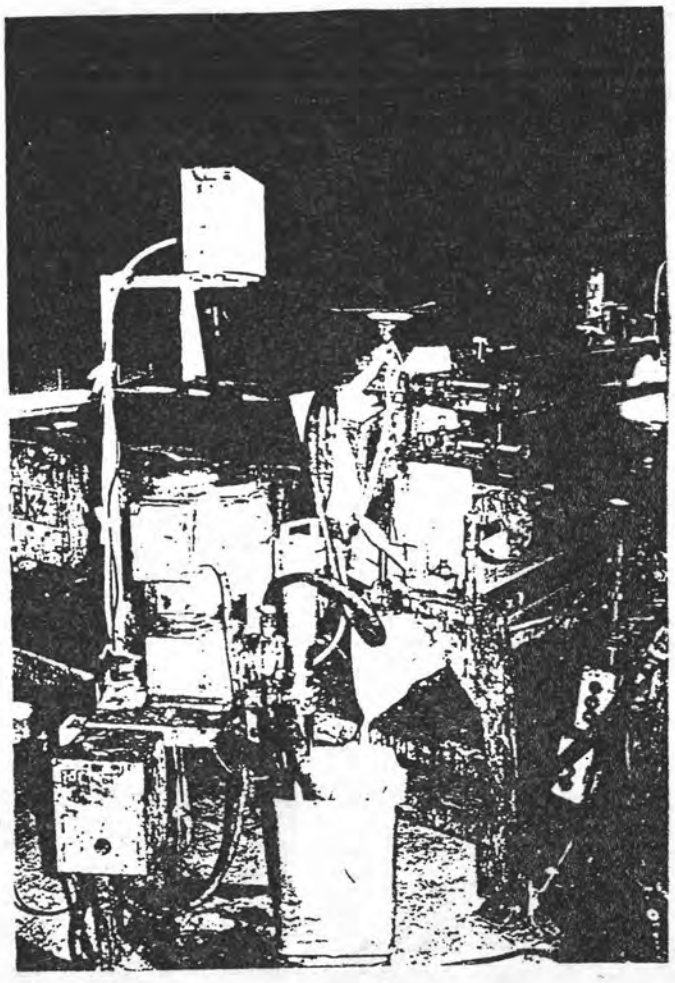
รูปที่ ค.9 ตำแหน่งการติดตั้งใบมีดปาดสี



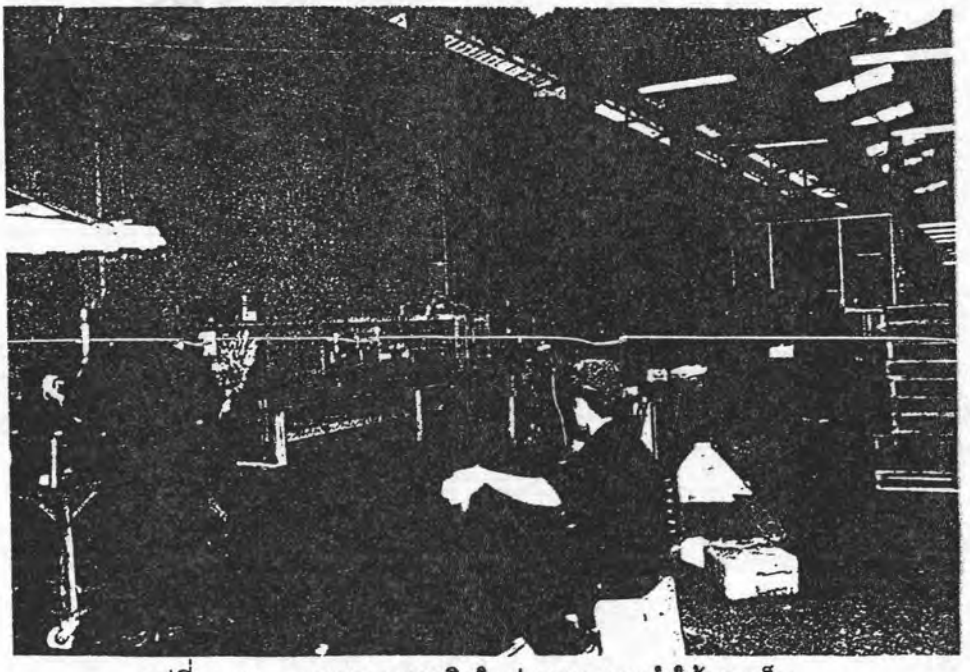
รูปที่ ค.10 เครื่องล้างหน้ายางที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นของกระบวนการพิมพ์



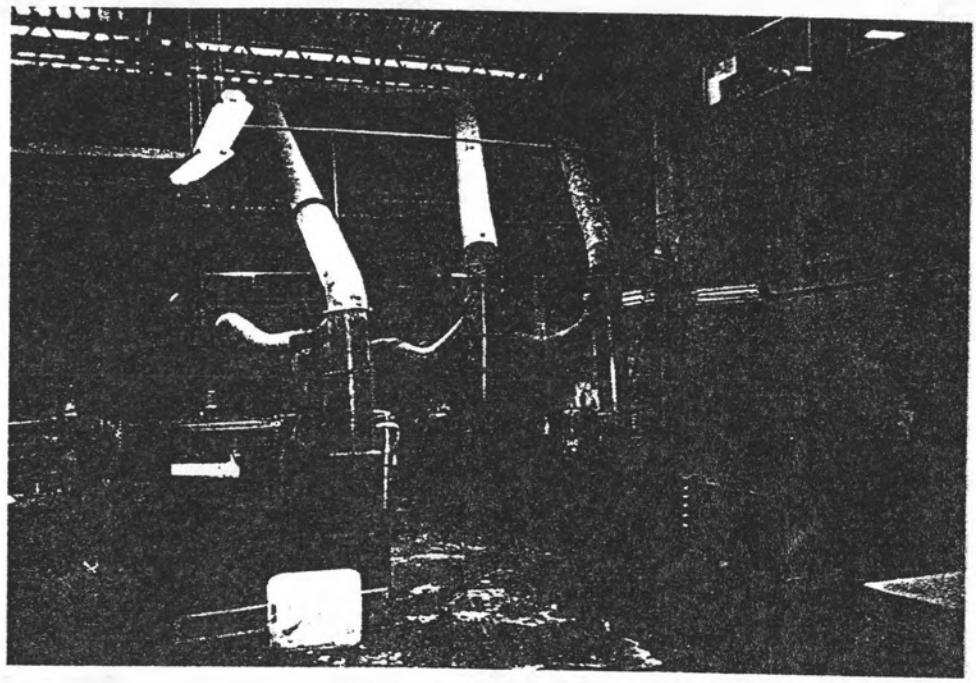
รูปที่ ค.11 กระบวนการพิมพ์ แสดงให้เห็นถึงส่วนของเครื่องพิมพ์ สายพานลำเลียง อุปกรณ์อบแห้ง(IRK) และเครื่องควบความหนืดของสีแบบอัตโนมัติ



รูปที่ ค.12 เครื่องพิมพ์ แสดงอุปกรณ์ ในส่วนของปั๊มสีที่ใช้ และเครื่องควบคุมความหนืดของสีแบบอัตโนมัติ



รูปที่ ค.13 กระบวนการผลิตในส่วนของการทำให้ยางเย็นและการเกรดยางที่พิมพ์ได้



รูปที่ ค.14 เครื่องขัดหลังยาง (Buff)

