บทที่ 2 ทฤษฎีสัมพันธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การศึกษาหมึกพิมพ์ที่เหมาะสมต่อบรรจุภัณฑ์พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ" ผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นคว้าเอกสารดังต่อไปนี้

2.1 พอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable Polymer)

2.2 กลไกการย่อยสลายของพลาสติก

2.3 มาตรฐานพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เกี่ยวข้อง

2.4 หมึกพิมพ์เหลว

2.5 สารให้สี

2.6 เรซิน

2.7 หมึกพิมพ์จากน้ำมันถั่วเหลือง (Soy-based Ink)

2.8 หมึกพิมพ์ไนโตรเซลลูโลส

2.9 การทดสอบคุณสมบัติทางการพิมพ์

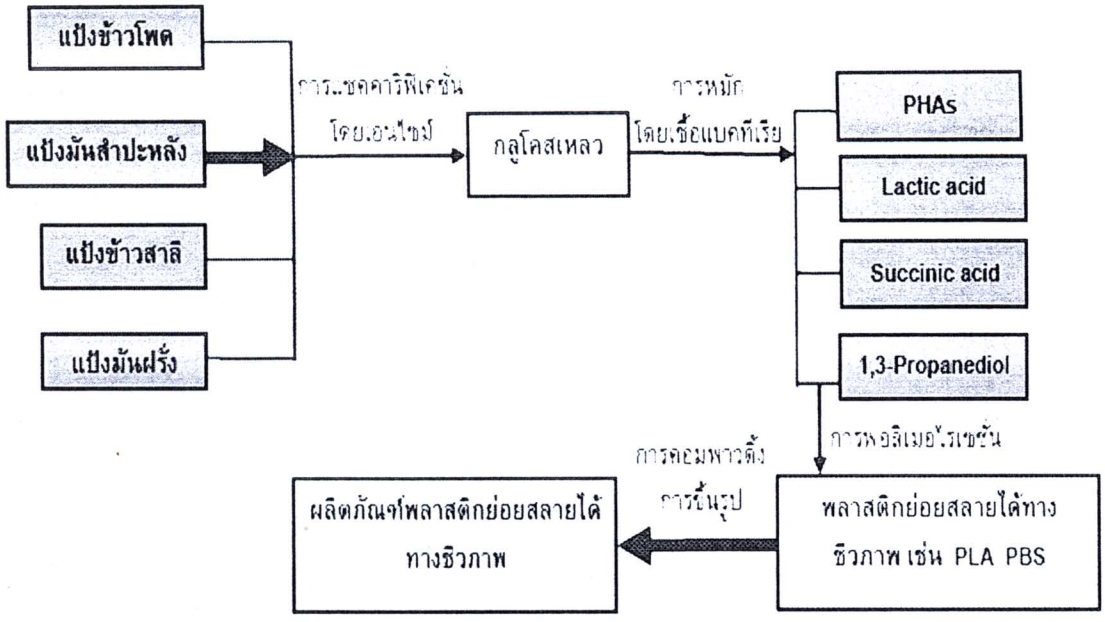
2.10 เครื่องมือทดสอบสำหรับทดสอบคุณสมบัติหมึกพิมพ์เหลว

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable Polymer) [2]

พอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเริ่มต้นจากพืชผลทางการเกษตรถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ตามลำดับ จากนั้นพอลิเมอร์ที่ได้จะผ่านการปรับปรุงสมบัติและขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับการนำไปใช้งานในด้านต่างๆ เมื่อหมดอายุการใช้งานหรือไม่เป็นที่ต้องการแล้วการนำไปทิ้งในสภาวะที่เหมาะสม จะทำให้พลาสติกเหล่านี้ถูกย่อยสลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และมวลชีวภาพซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช

พลาสติกที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน (Starch-Based Plastics) เป็นพอลิแซคคาไรด์ ซึ่งประกอบด้วย 2 โมเลกุลหลัก ได้แก่ อะไมโลส (Amylose) ซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์แบบสายโซ่ตรงที่ประกอบขึ้นด้วยหน่วยย่อยกลูโคสที่เชื่อมเข้าด้วยกันด้วยการเชื่อมแบบไกลโคซิดิก (Glycosidic Linkage) ที่ตำแหน่งคาร์บอน 1 และ 4 และ อะไมโลเพคติน (Amylopectin) ซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์แบบกิ่งที่ประกอบขึ้นด้วยหน่วยย่อยกลูโคสที่เชื่อมเข้าด้วยกันด้วยการเชื่อมแบบไกลโคซิดิกที่ตำแหน่งคาร์บอน 1 และ 4 และ ตำแหน่งคาร์บอน 1 และ 6 โดยความยาวของสายโซ่พอลิเมอร์ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ซึ่งโดยทั่วไปจะมีความยาวเฉลี่ยระหว่าง 500 และ 2,000 หน่วยย่อยกลูโคส



รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกย่อยสลายได้จากวัตถุดิบมวลชีวภาพ

2.1.1 ความหมายของพอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ [3]

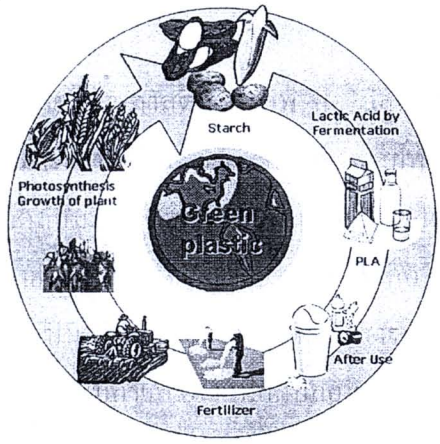
พลาสติกย่อยสลายได้คือพลาสติกที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีภายใต้สภาวะแวดล้อมที่กำหนดไว้เฉพาะก่อให้เกิดการสูญเสียสมบัติบางประการที่สามารถวัดได้โดยใช้วิธีทดสอบมาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับพลาสติกและการใช้งานในช่วงเวลาหนึ่ง ผลการทดสอบสามารถนำมาใช้ระบุชนิดและประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้ดังนี้

2.1.1.1 พลาสติกย่อยสลายทางชีวภาพได้ (Biodegradable plastic) คือ พลาสติกที่ย่อยสลายได้อันเนื่องมาจากการทำงานของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น แบคทีเรีย รา สาหร่าย ในสภาวะและช่วงเวลาที่เหมาะสม เช่น การมีน้ำ และบางครั้งอาจต้องมีออกซิเจนเข้าร่วม ตัวอย่างพลาสติกแตกสลายทางชีวภาพได้ เช่น พอลิแล็กไทด์ พอลิคาโพรแล็คแทม

2.1.1.2 JBPA –Japan Bioplastics Association ให้ความหมายว่า พลาสติกชีวภาพคือวัสดุพอลิเมอร์ที่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลลดต่ำลงได้โดยมีอย่างน้อย 1 ขั้นตอนในกระบวนการย่อยสลายนี้เกิดผ่านกระบวนการเมทาบอลิซึมของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งเป็นพลาสติกที่ถูกออกแบบมาให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีภายใต้สภาวะแวดล้อมที่กำหนดไว้โดยเฉพาะเป็นสาเหตุทำให้สมบัติต่างๆของพลาสติกลดลงภายในช่วงเวลาหนึ่งซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้วิธีทดสอบมาตรฐานที่เหมาะสมกับชนิดของพลาสติกและการใช้งานผลการทดสอบ

สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีต้องเกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ในธรรมชาติเท่านั้น

2.1.1.3 DIN FNK ให้ความหมายว่า พลาสติกชีวภาพ คือ วัสดุพลาสติกชนิดหนึ่งที่ใช้ชื่อว่า เป็นพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพก็ต่อเมื่อสารประกอบอินทรีย์ทั้งหมดถูกย่อยสลายอย่างสมบูรณ์โดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อมมีอัตราการย่อยสลายอยู่ภายใต้ข้อกำหนดในการทดสอบตามมาตรฐาน ซึ่งเป็นพลาสติกสลายตัวได้(Compostable Plastic) คือ พลาสติกที่เมื่อผ่านกระบวนการหมักทางชีวภาพจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์น้ำสารประกอบอนินทรีย์มวลชีวภาพและต้องไม่ทิ้งสารพิษสิ่งที่มองเห็นด้วยตาเปล่าและสิ่งแปลกปลอมหลงเหลือไว้โดยพลาสติกที่สลายตัวได้ด้วยกระบวนการนี้จะต้องมีอัตราการสลายตัวเทียบเท่ากับเซลลูโลส



รูปที่ 2.2 แสดงวัฏจักรการเกิดพลาสติกย่อยสลายทางชีวภาพ

2.1.2 การจำแนกประเภทตามแหล่งวัตถุดิบของพลาสติกย่อยสลายทางชีวภาพแบ่งเป็น 2 ประเภท [4]

2.1.2.1 วัตถุดิบจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (Renewable-based)

1) พอลิเมอร์จากพืชหรือสัตว์ เช่น แป้ง, เซลลูโลส,ลิกนิน, ไคติน, เจลาตินและ ไหม
2) พอลิเอสเทอร์จากจุลินทรีย์หรือพืช เช่น PHAs (PHA, PHB, PHV)
3) พอลิเอสเทอร์สังเคราะห์จากกระบวนการทางชีวภาพ เช่น PLA

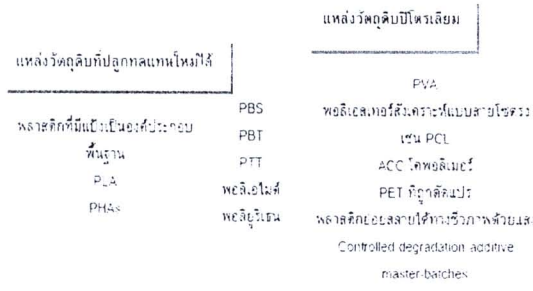
2.1.2.2 วัตถุดิบจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมี (Petroleum-based)

1) Aliphatic polyester เช่น PGA, PBS, PBSA, PCL

2) Aromatic Polyester เช่น PBS, PBSA, PBST, PBAT

3) Polyvinylalcohols(PVOH)

4) พอลิโอเลฟินที่ผ่านการเติมแต่งทางเคมี(Modified Polyolefin) เช่นการเติมแต่งที่มีความว่องไวต่ออุณหภูมิหรือแสงลงในพอลิโอฟิน เช่น PE ,PP เพื่อเร่งอัตราการย่อยสลายโดยแสงหรือย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นก่อนเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ในขั้นตอนสุดท้าย



รูปที่ 2.3 แสดงพอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากแหล่งวัตถุดิบที่ปลูกทดแทนใหม่ได้และแหล่งวัตถุดิบปิโตรเลียม

2.1.3 พอลิเมอร์ฐานปิโตรเลียมที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Petroleum-Based Biodegradable polymer) [2]

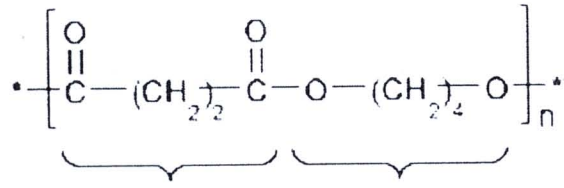
2.1.3.1 ความหมายของพอลิเมอร์ปิโตรเลียมที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ผลิตมาจากอนุพันธ์มอนอเมอร์ จากการกลั่นในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เช่น PBS, PBSA, PTT, PVA เป็นต้น

2.1.3.2 ประเภทของพอลิเมอร์ปิโตรเลียมที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

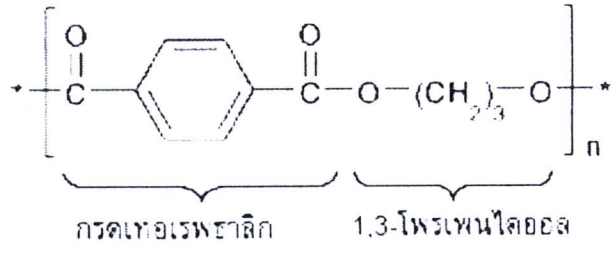
Petro-Base

ก) พอลิบิวธิลีนซัคซิเนต (Poly (butylene succinate), PBS)เป็นพอลิเอสเทอร์สังเคราะห์ที่มีโครงสร้างเป็นสายโซ่ตรงที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพซึ่งเตรียมได้จากปฏิกิริยาการควบแน่นของกรดซัคซินิกและ 1, 4-บิวเทนไดออล



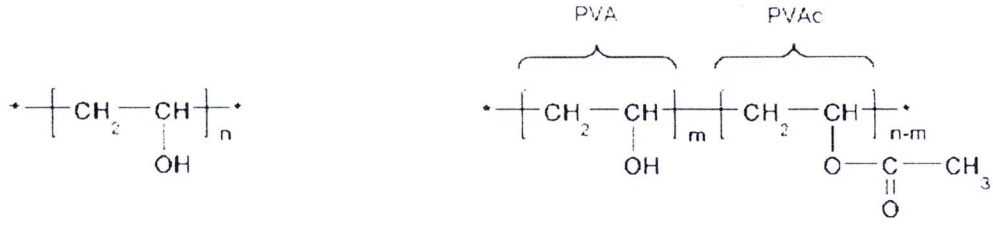
รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิบิวธิลีนซัคซิเนต (PBS)

ข) พอลิไตรเมทธิลีนเทอเรพธาเลต (Poly (Timethylene Terephthalate), PTT) เป็นพอลิเอสเทอร์แบบสายโซ่ตรงที่มีวงแหวนอะโรมาติกในโครงสร้าง PTT ถูกสังเคราะห์ขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1941 ในช่วงปลายทศวรรษ 1960 บริษัท Shell ได้พยายาม Commercialization แต่ไม่ประสบความสำเร็จเนื่องจากราคาที่สูงของสารตั้งต้นได้แก่ PDO ซึ่งผลิตผ่านกระบวนการไฮเดรชั่นของอะโครลีน (Acrolein) จนกระทั่งในทศวรรษ 1990 บริษัท Shell ได้ใช้กระบวนการที่ลดต้นทุนมากขึ้นที่เรียกว่าการไฮโดรฟอร์ไมเลชั่นอย่างต่อเนื่อง (Continuous Hydroformulation) ของเอทธิลีนออกไซด์ (Ethylene oxide) ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใหม่



รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิไตรเมทธิลีนเทอเรพธาเลต (PTT)

ค) พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Poly (Vinyl Alcohol), PVA)เป็นพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำและย่อยสลายได้ทางชีวภาพ PVA เป็นที่รู้จักตั้งแต่ราวค.ศ. 1924 ซึ่งถูกสังเคราะห์ขึ้นเป็นครั้งแรกโดย Herman และHaehnelจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของพอลิไวนิลอะซิเตท (Poly (Vinyl Acetate), PVAc)



PVA จากการไฮโดรไลซิสอย่างสมบูรณ์ PVA จากการไฮโดรไลซิสบางส่วน

รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA)

2.1.4 พอลิเมอร์ชีวฐานที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Bio-Based Biodegradable polymer)

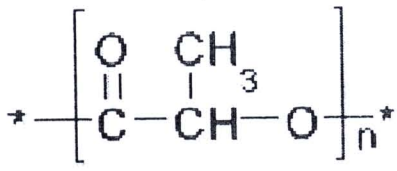
2.1.4.1 ความหมายของพอลิเมอร์ชีวฐานที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

เป็นพลาสติกที่มาจากสิ่งมีชีวิต เช่น พืช และสัตว์ บางครั้งอาจเรียกพลาสติกชีวภาพ (bioplastic) ตัวอย่างของพลาสติกชีวฐาน เช่น เทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (thermoplastic starch, TPS) พลาสติกจากโปรตีนถั่วเหลือง (soy protein plastic) พอลิแลคติกแอซิด (polylactic acid, PLA) และพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอท (polyhydroxyalkanoate, PHAs) เป็นต้น พลาสติกชีวฐานส่วนใหญ่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลชีพในธรรมชาติ จึงไม่ก่อให้เกิดการตกค้างของขยะพลาสติกภายหลังการใช้งาน นอกจากนี้ยังเป็นวัสดุที่มาจากธรรมชาติซึ่งไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และสามารถหาใหม่ทดแทนได้ ปัจจุบันวัสดุชีวฐานได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อทดแทนวัสดุสังเคราะห์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตพลาสติกทั้งในรูปของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กันทั่วไป เฟอร์นิเจอร์ ชิ้นส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิค และชิ้นส่วนยานยนต์ เป็นต้น [5]

2.1.4.1 ประเภทของพอลิเมอร์ชีวฐานที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ [2]

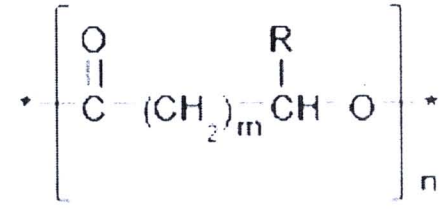
Bio-Base

ก) พอลิแลคติกแอสิด (Polylactic Acid, PLA)หรือพอลิแลคไทด์เป็นพอลิเมอร์ที่ได้รับความสนใจมากที่สุดในประเภทพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพกลุ่มพอลิเอสเทอร์สำหรับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการค้าอย่างแพร่หลายในขณะนี้โดยพอลิเมอร์ชนิดนี้สามารถเตรียมได้จากแหล่งวัตถุดิบที่สามารถปลูกทดแทนใหม่ได้ (Renewable Resource)



รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิแลคติกแอสิด (PLA)

ข) พอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต (Polyhydroxyalkanoates, PHAs) เป็นกลุ่มพอลิเมอร์ประเภทพอลิเอสเทอร์ที่สังเคราะห์ได้ทางธรรมชาติโดยจุลินทรีย์หลากหลายชนิดถึงแม้ว่าปัจจุบันมีการค้นพบอนุพันธุ์พอลิเอสเทอร์ที่อยู่ในกลุ่มนี้มากกว่า 100 ชนิดแต่มีเพียงไม่กี่ชนิดที่เป็นที่รู้จักแพร่หลายโดยอนุพันธุ์พอลิเมอร์ที่เป็นที่รู้จักมากที่สุดได้แก่ PHB ซึ่งพอลิเมอร์ชนิดนี้ประกอบด้วยมอนอเมอร์ หลักคือกรดไฮดรอกซีอัลคาโนอิก (Hydroxyalkanoic Acids) และสามารถจำแนกอย่างกว้างๆได้ 2 กลุ่มตามความยาวสายโซ่ของหมู่แทนที่ (R) ในหน่วยมอนอเมอร์คือความยาวสายโซ่ของหมู่แทนที่สั้นซึ่งมอนอเมอร์จะประกอบด้วยอะตอมคาร์บอน 3 - 5 อะตอมและความยาวสายโซ่ของหมู่แทนที่ปานกลางซึ่งมอนอเมอร์จะประกอบด้วยอะตอมคาร์บอน 6 - 14 อะตอมPHAs ที่ผลิตได้โดยทั่วไปประกอบด้วยมอนอเมอร์ 100 - 30,000 หน่วยและมีความยาวสายโซ่ของหมู่แทนที่สั้น