ภาคผนวก ง
การเก็บตัวอย่างค่าอ้างอิงของสี

	COLOR # 01				COLOR # 02				COLOR # 03		
sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b
1	35.21	2.77	1.69	1	63.36	1.89	4.61	1	60.73	2.19	7.44
2	35.47	2.78	1.60	2	63.21	1.89	4.78	2	60.62	2.12	7.42
3	35.36	2.73	1.58	3	63.52	1.97	4.20	3	60.40	2.18	7.52
4	35.38	2.72	1.61	4	63.26	1.87	4.64	4	60.52	2.07	7.42
5	35.36	2.75	1.62	5	63.34	1.91	4.56	5	60.57	2.14	7.45
6	35.83	2.58	1.53	6	61.65	2.14	8.49	6	59.50	2.76	8.47
7	35.88	2.60	1.42	7	61.49	2.14	8.39	7	59.67	2.51	8.55
8	35.90	2.52	1.55	8	61.72	2.19	8.14	8	59.35	2.63	8.61
9	35.67	2.53	1.47	9	61.74	2.15	7.84	9	59.23	2.58	8.46
10	35.82	2.56	1.49	10	61.65	2.16	8.22	10	59.44	2.62	8.52
11	35.57	2.55	1.23	11	62.58	1.77	4.44	11	65.62	2.15	8.66
12	35.78	2.56	1.35	12	62.34	1.66	4.91	12	65.13	2.22	8.46
13	35.95	2.54	1.25	13	62.35	1.62	4.47	13	65.13	2.19	8.50
14	35.78	2.53	1.32	14	62.34	1.64	4.65	14	65.42	2.21	8.69
15	35.77	2.55	1.29	15	62.40	1.67	4.62	15	65.33	2.19	8.58
16	35.70	2.64	1.20	16	65.02	2.24	8.50	16	61.61	2.55	7.70
17	35.50	2.56	1.60	17	65.25	2.34	8.76	17	62.36	2.62	7.92
18	35.81	2.66	1.46	18	65.27	2.22	8.73	18	61.82	2.59	7.18
19	35.42	2.72	1.52	19	64.91	2.34	8.43	19	62.00	2.56	7.50
20	35.61	2.65	1.45	20	65.11	2.29	8.61	20	61.95	2.58	7.58
Mean	35.64	2.62	1.46	Mean	63.13	2.00	6.50	Mean	61.82	2.38	8.03
Stdev	0.22	0.09	0.15	Stdev	1.33	0.25	1.97	Stdev	2.28	0.23	0.55
Minimum	35.21	2.52	1.20	Minimum	61.49	1.62	4.20	Minimum	59.23	2.07	7.18
Maximum	35.95	2.78	1.69	Maximum	65.27	2.34	8.76	Maximum	65.62	2.76	8.69

	COLOR # 04				COLOR # 05				COLOR # 06		
sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b
1	55.56	3.60	22.57	1	71.29	4.06	19.52	1	70.20	2.39	19.25
2	56.89	4.50	20.37	2	72.55	2.65	17.67	2	73.35	1.86	18.50
3	56.56	4.88	20.53	3	71.19	4.07	19.28	3	75.12	1.82	20.96
4	57.67	5.12	21.66	4	71.52	3.68	18.88	4	70.11	2.41	19.10
5	58.20	4.74	21.90	5	71.79	3.47	17.59	5	73.05	1.90	18.42
6	56.60	5.20	22.88	6	72.64	3.69	19.19	6	74.41	1.98	20.99
7	56.90	3.63	21.39	7	73.93	3.39	18.91	7	75.04	1.56	21.09
8	57.89	3.96	20.20	8	71.39	3.74	18.52	8	70.48	2.38	18.70
9	58.12	4.15	22.50	9	70.89	2.89	18.72	9	73.67	3.74	19.37
10	57.87	5.12	20.03	10	71.37	4.11	18.07	10	73.42	1.65	20.20
11	58.40	3.66	22.56	11	72.43	3.21	19.42	11	74.36	2.38	18.63
12	56.50	4.42	21.18	12	71.18	3.89	18.27	12	70.20	2.73	21.01
13	55.40	4.91	22.76	13	72.09	3.89	18.98	13	75.31	1.80	20.73
14	57.55	4.58	21.89	14	73.42	2.78	17.84	14	72.79	1.93	21.11
15	56.94	5.15	20.14	15	71.46	4.08	19.54	15	71.56	2.36	19.88
16	57.12	5.50	22.45	16	72.48	2.75	17.78	16	73.33	2.30	18.45
17	55.55	5.13	21.48	17	73.76	4.01	18.80	17	74.21	3.25	19.42
18	57.17	4.02	20.05	18	71.24	3.25	18.23	18	70.11	3.26	21.33
19	56.89	4.77	21.78	19	71.43	3.33	17.45	19	72.23	2.22	20.81
20	56.10	4.41	21.06	20	72.55	3.60	17.99	20	72.47	1.45	20.34
Mean	56.99	4.57	21.47	Mean	72.03	3.53	18.53	Mean	72.77	2.27	19.91
Stdev	0.89	0.58	0.98	Stdev	0.90	0.48	0.68	Stdev	1.79	0.60	1.05
Minimum	55.40	3.60	20.03	Minimum	70.89	2.65	17.45	Minimum	70.11	1.45	18.42
Maximum	58.40	5.50	22.88	Maximum	73.93	4.11	19.54	Maximum	75.31	3.74	21.33

	COLOR # 07				COLOR # 08				COLOR # 09		
sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b
1	34.20	7.65	9.36	1	49.99	8.61	22.22	1	56.43	5.41	21.40
2	34.76	8.14	9.45	2	48.58	9.53	21.56	2	56.52	4.98	22.23
3	35.12	8.22	9.45	3	50.39	9.38	23.00	3	54.23	4.24	21.87
4	34.91	7.89	9.29	4	50.39	9.06	22.67	4	55.48	3.09	23.40
5	34.82	8.04	9.48	5	48.79	9.44	21.47	5	56.51	4.43	22.23
6	34.32	7.63	9.36	6	50.20	8.72	22.40	6	56.20	5.57	22.00
7	34.83	7.77	9.34	7	50.51	9.25	22.90	7	56.54	5.03	22.24
8	34.90	8.25	9.56	8	48.71	9.49	21.47	8	55.80	3.09	23.24
9	35.50	8.18	9.85	9	50.08	8.76	22.38	9	56.43	4.94	22.30
10	34.92	7.86	9.35	10	48.31	9.25	21.15	10	56.22	5.54	21.79
11	34.12	7.61	9.28	11	49.84	8.72	22.15	11	55.62	3.16	23.60
12	34.90	8.21	9.80	12	50.44	9.29	22.89	12	54.33	3.84	22.68
13	35.10	7.99	9.30	13	48.38	9.39	21.38	13	56.48	5.20	22.47
14	34.94	8.26	9.52	14	49.99	8.66	22.23	14	56.56	5.16	23.49
15	35.00	8.02	9.48	15	48.46	9.41	21.40	15	55.75	4.34	23.50
16	34.12	7.63	9.36	16	50.26	9.28	22.56	16	56.50	5.41	21.45
17	34.91	8.16	9.50	17	48.80	9.54	21.61	17	55.63	3.05	23.59
18	35.35	8.40	9.10	18	50.05	8.71	22.26	18	54.23	4.04	20.90
19	35.33	8.66	9.65	19	50.46	9.20	22.65	19	56.16	5.17	22.58
20	34.93	8.21	9.40	20	49.89	9.18	21.38	20	56.35	5.52	21.82
Mean	34.85	8.04	9.44	Mean	49.63	9.14	22.09	Mean	55.90	4.56	22.44
Stdev	0.39	0.29	0.18	Stdev	0.82	0.32	0.60	Stdev	0.79	0.90	0.81
Minimum	34.12	7.61	9.10	Minimum	48.31	8.61	21.15	Minimum	54.23	3.05	20.90
Maximum	35.50	8.66	9.85	Maximum	50.51	9.54	23.00	Maximum	56.56	5.57	23.60

	COLOR # 12				COLOR # 13				COLOR # 14		
sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b
1	39.02	9.82	20.55	1	32.89	13.65	13.50	1	26.07	7.37	6.09
2	39.58	10.78	20.84	2	31.54	12.84	12.25	2	25.94	7.29	5.88
3	39.96	8.73	21.14	3	32.04	13.01	12.68	3	26.16	7.83	6.16
4	38.50	8.94	21.70	4	32.98	14.02	13.94	4	25.94	7.14	5.77
5	38.88	10.45	20.61	5	31.58	12.69	12.03	5	26.44	7.41	5.98
6	39.12	11.02	22.42	6	32.16	13.11	12.57	6	25.90	6.84	5.67
7	38.78	10.92	20.88	7	32.68	13.60	13.37	7	25.99	7.10	5.81
8	38.80	10.45	19.98	8	32.26	13.24	12.97	8	27.20	7.83	6.20
9				9	32.31	13.54	13.13	9	26.09	7.61	6.04
10				10	31.85	13.73	11.88	10	25.59	7.13	5.90
11				11	31.88	12.82	11.45	11	25.40	6.90	5.74
12				12	31.93	12.67	12.21	12	26.25	7.53	6.42
13				13	31.99	12.79	12.66	13	26.89	6.99	6.90
14				14	33.11	13.02	13.66	14	26.69	7.43	6.07
15				15	32.12	13.73	12.60	15	26.31	7.21	6.28
16				16	30.88	14.42	11.77	16	27.33	6.99	5.63
17				17	32.56	14.14	11.48	17	26.84	6.46	5.54
18				18	31.25	13.33	12.08	18	25.44	6.89	5.69
19				19	31.56	12.25	12.69	19	25.92	7.70	7.01
20				20	32.32	13.65	13.09	20	26.38	7.84	6.40
Mean	39.08	10.14	21.02	Mean	32.09	13.31	12.60	Mean	26.24	7.27	6.06
Stdev	0.47	0.89	0.75	Stdev	0.58	0.56	0.71	Stdev	0.54	0.38	0.40
Minimum	38.50	8.73	19.98	Minimum	30.88	12.25	11.45	Minimum	25.40	6.46	5.54
Maximum	39.96	11.02	22.42	Maximum	33.11	14.42	13.94	Maximum	27.33	7.84	7.01

	COLOR # 15				COLOR # 16				COLOR # 19		
sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b
1	24.88	2.62	2.85	1	34.63	7.71	13.29	1	28.01	-3.54	-4.08
2	25.50	3.04	3.14	2	35.44	7.72	14.15	2	27.46	-3.05	-4.01
3	26.33	2.95	3.45	3	36.76	7.56	14.77	3	26.63	-3.32	-3.43
4	24.44	3.28	3.47	4	33.95	7.36	12.17	4	27.92	-3.63	-3.86
5	25.16	3.13	3.29	5	33.87	7.56	13.33	5	27.51	-3.38	-3.85
6	24.90	3.15	3.41	6	34.67	7.58	13.63	6	27.03	-3.55	-3.81
7	24.57	3.07	3.14	7	35.03	7.57	13.66	7	27.21	-3.56	-3.90
8	26.10	2.78	2.89	8	34.00	7.88	14.21	8	27.48	-3.68	-3.33
9	24.85	2.95	3.07	9	34.55	7.33	12.55	9	28.80	-2.40	-4.12
10	25.90	3.18	3.24	10	34.56	7.59	14.80	10	27.63	-3.30	-3.79
11	25.55	3.03	3.33	11	36.71	7.49	14.81	11	27.93	-3.78	-4.36
12	25.40	3.19	3.31	12	34.58	7.90	13.27	12	27.53	-3.64	-4.00
13	25.13	2.99	3.35	13	35.00	7.99	13.82	13	26.89	-2.90	-3.11
14	24.56	3.14	3.25	14	35.04	7.71	14.14	14	27.70	-3.22	-3.67
15	25.45	2.82	2.99	15	36.88	7.48	14.93	15	27.51	-3.39	-3.79
16	24.60	3.17	3.21	16	33.92	7.31	12.75	16	29.40	-4.10	-3.20
17	24.32	3.08	3.44	17	34.41	7.63	13.42	17	28.78	-3.20	-4.10
18	25.30	2.50	2.88	18	33.77	7.55	13.66	18	27.91	-3.57	-3.20
19	25.16	2.86	3.15	19	34.58	7.88	12.43	19	28.50	-3.56	-3.50
20	24.85	2.90	3.17	20	34.17	7.59	13.07	20	28.65	-3.61	-3.50
Mean	25.15	2.99	3.20	Mean	34.83	7.62	13.64	Mean	27.82	-3.42	-3.73
Stdev	0.55	0.20	0.19	Stdev	0.95	0.19	0.82	Stdev	0.70	0.36	0.35
Minimum	24.32	2.50	2.85	Minimum	33.77	7.31	12.17	Minimum	26.63	-4.10	-4.36
Maximum	26.33	3.28	3.47	Maximum	36.88	7.99	14.93	Maximum	29.40	-2.40	-3.11

	COLOR # 32				COLOR # 34				COLOR # 35		
sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b
1	63.59	4.30	16.37	1	66.24	4.94	19.03	1	70.50	3.39	17.72
2	64.42	4.43	16.86	2	67.11	5.73	21.06	2	70.79	3.49	17.75
3	63.38	4.29	16.56	3	66.97	5.61	20.42	3	73.40	2.80	17.31
4	64.70	4.49	17.10	4	67.98	5.02	20.94	4	73.03	2.71	16.68
5	63.81	4.34	16.69	5	68.10	5.04	21.02	5	70.91	2.96	17.26
6	64.61	4.49	17.11	6	67.21	5.80	20.54	6	74.45	2.76	19.01
7	64.75	4.41	17.09	7	67.07	5.75	20.99	7	74.63	2.96	19.32
8	63.98	4.34	16.59	8	66.45	4.95	19.06	8	74.29	2.90	19.18
9	64.72	4.44	16.92	9	66.29	4.96	19.06	9	70.77	3.09	17.46
10	63.64	4.39	16.40	10	66.76	5.37	19.91	10	72.57	2.84	17.07
11	63.96	4.31	16.48	11	67.48	5.72	21.07	11	73.51	2.94	17.59
12	64.67	4.42	16.89	12	67.41	5.67	20.52	12	71.10	3.28	17.31
13	63.78	4.35	16.66	13	68.11	5.15	21.04	13	70.61	3.40	17.80
14	64.45	4.50	17.00	14	68.09	5.03	20.95	14	71.48	3.51	17.89
15	64.22	4.40	16.76	15	67.77	5.39	20.90	15	71.68	3.28	17.65
16	62.22	4.10	16.00	16	65.91	4.92	19.04	16	73.23	3.18	17.85
17	64.40	4.89	16.50	17	67.03	5.73	20.96	17	72.25	2.98	17.25
18	64.20	4.04	17.81	18	66.24	4.95	19.02	18	70.32	3.19	17.83
19	63.32	4.78	17.42	19	67.17	5.76	21.05	19	73.74	2.71	17.20
20	63.54	4.45	16.93	20	66.59	5.34	20.02	20	72.39	3.02	17.53
Mean	64.02	4.41	16.81	Mean	67.10	5.34	20.33	Mean	72.28	3.07	17.73
Stdev	0.63	0.19	0.40	Stdev	0.68	0.35	0.83	Stdev	1.44	0.26	0.69
Minimum	62.22	4.04	16.00	Minimum	65.91	4.92	19.02	Minimum	70.32	2.71	16.68
Maximum	64.75	4.89	17.81	Maximum	68.11	5.80	21.07	Maximum	74.63	3.51	19.32

	COLOR # 36				COLOR # 37				COLOR # 39		
sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b
1	36.68	4.55	7.08	1	30.32	2.74	5.80	1	35.06	-0.84	1.06
2	34.24	2.51	5.24	2	31.97	2.49	4.78	2	35.33	-0.87	1.19
3	36.50	4.53	6.92	3	30.33	2.92	5.83	3	35.79	-0.80	0.95
4	36.73	3.46	7.18	4	30.05	2.61	4.45	4	35.33	-0.85	1.22
5	34.50	2.52	5.15	5	29.98	2.64	5.65	5	35.48	-0.91	1.06
6	31.88	3.44	5.31	6	29.45	2.36	4.19	6	34.43	-1.11	-0.77
7	32.61	2.45	6.92	7	29.66	2.78	5.70	7	33.17	-0.89	-1.26
8	36.44	4.39	7.22	8	29.91	2.77	5.67	8	34.24	-0.98	-0.74
9	35.48	3.23	6.89	9	30.06	2.54	4.39	9	33.88	-0.94	-1.25
10	33.20	4.15	6.54	10	29.77	2.61	4.99	10	33.93	-0.98	-1.01
11	33.28	2.13	5.55	11	30.24	2.89	5.78	11	33.33	-0.79	-1.82
12	34.56	2.63	5.68	12	31.70	2.69	4.85	12	35.50	-0.15	1.20
13	31.12	2.87	5.31	13	30.43	2.78	5.76	13	34.55	-0.45	1.15
14	35.26	3.66	7.11	14	29.93	2.70	4.38	14	35.53	-1.42	-1.13
15	33.66	3.24	6.45	15	29.56	2.78	5.70	15	34.73	-0.70	-0.15
16	34.78	4.15	6.25	16	29.81	2.70	5.68	16	33.83	-0.78	-0.45
17	36.00	4.40	5.42	17	29.47	2.31	4.19	17	34.43	-0.28	-1.78
18	33.23	2.36	6.88	18	29.40	3.20	4.90	18	35.68	-1.28	-0.08
19	33.75	2.56	6.73	19	29.99	3.25	4.09	19	35.54	-1.10	-0.45
20	34.69	3.60	7.14	20	29.67	2.87	4.72	20	34.87	-0.86	-0.69
Mean	34.43	3.34	6.35	Mean	30.08	2.73	5.07	Mean	34.73	-0.85	-0.19
Stdev	1.61	0.81	0.77	Stdev	0.67	0.23	0.65	Stdev	0.81	0.30	1.08
Minimum	31.12	2.13	5.15	Minimum	29.40	2.31	4.09	Minimum	33.17	-1.42	-1.82
Maximum	36.73	4.55	7.22	Maximum	31.97	3.25	5.83	Maximum	35.79	-0.15	1.22