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต (PHAs)

2.2 กลไกการย่อยสลายของพลาสติก [6]

โดยทั่วไป เราสามารถแบ่งกลไกการย่อยสลายของพลาสติกเป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ คือ

2.2.1 การย่อยสลายได้โดยแสง (Photo Degradation)

การย่อยสลายโดยแสงมักเกิดจากการเติมสารเติมแต่งที่มีความว่องไวต่อแสงลงในพลาสติกหรือสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ให้มีหมู่ฟังก์ชันหรือพันธะเคมีที่ไม่แข็งแรง แตกหักง่ายภายใต้รังสี (UV) เช่น หมู่คีโตน (Ketone group) อยู่ในโครงสร้างเมื่อสารหรือหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวสัมผัสกับรังสียูวีจะเกิดการแตกของพันธะกลายเป็นอนุมูลอิสระ (Free radical) ซึ่งไม่เสถียรจึงเข้าทำปฏิกิริยาต่ออย่างรวดเร็วที่

พันธะเคมีบนตำแหน่งคาร์บอนในสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้เกิดการขาดของสายโซ่แต่การย่อยสลายนี้จะไม่เกิดขึ้นภายในบ่อฝังกลบขยะ กองคอมโพสท์หรือสภาวะแวดล้อมอื่นที่มืดหรือแม้กระทั่งชิ้นพลาสติกที่มีการพิมพ์ด้วยหมึกที่หนามากบนพื้นผิวเนื่องจากพลาสติกจะไม่ได้สัมผัสกับรังสียูวีโดยตรง

2.2.2 การย่อยสลายทางกล (Mechanical Degradation)

เป็นการย่อยโดยการให้แรงกระทำแก่ชิ้นพลาสติกทำให้ชิ้นส่วนพลาสติกแตกออกเป็นชิ้นซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้โดยทั่วไปในการทำให้พลาสติกแตกเป็นชิ้นเล็กๆ

2.2.3 การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Degradation)

การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันของพลาสติกเป็นปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนลงในโมเลกุลของพอลิเมอร์ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้เองในธรรมชาติอย่างช้าๆ โดยมีออกซิเจน และความร้อน แสงยูวีหรือแรงทางกลเป็นปัจจัยสำคัญ เกิดเป็นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide, ROOH) ในพลาสติกที่ไม่มีการเติมสารเติมแต่งที่ทำหน้าที่เพิ่มความเสถียร (stabilizing additive) แสงและความร้อนจะทำให้ ROOH แตกตัวกลายเป็นอนุมูลอิสระ RO และ OH ที่ไม่เสถียรและเข้าทำปฏิกิริยาต่อที่พันธะเคมีบนตำแหน่งคาร์บอนในสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้เกิดการแตกหักและสูญเสียสมบัติเชิงกลอย่างรวดเร็วแต่ด้วยเทคโนโลยีการผลิตที่ได้รับการวิจัยและพัฒนาขึ้นในปัจจุบันทำให้พอลิโอเลฟินเกิดการย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนได้เร็วขึ้นภายในช่วงเวลาที่กำหนด โดยการเติมสารเติมแต่งที่เป็นเกลือของโลหะทรานสิชันซึ่งทำหน้าที่คะตะลิสต์เร่งการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hydroperoxpide, ROOH) เป็นอนุมูลอิสระ (Free radical) ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์เกิดการแตกหักและสูญเสียสมบัติเชิงกลรวดเร็วยิ่งขึ้น

2.2.4 การย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolytic Degradation)

การย่อยสลายของพอลิเมอร์ที่มีหมู่เอสเทอร์ หรือเอไมด์ เช่น แป้ง พอลิเอสเทอร์พอลิแอนไฮดรายด์ พอลิคาร์บอเนต และพอลิยูริเทนผ่านปฏิกิริยาก่อให้เกิดการแตกหักของสายโซ่พอลิเมอร์จนเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสขึ้น โดยมีความชื้นจากสภาวะแวดล้อม สารเคมี และเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดการแตกสลาย

2.2.5 การย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradation)

การย่อยสลายของพอลิเมอร์จากการทำงานของจุลินทรีย์โดยทั่วไปมีกระบวนการ 2 ขั้นตอน เนื่องจากขนาดของสายพอลิเมอร์ยังมีขนาดใหญ่และไม่ละลายน้ำในขั้นตอนแรกของของการย่อยสลายจึง

เกิดขึ้นภายนอกเซลล์โดยการปลดปล่อยเอ็นไซม์ของจุลินทรีย์ซึ่งเกิดได้ทั้งทั้งแบบใช้ endo-enzyme หรือเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการแตกตัวของพันธะภายในสายโซ่พอลิเมอร์อย่างไม่เป็นระเบียบ และแบบ exo-enzyme หรือเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการแตกหักของพันธะทีละหน่วยจากหน่วยซ้ำที่เล็กที่สุดที่อยู่ด้านปลายของสายโซ่พอลิเมอร์เมื่อพอลิเมอร์แตกตัวจนมีขนาดเล็กพอจะแพร่ผ่านผนังเซลล์เข้าไปในเซลล์และเกิดการย่อยสลายต่อในขั้นตอนที่ 2 ได้ผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนสุดท้าย (ultimate biodegradation) คือ พลังงานและสารประกอบขนาดเล็กที่เสถียรในธรรมชาติ (mineralization) เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน น้ำ เกลือ แร่ธาตุต่างๆ และมวลชีวภาพ (biomass)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.3 มาตรฐานพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 ASTM D6400 : Standard Specification for Compostable Plastics

มาตรฐานที่กำหนดผลิตภัณฑ์และวัสดุที่ย่อยสลายได้ สำหรับการย่อยสลายในตัว (Inherent Biodegradation) กำหนดไว้ว่า ผลิตภัณฑ์พลาสติกจะต้องมีอัตราการย่อยสลายที่เหมาะสมตามอัตราการเปลี่ยนแปลงไปเป็น CO_2 [4]

1. พอลิเมอร์ชนิดเดียว (Homopolymerหรือ Rondom copolymers) 60%ของคาร์บอนจะต้องถูกเปลี่ยนเป็น CO_2

2. พอลิเมอร์หลายชนิด (Block copolymer, segmented copolymer) 90% ของคาร์บอนจะต้องถูกเปลี่ยนเป็น CO_2

3. พอลิเมอร์หลายชนิดมีปริมาณมากกว่า 1% พอลิเมอร์แต่ละชนิด จะต้องมีการย่อยสลายถึง 60%

- วัสดุที่ไม่มีสารกัมมันตรังสี การทดสอบจะต้องไม่นานกว่า 180 วัน
- ถ้าเป็นสารกัมมันตรังสี การทดสอบจะต้องไม่นานกว่า 360 วัน

2.3.2 ASTM D5338 : Standard Test Method for Determining Aerobic Biodegradation of Plastic Materials Under Controlled Composting Condition

การทดสอบมาตรฐานสำหรับประเมินการย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนของวัสดุภายใต้สภาวะคอมโพสท์ที่มีการควบคุม [4]

2.3.3 ASTM D5988 : Standard Test Method for Determining the Aerobic Biodegradation in Soil of Plastic Material or Residual Plastics Material After Composting

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 27 ก.ย. 2555
เลขทะเบียน 249315

การทดสอบมาตรฐานสำหรับประเมินการย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนของวัสดุในดิน หรือพลาสติกที่เหลือหลังจากคอมโพสท์ [4]

2.3.4 EN 13432 : Proof of compostability of plastic products

เป็นมาตรฐานที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในสหภาพยุโรป เพื่อใช้กำหนดวิธีทดสอบบรรจุภัณฑ์ที่สลายตัวได้ทางชีวภาพและสามารถนำไปใช้ในกระบวนการหมักปุ๋ยอินทรีย์ [7]

2.3.5 ISO 17088 : Specification for Compostable Plastics

การทดสอบที่กำหนดไว้ในมาตรฐานนี้ สามารถใช้หาอิทธิพลของกระบวนการหมักทางชีวภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ได้ ทั้งนี้มาตรฐานนี้ไม่สามารถหาค่าการแตกสลายได้ทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน [8]

2.3.6 ISO 14855 (JIS K 6953) : Determination of the ultimate aerobic biodegradability and disintegration of plastic materials under controlled composting conditions

เป็นการออกแบบ การย่อยสลายวัสดุพลาสติกในปุ๋ยหมักที่มีการควบคุมความชื้น อากาศ และอุณหภูมิภายในภาชนะการหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยวิธีการไตรเตรตในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ตามมาตรฐาน ISO 14855-1 หรือการชั่งน้ำหนักในกรณีดูดซับบนโซดาไลม์ ตามมาตรฐาน ISO 14855-2 การวิเคราะห์การย่อยสลายทางชีวภาพควรใช้เวลาประมาณ 45 วัน ในทางปฏิบัติควรดำเนินการทดสอบต่อเนื่องจนถึง 6 เดือน โดยร้อยละการย่อยสลายทางชีวภาพอยู่ที่ 90 ตามมาตรฐานยุโรป [9]

2.3.7 JIS K 6950 (ISO 14851) : Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in an aqueous medium (Method by measuring the oxygen demand in a closed respirometer)

การทดสอบมาตรฐานสำหรับ การหาความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพเมื่อใช้ออกซิเจนปริมาณสูงสุด ของพลาสติกในตัวกลางที่ประกอบด้วยน้ำ โดยการวัดปริมาณความต้องการออกซิเจนด้วยเครื่องวัดการหายใจในระบบปิด [10]

2.3.8 JIS K 6951 (ISO 14852) : Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in an aqueous medium (Method by analysis of evolved carbon dioxide)

การทดสอบมาตรฐานสำหรับ การหาความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพเมื่อใช้ออกซิเจนปริมาณสูงสุด ของพลาสติกในตัวกลางที่ประกอบด้วยน้ำ โดยการวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น [10]

2.4 หมึกพิมพ์เหลว [11]

หมึกพิมพ์เหลวคือ หมึกพิมพ์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวที่มีสภาพการไหลเหมาะสมกับการนำไปใช้ในระบบการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีและระบบการพิมพ์กราวัวร์ องค์ประกอบของหมึกพิมพ์เหลวได้แก่ 1. ผงสีและสีย้อม 2. เรซิน 3. สารเติมแต่ง 4. ตัวทำละลาย

2.4.1 ผงสีและสีย้อมในหมึกพิมพ์เหลว

ผงสี (pigment) และสีย้อม (dye) เป็นสารให้สีที่มีความแตกต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือ ผลสีเป็นสารที่จะไม่ละลายในตัวกลางที่ใช้ ในขณะที่สีย้อมจะละลายในตัวกลางที่ใช้ โดยปกติผงสีมีทั้งผงสีที่ได้จากสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ส่วนสีย้อมจะเป็นสารจากสารอินทรีย์ ผงสี และสีย้อมจัดเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญอันหนึ่งในหมึกพิมพ์ทุกชนิด มีหน้าที่เป็นสารให้สีหรือสารกำหนดสี สีในหมึกพิมพ์เกิดจากการเลือกใช้ผงสีหรือสีย้อมที่ถูกต้องตามประเภทของหมึกพิมพ์ โดยมีปัจจัยในการเลือกผงสีและสีย้อมที่ต้องคำนึงถึง คือ สมบัติของตัวผงสีและสีย้อมกับเรซินที่เลือกใช้ในการผลิตหมึกประเภทต่าง ๆ

ผงสีและสีย้อมมีหน้าที่หลักเป็นสารให้สีในการพิมพ์บนวัสดุพิมพ์ โดยอาศัยสมบัติการสะท้อนของแสง การมองเห็นสีต่าง ๆ ได้นั้นอาศัยทฤษฎีการดูดกลืนและการสะท้อนของแสง กล่าวคือ การมองเห็นสีต้องมีแสงอยู่ด้วย แสงจากแหล่งกำเนิดแสงจะส่องมากระทบวัตถุแล้วสะท้อนเข้าตามายังจอรับภาพในลูกตา ซึ่งจะมีปรายประสาทรับสัญญาณส่งไปยังสมองเพื่อแปลออกเป็นการรับรู้เกี่ยวกับสี

ค่าดัชนีสี (color index หรือ CI) เป็นค่ามาตรฐานที่ใช้ในการแยกระดับสีต่าง ๆ ของทั้งผงสีและสีย้อมที่ผู้ผลิตหมึกต้องรู้จักและเข้าใจความหมายเป็นอย่างดี โดยปกติจะกำหนดเป็นตัวย่อยของสีภาษาอังกฤษ เช่น สีแดง (red) ใช้ตัวย่อว่า “R” แล้วตามด้วยค่ามาตรฐาน ตั้งแต่เลข 1 ถึงเลขหลักร้อยต่าตัวเลขต่าง ๆ เป็นค่าตัวเลขตามประเภทของผงสีและสีย้อมที่ใช้ต่าง ๆ กัน

ค่า CI ของสีที่ใช้เป็นมาตรฐานในการผลิตหมึกพิมพ์เหลวทั่วไป มีดังนี้

สีแดง	R-48 R-52 R-57
สีส้ม	O-13 O-19
สีเหลือง	Y-1 Y-12 Y-13 Y-83
สีเขียว	G-7
สีน้ำเงิน	B-1 B-15
สีม่วง	V-3 V-23 V-27
สีขาว	Wt-6
สีดำ	Bk-7

นอกจากนี้ ยังมีตัวเลขดัชนีสี (colour index number หรือ CI No.) ของผงสีและสีย้อม ซึ่งเป็นตัวเลข 5 หลัก เช่น CI No. 45380 ตัวเลขดังกล่าวเป็นตัวเลขที่มีกำหนดไว้เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบถึงการผลิตและที่มาของหมึกนั้น ๆ ซึ่งจะไม่ขอกล่าวในรายละเอียดในที่นี้ เนื่องจาผู้ใช้ส่วนใหญ่จะนิยมระบุดัชนีสีหรือ CI ซึ่งจำได้ง่ายกว่า

2.4.2 เรซินในหมึกพิมพ์เหลว

เรซินเป็นองค์ประกอบที่มีห้าที่หลักในด้านการสร้างชั้นฟิล์มของหมึกให้ยึดติดกับวัสดุพิมพ์ ส่วนหน้าที่รอง คือ การให้ความเงา และการทำให้ฟิล์มของหมึกมีความแข็งแรง การเลือกเรซินในหมึกพิมพ์ทุกชนิดขึ้นกับชนิดของหมึกพิมพ์ที่ต้องการ ระบบการพิมพ์ วัสดุพิมพ์ การนำไปใช้งาน และสมบัติเฉพาะตัวของเรซิน

2.4.2.1 ประเภทและลักษณะทั่วไปของเรซิน

เรซินเป็นสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อนของโมเลกุลขนาดใหญ่ มีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และการสังเคราะห์ทางเคมี เรซินในธรรมชาติ เช่น โรซินกัมเรซินสังเคราะห์เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีโดยปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์(polymerization) ของโมเลกุลขนาดเล็ก เรซินสังเคราะห์ เช่น พอลิเอไมด์ (polyamide) พอลิไวนิล (polyvinyl) สมบัติทางกายภาพและเคมีของเรซินสังเคราะห์จะมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างทางเคมีและองค์ประกอบของเรซินชนิดนั้น ๆ สมบัติของเรซินสังเคราะห์จะแตกต่างจากเรซินธรรมชาติ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบลักษณะทั่วไประหว่างเรซินธรรมชาติและเรซินสังเคราะห์

ลักษณะทั่วไป	เรซินธรรมชาติ	เรซินสังเคราะห์
กลิ่น	แรง	อ่อน
จุดหลอมเหลว	ต่ำ	สูง
สี	เข้ม	อ่อน
การละลาย	ยาก	ง่าย
สมบัติต่าง ๆ	ไม่สม่ำเสมอ	สม่ำเสมอ

โดยปกติสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเรซินรวมถึงข้อบ่งใช้ในสูตรหมึกพิมพ์จะถูกกำหนดไว้พร้อมกับรายละเอียดจากผู้ผลิต

2.4.2.2 ปัจจัยทั่วไปในการเลือกเรซิน

ปัจจัยการเลือกใช้เรซินในหมึกพิมพ์เหลวขึ้นกับองค์ประกอบหลายประการ ได้แก่

1. การสร้างฟิล์มของเรซิน ความแข็ง กลิ่น สี ความโปร่ง ความทึบ และการละลายในตัวทำละลายที่ต้องการ

2. สมบัติการเปียก กับผงสีที่เลือใช้เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของผงสีดี และมีความเสถียร

3. ความหนืด (viscosity) ของวานิชที่ทำจากเรซินควรเพิ่มขึ้นตามความหนืดของเรซินที่สูงขึ้น

4. เรซินที่ดีควรมีสมบัติการสร้างชั้นฟิล์มที่รวดเร็วและให้ฟิล์มที่บางเมื่อสัมผัสกับอากาศหรือความร้อน

5. เรซินที่ดีวครให้สมบัติการยึดติดกับวัสดุพิมพ์

6. บนวัสดุพิมพ์ประเภทกระดาษ เรซินที่เลือกใช้ควรมีการสร้างชั้นฟิล์มที่รวดเร็วไม่ควรซึมลงไปในเนื้อกระดาษมาก เพื่อรักษาความเงาบนผิวกระดาษสูงสุด

7. เรซินไม่ควรทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบอื่นในหมึกพิมพ์อันก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเป็นเจล (gelation) ซึ่งจะทำให้หมึกเสียสภาพ

2.4.2.3 เรซินในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

การเลือกใช้เรซินในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีควรสอดคล้องกับปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาในข้อ 2 สิ่งที่สำคัญสี่สุดในการเลือกเรซินสำหรับหมุกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี คือ การเลือกเรซินที่มีสมบัติการละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีผลต่อการทำลายแม่พิมพ์ยาง โดยปกติแล้วแม่พิมพ์ยางในระบบการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี มี 2 ประเภท คือ แม่พิมพ์ยางจากยางธรรมชาติ และจากยางสังคราะห์ แม่พิมพ์ทั้ง 2 ประเภท มีสมบัติทนทานต่อตัวทำละลายแตกต่างกัน แต่โดยรวมแม่พิมพ์ทั้ง 2 ประเภท ไม่ทนต่อตัว

ทำละลายประเภทอะโรมาติก (aromatic solvent) ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีหมู่วงแหวนเบนซินอยู่ในโครงสร้างทางเคมี ตัวทะละลายประเภทนี้ เช่น โทลูอีน ตัวทำละลาย ที่ใช้กับหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีควรเป็นตัวทำละลายประเภทแอลกฮอล์ และเอสเทอร์(ester) เท่านั้น

ในการเลือกใช้เรซินสำหรับการผลิตหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีนั้น สิ่งที่ต้องคำนึง คือเรซินต้องละลายในตัวทำละลายประเภทที่กล่าวมาแล้ว ให้สมบัติการยึดติดกับวัสดุพิมพ์ มีสมบัติการเปียกกับผงสีได้เป็นเรซินที่มีการสร้างฟิล์มของหมึกอย่างรวดเร็ว มีกลิ่นน้อย ให้ค่าตกค้างของตัวทำละลาย (solvent retention) ต่ำ และควรมีสมบัติเข้ากันได้ดีกับเรซินร่วมชนิดอื่น ๆ โดยทั่วไปเรซินแต่ละชนิดจะให้สมบัติตามปัจจัยที่ระบุไม่ครบถ้วน จึงทำให้มีการใช้เรซินหลายชนิดในการผลิตหมึกพิมพ์ชนิดหนึ่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุพิมพ์ที่ใช้ด้วย การใช้เรซินหลายชนิดในหมึกพิมพ์หนึ่ง ๆ อาจก่อให้เกิดปัญหาการไม่รวมตัวกันหรือเข้ากันไม่ได้ระหว่างเรซินแต่ละชนิด นอกจากนี้การเลือกใช้ตัวทำละลายที่ไม่เหมาะสมก็จะมีผลต่อสมบัติของหมึกพิมพ์ด้วย ดังนั้นจึงควรคำนึงถึงทั้งการเข้ากันได้ของเรซินที่ใช้กับการเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมในการผลิตหมึกพิมพ์

2.4.2.4 เรซินในหมึกพิมพ์กราวัวร์

การเลือกใช้เรซินในหมึกพิมพ์กราวัวร์ควรสอดคล้องกับปัจจัยต่าง ๆ ดังได้กล่าวแล้วเช่นกัน เนื่องจากแม่พิมพ์ในระบบกราวัวร์เป็นแม่พิมพ์โลหะมีความทนทานต่อตัวทำละลายประเภทอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ดังนั้น จึงไม่มีข้อจำกัดในการเลือกใช้เรซิน สิ่งสำคัญ คือเรซินแต่ละชนิดนั้น ควรมีสมบัติต่าง ๆ ตามปัจจัยที่ได้กล่าวแล้ว โดยรวมการเลือกใช้เรซินในหมึกพิมพ์กราวัวร์จะต้องสอดคล้องกับเรซินที่ใช้ในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

2.4.3 สารเติมแต่งในหมึกพิมพ์เหลว

สารเติมแต่ง คือ สารที่เติมลงไปเพื่อปรับปรุงสมบัติของหมึกพิมพ์ให้เหมาะสมกับการใช้งานนั้น สารเติมแต่งทำหน้าที่แก้ไขสมบัติที่บกพร่องของเรซินที่ใช้ในการผลิตหมึกพิมพ์ในระหว่างการะบวนการผลิต รวมทั้งช่วยป้องกันการเกิดปัญหาต่าง ๆ ของหมึกพิมพ์ที่อาจเกิดขึ้นได้

2.4.3.1 ชนิดของสารเติมแต่ง

สารเติมแต่งที่ใช้มีหลายชนิดดังนี้

1. สารทำให้เปียก (wetting agent) ใช้ในระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มสมบัติการกระจายตัวของผงสีต่อเรซินที่ใช้อันส่งผลต่อสมบัติด้านความมันวาว ความเข้มสีและเสถียรภาพของหมึกพิมพ์ โดยปกติเรซินจะหุ้มผงสีไว้ และทำให้ผงสีกระจายตัวในตัวทำละลาย การที่เรซินหุ้มผงสี

ได้จะช่วยให้เกิดการเปียกที่ดี ในกรณีที่หุ้มไม่หมดจะมีการเติมสารทำให้เปียก ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับผิวหน้าของผงสีทำให้จับกับเรซินได้ดีขึ้น

2. สารป้องกันการจับตัวเป็นก้อน ช่วยป้องกันการเกิดปัญหาผงสีจับตัวกัน (flocculation) รวมทั้งช่วยป้องกันการเกิดปัญหาผงสีลอยแยกตัวในหมึกพิมพ์ในกรณีที่ใช้ผงสีมากกว่า 1 ชนิดในหมึกพิมพ์

3. พลาสติไซเซอร์(plasticizer) ช่วยให้ฟิล์มของหมึกบนวัสดุพิมพ์อ่อนตัว และช่วยปรับแต่งการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ให้ช้าลง ทำให้ผิวฟิล์มของหมึกมีความมันวาว การใช้พลาสติไซเซอร์ในปริมาณสูงเกินกำหนดก่อนให้เกิดปัญหาการซับหลังหรือการเลอะของหมึกพิมพ์บนกระดาษพิมพ์อื่นเมื่อหมึกแห้งไม่ทันและกลิ่นตกค้างในวัสดุพิมพ์พลาสติไซเซอร์ที่ใช้ เช่น ไดออกทิลฟทาเลต หรือ ดีโอพี (dioctyl phthalate หรือ DOP) ไดบิลทิลฟทาเลต หรือ ดีบีพี (dibutyl phthalate หรือ DBP)

4. สารที่ทำให้เสถียร (stabilizer) ช่วยป้องกันการเกิดเจลของหมึกพิมพ์และช่วยให้หมึกพิมพ์เสถียรขึ้น

5. สารป้องกันการออกซิไดส์ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างผงสีและเรซินบางประเภทโดยเฉพาะการใช้เรซินพอลิเอไมด์ เนื่องจากเรซินชนิดนี้ไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ

6. ไข (wax) เป็นสารเพิ่มสมบัติการทนทานต่อการขัดถู การทนทานต่อการขีดขวนและเพิ่มความลื่น ไข ที่นิยมใช้ คือ ไขจากพอลิโพรพิลีน(polypropylene หรือ PP) และไขจากพอลิเอทิลีน (polyethylene หรือ PE) ข้อดีของไขประเภทนี้ คือ ไม่ก่อให้เกิดปัญหาหมึกแห้งช้าถึงแม้จะใช้ในปริมาณสูง โดยปกติไขประเภทนี้มีวิธีการใช้ 2 วิธี คือ บดผสมกับเรซินที่เป็นวานิชแล้วนำไปใส่ในหมึกพิมพ์หรือใส่โดยตรงในหมึกพิมพ์ได้เลย ข้อเสียของไข คือ ทำให้ความมันวาวของหมึกลดลงได้หากมีการเลือกใช้ไขที่มีขนาดอนุภาคใหญ่

สารเติมแต่งทำหน้าที่คล้ายไขมีหลายชนิด เช่น ซิลิโคน (silicone) กรดไขมัน (fatty acid) แป้งทัลคัม (talc) และสเตียเรต(stearate) ผลเสียของการใช้สารเติมแต่งประเภทนี้ คือ ทำให้การผนึก (seal) ระหว่างชั้นของหมึกพิมพ์กับชั้นของกาวไม่ดี

7. สารอื่น ๆ ในหมึกพิมพ์ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบมีความจำเป็นในการใช้สารเติมแต่งมากกว่าหมึกที่มีตัวทำละลายอื่นเป็นองค์ประกอบ สารเติมแต่งอื่น ๆ ที่ใช้ เช่น สารลดฟอง สารฆ่าเชื้อรา สารลดแรงตึงผิว

2.4.3.2 การเลือกใช้สารเติมแต่งสำหรับหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีเป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้สำหรับแม่พิมพ์พื้นนูนที่ทำจากยาง มีตัวทำละลายที่ใช้เป็นประเภทแอลกอฮอล์ เอสเทอร์ และน้ำ เรซินที่ใช้ในหมึกพิมพ์ระบบนี้มันเป็นอะคริลิกที่ละลายได้ในแอลกอฮอล์ และน้ำ มีการเลือกใช้สารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ ในการผลิตหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีเพื่อ

แก้ไขปัญหาที่มักเกิดขึ้นกับหมึกพิมพ์ระบบนี้ โดยเฉพาะปัญหาการกระจายตัวของผงสีต่อเรซิน การเกิดฟองในขณะการผลิตหรือนำไปใช้งาน การเกิดเชื้อราในขณะนำไปใช้งาน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนเป็นปัญหาที่ต้องแก้ไขโดยการเลือกใช้สารเติมแต่งที่ได้กล่าวมาแล้วอย่างเหมาะสม การใช้สารเติมแต่งอย่างมีประสิทธิภาพ คือ การใช้ให้ถูกต้องกับปัญหาและการใช้ในประมาณที่เหมาะสม

2.4.3.3 การเลือกใช้สารเติมแต่งสำหรับหมึกพิมพ์กราวัวร์

หมึกพิมพ์กราวัวร์เป็นหมึกพิมพ์สำหรับแม่พิมพ์ร่องลึกที่ทำจากโลหะ (ส่วนใหญ่ทำจากทองแดงเคลือบโครเมียม) หมึกพิมพ์ในระบบนี้ใช้กับวัสดุพิมพ์หลายประเภททำให้เกิดความหลากหลายในการเลือกใช้เรซินและตัวทำละลายในการผลิต ซึ่งส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องบางอย่างตามแต่กรณี สารเติมแต่งจึงเข้ามามีบทบาทต่อการผลิตหมึกพิมพ์กลุ่มนี้ ซึ่งต้องมีปริมาณการใช้ที่ถูกต้อง

โดยปกติผู้ขายมักกำหนดปริมาณการใช้สารเติมแต่งในค่าหนึ่ง แต่อย่างไรก็ดีปริมาณการใช้สารเติมแต่งต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้น จะแปรเปลี่ยนไปตามองค์ประกอบของหมึกพิมพ์เหลวแต่ละชนิด การใช้สารเติมแต่งมากเกินขนาดไม่ก่อให้เกิดผลดีดังคาดหมายแต่กลับทำให้เกิดผลเสียตามมา ตัวอย่างเช่น การใช้สารลดฟองในการผลิตหมึกเหลวฐานน้ำในระบบการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีในปริมาณที่มากเกินกำหนดก่อให้เกิดปัญหาการถ่ายโอนหมึกพิมพ์จากแม่พิมพ์ไปยังวัสดุพิมพ์ไม่ต่อเนื่อง ขาดความสวยงาม

2.4.4 ตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เหลว

ตัวทำละลายเป็นองค์ประกอบหลักอีกชนิดหนึ่งของหมึกพิมพ์ ตัวทำละลายที่ใช้ ได้แก่ ตัวทำละลายประเภทอะโรมาติก เช่น โทลูอีน ไซลีน(xylene) ตัวทำละลายประเภทแอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล (methanol) เอทานอล(ethanol) ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์หรือไอพีเอ ตัวทำละลายประเภทเอสเทอร์ เช่น เอทิลอะซิเตต ตัวทำละลายประเภทคีโตน เช่น เมทิลเอทิลคีโตน หรือ MEK การเลือกใช้ตัวทำละลายแต่ละชนิดขึ้นกับการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ ในหมึกพิมพ์ทั้งเฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์มีการแห้งตัวแบบตัวทำละลายระเหยไป เพื่อทำให้เกิดชั้นฟิล์มของหมึกบนวัสดุพิมพ์

2.4.4.1 หน้าที่ของตัวทำละลาย

หน้าที่หลักของตัวทำละลาย คือ การเปลี่ยนสภาพของผงสีและเรซินให้อยู่ในสภาพของของเหลวพร้อมพิมพ์ในระบบการพิมพ์ทั้งเฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์ ตัวทำละลายช่วยทำให้เกิดชั้นฟิล์มของหมึกบนวัสดุพิมพ์โดยการระเหยไปของตัวเอง ตัวทำละลายที่ดีจะต้องระเหยออกไปจากชั้นฟิล์มของหมึกอย่างว่องไว ไม่มีเหลือตกค้างอยู่ในชั้นฟิล์มของหมึก นอกจากนี้ตัวทำละลายยังมีผลต่อสมบัติการ

ยึดติดของหมึกพิมพ์บนวัสดุพิมพ์ที่ไม่มีการเตรียมผิวก่อนพิมพ์ โดยตัวทำละลายอาจเพิ่มหรือลดแรงตึงผิวของวัสดุพิมพ์ ซึ่งช่วยทำให้การยึดติดของหมึกพิมพ์ดีขึ้น

2.4.4.2 สมบัติของตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เหลว

สมบัติสำคัญของตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เหลว มีดังนี้

1. ค่าการละลาย เป็นสมบัติสำคัญในการเลือกใช้เพราะตัวทำละลายที่เลือกใช้ควรละลายเรซินที่ใช้ในการผลิตหมึกพิมพ์แต่ละประเภทได้ เรซินแต่ละชนิดมีสมบัติในการละลายในตัวทำละลายแตกต่างกัน เรซินบางชนิดละลายในตัวทำละลายประเภทอะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน บางชนิดละลายในตัวทำละลายประเภทแอลกอฮอล์ การเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมต้องสอดคล้องกันทั้งระบบการพิมพ์และช่วยทำให้เกิดการยึดติดบนวัสดุพิมพ์

2. อัตราการระเหย เป็นสมบัติสำคัญที่ต้องคำนึงถึง เพราะเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วในการแห้งตัว โดยปกติอัตราการระเหยจะบอกเป็นตัวเลขที่เทียบกับอัตราการระเหยของบิวทิลอะซิเตต การพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์เหลวทั้งเฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์ เป็นระบบการพิมพ์แบบป้อนม้วนและมักใช้กับวัสดุพิมพ์จำพวกพลาสติกเป็นส่วนใหญ่ การเลือกใช้ตัวทำละลายจึงต้องมีอัตราการแห้งตัวสูงกว่าในหมึกพิมพ์ข้นเหนียวเพราะต้องคำนึงถึงความไวในการแห้งตัวที่เหมาะสมกับความเร็วในการพิมพ์

3. ช่วงจุดเดือด ในหมึกพิมพ์เหลวทั้งระบบเฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์ จะมีส่วนผสมของตัวทำละลายที่มีช่วงจุดเดือดต่ำ โดยความเข้าใจทั่วไปมักเข้าใจว่า ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำจะมีค่าอัตราการระเหยตัวของตัวทำละลายสูง (หมายความถึงระเหยเร็ว) แต่มิได้เป็นเช่นนั้นเสมอไป ตัวทำละลายบางตัวมีช่วงจุดเดือดสูงกว่าอาจมีอัตราการแห้งตัวไวกว่า ในการเลือกใช้ตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เหลวที่มีสูตรมาตรฐานกำหนดไว้ หากมีการเจือปนของตัวทำละลายตัวใดตัวหนึ่ง ย่อมส่งผลต่อการเกิดปัญหาต่าง ๆ ดังนี้

3.1 เกิดปัญหาฟิล์มของหมึกแห้งช้ามาก เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้มีช่วงจุดเดือดสูงกว่าปกติทำให้ตัวทำละลายระเหยช้า

3.2 เกิดปัญหากลิ่นของตัวทำละลายตกค้างในวัสดุพิมพ์ เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้มีช่วงจุดเดือดต่ำกว่าปกติ ทำให้ตัวทำละลายนั้น ๆ ระเหยเร็วมาก เกิดการสร้างชั้นฟิล์มของหมึกขึ้นบนวัสดุพิมพ์อย่างรวดเร็วส่งผลให้ตัวทำละลายบางส่วนในชั้นของฟิล์มที่สร้างระเหยออกไปไม่ทันจึงทำให้เกิดการตกค้างขึ้น

โดยปกติตัวทำละลายที่ใช้ควรมีจุดเดือดสูงโดยประมาณตั้งแต่ 70 องศาเซลเซียสขึ้นไป ทั้งนี้เพราะถ้าจุดเดือดต่ำกว่านี้จะมีผลทำให้ตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เกิดการเดือดขณะพิมพ์และขณะอบเป็นผลทำให้ภาพพิมพ์มีลักษณะเป็นดวง ๆ

ตารางที่ 2.2 ตัวทำละลายที่ใช้ในหมึกพิมพ์เหลวพร้อมสมบัติที่ควรทราบ

สมบัติ / ตัวทำละลาย	จุดเดือด (องศาเซลเซียส)	ความดันไอ ที่ 20 องศาเซลเซียส (มิลลิเมตรของปรอท)	อัตราการระเหย เมื่อเทียบกับ บิวทิลอะซิเตต
เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol)	78	44	3.3
ไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ (isopropyl alcohol)	82	33	2.3
เอทิลอะซิเตต(ethyl acetate)	77	76	6.2
บิวทิลอะซิเตต(butyl acetate)	126	8.5	1.0
เมทิลเอทิลคีโตน (methyl ethyl ketone)	80	71	5.7
เมทิลไอโซบิวทิลคีโตน (methyl isobutyl ketone)	118	16	1.6
เฮกเซน(hexane)	69	125	9.0
โทลูอีน(toluene)	111	3.2	2.1

2.4.4.3 การเลือกใช้ตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เหลว

มีปัจจัยหลายประการต่อการเลือกใช้ตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เหลว

1. ชนิดของเรซินและสมบัติการละลายของเรซินที่เลือกใช้ เรซินแต่ละชนิดมีสมบัติการละลายในตัวทำละลายต่างกันตามแต่วัสดุพิมพ์เป็นตัวกำหนด อันเป็นผลต่อการเลือกใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ในหมึกพิมพ์บางประเภทมีการใช้เรซินมากกว่าหนึ่งชนิด ซึ่งแรซินแต่ละชนิดมีค่าการละลายในตัวทำละลายแตกต่างกันไป ทำให้ต้องกำหนดตัวทำละลายผสมที่เหมาะกับเรซินรวมที่ใช้ในหมึกพิมพ์ชนิดนั้น ๆ