	COLOR # 42				COLOR # 43				COLOR # 44		
sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b
1	60.20	1.86	22.23	1	59.99	3.07	17.09	1	67.29	2.37	14.80
2	61.12	1.95	22.45	2	62.59	3.48	17.94	2	66.97	3.30	15.40
3	62.34	2.04	23.64	3	59.54	4.18	19.09	3	67.24	2.64	14.13
4				4	60.45	3.45	17.17	4	67.35	2.02	14.32
5				5	63.22	3.16	16.77	5	64.58	2.58	14.66
6				6	59.83	3.56	18.14	6	65.55	3.12	17.42
7				7	61.51	3.43	17.31	7	67.07	2.19	14.45
8				8	59.90	3.88	18.83	8	64.49	2.81	16.50
9				9	63.79	3.51	17.80	9	67.08	2.39	15.02
10				10	62.52	3.91	19.06	10	66.05	2.63	15.85
11				11	62.54	2.41	17.27	11	67.30	2.67	14.16
12				12	63.06	2.92	16.53	12	66.90	3.27	15.53
13				13	60.32	3.22	16.99	13	67.28	2.34	14.71
14				14	61.81	2.20	18.79	14	67.54	2.61	14.08
15				15	59.49	3.56	17.36	15	64.99	2.80	14.62
16				16	60.54	3.68	16.56	16	67.00	2.28	14.96
17				17	59.52	2.42	18.55	17	66.47	1.73	13.55
18				18	61.12	2.63	16.44	18	67.25	2.61	14.13
19				19	63.21	2.80	17.13	19	66.95	3.28	15.32
20				20	59.90	2.63	17.70	20	67.40	2.21	14.45
Mean	61.22	1.95	22.77	Mean	61.24	3.21	17.63	Mean	66.64	2.59	14.90
Stdev	1.07	0.09	0.76	Stdev	1.47	0.55	0.86	Stdev	0.97	0.43	0.91
Minimum	60.20	1.86	22.23	Minimum	59.49	2.20	16.44	Minimum	64.49	1.73	13.55
Maximum	62.34	2.04	23.64	Maximum	63.79	4.18	19.09	Maximum	67.54	3.30	17.42

	COLOR # 45				COLOR # 70				COLOR # 73		
sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b
1	77.38	2.60	17.18	1	26.64	0.01	-0.12	1	32.03	11.57	11.57
2	77.00	2.17	15.59	2	27.01	0.02	-0.43	2	32.03	11.68	11.45
3	75.85	2.50	18.13	3	25.80	0.10	0.43	3	33.80	12.50	12.83
4	77.07	2.52	17.22	4	26.58	0.25	-0.17	4	33.70	12.34	12.71
5	76.17	2.18	16.27	5	25.50	-0.02	-0.21	5	34.20	12.30	13.21
6	75.55	2.23	16.86	6	25.80	0.24	-0.14	6	29.63	10.65	10.04
7	77.35	2.39	17.59	7	26.65	-0.15	-0.34	7	29.98	8.65	8.05
8	71.76	3.00	16.77	8	26.65	-0.45	-0.49	8	28.66	10.57	9.93
9	72.93	2.98	15.89	9	25.55	-0.05	-0.34	9	30.22	9.65	10.49
10	71.10	3.05	17.00	10	26.16	-0.10	0.24	10	31.88	8.99	11.17
11	72.86	3.06	16.70	11	24.80	0.34	-0.45	11	33.14	9.55	10.49
12	74.46	3.15	16.93	12	25.88	-0.25	0.62	12	33.20	9.90	11.40
13	71.30	3.04	16.52	13	27.10	1.03	-0.89	13	29.50	11.20	9.50
14	75.37	2.58	16.30	14	26.47	0.66	-0.95	14	33.40	8.96	8.80
15	74.22	2.49	16.73	15	27.51	0.45	0.44	15	32.33	11.85	9.70
16	71.06	3.03	16.56	16	25.99	-0.36	-0.15	16	29.90	8.60	11.80
17	71.57	2.36	15.75	17	27.78	-0.43	-1.10	17	28.87	9.68	12.36
18	72.50	3.22	17.01	18	24.85	0.90	-0.05	18	34.20	12.60	10.55
19	76.77	2.42	16.95	19	24.78	-0.93	-0.92	19	31.12	8.96	9.63
20	72.89	2.67	17.20	20	26.69	-0.01	-0.05	20	31.31	9.55	10.22
Mean	74.26	2.68	16.76	Mean	26.21	0.06	-0.25	Mean	31.66	10.49	10.80
Stdev	2.31	0.35	0.61	Stdev	0.86	0.47	0.47	Stdev	1.84	1.41	1.38
Minimum	71.06	2.17	15.59	Minimum	24.78	-0.93	-1.10	Minimum	28.66	8.60	8.05
Maximum	77.38	3.22	18.13	Maximum	27.78	1.03	0.62	Maximum	34.20	12.60	13.21

	COLOR # 75				COLOR # 78				COLOR # 79		
sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b	sample no.	L	a	b
1	56.97	7.22	25.89	1	29.29	9.10	8.95	1	30.25	-0.87	-4.42
2	45.21	9.06	20.21	2	30.00	9.25	8.57	2	29.87	-1.02	-4.50
3	57.77	6.10	26.30	3	28.80	9.48	9.46	3	29.03	-0.36	-4.32
4	44.56	7.67	20.62	4	31.62	8.68	9.02	4	28.71	-1.12	-3.65
5	48.50	9.30	22.60	5	28.39	8.86	8.85	5	29.45	-0.45	-3.74
6	50.73	7.38	17.71	6	30.15	9.70	10.13	6	30.89	-0.36	-3.88
7	47.86	7.57	20.17	7	29.31	8.24	9.69	7	30.63	-0.68	-4.12
8	46.89	7.12	21.12	8	28.85	9.37	8.19	8	31.12	-0.95	-3.96
9	48.75	7.12	21.02	9	29.76	9.19	9.17	9	30.65	-0.04	-3.13
10	47.86	7.55	20.20	10	29.57	8.64	9.40	10	28.50	-0.18	-3.02
11	53.02	8.38	24.45	11	29.09	9.43	8.52	11			
12	53.66	8.24	25.05	12	29.08	9.14	9.22	12			
13	53.64	8.66	25.39	13	28.26	9.23	9.42	13			
14	55.77	9.43	22.87	14	31.23	8.88	9.22	14			
15	54.02	8.68	21.77	15	29.55	8.23	9.02	15			
16	50.30	8.83	20.45	16	30.31	9.19	9.16	16			
17	51.77	9.10	25.05	17	29.52	9.75	8.77	17			
18	49.49	9.36	25.66	18	28.99	9.23	9.82	18			
19	48.32	9.20	18.56	19	29.63	9.61	10.40	19			
20	49.02	9.78	21.78	20	30.15	9.04	9.45	20			
Mean	50.71	8.29	22.34	Mean	29.58	9.11	9.22	Mean	29.91	-0.60	-3.87
Stdev	3.75	1.01	2.60	Stdev	0.85	0.43	0.54	Stdev	0.94	0.38	0.51
Minimum	44.56	6.10	17.71	Minimum	28.26	8.23	8.19	Minimum	28.50	-1.12	-4.50
Maximum	57.77	9.78	26.30	Maximum	31.62	9.75	10.40	Maximum	31.12	-0.04	-3.02