ข้อควรคำนึงถึงในการใช้ตัวทำละลายผสม คือ การหาจุดสมดุลของอัตราส่วนตัวทำละลายอันส่งผลต่อการละลายเรซินที่สมบูรณ์ การใช้ตัวทำละลายผสมมักให้ผลต่อค่าการไกลของหมึกพิมพ์ที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ตัวทำละลายเดี่ยวในระหว่างกระบวนการพิมพ์ ช่างพิมพ์ต้องเติมตัวทำละลายเพิ่มในหมึกพิมพ์เพื่อใช้ทดแทนตัวทำละลายที่ระเหยไปในช่วงของการพิมพ์ เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้ในหมึกพิมพ์ส่วนใหญ่เป็นตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส และมีค่าอัตราการระเหยตัวสูง ทำให้ระหว่างกระบวนการพิมพ์ตัวทำละลายในหมึกพิมพ์ระเหยไปทุกขณะ จึงต้องมีการเติมทดแทนการเติมตัวทำละลายทดแทนส่วนนี้ต้องคำนึงถึงสูตรผสมที่ใช้ในหมึกพิมพ์ นั้น ๆ ตัวทำละลายแต่ละตัวมีอัตราการระเหยตัวไม่เท่ากัน ดังนั้นถึงแม้ช่างพิมพ์จะเติมตัวทำละลายผสมตามสูตรที่ใช้ในหมึกพิมพ์นั้น ๆ ตัวทำละลายแต่ละตัวมีอัตราการระเหยตัวไม่เท่ากัน ดังนั้นถึงแม้ช่างพิมพ์จะเติม

ตัวทำละลายผสมตามสูตรที่ใช้ในการผลิตหมึกพิมพ์ก็ก่อให้เกิดปัญหาความไม่สมดุลของตัวทำละลายขึ้นอันก่อให้เกิดปัญหาการตกตะกอนของเรซินบางตัว สีด้าน ความหนืดของหมึกพิมพ์สูงขึ้นมาก และสมบัติการยึดติดด้อยลง

2. ความเร็วในการพิมพ์ ในระบบการพิมพ์ทั้งระบบเฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นระบบการพิมพ์แบบป้อนม้วน และมักพิมพ์ที่อัตราความเร็วค่อยข้างสูงจนถึงสูงมากประกอบกับวัสดุพิมพ์เป็นพลาสติก จึงมีผลให้เกิดข้อกำหนดในการใช้ตัวทำละลายที่ระเหยเร็ว เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพของการพิมพ์ของในการพิมพ์ทั้ง 2 แบบ คือการพิมพ์ที่รวมอยู่ในสายการผลิตฟิล์มพลาสติก (in-line extrude print) และพิมพ์ธรรมดาหรือแยกจากสายการผลิตฟิล์มพลาสติก (out-line extrude print) การพิมพ์แบบแรกจะช้ากว่าการพิมพ์แบบหลังมาก เพราะความเร็วในการพิมพ์เท่ากับความเร็วของการเป่าฟิล์มเท่านั้น ดังนั้นสูตรตัวทำละลายที่ใช้ในการพิมพ์แบบแรกจะให้อัตราความเร็วในการแห้งช้ากว่าการพิมพ์แบบหลังมาก

3. วัสดุพิมพ์ มีผลต่อการเลือกใช้ตัวทำละลายด้วย วัสดุพิมพ์ประเภทที่มีการซึมผ่านของตัวทำละลายได้และประเภทที่ไม่ยอมให้มีการซึมผ่ายของตัวทำละลายจะมีผลต่อการเลือกใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน

4. หมึกพิมพ์สำหรับบรรจุภัณฑ์อาหาร ควรเลือกใช้ตัวทำละลายที่ให้ค่าตกค้างต่ำเมื่อระเหยไปขณะสร้างชั้นฟิล์ม เพื่อให้มีกลิ่นตกค้างในวัสดุพิมพ์ต่ำสุด

2.4.4.4 ปัจจัยในการเลือกใช้ตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

แม่พิมพ์ยางในระบบเฟล็กโซกราฟีเป็นตัวกำหนดการเลือกใช้ตัวทำละลายในหมึกพิมพ์ระบบนี้ โดยปกติธรรมชาติของยางไม่สามารถรับตัวทำละลายประเภทอะโรมาติกได้ เพราะยางจะบวมและพิมพ์ไม่ได้ ดังนั้นตัวทำละลายที่เลือกใช้จะต้องเป็นตัวทำละลายประเภทแอลกอฮอล์หรือเอสเทอร์ เช่น น้ำ ไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ ส่วนปัจจัยอื่น ๆ จะสอดคล้องกับปัจจัยที่กล่าวไว้แล้ว

2.4.4.5 ปัจจัยในการเลือกใช้ตัวทำละลายในหมึกพิมพ์กราวัวร์

ในระบบการพิมพ์กราวัวร์ ใช้แม่พิมพ์ที่เป็นโลหะจึงไม่มีข้อจำกัดในการเลือกใช้ตัวทำละลาย การเลือกใช้จึงขึ้นกับปัจจัยที่ระบุไว้ เช่น ชนิดของเรซิน และสมบัติการละลายของเรซินที่เลือกใช้ตามความเหมาะสมตัวทำละลายที่นิยมใช้ในหมึกพิมพ์กราวัวร์สำหรับงานบรรจุภัณฑ์บนวัสดุพิมพ์กระดาษ พลาสติก และฟอยล์ ได้แก่ ไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ และเอนโพรพิวแอลกอฮอล์ (n-propyl alcohol) ส่วนตัวทำละลายที่ใช้สำหรับงานสิ่งพิมพ์อื่น ได้แก่ โทลูอีนและอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน

2.4.5 การไหลของหมึกพิมพ์เหลว

สมบัติที่สำคัญมากอันหนึ่งของหมึกพิมพ์เหลว คือ สมบัติด้านการไหล การไหลที่ดีมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของงานพิมพ์แต่ละระบบ การไหลของหมึกพิมพ์เหลวใช้วัดโดยอ้อมจากความหนืดซึ่งวัดด้วยถ้วยตวงมาตรฐาน เช่น ซาห์นคัพฟอร์ดคัพ หรืออาจวัดจากเครื่องมือวัดความหนืดแบบโรเทชันนัล การไหลและความหนืดมีความสัมพันธ์กันแบบสมการผกผัน กล่าวคือ หมึกพิมพ์ที่มีการไฟลดีจะมีความหนืดต่ำ ส่วนหมึกพิมพ์ที่มีการไหลไม่ดีจะมีความหนืดสูง ความหนืดของหมึกพิมพ์เหลวจะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ที่เลือกใช้ โดยเฉพาะผงสี เรซิน ตัวทำละลายและสารเติมแต่ง

2.4.5.1 อิทธิพลขององค์ประกอบที่มีต่อการไหล

หมึกพิมพ์ที่มีการไหลดีหรือไม่นั้นจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ที่ใช้ ได้แก่ ผงสี เรซิน ตัวทำละลาย และสารเติมแต่ง

1. ผงสี ผงสีที่ใช้ในการผลิตหมึกพิมพ์มี 2 ชนิด คือ ผงสีอินทรีย์และผงสีอนินทรีย์ ผงสีทั้ง 2 ชนิดมี สมบัติการดูดซึมน้ำมันต่างกัน โดยที่ผงสีที่มีสมบัติดูดซึมน้ำมันสูง เมื่อนำมาผลิตหมึกพิมพ์จะได้หมึกพิมพ์ที่มีการไหลไม่ดีหรือมีความหนืดสูง โดยปกติผงสีอินทรีย์ให้ค่าการดูดซึมน้ำมันสูงกว่าผงสีอนินทรีย์มาก แต่ผงสีอินทรีย์ ใน CI เดียวกันที่ผลิตจากบริษัทผู้ผลิตแต่ละบริษัทก็ให้ค่าการดูดซึมน้ำมันต่างกัน

ดังนั้นผู้ผลิตหมึกจึงควรคำนึงสมบัติข้อนี้เป็นอย่างมากในการเลือกใช้ผงสีเพื่อผลิตหมึกพิมพ์เหลวที่มีคุณภาพการไหลที่ดี การเพิ่มปริมาณการใช้ผงสีในสูตรหมึกพิมพ์ส่งผลให้ความหนืดของหมึกพิมพ์นั้นสูงขึ้น ขาดความเสถียร ทำให้ความหนืดของหมึกเสียไปเมื่อเก็บอยู่ในสต๊อก มีผลทำให้งานพิมพ์ขาดคุณภาพเกิดลักษณะภาพพิมพ์ไม่เรียบเป็นริ้วรอยเหมือนลายของคลื่นน้ำ

2. เรซินผู้ผลิตหมึกควรเลือกใช้เรซินที่ให้ค่าการไหลที่ดีไม่ว่าจะอยู่ในอุณภูมิที่แตกต่างกันเพียงใด เรซินบางตัวในอุณภูมิต่ำจะเสียสภาพการไหล จึงมีผลทำให้หมึกพิมพ์ที่ใช้เรซินประเภทนี้เสียสภาพการไหลได้เมื่ออุณภูมิต่ำ เรซินประเภทนี้ ได้แก่ พอลิเอไมด์ วิธีป้องกัน คือการหลีกเลี่ยงที่จะใช้เรซินที่มีปัญหาเหล่านี้

3. ตัวทำละลาย ตัวทำละลายแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายเรซินแตกต่างกัน ตัวทำละลายใดที่เป็นตัวทำละลายหลักของเรซินตัวที่เลือกใช้จะให้ค่าการไหลที่ดี แต่บางครั้งตัวทำละลายที่ดีนั้นอาจมีอัตราการระเหยเร็ว ซึ่งมีผลทำให้การไหลลดลง จึงต้องมีตัวทำละลายอื่นผสม ดังนั้นในสูตรหมึกพิมพ์แต่ละสูตรที่มีเรซินเป็นองค์ประกอบมากกว่าหนึ่งชนิดจึงมักมีส่วนผสมของตัวทำละลายชนิดเพื่อรักษาสมบัติการไหลให้ดีที่สุด ยกตัวอย่างเช่น ไนโตรเซลลูโลส เป็นเรซินที่สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายประเภทเอสเทอร์และคีโตน เมื่อมีปริมาณการใช้เอสเทอร์หรือคีโตนเป็นตัวทำละลายสำหรับไนโตรเซลลูโลสเต็ม 100 การไหลของหมึกจะไม่ดี เนื่องจากมีอัตราการระเหยสูง

ดังนั้นควรมีปริมาณของแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายผสมอยู่ด้วย อาจจะประมาณ ร้อยละ 40 เพื่อลดอัตราการระเหยลงทำให้การไหลดีขึ้น

4. สารเติมแต่ง สารเติมแต่งมีผลต่อการไหลของหมึกพิมพ์หลายชนิด เช่น ทำให้ผงสีกระจายตัวในวานิชได้ดี หมึกพิมพ์จึงมีการไหลดี ช่วยเพิ่มความหนืดของหมึกพิมพ์ที่ผลิตได้ต่ำกว่ามาตรฐาน

2.4.5.2 ผลกระทบของการไหลของหมึกพิมพ์เหลวที่มีต่อคุณภาพงานพิมพ์

คุณภาพของงานพิมพ์ที่พิมพ์จากหมึกพิมพ์เหลวไม่ว่าเป็นเฟล็กโซกราฟีหรือกราวัวร์ มีผลโดยตรงจากสมบัติการไหลของหมึก หมึกพิมพ์ที่มีการไหลจะช่วยให้สภาพพิมพ์ได้ (printability) ดี กล่าวคือ เมื่อพิมพ์บริเวณที่เป็นพื้นตาย งานพิมพ์จะเรียบเนียน ไม่เป็นรอยด่าง เป็นจ้ำหรือเป็นดวง หรือเมื่อพิมพ์บริเวณที่เป็นสกรีนหรือฮาล์ฟโทน การถ่ายโอนภาพที่ได้สวยเต็มทุกเม็ดสกรีน

2.4.6 การแห้งตัวของหมึกพิมพ์เหลว

การแห้งตัวของหมึกพิมพ์แตกต่างกันตามระบบการพิมพ์และวัสดุพิมพ์ หมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์แบบเฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์ มีการแห้งตัวแบบการระเหยของตัวทำละลาย เพื่อให้เกิดการสร้างชั้นฟิล์มของหมึกบนวัสดุพิมพ์ โดยทั่วไปตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เป็นตัวกำหนดอัตราการแห้งตัวเพื่อให้สอดคล้องกับความเร็วในการพิมพ์

หมึกพิมพ์ระบบเฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์เป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้ตัวทำละลายระเหยเร็ว เพื่อให้สอดคล้องกับวัสดุพิมพ์ที่เป็นพลาสติกเป็นส่วนใหญ่ และเพื่อให้สอดคล้องกับความเร็วในการพิมพ์ หากหมึกพิมพ์มีอัตราการแห้งตัวช้าจะส่งผลต่อการเกิดปัญหาต่าง ๆ ได้แก่ ความล้มเหลวในการพิมพ์สีต่อเนื่อง มีการสะสมของตัวทำละลายหรือมีการตกค้างของตัวทำละลายในวัสดุพิมพ์ และเกิดปัญหาการติดกันของวัสดุพิมพ์ในม้วน

ในทางตรงกันข้ามหากหมึกพิมพ์มีอัตราการแห้งตัวเร็วเกินไป จะส่งผลต่อการเกิดปัญหาเช่นกัน ได้แก่ การพิมพ์ภาพฮาล์ฟโทน ขาดความสวยงาม และมีการตกค้างของตัวทำละลายในวัสดุพิมพ์สูง เนื่องจากเรซินมีการเซ็ตตัวหรือหมาดตัวสร้างชั้นฟิล์มขึ้นบนวัสดุพิมพ์ก่อนที่ตัวทะละลายในหมึกพิมพ์จะระเหยออกไป

ความเร็วในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์สัมพันธ์โดยตรงกับปัจจัยหลัก 3 อย่าง

1. ชนิดของตัวทำละลาย ตัวทำละลายที่มีอัตราการระเหยตัวสูงจะให้อัตราความเร็วในการแห้งตัวสูง

2. ชนิดของเรซิน การเลือกใช้เรซินและตัวทำละลายที่เหมาะสมรวมทั้งความสามารถในการสร้างชั้นฟิล์มของเรซิน ล้วนมีผลต่อความเร็วในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์

3. ชนิดของวัสดุพิมพ์ การพิมพ์บนวัสดุพิมพ์ที่มีรูพรุน เช่น กระดาษ ย่อมให้ความเร็วในการแห้งตัวเร็วกว่าการพิมพ์บนวัสดุพิมพ์ที่มีผิวเรียบ เช่น พลาสติก

2.4.7 สูตรหมึกพิมพ์เหลว

สูตรหมึกพิมพ์เหลวทั้ง 2 ระบบ คือ การนำองค์ประกอบทั้งหมด อันได้แก่ ผงสี เรซิน ตัวทำละลาย และสารเติมแต่งมารวมกัน โดยผ่านกระบวนการผลิตที่ถูกต้อง สูตรหมึกพิมพ์จะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับวัสดุพิมพ์เป็นหลัก ทั้งนี้เนื่องจากการเลือกเรซินที่ต่างกันเพื่อให้เหมาะสมกับวัสดุพิมพ์ชนิดนั้นๆ

2.4.7.1 สูตรหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

หมึกพิมพ์เหลวฐานแอลกอฮอล์ มีแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายหลัก เป็นหมึกสำหรับพิมพ์งานบนวัสดุพิมพ์หลายประเภท เช่น กระดาษ พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene หรือ LDPE) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง หรือ (high density polyethylene หรือ HDPE) ตัวอย่างเช่น

ชนิดของสาร	ปริมาณสารที่ใช้ (ร้อยละ)
ผงสีอินทรีย์	15 – 18
เรซินอะครีลิก	56
แอลกอฮอล์	7
น้ำ	20.5
ไขพอลิเอทิลีน	1
สารลดฟอง	0.5
	100

2.4.7.2 สูตรหมึกพิมพ์กราวัวร์

หมึกพิมพ์กราวัวร์ สำหรับงานพิมพ์บนพอลิเอทิลีน ที่ผ่านกระบวนการปรับผิวหน้าฟิล์มด้วยวิธีการเหนี่ยวนำประจุไฟฟ้าหรือโคโรนาตัวอย่างเช่น

ชนิดของสาร	ปริมาณสารที่ใช้ (ร้อยละ)
ผงสีอินทรีย์	12 - 15
เรซินไนโตรเซลลูโลส	12
เรซินพอลิยูรีเทน	3
ไขพอลิเอทิลีน	2
พลาสติกไซเซอร์	5

โทลูอีน	30
แอลกอฮอล์	20
เอทิลอะซิเตท	10
	100

2.4.8 ปัจจัยที่มีผลต่อสูตรหมึกพิมพ์เหลว

ปัจจัยที่มีผลต่อสูตรหมึกพิมพ์มีหลายปัจจัยดังต่อไปนี้

2.4.8.1 วัสดุพิมพ์ เป็นหลักในการกำหนดการเลือกใช้เรซินในสูตรหมึกพิมพ์ วัสดุพิมพ์ในระบบพิมพ์กราวัวร์ส่วนใหญ่เป็นวัสดุพิมพ์ชนิดอ่อน (flexible packaging) เช่น ฟิล์มประเภทต่าง ๆ กระดาษประเภทต่าง ๆ วัสดุพิมพ์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น เป็นปัจจัยในการกำหนดการเลือกใช้เรซิน

2.4.8.2 มาตรฐานของสี แม่สีของหมึกพิมพ์เหลวที่ใช้ในการพิมพ์ระบบเฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์มีลักษณะคล้างคลึงกับแม่สีในการพิมพ์ระบบออฟเซตลิโทกราฟี (หมึกข้นเหนียว) แม่สีโดยมาตรฐานของผงสีแล้วจะกำหนดโดยค่า CI คือ

สีแดง	ทำจากผงสีที่มี CI เป็น R-57
สีเหลือง	ทำจากผงสีที่มี CI เป็น Y-12 Y-13
สีน้ำเงิน	ทำจากผงสีที่มี CI เป็น B-15
สีดำ	ทำจากผงสี กลุ่มคาร์บอนแบล็ค(carbon black) หรือ ผงถ่าน CI เป็น Bk-7
สีขาว	ทำจากผงสี กลุ่มไททาเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide)CI เป็น Wt-6

การเลือกใช้ผงสีในการผลิตหมึกพิมพ์แต่ละเกรดย่อมแตกต่างกันไปตามการเลือกใช้เรซิน ผงสีหนึ่ง ๆ ให้สมบัติการกระจายตัวได้ในเรซินแต่ละชนิดแตกต่างกัน ยิ่งการกระจายตัวของผงสีในเรซินดีมากเท่าไหร่ ค่าความเข้มของสีของหมึกพิมพ์เหลวนั้นจะยิ่งสูงมากขึ้น

2.4.8.3 ความต้องการหลังการพิมพ์ สมบัติข้อนี้เป็นตัวกำหนดการใช้ผงสี เรซิน และในการผลิตหมึกพิมพ์เหลว ทั้งในระบบเฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์ หากผู้ผลิตหมึกพิมพ์ทราบถึงความต้องการหลังการพิมพ์ก่อนการผลิตหมึก ย่อมจะผลิตหมึกพิมพ์ได้ตามความต้องการนั้น ๆ อย่างง่ายดายโดยการเลือกใช้วัตถุดิบในการผลิตอย่างถูกต้อง ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ประเภทผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสำหรับงานพิมพ์บรรจุภัณฑ์ สมบัติที่ต้องการและการเลือกใช้วัตถุดิบ

ประเภทผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในงานบรรจุภัณฑ์	สมบัติที่ต้องการ	การเลือกใช้วัตถุดิบ
งานพิมพ์บรรจุภัณฑ์ประเภทสบู่ ผงซักฟอก	ทนด่าง ทนสบู่ ทนแสงแดด	ผงสีต้องมีสมบัติทนด่าง ทนสบู่ ทนกรด
งานพิมพ์บรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีไขมันหรือเมล็ดพืชที่มีไขมัน	ทนไขมัน	ควรเลือกใช้เรซินที่มีชั้นฟิล์มที่แข็งแรง และเพิ่มสมบัติการทนไขมันด้วยสารเติมแต่งที่มีสมบัติด้านการต้านทานไขมัน
งานพิมพ์บรรจุภัณฑ์ แหนม ไส้กรอกอีสาน	ทนกรดไนตริก	เลือกใช้ผงสีที่มีสมบัติทนทานต่อกรด
งานพิมพ์บรรจุภัณฑ์ที่ลักษณะซองต้องปิดผนึกด้วยลวดความร้อน	ทนความร้อน	ต้องเลือกใช้เรซินที่ทนความร้อนสูง
งานพิมพ์บรรจุภัณฑ์อาหาร	ต้องไม่มีสารโลหะหนักเจือปน	เลือกผงสีกลุ่มผงสีอินทรีย์แทนกลุ่มผงสีอนินทรีย์

2.4.8.4 ชนิดของเครื่องพิมพ์และลักษณะของหน่วยงานที่ทำให้แห้ง ความเร็วในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของเครื่องพิมพ์ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ชนิดของเครื่องพิมพ์และความเร็วในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์

เครื่องพิมพ์	ความเร็วในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์
เครื่องพิมพ์ 1 สี	แห้งช้าได้
เครื่องพิมพ์มากกว่า 1 สี	ควรแห้งเร็วเพื่อพร้อมรับยูนิตถัดไป
เครื่องพิมพ์ระบบโมพิมพ์เรียงซ้อนในแนวดิ่ง	ควรแห้งเร็วเพื่อพร้อมรับยูนิตถัดไป
เครื่องพิมพ์ระบบโมกดพิมพ์ร่วมอยู่ตรงกลาง	ควรแห้งเร็วเพื่อพร้อมรับยูนิตถัดไป
เครื่องพิมพ์พร้อมเครื่องเป่าฟิล์ม	ควรแห้งช้า เพราะความเร็วในการพิมพ์ช้ากว่าระบบอื่น ๆ โดยเฉลี่ยความเร็วในการพิมพ์เพียง 30 เมตรต่อนาที

ลักษณะของหน่วยทำให้แห้งในเครื่องพิมพ์ทั้งเฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์มีหลายประเภท เช่น ลมเย็น ลมร้อน ความร้อนแบบนิ่ง สปอตไลต์ ลักษณะของความร้อนที่ได้จากแหล่งกำเนิด ความร้อนที่แตกต่างกันเหล่านี้จะมีผลต่อการควบคุมคุณภาพงานพิมพ์ ความร้อนที่ได้จากลมเย็นจะเป็นปัญหาในการพิมพ์สูงสุด โดยก่อให้เกิดปัญหาหมึกพิมพ์เป็นฝ้าจับที่ผิวหน้าของวัสดุพิมพ์ ผู้ผลิตหมึกพิมพ์ต้องปรับสูตรหมึกพิมพ์ให้สอดคล้องกับหน่วยทำให้แห้ง

2.4.8.5 ชนิดของแม่พิมพ์ยาง แม่พิมพ์ยางแต่ละชนิดดังได้กล่าวไปแล้วจะเป็นตัวกำหนดการเลือกใช้ตัวทำละลายในการผลิตสูตรหมึกแต่ละสูตรด้วย

2.5 สารให้สี [12]

สารให้สีในหมึกพิมพ์สามารถแบ่งออกได้เป็น2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ผงสีและสีย้อม มนุษย์รู้จักการใช้ผงสีและสีย้อมเพื่อเป็นสารให้สีในหมึกพิมพ์มาเป็นระยะเวลายาวนานแล้ว สีย้อมชนิดแรกๆถูกใช้โดยชาวจีนโบราณและชาวอียิปต์โบราณ ตั้งแต่เมื่อ 5,000 ปีมาแล้ว ในช่วงศตวรรษที่ 20 การผลิตผงสีและสีย้อมสังเคราะห์ได้เกิดขึ้น ผงสีและสีย้อมหลายร้อยชนิดถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตหมึกพิมพ์ ซึ่งสารให้สีทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นสารที่ทำให้หมึกพิมพ์มีสีต่างๆกัน

สารให้สีเป็นส่วนประกอบสำคัญในสูตรโครงสร้างของหมึกพิมพ์ เพราะว่าเป็นตัวกำหนดการมองเห็นสีและการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในส่วนผสมหลัก สารให้สีจะให้สีกับวัสดุใช้พิมพ์โดยอาศัยสมบัติการสะท้อนแสง และการดูดกลืนแสงเป็นหลัก
สารให้สีสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ดังนี้คือ

2.5.1 สีย้อม

เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีสีและละลายได้ในตัวทำละลายต่างๆ ให้สีสันสดสวย เมื่อละลายในตัวทำละลายแล้วจะไม่กระเจิงแสง จึงทำให้ได้สารละลายที่มีสีแต่ใส อีกทั้งยังมีสมบัติทนต่อสารเคมี แสงแดด ตลอดจนความเสถียรน้อยกว่าผงสีมาก

2.5.2 ผงสี

ส่วนใหญ่แล้วเป็นผงสีสังเคราะห์ขึ้นด้วยปฏิกิริยาทางเคมีมากกว่าที่จะได้จากธรรมชาติ ผงสีที่ดีต้องเป็นผงสีที่กระจายตัวในตัวพาได้ดี เพื่อให้หมึกพิมพ์มีสมบัติการไหลที่ดี มีขนาดอนุภาคที่พอเหมาะกับความหนาของชั้นฟิล์มหมึกที่พิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ เพื่อว่าเมื่อได้พิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์แล้ว ได้ผิวหน้าหมึกพิมพ์ที่มีความเรียบสม่ำเสมอและมีความอิ่มตัวสีสูง มีความเป็น กรด ด่าง ที่เหมาะสม เพื่อ

ไม่ให้เกิดปัญหาหมึกพิมพ์แห้งตัวไม่ดี อันจะเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาทางการพิมพ์อื่นๆ นอกจากนี้แล้วยังมีความทนทานต่อการใช้งานและสภาพแวดล้อม เช่น ทนทานต่อแสง ความชื้น และสารเคมีต่างๆ เป็นต้น ผงสีจำแนกออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภทตามองค์ประกอบทางเคมี คือ ผงสีอินทรีย์ (Organic pigment) และผงสีอนินทรีย์(Inorganic pigment)

2.5.2.1 สมบัติของผงสีและสีย้อม

สมบัติของผงสีและสีย้อมที่สำคัญเพื่อการเลือกใช้ผงสีและสีย้อมสำหรับผลิตหมึกพิมพ์ มีดังนี้

1. การดูดซึมน้ำมัน (oil absorption) เป็นสมบัติที่สำคัญสำหรับผงสี มีวิธีการทดสอบโดยการดูปริมาณน้ำมันลินซีด (linseed oil) ที่ถูกดูดด้วยผงสีปริมาณ 100 กรัม จนกระทั่งผงสีไม่ดูดซึมน้ำมันอีก หน่วยที่ใช้มัดเป็นมิลลิลิตรต่อ 100 กรัม (ml/100 g) ค่าการดูดซึมน้ำมันยิ่งสูง เป็นผลทำให้หมึกพิมพ์หนืดมากขึ้น

2. ความเป็นกรด-ด่าง มีค่าตั้งแต่ 1-14 ความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อเสถียรภาพของหมึกพิมพ์โดยเกี่ยวข้องเป็นอย่างมากกับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ของวาร์นิช หรือตัวพาหมึก ซึ่งเป็นของผสมระหว่างเรซินและตัวทำลายที่ใช้ในหมึกพิมพ์นั้น

3. ความทนแสงแดด (light fastness) สามารถทดสอบโดยการนำผงสีมาทำให้เป็นหมึกก่อนแล้วทาไปบนวัสดุพิมพ์รอจนแห้งแล้วนำมาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความซีดจาง (fadeometer) ซึ่งมีแหล่งกำเนิดแสงเป็นอาร์กถ่าน (carbon arc) ตากไว้จนกระทั่งหมึกซีดจางไป จำนวนชั่วโมงที่ได้จะได้รับการปรับคำนวณเป็นจำนวนชั่วโมงสำหรับการตากในแสงแดด ความทนแสงแดดจะมากหรือน้อยในการเลือกใช้ผงสีนั้นขึ้นกับความต้องการของผู้ใช้

4. ความต้านทานต่อกรด-ด่าง (acid-alkaline resistance) สามารถทดสอบโดยนำวัสดุพิมพ์ที่ได้รับการเคลือบด้วยหมึกพิมพ์ที่มีผงสีนั้นอยู่และแห้งแล้วมาจุ่มในสารละลายกรดและด่างประมาณสารละลายละครึ่งชั่วโมง หลังจากนั้นสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของสีที่ได้ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลง ผงสีจะไม่มีความต้านทานต่อกรด-ด่าง สารละลายกรดที่ใช้โดยปกติจะเป็นสารละลายผสมของกรดน้ำส้มร้อยละ 4 และกรดเกลือหรือกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ3 โดยปริมาตร ส่วนสารละลายด่างที่ใช้โดยปกติจะเป็นโซดาไฟร้อยละ 5 โดยปริมาตร

5. ความต้านทานต่อตัวทำลาย (solvent resistance) สามารถทดสอบโดยผสมผงสีกับตัวทำลายชนิดต่าง ๆ ที่นิยมใช้ เช่น โทลูอีน(toluene) เมทิลเอทิลคีโตน (methyl ethyl ketone) ไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ (isopropyl alcohol) หลังจากผสมแล้วทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที แล้วนำมากรองดูสีของผงสีว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่

เนื่องจากผงสีที่ใช้มีผงสีที่ได้จากสารอินทรีย์หรือที่เรียกว่าผงสีอินทรีย์ และจากสารอนินทรีย์หรือที่เรียกว่าผงสีอนินทรีย์ ผงสีแต่ละประเภทที่นำมาใช้ในการผลิตหมึกพิมพ์จะมีสมบัติแตกต่างกันไป ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบสมบัติต่างๆ ของผงสีอินทรีย์และผงสีอนินทรีย์

สมบัติของผงสี	ผงสีอินทรีย์	ผงสีอนินทรีย์
สี	สด	ไม่สด
ความเข้มสี	สูง	ต่ำ
ความมันวาว	สูง	ต่ำ
ความทึบ	ต่ำ	สูง
ความทนแสงแดด	สูง	ต่ำ
ความต้านทานต่อสารเคมี	สูง	ต่ำ

สีย้อมเป็นสารให้สีที่นิยมใช้ในหมึกเหลว โดยนิยมใช้ในการผลิตหมึกที่ต้องการระดับคล้ำสี (shade) ที่มีความโปร่งแสงสูง (high transparency) สีย้อมให้ระดับคล้ำสีที่สดสวย แต่สมบัติความทนแสงแดดและสารเคมีต่ำกว่าผงสีมาก

2.5.2.2 ประเภทของผงสี

ก) ผงสีอินทรีย์ (Organic pigment)

ผงสีอินทรีย์เป็นผงสีที่มีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน และมีธาตุอื่นๆเป็นองค์ประกอบรวมอยู่ด้วย เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน กำมะถัน คลอรีน เป็นต้น ส่วนใหญ่จะเป็นธาตุที่มาจากเบนซิน (Benzene) แนฟธะลีน(Naphthalene)หรือแอนทราซิน(Anthracene) ซึ่งจะมีโครงสร้างประกอบไปด้วยวงแหวนคาร์บอน (Carbon rings) ผงสีบางชนิดประกอบด้วย 4 หรือ 5 วงแหวนใน 1 โมเลกุล ในโมเลกุลของผงสีจะประกอบไปด้วยหมู่ของโครโมฟอร์ หรือสารให้สี ผงสีที่ใช้ในหมึกพิมพ์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.01 – 1 ไมครอน หรือ 0.00001 – 0.001 มิลลิเมตร ผงสีชนิดนี้มีสีสดใส เข้ม และอนุภาคอ่อนจึงบดง่าย มีการดูดกลืนน้ำมันสูง และกระจายตัวในน้ำมันวาร์นิชยาก มีความสามารถในการปิดบังผิวหน้าต่ำกว่าผงสีอนินทรีย์

ในปี ค.ศ. 1876 โอ เอ็น วิตต์ (O.N.Witt) ได้เสนอว่า ในการที่สารประกอบอินทรีย์ต่างๆจะมีสีได้โมเลกุลจะต้องมีหมู่ที่ไม่อิ่มตัวที่เหมาะสมที่เรียกว่า สารที่ให้สี (Chromophore) ซึ่งเป็นสารที่มีหมู่ไม่อิ่มตัวอยู่ด้วย ได้แก่ –N=N, C_5H_5, -N=O, $-NO_2$, $\backslash/C=C\backslash/$ และ $\backslash/C=O$ โมเลกุลที่มีสารที่ให้สีจะมีสีเข้มหรือเปลี่ยนไปในทางที่เข้มยิ่งขึ้น หากมีออกโซโครม (Auxochrome) อยู่ด้วยในโมเลกุล ซึ่งได้แก่ –OH, $-NH_2$, -NH-R, $-N^{/R}_{\backslash R}$

หมู่ที่ต่ออยู่กับวงแหวนอะโรมาติก (Aromatic ring) จะมีผลต่อการที่ผงสีมีสีเป็นระดับคล้ำต่างๆ เช่น คลอรีน ให้สีไปในทางเขียวใบไม้, และ $-NO_2$ถูกแทนที่ด้วย $-N\begin{matrix}/CH_3\\\backslash CH_3\end{matrix}$

ผงสีอินทรีย์ยังแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

1. Pigment Dyestuffs คือสารประกอบอินทรีย์ที่มีสีและไม่ละลายในตัวทำละลายต่างๆผงสีเหล่านี้ไม่มีหมู่ฟังก์ชันแนลที่จะเกิดเกลือได้ ตัวอย่างของผงสีชนิดนี้ได้แก่ สารประกอบอะโซ (Azo) ที่เป็นสี เช่น โทลุยดีเรด (Toluidine reds) พาราเรด(Parareds) เป็นต้น

2. โทนเนอร์ (Toner pigment or Toners) คือสีย้อมที่เป็นกรดหรือด่างที่ละลายน้ำได้ แต่ได้ถูกเปลี่ยนเป็นผงสี โดยการตกตะกอนด้วยเกลือโลหะ หรือตกตะกอนด้วยเกลือ เกลือโลหะที่ใช้กันได้แก่ เกลือของตะกั่ว แคลเซียม แบเรียม และสตรอนเทียม เป็นต้น ส่วนกรดที่ใช้กัน ได้แก่ กรดแทนนิก กรดฟอสฟอทังสติก และกรดฟอสฟอโมลิบดิก เป็นต้น

3. เลก (Lake pigments or Lakes) คือผงสีที่เตรียมจากสีย้อมที่ละลายน้ำได้ โดยทำให้ตกตะกอนลงไปบนตัวยึดซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ และโดยมากมักใช้อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ สีย้อมที่ละลายน้ำได้เมื่อไปเกาะบนตัวยึดแล้วจะทำให้ไม่ละลายน้ำ

ข) ผงสีอนินทรีย์(Inorganic pigment)

ผงสีอนินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นผงสีที่เป็นสารประกอบของโลหะประเภทต่างๆ เช่น เหล็ก สังกะสี แคดเมียม ไทเทเนียม แคลเซียม เป็นต้น ผงสีประเภทนี้โดยทั่วไปให้สีที่มีความอิ่มตัวสีน้อยกว่าผงสีอินทรีย์ แต่มีความทึบแสง ความถ่วงจำเพาะ ความแข็งและความทนต่อแสง ความร้อนและสารเคมีต่างๆ ได้มากกว่ามีราคาถูก

ผงสีอนินทรีย์สามารถแบ่งออกได้ 4 ชนิด คือ

1. Earth Pigmentsเป็นผงสีธรรมชาติ ที่ได้จากการนำเอาหินต่างๆไปบด ล้างและทำให้แห้ง ตัวอย่างของ Earth Pigments ได้แก่ ดินเหลือง (Ochres) ดินเผาสีน้ำตาล (Sienna) ดินมีน้ำตาลไหม้ (Umbers) และ ผงธรรมชาติสีเขียว (Green Earth) เป็นต้น