ภาคผนวก จ
ข้อมูลจากการทดสอบความเร็วรอบของลูกกลิ้ง

COLOR # 14

ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 1

ค่า L ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	L1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7
1	31.15	30.83	30.58	30.31	30.45	30.25	30.06
2	31.25	31.01	30.74	30.44	30.38	30.12	29.97
3	31.19	30.99	30.49	30.36	30.26	30.18	29.75
4	31.07	30.88	30.57	30.51	30.28	30.15	29.72
5	30.99	30.77	30.62	30.45	30.19	30.05	29.97

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	5.49	0.92	87.86
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.29	0.01	

ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 2

ค่า L ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	L1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7
1	31.04	30.87	30.44	30.50	30.28	30.19	29.94
2	31.06	30.91	30.67	30.32	30.38	30.05	29.78
3	31.14	30.86	30.48	30.47	30.35	30.24	29.92
4	31.03	30.76	30.56	30.45	30.40	30.21	29.90
5	31.22	30.97	30.75	30.36	30.26	30.09	29.93

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	5.10	0.85	119.55
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.20	0.01	

โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 5 % $F_{.05,6,28} = 2.45 < F$ ที่ได้ทั้ง 2 การทดลอง ดังนั้น สรุปว่า การใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่ต่างกัน ทำให้สีที่พิมพ์ได้แตกต่างกันไปด้วย

COLOR # 14 ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 1

ค่า a ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	a1	a 2	a 3	a 4	a 5	a 6	a 7
1	14.78	14.24	14.24	14.36	14.14	13.97	13.55
2	14.54	14.48	14.44	14.23	14.31	14.06	13.35
3	14.71	14.37	14.43	14.32	14.15	13.93	13.40
4	14.89	14.41	14.38	14.43	14.19	14.11	13.43
5	14.54	14.25	14.25	14.46	14.26	14.01	13.41

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	4.85	0.81	80.59
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.28	0.01	

ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 2

ค่า a ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	a1	a 2	a 3	a 4	a 5	a 6	a 7
1	14.66	14.47	14.27	14.36	14.18	14.03	13.50
2	14.86	14.38	14.50	14.27	14.13	13.90	13.25
3	14.52	14.29	14.35	14.49	14.34	13.93	13.33
4	14.82	14.35	14.31	14.40	14.27	13.89	13.45
5	14.71	14.43	14.34	14.36	14.24	13.96	13.39

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	5.26	0.88	97.22
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.25	0.01	

โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 5 % $F_{.05,6,28} = 2.45 < F$ ที่ได้ทั้ง 2 การทดลอง ดังนั้น สรุปว่า การใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่ต่างกัน ทำให้สีที่พิมพ์ได้แตกต่างกันไปด้วย

COLOR # 14 ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 1

ค่า b ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	b 1	b 2	b 3	b 4	b 5	b 6	b 7
1	10.79	10.71	10.68	10.36	10.09	9.86	9.45
2	10.75	10.79	10.56	10.47	10.12	9.96	9.40
3	10.89	10.79	10.71	10.38	10.24	9.79	9.55
4	10.88	10.73	10.53	10.47	10.14	9.87	9.31
5	10.81	10.68	10.73	10.45	10.08	9.90	9.41

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	7.87	1.31	284.75
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.13	0.01	

ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 2

ค่า b ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	b 1	b 2	b 3	b 4	b 5	b 6	b 7
1	10.69	10.76	10.53	10.33	10.22	9.85	9.46
2	10.65	10.82	10.56	10.50	10.16	9.74	9.49
3	10.84	10.81	10.52	10.56	10.15	9.80	9.41
4	10.87	10.72	10.78	10.30	10.13	9.86	9.48
5	10.83	10.74	10.61	10.42	10.09	9.74	9.54

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	7.52	1.25	204.29
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.17	0.01	

โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 5 % $F_{.05,6,28} = 2.45 < F$ ที่ได้ทั้ง 2 การทดลอง ดังนั้น สรุปว่า การใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่ต่างกัน ทำให้สีที่พิมพ์ได้แตกต่างกันไปด้วย

COLOR # 02 ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 1

ค่า L ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	L1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7
1	65.15	64.24	63.51	62.89	62.13	61.25	60.60
2	65.20	64.15	63.46	62.77	62.11	61.38	60.37
3	65.09	64.28	63.50	62.88	62.07	61.43	60.51
4	65.24	64.20	63.44	62.91	61.97	61.42	60.52
5	65.13	64.25	63.63	62.85	61.98	61.45	60.50

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	79.80	13.30	2806.64
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.13	0.01	

ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 2

ค่า L ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	L1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7
1	65.25	64.22	63.54	62.76	61.97	61.25	60.69
2	65.04	64.26	63.45	62.74	61.98	61.39	60.70
3	65.09	64.09	63.39	62.87	62.03	61.48	60.44
4	65.21	64.15	63.46	62.86	62.07	61.38	60.52
5	65.12	64.25	63.51	62.92	62.13	61.45	60.47

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	77.25	12.87	1827.65
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.20	0.01	

โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 5 % $F_{.05,6,28} = 2.45 < F$ ที่ได้ทั้ง 2 การทดลอง ดังนั้น สรุปว่า การใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่ต่างกัน ทำให้สีที่พิมพ์ได้แตกต่างกันไปด้วย

COLOR # 02

ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 1

ค่า a ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	a1	a 2	a 3	a 4	a 5	a 6	a 7
1	2.70	2.01	1.78	1.53	1.46	1.44	0.95
2	2.72	1.96	1.70	1.46	1.47	1.40	1.07
3	2.65	2.00	1.55	1.50	1.44	1.47	1.13
4	2.59	1.90	1 88	1 68	1.58	1.35	1.05
5	2.65	2.12	1.68	1.44	1.38	1.38	1.16

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	7 90	1.32	194 89
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.19	0.01	

ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 2

ค่า a ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	a1	a 2	a 3	a 4	a 5	a 6	a 7
1	2.55	2.25	1.80	1.68	1.48	1.41	1.15
2	2.68	2.25	1.97	1.80	1.67	1.62	1.20
3	2.82	2.36	1.93	1.79	1.57	1.61	1.21
4	2.70	2.19	1.90	1.81	1.50	1.49	1.13
5	2.74	2.17	1.80	1.70	1.45	1.57	1.04

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	7.86	1.31	203.19
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.18	0.01	

โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 5 % $F_{.05,6,28} = 2.45 < F$ ที่ได้ทั้ง 2 การทดลอง ดังนั้น สรุปว่า การใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่ต่างกัน ทำให้สีที่พิมพ์ได้แตกต่างกันไปด้วย

COLOR # 02 ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 1

ค่า b ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	b 1	b 2	b 3	b 4	b 5	b 6	b 7
1	7.07	6.48	5.97	5.89	5.42	5.41	5.37
2	6.94	6.39	6.01	5.72	5.66	5.48	5.18
3	6.98	6.59	5.86	5.75	5.46	5.39	5.15
4	6.87	6.62	5.79	5.68	5.39	5.30	5.29
5	6.95	6.59	5.82	5.80	5.46	5.53	5.35

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	11.77	1.96	232.15
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.24	0.01	

ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 2

ค่า b ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	b 1	b 2	b 3	b 4	b 5	b 6	b 7
1	6.99	6.46	6.02	5.79	5.48	5.30	5.36
2	6.85	6.72	6.04	5.61	5.54	5.37	5.22
3	6.87	6.45	5.90	5.55	5.65	5.56	5.20
4	6.74	6.69	5.84	5.80	5.48	5.49	5.21
5	6.83	6.80	6.09	5.73	5.44	5.47	5.23

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	11.32	1.89	147.51
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.36	0.01	

โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 5 % $F_{.05,6,28} = 2.45 < F$ ที่ได้ทั้ง 2 การทดลอง ดังนั้น สรุปว่า การใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่ต่างกัน ทำให้สีที่พิมพ์ได้แตกต่างกันไปด้วย

COLOR # 08 ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 1

ค่า L ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	L1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7
1	55.35	55.17	55.22	53.86	53.67	53.32	53.24
2	55.52	55.33	55.08	53.79	53.69	53.42	53.39
3	55.48	55.45	54.81	53.70	53.72	53.58	53.01
4	55.51	55.56	54.75	53.91	53.69	53.39	53.38
5	55.28	55.44	55.28	53.97	53.54	53.42	53.38

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	27.07	4.51	222.51
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.57	0.02	

ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 2

ค่า L ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	L1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7
1	55.43	55.03	55.08	53.10	53.52	53.64	53.80
2	55.45	55.41	55.21	53.29	53.38	53.66	53.65
3	55.33	55.39	54.90	53.14	53.45	53.79	53.78
4	55.25	55.32	55.14	53.17	53.40	53.64	53.93
5	55.47	55.36	55.11	53.42	53.31	53.74	53.79

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	27.43	4.57	517.73
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.25	0.01	

โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 5 % $F_{.05,6,28} = 2.45 < F$ ที่ได้ทั้ง 2 การทดลอง ดังนั้น สรุปว่า การใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่ต่างกัน ทำให้สีที่พิมพ์ได้แตกต่างกันไปด้วย

COLOR # 08 ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 1

ค่า a ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	a1	a 2	a 3	a 4	a 5	a 6	a 7
1	8.59	8.69	8.60	8.13	8.42	8.02	7.90
2	8.73	8.86	8.74	8.40	8.35	8.05	7.91
3	8.69	8.60	8.59	8.32	8.24	8.09	7.80
4	8.60	8.46	8.60	8.29	8.43	8.19	7.70
5	8.86	8.67	8.68	8.24	8.17	8.28	7.75

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	3.21	0.54	46.49
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.32	0.01	

ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 2

ค่า a ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	a1	a 2	a 3	a 4	a 5	a 6	a 7
1	8.73	8.55	8.47	8.13	8.27	8.15	7.61
2	8.80	8.63	8.60	8.26	8.36	8.24	7.72
3	8.61	8.79	8.72	8.12	8.34	8.10	7.88
4	8.75	8.71	8.78	8.42	8.14	8.17	7.75
5	8.80	8.60	8.73	8.34	8.27	8.09	7.93

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	3.61	0.60	55.88
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.30	0.01	

โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 5 % $F_{.05,6,28} = 2.45 < F$ ที่ได้ทั้ง 2 การทดลอง ดังนั้น สรุปว่า การใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่ต่างกัน ทำให้สีที่พิมพ์ได้แตกต่างกันไปด้วย

COLOR # 08 ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 1

ค่า b ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	b 1	b 2	b 3	b 4	b 5	b 6	b 7
1	21.54	20.67	20.52	20.72	20.59	20.52	20.49
2	21.35	20.91	20.82	20.50	20.49	20.56	20.42
3	21.41	20.80	20.63	20.72	20.68	20.43	20.56
4	21.66	20.50	20.74	20.63	20.66	20.75	20.77
5	21.48	20.75	20.88	20.49	20.47	20.52	20.72

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	3.29	0.55	32.73
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.47	0.02	

ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 2

ค่า b ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	b 1	b 2	b 3	b 4	b 5	b 6	b 7
1	21.25	20.91	20.91	20.63	20.56	20.27	20.30
2	21.35	20.66	20.58	20.65	20.54	20.74	20.83
3	21.39	20.84	20.74	20.64	20.71	20.43	20.14
4	21.21	20.87	20.71	20.54	20.65	20.55	20.42
5	21.43	20.54	20.82	20.63	20.41	20.82	20.85

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	2.43	0.40	21.73
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.52	0.02	

โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 5 % $F_{.05,6,28} = 2.45 < F$ ที่ได้ทั้ง 2 การทดลอง ดังนั้น สรุปว่า การใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่ต่างกัน ทำให้สีที่พิมพ์ได้แตกต่างกันไปด้วย

COLOR # 39 ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 1

ค่า L ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	L1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7
1	36.91	36.68	36.21	35.64	35.53	34.91	35.54
2	37.16	36.47	36.00	35.66	35.61	34.60	34.30
3	37.23	36.47	36.05	35.57	35.53	34.85	34.27
4	37.12	36.50	36.06	35.72	35.69	34.89	34.39
5	37.14	36.53	36.29	35.77	35.78	34.75	34.40

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	27.01	4.50	449.86
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.33	0.012	

ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 2

ค่า L ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	L1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7
1	37.14	36.69	36.05	35.78	35.79	34.65	34.41
2	37.14	36.51	36.03	35.66	35.66	34.79	34.43
3	37.26	36.39	36.13	35.70	35.53	34.70	34.49
4	37.24	36.52	36.20	35.56	35.62	34.82	34.56
5	37.05	36.55	36.01	35.51	35.59	34.63	34.49

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	27.20	4.53	453.26
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.23	0.01	

โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 5 % F .05,6,28 = 2.45 < F ที่ได้ทั้ง 2 การทดลอง ดังนั้น สรุปว่า การใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่ต่างกัน ทำให้สีที่พิมพ์ได้แตกต่างกันไปด้วย

COLOR # 39 ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 1

ค่า a ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	a1	a 2	a 3	a 4	a 5	a 6	a 7
1	-1.14	-1.07	-1.01	-0.99	-0.94	-0.98	-0.90
2	-1.11	-1.08	-1.09	-1.02	-1.02	-0.86	-0.96
3	-1.18	-1.09	-1.03	-1.00	-1.05	-0.97	-0.95
4	-1 17	-1.05	-1.02	-1.08	-1.03	-0.93	-0.99
5	-1.08	-1.04	-0.99	-1.01	-0.99	-0.96	-1.05

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	0.12	0.02	11.92
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.05	0.0017	

ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 2

ค่า a ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	a1	a 2	a 3	a 4	a 5	a 6	a 7
1	-1.09	-1.07	-0.96	-1.08	-0.96	-0.98	-0.99
2	-1.07	-1.15	-1.06	-0.98	-1.06	-0.94	-1.00
3	-1.15	-1.06	-1.01	-1.05	-1.01	-0.99	-0.97
4	-1.09	-1.02	-1.01	-1.03	-1.01	-1.04	-1.00
5	-1.12	-1.06	-0.99	-1.03	-0.99	-1.03	-0.92

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	0.06	0.01	7.26
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.04	0.0014	

โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 5 % $F_{.05,6,28} = 2.45 < F$ ที่ได้ทั้ง 2 การทดลอง ดังนั้น สรุปว่า การใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่ต่างกัน ทำให้สีที่พิมพ์ได้แตกต่างกันไปด้วย

COLOR # 39 ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 1

ค่า b ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	b 1	b 2	b 3	b 4	b 5	b 6	b 7
1	1.57	1.55	1.53	1.49	1.38	1.37	1.35
2	1.65	1.63	1.66	1.51	1.31	1.33	1.30
3	1.63	1.50	1.56	1.51	1.38	1.21	1.40
4	1.62	1.62	1.55	1.44	1.40	1.45	1.25
5	1.58	1.45	1.44	1.40	1.36	1.39	1.26

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	0.41	0.07	16.48
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.12	0.0024	

ผลที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 2

ค่า b ของสีที่วัดได้จากความเร็วรอบแบบต่างๆ

ข้อมูลที่	b 1	b 2	b 3	b 4	b 5	b 6	b 7
1	1.67	1.49	1.52	1.42	1.39	1.31	1.26
2	1.58	1.60	1.58	1.44	1.45	1.43	1.26
3	1.63	1.68	1.47	1.38	1.21	1.36	1.38
4	1.65	1.59	1.61	1.50	1.41	1.29	1.33
5	1.60	1.48	1.54	1.53	1.40	1.42	1.26

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปได้ดังนี้

แหล่งความแปรผัน	ดีกรีของความอิสระ	ผลบวกกำลังสอง	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F
ประเภทของระบบ	6	0.45	0.07	17.13
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	28	0.12	0.0004	

โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 5 % $F_{.05,6,28} = 2.45 < F$ ที่ได้ทั้ง 2 การทดลอง ดังนั้น สรุปว่า การใช้ความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่ต่างกัน ทำให้สีที่พิมพ์ได้แตกต่างกันไปด้วย

ภาคผนวก ฉ
ค่าความหนาของสีที่ได้เมื่อทดสอบการวางใบมีดทำมุมต่าง ๆ

ตาราง แสดงความหนาของสี (กรัม /แผ่น) ที่พิมพ์ได้ด้วยลูกกลิ้งระบบหมุนย้อนแบบต่างๆ

ลูกกลิ้ง 30C

#14 Red T.	การวางองศาใบมีดทำมุม						
	15	25	35	45	55	65	75
	30.04	24.83	22.49	17.95	14.99	11.13	8.82
	30.05	24.79	22.51	17.90	14.98	11.10	8.83
	30.03	24.82	22.48	17.92	14.98	11.12	8.79
	30.04	24.77	22.46	17.93	15.02	11.11	8.80
	30.01	24.84	22.53	17.94	15.03	11.10	8.78
เฉลี่ย	30.03	24.81	22.49	17.93	15.00	11.11	8.80
#02 Beige T.	การวางองศาใบมีดทำมุม						
	15	25	35	45	55	65	75
	52.83	49.29	46.52	43.98	40.08	36.03	32.47
	52.82	49.33	46.54	43.99	40.07	36.04	32.51
	52.79	49.31	46.55	44.02	40.12	36.01	32.52
	52.78	49.32	46.52	44.02	40.11	36.00	32.53
	52.78	49.30	46.51	44.01	40.10	36.00	32.48
เฉลี่ย	52.80	49.31	46.53	44.00	40.10	36.02	32.50
#08 Brown T.	การวางองศาใบมีดทำมุม						
	15	25	35	45	55	65	75
	44.19	41.77	39.97	37.64	35.55	32.39	30.07
	44.18	41.76	39.98	37.60	35.56	32.41	30.08
	44.21	41.72	39.95	37.59	35.52	32.42	30.10
	44.20	41.73	39.99	37.62	35.50	32.40	30.10
	44.20	41.75	40.00	37.63	35.55	32.39	30.07
เฉลี่ย	44.20	41.75	39.98	37.62	35.54	32.40	30.08
#39 Gray T.	การวางองศาใบมีดทำมุม						
	15	25	35	45	55	65	75
	35.50	32.40	30.65	27.66	24.38	20.38	18.78
	35.52	32.36	30.68	27.67	24.37	20.36	18.77
	35.49	32.44	30.71	27.64	24.34	20.40	18.82
	35.48	32.42	30.70	27.70	24.35	20.39	18.82
	35.47	32.39	30.72	27.70	24.40	20.35	18.81
เฉลี่ย	35.49	32.40	30.69	27.67	24.37	20.38	18.80

ลูกกลิ้ง 30F

#14 Red T.	การวางองศาใบมีดทำมุม						
	15	25	35	45	55	65	75
	15.16	12.77	10.90	8.78	7.60	5.16	4.14
	15.14	12.74	10.93	8.76	7.63	5.14	4.18
	15.17	12.72	10.92	8.82	7.61	5.19	4.17
	15.14	12.75	10.94	8.82	7.64	5.20	4.16
	15.20	12.80	10.91	8.80	7.59	5.21	4.13
เฉลี่ย	15.16	12.76	10.92	8.80	7.61	5.18	4.16
#02 Beige T.	การวางองศาใบมีดทำมุม						
	15	25	35	45	55	65	75
	24.56	22.33	18.10	15.97	14.39	10.88	8.24
	24.62	22.30	18.09	15.99	14.41	10.92	8.23
	24.63	22.31	18.08	16.02	14.40	10.91	8.22
	24.58	22.32	18.12	16.03	14.42	10.90	8.21
	24.59	22.33	18.14	16.04	14.36	10.89	8.25
เฉลี่ย	24.60	22.32	18.11	16.01	14.40	10.90	8.23
#08 Brown T.	การวางองศาใบมีดทำมุม						
	15	25	35	45	55	65	75
	20.56	17.82	15.44	12.99	11.84	9.29	7.59
	20.62	17.82	15.43	13.02	11.82	9.30	7.55
	20.61	17.78	15.45	13.01	11.79	9.30	7.56
	20.59	17.84	15.42	12.98	11.80	9.29	7.61
	20.60	17.80	15.46	12.97	11.81	9.28	7.60
เฉลี่ย	20.60	17.81	15.44	12.99	11.81	9.29	7.58
#39 Gray T.	การวางองศาใบมีดทำมุม						
	15	25	35	45	55	65	75
	16.75	14.26	11.74	10.09	9.44	7.57	6.63
	16.77	14.27	11.76	10.08	9.42	7.56	6.64
	16.74	14.28	11.79	10.06	9.47	7.55	6.60
	16.78	14.32	11.78	10.11	9.46	7.55	6.59
	16.79	14.40	11.78	10.13	9.43	7.58	6.62
เฉลี่ย	16.77	14.31	11.77	10.09	9.44	7.56	6.62

ลูกกลิ้ง 55C

#14 Red T.	การวางองศาใบมีดทำมุม						
	15	25	35	45	55	65	75
	3.19	2.64	2.32	2.17	1.78	1.14	0.78
	3.21	2.65	2.33	2.16	1.80	1.17	0.81
	3.22	2.66	2.30	2.18	1.78	1.18	0.80
	3.23	2.64	2.31	2.19	1.76	1.15	0.82
	3.18	2.63	2.34	2.20	1.77	1.14	0.77
เฉลี่ย	3.21	2.64	2.32	2.18	1.78	1.16	0.80
#02 Beige T.	การวางองศาใบมีดทำมุม						
	15	25	35	45	55	65	75
	6.80	6.69	6.27	5.48	5.30	4.89	4.61
	6.83	6.68	6.25	5.52	5.32	4.92	4.61
	6.81	6.71	6.26	5.51	5.33	4.95	4.62
	6.79	6.72	6.24	5.48	5.31	4.95	4.63
	6.80	6.68	6.26	5.49	5.29	4.90	4.64
เฉลี่ย	6.81	6.70	6.26	5.50	5.31	4.92	4.62
#08 Brown T.	การวางองศาใบมีดทำมุม						
	15	25	35	45	55	65	75
	4.60	3.74	2.69	2.15	1.84	1.49	1.31
	4.62	3.75	2.72	2.14	1.88	1.48	1.30
	4.61	3.76	2.73	2.15	1.91	1.47	1.29
	4.59	3.74	2.71	2.16	1.89	1.45	1.28
	4.58	3.72	2.70	2.18	1.87	1.46	1.33
เฉลี่ย	4.60	3.74	2.71	2.16	1.88	1.47	1.30
#39 Gray T.	การวางองศาใบมีดทำมุม						
	15	25	35	45	55	65	75
	3.58	2.74	2.49	2.09	1.61	1.04	0.86
	3.57	2.76	2.52	2.12	1.60	1.06	0.88
	3.56	2.78	2.51	2.13	1.59	1.10	0.84
	3.60	2.76	2.51	2.08	1.59	1.10	0.86
	3.60	2.77	2.52	2.10	1.60	1.09	0.87
เฉลี่ย	3.58	2.76	2.51	2.10	1.60	1.08	0.86

ตาราง แสดงความหนาของสี (กรัม /แผ่น) ที่พิมพ์ได้ด้วยลูกกลิ้งระบบหมุนตามแบบต่างๆ

ลูกกลิ้ง 120

#14	การวางองศาใบมีดทำมุม						
Red T.	15	25	35	45	55	65	75
	12.42	11.65	10.94	8.89	7.48	6.56	6.21
	12.40	11.63	10.96	8.87	7.48	6.58	6.22
	12.36	11.67	10.92	8.85	7.46	6.58	6.23
	12.37	11.66	10.94	8.86	7.49	6.61	6.20
	12.39	11.64	10.97	8.90	7.50	6.62	6.19
เฉลี่ย	12.39	11.65	10.95	8.87	7.48	6.59	6.21
#02	การวางองศาใบมีดทำมุม						
Beige T.	15	25	35	45	55	65	75
	15.44	14.34	13.08	12.10	11.70	10.40	9.87
	15.46	14.35	13.07	12.10	11.67	10.44	9.86
	15.45	14.31	13.12	12.13	11.68	10.40	9.85
	15.44	14.36	13.11	12.14	11.72	10.41	9.86
	15.44	14.35	13.10	12.14	11.71	10.42	9.85
เฉลี่ย	15.45	14.34	13.10	12.12	11.70	10.41	9.86
#08	การวางองศาใบมีดทำมุม						
Brown T.	15	25	35	45	55	65	75
	13.67	12.56	12.23	11.01	9.86	8.59	8.02
	13.68	12.58	12.20	11.02	9.84	8.57	7.99
	13.72	12.57	12.19	11.00	9.88	8.57	8.01
	13.74	12.61	12.18	10.98	9.84	8.56	8.02
	13.71	12.62	12.19	10.99	9.85	8.60	8.00
เฉลี่ย	13.70	12.59	12.20	11.00	9.85	8.58	8.01
#39	การวางองศาใบมีดทำมุม						
Gray T.	15	25	35	45	55	65	75
	12.81	12.24	11.78	10.03	8.85	8.09	7.49
	12.80	12.23	11.76	10.00	8.84	8.11	7.51
	12.84	12.21	11.79	10.01	8.87	8.10	7.50
	12.85	12.25	11.80	10.03	8.89	8.13	7.49
	12.80	12.24	11.81	10.02	8.80	8.14	7.50
เฉลี่ย	12.82	12.23	11.79	10.02	8.85	8.11	7.50

ลูกกลิ้ง 150

#14	การวางองศาใบมีดทำมุม						
Red T.	15	25	35	45	55	65	75
	4.09	3.48	3.01	2.39	2.00	1.87	1.01
	4.12	3.48	3.02	2.40	2.00	1.85	1.04
	4.13	3.50	3.01	2.41	2.04	1.86	1.06
	4.14	3.52	3.00	2.40	2.05	1.90	1.04
	4.10	3.52	3.04	2.38	2.03	1.91	1.05
เฉลี่ย	4.12	3.50	3.03	2.40	2.02	1.88	1.04
#02	การวางองศาใบมีดทำมุม						
Beige T.	15	25	35	45	55	65	75
	7.45	7.05	6.39	5.73	5.20	4.67	4.12
	7.45	7.06	6.38	5.74	5.22	4.68	4.09
	7.46	7.04	6.41	5.72	5.23	4.69	4.10
	7.47	7.05	6.42	5.72	5.24	4.71	4.12
	7.44	7.06	6.43	5.74	5.26	4.70	4.13
เฉลี่ย	7.45	7.05	6.41	5.73	5.23	4.69	4.11
#08	การวางองศาใบมีดทำมุม						
Brown T.	15	25	35	45	55	65	75
	6.09	5.38	4.34	3.96	3.32	2.57	1.92
	6.12	5.37	4.35	3.95	3.32	2.56	1.93
	6.12	5.38	4.34	3.97	3.30	2.58	1.94
	6.09	5.39	4.36	3.96	3.33	2.55	1.96
	6.10	5.38	4.32	3.98	3.31	2.58	1.95
เฉลี่ย	6.10	5.38	4.34	3.96	3.32	2.57	1.94
#39	การวางองศาใบมีดทำมุม						
Gray T.	15	25	35	45	55	65	75
	4.60	4.14	3.47	2.72	2.22	1.97	1.68
	4.62	4.10	3.44	2.74	2.21	1.97	1.67
	4.62	4.12	3.45	2.76	2.25	1.98	1.65
	4.63	4.13	3.45	2.74	2.26	1.99	1.64
	4.61	4.14	3.47	2.76	2.26	1.97	1.68
เฉลี่ย	4.62	4.13	3.46	2.74	2.24	1.98	1.66

ลูกกลิ้ง 175

#14	การวางองศาใบมีดทำมุม						
Red T.	15	25	35	45	55	65	75
	2.25	2.06	1.91	1.73	1.40	1.05	0.55
	2.23	2.04	1.92	1.74	1.42	1.06	0.54
	2.24	2.07	1.90	1.76	1.40	1.04	0.55
	2.21	2.08	1.93	1.71	1.43	1.05	0.52
	2.23	2.04	1.91	1.74	1.44	1.03	0.53
เฉลี่ย	2.23	2.06	1.91	1.74	1.42	1.05	0.54
#02	การวางองศาใบมีดทำมุม						
Beige T.	15	25	35	45	55	65	75
	4.39	3.74	3.01	2.95	2.49	2.08	1.65
	4.38	3.76	3.00	2.97	2.49	2.07	1.64
	4.41	3.74	3.02	2.96	2.48	2.09	1.65
	4.42	3.75	3.04	2.98	2.51	2.09	1.67
	4.43	3.74	3.01	2.96	2.51	2.10	1.67
เฉลี่ย	4.41	3.75	3.02	2.96	2.50	2.09	1.66
#08	การวางองศาใบมีดทำมุม						
Brown T.	15	25	35	45	55	65	75
	3.22	2.80	2.66	2.14	1.85	1.53	1.32
	3.21	2.81	2.64	2.15	1.86	1.53	1.33
	3.23	2.80	2.63	2.12	1.84	1.54	1.34
	3.24	2.79	2.65	2.13	1.87	1.52	1.35
	3.22	2.81	2.66	2.12	1.86	1.51	1.33
เฉลี่ย	3.22	2.80	2.65	2.13	1.86	1.53	1.33
#39	การวางองศาใบมีดทำมุม						
Gray T.	15	25	35	45	55	65	75
	2.77	2.32	2.09	1.87	1.64	1.03	0.66
	2.79	2.33	2.13	1.89	1.65	1.02	0.68
	2.78	2.31	2.13	1.87	1.62	1.03	0.69
	2.80	2.30	2.12	1.86	1.63	1.04	0.68
	2.76	2.33	2.11	1.88	1.65	1.01	0.67
เฉลี่ย	2.80	2.32	2.12	1.87	1.64	1.03	0.68

ตาราง แสดงความหนาของสี (กรัม /แผ่น) ที่พิมพ์ได้ด้วยลูกกลิ้งพิมพ์สีลาย croupon

ลูกกลิ้งลายCroupon

#14	การวางองศาใบมีดทำมุม							#02	การวางองศาใบมีดทำมุม						
Red T.	15	25	35	45	55	65	75	Beige T.	15	25	35	45	55	65	75
	1.11	1.05	1.02	0.97	0.95	0.87	0.83		1.55	1.46	1.42	1.32	1.22	1.10	1.02
	1.10	1.05	1.01	0.97	0.93	0.88	0.81		1.56	1.45	1.41	1.30	1.25	1.12	1.03
	1.13	1.04	1.00	0.96	0.93	0.86	0.82		1.54	1.44	1.41	1.33	1.24	1.13	1.02
	1.12	1.06	1.02	0.99	0.94	0.89	0.83		1.55	1.47	1.42	1.31	1.22	1.14	1.05
	1.13	1.04	1.01	0.98	0.95	0.88	0.82		1.56	1.46	1.40	1.33	1.25	1.12	1.06
เฉลี่ย	1.12	1.05	1.01	0.97	0.94	0.88	0.82	เฉลี่ย	1.55	1.46	1.41	1.32	1.24	1.12	1.04

#08	การวางองศาใบมีดทำมุม							#39	การวางองศาใบมีดทำมุม						
Brown T.	15	25	35	45	55	65	75	Gray T.	15	25	35	45	55	65	75
	1.37	1.30	1.23	1.14	1.09	1.05	0.99		1.22	1.14	1.04	0.97	0.91	0.83	0.79
	1.37	1.29	1.23	1.15	1.12	1.05	0.98		1.23	1.11	1.04	0.98	0.90	0.84	0.81
	1.36	1.30	1.22	1.14	1.11	1.04	1.00		1.22	1.13	1.06	0.97	0.92	0.85	0.80
	1.36	1.28	1.21	1.14	1.10	1.06	0.98		1.24	1.13	1.05	0.98	0.91	0.84	0.80
	1.35	1.29	1.21	1.16	1.10	1.05	0.99		1.23	1.12	1.05	0.98	0.90	0.83	0.81
เฉลี่ย	1.36	1.29	1.22	1.15	1.10	1.05	0.99	เฉลี่ย	1.23	1.13	1.05	0.98	0.91	0.84	0.80

ประวัติผู้เขียน

นางสาว ลัดดา เรียงเลิศ เกิดวันที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2507 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ จากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2529 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2535