2. Mineral Pigments เป็นผงสีที่ได้จากแร่ธาตุต่างๆ เช่น โดโลไมต์ (Dolomite) และ แคลเซียมคาร์บอเนต เป็นต้น

3. ผงสีอนินทรีย์สังเคราะห์ (Synthetic Inoganic pigments) เตรียมได้โดยวิธีตกตะกอนจากปฏิกิริยาระหว่างสารเคมี 2 สาร ทำให้เกิดเป็นผงสีตกตะกอนลงมา แล้วกรองออก ตัวอย่างเช่น ทิทาเนียมไดออกไซด์ ซิงก์ออกไซด์ และอัลตรามารีน เป็นต้น

4. ผงสีโลหะ (Metallic pigments) เป็นผงสีทีได้จากการบดโลหะให้ละเอียด เช่น ผงอะลูมิเนียม ผงบรอนซ์ และผงสังกะสี เป็นต้น

ผงสีและสีย้อมที่นำมาใช้ประโยชน์มีอยู่หลายชนิด แต่ที่นำมาใช้ผลิตหมึกพิมพ์เป็นเพียงส่วนน้อยเท่านั้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าผงสี และสีย้อมบางชนิดมีสมบัติไม่เหมาะสมที่จะนำมาผลิตหมึกพิมพ์ [8]

2.5.2.3 ข้อควรคำนึงในการเลือกใช้ผงสีและสีย้อม

ในหมึกพิมพ์เหลวทั้งเฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์ จะมีการเลือกใช้ผงสีที่ต่างกัน โดยอาศัยปัจจัยหลัก 3 ประการ เป็นตัวกำหนด คือ

1. การกระจายตัวของผงสี ที่อยู่ในวานิชแต่ละชนิด จะมีผลต่อการไหลของหมึกพิมพ์ ในทางทฤษฎีหมึกพิมพ์เหลวที่ดีต้องมีการไหลใกล้เคียงกับน้ำ ซึ่งมีลักษณะการไกลที่เรียกว่าแบบนิวโทเนียน (Newtonian flow) ซึ่งเป็นการไกลที่ความหนืดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงถึงแม้จะมีแรงกระทำมากหรือน้อย

2. ความเสถียรของหมึกพิมพ์ การกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของผงสี ทำให้ผงสีที่อยู่ในวานิช มีเสถียรภาพของค่าการไหลของหมึกพิมพ์ในขณะผลิต ขณะพิมพ์ และขณะเก็บที่ดี ไม่เปลี่ยนแปลง

3. ความต้องการในการนำไปใช้งานขั้นสุดท้าย (end use requirement) กล่าวคือ การเลือกใช้ผงสีต้องให้สอดคล้องกับการนำไปใช้งานสุดท้าย เช่น งานพิมพ์บรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ประเภทสบู่แชมพูสระผม สิ่งที่จำเป็นของการเลือกใช้ผงสีเหล่านี้ คือ การเลือกผงสีที่มีสมบัติความต้านทานต่อด่าง และต้านทานต่อสารเคมีในสบู่

การเลือกใช้ผงสีและสีย้อมในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี และหมึกพิมพ์กราวัวร์ต้องสอดคล้องกับปัจจัยดังกล่าวข้างต้น คือ ต้องคำนึงถึงการกระจายตัวของผงสี ความเสถียรของหมึกพิมพ์ และความต้องการในการนำไปใช้งานขั้นสุดท้าย ตัวอย่างเช่น โดยปกติหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีต้องมีสมบัติความเข้มสีสูงกว่าหมึกพิมพ์กราวัวร์ เพราะงานพิมพ์ในระบบเฟล็กโซกราฟีจะให้ความหนาของชั้นฟิล์มของหมึกที่พิมพ์บางกว่าความหนาของชั้นฟิล์มของหมึกพิมพ์ในระบบกราวัวร์ประมาณครึ่งหนึ่ง ปริมาณผงสีของหมึกเฟล็กโซกราฟีจึงเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผงสีที่เหมาะสมต้องให้ค่าการไกลที่ดีและมีความเสถียรโดยเฉพาะ ผงสีชนิดหนึ่ง ๆ ให้ค่าการไหล และความเสถียรในเรซินและตัวทำลายแต่ละชนิดแตกต่างกันไป ประกอบกับหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์ก็มีหลายชนิดขึ้นกับวัสดุพิมพ์ เรซินและตัวทำลายที่ใช้ซึ่งมีผลต่อการเลือกใช้ผงสีให้เหมาะสมด้วย

2.6 เรซิน [13]

เรซินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกตัวหนึ่งในหมึกพิมพ์ มีหน้าที่สำคัญ คือ เป็นตัวยึด (Binder) ผงสีให้ติดแน่นอยู่กับวัสดุใช้พิมพ์ หลังจากที่หมึกพิมพ์หมาดตัวหรือแห้งตัวแล้ว และเมื่อหมึกพิมพ์ยังไม่ถูกใช้งาน เรซินที่ดีต้องมีความสามารถในการทำเปียกผงสีได้ดี เพื่อให้หมึกพิมพ์เกิดการไหลได้ดี และ

สามารถปลดปล่อยตัวทำละลายได้ดี เพื่อให้หมึกพิมพ์ที่แห้งตัวโดยการระเหยของตัวทำละลายไม่มีเกิดปัญหาการแห้งตัว นอกจากนั้นแล้วเรซินยังเป็นตัวกำหนดสมบัติอื่นๆ ของชั้นหมึกพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์อีกด้วย เช่น การเกิดชั้นฟิล์มหมึกพิมพ์ ความมันวาว ความทนทานต่อการขัดถูและสารเคมี เป็นต้น การเลือกใช้เรซินขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุใช้พิมพ์ ละสมบัติที่ต้องการของหมึกพิมพ์เป็นหลัก

เรซินเป็นสารประเภทพอลิเมอร์ ซึ่งมีทั้งชนิดที่เป็นของแข็งและของเหลว แต่ทั้งนี้อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ เรซินธรรมชาติ (Natural resin) และเรซินสังเคราะห์ (Synthetic resin)

2.6.1 เรซินธรรมชาติ (Nature resin)

เรซินธรรมชาติเป็นของเหลวที่สกัดได้จากพืชหรือสัตว์ ซึ่งต่อของเหลวดังกล่าวนี้จะแข็งเป็นก้อน มีสมบัติดังต่อไปนี้

1. มีความสามารถการกลายเป็นไอต่ำจะกลั่นออกได้ยาก โดยที่เรซินนั้นๆ จะไม่สลายตัวไม่ว่าจะทำการกลั่นภายใต้ความดันหรือไม่ก็ตาม
2. โปร่งแสง
3. ไม่มีจุดหลอมเหลวที่แน่นอน
4. ไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์
5. ทนต่อเชื้อราและแบคทีเรีย

เรซินธรรมชาติ เป็นสารพอลิเมอร์ หรือสารที่มีโมเลกุลค่อนข้างใหญ่ โดยทั่วไปเรซินธรรมชาติได้มาจากพืชแทบทั้งสิ้น ยกเว้นชะแล็กซึ่งได้มาจากสัตว์ เรซินดิบไม่ได้ถูกนำไปใช้งานในทันที แต่มักได้รับการปรับสมบัติให้เหมาะสม ด้วยวิธีทางเคมีก่อนการใช้งาน เรซินธรรมชาติที่สำคัญได้แก่

2.6.1.1 รอซินหรือชันสน (Rosin or Colophony) เป็นเรซินที่สกัดได้จากต้นสน ซึ่งมีปลูกมากทางภาคใต้ของสหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส สเปน โปรตุเกส กรีซ แม็กซิโก และรัสเซีย มีสีเหลืองอำพัน ซึ่งมีคุณสมบัติเหนียวข้น มีความใส และความเงาสูง มีจุดเดือดต่ำอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 60 -80 °C และมีความเป็นกรดสูง ขาดความแข็ง ไม่ทนน้ำและด่าง เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ประมาณ 9% เป็นกรดรอซิน จึงมักได้รับการปรับสมบัติทางเคมเพื่อลดความเป็นกรด เพิ่มจุดเดือด และปรับความสามารถในการละลายในตัวทำละลายที่ใช้ให้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีการนำรอซินไปใช้ปรับสมบัติของเรซินชนิดอื่นๆ อีกด้วย

รอซินที่ทำปฏิกิริยากับสารประกอบของโลหะแคลเซียม หรือสังกะสี จะทำให้ได้เรซินพวก เรซิเนต (Resinate) โดยเรซิเนตที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมแอซีเทต (Calcium acetate) และสังกะสีออกไซด์ (Zine oxide) เรียกว่า แคลเซียมเรซิเนต และสังกะสีเรซิเนต ตามลำดับ เรซินพวกนี้มีสีคล้ายกับรอซิน ละลายได้ในตัวทำละลายพวกไฮโดรคาร์บอน แต่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ มีใช้ในหมึกพิมพ์กราเวียร์ สำหรับพิมพ์สิ่งพิมพ์เผยแพร่ต่างๆ และหมึกพิพม์ที่มีการแห้งตัวโดยอาศัยความร้อน

2.6.1.2 เซลลูโลซิก (Cellulosics)

เป็นเรซินที่ได้จากการนำเซลลูโลส ไปทำปฏิกิริยากับสารเคมีต่างๆ ตัวอย่างของเรซินพวกนี้เช่น ไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose) หรือเซลลูโลสไนเทรต (Cellulose nitrate) เป็นเรซินที่สังเคราะห์ขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่าง เซลลูโลส และกรดไนทริก (Nitric acid)เรซินประเภทนี้ใช้ในหมึกพิมพ์กราเวียร์และเฟล็กโซกราฟี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของไนโตรเจนที่ได้จากกรดไนทริก ถ้าเรซินมีปริมาณของไนโตรเจนต่ำ จะละลายในแอลกอฮอล์ได้ดี จึงเหมาะสำหรับหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานแอลกอฮอล์ แต่ถ้าปริมาณของไนโตรเจนมาก ก็จะสามารถละลายได้ดีในเอสเทอร์และคีโตน จึงเหมาะสำหรับหมึกพิมพ์กราเวียร์ ที่ใช้สารทั้งสองชนิดเป็นตัวทำละลาย เรซินชนิดนี้ทำเปียกผงสีและปลดปล่อยตัวทำละลายได้ดี รวมทั้งให้หมึกพิมพ์ที่ทนทานต่อการขัดถู และความร้อนได้ดีมาก เช่นกันอีกทั้งยังสามารถพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ได้หลายประเภทไม่ว่าจะเป็น กระดาษ พลาสติก หรือแผ่นเปลวโลหะ ผสมเข้ากันได้ดีกับเรซินพวกรอซินอัลคิด และชะแล็ก

2.6.2 เรซินสังเคราะห์ (Synthetic resin)

เรซินสังเคราะห์ส่วนใหญ่แล้ว เป็นเรซินที่สังเคราะห์ขึ้นด้วยปฏิกิริยาพอเมอร์ไรเซชันแบบต่างๆ เรซินสังเคราะห์มีสมบัติที่ดีกว่าเรซินธรรมชาติ ตรงที่มีสมบัติต่างๆ คงที่ เนื่องจากสามารถควบคุมการผลิตได้ทุกขั้นตอน ในขณะที่สมบัติของเรซินธรรมชาติแปรเปลี่ยนไปตามความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่และสภาพอากาศที่พืชหรือสัตว์ที่ผลิตเรซินนั้นๆอยู่ เรซินสังเคราะห์ที่สำคัญได้แก่

2.6.2.1 อะคริลิกเรซิน (Acrylic resin) เป็นพอลิเมอร์หรือโคพอลิเมอร์ของกรดอะคริลิก หรือสารประกอบเอสเทอร์ของกรดอะคริลิก เป็นเรซินใสที่ใช้ในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีกราเวียร์และสกรีน รวมทั้งหมึกพิมพ์ที่มีการแห้งตัวด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ช่วยให้หมึกพิพม์สามารถยึดติดบนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทฟิล์มและแผ่นโลหะเปลวได้ดีมากให้ชั้นฟิล์มหมึกพิมพ์ที่มีความทนทานต่อสารเคมี น้ำ และน้ำมัน รวมทั้งไม่เปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองเมื่อได้รับแสงและความร้อน ผสมเข้ากันได้ดีกับเรซินพวก ไนโตรเซลลูโลส คลอริเนเท็ตรับเบอร์ ไวนิล และรอซิน

2.6.2.2 เรซินพอลิเมอร์แอไมด์

เป็นเรซินที่เกิดจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของสารประกอบพวกไดแอมีน (Diamine) หรือสารที่มีในโมเลกุลมีหมู่แอมิโน (Amino group; - COOH) สองหมู่ กับกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ในโมเลกุลมีหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group; -COOH) สองหมู่ เช่น ไดเอทิลีนไดแอมีน (Diethylenediamine) ทำปฏิกิริยากับกรด ไดไลโนเลอิก (Dailinoleic acid) เป็นต้น เรซินชนิดนี้เป็นของแข็งสีเหลืองอำพัน ชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะละลายได้ในแอลกอฮอล์ ส่วนชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก จะละลายได้ในตัวทำละลายผสมระหว่างแอลกอฮอล์กับไฮโดรคาร์บอน เป็นเรซินหลักที่ใช้ในหมึกพิมพ์กราเวียร์และเฟล็กโซกราฟี สำหรับพิมพ์บนพลาสติกจำพวกพอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิสไตรรีน เป็นต้น มีความสามารถในการปลดปล่อยตัวทำละลายดี ให้ชั้นฟิล์มหมึกพิมพ์ที่มีความมันวาวสูง ทนทานต่อน้ำและน้ำมัน และผสมเข้ากันได้ดีกับเรซินพวกไนโตรเซลลูโลส ชะแล็ก รอซินฟินอลิก และมาเลอิก

2.6.2.3 เรซินไวนิล (Vinyl resin)

เป็นพอลิเมอร์ของสารประกอบไวนิล เช่น พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride) และพอลิไวนิลบิวทิรัล (Polyvinyl butyral) เป็นต้น

1. พอลิไวนิลคลอไรด์ เป็นเรซินที่ละลายได้ในตัวทำละลายพวกคีโตนและเอสเทอร์ มีใช้ในหมึกพิมพ์กราเวียร์และสกรีน สำหรับใช้พิมพ์บนพลาสติกพวกพอลิไวนิลคลอไรด์เป็นหลัก เนื่องจากเป็นเรซินที่มีความแข็งแต่เปราะ ดังนั้นจึงได้รับการปรับสมบัติให้มีความยืดหยุ่นและเหนียวมากขึ้น โดยการใช้ไวนิลแอซีเทต ทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันกับไวนิลคลอไรด์ เพื่อผลิตเรซินที่เป็นโคพอลิเมอร์ระหว่างพอลิไวนิลคลอไรด์และพอลิไวนิลแอซิเทต นอกจากนี้พอลิไวนิลคลอไรด์ยังมีใช้ในหมึกพิมพ์สกรีนชนิดพลาสติซอล (Plastisol Ink) สำหรับพิมพ์บนสิ่งทอ หมึกพิมพ์ชนิดนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่ไม่มีตัวทำละลายเป็นองค์ประกอบอยู่เลย โดยมีองค์ประกอบเป็นเรซินพอลิไวนิลคลอไรด์กระจายตัวอยู่ในสารเพิ่มสภาพพลาสติกพวกฟะทาเลต

2. พอลิไวนิลบิวทิรัล มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายได้ในแอลกอฮอล์ เอสเทอร์คีโตน และไกลคอน ผสมเข้ากันได้ดีกับเรซินพวกชะแล็ก มาเลอิก อะคริลิก และไนโตรเซลลูโลส หมึกพิมพ์ที่มีเรซินชนิดนี้เป็นองค์ประกอบสามารถพิมพ์ติดได้ดีบนวัสดุใช้พิมพ์ทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นกระดาษ พลาสติก โลหะ แก้ว และสิ่งทอต่างๆ นอกจากนี้เรซินชนิดนี้ยังเป็นองค์ประกอบของหมึกผงที่ใช้เป็นสารให้สีในระบบการพิมพ์ไม่สัมผัสประเภทที่ใช้แสงและอิเล็กตรอนในกระบวนการเกิดภาพ

2.7 หมึกพิมพ์จากน้ำมันถั่วเหลือง (Soy-based Ink) [14]

2.7.1 ความหมายของหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง

หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง เหมือนกับหมึกพิมพ์ทั่วไปเพียงแต่บรรจุน้ำมันถั่วเหลืองแทนน้ำมันมิเนอรัลที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง การบรรจุผงสีชนิดเดียวกับหมึกพิมพ์ปิโตรเลียม (Petroleum-Based Ink) และสีของหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลืองมีระบบภาพสี (Process Color)

2.7.2 ประวัติความเป็นมาของหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง

ในปี 1979 คณะกรรมการของบริษัท American of Newspaper Publishers Association (ANPA) ซึ่งรู้กันกันในนาม Newspaper Association of American (NAA) ได้รับคำแนะนำให้ทำการพัฒนาหมึกพิมพ์ฐานปิโตรเลียม (Petroleum-Based Ink) เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมหนังสือพิมพ์ในปี 1985 จึงได้มีการค้นหาหมึกพิมพ์ชนิดใหม่ขึ้นมาทดแทนหมึกพิมพ์ฐานปิโตรเลียม (Petroleum-Based Ink) เพราะราคาน้ำมันปิโตรเลียมสูงและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากเหตุการณ์รอบๆ OPEC ซึ่งเป็นประเทศค้าน้ำมัน ในการทดสอบที่เชื่อถือได้โดยคณะนักวิจัยได้ทำการทดสอบน้ำมันพืชหลายชนิดที่แตกต่างกันถึง 2000 สูตร อาทิเช่น จากข้าวโพด เมล็ดฝ้าย ฯลฯ โดยอาศัยเกณฑ์ของราคาและปริมาณที่หาได้เป็นตัวคัดเลือก นอกจากนี้ในการเลือกใช้น้ำมันที่จะนำมาผลิตหมึกพิมพ์ จำเป็นต้องพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ให้มีคุณสมบัติตามต้องการอยู่หลายประการด้วยกันคือ หมึกพิมพ์ชนิดใหม่นี้ต้องใช้ได้ดีโดยไม่จำเป็นต้องมีการดัดแปลงเครื่องมือต่างๆ รวมทั้งวิธีการพิมพ์นอกจากนี้หมึกพิมพ์นี้ยังควรใช้ได้ทั้งการพิมพ์ภาพและตัวอักษร สามารถพิมพ์ได้อย่างรวดเร็วเพื่อใช้กับหนังสือพิมพ์ที่ออกจำหน่ายในเมืองใหญ่ๆ สามารถใช้ได้กับกระดาษที่มีคุณภาพต่ำที่นำมาใช้ในการผลิตหนังสือพิมพ์ และควรมีราคาใกล้เคียงกับหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันปิโตรเลียม (Petroleum-Based Ink) จากการคัดเลือก น้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันที่ดีที่สุดในบรรดาน้ำมันพืชต่างๆ ที่นำมาคัดเลือก ในปี 1987 หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง จึงถูกแนะนำสู่ อุตสาหกรรมหนังสือพิมพ์ เมื่อหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง ได้รับการยอมรับและมีการเติบโตในตลาดหนังสือพิมพ์แล้วผู้ผลิตได้ทำการตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยการพัฒนาสูตรหมึกด้วยการเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำมันถั่วเหลืองที่บรรจุในหมึกพิมพ์ เพื่อใช้ได้กับวัสดุงานพิมพ์อื่น และการพิมพ์ระบบอื่น

2.7.3 ข้อดีของหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง

หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง มีข้อดี

1. ติดคงทนกว่าหมึกพิมพ์ชนิดทั่วไป

2. มีสีสันสดใสกว่าน้ำมันที่อยู่ในหมึกพิมพ์ จะต้องไม่มีสีที่จะไปมีผลกระทบต่อเม็ดสีของหมึก ปัจจัยดังกล่าวนี้ไม่มีความสำคัญนักในกรณีที่เป็นหมึกสีดำ แต่มีความสำคัญอย่างยิ่งในกรณีเป็นหมึกสี น้ำมันถั่วเหลืองนั้นไม่มีสีโดยธรรมชาติ จึงใช้ในการผลิตหมึกสีอยู่แล้ว หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง เป็นหมึกที่มีคุณภาพมากในกรณีของการพิมพ์สี และส่วนครองตลาดถึง 30% ของตลาดหมึกสี

3. หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง สามารถย่อยสลายในธรรมชาติได้อยู่ ซึ่งในขณะที่เม็ดสีของหมึกพิมพ์จากน้ำมันปิโตรเลียมหรือหมึกพิมพ์ส่วนใหญ่ไม่สามารถย่อยสลายได้โดยวิธีการชีวภาพ

4. ความปลอดภัยในห้องพิมพ์ หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง จะไม่มีสารระเหยง่ายจำพวก Hydrocarbon ในขณะใช้เหมือนหมึกพิมพ์ทั่วไป ดังนั้นหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง นี้จึงการเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยในห้องพิมพ์

5. ประสิทธิภาพหนึ่งปอนด์ของหมึกพิมพ์ ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง สามารถพิมพ์ได้มากกว่าหมึกพิมพ์ทั่วไป หมึกติดเร็ว ซึ่งจะเป็นการลดการสูญเสียของกระดาษพิมพ์

6. หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง สามารถดึงออกจากกระดาษได้ง่ายกว่าหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันปิโตรเลียม เป็นหมึกพิมพ์ที่เหมาะกับกระบวนการดึงหมึกออกจากกระดาษ (Deinking Process) นอกจากนี้เยื่อของกระดาษที่ผ่านกระบวนการดังกล่าว เกณฑ์การสูญเสียน้อยกว่าการใช้หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันปิโตรเลียม

2.7.4 ต้นทุนการผลิตหมึกฐานน้ำมันถั่วเหลือง (Soy-based Ink)

เนื่องจากหมึกพิมพ์จำนวน 400 ล้านปอนด์ ต้องใช้น้ำมันถึง 300 ล้านปอนด์ โดยปกติแล้วเมล็ดถั่วเหลืองมีส่วนประกอบของน้ำมันประมาณ 20 % ในขณะนี้หมึกพิมพ์สีที่ผลิตจากหมึกพิมพ์น้ำมันถั่วเหลือง มีราคาใกล้เคียงกับหมึกพิมพ์สีทั่วไป เพราะหมึกสีมีส่วนประกอบของน้ำมันน้อยกว่า และราคาของหมึกจะขึ้นอยู่กับต้นทุนของเม็ดสีในหมึกนั้นเป็นส่วนใหญ่ ในหมึกพิมพ์สีดำมีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบอยู่ 70-80% หมึกพิมพ์สีดำที่ผลิตจากน้ำมันถั่วเหลืองจะแพงกว่าหมึกพิมพ์สีดำที่ผลิตจากน้ำมันปิโตรเลียม 25-30% แต่ในหมึกพิมพ์ที่ปริมาณเท่ากัน หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง สามารถพิมพ์ได้ปริมาณมากกว่าหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันปิโตรเลียม จึงมีการแข่งขันทางด้านราคาในงานพิมพ์จำนวนมาก (Long Run) หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง ช่วยสิ่งแวดล้อมจากที่ได้ทราบกันมาแล้วว่าหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง ได้ถูกพัฒนาเพื่อที่จะมาทดแทนหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันปิโตรเลียม (Petroleum-Based Ink) เพราะเหตุผลทางด้านทรัพยากรธรรมชาติ น้ำมันปิโตรเลียมที่อยู่ภายใต้พื้นดินนั้นมีวันหมดสิ้น แต่น้ำมันถั่วเหลืองเป็นพืชที่สามารถปลูกได้เรื่อยๆ อาจกล่าวได้ว่าเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ไม่มีวันหมด และจากการคัดเลือกน้ำมันพืชชนิดต่างๆ น้ำมันถั่วเหลืองมีความ

เหมาะสมมากที่สุดที่จะนำมาเป็นส่วนผสมของหมึกพิมพ์ หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง มีผลดีกับสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1. หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง จะมีการบรรจุน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งน้ำมันถั่วเหลืองนี้จะต้องทำการสกัดออกจากเมล็ดถั่วเหลือง โดยถั่วเหลืองนี้เป็นแหล่งวัตถุดิบที่สามารถหาได้เรื่อยๆ ไม่เหมือนกับน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งมีวันที่จะหมดสิ้นไป

2. หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง สามารถช่วยลดสารระเหย วอลละไทล ออร์แกนนิค คอมเพาน์ด(Volatile Organic Compounds : VOCs) ซึ่งเป็นสารประกอบเคมีที่ระเหยและทำปฏิกิริยากับแสงแดดเกิดการจับตัวเป็นหมอกที่ชั้นบรรยากาศระดับต่ำ จากการศึกษาพบว่า หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันปิโตรเลียม มีสารวอลละไทล ออร์แกนนิค คอมเพาน์ด(Volatile Organic Compounds : VOCs) อยู่ประมาณ 4.6% ส่วนในหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง (Soy-Based Ink) จะมีสาร Volatile Organic Compounds (VOCs) อยู่ประมาณ 0.8% ดังนั้น หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง จะมี Volatile Organic Compounds (VOCs) ประมาณ 17% ของหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันปิโตรเลียม (Petroleum-Based Ink)

3. หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลือง ทำให้การรีไซเคิลกระดาษเป็นเรื่องง่าย เนื่องจากหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลืองสามารถดึงออกจากกระดาษที่พิมพ์ได้มีประสิทธิภาพกว่าหมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งผลที่ได้คือ เยื่อกระดาษถูกทำลายน้อยกว่า กระดาษดูขาวใส ดังนั้น หมึกพิมพ์ชนิดน้ำมันถั่วเหลืองนี้ จึงเหมาะสมที่จะใช้กับกระบวนการดึงหมึกพิมพ์ออกจากกระดาษ (Deinking Process)

4. สมบัติของน้ำมันถั่วเหลือง แสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันถั่วเหลือง

กรดไขมัน	ร้อยละ (%)	สูตรทั่วไป	สูตรโครงสร้าง	จำนวนพันธะคู่	จุดหลอมเหลว (°C)	มวลโมเลกุล
*ปาล์มมิติก	11	$C_{16}H_{32}O_2$	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	0	63	256
*สเตียริก	4	$C_{18}H_{36}O_2$	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	0	70	284
โอเลอิก	25	$C_{18}H_{34}O_2$	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$	1	13	282
ลิโนเลอิก	51	$C_{18}H_{32}O_2$	$CH_3(CH_2)_4CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$	2	-5	280
ลิโนเลอิก	9	$C_{18}H_{30}O_2$	$CH_3CH_2CH=CHCH_2CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$	3	-11	278

*กรดไขมันอิ่มตัว

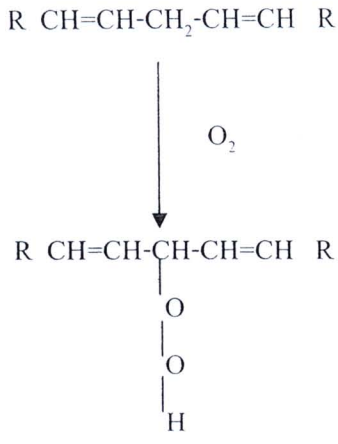
ตารางที่ 2.7 สมบัติของน้ำมันถั่วเหลือง

สมบัติ	คุณภาพ
จุดวาบไฟ (Flash Point)	282 °C (540 °F)
อุณหภูมิติดไฟ (Ignition Temperature)	445 °C (833 °F)
ความหนาแน่น (Density)	0.916-0.922
ค่าดัชนีหักเห (Index of Refraction,n_p^{25})	1.471-1.475
ความหนืด(Viscosity)	50.09 เซนติพอยท์ ที่ 25 °C
ค่าความเป็นกรด (Acid value)	0.3-0.3 มก. KOH/กรัมน้ำมัน
ค่าสปอนนิฟิเคชัน (Saponification value)	189-195
ค่าไอโอดีน (Iodine value)	127-138
Diene number	0.7
ค่าไฮดรอกซิล(Hydroxyl value)	4-8

5. กระบวนการแห้งตัวทางเคมีของน้ำมัน

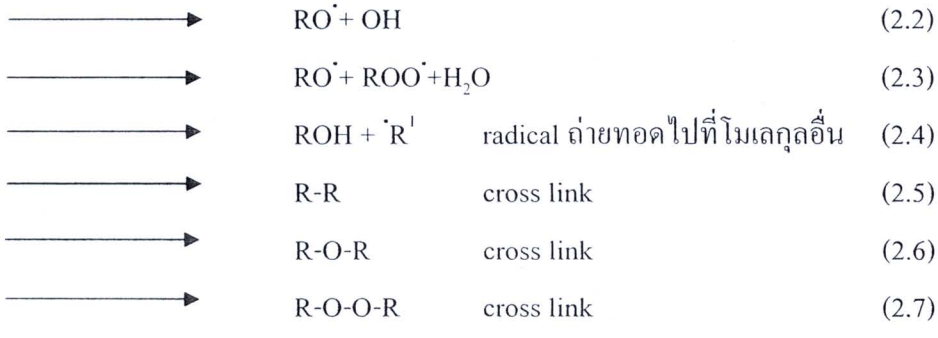
สมบัติการแห้งตัวของน้ำมันกับอากาศเกี่ยวข้องโดยตรงกับองค์ประกอบของกรดไขมัน นั่นคือ กรดไขมันในน้ำมันที่มีพันธะคู่อย่างน้อย 2 พันธะขึ้นไปสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศแล้วเกิดโครงข่ายเชื่อมขวาง (Cross-linked network)

โดยทั่วไปกรดไขมันจะแห้งตัว หรือเกิดเป็นชั้นฟิล์มโดยการเกิดปฏิกิริยาเชื่อมขวาง (Cross-linking) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยาเชื่อมขวางที่ตำแหน่งเมทิลีน (Methylene,-CH_2-) และเป็นตำแหน่งแอลฟาของพันธะคู่ ทำให้เกิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hydroperoxide) แล้วแตกตัวเพื่อเชื่อมกับสายโซ่ของกรดไขมันโมเลกุลข้างๆ ซึ่งกระบวนการแห้งตัวทางเคมีของน้ำมันถั่วเหลืองเป็นแบบการแห้งตัวของกรดไขมันที่ไม่มีพันธะคู่สลับ (Non-conjugated systems) ดังนี้

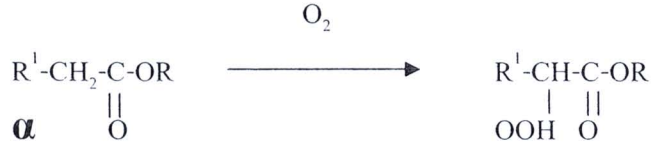


(2.1)

จากนั้นไฮเปอร์ออกไซด์สลายตัวโดยการแตกพันธะ O-O (.....) ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน รวมทั้งการเชื่อมโยงภายในโมเลกุล หรือ Cross-Linking (...)



น้ำมันอิ่มตัวแบบสมบูรณ์มีความว่องไวต่อการเกิดออกซิเดชันของหมู่เมทิลีน ที่ตำแหน่งแอลฟาของหมู่เอสเทอร์แล้วเกิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ได้



2.8 หมึกพิมพ์ไนโตรเซลลูโลส [15]

หมึกพิมพ์ไนโตรเซลลูโลสเป็นหมึกพิพม์ฐานตัวทำละลาย โดยมีไนโตรเซลลูโลสเป็นเรซินซึ่งเรซินชนิดนี้ละลายในตัวทำละลายประเภทแอลกอฮอล์ มีสมบัติในการทนความร้อนได้ดี และมีสมบัติการยึดติดกับวัสดุพิมพ์ได้ดีมากแต่มีข้อเสียที่ไม่มันวาวและฟิล์มของเรซินนี้จะแข็งมาก จึงมีการใช้เรซินชนิดพอลิยูรีเทน เพื่อปรับสภาพให้หมึกมีความอ่อนนุ่ม

ผงสีในหมึกพิมพ์ไนโตรเซลลูโลส เป็นผงสีอินทรีย์ เช่น ผงสีเขียว ได้จาก องค์ประกอบหลักเป็นธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน และไปรวมกับหมู่ที่ต่ออยู่กับวงแหวนอะโรมาติก (Aromatic ring) ตัวทำละลายสำหรับหมึกไนโตรเซลลูโลสนั้น เป็นสารละลายประเภท N Propanalและ N propril Acetate หมึกไนโตรเซลลูโลสนั้น มีส่วนประกอบคล้ายกับหมึกพิมพ์กราเวียร์ทั่วไป แตกต่างกันที่ตัวทำละลายในหมึกเซลลูโลสนั้นน้อยกว่าหมึกพิมพ์กราเวียร์และ หมึกเซลลูโลสนั้นไม่มีสารเติมแต่ง

2.9 การทดสอบคุณสมบัติทางการพิมพ์ [16]

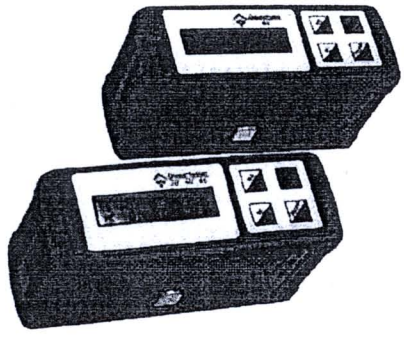
2.9.1 เครื่องมือสำหรับทดสอบคุณสมบัติทางการพิมพ์

ก) เครื่องวัดความมันเงา (Gloss Meter) ใช้สำหรับทดสอบความมันเงา (Gloss) ของวัสดุพิมพ์ ซึ่งวัสดุนั้นจะมีความมันเงามากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความเรียบของพื้นผิวหน้า, องค์ประกอบของวัสดุ, ความสามารถในการรับและสะท้อนแสงที่ตกกระทบบนวัสดุออกไปสู่เครื่องทดสอบให้อ่านค่าออกมาเป็นตัวเลข ซึ่งสามารถแบ่งความมันเงาออกได้เป็นหลายระดับดังนี้ คือ

- เงาเต็มที่ (Full Gloss, High Gloss) หมายถึง ความเงาที่มีค่าสูงกว่า 70 หน่วยเมื่อวัดด้วยเครื่องวัดความเงาที่มุม 60° พื้นผิวที่มีความเงาเต็มที่จะเรียบและมีลักษณะคล้ายกระจกที่สุด ไม่ว่าจะมองจากมุมไหน
- กึ่งเงา (Semi-Gloss) หมายถึง ความเงาที่มีค่าอยู่ระหว่าง 30 ถึง 70 หน่วย เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดความเงาที่มุม 60 °
- เงาเปลือกไข่ (Eggshell Gloss) หมายถึง ความเงาที่มีค่าอยู่ระหว่าง 15 ถึง 30 หน่วย เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดความเงาที่มุม 60 °
- ด้านเปลือกไข่ (Eggshell Flat) หมายถึง ความเงาที่มีค่าอยู่ระหว่าง 10 ถึง 15 หน่วย เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดความเงาที่มุม 60 °
- ด้าน (Flat, Matt) หมายถึง ไม่มีความเงาแม้ว่าจะมองเฉียงๆ (โดยทั่วไปค่าความเงาต่ำกว่า 15 หน่วย เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดความเงาที่มุม 85 °)

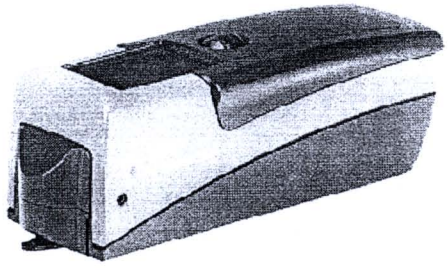
การวัดความเงาของฟิล์มของสารเคลือบ เป็นการวัดเปรียบเทียบกับความเงาของแผ่นทดสอบมาตรฐาน โดยมีการระบุมุมที่ลำแสงตกไปกระทบพื้นผิวฟิล์ม โดยทั่วไป นิยมวัดความเงาที่มุม 20 °, 60 ° และ 85 ° โดยวิธีวัดด้วยมุม 60 ° ใช้ได้กับฟิล์มของสารเคลือบผิวทั้งหมด ส่วนวิธีวัดด้วยมุม 20 ° ใช้ได้กับสีเงามาก และสามารถวัดความแตกต่างของความเงาที่มีค่าสูงได้ดีกว่า สำหรับวิธีวัดด้วยมุม 85 ° ใช้ได้กับสีเงาน้อย และสามารถวัดความแตกต่างของความเงาที่มีค่าได้ดีกว่า ซึ่งแผ่นทดสอบที่ใช้สำหรับวัดความเงา ถ้าเป็นฟิล์มสีให้ใช้แผ่นแก้ว แต่ถ้าเป็นฟิล์มวาร์นิชให้ใช้แผ่นแก้วสีดำหรือแผ่นแก้วใสเคลือบด้วยสีดำบนด้านหลัง ขนาดของแผ่นทดสอบอย่างน้อยจะต้องเท่ากับพื้นที่การส่องสว่าง สำหรับแผ่นทดสอบมาตรฐานอาจเป็นแผ่นทดสอบมาตรฐานขั้นต้น (Primary Standard) หรือแผ่นทดสอบมาตรฐานขั้นทำงาน (Working Standard) แผ่นทดสอบมาตรฐานขั้นต้นจะต้องเป็นแผ่นแก้วสีดำเป็นเงามาก ส่วนแผ่นทดสอบมาตรฐานขั้นทำงานอาจเป็นกระเบื้องเซรามิก

ความมันเงาของหมึกพิมพ์เป็นความสามารถในการสะท้อนแสงที่ตกลงบนผิวหน้าใดๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับความเรียบของผิวหน้า ถ้ามีการหักเหและกระเจิงแสงน้อย แต่สะท้อนแสงได้มุมสะท้อนใกล้เคียงกับมุมที่ตกกระทบก็มีความมันเงามาก การวัดความมันเงา คือ การวัดปริมาณของแสงสะท้อนสเปกคิวลา (Specular Reflection) พื้นผิวใดมีปริมาณของแสงสะท้อนสเปกคิวลามากแสดงว่าพื้นผิวนั้นมีความมันเงามาก



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะภายนอกของเครื่องวัดความเงา

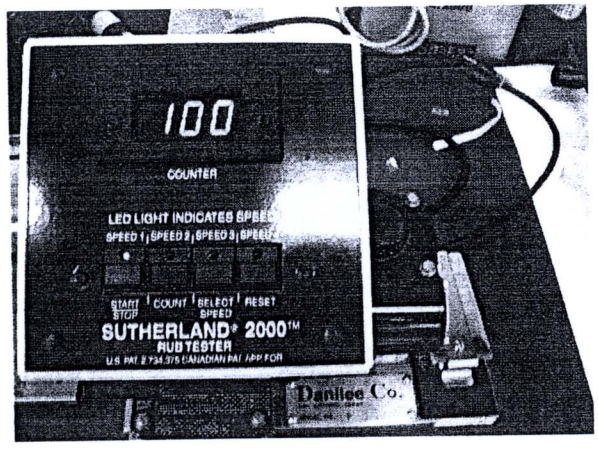
ข) เครื่องสเปกโตรเดนซิโตมิเตอร์ (Spectro-densito meter) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าการส่องผ่านหรือการสะท้อนแสงของภาพสี (Color Values), วัดความเข้มสี, ความยาวคลื่นประมาณ 400 – 700 นาโนเมตรทั้งนี้การวัดทำที่ช่วงความยาวคลื่นแคบๆ ค่าการสะท้อนแสงจะนำไปใช้ในการเขียนกราฟการสะท้อน



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะภายนอกของเครื่องสเปกโตรเดนซิโตมิเตอร์

ค) เครื่องทดสอบความทนทานต่อการขัดถู (Rub tester) เป็นเครื่องมือสำหรับทดสอบคุณภาพงานพิมพ์ในด้านการใช้งาน ในเรื่องความทนทานต่อการขัดถูของวัสดุพิมพ์

ระดับคะแนน	เกณฑ์ในการวัด
0	มีหมึกพิมพ์ออกมามากกว่า 65% บนหน้าตัดของกระดาษทดสอบที่หุ้มลูกเหล็ก
1	มีหมึกพิมพ์ออกมา 35 - 65 % บนหน้าตัดของกระดาษทดสอบที่หุ้มลูกเหล็ก
2	มีหมึกพิมพ์ออกมา 15 - 35 % บนหน้าตัดของกระดาษทดสอบที่หุ้มลูกเหล็ก
3	มีหมึกพิมพ์ออกมา 5 - 15 % บนหน้าตัดของกระดาษทดสอบที่หุ้มลูกเหล็ก
4	มีหมึกพิมพ์ออกมา 5%บนหน้าตัดของกระดาษทดสอบที่หุ้มลูกเหล็ก
5	ไม่มีหมึกพิมพ์บนหน้าตัดของกระดาษทดสอบที่หุ้มลูกเหล็ก



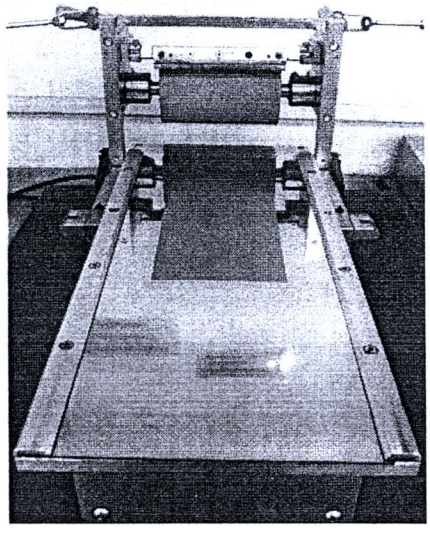
รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะภายนอกของเครื่องทดสอบความทนทานต่อการขัดถู (Rub tester)

ง) การทดสอบการยึดติด (Tape Test)เพื่อทดสอบคุณภาพงานพิมพ์ในด้านการใช้งาน ในเรื่องความทนทานต่อการยึดติดของหมึกพิมพ์

ระดับคะแนน	เกณฑ์ในการวัด
0	มีหมึกพิมพ์ออกมามากกว่า 65% ของแถบเทปกาว
1	มีหมึกพิมพ์ออกมา 35 - 65 % ของแถบเทปกาว
2	มีหมึกพิมพ์ออกมา 15 - 35 % ของแถบเทปกาว
3	มีหมึกพิมพ์ออกมา 5 - 15 % ของแถบเทปกาว
4	มีหมึกพิมพ์ออกมา 5% ของแถบเทปกาว
5	ไม่มีหมึกพิมพ์หลุดออกมาเลย

2.10 เครื่องมือสำหรับทดสอบคุณสมบัติของหมึกพิมพ์เหลว [16]

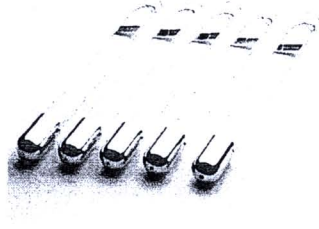
2.10.1 เครื่องทดสอบพิมพ์ (RK Printing Proofer) เป็นเครื่องที่ออกแบบมาเพื่อทดสอบพิมพ์โดยใช้เทคนิคแบบ Gravure และ Flexographic รวมทั้งทดลองพิมพ์ Gravure Offset ได้ อุปกรณ์ประกอบด้วย ฐานขับเคลื่อน หัวพิมพ์ Gravure และ Flexoที่สามารถเปลี่ยนได้



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะภายนอกของเครื่องทดสอบพิมพ์ (RK Printing Proofer) หัวพิมพ์ Gravure

2.10.2 เครื่องมือวัดความหนืด

ถ้วยซาห์น (Zahn Cup)เครื่องวัดความหนืดของหมึกเหลวนิยมใช้ถ้วยวัดมีหลายเบอร์ตามขนาดของรูเปิดให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับความหนืดของของเหลวที่ต้องการวัด เบอร์ถ้วยซาห์นที่ใช้วัดหมึกพิมพ์ใช้เบอร์2 ถึง 5 โดยเบอร์ตัวเลขมากขึ้นจะมีขนาดรูเปิดใหญ่ขึ้นจึงใช้วัดของเหลวที่มีความหนืดมากขึ้น หมึกเฟล็กโซกราฟีและหมึกกราวัวร์ที่ผลิตในโรงงานผลิตจะจำหน่ายในลักษณะเข้มข้นจึงมีความหนืดที่ใช้พิมพ์ในโรงพิมพ์เพราะโรงพิมพ์จะเติมสารเจือจางเพื่อลดความหนืดกันเองก่อนพิมพ์และมีการตรวจสอบความหนืดของหมึกพิมพ์ในรางหมึกด้วยถ้วยวัดอย่างสม่ำเสมอ โดยความหนืดของหมึกเฟล็กโซ กราฟีที่พิมพ์งานใช้ถ้วยซาห์นเบอร์ 2 หรือ 3 ช่วงเวลาการไหล 20 ถึง 40 วินาที (นิยมใช้เบอร์ 2) ในขณะที่หมึกกราวัวร์จะมีความหนืดน้อยกว่าจึงใช้เบอร์ 1 และ 2 ได้ ถ้วยเชลล์นิยมใช้วัดความหนืดของหมึกกราวัวร์เพราะโครงสร้างของถ้วยทีมีลักษณะตีบตอนปลายทำให้มีความแม่นยำในการวัดมากกว่า อย่างไรก็ตามจากข้อดีนี้เองได้มีความสนใจใช้ถ้วยเชลล์วัดความหนืดของหมึกเฟล็กโซกราฟีมากขึ้น



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะภายนอกของถ้วยซาห์น

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนาวดี ลี้จากภัย นุกูล เอื้อพันธเศรษฐ ก้องเกียรติ คงสุวรรณ โยษิตา ฤดีกิจ และภักดี รีตนจันทร์ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ [17] ได้ทำการศึกษาเรื่อง " การศึกษาการย่อยสลายของพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยใช้จุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน" โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาวิธีการทดสอบการย่อยสลายได้ของวัสดุตามมาตรฐานสากลขึ้น เพื่อใช้ศึกษาอัตราการย่อยสลายของวัสดุพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ ทั้งชนิดย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้ วิธีทดสอบได้ถูกออกแบบมาให้สามารถติดตามการย่อยสลายของวัสดุพอลิเมอร์โดยจุลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนในภาชนะปิดภายใต้สภาวะหมักที่มีการควบคุมโดยทำการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้คำนวณหาอัตราการย่อยสลายจากกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ในช่วงเวลาต่างๆ และเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายทางชีวภาพของวัสดุพอลิเมอร์ สามารถคำนวณได้จากการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นกับปริมาณคาร์บอนในชิ้นพลาสติกตัวอย่างที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ ในการทดลองนี้ได้ทำการศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพของวัสดุพอลิเมอร์ประเภทต่างๆ คือ เซลลูโลส เทอร์โมพลาสติกสตาร์ชพอลิแลคติกแอซิด และพอลิเอทธิลีน ควบคุมสภาวะทดสอบไว้ที่อุณหภูมิ 58 $\pm$2 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-เบสของดิน 6-8 และความชื้น 50-55% ในระยะเวลา 90 วัน

จิรโรจน์ ประดิษฐ์เจริญกุล ทศพล อนันตกุลนธี และธนาวุฒิ เจริญสมบัติ [18] ได้ทำการศึกษา เรื่อง การปรับปรุงสมบัติการแห้งตัวของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมันถั่วเหลือง สรุปผลจากการวิจัยว่า การผสมหมึกพิมพ์ที่ผลิตจากวานิชอัลคิดเรซินและฟีนอลิกเรซิน จากนั้นเติมสารทำแห้ง คือ โคบอลท์แนฟทาเนตปริมาณ 5%แมงกานีสแนฟทาเนต ปริมาณ 5%และใส่โคบอลท์แนฟทาเนต กับแมงกานีสแนฟทาเนต อย่างละปริมาณ 2.5 % เปรียบเทียบเวลาการแห้งตัว พบว่า หมึกพิมพ์ที่ผลิตขึ้นจากวาร์นิชชนิดฟีนอลิกเรซิน ที่เติมสารทำแห้งโคบอลท์แนฟทาเนต ปริมาณ 5% โดยน้ำหนัก ใช้เวลาในการแห้งตัวน้อยที่สุด คือ บนกระดาษอาร์ตมัน 43 นาที และบนกระดาษปอนด์ 38 นาที เมื่อเทียบเวลาการแห้งตัวกับหมึกพิมพ์สกรีนเชิงพานิชย์ พบว่าแห้งตัวช้ากว่า 5-6 เท่า ส่วนด้านคุณสมบัติพบว่า หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมันถั่วเหลืองที่ผลิตขึ้นจากวาร์นิชชนิดฟีนอลิกเรซิน ให้ค่าความมันวาวมากกว่าหมึกพิมพ์สกรีนเชิงพานิชย์ ส่วนคุณสมบัติด้านอื่นใกล้เคียงกัน

จิรเชษฐ์ เสงี่ยม และวุฒิ ฉินกมลทอง [19] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการยึดติดของหมึกพิมพ์กราเวียร์บนฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน(PE) ฟิล์มพลาสติกโพลิโพพิลีน(PP) ที่ไม่ได้ทำการระเบิดผิว สรุปผลจากการวิจัยว่า เมื่อทำการเติมเรซินไนโตรเซลลูโลสมากกว่า 15 เปอร์เซนต์ ลงไปในหมึกพิมพ์ทำให้การยึดติดของหมึกพิมพ์กราเวียร์บนฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน

ที่ไม่ทำการระเบิดผิวนั้นมีการยึดติดดีมาก ส่วนการเติมเรซินอะคิลิกและเรซินหมู่พอลิเอไมด์ไม่มีผลต่อการยึดติดของหมึกพิมพ์กราเวียร์บนฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีน

เจนจิรา พึ่งโคกสูง และสร้อยมณี นิ่มนวล [20] ได้ทำการศึกษาเรื่องการย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และคุณสมบัติทางการพิมพ์ของหมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง บนแผ่นฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพ สรุปผลจากการวิจัยว่า พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพที่ไม่ผ่านการพิมพ์มีผลการย่อยสลายดีที่สุด และการย่อยสลายทางชีวภาพของฟิล์มพลาสติกที่พิมพ์ด้วยหมึกจากน้ำมันถั่วเหลือง มีแนวโน้มที่ดีกว่าหมึกจากน้ำมันปิโตรเลียม ส่วนการย่อยสลายได้ทางชีวภาพของหมึกทั้ง 2 ชนิดมีการย่อยสลายไม่แตกต่างกันในส่วนของคุณสมบัติทางการพิมพ์ พบว่า หมึกจากน้ำมันถั่วเหลืองสามารถถ่ายทอดลงบนพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพได้ดี และความมันเงาดีกว่าหมึกจากน้ำมันปิโตรเลียม แต่น้ำหนักโทนสี ความทนทานต่อการยึดติด และความทนทานต่อการขัดถูไม่แตกต่างกัน

สมพร ชัยอารีย์กิจ กุนทินี สุวรรณกิจ สิริวรรณ พัฒนาฤดี และกัลยา เชิดหิรัญกร [21] ได้ทำการศึกษาเรื่อง บรรจุภัณฑ์กระดาษน้ำมันปาล์ม สรุปผลจากการวิจัยในส่วนของการทดสอบการย่อยสลายของหมึกพิมพ์ โดยทดสอบพิมพ์กระดาษกับหมึกเฟล็กโซกราฟีฐานน้ำจากพอลิแล็กไทด์ พบว่า การย่อยสลายของงานพิมพ์บนกระดาษที่ใส่AKD 0.1% ย่อยสลายได้เร็วกว่างานพิมพ์บนกระดาษที่ใส่ AKD 0.3%และเมื่อระยะเวลาการฝังดินเพิ่มขึ้นเป็น 2 เดือนส่งผลให้เกิดการย่อยสลายเกิดได้ในปริมาณสูงขึ้น

Anne L. Morkbak Peter Degn and Wolfgang Zimmermann [22] ได้ศึกษาการดึงหมึกน้ำมันถั่วเหลืองออกจากกระดาษหนังสือพิมพ์ ด้วยเอนไซม์ไลเปส แต่ไม่ได้มีการทดสอบคุณภาพทางการพิมพ์ของกระดาษที่ขึ้นแผ่นหลังจากดึงหมึกออก ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบทางการพิมพ์เพิ่มเติม

ภณิดา ฤทธิมาศ และอรัญ หาญสืบสาย [23] ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของการพิมพ์ต่อความปลอดภัยของขวดน้ำดื่มพอลิเอทิลีน สรุปผลจากการวิจัยว่า ผลของการพิมพ์สกรีนด้วยหมึกฐานตัวทำละลายบนผิวขวดพอลิเอทิลีน พบว่า ผ้าสกรีนที่มีความละเอียดเบอร์ 120 เป็นผ้าสกรีนที่เหมาะสมในการพิมพ์สกรีนบนขวดพอลิเอทิลีน เนื่องจากให้ค่าการหลุดลอกที่ร้อยละ 5 และไม่พบไอของตัวทำลายปนเปื้อนในขวดพอลิเอทิลีนเลย ที่ความหนาของชั้นฟิล์มใดๆก็ตาม ในทางตรงกันข้ามมีการพบไอของสารพอลิเอทิลีน แทน ซึ่งต้องใช้เวลาในการ ระเหยออกจากขวดก่อนนำไปใช้งานจริงในตลาด

คทายุทธ์ เลิศวิศวกร พงศ์ธร เลิศศิริวรกุล และอรทัย อยู่สวัสดิ์ [24] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษาสารยึดชนิดแป้งมันสำปะหลังผสมพอลิไวนิลไพโรลิโดน สำหรับหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี สรุปผลจากการวิจัยว่า คุณภาพของหมึกพิมพ์และสมบัติการย่อยสลายของหมึกพิมพ์ที่เตรียมได้จากสารพาของแป้งผสมพอลิเมอร์พอลิไวนิลไพโรลิโดน ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบกับหมึกเชิงพาณิชย์ พบว่า หมึกในอัตราส่วน 2:1 มีค่าความหนืด และ ทนทานต่อการขัดถูมากที่สุด หมึกที่ไม่ผสมแป้ง มีค่าความดำ และความทนทานต่อแสงมากที่สุด และเมื่อเติมแว็กซ์ลงไปทำให้หมึกมีคุณสมบัติทนทานต่อการขัดถูเพิ่มมากขึ้น แต่ไม่ได้มีการทดสอบคุณภาพทางการพิมพ์บนฟิล์มพลาสติก ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบคุณภาพทางการพิมพ์บนฟิล์มพลาสติกด้วยหมึกพิมพ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบทางธรรมชาติเพิ่มเติม