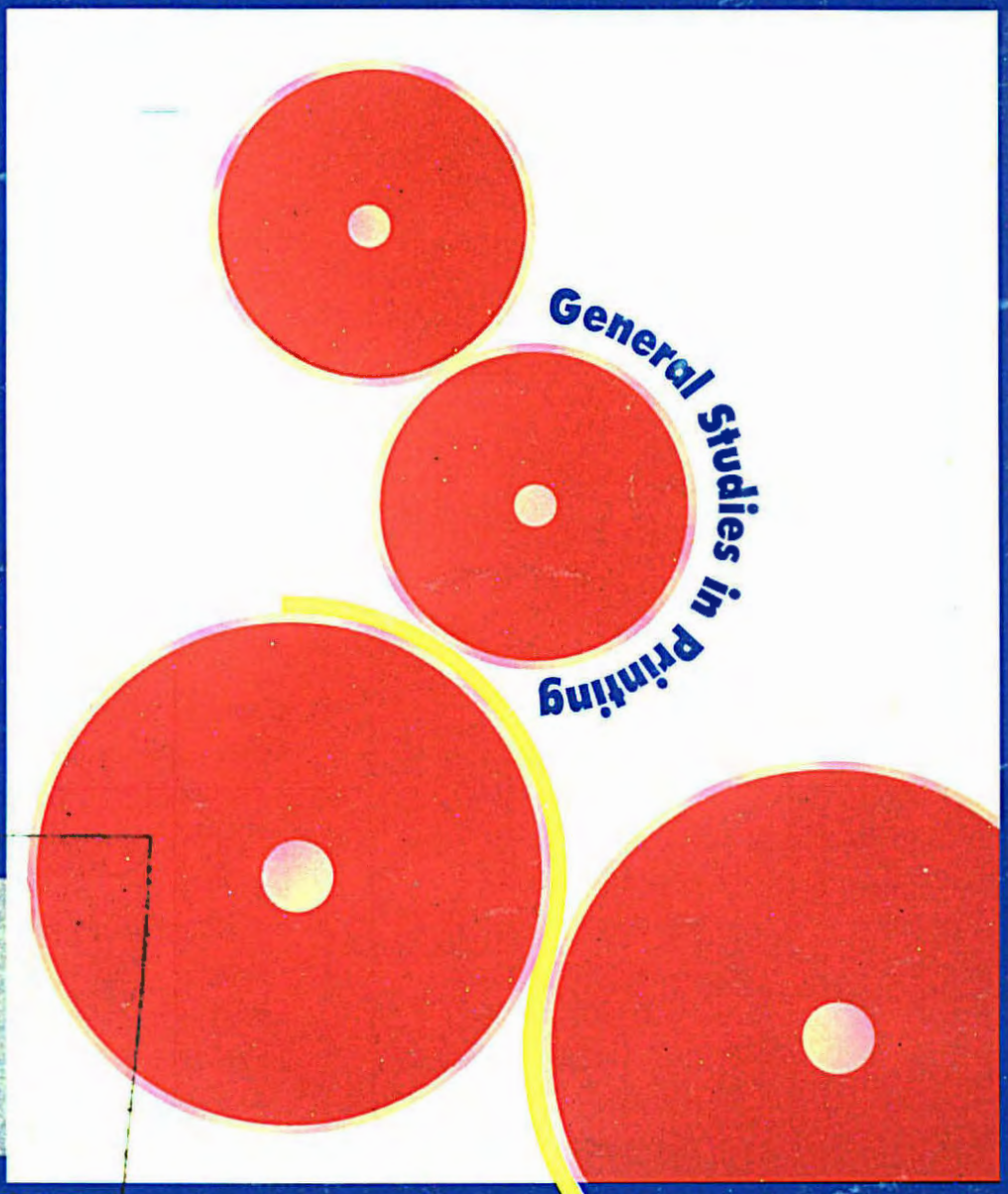
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
โครงการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

97101

เอกสารการสอนชุดวิชา

หน่วยที่ 1-4

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์



STOU
97101 T
1-4

ชื่อ อาจารย์ พันเอก อุดม ควรผดุง
วุฒิ B.A.& Tech.,M.Econ. (Tokyo Senshu University)
ตำแหน่ง อาจารย์พิเศษภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
หน่วยที่เขียน หน่วยที่ 1

ชื่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จันทนา ทองประยูร
วุฒิ วท.บ.,M.S. (Printing Technology), Rochester Institute of Technology, M.S. (Journalism) University Wisconsin-Madison
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชานิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
หน่วยที่เขียน หน่วยที่ 2

ชื่อ อาจารย์ธีระ ตั้งวิชชาญ
วุฒิ วท.บ., M.S. (Printing Technology) Rochester Institute Technology
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำโครงการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโล มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
หน่วยที่เขียน หน่วยที่ 3 ตอนที่ 3.1 และหน่วยที่ 4

ชื่อ อาจารย์ ดร.วรรณา สนั่นพานิชกุล
วุฒิ วท.บ., Ph.D. (Printing Technology) London College Printing and Distributive Trades
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำโครงการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโล มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
หน่วยที่เขียน หน่วยที่ 3 ตอนที่ 3.2 และ 3.3

คณะกรรมการกลุ่มผลิตชุดวิชาความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์

อาจารย์ ดร.วิชัย พยัคฆโส	ประธานกรรมการ
อาจารย์ธีระ ตั้งวิชชาญ	กรรมการและบรรณาธิการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จันทนา ทองประยูร	กรรมการด้านเนื้อหา
อาจารย์ ดร.วรรณา สนั่นพานิชกุล	กรรมการด้านเนื้อหา
อาจารย์วิทยา วัฒโนทัยวิทย์	กรรมการด้านเนื้อหา
อาจารย์สอิ้ง บุญธรรม	กรรมการด้านเนื้อหา
อาจารย์ปฐม สุทธาธิกุลชัย	กรรมการด้านเนื้อหา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรางคณา โตโพธิ์ไทย	กรรมการด้านเทคโนโลยีการศึกษา
อาจารย์สิริรัตน์ วิภาสศิลป์	กรรมการด้านวัดผลการศึกษา
นางวาสนา เย็นนภา	เลขานุการ

ผู้ร่วมผลิต

ศาสตราจารย์ศักดา ศิริพันธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ ดีสมโช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริศักดิ์ ศุภมนตรี
อาจารย์สุวรรณี วชิรปราการสกุล
อาจารย์ไพจิตร์ นรากรไพจิตร์
อาจารย์สมชาย ศฤงคารินกุล
อาจารย์มารชัย กองบุญมา
อาจารย์วิเชียร เอกทักษิณ
อาจารย์วิเชียร จิระกรานนท์
อาจารย์ พันเอกอุดม ควรผดุง

ใช้อ่านเฉพาะภายในห้องสมุด

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
สำนักบรรณสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
โครงการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เอกสารการสอนชุดวิชา

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์

General Studies in Printing

97101
หน่วยที่ 1-4

สงวนลิขสิทธิ์
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พิมพ์ที่
โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พิมพ์ครั้งแรก พ.ศ. 2539 จำนวน 1,000 เล่ม

จัดจำหน่ายโดย
สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ปากเกร็ด นนทบุรี 11120

ข้อมูลบัตรรายการ

เอกสารการสอนชุดวิชาความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์ General studies in Printing
โครงการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
หน่วยที่ 1-4
1. การพิมพ์ 2. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช โครงการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
z 244
686.2
STOU 97101 T
ISBN 974-614-545-2

STOU
97101 T
1-2p

เลขเรียกหนังสือ.....
เลขทะเบียน..... 8788 ล.1
วันที่..... 22 ก.ค. 2539
ราคา.....

บรรณาธิการเทคนิค	นางอมรรณ์ บุณยศัย
ศิลปะรูปเล่ม	นางจิรพร สินเสริฐ นางสมบล กำแหงฤทธิรงค์ นายทูล สุทธหลาง
ถ่ายภาพ	หน่วยถ่ายภาพและไมโครฟอร์ม สำนักเทคโนโลยีการศึกษา
จัดพิมพ์ต้นฉบับ	หน่วยเตรียมต้นฉบับ สำนักพิมพ์
รายละเอียดการพิมพ์	ระบบการพิมพ์ ออฟเซต
	กระดาษเนื้อใน ปรู๊ฟธรรมดาน้ำหนัก 48 กรัมต่อตารางเมตร
	กระดาษปก อาร์ตการ์ด น้ำหนัก 260 กรัมต่อตารางเมตร
	ขนาดรูปเล่ม A 4 (210 x 297 มิลลิเมตร)

คำนำ

ชุดวิชาความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์นี้เป็นชุดวิชาบังคับ สำหรับนักศึกษาผู้ที่ไม่เคยมีพื้นฐานความรู้ทางด้านการพิมพ์มาก่อนได้ทำการศึกษา ก่อนที่จะศึกษาชุดวิชาอื่น ๆ ในหลักสูตรแขนงวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิชาเอกเทคโนโลยีการพิมพ์ต่อไป เนื้อหาภายในเอกสารการสอนนี้จึงเป็นการประมวลและบูรณาการความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์ไว้ ไม่ว่าจะเป็นความรู้เกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของการพิมพ์ และวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีของเครื่องพิมพ์ และวัสดุการพิมพ์ ระบบการพิมพ์ และกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ต่าง ๆ รวมทั้งความรู้ในเรื่องของอุตสาหกรรมการพิมพ์ ธุรกิจการพิมพ์ และกฎหมายทางการพิมพ์ก็ได้รวมอยู่เป็นส่วนหนึ่งของเอกสารการสอนชุดนี้ด้วย เพื่อให้นักศึกษาที่ได้ศึกษาชุดวิชานี้ได้มีความรู้ทางการพิมพ์โดยกว้าง อันจะเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษาเป็นอย่างยิ่งในการตัดสินใจเลือกศึกษาชุดวิชาอื่น ๆ ตามความสนใจต่อไป ภายหลังจากได้ศึกษาเอกสารการสอนนี้ครบถ้วนแล้ว

ในการผลิตเอกสารการสอนชุดวิชานี้คณะกรรมการผลิตชุดวิชาความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์ได้ยึดวัตถุประสงค์และคำอธิบายชุดวิชาตามหลักสูตรเป็นหลักในการแบ่งหน่วย ตอน และเรื่อง โดยได้จัดทำแบ่งออกเป็น 3 เล่ม ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดจำนวนของหน่วยในแต่ละเล่มเป็นไปตามลำดับในการศึกษาและความคล้ายคลึงกันของเนื้อหาดังรายละเอียดต่อไปนี้

เล่มที่ 1 ประกอบด้วยหน่วยที่ 1-4 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับวิวัฒนาการทางการพิมพ์ กระบวนการพิมพ์ และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของวัสดุการพิมพ์ เล่มที่ 2 ประกอบด้วยหน่วยที่ 5-10 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับระบบการพิมพ์และกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ต่าง ๆ และเล่มที่ 3 ประกอบด้วยหน่วยที่ 11-15 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับธุรกิจการพิมพ์ ช่องทางการจัดจำหน่ายสิ่งพิมพ์ อุตสาหกรรมการพิมพ์ และกฎหมายที่เกี่ยวกับการพิมพ์

อนึ่ง แม้ว่าคณะกรรมการกลุ่มผลิตชุดวิชาฯ ได้ร่วมกันพิจารณาและบูรณาการเนื้อหาภายในเอกสารการสอนให้มีความถูกต้องและความสมบูรณ์มากที่สุดแล้ว ก็ยังอาจมีข้อผิดพลาดและข้อบกพร่องอยู่บ้างไม่มากก็น้อย ดังนั้นหากนักศึกษาหรือผู้อ่านได้พบข้อผิดพลาดและข้อบกพร่องหรือมีข้อเสนอแนะประการใด ขอความกรุณาแจ้งต่อคณะกรรมการผลิตเอกสารชุดวิชาฯ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับนำไปใช้แก้ไขและปรับปรุงเอกสารการสอนชุดวิชานี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

คณะกรรมการกลุ่มผลิตชุดวิชาความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์

สารบัญ

(หน้า)

คำนำ.....(3)
รายละเอียดชุดวิชา.....(7)
วิธีการศึกษา.....(8)

หน่วยที่ 1 วิวัฒนาการของระบบการพิมพ์ และวัสดุการพิมพ์.....1
แผนการสอนประจำหน่วย.....2
ตอนที่ 1.1 วิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นนูน.....4
เรื่องที่ 1.1.1 การพิมพ์ยุคก่อนประวัติศาสตร์.....6
เรื่องที่ 1.1.2 วิวัฒนาการของการทำกระดาษ.....7
เรื่องที่ 1.1.3 เครื่องมือพิมพ์ยุคก่อนประวัติศาสตร์.....10
เรื่องที่ 1.1.4 ตัวพิมพ์ยุคก่อนประวัติศาสตร์.....12
เรื่องที่ 1.1.5 ประวัติศาสตร์ของการพิมพ์พื้นนูน.....14
ตอนที่ 1.2 วิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นราบ.....28
เรื่องที่ 1.2.1 วิวัฒนาการของการพิมพ์และการทำแม่พิมพ์พื้นราบ.....30
เรื่องที่ 1.2.2 วิวัฒนาการของเครื่องพิมพ์พื้นราบ.....34
ตอนที่ 1.3 วิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นลึกและการพิมพ์ฉลุลายผ้า.....41
เรื่องที่ 1.3.1 วิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นลึก.....42
เรื่องที่ 1.3.2 วิวัฒนาการของการพิมพ์ฉลุลายผ้า.....51
บรรณานุกรม.....54

หน่วยที่ 2 กระบวนการพิมพ์.....55
แผนการสอนประจำหน่วย.....56
ตอนที่ 2.1 งานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์.....60
เรื่องที่ 2.1.1 ความหมายและขอบข่ายของงานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์.....62
เรื่องที่ 2.1.2 การออกแบบจัดหน้า.....66
เรื่องที่ 2.1.3 การตรวจแก้ไขต้นฉบับ.....74
เรื่องที่ 2.1.4 การเตรียมต้นฉบับ.....78
เรื่องที่ 2.1.5 การกำหนดรายละเอียดสำหรับงานก่อนพิมพ์.....85

ตอนที่ 2.2 งานก่อนพิมพ์.....102
เรื่องที่ 2.2.1 ความหมายและขอบข่ายของงานก่อนพิมพ์.....103
เรื่องที่ 2.2.2 ขั้นตอนของงานก่อนพิมพ์.....104
ตอนที่ 2.3 งานพิมพ์และงานหลังพิมพ์.....120
เรื่องที่ 2.3.1 ความหมายและขอบข่ายของงานพิมพ์.....121
เรื่องที่ 2.3.2 ความหมายและขอบข่ายของงานหลังพิมพ์.....129
บรรณานุกรม.....135

หน่วยที่ 3 วัสดุใช้พิมพ์ : กระดาษ พลาสติก และโลหะ.....137
แผนการสอนประจำหน่วย.....138
ตอนที่ 3.1 วัสดุใช้พิมพ์ประเภทกระดาษ.....140
เรื่องที่ 3.1.1 องค์ประกอบของกระดาษ.....142
เรื่องที่ 3.1.2 กระบวนการผลิตกระดาษ.....150
เรื่องที่ 3.1.3 สมบัติของกระดาษ.....160
เรื่องที่ 3.1.4 ประเภทของกระดาษ.....171
ตอนที่ 3.2 วัสดุใช้พิมพ์ประเภทพลาสติก.....179
เรื่องที่ 3.2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติก.....181
เรื่องที่ 3.2.2 ชนิดของวัสดุใช้พิมพ์ประเภทพลาสติก.....186
เรื่องที่ 3.2.3 สมบัติของพลาสติก.....196
ตอนที่ 3.3 วัสดุใช้พิมพ์ประเภทโลหะ.....201
เรื่องที่ 3.3.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโลหะ.....202
เรื่องที่ 3.3.2 ชนิดของวัสดุใช้พิมพ์ประเภทโลหะ.....203
เรื่องที่ 3.3.3 สมบัติของโลหะ.....209
เชิงอรรถ.....212
บรรณานุกรม.....213

หน่วยที่ 4 หมึกพิมพ์ 215
แผนการสอนประจำหน่วย 216
ตอนที่ 4.1 องค์ประกอบของหมึกพิมพ์ 218
เรื่องที่ 4.1.1 สารให้สี 221
เรื่องที่ 4.1.2 น้ำมัน 225
เรื่องที่ 4.1.3 เรซิน 228
เรื่องที่ 4.1.4 ตัวทำละลาย 232
เรื่องที่ 4.1.5 สารเติมแต่ง 238
ตอนที่ 4.2 สมบัติสำคัญของหมึกพิมพ์ 240
เรื่องที่ 4.2.1 ความหนืดของหมึกพิมพ์ 242
เรื่องที่ 4.2.2 ความเหนียวของหมึกพิมพ์ 250
เรื่องที่ 4.2.3 การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ 252
เรื่องที่ 4.2.4 สมบัติเชิงลักษณะปรากฏของหมึกพิมพ์ 256
เรื่องที่ 4.2.5 ความทนทานของหมึกพิมพ์ 262
ตอนที่ 4.3 ประเภทของหมึกพิมพ์ 264
เรื่องที่ 4.3.1 หมึกพิมพ์ออฟเซต 267
เรื่องที่ 4.3.2 หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ 274
เรื่องที่ 4.3.3 หมึกพิมพ์กราวัวร์ 277
เรื่องที่ 4.3.4 หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี 280
เรื่องที่ 4.3.5 หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้า 284
บรรณานุกรม 288

รายละเอียดชุดวิชา

1.คำอธิบายชุดวิชา

07101 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์ (General Studies in Printing)

วิวัฒนาการของการพิมพ์และวัสดุพิมพ์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการพิมพ์เบื้องต้นและคุณสมบัติทั่วไปของวัสดุที่ใช้ในการพิมพ์ การเลือกใช้ระบบการพิมพ์และวัสดุพิมพ์เพื่อการพิมพ์สิ่งพิมพ์ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับธุรกิจการพิมพ์ อุตสาหกรรมการพิมพ์ การจัดทำสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ กฎหมายและระเบียบปฏิบัติต่าง ๆ ของทางราชการที่เกี่ยวกับการพิมพ์

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้รู้ประวัติความเป็นมาของการพิมพ์และวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์
2. เพื่อให้เข้าใจหลักการพื้นฐานของระบบการพิมพ์ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป
3. เพื่อให้สามารถอธิบายเทคนิคการเลือกใช้ระบบการพิมพ์สิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง
4. เพื่อให้รู้จักและเข้าใจธรรมชาติและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการพิมพ์
5. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการพิมพ์ ธุรกิจการพิมพ์ และอุตสาหกรรมการพิมพ์ทั่วไป

3. รายชื่อหน่วยการสอน

หน่วยที่ 1 วิวัฒนาการของระบบการพิมพ์และวัสดุการพิมพ์
หน่วยที่ 2 กระบวนการจัดพิมพ์
หน่วยที่ 3 วัสดุใช้พิมพ์ : กระดาษ พลาสติก และโลหะ
หน่วยที่ 4 หมึกพิมพ์
หน่วยที่ 5 ระบบการพิมพ์พื้นนูนและระบบการพิมพ์พื้นลึก
หน่วยที่ 6 ระบบการพิมพ์พื้นราบ
หน่วยที่ 7 ระบบการพิมพ์ฉลุลายผ้าและระบบการพิมพ์ไม่สัมผัส
หน่วยที่ 8 กระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ทั่วไป
หน่วยที่ 9 กระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์
หน่วยที่ 10 กระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ลักษณะพิเศษ
หน่วยที่ 11 ธุรกิจการพิมพ์
หน่วยที่ 12 ช่องทางจัดจำหน่ายและการส่งเสริมการจำหน่ายในธุรกิจสิ่งพิมพ์
หน่วยที่ 13 กฎหมายและระเบียบเกี่ยวกับการพิมพ์
หน่วยที่ 14 อุตสาหกรรมการพิมพ์ไทย
หน่วยที่ 15 การพัฒนาอุตสาหกรรมการพิมพ์ไทย

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมตัวเพื่อการศึกษาด้วยตนเอง

นักศึกษาจะต้องเตรียมตัวเพื่อการศึกษาด้วยตนเองดังนี้

1.1 จัดตารางเรียนให้สามารถเรียนได้วันละ 2 ชั่วโมง สำหรับ 1 ตอน เพื่อศึกษาเอกสารการสอนและทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในแบบฝึกปฏิบัติประจำชุดวิชา

1.2 เตรียมตารางรับฟังรายการวิทยุกระจายเสียงและรับชมรายการวิทยุโทรทัศน์ โดยตรวจเวลาการออกอากาศจากตารางการออกอากาศที่ทางมหาวิทยาลัยจัดส่งให้

1.3 เตรียมตารางเข้ารับการสอนเสริม ณ ศูนย์บริการการศึกษาที่ใกล้นักศึกษาที่สุด โดยตรวจสอบจากตารางการสอนเสริมที่ทางมหาวิทยาลัยจัดส่งให้

2. การประเมินผลตนเองก่อนและหลังเรียน

ขอให้นักศึกษาทำการประเมินผลตนเองก่อนเรียนในแบบฝึกปฏิบัติก่อนที่จะศึกษาเอกสารการสอน เพื่อวัดพื้นความรู้เดิมของนักศึกษาว่ามีความรู้ในเนื้อหาที่จะศึกษามากน้อยเพียงใด และควรจะมุ่งสนใจในเนื่อหาใดที่นักศึกษายังขาดความรู้หรือมีความรู้น้อย หลังจากศึกษาเอกสารการสอนได้เข้าใจดีแล้วขอให้นักศึกษาทำการประเมินผลตนเองอีกครั้งหนึ่ง เพื่อดูว่าสามารถเข้าใจในเนื้อหาที่ศึกษามาแล้วอย่างถ่องแท้หรือไม่ การทำการประเมินผลตนเองหลังเรียนจะช่วยให้นักศึกษาสามารถทราบได้ว่าได้รับความรู้เพิ่มขึ้นจากเดิมมากน้อยเพียงใด และมีความรู้ในเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์พอที่จะศึกษาหน่วยต่อไปได้แล้วหรือไม่ เกณฑ์ที่คณะกรรมการถือเอาเป็นที่พอใจคือ ตอบถูกเกินร้อยละ 80 ของข้อสอบแบบประเมินผลตนเองก่อนหรือหลังเรียนแต่ละชุด ขอให้นักศึกษาพึงตระหนักว่าการทำแบบประเมินผลตนเองก่อนและหลังเรียนด้วยความซื่อสัตย์สุจริตต่อตนเองเท่านั้นจึงจะได้ผล และให้ความมั่นใจได้ว่านักศึกษาจะสามารถผ่านการสอบไล่ของมหาวิทยาลัยได้อย่างแน่นอน

3. การศึกษาเอกสารการสอน

ชุดการสอนทางไกลชุดวิชาความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์ประกอบด้วยสื่อ 4 ประเภท (1) เอกสารการสอนประจำชุดวิชา (2) รายการสอนทางวิทยุกระจายเสียง (3) รายการสอนทางวิทยุโทรทัศน์ และ (4) การสอนเสริม

ในเอกสารการสอนได้บรรจุเนื้อหาสาระสำคัญไว้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์และคำอธิบายประจำชุดวิชา ดังนั้นนักศึกษาที่ตั้งใจศึกษาเอกสารการสอนอย่างถี่ถ้วนก็จะสามารถมีความรู้ในเนื้อหาที่ศึกษาอย่างดี การศึกษาเอกสารการสอนให้มีประสิทธิภาพ นักศึกษาควรทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในแบบฝึกปฏิบัติประจำชุดวิชาความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์ และการศึกษาเอกสารการสอนควรปฏิบัติดังนี้

3.1 พยายามศึกษาเอกสารการสอนให้ต่อเนื่องกันสัปดาห์ละ 1 หน่วย แต่ละหน่วยจะแบ่งเป็นตอนและแต่ละตอนแบ่งเป็นเรื่อง

3.2 การอ่านเนื้อหาในแต่ละเรื่อง ควรอ่านปกติหนึ่งเที่ยวก่อน ตอนท้ายของแต่ละเรื่องจะมี "กิจกรรม" ขอให้นักศึกษาพยายามบันทึกสาระสำคัญ และพยายามทำกิจกรรมทุกอย่างด้วยตนเอง แล้วตรวจสอบคำตอบกับแนวตอบที่กำหนดไว้

4. การทำกิจกรรมในแบบฝึกปฏิบัติ

นักศึกษาจะต้องบันทึกสาระสำคัญ และทำกิจกรรมทุกอย่างที่ได้รับมอบหมาย โปรดเขียนกิจกรรมทุกหน้าลงในแบบฝึกปฏิบัติ

5. การรับฟังรายการวิทยุกระจายเสียงและรับชมรายการวิทยุโทรทัศน์

ชุดวิชานี้จะมีรายการวิทยุกระจายเสียง 10 รายการ รายการละประมาณ 20 นาที ส่วนรายการวิทยุโทรทัศน์จะมีรายการสอน 3 รายการ รายการละประมาณ 30 นาที รายการสอนทางวิทยุกระจายเสียงและวิทยุโทรทัศน์เป็นสื่อเสริม แม้นักศึกษาจะไม่มีโอกาสได้ชมรายการดังกล่าว นักศึกษาก็ยังสามารถเรียนชุดวิชานี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการรับฟังและรับชมรายการวิทยุกระจายเสียงและรายการวิทยุโทรทัศน์มีสิ่งที่นักศึกษาควรปฏิบัติดังนี้

1. ดูตารางการออกอากาศและจดวัน เวลา และสถานที่ออกอากาศไว้ในสมุดจดบันทึกสาระของนักศึกษาเอง
2. จับประเด็นสาระของรายการแล้วสรุปไว้ศึกษาด้วยตนเอง

6. การรับบริการ ณ ศูนย์บริการการศึกษา

นักศึกษาที่เรียนชุดวิชา "ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์" สามารถใช้บริการ ณ ศูนย์บริการการศึกษาดังต่อไปนี้

6.1 รายการวิทยุกระจายเสียงและรายการวิทยุโทรทัศน์จากเทปบันทึกเสียงและเทปภาพทัศน์ที่จัดไว้ ณ ศูนย์บริการการศึกษา หากนักศึกษาไม่มีเครื่องรับที่บ้าน

6.2 ค้นคว้าหนังสือและเอกสารต่าง ๆ ที่จัดเตรียมไว้ที่ห้องสมุดของศูนย์บริการการศึกษา

6.3 เข้ารับการสอนเสริมตามวันเวลาที่กำหนดไว้ในตารางการสอนเสริม

ในการขอรับบริการ ณ ศูนย์บริการการศึกษานักศึกษาต้องนำบัตรประจำตัวนักศึกษาและบัตรลงทะเบียนเรียนชุดวิชาไปแสดงด้วย

7. การสอบ

เมื่อสิ้นสุดภาคการศึกษา นักศึกษาต้องเข้าสอบไล่ชุดวิชา ณ สนามสอบที่จัดไว้ที่ศูนย์บริการการศึกษาตามวันและเวลาที่กำหนด นักศึกษาต้องนำบัตรประจำตัวนักศึกษา สำเนาใบลงทะเบียนเรียนและบัตรประจำตัวประชาชน หรือบัตรประจำตัวข้าราชการ หากขาดอย่างใดอย่างหนึ่งนักศึกษาจะไม่มีสิทธิเข้าสอบ โปรดอย่าลืมเป็นอันขาด อย่างไรก็ดี เพื่อความไม่ประมาท นักศึกษาอาจมีรูปถ่ายขนาด 1 นิ้วอย่างน้อย 2 รูปประจำตัวไว้ทุกครั้งในวันเข้าสอบ

นอกจากนั้น ก่อนวันสอบอย่างน้อย 1 วัน นักศึกษาควรเดินทางไปตรวจดูสถานที่สอบ ห้องสอบและตึกที่สอบ ประการสุดท้ายสิ่งที่ไม่ควรลืมคือดินสอขนาด 2 บีหรือเบอร์สองเป็นอย่างน้อย ยางลบดินสอที่สามารถลบได้อย่างสะอาด รวมทั้งที่เหลาดินสอด้วย

หน่วยที่ 1

วิวัฒนาการของระบบการพิมพ์ และวัสดุการพิมพ์

อาจารย์พันเอก อุดม ควรผดุง

แผนการสอนประจำหน่วย

ชุดวิชา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์

หน่วยที่ 1 วิวัฒนาการของระบบการพิมพ์ และวัสดุการพิมพ์

ตอนที่

1.1 วิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นนูน
1.2 วิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นราบ
1.3 วิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นลึกและการพิมพ์ฉลุลายผ้า

แนวคิด

1. ประวัติศาสตร์ของระบบการพิมพ์พื้นนูนเริ่มขึ้นเมื่อชาวเยอรมันชื่อโยฮานน์ กูเตนเบิร์ก ได้สร้างแม่พิมพ์และเครื่องพิมพ์พื้นนูนขึ้นมาใน พ.ศ. 1981 ต่อมามีการพัฒนาวิธีการ อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์ รวมทั้งการพัฒนาและสร้างเครื่องพิมพ์พื้นนูนที่มีประสิทธิภาพในการพิมพ์ได้ดียิ่งขึ้น
2. การพิมพ์พื้นราบในปัจจุบันเป็นวิวัฒนาการมาจากการพิมพ์หินของอะลัวส์ เซเนเฟลเดอร์ ชาวเยอรมัน เป็นนวัตกรรมที่เกิดขึ้นใน พ.ศ. 2340-2341 ซึ่งในสมัยนั้นยังเป็นการพิมพ์ภาพจากแม่พิมพ์หินลงบนกระดาษโดยตรง ต่อมาจึงได้มีการสร้างแม่พิมพ์สังกะสีขึ้นใช้แทนแม่พิมพ์หิน และในปัจจุบันแม่พิมพ์ที่ใช้เป็นแม่พิมพ์สำเร็จที่ทำจากโลหะพวกอะลูมิเนียม และจากการพิมพ์ตรง ต่อมาก็ได้มีการพัฒนาวิธีการพิมพ์มาเป็นแบบอ้อม โดยการถ่ายโอนภาพจากแม่พิมพ์ลงบนผ้ายางก่อนการถ่ายโอนลงบนวัสดุใช้พิมพ์ ดังที่เห็นได้ในระบบการพิมพ์ออฟเซตปัจจุบัน
3. วิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นลึกเป็นวิวัฒนาการของการพิมพ์อินทาลโยและการพิมพ์กราวัวร์ การพิมพ์อินทาลโยเป็นการพิมพ์ที่นวัตกรรมโดยช่างแกะเครื่องถมลงยาชาวอิตาลีชื่อ มาโซ ฟินิเกอรา ซึ่งทำแม่พิมพ์โดยการใช้เหล็กแกะเครื่องถมลงยาแกะภาพบนแผ่นทองแดง จากการแกะด้วยเหล็กแกะ ต่อมามีการพัฒนาการแกะแม่พิมพ์โดยใช้กรดกัด โดยใช้เครื่องแกะ โดยใช้วิธีการทางไฟฟ้าเคมี เป็นต้น ส่วนการพิมพ์กราวัวร์เป็นระบบการพิมพ์พื้นลึกที่เกิดขึ้นหลังจากการพิมพ์อินทาลโย โดยชาวเช็คโก-สโลวาเกียชื่อ คาร์ล คลิตช์ ด้วยการใช้กระดาษไวแสงถ่ายโอนภาพสกรีนลงบนแม่พิมพ์ทองแดงแล้วจึงนำไปกัดด้วยกรด ต่อมามีการพัฒนาการทำแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องแกะแม่พิมพ์ที่เรียกว่า "เฮลิโอคริสโซกราฟ" และการใช้แสงเลเซอร์แกะแม่พิมพ์
4. วิวัฒนาการของการพิมพ์ฉลุลายผ้าเริ่มขึ้นเมื่อราว 90 ปีเศษมานี้ โดยชาวอังกฤษชื่อ แซมมวล ไซมอน เป็นผู้คิดค้นขึ้น โดยการใช้ผ้าไหมมาขึงกับกรอบไม้เพื่อทำเป็นแม่พิมพ์ ต่อมาจึงมีการพัฒนาผ้าประเภทอื่นมาใช้แทนผ้าไหม รวมทั้งการใช้วัสดุอื่น ๆ มาทำเป็นกรอบ และการพัฒนาการพิมพ์ด้วยมือมาเป็นการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ทั้งประเภทกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาหน่วยที่ 1 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกวิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นนูนได้
2. บอกวิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นราบได้
3. บอกวิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นลึกได้
4. บอกวิวัฒนาการของการพิมพ์ฉลุลายผ้าได้

กิจกรรมระหว่างเรียน

1. ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนหน่วยที่ 1
2. ศึกษาเอกสารการสอนตอนที่ 1.1 - 1.3
3. ปฏิบัติกิจกรรมตามที่ได้รับมอบหมายในเอกสารการสอนแต่ละตอน
4. ฟังรายการวิทยุกระจายเสียง
5. ชมรายการวิทยุโทรทัศน์
6. เข้ารับบริการการสอนเสริม
7. ทำแบบประเมินผลตนเองหลังเรียนหน่วยที่ 1

สื่อการสอน

1. เอกสารการสอน
2. แบบฝึกปฏิบัติ
3. รายการสอนทางวิทยุกระจายเสียง
4. รายการสอนทางวิทยุโทรทัศน์
5. การสอนเสริม

ประเมินผล

1. ประเมินจากแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินจากกิจกรรมในแบบฝึกปฏิบัติ
3. ประเมินจากการสอบประจำภาคการศึกษา

เมื่ออ่านแผนการสอนแล้ว ขอให้ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียน หน่วยที่ 1 ในแบบฝึกปฏิบัติ แล้วจึงศึกษาเอกสารการสอนต่อไป

ตอนที่ 1.1
วิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นนูน

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 1.1 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

1.1.1 การพิมพ์ยุคก่อนประวัติศาสตร์
1.1.2 วิวัฒนาการของการทำกระดาษ
1.1.3 เครื่องมือพิมพ์ยุคก่อนประวัติศาสตร์
1.1.4 ตัวพิมพ์ยุคก่อนประวัติศาสตร์
1.1.5 ประวัติศาสตร์ของการพิมพ์พื้นนูน

แนวคิด

1. การพิมพ์ยุคก่อนประวัติศาสตร์เป็นการขีดเขียนสิ่งที่ได้พบเห็น เพื่อช่วยความจำไว้ตามผนังถ้ำที่พักอาศัย ในลักษณะภาพร่างง่าย ๆ เพื่อแสดงแหล่งล่าสัตว์ หรือเพื่อแสดงเส้นทางเดินทาง หรือเขียนรอยบนวัตถุเพื่อนับจำนวน เป็นต้น ต่อมาเป็นการเขียนภาพแทนคำพูด หรือเรียกว่า "อักษรภาพ" และมีการแกะสลักตัวอักษรบนไม้หรือหินเพื่อถ่ายทอดโองการ หมายและประกาศ โดยกดทำรอยและการกดถูบนด้านหลังของกระดาษซึ่งวางบนบล็อกไม้แกะที่ได้ทาไว้ด้วยหมึกเขม่า หรือการกดคลึงหรือพิมพ์ลงบนแผ่นหนังแกะที่เรียกว่า "พาร์ชเมนต์"
2. ชาวอียิปต์เป็นชาติแรกที่คิดค้นวิธีทำกระดาษจากต้นกก โดยการตัดต้นกกให้ได้ขนาดกว้างยาวตามขนาดของกระดาษที่ต้องการผลิต นำมาสานขัดเข้าด้วยกันแล้วนำไปแช่น้ำจนนิ่ม จากนั้นจึงทุบให้ส่วนที่สานขัดกันไว้แผ่ออกติดกันจนเป็นแผ่นกระดาษ ชาวอียิปต์เรียกกระดาษที่ผลิตได้ว่า "ปาปิรัส" ส่วนกระดาษชนิดที่เป็นต้นแบบของกระดาษที่ใช้พิมพ์เพื่อผลิตเป็นสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ในปัจจุบัน ผลิตขึ้นโดยชาวจีน
3. ในราว พ.ศ. 1307-1313 ญี่ปุ่นได้สร้างเครื่องมือพิมพ์ที่มีลักษณะคล้ายเจดีย์หรือเรียกว่า "เฮียก-กีมันโตดาละนิ" โดยขอบแต่ละชั้นขององค์เจดีย์เป็นวงล้อที่ใช้ในการพิมพ์ โดยร่องของวงล้อนี้ได้รับการบรรจุด้วยตัวอักษรไม้แกะ
4. ชาวจีนชื่อ "ไปเช็ง" ได้ประดิษฐ์ตัวพิมพ์แบบที่เรียกว่า "มูเวเบิลไทป์" โดยการนำผงหินชนิดหนึ่งผสมกับกาวน้ำ แล้วนำไปเทใส่แม่แบบเพื่อหล่อเป็นตัวพิมพ์ ต่อมาก็มีการสร้างตัวพิมพ์ที่แกะขึ้นมาในประเทศจีนด้วย ส่วนตัวพิมพ์ที่ทำด้วยโลหะนั้น ชาวเกาหลีเป็นชาติแรกที่ทำขึ้น โดยทำขึ้นจากโลหะผสมพวกบรอนซ์
5. ประวัติศาสตร์ของระบบการพิมพ์พื้นนูนเริ่มขึ้นเมื่อชาวเยอรมันชื่อโยฮานน์ กูเตนเบิร์ก ได้สร้างและพัฒนาองค์ประกอบที่สำคัญของระบบการพิมพ์ขึ้นทั้งหมด อันได้แก่ แม่พิมพ์พื้นนูน เครื่องพิมพ์ หมึกพิมพ์ และกระดาษ จากยุคบุกเบิกของระบบการพิมพ์พื้นนูนของกูเตนเบิร์ก องค์ประกอบต่าง ๆ ที่กูเตนเบิร์กได้สร้างและพัฒนาขึ้นก็ได้รับการพัฒนาต่อ ๆ มาจนถึงในปัจจุบัน

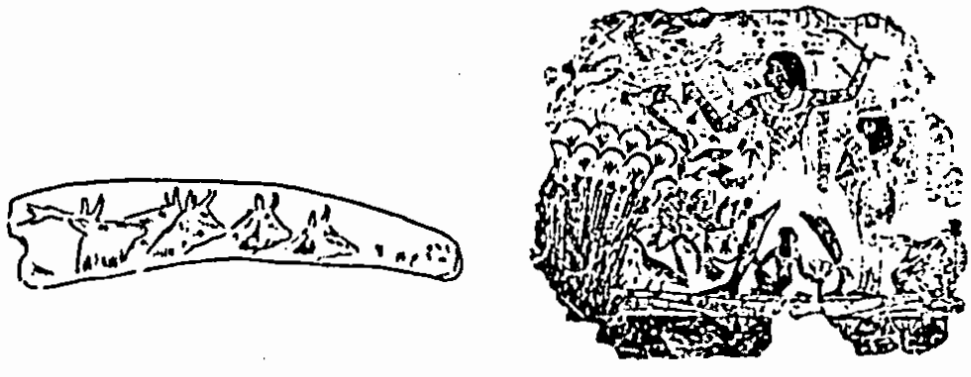
วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 1.1 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. ยกตัวอย่างหลักฐานที่แสดงให้เห็นถึงการพิมพ์ยุคก่อนประวัติศาสตร์ได้
2. บอกวิวัฒนาการของการทำกระดาษได้
3. บอกวิวัฒนาการและลักษณะเครื่องมือพิมพ์ยุคก่อนประวัติศาสตร์ได้
4. บอกวิวัฒนาการและอธิบายการทำตัวพิมพ์ยุคก่อนประวัติศาสตร์ได้
5. บอกวิวัฒนาการของระบบการพิมพ์พื้นนูนได้

เรื่องที่ 1.1.1
การพิมพ์ยุคก่อนประวัติศาสตร์

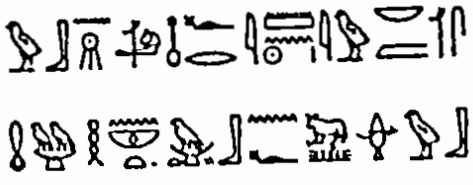
การพิมพ์ในยุคก่อนประวัติศาสตร์ได้มีการค้นพบภาพของสัตว์ และภาพของมนุษย์ เขียนไว้ตามผนังถ้ำ เป็นภาพที่แสดงให้เห็นถึงแหล่งล่าสัตว์ การเดินทางไปตามทิศทางที่เขียนไว้ การบากทำรอยบนวัตถุเพื่อนับจำนวน เป็นต้น



ภาพที่ 1.1 ภาพเขียนตามฝาผนังถ้ำแสดงถึงแหล่งล่าสัตว์

ที่มา : Modern Setzerei

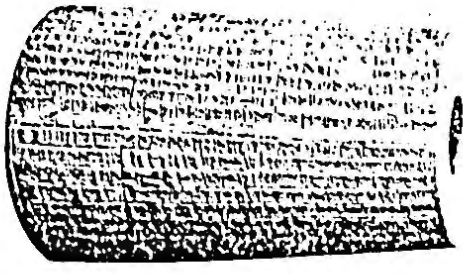
ต่อมาได้วิวัฒนาการเป็นการเขียนภาพแทนคำพูดด้วยอักษรภาพ การแกะสลักบนไม้ บนหิน เป็นตัวอักษรเพื่อการถ่ายทอดโองการ หมายและประกาศ โดยการกดทำรอยและการกดถูบนด้านหลังของกระดาษซึ่งวางไว้บนบล็อกไม้แกะ และทาหมึกเขม่าเอาไว้



ภาพที่ 1.2 อักษรภาพ

ที่มา : Modern Setzerei

นอกจากนี้ หลักฐานทางประวัติศาสตร์การพิมพ์ที่สำคัญอีกชิ้นหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงการพิมพ์ในยุคก่อนประวัติศาสตร์ก็คือ แท่งศิลารูปทรงกระบอก ซึ่งค้นพบที่กรุงบาบิโลน ประเทศอียิปต์ มีอายุราว 3,600 ปี บนแท่งศิลานี้ได้รับการแกะเป็นตัวอักษรไว้โดยรอบ การที่แท่งศิลามีลักษณะคล้ายทรงกระบอกคล้ายโมแม่พิมพ์นี้สันนิษฐานว่าคงใช้สำหรับกดดลึงหรือพิมพ์บนพาร์ชเมนต์ (parchment) หรือแผ่นหนังแกะที่ได้ขูดเอาไขมันออกหมดแล้วนำไปแช่น้ำละลายของปูนขาวฟอกให้สะอาด นำไปตากแดดให้แห้ง แล้วขัดตกแต่งด้วยหินฟองน้ำ (pumic stone) ตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า พาร์ชเมนต์นี้จัดเป็นวัสดุใช้พิมพ์ที่ชาวอียิปต์ได้นำมาใช้แทนกระดาษก่อนการค้นพบวิธีทำกระดาษ



ภาพที่ 1.8 ศิลารูปทรงกระบอก

ที่มา : Insatsu Jitsu Kosa

กิจกรรม 1.1.1

จงยกตัวอย่างหลักฐานที่แสดงให้เห็นถึงการพิมพ์ยุคก่อนประวัติศาสตร์

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติ หน่วยที่ 1 ตอนที่ 1.1 กิจกรรม 1.1.1

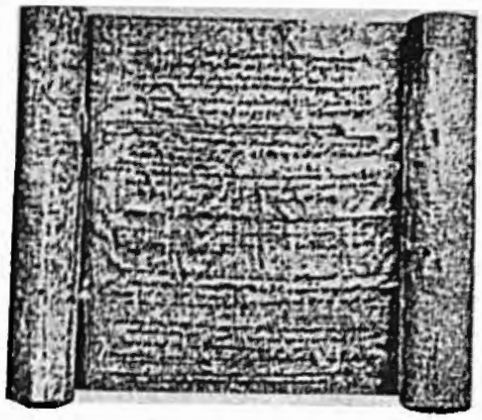
แนวตอบกิจกรรม 1.1.1

ภาพของมนุษย์และสัตว์ตามผนังถ้ำ อักษรภาพที่แกะไว้บนหินและบนไม้ และศิลาอักษรรูปทรงกระบอกที่ค้นพบ ณ ประเทศอียิปต์

เรื่องที่ 1.1.2

การวิวัฒนาการของการทำกระดาษ

หลังจากการใช้พาร์ชเมนต์เป็นวัสดุใช้พิมพ์ (substrate) ในช่วงเวลาหนึ่ง ต่อมาชาวอียิปต์จึงได้คิดค้นวิธีทำกระดาษขึ้นมาแทนแผ่นหนังพาร์ชเมนต์ โดยใช้ต้นกกชนิดหนึ่ง (Cyperus Papyrus) ที่ขึ้นอยู่ตามริมแม่น้ำไนล์ นำมาตัดเป็นท่อนตามขนาดกว้างยาวของกระดาษที่ต้องการผลิต แล้วจึงนำเอาต้นกกมาสานขัดเข้าด้วยกันเป็นแผ่น นำไปแช่ในน้ำจนนิ่ม แล้วทุบให้ส่วนที่สานขัดกันไว้แผ่ออกติดกันเป็นแผ่น แล้วจึงนำไปตากแดดจนแห้ง กระดาษของอียิปต์ที่ผลิตขึ้นในยุคนั้นเรียกว่า "ปาปิรัส" (Papyrus)



ภาพที่ 1.4 ม้วน "ปาปิรัส"

ที่มา : Modern Setzerei

ในสมัยต่อมา ชาวยุโรปได้ตั้งชื่อใหม่ว่า "เปเปอร์" (Paper) คือ กระดาษที่ใช้พิมพ์เขียนในยุคต่อ ๆ มา แต่ในภาษาไทยเราเรียกคำว่า "กระดาษ" มาจากภาษาโปรตุเกสคือ "คาร์ทาส" (Cartas) ส่วนกระดาษชนิดที่เป็นต้นแบบของกระดาษที่ใช้พิมพ์เพื่อผลิตสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ในยุคปัจจุบันนี้ชนชาวจีนเป็นชนชาติแรกที่ได้คิดประดิษฐ์ขึ้นเมื่อราว พ.ศ. 648 ภายใต้การอำนวยการจัดทำของท่านเสนาบดีการเกษตรของจีนชื่อ "ไซลิน" (Tsai Lin) ตัวอย่างของวัตถุดิบที่นำมาใช้ทำกระดาษในสมัยแรกนั้น เช่น ปอ เปลือกต้นหม่อน ไม้ไผ่ เศษผ้าเก่า แห และอวนเก่า ต่อมาชาวจีนกับชาวอาหรับเกิดทำสงครามที่เมืองสามาร์กันด์ (Samarkand) ชาวจีนที่ถูกจับเป็นเชลยได้ถูกบังคับให้สอนวิธีทำกระดาษแก่ชาวอาหรับ จึงได้เริ่มมีการทำกระดาษที่เมืองแบกแดดเป็นแห่งแรกแล้วแพร่เข้าไปในยุโรป ผ่านทางอาหรับ อินเดีย ตุรกีตะวันออก สเปน อิตาลี ฝรั่งเศส เยอมัน สวิสส์เซอร์แลนด์ อังกฤษ และสวีเดน โดยมีการสร้างโรงงานกระดาษขนาดใหญ่ที่เพ็นซิลวาเนีย สหรัฐอเมริกา เมื่อ พ.ศ. 2233

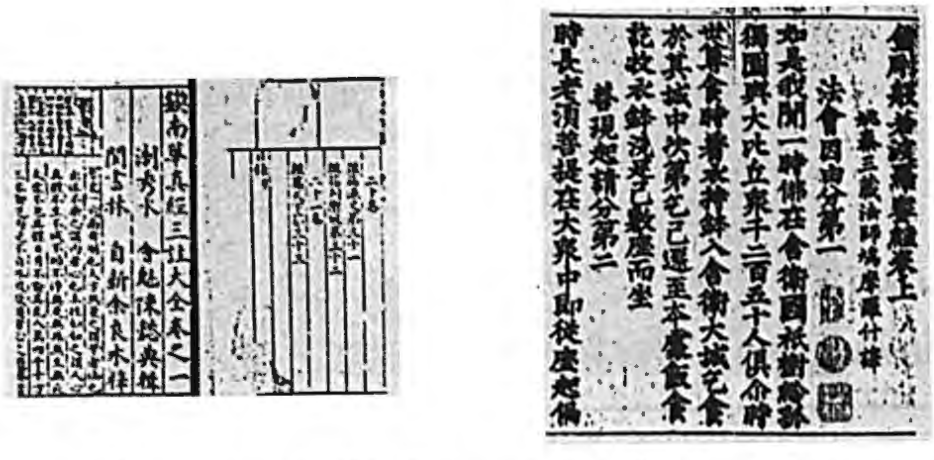
เทคนิคในการทำกระดาษของจีนได้แพร่เข้าไปในประเทศเกาหลี เมื่อราว พ.ศ. 703 ต่อมาจีนได้คิดทำบล็อกไม้แกะ (wood block or Zylography) ขึ้นใช้สำหรับพิมพ์งานเป็นครั้งแรกเมื่อราว พ.ศ. 943 การทำกระดาษของจีนได้แพร่เข้าไปในญี่ปุ่นเมื่อราว พ.ศ. 1153 โดยพระภิกษุชาวเกาหลี นิกายพุทธ ชื่อ "ดองจู" ได้เข้าไปเผยแผ่พระพุทธศาสนาและวิธีทำกระดาษ ทำให้เกิดมีการพัฒนาไปสู่การพิมพ์ของญี่ปุ่นขึ้นใน พ.ศ.1307-1313

(ก) จีน

(ข) ญี่ปุ่น

ภาพที่ 1.5 บล็อกไม้แกะของจีนและญี่ปุ่น

การพิมพ์ในยุคต้น ๆ แห่งประวัติศาสตร์การพิมพ์ อาจจะใช้วิธีการพิมพ์ด้วยการถูหลังกระดาษที่วางทาบบนแม่พิมพ์ ซึ่งอาจจะเป็นแท่งหินหรือไม้ที่แกะสลักเป็นภาพและตัวอักษรที่ได้รับการคลึงหมึกด้วยลูกประคบหมึก ซึ่งหมึกที่ชาวจีนใช้ทำจากเขม่าไฟผสมกาวหนังสัตว์ให้มีลักษณะเป็นแท่งแล้วนำไปผึ่งจนแห้ง เวลาใช้นำมาฝนกับน้ำ จากนั้นจึงใช้พู่กันที่ใช้เขียนภาพหรือตัวอักษรจุ่มน้ำหมึกแล้วทาลงบนผิวแม่พิมพ์ วางกระดาษทาบลงบนแม่พิมพ์ แล้วใช้ตะเกียบหรือแปรงปัดที่ด้านหลังของกระดาษ วิธีการพิมพ์นี้เป็นที่นิยมเมื่อราว พ.ศ.1289



ภาพที่ 1.6 ตัวอย่างแผ่นพิมพ์ที่พิมพ์โดยการถูหลังกระดาษที่วางทาบบนแม่พิมพ์

สำหรับในประเทศไทย กรมแผนที่ทหารบกได้ริเริ่มทดลองทำกระดาษขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2460 ภายใต้การอำนวยการของพลตรีพระยาภักดีภูธร เจ้ากรมแผนที่ทหารบก โดยจัดตั้งกองทำกระดาษขึ้น และให้อำมาตย์โท พระประมาณสกลมารค หัวหน้าแผนกทำแผนที่ เป็นผู้ควบคุมดำเนินงานจัดตั้งโรงงานทำกระดาษขึ้นภายในกรมแผนที่ทหารบกในรูปโรงงานต้นแบบ ได้มีการค้นคว้าทดลองใช้วัตถุดิบในการผลิตกระดาษจากต้นไผ่ เศษกระดาษ เศษผ้า เปลือกต้นสา เปลือกต้นข่อย เปลือกต้นตะขบฝรั่ง กาบกล้วย หญ้าคา ฯลฯ

จนถึง พ.ศ. 2465 จึงได้หยุดการผลิต แล้วได้จัดตั้งโรงงานกระดาษที่ท่าพายัพ ตำบลสามเสน อำเภอดุสิต กรุงเทพฯ เมื่อ 23 เมษายน พ.ศ. 2466 ตั้งชื่อว่า "โรงงานทำกระดาษไทย" ต่อมากรมแผนที่ทหารบกได้ตั้งโรงงานกระดาษใหม่ที่จังหวัดกาญจนบุรี เป็นโรงงานกระดาษสมบูรณ์แบบ มีอัตรากำลังผลิตกระดาษวันละ 10 ตัน โดยใช้วัตถุดิบผลิตเยื่อกระดาษจากไม้ไผ่ ไม้รวก และไม้เนื้ออ่อน จากป่าสงวนของกองทัพบก มีเนื้อที่ 4,800 ตารางกิโลเมตร ซึ่งดำเนินการในรูปป่าปลูกไม้หมุนเวียนเสริมป่า ต่อมาได้โอนโรงงานทั้ง 2 แห่งนี้ให้กับกระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นกระทรวงตั้งขึ้นใหม่เมื่อ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2485 และต่อมาทางกระทรวงอุตสาหกรรมก็ได้ตั้งโรงงานผลิตกระดาษจากฟางข้าวขึ้นอีกหนึ่งแห่ง ที่ตำบลบางกระสั้น อำเภอบางกระปิ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา คือ โรงงานกระดาษบางปะอิน เปิดทำการผลิตกระดาษเมื่อ พ.ศ. 2506 มีอัตรากำลังผลิตกระดาษวันละ 40 ตัน ต่อมาได้มีบริษัทเอกชนจัดตั้งโรงงานทำกระดาษขึ้นอีกหลายแห่ง ได้แก่ โรงงานกระดาษกรุงเทพจำกัด โรงงานกระดาษสหไทย โรงงานกระดาษศรีสยาม โรงงานกระดาษบูรพาอุตสาหกรรม โรงงานกระดาษสยามคราฟท์ และโรงงานขนาดเล็กอีก 10 กว่าแห่ง ในปัจจุบันได้มีโรงงานกระดาษที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุนอีกหลายแห่ง มีปริมาณการผลิตกระดาษพิมพ์ เขียน ห่อของ เพิ่มขึ้นอีกราว 2,800,000 ตันต่อปี ยกเว้นกระดาษพิมพ์หนังสือพิมพ์ที่ยังไม่มีการผลิตใช้ในประเทศ

กิจกรรม 1.1.2

ชนชาติใดที่ถือว่าเป็นชนชาติแรกที่ผลิตกระดาษชนิดที่ต่อ ๆ มามีการพัฒนานำไปใช้ในกระบวนการพิมพ์เพื่อผลิตเป็นสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ

ไปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 1 ตอนที่ 1.1 กิจกรรม 1.1.2

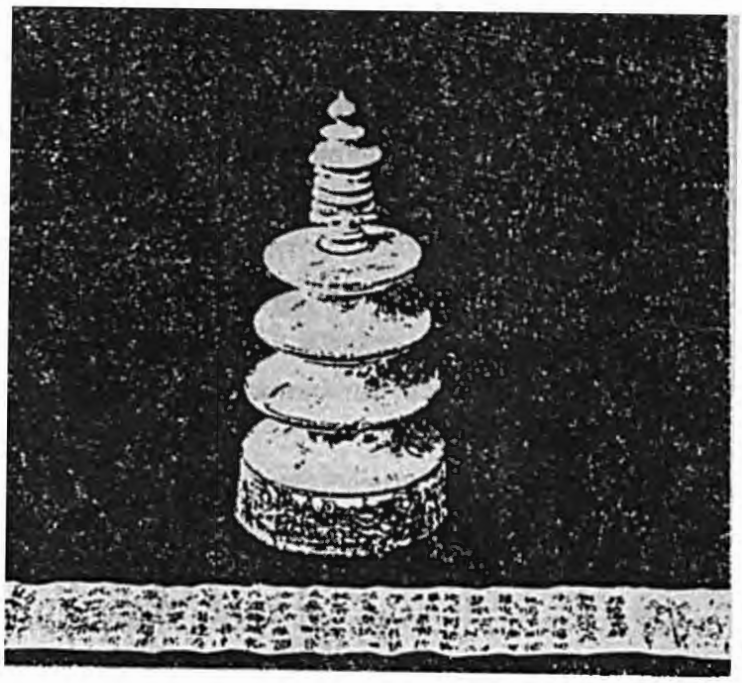
แนวตอบกิจกรรม 1.1.2

ชาวจีน

เรื่องที่ 1.1.3
เครื่องมือพิมพ์ยุคก่อนประวัติศาสตร์

ญี่ปุ่นได้สร้างเครื่องมือสำหรับใช้พิมพ์ชนิดหนึ่งในราว พ.ศ.1307-1313 เครื่องมือพิมพ์ชนิดนี้มีลักษณะคล้ายเจดีย์เมื่อตั้งทางแนวตั้ง แต่เมื่อเวลาเตรียมสำหรับการพิมพ์จะวางลงทางแนวนอน ขอบแต่ละชั้นขององค์เจดีย์จึงมีสภาพคล้ายลูกล้อที่สามารถกลิ้งพาตัวอักษรไม้แกะที่ได้รับการทาหมึกไว้ล่วงหน้าซึ่งได้เรียงสอดเอาไว้ในร่องของลูกล้อ กลิ้งพิมพ์บนกระดาษม้วน วงล้อพิมพ์ขององค์เจดีย์นี้มีหลายวงล้อ สามารถจะนำมากลิ้งพิมพ์ได้ครั้งละหลายวงล้อ ขนาดของวงล้อที่ใช้มี 2 ขนาด ขนาดใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร และขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 64 มิลลิเมตร

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
สำนักบรรณสารสนเทศ



ภาพที่ 1.7 เครื่องมือพิมพ์ทรงเจดีย์ของญี่ปุ่น

วงล้อพิมพ์เมื่อเลิกใช้พิมพ์แล้วจะนำเข้าเก็บในลักษณะซ้อนกัน เมื่อได้สวมแกนส่วนยอดเพื่อยึดวงล้อไว้ จึงทำให้ดูคล้ายองค์เจดีย์ย่อส่วน มีความสวยงามเชิงศิลปะ องค์เจดีย์นี้ชาวญี่ปุ่นเรียกว่า "เฮียกกีมันโตดาละนิ" หรือมีชื่อเรียกในภาษาอังกฤษ ว่า "วันมิลเลียนดารานีชาร์มส์" (One million dharane ṣharms)

กิจกรรม 1.1.3

"เฮียกกีมันโตดาละนิ" คืออะไร

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 1 ตอนที่ 1.1 กิจกรรม 1.1.3

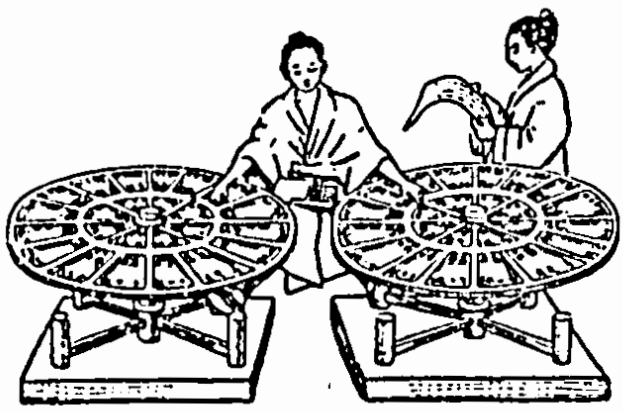
แนวตอบกิจกรรม 1.1.3

เฮียกกีมันโตดาละนิ คือ เครื่องมือพิมพ์ที่สร้างขึ้นโดยชาวญี่ปุ่น ในราว พ.ศ.1307-1313 มีลักษณะคล้ายเจดีย์ ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญคือ วงล้อพิมพ์ที่มีตัวอักษรไม้แกะสอดอยู่ในร่องของวงล้อ วงล้อพิมพ์นี้ใช้เพื่อพิมพ์ตัวอักษรลงบนกระดาษม้วน

8788 ค.1
22 ก.ค. 2539

เรื่องที่ 1.1.4
ตัวพิมพ์ยุคก่อนประวัติศาสตร์

เมื่อราว พ.ศ.1584-1592 ชาวจีนชื่อ "ไปเซ็ง" (Pi Cheng) ได้คิดประดิษฐ์ตัวพิมพ์สำหรับเรียงพิมพ์ เพื่อนำไปใช้พิมพ์เป็นคำและข้อความ ซึ่งเรียกว่า "มูเวเบิลไทป์" (movable type) คือ ตัวพิมพ์เดี่ยว ๆ แต่ละตัวที่หลังจากนำมารวมกันเพื่อใช้พิมพ์และล้างหมึกพิมพ์ออกหลังการพิมพ์แล้วก็สามารถแจกตัวพิมพ์แต่ละตัวคืนที่เก็บแล้วสามารถนำกลับมาเรียงพิมพ์ใหม่เพื่อทำการพิมพ์ได้อีก ตัวพิมพ์ที่ไปเซ็งได้คิดประดิษฐ์ขึ้นทำขึ้นจากการนำเอาผงของหินชนิดหนึ่งมีสมบัติคล้ายปูนปลาสเตอร์มาผสมกับกาวน้ำ แล้วเทใส่แม่แบบหล่อตัวพิมพ์ เมื่อแห้งแล้วจึงนำออกมาจากแม่แบบไปอบด้วยความร้อนจนแห้งแข็งตัว มีความแข็งแกร่งสามารถใช้เรียงพิมพ์ได้หลาย ๆ ครั้ง ตัวพิมพ์ของไปเซ็งจัดเป็นตัวหล่อรุ่นแรกของโลก ซึ่งได้นำมาใช้ในวงการพิมพ์ของจีนในระหว่าง พ.ศ.1584-1592 ต่อมาจีนได้ทำตัวพิมพ์แกะด้วยไม้ และสร้างที่เรียงพิมพ์ลักษณะคล้ายโต๊ะหมุนวางคู่กัน



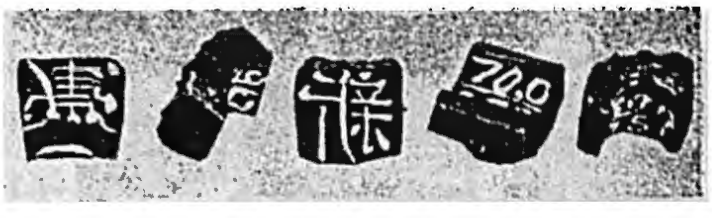
ภาพที่ 1.8 เครื่องมือเรียงพิมพ์ตัวอักษรจีน

ที่มา : Printing History of Asian Countries

ภาพที่ 1.9 ตัวอย่างผลงานจากตัวพิมพ์ไม้

ที่มา : Printing History of Asian Countries

ต่อมาในราว พ.ศ.1946 ชาวเกาหลีได้คิดประดิษฐ์ตัวพิมพ์ทำด้วยโลหะผสมระหว่างทองแดงและดีบุก หรือ บรอนซ์ (bronze-metal type) ขึ้นเป็นครั้งแรกในวงการพิมพ์ โดยตัวพิมพ์ของเกาหลีนอกจากประกอบด้วยทองแดงและดีบุกเป็นโลหะหลักแล้วยังประกอบด้วยโลหะอื่น ๆ โดยมีสัดส่วนการผสมของโลหะต่าง ๆ ดังนี้คือ ทองแดง 79.45 เปอร์เซ็นต์ ดีบุก 13.20 เปอร์เซ็นต์ สังกะสี 2.30 เปอร์เซ็นต์ เหล็ก 1.88 เปอร์เซ็นต์ ตะกั่ว 1.62 เปอร์เซ็นต์ แมงกานีส 0.48 เปอร์เซ็นต์ และสารเจือปนอื่น ๆ อีก 1.03 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 1.10 ตัวอย่างของตัวพิมพ์เกาหลีที่ทำด้วยโลหะบรอนซ์

กิจกรรม 1.1.4

จงเปรียบเทียบตัวพิมพ์ที่สร้างขึ้นโดยไปเซ็งกับตัวพิมพ์ที่สร้างขึ้นโดยชาวเกาหลีเมื่อ พ.ศ.1946 ในแง่ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตตัวพิมพ์

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 1 ตอนที่ 1.1 กิจกรรม 1.1.4

แนวตอบกิจกรรม 1.1.4

ตัวพิมพ์ของไปเซ็งได้จากการนำเอาหินที่มีลักษณะเป็นผงผสมกับกาวน้ำ แล้วนำไปหล่อเป็นตัวพิมพ์ ส่วนตัวพิมพ์ของชาวเกาหลีนั้นเป็นตัวพิมพ์ที่หล่อขึ้นจากโลหะผสมที่มีทองแดงและดีบุกเป็นโลหะหลัก

เรื่องที่ 1.1.5
ประวัติศาสตร์ของการพิมพ์พื้นนูน

1. ระบบการพิมพ์พื้นนูนยุคกูเตนเบิร์ก

การพิมพ์ในยุคแรกนั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลาย คงใช้กันในส่วนของราชสำนักหรือในส่วนของผู้ครองนคร จึงมีองค์ประกอบในการพิมพ์ที่สำคัญต่าง ๆ อันได้แก่ เครื่องพิมพ์ หมึกพิมพ์ แม่พิมพ์ และกระดาษไม่ครบถ้วน แม้จะได้มีการคิดประดิษฐ์กระดาษขึ้นในปลายยุคก็ตาม แต่ยังคงเป็นการทำกระดาษด้วยมือ (hand-made paper จนกระทั่งถึงยุคแห่งการบุกเบิกระบบการพิมพ์พื้นนูนของ "โยฮานน์ กูเตนเบิร์ก" (Johann Gutenberg) ประวัติศาสตร์ของระบบการพิมพ์พื้นนูนจึงเริ่มจากยุคนี้เป็นต้นมา

(ก)

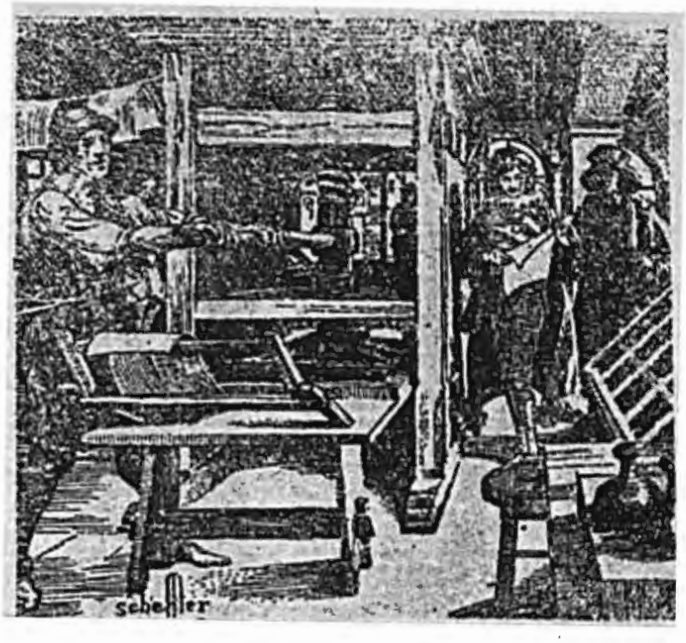
(ข)

ภาพที่ 1.11 (ก) ภาพกูเตนเบิร์ก และฟัสต์ และ(ข) ภาพกูเตนเบิร์ก

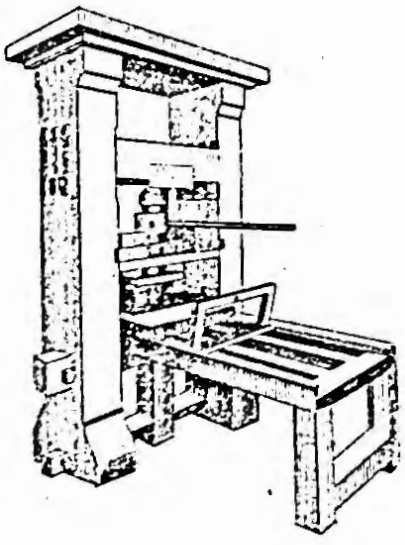
กูเตนเบิร์กได้เป็นผู้บุกเบิกกระบวนการพิมพ์พื้นนูนขึ้นอย่างสมบูรณ์ทั้งระบบเป็นรายแรกของโลก โดยได้นวัตกรรมกระบวนการพิมพ์หนังสือครบวงจร นับตั้งแต่การสร้างแม่แบบหล่อตัวพิมพ์ (type matrix) แบบหล่อตัวพิมพ์ ตะกั่วหล่อตัวพิมพ์ (type lead) หมึกพิมพ์พื้นนูนหรือหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ (letterpress ink) และเครื่องพิมพ์ระบบกดพิมพ์ด้วยเกลียว (screw prees)

ภายหลังไฟไหม้ครั้งใหญ่ในเมืองไมน์ (Mains) เนื่องจากภัยสงคราม ได้เผาผลาญบ้านเรือนเกือบทั้งเมือง วอดวาย รวมทั้งโรงพิมพ์ของกูเตนเบิร์กด้วย ทำให้ความลับต่าง ๆ ของกระบวนการพิมพ์หนังสือของกูเตนเบิร์กได้เป็นที่เปิดเผยต่อสาธารณะชนและได้มีการรวบรวมเรื่องราวของการนวัตกรรมด้านต่าง ๆ ออกสู่ชาวโลก ซึ่งสหพันธรัฐไมน์ได้สร้างเครื่องพิมพ์ของกูเตนเบิร์กขึ้นใหม่เมื่อ พ.ศ.2015 โดยใช้ช่างไม้ ชื่อ ยอร์จ อามานน์ (George Armann) จากการอาศัยข้อมูลจากภาพแกะรูปเครื่องพิมพ์ของกูเตนเบิร์กสมัยที่ได้ร่วมหุ้นส่วนกับโยฮัน ฟัสต์ (Johann

Fust) และปีเตอร์ เชฟเฟอร์ (Peter Scheffer) ซึ่งเป็นสมัยที่ยังไม่มีการถ่ายภาพ ดังนั้นการบันทึกภาพจึงอาศัยการแกะสลักภาพแทน



ภาพที่ 1.12 ภาพแกะสลักแสดงภาพเครื่องพิมพ์ของกูเตนเบิร์ก



ภาพที่ 1.13 เครื่องพิมพ์ของกูเตนเบิร์กที่ถูกพัฒนารูปไม้สร้างเลียนแบบเครื่องเดิม

ผลงานการพิมพ์ชิ้นสำคัญที่ได้สร้างชื่อเสียงให้แก่กูเตนเบิร์กจนถึงปัจจุบันนี้ ได้แก่ คัมภีร์ไบเบิล 42 บรรทัด (42-Line Bible) ได้จัดพิมพ์เมื่อ พ.ศ.1995 ซึ่งแสดงถึงการเรียงพิมพ์โดยใช้ตัวพิมพ์ของกูเตนเบิร์ก บล็อกไม้เส้นขอบลวดลาย (border) และมีการพิมพ์สอดสี หรือระบายด้วยสี คัมภีร์ไบเบิล 42 บรรทัดนี้ได้จัดพิมพ์ขึ้นเพียง 31 เล่ม เป็นชนิดปกกระดาษ 21 เล่ม ปกหุ้มหนังลูกแกะ 10 เล่ม คัมภีร์ไบเบิลบางส่วนคงเก็บรักษาไว้ในพิพิธภัณฑ์ในประเทศเยอรมัน อังกฤษและฝรั่งเศส

ภาพที่ 1.14 ภาพคัมภีร์ไบเบิล 42 บรรทัดที่เป็นผลงานการพิมพ์ของกูเตนเบิร์ก

กูเตนเบิร์กได้ถึงแก่กรรมเมื่อ พ.ศ. 2011 หลังจากนั้นทางยุโรปจึงได้ตื่นตัวทำการค้นคว้าพัฒนาระบบการพิมพ์พื้นนูนในระหว่าง พ.ศ. 2011-2023 การค้นคว้าเริ่มต้นจากการสร้างแบบตัวพิมพ์ การหล่อตัวพิมพ์และสร้างเครื่องพิมพ์ ได้มีการสร้างแม่แบบหล่อตัวพิมพ์ด้วยระบบปั๊ม (punch matrix) ขึ้นที่ประเทศอิตาลีเป็นแห่งแรกเมื่อ พ.ศ.2008 โดยนำแม่แบบอักษรที่แกะด้วยเหล็กนำไปชุบให้แข็ง ใช้สำหรับตอกและปั๊มบนชิ้นทองแดง ทำเป็นแม่แบบหล่อตัวพิมพ์

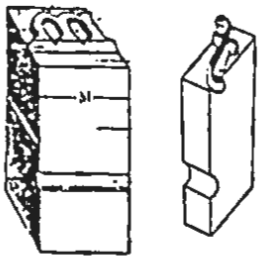
2. ประวัติศาสตร์ของระบบการพิมพ์ยุคหลังยุคกูเตนเบิร์ก

2.1 วิวัฒนาการและความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแม่พิมพ์พื้นนูน แม่พิมพ์พื้นนูนจำแนกออกเป็น 2 ชนิด คือ ตัวพิมพ์ (type) และแม่พิมพ์บล็อกโลหะ (block)

2.1.1 ตัวพิมพ์

1) ประเภทของตัวพิมพ์ ตัวพิมพ์ที่ใช้ในการเรียงพิมพ์เพื่อทำเป็นแม่พิมพ์ตัวอักษรจำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือ

ก. ตัวพิมพ์ที่หล่อด้วยตะกั่ว ตัวพิมพ์ประเภทนี้ได้จากการหล่อด้วยความร้อนจึงจัดเป็นตัวพิมพ์ประเภทตัวร้อน (hot type) มีลักษณะดังภาพที่ 1.15



ภาพที่ 1.15 ตัวอย่างตัวพิมพ์ตะกั่ว

ตัวพิมพ์ประเภทตัวร้อนที่ใช้ในการเรียงพิมพ์ ใช้ตะกั่วเจือซึ่งมีส่วนผสมของธาตุตะกั่ว 70-85 เปอร์เซ็นต์ พลวง 12-20 เปอร์เซ็นต์ ดีบุก 1-10 เปอร์เซ็นต์ มีเกณฑ์การผสมเจือตะกั่วมากน้อยตามขนาดใหญ่เล็กของตัวพิมพ์ โดยตัวพิมพ์ขนาดใหญ่ใช้ส่วนผสมของตะกั่วมาก ส่วนตัวพิมพ์ขนาดเล็กจะใช้ส่วนผสมของตะกั่วน้อย แต่เพิ่มพลวงมากขึ้น ส่วนตัวพิมพ์ของอักษรที่มีเส้นอักษรเล็กมากจะเพิ่มจำนวนดีบุกให้มากขึ้น ยกเว้นตัวอักษรที่หล่อทำจากเครื่องหล่อและเรียงพิมพ์อัตโนมัติ นิยมใช้อัตราส่วนผสมพลวงมากเป็นพิเศษ เพื่อความคงทนต่อการกดพิมพ์จำนวนมาก

ตัวพิมพ์ที่ถ่ายโอนโดยการตบแบบกระดาษจัดเป็นแม่พิมพ์สเตอริโอ (stereo type) ผู้คิดประดิษฐ์คนแรกเป็นชาวอังกฤษชื่อ วิลเลียม เก็ด (William Ged) เมื่อ พ.ศ. 2268 เป็นวิธีการทำแม่พิมพ์ตบแบบถ่ายโอนด้วยปูนปลาสเตอร์ ถอดแบบจากหน้าเรียงแล้วนำไปเทตะกั่วเจือที่หลอมละลาย สร้างเป็นแผ่นแม่พิมพ์สเตอริโอ ต่อมา ในพ.ศ. 2372 ชาวฝรั่งเศสชื่อ เยอนู (Genous) ได้ปรับปรุงเป็นการใช้กระดาษแม่แบบ (mat or flong) แทนปูนปลาสเตอร์ จากกระดาษแม่แบบจะนำไปเทตะกั่วเจือต่อไป

ข. ตัวพิมพ์ที่เรียงพิมพ์ด้วยแสง ตัวพิมพ์พวกนี้จัดเป็นเป็นตัวพิมพ์ประเภทตัวเย็น (cold type) เป็นตัวพิมพ์ที่เรียงด้วยการถ่ายโอนโดยการถ่ายรูปหรือใช้แสงแทนการใช้ความร้อน และการเรียงพิมพ์ทำโดยใช้คอมพิวเตอร์เข้าช่วย ไม่ได้นำตัวพิมพ์แต่ละตัวมาเรียงเป็นคำและข้อความด้วยมือเหมือนการใช้ตัวพิมพ์พวกร้อน ในสมัยแรกการเรียงพิมพ์ด้วยแสงนี้ทำโดยใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า "เครื่องเรียงพิมพ์ด้วยแสง" (phototypesetter) ซึ่งสร้างขึ้นมาเฉพาะเพื่อเรียงพิมพ์ข้อความ แล้วจึงถ่ายโอนข้อความดังกล่าวโดยใช้แสงลงบนกระดาษหรือฟิล์มไวแสง ต่อมาในปัจจุบันการเรียงพิมพ์สามารถทำได้โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นเพื่อใช้พิมพ์ข้อความและเครื่องพิมพ์คอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นการเรียงพิมพ์ลงบนกระดาษธรรมดา หรืออาจเรียงพิมพ์ข้อความต่าง ๆ ลงบนกระดาษหรือฟิล์มไวแสงก็ได้โดยการใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า "อิมเจเซ็ตเตอร์" (imagesetter) แทนการใช้เครื่องพิมพ์คอมพิวเตอร์

2) ขนาดตัวพิมพ์ (type size) ขนาดของตัวพิมพ์มีหลายขนาด เพื่อความเหมาะสมในการเรียงพิมพ์สำหรับในงานต่าง ๆ เช่น ด้านการค้าต้องการตัวพิมพ์ที่เล็กเพื่อให้จุข้อความมากในพื้นที่จำกัด ส่วนด้านการศึกษาโดยเฉพาะตำราเรียนสำหรับเด็กต้องการตัวพิมพ์ใหญ่ เพื่อให้อ่านได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว ส่วนมาตรฐานสำหรับใช้วัดหรือกำหนดขนาดของตัวพิมพ์ใช้มาตรพอยต์ (Point gauge)

มาตรพอยต์เป็นอุปกรณ์สำหรับใช้วัดขนาดตัวพิมพ์ มีลักษณะคล้ายกับเครื่องไมโครมิเตอร์ที่ใช้เป็นเครื่องมือในการวัดความหนาของแผ่นวัตถุ สามารถใช้วัดละเอียดได้ถึง 0.01 พอยต์ และการหมุนรอบหนึ่งของมาตรเท่ากับ 1 พอยต์ ผู้คิดระบบพอยต์ (Point system) คนแรกเป็นชาวฝรั่งเศส ชื่อ "โฟร์เนียร์" (Fournier) เมื่อ พ.ศ. 2280 แต่มีผู้นิยมใช้แพร่หลายเอาเมื่อ พ.ศ. 2307

ภาพที่ 1.16 มาตรพอยต์

- *ระบบพอยต์ของโฟร์เนียร์* ใช้เมื่อ พ.ศ. 2280 โดย 1 พอยต์ เท่ากับ 0.3478 มิลลิเมตร (0.01373) และ 144 พอยต์เท่ากับ 12 ซิเซโร (Cicero)

- *ระบบพอยต์* ของฝรั่งเศสหรือดีโดต์ (Didot) ใช้เมื่อ พ.ศ. 2313 โดย 1 พอยต์ เท่ากับ 0.3759 มิลลิเมตร (0.01373 นิ้ว)

- *ระบบพอยต์ของสหรัฐอเมริกา* ใช้ระบบของบริษัทแมคเคลเลอร์สมิทแอนด์จอร์แดน (McKeller Smith & Jordan) เมื่อ พ.ศ. 2429 โดย 1 พอยต์ เท่ากับ 0.3514 มิลลิเมตร (0.013837 นิ้ว) และอีกระบบหนึ่งคือระบบไพกา (Pica system) เทียบ 12 พอยต์ เท่ากับ 1 ไพกา และ 1 พอยต์ เท่ากับ 0.3514 มิลลิเมตร (0.013837 นิ้ว) อังกฤษได้ใช้ระบบพอยต์นี้ด้วยเมื่อ พ.ศ. 2448

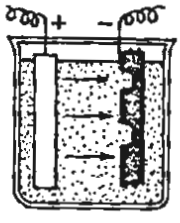
3) แบบตัวพิมพ์ (Typeface) โดยเฉพาะประเภทตัวร้อน แบบตัวพิมพ์อักษรไทยนิยมเรียกตามลักษณะรูปร่าง เช่น ตัวจิ๋วหมายถึงตัวพิมพ์ขนาดเล็กที่สุด (12.5 พอยต์) แต่สำหรับแบบตัวพิมพ์อักษรโรมันตัวพิมพ์ขนาดเล็กที่สุดคือ 5.5 พอยต์ (Ruby) ขนาดโตถัดขึ้นมา 19.5 พอยต์เรียกว่า "ตัวธรรมดา" ตัวพิมพ์ที่มีขนาดพอยต์ที่ใกล้เคียงตัวธรรมดามีชื่อเรียกเช่น ตัวฝรั่งเศส ตัวกลางหนา ตัวกลางบาง ตัวกลางโปร่ง ฯลฯ และตัวพิมพ์ที่มีขนาดใหญ่กว่า 32 พอยต์ขึ้นไป เรียกว่า "ตัวโป้ง" เป็นต้น

เมื่อเทียบกับตัวพิมพ์ของต่างประเทศตัวพิมพ์อักษรไทยยังมีรูปแบบน้อยมาก สำหรับตัวพิมพ์อักษรโรมันมีรูปแบบตัวพิมพ์มากแบบมากชุดนับจำนวนพันแบบ ซึ่งเกิดจากการดัดแปลงออกไปจากรูปแบบตัวพิมพ์มาตรฐานเพียง 8 รูปแบบ คือ

1. (กอธิค) (Gothic)
2. (โอลด์สไตล์) (Old style)
3. (อิตาลิค) (*Italic*)
4. (แอนทิค) (Antique)
5. (วีเนเทียน) (Venetian)
6. (โมเดิร์น) (Modern)
7. (สคริพต์) (*Script*)
8. (ซานเซอริฟ) (Sanserif)

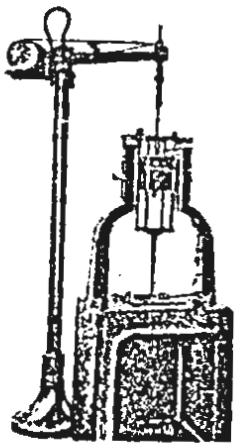
4) แม่แบบหล่อตัวพิมพ์ (matrix) แม่แบบหล่อตัวพิมพ์เดิมเรียกว่า "แม่ทองแดง" เพราะส่วนที่เป็นแบบตัวอักษรทำด้วยทองแดง ซึ่งสามารถทำได้ 3 วิธีคือ

ก. วิธีการหล่อทางเคมีไฟฟ้า (Electrochemical process) แต่ในวงการพิมพ์เรียกการหล่อแบบนี้ว่า "อิเล็กทรอไทป์ปิง" (Electrotyping) หรือ "อิเล็กทรอฟอร์มมิง" (Electroforming) วิธีทำแม่แบบหล่อตัวพิมพ์นี้สามารถผลิตได้ครั้งละจำนวนมาก



ภาพที่ 1.17 การหล่อแม่แบบหล่อตัวพิมพ์โดยกระบวนการทางเคมีไฟฟ้า

ข. วิธีการทำแม่แบบหล่อตัวพิมพ์ด้วยเครื่องแกะ (Matrix cutting machine) การแกะด้วยเครื่องแกะ ผู้คิดประดิษฐ์เป็นชาวอเมริกันชื่อ ลินน์ บอยด์ เบนตัน (Linn Boyd Benton) เมื่อ พ.ศ. 2427 สามารถแกะแม่แบบหล่อตัวพิมพ์ให้เส้นอักษรที่คมชัดเจน จึงได้นำไปใช้สำหรับการแกะแม่แบบหล่อตัวพิมพ์ไลโนไทป์ (Linotype) เป็นส่วนใหญ่ (รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องไลโนไทป์จะได้กล่าวถึงต่อไป)

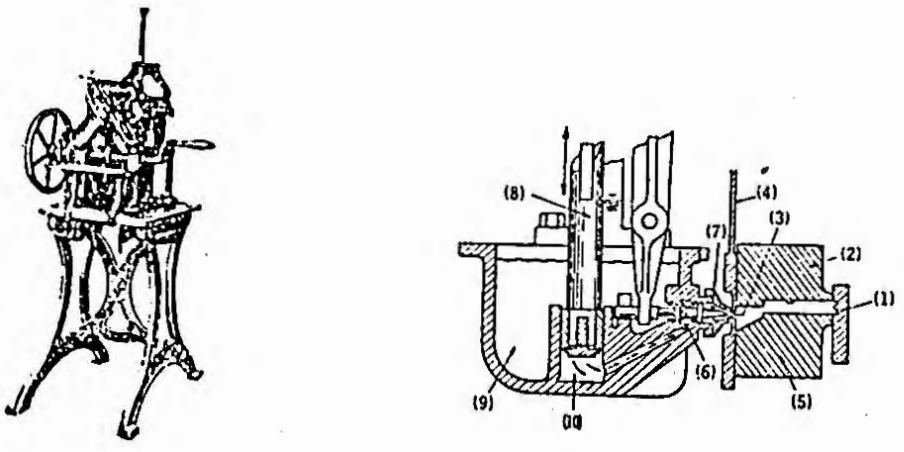


ภาพที่ 1.18 เครื่องแกะแม่แบบหล่อตัวพิมพ์เบนตัน

ค. วิธีการทำแม่แบบหล่อตัวพิมพ์ด้วยเครื่องปั๊ม (Matrix punching press) ตัวแบบปั๊มใช้แกะด้วยเหล็กอ่อนเป็นรูปตัวอักษร นำตัวแบบปั๊มที่แกะเผาไฟด้วยความร้อนสูง แล้วชุบสารเคมีทำให้แข็งแกร่ง สามารถใช้ปั๊มบนชิ้นทองเหลือง (มีส่วนผสมของทองแดง 8-9 ส่วน และสังกะสี 1-2 ส่วน ด้วยแรงกดปั๊ม 40 ตัน ต่อ 1 ตารางเซนติเมตร) ที่เตรียมไว้สำหรับการทำแม่แบบหล่อตัวพิมพ์ มีอัตราความเร็วในการผลิตทำแม่แบบหล่อตัวพิมพ์ได้สูงสุดถึงชั่วโมงละ 10,000 ตัว จึงจัดเป็นวิธีการที่นิยมใช้ผลิตแม่แบบทองแดงสำหรับหล่อตัวพิมพ์

ภาพที่ 1.19 ภาพเครื่องปั๊มแม่แบบหล่อตัวพิมพ์

6) **เครื่องหล่อตัวพิมพ์** *(Type casting machine)* ต่อมาในสมัยแรกเมื่อ พ.ศ. 1961 การหล่อตัวพิมพ์ด้วยตะกั่วเจือโดยกูเตนเบิร์ก ใช้วิธีการหล่อทีละตัวด้วยมือโดยกูเตนเบิร์ก ต่อมาในพ.ศ. 2371 ได้มีการพัฒนาเครื่องหล่อตัวพิมพ์แบบใช้มือหมุน โดยชาวอเมริกันชื่อ วิลเลียม เอ็ม จอห์นสัน (William M. Johnson) เครื่องหล่อตัวพิมพ์ที่นายจอห์นสันประดิษฐ์ขึ้นทำงานด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ และต่อมาได้รับการปรับปรุงแก้ไขโดย นายเดวิด บรูซ จูเนียร์ (David Bruce Junior) เมื่อพ.ศ. 2393 ต่อมาใน พ.ศ.2452 บริษัททอมสันไทป์แมชีน (Thomson Type Machine) ได้สร้างเครื่องหล่อตัวพิมพ์อัตโนมัติขึ้นมาแทนเครื่องหล่อแบบใช้มือหมุน และมีบริษัทต่าง ๆ ได้พัฒนาเครื่องหล่อตัวพิมพ์อัตโนมัติออกจำหน่ายทั้งในยุโรป สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น



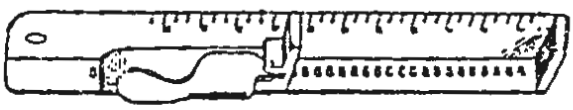
(ก) (ข)

ภาพที่ 1.20 ก) เครื่องหล่อตัวพิมพ์บรู๊ซ และ ข) ส่วนขยายของเบ้าหล่อตัวพิมพ์ของเครื่องหล่อตัวพิมพ์บรู๊ซ

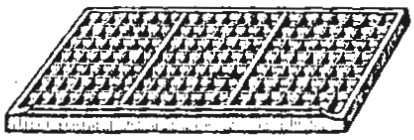
(1) แม่แบบทองแดง
(2) แบบหล่อลำตัวพิมพ์ส่วนบน
(3) ปากเบ้าหล่อ
(4) แผ่นเหล็กรองปากเบ้าหล่อ
(5) แบบหล่อลำตัวพิมพ์ส่วนล่าง
(6) แท่งเหล็กปลายแหลมเปิดปิดปากเบ้าหล่อ
(7) ฝาเหล็กปากเบ้า
(8) ลูกสูบ
(9) ตัวเบ้าหลอม*
(10) ทางไหลของตะกั่วตามแนวลูกศรชี้นำ

๒) **การเรียงพิมพ์** *(Composing or Typesetting)* การเรียงพิมพ์สามารถทำได้ 4 วิธี คือ

ก. การเรียงพิมพ์ด้วยมือ (hand composing) หรือการเรียงพิมพ์โดยช่างเรียง การเรียงพิมพ์ด้วยมือเป็นการนำตัวพิมพ์ตะกั่วที่หล่อได้จากเครื่องหล่อตัวพิมพ์ ที่บรรจุในกระบะใส่ตัวพิมพ์ออกมาทีละตัวมาเรียงเป็นคำ ข้อความ และประโยค โดยช่างเรียงพิมพ์ การเรียงพิมพ์จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า "สติ๊ก" (composing stick) หรือรางมือ โดยช่างเรียงเลือกเก็บตัวพิมพ์จากกระบะใส่ตัวพิมพ์ นำมาเรียงไว้ในรางมือจนเต็มบรรทัดหรือขนาดหน้าหนังสือที่เรียงพิมพ์ซึ่งอาจจะกำหนดเป็นขนาด 4 หน้ายก 8 หน้ายก 16 หน้ายก ฯลฯ (ความหมายของหน้ายกจะได้กล่าวถึงต่อไปในหน่วยที่ 2) หรือเป็นคอลัมน์ (column) สำหรับงานหนังสือพิมพ์ส่วนใหญ่นิยมใช้เรียงเป็นคอลัมน์ เมื่อทำการเรียงตัวอักษรพิมพ์ตามต้นฉบับเรียบร้อยแล้วจะต้องนำไปทำการตรวจปรู๊ฟ หรือการพิสูจน์อักษร (proof reading) ก่อนทำการพิมพ์ตามจำนวนพิมพ์ที่ตกลงต่อไป



(ก)

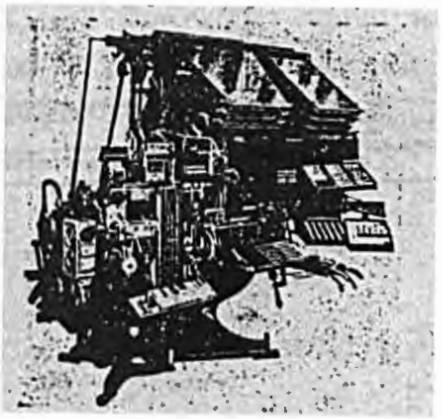


(ข)

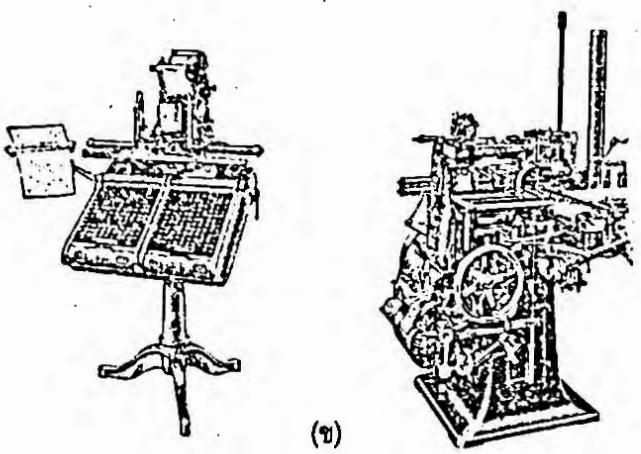
ภาพที่ 1.21 ก) รางมือ และ ข) กระบะใส่ตัวพิมพ์

*ในสมัยแรกการหล่อตัวพิมพ์ด้วยเครื่องหล่อใช้ถ่านหินหรือถ่านโค้กหลอมตะกั่ว ต่อมาเปลี่ยนเป็นใช้น้ำมันและไฟฟ้า และใช้น้ำระบายความร้อนที่ตัวโมหล่อ สำหรับเครื่องหล่ออัตโนมัติ

ข. การเรียงพิมพ์ด้วยเครื่องกล (Machine composing) การเรียงพิมพ์ด้วยเครื่องกลเป็นการหล่อตัวพิมพ์และเรียงพิมพ์ในเครื่องเดียวกัน เครื่องกลที่นิยมใช้อยู่ในวงการพิมพ์ทั่วไปได้แก่ เครื่องไลโนไทป์ ผู้คิดประดิษฐ์เครื่องกลเรียงพิมพ์อัตโนมัติไลโนไทป์เป็นชาวอเมริกัน ชื่อ "ออตโทมาร์ เมอร์แกนทาเลอร์" (Ottomar Merganthaler) เมื่อพ.ศ. 2433 เครื่องกลเรียงพิมพ์ 200 เครื่องแรกที่สร้างขึ้นจำหน่ายได้ใช้ชื่อว่า "เครื่องโบลเวอร์" (Blower Machine) ต่อมาได้ร่วมกับ ลินน์ บอยด์ เบนตัน ผู้คิดประดิษฐ์เครื่องแกะแม่แบบตัวอักษร ได้ปรับปรุงเครื่องกลเรียงพิมพ์จนเป็นที่เรียบร้อย และจากผลการหล่อตัวอักษรพิมพ์และให้เรียงติดกันเป็นบรรทัดได้ครั้งละ 1 บรรทัด จึงได้ตั้งชื่อเครื่องกลเรียงพิมพ์ใหม่ว่า "ไลโนไทป์" ในระยะเวลาใกล้เคียงกันนั้นใน พ.ศ.2432 ชาวอเมริกัน ชื่อ "ทอลเบิร์ต แลนสตัน" (Tolbert Lanston) ได้คิดประดิษฐ์เครื่องกลเรียงพิมพ์อัตโนมัติโมโนไทป์ (Monotype) ที่สามารถหล่อและเรียงพิมพ์ตัวอักษรทีละตัวต่อเนื่องกันเป็นข้อความตามขนาดคอลัมน์หรือขนาดหน้าเรียงที่กำหนด เครื่องโมโนไทป์เป็นเครื่องหล่อและเรียงพิมพ์อัตโนมัติที่แยกการทำงานของเครื่องเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแผงแป้นอักขระ (keyboard) และส่วนหล่อตะกั่วเจือ (caster) ในส่วนตัวหล่อที่เป็นอักษรขนาดใหญ่กว่า 24 พอยต์ ถึง 72 พอยต์ ต้องแยกไปใช้เครื่องหล่อพิเศษ (Supercaster) เครื่องไลโนไทป์และเครื่องโมโนไทป์ซึ่งใช้ทำการเรียงพิมพ์โดยผ่านแป้นอักษร แต่ตัวพิมพ์ที่หล่อและเรียงพิมพ์ที่ได้จะแตกต่างกัน โดยไลโนไทป์จะหล่อและเรียงเป็นตัวอักษรที่ติดต่อกันตลอดทั้งบรรทัดเต็มขนาดหน้าเรียงที่ได้ตั้งระยะขนาดไว้ ส่วนตัวพิมพ์ที่หล่อและเรียงโดยเครื่องโมโนไทป์จะมีลักษณะการเรียงเป็นรายตัวอักษรทีละตัวต่อเนื่องกันคล้ายกับการเรียงด้วยมือ แต่มีความเร็วในการเรียงพิมพ์สูงกว่าการใช้ช่างเรียงประมาณ 6 เท่า



(ก)



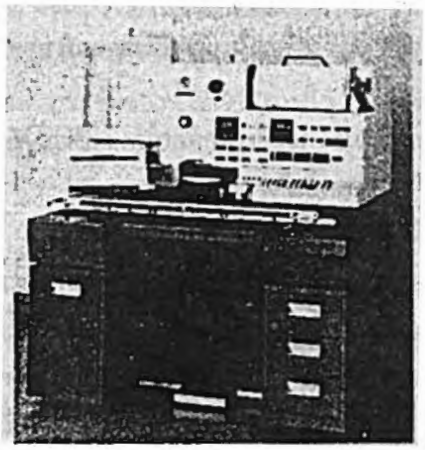
(ข)

ภาพที่ 1.22 ก) เครื่องไลโนไทป์ และข) เครื่องโมโนไทป์

ค) การเรียงพิมพ์ด้วยแสง (Photocomposing) เครื่องเรียงพิมพ์ด้วยแสงเครื่องแรกของโลกนวัตกรรมโดยชาวฮังกาเรียน เมื่อ พ.ศ. 2409 และได้สร้างเครื่องสำเร็จเมื่อ พ.ศ.2437 ผู้นวัตกรรมคือ "ยูเกน พอร์ซซอลต์" (Eugen Porzsolt) แต่มิได้มีการจะทะเบียนลิขสิทธิ์เครื่องต้นแบบเอาไว้ จึงได้มีผู้ทำการค้นคว้าดัดแปลงทั้งในสหรัฐอเมริกา ยุโรป และญี่ปุ่น สำหรับทางประเทศญี่ปุ่นมีนายอิชิอี แห่งสถาบันวิจัยการถ่ายรูป และนายโมริชาวา ได้ร่วมกันทำเครื่องเรียงพิมพ์ด้วยแสงต้นแบบเมื่อ พ.ศ.2468 และทำสำเร็จใน พ.ศ.2472 ได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์ในปีเดียวกันโดยตั้งชื่อว่า "ซาเก็น" (Saken) เครื่องเรียงพิมพ์ด้วยแสงของซาเก็นใช้เรียงพิมพ์ได้หลายภาษาคือ ภาษาญี่ปุ่น จีน อังกฤษ รัสเซีย กรีก และไทย ตัวอักษรที่ถ่ายด้วยแสงสามารถย่อขยายจากตัวอักษรต้นแบบได้ 20 ขนาด เป็นตัวเล็กสุด 5 พอยต์ ใหญ่สุด 100 พอยต์

นอกจากทำตัวถ่ายธรรมดาแล้ว ยังสามารถทำให้เส้นอักษรขยายออกทางข้างหรือทำให้สูงเป็นลักษณะตัวอักษรอ้วนหรือผอม และตัวเอนหน้าหรือหลังได้ด้วย โดยใช้เลนส์นูนและเลนส์เว้า

ปัจจุบันบริษัท ซาเก็น ได้พัฒนาเครื่องเรียงพิมพ์ด้วยแสงเป็นระบบคอมพิวเตอร์ และต่อมานายโมริชาวาได้ร่วมกับบริษัทแฟร์ชายด์สร้างเครื่องเรียงพิมพ์โมริชาวาใช้เรียงพิมพ์เฉพาะภาษาอังกฤษออกจำหน่าย

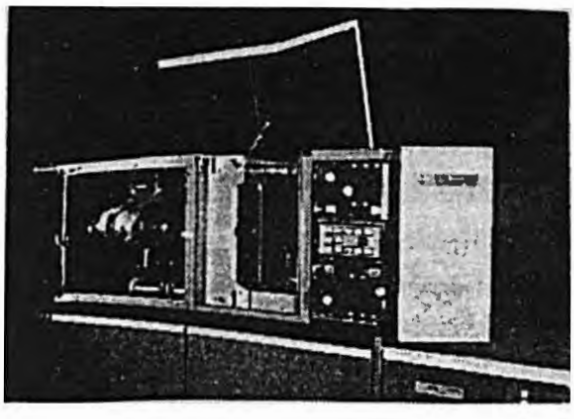


ภาพที่ 1.23 เครื่องเรียงพิมพ์ด้วยแสงซาเก็น

ส่วนทางด้านสหรัฐอเมริกาและยุโรป ได้เริ่มทำการสร้างเครื่องเรียงพิมพ์ด้วยแสง ภายหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เมื่อราวพ.ศ. 2491 เป็นต้นมา มีบริษัทไลโนไทป์ ใช้ชื่อว่า "ไลโนฟิล์ม" (Linofilms) บริษัทอินเตอร์ไทป์ คือ โฟโตเซตเตอร์ (Photosetter) บริษัทโมโนไทป์ คือ โมโนโฟโต (Monophoto) และ ฝรั่งเศส อังกฤษ เยอรมัน ก็ได้สร้างเครื่องพิมพ์ด้วยแสงอยู่ระยะหนึ่ง ต่อมาได้เปลี่ยนระบบเป็นการเรียงพิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์แทน

ง. การเรียงพิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer composing) เครื่องเรียงพิมพ์คอมพิวเตอร์เครื่องแรกสร้างโดยบริษัท โฟตอน (Photon) ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อ พ.ศ.2504 เป็นเครื่องเรียงพิมพ์คอมพิวเตอร์กึ่งระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องพิมพ์แป้นอักษรเพื่อปรุเทปกระดาษ แล้วป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ทำการเรียงพิมพ์ สามารถเรียงพิมพ์ได้ 10-50 ตัวอักษรต่อวินาที ต่อมาได้ปรับปรุงเป็นการป้อนข้อมูลลงเทปแม่เหล็กซึ่งได้แก่ รุ่นโฟตอน ซิป 500 (Photon Zip 500) มีความเร็วในการเรียงพิมพ์เป็น 500 ตัวอักษรต่อวินาที และรุ่นโฟตอน จ๊อบ 901 (Photon job 901) สามารถปรับความเร็วได้เป็น 750 ตัวอักษรต่อวินาที

ต่อมาเมื่อ พ.ศ. 2509 บริษัท อาร์ซีเอ (RCA) ได้ร่วมกับบริษัท เฮลล์ (Hell) ทำการสร้างเครื่องเรียงพิมพ์คอมพิวเตอร์รุ่นที่ใช้ระบบอิเล็กทอรนิกส์สมบูรณ์แบบ โดยใช้ระบบดิจิทัลเรียงพิมพ์ ใช้ชื่อว่า "ดิจิเซ็ต" (Digiset)



ภาพที่ 1.24 เครื่องเรียงพิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์ "ดิจิเซ็ต"

2.1.2. แม่พิมพ์บล็อกโลหะ แม่พิมพ์บล็อกโลหะเป็นแม่พิมพ์พื้นนูน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 แม่พิมพ์บล็อกลายเส้น (Line block)

2.2 แม่พิมพ์บล็อกสกรีน (Screen block)

แม่พิมพ์บล็อกโลหะทั้งสองชนิด ผลิตขึ้นจากกระบวนฉายแสงและกัดกรดและ 2) กระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ (electronic engraving process) ซึ่งผลิตแม่พิมพ์โดยเครื่องกราดภาพ (scanner)

กระบวนการผลิตแม่พิมพ์บล็อกโลหะแบบแรกเป็นผลจากการที่กุสต๊าฟ ซักโคว์ (Gustav Suckow) ค้นพบสารไวแสงที่เป็นเกลือไบโครเมต และในพ.ศ. 2395 ชาวอังกฤษชื่อ ฟ็อกซ์ ทอลบอต (Fox Tolbot) ค้นพบวิธีผสมสารไบโครเมตกับเจลละติน สร้างแม่พิมพ์โดยผ่านการฉายแสงและกัดกรด

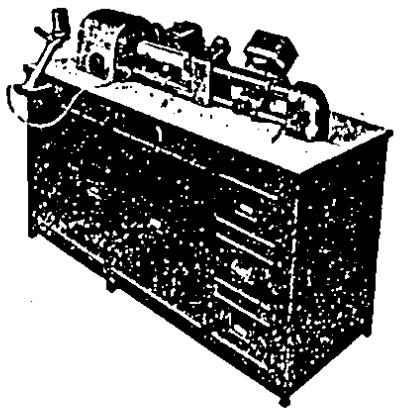
ใน พ.ศ. 2425 ต่อมาชาวอเมริกันชื่อ ไอเวส (Ives) และไมเซ็นแบช (Meisenbach) ค้นพบกระบวนการสร้างแม่พิมพ์ฮาล์ฟโทน (Halftone Process) ต่อมา พ.ศ. 2447 ค้นพบวิธีทำแม่พิมพ์บล็อกลายเส้นพื้นนูน และ พ.ศ. 2469 ค้นพบวิธีใช้สารกันกรดด้วยกระบวนการโคลด์อีนาเมล (cold enamel process) คือ การใช้วาร์นิชทำแม่พิมพ์สังกะสี แล้วฉาบสารไวแสงกาวไบโครเมตทับบนวาร์นิช ประกบซ้อนด้วยฟิล์มสกรีนหรือฮาล์ฟโทนเนกาทิฟ ทำการฉายแสงแล้วล้างสร้างภาพด้วยแอลกอฮอล์ ต่อมาใน พ.ศ.2495 มีผู้ค้นพบวิธีกัดกรดทำแม่พิมพ์โดยไม่ต้องปัดผงแดง* (powderless etching process) คือ บริษัท เดาว์เคมิคัล (Dow Chemical) แห่งสหรัฐอเมริกา

สำหรับกระบวนการผลิตแม่พิมพ์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้เครื่องกราดภาพ ผู้ประดิษฐ์คนแรกเป็นชาวเยอรมันชื่อ เอ็น.เอส.แอมสทัตซ์ (N. S. Amstutz) เมื่อ พ.ศ.2439 ตั้งชื่อเครื่องว่า "อโครกราฟ" (Akrograph) ต่อมานาย ดับบลิวโฮวี (W. Howey) และนาย จี วอชิงตัน จูเนียร์ (G. Washington,Junior) ได้ร่วมกันพัฒนาเครื่องแกะแม่พิมพ์อิเล็กทรอนิกส์จนประสบความสำเร็จ และตั้งชื่อว่า "โฟโตอิเล็กทริกเอ็นกราเวอร์"

---

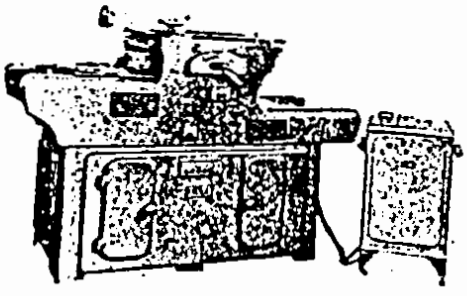
*ผงแดง (gum dragon) คือ สารพวกยางไม้จากผลของต้นคาลามัส ดราโค (Calamus draco) ขึ้นอยู่แถบหมู่เกาะอินเดียตะวันออกใช้เพื่อเป็นสารกันกรดกัดประเภทหนึ่ง

(Photoelectric engaver) เมื่อพ.ศ. 2491 ต่อมาบริษัท แฟร์ชายด์ (Fairchild) ได้สร้างเครื่องแกะแม่พิมพ์ขึ้นใหม่ให้ชื่อว่า "สแกนอะเกรเวอร์" (Scan-A-Graver) ใน พ.ศ. 2494 หลังจากนั้นได้มีบริษัทในยุโรปและอังกฤษอีกหลายบริษัทได้ทำการผลิตเครื่องสแกนเนอร์ขึ้นมาใช้งานและจำหน่าย เช่น เครื่องคลิสโชกราฟ (Klischograph) เครื่องเอลแกรมา (Elgrama) เครื่องสแกนาทรอน (Scanatron) เครื่องวาริโอคลิสโชกราฟ (Vario Klischograph) เครื่องสแกนอะคัลเลอร์ (Scan-A-Color) เป็นต้น เครื่องสแกนอะเกรเวอร์มีส่วนภาคที่มีลักษณะเป็นแกนอันเดียว แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนซ้ายและส่วนขวา โดยแกนส่วนขวามีท่อทรงกระบอกสำหรับติดต้นฉบับภาพถ่าย และแกนส่วนซ้ายมีท่อทรงกระบอกขนาดเท่ากันสำหรับติดแผ่นแม่พิมพ์ที่จะทำการแกะ ซึ่งใช้แผ่นเซลลูลอยด์ทำแม่พิมพ์ ท่อทรงกระบอกทั้งสองมีอัตราเร็วในการหมุนเท่ากัน หรือสัมพันธ์กันตลอดเวลาที่ทำการแกะแม่พิมพ์ เนื่องจากติดตั้งอยู่บนฐานแกนเดียวกัน เมื่อแกนถูกฉุดหมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ณ บริเวณท่อทรงกระบอกที่ติดต้นฉบับภาพถ่ายจะถูกฉายด้วยแสงจากหลอดกำเนิดแสง แสงที่สะท้อนจากภาพจะส่องผ่านเลนส์เข้าเครื่องกราดภาพ ซึ่งภายในมีหลอดโฟโตเซลล์ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแสงให้เป็นกระแสไฟฟ้าและผ่านไปเข้าเครื่องเพิ่มกระแสเป็นสองเท่าของปริมาณกระแสที่ได้รับจากหลอดโฟโตเซลล์ สัญญาณกระแสไฟฟ้าก็จะส่งออกไปยังส่วนแกะพิมพ์ซึ่งมีหัวแกะเป็นเหล็กทรงพีระมิด (heated pyramid shape stylus) ภายในมีขดลวดความร้อน ซึ่งให้ความร้อนราว 400 องศาเซลเซียส ทำการแกะโดยการเผาไหม้บนแผ่นเซลลูลอยด์ตามรหัสสัญญาณไฟฟ้าที่ถ่ายทอดจากส่วนกราดภาพต้นฉบับ และผ่านเครื่องควบคุมซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนความเข้มของน้ำหนักสีภาพได้ แม่พิมพ์ที่แกะได้จะต้องนำมาติดบนฐานโลหะให้มีความสูงเท่ากับตัวพิมพ์พวกร้อน



ภาพที่ 1.25 เครื่องแกะแม่พิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ "สแกนอะเกรเวอร์"

เครื่องแกะแม่พิมพ์วาริโอคริสโชกราฟเป็นเครื่องกราดภาพในแนวระนาบ สามารถแยกสีจากต้นฉบับภาพถ่ายสี หรือจากฟิล์มสี สามารถทำการย่อขยายภาพได้ สามารถผลิตภาพสกรีนด้วยความละเอียดที่มีจำนวนเส้นสกรีน 60 65 75 80 100 120 และ 133 เส้นต่อนิ้วได้ เครื่องแกะแม่พิมพ์พื้นนูนของเฮลล์มี 3 รุ่น ใช้แกะภาพลายเส้น ภาพสกรีน และรุ่นที่สามารถย่อขยายจาก 0.33 เท่าถึงใหญ่สุด 4 เท่า



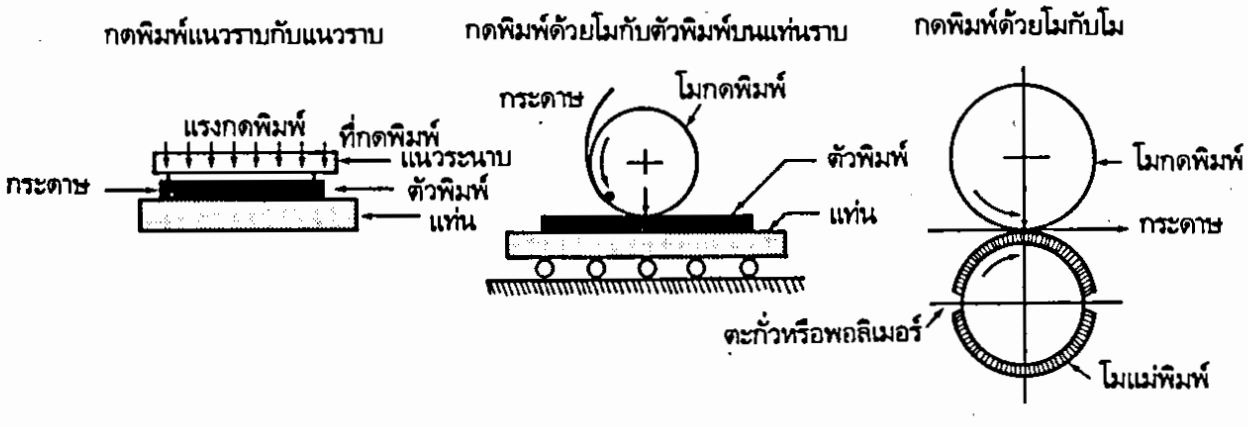
ภาพที่ 1.26 เครื่องแกะแม่พิมพ์ "วาริโอคอิชโชกราฟ"

2.2 วิวัฒนาการของเครื่องพิมพ์พื้นนูน นับตั้งแต่เครื่องพิมพ์พื้นนูนที่สร้างขึ้นโดยกูเตนเบิร์กเป็นต้นมา ได้มีการพัฒนาเครื่องพิมพ์พื้นนูนต่อมาเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงปัจจุบันมีเครื่องพิมพ์ชนิดต่าง ๆ ที่ได้สร้างขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา จีน เยอรมัน ญี่ปุ่น ฮ่องกง สิงคโปร์ และไทย ซึ่งพอจะจัดรวบรวมเป็นประเภทได้ 3 ประเภทคือ

1) เครื่องพิมพ์พื้นนูนประเภทกดพิมพ์แนวระนาบ หรือเพลเทน (Platen press)

2) เครื่องพิมพ์พื้นนูนประเภทกดพิมพ์ด้วยโมอันเดียว หรือเครื่องพิมพ์โมเดี่ยว (Cylinder press)

3) เครื่องพิมพ์พื้นนูนประเภทกดพิมพ์ด้วยโมต่อโม หรือเครื่องพิมพ์โรตารี (Rotary press)



ภาพที่ 1.27 โครงสร้างหน่วยพิมพ์ของเครื่องพิมพ์พื้นนูนประเภทต่าง ๆ

ทั้งนี้รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องพิมพ์พื้นนูนแต่ละประเภทจะได้กล่าวถึงต่อไปในตอนที่ 5:1 ของหน่วยที่ 5

กิจกรรม 1.1.5

ผู้บุกเบิกกระบวนการพิมพ์พื้นนูนขึ้นเป็นระบบอย่างสมบูรณ์รายแรกของโลกคือใคร

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติ หน่วยที่ 1 ตอนที่ 1.1 กิจกรรม 1.1.5

แนวตอบกิจกรรม 1.1.5

โยฮานน์ กูเตนเบิร์ก โดยเป็นผู้สร้างแม่แบบหล่อตัวพิมพ์ แบบหล่อตัวพิมพ์ ตะกั่วหล่อตัวพิมพ์ หมึกพิมพ์ และเครื่องพิมพ์พื้นนูนระบบกดพิมพ์ด้วยเกลียวขับ เป็นระบบการพิมพ์พื้นนูนที่สมบูรณ์เป็นรายแรกของโลก

ตอนที่ 1.2
วิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นราบ

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 1.2 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

1.2.1 วิวัฒนาการของการพิมพ์และการทำแม่พิมพ์พื้นราบ
1.2.2 วิวัฒนาการของเครื่องพิมพ์พื้นราบ

แนวคิด

1. การนวัตกรรมการพิมพ์พื้นราบเริ่มจากความสำเร็จของการทำแม่พิมพ์หิน โดยอาศัยการประยุกต์ทางเคมีของอลัวส์ เซเนเฟลเดอร์ ทั้งนี้ระบบการพิมพ์พื้นราบที่เซเนเฟลเดอร์ได้นวัตกรรมขึ้นก็เป็นไปอย่างครบวงจรเหมือนเช่นที่กูเตนเบิร์กสร้างระบบการพิมพ์พื้นนูน ต่อมาได้มีการพัฒนาการสร้างแม่พิมพ์พื้นราบเพิ่มขึ้นมากมายหลายวิธีจากการสร้างด้วยการเขียนด้วยมือไปเป็นการฉายแสงบนแม่พิมพ์สำเร็จประเภทต่าง ๆ จนถึงการใช้คอมพิวเตอร์ในการสร้างภาพบนแม่พิมพ์โดยตรง
2. เครื่องพิมพ์พื้นราบได้มีการพัฒนาจากเครื่องพิมพ์พื้นราบที่พิมพ์โดยใช้แม่พิมพ์หิน ซึ่งสร้างขึ้นโดยเซเนเฟลเดอร์ ไปเป็นเครื่องพิมพ์พื้นราบที่พิมพ์ด้วยแม่พิมพ์สังกะสี ซึ่งยังคงเป็นเครื่องพิมพ์ทางตรงเหมือนเครื่องพิมพ์หินของเซเนเฟลเดอร์และพัฒนาต่อไปเป็นเครื่องพิมพ์ออฟเซตทั้งชนิดป้อนแผ่นและป้อนม้วนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 1.2 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

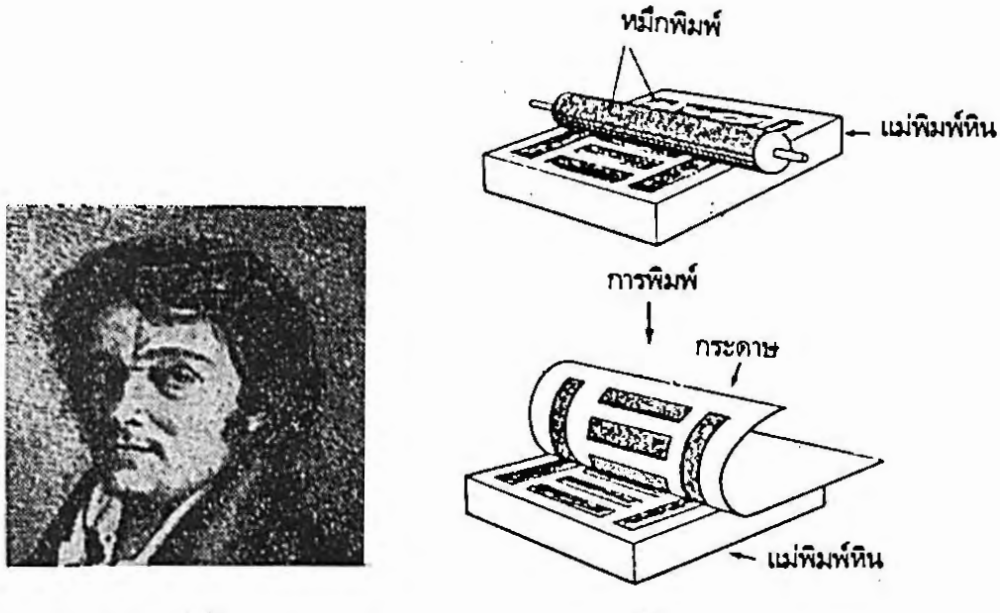
1. บอกวิวัฒนาการของระบบการพิมพ์และแม่พิมพ์พื้นราบได้
2. บอกวิวัฒนาการของเครื่องพิมพ์พื้นราบได้

ความนำ

การพิมพ์พื้นราบ (Planographic printing) คือการพิมพ์โดยใช้แม่พิมพ์ที่มีผิวหน้าเรียบ แผ่นแม่พิมพ์สามารถสร้างจากวัตถุที่เป็นโลหะ เช่น สังกะสี อะลูมิเนียม เหล็ก ทองเหลือง หรือวัตถุที่เป็นอโลหะ เช่น หิน ก็สามารถใช้สร้างเป็นแม่พิมพ์พื้นราบได้ โดยมีข้อจำกัดว่าต้องเป็นวัตถุที่มีผิวหน้าเรียบเสมอกัน หรือสามารถปรับให้เรียบได้ โดยที่ส่วนที่เป็นรูปภาพหรือตัวอักษรสร้างขึ้นบนผิวที่เรียบเกือบเสมอกับส่วนพื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่มีภาพ ดังนั้นในการพิมพ์จึงจำเป็นต้องสร้างผิวป้องกันหมึกพิมพ์ในส่วนไร้ภาพด้วยน้ำ ส่วนที่เป็นรูปภาพและเส้นตัวอักษรในบริเวณภาพสามารถรับหมึกพิมพ์ได้โดยการทำให้เป็นส่วนรับสารไขมันหรือหมึกพิมพ์ ดังนั้นหลักการที่ทำให้การพิมพ์พื้นราบสามารถเกิดขึ้นได้ก็โดยอาศัยการไม่รวมตัวกันของน้ำกับไขมัน

เรื่องที่ 1.2.1
วิวัฒนาการของการพิมพ์และการทำแม่พิมพ์พื้นราบ

ในระหว่าง พ.ศ. 2340 - 2341 ชาวเยอรมันชื่อ อลัวส์ เซเนเฟลเดอร์ (Alois Senefelder) ได้ทำการค้นคว้าวิธีการสร้างแม่พิมพ์หินพื้นราบโดยอาศัยการประยุกต์ทางเคมี ดังนั้นเมื่อพบวิธีการสร้างแม่พิมพ์หินพื้นราบแล้ว ก็ยังคงเรียกชื่อของการทำแม่พิมพ์หินนี้ว่า "การพิมพ์ทางเคมี" (chemisher druck or steindruck) ในการนวัตกรรมกระบวนการพิมพ์พื้นราบด้วยการใช้แม่พิมพ์หินของเซเนเฟลเดอร์ เป็นการทำนวัตกรรมอย่างครบวงจรเช่นเดียวกันกับกูเตนเบิร์ก กล่าวคือ ได้เลือกสรรหินแม่พิมพ์ หมึกสำหรับเขียนหินสร้างภาพ หมึกพิมพ์ และเครื่องพิมพ์ ขึ้นทั้งระบบ และได้แต่งตำราการพิมพ์หิน การพิมพ์บนแผ่นแม่พิมพ์โลหะพื้นราบและวิธีการทำหมึกพิมพ์พื้นราบออกเผยแพร่ไปทั่วโลกเมื่อ พ.ศ. 2360 ตำราที่แต่งชื่อว่า "Vollstandiges Lehrbuch der Steindruckerey"



ภาพที่ 1.28 (ก) เซเนเฟลเดอร์ และ (ข) การพิมพ์พื้นราบด้วยการใช้แม่พิมพ์หิน

การพิมพ์หินที่เซเนเฟลเดอร์นวัตกรรมจัดเป็นวิธีการพิมพ์พื้นราบ โดยมีแนวคิดในการใช้แม่พิมพ์หินนำมากัดด้วยกรดทำให้เป็นแม่พิมพ์ในลักษณะเดียวกันกับแม่พิมพ์พื้นนูน* เพื่อจะนำไปใช้ในการพิมพ์ตัวโน๊ตเพลงสำหรับใช้ในโรงละครที่เซเนเฟลเดอร์ได้เข้ามาทำงานแทนบิดาของเขาซึ่งได้ทำอยู่เดิม การค้นคว้าทดลองทำแม่พิมพ์ของเซเนเฟลเดอร์คงดำเนินไปอย่างไม่ก้าวหน้า อยู่มาวันหนึ่งเขามีธุระกิจที่ต้องออกไปนอกบ้าน จึงได้ใช้สบู่เขียนจำนวนเสื้อผ้าที่จะส่งให้ซักลงบนหิน ซึ่งได้จัดเตรียมไว้เพื่อแจ้งจำนวนเสื้อผ้าให้มารดาทราบ ต่อมาอีกหลายวัน

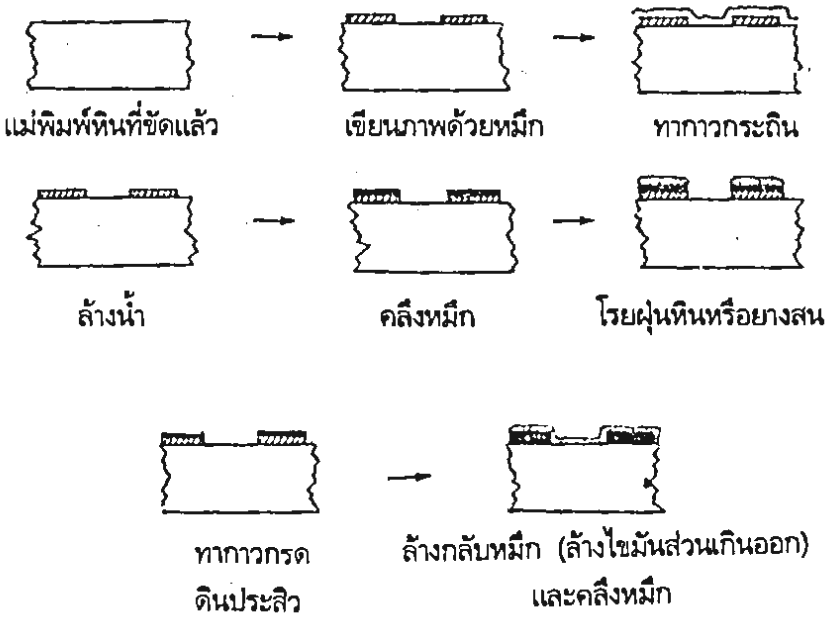
* ลักษณะของแม่พิมพ์หินที่ถูกกัดด้วยกรด จะมีระดับต่ำกว่าผิวหน้าของหินส่วนที่มีตัวหนังสือเขียนไว้ด้วยสบู่ ซึ่งเป็นส่วนที่ต้านการกัดของกรดทำให้สูงกว่าส่วนที่ถูกกรดกัด แม่พิมพ์หินส่วนที่รับหมึกพิมพ์จึงมีลักณะเป็นแม่พิมพ์พื้นนูน

เซเนเฟลเดอร์จึงได้กลับมาทำการค้นคว้าต่อ และต้องการจะลบรอยสบู่ที่ได้เขียนไว้บนหินออก แต่ก็ไม่สามารถจะลบออกได้ แม้ในที่สุดจะได้ใช้กรดดินประสิวล้างกัดออก กลับยิ่งทำให้ตัวอักษรที่เขียนไว้ด้วยสบู่สูงกว่าหน้าของหินส่วนอื่น ๆ และเมื่อได้ลองทำการคลึงด้วยหมึกพิมพ์ก็สามารถรับหมึกพิมพ์ได้ดี เขาจึงทดลองทำการพิมพ์และได้รับความสำเร็จในการสร้างระบบการพิมพ์พื้นราบบนแผ่นหิน แม่พิมพ์หินสามารถสร้างได้หลายวิธี กล่าวโดยรวมมี 2 วิธี คือ

1. การทำแม่พิมพ์โดยไม่ใช้แสง

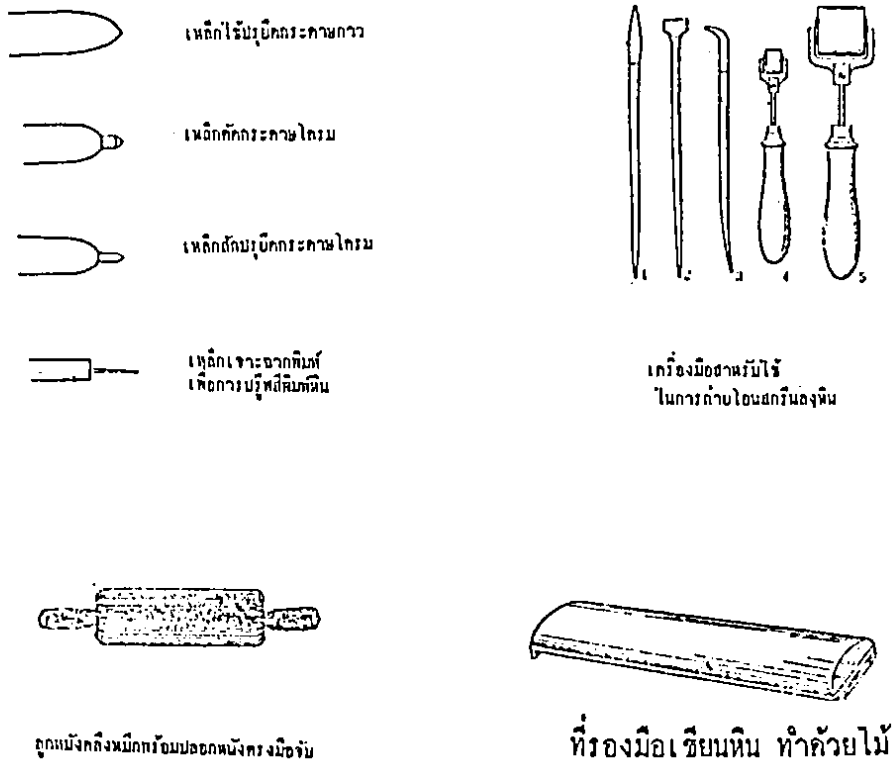
การทำแม่พิมพ์โดยไม่ใช้แสงเป็นวิธีการทำแม่พิมพ์หินแบบดั้งเดิม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีคือ

1.1 วิธีทางตรง วิธีทางตรงนี้เป็นการเขียนภาพและข้อความด้วยหมึกเขียนหิน (lithographic drawing ink) ด้วยดินสอไขเครยอง (crayon) หรือด้วยผงสนิมเหล็กสีแดง (red iron oxide) เป็นต้น โดยใช้ปากกา หรือพู่กันเขียนหรือวาดด้วยมือโดยตรงลงบนแม่พิมพ์พื้นราบ



ภาพที่ 1.29 ขั้นตอนโดยสังเขปของวิธีการทำแม่พิมพ์หินทางตรง

1.2 วิธีทางอ้อม วิธีทางอ้อมเป็นการเขียนหรือลอกลายจากภาพลงบนกระดาษโครม (chrom paper) หรือด้วยการวาดภาพและการเขียนตัวอักษรเพื่อทำแม่พิมพ์ ซึ่งอาจเป็นแม่พิมพ์พื้นนูนหรือแม่พิมพ์พื้นลึก แล้วใช้กระดาษถ่ายโอน (transfer paper) พิมพ์ภาพหรือตัวอักษรจากแม่พิมพ์เพื่อใช้ถ่ายโอนทำแม่พิมพ์พื้นราบต่อไป โดยการคลึงหมึกพิมพ์ถ่ายโอน (retransfer ink) แก่แม่พิมพ์ดังกล่าวข้างต้น แล้วพิมพ์ลงบนกระดาษถ่ายโอนหรือกระดาษกาว นำไปถ่ายโอนลงบนแม่พิมพ์พื้นราบ หรือด้วยวิธีการใช้เหล็กปลายแหลมทำการขูดคัดลอกตามภาพต้นร่างเฉพาะส่วนที่เป็นเส้นโครงร่างของภาพลงบนแผ่นพลาสติกใสหรือแผ่นเจละติน หลังจากการคัดลอกตามแนวเส้นโครงร่างของภาพโดยใช้เหล็กปลายแหลมขูดให้เป็นร่องแล้วก็ให้ใช้หมึกพิมพ์หินผสมกับหมึกสำหรับการถ่ายโอนทาตามแนวเส้นที่ขูดเป็นร่อง หลังจากนั้นจึงเช็ดเอาหมึกส่วนเกินออก คงเหลือหมึกที่ฝังอยู่ในร่องที่ขูดด้วยเหล็กแหลมไว้เท่านั้น แล้วนำไปคว่ำลงประกบกับแม่พิมพ์หินพื้นราบ ทำการพิมพ์ถ่ายโอนหมึกลงบนแม่พิมพ์ หลังจากนั้นจึงเขียนหรือระบายภาพส่วนที่เหลือด้วยหมึกเขียนหินด้วยพู่กัน ในการเขียนบนหินนั้นจะต้องใช้ที่รองมือที่ทำด้วยไม้มีลักษณะคล้ายม้านั่งประกอบกับการใช้กระจกเงาสำหรับการดูอักษรหรือภาพในขณะเขียนแม่พิมพ์ด้วยมือ

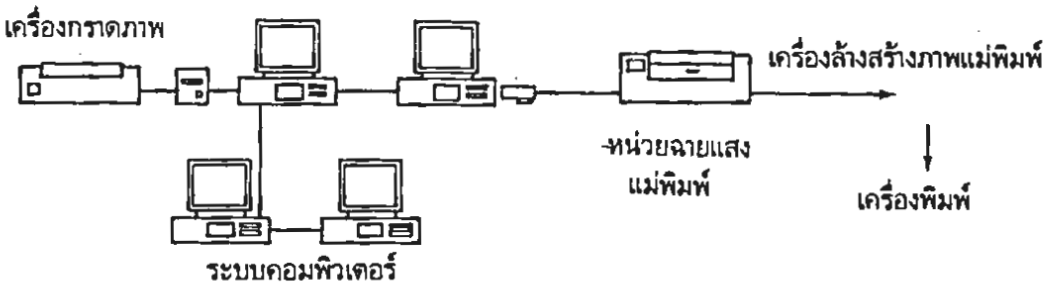


ภาพที่ 1.30 อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำแม่พิมพ์หิน

2. การทำแม่พิมพ์โดยการใช้แสง

การทำแม่พิมพ์โดยการใช้แสงเป็นการทำแม่พิมพ์หินโดยการถ่ายรูป (Photolithography) การทำแม่พิมพ์ทำโดยการฉาบสารไวแสงบนแม่พิมพ์หิน ผู้ค้นพบรายแรกเป็นนักเคมีชาวฝรั่งเศส ชื่อ นิปซ์ (Niepce) เมื่อ พ.ศ.2356 จัดเป็นนวัตกรรมทั้งการถ่ายรูปและการพิมพ์หิน สารไวแสงที่ใช้คือ บิทูเมน (bitumen) นำมาละลายด้วยเบนโซล หรือคลอโรฟอร์ม (chloroform) ฉาบบนแม่พิมพ์หิน แล้วอัดภาพลงหินด้วยกระจกเนกาทิฟ โดยการฉายแสงด้วยแสงแดดราว 30 นาที แล้วล้างด้วยน้ำมันสน ทำให้ปรากฏภาพบนแม่พิมพ์ สามารถนำไปดำเนินการพิมพ์ได้ ต่อมามีผู้ค้นพบสารไบโครเมต ผสมกับสารอินทรีย์เคมีกลายเป็นสารไวแสง นำมาฉาบบนสังกะสีใช้ทำแม่พิมพ์ได้ ผู้ค้นพบสารไวแสงไบโครเมตผสมกับสารอินทรีย์เคมีเป็นชาวเยอรมันชื่อ กุสตัฟ ซักโคว์ ใน พ.ศ. 2375

ต่อมาได้มีการพัฒนาสารไวแสงสำหรับฉาบแม่พิมพ์ด้วยการใช้เครื่องฉาบ (whirler) มาเป็นวิธีเช็ดถูสารไวแสงบนหน้าแม่พิมพ์ (rub on plate) แต่คงต้องใช้การขัดเกรนแม่พิมพ์*อยู่ ซึ่งต้องใช้เวลาในการทำแม่พิมพ์มาก จึงได้มีผู้คิดทำแม่พิมพ์กึ่งสำเร็จรูป (pre-sensitized plate) ขึ้น หรือเรียกชื่อย่อว่า "พี เอส เพลต" (P.S. plate) และมีแม่พิมพ์ชนิดต่าง ๆ ออกจำหน่าย ได้แก่ แม่พิมพ์แอโนไดซ์ (anodised plate) คือแม่พิมพ์อะลูมิเนียมที่นำไปดำเนินกรรมวิธีชุบด้วยเคมีไฟฟ้า ทำให้เกิดเป็นรูพรุนที่ผิวหน้าของแม่พิมพ์ ช่วยให้การรับสารไวแสงและหมึกพิมพ์ได้ดีเช่นเดียวกันกับแม่พิมพ์หิน มีความต้านทานการกดพิมพ์ได้ดีกว่าแม่พิมพ์ทั่ว ๆ ไป นอกจากนั้นยังมีแม่พิมพ์ที่สามารถรับการกดพิมพ์ได้ดีอีกหลายชนิด เช่น แม่พิมพ์โลหะสองชั้น (bimetal plate) และแม่พิมพ์โลหะสามชั้น (trimetal plate) ต่อมาในยุคปัจจุบันมีแม่พิมพ์ที่ใช้สารพอลิเมอร์นำมาใช้ในการทำแม่พิมพ์ระบบพื้นราบ นอกจากนั้นยังมีแม่พิมพ์ทำด้วยกระดาษ สำหรับงานพิมพ์รับจ้างเบ็ดเตล็ด ได้แก่ กระดาษมาสเตอร์ (master paper) ได้มีการนำเอาเครื่องกราดภาพเข้ามาใช้ในการทำแม่พิมพ์ทั้งเนกาทิฟและพอซิทิฟ และมีการพัฒนานำเอาคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างภาพบนแม่พิมพ์โดยตรง (Computer to plate)



ภาพที่ 1.31 ระบบคอมพิวเตอร์สร้างภาพบนแม่พิมพ์พื้นราบ

---

*การขัดเกรน คือ การขัดผิวหน้าของโลหะที่นำมาใช้ทำแม่พิมพ์พื้นราบ ให้เกิดเป็นร่องเล็ก ๆ หรือเกรนขึ้นด้วยทรายหรือสารขัดถูเพื่อช่วยให้การเก็บกักน้ำที่คลึงไว้ได้ชั่วระยะหนึ่ง และน้ำที่ค้างอยู่บนหน้าของโลหะแม่พิมพ์พื้นราบนี้ จะเป็นส่วนป้องกันหมึกพิมพ์ (สารไขมัน) มิให้ติดเลอะส่วนไร้ภาพบนแม่พิมพ์ นอกจากนั้นยังมีส่วนช่วยให้การเกาะจับของสารไวแสงเมื่อฉาบเคลือบบนแม่พิมพ์ด้วย

กิจกรรม 1.2.1

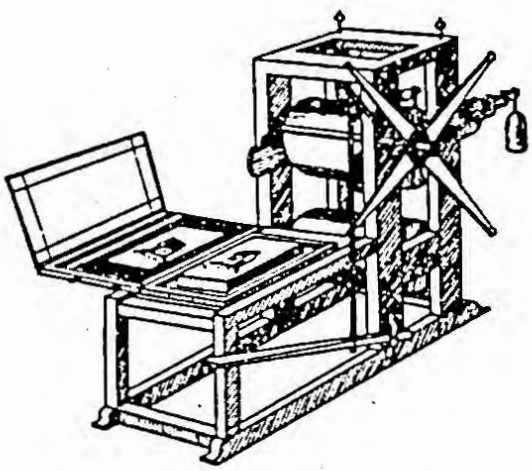
ใครเป็นผู้คิดค้นวิธีการทำแม่พิมพ์หินขึ้น ทำขึ้นเมื่อ พ.ศ.ใด และอาศัยหลักการใดทำขึ้นมา โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 1 ตอนที่ 1.2 กิจกรรม 1.2.1

แนวตอบกิจกรรม 1.2.1

อลัวส์ เซเน่เฟลเดอร์ ชาวเยอรมัน เป็นผู้คิดค้นวิธีการทำแม่พิมพ์หินขึ้นในระหว่าง พ.ศ. 2340-2341 โดยอาศัยหลักการทางเคมีประยุกต์

เรื่องที่ 1.2.2
วิวัฒนาการของเครื่องพิมพ์พื้นราบ

เครื่องพิมพ์หินหรือเครื่องพิมพ์ที่เซเนเฟลเดอร์เป็นผู้สร้างขึ้นเป็นเครื่องพิมพ์พื้นราบที่สร้างด้วยไม้ มีลักษณะดังภาพที่ 1.32

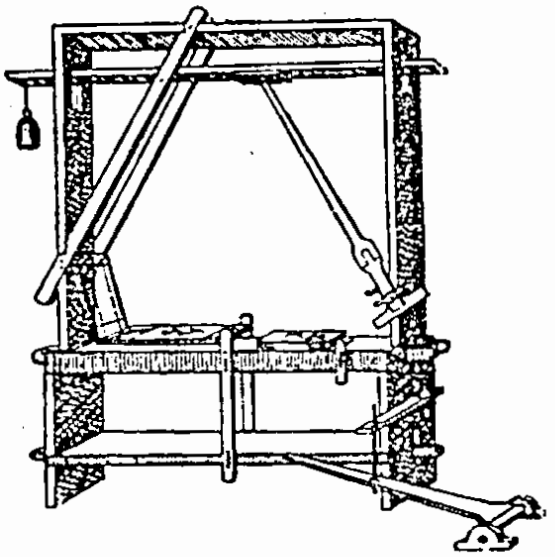


ภาพที่ 1.32 เครื่องพิมพ์หินเครื่องแรกของโลก

การทำงานของเครื่องพิมพ์หินรุ่นแรกนี้ใช้ระบบการอัดรีดระหว่างลูกกลิ้ง 2 ลูก ด้วยแรงกดและหมุนรอบตัวเองของลูกกลิ้งไม้ ซึ่งมีลักษณะคล้ายท่อทรงกระบอกหรือโมพิมพ์ในปัจจุบัน เมื่อเคลื่อนหินแม่พิมพ์สอดเข้าระหว่างลูกกลิ้งไม้ แล้วทำการปรับน้ำหนักการกดพิมพ์ด้วยคานกระเดื่อง ซึ่งปลายของคานมีการถ่วงน้ำหนักไว้ด้วยลูกตุ้มถ่วง เมื่อหมุนพวงมาลัยที่ทำด้วยไม้รูปกากบาท จะทำให้แม่พิมพ์หินพร้อมด้วยกระดาษพิมพ์ถูกกดรีด

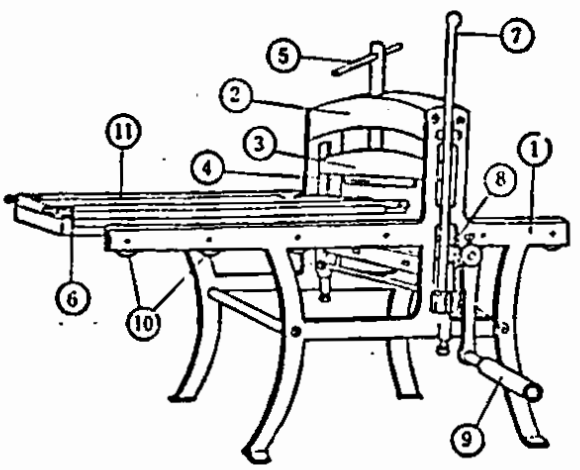
พิมพ์หมุนไปในระหว่างแรงกดรีดของลูกกลิ้ง เมื่อได้ทำการพิมพ์แล้วจึงเลื่อนลูกกลิ้งที่อยู่ด้านบนยกขึ้น แล้วดึงแท่นที่รองรับแม่พิมพ์หินพร้อมด้วยกระดาษพิมพ์ออกมาเป็นการเสร็จสิ้นวิธีการพิมพ์

เครื่องพิมพ์หินแบบแรกนี้มีข้อบกพร่องอยู่มากคือ มักจะอัดรีดแรงจนกระทั่งแม่พิมพ์หินแตกชำรุดอยู่เสมอ เซเนเฟลเดอร์จึงได้คิดแก้ไขปรับปรุงพัฒนาเป็นเครื่องพิมพ์หินรุ่นที่ 2 คือเครื่องพิมพ์หินสแทนเกน (Stangen) ซึ่งมีลักษณะการกดพิมพ์ในลักษณะของการกดปาดพิมพ์เหมือนระบบการพิมพ์ฉลุลายผ้า (silk screen printing)



ภาพที่ 1.33 เครื่องพิมพ์หินรุ่นที่ 2 "สแทนเกน"

ใน พ.ศ. 2353 เซเนเฟลเดอร์ได้ร่วมกับศาสตราจารย์ เอช เจ มิตเทอเรอร์ (Prof. H. J. Mitterer) และนาย เอฟ ไวเชปต์ (F. Weishaept) ตั้งชื่อระบบการพิมพ์ของเซเนเฟลเดอร์ขึ้นใหม่ว่า "ลิโทกราฟี" (Lithography) และใน พ.ศ. 2360 ได้ร่วมกันสร้างเครื่องพิมพ์หินขึ้นใหม่ ทำด้วยเหล็กหล่อทั้งหมด เป็นเครื่องพิมพ์หินแบบใช้มือหมุน (litho hand press)

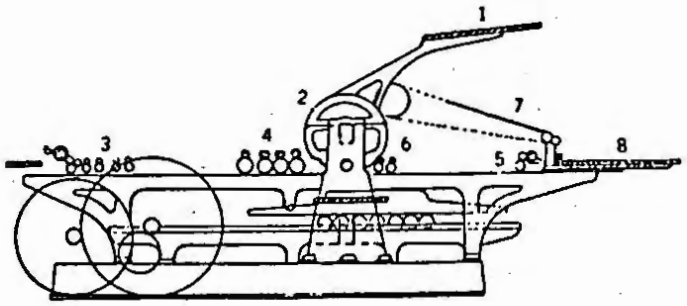


ภาพที่ 1.34 โครงสร้างเครื่องพิมพ์หินแบบมือหมุน

(1) พนังเครื่องพิมพ์ (7) คันโยก

(2) พนังส่วนบน
(3) ช่องใส่ที่กดปาดพิมพ์
(4) ที่กดปาดพิมพ์
(5) เกลียวตั้งแรงกด
(6) แท่นวางหินแม่พิมพ์
(8) ลูกกลิ้งรองรับการเสียดทาน
(9) ด้ามจับหมุนมือ
(10) ลูกล้อเลื่อนแท่นวางแม่พิมพ์
(11) กรอบและแผ่นโลหะบางรองรับการกดปาด

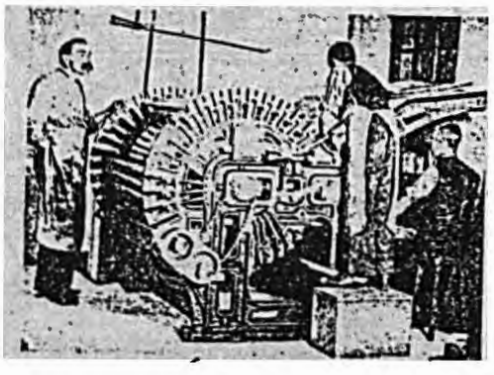
ต่อมาใน พ.ศ. 2395 ชาวออสเตรียชื่อ ไซเกล (Siegel) ได้พัฒนาเครื่องพิมพ์หินเป็นแบบแท่นนอน (flat bed litho press) ซึ่งใช้โมกดพิมพ์แทนการกดปาดพิมพ์ เป็นเครื่องต้นแบบระบบการพิมพ์พื้นราบที่ได้มีการพัฒนาไปสู่ระบบการพิมพ์ที่เร็วขึ้นกว่าแบบกดปาดพิมพ์



ภาพที่ 1.35 โครงสร้างเครื่องพิมพ์หินแบบแท่นนอน

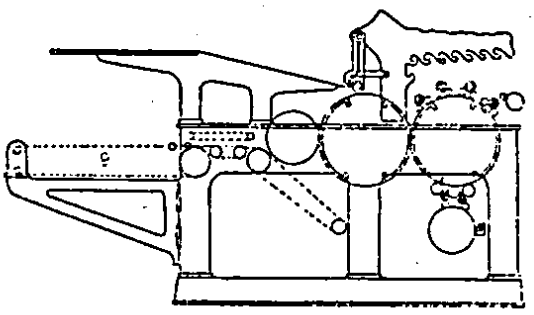
(1) แผงป้อน (2) โมกดพิมพ์ (3) ลูกกลิ้งหมึกรับส่งหมึกจากจานหมึก (4) ลูกกลิ้งหมึกกลิ้งแม่พิมพ์หิน
(5) แผ่นส่งจ่ายน้ำให้ลูกน้ำกลิ้งแม่พิมพ์ (6) ลูกน้ำกลิ้งแม่พิมพ์หิน (7) หวีไม้รับกระดาษ (8) แผงรับกระดาษ

จากเครื่องพิมพ์ที่ใช้แม่พิมพ์หินในการพิมพ์ ต่อมาชาวอังกฤษ ชื่อ รัดดิแมน จอห์นสตัน (Ruddiman Johnston) เป็นรายแรกที่สร้างเครื่องพิมพ์แท่นราบสำหรับใช้พิมพ์ด้วยแม่พิมพ์สังกะสี เป็นเครื่องพิมพ์ประเภทพิมพ์โดยตรงจากแม่พิมพ์สังกะสีลงบนกระดาษ (direct zincography printing press) ซึ่งสามารถพิมพ์ด้วยความเร็วสูงถึง 1,500 แผ่นต่อชั่วโมง



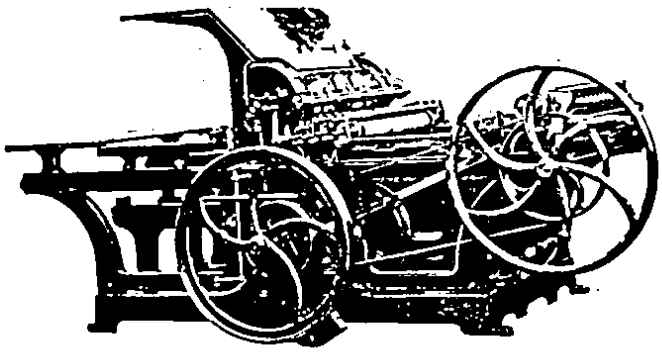
ภาพที่ 1.36 เครื่องพิมพ์แท่นราบพิมพ์โดยตรงที่พิมพ์โดยใช้แม่พิมพ์พื้นราบสังกะสี

ใน พ.ศ. 2429 ชาวอังกฤษชื่อ แอล จอห์นสโตน (L. Johnstone) ได้พัฒนาระบบของเครื่องพิมพ์สังกะสีแท่นราบเป็นเครื่องพิมพ์ระบบโรตารี โดยได้สร้างเครื่องพิมพ์พื้นราบเป็นระบบโรตารีทางตรง (direct lithographic rotary press)

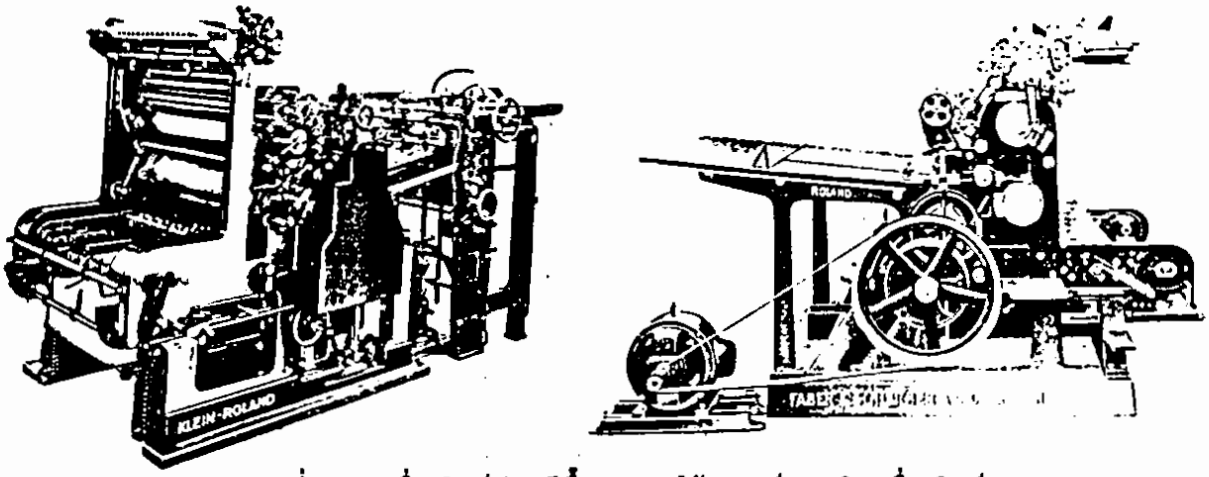


ภาพที่ 1.37 เครื่องพิมพ์พื้นราบโดยตรงระบบโรตารีที่พิมพ์โดยใช้แม่พิมพ์พื้นราบสังกะสี

การพัฒนาการของเครื่องพิมพ์พื้นราบต่อ ๆ มาก็คือทำให้มีความสะดวกรวดเร็วในการพิมพ์มากขึ้น โดยใน พ.ศ. 2431 บริษัทฟรีดริกโคนิก (Friedrick Koenig) ได้สร้างเครื่องพิมพ์พื้นราบแบบที่ใช้แม่พิมพ์สังกะสีที่วางไว้บนหินแม่พิมพ์และทำการพิมพ์โดยอาศัยอุปกรณ์หมุนพิมพ์ด้วยมือ และในพ.ศ. 2448 ก็มีการสร้างเครื่องพิมพ์พื้นราบที่พิมพ์ด้วยแม่พิมพ์สังกะสีที่ทำงานโดยใช้มอเตอร์ออกมา

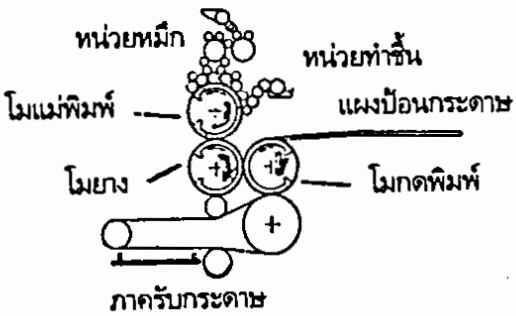


ภาพที่ 1.38 เครื่องพิมพ์หินที่พิมพ์โดยการใช้มือหมุน



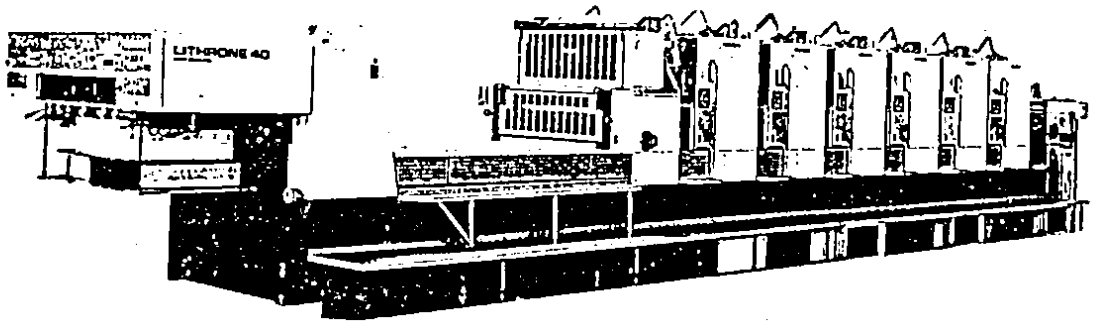
ภาพที่ 1.39 เครื่องพิมพ์สังกะสีพื้นราบแบบใช้มอเตอร์หมุนเดินเครื่องพิมพ์

วิวัฒนาการของเครื่องพิมพ์พื้นราบที่ได้กล่าวแล้วในข้างต้นล้วนแล้วแต่เป็นวิวัฒนาการของเครื่องพิมพ์พื้นราบสำหรับการพิมพ์โดยตรงทั้งสิ้น จนกระทั่งใน พ.ศ. 2448 ชาวอเมริกันชื่อ ไอรา วอชิงตัน รูเบล (Ira Washington Rubel) ได้ร่วมกับนายอเล็กซ์ บี เชอร์วู้ด (Alex B. Sherwood) และนายแอนดริว เอช เคลล็อก (Andrew H. Kellog) ทำการสร้างเครื่องพิมพ์ระบบออฟเซต โดยใช้โมแม่พิมพ์สังกะสีพิมพ์ถ่ายโอนภาพลงบนโมยาง (blanket cylinder) ก่อนกดพิมพ์บนกระดาษด้วยโมกดพิมพ์เหมือนเช่นเครื่องพิมพ์ออฟเซตในปัจจุบัน แต่ในสมัยนั้นยังคงใช้การป้อนกระดาษเข้าพิมพ์ด้วยมือ ในการสร้างเครื่องพื้นราบระบบออฟเซต ได้อาศัยแนวความคิดจากลักษณะที่ปรากฏทางการพิมพ์ที่ช่างพิมพ์เรียกกันว่า "พิมพ์ตีหลังโม" (set off) นำมาดัดแปลงเป็นการพิมพ์ถ่ายโอนภาพที่โมยางแทนการพิมพ์จากโมแม่พิมพ์โดยตรง นอกจากจะได้คุณภาพพิมพ์ที่ดีกว่าแล้วยังสามารถพิมพ์ได้จำนวนมากกว่า จึงถือเป็นการปฏิวัติระบบการพิมพ์ขึ้นใหม่อีกระบบหนึ่ง เรียกว่า "ระบบออฟเซต" (Offset) เครื่องพิมพ์เครื่องแรกได้สร้างขึ้นที่เมืองชิคาโก ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้ชื่อว่า "เครื่องออฟเซตเคลล็อก" ซึ่งเป็นชื่อของผู้ร่วมงานที่เป็นหุ้นส่วนกัน ต่อมานายรูเบลจึงได้ร่วมกับนายเชอร์วู้ดสร้างเครื่องพิมพ์ออฟเซตต้นแบบขึ้นมาใหม่อีกเครื่องหนึ่ง ใช้ชื่อเครื่องพิมพ์ว่า "เชอร์เบล" (Sherbel) แล้วส่งไปให้โรงงานเบนต์เลย์แอนด์แจ็กสัน (Bentley & Jackson) สร้างขึ้นในประเทศอังกฤษ แต่ยังไม่ทันได้ผลิตออกมา นายรูเบลก็ได้ถึงแก่กรรมเสียก่อนเมื่อวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2451

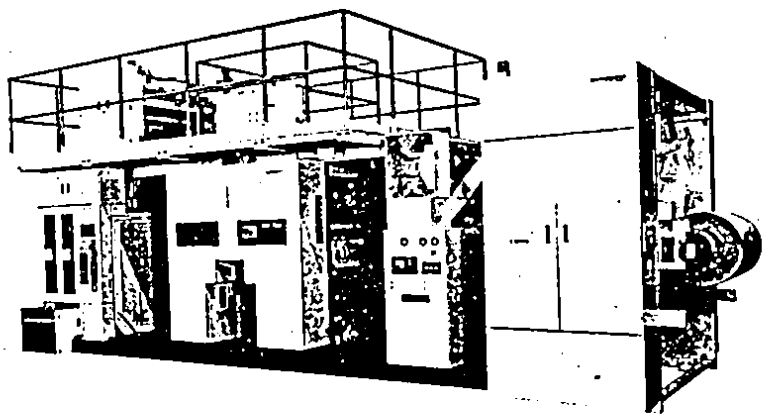


ภาพที่ 1.40 นายไอรา รูเบล และโครงสร้างของเครื่องพิมพ์ระบบออฟเซต

ในระยะเวลาใกล้เคียงกัน บริษัทอเมริกันชื่อ แฮร์ริสออโตเมติกเพรส (Harris Autometic Press) ได้รับการว่าจ้างให้สร้างเครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นอัตโนมัติจากนายชาร์ลส์ กอสส์ (Charles Goss) ซึ่งเป็นผู้ดำเนินการพิมพ์อยู่ที่ชิคาโก ให้สร้างเครื่องพิมพ์ระบบออฟเซตป้อนแผ่นอัตโนมัติที่มีสมรรถนะสูงขึ้นเป็นรายแรก และคงเป็นแบบอย่างสำหรับผู้ผลิตเครื่องพิมพ์ในประเทศอังกฤษและประเทศต่าง ๆ ในยุโรปได้สร้างเครื่องพิมพ์ออฟเซตออกจำหน่ายแพร่หลายไปทั่วโลก โดยพัฒนาด้านส่วนพิมพ์จาก 1 ส่วนพิมพ์ เพิ่มเป็น 4 - 6 ส่วนพิมพ์ พัฒนาความเร็วในการพิมพ์และพัฒนาการป้อนกระดาษเป็นระบบป้อนต่อเนื่องจนถึงเป็นระบบป้อนเป็นม้วน ซึ่งเป็นการพัฒนาระบบการพิมพ์และเครื่องพิมพ์ออฟเซตในรูปแบบต่าง ๆ และในปัจจุบันเครื่องพิมพ์ออฟเซตก็มีส่วนต่าง ๆ ทำงานแบบอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น ทำให้เครื่องพิมพ์ทำงานได้สะดวกรวดเร็ว และได้งานพิมพ์ที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 1.41 ตัวอย่างของเครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นในปัจจุบัน



ภาพที่ 1.42 ตัวอย่างของเครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนในปัจจุบัน

กิจกรรม 1.2.2

เซเนเฟลเดอร์ได้พัฒนาเครื่องพิมพ์ "สแทนเกน" จากเครื่องพิมพ์หินเครื่องแรกของเขา อยากทราบว่าส่วนสำคัญส่วนใดของเครื่องพิมพ์สแทนเกนที่แตกต่างจากเครื่องพิมพ์หินเครื่องแรก

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 1 ตอนที่ 1.2 กิจกรรม 1.2.2

แนวตอบกิจกรรม 1.2.2

ส่วนสำคัญของเครื่องพิมพ์สแทนเกนที่ต่างจากเครื่องพิมพ์หินเครื่องแรกของเซเนเฟลเดอร์คือ ส่วนที่ใช้กดพิมพ์โดยเปลี่ยนจากการใช้ถูกกลิ้งกดพิมพ์ไปเป็นการใช้อุปกรณ์กดปาดในการพิมพ์แทน

ตอนที่ 1.3
วิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นลึกและการพิมพ์ฉลุลายผ้า

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 1.3 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

1.3.1 วิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นลึก
1.3.2 วิวัฒนาการของการพิมพ์ฉลุลายผ้า

แนวคิด

1. วิวัฒนาการการพิมพ์พื้นลึกเป็นวิวัฒนาการของการพิมพ์อินทาลโยและวิวัฒนาการของการพิมพ์กราวัวร์ การพิมพ์พื้นลึกแบบอินทาลโยพัฒนาขึ้นจากการแกะภาพบนแผ่นโลหะด้วยเหล็กแกะเครื่องถมลงยา โดยช่างแกะเครื่องถมลงยาชาวอิตาลีชื่อมาโซ ฟินิเกอรา จากการแกะแม่พิมพ์ทองแดงโดยใช้เหล็กแกะ ต่อมามีการประดิษฐ์เครื่องแกะแม่พิมพ์ทำให้ได้ภาพของลวดลายต่าง ๆ ที่ซับซ้อนมากขึ้น ในปัจจุบันระบบการพิมพ์อินทาลโยใช้เพื่อพิมพ์สิ่งพิมพ์มีค่าพวกธนบัตร ใบหุ้น เช็ค ฯลฯ สำหรับการพิมพ์กราวัวร์เป็นการพิมพ์พื้นลึกที่สร้างและพัฒนาขึ้นภายหลังจากการพิมพ์อินทาลโย โดยชาวเช็คโกสโลวาเกียชื่อคาร์ล คลิตช์ โดยคาร์ล คลิตช์ ใช้กระดาษไวแสงที่เรียกว่า "กระดาษคาร์บอนทิชชู" ในการถ่ายโอนภาพสกรีนลงบนแม่พิมพ์ทองแดง ซึ่งเป็นกระบวนการที่อาศัยแสงในการสร้างภาพ ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาเครื่องแกะแม่พิมพ์แบบกลที่ใช้หัวเพชรและแบบใช้แสงเลเซอร์ร่วมกับหัวเพชรแกะแม่พิมพ์
2. ชาวอังกฤษชื่อแซมมวล ไซมอน ผู้คิดประดิษฐ์การพิมพ์ฉลุลายผ้า เมื่อราว 90 ปีเศษมานี้ โดยการใช้ผ้าไหมขึงกับกรอบไม้ทำเป็นแม่พิมพ์ที่มีลักษณะเป็นตะแกรง แล้วตัดแบบกระดาษหรือผ้าสอดไว้ใต้กรอบผ้าไหม ส่วนด้านบนผ้าไหมก็ใส่หมึกพิมพ์แล้วจึงทำการพิมพ์ภาพลงบนกระดาษ ต่อมาจึงได้มีการพัฒนาการพิมพ์ฉลุลายผ้าให้สามารถพิมพ์งานสอดสีได้

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 1.3 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกวิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นลึกได้
2. บอกวิวัฒนาการของการพิมพ์ฉลุลายผ้าได้

เรื่องที่ 1.3.1
วิวัฒนาการของการพิมพ์พื้นลึก

1. วิวัฒนาการของการพิมพ์อินทาลโย

1.1 วิวัฒนาการของระบบการพิมพ์และแม่พิมพ์อินทาลโย การพิมพ์พื้นลึกแบบอินทาลโย (Intaglio printing) เริ่มต้นในศตวรรษที่ 14 ในอิตาลี ที่เมืองฟลอเรนซ์ เป็นการพิมพ์ที่ใช้เพื่อพิมพ์ภาพเชิงศิลปะ ภาพบุคคล และภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ ต่อมาจึงได้มีการตั้งโรงพิมพ์แผนที่ ด้วยระบบการพิมพ์อินทาลโยขึ้นที่เมืองเวนิส เมื่อ พ.ศ. 2013

ภาพที่ 1.43 โรงพิมพ์ที่ทำการพิมพ์ด้วยระบบอินทาลโยสมัยแรกเริ่ม

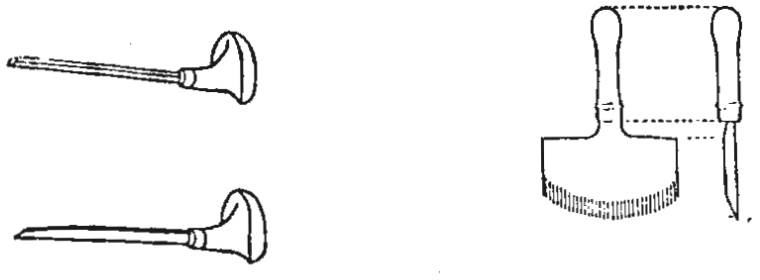
ระบบการพิมพ์อินทาลโยเป็นระบบการพิมพ์ที่เกิดขึ้นในระยะใกล้เคียงกับระบบการพิมพ์พื้นนูน ซึ่งเกิดจากการพัฒนากรรมวิธีการแกะเครื่องถมลงยา ในการสร้างแม่พิมพ์พื้นลึก ช่างแกะใช้เหล็กแกะเส้นขนาดต่าง ๆ แกะตามแนวเส้นภาพที่ได้ใช้สีหรือดินสอเขียนไว้บนแผ่นทองแดงที่ได้ทำการขัดเงาจนสามารถสะท้อนภาพได้เหมือนกระจกเงา แล้วทำการคลึงหมึกบนแม่พิมพ์ หลังจากคลึงหมึกแล้วต้องเช็ดหมึกที่คลึงด้วยลูกคลึงหมึกออกจากผิวหน้าแม่พิมพ์ส่วนที่ขัดจนเป็นเงาออกให้หมด คงเหลือแต่หมึกส่วนที่ขังอยู่ในร่องแกะ นำกระดาษพิมพ์ที่อบด้วยไอน้ำมาทำการพิมพ์ กระดาษที่มีความชื้นสูงสามารถใช้พิมพ์แม่พิมพ์พื้นลึกได้ดีกว่ากระดาษที่ไม่อบด้วยไอน้ำ เพราะไม่สามารถจะกดลงในรอยแกะที่ลึกกว่าผิวหน้าของแม่พิมพ์ได้

การพิมพ์พื้นลึกได้ปรากฏตามประวัติศาสตร์การพิมพ์ ที่เมืองฟลอเรนซ์ ประเทศอิตาลี เมื่อ พ.ศ. 1989 โดยช่างแกะเครื่องถมลงยา (niello ware) ชื่อ มาโซ ฟินิเกอรา (Maso Finiguera) ได้คิดดัดแปลงวิธีการแกะภาพบนแผ่นเงิน ดีบุก และสังกะสี และทำการพิมพ์ภาพพิมพ์ลายเส้นนูนด้วยเหล็กแกะเครื่องถมลงยา ซึ่งเรียกตามภาษาอังกฤษว่า "เกรเวอร์" (graver) หรือเรียกตามภาษาฝรั่งเศสว่า "บูริน" (Burin) สำหรับเหล็กแกะแม่พิมพ์นี้ได้มี

---

* การทำกระจกเงาสมัยแรก ๆ นิยมใช้แผ่นทองแดงขัดมันจนขึ้นเงา สามารถใช้ส่องหน้า ก่อนการพบวิธีทำกระจกเงาฉาบปรอทหรือเคลือบด้วยสารซิลเวอร์ไนเทรต

ผู้คิดประดิษฐ์เหล็กแกะรูปต่าง ๆ พร้อมตั้งชื่อการทำแม่พิมพ์ที่แกะด้วยเครื่องมือแกะที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น เช่น การแกะดรายพอยต์ (dry point engraving) โดยการใช้เหล็กแกะบูริน การแกะเมซโซทินต์ (Mezzotint engraving) โดยการใช้เหล็กแกะรูปร่างคล้ายหวีที่เรียกว่าร็อกเกอร์ (Rocker) หรือเบอร์โซ (Berceau) เป็นต้น



(ก) เหล็กแกะบูริน (ข) เหล็กแกะร็อกเกอร์

ภาพที่ 1.44 ตัวอย่างเหล็กแกะแม่พิมพ์อินทาอโย

ต่อมาใน พ.ศ. 2142 ชาวอังกฤษได้คิดค้นวิธีแกะแม่พิมพ์ด้วยการใช้กรดกัด การทำแม่พิมพ์พื้นลึกด้วยวิธีการกัดกรดมีลำดับขั้นตอนการทำแม่พิมพ์ ดังนี้

นำแผ่นโลหะที่จะใช้ทำแม่พิมพ์ เช่น ทองแดงหรือเหล็ก ขัดผิวด้านหน้าของแผ่นโลหะให้เรียบด้วยถ่านขัดแม่พิมพ์จนเรียบและขึ้นเงาเหมือนกระจกเงา ภายหลังการขัดเรียบทั่วแผ่นดีแล้ว นำแผ่นแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้รนไอร้อนจากเทียนหรือตะเกียงพอร้อนจึงนำมาคลึงด้วยเวอร์นิส (vernis) ซึ่งเป็นสารกันกรดกัดชนิดหนึ่งประกอบด้วยพาราฟิน ผงแอสฟัลต์ (ยางมะตอย) และยางสน ที่ละลายให้เข้ากันด้วยความร้อน หลังจากเคลือบด้วยสารกันกรดกัดแล้วก็นำไปรมควันจากเทียนไขจนมีเขม่าสีดำติด เพื่อให้สามารถสังเกตลายที่ต้องการแกะได้ง่าย แล้วาดลายด้วยชอล์กหรือสีที่สังเกตเห็นได้ดี จากนั้นก็ใช้เหล็กปลายแหลมคล้ายเข็มลากตามเส้นชอล์กเพียงเบา ๆ บนผิวแม่พิมพ์ที่ฉาบเคลือบสารกันกรดกัดไว้ เพื่อขูดเอาสารกันกรดกัดออก ทำให้กรดสามารถไหลเข้าไปกัดผิวแม่พิมพ์ได้ เมื่อใช้เข็มแกะเขียนทำรอยตามลวดลายที่ต้องการแกะเรียบร้อยดีแล้ว ก็ให้ใช้ขี้ผึ้งทากั้นรอบ ๆ แผ่นแม่พิมพ์ทั้งสี่ด้าน แล้วจึงเทกรดกัดแม่พิมพ์ลงภายในกรอบขี้ผึ้งที่ทาไว้ และปล่อยให้การกัดของกรดดำเนินไปช้า ๆ เพื่อรักษาเส้นลายที่แกะมิให้ถูกกัดเซาะจนมีลักษณะคล้ายตีนตะขาบ ซึ่งถือว่าเป็นแม่พิมพ์เสีย ใช้การไม่ได้ จึงต้องใช้เวลาในการกัดนานหลายวัน ระยะเวลาในการกัดกรดจะช้าหรือเร็ว ขึ้นอยู่กับความหนาบางของลายเส้นและความลึกของเส้นแกะ เมื่อกัดได้ความลึกตามต้องการแล้ว ล้างสารกันกรดออกให้สะอาด จากนั้นนำไปคลึงหมึกและเช็ดหมึกบนผิวแม่พิมพ์ออกให้หมด ให้คงเหลือแต่เฉพาะหมึกส่วนที่ฝังอยู่ในร่องของเส้นแกะเท่านั้น วิธีการคลึงและเช็ดหมึกนี้เป็นวิธีการซึ่งเป็นหลักการของระบบการพิมพ์พื้นลึก ที่จะต้องถือปฏิบัติทุกครั้งในการพิมพ์ตั้งแต่แผ่นพิมพ์แผ่นแรกจนถึงแผ่นสุดท้าย

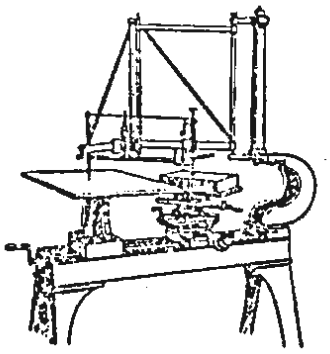
นอกจากวิธีการทำแม่พิมพ์ด้วยกรดกัดข้างต้นแล้ว ยังมีการทำแม่พิมพ์โดยใช้กรดกัดอีกวิธีหนึ่งที่ เรียกว่า "แอ็กวาทินต์" (Aquatint engraving) ซึ่งคิดค้นขึ้นโดยชาวฝรั่งเศสชื่อยีน แบ็ปทิสต์ เลอ ปรินซ์ (Jean Baptist Le Prince) การทำแม่พิมพ์วิธีนี้ก็เป็นการใช้กรดกัดทำแม่พิมพ์คล้ายวิธีการข้างต้น แต่เปลี่ยนชนิดของสารกันกรดกัด

โดยใช้ผงแอสฟัลต์ผสมกับผงยางสนเป็นสารกันกรดกัดแทน การเคลือบสารกันกรดกัดบนแผ่นโลหะที่ใช้ทำแม่พิมพ์ที่ขัดเรียบร้อยแล้ว ทำภายในกล่องโดยการพ่นลมเป่าจากด้านล่างกล่อง ทำให้สารกันกรดกัดคลุ้งอยู่ในกล่องและตกลงไปเกาะบนแผ่นโลหะ จนเมื่อผงกันกรดกัดเกาะทั่วแผ่นโลหะแล้วจึงนำออกจากกล่อง นำไปอังไฟจนผงกันกรดกัดหลอมเคลือบผิวหน้าแม่พิมพ์ แล้วจึงนำไปวาดลวดลายด้วยซอล์ก ทำการแกะด้วยเข็มแกะ และทำการกัดกรดเช่นเดียวกับวิธีแรก แล้วใช้พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์อินทาลโยรุ่นแรกซึ่งเป็นระบบพิมพ์ด้วยมือหมุน

การกัดกรดแบบแอกวาทินต์อีกวิธีหนึ่ง ทำโดยใช้ยางสนละลายในแอลกอฮอล์เป็นสารกันกรดกัดทาพื้นหน้าแม่พิมพ์ เมื่อแห้งดีแล้วก็วาดลวดลายลงบนแม่พิมพ์ที่ได้ฉาบยางสนกันกรดกัดเอาไว้ด้วยซอล์ก จากนั้นก็ทำการแกะด้วยเหล็กปลายแหลม แล้วจึงทำการกัดกรดเช่นเดียวกับวิธีแรก

จากวิธีการแกะแม่พิมพ์โดยการใช้เหล็กแหลมแกะด้วยมือและการใช้กรดกัด ต่อมาจึงได้มีการคิดค้นและพัฒนาเครื่องแกะแม่พิมพ์พื้นลึกแบบต่าง ๆ ขึ้น ดังต่อไปนี้

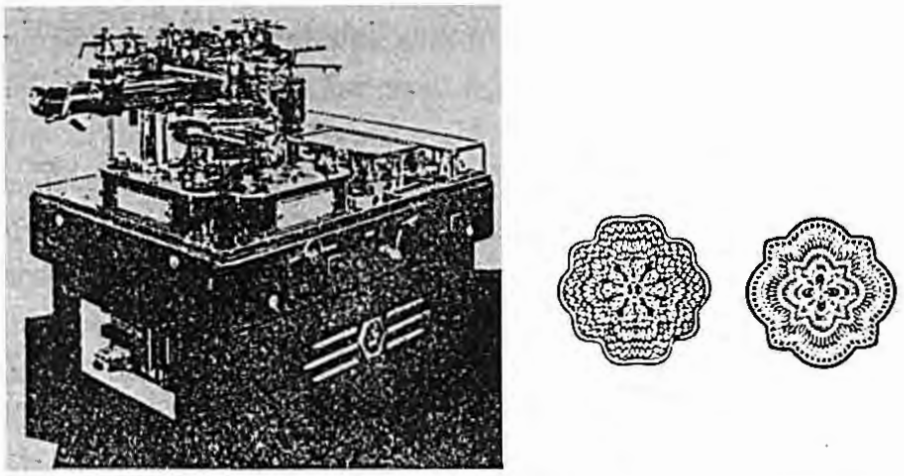
1) เครื่องแพนโทกราฟ (Pantograph) สำหรับใช้แกะย่อขยายภาพลวดลายจากแบบที่เขียน หรือถ่ายรูปทำแบบแม่พิมพ์เป็นขนาด 4 เท่าของภาพที่ต้องการแกะ ย่อลงบนแม่พิมพ์ที่ฉาบสารกันกรดไว้ แล้วนำไปกัดด้วยกรดทำเป็นแม่พิมพ์พื้นลึกต่อไป



ภาพที่ 1.45 เครื่องแกะแม่พิมพ์อินทาลโยแพนโทกราฟ

2) เครื่องแกะทำเส้น (Ruling machine) สำหรับแกะเส้นตรงด้วยขนาดเส้นเล็กหรือใหญ่ตามขนาดของเหล็กแกะที่ประกอบในเครื่อง เส้นแกะขนาดใหญ่ที่สุดมีขนาด 0.01 มิลลิเมตร

3) เครื่องแกะลายเพื่อง ลายใยแมงมุม และลายเส้นขด (Geometrical lathe, cycloidal engine, guilloching machine) ส่วนมากใช้ทำแม่พิมพ์สำหรับใช้ในการพิมพ์ธนบัตร ใบหุ้น เช็ค และการพิมพ์สิ่งพิมพ์ปลอดปลอมต่าง ๆ (security printing)

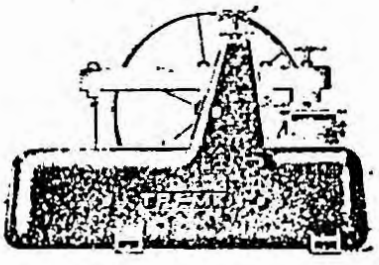


ภาพที่ 1.46 (ก) เครื่องแกะลายเฟือง ลายใยแมงมุม ลายเส้นขดและ (ข) ภาพลวดลายต่าง ๆ

4) เครื่องแกะภาพนูน (Relief engraving machine) เครื่องแกะภาพนูนทำการแกะแม่พิมพ์จากภาพปั้นนูนซึ่งหล่อจากปูนปลาสเตอร์หรือโลหะ

ภาพที่ 1.47 ลักษณะของภาพแกะนูน

5) เครื่องถ่ายโอนแม่พิมพ์อินทาลโย (Plate transfer machine) เครื่องถ่ายโอนแม่พิมพ์พื้นลึก ใช้การกลิ้งกดด้วยลูกกลิ้งเหล็กที่ได้แกะภาพลวดลายพื้นนูนไว้ เผาเหล็กลูกกลิ้งแบบจนร้อนจัดแล้วชุบลงในน้ำมันให้เย็นตัวทันที จนทำให้เหล็กลูกกลิ้งแข็ง สามารถนำไปใส่ในเครื่องถ่ายโอนแม่พิมพ์เพื่อแกะแม่พิมพ์ได้

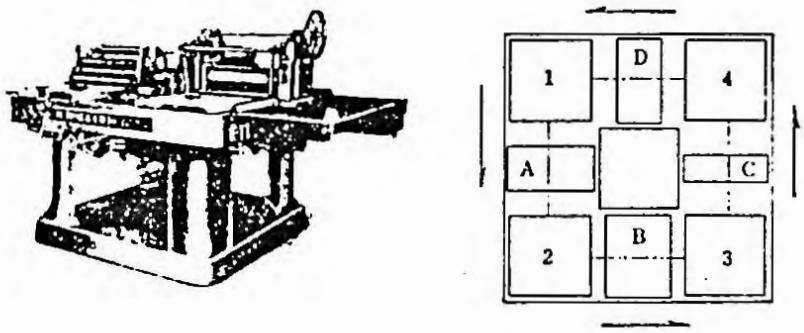


ภาพที่ 1.48 เครื่องถ่ายโอนแม่พิมพ์อินทาลโยด้วยลูกกลิ้งกด

นอกจากการแกะแม่พิมพ์ด้วยเครื่องต่าง ๆ ข้างต้นแล้ว ยังมีการทำแม่พิมพ์พื้นลึกโดยใช้วิธีการประยุกต์ทางไฟฟ้าเคมี (electrochemical process) และการทิ้งแม่พิมพ์ลงในตะกั่วที่กำลังหลอมตัว

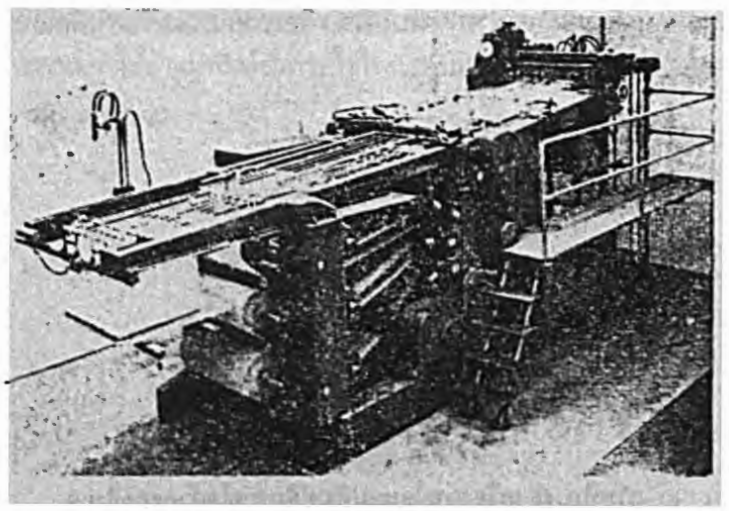
2. วิวัฒนาการของเครื่องพิมพ์อินทาลโย

เครื่องพิมพ์อินทาลโยเครื่องแรกสร้างขึ้นใน พ.ศ. 2445 เรียกว่า "เครื่องพิมพ์เพาเวอร์" (Power Plate Press) เครื่องพิมพ์นี้มีแท่นราบที่สามารถใช้ติดแม่พิมพ์ได้ 4 แผ่น เรียงกันแบบทักษิณาวัตรจากซ้ายไปขวา สามารถพิมพ์กระดาษได้ 17-18 แผ่นต่อนาที ทั้งนี้กระดาษที่ใช้พิมพ์ต้องทำให้มีความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเช็ดหมึกบนแม่พิมพ์ทำโดยใช้ผ้าหรือกระดาษ



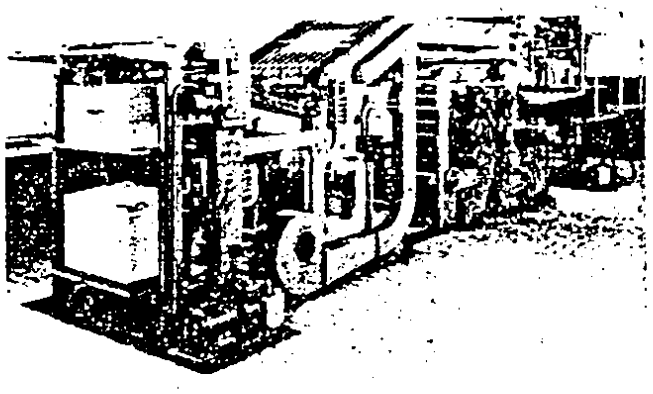
ภาพที่ 1.49 เครื่องพิมพ์อินทาลโยเครื่องแรก

สำหรับเครื่องพิมพ์อินทาลโยสีเดียวแบบป้อนแผ่นอัตโนมัติที่รู้จักแพร่หลายในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 คือ เครื่องพิมพ์พื้นลึกป้อนแผ่นอัตโนมัติของบริษัท โทมัส เดอ ลา รู (Thomas De La Rue) ความเร็วพิมพ์ 2,400 แผ่นต่อชั่วโมง ขนาดแม่พิมพ์ใหญ่สุด 700 x 600 มิลลิเมตร และขนาดกระดาษพิมพ์ใหญ่สุดที่พิมพ์ได้คือ 650 x 600 มิลลิเมตร



ภาพที่ 1.50 เครื่องพิมพ์พื้นลึกป้อนแผ่นสีเดียวของเดอลารู

ต่อมา บริษัทผู้สร้างเครื่องพิมพ์เยียวรี (Giori) ได้ทดลองสร้างเครื่องพิมพ์ต้นแบบขึ้นในประเทศอิตาลี โดยธนาคารชาติเป็นผู้ทดลองใช้เครื่องพิมพ์แบบใหม่นี้ ซึ่งได้ตั้งความมุ่งหมายให้สามารถพิมพ์สอดสีได้ถึง 3 สี แต่การจ่ายหมึกด้วยลูกคลึงหมึกเฉพาะสีไม่สามารถจะบังคับให้สีคงที่ในแต่ละส่วนพิมพ์ได้ จึงเกิดปัญหาสีพิมพ์เหลื่อมกัน ทำให้การกำหนดมาตรฐานการพิมพ์ธนบัตรไม่ได้เกณฑ์ที่แน่นอน ไม่สามารถผลิตออกจำหน่ายแข่งขันกับเครื่องพิมพ์ของ เดอลารู จึงได้เปลี่ยนโรงงานสร้างเครื่องพิมพ์ไปเป็นบริษัทเยอรมัน ชื่อ โคนิกแอนด์บาวเออร์ (Koenig & Bauer) ซึ่งเป็นบริษัทสร้างเครื่องพิมพ์ที่มีชื่อเสียงในการสร้างเครื่องพิมพ์พื้นนูนในอดีต และในขณะนั้นได้เริ่มสร้างเครื่องพิมพ์ดรายออฟเซตออกสู่ตลาดการพิมพ์ ภายใต้ชื่อ "เครื่องพิมพ์ดรายออฟเซต ไซมัลทาน" (Simultan Dry Offset Press) พิมพ์ด้านหน้า 3 สี ด้านหลัง 2 สี ต่อมาได้มีการปรับปรุงใหม่เป็น "ซูเปอร์ไซมัลทาน" (Super Simultan) ผสมสีได้ถึง 21 สี และมีระบบการคลึงหมึกพิมพ์แต่ละสีได้ผลดี และได้ร่วมกับบริษัท โคนิกแอนด์บาวเออร์รวมกันเป็นบริษัท โคบาวเยียวรี (Koebau - Giori Intaglio Color Press) สร้างเครื่องพิมพ์ที่สามารถพิมพ์ได้ 1-3 สี ด้วยอัตราเร็ว 6,000 แผ่นต่อชั่วโมง ต่อมาทางบริษัท เดอลารู ได้มาร่วมทุนด้วย ใช้ชื่อบริษัทใหม่ว่า เดอลารู เยียวรีเอสเอ. (Der La Rue Giori S. A.)ผลิตเครื่องพิมพ์ระบบออฟเซตแห้งผสมระบบพิมพ์พื้นลึกเข้าไว้ในเครื่องเดียวกัน แต่ยังคงใช้ระบบการป้อนพิมพ์ด้วยกระดาษแผ่น



ภาพที่ 1.51 เครื่องพิมพ์โคบาวเยียวรีพื้นลึกที่พิมพ์ได้สามสี

ปัจจุบันมีบริษัทสร้างเครื่องพิมพ์มิลเลอร์ของเยอรมัน ร่วมกับบริษัทพิมพ์ธนบัตรของสวีเดนชื่อ ทุมบาบรู๊ก (Tumba Bruk) ใช้ชื่อเครื่องพิมพ์ว่า มิลเลอร์โนฮาบ เอสพี 600 (Miller - Nohab SP 600) เป็นเครื่องพิมพ์พื้นลึก 3 สี ระบบป้อนกระดาษม้วนที่มีหน่วยพิมพ์ออฟเซตแห้งสำหรับพิมพ์สีพื้นและสีกรอบ พร้อมมีหน่วยตอกเลขเลื่อนทำแห้งหมึก และตัดแผ่นได้ด้วย

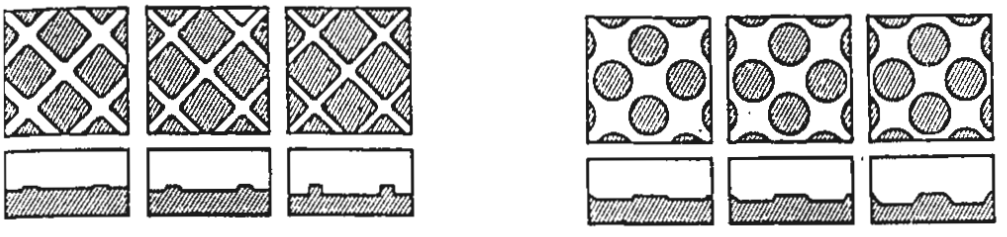
3. วิวัฒนาการของการพิมพ์กราวัวร์

การพิมพ์พื้นลึกด้วยสกรีนมีชื่อเรียกว่า "กราวัวร์" (Gravure) "โฟโตกราวัวร์" (Photogravure) หรือ "โรตารีกราวัวร์" (Rotogravure or Rotarygravure) ซึ่งชาวเช็คโกสโลวาเกียชื่อ คาร์ล คลิตซ์ (Karl Klietsch) ได้นวัตกรรมกระบวนการพิมพ์กราวัวร์ขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2422 ด้วยการประยุกต์การถ่ายรูปเข้ากับการพิมพ์พื้นลึก โดยนำเอากระดาษที่ทำจากเยื่อปานลินินมาเคลือบผิวด้วยเจละตินแล้วนำไปแช่ในสารละลายของสารแอมโมเนียมไบโครเมต (Ammonium Bichromate) แล้วผึ่งให้แห้งภายในห้องมืด จากนั้นนำไปอัดประกบเข้ากับฟิลม์สกรีนพอซิทิฟ ซึ่งมีให้เลือกใช้ 2 ชนิด คือ สกรีนเส้นและสกรีนเม็ด ทำการฉายแสงสร้างภาพของเม็ดสกรีนบนกระดาษคาร์บอนทิชชูเสียก่อน แล้วจึงนำไปประกบกับฟิล์มต้นฉบับที่เป็นภาพพอซิทิฟฉายแสงอีกครั้ง นำเอากระดาษคาร์บอนทิชชูนี้ไป

ทำการถ่ายโอนภาพลงแม่พิมพ์ทองแดง หรือโมพิมพ์ทำด้วยทองแดง โดยคว่ำหน้าด้านที่เคลือบสารไวแสงเข้าหาโม รีดด้วยลูกกลิ้งยาง แล้วใช้น้ำอุ่นประมาณ 40 องศาเซลเซียส รดด้านหลังกระดาษคาร์บอนทิชชู จนสามารถละลายเจลละตินที่ติดแผ่นกระดาษ จากนั้นค่อย ๆ ลอกกระดาษออก โดยไม่ทำให้สารไวแสงส่วนที่เกาะติดแม่พิมพ์หลุดลอกออกมาด้วย ปล่อยให้สารไวแสงบนแม่พิมพ์ทองแดงแห้ง แล้วจึงทำการกัดด้วยกรด และปิดส่วนภาพที่ได้ความลึกตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ด้วยสารกันกรดกัด ส่วนบริเวณภาพที่ยังไม่ได้ความลึกถึงเกณฑ์ก็ให้กรดกัดต่อไป แล้วปิดทับส่วนที่มีความลึกเหมาะสมตามน้ำหนักสี (tone) ของภาพนั้น ๆ สารกันกรดกัดในสมัยแรกนิยมใช้แอสฟัลต์ผสมน้ำมันสน ส่วนกรดที่ใช้กัดทองแดงคือเฟอร์ริกคลอไรด์ (Ferric chloride) ที่มีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 33-44 โบเม การวัดความเข้มข้นทำโดยใช้มาตรชนิดโบเม (Baume's hydrometer) นอกจากความเข้มข้นของกรดแล้ว อุณหภูมิของกรดก็มีผลต่อความเร็วในการกัดแม่พิมพ์ด้วย หากอุณหภูมิต่ำการกัดแม่พิมพ์จะเกิดได้ช้า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของกรดการกัดแม่พิมพ์จะเกิดเร็วขึ้น ช่วงเวลาที่ใช้กัดสั้นหรือยาวเป็นข้อกำหนดทางเทคนิคของการกัดกรดทำแม่พิมพ์ ต่อมาได้มีการพัฒนากระบวนการผลิตแม่พิมพ์กราวัวร์ขึ้นอีกหลายวิธี

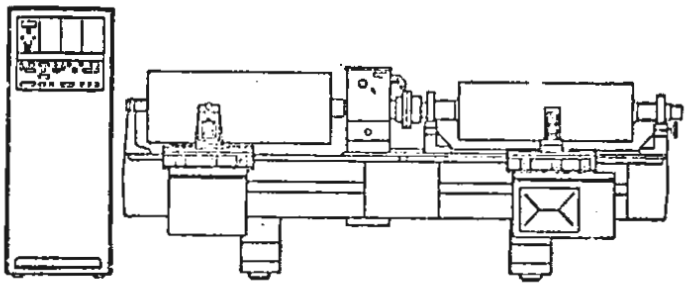
ภาพที่ 1.52 คาร์ล คลิตช์

วิธีที่คาร์ล คลิตช์ ใช้ในการทำแม่พิมพ์กราวัวร์ ได้ถูกกำหนดให้เป็นแบบทั่วไป ต่อมาใน พ.ศ. 2453 ชาวเยอรมัน คือ ดร. เอดวาร์ด เมอร์เทนส์ (Dr. Edward Mertens) และทีโอดอร์ ไรช์ (Theodor Reich) ได้ดัดแปลงระบบการทำแม่พิมพ์กราวัวร์ขึ้นใหม่ โดยพัฒนารูปแบบสกรีนเป็นเส้นและเป็นเม็ด และใช้เวลาในการกัดกรดต่างกันในแต่ละบริเวณของภาพ



ภาพที่ 1.53 สกรีนเส้นและสกรีนเม็ดที่บริเวณสว่าง บริเวณน้ำหนักสีกลาง และบริเวณเงาของภาพบนแม่พิมพ์

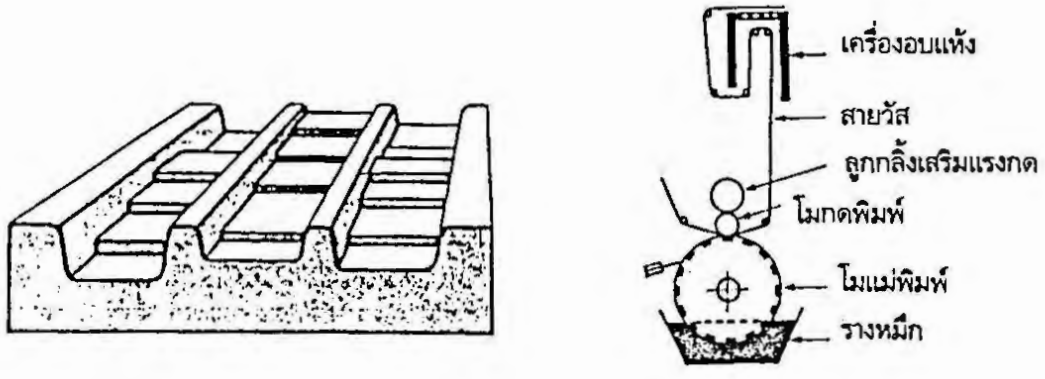
นอกจากการใช้ระยะเวลากัดกรดที่ต่างกันแล้ว ยังใช้วิธีการกัดให้ลึกมากน้อยต่างกันตามลักษณะของภาพ ทำให้ได้ภาพที่มีคุณภาพดีกว่าการทำแม่พิมพ์แบบทั่วไป ต่อมาในพ.ศ. 2511 บริษัทเฮลล์ของเยอรมัน ได้สร้างเครื่องแกะแม่พิมพ์ที่เรียกว่า "เฮลิโอคริสโชกราฟ" (Helio Klischograph) ที่มีหน่วยกราดภาพต้นฉบับต่อกับหน่วยเจาะแม่พิมพ์ การแกะแม่พิมพ์กราวัวร์เกิดขึ้นตามสัญญาณภาพที่เป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับจากหน่วยกราดภาพในหน่วยเจาะนี้ การเจาะทำโดยใช้หัวเจาะที่ทำด้วยเพชร



ภาพที่ 1.54 เครื่องแกะแม่พิมพ์ "เฮลิโอคริสโชกราฟ"

ในปัจจุบันมีการทำแม่พิมพ์กราวัวร์ด้วยการใช้แสงเลเซอร์แกะภาพบนโมแม่พิมพ์ทองแดง บริษัท ครอสฟิลด์ (Crosfield) ของอังกฤษ สร้างเครื่องทำแม่พิมพ์ด้วยแสงเลเซอร์ขึ้น ใช้ชื่อเครื่องว่า "เลเซอร์กราวัวร์ 700" (Gravure 700) ซึ่งมีวิธีการทำแม่พิมพ์โดยสังเขปดังนี้

เริ่มจากการเคลือบผิวของโมแม่พิมพ์ทองแดงด้วยสารเทอร์โมพลาสติกชนิดทำเป็นผงโรย อบให้ละลายด้วยแสงอินฟราเรด จนได้ผิวเคลือบหนา 0.4 มิลลิเมตร แล้วใช้หัวเจาะทำด้วยเพชรประกอบกับแสงเลเซอร์ ทำการแกะด้วยความลึกระหว่าง 0-35 ไมครอน สร้างชั้นความลึก 250 ชั้น และถ้าหากต้องนำไปใช้พิมพ์จำนวนสูงกว่า 5 ล้านแผ่น ก็จะทำการชุบผิวแม่พิมพ์ทองแดงด้วยโครเมียมชนิดแข็งเพื่อเพิ่มความแข็งแกร่งให้แม่พิมพ์ทองแดง



ภาพที่ 1.55 ชั้นความลึกของแม่พิมพ์กราวัวร์ที่แกะโดยใช้แสงเลเซอร์

กิจกรรม 1.3.1

1. จงอธิบายวิธีการทำแม่พิมพ์อินทาลโยของมาโซ ฟินิเกอรา

2. คาร์ล คลิตช์ ทำแม่พิมพ์กราวัวร์โดยใช้วัสดุประเภทใดเป็นตัวกลางในการถ่ายโอนภาพต้นฉบับลงบนแม่พิมพ์

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 1 ตอนที่ 1.3 กิจกรรม 1.3.1

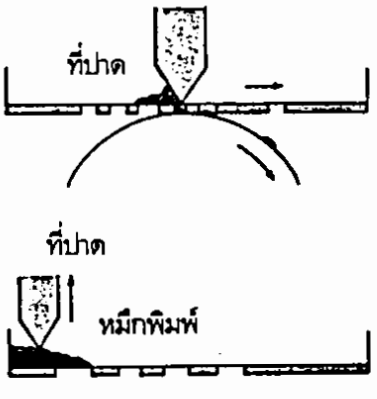
แนวตอบกิจกรรม 1.3.1

1. การทำแม่พิมพ์อินทาลโยของมาโซ ฟินิเกอรา เป็นการใช้เหล็กปลายแหลมแกะลวดลายที่เขียนไว้ด้วยสีบนแผ่นทองแดง

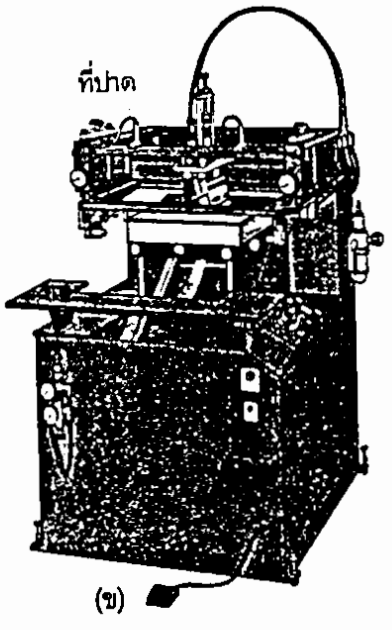
2. คาร์ล คลิตช์ ใช้กระดาษไวแสงที่เรียกว่ากระดาษคาร์บอนทิชชูในการทำแม่พิมพ์

เรื่องที่ 1.3.2
วิวัฒนาการของการพิมพ์ฉลุลายผ้า

ระบบการพิมพ์ฉลุลายผ้าหรือซิลค์สกรีนเป็นการพิมพ์ด้วยการปาดหมึกพิมพ์ที่เหลวให้แทรกผ่านช่องเปิดขนาดเล็กของผ้าไหมให้เกิดเป็นภาพบนวัสดุใช้พิมพ์ตามแบบแม่พิมพ์ที่ตัดด้วยกระดาษหรือผ้าสอดข้างใต้ของผ้าไหม หมึกที่ผ่านจะติดลงบนผิววัสดุใช้พิมพ์ที่วางรองรับอยู่ด้านล่างของแม่พิมพ์ วัสดุใช้พิมพ์ดังกล่าวอาจเป็น กระดาษ ผ้า หนัง พลาสติก กระจก ไม้ กระเบื้องเคลือบ โลหะ ฯลฯ ในลักษณะที่เป็นแผ่น ผืน ม้วน โค้ง กลม แท่ง ก้อน ฯลฯ วัสดุทุกชนิดสามารถนำมาใช้พิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์ฉลุลายผ้าได้ เว้นแต่น้ำและอากาศเท่านั้นที่การพิมพ์ฉลุลายผ้าไม่สามารถนำมาใช้พิมพ์ได้



(ก)

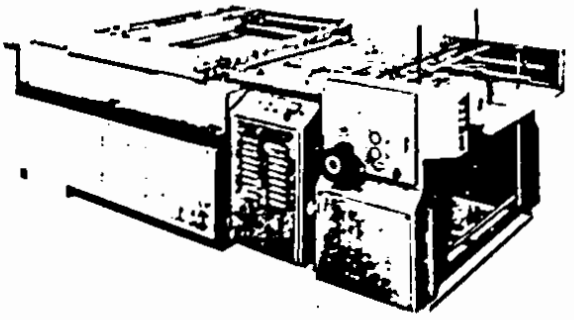


(ข)

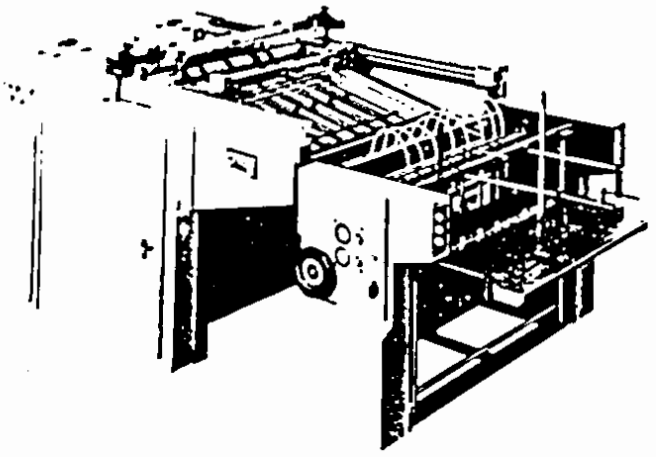
ภาพที่ 1.56 (ก) การพิมพ์ฉลุลายผ้าแบบต่าง ๆ และ (ข) เครื่องพิมพ์ฉลุลายผ้าอัตโนมัติ

การพิมพ์ฉลุลายผ้าในสมัยแรกเริ่มเรียกว่า "การพิมพ์ซิลค์สกรีน" เกิดขึ้นเมื่อ พ.ศ.2448 โดยชาวอังกฤษชื่อ "แซมมวล ไซมอน" (Samual Simon) เป็นผู้คิดค้น โดยใช้ผ้าไหมแท้ขึงเข้ากับกรอบไม้ทำเป็นแม่พิมพ์ที่มีลักษณะเป็นตะแกรง จึงได้เรียกกรรมวิธีการพิมพ์นี้ว่า "ซิลค์สกรีน" ต่อมาชาวอเมริกันชื่อ จอห์น พิลสเวิร์ท (John Pilsworth) ได้ดัดแปลงพัฒนาวิธีการพิมพ์ฉลุลายผ้าระบบสอดสีได้เป็นผลสำเร็จ ใช้พิมพ์ภาพโปสเตอร์และแผ่นป้ายโฆษณา ได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์ในสหรัฐอเมริกา เมื่อ พ.ศ.2465 และได้เปลี่ยนจากผ้าไหมสกรีนเป็นผ้าทอประเภทที่มีราคาถูกกว่า เช่น ผ้าไนลอน ผ้าพอลิเอสเทอร์ และตาข่ายมุ้งลวดชนิดทำด้วยโลหะ และชนิดทำด้วยพอลิยูรีเทน และได้เปลี่ยนชื่อเรียกใหม่ว่า "การพิมพ์สกรีน" หรือการพิมพ์ฉลุลายผ้า

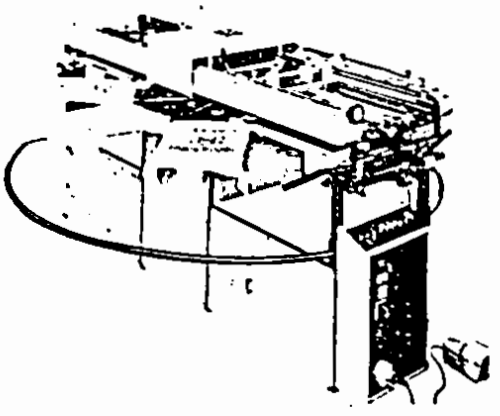
สำหรับเครื่องพิมพ์ฉลุลายผ้าในปัจจุบัน ส่วนใหญ่แล้วใช้พิมพ์ผ้า สิ่งทอ และกระดาษ วัสดุใช้พิมพ์อื่น ๆ ก็มีตามความต้องการของผู้จ้าง เครื่องพิมพ์ที่ใช้มีทั้งชนิดที่เป็นเครื่องพิมพ์ด้วยมือ เครื่องพิมพ์กึ่งอัตโนมัติ และเครื่องพิมพ์อัตโนมัติ



ภาพที่ 1.67 ตัวอย่างเครื่องพิมพ์ฉลุลายผ้าอัตโนมัติ สำหรับใช้พิมพ์วัสดุใช้พิมพ์ที่แบนเรียบ



ภาพที่ 1.68 ตัวอย่างเครื่องพิมพ์ฉลุลายผ้าอัตโนมัติ สำหรับใช้พิมพ์โปสเตอร์และแผ่นโฆษณา



ภาพที่ 1.69 ตัวอย่างเครื่องพิมพ์ฉลุลายผ้าอัตโนมัติ สำหรับใช้พิมพ์เฮื้อยีดพิมพ์สองสี

กิจกรรม 1.3.2

ใครเป็นผู้คิดค้นการพิมพ์ซิลค์สกรีน และคิดค้นขึ้นเมื่อใด

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 1 ตอนที่ 1.3 กิจกรรม 1.3.2

แนวตอบกิจกรรม 1.3.2

ผู้คิดค้นการพิมพ์ซิลค์สกรีน คือ แซมมวล ไซมอน ใน พ.ศ. 2448

บรรณานุกรม

แสงไทยจักรกล จำกัด, บริษัท *แผ่นพับเครื่องพิมพ์ Miller Bookmatic* กรุงเทพมหานคร บริษัทแสงไทยจักรกล จำกัด

Doari, Yano. *Insatsu Jitsu Kosa.* Japan : Dainippon Insatsu Kabushiki Kaisha, showa 17.

Dubler, Sepp and Kalling, Fritz. *Modern Setzerei.* Müchen : Verlag documentation, 1971.

Howe, Y.H. *Printing History of Asian Countries.* in 4th Asian Printers Congress. Taipei : n.p. 1968.

Insatsu Shuppan Ken Kyuyo. *Insatsu Kikai Solan.* Japan : insatsu Shuppan Ken Kyuyo, 1969.

Ito, Ryoji. *Toppan Seihan Insatsu Gijitsu.* Japan : Kyoritsu Shippan Kabushiki Kaisha, Showa 36.

_____*Insatsu Gijitsu Ippan.* Japan : Domei Kai, Showa 38.

Man Roland. *Druck Injeder Dimension.* n.p.: Man Roland, n.d.

Meshisaka, Giji. *Jitsuyo Insatsu Gijitsu.* Japan : Sangyo Tosho Kabushiki Kaisha Ban, Showa 35.

Miyasaik, Isamu. *Offset Koshitsu.* Japan : Nippon Insatsu Shimbun Sha, Showa 44.

Nakamura, Shinfuo. *Insatsu Kikai.* Japan : Insatsu Kakkai Shippan Bu, Showa 43.

Nippon Insatsu Gakkai Hen. *Insatsu Jiten.* Japan : Okurasho Insatsu Kyoku, Showa 49.

Seiko Advance. *Screen Printing.* n.p.: Seiko Advance, n.d.

Seitachi, Bo Yu. *Kappan Insatsu Koshisu.* Japan : Nippon Insatsu Shimbun Sha, Showa 41.

Shepherd, E.G. *Advance Typography for Students.* London : Richard Clay, 1960.

หน่วยที่ 2

กระบวนการพิมพ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จันทนา ทองประยูร

แผนการสอนประจำหน่วย

ชุดวิชา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์

หน่วยที่ 2 กระบวนการพิมพ์

ตอนที่

2.1 งานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์
2.2 งานก่อนพิมพ์
2.3 งานพิมพ์และงานหลังพิมพ์

แนวคิด

1. กระบวนการจัดพิมพ์เป็นกระบวนการแปรสภาพต้นฉบับงานพิมพ์ให้เป็นรูปแบบสำเร็จตามที่เจ้าของงานต้องการ กระบวนการจัดพิมพ์ประกอบด้วยงานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์และงานผลิตสิ่งพิมพ์ งานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ได้แก่งานวางแผนและงานบรรณาธิกร ส่วนงานในกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ ประกอบด้วยงานก่อนพิมพ์ งานพิมพ์ และงานหลังพิมพ์
2. งานวางแผนเป็นงานระบุลักษณะสิ่งพิมพ์ที่เจ้าของงานต้องการ รวมทั้งการกะต้นฉบับเข้ากับเนื้อที่ และการกำหนดเวลาการผลิตที่ควรแล้วเสร็จในแต่ละขั้นตอน งานบรรณาธิกรเป็นขั้นตอนสุดท้ายของงานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ ประกอบด้วยการออกแบบจัดหน้า การตรวจแก้ไขต้นฉบับ การเตรียมต้นฉบับ และการกำหนดรายละเอียดสำหรับงานก่อนพิมพ์
3. งานก่อนพิมพ์เป็นกระบวนการที่เริ่มภายหลังจากงานบรรณาธิกรสิ้นสุด และเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ งานก่อนพิมพ์เริ่มตั้งแต่การเรียงพิมพ์จนถึงการทำแม่พิมพ์
4. งานพิมพ์เริ่มตั้งแต่การนำแม่พิมพ์ไปติดตั้งที่โมแม่พิมพ์ รวมทั้งงานเตรียมพร้อมพิมพ์ และงานพิมพ์บนเครื่องพิมพ์จนได้ภาพปรากฏบนวัสดุใช้พิมพ์ งานพิมพ์ของแต่ละระบบการพิมพ์จะแตกต่างกันเนื่องจากหลักการ วิธีการ และลักษณะการถ่ายโอนภาพจากแม่พิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ รวมทั้งการทำงานของเครื่องพิมพ์ที่ต่างกัน
5. งานหลังพิมพ์เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ โดยเริ่มภายหลังจากงานพิมพ์ งานหลังพิมพ์ประกอบด้วยการทำสำเร็จและการแปรรูป การทำสำเร็จมีหลายประเภท เช่น การทำตัวนูนด้วยความร้อน การดุนนูน การประทับรอยร้อน การพิมพ์ตัวเลข การอาบมัน และการเคลือบพลาสติก ฯลฯ การแปรรูปประกอบด้วยการพับ การเก็บเล่ม การทำเล่ม การเข้าปก การเจียน การอัดตัดตามแม่แบบ การหักสัน การปรุ การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ ฯลฯ

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาหน่วยที่ 2 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายกระบวนการของงานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ได้
2. อธิบายกระบวนการของงานก่อนพิมพ์ได้
3. อธิบายกระบวนการของงานพิมพ์ได้
4. อธิบายกระบวนการของงานหลังพิมพ์ได้

กิจกรรมระหว่างเรียน

1. ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียน หน่วยที่ 2
2. ศึกษาเอกสารการสอนตอนที่ 2.1-2.3
3. ปฏิบัติกิจกรรมตามที่ได้รับมอบหมายในเอกสารการสอนแต่ละตอน
4. ฟังรายการวิทยุกระจายเสียง
5. ชมรายการวิทยุโทรทัศน์
6. เข้ารับบริการการสอนเสริม
7. ทำแบบประเมินผลตนเองหลังเรียน หน่วยที่ 2

ประเมินผล

1. ประเมินจากแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินจากกิจกรรมในแบบฝึกปฏิบัติ
3. ประเมินจากการสอบประจำภาคการศึกษา

เมื่ออ่านแผนการสอนแล้ว ขอให้ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียน ในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 2 แล้ว จึงศึกษาเอกสารการสอนต่อไป

ความนำ

กระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์โดยทั่วไปเป็นภาระงานของสำนักพิมพ์ (publishing house) ก่อนเริ่มกระบวนการพิมพ์ จะมีเจ้าของงานหรือผู้ว่าจ้างมาติดต่อสำนักพิมพ์เพื่อขอให้สำนักพิมพ์จัดทำสิ่งพิมพ์ให้ การจัดทำสิ่งพิมพ์ที่มีการติดต่องานในลักษณะดังกล่าวมักเป็นสิ่งพิมพ์ประเภทหนังสือเล่ม โปสเตอร์ แผ่นปลิว แผ่นพับ จุลสาร ปฏิทิน สติ๊กเกอร์ บัตรอวยพร นามบัตร หัวจดหมาย สมุดฉีก ฉลากสินค้า สิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ หรือสิ่งพิมพ์ที่มีรูปแบบและลักษณะพิเศษอื่น ๆ

ในการติดต่องาน เจ้าของงานหรือผู้ว่าจ้างจะระบุลักษณะของงานพิมพ์ที่ต้องการในด้านประเภทของสิ่งพิมพ์ ลักษณะ รูปแบบและขนาดของสิ่งพิมพ์ ระบบการพิมพ์ที่ใช้พิมพ์ คุณภาพของงานพิมพ์ จำนวนพิมพ์หรือจำนวนชุดที่ต้องการ การออกแบบจัดหน้าทั้งส่วนปกและเนื้อใน แบบตัวพิมพ์หรือแบบตัวอักษรที่ต้องการ ประเภท ลักษณะ ขนาด และจำนวนของภาพประกอบ จำนวนสีที่ใช้ในการพิมพ์ ประเภท ลักษณะ และสีของกระดาษและหมึกพิมพ์ การทำสำเร็จ การแปรรูป ฯลฯ

เมื่อทราบรายละเอียดของงานพิมพ์แล้ว สำนักพิมพ์จะประเมินราคาค่าใช้จ่ายในการจัดพิมพ์และกำหนดระยะเวลาที่งานจะแล้วเสร็จ ถ้าเจ้าของงานหรือผู้ว่าจ้างยอมรับเงื่อนไขดังกล่าว จะมีการทำสัญญาว่าจ้างร่วมกันระหว่างผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของงานกับผู้บริหารสูงสุดในสำนักพิมพ์ คือผู้จัดพิมพ์หรือผู้พิมพ์โฆษณา (publisher) ในรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งพิมพ์ที่ผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของงานต้องการและเงื่อนไขของสำนักพิมพ์รวมทั้งข้อตกลงอื่น ๆ จากนั้นสำนักพิมพ์จะส่งต้นฉบับงานพิมพ์เข้าสู่กระบวนการจัดพิมพ์ (publishing process) ขั้นตอนของการจัดพิมพ์ประกอบด้วยงานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์และงานในกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ งานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์เริ่มตั้งแต่งานวางแผนการจัดทำสิ่งพิมพ์ และสิ้นสุดที่งานบรรณาธิกร (editing) ส่วนงานในกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ประกอบด้วยงานก่อนพิมพ์ (prepress) งานพิมพ์ (press) และงานหลังพิมพ์ (after press)

อย่างไรก็ตาม มักจะมีผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของงานจำนวนไม่น้อยที่ไม่สามารถบ่งบอกรายละเอียดทั้งหมดเกี่ยวกับงานพิมพ์ที่ต้องการได้ เนื่องจากไม่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการจัดพิมพ์งานหรือมีประสบการณ์น้อย ในกรณีที่ผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของงานมีประสบการณ์หรือมีความรู้เกี่ยวกับการจัดพิมพ์ก็คงไม่เกิดปัญหาในการระบุรายละเอียดของงานพิมพ์ตามต้องการ แต่ถ้าผู้ว่าจ้างขาดประสบการณ์ในเรื่องดังกล่าวสำนักพิมพ์จะต้องเป็นผู้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาแก่ผู้ว่าจ้างในรายละเอียดเกี่ยวกับเงื่อนไขการพิมพ์งานตามที่กล่าวข้างต้น เพื่อให้ผู้ว่าจ้างรับทราบและนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบการตัดสินใจว่า จะพิมพ์งานในลักษณะและรูปแบบใดภายใต้งบประมาณและระยะเวลาที่มี

แต่ในการจัดพิมพ์สิ่งพิมพ์บางประเภทนั้น การทำข้อตกลงดังกล่าวเป็นสิ่งไม่จำเป็น เพราะการจัดพิมพ์งานเป็นงานประจำของสำนักพิมพ์นั้น ๆ อยู่แล้ว และเจ้าของงานจะเป็นบุคคลเดียวกับเจ้าของสำนักพิมพ์ ดังเช่น ในกรณีการจัดพิมพ์หนังสือพิมพ์รายวันและนิตยสารส่วนใหญ่ที่เจ้าของงานคือเจ้าของสำนักพิมพ์โดยไม่มีผู้ว่าจ้าง ยกเว้นผู้ว่าจ้างที่ติดต่อสำนักพิมพ์เพื่อพิมพ์งานโฆษณา โดยอาจขอให้สำนักพิมพ์จัดทำชิ้นงานโฆษณาให้ สำนักพิมพ์ขนาดใหญ่โดยทั่วไปรวมทั้งสำนักพิมพ์หนังสือพิมพ์และสำนักพิมพ์นิตยสารที่มียอดจำหน่ายสูงมักจะมีโรงพิมพ์ (printing house) เป็นของตนเอง เพื่อใช้รองรับงานในขั้นตอนงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์ ดังนั้น โรงพิมพ์จึงเป็นหน่วยงานหนึ่งที่อยู่ภายใต้การควบคุมและดูแลของสำนักพิมพ์

อย่างไรก็ตาม สำนักพิมพ์ที่มีขนาดกลางและขนาดเล็กมักจะไม่มีโรงพิมพ์ภายในสำนักพิมพ์ เพราะการลงทุนจัดตั้งโรงพิมพ์ต้องใช้เงินทุนจำนวนมาก สำนักพิมพ์ที่ไม่มีเงินทุนสูงมากนักจึงต้องว่าจ้างโรงพิมพ์ภายนอก เพื่อรองรับงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์ โดยสำนักพิมพ์จะจัดทำเฉพาะส่วนของงานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ และ

งานก่อนพิมพ์เท่านั้น สำนักพิมพ์ที่มีขนาดดังกล่าวโดยเฉพาะสำนักพิมพ์นิตยสารที่มียอดจำหน่ายปานกลางและต่ำ จึงมักมีแต่เพียงกองบรรณาธิการที่รับผิดชอบในการจัดหา คัดเลือก จัดเตรียม ตรวจสอบ และแก้ไขเนื้อหาทั้งข้อเขียนและภาพประกอบ โดยอาจมีหน่วยงานที่รับผิดชอบงานก่อนพิมพ์หรือไม่ก็ได้ ส่วนงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์นั้น สำนักพิมพ์เหล่านี้จะว่าจ้างโรงพิมพ์ภายนอกในการจัดทำ

นอกจากนั้น ในการจัดทำสิ่งพิมพ์ทั่วไปยกเว้นหนังสือพิมพ์และนิตยสารผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของงานอาจเป็นเพียงนักเขียนธรรมดาคนหนึ่ง บุคคลทั่วไป องค์การ สถาบัน หรือหน่วยงานใด ๆ ที่ต้องการพิมพ์เผยแพร่ผลงานที่ผู้เขียนหรือกลุ่มผู้เขียนเขียนขึ้นไปยังประชาชนทั่วไปหรือกลุ่มผู้อ่านเฉพาะกลุ่ม โดยมีวัตถุประสงค์ต่างกันไป เช่น เพื่อผลทางการค้า ธุรกิจ การประชาสัมพันธ์ การเผยแพร่ในลักษณะจ่ายแจกโดยไม่หวังผลกำไร หรือด้วยเหตุผลประการอื่น นอกจากงานเขียนแล้ว งานของผู้ว่าจ้างอาจเป็นต้นฉบับที่ประกอบด้วยข้อความจำนวนน้อย หรือเป็นงานเบ็ดเตล็ดอื่นที่ไม่ต้องการการเข้าเล่มหรือทำเล่ม เช่น งานพิมพ์โปสเตอร์ แผ่นปลิว แผ่นพับ จดหมายข่าว นามบัตร วัสดุที่ใช้ในสำนักงาน เช่น กระดาษบันทึกข้อความ กระดาษพิมพ์หัวจดหมาย ฯลฯ สำนักพิมพ์จึงต้องเตรียมความพร้อมเพื่อการจัดพิมพ์ในลักษณะที่ต่างกันไป

ตอนที่ 2.1
งานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 2.1 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

2.1.1 ความหมายและขอบข่ายของงานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์
2.1.2 การออกแบบจัดหน้า
2.1.3 การตรวจแก้ไขต้นฉบับ
2.1.4 การเตรียมต้นฉบับ
2.1.5 การกำหนดรายละเอียดสำหรับงานก่อนพิมพ์

แนวคิด

1. งานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ เป็นการเตรียมความพร้อมของงานในขั้นแรกก่อนที่จะส่งงานนั้นเข้าสู่กระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ งานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ประกอบด้วยงานวางแผนและงานบรรณาธิกร งานวางแผนประกอบด้วยการกำหนดลักษณะงานพิมพ์ การกะต้นฉบับเข้ากับเนื้อที่ และการกำหนดเวลาการผลิต งานบรรณาธิกรประกอบด้วยการออกแบบจัดหน้า การตรวจแก้ไขต้นฉบับ การเตรียมต้นฉบับ และการกำหนดรายละเอียดสำหรับงานก่อนพิมพ์
2. การออกแบบจัดหน้า เป็นศิลปะการกำหนดองค์ประกอบต่าง ๆ อันได้แก่ ตัวพิมพ์ ภาพ สี และที่ว่าง ลงบนหน้าสิ่งพิมพ์อย่างสร้างสรรค์ เพื่อให้การใช้สิ่งพิมพ์เป็นไปโดยเกิดประโยชน์สูงสุด และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การจัดทำ รวมทั้งช่วยให้สิ่งพิมพ์อ่านง่าย ช่วยเพิ่มความน่าสนใจ ความสวยงาม ความประทับใจ ฯลฯ ให้แก่ผู้อ่าน
3. การตรวจแก้ไขต้นฉบับประกอบด้วยการตรวจแก้ไขต้นฉบับข้อความและต้นฉบับภาพ ขั้นตอนการตรวจแก้ไขต้นฉบับข้อความประกอบด้วยการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา การตรวจสอบรูปแบบและขนาดสิ่งพิมพ์ และการตรวจสอบวิธีการเขียนและการใช้ภาษา ส่วนการตรวจแก้ไขต้นฉบับภาพ เป็นการตรวจสอบการใช้ภาพประกอบโดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์และเป้าหมายการจัดทำสิ่งพิมพ์ รวมทั้งการตรวจสอบเนื้อหาของภาพ และคุณภาพของภาพที่สามารถให้ผลผลิตของภาพที่ดีภายหลังผ่านกระบวนการพิมพ์แล้ว
4. การเตรียมต้นฉบับมีทั้งการเตรียมข้อความและภาพ การเตรียมต้นฉบับข้อความควรใช้วิธีการพิมพ์ข้อความลงบนกระดาษมาตรฐานขนาดเอสี่ สีขาว โดยมีการเว้นช่วงบรรทัด ตัวพิมพ์ควรมีความคมและความดำ มีเลขหน้ากำกับ มีการเว้นช่องว่างโดยรอบข้อความ และการใช้เครื่องหมายบรรณาธิกร ส่วนการเตรียมต้นฉบับภาพต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ เช่น ประเภทของภาพ ประเภทของงานพิมพ์ วัตถุประสงค์ของงาน ลักษณะของเนื้อหาข้อความ กลุ่มเป้าหมายหรือผู้อ่าน งบประมาณที่มี วัสดุการพิมพ์ที่ใช้ ฯลฯ

5. การกำหนดรายละเอียดสำหรับงานก่อนพิมพ์ ต้องกระทำในส่วนของต้นฉบับข้อความและต้นฉบับภาพ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานและผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายรับทราบลักษณะของงานพิมพ์ในแนวทางเดียวกัน การกำหนดรายละเอียดของข้อความควรกำหนดข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบและขนาด สิ่งพิมพ์ จำนวนคอลัมน์ ความกว้างของคอลัมน์ ความลึกของคอลัมน์ แนวข้อความหรือ แนวคอลัมน์ ขอบว่าง แบบตัวพิมพ์ ขนาดตัวพิมพ์ ช่วงบรรทัด และ อื่น ๆ
6. การกำหนดรายละเอียดของภาพสำหรับงานก่อนพิมพ์ เป็นขั้นตอนการระบุรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับภาพลงในต้นแบบร่างหรือดัมมี เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานและผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายรับทราบลักษณะของงานพิมพ์ไปในแนวทางเดียวกัน รายละเอียดของภาพที่ควรระบุสำหรับงานก่อนพิมพ์ ได้แก่ ประเภทของภาพ รูปแบบและขนาดภาพ การจัดส่วนภาพ การกำหนดตำแหน่งของภาพ และคำบรรยายภาพ

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 2.1 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายความหมายและขอบข่ายของงานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ได้
2. อธิบายวิธีการออกแบบจัดหน้าได้
3. อธิบายวิธีการตรวจแก้ไขต้นฉบับได้
4. อธิบายวิธีการเตรียมต้นฉบับได้
5. อธิบายการกำหนดรายละเอียดสำหรับงานก่อนพิมพ์ได้

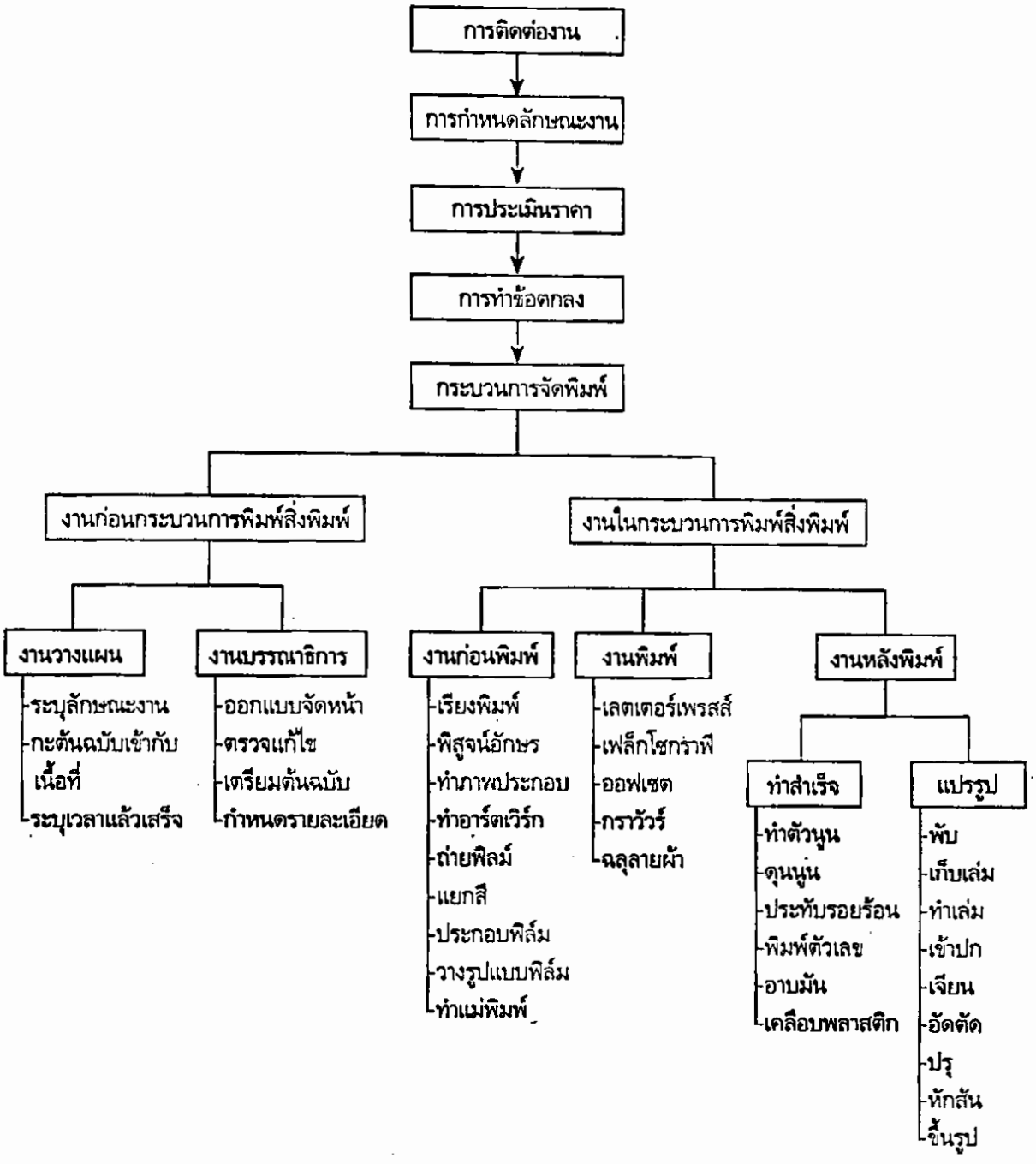
เรื่องที่ 2.1.1
ความหมายและขอบข่ายของงานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์

ในการจัดพิมพ์หนังสือเล่มและสิ่งพิมพ์ที่มีรูปแบบเฉพาะอื่น ๆ ซึ่งผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของงานต้องการให้สำนักพิมพ์ช่วยจัดทำนั้น งานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์จะเริ่มภายหลังจากการที่ผู้ว่าจ้างและสำนักพิมพ์ทำข้อตกลงร่วมกันตามรายละเอียดของเงื่อนไขที่ระบุ และผู้ว่าจ้างส่งมอบต้นฉบับให้สำนักพิมพ์แล้ว สำนักพิมพ์จะดำเนินการจัดพิมพ์ต่อไป อย่างไรก็ตาม ในกรณีของหนังสือพิมพ์และนิตยสาร เจ้าของงานคือเจ้าของสำนักพิมพ์ จึงไม่มีผู้ว่าจ้าง ดังนั้นงานก่อนพิมพ์จะเริ่มภายหลังจากการที่สำนักพิมพ์ได้รับต้นฉบับทั้งหมดแล้ว

งานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์จัดเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการจัดพิมพ์ โดยเป็นการเตรียมความพร้อมของต้นฉบับงานพิมพ์ที่ได้รับจากผู้ว่าจ้างก่อนที่จะส่งต้นฉบับนั้นไปสู่กระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ เพื่อให้ต้นฉบับงานมีความถูกต้อง เรียบร้อย และสมบูรณ์ก่อนจะส่งต้นฉบับงานไปยังกระบวนการพิมพ์ งานในขั้นตอนนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยให้ผลผลิตสิ่งพิมพ์ที่ได้รับในบั้นปลายบรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายการจัดทำที่ตั้งไว้ภายใต้เวลาและงบประมาณที่มีอยู่ ขอบข่ายของงานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ประกอบด้วยงานวางแผนและงานบรรณาธิกร

งานวางแผนเป็นการเตรียมแผนปฏิบัติงานโดยระบุลักษณะงานที่เจ้าของงานหรือผู้ว่าจ้างต้องการ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องทราบลักษณะงานที่ต้องจัดทำในแนวเดียวกัน พร้อมระบุเวลาแล้วเสร็จสำหรับการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอน

ข้อมูลสำคัญอย่างหนึ่งที่ต้องใช้ประกอบการวางแผนงานคือ จำนวนเนื้อที่พิมพ์ที่สามารถบรรจุเนื้อหาทั้งหมดของต้นฉบับลงได้พอดี เพราะจำนวนเนื้อที่ที่ใช้พิมพ์จะสัมพันธ์กับปริมาณของงาน ถ้าต้นฉบับมีปริมาณมาก จำนวนหน้าพิมพ์จะมากด้วย นั่นคือเนื้อที่ที่ใช้พิมพ์ก็จะมีปริมาณมากตามไปด้วย ดังนั้น จึงต้องใช้จำนวนกระดาษและวัสดุการพิมพ์อื่น ๆ มากขึ้นด้วย นอกจากนี้ ก็จำเป็นที่จะต้องใช้เวลาในการทำงานมากขึ้นด้วย ข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต่อการกำหนดแผนการปฏิบัติงาน โดยเฉพาะในการจัดทำสิ่งพิมพ์ประเภทหนังสือเล่มและนิตยสาร ข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต่อการจัดทำเป็นพิเศษ เพราะผู้จัดทำจำเป็นต้องทราบจำนวนหน้าสิ่งพิมพ์ค่อนข้างแน่นอน เพื่อให้ทราบจำนวนกระดาษและวัสดุอื่นที่ต้องใช้ในการพิมพ์ และสามารถวางแผนงานการผลิตได้ถูกต้อง สอดคล้อง หรือใกล้เคียงความเป็นจริงที่สุด นอกจากนี้ ในบางครั้งสิ่งพิมพ์ที่ต้องการจัดทำอาจมีจำนวนเนื้อที่จำกัด ผู้วางแผนงานต้องคำนวณหาจำนวนหน้าของเนื้อหาต้นฉบับทั้งหมดที่จะบรรจุลงในหน้าสิ่งพิมพ์ได้พอดีที่สุด วิธีการที่ใช้ในการคำนวณหาพื้นที่ที่ต้องใช้ในการพิมพ์ต้นฉบับ และการคำนวณจำนวนหน้าของต้นฉบับเพื่อให้การบรรจุข้อความลงในเนื้อที่ใช้พิมพ์ได้พอดี เรียกว่า "การกะต้นฉบับเข้ากับเนื้อที่" (copy fitting) วิธีการกะต้นฉบับเข้ากับเนื้อที่ทำได้ดังนี้



ภาพที่ 2.1 แผนภูมิกระบวนการจัดพิมพ์

1. การคำนวณหาเนื้อที่หรือจำนวนหน้าพิมพ์ที่จะบรรจุเนื้อหาทั้งหมดของต้นฉบับ

การคำนวณหาเนื้อที่หรือจำนวนหน้าพิมพ์ที่จะบรรจุเนื้อหาทั้งหมดของต้นฉบับมีวิธีการดังนี้

1.1 คำนวณหาจำนวนตัวอักษรทั้งหมดในต้นฉบับ การคำนวณหาจำนวนตัวอักษรทั้งหมดในต้นฉบับทำได้โดยนับจำนวนตัวอักษรทั้งหมดในต้นฉบับที่ผ่านการตรวจแก้ไขแล้ว และมีการพิมพ์ลงบนกระดาษมาตรฐานขนาดเอสี่

สมมติว่าความยาวของแต่ละบรรทัดของต้นฉบับเท่ากับ 60 ตัวอักษรหรือ 60 เคาะของการพิมพ์บนแป้นพิมพ์ดีดหรือแผงแป้นอักขระ (Keyboard) จำนวนบรรทัดต่อหน้าเท่ากับ 30 บรรทัด ดังนั้น โดยเฉลี่ยแล้ว ใน

ต้นฉบับหนึ่งหน้าจะมีจำนวนตัวอักษรเท่ากับ 60 x 30 = 1,800 ตัว ถ้าจำนวนหน้าทั้งหมดในต้นฉบับเท่ากับ 100 หน้า จะมีจำนวนตัวอักษรทั้งหมดในต้นฉบับเท่ากับ 1,800 x 100 = 180,000 ตัว

1.2 คำนวณหาจำนวนตัวพิมพ์ในแต่ละหน้าและจำนวนหน้าที่ต้องการ การคำนวณหาจำนวนตัวพิมพ์ต่อหน้าได้นั้น จะต้องทราบจำนวนคอลัมน์ในแต่ละหน้า รวมทั้งความกว้างและความลึกของคอลัมน์ที่ต้องการ สมมติว่ารูปแบบของหน้าที่ต้องการประกอบด้วยจำนวนคอลัมน์ในแต่ละหน้าเท่ากับ 2 คอลัมน์ โดยมีความกว้างแต่ละคอลัมน์เท่ากับ 20 ไพกา และความลึกของแต่ละคอลัมน์เท่ากับ 10 นิ้ว (หน่วยความกว้างคอลัมน์นิยมใช้ไพกา และหน่วยความลึกคอลัมน์นิยมใช้นิ้ว) การคำนวณหาจำนวนตัวพิมพ์ในแต่ละหน้า ทำได้โดยการนับจำนวนตัวพิมพ์โดยเฉลี่ยที่บรรจุในเนื้อที่ 1 คอลัมน์ โดยคำนวณจากแบบตัวพิมพ์ที่มีขนาด รวมทั้งช่วงบรรทัด (leading) หรือระยะห่างระหว่างบรรทัดตามที่กำหนดหรือเลือกไว้แล้ว วิธีการทำได้โดยการพิมพ์แบบตัวพิมพ์ที่มีขนาดและช่วงบรรทัดดังกล่าวลงในเนื้อที่ที่มีความกว้างของคอลัมน์หรือความยาวบรรทัดเท่ากับที่กำหนดไว้ คือความกว้าง 20 ไพกา โดยพิมพ์ในพื้นที่ที่มีความลึก 1 นิ้ว แล้วนับจำนวนตัวพิมพ์ทั้งหมด

สมมติว่าได้จำนวนตัวพิมพ์เท่ากับ 200 ตัว แสดงว่า ในเนื้อที่ 1 คอลัมน์ที่กว้าง 20 ไพกาและลึก 1 นิ้ว จะสามารถบรรจุตัวพิมพ์ได้ 200 ตัว แต่ความลึกของคอลัมน์ที่ต้องการคือ 10 นิ้ว ดังนั้นจำนวนตัวพิมพ์ที่บรรจุลงในคอลัมน์กว้าง 20 ไพกา และลึก 10 นิ้วจะเท่ากับ 200 x 10 = 2,000 ตัว

แต่จำนวนคอลัมน์ในแต่ละหน้าของสิ่งพิมพ์ตามที่กำหนดไว้คือ 2 คอลัมน์ ดังนั้น จำนวนตัวเรียงพิมพ์ในหนึ่งหน้าจะเท่ากับ 2,000 x 2 = 4,000 ตัว ในขณะที่ต้นฉบับมีจำนวนตัวอักษรเท่ากับ 180,000 ตัว ดังนั้น จำนวนหน้าที่ใช้ในการเรียงพิมพ์จะเท่ากับ 180,000/4,000 = 45 หน้า

จำนวนหน้าดังกล่าวเป็นจำนวนหน้าที่ใช้บรรจุเฉพาะส่วนที่เป็นข้อความหรือตัวอักษรเท่านั้น ถ้าต้องการหาจำนวนหน้าทั้งหมดจะต้องนำข้อมูลอื่นมารวมด้วย เช่น เนื้อที่ที่ใช้บรรจุภาพประกอบ รวมทั้งส่วนประกอบอื่น ๆ ของสิ่งพิมพ์ทั้งเล่มเพื่อหาจำนวนหน้าทั้งหมดที่ใช้พิมพ์

ในกรณีที่ต้องการคำนวณหาพื้นที่ที่ใช้ในการเรียงพิมพ์ข้อความ ก็ทำได้โดยคำนวณหาจำนวนตัวอักษรต่อหน่วยพื้นที่ในการเรียงพิมพ์ หน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการเรียงพิมพ์นิยมกำหนดเป็น "คอลัมน์นิ้ว" (column inch)

คอลัมน์นิ้ว หมายถึง พื้นที่ที่มีความกว้างเท่ากับหนึ่งคอลัมน์และมีความลึกเท่ากับหนึ่งนิ้ว โดยทั่วไปความกว้างคอลัมน์ขนาดมาตรฐานที่เล็กที่สุดที่ใช้จะมีระยะ 7.5 ไพกา ดังนั้น พื้นที่ 1 คอลัมน์นิ้ว จึงหมายถึงพื้นที่ที่มีความกว้างเท่ากับ 7.5 ไพกา และมีความลึกเท่ากับ 1 นิ้ว

การคำนวณหาพื้นที่ที่ใช้ในการเรียงพิมพ์ข้อความในหน่วยคอลัมน์นิ้ว ทำได้โดยใช้การคำนวณหาจำนวนตัวพิมพ์ต่อหน่วยพื้นที่ หรือต่อคอลัมน์นิ้วด้วยการเรียงพิมพ์ตัวพิมพ์ตามแบบและขนาด รวมทั้งช่วงบรรทัดตามที่กำหนดไว้แล้วลงในเนื้อที่ 1 คอลัมน์นิ้ว จากนั้นนับจำนวนตัวพิมพ์โดยเฉลี่ยที่บรรจุในเนื้อที่ดังกล่าว สมมติว่าได้จำนวนตัวพิมพ์เท่ากับ 70 ตัว แสดงว่า ในเนื้อที่ 1 คอลัมน์นิ้ว จะสามารถบรรจุตัวเรียงพิมพ์ที่มีแบบและขนาดรวมทั้งมีช่วงบรรทัดตามที่กำหนดได้ 70 ตัว

นั่นคือ จำนวนตัวอักษร 70 ตัว ต้องใช้เนื้อที่เรียงพิมพ์เท่ากับ 1 คอลัมน์นิ้ว ดังนั้น จำนวนตัวอักษรต้นฉบับซึ่งมีเท่ากับ 180,000 ตัว ต้องใช้เนื้อที่สำหรับการเรียงพิมพ์เท่ากับ 180,000/70 = 2571.43 หรือประมาณ 2,570 คอลัมน์นิ้ว

2. การคำนวณหาจำนวนหน้าของเนื้อหาต้นฉบับทั้งหมดที่จะบรรจุในหน้าสิ่งพิมพ์ที่มีพื้นที่ตามที่กำหนด

การคำนวณหาจำนวนหน้าของเนื้อหาต้นฉบับทั้งหมดที่จะบรรจุในหน้าสิ่งพิมพ์ที่มีพื้นที่ตามที่กำหนดมีวิธีการดังนี้ ในการจัดทำสิ่งพิมพ์ที่มีจำนวนหน้าจำกัด เช่น ในกรณีของหนังสือพิมพ์หรือนิตยสาร การกะต้นฉบับเข้า

กับเนื้อที่จำเป็นต้องจำกัดจำนวนตัวอักษรของข้อความที่จะตีพิมพ์ เพื่อให้สามารถบรรจุลงในเนื้อที่ของหน้าที่มีจำกัดได้ลงตัวพอดี แต่ถ้าไม่สามารถบรรจุข้อความได้พอดี ก็จำเป็นต้องมีการเพิ่มหรือลดข้อความบางส่วน แต่การกระทำดังกล่าวควรทำให้น้อยที่สุด

การคำนวณหาจำนวนหน้าของต้นฉบับทั้งหมดที่จะบรรจุลงในหน้าของสิ่งพิมพ์ที่มีจำกัด อาจทำได้โดยใช้การคำนวณหาจำนวนตัวเรียงพิมพ์ต่อเนื้อที่ 1 คอลัมน์นิ้ว ตัวเรียงพิมพ์ดังกล่าวต้องมีแบบ ขนาด และช่วงบรรทัดตามที่กำหนดเลือกไว้แล้ว สมมติว่า ต้องใช้ตัวพิมพ์ประมาณ 60 ตัวอักษร ต่อเนื้อที่ 1 คอลัมน์นิ้ว และในหน้าสิ่งพิมพ์ดังกล่าวจำกัดเนื้อที่ที่จะใช้ในการบรรจุข้อความไว้ 50 คอลัมน์นิ้ว สิ่งที่ต้องคำนวณหาคือ จำนวนตัวเรียงพิมพ์ทั้งหมดที่บรรจุในเนื้อที่ดังกล่าว ซึ่งจะเท่ากับ 60 x 50 = 3,000 ตัว ดังนั้น จำนวนตัวอักษรของต้นฉบับที่จะบรรจุลงในเนื้อที่ 50 คอลัมน์นิ้วต้องเท่ากับ 3,000 ตัวด้วย

ถ้ากำหนดให้ต้นฉบับมีจำนวนบรรทัดเท่ากับ 30 บรรทัด และแต่ละบรรทัดมีจำนวนตัวอักษรเท่ากับ 60 ตัว ดังนั้น ต้นฉบับหนึ่งหน้าจะมีจำนวนตัวอักษรเท่ากับ 30 x 60 = 1,800 ตัว แต่จำนวนตัวอักษรของต้นฉบับที่ต้องการคือ 3,000 ตัว ดังนั้น จำนวนหน้าของต้นฉบับต้องเท่ากับ 3,000/1,800 = 1.67 หน้า หรือประมาณ 1 หน้ากับ 20 บรรทัด

เมื่อทราบจำนวนตัวอักษรและพื้นที่ที่ใช้ในการเรียงพิมพ์ที่สอดคล้องกันแล้ว ก็สามารถนำข้อมูลนั้นมาประกอบการวางแผนการจัดทำสิ่งพิมพ์ต่อไป

นอกจากงานวางแผนแล้ว งานบรรณาธิกรเป็นขั้นตอนสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งของงานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ คำว่า "บรรณาธิกร" นั้น ตามความหมายที่บัญญัติในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 หมายถึง รวบรวมและจัดเลือกเฟ้นเรื่องลงพิมพ์ ส่วนบรรณาธิการ (editor) หมายถึง ผู้จัดเลือกเฟ้น รวบรวม ปรับปรุง และรับผิดชอบเรื่องลงพิมพ์ นอกจากนี้ยังหมายถึงบุคคลซึ่งรับผิดชอบในการจัดทำ ตรวจแก้ หรือควบคุมบทประพันธ์หรือสิ่งอื่นในหนังสือพิมพ์ ส่วนงานบรรณาธิกรในที่นี้มีความหมายในแนวกว้างตามที่ระบุในพจนานุกรมดังกล่าวข้างต้น รวมทั้งความหมายที่มีขอบข่ายครอบคลุมการเตรียมความพร้อมของงานพิมพ์ก่อนเข้าสู่กระบวนการพิมพ์ ซึ่งประกอบด้วยการตรวจแก้ไขต้นฉบับ การออกแบบจัดหน้า การเตรียมต้นฉบับ และการกำหนดรายละเอียดสำหรับงานก่อนพิมพ์ ส่วนคำว่าสิ่งพิมพ์ในที่นี้หมายถึงสิ่งพิมพ์ทุกประเภท เช่น สิ่งพิมพ์ทั่วไป สิ่งพิมพ์ลักษณะพิเศษ สิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ และอื่น ๆ

กิจกรรม 2.1.1

งานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์หมายถึงอะไร และมีขอบข่ายของงานอย่างไร

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 2 ตอนที่ 2.1 กิจกรรม 2.1.1

แนวตอบกิจกรรม 2.1.1

งานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์เป็นการเตรียมความพร้อมของต้นฉบับงานพิมพ์ก่อนที่จะส่งงานนั้นเข้าสู่กระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ งานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ประกอบด้วยงานวางแผนและงานบรรณาธิกร

งานวางแผน เป็นงานเตรียมแผนปฏิบัติงานโดยการระบุลักษณะงานที่เข้าของงานหรือผู้ว่าจ้างต้องการ การกะต้นฉบับเข้ากับเนื้อที่ รวมทั้งระบุเวลาแล้วเสร็จสำหรับการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอน

งานบรรณาธิกร หมายถึง งานรวบรวมและจัดเลือกเฟ้นเรื่องลงพิมพ์ รวมทั้งออกแบบจัดหน้า ตรวจแก้ไขต้นฉบับ เตรียมต้นฉบับ และกำหนดรายละเอียดสำหรับงานก่อนพิมพ์

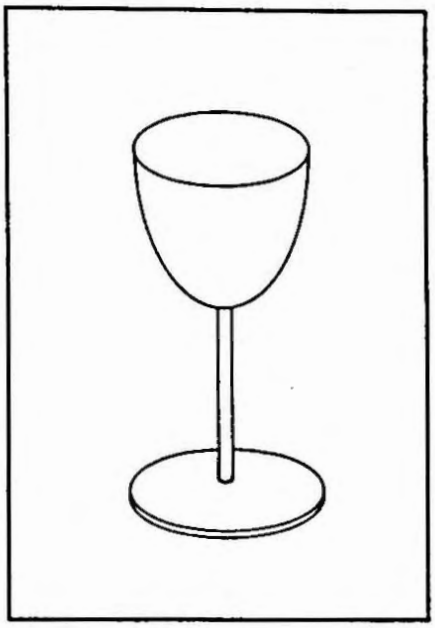
เรื่องที่ 2.1.2

การออกแบบจัดหน้า

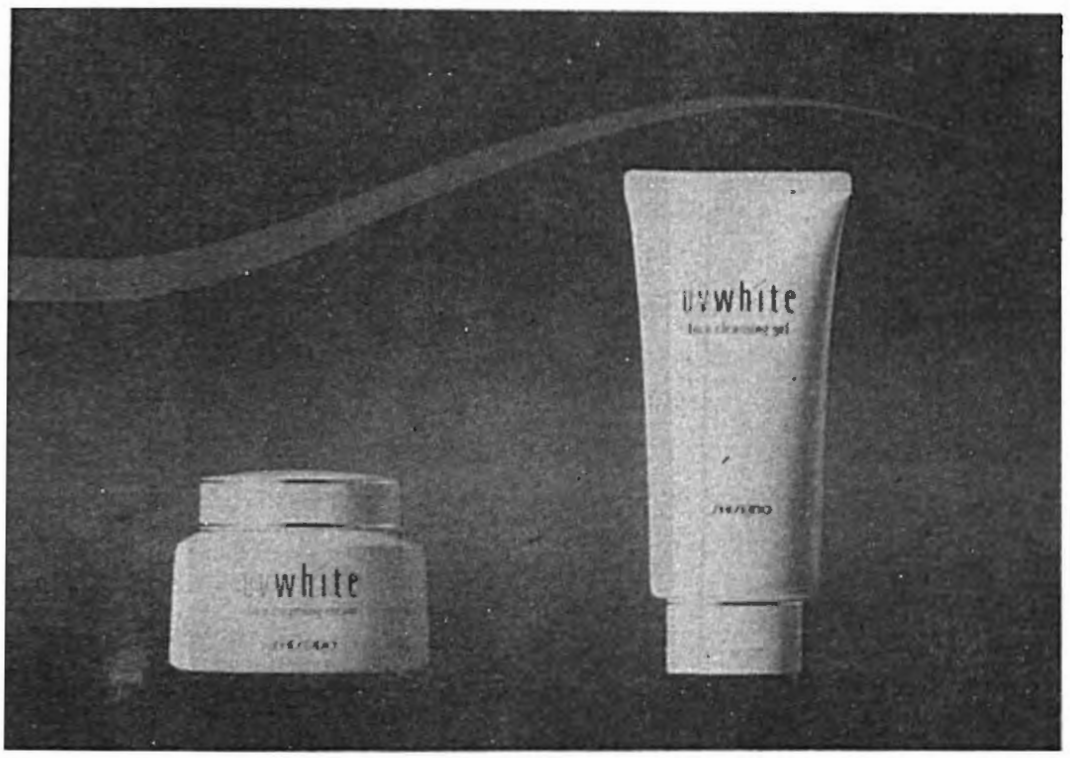
การออกแบบจัดหน้า เป็นศิลปะการกำหนดองค์ประกอบต่าง ๆ อันได้แก่ ตัวพิมพ์ ภาพ สี และที่ว่าง ลงบนหน้าสิ่งพิมพ์อย่างสร้างสรรค์ เพื่อให้การใช้สิ่งพิมพ์เป็นไปโดยเกิดประโยชน์สูงสุดและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการจัดทำ รวมทั้งช่วยให้สิ่งพิมพ์อ่านง่ายและสื่อความหมายได้มากขึ้น นอกจากนี้ การออกแบบจัดหน้ายังช่วยเพิ่มความน่าสนใจและความสวยงามให้สิ่งพิมพ์ ช่วยสร้างความประทับใจ ความน่าเชื่อถือ ความศรัทธา ความทรงจำ ฯลฯ ให้แก่ผู้อ่าน

การออกแบบจัดหน้าจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ อาทิ ประเภทของสิ่งพิมพ์ วัตถุประสงค์ในการจัดทำ ลักษณะเนื้อหา กลุ่มเป้าหมายหรือกลุ่มผู้อ่าน งบประมาณที่มี ขนาดและรูปแบบสิ่งพิมพ์ ประเภทและลักษณะของวัสดุใช้พิมพ์ ระบบการพิมพ์ที่ใช้ เครื่องพับ เครื่องเก็บเล่มและทำเล่ม และเครื่องจักรอื่น นอกจากนี้การออกแบบจัดหน้ายังต้องกระทำโดยใช้หลักเกณฑ์ทางศิลปะ หลักเกณฑ์ทางศิลปะที่สำคัญต่อการออกแบบจัดหน้าประกอบด้วย การจัดวางองค์ประกอบต่าง ๆ บนหน้าให้มีเอกภาพ (unity) สมดุลแบบอสมมาตร (asymmetrical balance) สมดุลแบบสมมาตร (symmetrical balance) มีสัดส่วน (proportion) กลมกลืน (harmony) แตกต่าง (contrast) การเคลื่อนของสายตา (eye movement) ที่ต่อเนื่อง ฯลฯ

ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างการออกแบบจัดหน้าแบบมีเอกภาพ



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างการออกแบบจัดหน้าที่มีสมดุลแบบสมมาตร

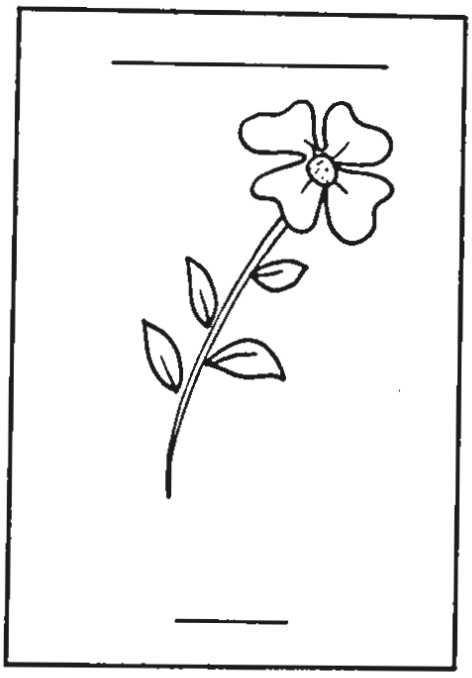


ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างการออกแบบจัดหน้าที่มีสมดุลแบบอสมมาตร

ภาพที่ ๒.๕ ตัวอย่างการออกแบบจัดหน้าแบบมีอัตส่วน

ภาพที่ ๒.๖ ตัวอย่างการออกแบบจัดหน้าแบบกลมกลืน

ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างการออกแบบจัดหน้าแบบแตกต่าง



ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างการออกแบบจัดหน้าโดยคำนึงถึงการเคลื่อนของสายตาที่ต่อเนื่อง

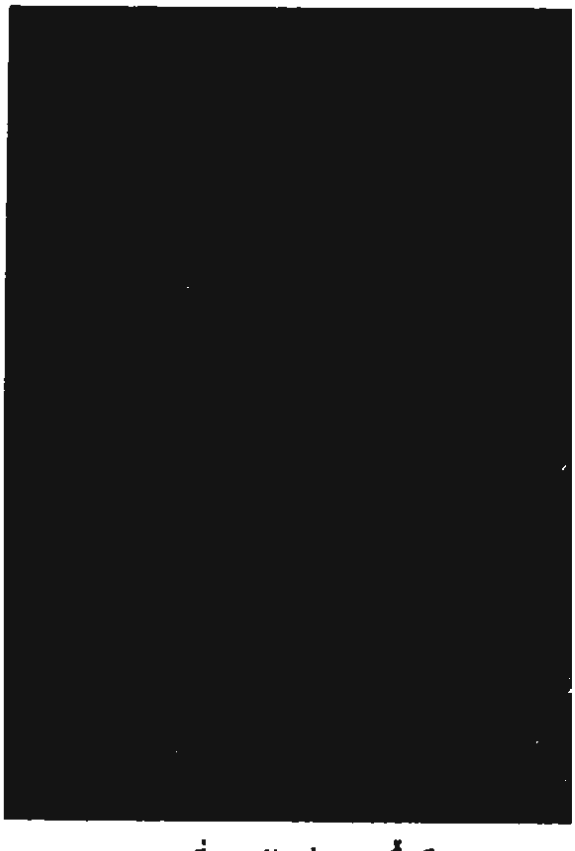
การออกแบบจัดหน้าสิ่งพิมพ์สำหรับระบบการพิมพ์แต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกันตามลักษณะและการทำงานของระบบการพิมพ์แต่ละระบบ ดังนี้

1. การออกแบบจัดหน้าสิ่งพิมพ์สำหรับการพิมพ์ในระบบเลตเตอร์เพรสส์

การออกแบบจัดหน้าสิ่งพิมพ์สำหรับการพิมพ์ในระบบเลตเตอร์เพรสส์มีสิ่งที่ควรคำนึงถึงคือ

1.1 ไม่ควรให้มีบริเวณที่ต้องพิมพ์เป็นพื้นทึบ (solid area) และภาพขนาดใหญ่ โดยเฉพาะเมื่อใช้กระดาษไม่เคลือบผิวในการพิมพ์ ถ้าต้องการพิมพ์พื้นทึบหรือภาพ ควรให้มีขนาดเล็กเพราะพิมพ์ได้ง่ายกว่าและมีราคาถูกกว่า นอกจากนั้น การพิมพ์ให้บริเวณพื้นทึบขนาดใหญ่มีความสม่ำเสมอทำได้ยาก แต่ถ้าจำเป็นต้องพิมพ์พื้นทึบจำนวนมากก็ควรหลีกเลี่ยงการใช้กระดาษไม่เคลือบผิวในการพิมพ์

1.2 ต้องวางแผนการจัดหน้า ไม่ให้บริเวณสำคัญของภาพบนกระดาษด้านหนึ่ง เช่น บริเวณใบหน้าของภาพคน อยู่บริเวณตรงกับรอยกดจากการพิมพ์ข้อความบนกระดาษอีกด้านหนึ่ง



ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างภาพพื้นทึบ

2. การออกแบบจัดหน้าสิ่งพิมพ์สำหรับการพิมพ์ในระบบเฟล็กโซกราฟี

การออกแบบจัดหน้าสิ่งพิมพ์สำหรับการพิมพ์ในระบบเฟล็กโซกราฟีมีสิ่งที่ควรคำนึงถึงคือ

2.1 ควรหลีกเลี่ยงอย่าให้บริเวณรูปภาพและข้อความสำคัญอยู่ตรงกับรอยพับ หรือรอยที่ต้องผนึกด้วยกาว รวมทั้งการจัดวางภาพบนบริเวณที่ต้องมีการปิดผนึกด้วยความร้อนบนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทพลาสติก

2.2 ควรหลีกเลี่ยงการออกแบบให้มีบริเวณพื้นทึบขนาดใหญ่ หรือลวดลายที่มีเส้นเล็กละเอียด

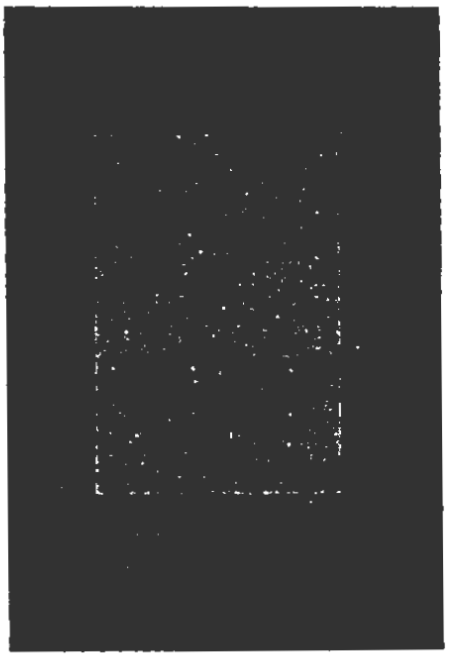
2.3 ควรหลีกเลี่ยงการออกแบบในลักษณะภาพซ้อนภาพ (trapping) เพราะจะทำให้เห็นข้อบกพร่องจาก

การพิมพ์เหลื่อม (misregister) ได้ง่าย อย่างไรก็ตาม ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ควรชดเชยลักษณะการซ้อนของภาพในขั้นตอนการทำอาร์ตเวิร์ก

2.4 ในการพิมพ์ภาพสอดสี ควรออกแบบงานพิมพ์ให้มีการใช้สีดำพิมพ์ครอบกรอบของภาพพิมพ์เพื่อปกปิดร่องรอยของการพิมพ์เหลื่อมที่อาจเกิดขึ้นได้

2.5 ถ้าวัสดุใช้พิมพ์มีสีพื้นอยู่แล้ว การพิมพ์ภาพทับลงไปต้องคำนึงถึงสีพื้นของวัสดุใช้พิมพ์นั้นด้วยว่าจะกระทบสีของภาพที่ได้ในลักษณะใด

2.6 ถ้าต้องการพิมพ์ภาพสีเพื่อปิดทับสีพื้นของวัสดุใช้พิมพ์ ควรใช้หมึกพิมพ์ทึบแสง เพราะถ้าใช้หมึกพิมพ์โปร่งใส สีวัสดุใช้พิมพ์จะมีผลกระทบต่อสีของหมึกพิมพ์ที่ใช้



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างภาพซ้อนภาพ

ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างการพิมพ์เหลื่อม

3. การออกแบบจัดหน้างานพิมพ์สำหรับการพิมพ์ในระบบออฟเซต

การออกแบบจัดหน้างานพิมพ์สำหรับการพิมพ์ในระบบออฟเซตสามารถออกแบบงานพิมพ์ที่ประกอบด้วยเส้นเล็กละเอียดจนถึงบริเวณพื้นทึบขนาดใหญ่ได้

4. การออกแบบงานพิมพ์สำหรับการพิมพ์ในระบบกราวัวร์

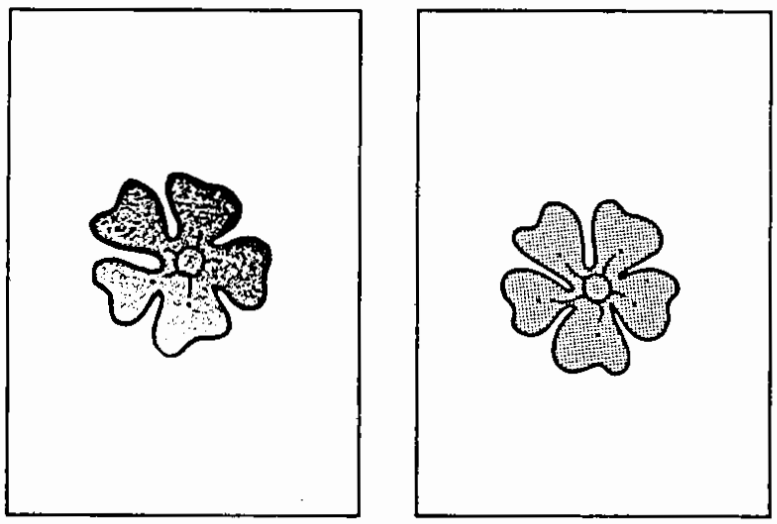
การออกแบบงานพิมพ์สำหรับการพิมพ์ในระบบกราวัวร์มีสิ่งที่ควรคำนึงถึงคือ

4.1 ควรใช้ประโยชน์จากลักษณะเด่นของระบบการพิมพ์กราวัวร์ ด้วยการกำหนดให้มีภาพที่มีน้ำหนักสีต่อเนื่อง (continuous tone) ขนาดใหญ่ทั้งภาพขาวดำและสี

4.2 อย่าใช้ขนาดตัวพิมพ์ที่เล็กเกินไป รวมทั้งแบบตัวพิมพ์ที่มีเส้นบาง เนื่องจากผิวแม่พิมพ์กราวัวร์ประกอบด้วยบ่อหมึกจำนวนมาก การสร้างบ่อหมึกสำหรับพิมพ์เส้นเล็กบางทำได้ยาก โดยทั่วไปเส้นที่ใช้ในภาพควรมีความหนาอย่างน้อยหนึ่งพอยต์

4.3 การเตรียมฟิล์มสำหรับการกัดแม่พิมพ์กราวัวร์ด้วยสารเคมีจะต้องเป็นฟิล์มพอซิทิฟที่มีน้ำหนักสีต่อเนื่องมีความเปรียบต่างพอเหมาะ โดยเฉพาะบริเวณน้ำหนักสีกลางของภาพ (middle tone) ควรเด่นชัดที่สุด

4.4 ถ้าต้องพิมพ์งานลายเส้นที่บางและละเอียด ควรออกแบบให้พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์สีเดียว



ภาพที่ 2.12 ตัวอย่างภาพที่มีน้ำหนักสีต่อเนื่องและภาพฮาล์ฟโทน

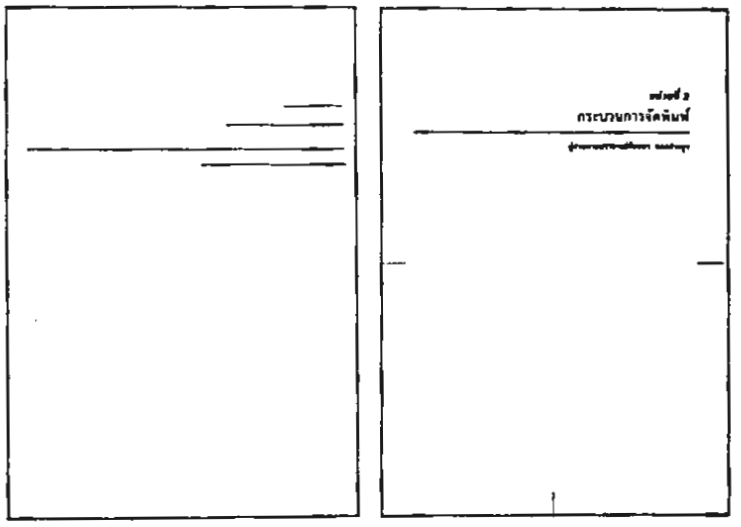
5. การออกแบบงานพิมพ์สำหรับการพิมพ์ในระบบฉลุลายผ้า

การออกแบบงานพิมพ์สำหรับการพิมพ์ในระบบฉลุลายผ้ามีสิ่งที่ควรคำนึงถึงคือ

5.1 หลีกเลี่ยงการพิมพ์ภาพฮาล์ฟโทน หรือภาพสกรีน ซึ่งเป็นภาพที่ประกอบด้วยเม็ดสกรีนขนาดต่าง ๆ จำนวนมาก

5.2 ไม่เหมาะกับการพิมพ์สิ่งพิมพ์ทั่วไปที่ต้องการจำนวนพิมพ์มากประเภทหนังสือพิมพ์ นิตยสาร หนังสือ ฯลฯ

ข้อควรคำนึงที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นเพียงเกณฑ์เบื้องต้นที่ควรใช้ประกอบการออกแบบงานพิมพ์สำหรับสิ่งพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์ต่างกัน ในขั้นตอนการออกแบบจัดหน้าโดยทั่วไป ควรมีการออกแบบและจัดทำแบบร่างหยาบ (rough layout) ไว้หลายแบบ เพื่อให้เจ้าของงานหรือผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ รวมทั้งผู้เกี่ยวข้องได้มีโอกาสเลือกแบบที่ดีที่สุด เมื่อเลือกแบบที่ต้องการได้แล้ว สิ่งที่ควรกระทำในขั้นตอนต่อไปคือการทำแบบร่างสมบูรณ์ (comprehensive layout) รวมทั้งทำต้นแบบร่างหรือดัมมี (dummy) โดยนำกระดาษขนาดใหญ่มาพับให้มีรูปแบบและขนาดเท่ากับสิ่งพิมพ์สำเร็จที่ต้องการในขั้นสุดท้าย พร้อมกับลำดับหน้าให้ถูกต้องและระบุรายละเอียดต่าง ๆ ตามความเป็นจริงลงในดัมมี รายละเอียดในขั้นตอนนี้จะกล่าวไว้ในเรื่องที่ 2.1.5 ต่อไป



ภาพที่ 2.13 ตัวอย่างแบบร่างหยาบและแบบร่างสมบูรณ์

กิจกรรม 2.1.2

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบจัดหน้าได้แก่อะไรบ้าง

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 2 ตอนที่ 2.1 กิจกรรม 2.1.2

แนวตอบกิจกรรม 2.1.2

การออกแบบจัดหน้าจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ อาทิ ประเภทของสิ่งพิมพ์ วัตถุประสงค์ในการจัดทำ ลักษณะเนื้อหา กลุ่มเป้าหมายหรือกลุ่มผู้อ่าน งบประมาณที่มี ขนาดและรูปแบบสิ่งพิมพ์ ประเภทและลักษณะของวัสดุการพิมพ์ ระบบการพิมพ์ที่ใช้ ขั้นตอนการผลิตสิ่งพิมพ์ ความสามารถและขีดจำกัดในการทำงานของเครื่องพิมพ์ เครื่องพับ เครื่องเก็บเล่มและทำเล่ม และเครื่องจักรอื่น นอกจากนี้ การออกแบบจัดหน้าต้องกระทำอย่างมีหลักเกณฑ์ โดยการจัดวางองค์ประกอบต่าง ๆ บนหน้าให้เกิดความมีเอกภาพ ความสมดุลหรือความอสมดุล ความมีสัดส่วน ความกลมกลืน ความแตกต่าง การเคลื่อนของสายตาที่ต่อเนื่อง ฯลฯ

เรื่องที่ 2.1.3

การตรวจแก้ไขต้นฉบับ

ต้นฉบับที่สำนักพิมพ์รับจากผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของงานนั้นมีทั้งต้นฉบับข้อความและต้นฉบับภาพ ผู้ว่าจ้างบางคนอาจส่งต้นฉบับข้อความมาพร้อมกับภาพ ในขณะที่บางคนส่งเพียงต้นฉบับข้อความ โดยมอบความรับผิดชอบให้สำนักพิมพ์จัดหาและจัดทำภาพประกอบให้ ต้นฉบับที่เป็นข้อความนั้นอาจเป็นลายมือเขียน เป็นตัวพิมพ์ดีด เป็นตัวพิมพ์จากเครื่องพิมพ์คอมพิวเตอร์ หรืออื่น ๆ ส่วนต้นฉบับภาพแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ ภาพสะท้อนแสง (reflection copy) และ ภาพโปร่งใส (transparency) ภาพสะท้อนแสงแบ่งได้เป็นภาพถ่าย ภาพวาด และภาพพิมพ์ ส่วนภาพโปร่งใสได้แก่ภาพสไลด์

เมื่อรับต้นฉบับมาแล้ว บรรณาธิการจะทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของต้นฉบับทั้งหมด พร้อมกับปรับปรุงแก้ไขเมื่อพบข้อความที่ไม่ถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้ต้นฉบับมีความเรียบร้อยและสมบูรณ์ที่สุด จากนั้นจึงส่งต้นฉบับเข้าสู่ขั้นตอนการเตรียมต้นฉบับต่อไป

สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการตรวจแก้ไขต้นฉบับได้แก่ ลักษณะและวัตถุประสงค์ของงานพิมพ์ รวมทั้งความต้องการของผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของงาน เพื่อให้ผลที่ได้รับตอบสนองวัตถุประสงค์การจัดทำมากที่สุด การตรวจแก้ไขต้นฉบับประกอบด้วยการตรวจแก้ไขต้นฉบับข้อความ และการตรวจแก้ไขต้นฉบับภาพ

1. การตรวจแก้ไขต้นฉบับข้อความ

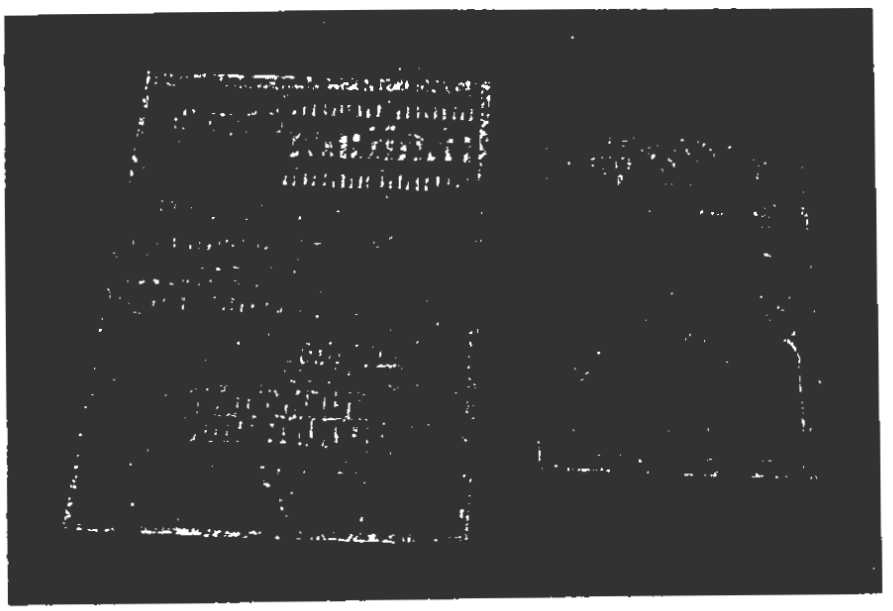
การตรวจแก้ไขต้นฉบับข้อความประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 3 ขั้นตอนคือ การตรวจแก้ไขเนื้อหา

การตรวจแก้ไขรูปแบบและขนาดสิ่งพิมพ์ และการตรวจแก้ไขวิธีการเขียนและการใช้ภาษา ดังนี้

1.1 การตรวจแก้ไขเนื้อหา การตรวจแก้ไขเนื้อหาเป็นการตรวจสอบและปรับแก้ไขเนื้อหาต้นฉบับให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์การจัดทำ รวมทั้งการตรวจสอบด้านความถูกต้องของข้อเท็จจริง ความเป็นกลางในการนำเสนอข่าวสาร ความเหมาะสม ความสมเหตุสมผล ความทันสมัยของข้อมูล และความปราศจากอคติต่อเรื่องต่าง ๆ รวมทั้งการไม่ละเมิดลิขสิทธิ์งานเขียนหรือข้อคิดเห็นของผู้อื่น การไม่ละเมิดหรือก้าวล้ำสิทธิและเสรีภาพส่วนบุคคลของผู้ใด การไม่ก่อให้เกิดผลกระทบในทางลบหรือทางที่ไม่ดีต่อผู้อ่านทั้งระยะสั้นและระยะยาว และอื่น ๆ

1.2 การตรวจแก้ไขรูปแบบและขนาด การตรวจแก้ไขรูปแบบและขนาดเป็นการตรวจสอบและปรับแก้ไขรูปแบบและขนาดให้ถูกต้องและสอดคล้องกับรูปแบบและขนาดของสิ่งพิมพ์แต่ละประเภท เช่น หนังสือพิมพ์ นิตยสาร วารสาร หนังสือเล่ม และสิ่งพิมพ์รูปแบบอื่น ดังนี้

1.2.1 รูปแบบและขนาดของหนังสือพิมพ์ หนังสือพิมพ์เป็นสิ่งพิมพ์ที่ประกอบด้วยแผ่นพิมพ์หลายแผ่นซ้อนกันโดยไม่มีการเย็บเล่ม แต่ใช้วิธีการพับครึ่งแผ่นพิมพ์ เนื้อหาภายในเสนอข่าวสารเป็นหลัก รวมทั้งเนื้อหาอื่นและโฆษณา รูปแบบการจัดหน้าประกอบด้วยคอลัมน์จำนวนมากเมื่อเทียบกับสิ่งพิมพ์ประเภทอื่น รูปแบบหนังสือพิมพ์มีทั้งขนาดเต็มแผ่นหรือขนาดใหญ่ (broadsheet หรือ full size) หรือขนาดมาตรฐาน (standard size) และขนาดครึ่งแผ่นหรือขนาดเล็ก (tabloid) หนังสือพิมพ์ขนาดเต็มแผ่นมีความกว้างประมาณ 14-17 นิ้ว และความยาวประมาณ 21-23 นิ้ว หนังสือพิมพ์ขนาดครึ่งแผ่นมีขนาดประมาณครึ่งหนึ่งของหนังสือพิมพ์ขนาดเต็มแผ่น ทั้งในด้านกว้างและด้านยาว โดยมีความกว้างประมาณ 11 นิ้ว และความยาวประมาณ 14 นิ้ว



ภาพที่ 2.14 หนังสือพิมพ์ขนาดเต็มแผ่นหรือขนาดใหญ่และขนาดครึ่งแผ่นหรือขนาดเล็ก

เนื่องจากขนาดหน้าที่ใหญ่ การนำเสนอเนื้อหาในหนังสือพิมพ์จึงต้องแบ่งเป็นหลายคอลัมน์ในแต่ละหน้า เพื่อความสะดวกของผู้อ่านในการอ่าน "แบบกวาด" จากบนลงล่าง เพราะผู้อ่านหนังสือพิมพ์ส่วนใหญ่จะอ่านหนังสือพิมพ์แบบผ่าน ๆ เพียงเพื่อรับทราบข้อมูลข่าวสารของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยไม่ใช้เวลาในการคิดพิจารณาและไตร่ตรองเนื้อหาขณะอ่านมากเหมือนการอ่านหนังสือวิชาการ

1.2.2 รูปแบบขนาดของนิตยสาร วารสาร และหนังสือเล่ม สิ่งพิมพ์ทั้งสามประเภทมีความคล้ายคลึงกันในด้านขนาดรูปเล่มและวิธีการจัดพิมพ์ อย่างไรก็ดีเนื้อหาของสิ่งพิมพ์เหล่านี้มีความแตกต่างกัน เนื้อหาของนิตยสารและวารสารเน้นที่ความหลากหลายตามลักษณะของเนื้อหา โดยเฉพาะนิตยสารมีการใช้สี ภาพประกอบและโฆษณาจำนวนมาก รูปแบบจึงมีความพิถีพิถัน ประณีตและสวยงาม หน้าในมักแบ่งเป็น 1-4 คอลัมน์ การจัดหน้าภายในมีความหลากหลายเพื่อสร้างความเด่น ความน่าสนใจ ความแปลก และความสวยงาม

รูปแบบของหนังสือเล่มมีความเรียบง่ายกว่านิตยสารมาก เพราะเนื้อหาภายในส่วนใหญ่เป็นเรื่องเดียว การออกแบบจัดหน้าภายในควรมีความสม่ำเสมอตลอดเล่ม ไม่ว่าจะเป็นลักษณะและจำนวนของคอลัมน์ การใช้แบบตัวพิมพ์ การใช้ภาพประกอบ ฯลฯ หนังสือมีการเรียงลำดับหน้าที่แน่นอนกว่านิตยสาร เพราะเนื้อหาภายในเป็นลำดับที่ต่อเนื่องโดยตลอด หนังสือเล่มส่วนใหญ่ประกอบด้วยส่วนต้นเล่ม (front matter) ส่วนเนื้อเรื่อง (text หรือ body matter) และส่วนท้ายเล่ม (back matter) โดยมีการลำดับหน้าที่ค่อนข้างเฉพาะเจาะจง

ส่วนสิ่งพิมพ์ประเภทอื่นนั้นมักมีรูปแบบที่แตกต่างกันไปตามประเภทสิ่งพิมพ์ การตรวจแก้ไขรูปแบบต้องดูความเหมาะสม ความถูกต้อง และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เฉพาะกรณีไป

รูปแบบและขนาดรูปเล่มของสิ่งพิมพ์ในกลุ่มนี้จะสอดคล้องกับขนาดมาตรฐานของกระดาษแผ่นที่จำหน่ายทั่วไป สาเหตุที่อิงขนาดของสิ่งพิมพ์ตามขนาดของกระดาษแผ่นนั้น เป็นเพราะการพิมพ์สิ่งพิมพ์ดังกล่าวนิยมใช้เครื่องพิมพ์ออฟเซตแบบป้อนแผ่น (sheetfed) กระดาษที่ใช้ป้อนจึงมีลักษณะเป็นแผ่น นอกจากนี้ รูปเล่มของสิ่งพิมพ์เหล่านี้มักเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าในแนวตั้งและมีขนาดที่นิยม 2 ขนาด คือ "ขนาดแปดหน้ายก" และ "ขนาดเอสี่" บางครั้งเรียกขนาดเอสี่ว่าขนาดแปดหน้ายกใหญ่หรือแปดหน้ายกพิเศษ

ขนาดแปดหน้ายกมีความกว้างประมาณ 7.50 นิ้ว และความยาวประมาณ 10.25 นิ้ว หรือ 7.50 x 10.25 นิ้ว หรือ 18.50 x 26.00 เซนติเมตร ส่วนขนาดเอสี่มีความกว้างประมาณ 8.25 นิ้ว และความยาวประมาณ 11.75 นิ้ว หรือ 8.25 x 11.75 นิ้ว หรือ 21.00 x 29.70 เซนติเมตร (ความหมายและรายละเอียดของหน้ายกจะได้กล่าวต่อไปในหน่วยที่ 8)

ภาพที่ 2.16 สิ่งพิมพ์ขนาดแปดหน้ายกและขนาดเอสี่

1.3 การตรวจแก้ไขวิธีการเขียนและการใช้ภาษา การตรวจแก้ไขวิธีการเขียนและการใช้ภาษาเป็นการตรวจแก้ไขวิธีการเขียนและการใช้ภาษาตามลักษณะของสิ่งพิมพ์แต่ละประเภท ซึ่งมักจะมีวิธีการเขียนและการใช้ภาษา

ที่แตกต่างกันไป เช่น หนังสือพิมพ์มีวิธีการเขียนข่าวต่างจากวิธีการเขียนบทความ สารคดี และความเรียงทั่วไป นิตยสารมีวิธีการเขียนเนื้อหาต่างจากหนังสือเล่ม แม้แต่ในหนังสือเล่มแต่ละประเภทก็มีวิธีการเขียนที่แตกต่างกันไป เช่น การเขียนหนังสือวิชาการย่อมใช้วิธีการที่แตกต่างจากการเขียนนวนิยายหรือเรื่องสั้น เป็นต้น ดังนั้นผู้ทำหน้าที่ตรวจแก้ไขวิธีการเขียนจึงต้องรู้จักลักษณะเด่นที่แตกต่างของวิธีการเขียนเนื้อหาแต่ละประเภทสำหรับสิ่งพิมพ์ประเภทต่าง ๆ เป็นอย่างดี

การตรวจแก้ไขวิธีการเขียนยังต้องตรวจสอบด้านการใช้ภาษา ระดับของภาษาที่ใช้ในการเขียนโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 ระดับคือ ภาษาแบบแผน ภาษากึ่งแบบแผน และภาษาพูด ความเหมาะสมในการใช้ภาษาแต่ละระดับขึ้นอยู่กับสิ่งพิมพ์แต่ละประเภทและกลุ่มผู้อ่าน ตัวอย่างเช่น ภาษาแบบแผนจะใช้ในการเขียนหนังสือราชการ หนังสือตำรา หนังสือวิชาการ คำกล่าวในพระราชพิธีหรือพิธีการต่าง ๆ ที่ต้องการความเป็นทางการ ความเคร่งขรึม เอาจริงเอาจัง ฯลฯ ภาษากึ่งแบบแผนนิยมใช้ในสิ่งพิมพ์ที่จัดทำเพื่อกลุ่มเป้าหมายที่เป็นมวลชน ประเภทหนังสือพิมพ์และนิตยสาร ภาษาในระดับนี้ลดความเป็นทางการลง แต่ยังไม่ถึงระดับของภาษาพูด ส่วนภาษาพูดนั้นมักใช้ในการเขียนที่เป็นส่วนตัว เช่น ในสมุดบันทึกประจำวัน จดหมายระหว่างเพื่อน นวนิยาย เรื่องสั้น ฯลฯ ภาษาพูดนิยมใช้ในการพูดมากกว่าการเขียน

การตรวจแก้ไขวิธีการเขียนยังต้องตรวจสอบในเรื่องของความชัดเจนในการใช้คำที่สื่อความหมายถูกต้อง การใช้คำที่เหมาะสมกับยศศักดิ์ ตำแหน่ง กาลเทศะ ความนิยมตามสมัย ตามรสนิยมผู้อ่าน ฯลฯ รวมทั้งตรวจแก้ไขการใช้คำที่สม่ำเสมอและสอดคล้องแต่ต้องไม่ซ้ำซากจำเจ การใช้คำสันธานและคำบุรพบทที่ถูกต้องและเหมาะสม การใช้คำสุภาพ ไม่ส่อการดูหมิ่นเหยียดหยาม หรือหยาบคาย การไม่ใช้คำซ้ำหรือคำฟุ่มเฟือยเกินความจำเป็น นอกจากนี้ยังต้องตรวจแก้ไขในเรื่องการใช้ไวยากรณ์ที่ถูกต้อง การผูกประโยคที่สละสลวยและสัมพันธ์กัน การใช้ประโยคที่สอดคล้องและต่อเนื่อง การเชื่อมคำ การเว้นวรรคตอน การย่อหน้า การเว้นช่วงบรรทัด ฯลฯ

นอกจากวิธีการเขียนแล้ว ผู้ตรวจแก้ไขต้นฉบับควรตรวจสอบความถูกต้องตามมาตรฐานในด้านการใช้ตัวสะกด การันต์ การใช้คำทับศัพท์ที่มาจากภาษาต่างประเทศ การใช้คำศัพท์เฉพาะวงการ การใช้ศัพท์บัญญัติ การใช้ศัพท์ตามความนิยม การสะกดชื่อเฉพาะ การใช้อักษรย่อ การใช้เครื่องหมายวรรคตอน ฯลฯ ในการตรวจสอบความถูกต้องและปรับแก้ไขควรทำการตรวจสอบโดยเปรียบเทียบกับพจนานุกรมและหนังสือมาตรฐานที่รวบรวมกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวที่มีการจัดทำไว้แล้ว หน่วยงานมาตรฐานที่สามารถอ้างอิงข้อมูลที่สงสัยในด้านดังกล่าวได้แก่ราชบัณฑิตยสถาน

2. การตรวจแก้ไขต้นฉบับภาพ

การตรวจแก้ไขต้นฉบับภาพเป็นการตรวจสอบการใช้ภาพประกอบโดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์และเป้าหมายการจัดทำสิ่งพิมพ์ ซึ่งจะแตกต่างกันไปสำหรับสิ่งพิมพ์แต่ละประเภท แต่โดยทั่วไปสิ่งที่บรรณาธิการควรตรวจสอบเกี่ยวกับการใช้ภาพประกอบมีหลายประการเช่น เนื้อหาของภาพที่ใช้ประกอบข้อความควรมีความถูกต้องสอดคล้องและเหมาะสมกับข้อความ สื่อความหมาย สะท้อนความมีจริยธรรม ไม่ขัดต่อศีลธรรม วัฒนธรรม ประเพณี และความรู้สึกที่ดีของผู้ดู ฯลฯ นอกจากนั้นสิ่งที่บรรณาธิการควรตรวจสอบคือ คุณภาพของภาพที่สามารถให้ผลผลิตของภาพที่ดีภายหลังผ่านกระบวนการผลิตแล้ว ภาพที่มีคุณภาพในลักษณะดังกล่าวควรมีความคมชัด ความดำ (density) ความเปรียบต่าง ความมันวาว (gloss) ที่เหมาะ ฯลฯ ในกรณีพิมพ์ภาพสอดสีหรือภาพสีธรรมชาติ ต้นฉบับภาพควรมีสีที่อิ่มตัวและไม่ซีดจางด้วย สิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นเพราะถ้าคุณภาพของภาพต้นฉบับไม่ดีแล้ว เมื่อนำมาผ่านกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ เช่น การถ่ายฟิล์มและการพิมพ์แล้ว ผลผลิตของภาพที่ได้จะมีคุณภาพลดลงจากต้นฉบับมาก

กิจกรรม 2.1.3

จงอธิบายขั้นตอนการตรวจแก้ไขต้นฉบับ

ไปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 2 ตอนที่ 2.1 กิจกรรม 2.1.3

แนวตอบกิจกรรม 2.1.3

การตรวจแก้ไขต้นฉบับประกอบด้วยการตรวจแก้ไขข้อความและการตรวจแก้ไขภาพ

1) การตรวจแก้ไขต้นฉบับข้อความประกอบด้วยการตรวจแก้ไขเนื้อหา รูปแบบและขนาดสิ่งพิมพ์ รวมทั้งวิธีการเขียนและการใช้ภาษา

2) การตรวจแก้ไขต้นฉบับภาพ เป็นการตรวจสอบการใช้ภาพประกอบโดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์และเป้าหมายการจัดทำสิ่งพิมพ์ รวมทั้งการตรวจสอบเนื้อหาของภาพ และคุณภาพของภาพที่สามารถให้ผลผลิตของภาพที่ดีภายหลังผ่านกระบวนการพิมพ์แล้ว

เรื่องที่ 2.1.4
การเตรียมต้นฉบับ

การเตรียมต้นฉบับประกอบด้วยการเตรียมต้นฉบับข้อความ และการเตรียมต้นฉบับภาพ ดังนี้

1. การเตรียมต้นฉบับข้อความ

ภายหลังจากที่บรรณาธิการตรวจแก้ไขต้นฉบับแล้ว ควรมีการพิมพ์ต้นฉบับข้อความอีกครั้งก่อนทำการเรียงพิมพ์ ในกรณีที่ต้นฉบับพิมพ์จากคอมพิวเตอร์ การปรับแก้ไขจะทำได้ง่ายขึ้นเมื่อเทียบกับการพิมพ์จากเครื่องพิมพ์ดีด โดยปรับแก้จากข้อมูลเดิมที่มีอยู่ไม่ต้องพิมพ์ข้อความใหม่ทั้งหมด การพิมพ์ต้นฉบับข้อความที่ดีนั้นควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้คือ

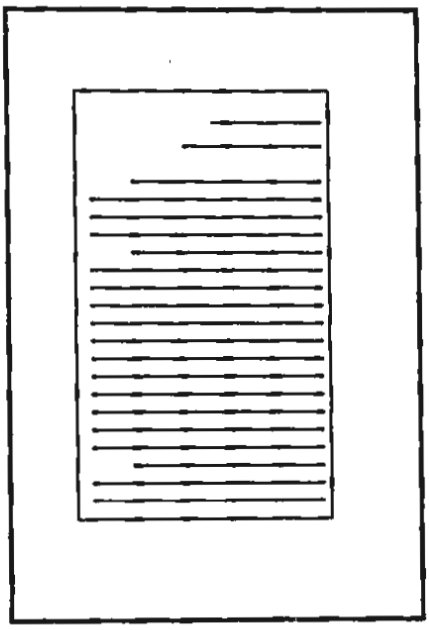
1.1 พิมพ์ต้นฉบับข้อความลงบนกระดาษมาตรฐานทั่วไปขนาดเอสี่ สีขาว โดยมีการเว้นช่วงบรรทัดประมาณ 2-3 ช่วงบรรทัด เพื่อให้อ่านง่ายและมีเนื้อที่ว่างพอเมื่อต้องการแก้ไขคำผิด

1.2 ลักษณะตัวพิมพ์ควรมีความคมและมีสีดำเข้ม เพื่อให้มีความเปรียบต่างดี ทำให้การอ่านเป็นไปโดยง่าย นอกจากนี้ เมื่อนำไปผ่านขั้นตอนการผลิตจะทำให้ได้งานพิมพ์ที่มีคุณภาพด้วย

1.3 ควรพิมพ์เลขหน้ากำกับไว้ทุกหน้า ตำแหน่งเลขหน้าควรเป็นตำแหน่งเดียวกันสำหรับทุกหน้า

1.4 ควรเว้นขอบว่างโดยรอบข้อความ (margin) ในการกำหนดความยาวบรรทัดที่พิมพ์ต้นฉบับควรเผื่อเนื้อที่ของขอบว่างโดยรอบข้อความให้มาก เพื่อให้สามารถทำเครื่องหมายตรวจแก้ไขข้อผิดพลาดที่พบได้ นอกจากนี้ยังสามารถทำเครื่องหมายบนเนื้อที่ของขอบว่าง เพื่อกำหนดรายละเอียดที่ใช้ในการพิมพ์ด้วยการกำหนดขอบว่าง

โดยรอบข้อความ อาจทำได้โดยเว้นขอบว่างด้านซ้ายของหน้าไว้ประมาณ 1.50 นิ้ว และขอบว่างด้านขวาไว้ประมาณ 1 นิ้ว พิมพ์ให้มีจำนวนบรรทัดประมาณ 30 บรรทัด อันเป็นจำนวนบรรทัดมาตรฐานในหนึ่งหน้า หน้าที่เป็นหน้าแรกของแต่ละบท หรือหน้าแรกของแต่ละเรื่องควรมีการเผื่อเนื้อที่ขอบว่างบริเวณหัวกระดาษให้มากเป็นพิเศษเพื่อบรรจุพาดหัว (headline) หัวเรื่อง ชื่อเรื่อง ฯลฯ ขนาดใหญ่ พร้อมกำหนดเนื้อที่ขอบว่างบริเวณด้านบนของพาดหัวมากกว่าเนื้อที่ขอบว่างบริเวณอื่น



ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างการเว้นขอบว่างโดยรอบข้อความ

นอกจากนี้ การเตรียมต้นฉบับข้อความ ควรคำนึงถึงการใช้เครื่องหมายบรรณาธิกรที่กระจ่างชัดและย่นย่อ ต้นฉบับที่บรรณาธิการส่งออกไปยังหน่วยงานอื่นต้องมีเครื่องหมายบรรณาธิกรที่กระจ่างชัด เป็นมาตรฐานเดียวกัน และเป็นที่เข้าใจร่วมกันระหว่างบรรณาธิการและผู้ปฏิบัติงานอื่นที่เกี่ยวข้องในทำนองเดียวกัน สิ่งที่ควรคำนึงถึงและต้องระมัดระวังคือ สำนักพิมพ์แต่ละแห่งอาจใช้เครื่องหมายบรรณาธิกรต่างกัน ดังนั้น บรรณาธิการควรหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องหมายต่าง ๆ ที่มีที่ใช้น้อยและไม่เป็นที่แพร่หลาย เพื่อป้องกันความเข้าใจผิดที่อาจเกิดขึ้น ในกรณีดังกล่าว ถ้าต้องการระบุคำสั่งหรือเงื่อนไขพิเศษในการพิมพ์ สิ่งที่ควรทำคือระบุรายละเอียดที่บรรณาธิการต้องการให้เป็นลายลักษณ์อักษร เพื่อความชัดเจนและความเข้าใจที่ตรงกันของทุกฝ่าย นอกจากนี้ในการระบุรายละเอียดหรือคำสั่งที่เป็นเงื่อนไขพิเศษควรใช้ดินสอสีเพื่อให้ดูต่างจากตัวอักษรสีดำที่เป็นข้อความ

1. เครื่องหมายที่ใช้ในการพิสูจน์อักษร

เครื่องหมายที่ใช้ในการพิสูจน์อักษรโดยทั่วไปมีดังนี้

เครื่องหมาย	ความหมาย	ตัวอย่าง
ℓ	เอาออก	อนุญาตให้
(ส.)	เอาออกแล้วเลื่อนให้ชิดกัน	สำนักพิมพ์(ของ)มหาวิทยาลัย (ส.)
¶	เว้นวรรคธรรมดา	การควบคุมและการจำหน่ายพัสดุ
¶¶	เว้นวรรคใหญ่	คำว่าภาษาปะมายถึงเงินตราที่ทำด้วยโลหะ
^	เพิ่มข้อความหรือตัวอักษร	พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว
⁀	เลื่อนให้ชิดกัน, ไม่วรรค	พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน
~~ (หนา)	ให้ใช้ตัวหนา	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เป็นมหาวิทยาลัยในระบบเปิด
~~ (เอน)	ให้ใช้ตัวเอน	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เป็นมหาวิทยาลัยในระบบเปิด
⊢⊣	ให้ใส่เครื่องหมายจิด	คำว่าสาทิส อ่านว่า สา-ทิ-สะ
¶	ให้ขึ้นย่อหน้าใหม่	ตามที่ท่านได้ให้ความช่วยเหลือจนสมาคมสามารถดำเนินการสู่ล่วงไปด้วยดี สมาคมขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งในความสำเร็จทั้งหมดของสมาคมนั้น
⌐	ไม่ต้องย่อหน้า	กิจการของสมาคมก้าวหน้ามาถึงทุกวันนี้ก็เพราะท่านทั้งหลายมีส่วนร่วม ฉะนั้นจึงขอขอบพระคุณท่านมา ณ ที่นี้
⌐¬	สลับที่ตำกัน	ทั้งนี้มิได้มีหมายความว่า
[	เลื่อนจิดซ้าย	[การตรวจพิสูจน์อักษร
]	เลื่อนจิดขวา	การตรวจพิสูจน์อักษร]
⌒	ลดระดับลงเท่ากับแนวที่เขียนไว้	วันที่ 5 กันยายน 2530
⌒...	ยกขึ้นเพราะดับแนวที่เขียนไว้	วันที่ 1 มกราคม 2532
○	ใช้ตัวอักษรมิดชุด	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เป็นมหาวิทยาลัยในระบบเปิด
⊏⊐	ใช้ตัวอักษรตัวใหญ่(ภาษาอังกฤษ)	Thailand
≤≤	ใช้ตัวอักษรเล็ก	set in SMALL CAP
=/	ใส่ Hyphen	
?	สงสัยความถูกต้องของข้อความ	มีรสชมและหวาน
⊏	ย่อหน้าให้ตรงแนว	1 ปีกา 2 วัด 3 โรงเรียน

ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างเครื่องหมายบรรณาธิกร

2. การเตรียมต้นฉบับภาพ

ต้นฉบับภาพที่ใช้ในการพิมพ์มีหลายประเภท การเตรียมต้นฉบับภาพประกอบต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ เช่น ประเภทของภาพ ประเภทของงานพิมพ์ วัตถุประสงค์ของงาน ลักษณะของเนื้อหาข้อความ กลุ่มเป้าหมายหรือผู้อ่าน งบประมาณที่มี วัสดุการพิมพ์ที่ใช้ และอื่น ๆ

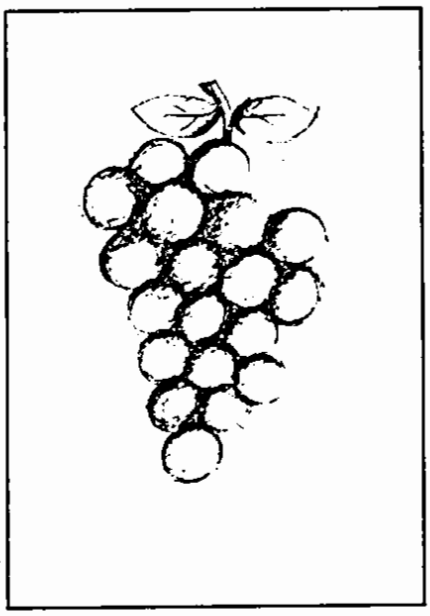
ดังได้กล่าวไปแล้วในเรื่องการตรวจแก้ไขต้นฉบับว่าประเภทของภาพประกอบที่ใช้ในการพิมพ์แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ ภาพสะท้อนแสงและภาพโปร่งใส ภาพสะท้อนแสงประกอบด้วยภาพถ่าย ภาพวาด ภาพวาดลายเส้น และภาพพิมพ์ ภาพโปร่งใสได้แก่ ภาพสไลด์ การเลือกใช้ภาพแต่ละประเภททำได้ดังนี้

2.1 ภาพสะท้อนแสง ภาพสะท้อนแสงที่นำมาใช้เป็นต้นฉบับทางการพิมพ์ได้แก่

2.1.1 ภาพถ่าย ภาพถ่ายเป็นภาพที่มีน้ำหนักสีต่อเนื่องที่ให้น้ำหนักสี (tone) ของภาพต่าง ๆ กันในทุกระดับตั้งแต่สีเข้มจนถึงอ่อนลดหลั่นและกลมกลืนกัน ภาพถ่ายจะมีลักษณะเหมือนธรรมชาติ จึงเหมาะที่จะใช้ประกอบสิ่งพิมพ์ที่ต้องการแสดงให้เห็นถึงข้อเท็จจริงและความเป็นจริงที่เกิดขึ้น ภาพถ่ายมีทั้งภาพขาวดำและภาพสี การเลือกใช้ภาพถ่ายควรเลือกภาพที่สื่อความหมาย สามารถบอกเล่าเหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้นได้ในตัวภาพเอง และประเด็นสำคัญในภาพต้องไม่ขาดหายไป นอกจากนี้ภาพถ่ายที่ดียังควรมีความคมชัด ให้รายละเอียดสูง มีความเปรียบต่างที่พอเหมาะ ไม่สูงเกินไปหรือต่ำเกินไป เพื่อให้ผลผลิตภาพที่ได้รับในขั้นตอนสุดท้ายเป็นไปอย่างมีคุณภาพที่สุด

ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างภาพถ่าย

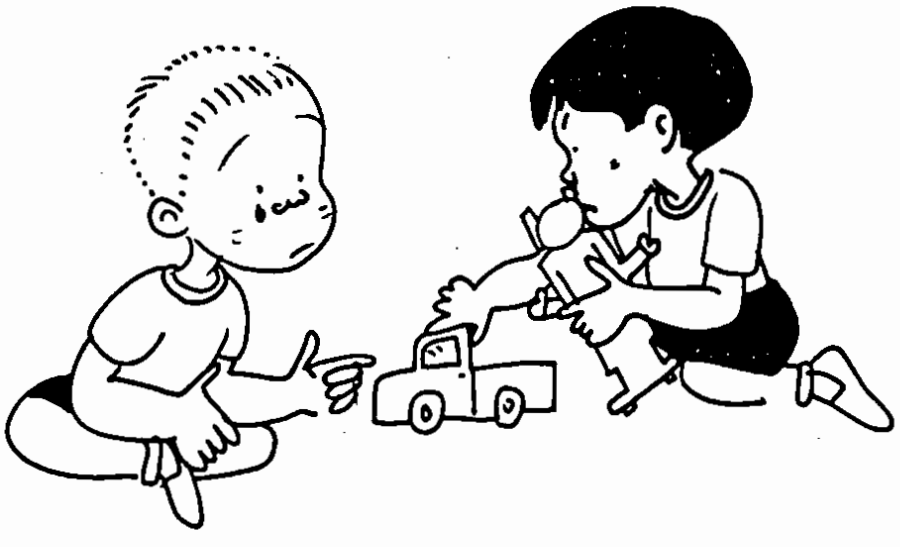
2.1.2 ภาพวาด ภาพวาดเป็นภาพที่ให้น้ำหนักสีต่อเนื่องอีกประเภทหนึ่ง การวาดหรือการเขียนภาพอาจใช้สีน้ำหรือสีน้ำมัน รวมทั้งดินสอสี และพู่กันลม (air brush) ฯลฯ ภาพวาดมีทั้งภาพขาวดำและภาพสี การใช้ภาพประเภทนี้มักทำในกรณีที่ไม่สามารถหาภาพถ่ายได้ จำเป็นต้องใช้ช่างศิลป์วาดตามจินตนาการของผู้เขียนหรือตามจินตนาการของช่างศิลป์เอง บางครั้งอาจใช้เป็นภาพประกอบเพื่อความสวยงาม หรือเป็นความประสงค์ของเจ้าของงานหรือผู้ว่าจ้าง หรือเพราะเหตุผลอื่น อย่างไรก็ตาม แม้ภาพวาดจะมีความงดงามเพียงใด ก็ไม่สามารถให้บรรยากาศของความสมจริงดังเช่นภาพถ่ายหรือภาพสไลด์ จึงเหมาะที่จะใช้เป็นภาพประกอบเรื่องมากกว่าใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงสำหรับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น การเลือกใช้ภาพวาดเพื่อเป็นต้นฉบับภาพทางการพิมพ์นั้น ควรเลือกภาพที่ให้ความเปรียบต่างพอเหมาะ ไม่สูงหรือต่ำเกินไปเช่นเดียวกับการเลือกภาพถ่าย



ภาพที่ 2.19 ตัวอย่างภาพวาด

2.1.3 ภาพวาดลายเส้น ภาพวาดลายเส้นจัดเป็นภาพวาดประเภทหนึ่ง โดยทั่วไปภาพวาดลายเส้นที่ดีควรเป็นภาพที่มีความเปรียบต่างสูง กล่าวคือ ให้น้ำหนักสีเพียงสองสีคือสีดำเข้มของเส้นตัวอักษรหรือลายเส้นของภาพบนพื้นกระดาษสีขาว ตัวอย่างของภาพลายเส้น เช่น ตัวอักษรสีดำบนพื้นขาว ตารางตัวเลขทางสถิติ แผนภูมิ ภาพวาดการ์ตูน ฯลฯ จุดเด่นของภาพวาดลายเส้นคือความเรียบง่ายขององค์ประกอบในภาพ การใช้ภาพวาดลายเส้นนิยมใช้ในการจัดทำสิ่งพิมพ์แทบทุกประเภท เช่น หนังสือพิมพ์นิยมใช้ภาพวาดลายเส้นในลักษณะการ์ตูนล้อการเมือง นิตยสารและหนังสือเล่มแนวบันเทิงนิยมใช้ภาพวาดลายเส้นเป็นภาพประกอบเพื่อเพิ่มความน่าสนใจ ความสวยงาม ฯลฯ หนังสือตำราและหนังสือวิชาการนิยมใช้ภาพวาดลายเส้นในการอธิบายเค้าโครงต่าง ๆ และใช้เป็นแบบจำลองของทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรม เพื่อช่วยให้ผู้อ่านเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้นและเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้น

การเลือกใช้ภาพวาดลายเส้นเพื่อเป็นต้นฉบับทางการพิมพ์นอกจากต้องเลือกภาพที่ให้ความเปรียบต่างสูงแล้ว ควรเลือกภาพที่มีเส้นตัวอักษรหรือเส้นบริเวณภาพที่มีความคมชัด และมีความหนาสม่ำเสมอ โดยไม่ควรใช้ภาพที่มีลายเส้นบางเกินไป เพราะลายเส้นนั้นอาจขาดหายไปในขั้นตอนการถ่ายฟิล์มและขั้นตอนการพิมพ์



ภาพที่ 2.20 ตัวอย่างภาพวาดลายเส้น

2.1.4 ภาพพิมพ์ ภาพพิมพ์หมายถึง ภาพที่ผ่านกระบวนการพิมพ์มาแล้ว ได้แก่ ภาพฮาล์ฟโทนหรือภาพสกรีน ภาพประเภทนี้ประกอบด้วยจุดจำนวนมากที่มีขนาดเล็กและใหญ่ต่างกัน บริเวณสว่างของภาพ (high-light) หรือบริเวณสีอ่อน เช่น บริเวณเสื้อสีขาวประกอบด้วยจุดดำขนาดเล็ก ในขณะที่บริเวณเงาของภาพ (shadow) เช่น บริเวณผมสีดำประกอบด้วยจุดดำขนาดใหญ่จำนวนมาก ส่วนบริเวณน้ำหนักสีกลางของภาพ เช่น บริเวณใบหน้าคน หรือบริเวณที่มีสีเทากลางประกอบด้วยจุดดำขนาดกลางจำนวนมาก

ภาพพิมพ์ไม่ควรนำมาใช้เป็นภาพต้นฉบับทางการพิมพ์ เพราะให้ความคมชัด รายละเอียดและความเปรียบต่างของภาพน้อยเมื่อเทียบกับภาพถ่าย ถ้าใช้แว่นขยายขนาดกำลังขยายประมาณ 4-5 เท่าส่องดู จะเห็นว่าภายในภาพประกอบด้วยจุดหรือเม็ดสกรีนขนาดต่าง ๆ กัน เพราะภาพดังกล่าวผ่านกระบวนการทางการพิมพ์โดยมีการลงเม็ดสกรีนมาแล้ว ดังนั้น ถ้านำมาถ่ายฟิล์มเพื่อลงเม็ดสกรีนซ้ำอีกก็อาจก่อให้เกิดปัญหาการเกิดภาพลายตาเสื่อ (moire pattern) ทำให้ภาพมีลักษณะคล้ายมีลวดลายของเสื่อ ตาราง หรือตาข่ายซ้อนทับอยู่ แต่ถ้าจำเป็นต้องนำภาพพิมพ์มาใช้เป็นภาพต้นฉบับทางการพิมพ์ ในขั้นตอนของการถ่ายทำฟิล์มให้หมุนองศาของสกรีนต่างจากองศาสกรีนที่ปรากฏในภาพประมาณ 30 องศา เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว

ภาพที่ 2.21 ตัวอย่างภาพที่เกิดฉายตาเสือ

2.2 ภาพโปร่งใส หรือภาพสไลด์ ภาพสไลด์เป็นภาพที่มีน้ำหนักสีที่ต่อเนื่องคล้ายภาพถ่าย รวมทั้งบันทึกภาพที่ปรากฏในธรรมชาติตามความเป็นจริงคล้ายภาพถ่าย ต่างกันแต่ว่าภาพสไลด์มีความโปร่งใส ในขณะที่ภาพถ่ายมีความทึบแสง การจัดทำภาพสไลด์ใช้ต้นทุนสูงกว่าภาพถ่ายเล็กน้อย แต่ภาพสไลด์ให้ภาพที่มีความคมชัด มีรายละเอียดและความอิ่มตัวของสีสูงกว่า ภาพสไลด์มีทั้งภาพขาวดำและสี การเลือกใช้ภาพสไลด์มีหลักการคล้ายกับการเลือกใช้ภาพถ่าย

กิจกรรม 2.1.4

จงอธิบายขั้นตอนการเตรียมต้นฉบับ

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 2 ตอนที่ 2.1 กิจกรรม 2.1.4

แนวตอบกิจกรรม 2.1.4

การเตรียมต้นฉบับประกอบด้วยการเตรียมต้นฉบับข้อความและการเตรียมต้นฉบับภาพ การเตรียมต้นฉบับข้อความต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. การพิมพ์ต้นฉบับข้อความลงบนกระดาษมาตรฐานทั่วไปขนาดเอสี่สีขาว โดยมีการเว้นช่วงบรรทัดหรือระยะห่างระหว่างบรรทัดประมาณ 2-3 ช่วงบรรทัด
2. ลักษณะตัวพิมพ์ควรมีความคมชัดและมีสีดำเข้ม
3. ควรพิมพ์เลขหน้ากำกับไว้ทุกหน้า
4. ควรเว้นขอบว่างโดยรอบข้อความ
5. ควรใช้เครื่องหมายบรรฉาธิกรที่กระจ่างชัดและย่นย่อ

ส่วนการเตรียมต้นฉบับภาพนั้นควรคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ เช่น ประเภทของภาพ ประเภทของงานพิมพ์ วัตถุประสงค์ของงาน ลักษณะของเนื้อหา กลุ่มเป้าหมายหรือผู้อ่าน งบประมาณที่มี วัสดุการพิมพ์ที่ใช้ ฯลฯ

เรื่องที่ 2.1.5
การกำหนดรายละเอียดสำหรับงานก่อนพิมพ์

การกำหนดรายละเอียดสำหรับงานก่อนพิมพ์ ต้องกระทำในส่วนของต้นฉบับข้อความ และต้นฉบับภาพ ดังนี้

1. การกำหนดรายละเอียดของข้อความสำหรับงานก่อนพิมพ์

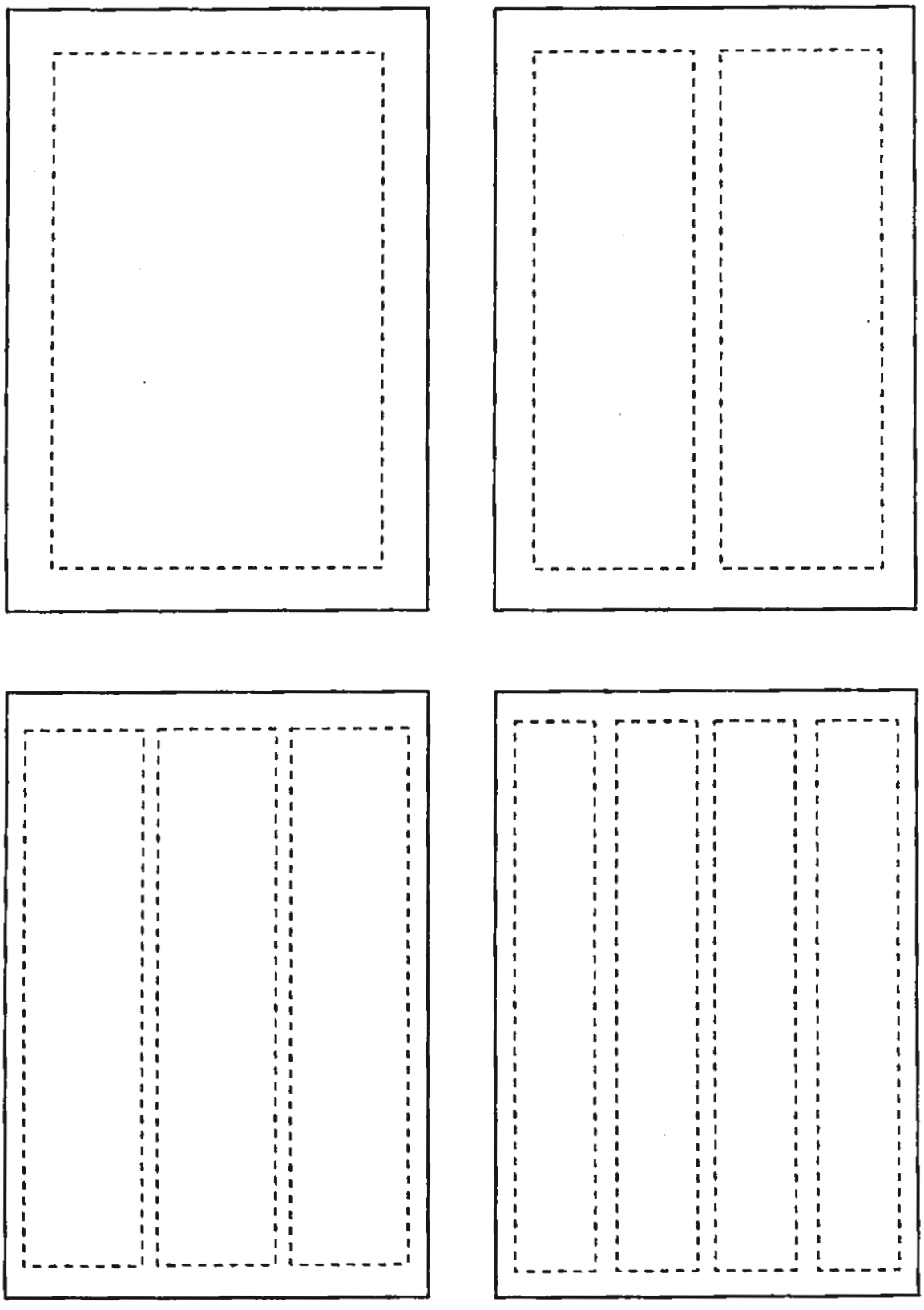
การกำหนดรายละเอียดของข้อความสำหรับงานก่อนพิมพ์เป็นขั้นตอนการระบุรายละเอียดต่าง ๆ ลงในต้นฉบับ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานและผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายรับทราบลักษณะของงานพิมพ์ไปในแนวทางเดียวกัน รายละเอียดของข้อความที่ต้องมีการระบุสำหรับงานก่อนพิมพ์มีดังนี้

1.1 ขนาดและรูปแบบสิ่งพิมพ์ ขนาดและรูปแบบสิ่งพิมพ์นั้นขึ้นอยู่กับประเภทของสิ่งพิมพ์ที่ต้องการจัดทำ ถ้าเป็นหนังสือพิมพ์ บรรณาธิการต้องระบุว่าเป็นหนังสือพิมพ์ขนาดเต็มแผ่นหรือขนาดครึ่งแผ่น มีความกว้างและความยาวกี่นิ้ว ถ้าเป็นนิตยสารหรือหนังสือเล่ม ต้องระบุว่ามีขนาดเท่าไร เช่น แปดหน้ายก เอสี่ หรือขนาดกระเป๋า (pocket book) เป็นต้น มีรูปแบบในแนวตั้งหรือแนวนอน มีด้านกว้างและด้านยาวเท่าไร ถ้าเป็นโปสเตอร์ต้องระบุว่าเป็นโปสเตอร์ขนาดใหญ่หรือเล็ก เช่น ขนาดตัดสอง ตัดสี่ หรือขนาดเอสี่ มีรูปแบบในแนวตั้งหรือแนวนอน มีด้านกว้างและด้านยาวเท่าไร ถ้าเป็นแผ่นพับ ต้องระบุว่าเป็นแผ่นพับขนาดใหญ่หรือเล็ก เมื่อคลี่ออกมาแล้วมีด้านกว้างและด้านยาวเท่าไร มีวิธีการพับในรูปแบบใด และจะได้แผ่นพับจำนวนกี่หน้า เป็นต้น ในการระบุขนาดของสิ่งพิมพ์นิยมใช้หน่วยนิ้ว แต่ในงานที่ต้องการความละเอียด อาจระบุเป็นหน่วยเซนติเมตรก็ได้

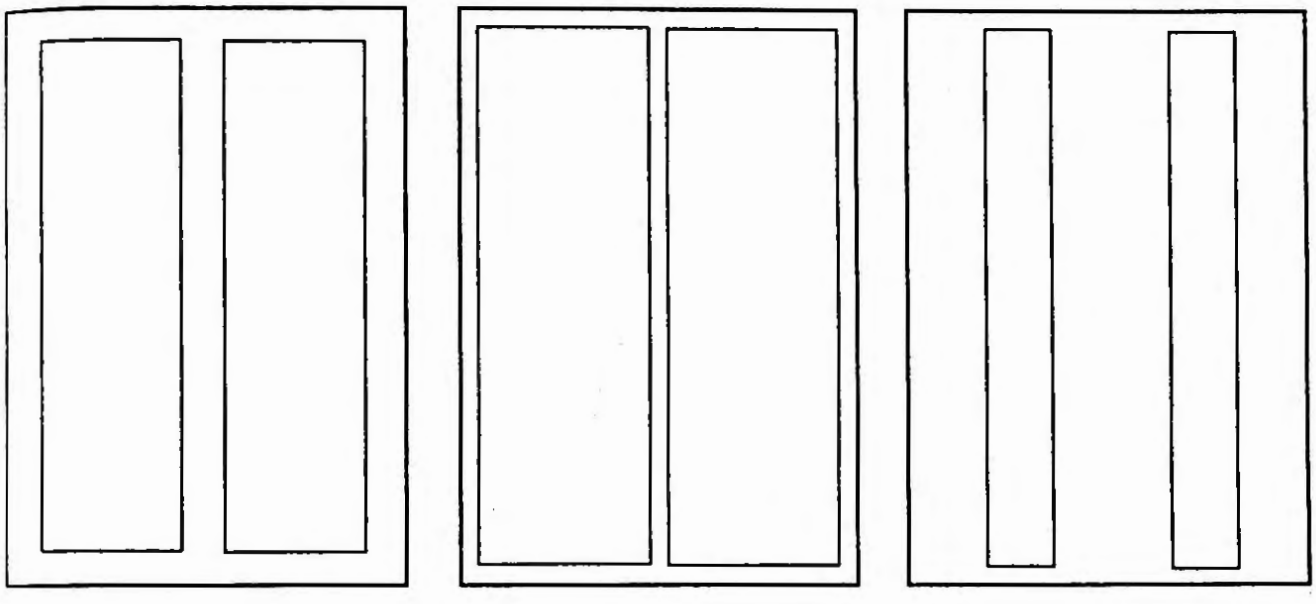
1.2 จำนวนคอลัมน์ จำนวนคอลัมน์จะแตกต่างกันไปในสิ่งพิมพ์แต่ละประเภท หนังสือพิมพ์มีขนาดหน้าที่ใหญ่มาก จึงจำเป็นต้องแบ่งเป็นหลายคอลัมน์ในแต่ละหน้า นอกจากนั้น การกำหนดจำนวนคอลัมน์จะแตกต่างกันไปในหนังสือพิมพ์แต่ละฉบับด้วย การกำหนดจำนวนคอลัมน์ไม่มีเกณฑ์กำหนดแน่นอน แต่สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาคือ ขนาดความกว้างของคอลัมน์ต้องเอื้อต่อการอ่านที่รวดเร็วและอ่านง่าย ส่วนนิตยสารและหนังสือเล่มนั้นมีขนาดรูปเล่มที่เล็กลงมา การแบ่งจำนวนคอลัมน์จึงไม่มากเท่ากับในหนังสือพิมพ์ โดยจำนวนคอลัมน์ที่ใช้อาจเป็นคอลัมน์เดียว และไม่เกินสี่คอลัมน์ นิตยสารนิยมกำหนดจำนวนคอลัมน์เป็น 2-3 คอลัมน์ ในขณะที่หนังสือเล่มโดยทั่วไปนิยมกำหนดเป็นคอลัมน์เดียวหรือสองคอลัมน์

1.3 ความกว้างของคอลัมน์หรือความยาวบรรทัด ความกว้างของคอลัมน์หรือความยาวบรรทัดขึ้นอยู่กับจำนวนคอลัมน์ที่กำหนด ในเนื้อที่ที่เท่ากันถ้ามีจำนวนคอลัมน์มาก ความกว้างคอลัมน์จะลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้ามีจำนวนคอลัมน์น้อย ความกว้างคอลัมน์จะเพิ่มขึ้น การกำหนดความกว้างของคอลัมน์ต้องคำนึงการเคลื่อนของสายตา ไม่ควรกำหนดความกว้างมากเกินไปเพราะจะทำให้ผู้อ่านต้องเคลื่อนศีรษะตามกว่าจะอ่านจบได้ในแต่ละบรรทัด และไม่ควรกำหนดความกว้างให้แคบเกินไป เพราะจะทำให้ผู้อ่านต้องอ่านโดยขึ้นบรรทัดใหม่บ่อยครั้งเกินไป ทำให้การอ่านไม่ราบรื่นและเกิดการสะดุด นอกจากนี้เมื่อมองในด้านความสวยงามแล้ว ความกว้างคอลัมน์ที่มากหรือน้อยเกินไปจะไม่เป็นสัดส่วนกับขนาดของหน้า ทำให้แลดูไม่สวยงาม

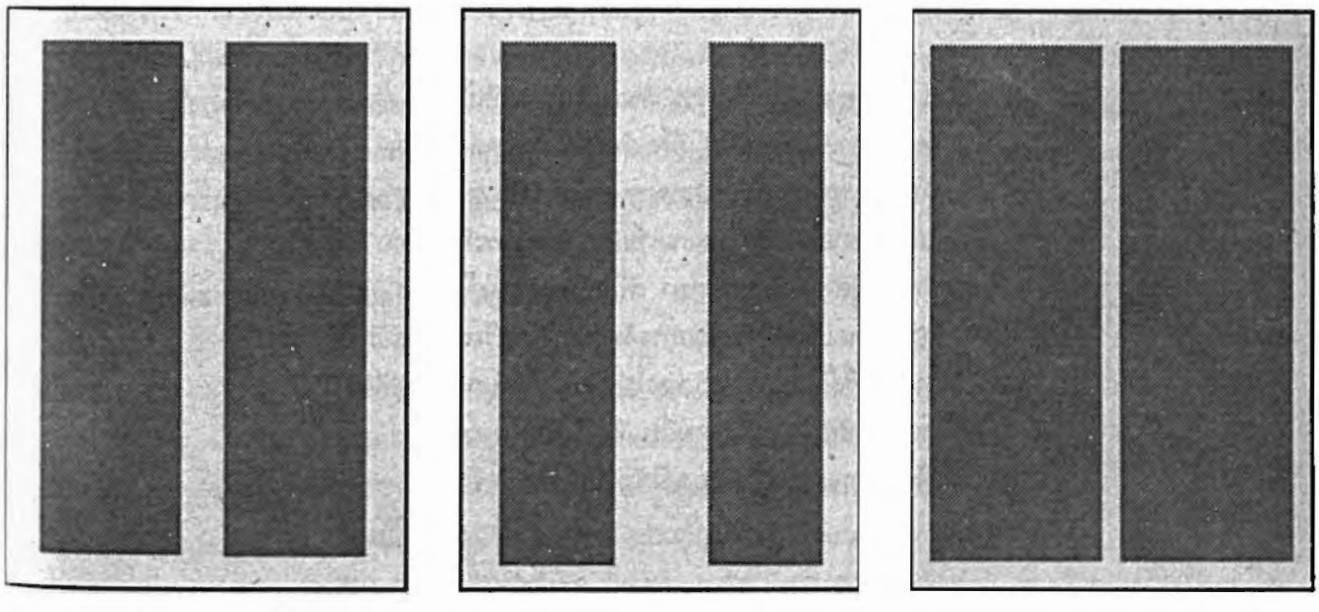
การกำหนดความกว้างคอลัมน์ยังต้องขึ้นกับการกำหนดขนาดตัวพิมพ์ด้วย ถ้าใช้ตัวพิมพ์ขนาดใหญ่ควรใช้ความกว้างคอลัมน์มากกว่าตัวพิมพ์ขนาดเล็ก สิ่งสำคัญที่ควรนำมาประกอบการพิจารณากำหนดสัดส่วนของขนาดตัวพิมพ์และขนาดความกว้างของคอลัมน์คือ การอ่านง่ายและอ่านเร็ว รวมทั้งความกลมกลืน ความมีสัดส่วน ความสมดุล ฯลฯ



ภาพที่ ๒.๒๒ การกำหนดจำนวนคอลัมน์เป็นหนึ่ง สอง สาม และสี่คอลัมน์ตามลำดับ



ภาพที่ 2.23 ตัวอย่างการกำหนดความกว้างคอลัมน์ที่พอเหมาะ ที่กว้างเกินไป และที่แคบเกินไปตามลำดับ



ภาพที่ 2.24 ตัวอย่างการกำหนดช่องว่างระหว่างคอลัมน์ที่พอเหมาะ ที่กว้างเกินไป และที่แคบเกินไปตามลำดับ

การกำหนดความกว้างคอลัมน์ควรทำควบคู่กับการกำหนดช่องว่างระหว่างคอลัมน์ด้วย การกำหนดช่องว่างระหว่างคอลัมน์ต้องคำนึงถึงสัดส่วนที่พอเหมาะ เพื่อช่วยให้การอ่านเป็นไปโดยราบรื่น ถ้ากำหนดกว้างเกินไป แม้จะช่วยให้การแยกจากกันของคอลัมน์เห็นเด่นชัด แต่จะทำให้ภาพรวมของหน้าขาดความต่อเนื่องและกลมกลืน นอกเหนือจากการทำให้ภาพรวมของหน้าขาดความสวยงามในทางตรงกันข้ามถ้ากำหนดช่องว่างระหว่างคอลัมน์แคบเกินไป คอลัมน์ทั้งสองจะดูกลืนกันคล้ายคอลัมน์เดียวกัน ซึ่งจะก่อให้เกิดผลเสียคือ ทำให้ผู้อ่านมีความสามารถในการแยกคอลัมน์ออกจากกันได้น้อยลง อาจทำให้เกิดการอ่านข้ามคอลัมน์ ซึ่งนับเป็นอุปสรรคต่อการอ่าน หน่วยที่นิยมใช้ในการกำหนดความกว้างของคอลัมน์คือ "ไพกา"

1.4 ความลึกของคอลัมน์ ความลึกของคอลัมน์ควรเป็นสัดส่วนกับความกว้างของคอลัมน์ เพื่อให้ได้รูปแบบของคอลัมน์ที่สวยงาม ไม่แคบและยาว หรือกว้างและสั้น โดยทั่วไปการกำหนดความลึกของคอลัมน์จะขึ้นกับขอบว่างที่อยู่ด้านบนและด้านล่างของหน้าด้วย ถ้าต้องการขอบว่างบริเวณด้านบนและด้านล่างมาก ก็ต้องกำหนดความลึกของคอลัมน์ให้สั้น แต่ถ้าต้องการขอบว่างบริเวณดังกล่าวน้อย ก็ควรกำหนดความลึกของคอลัมน์ให้ลึกขึ้น หน่วยที่นิยมใช้ในการกำหนดความลึกของคอลัมน์คือ "นิ้ว"

1.5 การกำหนดแนวข้อความหรือแนวคอลัมน์ การกำหนดแนวข้อความหรือแนวคอลัมน์สามารถทำได้หลายรูปแบบ ดังนี้

1.5.1 แบบเรียงชิดซ้าย *(flush left* ***หรือ*** *left alignment)* หรือแบบทิ้งขวา (ragged right) คอลัมน์ที่มีการปรับแนวข้อความในลักษณะนี้จะมีลักษณะที่ขอบซ้ายของคอลัมน์อยู่ในแนวเสมอกันหมด จุดเริ่มต้นของแต่ละบรรทัดจะอยู่ในแนวเดียวกันตามแนวดิ่ง และปล่อยขอบขวาไว้ การปรับแนวข้อความในลักษณะนี้ทำให้การอ่านข้อความเป็นไปโดยง่ายขึ้น เพราะมีการรักษาความคงที่หรือความสม่ำเสมอของระยะช่องไฟหรือระยะห่างตัวพิมพ์ที่เรียกว่า "การแทรกช่องไฟ" (letter spacing) รวมทั้งระยะห่างระหว่างคำ ที่เรียกว่า "การแทรกคำ" (word spacing) ทำให้การอ่านเป็นไปโดยราบรื่น สิ่งพิมพ์ส่วนใหญ่มักปรับแนวข้อความของคอลัมน์ในลักษณะนี้

ปณิธานมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

"มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ในฐานะที่เป็น
มหาวิทยาลัยระบบเปิด ยึดหลักการศึกษาตลอดชีวิต
มุ่งพัฒนาคุณภาพของประชาชนทั่วไป เพิ่มพูนวิทยฐานะ
แก่ผู้ประกอบอาชีพ และขยายโอกาสทางการศึกษาต่อ
สำหรับผู้สำเร็จมัธยมศึกษา เพื่อสนองความต้องการ
ของบุคคลและสังคมด้วยการจัดระบบการเรียนการสอน
ทางไกลซึ่งใช้สื่อการสอนทางไปรษณีย์ วิทยุกระจายเสียง
วิทยุโทรทัศน์ และวิธีการอื่น ที่ผู้เรียนสามารถศึกษา
ได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องเข้าชั้นเรียนตามปกติ"

ภาพที่ 2.25 การกำหนดแนวข้อความแบบเรียงชิดซ้าย

1.5.2 แบบเรียงชิดขวา (flush right หรือ right alignment) หรือแบบทิ้งซ้าย (ragged left) คอลัมน์ที่มีการปรับแนวข้อความในลักษณะนี้จะมีลักษณะที่ขอบขวาของคอลัมน์อยู่ในแนวเสมอกันหมด จุดเริ่มต้นของแต่ละบรรทัดจะเริ่มในแนวต่างกัน ถ้าต้องการรักษาการแทรกช่องไฟและการแทรกคำ การปรับแนวข้อความในลักษณะนี้ทำให้การอ่านข้อความเป็นไปโดยยาก เนื่องจากสายตาต้องคอยหาตำแหน่งแรกของบรรทัดใหม่อยู่เสมอ ดังนั้น การปรับแนวข้อความของคอลัมน์ในลักษณะนี้จึงไม่เป็นที่นิยม ถ้าการอ่านข้อความต้องเริ่มจากซ้ายไปขวา

ปณิธานมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

"มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ในฐานะที่เป็นมหาวิทยาลัยระบบเปิด ยึดหลักการศึกษาตลอดชีวิต มุ่งพัฒนาคุณภาพของประชาชนทั่วไป เพิ่มพูนวิทยฐานะแก่ผู้ประกอบอาชีพ และขยายโอกาสทางการศึกษาต่อสำหรับผู้สำเร็จมัธยมศึกษา เพื่อสนองความต้องการของบุคคลและสังคมด้วยการจัดระบบการเรียนการสอนทางไกลซึ่งใช้สื่อการสอนทางไปรษณีย์ วิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และวิธีการอื่น ที่ผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องเข้าชั้นเรียนตามปกติ"

ภาพที่ 2.26 การกำหนดแนวข้อความแบบเรียงชิดขวา

1.5.3 แบบเรียงปรับเต็มแนว (justification) คอลัมน์ที่มีการปรับแนวข้อความในลักษณะนี้จะมีลักษณะที่ข้อความทางขอบซ้ายและขวาของคอลัมน์อยู่ในแนวเสมอกันหมด จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของแต่ละบรรทัดจะเป็นแนวเสมอกันทางขอบซ้ายและขอบขวาตามลำดับ โดยไม่มีการรักษาการแทรกช่องไฟและการแทรกคำ แต่ระยะเหล่านี้จะแปรเปลี่ยนไปเรื่อยเพื่อจำกัดให้ข้อความทางขอบซ้ายและขอบขวาของคอลัมน์เสมอกัน การปรับแนวข้อความในลักษณะนี้ทำให้การอ่านข้อความเป็นไปโดยยาก เนื่องจากสายตาต้องคอยปรับการแทรกช่องไฟและการแทรกคำที่แปรเปลี่ยนอยู่เสมอในแต่ละบรรทัด

ปณิธานมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

"มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ในฐานะที่เป็นมหาวิทยาลัยระบบเปิด ยึดหลักการศึกษาตลอดชีวิต มุ่งพัฒนาคุณภาพของประชาชนทั่วไป เพิ่มพูนวิทยฐานะแก่ผู้ประกอบอาชีพ และขยายโอกาสทางการศึกษาต่อสำหรับผู้สำเร็จมัธยมศึกษา เพื่อสนองความต้องการของบุคคลและสังคมด้วยการจัดระบบการเรียนการสอนทางไกลซึ่งใช้สื่อการสอนทางไปรษณีย์ วิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และวิธีการอื่น ที่ผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องเข้าชั้นเรียนตามปกติ"

ภาพที่ 2.27 การกำหนดแนวข้อความแบบเรียงปรับเต็มแนว

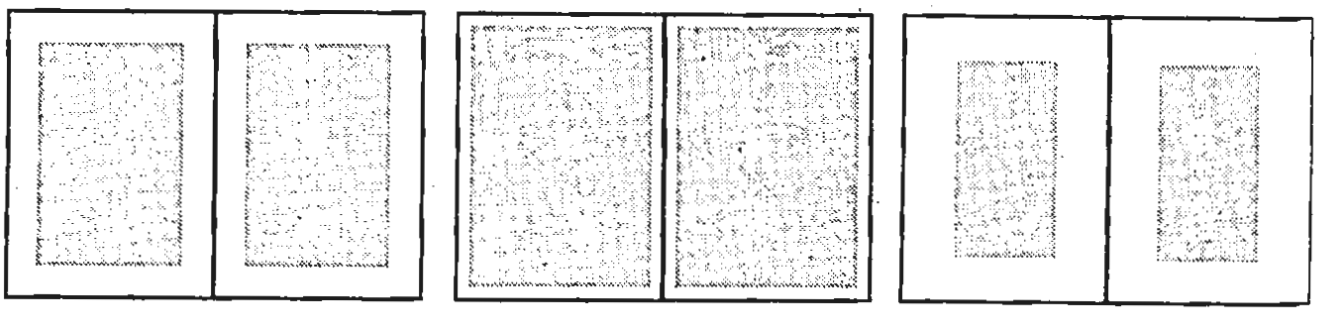
1.5.4 แบบเรียงกลาง (flush center) คอลัมน์ที่มีการปรับแนวข้อความในลักษณะนี้จะมีลักษณะที่ขอบซ้ายและขวาของคอลัมน์ไม่เสมอกันตลอดแนว เพียงเพื่อรักษาความสมดุลของน้ำหนักทางซ้ายและทางขวาของเส้นแบ่งแนวกึ่งกลางคอลัมน์ (cetered line) ให้เท่ากัน การที่จุดเริ่มต้นของแต่ละบรรทัดไม่ได้อยู่ในแนวเดียวกันทำให้การปรับแนวข้อความในลักษณะนี้ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากทำให้การอ่านข้อความเป็นไปโดยยากเพราะสายตาผู้อ่านต้องคอยหาจุดเริ่มต้นของแต่ละบรรทัดอยู่เสมอทุกครั้งที่ขึ้นบรรทัดใหม่

ปณิธานมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

"มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ในฐานะที่เป็นมหาวิทยาลัย
ระบบเปิด ยึดหลักการศึกษาตลอดชีวิต มุ่งพัฒนาคุณภาพของประชาชน
ทั่วไป เพิ่มพูนวิทยฐานะแก่ผู้ประกอบอาชีพ และขยายโอกาสทาง
การศึกษาต่อสำหรับผู้สำเร็จมัธยมศึกษา เพื่อสนองความต้องการของบุคคล
และสังคมด้วยการจัดระบบการเรียนการสอนทางไกลซึ่งใช้สื่อการสอนทาง
ไปรษณีย์ วิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และวิธีการอื่น ที่ผู้เรียน
สามารถศึกษาได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องเข้าชั้นเรียนตามปกติ"

ภาพที่ 2.28 การกำหนดแนวข้อความแบบเรียงกลาง

1.6 ขอบว่างโดยรอบข้อความ ขอบว่างโดยรอบข้อความเป็นสิ่งสำคัญที่ไม่อาจละเลยได้ ขอบว่างมีประโยชน์ที่สามารถช่วยให้ผู้อ่านทราบตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดของข้อความในแต่ละบรรทัดและในแต่ละหน้า และทำให้ผู้อ่านสามารถพักสายตาจากการอ่านข้อความจำนวนมาก ขอบว่างช่วยให้หน้าสิ่งพิมพ์เป็นระเบียบเรียบร้อย เพราะขอบว่างช่วยกำหนดกรอบโดยรอบของข้อความให้ดูสม่ำเสมอ ขอบว่างช่วยให้การพลิกหน้าสิ่งพิมพ์ทำได้ง่าย โดยไม่ขัดจังหวะการอ่าน เพราะผู้อ่านสามารถใช้นิ้วพลิกหน้าสิ่งพิมพ์ในบริเวณขอบว่างของหน้าโดยไม่กระทบกับการอ่านข้อความที่กำลังอ่านอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ขอบว่างยังช่วยในการแยกสิ่งพิมพ์ออกจากสภาพแวดล้อมโดยรอบ ทำให้ผู้อ่านสามารถเห็นสิ่งพิมพ์ได้อย่างเด่นชัด การกำหนดเนื้อที่ของขอบว่างโดยรอบข้อความไม่มีเกณฑ์กำหนดที่เด่นชัด แล้วแต่ความเหมาะสม ความสวยงาม ความมีสัดส่วนกับภาพรวมของหน้า ฯลฯ หน่วยที่นิยมใช้ในการกำหนดขอบว่างคือ "นิ้ว"



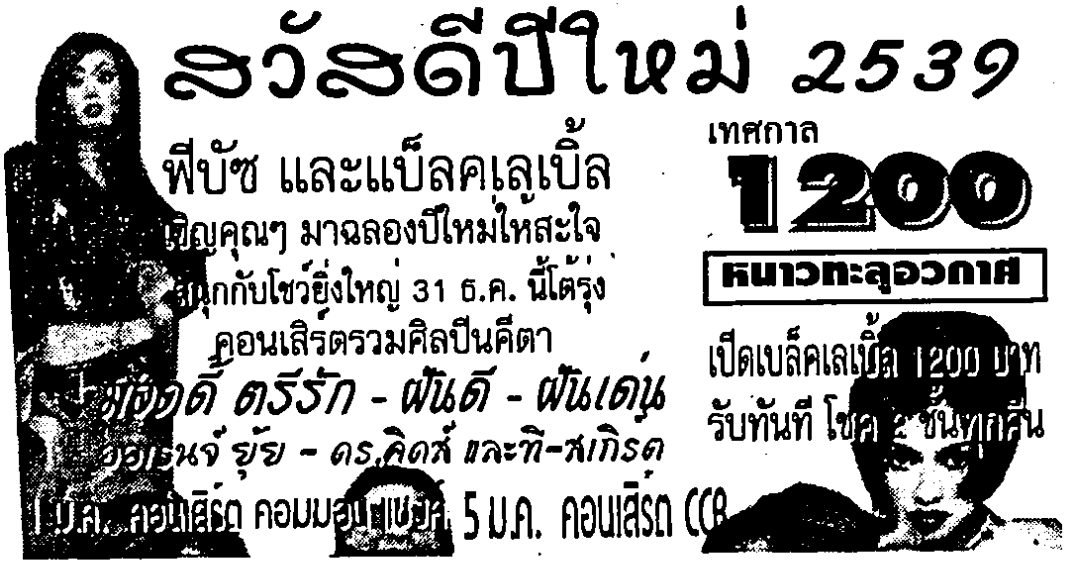
ภาพที่ 2.29 การเว้นขอบว่างที่พอเหมาะ ขอบว่างที่น้อยเกินไปและขอบว่างที่มากเกินไปตามลำดับ

1.7 แบบตัวพิมพ์ แบบตัวพิมพ์ที่ใช้ในการจัดทำสิ่งพิมพ์ทั่วไปควรเป็นแบบที่อ่านง่าย ดูแล้วเกิดความสบายตาและสวยงาม ในการเลือกแบบตัวพิมพ์สำหรับสิ่งพิมพ์ที่ผู้อ่านต้องใช้ระยะเวลาในการอ่าน เช่น หนังสือเล่ม ผู้กำหนดแบบควรเลือกใช้แบบเรียบง่ายดูแล้วเกิดความสบายตา และเป็นแบบที่ผู้อ่านส่วนใหญ่คุ้นเคย รวมทั้งสอดคล้องกับรสนิยมของผู้อ่าน แต่ถ้าเป็นสิ่งพิมพ์ที่ผู้อ่านไม่ต้องใช้เวลาในการอ่านมากประเภทโปสเตอร์โฆษณาสินค้า การเลือกใช้แบบตัวพิมพ์ควรเป็นแบบที่ดูโดดเด่น แปลก สะดุดตา ฯลฯ แต่สิ่งที่จะขาดไม่ได้คือต้องเป็นแบบที่อ่านง่ายและอ่านออกด้วย เรียกว่ามี "ประจักษภาพ" (legibility) มิฉะนั้นผู้อ่านจะไม่ทราบว่าสิ่งที่เจ้าของงานต้องการสื่อคืออะไร ในการกำหนดแบบตัวพิมพ์ ไม่ควรกำหนดแบบที่มากเกินไปในหน้าเดียวกัน เพราะจะทำให้อ่านยาก ขาดความกลมกลืน และต้องใช้เวลาในการเรียงพิมพ์เพิ่มขึ้น

หน่วยที่ 2 กระบวนการจัดพิมพ์
ชุดวิชา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์

หน่วยที่ 2 กระบวนการจัดพิมพ์
ชุดวิชา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์

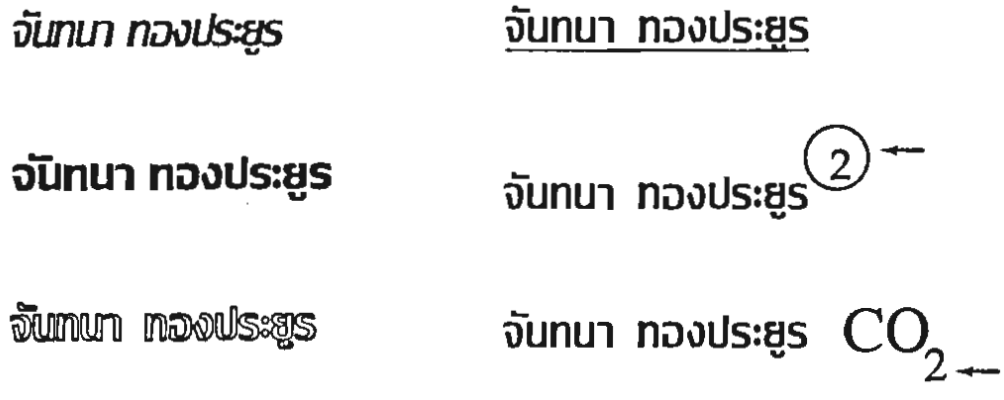
ภาพที่ 2.30 ตัวอย่างแบบตัวพิมพ์ที่อ่านง่ายและอ่านยาก



ภาพที่ 2.31 ตัวอย่างการใช้แบบตัวพิมพ์มากเกินไปในหน้าเดียว

แบบตัวพิมพ์สามารถสร้างเอกลักษณ์ให้แก่สิ่งพิมพ์ได้ โดยเฉพาะในหน้าแรกของหนังสือพิมพ์หรือนิตยสาร ผู้อ่านที่อ่านสิ่งพิมพ์ดังกล่าวอยู่เป็นประจำจะเกิดความคุ้นเคยและสามารถบอกได้ทันทีว่าเป็นหนังสือพิมพ์หรือนิตยสารฉบับใด แม้จะมีการปิดชื่อหนังสือพิมพ์หรือนิตยสารไว้

นอกจากนี้ยังมีลีลา (style) ของตัวพิมพ์ต่าง ๆ กัน การเลือกใช้ลีลาตัวพิมพ์ใดขึ้นอยู่กับความต้องการของเจ้าของงาน ความเหมาะสมกับประเภทและเนื้อหาสิ่งพิมพ์ วัตถุประสงค์การใช้งาน ความสวยงาม ฯลฯ ลีลาของตัวพิมพ์มีหลายประเภท เช่น ตัวเอียง (italic) ตัวหนา (bold) ตัวโปร่ง (outline) ตัวขีดเส้นใต้ (underline) ตัวลอยหรือดรรชนีบน (superscript) ตัวห้อยหรือดรรชนีล่าง (subscript) ตัวเจาะขาวพื้นทึบ (reverse) ตัวเงา (shadow) ฯลฯ



ภาพที่ 2.32 ตัวอย่างลีลาตัวพิมพ์แบบตัวเอียง ตัวหนา ตัวโปร่ง ตัวขีดเส้นใต้ ตัวลอยหรือดรรชนีบน ตัวห้อยหรือดรรชนีล่าง

1.8 ขนาดตัวพิมพ์ ขนาดตัวพิมพ์ที่ใช้ในสิ่งพิมพ์จะมีที่ใช้แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภท ขนาดและรูปแบบของสิ่งพิมพ์ แบบตัวพิมพ์ กลุ่มผู้อ่าน การใช้งาน ฯลฯ หน่วยที่นิยมใช้กำหนดขนาดตัวพิมพ์คือ "พอยต์"

การกำหนดขนาดตัวพิมพ์ในหน้าหนังสือพิมพ์ โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นรายละเอียดของข่าว มักใช้ขนาดตัวที่เล็กกว่าในนิตยสารและหนังสือเล่ม แต่การกำหนดตัวพาดหัวของหนังสือพิมพ์จะใช้ตัวพิมพ์ที่มีขนาดโตมากเป็นพิเศษเพื่อเรียกร้องความสนใจจากผู้อ่าน ดังนั้นขนาดตัวพิมพ์ที่ใช้ในหนังสือพิมพ์จึงมีช่วงความต่างมากกว่าสิ่งพิมพ์ประเภทอื่น ตั้งแต่ขนาดเล็กประมาณ 10-12 พอยต์ สำหรับรายละเอียดจนถึงขนาดใหญ่หลายร้อยพอยต์สำหรับตัวพาดหัว ในกรณีของนิตยสารและหนังสือเล่ม ช่วงความต่างในการใช้ขนาดตัวพิมพ์มีไม่มากเท่าหนังสือพิมพ์ แต่ยังคงใช้ตัวพิมพ์ขนาดใหญ่พิเศษสำหรับพาดหัวเรื่อง ใช้ตัวเส้นหนา (boldface) สำหรับหัวข้อ และใช้ตัวธรรมดาหรือตัวเรียงเนื้อเรื่อง (text type หรือ body type) สำหรับรายละเอียด

หินธรรมชาติประยุกต์... อีกทางเลือกของการตกแต่ง

"หิน" เป็นทรัพยากรธรรมชาติอีกประเภทหนึ่ง ที่มีอายุยืนยาวและมีความจำเป็น ต่อการดำรงค์อีกของมนุษย์มาตั้งแต่อดีต และมนุษย์ได้นำหินมาดัดแปลงเป็นเครื่องมือใช้สอยต่างๆ ในชีวิตประจำวันตลอดมา จวบถึงปัจจุบันที่เป็นยุคโนเทคโนโลยี จากน้ำมือมนุษย์นั้น

มนุษย์ก็ได้พยายามนำเทคโนโลยีที่ตัวเองประดิษฐ์ขึ้น มาผสมผสานดัดแปลง-ประยุกต์กับทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อใช้งานอย่างประหยัด และเพิ่มมูลค่าทรัพยากรเหล่านั้นให้สูงขึ้น ทั้งภายนอกและภายในได้อย่างลงตัว ด้วยรูปแบบและสีสันของหินธรรมชาตินานาชนิด ทั่วทุกมุมโลก

หินธรรมชาติประยุกต์ เหมาะกับสไตล์และรสนิยม ทั้งที่คนรุ่นใหม่และผู้ที่มีรสนิยมแบบสมัยเก่าที่ต้องการจะเสริมคุณค่าให้กับอาคารบ้านเรือน อีกทั้งเป็นเครื่องบ่งบอกบุคลิกของผู้เป็นเจ้าของบ้าน ได้ในคราวเดียวกัน และการนำหินธรรมชาติประยุกต์ มาใช้ตกแต่งอาคารบ้านเรือนนั้น นอกจากจะได้ความสวยงามที่เป็นธรรมชาติแล้ว ยังเป็นการช่วยอนุรักษ์ธรรมชาติไปในตัวด้วย เกือบ 100%

ดังนั้น จึงไม่ใช่เรื่องง่าย ที่คนในวงการวัสดุก่อสร้างจะทำได้ แม้ว่าจะมีลักษณะเรื่องของเงินทุน รวมทั้งวัตถุดิบต่างๆ ก็ตาม ซึ่งการทำสีให้แห้งนั้น จะใช้วิธีการตากแดด แทนวิธีอบโดยทั่วไป ทั้งนี้ การตากแดดให้แห้งจะใช้เวลาประมาณ 28 วัน

นอกจากนี้ ยังใช้เทคโนโลยีที่มีเทคนิคผลิตพิเศษเฉพาะ จึงทำให้ลอกเลียนแบบได้ยาก และเมื่องานสร้างสมบูรณ์แล้ว ก็จะได้ รูปแบบ สีสัน เหมือนกับสีหินธรรมชาติจริงๆ แต่ใน

ภาพที่ 2.33 ตัวอย่างการใช้ตัวพาดหัว ตัวเส้นหนา และตัวเรียงเนื้อเรื่อง

ข้อควรสังเกตเกี่ยวกับการกำหนดขนาดตัวพิมพ์คือ การกำหนดขนาดตัวพิมพ์ขึ้นอยู่กับแบบตัวพิมพ์ที่ใช้ด้วย แบบตัวพิมพ์แบบหนึ่งอาจดูมีขนาดใหญ่กว่าแบบตัวพิมพ์อีกแบบหนึ่ง แม้จะกำหนดใช้ขนาดตัวพิมพ์ที่เท่ากัน แบบตัวพิมพ์ภาษาอังกฤษจะมีขนาดใหญ่กว่าแบบตัวพิมพ์ภาษาไทยที่ขนาดพอยต์เท่ากัน เนื่องจากภาษาอังกฤษไม่มีระดับของสระบนและสระล่าง รวมทั้งวรรณยุกต์ดังเช่นภาษาไทย ดังนั้น ในการกำหนดขนาดตัวพิมพ์สำหรับภาษาไทยและภาษาอังกฤษจึงไม่ควรใช้ขนาดพอยต์ที่เท่ากัน แต่ควรกำหนดขนาดพอยต์ของตัวพิมพ์ภาษาไทยให้ใหญ่กว่าตัวพิมพ์ภาษาอังกฤษเล็กน้อย โดยอาจใช้ขนาดต่างกันประมาณ 4-6 พอยต์ ทั้งนี้ขึ้นกับแบบตัวพิมพ์ที่เลือกใช้ ความกลมกลืน ความเหมาะสม ความสวยงาม ฯลฯ เช่น ถ้าใช้ตัวพิมพ์ภาษาไทยขนาด 16 พอยต์ ก็ควรใช้ตัวพิมพ์ภาษาอังกฤษขนาด 12 พอยต์ เป็นต้น

จันทนา ทองประยูร Chantana Thongprayoon

ภาพที่ 2.34 ตัวอย่างแบบตัวพิมพ์ภาษาไทยและแบบตัวพิมพ์ภาษาอังกฤษที่มีขนาดพอยต์เท่ากัน

การกำหนดขนาดตัวพิมพ์ในหน้าหนังสือควรคำนึงถึงสมรรถภาพหรือความสามารถในการอ่านของผู้อ่าน ตัวอย่างเช่น เด็กและผู้สูงวัยมีสมรรถภาพในการอ่านน้อย ดังนั้นการกำหนดขนาดตัวพิมพ์ในสิ่งพิมพ์สำหรับผู้อ่านที่เป็นเด็กและผู้สูงวัยควรใช้ขนาดตัวที่โตกว่าหนังสือสำหรับผู้อ่านวัยอื่นที่เป็นนักศึกษาหรือผู้ใหญ่วัยทำงาน ตัวอย่างขนาดตัวพิมพ์ที่ใช้เป็นตัวเรียงเนื้อเรื่องสำหรับหนังสือเด็กเล็กคือประมาณ 24-30 พอยต์ สำหรับหนังสือเด็กโตคือประมาณ 20-24 พอยต์ และหนังสือสำหรับผู้ใหญ่วัยทำงานคือใช้ประมาณ 14-16 พอยต์

อักษรไทย	สี่สิบสี่	มีจำมั่น
ตัวหนึ่งนั้น	ก ไก่	บ่งไขขาน
ไก่ขันเอ้ือย	เจื้อยแจ้ว	แว่วกังวาน
ทำอาหาร	อร่อยดี	มีราคา

"โอ๊ยจะไหวหรือ ปูแสมมันก้ามใหญ่นะ ดูพ่อเขาจับไปก่อนเถอะ เออ...วันนี้ปูกินโต๊ะเสียด้วย" ย่าเอ่ยปรามพลางจูงมือหลานนำขึ้นเรือน

"เป็นอย่างไรครับปูกินโต๊ะ" เก้งสงสัย

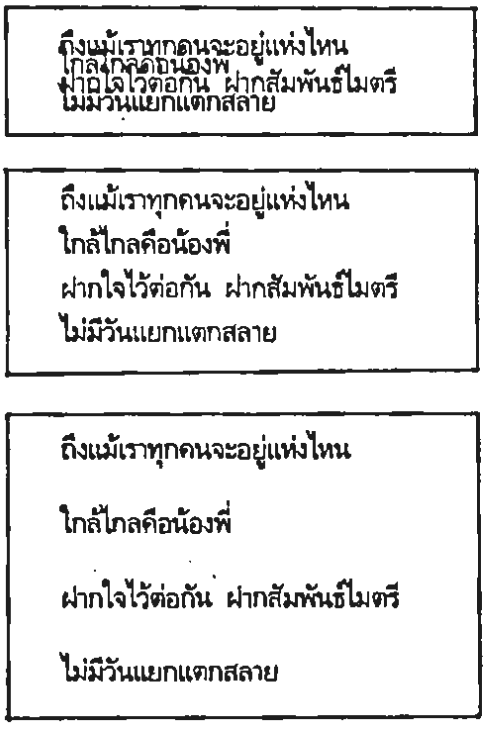
"เป็นธรรมชาติของมันน่ะลูก วันขึ้น ๑๕ ค่ำ เดือน ๑๑ จะมีปูแสมจำนวนมากมารวมกัน กินดินโป่งที่ลาน ปูมันจะไม่หนีด้วยถ้าเรามีบังเอิญหาลานมันเจอแล้วไปจับมัน" พ่ออธิบาย

การออกแบบจัดหน้า เป็นศิลปะการกำหนดองค์ประกอบต่าง ๆ อันได้แก่ ตัวอักษร ภาพ สี และเนื้อที่ว่าง ลงในเนื้อที่ว่างอย่างสร้างสรรค์เพื่อให้การใช้สิ่งพิมพ์เป็นไปโดยเกิดประโยชน์สูงสุด และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การจัดทำ รวมทั้งช่วยให้สิ่งพิมพ์อ่านง่าย ช่วยเพิ่มความน่าสนใจ ความสวยงาม ความประทับใจ ฯลฯ ให้แก่ผู้อ่าน การออกแบบจัดหน้า

ภาพที่ 2.35 ตัวอย่างแบบตัวพิมพ์สำหรับหนังสือเด็กเล็ก หนังสือเด็กโต และหนังสือผู้ใหญ่ตามลำดับ

1.9 ช่วงบรรทัด ช่วงบรรทัดเป็นสิ่งที่สัมพันธ์กับขนาดตัวพิมพ์ ถ้าใช้ขนาดตัวพิมพ์ที่ใหญ่ก็ควรมีช่วงบรรทัดมาก แต่ถ้าใช้ขนาดตัวพิมพ์ที่เล็กก็ควรมีช่วงบรรทัดน้อยลง โดยทั่วไปการกำหนดช่วงบรรทัดสำหรับตัวพิมพ์ที่ใช้เป็นตัวเรียงเนื้อเรื่อง มักอยู่ที่ระดับ 120 เปอร์เซ็นต์ จากขนาดตัวเรียงเนื้อเรื่อง เช่น ถ้าใช้ตัวเรียงเนื้อเรื่องขนาด 16 พอยต์ ช่วงบรรทัดคือขนาด 120 เปอร์เซ็นต์ของ 16 พอยต์ ซึ่งจะเท่ากับ 19 พอยต์เป็นต้น

การไม่กำหนดช่วงบรรทัดหรือกำหนดช่วงบรรทัดน้อยเกินไปจะทำให้อ่านข้อความไม่ได้หรืออ่านยาก แต่ถ้ากำหนดช่วงบรรทัดมากเกินไปจะทำให้ข้อความเรียงพิมพ์ขาดความสวยงามและยังสิ้นเปลืองกระดาษอีกด้วย การกำหนดช่วงบรรทัดยังขึ้นกับการอ่านง่าย สบายตา ความเหมาะสม ความสวยงาม ฯลฯ รวมทั้งขึ้นอยู่กับแบบตัวพิมพ์ด้วย ที่ขนาดพอยต์เท่ากันถ้าใช้ตัวพิมพ์ที่มีลำตัวพิมพ์ยาวก็ควรกำหนดช่วงบรรทัดมากกว่าแบบตัวพิมพ์ที่มีลำตัวพิมพ์สั้นกว่า แบบตัวพิมพ์ภาษาไทยต้องการช่วงบรรทัดมากกว่าแบบตัวพิมพ์ภาษาอังกฤษ เนื่องจากมีระดับของสระบนสระล่าง และวรรณยุกต์ที่ไม่มีในภาษาอังกฤษ หน่วยที่นิยมใช้ในการกำหนดช่วงบรรทัดคือ "พอยต์" ตามหน่วยที่ระบุขนาดตัวพิมพ์



ภาพที่ 2.36 การไม่กำหนดช่วงบรรทัด การกำหนดช่วงบรรทัดพอเหมาะ และการกำหนดช่วงบรรทัดมากเกินไปตามลำดับ

ถึงแม้เราทุกคนจะอยู่แห่งใหน
ใกล้ไกลคือน้องพี่
ฝากใจไว้ต่อกัน ฝากสัมพันธ์ไมตรี
ไม่มีวันแยกแตกสลาย

ถึงแม้เราทุกคนจะอยู่แห่งใหน
ใกล้ไกลคือน้องพี่
ฝากใจไว้ต่อกัน ฝากสัมพันธ์ไมตรี
ไม่มีวันแยกแตกสลาย

ภาพที่ 2.37 การกำหนดช่วงบรรทัดเท่ากันสำหรับแบบตัวพิมพ์ที่มีลำตัวพิมพ์ยาวและแบบตัวพิมพ์ที่มีลำตัวสั้น ตามลำดับ

2. การกำหนดรายละเอียดของภาพสำหรับงานก่อนพิมพ์

การกำหนดรายละเอียดของภาพสำหรับงานก่อนพิมพ์เป็นขั้นตอนการระบุรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับภาพลงในต้นฉบับเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานและผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายรับทราบลักษณะของงานพิมพ์ไปในแนวทางเดียวกัน รายละเอียดของภาพที่ต้องมีการระบุสำหรับงานก่อนพิมพ์ มีดังนี้

2.1 ประเภทของภาพ ประเภทของภาพเช่น กำหนดว่าภาพที่ใช้เป็นต้นฉบับเป็นภาพสะท้อนแสงหรือภาพโปร่งใส ถ้าเป็นภาพสะท้อนแสง ภาพนั้นเป็นภาพถ่าย ภาพวาด ภาพวาดลายเส้นหรือภาพพิมพ์ การเลือกใช้ภาพอาจใช้ประเภทเดียวหรือหลายประเภทประกอบกันก็ได้

2.2 รูปแบบและขนาดภาพ รูปแบบและขนาดภาพ เช่น กำหนดว่าภาพที่ใช้จะเป็นภาพที่มีเส้นกรอบล้อมรอบ หรือเพียงใช้ที่ว่างโดยรอบเป็นกรอบภาพในลักษณะของภาพไร้กรอบหรือกำหนดเป็นภาพลักษณะตัดตก (bleed) ที่กรอบบางด้านหรือกรอบทุกด้านของภาพอยู่ชิดขอบกระดาษ การจัดวางภาพตัดตกอาจให้กรอบของภาพเส้นกรอบเพียงด้านเดียว สองด้าน หรือสี่ด้านก็ได้ ในกรณีที่กรอบภาพชิดกรอบกระดาษทั้งสี่ด้านจะเป็นภาพที่ขยายเต็มหน้ากระดาษ

...ถ้าจิตมันเกิดทุกข์ขึ้นได้ สติรู้พร้อม มองเห็นทุกข์อริยสัจ
ถ้าจิตมีปัญญารู้สึก มันจะบอกว่า
อ้อ ! นี่คือทุกข์อริยสัจที่พระพุทธเจ้าตรัสรู้ แล้วมันจะดูทุกข์กันต่อไป
สุข ทุกข์ ทั้งสองอย่างเกิดขึ้นสลับกันไป อันนี้คือกฎอริยสัจ
แล้วในที่สุดจิตมีสติมีปัญญาดีขึ้น
มันจะกำหนดหมายรู้ว่า
นอกจากทุกข์ไม่มีอะไรเกิด
นอกจากทุกข์ไม่มีอะไรดับ
แล้วจะมองเห็นว่า สิ่งใดสิ่งหนึ่งเกิดขึ้นดับไป เกิดขึ้นดับไป อยู่อย่างนั้น

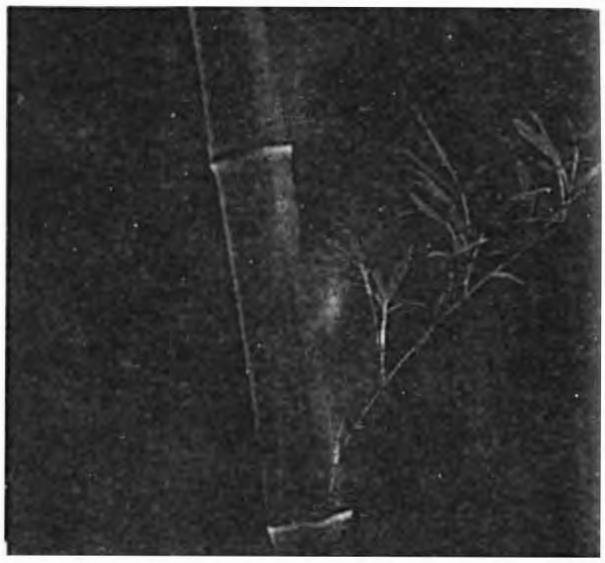
ภาพที่ 2.38 ตัวอย่างภาพที่มีกรอบ

108 ไฮโซพร้อม

คำขึ้นต้นเรียกเป็นมาดามหรือเมอซิเออร์ แม้แต่กับคนที่รู้จักคุ้นเคยกันก็ตามก็ใช้คำดังกล่าวเช่นกัน โดยไม่ต้องต่อท้ายด้วยนามสกุล แม้ว่าคนที่เรียกจะรู้จักชื่อและนามสกุลของผู้ถูกเรียกเป็นอย่างดีก็ตาม และคำทั้งสองนี้พูดคิดปากกันเสมอ การเริ่มต้นสนทนาใดๆ ถ้าขาดคำทั้งสองนี้ก็ดูจะทำให้ห้วนๆ ไป

คนในครอบครัวและเพื่อนสนิทเวลาพบกันหรือจากกันจะหอมแก้วทั้งซ้ายขวาซึ่งกันและกัน แต่ถ้าเป็นคนรู้จักกันธรรมดาทั่วๆ ไป จะจับมือแทน และจับคะไปจนทั่วทุกคน แม้แต่ตอนที่เข้าไปดื่มกินอะไรในร้านกาแฟก็เถอะ แต่สำหรับคน

ภาพที่ 2.39 ตัวอย่างภาพไร้กรอบ



● หลักสากลของการปฏิบัติสมาธิ

● สมาธิ...เพื่ออะไร

ปัญหาสำคัญของการฝึกสมาธินี่ บางทีเราอาจจะเข้าใจไขว้เขวไปจากหลักความจริง

สมาธิอย่างหนึ่ง เราฝึกเพื่อให้จิตสงบนิ่ง

สมาธิอย่างหนึ่ง เราฝึกเพื่อให้มีสติสัมปชัญญะรู้ทันเหตุการณ์นั้น ๆ ในขณะปัจจุบัน

สมาธิบางอย่าง เราปฏิบัติเพื่อให้เกิดความรู้ความเห็นภายในจิต เช่น

รู้เห็นสิ่งมหัศจรรย์ต่าง ๆ รู้เรื่องอดีต อนาคต

รู้อดีต หมายถึงรู้ชาติในอดีตว่าเราเกิดเป็นอะไร

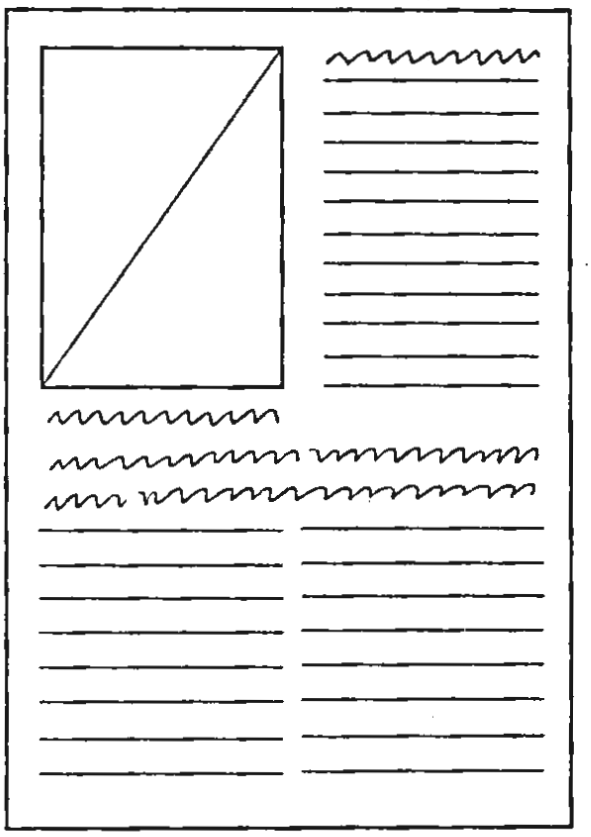
ภาพที่ 2.40 ตัวอย่างภาพตัดตก

การกำหนดขนาดของภาพเป็นการกำหนดความกว้างและความยาวของภาพไว้บนดัมมี เพื่อให้ช่างศิลป์และช่างถ่ายฟิล์มทราบขนาดของภาพตามที่กำหนด การระบุขนาดของภาพนิยมใช้หน่วยนิ้ว แต่ในงานที่ต้องการความละเอียดสูงก็อาจระบุเป็นเซนติเมตรได้

2.3 การจัดส่วนภาพหรือการครอปภาพ (cropping) การจัดส่วนภาพเป็นการตัดภาพในบริเวณที่ไม่สำคัญออกไป เพื่อให้องค์ประกอบสำคัญในภาพดูเด่นขึ้น การจัดส่วนภาพทำได้โดยใช้กระดาษแข็งตัดเป็นรูปตัว L สองชิ้น แล้วนำมาทาบบนตัวภาพเพื่อปิดบังส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออกไป

ภาพที่ 2.41 ตัวอย่างการจัดส่วนภาพโดยใช้กระดาษแข็งตัดเป็นรูปตัว L สองชิ้นทาบบนตัวภาพ

2.4 การกำหนดตำแหน่งของภาพ การกำหนดตำแหน่งของภาพทำเพื่อให้ช่างศิลป์หรือผู้ประกอบฟิล์มทราบว่าจะต้องจัดวางภาพแต่ละภาพไว้ ณ ตำแหน่งใดของหน้า เช่น ตำแหน่งบนซ้าย ตำแหน่งบนขวา ตำแหน่งล่างซ้าย ตำแหน่งล่างขวา หรือบริเวณกลางหน้า เป็นต้น โดยตีเส้นกรอบสี่เหลี่ยมไว้บนดัมมีในตำแหน่งที่ต้องการวางภาพ และลากเส้นทแยงมุมเส้นหนึ่งภายในกรอบนั้น พร้อมกับระบุหมายเลขภาพลงไป ในกรณีที่มีภาพหลายภาพในหน้าเดียวกันต้องมีการระบุหมายเลขของภาพไว้บนดัมมีด้วย และหมายเลขภาพเหล่านั้นต้องเป็นชุดเดียวกับหมายเลขภาพที่ระบุไว้ที่ภาพต้นฉบับ เพื่อป้องกันความสับสนที่อาจเกิดขึ้น ความสับสนนี้อาจทำให้เกิดการติดภาพผิดตำแหน่งได้ในขั้นตอนการทำอาร์ตเวิร์กหรือการวางรูปแบบฟิล์ม ในการระบุหมายเลขบนภาพต้นฉบับนั้นจะต้องไม่เขียนตัวเลขหรือข้อความใด ๆ บนตัวภาพ เพราะจะทำให้ภาพเสียและดูสกปรก สิ่งที่ควรทำคือใช้เทปเหนียวสองหน้าติดที่ด้านหลังของภาพแล้วติดภาพนั้นลงบนกระดาษขาว พร้อมระบุหมายเลขภาพไว้บนกระดาษ ในกรณีที่มีคำบรรยายภาพ (caption) ให้เขียนคำบรรยายลงบนกระดาษขาวด้วย



ภาพที่ 2.42 ตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งและขนาดของภาพรวมทั้งคำบรรยายภาพบนดัมมี

๒.๕ คำบรรยายภาพ ควรระบุข้อความที่เป็นคำบรรยายภาพพร้อมเนื้อที่ที่ใช้และตำแหน่งที่ต้องการวางคำบรรยายภาพลงบนต้มมี ตำแหน่งการจัดวางคำบรรยายภาพอาจวางในแนวนอนบริเวณด้านล่างของภาพ หรือแนวดิ่งบริเวณด้านข้างของภาพก็ได้

ภาพที่ ๒.๔๖ ตัวอย่างการจัดวางคำบรรยายภาพในแนวนอนและแนวดิ่งตามลำดับ

นอกจากนี้การกำหนดรายละเอียดสำหรับงานก่อนพิมพ์ควรระบุรายละเอียดอื่น ๆ ที่ใช้ในการจัดพิมพ์ด้วย เพื่อให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเข้าใจลักษณะงานตรงกัน เช่น ลักษณะ รูปแบบ และขนาดของสิ่งพิมพ์ที่ต้องการ ระบบการพิมพ์ที่ใช้ จำนวนสีที่ใช้พิมพ์ วัสดุการพิมพ์ที่เลือกใช้ จำนวนพิมพ์ วิธีการพับ การเข้าเล่ม การทำเล่ม การเข้าปก ฯลฯ รายละเอียดเหล่านี้ควรระบุในต้นแบบร่างหรือต้มมี โดยเฉพาะหน้าแรกและหน้าที่ขึ้นเรื่องใหม่หรือบทใหม่ แต่หน้าแรกและหน้าที่ขึ้นเรื่องใหม่หรือบทใหม่เหล่านี้ไม่ควรมีเลขหน้า ส่วนหน้าอื่น ๆ นั้นควรระบุตำแหน่งเลขหน้า รวมทั้งตำแหน่งและขนาดของพาดหัว หัวเรื่อง หัวข้อใหญ่ หัวข้อย่อย เนื้อหา ฯลฯ ในส่วนของข้อความควรระบุตำแหน่ง จำนวน ขนาด และลักษณะของคอลัมน์ ในส่วนของภาพประกอบควรระบุตำแหน่ง จำนวน ขนาด ประเภท และลักษณะของภาพประกอบ นอกจากนี้ควรกำหนดเนื้อที่ของขอบว่างโดยรอบข้อความ แบบตัวพิมพ์ที่เลือกใช้ ขนาดตัวพิมพ์ ช่วงบรรทัด และอื่น ๆ

กิจกรรม 2.1.5

จงอธิบายขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดสำหรับงานก่อนพิมพ์

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 2 ตอนที่ 2.1 กิจกรรม 2.1.5

แนวตอบกิจกรรม 2.1.5

การกำหนดรายละเอียดสำหรับงานก่อนพิมพ์ ต้องกระทำในส่วนของต้นฉบับข้อความและต้นฉบับภาพ

1) การกำหนดรายละเอียดของข้อความ ควรกำหนดขนาดและรูปแบบสิ่งพิมพ์ จำนวนคอลัมน์ ความกว้างของคอลัมน์ ความลึกของคอลัมน์ แนวข้อความหรือแนวคอลัมน์ ขอบว่างโดยรอบข้อความ แบบตัวพิมพ์ ขนาดตัวพิมพ์ ช่วงบรรทัด ฯลฯ

2) การกำหนดรายละเอียดของภาพสำหรับงานก่อนพิมพ์ ควรกำหนดประเภทของภาพ รูปแบบและขนาดภาพ การจัดส่วนภาพ ตำแหน่งภาพ และคำบรรยายภาพ

ตอนที่ 2.2
งานก่อนพิมพ์

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 2.2 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

2.2.1 ความหมายและขอบข่ายของงานก่อนพิมพ์
2.2.2 ขั้นตอนของงานก่อนพิมพ์

แนวคิด

1. งานก่อนพิมพ์เริ่มภายหลังจากงานบรรณาธิกรในขั้นตอนของงานก่อนกระบวนการพิมพ์สิ้นสุด งานก่อนพิมพ์เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการพิมพ์ โดยเป็นการเตรียมความพร้อมของงานก่อนที่จะส่งชิ้นงานเข้าสู่งานพิมพ์และงานหลังพิมพ์ ขั้นตอนของงานก่อนพิมพ์จะเริ่มตั้งแต่การเรียงพิมพ์จนถึงการทำแม่พิมพ์ ลักษณะของงานก่อนพิมพ์จะแตกต่างกันบ้างสำหรับระบบการพิมพ์แต่ละประเภท
2. ขั้นตอนของงานก่อนพิมพ์ประกอบด้วยการเรียงพิมพ์ การพิสูจน์อักษร การทำภาพประกอบ การทำอาร์ตเวิร์ก การถ่ายฟิล์ม การแยกสี การประกอบฟิล์ม การวางรูปแบบฟิล์ม และการทำแม่พิมพ์

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 2.2 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายความหมายและขอบข่ายของงานก่อนพิมพ์ได้
2. อธิบายขั้นตอนของงานก่อนพิมพ์ได้

เรื่องที่ 2.2.1

ความหมายและขอบข่ายของงานก่อนพิมพ์

งานก่อนพิมพ์เป็นกระบวนการที่เริ่มภายหลังจากการบรรณาธิกรสิ้นสุด โดยเป็นการเตรียมความพร้อมของงานอีกขั้นตอนหนึ่ง ก่อนที่จะส่งงานนั้นเข้าสู่กระบวนการของงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์ ซึ่งเป็นงานที่อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานในโรงพิมพ์ งานก่อนพิมพ์ที่มีความสมบูรณ์ เรียบร้อย และถูกต้องจะช่วยให้กระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและสมบูรณ์ด้วย โดยปราศจากข้อผิดพลาดหรือเกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุด จนได้สิ่งพิมพ์สำเร็จที่มีลักษณะและรูปแบบตรงตามที่ผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของงานต้องการ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดทั้งในด้านงบประมาณและระยะเวลาที่มี

กระบวนการของงานก่อนพิมพ์จะเริ่มภายหลังจากบรรณาธิการตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของต้นฉบับทั้งในส่วนข้อความและภาพแล้ว บรรณาธิการจะส่งต้นฉบับงานพิมพ์ทั้งหมดไปยังหน่วยงานที่รับผิดชอบงานก่อนพิมพ์ รวมทั้งดัมมีที่มีการกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับการผลิตอย่างครบถ้วน โดยส่งแนบไปพร้อมกับต้นฉบับด้วย เพื่อให้ทุกหน่วยงานที่รับช่วงงานต่อเข้าใจรูปแบบและลักษณะงานที่ต้องการในแนวเดียวกัน ตามรายละเอียดที่กล่าวไปแล้ว การเตรียมงานก่อนพิมพ์ที่สมบูรณ์ที่สุดย่อมจะช่วยลดความไม่เข้าใจหรือความเข้าใจผิดให้เกิดน้อยที่สุดระหว่างหน่วยงานแต่ละหน่วยที่ต้องทำงานประสานร่วมกัน

ลักษณะของงานก่อนพิมพ์และงานบางขั้นตอนจะมีความแตกต่างกันบ้างสำหรับระบบการพิมพ์แต่ละประเภท เนื่องจากการพิมพ์แต่ละระบบมีลักษณะการทำงานต่างกัน ความแตกต่างมักอยู่ที่ขั้นตอนการเรียงพิมพ์ การทำอาร์ตเวิร์ก การถ่ายฟิล์ม และการทำแม่พิมพ์ โดยเฉพาะการทำแม่พิมพ์ เพราะแม่พิมพ์จะเป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการแยกระบบการพิมพ์ออกจากกันตามลักษณะปรากฏที่ผิวหน้า การแบ่งระบบการพิมพ์ตามความแตกต่างที่ผิวหน้าของแม่พิมพ์อาจแบ่งได้เป็นระบบการพิมพ์พื้นนูน ระบบการพิมพ์พื้นราบ ระบบการพิมพ์พื้นลึก และระบบการพิมพ์ฉลุลายผ้า ตัวอย่างของระบบการพิมพ์พื้นนูนได้แก่เลตเตอร์เพรสส์และเฟล็กโซกราฟี ตัวอย่างของระบบการพิมพ์พื้นราบได้แก่ออฟเซต ตัวอย่างของระบบการพิมพ์พื้นลึกได้แก่ กราวัวร์ และอินทาลโย

กิจกรรม 2.2.1

จงอธิบายความหมายและขอบข่ายของงานก่อนพิมพ์

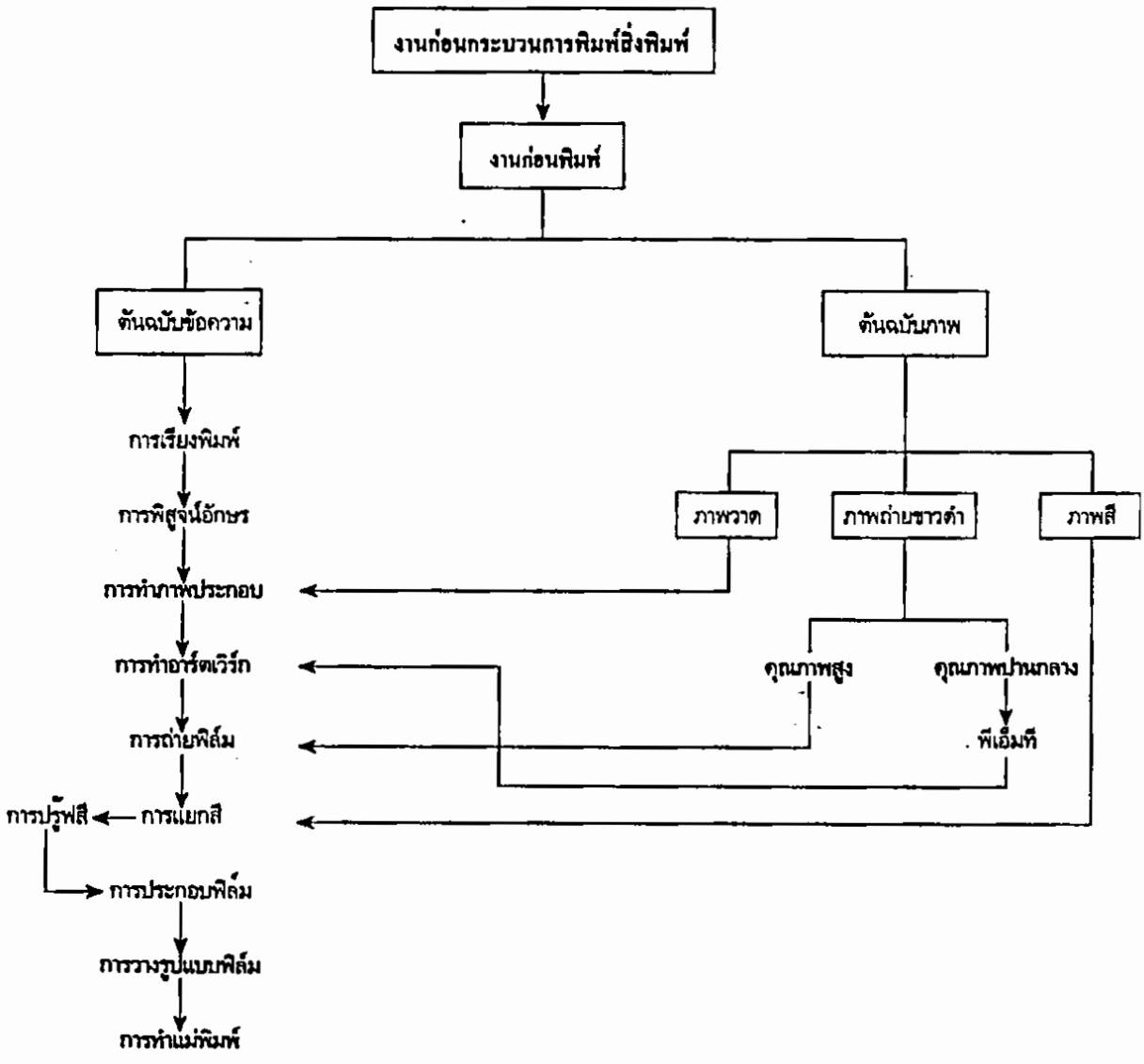
โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 2 ตอนที่ 2.2 กิจกรรม 2.2.1

แนวตอบกิจกรรม 2.2.1

งานก่อนพิมพ์เป็นขั้นตอนการเตรียมความพร้อมของงานก่อนที่จะส่งชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการของงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์ ลักษณะของงานก่อนพิมพ์จะมีความแตกต่างกันบ้างสำหรับระบบการพิมพ์แต่ละประเภท ขอบข่ายของงานก่อนพิมพ์เริ่มตั้งแต่การเรียงพิมพ์ต้นฉบับข้อความ จนถึงการทำแม่พิมพ์

เรื่องที่ 2.2.2
ขั้นตอนของงานก่อนพิมพ์

โดยทั่วไป ขั้นตอนของงานก่อนพิมพ์ประกอบด้วยการเรียงพิมพ์ การพิสูจน์อักษร การทำภาพประกอบ การทำอาร์ตเวิร์ก (artwork) การถ่ายฟิล์ม การแยกสี (color separation) การประกอบฟิล์ม การวางรูปแบบฟิล์ม และการทำแม่พิมพ์ ความแตกต่างของงานก่อนพิมพ์จะแตกต่างกันบ้างในการพิมพ์แต่ละระบบ แต่ส่วนใหญ่ยังคงใช้ขั้นตอนตามที่กล่าวนี้ในงานก่อนพิมพ์



ภาพที่ 2.44 แผนภูมิแสดงขั้นตอนของงานก่อนพิมพ์

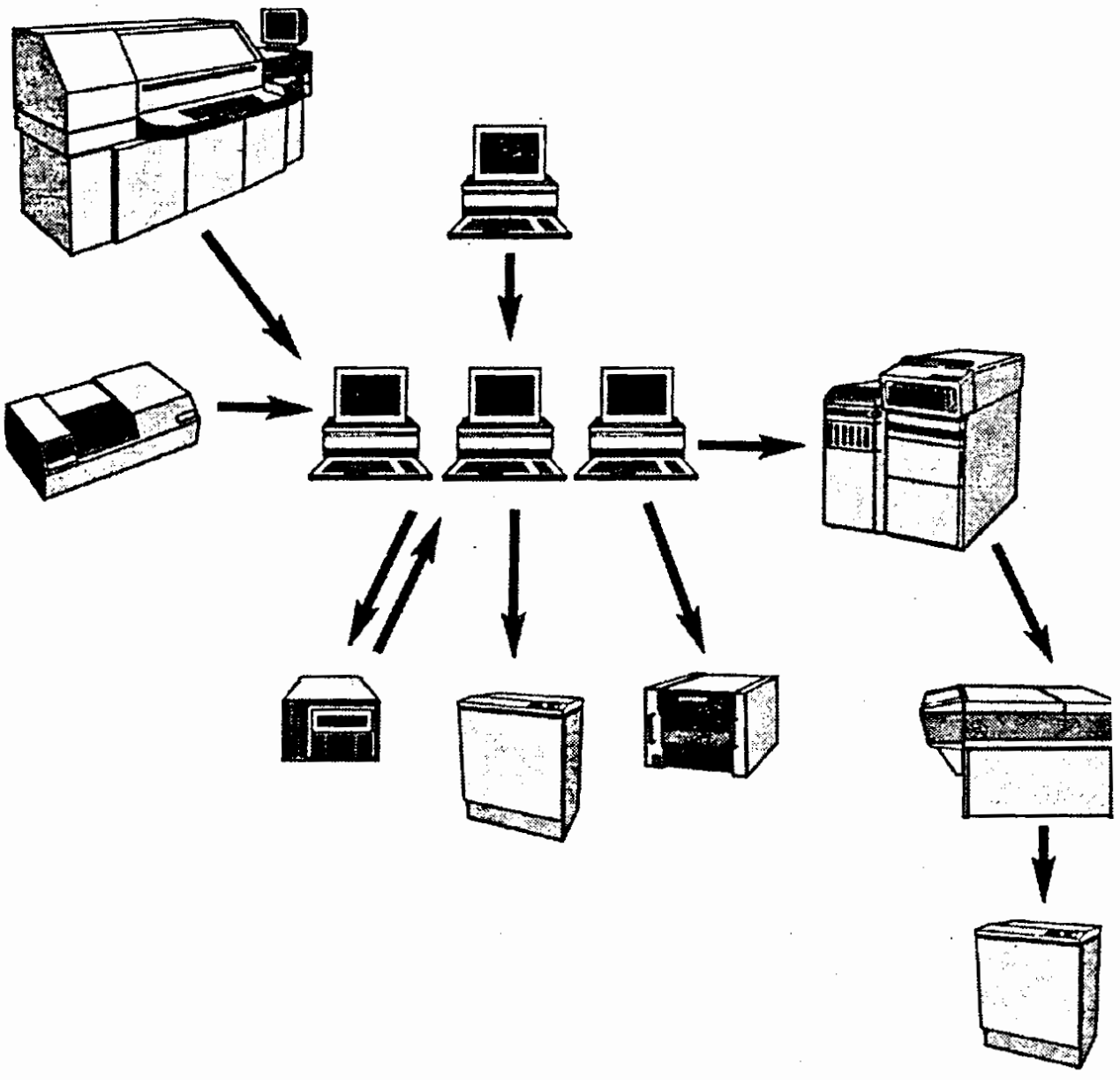
1. การเรียงพิมพ์

ในอดีตที่ผ่านมา นับแต่มีการคิดค้นประดิษฐ์ตัวพิมพ์ที่ทำจากโลหะเพื่อนำมาใช้ในการเรียงพิมพ์และพิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์นั้น การเรียงพิมพ์โดยใช้ตัวโลหะเป็นที่นิยมและแพร่หลายกันมานานนับศตวรรษ จนกระทั่งมีผู้คิดค้นระบบการพิมพ์ออฟเซตขึ้น พร้อมกับการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการทำงาน เพื่อให้กระบวนการทำงานง่าย สะดวก และรวดเร็วขึ้นกว่าเดิม โดยในส่วนของงานเรียงพิมพ์นั้นมีการนำเครื่องเรียงพิมพ์ด้วยแสง (phototypesetter) มาช่วยในกระบวนการเรียบเรียงและจัดระเบียบตัวพิมพ์ ทำให้การเรียงพิมพ์และการตรวจแก้ไขง่ายและสะดวกกว่าเดิมมาก ดังนั้น กระบวนการเรียงพิมพ์ด้วยตัวโลหะแบบเดิมจึงค่อย ๆ ลดความนิยมลง แม้จะยังมีที่ใช้กันอยู่บ้างในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังมีสิ่งที่เข้ามาแทนที่การเรียงพิมพ์ด้วยตัวโลหะ คือ การเรียงพิมพ์โดยใช้วัสดุที่ทำจากยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ประเภทพอลิเมอร์ ซึ่งใช้ในการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี ระบบการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีเป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายเช่นเดียวกับการพิมพ์ออฟเซต แต่การพิมพ์ทั้งสองระบบเหมาะกับงานพิมพ์ที่มีการใช้งานต่างกัน

ในอดีตกว่าทศวรรษที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน ผู้เกี่ยวข้องกับกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์หันมาใช้ระบบการเรียงพิมพ์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ให้ความสะดวกรวดเร็ว ประหยัดเวลา กำลังงาน งบประมาณ ฯลฯ เครื่องคอมพิวเตอร์ดังกล่าวจะบรรจุซอฟต์แวร์ (software) ประเภทประมวลผลคำและจัดหน้า รวมทั้งโปรแกรมที่ช่วยในการออกแบบและตกแต่งภาพลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาช่วยในการจัดทำสิ่งพิมพ์ ทำให้กระบวนการเรียงพิมพ์ การจัดหน้า และการตรวจพิสูจน์อักษรทำได้โดยง่าย สะดวก และรวดเร็วกว่าการใช้เครื่องเรียงพิมพ์ด้วยแสงแบบเดิม การจัดทำงานพิมพ์ด้วยกรรมวิธีดังกล่าวเรียกว่า "การจัดพิมพ์แบบตั้งโต๊ะ" (desktop publishing) อย่างไรก็ตาม หลักการที่ใช้ในการเรียงพิมพ์ข้อความยังคล้ายแบบเดิม

ระบบจัดพิมพ์แบบตั้งโต๊ะประกอบด้วยอุปกรณ์ทางคอมพิวเตอร์ที่ช่วยให้การจัดพิมพ์งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งอุปกรณ์นำเข้าข้อมูล (input hardware) หน่วยประมวลผล (central processing unit หรือ CPU) และอุปกรณ์ส่งออก (output hardware) โดยที่อุปกรณ์ส่งออกประกอบด้วยเครื่องพิมพ์ตั้งโต๊ะแบบต่าง ๆ เช่น เครื่องพิมพ์แบบจุด (dot matrix printer) เครื่องพิมพ์แบบพ่นหมึก (ink jet printer) เครื่องพิมพ์เลเซอร์ (laser printer) และเครื่องอิมเจเซ็ตเตอร์ (imagesetter) ในประเภทเครื่องพิมพ์ทั้งหมด เครื่องอิมเจเซ็ตเตอร์ให้คุณภาพการพิมพ์สูงสุด

ตัวเรียงพิมพ์ที่ได้จากเครื่องเรียงพิมพ์ด้วยแสงจะปรากฏบนกระดาษไวแสงโบรไมด์ (bromide paper) กระดาษไวแสงนี้จะผ่านกระบวนการฉายแสงและการสร้างภาพ จนได้ตัวอักษรที่มีความดำเข้มและขอบคมชัดบนพื้นกระดาษสีขาว ข้อความที่ได้จึงมีความเปรียบต่างสูง ถ้ามองในด้านการผลิตสิ่งพิมพ์ ข้อความลักษณะนี้นับเป็นต้นฉบับข้อความที่มีคุณภาพดี เพราะสามารถส่งผลให้ส่วนข้อความของสิ่งพิมพ์ที่ได้รับในขั้นปลายมีคุณภาพดีด้วย กล่าวคือมีตัวอักษรสีเข้มและมีขอบที่คมชัด ส่วนในเครื่องอิมเจเซ็ตเตอร์นั้น สามารถให้ตัวเรียงพิมพ์ที่ปรากฏบนกระดาษไวแสงโบรไมด์รวมทั้งฟิล์มไวแสงด้วย รูปแบบและลักษณะของข้อความที่ได้จากเครื่องเรียงพิมพ์ไม่ว่าจะเป็นประเภทใดจะเป็นไปตามแบบที่บรรณาธิการกำหนดในขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดสำหรับงานก่อนพิมพ์ ในด้านของแบบและขนาดของตัวพิมพ์ ช่วงบรรทัด รูปแบบและลักษณะ การปรับแนวข้อความ ความกว้างของคอลัมน์ การย่อหน้า การเว้นวรรคตอน และอื่น ๆ



ภาพที่ 2.45 การจัดพิมพ์แบบตั้งโต๊ะ

2. การพิสูจน์อักษร

ข้อความที่ได้จากการเรียงพิมพ์ต้องผ่านการตรวจพิสูจน์อักษรหรือตรวจปรู๊ฟ (proof reading) โดยเปรียบเทียบความถูกต้องกับต้นฉบับข้อความที่บรรณาธิการส่งมา

การตรวจพิสูจน์อักษรในกรณีการเรียงพิมพ์ด้วยแสง จะตรวจจากข้อความบนกระดาษโบรไมด์ ในกรณีการเรียงพิมพ์ด้วยระบบจัดพิมพ์ตั้งโต๊ะ การตรวจพิสูจน์อักษรจะตรวจจากข้อความที่พิมพ์ลงบนกระดาษขนาดเอสี่ หรือ ขนาดใกล้เคียงที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์เลเซอร์หรือเครื่องพิมพ์ประเภทอื่น เพื่อตรวจสอบความถูกต้องจากการเรียงพิมพ์ ถ้าพบคำ ข้อความ หรือลักษณะใดที่ผิดก็สามารถแก้ไขให้ถูกต้อง วิธีการแบบหลังนี้จะช่วยย่นระยะเวลาและแรงงานได้มาก

สิ่งที่ต้องตรวจสอบในขั้นตอนการตรวจพิสูจน์อักษรได้แก่ รายละเอียดทั้งหมดที่บรรณาธิการกำหนดตามที่กล่าวไปแล้ว รวมทั้งความถูกต้องในการเรียงพิมพ์ตัวสะกด การันต์ การเชื่อมคำ การเชื่อมข้อความ การเว้นวรรคตอน การย่อหน้า การใช้เครื่องหมายต่าง ๆ ฯลฯ การตรวจสอบต้องเปรียบเทียบตัวพิมพ์ทุกตัวกับต้นฉบับ ถ้าพบข้อความใดที่เรียงพิมพ์ผิดพลาดโดยไม่เป็นไปตามรูปแบบที่กำหนด ผู้ตรวจพิสูจน์อักษรควรใช้ดินสอสีฟ้า หรือดินสอสีดำอ่อน (HB) ทำเครื่องหมายในบริเวณที่เรียงพิมพ์ผิด ถ้าข้อความที่ผิดมีจำนวนมากก็ควรวงรอบข้อความที่ผิดแล้วโยงเส้นไปด้านข้างของคอลัมน์ตรงบริเวณขอบว่างของกระดาษ พร้อมระบุข้อความที่ถูกต้องลงไป หรือเขียนสัญลักษณ์ให้ผู้เรียงพิมพ์ทราบเพื่อให้ผู้เรียงพิมพ์ย้อนกลับไปดูต้นฉบับข้อความที่ถูกต้องอีกครั้งและทำการแก้ไข ภายหลังที่ผู้เรียงพิมพ์แก้ไขข้อความที่ผิดพลาดแล้ว ผู้ตรวจพิสูจน์อักษรต้องตรวจความถูกต้องของข้อความนั้นอีกครั้งหนึ่ง เพื่อดูว่าการแก้ไขเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ ถ้าไม่พบข้อบกพร่องใด ๆ จึงส่งข้อความทั้งหมดไปยังหน่วยงานที่รับผิดชอบในการทำอาร์ตเวิร์ก

3. การทำภาพประกอบ

ในกรณีที่ต้นฉบับมีภาพประกอบ ภาพประกอบนั้นอาจเป็นภาพสะท้อนแสงหรือภาพโปร่งใส ถ้าเป็นภาพสะท้อนแสง ภาพนั้นอาจเป็นภาพถ่าย ภาพวาด ภาพวาดลายเส้น ภาพพิมพ์ หรือทั้งสี่ประเภทประกอบกัน ภาพสะท้อนแสงมีทั้งภาพขาวดำและภาพสี ถ้าเป็นภาพโปร่งใสจะได้แก่ภาพสไลด์ ซึ่งมักจะเป็นภาพสี ถ้างานพิมพ์ที่เจ้าของงานต้องการมีภาพประกอบด้วย เจ้าของงานอาจส่งภาพประกอบมาด้วยหรือไม่ก็ได้ ถ้าเจ้าของงานส่งภาพมาให้ สำนักพิมพ์สามารถดำเนินงานเกี่ยวกับภาพได้เลย แต่ถ้าเจ้าของงานไม่ส่งภาพมาให้ สำนักพิมพ์ต้องจัดทำภาพประกอบให้ โดยใช้การถ่ายหรือการวาดตามที่เจ้าของงานต้องการ โดยช่างศิลป์หรือช่างทำอาร์ตเวิร์กจะทำหน้าที่วาดภาพประกอบนั้นตามลักษณะที่เจ้าของงานหรือผู้ออกแบบจัดหน้ากำหนด ไม่ว่าภาพนั้นจะเป็นภาพวาดลายเส้น ภาพวาดระบายสี หรือภาพวาดประเภทอื่น ถ้าแบ่งประเภทของงานพิมพ์ที่เจ้าของงานต้องการโดยทั่วไปอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ งานพิมพ์สีเดียวและงานพิมพ์สอดสี ดังนี้

3.1 ถ้างานพิมพ์นั้นเป็นงานพิมพ์สีเดียวหรืองานพิมพ์ขาวดำที่ต้องการคุณภาพและถ้าเจ้าของงานส่งภาพมาให้ ภาพต้นฉบับที่เจ้าของงานส่งมาให้อาจเป็นภาพขาวดำหรือภาพสีก็ได้ แต่ภาพต้นฉบับที่ดีสำหรับงานพิมพ์สีเดียวควรเป็นภาพขาวดำ เพื่อให้ได้ภาพพิมพ์ที่มีรายละเอียดและความเปรียบต่างที่ดี ส่วนในกรณีที่เจ้าของงานไม่ส่งภาพประกอบมาให้ สำนักพิมพ์ต้องถ่ายหรือวาดภาพประกอบนั้น ในการจัดทำภาพประกอบควรจัดทำภาพที่มีลักษณะเป็นสีขาวดำ เมื่อจัดทำภาพประกอบแล้วผู้จัดทำสามารถส่งภาพเหล่านั้นไปถ่ายฟิล์มได้เลย

แต่ถ้าเป็นงานพิมพ์สีเดียวหรืองานพิมพ์ขาวดำที่ไม่ต้องการคุณภาพสูงมากนักและภาพต้นฉบับเป็นภาพถ่าย การถ่ายภาพจากต้นฉบับจะกระทำลงบนกระดาษไวแสงที่เรียกว่า "พีเอ็มที" (PMT ย่อมาจาก Photomechanical Transfer)

โดยทำการย่อหรือขยายจนได้ขนาดภาพตามต้องการ แล้วจึงส่งภาพพีเอ็มทีไปให้ช่างทำอาร์ตเวิร์กเพื่อนำไปติดรวมกับข้อความบนกระดาษอาร์ตต่อไป

ภาพถ่ายพีเอ็มทีจะมีความคมชัดและความเปรียบต่างน้อย เมื่อเทียบกับภาพที่ได้จากการถ่ายบนกระดาษและนำไปลงเม็ดสกรีน ดังนั้นถ้าใช้ภาพพีเอ็มทีเป็นภาพต้นฉบับเพื่อถ่ายฟิล์ม จะทำให้ภาพที่ปรากฏบนฟิล์มและภาพพิมพ์ที่ได้ในขั้นตอนสุดท้ายมีคุณภาพที่ขาดความคมชัดและความเปรียบต่างเท่าที่ควร แต่ลักษณะดังกล่าวสามารถเป็นที่ยอมรับในงานที่ไม่ต้องการคุณภาพสูง เช่น งานพิมพ์หนังสือพิมพ์ เป็นต้น

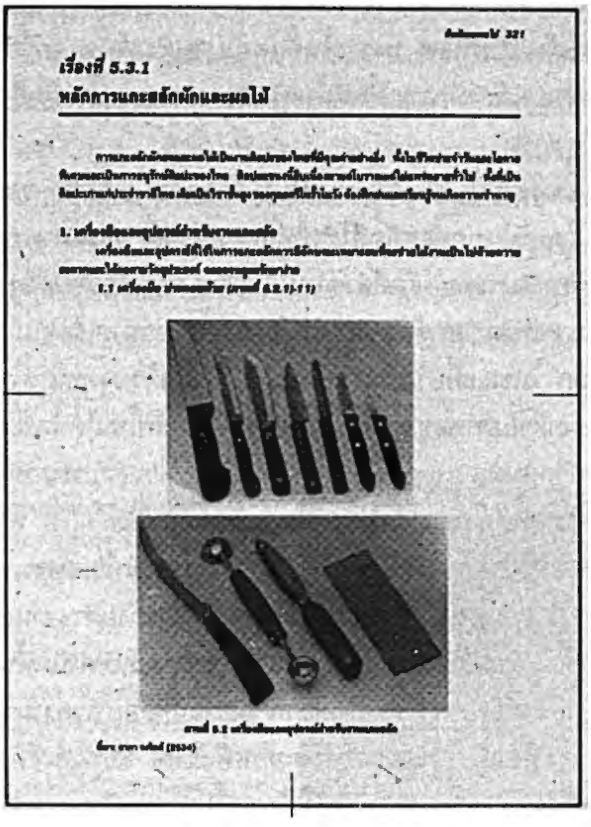
3.2 ถ้างานพิมพ์นั้นเป็นงานพิมพ์สอดสี ภาพต้นฉบับต้องเป็นภาพสีด้วยไม่ว่าจะเป็นภาพสะท้อนแสงหรือภาพโปร่งใส ผู้จัดทำจะส่งภาพสีนั้นไปแยกสี เพื่อให้สามารถพิมพ์ภาพสอดสีได้ ภายหลังผ่านการปรู๊ฟสีแล้วฟิล์มที่ได้จากขั้นตอนการแยกสีจะถูกส่งไปประกอบฟิล์มต่อไป โดยไม่ต้องผ่านการทำอาร์ตเวิร์ก

4. การทำอาร์ตเวิร์ก

ข้อความที่ผ่านการเรียงพิมพ์และพิสูจน์อักษรแล้ว จะถูกส่งไปยังช่างศิลป์หรือช่างทำอาร์ตเวิร์ก เพื่อตัดข้อความที่ได้จากการเรียงพิมพ์เหล่านั้น และติดบนกระดาษอาร์ตซึ่งเป็นกระดาษเคลือบผิวสีขาว กระดาษอาร์ตมีการพิมพ์เส้นสีฟ้าไว้เพื่อใช้เป็นแนวเส้นในการติดข้อความเรียงพิมพ์ ให้สามารถกระทำได้อย่างสวยงามและเป็นระเบียบเรียบร้อย

นอกจากข้อความแล้ว ช่างทำอาร์ตเวิร์กจะติดภาพประกอบลงไปบนกระดาษอาร์ตแผ่นเดียวกับแผ่นที่ใช้ติดข้อความ ณ ตำแหน่งของภาพที่บรรณาธิการหรือผู้ออกแบบจัดหน้าได้กำหนดไว้แล้ว ภาพประกอบที่จัดทำในลักษณะนี้ได้แก่ ภาพวาดลายเส้นและภาพถ่ายพีเอ็มทีในงานพิมพ์สีเดียวที่ไม่ต้องการคุณภาพสูงมากนัก ส่วนในงานพิมพ์สีเดียวที่ต้องการคุณภาพสูง การทำอาร์ตเวิร์กจะไม่ติดภาพประกอบลงบนกระดาษอาร์ต ยกเว้นภาพวาดลายเส้น ส่วนภาพประกอบที่เป็นภาพถ่ายจะส่งไปถ่ายฟิล์ม เพื่อประกอบฟิล์มของภาพนั้นพร้อมกับฟิล์มส่วนที่เป็นข้อความในขั้นตอนการประกอบฟิล์ม รูปแบบและลักษณะของภาพและข้อความที่ปรากฏบนกระดาษอาร์ตหรือที่เรียกว่า "อาร์ตเวิร์ก" จะคล้ายรูปแบบและลักษณะของภาพและข้อความที่ปรากฏบนสิ่งพิมพ์ที่จะได้รับภายหลังผ่านขั้นตอนการพิมพ์แล้ว

ในระบบการพิมพ์ออฟเซต งานอาร์ตเวิร์กสามารถกำหนดรูปแบบที่มีลวดลายละเอียดและซับซ้อนได้ ไม่ว่าจะเป็นการใช้เส้นหรือตัวอักษรขนาดเล็ก แผนภูมิ ตารางประกอบ ฯลฯ เพราะการพิมพ์ในระบบนี้จะใช้แม่พิมพ์ที่มีผิวหน้าราบเรียบที่ให้แรงกดบนวัสดุใช้พิมพ์อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น และให้ชั้นหมึกพิมพ์ที่มีความบางการพิมพ์งานที่มีลักษณะดังกล่าวให้มีคุณภาพจึงทำได้ง่าย ส่วนในระบบการพิมพ์แบบเลตเตอร์เพรสส์นั้น รูปแบบการทำอาร์ตเวิร์กควรเป็นแบบง่ายที่ไม่ซับซ้อน และไม่ต้องการความประณีตมากนัก นอกจากนี้ ไม่ควรมีบริเวณพื้นที่บขนาดใหญ่ หรือมีตารางประกอบมาก เพราะการพิมพ์ภาพในระบบเลตเตอร์เพรสส์ต้องใช้แม่พิมพ์ที่เป็นบล็อกซึ่งทำจากโลหะประเภทแมกนีเซียมและสังกะสีแล้วนำไปติดบนฐานไม้ เพื่อนำไปพิมพ์รวมกับตัวพิมพ์โลหะ การพิมพ์เพื่อให้ได้ความหนาของชั้นหมึกที่สม่ำเสมอจึงทำได้ยาก และยังต้องอาศัยความชำนาญพิเศษ นอกจากนี้การพิมพ์สอดสีก็ยุ่งยากและใช้เวลา ในทำนองเดียวกันกับเลตเตอร์เพรสส์ การทำอาร์ตเวิร์กสำหรับการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีนั้นไม่ควรใช้เส้นหรือลวดลายที่ละเอียดเกินไป และไม่ควรมีรูปแบบที่ซับซ้อน เพราะเส้นดังกล่าวอาจขาดหายไปในขั้นตอนการพิมพ์ นอกจากนี้การพิมพ์โดยมิให้เกิดการพิมพ์เหลื่อมยังทำได้ยาก ส่วนในระบบการพิมพ์กราวัวร์นั้น การทำอาร์ตเวิร์กไม่ควรใช้ลวดลายที่ประกอบด้วยเส้นเล็กละเอียดหรือเส้นที่มีความบางพิเศษ เพราะจะเห็นร่องรอยของขอบเส้นที่หยักได้ชัดเจนภายหลังการพิมพ์


เรื่องที่ 5.3.1
หลักการและชนิดผักและผลไม้

ภาพที่ 2.46 ตัวอย่างอาร์ตเวิร์ก

5. การถ่ายฟิล์ม

งานในขั้นตอนการถ่ายฟิล์มทำได้ 2 ลักษณะคือ การถ่ายฟิล์มงานลายเส้น และการถ่ายฟิล์มงานฮาล์ฟโทนหรืองานสกรีน

การถ่ายฟิล์มงานลายเส้นเป็นการถ่ายแผ่นอาร์ตเวิร์กที่ติดข้อความเรียงพิมพ์และภาพวาดลายเส้นและ/หรือภาพพีเอ็มที่ไว้แล้ว

ภาพที่ 2.47 ตัวอย่างงานลายเส้นและงานฮาล์ฟโทน

การถ่ายฟิล์มงานฮาล์ฟโทนหรืองานสกรีนเป็นการถ่ายฟิล์มจากภาพต้นฉบับที่เป็นภาพถ่ายลงบนฟิล์มที่มีความเปรียบต่างสูงโดยผ่านการลงเม็ดสกรีน เพื่อให้สามารถพิมพ์ภาพนั้นโดยผ่านกระบวนการงานพิมพ์ และได้ภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงภาพต้นฉบับที่สุด เพราะในขั้นตอนงานพิมพ์นั้น เครื่องพิมพ์ไม่สามารถถ่ายโอนภาพที่มีน้ำหนักสีต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนน้ำหนักสีของภาพจากน้ำหนักสีต่อเนื่องเป็นภาพฮาล์ฟโทนหรือภาพสกรีนโดยผ่านการลงเม็ดสกรีน

ภาพถ่ายจัดเป็นภาพที่มีน้ำหนักสีต่อเนื่องที่ประกอบด้วยน้ำหนักสีทุกระดับ ตั้งแต่สีดำเข้ม ดำอ่อน เทาเข้ม เทาอ่อน จนถึงสีขาว โดยไม่แยกน้ำหนักสีให้เห็นอย่างเด่นชัด ส่วนภาพฮาล์ฟโทนหรือภาพสกรีนเป็นภาพที่ประกอบด้วยน้ำหนักสีเพียงสองระดับ คือสีดำของเม็ดสกรีนบนบริเวณภาพและสีขาวบนบริเวณไร้ภาพ ภาพฮาล์ฟโทนหรือภาพสกรีนเป็นภาพที่ประกอบด้วยจุดขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ บริเวณสว่างของภาพประกอบด้วยจุดขนาดเล็ก ในขณะที่บริเวณเงาของภาพประกอบด้วยจุดขนาดใหญ่

การเปลี่ยนน้ำหนักสีของภาพจากน้ำหนักสีต่อเนื่องเป็นฮาล์ฟโทนได้นั้นจะต้องใช้การฉายแสงจากภาพถ่ายที่เป็นภาพต้นฉบับผ่านแผ่นสกรีนสัมผัส (contact screen) ลงบนวัสดุไวแสงประเภทฟิล์มที่มีสมบัติในการให้ความเปรียบต่างของภาพสูง ฟิล์มที่ให้ภาพลักษณะดังกล่าว ได้แก่ ฟิล์มลิท (lith film) หรือฟิล์มประเภทอื่นที่ให้ความเปรียบต่างสูง ฟิล์มประเภทนี้มีความไวแสงต่ำ เนื่องจากประกอบด้วยผลึกไวแสงขนาดเล็ก (fing grain) ในเนื้อฟิล์ม แต่สามารถให้ภาพที่มีความเปรียบต่างสูงมาก จึงเหมาะที่จะใช้ในการถ่ายภาพงานลายเส้น เช่น ภาพตัวอักษรสีดำบนพื้นขาว ตาราง หรือภาพวาดลายเส้นที่ประกอบด้วยลวดลายของเส้นสีดำบนพื้นขาว เป็นต้น

ในการณีงานพิมพ์ที่ไม่ต้องการคุณภาพสูงมากนักและงานที่ต้องการความรวดเร็วในการจัดทำดังเช่น งานพิมพ์หนังสือพิมพ์ การถ่ายภาพต้นฉบับจะถ่ายลงบนกระดาษพีเอ็มที ส่วนงานที่ต้องการคุณภาพสูงดังเช่น งานพิมพ์นิตยสาร การถ่ายภาพต้นฉบับจะถ่ายลงบนฟิล์มที่ให้ภาพที่มีความเปรียบต่างสูง

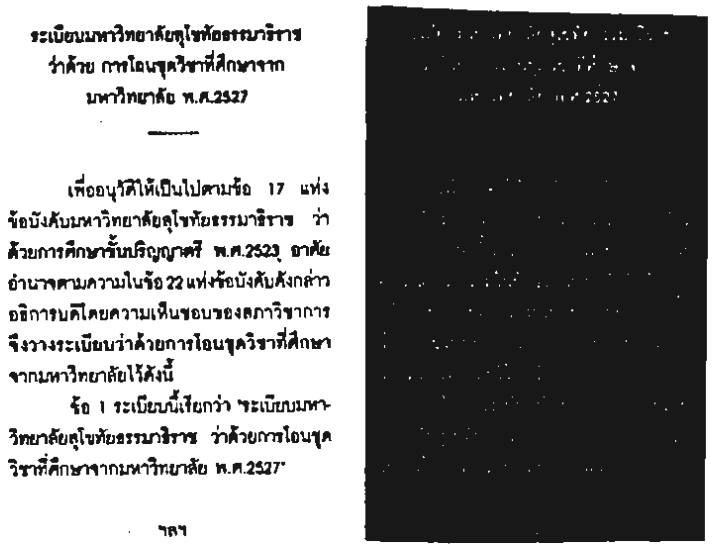
แผ่นสกรีนสัมผัสเป็นแผ่นฟิล์มไม่ไวแสง ประกอบด้วยจุดหรือเม็ดสกรีนจำนวนมากเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ โดยมีระยะห่างระหว่างจุดแต่ละจุดเท่ากัน ถ้าระยะห่างระหว่างจุดมีน้อย เม็ดสกรีนจะมีความถี่มากหรือมีความละเอียดมาก ถ้าระยะห่างระหว่างจุดมีมาก เม็ดสกรีนจะมีความถี่น้อยหรือมีความละเอียดน้อย หน่วยที่บอกความละเอียดของสกรีนคือ เส้นต่อนิ้ว ตัวเลขที่มากจะบอกความถี่ของสกรีนที่ละเอียดมากด้วย สกรีนที่มีความละเอียดมากจะใช้ในงานพิมพ์ที่ต้องการคุณภาพสูง ส่วนสกรีนที่มีความละเอียดน้อยจะใช้ในงานพิมพ์ที่ไม่ต้องการคุณภาพสูงมากนัก สกรีนที่มีความละเอียดมากได้แก่สกรีนที่มีความละเอียดตั้งแต่ 133 เส้นต่อนิ้วขึ้นไปโดยประมาณ เช่น 133 เส้นต่อนิ้ว 150 เส้นต่อนิ้ว 200 เส้นต่อนิ้ว หรือมากกว่า สกรีนที่มีความละเอียดน้อยได้แก่สกรีนที่มีความละเอียดประมาณ 100 เส้นต่อนิ้วหรือน้อยกว่า เช่น 65 เส้นต่อนิ้ว 85 เส้นต่อนิ้ว เป็นต้น

ในกรณีงานพิมพ์สีดำหรืองานพิมพ์สีเดียว ฟิล์มที่ใช้ในการถ่ายภาพต้นฉบับจะมีลักษณะการทำงานเป็นแบบเนกาทิฟ (negative working) ซึ่งให้ภาพที่มีลักษณะตรงข้ามกับภาพต้นฉบับ ภาพต้นฉบับโดยทั่วไปจะเป็นภาพพอซิทิฟ ดังนั้น ผลที่ได้จากการฉายแสงจากต้นฉบับพอซิทิฟลงบนฟิล์มประเภทนี้จึงได้ภาพเนกาทิฟ ลักษณะการทำงานแบบเนกาทิฟมีดังนี้คือ ถ้าภาพในต้นฉบับเป็นสีดำ ภาพในฟิล์มจะเป็นบริเวณใส ในทางตรงข้าม ถ้าภาพในต้นฉบับเป็นสีขาว ภาพในฟิล์มจะเป็นสีดำ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้นฉบับเป็นตัวอักษรสีดำบนพื้นกระดาษสีขาว ภาพที่ปรากฏในฟิล์มเนกาทิฟจะเป็นตัวอักษรสีขาวใสบนพื้นกระดาษสีดำ เป็นต้น

ภาพที่ผ่านการฉายแสงจากต้นฉบับลงบนฟิล์มเนกาทิฟ โดยผ่านแผ่นสกรีนสัมผัส จะมีลักษณะที่บริเวณสว่างหรือบริเวณสีอ่อนในภาพปรากฏเป็นสีดำหรือสีเข้ม ดังนั้นบริเวณดังกล่าวจะประกอบด้วยจุดหรือเม็ดสกรีนขนาดใหญ่จำนวนมาก ในขณะที่บริเวณเงาซึ่งเป็นบริเวณสีดำหรือสีเข้มของภาพต้นฉบับ จะปรากฏเป็นบริเวณสีอ่อนบนฟิล์ม ดังนั้น บริเวณดังกล่าวจะประกอบด้วยจุดหรือเม็ดสกรีนขนาดเล็กจำนวนมาก ส่วนบริเวณน้ำหนักสีกลางซึ่งเป็น

บริเวณที่มีสีเทา จะประกอบด้วยจุดหรือเม็ดสกรีนขนาดกลางจำนวนมาก ทำให้ภาพรวมของภาพฮาล์ฟโทนที่ปรากฏบนฟิล์มดูคล้ายภาพที่มีน้ำหนักสีต่อเนื่อง

ในทางตรงข้าม ถ้าการฉายแสงจากภาพถ่ายต้นฉบับกระทำลงบนฟิล์มพอซิทิฟหรือบนกระดาษพีเอ็มที่โดยผ่านแผ่นสกรีนสัมผัส ภาพที่ปรากฏบนฟิล์มหรือกระดาษจะมีลักษณะที่บริเวณสว่างของภาพซึ่งมีสีขาวหรือสีอ่อนปรากฏเป็นสีขาวหรือสีอ่อนเช่นเดียวกับต้นฉบับด้วย ดังนั้นบริเวณดังกล่าวจะประกอบด้วยจุดหรือเม็ดสกรีนขนาดเล็กจำนวนมาก ในขณะที่บริเวณเงาของภาพซึ่งเป็นบริเวณสีดำหรือสีเข้ม จะปรากฏเป็นสีดำหรือสีเข้มเช่นเดียวกับต้นฉบับ ดังนั้นบริเวณดังกล่าวจะประกอบด้วยจุดหรือเม็ดสกรีนขนาดใหญ่จำนวนมาก ส่วนบริเวณที่มีน้ำหนักสีกลางซึ่งเป็นบริเวณภาพที่มีสีเทาจะประกอบด้วยจุดหรือเม็ดสกรีนขนาดกลางจำนวนมาก ทำให้ภาพรวมของภาพฮาล์ฟโทนที่ปรากฏบนฟิล์มดูคล้ายภาพที่มีน้ำหนักสีต่อเนื่องคล้ายภาพถ่าย ลักษณะการทำงานดังกล่าวเรียกว่าการทำงานแบบพอซิทิฟ (positive working)


ระเบียบมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ว่าด้วย การโอนชุดวิชาที่ศึกษาจาก
มหาวิทยาลัย พ.ศ.2527

เพื่อดำเนินการให้เป็นไปตามข้อ 17 แห่งข้อบังคับมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ว่าด้วยการศึกษาขั้นปริญญาตรี พ.ศ.2523 อาศัยอำนาจตามความในข้อ 22 แห่งข้อบังคับดังกล่าว อธิการบดีโดยความเห็นชอบของสภาวิชาการจึงวางระเบียบว่าด้วยการโอนชุดวิชาที่ศึกษาจากมหาวิทยาลัยไว้ดังนี้

ข้อ 1 ระเบียบนี้เรียกว่า "ระเบียบมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ว่าด้วยการโอนชุดวิชาที่ศึกษาจากมหาวิทยาลัย พ.ศ.2527"

ฯลฯ

ภาพที่ 2.48 ตัวอย่างภาพเนกาทิฟและภาพพอซิทิฟ

6. การแยกสี

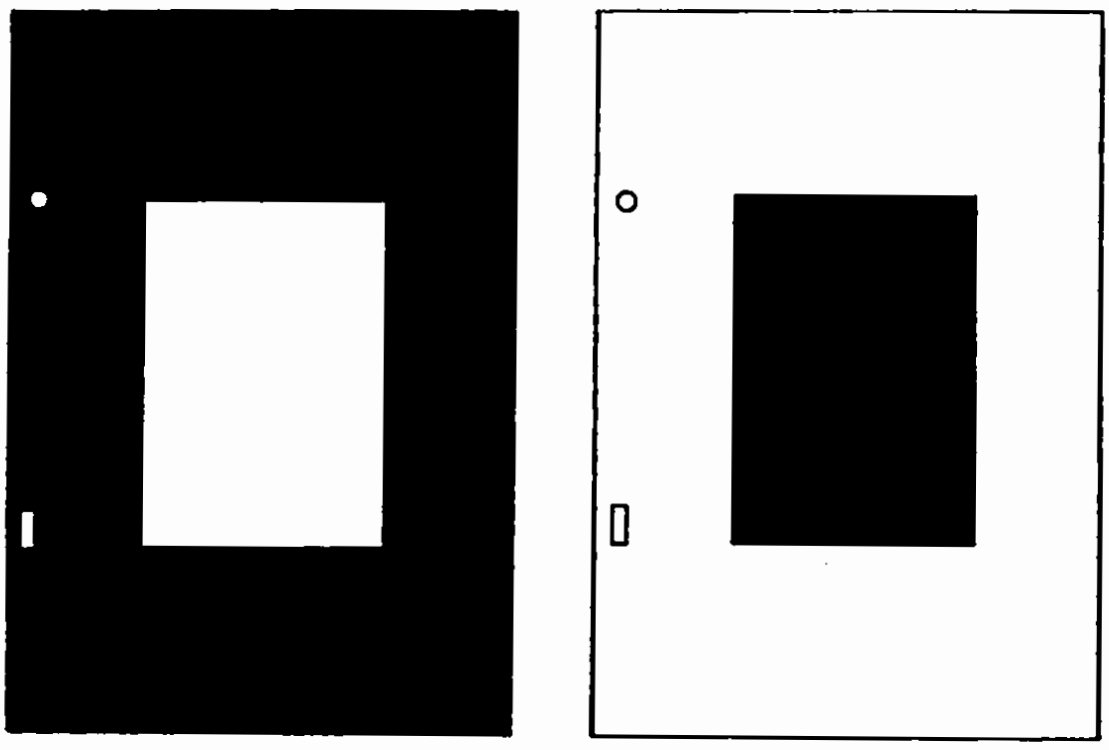
การแยกสีเป็นกระบวนการแยกสีต่าง ๆ ออกจากต้นฉบับภาพสี ทั้งภาพถ่ายสีและภาพสไลด์สี เพื่อแยกสีของภาพในบริเวณต่าง ๆ และให้สามารถพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์สี่สี เป็นผลให้ภาพพิมพ์ที่ได้มีสีคล้ายภาพสีต้นฉบับที่สุด หมึกพิมพ์ทั้งสี่สีเรียกว่า "หมึกชุดพิมพ์สอดสี" (process color ink) ประกอบด้วย หมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียวหรือสีไซแอน (cyan) สีม่วงแดงหรือสีมาเจนต้า (magenta) สีเหลืองและสีดำ การแยกสีทำได้โดยการถ่ายฟิล์มผ่านฟิลเตอร์สีต่าง ๆ ในเครื่องกราดแยกสี (color scanner) เพื่อให้ได้ฟิล์มสี่แผ่นสำหรับพิมพ์สี่สี ฟิล์มทั้งสี่แผ่นใช้ประกบกับแม่พิมพ์สี่แผ่น แผ่นละสี แล้วฉายแสงลงบนแม่พิมพ์ จากนั้นนำแม่พิมพ์ที่ผ่านการฉายแสงแล้วผ่านกระบวนการล้างสร้างภาพ ก็จะได้แม่พิมพ์ที่พร้อมจะนำไปใช้พิมพ์ เมื่อนำแม่พิมพ์ทั้งสี่แผ่นมาพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์แผ่นเดียวกันโดยพิมพ์ซ้อน (register) ณ ตำแหน่งเดิมจะได้ภาพสี่สี ดังนั้น ในกรณีที่งานพิมพ์ที่ต้องการเป็นงานพิมพ์สอดสี ภาพต้นฉบับที่ใช้จึงต้องเป็นภาพสีด้วย

ในประเทศไทย ฟิล์มที่ใช้ในขั้นตอนการแยกสีนิยมใช้ฟิล์มที่มีลักษณะการทำงานแบบพอซิทิฟ ซึ่งให้ภาพที่มีลักษณะคล้ายภาพต้นฉบับ ภาพต้นฉบับจัดเป็นภาพพอซิทิฟ ดังนั้น ผลที่ได้จากการฉายแสงจากภาพต้นฉบับลงบนฟิล์มประเภทนี้จะเป็นภาพพอซิทิฟด้วย ถ้าภาพในต้นฉบับเป็นสีดำ ภาพในฟิล์มจะเป็นสีดำด้วย ในทางตรงข้าม ถ้าภาพในต้นฉบับเป็นสีขาว ภาพในฟิล์มจะเป็นบริเวณใส ตัวอย่างเช่น ถ้าต้นฉบับเป็นภาพคนที่มีผมสีดำและคนผู้นั้นสวมเสื้อสีขาว ภาพที่ปรากฏในฟิล์มพอซิทิฟจะเป็นภาพคนที่มีผมสีดำและสวมเสื้อสีขาวด้วย เป็นต้น

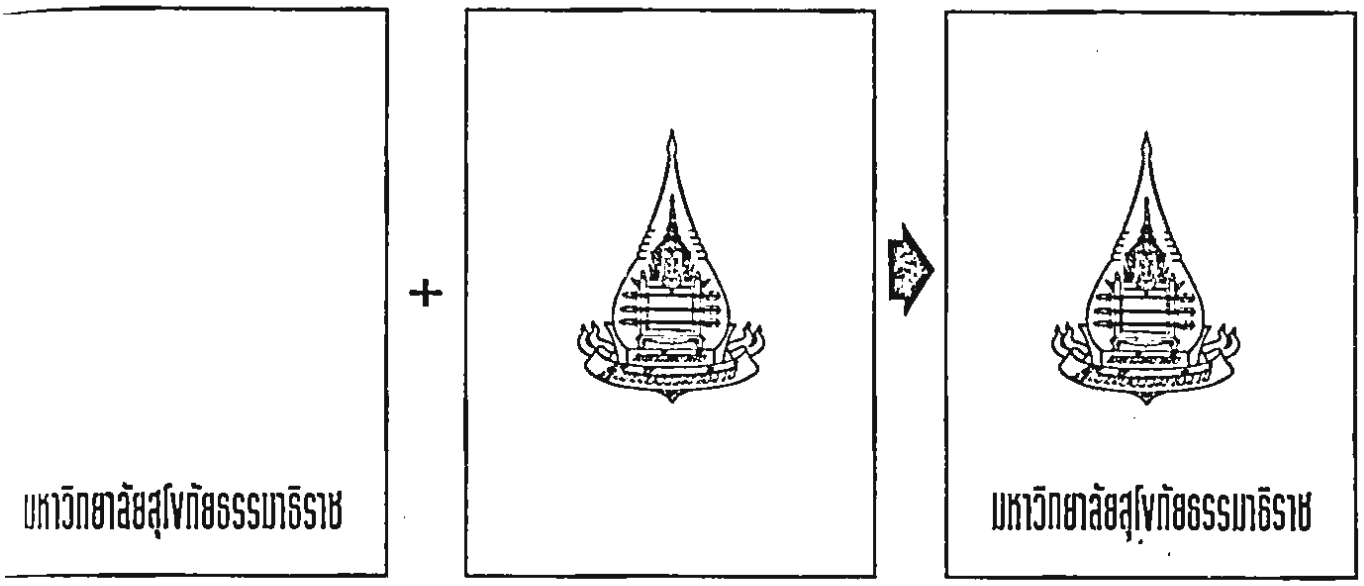
7. การประกอบฟิล์ม

การประกอบฟิล์ม หมายถึง การตัดต่อฟิล์มหลายแผ่นให้รวมอยู่ในฟิล์มแผ่นเดียวกัน ก่อนทำการประกอบฟิล์มควรคำนึงถึงผลลัพธ์ที่ได้ก่อนว่าต้องการภาพพอซิทิฟหรือภาพเนกาทิฟ เพื่อวางแผนการประกอบฟิล์มและเลือกใช้ฟิล์มที่สอดคล้องกับลักษณะการทำงานที่ต้องการ สิ่งที่จำเป็นต้องทำในขั้นตอนการประกอบฟิล์มคือ

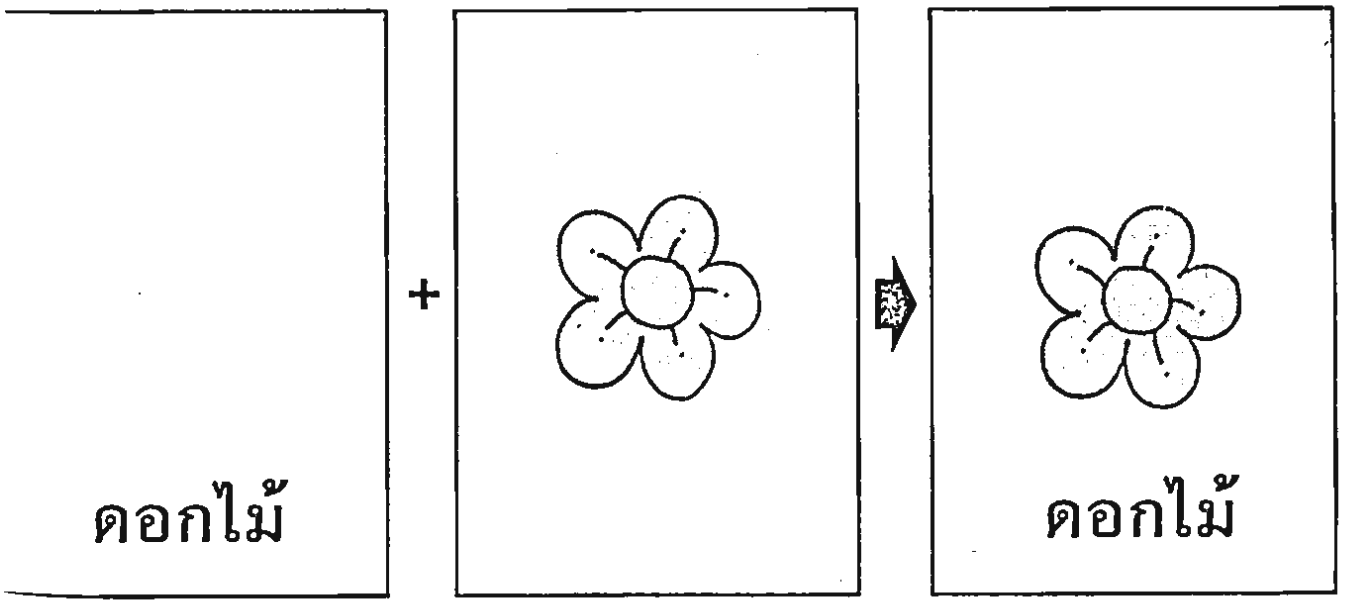
การทำแผ่นบัง (mask) หลายแบบสำหรับงานพอซิทิฟและเนกาทิฟ ตัวอย่างงานที่ต้องการการประกอบฟิล์ม เช่น การรวมงานลายเส้นกับงานลายเส้น การรวมงานลายเส้นกับงานฮาล์ฟโทน การเจาะขาวบนพื้นสกรีน (dropout) การทำลายเส้นซ้อนสกรีน (surprint) รวมทั้งการประกอบฟิล์มในงานพิมพ์สอดสี ในงานพิมพ์สอดสีที่มีภาพซับซ้อน การประกอบฟิล์มจะใช้ฟิล์มเนกาทิฟ โดยกลับฟิล์มแยกสีซึ่งเป็นฟิล์มพอซิทิฟแต่ละแผ่นให้เป็นเนกาทิฟก่อน แล้วจึงนำมาใช้ประกอบฟิล์ม ผลที่ได้ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นฟิล์มพอซิทิฟ เพื่อนำไปประกบกับแม่พิมพ์พอซิทิฟสำหรับพิมพ์ภาพสีต่อไป แต่ถ้าเป็นงานพิมพ์สอดสีที่มีภาพไม่ซับซ้อน การประกอบฟิล์มจะใช้ฟิล์มพอซิทิฟที่ได้จากการแยกสีมาประกอบลงในแม่พิมพ์พอซิทิฟโดยตรงโดยไม่ผ่านขั้นตอนการประกอบฟิล์ม



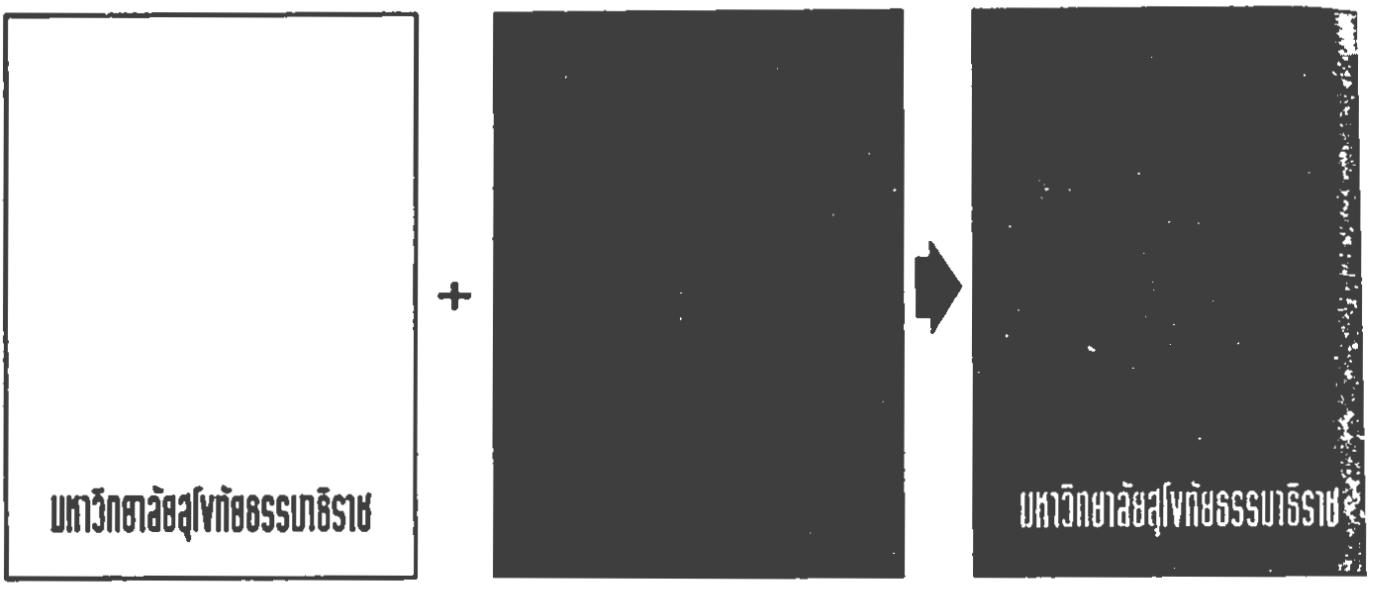
ภาพที่ 2.49 ตัวอย่างการทำแผ่นบัง



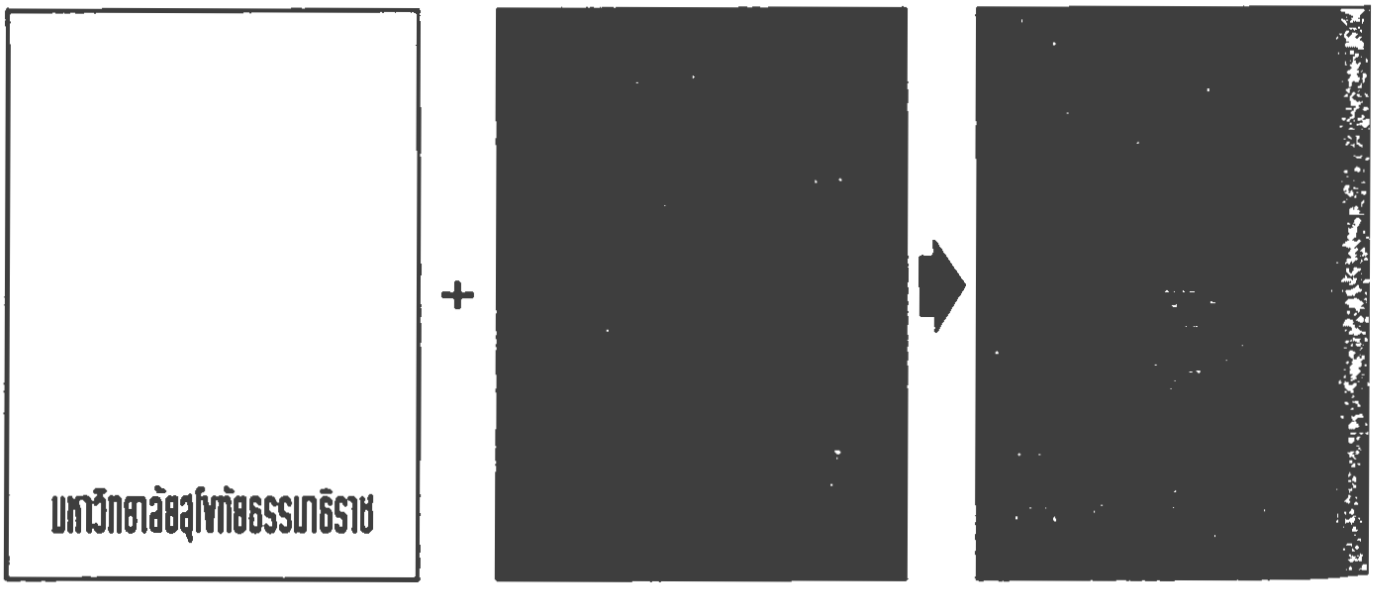
ภาพที่ 2.50 ตัวอย่างการรวมงานฉายเส้นกับงานฉายเส้น



ภาพที่ 2.51 ตัวอย่างการรวมงานฉายเส้นกับงานฮาล์ฟโทน



ภาพที่ 2.52 ตัวอย่างการเจาะขาวบนพื้นสกรีน



ภาพที่ 2.53 ตัวอย่างการทำลายเส้นซ้อนสกรีน

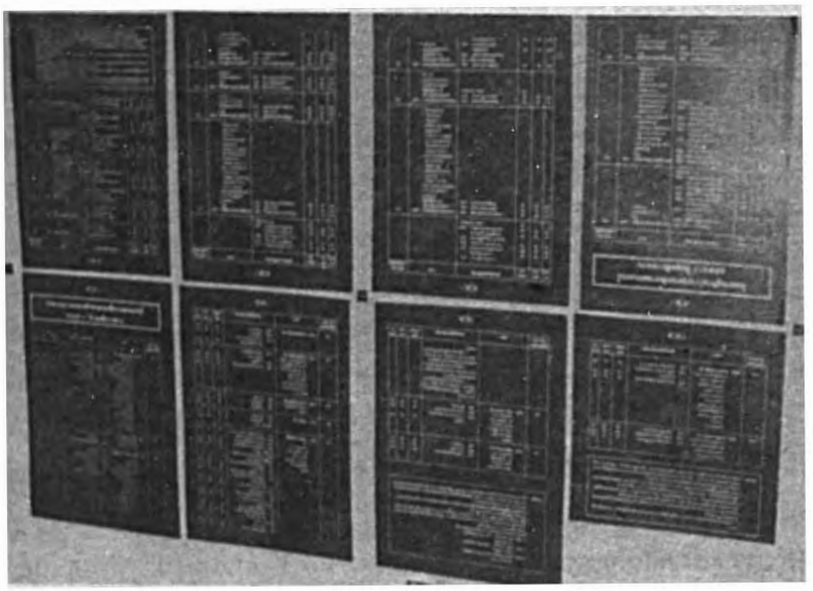
8. การวางรูปแบบฟิล์ม

ฟิล์มที่ได้จากขั้นตอนการประกอบฟิล์ม จะต้องนำมาวางรูปแบบ (layout) เพื่อให้ได้ลำดับหน้าตามที่ต้องการภายหลังจากการพิมพ์ การพับ การเก็บเล่ม และการทำเล่ม ดังนั้น การวางรูปแบบฟิล์มจึงต้องคำนึงถึงขั้นตอนของงานพิมพ์และงานหลังพิมพ์ที่จะตามมาด้วย เนื่องจากขั้นตอนเหล่านี้สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน ดังนั้น การวางรูปแบบฟิล์มจึงทำได้หลายวิธีเช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานพิมพ์ที่ต้องการ

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงประการหนึ่งเกี่ยวกับการวางรูปแบบฟิล์มคือ เมื่อนำแผ่นกระดาษที่ผ่านการพิมพ์แล้วมาพับจะต้องได้ยกพิมพ์ (signature) ที่ประกอบด้วยหน้าหลายหน้าที่มีการเรียงลำดับตามเลขหน้าที่ต้องการ ในการวางรูปแบบฟิล์มนั้น ลำดับการวางฟิล์มแต่ละหน้าจะไม่เรียงตามลำดับเลขหน้าตามที่ปรากฏในสิ่งพิมพ์สำเร็จ จาก. เลขหน้าที่ 1, 2, 3, ... เรื่อยไปตามที่ควรจะเป็น แต่ลำดับการจัดวางเลขหน้าของฟิล์มจะแตกต่างกันตามปัจจัยหลายประการ อาทิ ขนาดกระดาษมาตรฐานที่ใช้ ขนาดของเครื่องพิมพ์ ขนาดสิ่งพิมพ์ที่ต้องการ ระบบการพิมพ์ที่ใช้ ลักษณะการทำงานของเครื่องพิมพ์ เครื่องพับ ฯลฯ รวมทั้งวิธีการทำเล่มที่กำหนดไว้ตั้งแต่ขั้นตอนงานก่อนกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ ลักษณะการทำงานของเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่องนั้นจะมีรายละเอียดการทำงานที่แตกต่างกันไปในแต่ละเครื่อง ผู้ทำหน้าที่จัดวางรูปแบบฟิล์มต้องคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ด้วย เพื่อจะได้วางรูปแบบฟิล์มได้ถูกต้องและสอดคล้องกับวิธีการผลิตในขั้นตอนต่อไป

การจัดวางรูปแบบฟิล์มจะกระทำโดยยึดติดแผ่นฟิล์มที่ได้จากขั้นตอนการถ่ายฟิล์มและการประกอบฟิล์มลงบนแผ่นวัสดุขนาดใหญ่ที่สามารถยึดฟิล์มได้หลายแผ่น เพื่อให้สามารถพิมพ์ภาพและข้อความได้หลายหน้าพร้อมกันไปในการพิมพ์แต่ละเที่ยว ทำให้ประหยัดเวลาและแรงงาน ถ้าใช้เครื่องพิมพ์ขนาดตัดสอง (ขนาดประมาณ 25 x 36 นิ้ว หรือ 28 x 40 นิ้ว) กระดาษที่ใช้จะเป็นขนาดตัดสองด้วย และถ้าสิ่งพิมพ์ที่ต้องการในขั้นตอนสุดท้ายเป็นขนาดเอสี่ การวางรูปแบบฟิล์มขนาดเอสี่จะวางลงบนกระดาษขนาดตัดสองได้จำนวน 8 หน้า แต่ถ้าใช้เครื่องพิมพ์และกระดาษขนาดตัดสี่ (ขนาดประมาณ 15 x 21 นิ้ว หรือ 18 x 25 นิ้ว) และสิ่งพิมพ์ที่ต้องการเป็นขนาดเอสี่ การวางรูปแบบฟิล์มขนาดเอสี่จะวางลงบนกระดาษขนาดตัดสี่ได้จำนวน 4 หน้า ดังนั้นเครื่องพิมพ์ขนาดตัดสองและขนาดตัดสี่จะพิมพ์งานขนาดเอสี่ได้พร้อมกันคราวละ 8 หน้า และ 4 หน้า ตามลำดับ

วัสดุที่ใช้ในการยึดแผ่นฟิล์มเข้าด้วยกันมีสองประเภทคือ กระดาษและพลาสติก ไม่ว่าจะใช้วัสดุประเภทใด ขนาดของวัสดุนั้นจะต้องเท่ากับขนาดของแม่พิมพ์ที่ใช้กับเครื่องพิมพ์ ในกรณีงานพิมพ์สีดำหรืองานพิมพ์สีเดียว ฟิล์มที่ใช้ในการถ่ายมักจะเป็นฟิล์มเนกาทิฟ ในการวางรูปแบบฟิล์มเนกาทิฟนั้น การยึดฟิล์มจะกระทำบนแผ่นกระดาษ ส่วนในกรณีงานพิมพ์สอดสี ฟิล์มที่ใช้ในการแยกสีมักจะเป็นฟิล์มพอซิทิฟ การยึดฟิล์มประเภทนี้จะกระทำบนแผ่นพลาสติกใส แผ่นวัสดุทั้งสองประเภทที่ยึดฟิล์มเข้าด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นแผ่นกระดาษหรือแผ่นพลาสติก รวมเรียกว่า "ต้นแบบอัดแม่พิมพ์หรือแผ่นแฟลต" (flat)



ภาพที่ 2.54 การวางรูปแบบฟิล์มขนาดเอสี่ลงบนกระดาษขนาดตัดสองได้จำนวน 8 หน้า

ภาพที่ 2.55 การวางรูปแบบฟิล์มขนาดเอสี่ลงบนกระดาษขนาดตัดสี่ได้จำนวน 4 หน้า

กระดาษที่ใช้ในการยึดฟิล์มเนกาทิฟเข้าด้วยกันเป็นกระดาษที่มีการพิมพ์สีพื้นบนกระดาษทั้งสองด้าน สีพื้นที่ปรากฏบนกระดาษทั้งสองด้านจะมีความเข้มสีไม่เท่ากัน ด้านหนึ่งจะมีสีอ่อนกว่าอีกด้านหนึ่ง . สีที่ใช้พิมพ์อาจเป็นสีเหลืองทองหรือสีส้ม กระดาษที่พิมพ์สีพื้นแล้วนั้นต้องมีสมบัติทึบแสงหรือปิดบังแสงได้ดี กระดาษที่มีลักษณะตามที่กล่าวนี้ เรียกว่า "แผ่นบังแสงหรือโกลเด้นร็อด" (golden rod) ขนาดของกระดาษต้องเท่ากับขนาดของแม่พิมพ์ที่ใช้พิมพ์ เพื่อปิดบังแสงส่วนเกินมิให้ตกกระทบแม่พิมพ์ เหลือไว้เฉพาะส่วนใสของข้อความหรือภาพบนฟิล์มเนกาทิฟที่ให้แสงทะลุผ่านไปได้

ต้นแบบอัดแม่พิมพ์หรือแผ่นแฟลตเนกาทิฟนี้จะใช้ประกบกับแม่พิมพ์เนกาทิฟเพื่อทำการฉายแสง แสงจะทำปฏิกิริยากับแม่พิมพ์เกิดเป็นข้อความและภาพพอซิทิฟที่เหมือนต้นฉบับปรากฏบนแม่พิมพ์ ข้อความและภาพเหล่านั้นจะมีลักษณะที่อ่านออกหรืออ่านได้ (right reading) โดยทั่วไปฟิล์มเนกาทิฟที่ได้จากขั้นตอนการถ่ายฟิล์มมักปรากฏจุดขาวขนาดเล็กจำนวนมากปรากฏทั่วไปบนแผ่นฟิล์ม จุดเหล่านี้อาจเกิดจากสิ่งสกปรกที่ติดอยู่บนต้นฉบับหรือฝุ่นละอองที่เกาะติดบนกระจกของส่วนติดตั้งฟิล์มของกล้องถ่ายภาพงานพิมพ์หรือเกิดจากสาเหตุอื่น อย่างไรก็ตามเพื่อมิให้จุดต่าง ๆ เหล่านี้ปรากฏบนภาพพิมพ์ในขั้นตอนสุดท้าย นอกจากการตรวจความสะอาดของต้นฉบับและแผ่นกระจกแล้ว ผู้จัดวางหน้าฟิล์มจะต้องใช้น้ำยาที่มีความทึบแสงหรือหมึกทึบแสง (opaque ink) อุดจุดเหล่านั้นไว้ถ้ามีร่องรอยของจุดปรากฏบนฟิล์ม เพื่อมิให้แสงลอดผ่านจุดเหล่านั้นในขณะฉายแสงแม่พิมพ์ มิฉะนั้นจะส่งผลให้เกิดร่องรอยที่สกปรกบนภาพพิมพ์ จุดเหล่านี้เรียกว่า "ตามด" (pin hole)

ในทางตรงข้าม ต้นแบบอัดแม่พิมพ์หรือแผ่นแฟลตที่ยึดฟิล์มพอซิทิฟจะใช้ประกบกับแม่พิมพ์พอซิทิฟ แผ่นพลาสติกที่ใช้ในการยึดฟิล์มพอซิทิฟเข้าด้วยกันนั้นต้องมีสมบัติของความขาวใสและความคงรูป ไม่ยืดหดตัวง่าย เพื่อให้แสงส่องทะลุผ่านได้ดีเมื่อประกบแผ่นแฟลตนั้นกับแม่พิมพ์ แผ่นพลาสติกใสที่ใช้เรียกว่า "แอซีเทต" (acetate)

รายงานประจำปี ๒๕๓๘

๖๓๖๗ ๒๐๕๖๒๘๑๕

ภาพที่ 2.56 ตัวอย่างภาพอ่านออกและอ่านไม่ออก

๑. การทำแม่พิมพ์

การทำแม่พิมพ์โดยทั่วไปจะเริ่มจากขั้นตอนการฉายแสงจากแผ่นฟิล์มลงบนแม่พิมพ์ แล้วจึงทำการล้างสร้างภาพแม่พิมพ์ ฟิล์มที่ใช้เป็นต้นฉบับในการฉายแสงจะมีที่ใช้แตกต่างกัน ขึ้นกับระบบการพิมพ์ที่เลือกใช้ในขั้นตอนงานพิมพ์ ถ้าขั้นตอนของงานพิมพ์ใช้ระบบการพิมพ์ออฟเซต ซึ่งเป็นระบบการพิมพ์ทางอ้อม ลักษณะของข้อความและภาพที่ปรากฏบนแม่พิมพ์ต้องเป็นภาพที่อ่านออกหรืออ่านได้ และมีลักษณะคล้ายภาพที่ปรากฏในสิ่งพิมพ์สำเร็จ การทำแม่พิมพ์ออฟเซตจึงต้องใช้ฟิล์มที่มีลักษณะอ่านออกเมื่อประกบฟิล์มนั้นเข้ากับแม่พิมพ์แล้ว ไม่ว่าฟิล์มนั้นจะเป็นเนกาทิฟหรือพอซิทิฟ

ในทางตรงข้าม ถ้าขั้นตอนของงานพิมพ์ใช้ระบบการพิมพ์ประเภทอื่น เช่น เลตเตอร์เพรสส์ เฟล็กโซกราฟี หรือกราวัวร์ ที่แม่พิมพ์สัมผัสวัสดุพิมพ์โดยตรงอันเป็นลักษณะการพิมพ์ทางตรง ข้อความและภาพที่ปรากฏบนแม่พิมพ์จะมีลักษณะอ่านไม่ออก (wrong reading) หรือเป็นภาพที่กลับจากซ้ายเป็นขวา (mirror image) ของภาพที่จะปรากฏในสิ่งพิมพ์สำเร็จ ดังนั้น การทำแม่พิมพ์สำหรับระบบการพิมพ์เหล่านี้จึงต้องใช้ฟิล์มที่มีลักษณะอ่านไม่ออกเมื่อประกบฟิล์มนั้นเข้ากับแม่พิมพ์แล้ว

นอกจากลักษณะการอ่านออกหรืออ่านไม่ออกของแม่พิมพ์แล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการทำแม่พิมพ์คือลักษณะการทำงานของแม่พิมพ์ว่าเป็นแม่พิมพ์ที่ทำงานด้วยระบบเนกาทิฟหรือพอซิทิฟ เช่น บล็อกหรือแม่พิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ทำงานด้วยระบบเนกาทิฟ ดังนั้นฟิล์มที่ใช้ทำบล็อกหรือแม่พิมพ์เลตเตอร์เพรสส์จะเป็นฟิล์มเนกาทิฟ แต่ถ้าใช้ระบบการพิมพ์กราวัวร์ แม่พิมพ์กราวัวร์จะทำงานด้วยระบบพอซิทิฟ ดังนั้น ฟิล์มที่ใช้ในการถ่ายทำแม่พิมพ์จะต้องเป็นฟิล์มพอซิทิฟด้วย เป็นต้น ส่วนการทำแม่พิมพ์ฉลุลายผ้านั้น จะใช้ฟิล์มพอซิทิฟที่มีความเปรียบต่างสูงเป็นต้นฉบับเพื่อประกบแม่พิมพ์ ภายหลังการฉายแสงและล้างสร้างภาพแม่พิมพ์แล้ว บริเวณภาพจะเป็นช่องว่างให้หมึกพิมพ์ไหลผ่านได้ในขั้นตอนของงานพิมพ์ ส่วนบริเวณไร้ภาพจะทึบทำให้หมึกไหลผ่านไม่ได้ จึงไม่ปรากฏภาพในบริเวณนั้น

ต้นแบบอัดแม่พิมพ์ที่ยึดแผ่นฟิล์มเนกาทิฟเข้าด้วยกันจะใช้ประกบกับแผ่นแม่พิมพ์ที่ทำงานในลักษณะเนกาทิฟ ส่วนต้นแบบอัดแม่พิมพ์ที่ยึดแผ่นฟิล์มพอซิทิพเข้าด้วยกันจะใช้ประกบกับแผ่นแม่พิมพ์ที่ทำงานในลักษณะพอซิทิฟ เพื่อว่าภาพที่ปรากฏบนแม่พิมพ์จะมีลักษณะเป็นพอซิทิฟที่สามารถอ่านได้

การทำงานของแม่พิมพ์พอซิทิฟจะตรงข้ามกับแม่พิมพ์เนกาทิฟ ในแม่พิมพ์พอซิทิฟนั้น ส่วนที่จะเกิดภาพได้คือส่วนที่ไม่ได้รับแสง ดังนั้น เมื่อประกบต้นแบบอัดแม่พิมพ์พอซิทิฟเข้ากับแม่พิมพ์ บริเวณภาพจากฟิล์มพอซิทิฟจะกั้นแสงไม่ให้ตกกระทบผิวแม่พิมพ์ จึงเกิดข้อความและภาพบนแม่พิมพ์ขึ้นได้ ส่วนบริเวณที่ได้รับแสงจะกลายเป็นบริเวณไร้ภาพที่ไม่มีภาพปรากฏ

ภายหลังการทำแม่พิมพ์แล้ว จะต้องเก็บรักษาแม่พิมพ์ให้อยู่ในสภาพที่ดีที่สุดก่อนที่จะนำไปใช้พิมพ์ต่อไป ในกรณีของแม่พิมพ์ออฟเซต ภายหลังการทำแม่พิมพ์แล้วจะทำการเคลือบผิวแม่พิมพ์ด้วยกาวกระถินหรือกัมอาระบิก (gum arabic) เพื่อป้องกันผิวหน้าแม่พิมพ์ไม่ให้ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ มิฉะนั้นจะส่งผลให้เกิดปัญหาคราบหมึก (scum) เปื้อนเลอะในบริเวณไร้ภาพในขั้นตอนงานพิมพ์ได้

กิจกรรม 2.2.2

จงระบุขั้นตอนของงานก่อนพิมพ์

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 2 ตอนที่ 2.2 กิจกรรม 2.2.2

แนวตอบกิจกรรม 2.2.2

ขั้นตอนของงานก่อนพิมพ์ประกอบด้วยการเรียงพิมพ์ การพิสูจน์อักษร การทำภาพประกอบ การทำอาร์ตเวิร์ก การถ่ายฟิล์ม การแยกสี การปรู๊ฟสี การประกอบฟิล์ม การวางรูปแบบฟิล์ม และการทำแม่พิมพ์

ตอนที่ 2.3
งานพิมพ์และงานหลังพิมพ์

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 2.3 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

2.3.1 ความหมายและขอบข่ายของงานพิมพ์
2.3.2 ความหมายและขอบข่ายของงานหลังพิมพ์

แนวคิด

1. งานพิมพ์เป็นขั้นตอนของงานที่เริ่มภายหลังจากขั้นตอนสุดท้ายของงานก่อนพิมพ์ซึ่งได้แก่ การทำแม่พิมพ์และพร้อมจะนำแม่พิมพ์นั้นไปใช้ในการพิมพ์ต่อไป งานพิมพ์จึงเป็นขั้นตอนที่สองของกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ งานพิมพ์ของแต่ละระบบการพิมพ์จะแตกต่างกัน เนื่องจากลักษณะการถ่ายโอนภาพจากแม่พิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์และการทำงานของเครื่องพิมพ์ต่างกัน
2. งานหลังพิมพ์เป็นกระบวนการทำสิ่งพิมพ์ให้เป็นรูปแบบสำเร็จตามที่ผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของงานต้องการ งานหลังพิมพ์เริ่มหลังจากได้แผ่นวัสดุใช้พิมพ์ที่ผ่านกระบวนการของงานพิมพ์มาแล้ว งานหลังพิมพ์เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ ขั้นตอนของงานหลังพิมพ์ประกอบด้วยการทำสำเร็จและการแปรรูป งานหลังพิมพ์มีหลายประเภท การทำงานหลังพิมพ์ไม่จำเป็นต้องเรียงตามลำดับตามประเภทของงานหลังพิมพ์ที่มี

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 2.3 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายความหมายและขอบข่ายของงานพิมพ์ได้
2. อธิบายความหมายและขอบข่ายของงานหลังพิมพ์ได้

เรื่องที่ 2.3.1
ความหมายและขอบข่ายของงานพิมพ์

งานพิมพ์ (press work) เป็นขั้นตอนของงานที่เริ่มภายหลังจากการทำแม่พิมพ์ และพร้อมจะนำแม่พิมพ์นั้นไปใช้ในการพิมพ์ต่อไป ระยะเวลาที่ใช้และความยุ่งยากในการทำงานพิมพ์จะแตกต่างกันบ้างในการพิมพ์แต่ละระบบ ตัวอย่างเช่น งานพิมพ์ของเลตเตอร์เพรสส์ใช้เวลามากกว่างานพิมพ์ของระบบการพิมพ์อื่น นอกจากนี้ความยุ่งยากในการเตรียมพร้อมพิมพ์สำหรับแต่ละระบบการพิมพ์ก็ต่างกันไปด้วย เช่นเดียวกับขั้นตอนของงานพิมพ์ การเตรียมพร้อมพิมพ์สำหรับการพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์จะใช้เวลามากกว่าและทำได้ยากกว่าการพิมพ์ระบบอื่น ในขณะที่การพิมพ์ออฟเซตจะใช้เวลาในการเตรียมพร้อมพิมพ์มากกว่าเฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์ เป็นต้น

การพิจารณาเลือกใช้การพิมพ์ระบบใด ต้องดูที่ลักษณะและรูปแบบของงาน วัตถุประสงค์ในการนำงานนั้นไปใช้ ความต้องการของเจ้าของงาน และอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจเลือกใช้ระบบการพิมพ์ต้องเริ่มตั้งแต่ตอนที่ผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของงานทำข้อตกลงกับผู้จัดพิมพ์แล้วว่าจะเลือกใช้ระบบการพิมพ์ใดในการพิมพ์

งานพิมพ์ของแต่ละระบบการพิมพ์จะแตกต่างกัน เนื่องจากลักษณะของแม่พิมพ์ต่างกัน รวมทั้งการถ่ายโอนภาพจากแม่พิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ และการทำงานของเครื่องพิมพ์ที่ต่างกัน ในที่นี้จะกล่าวถึงความแตกต่างที่สำคัญของระบบการพิมพ์เพียงห้าประเภทที่ใช้กันในการพิมพ์เชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ระบบการพิมพ์ดังกล่าวได้แก่ เลตเตอร์เพรสส์ เฟล็กโซกราฟี ออฟเซต กราวัวร์ และฉลุลายผ้า การพิมพ์แต่ละระบบมีลักษณะเฉพาะตัว รวมทั้งมีข้อดีและข้อเสียต่างกัน ในที่นี้จะกล่าวถึงความแตกต่างบางประการของระบบการพิมพ์แต่ละประเภท ดังนี้

1. การพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์

การพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์เป็นระบบการพิมพ์ที่พื้นผิวแม่พิมพ์บางบริเวณมีความนูน บริเวณที่มีความนูนจะเป็นบริเวณภาพ ส่วนบริเวณผิวแม่พิมพ์ที่มีระดับต่ำกว่าจะเป็นบริเวณไร้ภาพ เมื่อผ่านหมึกพิมพ์ไปบนผิวแม่พิมพ์ หมึกพิมพ์จะเกาะเฉพาะบริเวณภาพ และเมื่อทาบกระดาษหรือวัสดุใช้พิมพ์ลงบนแม่พิมพ์แล้วใช้แรงกด หมึกพิมพ์จะเกาะติดบนวัสดุใช้พิมพ์ ทำให้ได้ภาพและข้อความตามต้องการ

ในอดีต งานพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการพิมพ์งานหนังสือและข้อความต่าง ๆ ปัจจุบันยังสามารถพบงานที่พิมพ์ด้วยระบบเลตเตอร์เพรสส์ในงานหลายประเภท ตั้งแต่งานเบ็ดเตล็ดจำพวกใบเสร็จรับเงิน หนังสือสัญญา นามบัตร แผ่นปลิว ฯลฯ ไปจนถึงงานหนังสือพิมพ์และนิตยสารที่พิมพ์จำนวนน้อย แม่พิมพ์เลตเตอร์เพรสส์มีทั้งประเภทที่ทำจากโลหะในรูปตัวพิมพ์พวกร้อนและบล็อกพิมพ์ รวมทั้งแม่พิมพ์พอลิเมอร์

เครื่องพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ มี 3 ประเภทคือ เครื่องพิมพ์แบบกดพิมพ์แนวระนาบ (platen press) เครื่องพิมพ์แบบโมกดพิมพ์เดี่ยว (flat-bed cylinder press) และเครื่องพิมพ์แบบโรตารีหรือแบบไซลินเดอร์ต่อไซลินเดอร์ (rotary press or cylinder-to-cylinder)

การเตรียมพร้อมพิมพ์ของเครื่องพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ต้องใช้เวลานาน กว่าเครื่องพิมพ์จะอยู่ในสภาพที่พร้อมพิมพ์ได้ สิ่งที่ต้องตรวจสอบในการเตรียมพร้อมพิมพ์มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1.1 การตรวจสอบวัดระดับความสูงของแม่พิมพ์

1.2 การหนุนฐานแม่พิมพ์ให้ได้ความสูงตามมาตรฐาน

1.3 การรวมแม่พิมพ์ส่วนที่เป็นข้อความ (ตัวพิมพ์) และภาพ (บล็อก)

1.4 การจัดวางหน้าแม่พิมพ์เพื่อให้ได้ตำแหน่งการลำดับของหน้าตามต้องการภายหลังการพิมพ์และพับแล้ว

1.5 การบรู๊ฟหน้าแท่น

1.6 การหนุนฐานแม่พิมพ์หลังจากบรู๊ฟ ณ บริเวณที่มีการกดพิมพ์ไม่สม่ำเสมอ

การควบคุมคุณภาพการพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ มักดูที่ความสม่ำเสมอของภาพพิมพ์ที่ได้รวมทั้งการควบคุมความสม่ำเสมอของแรงกดพิมพ์ที่กดไปบนแผ่นวัสดุใช้พิมพ์ เพราะปัญหาจากการพิมพ์มักเกิดจากการที่ภาพพิมพ์ที่ได้ขาดความสม่ำเสมอ และขาดรายละเอียด นอกจากนี้ การใช้แรงกดที่กดลงบนวัสดุใช้พิมพ์ จะทำให้เกิดรอยนูนที่บริเวณด้านหลังของแผ่นวัสดุใช้พิมพ์ด้วย ในกรณีที่ต้องการพิมพ์ภาพที่ด้านหลังของแผ่นวัสดุใช้พิมพ์ ควรหลีกเลี่ยงการวางภาพไว้ที่ตำแหน่งนั้น

ข้อดีของการพิมพ์ด้วยระบบเลตเตอร์เพรสส์ มีดังนี้คือ

1) นอกจากใช้ในการพิมพ์แล้ว ยังสามารถใช้เครื่องพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ในการทำสำเร็จ เพราะสามารถใช้แรงกดอย่างแรงในการพิมพ์ เช่น การตัด การอัดตัดตามแม่แบบ (die cutting) การหักสัน (scoring) การทำรอยเพื่อขึ้นรูป ฯลฯ

2) ใช้ในการพิมพ์ที่ต้องการสำเนาสิ่งพิมพ์ด้วยการพิมพ์ซ้อนบนกระดาษหลายแผ่นที่มีกระดาษคาร์บอนคั่นระหว่างแผ่น

3) เหมาะกับงานพิมพ์จำนวนน้อยที่ต้องผ่านงานหลังพิมพ์หลายอย่าง เช่น การพิมพ์ตัวเลข (numbering) การปรุ (perforating) ฯลฯ ด้วยการป้อนกระดาษเพียงครั้งเดียว

4) ในขั้นตอนงานพิมพ์ไม่ต้องปรับความสมดุลระหว่างน้ำและหมึกเหมือนในระบบการพิมพ์ออฟเซต จึงสิ้นเปลืองกระดาษน้อยกว่า

5) ในงานพิมพ์ข้อความที่ต้องการความรวดเร็วและเป็นงานง่าย ๆ การทำแม่พิมพ์สามารถใช้ตัวพิมพ์โดยตรง โดยไม่ต้องทำแม่พิมพ์ผ่านฟิล์มเนกาทิฟ

6) การบรู๊ฟทำได้ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย

ข้อเสียของการพิมพ์ด้วยระบบเลตเตอร์เพรสส์ มีดังนี้คือ

1) ได้ภาพพิมพ์ที่ขาดความสม่ำเสมอของเส้นและสี และขาดรายละเอียดของภาพ โดยเฉพาะการพิมพ์บนกระดาษผิวหยาบ

2) ไม่เหมาะกับงานพิมพ์ที่มีบริเวณพื้นทึบขนาดใหญ่

3) ไม่เหมาะกับงานที่ต้องมีรายละเอียดของภาพสูงหรือมีลายเส้นประกอบเป็นจำนวนมาก เช่น ตาราง แผนภูมิ เป็นต้น

4) มีรอยนูนบริเวณด้านหลังของกระดาษที่ได้รับแรงกดพิมพ์

5) ไม่เหมาะกับงานพิมพ์สอดสีจำนวนมาก

6) ไม่เหมาะกับงานที่ต้องใช้สกรีนละเอียด ถ้าพิมพ์บนกระดาษหนังสือพิมพ์ ความละเอียดของสกรีนที่ใช้จะประมาณ 65 เส้นต่อนิ้ว ถ้าพิมพ์บนกระดาษเคลือบผิว ความละเอียดของสกรีนที่ใช้จะประมาณ 133 เส้นต่อนิ้ว

7) การเตรียมพร้อมพิมพ์ใช้เวลาและต้องอาศัยทักษะมากกว่าการพิมพ์ระบบอื่น

2. การพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

การพิมพ์เฟล็กโซกราฟีเป็นการพิมพ์พื้นนูนอีกประเภทหนึ่งที่มีวิวัฒนาการมาจากการพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ แม่พิมพ์ที่ใช้ทำจากยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ที่เรียกว่าพอลิเมอร์ หมึกพิมพ์มีลักษณะเหลวและแห้งตัวเร็วมาก เครื่องพิมพ์มีความคล่องตัวในการใช้งานสูง สามารถใช้พิมพ์วัสดุใช้พิมพ์ได้หลายประเภท นิยมใช้ในการพิมพ์สิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์

ระบบการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีพัฒนามาจากการพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ในส่วนของแม่พิมพ์ ดังนั้น แม่พิมพ์เฟล็กโซกราฟีจึงมีพื้นผิวนูนดังเช่นแม่พิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ ต่างกันแต่ว่าวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์เฟล็กโซกราฟีทำจากยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ประเภทพอลิเมอร์แทนที่จะเป็นโลหะ อย่างไรก็ตาม แม่พิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ที่ทำจากพอลิเมอร์ก็มีใช้กันทั่วไปโดยเฉพาะในเครื่องพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์แบบโรตารี

เครื่องพิมพ์เฟล็กโซกราฟี มี 3 ประเภทคือ แบบที่หน่วยพิมพ์เรียงซ้อนกันเป็นตั้งสูงในแนวดิ่ง (stack press) แบบที่หน่วยพิมพ์มีโมกดพิมพ์ร่วม (common impression cylinder) และแบบที่หน่วยพิมพ์เรียงกันในแนวนอน (in-line press)

การควบคุมคุณภาพการพิมพ์เฟล็กโซกราฟี มักควบคุมที่ปัญหาการพิมพ์เหลื่อมเพื่อมิให้เกิดขึ้นหรือเกิดน้อยที่สุด ปัญหาการพิมพ์เหลื่อมในการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีเกิดจากการยืดตัวของแม่พิมพ์และวัสดุใช้พิมพ์

ข้อดีของการพิมพ์ด้วยระบบเฟล็กโซกราฟี มีดังนี้คือ

1) แม่พิมพ์มีราคาถูกเมื่อเทียบกับการพิมพ์หลายระบบ

2) สามารถพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์หลายประเภท

3) การเตรียมพร้อมพิมพ์ทำได้ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย

4) สามารถพิมพ์ภาพที่มีลวดลายต่อเนื่อง เช่น ลวดลายบนกระดาษปิดฝาผนัง กระดาษห่อของขวัญ ฯลฯ และตัดให้มีขนาดตามต้องการได้

5) หมึกพิมพ์แห้งเร็วทำให้สามารถตรวจสอบคุณภาพงานพิมพ์ทันทีภายหลังการพิมพ์

6) สามารถพิมพ์อาบมันเฉพาะจุดที่ต้องการ (spot varnish) และพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ที่ต้องการเคลือบด้วยความร้อน

7) การพิมพ์หมึกพิมพ์ให้ทั่วบนผิววัสดุใช้พิมพ์ทำได้ดีมาก เนื่องจากหมึกที่ใช้มีความเหลวและแม่พิมพ์มีความหยุ่นตัว

8) การเก็บรักษาแม่พิมพ์ทำได้ง่าย

ข้อเสียของการพิมพ์ด้วยระบบเฟล็กโซกราฟี มีดังนี้คือ

1) มักเกิดการยืดตัวของแม่พิมพ์และวัสดุใช้พิมพ์ ซึ่งต้องชดเชยการยืดตัวในขั้นตอนการทำอาร์ตเวิร์ก

2) การปรับแก้ไขการยืดตัวเนื่องจากแม่พิมพ์และวัสดุใช้พิมพ์ต้องใช้เวลามาก

3) ถ้าใช้วัสดุใช้พิมพ์ต่างชนิดจะต้องควบคุมการพิมพ์เหลื่อมในลักษณะต่างกัน เพราะวัสดุใช้พิมพ์ที่ต่างกันจะมีการยืดหดตัวต่างกัน จึงต้องศึกษาลักษณะการยืดหดตัวของวัสดุใช้พิมพ์ต่างประเภท เพื่อชดเชยในขั้นตอนการทำอาร์ตเวิร์ก

4) ภาพพิมพ์ที่ได้มีความคมชัดน้อยกว่าภาพพิมพ์ออฟเซตและกราวัวร์

3. การพิมพ์ออฟเซต

การพิมพ์ออฟเซตเป็นระบบการพิมพ์ที่พื้นผิวแม่พิมพ์ทุกบริเวณมีความราบเรียบทั่วทั้งแผ่น การแยกส่วนที่เป็นบริเวณภาพออกจากบริเวณไร้ภาพทำได้โดยอาศัยหลักการที่ไขมันไม่รวมตัวกับน้ำหรือรวมกันน้อยมาก ออฟเซตจึงเป็นระบบการพิมพ์ประเภทเดียวที่ต้องใช้น้ำในการพิมพ์ เพื่อให้น้ำเกาะบนบริเวณไร้ภาพ และให้หมึกเกาะบนบริเวณภาพ นอกจากนี้ ออฟเซตเป็นระบบการพิมพ์ที่เป็นการพิมพ์ทางอ้อม (indirect printing) กล่าวคือ แม่พิมพ์จะไม่ถ่ายโอนภาพลงบนวัสดุใช้พิมพ์โดยตรง แต่จะถ่ายโอนโดยมีผ้ายางเป็นสื่อกลางระหว่างแม่พิมพ์กับวัสดุใช้พิมพ์ เมื่อผ่านกระดาษหรือวัสดุใช้พิมพ์เข้าไประหว่างโมยางกับโมกดพิมพ์ หมึกจะถ่ายโอนเกาะติดบนวัสดุใช้พิมพ์ ทำให้ได้ภาพตามต้องการ

การพิมพ์ออฟเซตเป็นการพิมพ์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการพิมพ์สิ่งพิมพ์ทั่วไปที่ต้องการคุณภาพสูง และมีจำนวนพิมพ์พอประมาณ ตั้งแต่หลายพันเที่ยวพิมพ์จนถึงหลายหมื่นเที่ยวพิมพ์ อย่างไรก็ตาม ในงานพิมพ์ที่ต้องการจำนวนพิมพ์สูงมากนับแสนชุดก็ยังสามารถใช้ระบบการพิมพ์ออฟเซตได้โดยเลือกใช้แม่พิมพ์คุณภาพสูงที่สามารถพิมพ์งานจำนวนมากได้ แม่พิมพ์ออฟเซตมีผิวหน้าที่แบนราบ ส่วนใหญ่ทำจากอะลูมิเนียมที่เคลือบผิวด้วยสารไวแสง

การเตรียมพร้อมพิมพ์ออฟเซตเป็นงานที่ต้องอาศัยความชำนาญ และใช้เวลานานมาก เพราะต้องทำให้เกิดความสมดุลระหว่างน้ำและหมึกพิมพ์บนเครื่องพิมพ์ก่อนเริ่มงานพิมพ์ การพิมพ์ออฟเซตต้องใช้น้ำในการพิมพ์ ดังนั้นจึงเกิดปัญหาการยืดและหดตัวของกระดาษ รวมทั้งปัญหาจากการควบคุมคุณภาพการพิมพ์อื่น ๆ ที่เกิดเนื่องจากความไม่สมดุลของน้ำและหมึกและการรวมตัวของน้ำและหมึกพิมพ์ที่ไม่เหมาะสม เช่น การพิมพ์เหลื่อม กระดาษโก่งงอ (curl) กระดาษยับ การเกิดคราบหมึก (scum) การขึ้นพื้น (tinting) หมึกละลายในน้ำ (bleeding) ฯลฯ ช่างพิมพ์จึงต้องให้ความใส่ใจในการตรวจสอบความสมดุลของน้ำและหมึกอยู่เสมอเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว นอกจากนี้การเตรียมพร้อมพิมพ์ออฟเซตยังประกอบด้วยขั้นตอนการปรับวัดความหนาของแผ่นรองหนุนผ้ายางเพื่อให้ได้แรงกดพิมพ์ที่ต้องการ รวมทั้งการทดลองพิมพ์งานจำนวนน้อยก่อนเริ่มพิมพ์งานตามจำนวนพิมพ์ที่ต้องการต่อไป

เครื่องพิมพ์ออฟเซตอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ตามจำนวนโมพิมพ์ คือ แบบหน่วยพิมพ์สามโม (three-cylinder unit) ประกอบด้วยโมแม่พิมพ์ โมยาง และโมกดพิมพ์ ส่วนใหญ่ใช้ในเครื่องพิมพ์ป้อนแผ่นและเครื่องพิมพ์อัดสำเนาหรือออฟเซตเล็ก ประเภทที่สองเป็นแบบโมยางสัมผัสโมยางหรือโมยางชิดกัน (blanket-to-blanket) ใช้โมยางสองลูกสัมผัสกันโดยไม่มีโมกดพิมพ์ แต่โมยางทำหน้าที่เป็นโมกดพิมพ์ของกันและกัน มักพบในเครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วน กระดาษม้วนจะป้อนเข้าไประหว่างโมยางทั้งสอง ทำให้พิมพ์งานได้พร้อมกันบนกระดาษทั้งสองด้าน (perfecting) ด้วยการป้อนกระดาษเพียงครั้งเดียว

เครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนส่วนใหญ่เป็นแบบใช้ความร้อนช่วยให้หมึกหมาดตัวได้เร็วขึ้น (heatset) เพื่อป้องกันการเปรอะเปื้อนของหมึกในขณะที่มีการพับและการเข้าเล่มทันทีภายหลังการพิมพ์ หมึกที่ใช้ต้องสามารถหมาดตัว (set) และแห้งตัวอย่างรวดเร็ว แผ่นวัสดุที่ผ่านการพิมพ์แล้วจะส่งผ่านไปยังหน่วยทำแห้งด้วยความร้อนรวมทั้งลูกกลิ้งที่ทำให้วัสดุเย็นตัวตามลำดับ อุณหภูมิที่ใช้ในหน่วยให้ความร้อนเท่ากับ 300 องศาฟาเรนไฮต์ หรือประมาณ 149 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิของลูกกลิ้งทำเย็นเท่ากับ 80 องศาฟาเรนไฮต์ หรือประมาณ 27 องศาเซลเซียส อุณหภูมินี้สามารถทำให้หมึกพิมพ์แห้งและแข็งตัวอย่างรวดเร็ว และทำให้สามารถใช้ความเร็วสูงในการพิมพ์ได้ จึงเหมาะที่จะใช้ในการพิมพ์งานที่ต้องการความรวดเร็วประเภทงานหนังสือพิมพ์ เครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนสามารถติดตั้งอุปกรณ์อัตโนมัติต่อพ่วงเสริมที่เครื่องพิมพ์ เช่น หน่วยปั๊มหมึกและน้ำแบบอัตโนมัติ และอุปกรณ์เปลี่ยนม้วนกระดาษในขณะพิมพ์อัตโนมัติ เป็นต้น

ข้อดีของการพิมพ์ด้วยระบบออฟเซต มีดังนี้คือ

1) สามารถพิมพ์สีบริเวณพื้นทึบขนาดใหญ่โดยได้สีที่เรียบ เมื่อเทียบกับการพิมพ์ด้วยระบบเลตเตอร์เพรสส์

2) ใช้เวลาน้อยในการปรับสภาพเครื่องพิมพ์เพื่อเตรียมพร้อมพิมพ์เมื่อเทียบกับระบบเลตเตอร์เพรสส์

3) ในการฉายแสงบนแม่พิมพ์ สามารถใช้ฟิล์มที่ประกอบกันหลายลักษณะเมื่อเทียบกับเลตเตอร์เพรสส์ เช่น ฟิล์มตัวอักษรที่ซ้อนบนพื้นสกรีน เป็นต้น

4) แม่พิมพ์มีความแบนราบ ทำให้การเก็บทำได้ง่าย

5) ความนุ่มของผ้ายางทำให้สามารถพิมพ์ภาพลงบนกระดาษผิวหยาบได้

6) สามารถให้งานพิมพ์ที่มีความละเอียดมากจาก 85 เส้นต่อนิ้วบนกระดาษหนังสือพิมพ์จนถึงมากกว่า 300 เส้นต่อนิ้วบนกระดาษเคลือบผิว แต่โดยทั่วไป ความละเอียดของสกรีนที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 150 - 200 เส้นต่อนิ้ว

ข้อเสียของการพิมพ์ด้วยระบบออฟเซต มีดังนี้คือ

1) การควบคุมความสมดุลระหว่างน้ำและหมึกบนแม่พิมพ์ต้องใช้ทักษะและความใส่ใจอย่างสม่ำเสมอ การไม่ควบคุมความสมดุลจะก่อให้เกิดปัญหาการพิมพ์มาก

2) ความสูญเสียของกระดาษเกิดมากกว่าการพิมพ์ระบบอื่น โดยเฉพาะในเครื่องพิมพ์ป้อนม้วนที่มีความเร็วสูง เนื่องจากปัญหาการปรับความสมดุลระหว่างน้ำและหมึก และความแข็งแรงของกระดาษที่ลดลงเนื่องจากการดูดน้ำ ทำให้ม้วนกระดาษขาดได้ง่าย

3) การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในห้องพิมพ์ต้องทำด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากการพิมพ์ออฟเซตต้องใช้น้ำในการพิมพ์ ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาการยืดหดตัวของกระดาษ จึงต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในห้องพิมพ์

4. การพิมพ์กราวัวร์

การพิมพ์กราวัวร์ เป็นระบบการพิมพ์ที่พื้นผิวแม่พิมพ์บางบริเวณมีความลึกต่ำกว่าผิวหน้า บริเวณที่มีความลึกจะเป็นบ่อ (cell) ที่รับหมึกและเป็นบริเวณภาพ ส่วนบริเวณผิวแม่พิมพ์จะเป็นบริเวณไร้ภาพ หมึกพิมพ์กราวัวร์เป็นหมึกเหลว เมื่อหมึกถ่ายโอนไปบนผิวแม่พิมพ์ หมึกจะไหลเข้าไปในบ่อหมึกซึ่งเป็นบริเวณภาพ และเมื่อผ่านกระดาษหรือวัสดุใช้พิมพ์อื่นลงบนแม่พิมพ์แล้วใช้แรงกด หมึกจะเกาะติดบนวัสดุใช้พิมพ์ทำให้ได้ภาพตามต้องการ

เครื่องพิมพ์กราวัวร์มีทั้งแบบป้อนแผ่นและแบบป้อนม้วน เครื่องพิมพ์กราวัวร์แบบป้อนแผ่นเหมาะต่อการพิมพ์ภาพศิลปะขนาดใหญ่และหนังสือภาพ รวมทั้งงานประเภทอื่นที่ต้องการคุณภาพสูง เครื่องพิมพ์กราวัวร์แบบป้อนม้วนนิยมใช้ในงานพิมพ์ที่ต้องการคุณภาพและมีจำนวนพิมพ์สูง

ภาพที่ 2.57 ภาพตัวพิมพ์กราวัวร์

การพิมพ์กราวัวร์ส่วนใหญ่ใช้วัสดุใช้พิมพ์ลักษณะม้วน การป้อนวัสดุใช้พิมพ์จะป้อนเข้าไประหว่างโมแม่พิมพ์ที่แช่ในอ่างหมึกกับโมกดพิมพ์ที่อยู่ด้านบนและสัมผัสโมแม่พิมพ์ การจ่ายหมึกจะใช้การหมุนโมแม่พิมพ์ที่แช่อยู่ในอ่างหมึก ส่วนพิมพ์แต่ละส่วนจะพิมพ์สีเพียงสีเดียวบนผิวหน้าของวัสดุใช้พิมพ์เพียงด้านเดียว โดยมีส่วนทำแห้งบนแผ่นวัสดุใช้พิมพ์ก่อนที่จะพิมพ์สีต่อไปในส่วนพิมพ์ถัดไป

ขนาดของบ่อหมึกบนผิวหน้าของแม่พิมพ์กราวัวร์แปรเปลี่ยนตามความลึก ความกว้าง หรือทั้งสองอย่าง บ่อหมึกยิ่งลึกหรือยิ่งกว้างจะยิ่งรับหมึกและถ่ายโอนหมึกได้มาก ทำให้ได้ภาพพิมพ์ที่มีความเข้มมาก โมแม่พิมพ์เป็นลูกโมที่มีการกัดผิวเป็นร่องลึก เพื่อใช้เป็นที่ขังหมึกพิมพ์ มีใบปาด (doctor blade) ปาดหมึกส่วนเกินที่ล้นจากบ่อหมึก หมึกพิมพ์กราวัวร์มีลักษณะเหลว เพื่อให้สามารถขังในบ่อหมึกและถ่ายโอนออกได้ง่ายเมื่อมีแรงกดพิมพ์ในปริมาณมาก

แม่พิมพ์กราวัวร์เหมาะกับการพิมพ์งานสกรีน ถ้าใช้พิมพ์ภาพลายเส้นจะเห็นขอบที่หยัก การเตรียมเครื่องพิมพ์กราวัวร์สามารถทำได้สะดวกและรวดเร็ว โดยใช้เวลาน้อยมาก ความเด่นของการพิมพ์กราวัวร์อยู่ที่การให้ภาพพิมพ์ที่ดูคล้ายภาพที่มีน้ำหนักสีต่อเนื่องที่ดูสวยงาม แม้จะใช้วัสดุใช้พิมพ์ที่มีคุณภาพไม่สูงนัก โดยจะมองไม่เห็นรูปแบบของจุดหรือเห็นได้น้อย เนื่องมาจากการผสมผสานของหมึก (blend) ที่มีความเหลว ถ้าพิมพ์ภาพสอดสี คุณภาพของภาพที่ได้จะสวยงามมาก อย่างไรก็ตามภาพพิมพ์ที่ได้จากการพิมพ์กราวัวร์จะมีขอบที่หยัก ขอบดังกล่าวจะเห็นได้ชัดในกรณีที่พิมพ์แบบตัวพิมพ์ขนาดเล็ก ถ้าใช้แว่นขยายส่องดูจะเห็นขอบดังกล่าวได้ชัดเจน การพิมพ์กราวัวร์ยังเหมาะต่อการพิมพ์งานที่ต้องการจำนวนพิมพ์สูงมากตั้งแต่แสนเที่ยวพิมพ์ขึ้นไป เพราะแม่พิมพ์มีราคาแพงและทนทาน นิยมใช้ในการพิมพ์หนังสือพิมพ์ นิตยสาร แคตาล็อก ฉลาก สิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ สิ่งพิมพ์เพื่อการเผยแพร่ ฯลฯ

ข้อดีของการพิมพ์ด้วยระบบกราวัวร์ มีดังนี้คือ

1) ให้ภาพที่มีคุณภาพดีแม้จะใช้กระดาษที่ค่อนข้างบางและมีคุณภาพต่ำเมื่อเทียบกับเลตเตอร์เพรสส์

2) ให้ความเร็วสูงในการพิมพ์ แม่พิมพ์มีอายุการใช้งานสูงกว่าหนึ่งล้านเที่ยวพิมพ์

3) ให้คุณภาพของภาพที่มีน้ำหนักสีต่อเนื่องมากกว่าภาพที่ได้จากการพิมพ์ด้วยระบบอื่น โดยเฉพาะเมื่อพิมพ์บนกระดาษคุณภาพค่อนข้างต่ำเหมือนกัน

ข้อเสียของการพิมพ์ด้วยระบบกราวัวร์ มีดังนี้คือ

1) การทำแม่พิมพ์มีความซับซ้อนกว่าในระบบการพิมพ์อื่นและมีราคาแพง

2) โมแม่พิมพ์มีน้ำหนักมากและในการเก็บจะเก็บในลักษณะของโมทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ในการเก็บ

3) ไม่เหมาะที่จะใช้กับงานพิมพ์ที่มีงบประมาณจำกัด

4) การเก็บตัวทำละลายของหมึกต้องทำด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากติดไฟง่าย

5) ภาพที่ปรากฏมีร่องรอยของบ่อหมึกจำนวนมาก แม้จะไม่มีผลมากนักต่อภาพที่มีน้ำหนักสีต่อเนื่อง แต่ก็มีผลต่อการพิมพ์ตัวอักษรและลายเส้นที่เล็กบางทำให้มองเห็นขอบเส้นที่หยัก

5. การพิมพ์ฉลุลายผ้า

การพิมพ์ฉลุลายผ้าเป็นระบบการพิมพ์ที่เก่าที่สุดเมื่อเทียบกับการพิมพ์ระบบอื่นที่กล่าวมาแล้ว การพิมพ์จะใช้หลักการของพื้นฉลุ (stencil) โดยการให้หมึกไหลผ่านช่องของแม่พิมพ์สกรีนตามลวดลายที่ต้องการลงไปบนวัสดุใช้พิมพ์ และปิดกั้นบริเวณที่ไม่ต้องการพิมพ์เพื่อมิให้หมึกไหลผ่าน จะได้ภาพบนวัสดุใช้พิมพ์ที่มีลวดลายเหมือนต้นแบบ การพิมพ์ประเภทนี้สามารถปรับตั้งแรงกดให้พิมพ์ลงบนวัสดุได้แทบทุกประเภท สิ่งพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์นี้และใช้กันอย่างกว้างขวางในทางการค้าและอุตสาหกรรม ได้แก่ การพิมพ์บนเสื้อยืด แผ่นป้ายโฆษณาขนาดใหญ่ โปสเตอร์ ป้ายสัญญาณ เครื่องแก้ว ผ้า บัตรอวยพร สติ๊กเกอร์ นามบัตร รายการอาหาร สิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ ชิ้นส่วนและแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ กระดาษปิดฝาผนัง วัสดุปูพื้น ฯลฯ

เครื่องพิมพ์ฉลุลายผ้ามีความคล่องตัวและหลากหลายในการทำงาน การพิมพ์ฉลุลายผ้าอาจทำด้วยมือหรือด้วยเครื่อง ประเภทของเครื่องพิมพ์ฉลุลายผ้าประกอบด้วยเครื่องพิมพ์แนวนอน (flatbed press) เครื่องพิมพ์แบบใช้โมเดี่ยว (cylinder press) และเครื่องพิมพ์แบบโรตารี (rotary press) ลักษณะคล้ายกับเครื่องพิมพ์ในระบบการพิมพ์แบบเลตเตอร์เพรสส์

เครื่องพิมพ์สามารถพิมพ์งานได้ละเอียดถึง 133 เส้นต่อนิ้ว การพิมพ์จะให้ชั้นหมึกที่มีความหนามากกว่าการพิมพ์ระบบอื่น สามารถพิมพ์โดยใช้หมึกพิมพ์วาวแสง (fluorescent ink) หรือหมึกแวววาวโลหะ (metallic ink) ได้ดีกว่าการพิมพ์ระบบอื่น การพิมพ์ฉลุลายผ้าอาจใช้คู่กับการพิมพ์ระบบอื่นได้ ปัญหาที่มักเกิดขึ้นจากการพิมพ์ฉลุลายผ้าที่ต้องมีการควบคุมคุณภาพในขณะพิมพ์มีหลายอย่าง เช่น การพิมพ์เหลื่อม การวางวัสดุใช้พิมพ์ไม่ตรงตามตำแหน่งที่ต้องการพิมพ์ทำให้พิมพ์ผิดตำแหน่ง รวมทั้งการเกิดการเสียดสีระหว่างที่ปาดหมึกกับผิววัสดุใช้พิมพ์ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตที่ดึงดูดฝุ่นให้เกาะติดบนภาพพิมพ์ได้ จึงต้องมีการใช้อุปกรณ์กำจัดไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นในขณะพิมพ์

ข้อดีของการพิมพ์ฉลุลายผ้า มีดังนี้คือ

1) ราคาถูก

2) เหมาะกับงานพิมพ์จำนวนน้อย

3) พิมพ์บนวัสดุได้เกือบทุกชนิด

4) สามารถใช้หมึกพิมพ์ชนิดพิเศษที่ระบบการพิมพ์อื่นใช้พิมพ์ได้ไม่ดี

5) เหมาะกับการพิมพ์งานลายเส้น

ข้อเสียของการพิมพ์ฉลุลายผ้า คือ

1) ไม่เหมาะกับการพิมพ์ภาพสกรีน

2) ไม่เหมาะกับการพิมพ์สิ่งพิมพ์ทั่วไปที่ต้องการจำนวนพิมพ์สูงประเภทหนังสือพิมพ์ นิตยสาร หนังสือ ฯลฯ

จากระบบการพิมพ์ที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การปฏิบัติงานในขั้นตอนของงานพิมพ์มีความแตกต่างกันเนื่องจากความแตกต่างของการทำงานในการพิมพ์แต่ละระบบ ดังนั้น การปฏิบัติงานในขั้นตอนงานพิมพ์จึงต้องคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้เพื่อให้สามารถผลิตงานพิมพ์ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะของงานพิมพ์ที่ต้องการ

กิจกรรม 2.3.1

จงอธิบายความหมายและขอบข่ายของงานพิมพ์ .

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 2 ตอนที่ 2.3 กิจกรรม 2.3.1

แนวตอบกิจกรรม 2.3.1

งานพิมพ์เป็นขั้นตอนของงานที่เริ่มภายหลังจากการทำแม่พิมพ์ และพร้อมจะนำแม่พิมพ์นั้นไปใช้ในการพิมพ์ต่อไป งานพิมพ์เป็นขั้นตอนที่สองของกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ งานพิมพ์ของแต่ละระบบการพิมพ์จะแตกต่างกัน เนื่องจากลักษณะของแม่พิมพ์ และการถ่ายโอนภาพของแม่พิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ รวมทั้งการทำงานของเครื่องพิมพ์ที่ต่างกัน

เรื่องที่ 2.3.2
ความหมายและขอบข่ายของงานหลังพิมพ์

งานหลังพิมพ์เป็นกระบวนการทำสิ่งพิมพ์ให้มีรูปแบบสำเร็จตามที่ผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของงานต้องการ งานหลังพิมพ์เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ งานหลังพิมพ์จะเริ่มภายหลังจากการได้แผ่นวัสดุใช้พิมพ์ที่ผ่านงานการพิมพ์มาแล้ว งานพิมพ์บางประเภทที่ไม่มีความซับซ้อนในการจัดทำจะผ่านกระบวนการของงานหลังพิมพ์น้อยมาก นอกจากการเจียน (trimming) และการบรรจุใส่ทีบห่อ เช่น ฟอร์มธุรกิจบางประเภท แผ่นปลิว แผ่นพับ โปสเตอร์ ฯลฯ อย่างไรก็ตาม งานพิมพ์ส่วนใหญ่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการของงานหลังพิมพ์ เพื่อให้ได้สิ่งพิมพ์ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การใช้งานมากที่สุด นอกจากนี้ งานหลังพิมพ์ยังช่วยเพิ่มคุณค่า ความงาม ประโยชน์ใช้สอย ฯลฯ ให้กับสิ่งพิมพ์ด้วย

งานหลังพิมพ์ประกอบด้วยงานทำสำเร็จ (finishing) และงานแปรรูป (converting) งานทำสำเร็จมีหลายประเภท เช่น การทำตัวนูนด้วยความร้อน (thermography) การดุนนูน (embossing) การประทับรอยร้อนด้วยโลหะเปลว (foil stamping) การพิมพ์ตัวเลข การอาบมันและการเคลือบพลาสติก (varnishing and laminating) ฯลฯ การทำสำเร็จสามารถกระทำได้ภายหลังจากสิ่งพิมพ์ผ่านพันหน่วยพิมพ์มาแล้วโดยทันที ด้วยการใช้อุปกรณ์เสริมพ่วงเข้าไปที่ช่วงท้ายของเครื่องพิมพ์ (in-line finishing) เพื่อให้สามารถทำงานสำเร็จได้ทันทีที่สิ่งพิมพ์พ้นออกจากหน่วยพิมพ์

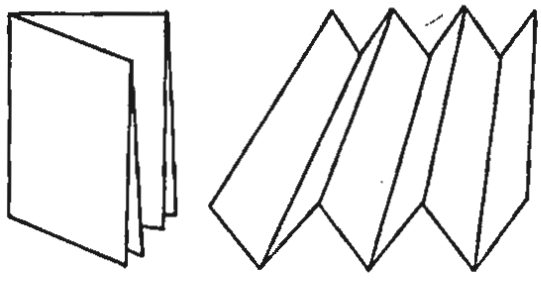
การแปรรูปมีหลายขั้นตอน เช่น การตัด (cutting) การพับ (folding) การเก็บเล่ม (assembling) การทำเล่ม (binding) การเข้าปก (covering) การเจียน การอัดตัดตามแม่แบบ การหักสัน การปรุ (perforating) การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ (packaging) ฯลฯ

แม้ว่างานหลังพิมพ์มีหลายประเภท แต่การทำงานหลังพิมพ์ไม่จำเป็นต้องเรียงตามลำดับจากประเภทที่หนึ่งไปประเภทที่สอง สาม สี่ และเรื่อยไป ดังนั้น การทำงานหลังพิมพ์จะทำงานลักษณะใดก่อนก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสะดวกในการทำงาน ลักษณะการทำงานของเครื่องจักรที่มี และอื่น ๆ ขั้นตอนของงานหลังพิมพ์มีดังนี้

1. การตัด การตัดกระดาษจะกระทำในช่วงก่อนป้อนกระดาษเข้าเครื่องพิมพ์ และภายหลังจากการพิมพ์ การตัดกระดาษมักจะใช้เครื่องตัดกระดาษ (guillotine cutter) ที่มีหลายขนาดและหลายแบบให้เลือกใช้ ตั้งแต่แบบที่มีระบบการทำงานแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน จนถึงแบบที่มีการควบคุมระบบการทำงานด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ นอกจากการตัดแล้ว ยังมีการเจียนขอบสิ่งพิมพ์ให้เรียบร้อยและสวยงามด้วย

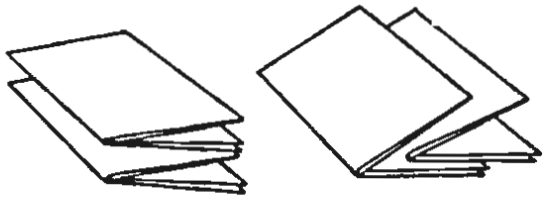
2. การพับ การพับกระดาษจะกระทำเมื่อกระดาษผ่านการพิมพ์มาแล้ว เพื่อให้ได้สิ่งพิมพ์ที่มีรูปแบบตามกำหนด การพับทำได้หลายวิธี ทั้งวิธีที่พับด้วยมือและด้วยเครื่องพับ การพับกระดาษพิมพ์ด้วยมือมักมีอุปกรณ์ที่ช่วยให้การพับง่ายขึ้น เรียกว่า "ไม้เนียน" (bone folder) แต่ในงานพิมพ์จำนวนมาก การพับควรใช้เครื่องพับเพราะให้ความสะดวกและรวดเร็ว เครื่องพับที่ใช้กันทั่วไปมีเครื่องพับแบบใบมีด (knife folders) และ เครื่องพับแบบลูกกลิ้ง (buckle folders)

รูปแบบการพับแบ่งได้เป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ การพับแบบมุมฉาก (right-angle fold) และการพับแบบขนาน (parallel fold or accordion fold) การพับแบบมุมฉากเป็นรูปแบบที่ใช้มากในสิ่งพิมพ์ส่วนใหญ่



ภาพที่ 2.58 การพับแบบมุมฉากและการพับแบบขนาน

3. การเก็บเล่ม การเก็บเล่มหมายถึงการรวบรวมยกพิมพ์แต่ละยกเข้าด้วยกัน การซ้อนยกพิมพ์ต้องเป็นไปตามลำดับของยกที่จะให้ลำดับเลขหน้าที่ถูกต้องภายหลังการเก็บเรียงหน้า (collating) การเก็บเล่มอาจกระทำด้วยมือหรือด้วยเครื่องก็ได้ การเก็บเล่มทำได้สองลักษณะคือ ลักษณะแรกเป็นการเก็บเล่มโดย "ซ้อน" ยกของสิ่งพิมพ์เป็นลำดับในแนวตั้ง โดยวางให้ยกพิมพ์สุดท้ายอยู่ล่างสุดก่อน แล้วไล่ขึ้นไปจนถึงยกพิมพ์แรกซึ่งจะอยู่บนสุดของตั้ง การเก็บเล่มลักษณะนี้จะเป็นการเก็บเล่มเพื่อเตรียมเย็บเล่มที่สันของยกพิมพ์ การเย็บสันของยกพิมพ์อาจใช้วิธีทากาว หรือวิธีเย็บสันด้วยลวด หรือด้วยด้ายก็ได้ การเก็บเล่มในลักษณะที่สองทำได้โดยการ "สอด" ยกพิมพ์เข้าด้วยกัน โดยให้สันของยกพิมพ์หนึ่งสอดเข้าไปในสันของอีกยกพิมพ์หนึ่ง ดังนี้เรื่อยไปจนหมดยกพิมพ์ การเก็บเล่มลักษณะนี้จะเป็นการเก็บเล่มเพื่อเตรียมเย็บเล่มที่รอยพับ หรือ "อก" ของยกพิมพ์



ภาพที่ 2.59 การเก็บเล่มแบบซ้อนและแบบสอดยกพิมพ์

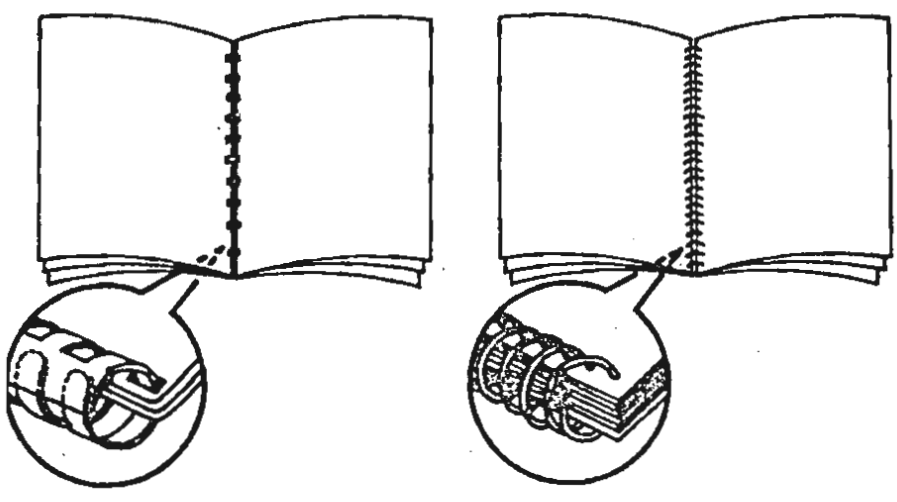
การเก็บเล่มด้วยวิธีแรกหรือวิธีซ้อนยกพิมพ์เหมาะกับสิ่งพิมพ์ที่มีจำนวนหน้ามากหรือมีความหนามาก วิธีการเก็บเล่มในลักษณะแรก เป็นวิธีการเก็บเล่มที่นิยมใช้กับสิ่งพิมพ์ส่วนมาก ส่วนการเก็บเล่มด้วยวิธีหลังหรือวิธี

สอดยกพิมพ์เหมาะกับสิ่งพิมพ์ที่มีจำนวนหน้าน้อยหรือมีความหนาน้อย เพราะถ้าสอดยกพิมพ์ของสิ่งพิมพ์ที่มีความหนามากในลักษณะนี้ จะทำให้ขอบด้านนอกของสิ่งพิมพ์เหลื่อมกันมาก เมื่อตัดเจียนขอบของสิ่งพิมพ์เพื่อให้ขอบเรียบสมอกัน จะทำให้ขอบนอกของหน้าไม่เท่ากัน โดยเฉพาะยกพิมพ์ที่อยู่ในสุด จะถูกเจียนขอบมากที่สุด ทำให้เหลือขอบว่างด้านนอกน้อยที่สุด

4. การทำเล่ม การทำเล่มเป็นการยึดแผ่นพิมพ์หรือยกพิมพ์เข้าด้วยกันให้เป็นรูปเล่ม วิธีทำเล่มมีหลายวิธี ดังนี้

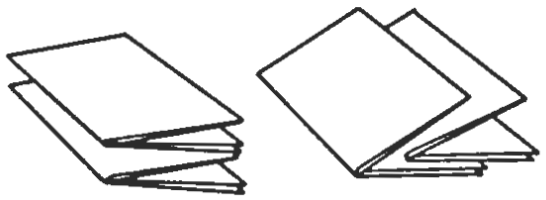
4.1 การทำเล่มไสกาว (adhesive binding) การทำเล่มไสกาวมีทั้งแบบที่ใช้การทากาวด้วยวิธีไม่ไสสัน (padding) และแบบไสสัน (perfect or patent binding) การทากาวด้วยวิธีไม่ไสสัน มักใช้ในการทำสมุดฉีก หรือสมุดบันทึกข้อความ ทำได้โดยยึดแผ่นวัสดุเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่งแล้วทากาวที่ปลายด้านนั้น จากนั้นปิดด้วยใบหุ้มซึ่งอาจเป็นกระดาษหรือผ้าก็ได้ ส่วนการทากาวแบบไสสันมักใช้ในการทำนิตยสารและหนังสือปกอ่อนทั่วไป โดยการเลื่อยสันหนังสือออกเล็กน้อย เพื่อทำให้สันหนังสือมีพื้นที่ผิวที่สามารถรับกาวเพิ่มขึ้น และเพื่อให้เนื้อกาวซึมเข้าไประหว่างแผ่นกระดาษในบริเวณขอบสัน แล้วจึงหุ้มปก ถ้าต้องการให้การยึดสันมีความคงทนมากขึ้นก็อาจใช้ผ้ากอซปิดที่สัน (gauzing) ภายหลังจากทากาวแล้ว กาวที่ใช้ทาสันในลักษณะนี้มักเป็นกาวร้อน หรือกาวที่ต้องใช้ความร้อนเพื่อช่วยในการหลอม วิธีการไสสันทากาวเป็นวิธีการที่นิยมใช้ทั่วไปเพราะสะดวก สามารถทำได้รวดเร็ว เหมาะสำหรับการยึดเล่มสิ่งพิมพ์ที่ประกอบจากวัสดุใช้พิมพ์หลายประเภท หรือยึดกระดาษที่มีความหนาต่างกันเข้าด้วยกัน

4.2 การทำเล่มเย็บสัน (side binding) การทำเล่มเย็บสันทำได้หลายวิธี ตั้งแต่การใช้ลวดเย็บธรรมดาแบบที่ใช้ทั่วไปในสำนักงาน จนถึงการทำเล่มเชิงกล (mechanical binding) ได้แก่ การร้อยสันด้วยเกลียวลวดหรือเกลียวพลาสติก นอกจากนี้ การเย็บสันอาจใช้ด้ายเย็บก็ได้ ในกรณีที่ต้องการเย็บสันของสิ่งพิมพ์ที่มีจำนวนยกและจำนวนหน้ามากจะต้องมีการเผื่อเนื้อที่ของขอบว่างบริเวณสันปกมากกว่าบริเวณอื่นตั้งแต่ขั้นตอนการวางรูปแบบฟิล์ม เพราะการเย็บเล่มวิธีนี้จะใช้เนื้อที่ของสันปกมากกว่าการเย็บด้วยวิธีอื่น



ภาพที่ 2.60 ตัวอย่างการทำเล่มเชิงกล

4.3 การทำเล่มเย็บยอกหรือการทำเล่มเย็บมุงหลังคา (saddle binding) การทำเล่มวิธีนี้ใช้กับงานพิมพ์ที่ประกอบด้วยยกพิมพ์จำนวนน้อย และมีจำนวนหน้าน้อยด้วย วัสดุที่ใช้เย็บอาจเป็นลวดหรือด้าย การเย็บอาจใช้มือหรือเครื่องเย็บ



ภาพที่ 2.61 ตัวอย่างการทำเล่มแบบข้อนและแบบลอดยกพิมพ์

6. การเข้าปก การเข้าปกเป็นขั้นตอนการหุ้มปกให้แก่สิ่งพิมพ์ที่ผ่านการเย็บเล่มแล้ว ปกที่ใช้อาจเป็นปกในตัว (self cover) ปกอ่อน (soft cover) หรือปกแข็ง (casebound cover) ในกรณีที่เป็นปกในตัว วัสดุที่ใช้เป็นปกจะเป็นชนิดเดียวกับวัสดุที่เป็นเนื้อใน ตัวอย่างได้แก่ หนังสือพิมพ์และนิตยสารข่าวบางฉบับ เช่น จดหมายข่าวมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช คู่มือการลงทะเบียนเรียนของนักศึกษามหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช รวมทั้งนิตยสารข่าวภาษาอังกฤษ เช่น ไทมส์ (Times) นิวส์วีก (Newsweek) เป็นต้น ถ้าปกที่ใช้เป็นปกอ่อน วัสดุที่ใช้ทำปกจะมีคุณภาพดีกว่าเนื้อใน เพื่อรักษาสิ่งพิมพ์ที่อยู่ภายใต้ปกนั้นไม่ให้ชาดง่าย แต่ถ้าปกที่ใช้หุ้มเป็นปกแข็ง วัสดุที่ใช้ทำปกต้องมีความแข็งแรง การหุ้มปกแข็งมักใช้ในงานที่ต้องการคุณภาพสูงและต้องการใช้เป็นเวลานาน วัสดุที่ใช้ทำปกแข็งมักทำจากกระดาษแข็งหุ้มด้วยหนัง ผ้า หรือกระดาษที่กันความชื้นได้

ภาพที่ 2.62 ตัวอย่างสิ่งพิมพ์ที่มีปกในตัว

6. การทำตัวนูนด้วยความร้อน การทำตัวนูนด้วยความร้อนเป็นวิธีการพิเศษที่ใช้ในระบบการทำให้เกิดภาพพิมพ์ที่มีความนูนโดยใช้ความร้อนช่วย การพิมพ์ด้วยวิธีนี้จะให้ผลของภาพคล้ายการพิมพ์ระบบอินทาลโย ต่างกันแต่ว่าสิ่งพิมพ์ที่ได้ไม่มีรอยนูนที่เกิดจากการกดพิมพ์ วิธีการนี้นิยมใช้พิมพ์บัตรทางธุรกิจ และหัวจดหมาย การพิมพ์ตัวนูนจะทำหลังจากที่กระดาษผ่านการพิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์ทั่วไปมาแล้ว แต่วิธีการพิมพ์ที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นออฟเซต กระดาษที่ผ่านการพิมพ์แล้วจะถูกส่งไปตามสายพาน จากนั้นมีการโรยด้วยผงนูน (thermographic

powder) ที่มีส่วนผสมของเรซิน (resin) ที่เป็นยางสน การโรยผงจะทำเมื่อหมึกพิมพ์ยังไม่แห้ง ดังนั้นผงนูนจะเกาะบริเวณที่เป็นภาพพิมพ์ จากนั้นจะมีการกำจัดผงส่วนเกินโดยการดูดออกด้วยระบบสุญญากาศ แผ่นพิมพ์ที่ผ่านการโรยผงแล้วจะผ่านไปยังหน่วยให้ความร้อน เมื่อได้รับความร้อนผงหมึกจะนูนขึ้นมา

7. การดุนนูน การดุนนูนเป็นการพิมพ์โดยใช้แรงกดกดบนกระดาษหรือวัสดุใช้พิมพ์แต่ไม่ลงหมึกพิมพ์ เพื่อทำให้วัสดุใช้พิมพ์เกิดเป็นรอยนูน การพิมพ์ให้เกิดรอยนูนมักใช้เครื่องพิมพ์และแม่พิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ โดยผ่านแผ่นวัสดุใช้พิมพ์ไประหว่างแม่แบบที่เป็นตัวกด (die) กับแม่แบบที่เป็นตัวรองรับ (counter die) และใช้แรงอัดสูงมาก แม่แบบทั้งสองมีรูปแบบเหมือนกัน ต่างกันแต่ว่าแม่แบบหนึ่งเป็นตัวนูน และอีกแม่แบบหนึ่งเป็นตัวเว้า แม่แบบที่ใช้อาจทำจากโลหะแมกนีเซียมหรือทองเหลือง การดุนนูนสามารถทำให้เกิดลวดลายต่าง ๆ ที่หลากหลายของรอยนูน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลวดลายของแม่แบบที่ใช้ การดุนนูนอาจทำบนแผ่นวัสดุเปล่าที่ไม่ผ่านการพิมพ์ เรียกว่า การดุนนูนไร้สี (blind embossing) หรือทำบนแผ่นวัสดุที่ผ่านการพิมพ์แล้วก็ได้โดยการดุนนูนบนภาพพิมพ์ (registered embossing)

8. การประทับรอยร้อนด้วยโลหะเปลว การประทับรอยร้อนด้วยโลหะเปลวเป็นการพิมพ์โดยผ่านแผ่นโลหะเปลวลงบนวัสดุใช้พิมพ์ แล้วกดทับด้วยแม่แบบ (stamp or die) ที่มีความนูนคล้ายแม่พิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ที่ได้รับความร้อน วิธีการประทับรอยร้อนด้วยโลหะเปลวจะคล้ายการดุนนูน กล่าวคือ มีแม่แบบที่เป็นตัวกดและแม่แบบที่เป็นตัวรองรับ โลหะเปลวมักจำหน่ายเป็นม้วน โดยมีความกว้างหลายขนาดและมีหลายสี สีของโลหะเปลวอาจเป็นสีแวววโลหะ สีมัน และสีด้าน ฐานของโลหะเปลวทำจากกระดาษแก้วหรือพอลิเอสเทอร์ แรงกดและความร้อนจากแม่พิมพ์จะทำให้แผ่นโลหะเปลวหลุดออกจากฐานและไปติดบนวัสดุใช้พิมพ์

9. การอัดตัดตามแม่แบบ การอัดตัดตามแม่แบบเป็นการอัดลวดลายต่าง ๆ ไปบนแผ่นวัสดุใช้พิมพ์ โดยใช้ใบมีดตัด (steel rule die) ที่มีความคม เพื่อให้แผ่นวัสดุใช้พิมพ์เกิดเค้าโครงของลวดลายต่าง ๆ ตามต้องการ เครื่องพิมพ์ที่ใช้มักเป็นเครื่องพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ การอัดตัดตามแม่แบบบนวัสดุใช้พิมพ์ที่มีความแข็งและไม่มีความพรุนที่ผิวหน้า จะต้องผ่านความร้อนไปที่แม่แบบที่ใช้อัดตัดด้วย วัสดุที่นิยมใช้อัดตัดโดยผ่านความร้อน ได้แก่ พลาสติกและยาง แต่ถ้าวัสดุใช้พิมพ์เป็นกระดาษ การอัดตัดทำได้โดยไม่ต้องใช้ความร้อน ลวดลายที่อัดจากแม่แบบแล้วจะไม่ขาดจากวัสดุรองรับในทันที เพียงแต่มีร่องรอยของลวดลายปรากฏ

10. การหักสัน การหักสันเป็นการทำให้เกิดรอยพับบนแผ่นวัสดุหลายประเภท เช่น กล่องบรรจุภัณฑ์ ปก และวัสดุประเภทอื่นที่มีความหนา เพื่อว่าเมื่อพับแล้วจะไม่เกิดรอยแตกจากการพับ การหักสันมักทำบนเครื่องพิมพ์ ใบมีดที่ใช้พับมีลักษณะเป็นแท่งคล้ายไม้บรรทัด ใช้ในการกดลงบนกระดาษโดยไม่ต้องผ่านหมึกพิมพ์ ก่อให้เกิดรอยเพื่อพับต่อไป การพับต้องพับกระดาษออกจากด้านที่มีการทำรอย ไม่ควรพับกระดาษโดยหันกระดาษเข้าหารอย

11. การปรุ การปรุมีวิธีการคล้ายการหักสัน แต่ใช้ใบมีดแหลมรูปฟันเลื่อย โดยมีแถบเหล็ก (backing strip) รองใต้กระดาษ การปรุกระดาษทำเพื่อให้ฉีกกระดาษออกได้โดยง่าย

12. การพิมพ์ตัวเลข การพิมพ์ตัวเลขสามารถทำได้บนเครื่องพิมพ์เกือบทุกประเภท โดยใช้อุปกรณ์ขนาดเล็กที่มีล้อตัวเลขอยู่ภายใน (numbering wheels) วงล้อจะหมุนภายหลังการกดพิมพ์ เพื่อให้ตัวเลขที่เรียงเป็นลำดับ การพิมพ์ตัวเลขสามารถทำบนวัสดุใช้พิมพ์ทุกหน้าหรือให้พิมพ์สลับหน้า หรือพิมพ์ทุก ๆ หน้าที่สามหรือสี่หรือหน้าใดก็ได้

13. การอาบมันและการเคลือบพลาสติก การอาบมันและการเคลือบพลาสติกมักใช้กับปกนิตยสารและหนังสือ รวมทั้งใบหุ้มปก (book jacket) เพื่อช่วยให้เกิดลักษณะมันวาว ช่วยเพิ่มคุณค่าและความงาม รวมทั้งความคงทนต่อการใช้งานในด้านการขูดขีดและการฉีกขาด การเคลือบพลาสติกนิยมใช้ฟิล์มพอลิโพรพิลีนชนิด โอพีพี (OPP หรือ oriented polypropylene) พอลิเอสเทอร์ และแอซีเทต ฟิล์มแต่ละประเภทจะเพิ่มคุณสมบัติให้สิ่งพิมพ์ที่เคลือบต่างกัน บางประเภทเพิ่มความแข็งแรงและบางประเภทให้ความหยุ่นตัว ฟิล์มเหล่านี้จะเคลือบติดบนวัสดุใช้

พิมพ์โดยใช้กาวชนิดฐานตัวทำละลาย (solvent-based) หรือชนิดฐานน้ำ (water-based) หมึกที่ใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ต้องเป็นหมึกพิเศษ มิฉะนั้นสีหมึกพิมพ์จะเปลี่ยนหรือละลายออกมาเมื่อทำการเคลือบ นอกจากนี้ไม่ควรโรยผงแป้งที่ช่วยป้องกันการซับหลังมากเกินไปบนผิววัสดุใช้พิมพ์ที่ต้องการเคลือบด้วยฟิล์มพลาสติก เพราะจะส่งผลให้เกิดจุดขาวของผงแป้งโดยทั่ว

งานหลังพิมพ์นอกเหนือจากที่กล่าวมานี้ยังมีอีกมากเช่น การขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ การเจาะรูปรอยบนฉลากสินค้า (label punching) ฯลฯ ส่วนใหญ่จะใช้เครื่องพิมพ์และอุปกรณ์คล้ายกับที่กล่าวมาแล้ว คือ ใช้เครื่องพิมพ์และแม่พิมพ์พื้นนูนในการขึ้นรูปหรือการเจาะ

งานพิมพ์แต่ละชิ้นอาจไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการของงานหลังพิมพ์ก็ได้ หรือถ้าต้องมีการผ่านงานหลังพิมพ์ ก็ไม่จำเป็นต้องผ่านงานหลังพิมพ์ทุกประเภทตามที่กล่าวไปแล้วบนสิ่งพิมพ์ชิ้นเดียวกัน นอกจากเป็นความต้องการของเจ้าของงาน การทำงานหลังพิมพ์อาจเลือกกรรมวิธีของงานเพียงอย่างเดียว หรือหลายอย่างผสมกันก็ได้ เช่น มีการดุนนูนบางส่วน ทำตัวนูนด้วยความร้อนบางส่วน และอัดตัดตามแม่แบบบางส่วนก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่ความต้องการของเจ้าของงาน วัตถุประสงค์ในการนำงานไปใช้ การประยุกต์ใช้ และอื่น ๆ

กิจกรรม 2.3.2

จงอธิบายความหมายและขอบข่ายของงานหลังพิมพ์

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 2 ตอนที่ 2.3 กิจกรรม 2.3.2

แนวตอบกิจกรรม 2.3.2

งานหลังพิมพ์เป็นกระบวนการทำสิ่งพิมพ์ให้มีรูปแบบสำเร็จตามที่ผู้ว่าจ้างหรือเจ้าของงานต้องการ งานหลังพิมพ์เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ งานหลังพิมพ์จะเริ่มภายหลังจากได้แผ่นวัสดุใช้พิมพ์ที่ผ่านกระบวนการของงานพิมพ์มาแล้ว งานหลังพิมพ์มีหลายประเภท เช่น การตัด การพับ การเก็บเล่ม การทำเล่ม การเข้าปก การทำตัวนูนด้วยความร้อน การดุนนูน การประทับรอยร้อน การอัดตัดตามแม่แบบ การหักสัน การปรุ การพิมพ์ตัวเลข การอาบมันและการเคลือบพลาสติก ฯลฯ

บรรณานุกรม

กำธร สถิรกุล *หนังสือและการพิมพ์* กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว 2525

จันทนา ทองประยูร *การออกแบบและจัดหน้าสิ่งพิมพ์* นนทบุรี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2537

สุโขทัยธรรมาธิราช, มหาวิทยาลัย *เอกสารการสอนรายวิชาการพิมพ์ทั่วไป* หน่วยที่ 1-8 นนทบุรี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2530

_____ *เอกสารการสอนชุดวิชาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสื่อสิ่งพิมพ์* หน่วยที่ 1-15 นนทบุรี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2530

_____ *เอกสารการสอนรายวิชาเทคโนโลยีทางการพิมพ์* หน่วยที่ 1-8 นนทบุรี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2533

_____ *เอกสารการสอนรายวิชาการพิมพ์เบื้องต้น* หน่วยที่ 1-8 นนทบุรี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2538

_____ *เอกสารการสอนรายวิชาความรู้เฉพาะวิชาชีพเตรียมการพิมพ์สำหรับช่างปฏิบัติการเรียงพิมพ์ 1* หน่วยที่ 1-8 นนทบุรี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2538

_____ *เอกสารการสอนรายวิชาความรู้เฉพาะวิชาชีพหลังการพิมพ์ 1* หน่วยที่ 1-8 นนทบุรี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2538

Adams, J. Michael, Faux, David D., and Rieber, Lloyd J. *Printing Technology*. New York: Delmar Publishers, Inc., 1988.

Crow, Wendell C. *Communication Graphics*. New Jersey: Prentice Hall, 1986.

Schlemmer, Richard M. *Handbook of Advertising Art Production*. New Jersey: Prentice Hall, 1990.

Smith, Datus C. *A Guide to Book Publishing*. Rev. Ed. Seattle: University of Washington Press, 1989.

Speirs, Hugh M. *Introduction to Printing Technology*. London: British Printing Industries Federation, 1992.

หน่วยที่ 3

วัสดุใช้พิมพ์ : กระดาษ พลาสติก และโลหะ

อาจารย์ ธีระ ตั้งวิชาชาญ
อาจารย์ ดร.วรรณา สนั่นพานิชกุล

แผนการสอนประจำหน่วย

ชุดวิชา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์

หน่วยที่ 3 วัสดุใช้พิมพ์ : กระดาษ พลาสติก และโลหะ

ตอนที่

3.1 วัสดุใช้พิมพ์ประเภทกระดาษ
3.2 วัสดุใช้พิมพ์ประเภทพลาสติก
3.3 วัสดุใช้พิมพ์ประเภทโลหะ

แนวคิด

1. กระดาษเป็นวัสดุใช้พิมพ์ประเภทหนึ่งที่มีใช้กันแพร่หลายเพื่อใช้พิมพ์เป็นสิ่งพิมพ์ประเภทต่าง ๆ กระดาษประกอบด้วยสารหลายชนิดผสมกัน ซึ่งอาจแบ่งออกได้เป็นส่วนที่เป็นเส้นใยและส่วนที่ไม่ใช่เส้นใย อันได้แก่สารเติมแต่งต่าง ๆ ที่มีในกระดาษ ทั้งนี้แหล่งวัตถุดิบสำคัญของกระบวนการผลิตกระดาษคือพืชชนิดต่าง ๆ ทั้งที่เป็นพืชยืนต้นและพืชล้มลุก โดยกระบวนการผลิตกระดาษประกอบด้วยสองขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ การแยกเส้นใยออกจากพืชและการทำแผ่นกระดาษโดยใช้เครื่องผลิตกระดาษ กระดาษที่ผลิตได้มีสมบัติแตกต่างกันตามชนิดของพืชที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ นอกจากนี้กระบวนการผลิตกระดาษที่แตกต่างกันก็มีผลทำให้กระดาษมีสมบัติแตกต่างกันด้วย
2. พลาสติกเป็นวัสดุใช้พิมพ์ที่มีความสำคัญและเข้ามามีบทบาทต่ออุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อย่างมาก พลาสติกเป็นวัสดุพอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีเกือบทั้งหมด ซึ่งอาจนำสารพอลิเมอร์มาใช้งานได้เลย หรืออาจมีการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้งาน พลาสติกที่นิยมใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์มีหลายชนิด ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เทอร์โมพลาสติก เช่น พอลิเอทิลีน พอลิไวนิลคลอไรด์ เป็นต้น และเทอร์โมเซต เช่น เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นต้น พลาสติกแต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกันไป ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการพิมพ์ การแปรรูปภายหลังการพิมพ์และการนำไปใช้งานด้วย สมบัติที่สำคัญ ๆ เช่น ความหนา การคงสภาพเชิงมิติ ความแข็งแรงต่อแรงดึง เป็นต้น
3. โลหะเป็นวัสดุใช้พิมพ์ที่มีการใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์โลหะมานานแล้ว เนื่องจากมีสมบัติเด่นหลายประการ เช่น มีความแข็ง ความเหนียว ความมันวาว เป็นต้น แผ่นโลหะที่มีการใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์ เช่น แผ่นเหล็กไม่เคลือบผิว แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก แผ่นอะลูมิเนียม เป็นต้น ซึ่งมีสมบัติแตกต่างกันออกไป โดยสามารถจำแนกเป็นสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาหน่วยที่ 3 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกแหล่งวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตกระดาษและองค์ประกอบที่สำคัญของกระดาษได้
2. อธิบายกระบวนการผลิตกระดาษและสมบัติของกระดาษที่ผลิตโดยใช้กระบวนการผลิตที่ต่างกันได้

3. บอกประเภทของกระดาษและสมบัติที่สำคัญของกระดาษชนิดนั้น ๆ ได้
4. บอกองค์ประกอบ ประเภท และสมบัติที่สำคัญของพลาสติกได้
5. บอกกระบวนการผลิตแผ่นโลหะชนิดต่าง ๆ รวมทั้งสมบัติที่สำคัญของแผ่นโลหะชนิดต่าง ๆ ได้

กิจกรรมระหว่างเรียน

1. ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียน หน่วยที่ 3
2. ศึกษาเอกสารการสอนชุดวิชา ตอนที่ 3.1-3.3
3. ปฏิบัติกิจกรรมตามที่ได้รับมอบหมายในเอกสารการสอนแต่ละตอน
4. ฟังรายการวิทยุกระจายเสียง
5. ชมรายการวิทยุโทรทัศน์
6. เข้ารับบริการการสอนเสริม
7. ทำแบบประเมินผลตนเองหลังเรียน หน่วยที่ 3

สื่อการสอน

1. เอกสารการสอน
2. แบบฝึกปฏิบัติ
3. รายการสอนทางวิทยุกระจายเสียง
4. รายการสอนทางวิทยุโทรทัศน์
5. การสอนเสริม

ประเมินผล

1. ประเมินจากแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินจากกิจกรรมในแบบฝึกปฏิบัติ
3. ประเมินจากการสอบประจำภาคการศึกษา

เมื่ออ่านแผนการสอนแล้ว ขอให้ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียน ในแบบฝึกปฏิบัติ หน่วยที่ 3 แล้วจึงศึกษาเอกสารการสอนต่อไป

ตอนที่ 3.1
วัสดุใช้พิมพ์ประเภทกระดาษ

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 3.1 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

3.1.1 องค์ประกอบของกระดาษ
3.1.2 กระบวนการผลิตกระดาษ
3.1.3 สมบัติของกระดาษ
3.1.4 ประเภทของกระดาษ

แนวคิด

1. กระดาษเป็นของผสมประเภทหนึ่งที่ประกอบด้วยสารบริสุทธิ์หลายชนิดผสมกัน อย่างไรก็ตาม หากแบ่งองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีในกระดาษอาจแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ องค์ประกอบที่เป็นเส้นใย และองค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใย องค์ประกอบที่เป็นเส้นใยหมายถึง สารเคมีธรรมชาติต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบหลักของเส้นใย อันได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ส่วนองค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใยหมายถึง สารเติมแต่งต่าง ๆ ที่เติมให้เส้นใยในกระบวนการผลิตกระดาษเพื่อปรับสมบัติกระดาษให้เหมาะสมต่อการพิมพ์และการใช้งาน สารเติมแต่งที่สำคัญได้แก่ ตัวเติม ตัวยึด สารกันซึม สารเพิ่มความแข็งแรงผิว และสารเพิ่มความขาวสว่าง
2. แหล่งที่มาสำคัญของเส้นใยที่ใช้ในการผลิตกระดาษ ได้แก่ พืชชนิดต่าง ๆ ทั้งนี้พืชที่สามารถให้เส้นใยได้มีทั้งชนิดที่เป็นพืชยืนต้นและพืชล้มลุก โดยพืชแต่ละชนิดให้เส้นใยที่มีความยาวแตกต่างกัน นอกจากเส้นใยบริสุทธิ์ที่ได้จากพืชแล้ว เส้นใยที่ได้จากกระดาษที่ผ่านการพิมพ์และใช้งานแล้วก็นับเป็นแหล่งเส้นใยที่สำคัญรองลงมา โดยเส้นใยที่นำมาผลิตเป็นกระดาษใหม่อีกครั้งเรียกว่า เส้นใยเวียนทำใหม่ อย่างไรก็ตามเส้นใยเวียนทำใหม่นี้ก่อนนำมาใช้ผลิตเป็นกระดาษได้ต้องผ่านการฟอกหมึกที่ปนเปื้อนเส้นใยออกก่อน
3. กระบวนการผลิตกระดาษจากพืชยืนต้นทั้งที่เป็นไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็ง สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ 1) การแยกเส้นใยออกจากส่วนต่าง ๆ ของพืช และ 2) การทำเป็นแผ่นกระดาษ การแยกเส้นใยออกจากส่วนต่าง ๆ ของพืชยืนต้น เริ่มจากการลอกเปลือกไม้และการตัดไม้ให้ได้ขนาด แล้วนำชิ้นไม้เข้าสู่การผลิตเยื่อ การฟอกเยื่อ และการเตรียมน้ำเยื่อตามลำดับ ส่วนการทำเป็นแผ่นกระดาษเป็นการนำน้ำเยื่อที่ได้มาใช้ผลิตเป็นแผ่นกระดาษด้วยเครื่องผลิตกระดาษ ทั้งนี้ขั้นตอนต่าง ๆ บนเครื่องผลิตกระดาษประกอบด้วย การแยกน้ำออกจากเยื่อ การกดรีดน้ำกระดาษ การทำแห้งกระดาษ และการรีดผิวกระดาษ โดยกระดาษอาจผ่านขั้นตอนสำคัญอีกสองขั้นตอน คือ การเคลือบผิวกระดาษ และการขัดผิวกระดาษ หรือไม่ก็ได้

4. สมบัติของกระดาษที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มสมบัติใหญ่ ๆ คือ 1) สมบัติที่เกี่ยวข้องกับสภาพพิมพ์ได้ของกระดาษ และ 2) สมบัติที่เกี่ยวข้องกับสภาพเดินกระดาษคล่องของกระดาษ สมบัติที่เกี่ยวกับสภาพพิมพ์ได้ของกระดาษเป็นสมบัติของกระดาษที่เอื้อให้เกิดการพิมพ์ได้ในกระบวนการพิมพ์ที่ใช้ ตัวอย่างเช่น แนวเส้นใยของกระดาษ การคงสภาพเชิงมิติ ความต่างของผิว ความเรียบ ความมันวาว ความขาว และความขาวสว่าง เป็นต้น สมบัติต่าง ๆ เหล่านี้เกี่ยวข้องกับคุณภาพงานพิมพ์โดยตรง ส่วนสมบัติที่เกี่ยวข้องกับสภาพพิมพ์ได้ของกระดาษนั้น เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของกระดาษที่จะถูกพิมพ์ได้โดยไม่ขัดขวางกลไกการทำงานของเครื่องพิมพ์ ตัวอย่างเช่น น้ำหนักพื้นฐาน ความหนา ความโก่งงอ ความราบเรียบ และความแข็งแรงต่าง ๆ ของกระดาษ เป็นต้น
5. กระดาษสามารถแบ่งออกได้เป็นสามประเภทใหญ่ ๆ โดยใช้ประเภทและลักษณะการใช้งานเป็นเกณฑ์ ได้แก่ กระดาษพิมพ์ กระดาษแข็ง และกระดาษชนิดพิเศษ กระดาษพิมพ์เป็นกระดาษที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้พิมพ์เป็นสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ เป็นสำคัญ ในขณะที่กระดาษแข็งผลิตขึ้นเพื่อใช้ทำเป็นบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ เป็นหลัก แม้ว่าจะมีการพิมพ์บนกระดาษประเภทนี้ด้วยก็ตาม ส่วนกระดาษชนิดพิเศษนั้นมีวัตถุประสงค์การใช้งานหลากหลาย ขึ้นกับว่าผลิตขึ้นมาเพื่อสนองความต้องการในการใช้งานในเรื่องใด

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 3.1 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. ระบุองค์ประกอบและหน้าที่สำคัญขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบที่มีในกระดาษได้
2. บอกแหล่งที่มาและสมบัติสำคัญของเส้นใยพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษได้
3. บอกขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตกระดาษได้เป็นลำดับอย่างถูกต้องได้
4. อธิบายสมบัติของกระดาษที่ผลิตโดยใช้สภาวะในการผลิตแตกต่างกันได้
5. ระบุประเภทของกระดาษและสมบัติที่สำคัญของกระดาษแต่ละประเภทได้

เรื่องที่ 3.1.1
องค์ประกอบของกระดาษ

ในวิชาเคมี วัตถุต่าง ๆ สามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ ๆ เมื่อใช้องค์ประกอบทางเคมีของสารเป็นเกณฑ์ คือ สารบริสุทธิ์และของผสม โดยคำนิยามของสารบริสุทธิ์หมายถึง สารเนื้อเดียวที่มีองค์ประกอบต่าง ๆ คงที่ทั้งชนิดและปริมาณ ตัวอย่างเช่น น้ำบริสุทธิ์ไม่ว่าเป็นน้ำที่อยู่ ณ ที่ใดในโลก ต่างก็ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนและธาตุออกซิเจนในสัดส่วน 2:1 โดยปริมาณเสมอ เป็นต้น ส่วนของผสมนั้นเกิดจากการนำสารบริสุทธิ์ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมาผสมกัน ของผสมจึงไม่ได้มีองค์ประกอบที่คงที่เหมือนสารบริสุทธิ์ อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งเป็นการยากที่จะแยกสารบริสุทธิ์ออกจากของผสมโดยอาศัยการมองดูด้วยตาเปล่า เพราะของผสมบางชนิดสามารถผสมกันจนมองเห็นเป็นเนื้อเดียวกัน กระดาษที่นำมาใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์ก็เช่นกัน เมื่อมองดูด้วยตาเปล่าย่อมเห็นว่ากระดาษดูเป็นเนื้อเดียวกันดี อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบของกระดาษแล้วก็จะพบว่า กระดาษประกอบด้วยสารบริสุทธิ์หลายชนิดผสมกัน ซึ่งสารบริสุทธิ์เหล่านี้ไม่คงที่และแตกต่างกันไปในกระดาษแต่ละชนิด ดังนั้นจึงอาจจัดว่ากระดาษเป็นของผสมอย่างหนึ่งที่ประกอบด้วยสารบริสุทธิ์ที่มีสถานะเป็นของแข็งหลายชนิดผสมกันนั่นเอง

แม้ว่ากระดาษจะประกอบด้วยสารบริสุทธิ์ที่เป็นของแข็งหลายชนิดผสมกันอยู่ แต่ถ้าทำการจัดกลุ่มองค์ประกอบเหล่านั้นก็สามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ คือ องค์ประกอบที่เป็นเส้นใยและองค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใย รายละเอียดขององค์ประกอบทั้งสองมีดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบที่เป็นเส้นใย

กระดาษได้จากการเกี่ยวประสานติดกันของเส้นใยเล็ก ๆ จำนวนมากที่กระจัดกระจายอยู่ในเนื้อกระดาษด้วยพันธะทางเคมี ซึ่งเส้นใยดังกล่าวอาจเป็นเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติ เช่น เส้นใยจากพืช จากสัตว์ จากแร่ หรืออาจเป็นเส้นใยที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น เช่น ไนลอน (nylon) หรือพอลิแอไมด์ (polyamide) พอลิเอทิลีน (polyethylene) เรยอน (rayon) หรือเซลลูโลสแอซีเทต (cellulose acetate) เป็นต้น อย่างไรก็ตามกระดาษส่วนใหญ่ที่ใช้กันอยู่ผลิตโดยใช้เส้นใยจากพืชเป็นหลัก โดยอาจมีการผสมเส้นใยอื่น ๆ เข้าไปด้วย เพื่อให้กระดาษนั้น ๆ มีคุณสมบัติพิเศษที่ต้องการ และมีกระดาษเพียงบางประเภทเท่านั้นที่ผลิตโดยไม่มีเส้นใยจากพืชเป็นองค์ประกอบอยู่เลย ดังนั้นในที่นี้จึงจะขอกล่าวถึงเฉพาะเส้นใยที่ได้จากพืชในรายละเอียดเท่านั้น

1.1 แหล่งที่มาของเส้นใยพืช อาจแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

*1.1.1 **เส้นใยบริสุทธิ์*** *(virgin fiber)* เป็นเส้นใยที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการผลิตเป็นกระดาษมาก่อน ทั้งนี้พืชที่สามารถให้เส้นใยเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด โดยทางพฤกษศาสตร์ได้แบ่งพืชออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) **พืชยืนต้น** (woody plant) เป็นแหล่งที่มาหลักของเส้นใยพืชที่ใช้ในการทำกระดาษ โดยลำต้นเป็นส่วนสำคัญของพืชยืนต้นที่นำมาเพื่อแยกเอาเส้นใยออกจากเนื้อไม้ ทั้งนี้พืชยืนต้นที่สามารถนำมาใช้ทำกระดาษสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

*ก. **ไม้ไม่ผลัดใบ*** *(coniferous tree or cone-bearing tree)* หรือเป็นไม้ที่มีใบเขียวชอุ่มตลอดปี ซึ่งเป็นไม้เนื้ออ่อน (softwood) ได้แก่ ยูคาลิปตัส (eucaliptus) และต้นไม้จำพวกสนต่าง ๆ เช่น สพรูซ

(spruce) ไพน์ (pine) ซีดาร์ (cedar) เฟอร์ (fir) เรดวู้ด (redwood) เป็นต้น ไม้พวกนี้ให้เส้นใยที่มีความยาวโดยประมาณอยู่ระหว่าง 2-4 มิลลิเมตร หรือ 0.08-0.16 นิ้ว

ข. ไม้ผลัดใบ (deciduous tree) หรือเป็นไม้ที่มีการผลัดใบในแต่ละปี ซึ่งเป็นไม้เนื้อแข็ง (hardwood) เช่น เมเปิล (maple) โอ๊ก (oak) แอสเพ็น (aspen) เป็นต้น ไม้พวกนี้ให้เส้นใยที่มีความยาวโดยประมาณอยู่ระหว่าง 0.5-1.5 มิลลิเมตร หรือ 0.02-0.06 นิ้ว

ไม้ไม่ผลัดใบหรือไม้เนื้ออ่อน

ไม้ผลัดใบหรือไม้เนื้อแข็ง

ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างพืชยืนต้นที่ให้เส้นใยสำหรับนำมาใช้ผลิตกระดาษ

ที่มา : The Macmillan Encyclopedia

2) พืชล้มลุก (nonwoody plant) หมายถึงพืชไร่และพืชตระกูลหญ้าต่าง ๆ พืชล้มลุกเป็นแหล่งที่มาของเส้นใยพืชที่สำคัญรองลงมาจากพืชยืนต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่เพาะปลูกพืชยืนต้นชนิดที่มีเส้นใยที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษได้น้อย ตัวอย่างของพืชล้มลุกที่มีเส้นใยซึ่งสามารถนำมาใช้ผลิตกระดาษได้ เช่น ข้าว อ้อย ฝ้าย ไผ่ แฟลกซ์ (flax) กก (esparto) ปอกระเจา (jute) ป่าน (hemp) เป็นต้น โดยเส้นใยที่ได้จากพืชล้มลุกอาจได้จากส่วนที่เป็นลำต้น ใบ หรือเมล็ดก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชล้มลุกเป็นสำคัญ นอกจากนี้พืชล้มลุกแต่ละประเภทยังให้เส้นใยที่มีความยาวแตกต่างกัน เช่น ชานอ้อย (bagasse) ให้เส้นใยที่สั้นกว่าเส้นใยจากต้นแฟลกซ์ เป็นต้น

1.1.2 เส้นใยเวียนทำใหม่ (recycled fiber) หรืออาจเรียกว่า "เส้นใยทุติยภูมิ" (secondary fiber) ในที่นี้หมายถึงเส้นใยพืชที่ได้จากกระดาษและกระดาษแข็ง (paperboard) ซึ่งผ่านการพิมพ์และ/หรือการใช้งานมาแล้ว โดยนำกระดาษนั้นกลับมาทำเป็นเยื่อและผ่านกระบวนการผลิตเป็นแผ่นกระดาษอีกครั้ง เส้นใยเวียนทำใหม่นี้นับเป็นแหล่งเส้นใยที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่เพาะปลูกพืชยืนต้นที่ให้เส้นใยได้น้อย อย่างไรก็ตามเมื่อนำกระดาษที่พิมพ์แล้วไปทำเป็นเยื่อและนำไปเข้าสู่กระบวนการผลิตกระดาษอีกครั้ง จะทำให้ได้กระดาษที่มีความขาวน้อย เนื่องจากหมึกพิมพ์ยังปนเปื้อนเส้นใยอยู่ จึงไม่เหมาะสำหรับนำไปใช้พิมพ์ ดังนั้นจึงต้องมีวิธีในการฟอกหมึกออกจากเส้นใย (deinking) ก่อนนำเยื่อนั้นไปใช้ผลิตกระดาษ ทั้งนี้ไม่ว่าจะใช้วิธีการใด กระบวนการฟอกหมึกออกมีขั้นตอนสำคัญอยู่ด้วยกัน 3 ขั้นตอน คือ[1]

ก. การขจัดหมึกพิมพ์ออกจากเส้นใย เป็นการใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อขจัดหมึกพิมพ์ให้ออกจากเส้นใย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอนุภาคของหมึกพิมพ์ที่มีขนาดใหญ่กว่า 40 ไมโครเมตร (micrometer) หรือไมครอน (micron) ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเมื่อทำเป็นกระดาษแล้ว ทั้งนี้การขจัดอนุภาคของหมึกพิมพ์ต้องทำให้ได้มากที่สุด เพื่อให้ได้เยื่อที่มีความขาวมากที่สุด

ข. การแยกหมึกที่ขจัดได้ไม่ให้ปนเปื้อนเส้นใย เพื่อป้องกันไม่ให้หมึกกลับไปปนเปื้อนเส้นใยได้อีก

ก. ขจัดหมึกพิมพ์ที่ไม่ต้องการออกจากระบบฟอกหมึก

ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะการฟอกหมึกพิมพ์ออกเท่านั้น โดยจะไม่ขอกล่าวถึงกระบวนการอื่น ๆ ที่ต้องมีก่อนหรือหลังกระบวนการฟอกหมึกออก เพื่อให้เยื่อที่มีคุณภาพเหมาะสมกับการผลิตเป็นกระดาษอีกครั้ง ซึ่งกระบวนการเหล่านั้นแตกต่างกันไปตามชนิดของเยื่อในกระดาษที่นำกลับมาเวียนทำใหม่ ชนิดหมึกพิมพ์ที่ปนเปื้อน เส้นใย และชนิดของกระดาษที่ต้องการผลิตเป็นสำคัญ วิธีการในการฟอกหมึกออกที่ใช้กันโดยทั่วไปมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ

1) การล้างหมึกพิมพ์ (washing) เป็นวิธีการแรกเริ่มที่มีใช้กันเพื่อฟอกหมึกออกจากเส้นใย โดยการล้างเยื่อที่ปนเปื้อนหมึกด้วยน้ำในเครื่องบดเยื่อ แรงน้ำและแรงบดตีของเครื่องบดเยื่อจะทำให้หมึกพิมพ์เกิดการแตกตัวมีขนาดของอนุภาคที่เล็กลงมากพอที่จะไหลผ่านเยื่อไปพร้อมกับน้ำได้ วิธีการนี้ใช้ได้ดีกับการขจัดอนุภาคของหมึกพิมพ์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ประมาณระหว่าง 1-10 ไมครอนเป็นส่วนใหญ่ โดยหมึกพิมพ์ที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 10 ไมครอน จะติดอยู่ระหว่างเส้นใยไม่ไหลผ่านออกไปพร้อมกับน้ำ ทั้งนี้การล้างหมึกพิมพ์อาจใช้หรือไม่ใช้สารเคมีในการช่วยล้างหมึกพิมพ์ก็ได้ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเยื่อที่ต้องการ

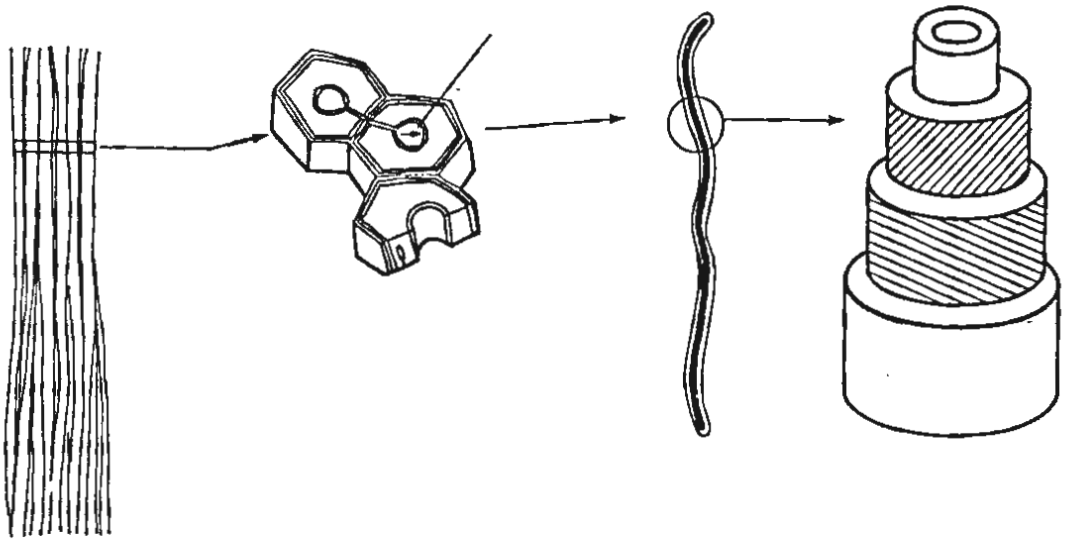
ในการล้างหมึกพิมพ์โดยใช้สารเคมี สารเคมีสำคัญที่ใช้ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) สารลดแรงตึงผิว (surfactant) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogenperoxide, H_2O_2) โดยที่โซเดียมไฮดรอกไซด์ช่วยทำลายพันธะเคมีระหว่างเส้นใยและตัวพา (vehicle) ของหมึกพิมพ์ ทำให้หมึกพิมพ์สามารถหลุดออกจากเส้นใยแขวนลอยอยู่ในน้ำและไหลออกจากเยื่อไปพร้อมกับน้ำได้ ส่วนสารลดแรงตึงผิวนั้นช่วยให้น้ำสามารถแทรกซึมเข้าไปอยู่ระหว่างเส้นใยกับอนุภาคของหมึกพิมพ์ได้ดียิ่งขึ้น และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ช่วยฟอกเยื่อให้มีความขาวมากขึ้น

2) การลอยหมึกพิมพ์ (flotation) เป็นวิธีการฟอกหมึกพิมพ์ออกจากเส้นใยที่มีประสิทธิภาพดีกว่าการล้างหมึกพิมพ์ โดยการใช้ฟองอากาศพ่นเข้าไปในน้ำเยื่อที่มีความเข้มข้น (ปริมาณเส้นใย) ประมาณหนึ่งเปอร์เซ็นต์ อากาศที่พ่นเข้าไปในน้ำเยื่อจะไปจับหมึกพิมพ์และนำพาหมึกพิมพ์ให้ออกจากเส้นใยขึ้นไปแขวนลอยอยู่ที่ผิวหน้าของน้ำเยื่อ วิธีการนี้ใช้ได้ดีกับอนุภาคของหมึกพิมพ์ที่ไม่ชอบน้ำหรือไม่รวมตัวกับน้ำ (hydrophobic) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ประมาณระหว่าง 10-150 ไมครอน ทั้งนี้เพื่อช่วยให้การลอยเกิดได้ดียิ่งขึ้นจึงมีการใช้สารเคมีหลายชนิด ซึ่งสารเคมีสำคัญที่เติมเข้าในกระบวนการลอยหมึกพิมพ์เป็นสารเคมีชนิดเดียวกับที่ใช้ในกระบวนการล้างหมึกพิมพ์ หน้าที่ของสารแต่ละตัวจึงคล้ายคลึงหรือเหมือนกัน อย่างไรก็ตามสารลดแรงตึงผิวที่เติมในกระบวนการลอยหมึกพิมพ์มีหน้าที่ช่วยเพิ่มความไม่ชอบน้ำให้กับอนุภาคหมึกพิมพ์เพื่อช่วยให้อนุภาคหมึกพิมพ์สามารถยึดเกาะกับฟองอากาศได้ดียิ่งขึ้น

เส้นใยเวียนทำใหม่นี้มีสมบัติด้อยกว่าเส้นใยบริสุทธิ์ในเรื่องของความบริสุทธิ์ ความขาว และความแข็งแรง โดยปกติในการผลิตเป็นกระดาษจึงมักผสมเส้นใยบริสุทธิ์เข้าไปด้วย อย่างไรก็ตามก็มีกระดาษที่ผลิตจากเส้นใยเวียนทำใหม่ทั้งหมดโดยไม่มีเส้นใยบริสุทธิ์ผสมอยู่ในกระดาษด้วยเลย ทั้งนี้ขึ้นกับว่าต้องการกระดาษที่มีคุณภาพเป็นอย่างไร

1.2 รูปร่างลักษณะและองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยพืช

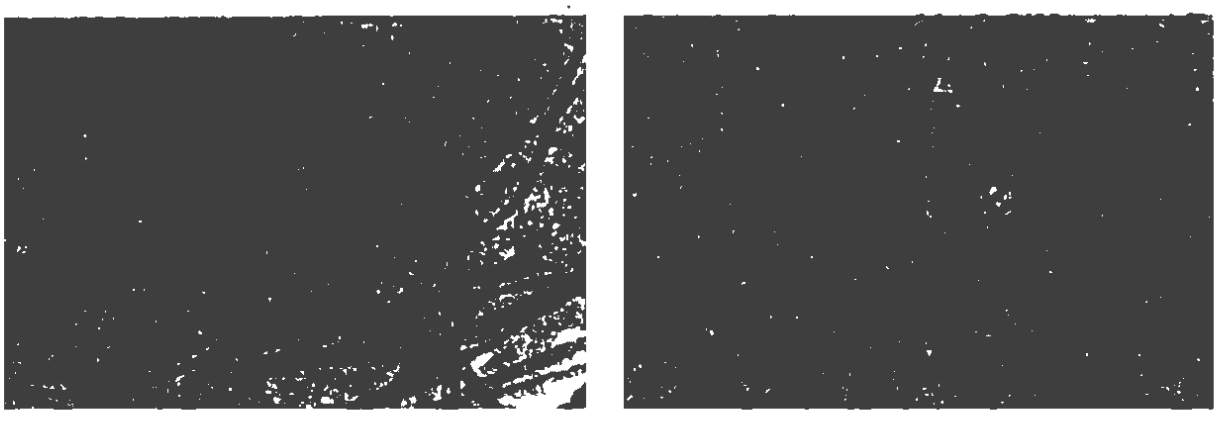
1.2.1 รูปร่างลักษณะของเส้นใย เส้นใยพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตกระดาษได้มาจากส่วนต่าง ๆ ของพืชยืนต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่เป็นลำต้น เส้นใยพืชมีลักษณะยาวโดยมีปลายหัวท้ายเรียว ประกอบด้วยผนังหลายชั้น และเมื่อตัดเส้นใยตามขวางจะพบช่องว่างตรงกลางที่มีลักษณะเป็นท่อกลวงซึ่งเรียกว่า "ลูเมน" (lumen) ดังแสดงในภาพที่ 3.2



กลุ่มของเส้นใย (ตัดตามยาว) | กลุ่มของเส้นใย (ตัดตามขวาง) | เส้นใยหนึ่งเส้น | ผนังชั้นต่าง ๆ ของเส้นใย

ภาพที่ 3.2 รูปร่างและลักษณะของเส้นใยพืช

เส้นใยจากพืชยืนต้นแต่ละชนิดมีความยาวแตกต่างกัน พืชยืนต้นที่เป็นไม้เนื้ออ่อนให้เส้นใยที่มีความยาวมากกว่าพืชยืนต้นที่เป็นไม้เนื้อแข็ง ความยาวของเส้นใยเป็นปัจจัยที่กำหนดสมบัติสำคัญของกระดาษ ทั้งนี้กระดาษที่ผลิตจากเส้นใยยาวมีความแข็งแรงมากกว่ากระดาษที่ผลิตจากเส้นใยสั้น ในขณะที่กระดาษที่ผลิตจากเส้นใยสั้นมีผิวที่เรียบและทึบแสงมากกว่า



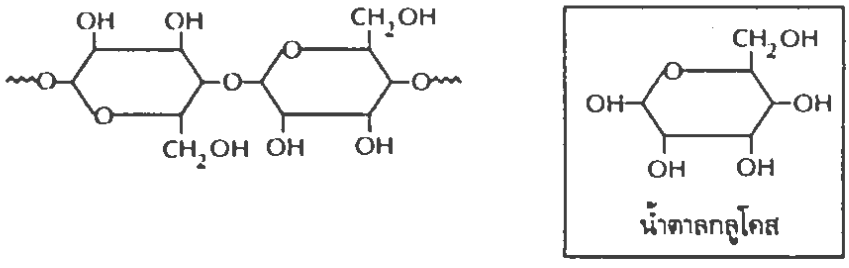
(ก) เส้นใยพืชจากไม้เนื้ออ่อน (ข) เส้นใยพืชจากไม้เนื้อแข็ง

ภาพที่ 3.3 เปรียบเทียบความยาวของเส้นใยพืชที่ได้จากไม้เนื้ออ่อน และไม้เนื้อแข็ง

ที่มา : What the Printer Should Know about Paper

3.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยพืช สารเคมีธรรมชาติที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของเส้นใยพืช ได้แก่

1) เซลลูโลส (cellulose) เป็นสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของเส้นใยพืช ดังนั้นจึงเรียกเส้นใยพืชว่า "เส้นใยเซลลูโลส" (cellulosic fiber) เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส โดยสายโมเลกุลของเซลลูโลสประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสหลายพันหน่วยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเคมี ดังแสดงในภาพที่ 3.4 คุณสมบัติประการสำคัญของเซลลูโลสที่เอื้อต่อการนำมาผลิตเป็นกระดาษคือ มีความเหนียวและแข็งแรง รวมทั้งเข้ากันได้ดีกับน้ำและมีความทนทานต่อสารเคมีหลายชนิด จึงทำให้สามารถใช้สารเคมีสกัดออกจากเนื้อไม้ได้โดยที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับเส้นใย นอกจากนี้เส้นใยเซลลูโลสยังสามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการทางชีวภาพ (biodegradability) สามารถนำกลับมาเวียนทำใหม่ และหาได้ง่ายในธรรมชาติ



ภาพที่ 3.4 แบบจำลองโครงสร้างของสายโมเลกุลเซลลูโลส

ส่วนของเส้นใยเซลลูโลสที่เล็กที่สุดเรียกว่า "ไมโครไฟบริล" (microfibril) ไมโครไฟบริลนี้เป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อการเกิดเป็นแผ่นกระดาษของเส้นใยที่จะได้กล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป ไมโครไฟบริลแต่ละเส้นมีความยาวประมาณ 2-7 ไมครอน หรือ 0.002-0.007 มิลิเมตร และประกอบไปด้วยโมเลกุลของเซลลูโลสเป็นจำนวนหลายล้านโมเลกุล

2) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เป็นสารพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายคลึงกับเซลลูโลส อย่างไรก็ตามสายโมเลกุลของเฮมิเซลูโลสนอกจากประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสแล้ว ยังมีน้ำตาลประเภทอื่นเป็นองค์ประกอบร่วมอยู่ด้วย เฮมิเซลลูโลสละลายออกจากเส้นใยได้ในสารเคมีที่เป็นด่างที่ใช้ในกระบวนการผลิตเยื่อเคมี

3) ลิกนิน เป็นพอลิเมอร์ของสารประกอบพวกฟีนอลิก (phenolic compound) ทำหน้าที่เสมือนกาวที่ยึดชั้นต่าง ๆ ของเส้นใยให้ติดกัน รวมทั้งยึดเส้นใยเดี่ยว ๆ ให้ติดกันเป็นกลุ่มในเนื้อไม้ด้วย

2. องค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใยของกระดาษ

องค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใยของกระดาษ หมายถึงสารเคมีต่าง ๆ ที่เติมเข้าไปในกระดาษเพื่อทำให้กระดาษมีสมบัติต่าง ๆ เหมาะสมกับการพิมพ์และการใช้งานอื่น ๆ มากยิ่งขึ้น สารเคมีเหล่านี้เรียกว่า สารเติมแต่ง (additives) สารเติมแต่งสำคัญที่เติมให้กระดาษได้แก่

2.1 ตัวเติม (filler) เป็นผงสีอนินทรีย์สีขาว (white inorganic pigment) ที่เติมเข้าไปในน้ำเยื่อเพื่อช่วยให้กระดาษมีสมบัติต่าง ๆ ดียิ่งขึ้น ได้แก่ ความทึบแสง (opacity) ความขาวสว่าง (brightness) ความเรียบ (smoothness) ความต้านการซึมทะลุของหมึกพิมพ์ (ink strike-through) และการคงสภาพเชิงมิติ (dimensional stability) รวมทั้งเพิ่มความสม่ำเสมอในการรับหมึกพิมพ์ตลอดแผ่นกระดาษและสภาพพิมพ์ได้ (printability) ของกระดาษให้ดีขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังช่วยทำให้กระดาษมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ซึ่งเท่ากับเป็นการลดราคาต้นทุนของกระดาษให้น้อยลง เพราะการซื้อขายกระดาษใช้น้ำหนักของกระดาษเป็นเกณฑ์

อย่างไรก็ตามการเติมตัวเติมมากเกินไปมีผลทำให้สมบัติที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงและความทนทานของกระดาษลดลง ไม่ว่าจะเป็นความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength) ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ (bursting strength) ความแข็งแรงต่อแรงฉีก (tear strength) รวมทั้งความทนการพับ (folding endurance) และความแข็งตึง (stiffness) ของกระดาษลดน้อยลงด้วย

ตัวอย่างของตัวเติมที่มีใช้กันคือ ไทเทเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide, TiO_2) ปูนขาว (limestone) หรือแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate,$CaCO_3$) และเคลย์ (clay) หรืออะลูมิเนียมซิลิเคต (aluminium silicate, $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$) ทั้งนี้ไทเทเนียมไดออกไซด์ช่วยเพิ่มความทึบแสงและความขาวสว่างของกระดาษได้มากกว่าแคลเซียมคาร์บอเนตและเคลย์ตามลำดับ ดังนั้นไทเทเนียมไดออกไซด์จึงเป็นตัวเติมที่มีราคาแพงที่สุดในบรรดาตัวเติมทั้งสามชนิด

ปริมาณของตัวเติมที่มีอยู่ในกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 5-30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกระดาษ กระดาษที่ต้องการให้มีความแข็งแรงและความทนทานต่อการใช้งานมากจะมีปริมาณตัวเติมในกระดาษน้อยกว่านี้

2.2 ตัวยึด (binder) หรือสารยึดติด (adhesive) เป็นสารที่ช่วยให้ตัวเติมยึดติดกันเองและยึดกับผิวหน้ากระดาษได้ นอกจากนี้ยังเป็นตัวกำหนดสมบัติการดูดซึมหมึกพิมพ์ ความต้านน้ำ ความมันวาว และความแข็งแรงของกระดาษด้วย สารยึดติดมีทั้งที่ได้จากธรรมชาติและสังเคราะห์ขึ้น สารยึดติดที่ได้จากธรรมชาติ เช่น กาว (glue) ซึ่งสกัดจากเขาและกระดูกสัตว์ เคซีน (casein) หรือโปรตีนในน้ำนม โปรตีนในถั่วเหลือง (soya protein)

และแป้ง (starch) ซึ่งอาจเป็นแป้งที่ได้จากข้าวโพด มันสำปะหลัง หรือมันฝรั่ง เป็นต้น ส่วนสารยึดติดที่สังเคราะห์ขึ้น เช่น สไตรีนบิวทะไดอีน (styrene butadiene) อะคริลิก (acrylic) และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (polyvinyl alcohol) พอลิไวนิลแอซีเทต (polyvinyl acetate) เป็นต้น

2.3 สารกันซึม (internal size) เป็นสารที่เติมเข้าไปในกระดาษเพื่อลดการซึมผ่านของน้ำหรือของเหลวอื่น ๆ เข้าไปในเนื้อกระดาษ กระดาษที่ไม่ผสมสารกันซึมจะดูดซึมน้ำได้อย่างรวดเร็วอันจะก่อให้เกิดผลเสียต่อความแข็งแรงของกระดาษ ทำให้เส้นใยหลุดออกจากกระดาษได้ง่ายขึ้นเมื่อได้รับแรงกดพิมพ์บนเครื่องพิมพ์ อีกทั้งยังทำให้กระดาษเกิดการโก่งงอได้ ตัวอย่างของกระดาษที่ต้องมีสารกันซึมในเนื้อกระดาษ เช่น กระดาษไม่เคลือบผิวที่นำมาพิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซต กระดาษสำหรับเขียนด้วยปากกาหมึกซึม กระดาษที่พิมพ์ด้วยหมึกฐานน้ำ เป็นต้น อย่างไรก็ตามสารกันซึมนี้ไม่ได้ช่วยให้กระดาษกันน้ำได้ (waterproof) และไม่ได้ทำให้ความแข็งแรงเมื่อเปียก (wet strength) ของกระดาษเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด

สารกันซึมที่ใช้กันอยู่คือ รอซิน (rosin) ซึ่งเป็นสารที่สกัดได้จากพืชพวกสนและเติมเข้าไปในน้ำเยื่อในขั้นการเตรียมน้ำเยื่อของกระบวนการผลิตกระดาษ รอซินเป็นสารพวกกรดอินทรีย์จึงละลายน้ำได้น้อย ในการใช้งานจึงต้องเปลี่ยนรอซินให้มีลักษณะเป็นเกลือที่ละลายน้ำได้ก่อน โดยการนำไปทำปฏิกิริยากับสารที่เป็นด่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate,Na_2CO_3) เป็นต้น นอกจากนี้แล้วเพื่อให้รอซินสามารถยึดติดกับเส้นใยได้ดีขึ้น จึงมีการเติมอะลูมิเนียมซัลเฟต (aluminium sulfate, $Al_2(SO_4)_3$) หรืออะลัม (alum) ซึ่งมีความเป็นกรดเข้าไปในน้ำเยื่อด้วย ดังนั้นกระดาษที่มีสารกันซึมที่เตรียมโดยรอซินและอะลัมจึงมีสภาพเป็นกรด โดยมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 4.5-6 ทำให้กระดาษเหลืองกรอบและไม่แข็งแรงเมื่อใช้งานไปในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ในปัจจุบันจึงได้มีการผลิตสารสังเคราะห์ที่มีสภาพเป็นกลางหรือด่างเล็กน้อยมาใช้แทน ทำให้กระดาษที่ได้มีสภาพเป็นกรดน้อยลง ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานของกระดาษให้นานขึ้น ตัวอย่างของสารกันซึมสังเคราะห์ที่นิยมใช้กัน เช่น อัลคิลคีทีนไดเมอร์ (alkyl ketene dimer) อัลคีนิลซักซินิกแอนไฮไดร์ (alkenyl succinic anhydride) เป็นต้น

2.4 สารเพิ่มความแข็งแรงผิว (external or surface size) เป็นสารที่เคลือบที่ผิวกระดาษเพื่อผนึกให้เส้นใยที่ผิวกระดาษติดกับเส้นใยที่อยู่ถัดลงไปได้ดีขึ้น ผลก็คือกระดาษมีความแข็งแรงผิวเพิ่มขึ้น ในกรณีของกระดาษสำหรับใช้เขียน สารเพิ่มความแข็งแรงผิวทำให้ความสามารถในการลบได้ (erasability) ของกระดาษมีมากขึ้น การลบคำที่เขียนผิดด้วยยางลบจึงทำได้บ่อยครั้งขึ้น มิฉะนั้นแล้วเส้นใยจะหลุดจากผิวกระดาษได้ง่าย ทำให้กระดาษในบริเวณที่ลบด้วยยางลบมีเนื้อบางลงอย่างรวดเร็วเมื่อทำการลบเพียงไม่กี่ครั้ง ในกรณีของกระดาษที่ใช้พิมพ์ สารเพิ่มความแข็งแรงผิวจะช่วยลดปัญหาการถอนผิวกระดาษ (picking) ที่เกิดขึ้นในระหว่างการพิมพ์ นอกจากนี้ยังทำให้หมึกพิมพ์ซึมผ่านเข้าไปในเนื้อกระดาษน้อยลง เพราะสารเพิ่มความแข็งแรงผิวช่วยปิดช่องว่างที่มีในเนื้อกระดาษ

สารเพิ่มความแข็งแรงผิวยังช่วยทำให้ความแข็งตึง ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ ความแข็งแรงต่อแรงดึง รวมทั้งความทนการพับ และความทนการขูดขีด (scuff resistance) ของกระดาษมีมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการเติมสารเพิ่มความแข็งแรงผิวให้กับกระดาษมากเกินไปทำให้เกิดรอยแตกขึ้นกับกระดาษเมื่อพับได้ เพราะการที่เส้นใยเกิดผนึกติดกันได้มากขึ้นทำให้เส้นใยมีความยืดหยุ่นน้อยลง การพับจึงทำได้ยากขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ความทึบแสงของกระดาษลดลงด้วย เพราะสารเพิ่มความแข็งแรงผิวไปลดช่องว่างระหว่างเส้นใย ทำให้การกระเจิงของแสงภายในกระดาษน้อยลง กระดาษจึงมีความทึบแสงลดลง

สารที่ใช้เพิ่มความแข็งแรงผิวที่ใช้กันทั่วไปคือแป้ง โดยใช้เคลือบที่ผิวกระดาษ เมื่อสายของกระดาษเคลื่อนที่เข้าสู่หน่วยเคลือบสารเพิ่มความแข็งแรงผิว (size press) ซึ่งโดยทั่วไปมีตำแหน่งอยู่ที่ส่วนท้ายสุดของหน่วย

ทำแห้งของเครื่องผลิตกระดาษ ทั้งนี้การเคลือบทำโดยใช้ลูกกลิ้งเคลือบสารเพิ่มความแข็งแรงผิวที่ผิวหน้าของกระดาษทั้งสองด้าน

2.5 สารเพิ่มความขาวสว่าง (optical brightener) เป็นสารพวกสีย้อมวาวแสง (fluorescent dye) ที่เติมเข้าไปในน้ำเยื่อก่อนที่จะนำไปใช้ผลิตกระดาษ เพื่อเพิ่มความขาวสว่างของกระดาษให้มากขึ้น โดยที่สารเพิ่มความขาวสว่างจะดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตเอาไว้ แล้วเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่นของแสงในช่วงของแสงสีน้ำเงินออกมา ดังนั้นเมื่อมองดูกระดาษนั้นภายใต้แสงที่มีรังสีอัลตราไวโอเลตรวมอยู่ด้วย กระดาษที่มีสารเพิ่มความขาวสว่างจะให้แสงสะท้อนได้มากกว่ากระดาษที่ไม่มีสารเพิ่มความขาวสว่างเป็นองค์ประกอบ

กิจกรรม 3.1.1

1. จงบอกองค์ประกอบของกระดาษ พร้อมทั้งยกตัวอย่างองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบ

2. จงเปรียบเทียบความยาวของเส้นใยที่ได้จากไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็ง และพืชล้มลุก พร้อมทั้งบอกสมบัติสำคัญของกระดาษที่ผลิตได้จากเส้นใยที่มีความยาวแตกต่างกัน

โปรดเขียนคำตอบลงในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 3 ตอนที่ 3.1 กิจกรรม 3.1.1

แนวตอบกิจกรรม 3.1.1

1. กระดาษมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ

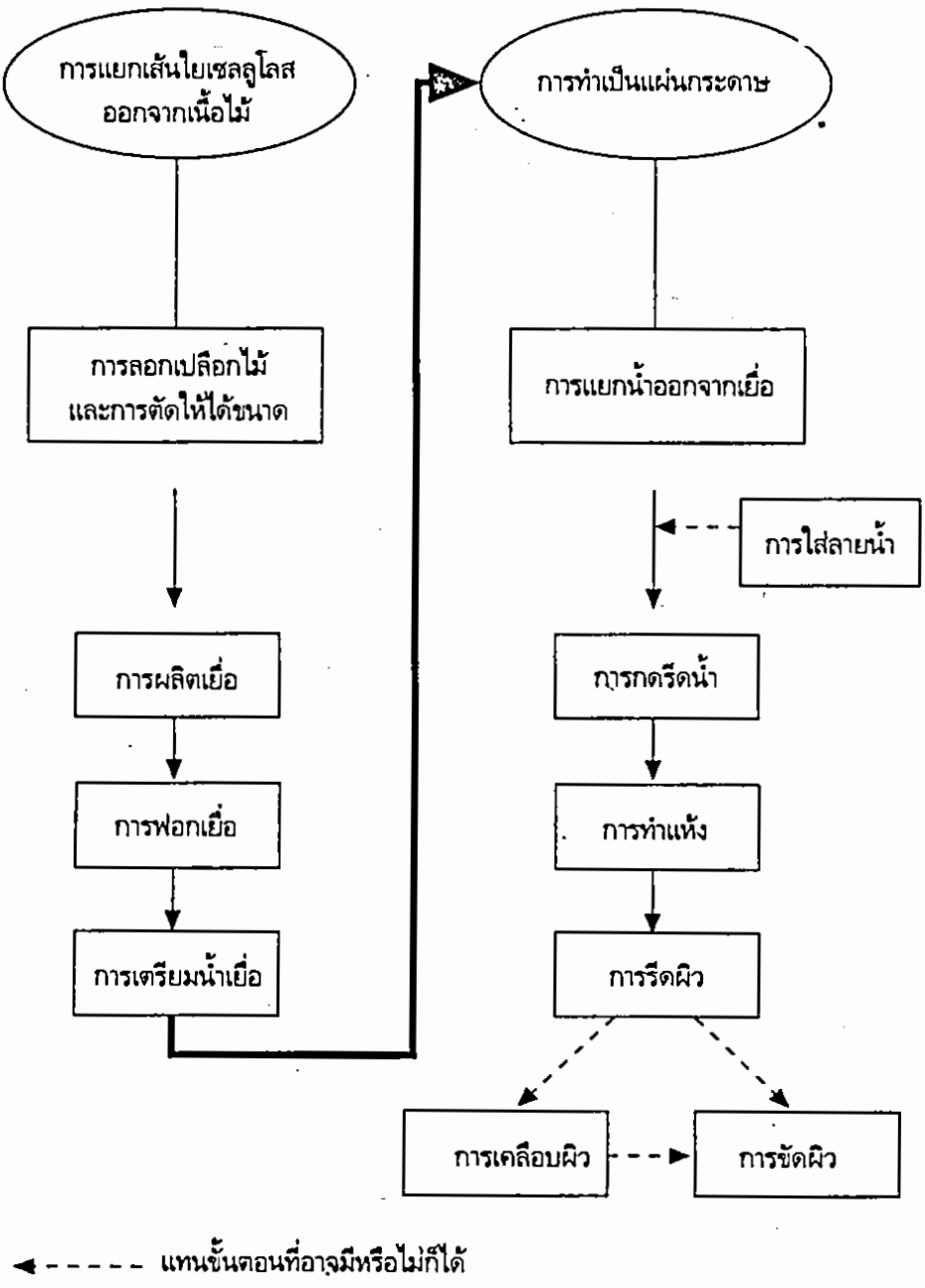
1.1 องค์ประกอบส่วนที่เป็นเส้นใย หมายถึง สารเคมีธรรมชาติที่มีอยู่ในเส้นใย ซึ่งสารเคมีสำคัญได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

1.2 องค์ประกอบส่วนที่ไม่ใช่เส้นใย ได้แก่ สารเติมแต่งต่าง ๆ ที่เติมให้กระดาษ เช่น ตัวเติม สารกันซึม สารเพิ่มความแข็งแรงผิว เป็นต้น

2. เส้นใยที่ได้จากไม้เนื้ออ่อนมีความยาวมากกว่าเส้นใยที่ได้จากไม้เนื้อแข็ง ส่วนเส้นใยที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืชล้มลุกมีความยาวแตกต่างกันตามชนิดของพืช บางชนิดให้เส้นใยยาว บางชนิดก็ให้เส้นใยสั้น ทั้งนี้กระดาษที่ผลิตจากเส้นใยยาวจะมีความแข็งแรงมากกว่ากระดาษที่ผลิตจากเส้นใยสั้น ในขณะที่กระดาษที่ผลิตจากเส้นใยสั้นให้ความเรียบและความทึบแสงดีกว่ากระดาษที่ผลิตจากเส้นใยยาว

เรื่องที่ 3.1.2
กระบวนการผลิตกระดาษ

กระบวนการผลิตกระดาษสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้สองขั้นตอน คือ (1) การแยกเส้นใยเซลลูโลสออกจากเนื้อไม้ของพืชยืนต้น และ (2) การทำเป็นแผ่นกระดาษ เพื่อให้เกิดเป็นแผ่นกระดาษ ซึ่งในแต่ละขั้นยังประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ อีก ดังแสดงในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตกระดาษ

1. การแยกเส้นใยเซลลูโลสออกจากเนื้อไม้ของพืชยืนต้น

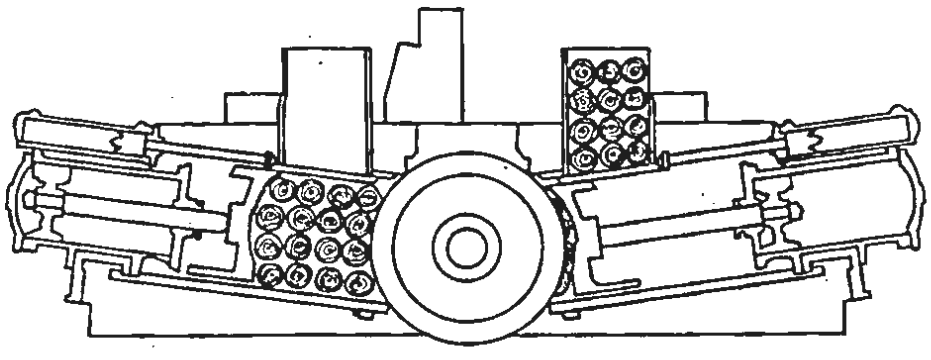
ในขั้นตอนการแยกเส้นใยเซลลูโลสออกจากส่วนต่าง ๆ ของพืชยืนต้น อาจแบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1.1 การลอกเปลือกไม้ออกและการตัดไม้ให้ได้ขนาดที่ต้องการ เปลือกไม้เป็นส่วนของพืชที่มีปริมาณเส้นใยน้อยและยังมีสิ่งสกปรกปะปนอยู่มาก รวมทั้งจะทำให้สิ้นเปลืองสารเคมีที่ใช้ในการสกัดเอาเยื่อออกจากเนื้อไม้ จึงจำเป็นที่จะต้องลอกเปลือกไม้ออกก่อน ทั้งนี้ไม้ที่นำเข้าสู่โรงผลิตกระดาษเพื่อลอกเปลือกออก ต้องผ่านการตัดให้มีขนาดที่เหมาะสมกับเครื่องจักรที่ใช้ลอกเปลือกไม้ (debarker) ท่อนไม้ที่ได้รับการลอกเปลือกออกแล้วจะผ่านการตัดด้วยเครื่องตัดไม้ (chipper) ให้มีขนาดเล็กลง เพื่อให้สารเคมีที่ใช้สำหรับย่อยไม้ในขั้นการผลิตเยื่อสามารถซึมผ่านเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดีขึ้น จากนั้นไม้ที่ผ่านการตัดให้มีขนาดที่เหมาะสมและมีขนาดใกล้เคียงกันจะได้รับการส่งเข้าสู่ขั้นการผลิตเยื่อกระดาษต่อไป

1.2 การผลิตเยื่อ (Pulping) เป็นขั้นที่ทำให้เส้นใยเซลลูโลสแยกตัวออกจากไม้ เส้นใยที่แยกออกมานี้จะเกาะเกี่ยวกับเส้นใยเส้นอื่น ๆ ทำให้เกิดเป็นลักษณะของเยื่อขึ้น ทั้งนี้กระบวนการผลิตเยื่อเริ่มจากชิ้นไม้ในข้อ 1.1 ป้อนเข้าสู่ระบบการผลิตเยื่อ ซึ่งสามารถแบ่งตามรูปแบบของพลังงานที่ใช้ในการแยกเส้นใยเซลลูโลสออกจากเนื้อไม้ดังนี้

1.2.1 การผลิตเยื่อด้วยพลังงานกล (mechanical or groundwood pulping) เป็นกระบวนการผลิตเยื่อจากไม้โดยใช้พลังงานกลเป็นหลัก อาจแบ่งเยื่อประเภทนี้ออกได้เป็นสามประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้คือ

1) **เยื่อเชิงกล** *(Mechanical pulp)* หรือ "เยื่อไม้บด" (Groundwood pulp) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า "เยื่อเอ็มพี" (MP) เป็นเยื่อที่ได้จากการบดด้วย "เครื่องบดไม้ชนิดหินบด" (stone grinder) ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 การบดไม้ด้วยเครื่องบดไม้ชนิดหินบด

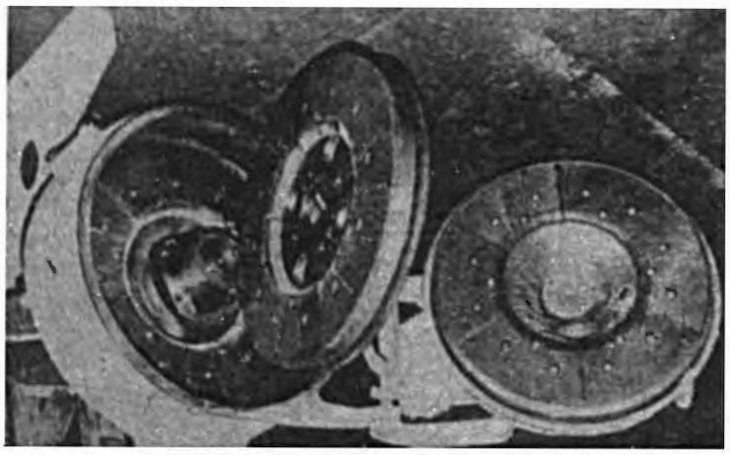
ที่มา : What the Printer Should Know about Paper

ผลผลิตเยื่อที่ได้จากการบดด้วยเครื่องบดชนิดนี้สูงถึง 80-95 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักชิ้นไม้ทั้งหมดที่ป้อนเข้าสู่เครื่องบด อย่างไรก็ตามชนิดของไม้ที่เหมาะสมกับการผลิตเยื่อวิธีนี้คือไม้เนื้ออ่อน การใช้ไม้เนื้อแข็งมีผลทำให้ได้เยื่อที่มีเส้นใยที่มีขนาดสั้นเกินไป เนื่องจากเส้นใยของไม้เนื้อแข็งมีขนาดสั้นอยู่แล้วเมื่อได้รับแรงบดก็จะทำให้มีขนาดสั้นเกินไปจนไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ผลิตเป็นกระดาษ

เยื่อที่ได้จากการบดด้วยเครื่องบดประเภทนี้ประกอบด้วยเส้นใยที่ยังยึดติดกันเป็นกลุ่มมากกว่าเป็นเส้นใยเดี่ยว ๆ และยังมีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเนื้อไม้อย่างครบถ้วน เยื่อประเภทนี้มีราคาถูกกว่าเยื่อประเภทอื่น ๆ ที่จะได้กล่าวถึงต่อไป

กระดาษที่ผลิตโดยใช้เยื่อเชิงกลเป็นองค์ประกอบหลักมีความทึบแสงสูงและดูดซึมหมึกพิมพ์ได้ดี แต่มีความแข็งแรงน้อย ดังนั้นในการผลิตกระดาษจึงมักผสมกับเยื่อประเภทอื่นเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้แก่กระดาษ นอกจากนี้กระดาษเยื่อเชิงกลยังมีความขาวสว่างต่ำ และเมื่อใช้ไปนาน ๆ จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาลเพราะลิกนินที่ยังมีอยู่มากในกระดาษเกิดปฏิกิริยากับแสงแดดและความร้อนแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีเป็นสารที่มีสีเหลืองน้ำตาลขึ้น ดังนั้นกระดาษเยื่อเชิงกลจึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้พิมพ์เป็นสิ่งพิมพ์ที่มีการใช้งาน หรือต้องเก็บไว้เป็นเวลานาน เช่น พจนานุกรม สารานุกรม เป็นต้น ตัวอย่างของสิ่งพิมพ์ที่พิมพ์โดยใช้กระดาษที่มีเยื่อเชิงกลเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น หนังสือพิมพ์ สมุดแสดงรายนาม (directory) กระดาษทิชชู (tissue) เป็นต้น

2) เยื่อเชิงกลละเอียด (Refiner mechanical pulp) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า "เยื่ออาร์เอ็มพี" (RMP) เป็นการผลิตเยื่อโดยใช้ "เครื่องบดไม้ชนิดจานบด" (disk refiner) ดังภาพที่ 3.7 เครื่องบดไม้ประเภทนี้สร้างขึ้นเพื่อช่วยให้การแยกเส้นใยเซลลูโลสออกจากเนื้อไม้ทำได้ดีกว่าการใช้เครื่องบดชนิดหินบด รวมทั้งลดการทำลายเส้นใยให้น้อยลงด้วย เยื่อเชิงกลละเอียดมีความแข็งแรงและประกอบด้วยเส้นใยเดี่ยว ๆ มากกว่าเยื่อเชิงกล ส่วนความทึบแสงและผลผลิตเยื่อที่ได้พอ ๆ กับเยื่อเชิงกล การผลิตเยื่อเชิงกลละเอียดสามารถนำไม้เนื้อแข็งมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อได้ด้วย กระดาษเยื่อเชิงกลละเอียดนำไปใช้พิมพ์เป็นสิ่งพิมพ์ประเภทเดียวกับสิ่งพิมพ์ที่พิมพ์โดยใช้กระดาษเยื่อเชิงกลที่กล่าวแล้วในข้างต้น



ภาพที่ 3.7 เครื่องบดไม้ชนิดจานบด

ที่มา : What the Printer Should Know about Paper.

3) เยื่อเชิงกลความร้อน (Thermomechanical pulp) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า "เยื่อทีเอ็มพี" (TMP) เป็นเยื่อที่ผลิตโดยใช้เครื่องบดไม้ชนิดจานบดเช่นเดียวกับเยื่อเชิงกลละเอียด แต่ที่แตกต่างกันคือ ก่อนชิ้นไม้ได้รับการป้อนเข้าสู่เครื่องบด ชิ้นไม้ได้รับการอบด้วยไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูง หรือในกรณีที่ชิ้นไม้ไม่ได้รับการอบไอน้ำ การบดเยื่อก็ทำโดยอาศัยความร้อนและความดัน ความร้อนช่วยให้ลิกนินมีความอ่อนตัวมากยิ่งขึ้น ทำให้เส้นใยเซลลูโลสสามารถแยกออกจากกันได้ง่ายกว่าการบดเยื่อโดยใช้พลังงานกลเพียงอย่างเดียว เยื่อเชิงกลความร้อนมีความแข็งแรงมากกว่าเยื่อเชิงกลประเภทอื่น เนื่องจากมีเส้นใยเซลลูโลสที่ยาวและสมบูรณ์ในปริมาณมากกว่า

ดังนั้นในการผลิตกระดาษจึงสามารถลดส่วนผสมที่เป็นเยื่อเคมีให้น้อยลงได้ เยื่อเชิงกลความร้อนนำไปใช้ผลิตกระดาษประเภทเดียวกับที่ผลิตโดยใช้เยื่อเชิงกลที่กล่าวแล้วในข้างต้นเช่นกัน แต่ก็มีราคาแพงกว่าเยื่อเชิงกลอื่น ๆ ด้วย

1.2.2 การผลิตเยื่อกึ่งเคมี (Semichemical pulping) การผลิตเยื่อกึ่งเคมีเป็นกระบวนการผลิตเยื่อจากไม้โดยอาศัยพลังงานกลและสารเคมี ในขั้นแรกชิ้นไม้ได้รับการต้มโดยใช้สารเคมีที่อุณหภูมิไม่สูงนัก สารเคมีที่นิยมใช้ คือ โซเดียมซัลไฟต์ (sodium sulfite, Na_2SO_3) โดยมีการเติมโซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate, Na_2CO_3) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณเล็กน้อยเข้าไปในสารเคมีที่ใช้ต้มเยื่อด้วย การต้มชิ้นไม้โดยใช้โซเดียมซัลไฟต์ก็เพื่อขจัดลิกนินออกบางส่วน รวมทั้งทำให้ความแข็งแรงของพันธะเคมีระหว่างเส้นใยอ่อนลง โดยเมื่อป้อนชิ้นไม้ที่ผ่านการต้มในสารเคมีเข้าไปในเครื่องบดไม้ชนิดจานบดแล้ว เส้นใยเซลลูโลสก็จะแยกตัวจากกันได้ดีขึ้น จากนั้นจึงนำไปล้างเอาสารเคมีที่ปนเปื้อนออก เส้นใยที่ได้มีความเสียหายน้อยจึงมีความเหนียวและแข็งแรง เยื่อที่ได้นำไปใช้ผลิตกระดาษเพื่อการบรรจุภัณฑ์ เช่น กระดาษลูกฟูก กระดาษแข็ง เป็นต้น แต่ไม่นำไปใช้ผลิตเป็นกระดาษพิมพ์และเขียน

ข้อด้อยของการผลิตเยื่อด้วยวิธีกึ่งเคมีนี้คือ ผลผลิตเยื่อที่ได้ลดลงเหลือเพียงประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักชิ้นไม้ที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตเยื่อเมื่อเทียบกับการผลิตเยื่อด้วยวิธีเชิงกล นอกจากนี้การใช้สารเคมีทำให้เกิดมลภาวะต่อน้ำและอากาศได้หากไม่มีระบบบำบัดและกำจัดที่ดีพอ รวมทั้งเยื่อที่ได้ยังมีปริมาณลิกนินอยู่มากแม้จะไม่มากเท่าเยื่อเชิงกลทุกชนิดที่กล่าวข้างต้นก็ตาม กระดาษที่ผลิตโดยใช้เยื่อกึ่งเคมีนี้จึงยังคงเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาลได้เมื่อใช้ไปในช่วระยะเวลาหนึ่ง

1.2.3 การผลิตเยื่อเคมี (Chemical pulping) การผลิตเยื่อเคมีเป็นกระบวนการผลิตเยื่อจากไม้ โดยอาศัยสารเคมีเพื่อละลายลิกนินให้ออกจากเนื้อไม้ ทำให้เส้นใยสามารถแยกออกจากกันได้ดีขึ้น นอกจากลิกนินแล้วเฮมิเซลลูโลสและองค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีอยู่ในเนื้อไม้และเส้นใยก็ละลายออกมาด้วย ทำให้เยื่อที่ได้ประกอบด้วยเส้นใยเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่

กระบวนการผลิตเยื่อเคมีนี้เป็นกระบวนการต้มชิ้นไม้ในอุปกรณ์ที่เรียกว่า "เครื่องย่อยไม้" (digester) โดยใช้ความร้อนและความดัน ส่วนสารเคมีที่ใช้ในการต้มไม้อาจเป็นสารจำพวกกรดหรือด่างก็ได้ ผลผลิตเยื่อที่ได้จากกระบวนการผลิตเยื่อวิธีนี้ลดลงจากกระบวนการผลิตเยื่อเชิงกลโดยมีผลผลิตของเยื่อเหลือเพียงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์หรือน้อยกว่า นอกจากนี้การที่มีสารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องย่อมก่อให้เกิดมลภาวะต่ออากาศและน้ำได้ เยื่อเคมีมีราคาแพงกว่าเยื่อเชิงกลและเยื่อกึ่งเคมีที่กล่าวแล้วในข้างต้น ทั้งนี้อาจแบ่งกระบวนการผลิตเยื่อเคมีตามประเภทของสารเคมีที่ใช้ออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) การผลิตเยื่อโซดา (Soda pulping) การผลิตเยื่อโซดาใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนตร่วมกันในการย่อยไม้ เป็นกระบวนการผลิตเยื่อจากไม้เนื้อแข็งเป็นส่วนใหญ่

2) การผลิตเยื่อซัลเฟต (Sulfate pulping) หรือมีชื่อเรียกอีกชื่อว่า "การผลิตเยื่อคราฟต์" (Kraft pulping) ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate, Na_2SO_4) ในการย่อยไม้ โดยคำว่า "Kraft" ในภาษาเยอรมันและสวีเดนมีความหมายว่า "ความแข็งแรง" เยื่อที่ผลิตได้จากกระบวนการนี้มีความแข็งแรงมากที่สุดเมื่อเทียบกับเยื่อที่ผลิตได้จากกระบวนการอื่น ๆ นอกจากนี้ยังเป็นกระบวนการผลิตเยื่อที่สามารถผลิตจากต้นไม้ได้เกือบทุกชนิด เยื่อเคมีจึงผลิตจากกระบวนการนี้เป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามมักใช้ไม้เนื้ออ่อน เยื่อซัลเฟตมีความขาวน้อยกว่าเยื่อโซดาโดยมีสีเป็นสีน้ำตาล ในระยะแรก ๆ กระดาษที่ผลิตจากเยื่อประเภทนี้จึงใช้เป็นกระดาษห่อของ กระดาษทำถุงหรือกระดาษทำกล่องลูกฟูก ซึ่งความขาวสว่างของกระดาษเป็นสมบัติที่มีความสำคัญน้อยกว่าความแข็งแรงและความทนทานในการใช้งาน ต่อมาได้มีการพัฒนากระบวนการฟอกเยื่อซัลเฟตให้

ได้กระดาษที่มีความขาวสว่างมากขึ้น กระดาษคุณภาพดีส่วนใหญ่ที่มีใช้กันในปัจจุบันจึงผลิตมาจากเยื่อประเภทนี้

3) การผลิตเยื่อซัลไฟต์ (Sulfite pulping) ใช้กรดซัลฟิวรัส (sulfurous acid, H_2SO_3) และโลหะไบซัลไฟต์ (metal bisulfite) เช่น โซเดียมไบซัลไฟต์ ($NaHSO_3$) แมกนีเซียมไบซัลไฟต์ ($Mg(HSO_3)_2$) เป็นต้น สารเหล่านี้มีสภาพเป็นกรดอ่อน ดังนั้นกระบวนการผลิตเยื่อนี้จึงเกิดขึ้นในสภาพที่เป็นกรด ในขณะที่กระบวนการผลิตเยื่อโซดาและซัลเฟตเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในสภาพที่เป็นด่าง การผลิตเยื่อซัลไฟต์มักใช้กับไม้เนื้ออ่อนที่มีปริมาณเรซินในเนื้อไม้น้อย เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ละลายเรซินได้ไม่ดี เยื่อที่ผลิตได้มีความแข็งแรงมากกว่าเยื่อโซดาแต่ไม่แข็งแรงเท่ากับเยื่อซัลเฟต กระดาษที่ผลิตจากเยื่อประเภทนี้มักไม่นำไปใช้ผลิตสิ่งพิมพ์ที่ต้องใช้หรือเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน เพราะกรดที่มีเหลืออยู่ในกระดาษทำลายกระดาษ เยื่อประเภทนี้มักใช้แทนเยื่อเชิงกลสำหรับผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์ ส่วนเยื่อที่ผ่านการฟอกแล้วนำไปใช้ผลิตกระดาษพิมพ์และเขียนคุณภาพดี

1.3 การฟอกเยื่อ (Bleaching of pulps) เยื่อที่ได้จากกระบวนการผลิตเยื่อต่าง ๆ ในข้อ 1.1 และ 1.2 มีสีตั้งแต่เหลืองอ่อน ๆ ไปจนถึงสีน้ำตาลเข้ม การเพิ่มความขาวและความขาวสว่างให้กับเยื่อทำได้โดยนำเยื่อผ่านเข้าสู่กระบวนการฟอกเยื่อ ทั้งนี้ไม่ใช่ว่าเยื่อกระดาษทุกชนิดต้องผ่านกระบวนการนี้ ขึ้นอยู่กับว่าเยื่อที่ผลิตได้เป็นเยื่อที่จะนำไปใช้เพื่อผลิตกระดาษประเภทใดต่อไป กล่าวคือ ถ้านำไปใช้เพื่อผลิตกระดาษที่จะทำเป็นบรรจุภัณฑ์กล่องหรือถุงที่มีสีน้ำตาล เยื่อดังกล่าวก็ไม่มีความจำเป็นต้องผ่านการฟอกเยื่อ สำหรับเยื่อที่นำไปผลิตกระดาษบางประเภทที่ความขาวมีความสำคัญและจำเป็น เช่น กระดาษที่ใช้พิมพ์และเขียน เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งแล้วกระดาษสำหรับใช้พิมพ์ หากใช้กระดาษพิมพ์ที่มีความขาวน้อยย่อมทำให้คุณภาพงานพิมพ์ด้อยลง กล่าวคือ ภาพพิมพ์ที่ได้มีสีผิดเพี้ยนไปจากสีที่ปรากฏบนต้นฉบับและจากที่ควรเป็นจริง รวมทั้งทำให้ภาพมีความเปรียบต่าง (contrast) น้อยลง นอกจากนี้กระดาษบางประเภท เช่น กระดาษทิชชู และกระดาษสำหรับทำบรรจุภัณฑ์อาหารประเภทต่าง ๆ หากผลิตโดยใช้เยื่อที่มีสีที่ไม่ใช่สีขาวแล้ว ย่อมทำให้เกิดความรู้สึกว่าไม่สะอาดและไม่ปลอดภัยต่อการใช้งาน

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าองค์ประกอบของไม้ที่ทำให้เยื่อที่ผลิตได้มีการเปลี่ยนสีคือลิกนิน ดังนั้นการฟอกเยื่อจึงเป็นการใช้สารเคมีที่มีผลโดยตรงกับลิกนินที่ยังมีอยู่ในเยื่อ ทั้งนี้กระบวนการฟอกเยื่อสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอนสำคัญ ๆ คือ การกำจัดลิกนินออกจากเยื่อและการฟอกขาวเยื่อ

1.3.1 การกำจัดลิกนินออกจากเยื่อ ในขั้นนี้เป็นการเติมก๊าซคลอรีน (chlorine gas,Cl_2) ให้กับเยื่อ ก๊าซคลอรีนทำปฏิกิริยากับลิกนินเกิดเป็นสารที่ละลายได้ในสารละลายด่าง สารละลายด่างที่ใช้คือโซเดียมไฮดรอกไซด์

1.3.2 การฟอกขาวเยื่อ (whitening) หลังจากลิกนินส่วนใหญ่ได้รับการกำจัดออกจากเยื่อแล้ว เยื่อจะได้รับการฟอกขาวด้วยสารเคมีที่ทำหน้าที่ออกซิไดซ์ (oxidize) สารมีสีทั้งหลายที่มีอยู่ในเยื่อกลายเป็นสารที่ไม่มีสี สารเคมีที่ใช้ เช่น ก๊าซออกซิเจน (oxigen,O_2) ก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ (chlorine dioxide,ClO_2) แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (calcium hypochlorite, $Ca(OCl)_2$) โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite, NaOCl) โซเดียมเปอร์ออกไซด์ (sodium peroxide, Na_2O_2) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide,H_2O_2) เป็นต้น

ทั้งนี้การเลือกใช้สารเคมีเพื่อฟอกเยื่อขึ้นอยู่กับชนิดของเยื่อเป็นสำคัญ ตัวอย่างเช่น เยื่อเชิงกลจะใช้โซเดียมเปอร์ออกไซด์หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในขณะที่เยื่อเคมีใช้สารฟอกขาวที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้แล้วเยื่อแต่ละชนิดมีความยากในการฟอกต่างกัน จึงต้องการปริมาณการฟอกขาวเยื่อต่างกัน ตัวอย่างเช่น การฟอกเยื่อซัลเฟตหรือเยื่อคราฟต์ให้มีความขาวต้องฟอกโดยใช้สารฟอกขาวเยื่อหลายชนิดมากกว่าเยื่อประเภทอื่น

อย่างไรก็ตามแม้ว่ากระบวนการฟอกขาวเยื่อช่วยให้เยื่อมีความขาวเพิ่มมากขึ้น แต่การฟอกขาวเยื่อมากเกินไปจะทำลายเส้นใยเซลลูโลสทำให้สูญเสียความแข็งแรงได้ ดังนั้นการฟอกขาวเยื่อจึงต้องทำในระดับที่เหมาะสมเท่านั้น

1.4 การเตรียมน้ำเยื่อ (Stock preparation) ประกอบด้วยขั้นตอนการบดเส้นใย และการผสมสารเติมแต่งต่าง ๆ เข้าไปในน้ำเยื่อ ทั้งนี้เริ่มจากนำเยื่อผสมกับน้ำโดยใช้เครื่องผสมเยื่อ (pulper) โดยให้มีเส้นใยเซลลูโลสประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์แขวนลอยในน้ำ 95 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นจึงผ่านของเหลวที่ได้เข้าสู่เครื่องบดเยื่อ การเตรียมน้ำเยื่อประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ

1.4.1 การบดเส้นใย การบดเส้นใยทำโดยใช้เครื่องบดชนิดจานบด เป็นการทำให้กลุ่มเส้นใยที่ยังมีอยู่ในเยื่อแตกเป็นเส้นใยเดี่ยว ๆ และช่วยให้เส้นใยกระจายตัวในน้ำได้สม่ำเสมอมากขึ้น แต่ก็ทำให้ความยาวของเส้นใยลดลง นอกจากนี้ในขั้นตอนนี้เส้นใยเซลลูโลสเดี่ยว ๆ เกิดพันธะไฮโดรเจนได้กับน้ำ (hydration) ทำให้เส้นใยเกิดการบวมตัวและอ่อนตัว เมื่อได้รับแรงจากการบดตีก็จะทำให้ผนังด้านนอกของเส้นใยแตกออกทำให้ไมโครไฟบริลของเส้นใยโผล่ออกมาได้ การบวมตัวของเส้นใยและการโผล่ของไมโครไฟบริลช่วยให้เกิดการเกี่ยวประสานและสร้างพันธะเคมีระหว่างเส้นใยเซลลูโลสมีมากยิ่งขึ้นในขั้นตอนทำเป็นแผ่นกระดาษบนเครื่องผลิตกระดาษ การที่เส้นใยเซลลูโลสสามารถเกิดพันธะทางเคมีต่อกันได้มากขึ้นย่อมมีผลทำให้ความแข็งแรงของแผ่นกระดาษเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการบดเส้นใยในขั้นตอนการเตรียมน้ำเยื่อนี้จึงมีความสำคัญ เพราะนอกจากเป็นปัจจัยที่กำหนดความแข็งแรงของแผ่นกระดาษแล้ว สมบัติอื่น ๆ ของกระดาษที่ผลิตได้ก็ขึ้นอยู่กับการบดเยื่อด้วย กระดาษที่ผลิตจากเยื่อที่ได้รับปริมาณการบดต่างกันมีสมบัติต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน ตัวอย่างสมบัติที่สำคัญบางประการของกระดาษที่มีการเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้นหรือน้อยลง) เมื่อเพิ่มการบดเยื่อดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติของกระดาษเมื่อเพิ่มปริมาณการบดตีเยื่อ

สมบัติของกระดาษที่มีน้อยลง	สมบัติของกระดาษที่มีมากขึ้น
ความหนา	ความทนการพับ
ความพรุน	ความต้านการซึมหมึก
ความทึบแสง	ความแข็งแรงต่อแรงดึง
ความแข็งแรงต่อแรงฉีก	ความเรียบของผิวกระดาษ
การคงสภาพเชิงมิติ	ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ
	ความสม่ำเสมอในการกระจายตัวของเส้นใย

1.4.2 การเติมสารเติมแต่งเข้าไปในน้ำเยื่อ การเติมสารแต่งเติมเข้าไปในน้ำเยื่อได้แก่การเติมตัวเติม สารกันซึม สารยึดติด และ/หรือสารเพิ่มความขาวสว่างเข้าไปในน้ำเยื่อ ทั้งนี้ปริมาณการเติมสารเติมแต่งประเภทต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับประเภทของกระดาษที่ใช้เป็นสำคัญ

2. การทำเป็นแผ่นกระดาษ

การทำเป็นแผ่นกระดาษเกี่ยวข้องกับการเกี่ยวประสานและสร้างพันธะเคมีของเส้นใยเซลลูโลสเพื่อให้เกิดเป็นแผ่นกระดาษ โดยในขั้นตอนนี้เป็นการผลิตแผ่นกระดาษจากน้ำเยื่อด้วยเครื่องผลิตกระดาษ ซึ่งโดยทั่วไปมี

อยู่ด้วยกันสองประเภทคือ เครื่องโฟร์ดริเนียร์ (Fourdrinier machine) และเครื่องไซลินเดอร์ (Cylinder machine) ความแตกต่างทางโครงสร้างของเครื่องผลิตกระดาษทั้งสองประเภทจะไม่ขอกล่าวถึงในที่นี้ในรายละเอียด โดยจะขอกล่าวถึงเฉพาะขั้นตอนต่าง ๆ ในการผลิตกระดาษที่เกิดขึ้นบนเครื่องผลิตกระดาษทั้งสองประเภทเท่านั้น ซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันนัก โดยเริ่มจากน้ำเยื่อที่ได้จากกระบวนการเตรียมน้ำเยื่อในข้อ 1 ต้องผ่านการเจือจางด้วยน้ำ โดยผสมน้ำจนมีปริมาณเส้นใยในน้ำประมาณ 0.5-1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ก่อนบรรจุในถังจ่ายน้ำเยื่อ (headbox) ของเครื่องผลิตกระดาษแบบโฟร์ดริเนียร์ หรือบรรจุในถังเก็บน้ำเยื่อ (vat) ของเครื่องผลิตกระดาษแบบไซลินเดอร์ เพื่อผลิตเป็นแผ่นกระดาษต่อไป

การแยกน้ำจากเยื่อ | การกดรีดน้ำกระดาษ | การทำแห้งกระดาษ | การรีดผิวกระดาษ

การแยกน้ำจากเยื่อ | การกดรีดน้ำกระดาษ | การทำแห้งกระดาษ | การรีดผิวกระดาษ

ภาพที่ 3.8 เครื่องผลิตแผ่นกระดาษ ก) โฟร์ดริเนียร์ และ ข) ไซลินเดอร์

ที่มา : Handbook of Packaging Engineering

สำหรับขั้นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนเครื่องผลิตกระดาษ หลังจากน้ำเยื่อได้รับการจ่ายออกจากถังจ่ายน้ำเยื่อจนกระทั่งผลิตได้แผ่นกระดาษนั้นมีอยู่หลายขั้นตอนดังนี้ คือ

2.1 การแยกน้ำจากเยื่อ (screening) ในกรณีของเครื่องโฟร์ดริเนียร์ น้ำเยื่อได้รับการจ่ายออกจากถังจ่ายน้ำเยื่อ ผ่านลงบนส่วนที่เป็นตะแกรง (wire) ซึ่งเป็นสายพานยาวที่กำลังเคลื่อนที่ โดยตะแกรงนี้อาจทำจากโลหะหรือพลาสติกก็ได้ ถ้าเป็นเครื่องไซลินเดอร์ ตะแกรงจะหุ้มอยู่รอบโม่ ซึ่งโม่ติดตั้งอยู่ในถังเก็บน้ำเยื่อ เมื่อน้ำเยื่อผ่านมาบนตะแกรง น้ำบางส่วนของน้ำเยื่อรวมทั้งเส้นใยและสารเติมแต่งที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดของช่องตะแกรงจะไหลผ่านตะแกรงออกไปโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลกและแรงดูดจากอุปกรณ์เสริมอื่น ๆ ที่ติดตั้งอยู่ใต้ตะแกรง น้ำที่หายไปมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสอยู่ใกล้ชิดกันและเกี่ยวประสานกันได้มากขึ้น จนเกิดลักษณะเป็นแผ่นกระดาษ แผ่นกระดาษที่ได้มีผิวหน้าสองด้านที่มีสมบัติหลายประการแตกต่างกัน ทั้งนี้การเรียกด้านของกระดาษใช้การสัมผัสและไม่สัมผัสตะแกรงเป็นเกณฑ์ โดยด้านของแผ่นกระดาษที่สัมผัสตะแกรงเรียกว่า "ด้านตะแกรง" (wire side) ส่วนด้านของแผ่นกระดาษที่อยู่ตรงข้ามด้านตะแกรงเรียกว่า "ด้านสักหลาด" (felt side) ซึ่งเป็นด้านที่สัมผัสกับผืนสักหลาดที่ทำหน้าที่ในการส่งผ่านสายของแผ่นกระดาษ (paper web) บนเครื่องผลิตกระดาษ ปริมาณน้ำที่อยู่ในแผ่นกระดาษหลังการแยกน้ำออกแล้วมีอยู่ประมาณ 80-85 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ในขั้นนี้อาจมีการใส่ลายน้ำ (watermark) ให้แผ่นกระดาษด้วย โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า "ลูกกลิ้งแดนดี" (dandy roll) ซึ่งติดตั้งใกล้กับส่วนปลายของสายพานตะแกรงของเครื่องโฟร์ดริเนียร์ หน้าที่หลักของลูกกลิ้งแดนดีคือ ช่วยกดอัดให้เส้นใยเซลลูโลสเรียงชิดติดกันยิ่งขึ้นจนเกิดมีลักษณะเป็นแผ่นมากยิ่งขึ้น ส่วนการสร้างลายน้ำทำได้โดยการทำให้ผิวหน้าของลูกกลิ้งแดนดีนูนสูงขึ้นเป็นลวดลายของลายน้ำที่ต้องการ รอยนูนที่สูงขึ้นนี้เมื่อกดลงไปบนบริเวณใดของแผ่นกระดาษเปียกที่เคลื่อนที่เข้ามาใต้รอยนูน ก็จะทำให้เส้นใยเซลลูโลสในบริเวณนั้นเคลื่อนที่ออกไปด้านข้างตามแรงกดที่ได้รับ ผลก็คือบริเวณดังกล่าวมีจำนวนเส้นใยเซลลูโลสหนาแน่นน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ การมีปริมาณเส้นใยน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ นี้เอง ทำให้มีความโปร่งแสงมากขึ้น จึงเกิดเป็นลวดลายที่มองเห็นได้บนแผ่นกระดาษ

2.2 การกดรีดน้ำกระดาษ (pressing) สายของแผ่นกระดาษที่เกิดขึ้นหลังการแยกน้ำแล้วจะเคลื่อนที่เข้าไประหว่างลูกกลิ้งกดรีดน้ำ (press rolls) ในขั้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดน้ำออกจากแผ่นกระดาษให้ได้มากที่สุดก่อนที่จะส่งต่อไปยังหน่วยทำแห้ง ปริมาณน้ำที่ยังมีอยู่ในแผ่นกระดาษเปียกหลังผ่านการกดรีดน้ำแล้วเหลืออยู่ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

นอกจากการกดรีดน้ำออกแล้ว ลูกกลิ้งกดรีดน้ำยังมีหน้าที่คล้ายกับลูกกลิ้งแดนดี กล่าวคือ ช่วยกดอัดให้เส้นใยเซลลูโลสมาอยู่ใกล้กันและเกิดพันธะเคมีต่อกันได้มากยิ่งขึ้น ทำให้แผ่นกระดาษมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น รวมทั้งช่วยเพิ่มความเรียบให้กับผิวกระดาษด้วย

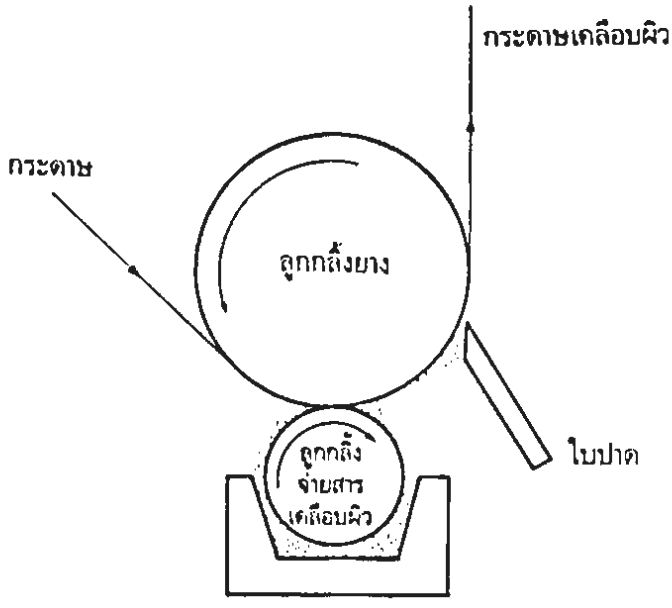
2.3 การทำแห้งกระดาษ (drying) การทำแห้งกระดาษทำโดยอาศัยด้วยความร้อนจนทำให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในแผ่นกระดาษเหลืออยู่ประมาณ 2-8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยสายของแผ่นกระดาษที่ผ่านการกดรีดน้ำจะได้รับการทำแห้งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 150-275 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 66.2-136.2 องศาเซลเซียส โดยใช้กระบอกทำแห้งซึ่งเป็นกระบอกกลวงที่มีไอน้ำร้อนไหลเวียนอยู่ภายใน กระบอกทำแห้งนี้มีทั้งที่เป็นกระบอกขนาดเล็กหลายลูก (multicylinders) เรียงกันเป็นแถวยาว หรืออาจเป็นกระบอกขนาดใหญ่อันเดียวที่เรียกว่า "กระบอกแยงกี" (Yankee cylinder) การทำแห้งแผ่นกระดาษด้วยกระบอกขนาดเล็กที่เรียงกันเป็นแถว ทำให้ได้แผ่นกระดาษที่มีการแห้งตัว ความเรียบ และความมันวาวของผิวกระดาษทั้งสองด้านเท่า ๆ กัน เนื่องจากผิวของกระดาษทั้งสองด้านสัมผัสกับผิวร้อนของกระบอก ในขณะที่กระดาษที่ผ่านการทำแห้งโดยใช้กระบอกแยงกีมีความเรียบและความมันวาวของกระดาษทั้งสองด้านแตกต่างกัน โดยด้านที่มีความเรียบและความมันวาวกว่าเป็นด้านที่สัมผัสกับผิวของกระบอกแยงกี กระดาษที่ได้จากการทำแห้งด้วยกระบอกแยงกีมีชื่อเฉพาะว่า "กระดาษเมชชีน-เกลซ" (machine glazed paper) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า "กระดาษเอ็มจี" (MG paper)

ในหน่วยทำแห้งนี้อาจมีการเคลือบสารละลายของสารเพิ่มความแข็งแรงผิวให้แก่กระดาษ การเคลือบสารเพิ่มความแข็งแรงผิวบนกระดาษเกิดขึ้นเมื่อสายของแผ่นกระดาษเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในหน่วยเคลือบสารเพิ่มความแข็งแรงผิว ซึ่งอยู่ก่อนส่วนทำแห้งส่วนสุดท้ายของหน่วยทำแห้ง เมื่อสารเพิ่มความแข็งแรงผิวได้รับการเคลือบบนกระดาษแล้วสายของกระดาษก็จะเคลื่อนที่เข้าสู่ส่วนทำแห้งส่วนสุดท้าย เพื่อทำให้สารเพิ่มความแข็งแรงผิวบนกระดาษเกิดการแห้งตัวก่อนที่สายของแผ่นกระดาษจะเคลื่อนที่เข้าสู่ขั้นต่อไป

2.4 การรีดผิวกระดาษ (calendering) การรีดผิวกระดาษเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนที่สายของแผ่นกระดาษจะเข้าม้วน แล้วนำออกจากเครื่องผลิตกระดาษเพื่อนำไปตัดเป็นม้วนขนาดเล็กลงหรือเป็นแผ่นเพื่อจำหน่ายต่อไป การรีดผิวกระดาษทำโดยใช้ลูกกลิ้งรีดผิวที่ทำจากเหล็กกล้า เมื่อสายของกระดาษเคลื่อนที่ผ่านเข้าไประหว่างลูกกลิ้งแรงกดรีดจากลูกกลิ้งทำให้เนื้อกระดาษแน่นยิ่งขึ้น รวมทั้งมีผิวหน้าเรียบมากขึ้น และช่วยทำให้ความแตกต่างของความหนาในแต่ละบริเวณของแผ่นกระดาษมีน้อยลง

นอกจากขั้นต่าง ๆ ที่ได้กล่าวแล้วในข้างต้น ยังมีขั้นตอนอีกสองขั้นที่กระดาษอาจต้องผ่านก่อนออกจำหน่าย ได้แก่

1) การเคลือบผิวกระดาษ (coating) การเคลือบผิวกระดาษเป็นขั้นตอนสำหรับเคลือบผิวกระดาษด้วยตัวเติม โดยมีสารยึดติดที่ได้กล่าวแล้วในข้างต้นช่วยยึดตัวเติมให้ติดบนผิวกระดาษได้ การเคลือบผิวเพื่อช่วยให้กระดาษมีผิวหน้าที่เรียบขึ้นทำให้สภาพพิมพ์ได้ของกระดาษดีขึ้น กระดาษที่ผ่านการเคลือบผิวมีชื่อเรียกว่า "กระดาษเคลือบผิว" (coated paper) ซึ่งการเคลือบผิวอาจเป็นแบบ "เคลือบด้านเดียว" หรือ "เคลือบสองด้าน" ของกระดาษ และอาจ "เคลือบด้าน" หรือ "เคลือบมัน" ก็ได้ ทั้งนี้การเคลือบด้านหรือเคลือบมันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารเคลือบผิวที่ใช้ ความมันวาวของกระดาษที่นำมาเคลือบผิวและวิธีการที่ใช้ในการเคลือบผิวเป็นสำคัญ ทั้งนี้อุปกรณ์ในการเคลือบผิวกระดาษอาจเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องผลิตกระดาษหรือแยกออกมาต่างหากก็ได้

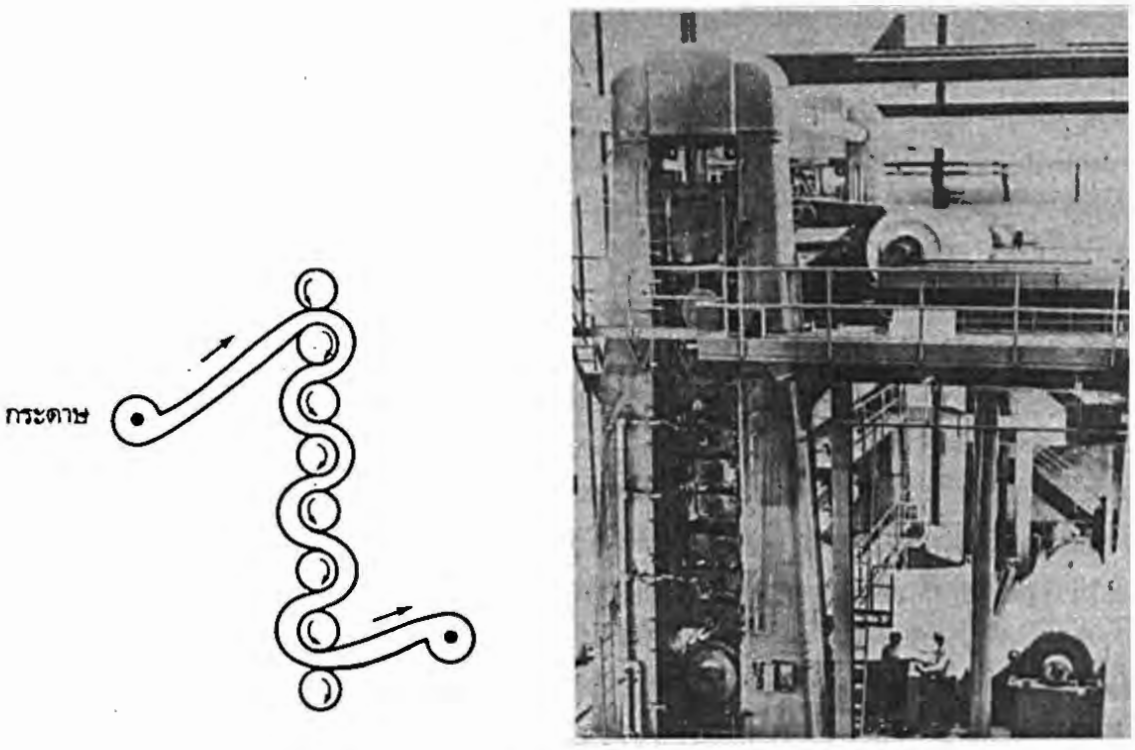


ภาพที่ 5.9 การเคลือบผิวกระดาษ

ที่มา : Chemistry for the Graphic Arts

นอกเหนือไปจากการเคลือบผิวที่กล่าวข้างต้น ยังมีการเคลือบผิวกระดาษอีกประเภทหนึ่งที่เรียกว่า "การเคลือบมันแก้ว" (cast coating) ซึ่งเป็นการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวบนกระดาษ จากนั้นกระดาษจะผ่านต่อไปยังกระบอกที่มีผิวเป็นโครเมียมซึ่งมันวาวและมีความร้อนสูง สารเคลือบผิวบนกระดาษจะได้รับการกดอัดเข้ากับผิวหน้าของกระบอกนี้ ทำให้เกิดการแห้งตัวและมีความเรียบมาก กระดาษที่ได้จึงมีความมันวาวสูงมาก ซึ่งสูงกว่ากระดาษที่ได้จากการเคลือบผิวธรรมดา ทำให้ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องผ่านการขัดผิวที่จะได้กล่าวถึงต่อไป

2) การขัดผิวกระดาษ (supercalendering) กระดาษที่ผ่านการรีดผิวและ/หรือผ่านการเคลือบผิวมาแล้วเป็นกระดาษที่มีความเรียบและความมันวาวในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามเพื่อเพิ่มความเรียบและความมันวาวของกระดาษให้มีมากยิ่งขึ้น กระดาษจะได้รับการขัดผิวโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า "ซูเปอร์คาร์เลนเดอร์" (supercalender) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ต่อแยกออกจากเครื่องจักรผลิตกระดาษ อุปกรณ์ดังกล่าวประกอบด้วยลูกกลิ้งขัดผิวจำนวนมาก มีลักษณะเป็นกระบอกเรียงซ้อนกันในแนวตั้ง โดยมีลูกกลิ้งที่ทำจากเหล็กกล้าขัดมันเรียงสลับกับลูกกลิ้งที่หุ้มด้วยกระดาษหรือฝ้าย เมื่อสายของแผ่นกระดาษผ่านเข้าไประหว่างลูกกลิ้ง แรงกดอัดระหว่างลูกกลิ้งที่กระดาษได้รับมีผลให้เส้นใยเซลลูโลสอัดตัวกันได้มากขึ้น และทำให้กระดาษมีผิวที่เรียบมากขึ้น อันเป็นผลทำให้ความมันวาวของกระดาษเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ความเรียบและความมันวาวของกระดาษเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งที่กระดาษได้รับการขัดผิว



ภาพที่ 3.10 การขัดผิวกระดาษ

ที่มา : Introduction to Printing Technology and What the Printer Should Know about Paper

กระดาษที่ได้จากการขัดผิวนี้มีชื่อเรียกตามชื่อของลูกกลิ้งหรือชื่อของกระบวนการว่า "กระดาษขัดผิว" (supercalendered paper) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า "กระดาษเอสซี" (SC paper) กระดาษประเภทนี้มีผิวที่เรียบมาก จึงเหมาะสำหรับใช้พิมพ์งานสอดสี เพราะทำให้ได้เม็ดสกรีนที่มีความคมชัด และเกิดการบวมตัว (dot gain) น้อย

กิจกรรม 3.1.2

1. กระบวนการผลิตกระดาษสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้กี่ขั้นตอน อะไรบ้าง
2. การผลิตกระดาษด้วยเครื่องผลิตกระดาษจากน้ำเยื่อประกอบด้วยขั้นตอนอะไรบ้าง
3. กระดาษที่ผ่านจากการรีดผิวกระดาษแล้วหากต้องการทำให้สภาพพิมพ์ได้ของกระดาษดีขึ้น รวมทั้งมีความเรียบและความมันวาวมากขึ้น ต้องผ่านกระดาษเข้าสู่ขั้นตอนใดต่อไป

ไปรดเขียนคำตอบลงในแบบฝึกปฏิบัติ หน่วยที่ 3 ตอนที่ 3.1 กิจกรรม 3.1.2

แนวตอบกิจกรรม 3.1.2

1. กระบวนการผลิตกระดาษสามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ คือ การแยกเส้นใยเซลลูโลสออกจากเนื้อไม้ และการทำเป็นกระดาษแผ่น
2. การผลิตกระดาษด้วยเครื่องผลิตกระดาษจากน้ำเยื่อมีด้วยกันหลายขั้นตอนดังนี้
   - 2.1 การแยกน้ำออกจากเยื่อ
   - 2.2 การกดรีดน้ำกระดาษ
   - 2.3 การทำแห้งกระดาษ
   - 2.4 การรีดผิวกระดาษ

3. การทำให้กระดาษมีสภาพพิมพ์ได้เพิ่มขึ้นทำได้โดยการเคลือบผิวกระดาษเป็นสำคัญ ส่วนการเพิ่มความเรียบและความมันวาวของกระดาษให้มีมากขึ้น ทำได้โดยผ่านกระดาษเข้าสู่ลูกกลิ้งขัดผิว

เรื่องที่ 3.1.3
สมบัติของกระดาษ

สมบัติของกระดาษที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ สภาพพิมพ์ได้ (printability) และสภาพเดินกระดาษคล่อง (runnability)

1. สภาพพิมพ์ได้

สภาพพิมพ์ได้ของกระดาษเป็นสมบัติของกระดาษที่เอื้อให้เกิดการพิมพ์ได้ในกระบวนการพิมพ์ที่ใช้ ซึ่งเป็นสมบัติที่มีผลโดยตรงต่อคุณภาพงานพิมพ์ (print quality) สมบัติของกระดาษที่เกี่ยวข้องกับสภาพพิมพ์ได้สามารถจำแนกออกเป็นสมบัติย่อย ๆ ได้อีก 4 ลักษณะดังนี้

1.1 สมบัติเชิงโครงสร้าง (Structural properties) สมบัติเชิงโครงสร้างของกระดาษมีอยู่ด้วยกันหลายประการ ในที่นี้ขอกล่าวเฉพาะที่สำคัญ ๆ ดังนี้

1.1.1 ความสม่ำเสมอในการกระจายตัวของเส้นใยในกระดาษ (formation) หมายถึง ความแตกต่างของปริมาณเส้นใยที่เกี่ยวประสานหรือเกิดพันธะเคมีต่อกันในแต่ละบริเวณของกระดาษ การตรวจสอบความสม่ำเสมอในการกระจายตัวของเส้นใยเป็นการตรวจสอบความแตกต่างในการให้แสงส่องผ่านในแต่ละบริเวณของกระดาษอาจทำได้ง่าย ๆ โดยถือกระดาษไว้หน้าหลอดกำเนิดแสงที่ให้แสงที่มีความเข้มแสงสูงพอ บริเวณใดของกระดาษที่มีกลุ่มของเส้นใยรวมกันอยู่มาก ย่อมมองเห็นทึบแสงกว่าบริเวณของกระดาษที่มีกลุ่มของเส้นใยรวมกันอยู่น้อยกว่า กระดาษที่มีเส้นใยกระจายตัวในเนื้อกระดาษไม่สม่ำเสมอมีผลให้ผิวกระดาษมีความเรียบน้อยอันจะทำให้เกิดปัญหาพิมพ์กระด่ำกระด่าง (mottle) ได้ โดยเฉพาะหากนำไปใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์ในระบบการพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์และกราวัวร์ ซึ่งแม่พิมพ์ในระบบการพิมพ์ทั้งสองระบบทำจากโลหะ ดังนั้นจึงมีความแข็งและยืดหยุ่นตัวน้อย จึงไม่สามารถพิมพ์ลงในส่วนที่ลึกลงไปของผิวกระดาษได้ ทำให้เกิดการพิมพ์ติดบ้างไม่ติดบ้าง สำหรับในระบบการพิมพ์ออฟเซตนั้นปัญหานี้เกิดขึ้นน้อยกว่า เนื่องจากการพิมพ์เป็นการถ่ายโอนหมึกจากผิวยางลงบนกระดาษ ซึ่งผิวยางมีความยืดหยุ่นมากกว่าผิวโลหะ ทำให้สามารถถ่ายทอดหมึกพิมพ์ลงบนผิวหน้าที่เรียบน้อยได้ดีกว่า นอกจากปัญหาพิมพ์กระด่ำกระด่างแล้ว การพิมพ์ลงบนกระดาษที่มีผิวไม่เรียบหรือเรียบน้อยยังก่อให้เกิดปัญหาเม็ดสกรีนบวมมากกว่าการพิมพ์บนกระดาษที่มีผิวหน้าเรียบกว่าด้วย

การเพิ่มความสม่ำเสมอในการกระจายตัวของเส้นใยในกระดาษให้ดีขึ้นอาจทำได้หลายวิธีเช่น ใช้เยื่อใยสั้นมาผสมทำเป็นกระดาษในปริมาณมากขึ้น เพิ่มปริมาณการบดเยื่อให้มากขึ้น ลดความเร็วของสายพานตะแกรงแยกน้ำ เป็นต้น

1.1.2 แนวเส้นใยกระดาษ *(paper grain)* แนวเส้นใยกระดาษหมายถึง แนวหรือทิศทางการเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลสในกระดาษ โดยถ้าพิจารณาจากการเกิดเป็นแผ่นกระดาษของน้ำเยื่อบนเครื่องผลิตกระดาษจะพบว่า เส้นใยเซลลูโลสส่วนมากมีการเรียงตัวไปในทิศทางการไหลและการเคลื่อนที่ของตะแกรงบนเครื่องผลิตกระดาษ ดังนั้นแนวการเรียงตัวของเส้นใย หรือแนวเส้นใยของกระดาษจึงอยู่ใน "แนวขนานเครื่อง" (machine direction) ส่วนแนวของกระดาษที่ตั้งฉากกับแนวขนานเครื่องนี้เรียกว่า "แนวขวางเครื่อง" (cross-machine direction) เนื่องจากการเรียงตัวของเส้นใยในกระดาษทั้งสองแนวมีความแตกต่างกัน จึงมีผลให้สมบัติของกระดาษทั้งสองแนวแตกต่างกันด้วย

1.1.3 การคงสภาพเชิงมิติ *(dimensional stability)* การคงสภาพเชิงมิติหมายถึง ความสามารถของกระดาษที่ยังคงรักษามิติของกระดาษทั้งในแนวขนานเครื่องหรือแนวขวางเครื่องไว้ได้เมื่อสภาพแวดล้อมของกระดาษมีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงความชื้นหรือแรงที่ได้รับขณะพิมพ์ ทั้งนี้คำว่า "มิติ" หมายถึงความกว้าง ความยาว และความหนาของกระดาษ

การเปลี่ยนแปลงเชิงมิติของกระดาษเนื่องจากความชื้นเป็นผลจากการที่เส้นใยเซลลูโลสสามารถเกิดพันธะทางเคมีชนิด "พันธะไฮโดรเจน" กับน้ำได้ จึงมีผลทำให้เส้นใยมีการขยายตัวเมื่อได้รับความชื้นและหดตัวเมื่อสูญเสียความชื้น นอกจากสมบัติทางเคมีของเส้นใยเซลลูโลสแล้ว การที่กระดาษมีสมบัติดูดความชื้น (hygroscopic) ได้มากหรือน้อยยังขึ้นอยู่กับว่ากระดาษนั้นผลิตจากเยื่อที่ผ่านการบดเยื่อมามากน้อยเท่าใด กระดาษที่ผลิตจากเยื่อที่ได้รับการบดมามากมีการขยายและหดตัวมากกว่ากระดาษที่ผลิตจากเยื่อที่ได้รับการบดมาน้อยกว่า ทั้งนี้เป็นเพราะเส้นใยเซลลูโลสของเยื่อที่ผลิตจากเยื่อที่ผ่านการบดมามากกว่ามีการเกี่ยวประสานกันและอยู่ใกล้ชิดกันมากทำให้มีช่องว่างระหว่างเส้นใยน้อย เมื่อกระดาษดูดความชื้นเส้นใยเกิดการบวมตัว เส้นใยแต่ละเส้นจึงสัมผัสและผลักดันกันและกันมากกว่า การขยายตัวของกระดาษจึงเกิดขึ้นมากกว่า และเมื่อกระดาษสูญเสียความชื้นการหดตัวก็เกิดขึ้นมากกว่าด้วยเช่นกัน นอกจากปริมาณการบดเยื่อแล้ว ตัวเติมที่เติมเข้าไปในกระดาษก็มีผลต่อการคงสภาพเชิงมิติของกระดาษ ทั้งนี้ตัวเติมมีส่วนช่วยให้กระดาษมีการคงสภาพเชิงมิติดีขึ้น เนื่องจากตัวเติมดูดความชื้นได้น้อยกว่าเส้นใยเซลลูโลสมาก

การเปลี่ยนแปลงเชิงมิติของกระดาษเมื่อได้รับแรงเกิดขึ้นเมื่อนำกระดาษชนิดนั้นไปใช้พิมพ์ โดยแรงที่กระดาษได้รับคือ แรงกดพิมพ์จากโมแม่พิมพ์หรือโมยางกับโมกดพิมพ์และแรงที่เกิดจากการพิมพ์หมึกพิมพ์บนกระดาษ โดยเฉพาะหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดและความเหนียวสูง ทั้งนี้เมื่อได้รับแรง กระดาษจะยืดตัวอย่างถาวรหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของแรงที่กระดาษได้รับ โดยปกติกระดาษมีความยืดหยุ่นในระดับหนึ่ง กล่าวคือ ถ้าได้รับแรงที่ไม่มากเกินไป กระดาษจะขยายตัวออกแล้วหดตัวกลับเมื่อแรงกระทำหมดไป อย่างไรก็ตามถ้าแรงที่กระดาษได้รับมากเกินไปกระดาษก็จะสูญเสียสมบัติยืดหยุ่นนี้ไป ทำให้การขยายตัวเกิดขึ้นอย่างถาวร

ในงานพิมพ์สอดสี กระดาษที่มีการคงสภาพเชิงมิติที่ดีมีความจำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบการพิมพ์ออฟเซตที่ต้องมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง มิฉะนั้นแล้วย่อมก่อให้เกิดปัญหา "การพิมพ์เหลื่อม" (misregister) มากจนเกินขอบเขตที่สามารถยอมรับได้ กระดาษที่มีการยืดและหดตัวในแต่ละส่วนพิมพ์มากมีผลให้หมึกพิมพ์แต่ละสีพิมพ์ซ้อนทับกันในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้อง ทำให้ได้ภาพพิมพ์ที่พร่ามัว ไม่คมชัด สูญเสียรายละเอียด และเกิดความผิดเพี้ยนของสีขึ้นได้

1.1.4 ความพรุน *(porosity)* ความพรุนของกระดาษหมายถึง สมบัติของกระดาษในการให้อากาศไหลผ่านกระดาษได้มากหรือน้อย กระดาษที่มีความพรุนมากคือกระดาษที่มีช่องว่างในเนื้อมาก อากาศจึงสามารถไหลผ่านได้ง่าย ทั้งนี้ความพรุนของกระดาษขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ต่อไปนี้

1) ชนิดของเยื่อ กระดาษที่ผลิตจากเยื่อใยสั้นมีความพรุนน้อยกว่ากระดาษที่ผลิตจากเยื่อใยยาว เพราะเยื่อใยสั้นมีขนาดเล็กกว่าจึงสามารถอัดแน่นในเนื้อกระดาษได้ดีกว่าเยื่อใยยาว ทำให้มีช่องว่างในเนื้อกระดาษน้อยเมื่อผลิตโดยใช้สภาวะในการผลิตแบบเดียวกัน

2) ปริมาณการบดเยื่อ กระดาษที่ผลิตจากเยื่อที่ได้รับการบดมากกว่ามีความพรุนน้อยกว่ากระดาษที่ผลิตจากเยื่อที่ได้รับการบดน้อยกว่า เพราะเส้นใยเกี่ยวประสานกันและอัดตัวกันได้ดีกว่า ทำให้มีช่องว่างระหว่างเส้นใยน้อยกว่า

3) สารเติมแต่ง ตัวเติมและสารเพิ่มความแข็งแรงผิวที่เติมเข้าไปในกระดาษมีส่วนในการอุดหรือปิดช่องว่างของกระดาษ ทำให้กระดาษมีความพรุนน้อยลง

4) การกดรีดน้ำ การรีดผิว และการขัดผิว ทำให้เส้นใยเซลลูโลสอัดตัวกันได้แน่นมากขึ้น ทำให้ช่องว่างระหว่างเส้นใยมีน้อยลง

กระดาษที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ที่มีการแห้งตัวโดยการซึมผ่านต้องมีความพรุนสูง เพื่อให้ตัวพาของหมึกพิมพ์สามารถซึมเข้าไปในช่องว่างของกระดาษ ทำให้องค์ประกอบที่เหลือของหมึกพิมพ์ที่ผิวกระดาษเกิดการแห้งตัวได้ อย่างไรก็ตามกระดาษที่มีความพรุนมากเกินไปมีผลทำให้หมึกพิมพ์สามารถซึมผ่านเข้าไปในกระดาษได้มาก จึงมีผงสีอยู่ที่ผิวกระดาษน้อย ทำให้ได้ภาพพิมพ์ที่มีความอิ่มตัวสีน้อย นอกจากนี้หมึกพิมพ์ที่มีตัวพาที่มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบ หากซึมผ่านเข้าไปในเนื้อกระดาษมากจะทำให้กระดาษเกิดความโปร่งแสงมากขึ้นก่อให้เกิดปัญหา "เห็นทะลุ" (show through) ได้ โดยทั่วไปงานพิมพ์ที่มีคุณภาพเป็นการพิมพ์โดยใช้กระดาษเคลือบผิว ทั้งนี้กระดาษเคลือบผิวมีความพรุนน้อยกว่ากระดาษไม่เคลือบผิว ดังนั้นหมึกพิมพ์ที่ใช้จึงต้องแห้งตัวด้วยวิธีอื่นร่วมอยู่ด้วยที่ไม่ใช่อาศัยเพียงการซึมผ่านของหมึกพิมพ์ในการแห้งตัวเท่านั้น

1.2 สมบัติเชิงผิว (Surface properties) สมบัติเชิงผิวของกระดาษที่สำคัญมีดังนี้

1.2.1 ความต่างของผิวกระดาษ *(two-sidedness)* กระดาษที่ผลิตจากเครื่องผลิตกระดาษมีผิวกระดาษทั้งสองด้านแตกต่างกันดังที่ได้กล่าวในข้างต้น โดยด้านตะแกรงของกระดาษเป็นด้านที่มีร่องรอยของรูปร่างตะแกรงปรากฏให้เห็นและ/หรือสัมผัสได้ ความชัดเจนของรอยตะแกรงแตกต่างกันไปในกระดาษแต่ละชนิด นอกจากนี้ความชัดเจนของรอยตะแกรงยังขึ้นอยู่กับชนิดของตะแกรงแยกน้ำของเครื่องผลิตกระดาษ ปริมาณการรีดผิวและขัดผิว และการเคลือบผิวหรือไม่เคลือบผิวกระดาษอีกด้วย

ทั้งนี้เส้นใยเซลลูโลสในด้านตะแกรงมีขนาดใหญ่และยาวกว่าและเรียงตัวไปในแนวขนานเครื่องมากกว่าเส้นใยเซลลูโลสในด้านสักหลาด รวมทั้งสารเติมแต่งที่มีในด้านตะแกรงก็มีขนาดใหญ่กว่าที่มีในด้านสักหลาดด้วย ทำให้กระดาษด้านตะแกรงมีความแข็งแรงผิวมากกว่ากระดาษด้านสักหลาด อย่างไรก็ตามกระดาษด้านสักหลาดเป็นกระดาษที่เหมาะสำหรับใช้พิมพ์มากกว่าเนื่องจากมีผิวหน้าที่เรียบกว่า ในปัจจุบันมีเครื่องผลิตกระดาษที่ผลิตกระดาษให้มีผิวกระดาษทั้งสองด้านมีสมบัติเหมือนกัน โดยการใช้สายพานของตะแกรงแยกน้ำเป็นสองสาย (twin-wire former) แทนการใช้ตะแกรงเพียงสายพานเดียว น้ำเยื่อจะไหลผ่านเข้าไประหว่างสายพานของตะแกรงทั้งสองสาย การแยกน้ำออกจากเยื่อจึงเกิดขึ้นพร้อมกันทั้งสองด้าน และกระดาษที่ได้มีด้านที่เป็นด้านตะแกรงทั้งสองด้าน

1.2.2 ความเรียบ *(smoothness)* ความเรียบหมายถึง ระดับความราบ (levelness) ของผิวกระดาษที่เทียบกับผิวแก้วเรียบว่ามีความราบใกล้เคียงกันมากเท่าใด ทั้งนี้กระดาษที่ผลิตจากเยื่อใยสั้นและเยื่อที่บดมากกว่ามีผิวที่เรียบกว่ากระดาษที่ผลิตจากเยื่อใยยาวและเยื่อที่บดน้อยกว่า นอกจากนี้ตัวเติมที่ผสมเข้าไปในน้ำเยื่อการรีดและการขัดผิวกระดาษ ก็มีส่วนทำให้กระดาษมีผิวเรียบเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ความเรียบของกระดาษมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพงานพิมพ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบการพิมพ์กราวัวร์และเลตเตอร์เพรสส์ กระดาษที่ผิวไม่เรียบทำให้เกิดการพิมพ์ติดบ้างไม่ติดบ้างของเม็ดสกรีน และยังทำให้เม็ดสกรีนบวมตัวได้มาก ซึ่งจะทำให้ภาพมีสีผิดเพี้ยนและมีความเปรียบต่างน้อยลงโดยเฉพาะตั้งแต่บริเวณที่เป็นน้ำหนักสีกลาง (midtone) ไปจนถึงบริเวณเงา (shadow)

1.2.3 ความแข็งแรงผิว *(surface strength)* ความแข็งแรงผิวหมายถึง ความทนทานของผิวกระดาษต่อการถอนผิว (picking) ซึ่งเกิดจากแรงที่เกิดขึ้นในระหว่างการพิมพ์ โดยเป็นแรงที่กระทำกับกระดาษในแนวตั้งฉาก ทั้งนี้ถ้าแรงที่ใช้แยกชั้นหมึกพิมพ์ในระหว่างการพิมพ์สูงกว่าความแข็งแรงผิวของกระดาษจะทำให้เกิดการถอนผิวกระดาษขึ้นได้ การถอนผิวนี้อาจมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสและ/หรือสารเคลือบผิวเฉพาะในบริเวณผิวกระดาษเท่านั้นหลุดออกมา หรืออาจทำให้เส้นใยที่อยู่ลึกลงไปจากบริเวณผิวกระดาษเกิดการหลุดลอกออกมาก็ได้ ทั้งนี้การถอนผิวกระดาษเกิดขึ้นมากน้อยขึ้นอยู่กับประเภทของกระดาษ ความเร็วในการพิมพ์ และความเหนียวของหมึกพิมพ์ที่ใช้เป็นสำคัญ

กระดาษที่ผลิตจากเยื่อใยยาวมีความแข็งแรงผิวดีกว่ากระดาษที่ผลิตจากเยื่อใยสั้น การเพิ่มปริมาณการบดตีเยื่อก็มีส่วนทำให้ได้กระดาษที่มีความแข็งแรงผิวเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน นอกจากนี้การเพิ่มความแข็งแรงผิวให้กระดาษก็สามารถทำได้โดยใช้สารเพิ่มความแข็งแรงผิว ส่วนการเพิ่มความสามารถในการยึดติดของสารเคลือบผิวบนกระดาษทำได้โดยการเพิ่มปริมาณของสารยึดติด อย่างไรก็ตามความแข็งแรงผิวของกระดาษลดลงตามปริมาณการเติมตัวเติมให้กระดาษที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากตัวเติมไปขัดขวางการเกิดพันธะเคมีระหว่างเส้นใยเซลลูโลสจึงมีผลทำให้ความแข็งแรงผิวลดลง

ปัญหาการถอนผิวกระดาษที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระดาษมีความแข็งแรงผิวน้อย นอกจากจะทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับภาพที่พิมพ์บนกระดาษแล้วยังทำให้เกิดปัญหาทางการพิมพ์อื่น ๆ ด้วย กล่าวคือ เมื่อเส้นใยเซลลูโลสและสารเคลือบผิวที่หลุดออกมาไปสะสมบนแม่พิมพ์หรือผ้ายาง (piling) มีผลทำให้การถ่ายโอนหมึกพิมพ์เป็นไปได้ไม่ดี ทำให้เกิดปัญหาพิมพ์กระดำกระด่าง จุดในพื้นทึบ (hicky) และ/หรือ คราบหมึกพิมพ์ติดในบริเวณไร้ภาพขึ้นได้

กระดาษสำหรับระบบการพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์และออฟเซตต้องมีความแข็งแรงผิวกระดาษมากกว่ากระดาษในระบบการพิมพ์อื่น ๆ เนื่องจากการพิมพ์ทำโดยใช้หมึกพิมพ์ที่มีความเหนียวสูง ซึ่งการใช้แรงในการถ่ายโอนหมึกพิมพ์ลงบนผิวหน้ากระดาษและในการแยกชั้นหมึกพิมพ์จากผิวหน้ากระดาษย่อมต้องใช้มากกว่าระบบการพิมพ์อื่น

1.3 สมบัติเชิงลักษณะปรากฏ *(Appearance properties)* สมบัติเชิงลักษณะปรากฏเป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนแสง (reflection) การดูดกลืนแสง (absorption) การส่องผ่านแสง (transmission) และการกระเจิงแสง (scattering) ของกระดาษเป็นสำคัญ ซึ่งสมบัติเชิงลักษณะปรากฏของกระดาษที่สำคัญมีดังนี้

1.3.1 สี *(color)* เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับสมบัติการเลือกดูดกลืนแสง (selective absorption) และเลือกสะท้อนแสง (selective reflection) ที่ตกกระทบบนกระดาษ สีของกระดาษขึ้นอยู่กับประเภทของเยื่อและสารให้สีที่เติมเข้าไปในกระดาษเป็นสำคัญ โดยถ้าใช้เยื่อเชิงกลและเยื่อคราฟต์ที่ไม่ผ่านกระบวนการฟอกเยื่อ กระดาษนั้นจะมีสีออกไปทางสีเหลืองและสีน้ำตาลตามลำดับ สำหรับสารสีที่เติมเข้าไปในกระดาษนั้นถ้าเป็นผงสีอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ผงสีขาวก็จะทำให้กระดาษมีสีตามสีของผงสีที่เติมเข้าไป

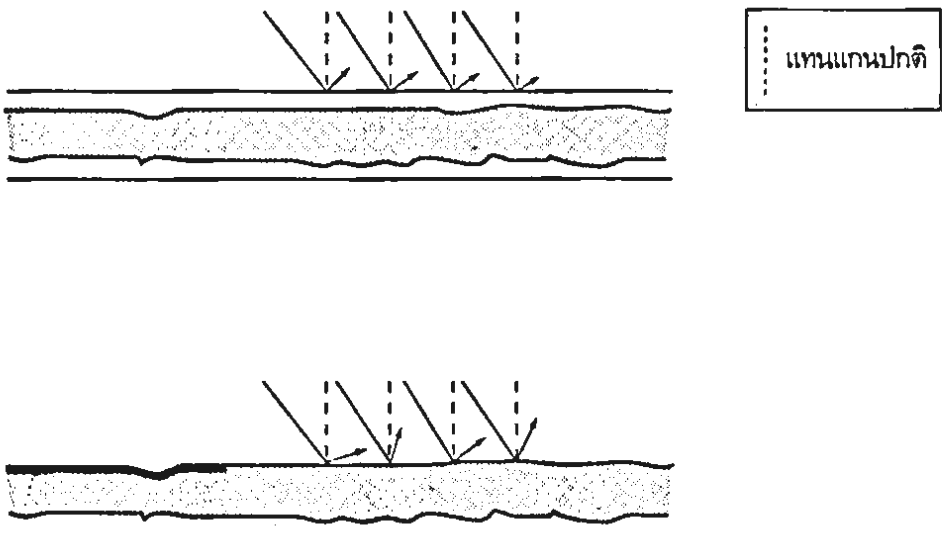
1.3.2 ความขาว *(whiteness)* ***และความขาวสว่าง*** ความขาวและความขาวสว่างเป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสะท้อนแสงของกระดาษเช่นเดียวกับสี ความขาวและความขาวสว่างมีความหมายแตกต่างกันเล็กน้อยดังนี้

ความขาวเป็นสมบัติของกระดาษในการสะท้อนแสงในทุกความยาวคลื่นของแสงตกกระทบได้ในปริมาณเท่า ๆ กัน ทั้งนี้กระดาษสีขาว สีเทา และสีดำ ต่างก็สามารถสะท้อนแสงในแต่ละความยาวคลื่นของแสงตกกระทบได้ใกล้เคียงกันไม่มากก็น้อย แต่กระดาษสีขาวสามารถสะท้อนแสงตกกระทบในแต่ละความยาวคลื่นได้มากกว่ากระดาษสีเทาและกระดาษสีดำตามลำดับ

ในขณะที่ความขาวสว่างเป็นการเปรียบเทียบปริมาณการสะท้อนแสงตกกระทบของกระดาษ ณ ความยาวคลื่นใดความยาวคลื่นหนึ่งเท่านั้น กับปริมาณการสะท้อนแสงตกกระทบ ณ ความยาวคลื่นเดียวกันของแผ่นสีขาวมาตรฐาน โดยปกติแสงที่ใช้เป็นแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงความยาวคลื่นของแสงสีน้ำเงิน สาเหตุที่เลือกใช้แสงในช่วงความยาวคลื่นนี้เป็นเพราะว่า กระดาษขาวมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาลมากกว่าสีอื่น ซึ่งกระดาษที่มีสีเหลืองน้ำตาลสามารถสะท้อนแสงเฉพาะแสงสีเขียวและแสงสีแดง โดยดูดกลืนแสงสีน้ำเงินไว้ ดังนั้นกระดาษที่มีความขาวสว่างมากจะสะท้อนแสงสีน้ำเงินได้มากกว่ากระดาษที่มีความขาวสว่างต่ำกว่า

กระดาษแต่ละชนิดมีความขาวและความขาวสว่างแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับว่าผลิตจากเยื่อประเภทใด และผ่านกระบวนการฟอกเยื่อมาหรือไม่ ตัวเติมและสารเพิ่มความขาวสว่างมีส่วนทำให้ความขาวและความขาวสว่างของกระดาษเพิ่มขึ้น ทั้งนี้กระดาษหนังสือพิมพ์ซึ่งผลิตจากเยื่อเชิงกลซึ่งมีปริมาณลิกนินอยู่มากมีค่าความขาวสว่างอยู่ระหว่าง 50-75 เปอร์เซ็นต์ กระดาษที่ผลิตจากเยื่อฟอกมีค่าความขาวสว่างอยู่ระหว่าง 75-90 เปอร์เซ็นต์ และกระดาษที่ผลิตจากเยื่อฟอกและมีการเติมสารเพิ่มความขาวสว่างเข้าไปด้วย อาจมีค่าความขาวสว่างมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป กระดาษที่มีความขาวและความขาวสว่างสูงแม้ว่าจะทำให้ได้ภาพพิมพ์ที่มีสีผิดเพี้ยนน้อย มีความอิ่มตัวสีสูงรวมทั้งความเปรียบต่างของภาพดี แต่การใช้งานในบางลักษณะ เช่น นำมาใช้พิมพ์เป็นหนังสือหรือตำราเรียนก็อาจมีผลเสียต่อการอ่านได้ เนื่องจากกระดาษที่มีความขาวและความขาวสว่างให้แสงสะท้อนเข้าตามากทำให้ตาเกิดอาการล้าได้เร็ว จึงต้องหยุดพักสายตาบ่อยครั้ง เป็นต้น

1.3.3 ความมันวาว (gloss) ความมันวาวเป็นสมบัติที่เกี่ยวกับความสามารถในการสะท้อนแสงของผิวกระดาษว่ามีการสะท้อนแสงคล้ายกับผิวกระจกเงามากเท่าไร ทั้งนี้กระดาษที่มีความมันวาวสูงต้องมีผิวที่เรียบมากคล้ายผิวกระจกมาก การสะท้อนแสงที่ทำให้เกิดความมันวาวแบบกระจกเรียกว่า การสะท้อนแสงแบบ "สเปกคิวลาร์" (specular reflection) หรือ "การสะท้อนตรง" (direct reflection) ซึ่งเป็นการสะท้อนแสงที่เกิดขึ้นโดยมีมุมสะท้อนที่ทำกับแกนปกติ (normal axis) มีขนาดเท่ากับมุมที่แสงตกกระทบทำกับแกนปกติ ดังแสดงในภาพที่ 3.11 (ก) ส่วนกระดาษที่ความมันวาวต่ำเป็นกระดาษที่มีผิวหน้าไม่เรียบหรือขรุขระมาก และมีลักษณะการสะท้อนแสงตกกระทบ ดังภาพที่ 3.11 (ข) ซึ่งแสงสะท้อนมีการกระจายออกไปในหลายทิศทางหรือหลายมุม จึงเรียก การสะท้อนแสงแบบนี้ว่า "การสะท้อนกระจาย" (diffuse reflection)



ภาพที่ 3.11 ก) การสะท้อนแสงตรงของกระดาษที่มีความมันวาวสูง และ ข) การสะท้อนกระจายของกระดาษที่มีความมันวาวต่ำ

ที่มา : Getting It Printed

ปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้กระดาษมีผิวที่เรียบมากขึ้น มีผลทำให้ความมันวาวของกระดาษเพิ่มขึ้นด้วย ความมันวาวของกระดาษมีผลต่อสีและความเปรียบต่างของภาพพิมพ์ กระดาษที่มีความมันวาวสูงเมื่อพิมพ์แล้วให้ภาพที่มีความอิ่มตัวสีและความเปรียบต่างสูงกว่าภาพที่พิมพ์บนกระดาษที่มีความมันวาวต่ำกว่า

1.3.4 ความทึบแสง (opacity) เป็นความสามารถของกระดาษในการกั้นแสงตกกระทบไม่ให้เดินทางผ่านหรือส่องผ่าน กระดาษที่มีความทึบแสงสูงกั้นแสงตกกระทบไม่ให้ส่องผ่านได้มากกว่ากระดาษที่มีความทึบแสงต่ำกว่า สมบัติของกระดาษที่มีผลทำให้กระดาษมีความทึบแสงมากหรือน้อยคือ การดูดกลืนและการกระเจิงแสงของกระดาษ กระดาษที่ดูดกลืนและกระเจิงแสงมากจะมีความทึบแสงมาก กระดาษที่ผลิตจากเยื่อไม้บดหรือเยื่อเชิงกลที่ไม่ผ่านการฟอกเยื่อมีความทึบแสงสูง เพราะลิกนินที่มีอยู่มากในกระดาษดูดกลืนแสงตกกระทบได้มาก

ส่วนการกระเจิงแสงของกระดาษขึ้นอยู่กับช่องว่างและตัวเติมที่มีอยู่ในเนื้อกระดาษเป็นสำคัญ กระดาษที่มีช่องว่างในกระดาษมากหรือมีความพรุนมากทำให้แสงมีโอกาสเกิดการกระเจิงได้มาก เนื่องจากแสงเกิดการหักเห (refraction) และเกิดการสะท้อนกระจายมาก โดยแสงเกิดการหักเหขึ้นเมื่อเดินทางจากอากาศเข้าสู่เส้นใยหรือออกจากเส้นใยเข้าสู่อากาศหรือตัวเติมที่มีอยู่ในเนื้อกระดาษ ส่วนการสะท้อนกระจายของแสงเกิดขึ้นจากการที่ผิวของเส้นใยและตัวเติมมีความขรุขระไม่ราบเรียบ

ดังนั้นกระดาษที่มีความทึบแสงน้อยจึงมีเส้นใยที่อยู่ชิดกันมากและมีปริมาณสารเติมแต่งอยู่ในกระดาษน้อย ในกระบวนการผลิตกระดาษ ปัจจัยใดก็ตามที่มีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสมีการอัดตัวกันแน่นก็มีผลทำให้กระดาษนั้นมีความทึบแสงน้อย ดังนั้นเยื่อที่ได้รับการบดมากเมื่อนำไปผลิตกระดาษก็จะได้กระดาษที่มีความทึบแสงน้อย นอกจากปริมาณการบดเยื่อแล้วการรีดผิวและการขัดผิวกระดาษก็มีผลทำให้ความทึบแสงของกระดาษลดลงด้วย

กระดาษที่ใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์ต้องมีความทึบแสงมากพอ กระดาษที่มีความทึบแสงต่ำเกินไปเมื่อนำไปใช้พิมพ์มีผลทำให้ความเปรียบต่างของภาพพิมพ์ลดลง และก่อให้เกิดปัญหาเห็นทะลุได้ โดยถ้าเป็นการพิมพ์ตัวหนังสือก็จะทำให้อ่านได้ยากหรืออ่านไม่ออกเนื่องจากมองเห็นภาพของตัวหนังสือหรือภาพที่พิมพ์อยู่อีกด้านหนึ่งของกระดาษ ส่วนกระดาษที่นำไปทำเป็นบรรจุภัณฑ์นั้น หากต้องใช้เพื่อปกปิดสิ่งของที่บรรจุอยู่ภายในก็ต้องมีความทึบแสงมากเช่นกัน เช่น กระดาษห่อของขวัญ กระดาษทำซองจดหมาย เป็นต้น

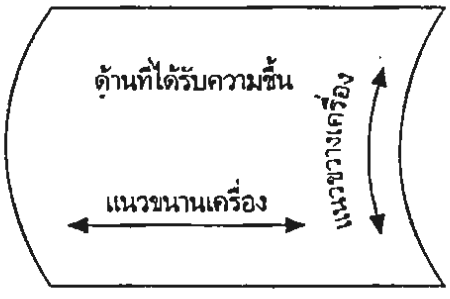
1.4 สมบัติเชิงเคมี (Chemical properties) สมบัติเชิงเคมีของกระดาษที่สำคัญมีดังนี้

1.4.1 การเกิดพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bonding) กับน้ำ จากการที่เซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxil group,-OH) ในโมเลกุล ทำให้สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ ดังนั้นเส้นใยเซลลูโลสจึงมีสมบัติดูดความชื้น และสามารถคายความชื้นได้ด้วย การที่เส้นใยเซลลูโลสจะดูดหรือคายความชื้นนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในกระดาษ (moisture content) ว่ามีมากหรือน้อยกว่าความชื้นสัมพัทธ์* (relative humidity) ในอากาศ ถ้าในอากาศมีปริมาณความชื้นมากกว่าความชื้นที่มีในกระดาษแล้ว เส้นใยเซลลูโลสจะดูดความชื้นจากอากาศ แต่ในทางกลับกันถ้าในอากาศมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าความชื้นที่มีในกระดาษ เส้นใยเซลลูโลสก็จะคายความชื้นให้แก่อากาศ เมื่อเส้นใยเซลลูโลสดูดและคายความชื้น เส้นใยเซลลูโลสเกิดการขยายและหดตัวตามลำดับ ทั้งนี้การขยายและหดตัวนี้เกิดขึ้นในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยมากกว่าในแนวความยาวของเส้นใย จึงทำให้กระดาษในแนวขวางเครื่องมีการคงสภาพเชิงมิติน้อยกว่ากระดาษในแนวขนานเครื่อง การขยายตัวและหดตัวนี้จะเกิดขึ้นไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะเข้าสู่สภาวะสมดุล ที่ซึ่งความชื้นในกระดาษและมิติของกระดาษไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกเมื่ออุณหภูมิและความชื้นในขณะนั้นคงที่

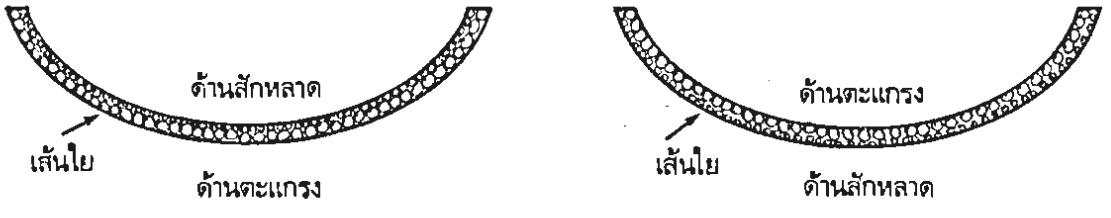
---

*ความชื้นสัมพัทธ์ คือ ร้อยละของอัตราส่วนระหว่างปริมาณไอน้ำในอากาศขณะนั้นกับปริมาณไอน้ำสูงสุดที่อากาศมีได้ ณ อุณหภูมิเดียวกัน โดยทั่วไปความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ กล่าวคือถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะลดลง และถ้าอุณหภูมิลดลง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะเพิ่มขึ้น

การดูดและคายความชื้นที่ไม่เท่ากันในแต่ละบริเวณของแผ่นกระดาษอาจทำให้ผิวของกระดาษมีลักษณะเป็นลูกคลื่นทั่วทั้งแผ่น หรือถ้าด้านใดด้านหนึ่งของแผ่นกระดาษเท่านั้นที่ได้รับความชื้นก็จะทำให้เกิดการโก่งงอเนื่องจากเส้นใยในกระดาษด้านที่ได้รับความชื้นมีการขยายตัวมากกว่า จึงทำให้เกิดการโก่งงอขึ้น โดยการโก่งงอเกิดขึ้นในแนวขวางเครื่อง และมีแกนของการโก่งงอคือแนวขนานเครื่อง ดังภาพที่ 3.12 (ก) แต่ถ้ากระดาษทั้งแผ่นได้รับความชื้นมีแนวโน้มว่ากระดาษจะเกิดการโก่งงอไปทางด้านสักหลาด เพราะกระดาษด้านตะแกรงเป็นด้านที่มีเส้นใยที่มีขนาดใหญ่กว่าเรียงตัวอยู่ในปริมาณมากกว่าด้านสักหลาด ดังภาพที่ 3.12 (ข) ในทางกลับกันเมื่อกระดาษทั้งแผ่นสูญเสียความชื้นจะเกิดการโก่งงอไปทางด้านตะแกรง ดังภาพที่ 3.12 (ค)



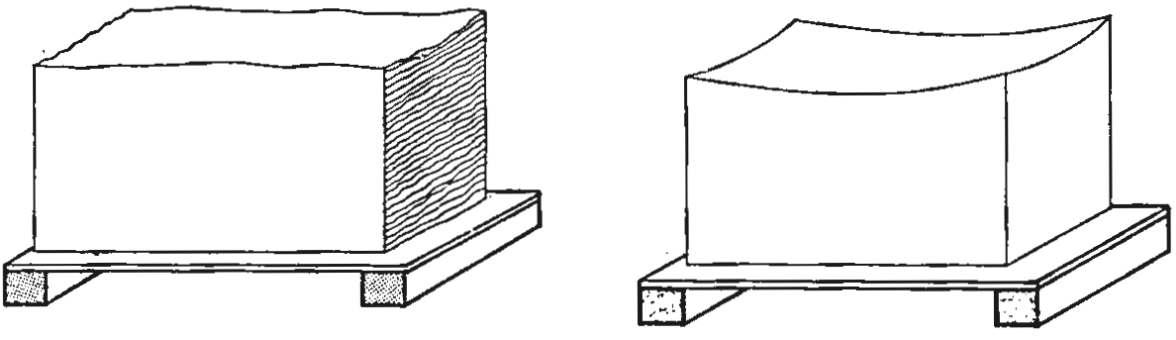
(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.12 การโก่งงอของกระดาษ ก) เมื่อด้านใดด้านหนึ่งของกระดาษได้รับความชื้น ข) เมื่อกระดาษทั้งแผ่นได้รับความชื้น และ ค) เมื่อกระดาษทั้งแผ่นสูญเสียความชื้น

สำหรับกระดาษที่ตั้งอยู่ในกองหรือในม้วน เมื่อความชื้นในอากาศมีการเปลี่ยนแปลง กระดาษตรงบริเวณขอบย่อมเกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงมิติมากกว่ากระดาษบริเวณอื่นที่อยู่ลึกเข้าไปในกองหรือในม้วน ทั้งนี้เป็นเพราะกระดาษตรงบริเวณขอบสัมผัสกับอากาศมากกว่า เมื่อความชื้นในอากาศสูงกว่าความชื้นในกระดาษ บริเวณขอบกระดาษย่อมได้รับความชื้นมากกว่าบริเวณอื่นจึงขยายตัวได้มากกว่า ทำให้ขอบกระดาษมีลักษณะเป็นคลื่น หรือเรียกปัญหานี้ว่า "ขอบเป็นคลื่น" (wavy edge) ดังภาพที่ 3.13 (ก) ในทางกลับกัน เมื่อความชื้นในอากาศต่ำกว่าความชื้นในกระดาษ บริเวณขอบกระดาษย่อมคายความชื้นได้มากกว่าบริเวณอื่นที่อยู่ในกองหรือในม้วน จึงเกิดการหดตัวมากกว่า หรือเรียกปัญหานี้ว่า "ขอบหด" (tight edge) โดยการเกิดขอบหดนี้มีผลให้กระดาษที่อยู่ในกองมีลักษณะโค้งลงเป็นแอ่ง ดังภาพที่ 3.13 (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 8.13 ปัญหา ก) ขอบเป็นคลื่น และ ข) ขอบหด ของแผ่นกระดาษในกองกระดาษ

การยืดและหดตัวของกระดาษมีผลต่อคุณภาพของงานพิมพ์ กล่าวคือ ทำให้เกิดปัญหาการพิมพ์เหลื่อมขึ้นได้ เพื่อลดปัญหาการพิมพ์เหลื่อมให้เกิดน้อยลงเนื่องจากการยืดและหดตัวของกระดาษ จึงไม่ควรนำกระดาษที่นำออกจากห้องเก็บซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างจากห้องพิมพ์มากไปใช้พิมพ์ในทันที ควรมีการปรับสภาวะ (conditioning) กระดาษก่อน โดยการทิ้งไว้ในห้องพิมพ์จนกว่าความชื้นและอุณหภูมิของกระดาษอยู่ในสภาวะสมดุลกับความชื้นและอุณหภูมิของอากาศในห้องพิมพ์ ทั้งนี้ระยะเวลาสำหรับการปรับสภาวะนั้นขึ้นอยู่กับว่าความแตกต่างระหว่างความชื้นและอุณหภูมิของกระดาษ และความชื้นและอุณหภูมิของอากาศในห้องพิมพ์ว่ามีมากเท่าไร

1.4.2 ความเป็นกรดด่าง (acidity and alkalinity) ความเป็นกรดด่างของกระดาษมีความสำคัญต่ออายุการใช้งานของกระดาษและการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนกระดาษ กระดาษที่มีความเป็นกรดสูงจะทำให้เส้นใยเซลลูโลสสูญเสียความแข็งแรงเนื่องจากไปทำลายพันธะเคมีในสายโมเลกุลของเซลลูโลส ทำให้กระดาษมีอายุการใช้งานสั้นลง ส่วนปัญหาเกี่ยวกับการแห้งตัวของหมึกพิมพ์นั้น เกิดขึ้นกับการพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ที่มีการแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน ทั้งนี้ในหมึกพิมพ์ดังกล่าวมีการเติมสารทำแห้งซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับกรดในกระดาษ ทำให้สูญเสียสมบัติการจับออกซิเจนได้ จึงทำให้อัตราเร็วในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ลดลง (รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ได้กล่าวไว้ในหน่วยที่ 4)

ความเป็นกรดด่างของกระดาษขึ้นกับสภาพความเป็นกรดด่างของเยื่อและของสารเติมแต่งที่นำมาผลิตเป็นกระดาษนั้น ตัวอย่างเช่น กระดาษที่ผลิตจากเยื่อซัลไฟต์มีความเป็นกรดมากกว่ากระดาษที่ผลิตจากเยื่อซัลเฟต กระดาษที่มีรอซินเป็นองค์ประกอบมีความเป็นกรดมากกว่ากระดาษที่มีสารเอเคดีเป็นสารกันซึม กระดาษที่ผลิตจากเยื่อที่ไม่ผ่านการฟอกเยื่อมีความเป็นกรดมากกว่ากระดาษที่ผลิตจากเยื่อที่ผ่านกระบวนการฟอกเยื่อแล้ว เป็นต้น

2. สภาพเดินกระดาษคล่อง

สภาพเดินกระดาษคล่องของกระดาษเป็นความสามารถของกระดาษที่จะถูกพิมพ์ โดยไม่ขัดขวางกลไกการทำงานของเครื่องพิมพ์ กระดาษที่มีสมบัติไม่เหมาะสมหรือมีแผ่นชำรุดย่อมทำให้สภาพเดินกระดาษคล่องของกระดาษบนเครื่องพิมพ์เสียไปซึ่งทำให้ผลผลิตสิ่งพิมพ์ลดลง เนื่องจากอาจต้องลดความเร็วในการพิมพ์ลง หรืออาจต้องเสียเวลาในการปรับตั้งหรือทำความสะอาดเครื่องพิมพ์ นอกจากสภาพเดินกระดาษคล่องของกระดาษแล้ว

สมบัติบางประการของกระดาษที่เกี่ยวข้องกับความทนทานในการขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์และความทนทานต่อการใช้งานของกระดาษก็ได้รวมไว้ในส่วนนี้ด้วยเช่นกัน สมบัติของกระดาษที่เกี่ยวข้องกับสภาพเดินกระดาษคล่องและความทนทานต่อการขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์และการใช้งานที่สำคัญมีอยู่ด้วยกันดังนี้ คือ

2.1 น้ำหนักพื้นฐาน (basis weight) น้ำหนักพื้นฐานของกระดาษมีความสำคัญเพราะราคาซื้อขายกระดาษกำหนดโดยใช้น้ำหนักพื้นฐานเป็นเกณฑ์ ทั้งนี้ระบบกำหนดน้ำหนักพื้นฐานมาตรฐานของกระดาษที่ใช้กันทั่วไปมีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบ คือ

2.1.1 ระบบน้ำหนักพื้นฐานอิมพีเรียล *(Imperial basis weight system)* หรือระบบน้ำหนักพื้นฐานพรีเมตริก (Premetric basis weight system) ระบบน้ำหนักพื้นฐานมาตรฐานนี้เป็นระบบที่กำหนดน้ำหนักพื้นฐานของกระดาษเป็นน้ำหนักในหน่วยปอนด์ต่อกระดาษ 1 รีม ซึ่งกระดาษจำนวน 1 รีม อาจมีเพียง 500 แผ่นหรือ 1,000 แผ่นก็ได้แต่โดยทั่วไปมักกำหนดให้กระดาษ 1 รีม เท่ากับ 500 แผ่น ทั้งนี้น้ำหนักของกระดาษต่อรีมดังกล่าวต้องเป็นกระดาษที่ตัดได้ขนาดมาตรฐาน (basic size) ในหน่วยนิ้วด้วย เช่น ขนาดมาตรฐานของกระดาษสำหรับการพิมพ์หนังสือคือ 25 x 38 นิ้ว ขนาดมาตรฐานของกระดาษสำหรับพิมพ์หนังสือพิมพ์ คือ 24 x 36 นิ้ว เป็นต้น ดังนั้นถ้ากระดาษสำหรับพิมพ์หนังสือจำนวน 500 แผ่น มีน้ำหนักเท่ากับกระดาษสำหรับพิมพ์หนังสือพิมพ์แล้ว กระดาษพิมพ์หนังสือย่อมมีความหนาหรือน้ำหนักต่อแผ่นน้อยกว่ากระดาษพิมพ์หนังสือพิมพ์

2.1.2 ระบบน้ำหนักพื้นฐานเมตริก *(Metric basis weight system)* ระบบน้ำหนักพื้นฐานเมตริกเป็นระบบกำหนดน้ำหนักพื้นฐานของกระดาษ เป็นน้ำหนักของกระดาษในหน่วยกรัมต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรของกระดาษ (กรัมต่อตารางเมตร, g/m^2) หรือมีชื่อเรียกเฉพาะว่า "แกรมเมจ" (grammage) ในประเทศไทยการกำหนดน้ำหนักพื้นฐานของกระดาษใช้ระบบแกรมเมจ

การกำหนดน้ำหนักพื้นฐานของกระดาษโดยใช้ระบบเมตริกมีข้อดีกว่าการใช้ระบบอิมพีเรียล ตรงที่การเปรียบเทียบน้ำหนักพื้นฐานของกระดาษต่างประเภทกันที่ระบุเป็นกรัมต่อตารางเมตรสามารถทำได้ทันที โดยถ้าแกรมเมจของกระดาษใดสูงกว่ากระดาษนั้นก็มีน้ำหนักมากกว่า เพราะการคิดน้ำหนักคิดต่อหนึ่งหน่วยตารางเมตรเหมือนกัน ในขณะที่ระบบน้ำหนักพื้นฐานอิมพีเรียลการเปรียบเทียบกระดาษต่างประเภทกันไม่สามารถทำได้ในทันที เพราะการบอกน้ำหนักของกระดาษเป็นการบอกน้ำหนักของกระดาษที่มีขนาดหรือพื้นที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการเปรียบเทียบจึงต้องทราบขนาดมาตรฐานของกระดาษด้วย

น้ำหนักพื้นฐานของกระดาษนอกจากใช้เป็นเกณฑ์ในการซื้อขายกระดาษแล้ว ยังสามารถใช้เปรียบเทียบสมบัติอื่น ๆ ของกระดาษได้ด้วย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระดาษประเภทเดียวกันที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยสภาวะต่าง ๆ เหมือนกัน กระดาษที่มีน้ำหนักพื้นฐานมากกว่าจะมีความแข็งแรง ความหนา และ ความทึบแสงมากกว่ากระดาษที่มีน้ำหนักพื้นฐานต่ำกว่า

2.2 ความหนา (caliper) ความหนาของกระดาษหมายถึง ระยะทางในทิศตั้งฉากจากผิวหน้าด้านหนึ่งของกระดาษไปยังผิวหน้าอีกด้านหนึ่ง ความหนาของกระดาษมีความสำคัญเพราะเครื่องพิมพ์ในแต่ละระบบการพิมพ์หรือเครื่องพิมพ์ในระบบการพิมพ์เดียวกันแต่ผลิตจากผู้ผลิตต่างรายกันไม่สามารถพิมพ์กระดาษได้ในทุกความหนา การพิมพ์กระดาษที่มีความหนาต่างกันต้องมีการปรับตั้งส่วนต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์แตกต่างกัน เพื่อให้สภาพการเดินกระดาษคล่องบนเครื่องพิมพ์มีมากที่สุด

2.3 ความโก่งงอและความราบเรียบ กระดาษที่ไม่ราบเรียบมีความโก่งงอมีผลทำให้สภาพการเดินกระดาษคล่องของกระดาษบนเครื่องพิมพ์เสียไป ทำให้ต้องลดความเร็วในการพิมพ์ลงเพื่อป้องกันไม่ให้กระดาษเกิดการยับย่นหรือฉีกขาด ซึ่งอาจทำให้เกิดมีเศษกระดาษติดเข้าไปในหน่วยพิมพ์จนไม่สามารถทำการพิมพ์ต่อไป หรืออาจทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับส่วนต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์ได้ กระดาษที่ดีจึงควรมีการคงสภาพเชิงมิติที่ดี เพื่อว่ามิติของกระดาษมีการเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อได้รับแรงกระทำ หรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในกระดาษ

2.4 ความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength) ความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษคือความแข็งแรงต่อแรงเค้นที่กระทำต่อกระดาษในแนวยาว (tensile stress) ความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษเป็นสมบัติที่สำคัญของกระดาษในระบบการพิมพ์ป้อนม้วนมากกว่ากระดาษในระบบการพิมพ์ป้อนแผ่น เนื่องจากการพิมพ์ในระบบป้อนม้วนกระดาษต้องได้รับแรงดึงตึงตลอดเวลา หากกระดาษที่ใช้มีความแข็งแรงต่อแรงดึงน้อยอาจทำให้เกิดการขาดของกระดาษในระหว่างการพิมพ์ได้ นอกจากนี้กระดาษที่ต้องนำไปขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ ก็จำเป็นต้องมีความแข็งแรงต่อแรงดึงด้วย เนื่องจากในกระบวนการขึ้นรูปอาจมีแรงดึงกระทำต่อกระดาษไม่มากก็น้อย

กระดาษในแนวขนานเครื่องมีความแข็งแรงต่อแรงดึงมากกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่อง ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษได้แก่ ชนิดของเยื่อ ปริมาณการบดเยื่อ ปริมาณการกดรีดน้ำ น้ำหนักพื้นฐานของกระดาษ ปริมาณของตัวเติม และปริมาณความชื้นในกระดาษ กระดาษที่ทำจากเยื่อใยยาวและผ่านการบดเยื่อมากกว่ามีความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษมากกว่ากระดาษที่ทำจากเยื่อที่มีเส้นใยสั้นกว่า และผ่านการบดเยื่อมาน้อยกว่า เพราะเยื่อใยยาวและการบดเยื่อมากทำให้เส้นใยเซลลูโลสเกิดพันธะเคมีต่อกันได้มากขึ้น จึงมีความแข็งแรงต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น การกดรีดน้ำก็มีส่วนทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นเช่นกัน ด้วยเหตุผลเดียวกับการใช้เยื่อใยยาวและการเพิ่มปริมาณการบดเยื่อ โดยทั่วไปกระดาษมีความแข็งแรงต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักพื้นฐานที่เพิ่มขึ้นด้วย ความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษมีน้อยลงเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเติมให้กระดาษและปริมาณความชื้นในกระดาษมีมาก เพราะตัวเติมที่เติมเข้าไปมีผลทำให้เส้นใยเซลลูโลสเกิดพันธะเคมีระหว่างกันได้น้อยลง ส่วนน้ำทำให้พันธะเคมีระหว่างเส้นใยมีความแข็งแรงน้อยลง ทั้งสองปัจจัยจึงมีผลทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดึงของกระดาษมีน้อยลง

2.5 ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ (bursting strength) ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษหมายถึงความต้านทานต่อแรงที่กระทำกับพื้นที่หนึ่งตารางเมตรของกระดาษในแนวตั้งฉากก่อนที่กระดาษจะเกิดการขาดทะลุ ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษที่ผลิตจากเยื่อใยยาวมีมากกว่ากระดาษที่ผลิตจากเยื่อใยสั้น การเพิ่มปริมาณการบดเยื่อและการเติมสารเพิ่มความแข็งแรงผิวให้กระดาษมีผลทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่ตัวเติมทำให้ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษลดลง ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุเป็นความแข็งแรงของกระดาษที่มีความสำคัญต่อการใช้งาน โดยเฉพาะสิ่งพิมพ์ที่นำไปทำเป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ

2.6 ความแข็งแรงเมื่อเปียก (wet strength) ความแข็งแรงเมื่อเปียกของกระดาษหมายถึง ความแข็งแรงต่อแรงดึงหรือความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุของกระดาษในขณะที่อิ่มตัวไปด้วยน้ำ กระดาษที่มีความแข็งแรงเมื่อเปียกเป็นกระดาษที่มีความแข็งแรงลดลงไม่ต่ำจนเกินไปจากความแข็งแรงในขณะที่กระดาษแห้ง จนทำให้เกิดการฉีกขาดจากกันได้ง่าย ทั้งนี้การเพิ่มความแข็งแรงเมื่อเปียกให้กระดาษทำได้โดยเติมเรซินพวกฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde resin) ให้กระดาษ ตัวอย่างเช่น เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ (melamine formaldehyde) ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (urea formaldehyde) เป็นต้น เรซินเหล่านี้ทำหน้าที่ช่วยยึดเส้นใยด้วยพันธะเคมี ซึ่งเป็นพันธะเคมีที่ไม่สามารถทำลายได้ด้วยน้ำ จึงช่วยให้กระดาษยังคงความแข็งแรงเมื่อเปียกน้ำได้

กระดาษในระบบการพิมพ์ออฟเซตเป็นกระดาษที่ต้องมีความแข็งแรงเมื่อเปียกสูงกว่ากระดาษที่ใช้ในระบบการพิมพ์อื่น ๆ นอกจากนี้กระดาษที่ต้องมีการสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นก็จำเป็นต้องมีความแข็งแรงเมื่อเปียกสูงด้วยเช่นกัน เช่น กระดาษเช็ดมือ กระดาษพิมพ์เป็นแผนที่ โปสเตอร์ หรือ ฉลากสินค้า เป็นต้น

2.7 ความแข็งแรงต่อแรงฉีก (tearing strength) ความแข็งแรงต่อแรงฉีกของกระดาษหมายถึง ความต้านทานของกระดาษต่อแรงฉีก ความแข็งแรงต่อแรงฉีกนี้ขึ้นกับความยาวของเส้นใยเซลลูโลสเป็นสำคัญ โดยเส้นใยยาวมีความแข็งแรงต่อแรงฉีกมากกว่าเส้นใยสั้น การเพิ่มปริมาณการบดเยื่อก็มีผลทำให้ความแข็งแรงต่อแรงฉีก

ของกระดาษเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามหากบดเยื่อมากเกินไปจนทำให้เส้นใยมีขนาดสั้นลงมาก ความแข็งแรงต่อแรงฉีกของกระดาษก็จะลดน้อยลง แม้ว่าเส้นใยเซลลูโลสจะเกิดพันธะกันได้ดีขึ้นก็ตาม ทั้งนี้กระดาษในแนวขนานเครื่องมีความแข็งแรงต่อแรงฉีกน้อยกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่อง

ความแข็งแรงต่อแรงฉีกของกระดาษมีความสำคัญต่อการใช้งานมากกว่าสภาพการเดินกระดาษคล่องของกระดาษ ตัวอย่างของกระดาษที่ต้องมีความแข็งแรงต่อแรงฉีกสูง เช่น แผนที่ ปกหนังสือ ธนบัตร กระดาษห่อของ เป็นต้น

2.8 ความแข็งตึง (stiffness) ความแข็งตึงของกระดาษหมายถึง ความต้านทานของกระดาษต่อการโค้งที่เกิดจากน้ำหนักของตัวกระดาษเอง หรือแรงอื่นที่กระทำต่อกระดาษนั้น ทั้งนี้กระดาษมีความแข็งตึงเพิ่มขึ้นตามความหนาและน้ำหนักพื้นฐานที่มากขึ้น และกระดาษในแนวขนานเครื่องมีความแข็งตึงมากกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่อง ความแข็งตึงของกระดาษมีความสำคัญต่อการป้อนและรับกระดาษบนเครื่องพิมพ์ โดยปกติในการป้อนกระดาษเข้าพิมพ์มักป้อนกระดาษในแนวขนานเครื่องเข้าพิมพ์โดยให้มีทิศทางเดียวกับทิศทางการเดินแผ่นของเครื่องพิมพ์ เนื่องจากกระดาษในแนวขนานเครื่องมีความแข็งตึงมากกว่า ทำให้สภาพการเดินกระดาษคล่องดีกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่อง

กระดาษที่ต้องมีความแข็งตึงมาก เช่น กระดาษที่นำไปใช้ทำบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ ส่วนกระดาษที่ควรมีความแข็งตึงน้อย เช่น กระดาษทิชชู กระดาษเช็ดทำความสะอาด กระดาษเช็ดปาก กระดาษที่พิมพ์เป็นเนื้อในของหนังสือ เป็นต้น ในกรณีของกระดาษที่พิมพ์เป็นเนื้อในของหนังสือควรมีความแข็งตึงน้อย เพื่อว่าการเปิดออกอ่านและการพลิกหน้าหนังสือสามารถทำได้โดยง่าย ดังนั้นในการทำเป็นเล่ม กระดาษควรได้รับการวางให้แนวขวางเครื่องมีทิศตั้งฉากกับสันหนังสือ

การเพิ่มความแข็งตึงของกระดาษทำได้โดยเพิ่มปริมาณการบดเยื่อ แต่การบดเยื่อมากเกินไปมีผลทำให้ความแข็งตึงของกระดาษลดลงเนื่องจากทำให้เส้นใยมีความยาวน้อยลง ความแข็งตึงของกระดาษลดลงตามปริมาณของตัวเติมที่เติมให้กระดาษ ปริมาณความชื้นในกระดาษ และปริมาณการรีดผิวกระดาษที่เพิ่มขึ้น

2.9 ความแข็งแรงต่อการพับ (fold strength) ความแข็งแรงต่อการพับของกระดาษหมายถึง ความทนของกระดาษในการพับกลับไปมาแล้วเกิดความเสียหายต่อกระดาษน้อยที่สุด ทั้งนี้ความแข็งแรงต่อการพับของกระดาษในแนวขวางเครื่องมีมากกว่ากระดาษในแนวขนานเครื่อง ส่วนการเพิ่มความแข็งแรงต่อการพับของกระดาษทำได้โดยการเพิ่มปริมาณการบดเยื่อ ในขณะที่ตัวเติม สารเพิ่มความแข็งแรงผิว และสารเคลือบผิวต่าง ๆ ทำให้ความแข็งแรงต่อการพับของกระดาษลดลง นอกจากนี้ความชื้นก็มีผลต่อความแข็งแรงต่อการพับด้วย โดยถ้ากระดาษมีการสูญเสียความชื้นมากเกินไป กระดาษก็จะแห้งกรอบ และมีความยืดหยุ่นน้อยลง ความแข็งแรงต่อการพับจึงลดลง

ความแข็งแรงต่อการพับเป็นสมบัติของกระดาษที่จำเป็นน้อยมากต่อสภาพเดินกระดาษคล่องของกระดาษ แต่เป็นสมบัติที่มีความสำคัญต่อกระบวนการทำสำเร็จของแผ่นงานพิมพ์หลังการพิมพ์แล้ว ไม่ว่าจะเป็นการพับหรือการทำเล่มรวมไปถึงการขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์และการใช้งาน ตัวอย่างของกระดาษที่ต้องการความแข็งแรงต่อการพับสูง เช่น กระดาษธนบัตร กระดาษแผนที่ กระดาษซองจดหมาย กระดาษปก กระดาษกล่อง เป็นต้น

จากสมบัติของกระดาษทั้งหมดที่กล่าวข้างต้น สมบัติของกระดาษในข้อ 2.1-2.3 สามารถจัดเป็นสมบัติเชิงโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับสภาพเดินกระดาษคล่องของกระดาษ ส่วนสมบัติของกระดาษตั้งแต่ข้อ 2.4-2.9 สามารถจัดเป็นสมบัติเชิงกล (mechanical properties) ที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงและความทนทานต่อการใช้งานของกระดาษเป็นสำคัญ

กิจกรรม 3.1.3

1. สภาพพิมพ์ได้ของกระดาษมีความหมายอย่างไร และสมบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาพพิมพ์ได้มีอะไรบ้าง

2. จงอธิบายความหมายของสภาพเดินกระดาษคล่องของกระดาษ พร้อมทั้งยกตัวอย่างสมบัติของกระดาษที่เกี่ยวข้องกับสภาพเดินกระดาษคล่อง

ไปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 3 ตอนที่ 3.1 กิจกรรม 3.1.3

แนวตอบกิจกรรม 3.1.3

1. สภาพพิมพ์ได้ของกระดาษเป็นสมบัติของกระดาษที่เอื้อให้เกิดการผลิตงานพิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์ที่ใช้ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อคุณภาพงานพิมพ์ ทั้งนี้สามารถแบ่งสมบัติของกระดาษที่เกี่ยวข้องกับสภาพพิมพ์ออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1.1 สมบัติเชิงโครงสร้าง ได้แก่ ความสม่ำเสมอในการกระจายตัวของเส้นใย แนวเส้นใย การคงสภาพเชิงมิติ และความพรุน

1.2 สมบัติเชิงผิว ได้แก่ ความต่างของผิวกระดาษ ความเรียบ และความแข็งแรงผิว

1.3 สมบัติเชิงลักษณะปรากฏ ได้แก่ สี ความมันวาว ความทึบแสง ความขาวและความขาวสว่าง

1.4 สมบัติเชิงเคมี ได้แก่ การเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ และความเป็นกรดด่าง

2. สภาพเดินกระดาษคล่องของกระดาษเป็นความสามารถของกระดาษที่จะถูกพิมพ์ โดยไม่ก่อให้เกิดการขัดขวางกลไกการทำงานของเครื่องพิมพ์ ตัวอย่างสมบัติของกระดาษที่เกี่ยวข้องกับสภาพเดินกระดาษคล่อง เช่น น้ำหนักพื้นฐาน ความหนา ความราบเรียบ ความแข็งแรงต่อแรงดึง เป็นต้น

เรื่องที่ 3.1.4

ประเภทของกระดาษ

กระดาษสามารถแบ่งออกเป็นสามประเภทใหญ่ ๆ ตามประเภทและลักษณะของการใช้งานได้เป็น กระดาษพิมพ์ (printing paper) กระดาษแข็ง (board or paperboard) และกระดาษชนิดพิเศษ (specialty paper)

1. กระดาษพิมพ์

กระดาษพิมพ์ หมายถึงกระดาษที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์ในระบบการพิมพ์ต่าง ๆ โดยอาจแบ่งกระดาษพิมพ์ได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของการเคลือบผิว ดังนี้

1.1 กระดาษเคลือบผิว (coated paper) กระดาษเคลือบผิวคือกระดาษที่มีการเคลือบผิวด้วยตัวเติมต่าง ๆ เพื่อช่วยให้กระดาษมีสภาพพิมพ์ได้ดีขึ้น โดยการเคลือบผิวสามารถทำได้ทั้งกระดาษที่ผลิตจากเยื่อเชิงกล

และเยื่อเคมี กระดาษเคลือบผิวชนิดที่ใช้กันแพร่หลายคือ กระดาษอาร์ต (art paper) ซึ่งเป็นกระดาษเคลือบผิวที่มีคุณภาพดีที่สุดในบรรดากระดาษเคลือบผิวทั้งหลาย ทำจากเยื่อเคมีซึ่งเป็นเยื่อปลอดไม้ จึงมีความขาวและความคงทนดี มีผิวเรียบและความมันวาวสูงกว่ากระดาษไม่เคลือบผิว เหมาะสำหรับการพิมพ์งานสอดสีที่ต้องการคุณภาพสูง กระดาษอาร์ตที่ใช้สำหรับพิมพ์สิ่งพิมพ์ต่าง ๆ มีน้ำหนักพื้นฐานอยู่ระหว่างประมาณ 60-200 กรัมต่อตารางเมตร มีทั้งชนิดที่เคลือบด้านเดียวหรือเคลือบสองด้าน รวมทั้งชนิดที่ได้รับการเคลือบให้มีระดับความมันวาวแตกต่างกัน เช่น เคลือบด้าน (matte coating) เคลือบมันวาว (gloss coating) เคลือบมันแก้ว (cast coating) เป็นต้น

กระดาษอาร์ตเคลือบมันวาวและกระดาษอาร์ตเคลือบมันแก้วเหมาะสำหรับการพิมพ์สิ่งพิมพ์ที่ต้องการความสวยงามมากเป็นพิเศษ เนื่องจากมีความเรียบและความมันวาวมากกว่ากระดาษอาร์ตเคลือบด้าน ภาพที่พิมพ์ได้จึงมีสีสันที่อิ่มตัว มีเม็ดสกรีนที่คมชัด และมีความเปรียบต่างสูงกว่าภาพที่พิมพ์บนกระดาษอาร์ตเคลือบด้าน อย่างไรก็ตามกระดาษอาร์ตเคลือบด้านเป็นกระดาษที่เหมาะสำหรับการพิมพ์ภาพที่ไม่ต้องการให้มีความเปรียบต่างของภาพสูงมากเกินไป เพราะจะทำให้ภาพดูแข็งไม่นุ่มนวล เช่น ภาพคน ภาพอาหาร ภาพดอกไม้ เป็นต้น นอกจากนี้ตัวหนังสือที่พิมพ์บนกระดาษอาร์ตด้านยังสามารถอ่านได้ง่ายกว่ากระดาษอาร์ตมันด้วย เนื่องจากการสะท้อนแสงเกิดขึ้นน้อยกว่าจึงมีแสงรบกวนเข้าตาน้อยกว่า ทั้งนี้หากในหน้าสิ่งพิมพ์ที่พิมพ์บนกระดาษเคลือบผิวมันมีทั้งส่วนที่เป็นรูปภาพและตัวหนังสือ ก็อาจใช้น้ำมันวาร์นิชชนิดด้านเคลือบทับในส่วนที่เป็นตัวหนังสือ เพื่อให้สามารถอ่านได้ง่ายขึ้น

กระดาษอาร์ตใช้พิมพ์เป็นหนังสือ นิตยสาร วารสาร ปกหนังสือ ปฏิทิน โปสเตอร์ แผ่นพับ บัตรอวยพร เป็นต้น

1.2 กระดาษไม่เคลือบผิว (uncoated paper) กระดาษไม่เคลือบผิวคือกระดาษที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว จึงมีสภาพพิมพ์ได้และสภาพเดินกระดาษคล่องด้อยกว่ากระดาษเคลือบผิว คุณภาพของภาพพิมพ์บนกระดาษประเภทนี้จึงด้อยกว่าภาพที่พิมพ์บนกระดาษเคลือบผิว กระดาษไม่เคลือบผิวมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ตัวอย่างของกระดาษไม่เคลือบผิวมีดังนี้

1.2.1 กระดาษหนังสือพิมพ์หรือกระดาษปรู๊ฟ *(newsprint)* กระดาษหนังสือพิมพ์เป็นกระดาษที่ผลิตจากเยื่อเชิงกลเป็นส่วนใหญ่และมีเยื่อเคมีผสมเข้าไปด้วยเล็กน้อยเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กระดาษ ทั้งนี้เยื่อที่นำมาใช้ผลิตกระดาษประเภทนี้เป็นเยื่อผสมระหว่างเยื่อใยยาวและเยื่อใยสั้น และจากการที่เป็นกระดาษที่ผลิตจากเยื่อเชิงกลเป็นหลัก จึงยังคงมีปริมาณลิกนินอยู่ในกระดาษมาก ทำให้เกิดการเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาลได้เมื่อเก็บไว้นาน ๆ ดังนั้นจึงมีการผลิตกระดาษโดยใช้เยื่อที่ผ่านการฟอกเยื่อแล้วเพื่อให้ได้กระดาษที่มีความขาวสว่างมากขึ้น กระดาษชนิดนี้ใช้เพื่อพิมพ์เป็นหนังสือพิมพ์เป็นหลัก อย่างไรก็ตามก็มีการนำไปใช้พิมพ์เป็นสิ่งพิมพ์ประเภทอื่น ๆ เช่น หนังสือแบบเรียน สมุดแสดงรายนามผู้ใช้โทรศัพท์ นิตยสาร แผ่นพับ แผ่นปลิว ใบแทรก เป็นต้น กระดาษประเภทนี้ไม่มีสารเพิ่มความแข็งแรงผิวเป็นองค์ประกอบ เพื่อว่าตัวพาของหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนกระดาษประเภทนี้สามารถซึมผ่านเข้าไปในเนื้อกระดาษแล้วเกิดการแห้งตัวได้ กระดาษประเภทนี้ที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปมีน้ำหนักพื้นฐานอยู่ระหว่าง 45-50 กรัมต่อตารางเมตร

1.2.2 กระดาษพิมพ์เยื่อเชิงกล *(mechanical printing paper)* กระดาษพิมพ์เยื่อเชิงกลเป็นกระดาษที่คล้ายคลึงกับกระดาษหนังสือพิมพ์ แต่มีปริมาณของเยื่อไม้บดในกระดาษน้อยกว่าหรือมีปริมาณของเยื่อเคมีมากกว่า จึงมีความแข็งแรง ความขาวสว่าง และความคงทนดีกว่ากระดาษหนังสือพิมพ์ น้ำหนักพื้นฐานของกระดาษประเภทนี้ที่มีใช้กันอยู่ระหว่าง 37-67 กรัมต่อตารางเมตร ตัวอย่างของสิ่งพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยกระดาษชนิดนี้คล้ายคลึงกับสิ่งพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์

1.2.3 กระดาษพิมพ์ปลอดไม้ *(woodfree printing paper)* หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า "กระดาษปอนด์" กระดาษพิมพ์ปลอดไม้เป็นกระดาษพิมพ์ไม่เคลือบผิวที่ผลิตจากเยื่อเคมีทั้งหมด ไม่มีเยื่อเชิงกลผสมอยู่เลย จึงมีความแข็งแรงและความขาวสว่างมากกว่ากระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษพิมพ์เยื่อเชิงกล ใช้สำหรับพิมพ์งานที่ต้องการคุณภาพสูงกว่า เป็นกระดาษที่เหมาะกับการพิมพ์สิ่งพิมพ์ทั่วไปไม่ว่าจะเป็นหนังสือ นิตยสาร วารสาร หรือสิ่งพิมพ์ประเภทอื่น ๆ กระดาษประเภทนี้ที่ใช้กันทั่วไปมีน้ำหนักพื้นฐานอยู่ระหว่างประมาณ 60-135 กรัมต่อตารางเมตร

1.2.4 กระดาษบอนด์ *(bond paper)* กระดาษบอนด์เป็นกระดาษที่ผลิตจากเยื่อเคมีที่ผ่านการฟอกเยื่อแล้ว โดยมีทั้งชนิดที่ผลิตจากเยื่อที่ได้จากพืชยืนต้นและจากฝ้าย เป็นกระดาษที่มีความแข็งแรงและทนทาน แต่เดิมกระดาษประเภทนี้ใช้เพื่อพิมพ์เป็นพันธบัตร ใบหุ้น ใบสัญญาซื้อขาย และเอกสารทางกฎหมายอื่น ในปัจจุบันนำมาใช้พิมพ์เป็นสิ่งพิมพ์อื่น ๆ ด้วย เช่น ฟอร์มทางธุรกิจต่าง ๆ กระดาษพิมพ์หัวจดหมาย จดหมายข่าว เป็นต้น กระดาษประเภทนี้มีสารกันซึมเป็นองค์ประกอบ เพื่อช่วยไม่ให้หมึกพิมพ์และหมึกที่เขียนบนกระดาษประเภทนี้เกิดการซึมเข้าไปในเนื้อกระดาษมากเกินไป และมีการเติมสารเพิ่มความแข็งแรงผิวเข้าไปด้วย เพื่อช่วยให้ผิวหน้ากระดาษทนการลบด้วยยางลบและแรงที่เกิดขึ้นในระหว่างการพิมพ์ได้มากขึ้น โดยทั่วไปกระดาษบอนด์ที่มีใช้กันมีน้ำหนักพื้นฐานอยู่ระหว่างประมาณ 35-105 กรัมต่อตารางเมตร

1.2.5 กระดาษพิมพ์น้ำหนักเบา *(light-weight printing paper)* กระดาษพิมพ์น้ำหนักเบาเป็นกระดาษที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้พิมพ์เป็นสิ่งพิมพ์ที่เมื่อรวมเป็นเล่มแล้วมีหน้าสิ่งพิมพ์จำนวนมาก เช่น พจนานุกรม สารานุกรม คู่มือ คัมภีร์ของศาสนาต่าง ๆ เป็นต้น การพิมพ์สิ่งพิมพ์เหล่านี้หากพิมพ์ด้วยกระดาษที่มีน้ำหนักพื้นฐานและความหนามากก็จะทำให้ได้สิ่งพิมพ์ที่มีน้ำหนักและความหนาที่มากเกินไป ซึ่งจะทำให้พกพาได้ยากและการขนส่งมีราคาแพงด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขนส่งทางอากาศ น้ำหนักพื้นฐานโดยทั่วไปของกระดาษประเภทนี้อยู่ระหว่าง 25-59 กรัมต่อตารางเมตร ตัวอย่างของกระดาษพิมพ์น้ำหนักเบา เช่น

1) กระดาษไบเบิล (bible paper) กระดาษไบเบิลแต่เดิมเป็นกระดาษที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้พิมพ์เป็นคัมภีร์คำสอนของศาสนาคริสต์หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า "ไบเบิล" (bible) ผลิตจากเยื่อเคมีที่เป็นเยื่อใยยาวที่ได้จากพืชยืนต้นเป็นส่วนใหญ่ สำหรับกระดาษไบเบิลที่ต้องการคุณภาพสูงจะผลิตจากเยื่อฝ้ายหรือเยื่อลินิน (linen pulp) ที่ได้จากต้นแฟลกซ์ ส่วนตัวเติมที่ใช้คือ ไทเทเนียมไดออกไซด์ เพื่อทำให้กระดาษมีความทึบแสงมาก ในปัจจุบันกระดาษไบเบิลนอกจากใช้พิมพ์เป็นไบเบิลแล้ว ยังใช้พิมพ์เป็นพจนานุกรมและสารานุกรมด้วย กระดาษประเภทนี้มีน้ำหนักพื้นฐานอยู่ระหว่าง 25-59 กรัมต่อตารางเมตร

2) กระดาษแมนิโฟลด์ (manifold paper) เป็นกระดาษปอนด์ประเภทหนึ่งที่ใช้พิมพ์เพื่อทำเป็นกระดาษสำเนาสำหรับการทำสำเนาโดยใช้กระดาษคาร์บอน นอกจากนี้ยังใช้พิมพ์เป็นกระดาษแอร์เมล์ คู่มือ แคตาล็อก แผ่นโฆษณา เป็นต้น มีทั้งชนิดผิวด้านและชนิดที่มีผิวมันวาว เนื่องจากทำแห้งด้วยกระบอกแยงกีหรือเป็นกระดาษแมนิโฟลด์เอ็มจี กระดาษแมนิโฟลด์มีน้ำหนักพื้นฐานประมาณ 30 กรัมต่อตารางเมตร

กระดาษพิมพ์น้ำหนักเบาเป็นกระดาษที่มีความหนาน้อย ดังนั้นจึงมีความทึบแสงไม่มากนัก เพื่อให้กระดาษมีความทึบแสงมากพอที่จะไม่ทำให้เกิดปัญหาการเห็นทะลุได้จึงมีการเติมตัวเติมเข้าไปในกระดาษค่อนข้างมาก และเพื่อช่วยให้กระดาษมีความคงสภาพเชิงมิติดี เมื่อได้รับความชื้นที่มีในระบบการพิมพ์ก็ดีหรือจากหมึกที่ใช้พิมพ์และเขียนก็ดี จึงมีการเติมสารกันซึมเข้าไปในกระดาษประเภทนี้ด้วย

2. กระดาษแข็ง

กระดาษแข็งโดยทั่วไปหมายถึง กระดาษที่มีความแข็งตึง ความหนา และน้ำหนักพื้นฐานมากกว่ากระดาษพิมพ์ โดยทั่วไปกระดาษแข็งมีความหนาเกินกว่า 300 ไมโครเมตร (0.30 มิลลิเมตร) และมีน้ำหนักพื้นฐานเกินกว่า 250 กรัมต่อตารางเมตร อย่างไรก็ตามมีกระดาษบางชนิดที่มีความหนาและ/หรือน้ำหนักพื้นฐานมากกว่ากระดาษแข็ง แต่ก็จัดให้อยู่ในประเภทของกระดาษพิมพ์ กระดาษแข็งส่วนใหญ่ใช้ทำเป็นบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น กล่องกระดาษแข็ง กล่องกระดาษลูกฟูก เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้พิมพ์เป็นปกหนังสือ โปสเตอร์ หนังสือนิทานสำหรับเด็ก แผ่นพับ บัตรอวยพร ตั๋วรถไฟ เป็นต้น

กระดาษแข็งโดยทั่วไปผลิตโดยใช้เครื่องผลิตกระดาษประเภทไซลินเดอร์ อย่างไรก็ตามก็มีการใช้เครื่องผลิตกระดาษประเภทโฟร์ดริเนียร์ในการผลิตเป็นกระดาษแข็งด้วยเช่นกัน โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ในการผลิต ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการเตรียมน้ำเยื่อเหมือนกับการผลิตกระดาษพิมพ์ อย่างไรก็ตามการทำกระดาษแข็งมีความแตกต่างจากการผลิตกระดาษพิมพ์ตรงจำนวนอุปกรณ์ในส่วนทำแผ่นมีมากขึ้น กล่าวคือ ถ้าเป็นเครื่องผลิตกระดาษประเภทโฟร์ดริเนียร์จะมีถังจ่ายน้ำเยื่อมากกว่าหนึ่งถัง หรือถ้าเป็นเครื่องผลิตกระดาษประเภทไซลินเดอร์ก็จะมีการใช้งานไซลินเดอร์และถังเก็บน้ำเยื่อจำนวนมากขึ้นตามจำนวนชั้นหรือความหนาของกระดาษแข็งที่ต้องการผลิต ทั้งนี้กระดาษแข็งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

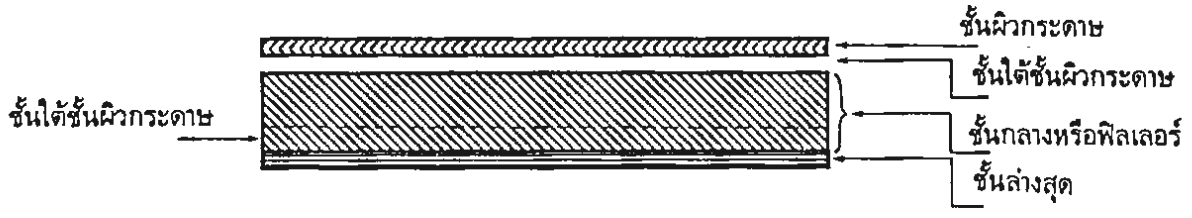
2.1 กระดาษแข็งชั้นเดียว *(single-ply board)* กระดาษแข็งชั้นเดียวเป็นกระดาษแข็งที่มีเพียงชั้นเดียว ผลิตจากเครื่องผลิตกระดาษประเภทโฟร์ดริเนียร์เป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่างของกระดาษแข็งชั้นเดียวมีดังนี้

2.1.1 ***กระดาษแข็งซัลเฟตชั้นเดียว*** *(solid sulfate board)* กระดาษแข็งซัลเฟตชั้นเดียวเป็นกระดาษแข็งชั้นเดียวที่ทำจากเยื่อซัลเฟตหรือเยื่อคราฟต์ มีทั้งชนิดที่ทำจากเยื่อคราฟต์ที่ผ่านการฟอกแล้วซึ่งมีชื่อเรียกว่ากระดาษแข็งซัลเฟตชั้นเดียวฟอก (solid bleached sulfate board) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า กระดาษแข็งเอสบีเอส (SBS board) ส่วนชนิดที่ทำจากเยื่อคราฟต์ที่ไม่ผ่านการฟอกเรียกว่า กระดาษแข็งซัลเฟตชั้นเดียวไม่ฟอก (solid unbleached sulfate board) หรือเรียกย่อ ๆ ว่ากระดาษแข็งเอสยูเอส (SUS board) กระดาษแข็งประเภทนี้มีความเหนียวและความแข็งแรงมาก มีทั้งชนิดที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิว สำหรับชนิดเคลือบผิวโดยปกติเคลือบผิวด้วยเคลย์เพื่อช่วยให้สภาพพิมพ์ได้ของกระดาษแข็งดีขึ้น

กระดาษแข็งเอสบีเอสนิยมใช้พิมพ์เป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร เครื่องสำอาง และยา เนื่องจากความขาวของกระดาษช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในดูมีความสะอาด ปลอดภัย และดูมีค่า สำหรับกระดาษแข็งเอสยูเอสใช้พิมพ์เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ความขาวมีความสำคัญน้อยต่อภาพพจน์ของสินค้าที่บรรจุภายใน เช่น ทำเป็นกล่องสำหรับบรรจุเพื่อการขนส่ง ส่วนของปกหนังสือ เป็นต้น

2.1.2 ***กระดาษแข็งเศษกระดาษ*** *(chipboard)* กระดาษแข็งเศษกระดาษเป็นกระดาษแข็งชั้นเดียวที่ทำจากเยื่อเวียนทำใหม่ทั้งหมด มีสีเป็นสีเทา ใช้ทำเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก น้ำหนักพื้นฐานของกระดาษประเภทนี้อยู่ระหว่าง 200-800 กรัมต่อตารางเมตร

2.2 กระดาษแข็งอัดหลายชั้น *(multi-ply board)* กระดาษแข็งหลายชั้นโดยทั่วไปประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 ชั้นต่าง ๆ ของกระดาษแข็งหลายชั้น

ชั้นผิวกระดาษ *(top liner)* เป็นชั้นบนสุดของกระดาษแข็ง มักทำจากเยื่อเคมีเพื่อให้มีความแข็งแรง และโดยทั่วไปเป็นชั้นที่ใช้พิมพ์ จึงเป็นชั้นที่ผลิตจากเยื่อที่ผ่านการฟอกเพื่อให้มีความขาวสว่าง และได้รับการเคลือบผิวเพื่อให้มีสภาพพิมพ์ได้ดี

ชั้นใต้ชั้นผิวกระดาษ *(underliner)* เป็นชั้นที่อยู่ระหว่างชั้นบนสุดและชั้นกลาง และ/หรือเป็นชั้นที่อยู่ระหว่างชั้นกลางกับชั้นล่างสุดของกระดาษแข็ง กระดาษในชั้นนี้มักทำจากเยื่อเชิงกล

ชั้นกลาง *(middle)* หรืออาจเรียกชั้นนี้ว่า "ฟิลเลอร์" (filler) เป็นชั้นที่อยู่ตรงกลางของกระดาษแข็ง โดยทั่วไปเป็นชั้นที่มีความหนามากกว่าชั้นอื่น ๆ กระดาษในชั้นนี้มักทำจากเยื่อเวียนทำใหม่

ชั้นล่างสุด *(backliner)* เป็นชั้นที่อยู่ล่างสุดของกระดาษแข็ง หรือเมื่อทำเป็นบรรจุภัณฑ์แล้วจะเป็นด้านใน กระดาษในชั้นนี้มักทำมาจากเยื่อผสมระหว่างเยื่อเชิงกลและเยื่อเคมี

อย่างไรก็ตามกระดาษแข็งทุกชนิดอาจมีชั้นต่าง ๆ ที่กล่าวในข้างต้นไม่ครบทุกชั้น ขึ้นอยู่กับว่ากระดาษแข็งที่ผลิตขึ้นมาจะนำไปใช้งานอะไร ต้องการความหนาและความแข็งแรงทนทานมากเท่าไร ชั้นแต่ละชั้นของกระดาษแข็งอาจเป็นชั้นหนาเพียงชั้นเดียวหรืออาจประกอบด้วยชั้นบาง ๆ ของกระดาษ 2 ถึง 8 ชั้น เคลือบติดกันก็ได้ และชั้นแต่ละชั้นของกระดาษแข็งอาจผลิตโดยใช้ชนิดของเยื่อหรือส่วนผสมของน้ำเยื่อแตกต่างกันได้ ถ้ากระดาษแข็งมีชั้นของกระดาษที่ทำโดยใช้น้ำเยื่อที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน 2 ชนิด 3 ชนิด และมากกว่า 3 ชนิดขึ้นไป จะเรียกกระดาษแข็งที่ผลิตได้ว่า "กระดาษแข็งทวิลักษณ์" (duplex board) "กระดาษแข็งไตรลักษณ์" (triplex board) และ "กระดาษแข็งพหุลักษณ์" (multiplex board) ตามลำดับ การที่เลือกใช้เยื่อต่างกันมาทำเป็นชั้นแต่ละชั้นของกระดาษก็เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตเป็นสำคัญ โดยชั้นอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ชั้นบนสุดอาจทำมาจากเยื่อที่คุณภาพต่ำกว่าไม่ว่าจะเป็นเยื่อไม้บดหรือเยื่อเวียนทำใหม่ก็ได้

สำหรับตัวอย่างของกระดาษแข็งอัดหลายชั้นมีดังนี้

*2.2.1 **กระดาษแข็งเศษกระดาษสองชั้น*** *(lined chipboard)* กระดาษแข็งเศษกระดาษสองชั้นเป็นกระดาษแข็งที่กระดาษชั้นล่างผลิตจากเยื่อจากเศษกระดาษที่ผ่านการใช้งานแล้ว ส่วนกระดาษชั้นบนถ้าผลิตจากเยื่อเคมีที่ผ่านการฟอกเยื่อแล้วจะเรียกว่า "กระดาษแข็งเศษกระดาษผิวขาว" (white lined chipboard) แต่ถ้ากระดาษชั้นบนผลิตจากเยื่อเคมีซัลเฟตหรือเยื่อคราฟต์ที่ไม่ผ่านการฟอกจะเรียกว่า "กระดาษแข็งเศษกระดาษผิวคราฟต์" (kraft lined chipboard) กระดาษแข็งเศษกระดาษสองชั้นที่มีใช้กันอยู่มีน้ำหนักพื้นฐานอยู่ระหว่าง 200-800 กรัมต่อตารางเมตร

2.2.2 กระดาษแข็งสำหรับผลิตกระดาษลูกฟูก กระดาษแข็งสำหรับผลิตกระดาษลูกฟูกอาจแบ่งเป็นประเภทตามโครงสร้างของแผ่นกระดาษแข็งลูกฟูก (corrugated board) ออกเป็นกระดาษแข็งสำหรับผลิตกระดาษแข็งประกบลูกฟูก (linerboard) และกระดาษแข็งทำไส้ลูกฟูก (fluting or corrugating medium) รายละเอียดเกี่ยวกับกระดาษแข็งแต่ละประเภทมีดังนี้

1) **กระดาษแข็งประกบลูกฟูก** กระดาษแข็งประกบลูกฟูกเป็นกระดาษแข็งเรียบที่นำมาประกบกับไส้ลูกฟูก ซึ่งส่วนใหญ่แล้วผลิตจากเยื่อคราฟต์ที่ไม่ผ่านการฟอก โดยเยื่อที่นำมาใช้ผลิตส่วนใหญ่เป็นเยื่อชนิดใยยาวเนื่องจากต้องการกระดาษที่มีความแข็งแรง อาจมีการผสมเยื่อใยสั้นและเยื่อเวียนทำใหม่เข้าไปด้วยในปริมาณเล็กน้อย น้ำหนักพื้นฐานของกระดาษประเภทนี้ที่มีใช้กันทั่วไปอยู่ระหว่าง 125-537 กรัมต่อตารางเมตร

2) **กระดาษแข็งทำไส้ลูกฟูก** กระดาษแข็งทำไส้ลูกฟูกเป็นกระดาษแข็งที่ส่วนใหญ่แล้วผลิตจากเยื่อกึ่งเคมีที่เป็นเยื่อใยสั้นหรือเยื่อเวียนทำใหม่อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือนำเยื่อทั้งสองชนิดมาผสมกัน น้ำหนักพื้นฐานของกระดาษประเภทนี้ที่มีใช้กันทั่วไปอยู่ระหว่าง 90-200 กรัมต่อตารางเมตร เมื่อทำเป็นแผ่นกระดาษแล้วก็จะนำไปขึ้นรูปทำเป็นลอนลูกฟูกต่อไป ก่อนที่นำไปใช้ประกบติดกับกระดาษแข็งประกบลูกฟูกด้วยกาว

3. กระดาษชนิดพิเศษ

กระดาษชนิดพิเศษ เป็นกระดาษที่ผลิตขึ้นให้มีลักษณะพิเศษตามความต้องการในการใช้งานเฉพาะอย่าง ตัวอย่างของกระดาษพิเศษมีดังนี้ คือ

3.1 กระดาษปลอดปลอม (safety paper) กระดาษปลอดปลอมเป็นกระดาษที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้พิมพ์เป็นสิ่งพิมพ์มีค่าประเภทต่าง ๆ เช่น ธนบัตร เช็ค ตั๋วแลกเงิน เป็นต้น รวมทั้งใบสัญญาทางกฎหมายต่าง ๆ ด้วย ดังนั้นจึงต้องเป็นกระดาษที่ผลิตขึ้นเพื่อช่วยไม่ให้การปลอมแปลงสามารถทำได้ง่าย ๆ ทั้งนี้ความหมายของกระดาษปลอดปลอมโดยทั่วไปมุ่งเน้นไปที่การเปลี่ยนแปลงที่มองเห็นได้ชัดเจนที่เกิดขึ้นกับกระดาษ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อความที่เขียนหรือพิมพ์บนกระดาษ เช่น การเปลี่ยนสีของกระดาษ การปรากฏขึ้นของข้อความ บางอย่างเป็นต้น ไม่ว่าการเปลี่ยนแปลงแก้ไขนั้นจะทำโดยใช้วิธีการทางกายภาพ (การขูดลบ) ทางเคมี (การใช้สารเคมี) หรือโดยวิธีการอื่นใดก็ตาม นอกจากการเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อความที่พิมพ์และ/หรือเขียนบนกระดาษแล้ว การปลอมแปลงตัวกระดาษเองก็มีให้พบเห็นกันทั่วไป ในที่นี้จึงขอกล่าวถึงเทคนิคบางอย่างที่ใช้เพื่อช่วยป้องกันการปลอมแปลงกระดาษและข้อความที่พิมพ์หรือเขียนบนกระดาษ

อย่างไรก็ตามข้อมูลความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีของการผลิตกระดาษปลอดปลอมเป็นความลับที่ไม่เป็นที่เปิดเผยโดยบริษัทผู้ผลิตกระดาษปลอดปลอมต่าง ๆ ดังนั้นในที่นี้จึงไม่สามารถกล่าวถึงวิธีการทำกระดาษปลอดปลอมทุกวิธีการที่มีใช้กันในปัจจุบันในรายละเอียดได้ จึงขอกล่าวถึงเฉพาะตัวอย่างเทคนิคของการทำกระดาษปลอดปลอมที่เป็นที่เปิดเผยและพบเห็นกันทั่วไปเท่านั้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1) กระดาษปลอดปลอมมักประกอบด้วยเส้นใยพิเศษนอกเหนือไปจากเส้นใยเซลลูโลส เช่น เส้นใยไหม เส้นใยพลาสติก เป็นต้น เส้นใยเหล่านี้มีขนาด ลักษณะ และทำให้มีสัสันแตกต่างจากเส้นใยเซลลูโลสจึงสามารถมองเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า นอกจากนี้ยังอาจใช้เส้นใยชนิดที่วาวแสงได้เมื่อส่องดูด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต หรือในกระดาษปลอดปลอมบางประเภทอาจมีการผสมเส้นใยที่เคลือบด้วยสารพิเศษบางอย่างซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสี แต่เมื่อนำกระดาษดังกล่าวไปทำปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิดก็จะเกิดเป็นสีที่ถาวรขึ้นมา

2) กระดาษปลอดปลอมอาจได้รับการผลิตให้มีลักษณะเป็นชั้น ๆ เหมือนกับกระดาษแข็ง โดยมีชั้นของกระดาษสีซ่อนอยู่ภายใน การตรวจสอบกระดาษที่มีว่าเป็นกระดาษปลอมหรือไม่สามารถทำได้โดยฉีกแบ่งครึ่งกระดาษ แล้วตรวจสอบดูว่ามีชั้นกระดาษสีอยู่ในกระดาษนั้นหรือไม่

3) หมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนกระดาษปลอดปลอมบางประเภท อาจเป็นหมึกพิมพ์ชนิดพิเศษที่สามารถมองเห็นได้เมื่อส่องดูด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตเท่านั้น โดยอาจพิมพ์เป็นข้อความบางอย่างเอาไว้ หรือในกรณีของการพิมพ์ตัวเลขบนเช็ค การพิมพ์ทำโดยใช้หมึกแม่เหล็ก (magnetic ink) และพิมพ์โดยใช้แบบตัวพิมพ์เฉพาะ ซึ่งการอ่านตัวเลขทำโดยใช้เครื่องมือเฉพาะที่สร้างขึ้นมาเพื่อการอ่านหมึกแม่เหล็กและแบบตัวพิมพ์ดังกล่าว

4) หมึกที่ใช้พิมพ์บนกระดาษประเภทนี้อาจเป็นหมึกที่สามารถละลายได้เมื่อสัมผัสกับน้ำยาลบคำผิด โดยพิมพ์ให้เป็นลวดลายต่าง ๆ เอาไว้ เมื่อมีการแก้ไขข้อความที่เขียนบนกระดาษโดยใช้น้ำยาดังกล่าวลวดลายในบริเวณที่สัมผัสกับน้ำยาลบคำผิดก็จะเลือนหายไป หรือในทางกลับกันอาจพิมพ์เป็นลวดลายด้วยหมึกพิมพ์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้แต่เมื่อผสมกับน้ำยาลบคำผิดก็จะปรากฏเป็นลวดลายที่มองเห็นได้ขึ้นมา

5) การพิมพ์ภาพและข้อความบนกระดาษประเภทนี้ มักทำโดยใช้ระบบการพิมพ์หลายระบบร่วมกัน และภาพที่พิมพ์มักประกอบด้วยเส้นละเอียดขนาดเล็กจำนวนมาก

6) อาจมีการทำลายน้ำเป็นภาพหรือข้อความต่าง ๆ ในเนื้อกระดาษ

3.2 กระดาษสำเนาในตัว ('No Carbon Required' paper or carbonless paper) กระดาษสำเนาในตัวหรือเรียกย่อ ๆ ว่า กระดาษเอ็นซีอาร์ (NCR paper) เป็นกระดาษประเภทที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการทำสำเนาเอกสารโดยเฉพาะ โดยไม่ต้องนำเอากระดาษคาร์บอนมาช่วยในการทำสำเนา จึงเป็นที่มาของชื่อเรียกกระดาษประเภทนี้ อย่างไรก็ตามการใช้งานก็คล้ายคลึงกับกระดาษคาร์บอนทั่วไปที่แตกต่างกันคือ กระดาษสำเนาในตัวนี้ประกอบด้วยกระดาษตั้งแต่สองแผ่นแต่ไม่เกินแปดแผ่นเย็บติดกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนใบสำเนาที่ต้องการ กระดาษแผ่นแรกเป็นกระดาษที่มีด้านหน้าพิมพ์เป็นฟอร์มไว้สำหรับพิมพ์หรือเขียนข้อความต่าง ๆ ที่ต้องการลงไป ส่วนด้านหลังของกระดาษเคลือบด้วยสารเคมีพิเศษบางอย่างเอาไว้ โดยทั่วไปเป็นสีน้ำเงินหรือดำ สารเคมีพิเศษนี้บรรจุอยู่ในแคปซูลขนาดเล็กมาก (microcapsule) เมื่อพิมพ์หรือเขียนบนด้านที่พิมพ์เป็นฟอร์มด้วยแรงกดที่มากพอก็จะทำให้แคปซูลแตกออก สารเคมีที่บรรจุในแคปซูลจึงสามารถถ่ายโอนลงไปติดบนกระดาษอีกแผ่นที่อยู่ด้านหลังได้ โดยกระดาษแผ่นหลังนี้ก็มีการพิมพ์เป็นฟอร์มที่เหมือนกับที่พิมพ์บนกระดาษแผ่นแรก ทั้งนี้กระดาษแผ่นหลังนี้ก็ได้รับการเคลือบสารเคมีพิเศษอีกชนิดหนึ่งเอาไว้ ซึ่งมีสมบัติรับสารเคมีที่ถ่ายโอนจากกระดาษแผ่นแรกมา กระดาษสำเนาในตัวใช้พิมพ์เป็นเป็นใบเสร็จรับเงิน ใบสั่งสินค้า ใบลงทะเบียนเรียน และฟอร์มอื่น ๆ (รายละเอียดเกี่ยวกับกระดาษสำเนาในตัวมีในหน่วยที่ 10)

3.3 กระดาษสังเคราะห์ (synthetic paper) กระดาษสังเคราะห์ในที่นี้หมายถึง กระดาษที่สังเคราะห์ขึ้นจากพลาสติกประเภทต่าง ๆ เช่น พอลิเอทิลีน (polyethylene) พอลิโพรพิลีน (polypropylene) พอลิแอไมด์ (polyamide) พอลิสไตรีน (polystyrene) เป็นต้น โดยเป็นกระดาษที่ไม่มีส่วนผสมที่เป็นเส้นใยเซลลูโลสอยู่เลย ทั้งนี้กระดาษสังเคราะห์ที่ได้อาจเกิดจากการนำเอาเม็ดพลาสติกมาทำเป็นแผ่นหรือฟิล์มก่อน จากนั้นจึงนำไปผ่านกระบวนการทำให้มีลักษณะเหมือนกระดาษ (paperization) โดยการเคลือบผิวหน้าด้วยสารเคลือบผิวต่าง ๆ เพื่อให้ฟิล์มพลาสติกมีความทึบแสงเหมือนกระดาษ จากนั้นจึงนำไปผ่านกระบวนการปรับผิวหน้าด้วยความร้อน สารเคมี หรือด้วยประจุไฟฟ้า เพื่อว่าเมื่อนำไปใช้พิมพ์แล้วหมึกพิมพ์สามารถพิมพ์ติดได้ นอกจากนี้การทำกระดาษสังเคราะห์ อาจทำได้โดยการปั่นเส้นใยสังเคราะห์ที่แขวนลอยในตัวทำละลายเพื่อทำให้เกิดพันธะเคมีระหว่างกัน จากนั้นจึงรีดทำให้เป็นแผ่นด้วยความร้อนและความดัน หรืออาจผลิตเป็นเยื่อก่อน แล้วจึงนำไปผลิตเป็นกระดาษด้วยเครื่องผลิตกระดาษเหมือนการผลิตกระดาษเซลลูโลสปกติก็ได้

ข้อดีของกระดาษสังเคราะห์ที่มีเหนือกระดาษเซลลูโลสคือ กระดาษสังเคราะห์มีความแข็งแรงมากกว่าและมีการคงสภาพเชิงมิติดีกว่ากระดาษเซลลูโลส ที่สำคัญกระดาษประเภทนี้ไม่เปียก เพราะไม่เกิดพันธะเคมีกับน้ำจึงมีความทนทานต่อน้ำ กระดาษสังเคราะห์จึงมักใช้พิมพ์เป็นสิ่งพิมพ์ที่ต้องการความทนทานต่อการใช้งานสูงและ/หรือให้มีการยืดหดตัวน้อย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นของสภาพแวดล้อม เช่น ปกสมุด ป้ายราคา ฉลาก

สินค้า ถุงบรรจุสินค้า แผนที่ นามบัตร เป็นต้น ส่วนข้อเสียของกระดาษสังเคราะห์ นอกจากราคาแพงกว่ากระดาษเซลลูโลสแล้ว การกำจัดกระดาษสังเคราะห์ที่ใช้แล้วก็ทำได้ยากกว่า เนื่องจากพลาสติกเป็นสารที่ย่อยสลายได้ยากในธรรมชาติ และการพิมพ์บนกระดาษประเภทนี้ต้องใช้หมึกพิมพ์ที่ผลิตขึ้นเพื่อพิมพ์บนกระดาษประเภทนี้โดยเฉพาะ เนื่องจากกระดาษสังเคราะห์สามารถเกิดการบวมตัวได้ ถ้าหมึกพิมพ์ที่ใช้มีตัวทำละลายที่มีความสามารถในการทำละลายเส้นใยสังเคราะห์ที่เป็นองค์ประกอบ

กิจกรรม 3.1.4

1. กระดาษพิมพ์ กระดาษแข็ง และกระดาษชนิดพิเศษ มีความแตกต่างกันที่สำคัญในเรื่องใดบ้าง
2. กระดาษอาร์ตและกระดาษปรู๊ฟจัดเป็นกระดาษประเภทใด และมีความแตกต่างกันอย่างไร

ไปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 3 ตอนที่ 3.1 กิจกรรม 3.1.4

แนวตอบกิจกรรม 3.1.4

1. กระดาษพิมพ์แตกต่างจากกระดาษแข็งและกระดาษชนิดพิเศษตรงที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้พิมพ์เป็นสิ่งพิมพ์ประเภทต่าง ๆ เป็นหลัก จึงต้องมีสมบัติต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับการพิมพ์ที่ใช้และคุณภาพของงานพิมพ์ที่ต้องการ ส่วนกระดาษแข็งผลิตขึ้นเพื่อนำไปใช้ทำเป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ เป็นหลัก แม้ว่าจะมีการพิมพ์บนกระดาษแข็งด้วยก็ตาม และโดยทั่วไปกระดาษแข็งมีความหนาและน้ำหนักพื้นฐานมากกว่ากระดาษพิมพ์ ส่วนกระดาษชนิดพิเศษนั้นมีสมบัติแตกต่างกันมากมาย ซึ่งขึ้นกับว่ากระดาษชนิดพิเศษนั้นผลิตขึ้นเพื่อนำไปใช้งานอะไร

2. กระดาษอาร์ตและกระดาษปรู๊ฟจัดเป็นกระดาษพิมพ์ แต่กระดาษอาร์ตเป็นกระดาษพิมพ์ชนิดเคลือบผิว ซึ่งผลิตจากเยื่อเคมีที่ผ่านการฟอกเยื่อแล้ว ส่วนกระดาษปรู๊ฟจัดเป็นกระดาษพิมพ์ชนิดไม่เคลือบผิวที่ผลิตโดยใช้เยื่อเชิงกลเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาจเป็นเยื่อที่ผ่านการฟอกเยื่อมาแล้วหรือไม่ก็ได้

ตอนที่ 3.2
วัสดุใช้พิมพ์ประเภทพลาสติก

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 3.2 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

3.2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติก
3.2.2 ชนิดของวัสดุใช้พิมพ์ประเภทพลาสติก
3.2.3 สมบัติของพลาสติก

แนวคิด

1. พลาสติกเป็นสารพอลิเมอร์ประเภทหนึ่งที่สังเคราะห์ขึ้นด้วยกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า พอลิเมอไรเซชัน มีโมเลกุลขนาดใหญ่และมีโครงสร้างโมเลกุลหลายแบบ การจำแนกประเภทของพลาสติกโดยทั่วไปจะจำแนกตามสมบัติทางกายภาพได้เป็น 2 ประเภท คือ เทอร์โมพลาสติกและเทอร์โมเซต
2. พลาสติกที่ใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์โดยมากจะเป็นการผลิตในรูปของฟิล์มและแผ่นพลาสติก พลาสติกที่มีความหนาน้อยกว่า 250 ไมครอน จัดเป็นฟิล์มพลาสติก แต่ถ้ามีความหนาตั้งแต่ 250 ไมครอนขึ้นไปจะเรียกว่าแผ่นพลาสติก พลาสติกแต่ละชนิดจะมีสมบัติและความเหมาะสมในการนำไปใช้งานต่าง ๆ กัน พลาสติกที่ใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์จะเป็นประเภทเทอร์โมพลาสติกมากกว่าประเภทเทอร์โมเซต
3. สมบัติที่สำคัญ ๆ ของพลาสติกที่ใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์ สามารถจำแนกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี สมบัติทางกายภาพจะกล่าวถึงสมบัติพื้นฐานทั่วไป สมบัติทางด้านทัศนศาสตร์ และสมบัติเชิงกล ซึ่งจะมีความสำคัญต่อการพิมพ์ทั้งในระหว่างการพิมพ์และคุณภาพของงานพิมพ์ สำหรับสมบัติทางเคมีจะมีผลต่อการนำไปใช้งานมากกว่า

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 3.2 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกองค์ประกอบของพลาสติกได้
2. ระบุประเภทของพลาสติกได้
3. บอกชนิดและการเลือกใช้พลาสติกชนิดต่าง ๆ ได้
4. อธิบายการผลิตฟิล์มและแผ่นพลาสติกได้
5. อธิบายสมบัติที่สำคัญ ๆ ของพลาสติกได้

ความนำ

พลาสติกเป็นวัสดุที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับที่อยู่อาศัย เช่น ประตู หน้าต่าง ม่าน ท่อระบายน้ำ ฯลฯ ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์และสาธารณสุข เช่น ถุงมือ ชุดผ่าตัด หรือผลิตภัณฑ์ทางเศรษฐกิจและสังคม เช่น บัตรเครดิตต่าง ๆ บัตรสมาชิก เป็นต้น นอกจากผลิตภัณฑ์พลาสติกดังที่กล่าวเป็นตัวอย่างแล้วนั้น ยังมีการนำพลาสติกมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ซึ่งอาจจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ บรรจุภัณฑ์พลาสติกที่คงรูป (rigid package) เช่น กล่อง ขวด กระป๋อง ถัง ถาด ถ้วย ฯลฯ หรือผลิตเป็นฟิล์มพลาสติก เพื่อนำไปใช้ทำพวกซอง ถุง ซึ่งจัดเป็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่อ่อนตัว (flexible package) แต่ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกหรือบรรจุภัณฑ์พลาสติก ต่างมีความสัมพันธ์กับธุรกิจการพิมพ์ทั้งสิ้น เช่น ข้อมูลภาพที่พิมพ์บนบัตรเครดิต หรือบัตรสมาชิกต่าง ๆ หรือการพิมพ์รูปลักษณ์ของตัวสินค้าลวดลายต่าง ๆ ที่ต้องการ ชื่อทางการค้าของสินค้า และชื่อบริษัทผู้ผลิตลงบนบรรจุภัณฑ์พลาสติก เป็นต้น

การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว ตลอดจนการเกิดโครงการอุตสาหกรรมปิโตรเคมีแห่งชาติขึ้น ทำให้มีการผลิตและการใช้พลาสติกในประเทศไทยมากขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อใช้ทดแทนวัสดุอื่น ไม่ว่าจะเป็น แก้ว ไม้ หรือโลหะ และมีแนวโน้มว่าจะมีความสำคัญมากยิ่งขึ้นในอนาคต ดังนั้นความรู้ความเข้าใจสูงสุดในเรื่องพลาสติกจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยให้การนำพลาสติกมาใช้เกิดประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดประโยชน์โดยมีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

เรื่องที่ 3.2.1
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติก

1. ความเป็นมาของพลาสติก

พลาสติกเป็นวัสดุพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มนุษย์เพิ่งค้นพบมาไม่นานนี้ เมื่อเทียบกับวัสดุพอลิเมอร์ชนิดอื่น ๆ เช่น เส้นใย ผ้า ยาง เป็นต้น อาจกล่าวได้ว่า เมื่อ พ.ศ. 2394 พลาสติกชนิดแรกได้สังเคราะห์ขึ้นโดยนายเนลสัน กู๊ดเยียร์ (Nelson Goodyear) ซึ่งได้ผสมกำมะถันกับยางธรรมชาติในปริมาณที่สูงมาก ผลที่ได้คือยางแข็งหรืออีโบไนต์ (ebonite) ซึ่งมีสมบัติเป็นพลาสติก นอกจากอีโบไนต์แล้ว ในระยะแรก ๆ พลาสติกที่ค้นพบส่วนมากจะเป็นหรือได้รับการปรับปรุงมาจากวัสดุพอลิเมอร์ที่มีในธรรมชาติ เช่น การผลิตพลาสติกจากสารเซลลูโลสที่มีในธรรมชาติ เป็นพลาสติกพวกเซลลูโลสไนเทรต (cellulose nitrate) และเซลลูโลสแอซีเทต (cellulose acetate) ซึ่งใช้เป็นฐานฟิล์มถ่ายภาพในยุคแรก ๆ รวมทั้งมีการสังเคราะห์พลาสติกขึ้นในห้องปฏิบัติการแต่ไม่ได้ผลิตในเชิงการค้าเช่น พอลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride) พอลิสไตรีน เป็นต้น จนกระทั่งด็อกเตอร์ลีโอ เอช แบกแลนด์ (Dr. Leo H. Backeland) ได้สังเคราะห์พลาสติกจากฟีนอล (phenol) และฟอร์มัลดีไฮด์ขึ้น มีชื่อเรียกทางการค้าว่า "เบเคอไลต์" (Bakelite) นับว่าเป็นพลาสติกสังเคราะห์ชนิดแรกที่ผลิตขึ้นทางการค้าแต่มีสมบัติเป็นพลาสติกแข็ง และมีข้อจำกัดในเรื่องการขึ้นรูป ต่อมาจนถึงปัจจุบันนี้ จึงได้มีการสังเคราะห์พลาสติกชนิดอื่น ๆ ที่เป็นพลาสติกอ่อนขึ้นใช้ เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน เป็นต้น

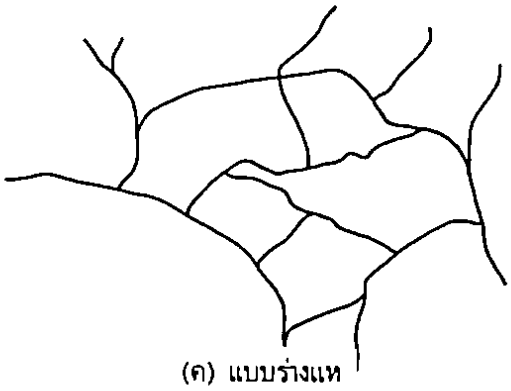
2. องค์ประกอบของพลาสติก

พลาสติกเป็นวัสดุพอลิเมอร์ประเภทหนึ่ง สารพอลิเมอร์บางชนิดสามารถนำมาใช้งานได้โดยไม่ต้องเติมสารเติมแต่งลงไป เช่น พอลิเอทิลีน พอลิเมทิลเมทะคริเลต (polymethyl methacrylate) เป็นต้น แต่ส่วนมากต้องมีการเติมสารบางชนิดเพื่อปรับปรุงสมบัติของพลาสติกให้ได้ตามต้องการ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า องค์ประกอบของพลาสติก มี 2 ส่วนคือ สารพอลิเมอร์ และสารเติมแต่ง

2.1 สารพอลิเมอร์ สารพอลิเมอร์เป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นจากสารเริ่มต้นที่เรียกว่า "โมโนเมอร์" (monomer) ได้สารพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลยาวมาก เป็นสารโมเลกุลขนาดใหญ่ (macromolecule) และมีน้ำหนักโมเลกุลสูง อาจมีรูปร่างโมเลกุลเป็นแบบสายโซ่ตรง (linear polymer) แบบมีกิ่งหรือสาขา (branched polymer) หรือแบบร่างแห (network polymer) ดังแสดงในภาพที่ 3.15

(ก) แบบสายโซ่ตรง

(ข) แบบมีกิ่งหรือสาขา



(ค) แบบร่างแห

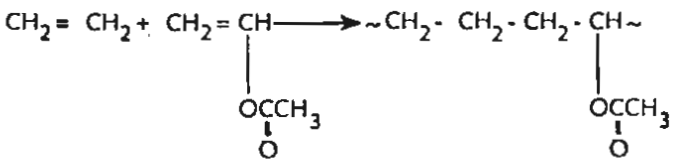
ภาพที่ 3.15 รูปร่างโมเลกุลของพอลิเมอร์

โซ่โมเลกุลของพอลิเมอร์จะประกอบด้วยหน่วยที่ซ้ำ ๆ กันเป็นจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น พอลิเมอร์ที่นิยมใช้ทำถุงพลาสติก ซึ่งได้แก่พอลิเอทิลีน (Polyethylene) สังเคราะห์มาจากเอทิลีนดังนี้

$$n\,CH_2 = CH_2 \longrightarrow (-CH_2 - CH_2 -)_n$$

เอทิลีน	พอลิเอทิลีน
(โมโนเมอร์)	(พอลิเมอร์)

ค่าของ n แทนจำนวนหน่วยที่ซ้ำ ๆ กันของเอทิลีน ซึ่งอาจมากกว่า 1,000 10,000 หรือ 100,000 ก็ได้ ดังนั้นพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนจะมีโมเลกุลของพอลิเอทิลีนที่มีค่า n ต่าง ๆ กัน การสังเคราะห์พอลิเมอร์จากโมโนเมอร์เริ่มต้นเพียงชนิดเดียวล้วน ๆ นั่นคือมีหน่วยที่ซ้ำ ๆ กัน เป็นสารชนิดเดียวกันหมด จะได้สาร "โฮโมพอลิเมอร์" (homopolymer) แต่ถ้าสังเคราะห์จากโมโนเมอร์เริ่มต้นตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป หรือมีหน่วยที่ซ้ำ ๆ กัน เป็นสารแตกต่างกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป จะได้สาร "โคพอลิเมอร์" (copolymer) ซึ่งมีประโยชน์คือ ทำให้สามารถผลิตสารพอลิเมอร์ที่มีสมบัติตรงตามความต้องการมากขึ้น ตัวอย่างเช่น โคพอลิเมอร์ของเอทิลีนกับไวนิลแอซีเทต เป็นโคพอลิเมอร์ที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น มีความสามารถทนต่อแรงกระแทกมากขึ้น และเมื่อใช้พิมพ์หมึกพิมพ์จะเกาะติดดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิเอทิลีน



(เอทิลีน) (ไวนิลแอซีเทต) (เอทิลีนไวนิลแอซีเทตโคพอลิเมอร์)

ในการสังเคราะห์พลาสติกหรือพอลิเมอร์อื่น ๆ สามารถทำได้โดยอาศัยปฏิกิริยาเคมีของการเกิดพอลิเมอร์ เรียกว่า "พอลิเมอไรเซชัน" (polymerization) ซึ่งมีอยู่ 2 ประเภทหลัก ๆ ด้วยกัน คือ

2.1.1 ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบรวมตัวหรือแบบลูกโซ่ *(Addition or radical chain polymerization)* ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันประเภทนี้นิยมใช้สังเคราะห์พอลิเมอร์จากโมโนเมอร์ที่ไม่อิ่มตัว นั่นคือจะต้องมีคาร์บอนอะตอมอย่างน้อย 2 อะตอมที่มีพันธะคู่ การเกิดพอลิเมอไรเซชันแบบนี้ ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ๆ 3 ขั้นตอน คือ ขั้นเริ่มต้น (initiation) ขั้นแผ่ขยาย (propagation) และขั้นสิ้นสุด (termination) แต่การเริ่มต้นของปฏิกิริยาต้องใช้ตัวเริ่ม (initiator) ซึ่งนิยมใช้สารจำพวกเปอร์ออกไซด์ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide, $(C_6H_5COO)_2$ เป็นต้น ตัวเริ่มสามารถแตกตัวเป็นตัวที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาซึ่งอาจเป็นอนุมูลอิสระหรือฟรีแรดดิคัล (free radical) ที่จะรวมตัวกับโมโนเมอร์ เกิดจุดว่องไวตำแหน่งใหม่ และโมโนเมอร์จะรวมตัวต่อกันไปเรื่อย ๆ เป็นแบบลูกโซ่ จนกระทั่งจุดว่องไวสูญเสียไป ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันและความยาวของโมเลกุลก็สิ้นสุดลงด้วย

2.1.2 ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่นหรือแบบขั้น *(Condensation or stepwise polymerization)* ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันประเภทนี้นิยมใช้สังเคราะห์พอลิเมอร์จากโมโนเมอร์ต่างชนิดกันที่มีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัว (functional group) ที่ต่างกันตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไปทำปฏิกิริยากัน และเมื่อทำปฏิกิริยากันหนึ่งครั้งก็ยังคงมีหมู่แสดงคุณสมบัติเฉพาะตัวเหลือที่สามารถทำปฏิกิริยาต่อไปได้อีก ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบนี้จึงเกิดเป็นขั้น ๆ ไปเรื่อย ๆ และโดยปกติจะได้สารโมเลกุลเล็ก ๆ เช่น น้ำ แอลกอฮอล์ ออกมาด้วยเสมอ เป็นต้น

2.2 สารเติมแต่ง สารเติมแต่งเป็นสารที่ใช้เพื่อปรับปรุงสมบัติของพลาสติกให้เหมาะสมและทนทานต่อการใช้งาน เนื่องจากตัวพอลิเมอร์เองล้วน ๆ ไม่อาจนำไปใช้งานได้เลย สารเติมแต่งบางชนิดใส่เพื่อเพิ่มสีสันให้แก่พลาสติก สารเติมแต่งที่ใช้โดยทั่วไป ได้แก่

2.2.1 สารต้านการเกิดออกซิเดชัน *(antioxidant)* สารต้านการออกซิเดชันเป็นสารที่เติมให้พลาสติกเพื่อป้องกันการสลายตัวของพอลิเมอร์ที่เกิดจากการถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจน ซึ่งอาจมีผลทำให้สมบัติของพลาสติกเปลี่ยนแปลง การย่อยสลายที่เกิดจากการถูกออกซิไดซ์ของพอลิเมอร์แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ดังนั้นสารต้านการเกิดออกซิเดชันที่ใช้จะต่างกัน ควรเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสม โดยมีปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึงถึงคือความเป็นพิษ และการเกิดสี โดยเฉพาะพอลิเมอร์ที่นำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกสำหรับบรรจุอาหาร ตัวอย่างของสารที่ใช้เป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชัน เช่น สารประกอบพวกฟีนอล คีโตน อีพอกซี เป็นต้น

2.2.2 สารทำให้เสถียร *(stabilizer)* สารทำให้เสถียรเป็นสารที่เติมเข้าไปเพื่อให้พอลิเมอร์มีความเสถียรมากขึ้น คือป้องกันการสลายตัวของพอลิเมอร์อันอาจเกิดจากการได้รับพลังงานความร้อน พลังงานรังสี พลังงานกล หรือการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ สารที่ใช้เป็นสารทำให้เสถียร เช่น สบู่ของโลหะหนัก สารประกอบพวกฟีนอล เป็นต้น

2.2.3 สารเพิ่มสภาพพลาสติก *(plasticizer)* สารเพิ่มสภาพพลาสติกเป็นสารที่ช่วยลดความแข็งของพอลิเมอร์ลงทำให้ไม่เปราะและแตกหักได้ง่าย และช่วยเปลี่ยนสมบัติของพอลิเมอร์ให้อ่อน เหนียว และยืดหยุ่นดีขึ้น ตัวอย่างเช่น ไวนิลแอซีเทต สารประกอบพวกฟะทาเลตเอสเทอร์ (phthalate esters) หรือพวกฟอสเฟต- เอสเทอร์ (phosphate esters) เป็นต้น

2.2.4 ตัวเติม ตัวเติมเป็นสารที่ใส่เพื่อเพิ่มเนื้อ ทำให้ลดปริมาณสารพอลิเมอร์ลงได้จึงช่วยลดต้นทุนการผลิต และช่วยปรับสมบัติของพอลิเมอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภท เช่นช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่พอลิเมอร์ ทำให้ทนต่อแรงกระแทก แรงดึงและแรงกดได้ดี มีความทนทานต่อการฉีกขาดสูง มีความทนทานต่อความร้อนมากขึ้น สารที่นิยมใช้เป็นสารตัวเติม เช่น ใยแก้ว แอสเบสทอส (asbestos) เส้นใยเซลลูโลส เป็นต้น

2.2.5 สารให้สี (colorant) สารให้สีมีทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สีอินทรีย์มีความเข้มของสีสูง สีสดใสกว่า แต่ความทึบแสงน้อย ส่วนสีอนินทรีย์จะมีความเข้มของสีต่ำ และเป็นสีด้านไม่สดใส การเลือกใช้สารให้สีจะต้องเลือกให้เหมาะสม เช่น พอลิเมอร์ที่จะนำมาใช้ผลิตของเล่นเด็ก หรือใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุอาหารควรเลือกใช้สารให้สีที่ไม่มีโลหะหนัก เช่น แคดเมียม ตะกั่ว เป็นต้น ผสมอยู่ ตัวอย่างสีอินทรีย์ เช่นสารประกอบพวกแอโซ (azo compound) ซึ่งส่วนใหญ่มีสีแดง ตัวอย่างสีอนินทรีย์ เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ มีสีขาว สารประกอบแคดเมียมให้สีเหลืองถึงสีแดงเลือดนก และมีการใช้สารให้สีพวกสีย้อมซึ่งละลายในตัวทำละลายกับพลาสติกบางชนิดด้วย

2.2.6 สารเติมแต่งอื่น ๆ สารเติมแต่งอื่น ๆ เช่น สารหน่วงการติดไฟ (flame retardant) ทำให้พอลิเมอร์ติดไฟยากขึ้น ที่นิยมใช้ได้แก่ แอนทิโมนีไตรออกไซด์ (antimony trioxide) สารกันการเกิดประจุไฟฟ้าสถิต (antistatic agent) อันเนื่องมาจากการเสียดทาน การเคลื่นไหวของอากาศ หรือความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อป้องกันมิให้ฝุ่นมาเกาะบนผิวหน้าของพลาสติกและทำให้แผ่นพลาสติกไม่ติดกัน ที่ใช้กันทั่วไปได้แก่สารประกอบพวกแอมีน (amine compound) และสารหล่อลื่น (lubricant) ใส่เพื่อป้องกันการเกาะติดของพอลิเมอร์กับแม่แบบ (mould) ในกระบวนการแปรรูป ทำให้สามารถแกะผลิตภัณฑ์พลาสติกจากแม่แบบได้ง่ายขึ้น สารหล่อลื่นที่นิยมใช้ เช่น ซิงค์สเทียเรต (zinc stearate) และกรดไขมัน เป็นต้น

3. ประเภทของพลาสติก

การจำแนกประเภทของพลาสติกขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่นำมาพิจารณา แต่ที่ใช้กันทั่วไปคือ การจำแนกตามสมบัติทางกายภาพ (physical properties) โดยพิจารณาสมบัติการเปลี่ยนแปลงของพลาสติกเมื่อได้รับความร้อน ทำให้สามารถแบ่งพลาสติกออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

3.1 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เทอร์โมพลาสติกเป็นพลาสติกที่หลอมตัวเมื่อได้รับความร้อนและกลับคืนสภาพเดิมเมื่อทำให้เย็นตัวลง การหลอมตัวและการคืนสภาพเดิมสามารถกระทำได้หลายครั้ง โดยที่สมบัติทางเคมีของพลาสติกไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือ เป็นพลาสติกที่สามารถเวียนทำใหม่ (recyclable plastic) ได้ รูปร่างโมเลกุลของเทอร์โมพลาสติกจะเป็นสายโซ่ตรง พลาสติกที่ใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็นประเภทเทอร์โมพลาสติกชนิดที่สำคัญ ๆ เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิสไตรีน พอลิไวนิลคลอไรด์ และพอลิเอสเทอร์ เป็นต้น

3.2 เทอร์โมเซต (Thermoset) พลาสติกประเภทนี้จะคงตัว คือ ไม่หลอมตัวอีกเมื่อได้รับความร้อน เพราะรูปร่างโมเลกุลเป็นแบบเชื่อมโยงหรือแบบร่างแหทำให้ไม่สามารถเวียนทำใหม่ได้ เทอร์โมเซตใช้ทำผลิตภัณฑ์หลายชนิดเช่น หลังคารถยนต์ เครื่องใช้บนโต๊ะ และถ้าให้ความร้อนมาก ๆ พันธะระหว่างโมเลกุลในเทอร์โมเซตจะเปลี่ยนแปลงได้สารที่มีสมบัติเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ตัวอย่างเทอร์โมเซต เช่น เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ นิยมใช้ทำพวกถ้วยชาม เป็นต้น

4. ชื่อย่อของพลาสติก

เป็นที่ทราบแล้วว่า พลาสติกประกอบด้วยสารพอลิเมอร์เป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นการเรียกชื่อพลาสติกจะนิยมเรียกเป็นชื่อย่อโดยใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวแรกตามเกณฑ์ทั่ว ๆ ไป ดังนี้

4.1 ในกรณีของโฮโมพอลิเมอร์ จะใช้ตัวอักษร "พี" (P) เป็นตัวย่อของพอลิ (poly-) เป็นตัวแรกและตัวอักษรตัวแรกของแต่ละองค์ประกอบของโมโนเมอร์เป็นตัวต่อท้าย เช่น พอลิเอทิลีน (polyethylene) นิยมเรียกว่า พีอี (PE) พอลิโพรพิลีน (polypropylene) นิยมเรียกว่า พีพี (PP) เป็นต้น

ในกรณีที่พลาสติกมีสมบัติบางประการกำกับ เช่น ความหนาแน่น การจัดเรียงตัวของโมเลกุล เป็นต้น ก็จะใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวแรกของชื่อเต็มภาษาอังกฤษของพลาสติกนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น

พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (high density polyethylene) นิยมเรียกว่า เอชดีพีอี (HDPE) พอลิโพรพิลีนชนิดโมเลกุลจัดเรียงตัวกัน (oriented polypropylene) นิยมเรียกว่า โอพีพี (OPP) เป็นต้น

4.2 ในกรณีของโคพอลิเมอร์ โดยทั่วไปชื่อเต็มภาษาอังกฤษของโคพอลิเมอร์จะมีคำว่า "โคพอลิเมอร์" อยู่ตอนท้าย ดังนั้นชื่อย่อจึงมีเพียงตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวแรกของสารโมโนเมอร์แต่ละชนิด โดยไม่มีตัวอักษรแทนโคพอลิเมอร์ต่อท้าย เช่น เอทิลีนไวนิลแอซีเทตโคพอลิเมอร์ (ethylene vinyl acetate copolymer) นิยมเรียกว่า อีวีเอ (EVA)

กิจกรรม 3.2.1

จงบอกสารเติมแต่งที่ใช้เพื่อปรับปรุงสมบัติของพลาสติกให้เหมาะสมมาสัก 3 ชนิด พร้อมระบุว่าใช้ปรับปรุงสมบัติใด

ไปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 3 ตอนที่ 3.2 กิจกรรม 3.2.1

แนวตอบกิจกรรม 3.2.1

สารเติมแต่งที่ใช้ ได้แก่

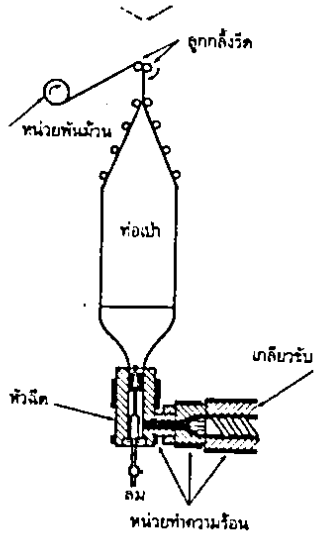
1. สารเพิ่มสภาพพลาสติก ใส่เพื่อช่วยลดความแข็งของพอลิเมอร์ลง ทำให้ไม่เปราะและแตกหักได้ง่าย
2. ตัวเติม ใส่เพื่อเพิ่มเนื้อ ช่วยลดต้นทุนการผลิต และช่วยเพิ่มความแข็งแรงแก่พอลิเมอร์
3. สารกันการเกิดประจุไฟฟ้าสถิต ใส่เพื่อให้แผ่นพลาสติกไม่ติดกันและป้องกันไม่ให้ฝุ่นมาเกาะบนผิวหน้าของพลาสติก

เรื่องที่ 3.2.2
ชนิดของวัสดุใช้พิมพ์ประเภทพลาสติก

พลาสติกที่นิยมนำมาใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์โดยทั่วไปจะผลิตเป็นฟิล์มพลาสติก (plastic film) และแผ่นพลาสติก (plastic sheet) ฟิล์มพลาสติกหมายถึงพลาสติกแผ่นบาง ๆ ที่หนาไม่เกิน 0.25 มิลลิเมตร หรือ 250 ไมครอน นิยมใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดอ่อนตัว ฟิล์มที่ใช้อาจทำมาจากพลาสติกชนิดเดียวล้วน ๆ เพียงชั้นเดียว หรือหลายชั้น หรือทำมาจากพลาสติกหลายชนิดร่วมกันก็ได้ การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับสมบัติและความสามารถในการนำไปใช้งานของพลาสติก ตลอดจนชนิดของสินค้าที่ใช้บรรจุหรือหีบห่อ สำหรับพลาสติกที่มีความหนาตั้งแต่ 0.25 มิลลิเมตร หรือ 250 ไมครอนขึ้นไป จะเรียกว่าแผ่นพลาสติก ซึ่งนิยมใช้ทำเป็นบัตรพลาสติก กล่องพลาสติก แฟ้มพลาสติก เป็นต้น

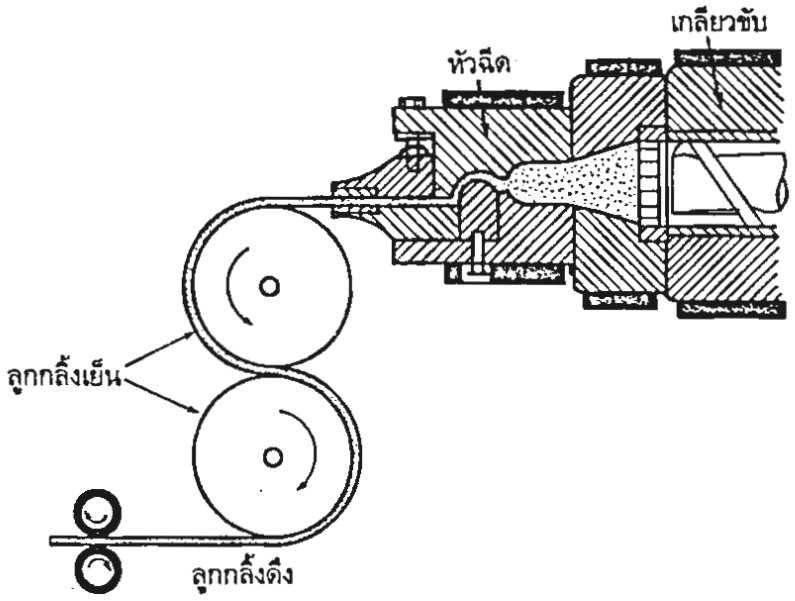
1. การผลิตผลิตฟิล์มและแผ่นพลาสติก

1.1 การผลิตฟิล์มพลาสติกชั้นเดียว (single plastic film) การผลิตฟิล์มพลาสติกชั้นเดียวสามารถทำได้ 2 วิธีคือ การเป่า (blow extrusion) และการหล่อ (cast extrusion) เครื่องเป่าฟิล์มพลาสติกจะมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 3.16 กล่าวคือ เม็ดพลาสติกจะถูกป้อนเข้าไปในส่วนเกลียวขับ (extruder) เพื่อทำการอัดและทำให้เม็ดพลาสติกหลอมละลายและผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นพลาสติกเหลวจะถูกขับผ่านหัวฉีด (die) ที่ร้อน แล้วเป่าออกมาเป็นท่อให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาตามต้องการ ทำให้ท่อพลาสติกเย็นลงแล้วใช้ลูกกลิ้งรีดให้แบนก่อนการม้วนเก็บ ส่วนการหล่อนั้น ขั้นตอนการหลอมละลายพลาสติกคล้ายกันกับการเป่า แต่พลาสติกเหลวจะถูกขับผ่านหัวฉีดให้ไหลลงบนลูกกลิ้งทรงกระบอกที่ขัดมันและเย็น ดังแสดงในภาพที่ 3.17 ฟิล์มที่ได้จากการเป่าจะเหมาะสำหรับนำไปใช้ผลิตเป็นถุง เพราะไม่มีตะเข็บด้านข้าง และฟิล์มมีสมบัติทางเชิงกลและความแข็งแรงสม่ำเสมอในทุกทิศทาง ส่วนฟิล์มที่ได้จากการหล่อจะมีความใสมากกว่า



ภาพที่ 3.16 เครื่องเป่าฟิล์ม

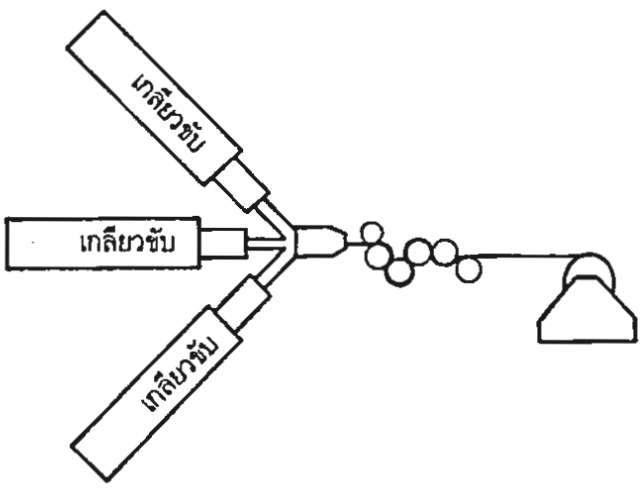
ที่มา : Plastics Films,



ภาพที่ 3.17 เครื่องหล่อฟิล์ม

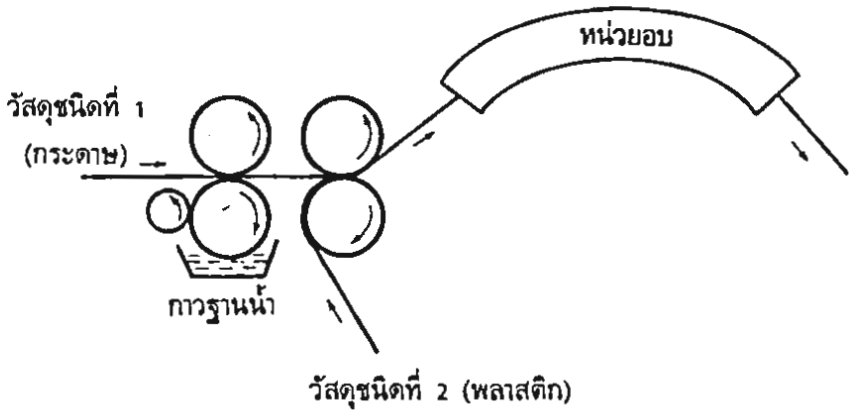
ที่มา : Plastics Films

1.2 การผลิตฟิล์มพลาสติกหลายชั้น (multilayer plastic film) การผลิตฟิล์มพลาสติกหลายชั้นมีวิธีการผลิตได้ 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ การประกบ (lamination) และการรีดร่วม (coextrusion) การประกบจะใช้พลาสติกต่างชนิดประกบเข้าด้วยกัน หรือประกบฟิล์มพลาสติกกับวัสดุประเภทอื่น เช่น กระดาษ แผ่นเปลวอะลูมิเนียม เป็นต้น ส่วนการรีดร่วมเป็นการผลิตฟิล์มพลาสติกหลายชั้นจากพลาสติกชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ โดยการใช้เกลียวขับมากกว่า 2 เครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 3.18 จำนวนชั้นของฟิล์มและวัสดุที่ใช้ผลิตขึ้นอยู่กับสมบัติของฟิล์มพลาสติกหลายชั้นที่ต้องการ การประกบยังสามารถจำแนกได้เป็น

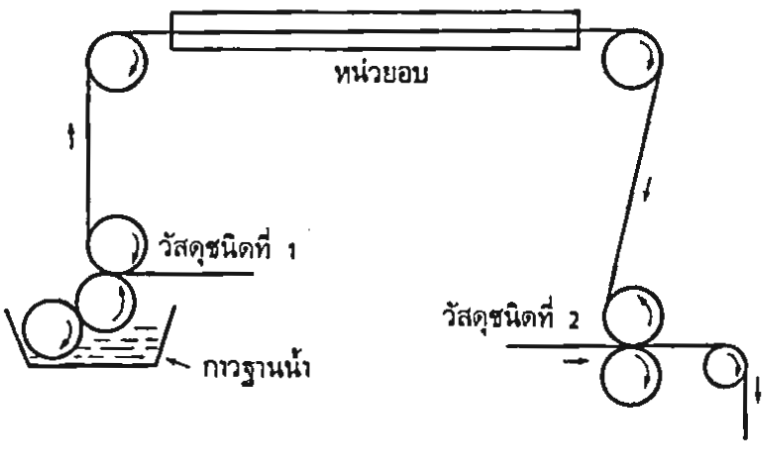


ภาพที่ 3.18 การรีดร่วม

1.2.1 การประกบโดยใช้กาวเป็นตัวประสานให้วัสดุสองชนิดติดกันเป็นแผ่นเดียว ภาพที่ 3.19 เป็นการประกบโดยใช้กาวฐานน้ำ (water-based adhesive) ทาลงบนวัสดุที่มีความพรุน แล้วนำไปประกบกับวัสดุอีกชนิดหนึ่งก่อนนำไปผ่านหน่วยอบเพื่อให้น้ำในกาวระเหยออกไป เรียกการประกบแบบนี้ว่าการประกบแบบเปียก (wet lamination) ถ้าเป็นการประกบโดยใช้กาวฐานตัวทำละลาย (solvent- based adhesive) เมื่อทากาวลงบนวัสดุชนิดหนึ่งแล้ว จะผ่านไปยังหน่วยอบเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยออกไป จึงจะนำไปประกบติดกับวัสดุอีกชนิดหนึ่ง เรียกการประกบแบบนี้ว่าการประกบแบบแห้ง (dry lamination) ดังแสดงในภาพที่ 3.20

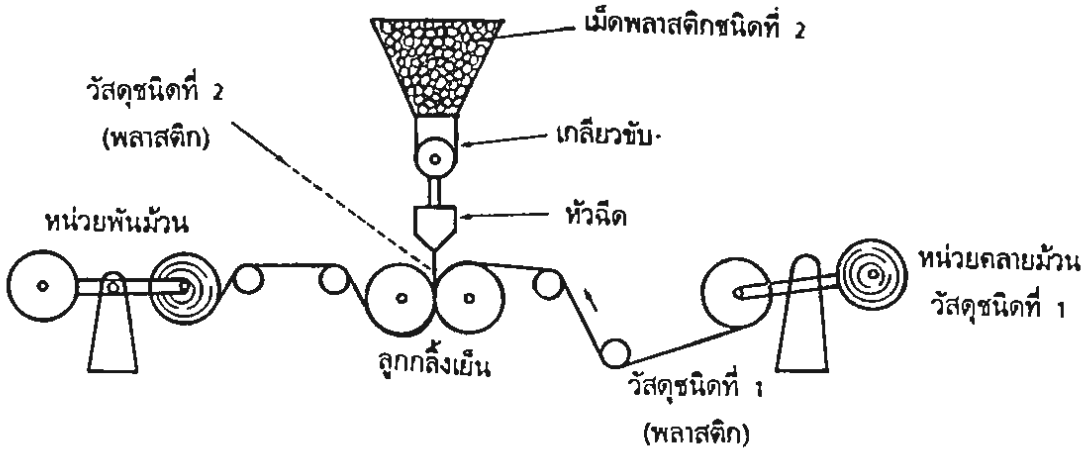


ภาพที่ 3.19 การประกบโดยใช้กาวฐานน้ำหรือการประกบแบบเปียก



ภาพที่ 3.20 การประกบโดยใช้กาวฐานตัวทำละลายหรือการประกบแบบแห้ง

1.2.2 การประกบโดยไม่ใช้กาว เป็นการประกบฟิล์มพลาสติกชนิดหนึ่งลงไปบนอีกชนิดหนึ่ง โดยหลอมละลายพลาสติกชนิดที่จะประกบกับม้วนฟิล์มชนิดแรกในเกลียวขับแล้วขับผ่านหัวฉีดออกมาบนม้วนฟิล์ม ซึ่งจะต้องทำให้ฟิล์มพลาสติกร้อนจากหัวฉีดเย็นลงอย่างรวดเร็วหลังการฉีดบนม้วนฟิล์ม เรียกการประกบแบบนี้ว่า การประกบแบบรีด (extrusion lamination) ดังแสดงในภาพที่ 3.21



ภาพที่ 3.21 การประกบแบบรีด

การระบุชนิดของฟิล์มพลาสติกหลายชั้นไม่ว่าจะผลิตด้วยวิธีใดก็ตามจะใช้ชื่อย่อของพลาสติกที่นำมาผลิตร่วมกันโดยมีเครื่องหมายทับ (/) คั่นระหว่างพลาสติกแต่ละชั้น เช่น

ฟิล์ม OPP/LDPE เป็นฟิล์มพลาสติก 2 ชั้น ประกอบด้วยชั้นฟิล์มโอพีพีและชั้นฟิล์มพีอีชนิดความหนาแน่นต่ำ

ฟิล์ม LDPE/HDPE/LDPE เป็นฟิล์มพลาสติก 3 ชั้น โดยมีชั้นฟิล์มพีอีชนิดความหนาแน่นต่ำเป็นชั้นนอก และชั้นฟิล์มพีอีชนิดความหนาแน่นสูงเป็นชั้นกลาง

1.3 การผลิตแผ่นพลาสติก การผลิตแผ่นพลาสติกสามารถผลิตได้หลายวิธี แต่นิยมใช้วิธีการรีด (extrusion) สามารถผลิตแผ่นพลาสติกที่มีความหนาตั้งแต่ 0.8 มิลลิเมตร ถึง 10 มิลลิเมตร เช่น แผ่นพลาสติกพีอี แผ่นพลาสติกพีพี แผ่นพลาสติกพีวีซี เป็นต้น สำหรับแผ่นพลาสติกพีวีซียังมีการผลิตด้วยวิธีการอัดรีด (calendering) ด้วย

2. *ชนิดของพลาสติก* พลาสติกสำคัญ ๆ ที่นิยมใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์ได้แก่

2.1 พอลิเอทิลีนหรือพีอี พลาสติกประเภทนี้เป็นพลาสติกพวกเทอร์โมพลาสติก มีราคาถูกและเป็น

พลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดชนิดหนึ่ง พอลิเอทิลีนที่ผลิตขึ้นสามารถจำแนกตามความหนาแน่นได้เป็น 4 ชนิด คือ

ก. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE) ความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.91-0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นพอลิเอทิลีนที่ผลิตขึ้นเป็นชนิดแรก การผลิตพอลิเอทิลีนชนิดนี้มีหลายวิธี ล้วนแต่ต้องใช้ความดันสูงมาก ๆ ในกระบวนการผลิต จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า พอลิเอทิลีนชนิดความดันสูง (high pressure polyethylene) พอลิเอทิลีนชนิดนี้มีรูปร่างโมเลกุลเป็นแบบมีกิ่งสาขา

สมบัติทั่วไปของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

1. โปร่งแสง เพราะมีความหนาแน่นต่ำ
2. มีความเหนียวและความยืดหยุ่นสูง สามารถยืดตัวได้ 1-7 เท่า
3. ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้น้อย แต่ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี
4. มีความทนต่อกรดและด่างได้ดี
5. มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี
6. สามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 125-155 องศาเซลเซียส

การใช้งานของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

1. ใช้ผลิตเป็นถุงบรรจุอาหาร ถุงสำหรับบรรจุสินค้าหนัก ถุงหิ้วเพื่อการค้าปลีก
2. ใช้ร่วมกับพลาสติกและวัสดุอื่นด้วยการประกบหรือการรีดร่วมเพื่อผลิตเป็นถุงบรรจุอาหารแห้ง ขนมขบเคี้ยว หรือทำถุงบรรจุอาหารที่ต้องการบรรจุด้วยระบบสุญญากาศ

ข. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำแบบเส้นตรง (Linear Low Density Polyethylene,LLDPE) มีความหนาแน่นเท่ากับ LDPE และสมบัติโดยทั่วไปตลอดจนการนำไปใช้งานจะใกล้เคียงกัน แต่ LLDPE จะมีบางประการดีขึ้น นั่นคือ มีความแข็งแรง ความเหนียวและความมันวาวมากกว่า LDPE รวมทั้งมีความทนทานต่อแรงดึงสูงกว่า จึงยืดตัวได้มากกว่า ดังนั้นในการผลิตบรรจุภัณฑ์ชนิดเดียวกัน ถ้าใช้ฟิล์ม LLDPE จะสามารถใช้ LLDPE ที่บางกว่าฟิล์ม LDPE ได้ ทำให้สิ้นเปลืองพลาสติกน้อยกว่า และ LLDPE มีราคาถูกกว่า LDPE

ค. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Polyethylene, MDPE) มีความหนาแน่น 0.926-0.94 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร รูปร่างโมเลกุลมีกิ่งสาขาน้อยลง เป็นพลาสติกที่ไม่ค่อยนิยมใช้งานหีบห่อมากนัก มีใช้บ้างโดยใช้ผลิตเป็นถุงบรรจุสินค้าหนักและมีการใช้ร่วมกับพลาสติก HDPE ในการผลิตถุงบรรจุสินค้าหนัก นอกจากนี้นิยมในการขึ้นรูปด้วยการเป่า เช่น ทำเป็นขวด เป็นภาชนะบรรจุชนิดอื่น ๆ ที่ต้องการความแข็งแรง

ง. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) มีความหนาแน่น 0.940-0.96 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร รูปร่างโมเลกุลแทบจะไม่มีกิ่งสาขาเลย จะเป็นสายโซ่ตรงเกือบตลอด กระบวนการผลิตใช้ความดันต่ำกว่าชนิดอื่น ๆ มาก จึงอาจเรียกว่าพอลิเอทิลีนชนิดความดันต่ำ (low pressure polyethylene) เนื่องจากมีรูปร่างโมเลกุลเป็นสายโซ่ตรง จึงมีความเป็นระเบียบมาก จุดหลอมตัวจึงสูงกว่าชนิด LDPE ทำให้ปิดผนึกด้วยความร้อนไม่ได้

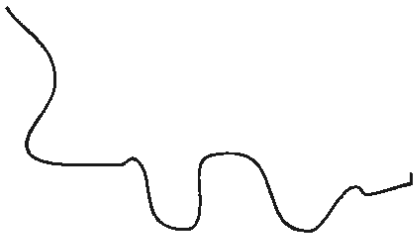
สมบัติทั่วไปของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

1. มีความโปร่งแสงน้อยกว่า
2. มีความเหนียวและความแข็งแรงมากกว่า แอลดีพีอี
3. มีความทนทานต่อตัวทำละลายมากกว่าพอลิเอทิลีนชนิดอื่น
4. สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีกว่าฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิดอื่น แต่ยังป้องกันได้น้อยกว่าฟิล์มต่างชนิดกัน
5. ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี

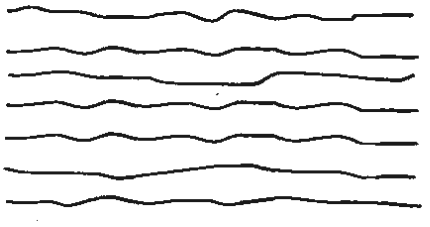
การใช้งานของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

1. ใช้ผลิตเป็นถุงบรรจุอาหาร ขนมขบเคี้ยว ถุงหิ้วเพื่อการค้าปลีก
2. ใช้ร่วมกับวัสดุอื่นด้วยการประกบหรือการรีดร่วม ผลิตถุงบรรจุอาหารที่ต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน หรือทำถุงบรรจุอาหารที่ต้องการการต้มพร้อมถุง (boil in bag)

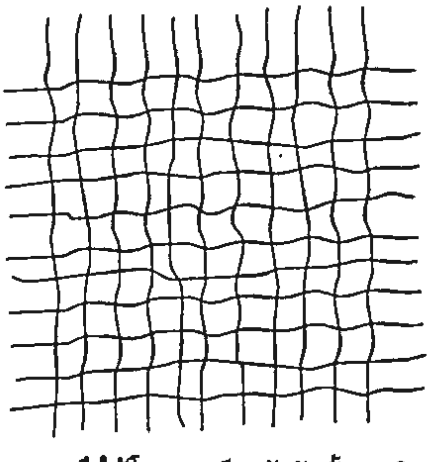
2.2 พอลิโพรพิลีนหรือพีพี (Polypropylene,PP) พลาสติกประเภทนี้เป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและมีรูปร่างโมเลกุลเป็นแบบสายโซ่ตรง การผลิตฟิล์มพอลิโพรพิลีนด้วยวิธีเป่า จะนิยมเป่าให้โมเลกุลของพอลิโพรพิลีนจัดเรียงตัวกันใน 2 แนว คือ แนวขวางเครื่องและแนวขนานเครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 3.22 เรียกว่าฟิล์มบีโอพีพีหรือโอพีพี (Biaxial Oriented Polypropylene or Oriented Polypropylene film, BOPP or OPP film) ส่วนพอลิโพรพิลีนที่ผลิตโดยการหล่อจะเรียกว่าฟิล์มพอลิโพรพิลีนชนิดหล่อหรือฟิล์มซีพีพี (Cast Polypropylene film, CPP film)



(ก) ไม่มีการดึงให้โมเลกุลเรียงตัวกัน



(ข) ดึงให้โมเลกุลเรียงตัวกันในทิศทางเดียว



(ค) ดึงให้โมเลกุลเรียงตัวกันทั้งสองทิศทาง

ภาพที่ 3.22 ลักษณะโมเลกุลของพลาสติก

สมบัติทั่วไปของพอลิโพรพิลีน

1. มีความโปร่งใส
2. เป็นพลาสติกที่มีสมบัติใกล้เคียงกับพอลิเอทิลีน แต่มีความเหนียวและน้ำหนักเบากว่าและทนความร้อนได้สูงกว่า
3. มีความเหนียว แข็งแกร่ง และความคงรูปดีมาก เมื่อจะนำไปใช้งานมักจะมีการใส่สารเติมแต่งเพื่อปรับสมบัติของพลาสติกให้ดีขึ้น

4. ฟิล์มมีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี แต่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้น้อย ทั้งนี้ ฟิล์มโอพีพีมีสมบัติดังกล่าวดีกว่าฟิล์มซีพีพี
5. ฟิล์มซีพีพีสามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ที่อุณหภูมิ 135-150 องศาเซลเซียส แต่ฟิล์มโอ-พีพีทำไม่ได้ เพราะจะเกิดการหดตัวของฟิล์ม
6. ฟิล์มโอพีพีมีความทนทานต่อความเย็น แต่ฟิล์มซีพีพีจะกรอบแตกที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง

การใช้งานของพอลิโพรพิลีน

1. ฟิล์มพีพีที่รู้จักกันทั่วไป คือ ถุงใสและถุงร้อนสำหรับใส่อาหารร้อน
2. ฟิล์มพีพีที่มีสีขาวขุ่น นิยมใช้ทำห่อลูกกวาดหรือทำถุงบรรจุอาหารที่ต้องการความทึบแสง
3. ฟิล์มโอพีพีชนิดบางจะใช้ทำเป็นถุงห่ออาหารแห้ง หรือขนมขบเคี้ยว
4. นิยมใช้ฟิล์มพีพีทั้งฟิล์มโอพีพีและฟิล์มซีพีพีร่วมกับวัสดุอื่นด้วยการประกบหรือการรีดร่วม เพื่อเสริมคุณสมบัติให้เหมาะสมแก่การใช้งานยิ่งขึ้น เช่น ใช้ฟิล์มโอพีพีประกบกับฟิล์ม แอลดีพีอี ทำถุงห่อช็อกโกเลต อาหารแช่แข็ง และอาหารที่บรรจุด้วยระบบสุญญากาศ ใช้ฟิล์มโอพีพี ประกบฟิล์มซีพีพี ทำถุงบรรจุอาหารแห้ง เป็นต้น

2.3 พอลิไวนิลคลอไรด์หรือพีวีซี (PVC) พอลิไวนิลคลอไรด์เป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีรูปร่างโมเลกุลแบบสายโซ่ตรง และมีความใส มีความหนาแน่นสูงถึง 1.40 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ลักษณะเด่นของพีวีซี คือ สามารถใช้สารเติมแต่งเพื่อปรับสมบัติของพีวีซีได้มากมายหลายชนิด แต่ต้องระมัดระวังผลกระทบต่อการใช้งานด้วย

สมบัติทั่วไปของพอลิไวนิลคลอไรด์

1. มีสมบัติแข็งแต่เปราะ ดังนั้นในการนำไปใช้งานจึงต้องมีการใส่สารเพิ่มสภาพพลาสติไซเซอร์ เพื่อทำให้พลาสติกมีความอ่อนตัว เหนียว และยืดหยุ่น
2. มีความโปร่งใส
3. สลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับแสงและความร้อน
4. มีความทนทานต่อด่าง ไขมัน แอลกอฮอล์ และน้ำมัน
5. ยอมให้ออกซิเจนและไอน้ำซึมผ่านได้น้อย
6. ละลายในตัวทำละลายพวกคีโตน เช่น แอซีโตน และสารประกอบไนโตร เช่น ไนโตรเบนซีน เป็นต้น
7. ปิดผนึกได้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 120-175 องศาเซลเซียส

การใช้งานของพอลิไวนิลคลอไรด์

1. แผ่นพีวีซีนิยมใช้ผลิตเป็นบัตรเครดิต บัตรสมาชิกต่าง ๆ
2. ใช้ทำถุงบรรจุของสด เช่น ผัก ผลไม้ เป็นต้น
3. ไม่นิยมใช้ทำบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารร้อน เนื่องจากสลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน และอาจทำให้สารเติมแต่งหลุดออกมาปนกับอาหารทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้
4. นิยมใช้ผลิตเป็นฟิล์มยืด (cling film) ห่อหุ้มอาหาร เนื่องจากความใส และไม่จำเป็นต้องเหนียวมากนัก และผลิตเป็นฟิล์มหด (shrink film) สำหรับหุ้มรัดสินค้าให้รวมเป็นชุด ๆ หรือเป็นหน่วยใหญ่ขึ้น

2.4 พอลิสไตรีนหรือพีเอส (PS) พอลิสไตรีนเป็นพลาสติกที่มีราคาถูก เม็ดพลาสติกที่ใช้ในการผลิตฟิล์มพีเอส สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดธรรมดาใช้ในงานทั่วไป (General Purpose Polystyrene,

GPPS) และชนิดทนการกระแทกได้สูง (High Impact Polystyrene, HIPS) ในการผลิตฟิล์มพีเอสสามารถดึงให้โมเลกุลจัดเรียงตัวกันใน 2 แนว เช่นเดียวกับฟิล์มพีพี เรียกว่าฟิล์มโอพีเอส (Oriented Polystyrene film, OPS film)

สมบัติทั่วไปของพอลิสไตรีน

1. มีความโปร่งใสและความมันวาว
2. มีความเหนียวดีพอสมควร
3. ไม่ละลายในแอลกอฮอล์และตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว แต่ละลายในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว ตัวทำละลายพวกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน พวกคีโตน และพวกเอสเทอร์ได้ดี และมีความทนทานต่อกรดและด่างทั่วไปได้ดี
4. ฟิล์มพีเอสที่บางจะปิดผนึกด้วยความร้อนยาก ต้องใช้กาวหรือตัวทำละลายช่วยเพื่อละลายให้ติดกัน
5. มีความคงรูป ทำให้สามารถพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ความเร็วสูง ๆ ได้
6. ดูดความชื้นได้ต่ำ จึงไม่เหมาะสำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคโดยใช้ไอน้ำ
7. เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี

การใช้งานของพอลิสไตรีน

1. ใช้ทำถุงบรรจุของสดต่าง ๆ ไม่ว่าดอกไม้ ผัก ผลไม้ หรือเนื้อสัตว์
2. ใช้ร่วมกับวัสดุอื่นด้วยการประกบ เช่น ประกบกับกระดาษเพื่อเพิ่มความเหนียวและความมันวาว ทำเป็นกล่องหรือถุงของขวัญต่าง ๆ
3. ใช้เป็นฐานรองรับการเคลือบด้วยไออะลูมิเนียม (metallizing) ผลิตเป็นถุงบรรจุอาหารสำเร็จรูป เนื่องจากมีความคงรูปและใช้พิมพ์ได้ทันที

2.5 พอลิแอไมด์หรือพีเอ (PA) พอลิแอไมด์แตกต่างจากเทอร์โมพลาสติกชนิดอื่น ๆ ตรงที่ในสายโซ่หลักมิได้มีเฉพาะอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจนเท่านั้น แต่มีอะตอมของธาตุอื่นอยู่ในสายโมเลกุลด้วย พีเอมีหลายชนิด ที่รู้จักกันดีคือไนลอน ในการผลิตฟิล์มพีเอก็สามารถจัดโมเลกุลให้เรียงตัวใน 2 แนวที่เรียกว่า ฟิล์มโอพีเอ (Oriented Polyamide film, OPA film)

สมบัติทั่วไปของพอลิแอไมด์

1. สามารถทนต่อแรงกระแทกสูง
2. มีความเหนียวและความยืดหยุ่นสูง
3. สามารถต้านทานการขัดถูได้ดี
4. ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้น้อย แต่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซดีมาก
5. ละลายได้ในกรดเข้มข้น แต่โดยทั่วไปทนทานต่อด่างดี
6. ปิดผนึกได้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิค่อนข้างสูงอยู่ในช่วง 220-260 องศาเซลเซียส

การใช้งานของพอลิแอไมด์

ไม่นิยมใช้ฟิล์มพีเอเดี่ยว ๆ แต่นิยมใช้ร่วมกับฟิล์มชนิดอื่นด้วยการประกบหรือการรีดร่วมผลิตเป็นถุงบรรจุอาหาร รวมทั้งอาหารที่ต้องการเก็บรักษากลิ่น รสชาติ และต้องการเก็บเป็นเวลานาน

2.6 พอลิเอทิลีนเทอร์ฟะทาเลต (Polyethylene Terephthalate, PET) พอลิเอทิลีนเทอร์ฟะทาเลตเป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีรูปร่างโมเลกุลเป็นแบบสายโซ่ตรงที่มีระเบียบมาก จึงมีความเป็นผลึกสูง การผลิตฟิล์มนิยมให้มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลใน 2 แนวเช่นกัน

สมบัติทั่วไปของพอลิเอทิลีนเทอร์ฟะทาเลต

1. โปร่งใส และมีความมันวาวสูง
2. มีน้ำหนักเบา
3. มีความเหนียวและแข็งแรง ทนทานต่อแรงดึงและแรงกระแทกได้ดี
4. ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซต่าง ๆ ได้ดี และสามารถสกัดกั้นรังสีอัลตราไวโอเลต ได้
5. ละลายได้ในตัวทำละลายที่ให้โปรตรอนได้ เช่น กรดฟลูออริเนเทตแอซีติก (fluorinated acetic acid, F_3CCOOH)
6. ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ แต่ต้องที่อุณหภูมิสูงถึง 220-230 องศาเซลเซียส

การใช้งานของพอลิเอทิลีนเทอร์ฟะทาเลต

1. ใช้ร่วมกับพลาสติกอื่น ๆ หรือกระดาษ ผลิตเป็นถุงที่มีการใช้งานที่อุณหภูมิสูง เช่น ถุงบรรจุอาหารที่ต้องการการต้มพร้อมถุง ถุงที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน
2. ใช้เป็นฐานรองรับการเคลือบด้วยไออะลูมิเนียม หรือการประกบกับแผ่นอะลูมิเนียมเปลว เพื่อผลิตเป็นถุงที่ป้องกันไอน้ำและอากาศไม่ให้ผ่านเข้าออก
3. ปัจจุบันนิยมใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์คงรูป เช่น ขวดบรรจุน้ำต่าง ๆ เป็นต้น

2.7 พอลิไวนิลิดีนคลอไรด์ (Polyvinylidene Chloride, PVDC) พอลิไวนิลิดีนคลอไรด์เป็นโคพอลิเมอร์ของไวนิลิดีนคลอไรด์ (Vinylidene Chloride, VDC) และไวนิลคลอไรด์ ซึ่งโดยทั่วไปจะประกอบด้วยไวนิลิดีนคลอไรด์และไวนิลคลอไรด์เป็นอัตราส่วน 9:1 รู้จักกันในทางการค้าว่า "ซาราน" (Saran) เป็นพลาสติกที่มีราคาแพง

สมบัติทั่วไปของพอลิไวนิลิดีนคลอไรด์

1. โปร่งใส มีความเหนียวและความมันวาวสูง
2. ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีกว่าฟิล์มพลาสติกทุกชนิด และยังป้องกันการซึมผ่านของก๊าซต่าง ๆ ได้ดีมากด้วย
3. มีความทนทานต่อสารเคมี ยกเว้นด่างแก่ เอสเทอร์ และคีโตน
4. ปิดผนึกได้ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 120-150 องศาเซลเซียส

การใช้งานของพอลิไวนิลิดีนคลอไรด์

ใช้ร่วมกับฟิล์มชนิดอื่นด้วยการประกบหรือการรีดร่วม ผลิตเป็นถุงบรรจุอาหารหรือยาที่เสื่อมคุณภาพได้ง่ายเมื่อสัมผัสอากาศและไอน้ำ หรือใช้ผลิตถุงขนมขบเคี้ยวที่ต้องการเก็บได้นาน ๆ

2.8 เซลโลเฟน (Cellophane) เซลโลเฟนเป็นฟิล์มเซลลูโลสที่ผลิตโดยใช้วิธีการทางเคมีที่ทำให้โมเลกุลของเซลลูโลสบางส่วนสลายไป เป็นฟิล์มที่โปร่งใส มีความอ่อนตัว แต่สมบัติการต้านทานไอน้ำต่ำ และไม่สามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน จึงมีขีดจำกัดในการใช้งานทางบรรจุภัณฑ์ นิยมใช้ห่ออาหารเพื่อป้องกันฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรกเท่านั้น และเป็นอาหารที่ต้องการให้ความชื้นซึมผ่านได้ นอกจากนี้นิยมใช้ทำเป็นหน้าต่างของบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ เช่น ซองจดหมาย กล่องที่มีการเจาะหน้าต่างให้มองเห็นสินค้าในกล่องได้ เป็นต้น

2.9 โคโพลิเมอร์ชนิดอื่น ๆ เช่น

2.9.1 เอทิลีนไวนิลแอซีเทตโคพอลิเมอร์ โคพอลิเมอร์นี้เป็นโคพอลิเมอร์ของเอทิลีนและไวนิลแอซีเทต อัตราส่วนของเอทิลีนและไวนิลแอซีเทตขึ้นอยู่กับสมบัติของพลาสติกที่ต้องการ เช่น ถ้าใช้ไวนิลแอซีเทตปริมาณน้อยประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยปรับสมบัติของพอลิเอทิลีนให้มีความเหนียวและความใสมากขึ้น สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ดีขึ้น และอาจใช้ไวนิลแอซีเทตได้สูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ พลาสติกชนิดนี้นิยมใช้ร่วมกับพลาสติกชนิดอื่น ๆ ผลิตถุงที่บรรจุด้วยระบบสุญญากาศ

2.9.2 เอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์ (Ethylene Vinyl Alcohol Copolymer EVOH or EVAL) โคพอลิเมอร์นี้เป็นโคพอลิเมอร์ของเอทิลีนและไวนิลแอลกอฮอล์ มีสมบัติเด่นคือ สามารถสกัดกั้นก๊าซและกลิ่นได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้มีความใส ความเหนียว ความมันวาว ความคงรูปดี ทนทานต่อรังสีอัลตราไวโอเลตและรังสีอื่น ๆ โดยทั่วไปจะใช้ร่วมกับพลาสติกอื่นผลิตถุงบรรจุอาหารที่ต้องการเก็บรักษากลิ่นและรสชาติของอาหาร หรือที่ต้องการเก็บไว้นาน ๆ

2.10 ฟิล์มเมทัลไลซ์ (metallized film) ฟิล์มเมทัลไลซ์เป็นฟิล์มพลาสติกที่ฉาบผิวด้วยโลหะ โดยเคลือบติดบางมากประมาณ 30 นาโนเมตร หรือ 10^{-4} มิลลิเมตร โลหะที่นิยมใช้คืออะลูมิเนียม การผลิตฟิล์มเมทัลไลซ์อาศัยการระเหิดอะลูมิเนียมในห้องที่มีความกดอากาศต่ำ เพื่อให้ไอของอะลูมิเนียมไปเกาะติดบนแผ่นฟิล์มพลาสติก เช่น พีอี พีพี บีโอพีพี พีอีที พีเอ พีเอส พีวีซี เป็นต้น การทำเมทัลไลซ์เป็นการช่วยปรับปรุงสมบัติของพลาสติกทางด้านการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ก๊าซ และแสงให้ดีขึ้น จึงนิยมใช้ทำถุงบรรจุอาหารขบเคี้ยวที่ต้องรักษาความกรอบเอาไว้

พลาสติกที่กล่าวมาแล้วนั้นเมื่อผลิตเป็นฟิล์มที่ต้องการพิมพ์ข้อความหรือภาพต่าง ๆ อาจนำไปพิมพ์ก่อนหรือหลังการผลิตฟิล์มพลาสติกหลายชั้นหรือการแปรรูปเป็นถุงหรือซองต่าง ๆ ก็ได้

การพิมพ์พลาสติกส่วนมากจะพิมพ์โดยใช้ระบบการพิมพ์กราวัวร์ หรือเฟล็กโซกราฟี และมีบ้างที่พิมพ์โดยใช้ระบบการพิมพ์ออฟเซตและฉลุลายผ้า

กิจกรรม 3.2.2

จงบอกความแตกต่างของสมบัติระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง มาสัก 3 ข้อ

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 3 ตอนที่ 3.2 กิจกรรม 3.2.2

แนวตอบกิจกรรม 3.2.2

สมบัติที่แตกต่างกันระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และชนิดความหนาแน่นสูง คือ

1. **พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ไปร่งแสงมากกว่าชนิดความหนาแน่นสูง**
2. **พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมีความเหนียวและความแข็งแรงน้อยกว่าชนิดความหนาแน่นสูง**
3. **บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ แต่บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากชนิดความหนาแน่นสูงปิดผนึกด้วยความร้อนไม่ได้**

เรื่องที่ 3.2.3
สมบัติของพลาสติก

โดยเหตุที่พลาสติกมีหลายชนิดและแต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกันไป การที่จะเลือกใช้งานให้ถูกต้องและเหมาะสมจึงจำเป็นต้องรู้จักสมบัติทางด้านต่าง ๆ ของพลาสติก ในเบื้องต้นนี้จะกล่าวถึงปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดสมบัติของพลาสติกก่อน ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวกับสารพอลิเมอร์อันเป็นปัจจัยหลักที่กำหนดสมบัติของพลาสติกที่สำคัญ ๆ มี 4 ประการ คือ

1. โครงสร้างทางเคมี เช่น พอลิเอทิลีน $(-CH_2-CH_2-)_n$

พอลิสไตรีน $(-CH_2-CH(C_6H_5)-)_n$

พอลิไวนิลคอลไรด์ $(-CH_2-CH(Cl)-)_n$

จะเห็นว่ามีองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน พลาสติกจากสารเหล่านี้จะมีสมบัติต่างกัน

2. รูปร่างโมเลกุล เป็นที่ทราบแล้วว่าพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นจะมีรูปร่างโมเลกุลได้ 3 แบบ คือ แบบเส้นตรง แบบมีกิ่งสาขา และแบบเชื่อมโยงหรือแบบร่างแห อิทธิพลของรูปร่างโมเลกุลมีผลต่อการหลอมตัวเมื่อได้รับความร้อน และมีผลต่อความสามารถในการละลาย เช่น ถ้าพอลิเมอร์มีรูปร่างโมเลกุลไม่เชื่อมโยงมาก จะหลอมตัวง่ายกว่าพอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมโยงมากในโมเลกุล ขณะเดียวกันพอลิเมอร์ที่มีกิ่งสาขามาก จะสามารถละลายได้ดีกว่าพอลิเมอร์ที่เป็นแบบเส้นตรง

3. น้ำหนักโมเลกุล พอลิเมอร์แม้จะเป็นชนิดเดียวกัน จะมีโมเลกุลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน คือ น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความยาวของพอลิเมอร์ ซึ่งแตกต่างจากสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก ตัวอย่าง เช่น น้ำ (H_2O) ทุกโมเลกุลของน้ำจะมีน้ำหนักโมเลกุลคงที่เท่ากับ 18 เสมอ โดยทั่วไปพอลิเมอร์จะละลายในตัวทำละลายได้ช้ามากเพราะเป็นสารโมเลกุลขนาดใหญ่ และมีชนิดของตัวทำละลายที่จะละลายพอลิเมอร์น้อยมาก ความสามารถในการละลายของพอลิเมอร์จะยิ่งลดลงเมื่อมีน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น แต่จะสามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดีขึ้น

4. ความเป็นผลึก ถ้าพิจารณาความสามารถในการตกผลึก พอลิเมอร์มีโอกาสตกผลึกได้น้อย เนื่องจากมีขนาดโมเลกุลใหญ่ อย่างไรก็ตามพอลิเมอร์สังเคราะห์ส่วนใหญ่ก็จะมีความเป็นผลึกไม่มากก็น้อย ความเป็นผลึกเป็นปัจจัยกำหนดสมบัติที่สำคัญ ๆ ของพลาสติก เช่น ความแข็ง ความแข็งแรง ความทึบแสง ความยืดหยุ่น เป็นต้น โดยที่พอลิเมอร์ที่ยิ่งมีความเป็นผลึกสูงจะยิ่งทึบแสง ไม่ใส เนื่องจากผลึกทำหน้าที่กระจายแสงมีความแข็งและความแข็งแรงกว่าพอลิเมอร์ที่มีความเป็นผลึกต่ำ แต่มีความสามารถในการยืดตัวน้อยกว่า

ทั้งนี้สมบัติของพลาสติกที่ใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์ สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี

1. สมบัติทางกายภาพ

สมบัติทางกายภาพเป็นสมบัติที่มีความสำคัญต่อการพิมพ์มาก ทั้งในระหว่างการพิมพ์และต่อคุณภาพของงานพิมพ์ที่ต้องการ อาจจำแนกออกเป็น

1.1 สมบัติทั่วไป ที่สำคัญ ๆ ได้แก่

1.1.1 ความหนา *(thickness)* ความหนาหมายถึง ระยะตั้งฉากระหว่างผิวหน้าทั้งสองของฟิล์มหรือ

แผ่นพลาสติก ความหนาที่สม่ำเสมอกันเป็นสิ่งที่จำเป็นและมีผลต่อกระบวนการต่าง ๆ เช่น ผลต่อกระบวนการพิมพ์ ทำให้เกิดการถ่ายโอนหมึกบริเวณภาพอย่างสม่ำเสมอ ได้ภาพพิมพ์คุณภาพดี ผลต่อกระบวนการผลิตเป็นสิ่งพิมพ์สำเร็จรูป เช่น ถุง ซองต่าง ๆ ถ้ามีความหนาไม่สม่ำเสมอจะมีความบกพร่องของสิ่งพิมพ์มาก ปริมาณการสูญเสียก็มากด้วย ความหนาของฟิล์มหรือแผ่นพลาสติกนิยมระบุเป็นหน่วยมิลลิเมตรหรือไมครอน ยกเว้นในประเทศสหรัฐอเมริกานิยมใช้หน่วยเกจ (gauge) ซึ่งหนึ่งเกจมีค่าเท่ากับ 0.254 ไมครอน

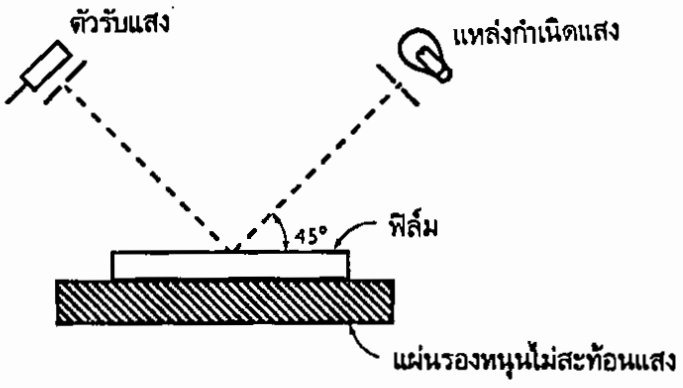
1.1.2 ความหนาแน่น *(density)* ความหนาแน่นหมายถึง น้ำหนักของพลาสติกต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร สมบัตินี้นิยมระบุเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นสมบัติที่สัมพันธ์กับการใช้งานของพลาสติก เช่น พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงจะมีความคงรูปมากกว่า สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีกว่าพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ เป็นต้น

1.1.3 ยีลด์ *(yield)* ยีลด์หมายถึงพื้นที่ของฟิล์มหรือแผ่นพลาสติกที่สามารถผลิตได้ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของเม็ดพลาสติกที่ใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้น ค่ายีลด์ของพลาสติกจะกำหนดเป็นตารางเมตรต่อกิโลกรัม หรือตารางนิ้วต่อปอนด์ เป็นสมบัติที่สำคัญต่อการเลือกใช้พลาสติก พลาสติกที่มีค่ายีลด์สูงจะสามารถผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ เช่น ถุง ซอง ได้มากกว่าพลาสติกที่มีค่ายีลด์ต่ำ โดยที่น้ำหนักของพลาสติกเท่ากัน

1.1.4 การคงสภาพเชิงมิติ การคงสภาพเชิงมิติหมายถึง ความสามารถของฟิล์มหรือแผ่นพลาสติกที่จะรักษาลักษณะรูปร่างหรือมิติไว้เมื่ออุณหภูมิหรือความชื้นของสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป เป็นสมบัติที่สำคัญยิ่งต่อการพิมพ์ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงมิติของฟิล์มหรือแผ่นพลาสติกแม้เพียงเล็กน้อยขณะพิมพ์ทำให้เกิดปัญหาทางการพิมพ์โดยเฉพาะการพิมพ์เหลื่อมได้ และมีความสำคัญต่อบรรจุภัณฑ์สำเร็จรูปด้วย เช่น ถ้าฟิล์มพลาสติกที่ใช้ห่อสินค้าอยู่เกิดการหดตัว อาจทำให้ห่อสินค้ายุบตัว หรือฟิล์มอาจแตกขาดได้

1.2 สมบัติทางด้านทัศนศาสตร์ *(optical properties)* หรืออาจเรียกว่าสมบัติเชิงแสง เป็นสมบัติที่มีผลกระทบต่อคุณภาพงานพิมพ์มากกว่า สมบัติที่ควรทราบคือ

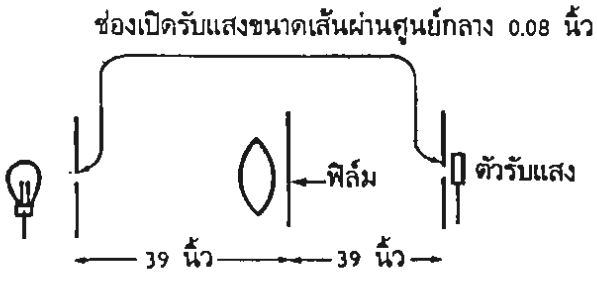
1.2.1 ความมันวาว *(gloss)* ความมันวาวหมายถึงอัตราส่วนความเข้มของแสงที่สะท้อนออกจากผิวของฟิล์มหรือแผ่นพลาสติกเปรียบเทียบกับความเข้มของแสงที่สะท้อนออกจากวัสดุที่มีความมันวาวมาตรฐาน โดยวัดที่มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ซึ่งนิยมวัดที่มุม 45 องศากับแนวตั้งฉากกับระนาบของพลาสติก ดังแสดงในภาพที่ 3.23 สมบัตินี้มีความสำคัญต่อการพิมพ์เนื่องจากจะมีผลต่อความสวยงามของบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 3.23 หลักการทำงานของเครื่องวัดความมันวาว

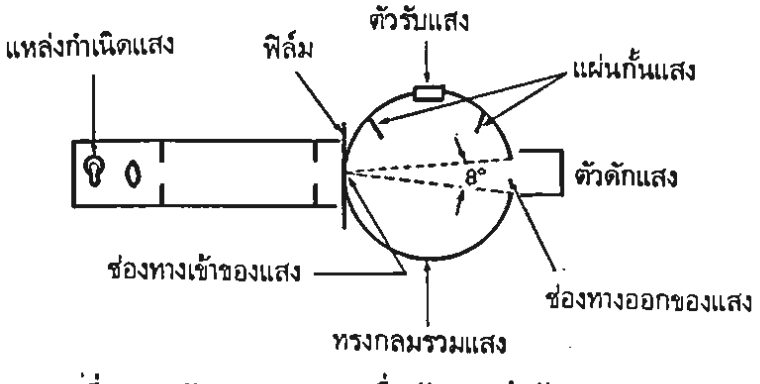
1.2.2 ความใส *(clarity)* มีความสำคัญต่อการมองเห็นสิ่งของที่บรรจุอยู่ภายใน การวิเคราะห์สมบัตินี้อาจกระทำได้ด้วยตาเปล่า หรืออาจใช้เครื่องวัดความใส (clarity meter) ดังแสดงในภาพที่ 3.24 ซึ่งจะอ่านค่า

เป็นสัดส่วนความเข้มของแสงที่ผ่านฟิล์มหรือแผ่นพลาสติก เปรียบเทียบกับความเข้มของแสงที่ผ่านแผ่นหรือฟิล์มพลาสติกมาตรฐาน



ภาพที่ 3.24 หลักการทำงานของเครื่องวัดความใส

1.2.3 ความขุ่นมัว (haze) ความขุ่นมัวเป็นการวัดความเข้มของแสงที่กระจายออกจากผิวของฟิล์มหรือแผ่นพลาสติกจากจุดที่แสงตกกระทบ การวิเคราะห์หาค่าความขุ่นมัวใช้เครื่องวัดความขุ่นมัว (haze meter) ดังแสดงในภาพที่ 3.25 สมบัตินี้มีผลกระทบต่อความสวยงามของสิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์เช่นกัน



ภาพที่ 3.25 หลักการทำงานของเครื่องวัดความขุ่นมัว

1.3 สมบัติเชิงกล ที่สำคัญ ๆ ได้แก่

1.3.1 ความแข็งแรงต่อแรงดึง ความแข็งแรงต่อแรงดึงเป็นความสามารถของฟิล์มหรือแผ่นพลาสติกที่จะทนต่อแรงดึงซึ่งกระทำที่ปลายข้างหนึ่งของชิ้นฟิล์มทดสอบที่มีความกว้างคงที่จนฟิล์มนั้นขาด โดยทั่วไปจะแสดงค่าเป็นแรงต่อหนึ่งหน่วยความกว้างของฟิล์ม หน่วยที่ใช้คือกิโลนิวตันต่อเมตร (kN/m) หรือแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หน้าตัดของฟิล์ม หน่วยที่ใช้คือกิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร (kgf/cm^2)

1.3.2 ความยืด (elongation) ความยืดเป็นสมบัติที่สัมพันธ์กับความแข็งแรงต่อแรงดึง เป็นสมบัติที่บอกให้ทราบถึงความยาวของฟิล์มพลาสติกที่สามารถยืดตัวออกได้ก่อนที่จะขาดด้วยแรงดึง มีหน่วยเป็นร้อยละของความยาวเดิมของชิ้นฟิล์มทดสอบ

ทั้งความแข็งแรงต่อแรงดึงและความยืดมีความสำคัญต่อการปรับตั้งแรงดึงของม้วนฟิล์มในขณะพิมพ์ให้เหมาะสม เพื่อมิให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ขึ้น เช่น ม้วนฟิล์มขาด หรือเกิดการพิมพ์เหลื่อมเนื่องจากการยืดตัวของฟิล์ม เป็นต้น

1.3.3 ความแข็งแรงต่อแรงกระแทก (impact strength) ความแข็งแรงต่อแรงกระแทกเป็นความสามารถของฟิล์มหรือแผ่นพลาสติกที่จะต้านน้ำหนักของตุ้มโลหะ ซึ่งเมื่อตกลงมากระแทกกับพลาสติกแล้วทำให้ฟิล์มหรือแผ่นนั้นขาด การระบุสมบัตินี้ใช้หน่วยวัดเป็นกรัม เป็นสมบัติที่บอกความแข็งแรงของฟิล์มหรือแผ่นพลาสติก และมีความสำคัญสำหรับการผลิตบรรจุภัณฑ์สินค้าหนักที่มีการกระแทกระหว่างการขนส่ง

1.3.4 ความแข็งแรงต่อแรงฉีก ความแข็งแรงต่อแรงฉีกเป็นความสามารถของฟิล์มหรือแผ่นพลาสติกที่จะต้านแรงซึ่งจะทำให้ชิ้นฟิล์มหรือแผ่นทดสอบขาดจากรอยฉีกเดิมที่ทำไว้ก่อน การวัดสมบัตินี้จะใช้หน่วยเป็นมิลลินิวตัน สมบัตินี้มีความสัมพันธ์กับการใช้งานของพลาสติก เช่น ถ้าใช้ผลิตเป็นถุงเพื่อการขนส่งควรเลือกใช้พลาสติกที่มีการต้านแรงฉีกขาดสูง เป็นต้น

1.3.5 ความต้านการขัดถู (abrasion resistance) ความต้านการขัดถูหมายถึง ความสามารถของฟิล์มหรือแผ่นพลาสติกที่ทนต่อการขัดถู เป็นสมบัติที่มีผลกระทบต่อความมันวาวและความใสของผิวหน้าพลาสติก เช่น ถ้าผิวฟิล์มถูกขัดถูทำให้เกิดผิวหยาบ ความมันวาวก็จะลดลง หรือถ้ามีวัสดุแปลกปลอมติดอยู่บนผิวหน้าของฟิล์มก็จะทำให้ความใสลดลง ซึ่งส่งผลรวมไปถึงคุณภาพของงานพิมพ์ด้วย

2. สมบัติทางเคมี

สมบัติทางเคมีของพลาสติกเป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการนำพลาสติกไปใช้งานมากกว่าในการพิมพ์ สามารถแยกเป็นรายละเอียดได้ดังนี้

2.1 การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapour permeability) สมบัตินี้มีความสำคัญต่อการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ต้องการให้ไอน้ำจากภายนอกผ่านเข้าไปสัมผัสกับสินค้า หรือไอน้ำจากตัวสินค้าเองระเหยออกไป การวิเคราะห์สมบัตินี้โดยการวัดปริมาณไอน้ำที่ซึมผ่านจากผิวด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งในหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวของพลาสติกและทำการวัดภายในระยะเวลาหนึ่งและภายใต้สภาวะทดสอบคงที่ โดยทั่วไปจะวัดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ณ สภาวะทดสอบที่อุณหภูมิประมาณ 38 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์

2.2 การซึมผ่านของก๊าซ (gas permeability) สมบัตินี้มีความสำคัญต่อการผลิตบรรจุภัณฑ์เช่นเดียวกับการซึมผ่านของไอน้ำ โดยเฉพาะไม่ต้องการให้ก๊าซจากภายนอกสามารถผ่านเข้าไปสัมผัสหรือเกิดปฏิกิริยากับสินค้าที่บรรจุอยู่ภายใน เพราะอาจทำให้สินค้าเสื่อมสภาพได้ การวิเคราะห์สมบัตินี้จะต้องระบุชนิดของก๊าซที่ต้องการจะทดสอบ เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น โดยทำการวัดปริมาตรของก๊าซที่ซึมผ่านจากผิวด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งในหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวของพลาสติกภายในระยะเวลาที่กำหนด โดยทั่วไปคือ 1 วัน ที่อุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ และวัดภายใต้ความดันอากาศระหว่างผิวทั้งสองด้านแตกต่างกัน 1 หน่วย

2.3 การต้านทานไขมันและน้ำมัน (fat and oil resistance) สมบัตินี้เป็นสมบัติที่จำเป็นของพลาสติกที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์สินค้าที่มีไขมันหรือน้ำมันเป็นส่วนประกอบ โดยทั่วไปสมบัตินี้จะวิเคราะห์แบบง่าย ๆ และระบุสมบัติเป็นระดับต่าง ๆ เช่น ดีมาก ดี พอใช้ เป็นต้น

2.4 ความทนทานต่อความร้อน ความเย็น และสารเคมี (heat, cold and chemical resistance) เป็นสมบัติของพลาสติกที่จะต้านการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน ความเย็น หรือสัมผัสกับสารเคมี เป็นสมบัติเฉพาะของพลาสติกแต่ละชนิด จะต้องคำนึงถึงเมื่อจะนำไปใช้งาน เช่น บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารแช่แข็ง

พิล์มพลาสติกต้องไม่เปราะแตกที่อุณหภูมิต่ำ ๆ หรือถุงบรรจุอาหารที่ต้องการการต้มพร้อมถุง พิล์มพลาสติกที่ใช้ต้องไม่หลอมละลายที่อุณหภูมิสูง เป็นต้น

กิจกรรม 3.2.3

1. สมบัติเชิงกลที่มีความสำคัญต่อการพิมพ์ได้แก่อะไรบ้าง
2. สมบัติทางเคมีใดบ้างที่ควรคำนึงถึงในการใช้พลาสติกทำถุงบรรจุมันฝรั่งทอดกรอบ

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 3 ตอนที่ 3.2 กิจกรรม 3.2.3

แนวตอบกิจกรรม 3.2.3

1. สมบัติเชิงกลที่มีความสำคัญต่อการพิมพ์ได้แก่ ความแข็งแรงต่อแรงดึง และความยืด
2. สมบัติทางเคมีที่ควรคำนึงถึงในการใช้พลาสติกทำถุงบรรจุมันฝรั่งทอดกรอบ ได้แก่ การซึมผ่านของไอน้ำ การต้านทานไขมันและน้ำมัน และการซึมผ่านของก๊าซ

ตอนที่ 3.3
วัสดุใช้พิมพ์ประเภทโลหะ

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 3.3 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

3.3.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโลหะ
3.3.2 ชนิดของวัสดุใช้พิมพ์ประเภทโลหะ
3.3.3 สมบัติของโลหะ

แนวคิด

1. โลหะเป็นสารอนินทรีย์ซึ่งได้จากแร่ที่เกิดในธรรมชาติ และเป็นวัสดุอีกประเภทหนึ่งที่มีการนำมาใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์เพื่อผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์โลหะ โดยสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือโลหะที่เป็นเหล็ก และโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก
2. วัสดุใช้พิมพ์ประเภทโลหะที่มีการใช้มากที่สุด คือ แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก เป็นแผ่นเหล็กที่ได้รับการปรับแต่งผิวให้มีสมบัติทนทานต่อการผุกร่อนดีขึ้น แผ่นโลหะชนิดอื่น ๆ ที่มีการนำมาใช้ เช่น แผ่นเหล็กทินฟรีหรือแผ่นเหล็กไร้ดีบุก โดยเฉพาะแผ่นเหล็กเคลือบโครเมียมและแผ่นอะลูมิเนียม ซึ่งรวมทั้งแผ่นอะลูมิเนียมเปลวด้วย
3. สมบัติของแผ่นโลหะที่ควรทราบ ได้แก่ สมบัติทางกายภาพและทางเคมี เช่น ความหนา ความแข็ง ความแข็งแรง ความยืดหยุ่น ความต้านการผุกร่อน ความต้านทานต่อสารเคมี เป็นต้น

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 3.3 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. จำแนกประเภทของโลหะได้
2. บอกชนิดของแผ่นโลหะที่ใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์ได้
3. บอกกระบวนการผลิตแผ่นโลหะชนิดที่สำคัญ ๆ ได้
4. บอกสมบัติสำคัญ ๆ ของแผ่นโลหะที่ใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์ได้

เรื่องที่ 3.3.1
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโลหะ

1. ความเป็นมาของโลหะ

โดยทั่วไปโลหะที่นำมาใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์จะมีความสัมพันธ์กับการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ และรูปแบบบรรจุภัณฑ์โลหะที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือกระป๋องโลหะ (metal can) ได้มีการบันทึกไว้ว่า การผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกทางการค้าเริ่มขึ้นที่ประเทศอังกฤษเมื่อพ.ศ. 2242 แต่เป็นการนำไปใช้งานทางด้านอื่น ๆ ที่ไม่ใช่กระป๋อง จนกระทั่งหลังพ.ศ. 2353 นายนิโคลาส แอพเพิร์ต (Nicolas Appert) ชาวฝรั่งเศสค้นพบวิธีถนอมอาหารที่บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ซึ่งทำจากวัสดุชนิดต่าง ๆ เช่น เหล็กเคลือบดีบุก อะลูมิเนียม พลาสติกหรือแก้วได้ การผลิตบรรจุภัณฑ์โลหะเพื่อใช้บรรจุอาหารทางการค้าจึงเริ่มขึ้น ในปัจจุบันบรรจุภัณฑ์โลหะประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์มีการนำไปใช้ทางด้านอุตสาหกรรมอาหาร และประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ที่เหลือเป็นการนำไปใช้ทางด้านอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ไม่ใช่อาหาร โลหะที่นำมาใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์นอกจากจะใช้ในรูปของแผ่นโลหะล้วน ๆ แล้ว ยังมีการใช้ในรูปของแผ่นโลหะบาง ๆ ประกบกับฟิล์มพลาสติกเพื่อเพิ่มสมบัติบางประการแก่ฟิล์มพลาสติก หรือใช้ในรูปของแผ่นเมทัลไลซ์ ซึ่งอาจเป็นแผ่นกระดาษหรือฟิล์มพลาสติกที่ได้รับการเคลือบด้วยไอโลหะดังได้กล่าวแล้วในตอนที่ 3.2

2. ประเภทของโลหะ

โลหะเกือบทุกชนิดมีกำเนิดมาจากแร่ ซึ่งสามารถนำมาถลุงหรือใช้กรรมวิธีอื่น ๆ แยกเอาโลหะออกมาใช้งานได้ แร่โลหะส่วนมากจะเกิดในรูปของสารประกอบ ยกเว้นโลหะบางชนิดที่เกิดในรูปของโลหะบริสุทธิ์ เช่น ทองเงิน และทองแดง เป็นต้น

โดยทั่วไปโลหะสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. โลหะที่เป็นเหล็ก (ferrous metal) โลหะที่เป็นเหล็กเช่น เหล็กกล้า (steel) เหล็กหล่อ (cast iron) หรือพวกโลหะผสม (alloy) ที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น เหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) เหล็กกล้าผสม (alloy steel) เป็นต้น

2. โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก (non-ferrous metal) โลหะที่ไม่ใช่เหล็กคือโลหะที่ไม่มีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบ เช่น ทองแดง สังกะสี ดีบุก ตะกั่ว อะลูมิเนียม แมกนีเซียม ตลอดจนโลหะผสมของโลหะเหล่านี้ เช่น ทองเหลือง บรอนซ์ โลหะที่ไม่ใช่เหล็กอาจแบ่งออกได้อีก 2 กลุ่มคือ

2.1 ***โลหะเบา*** *(light metal)* โลหะเบาหมายถึงโลหะที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า 4 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เช่น อะลูมิเนียม แมกนีเซียม เป็นต้น ซึ่งแมกนีเซียมจัดเป็นโลหะที่เบาที่สุด

2.2 ***โลหะหนัก*** *(heavy metal)* โลหะหนักหมายถึงโลหะที่มีความหนาแน่นมากกว่า 4 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เช่น ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว ดีบุก ทองคำขาว เป็นต้น

โลหะทั้งที่เป็นเหล็กและโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก โลหะเบาและโลหะหนัก มีการนำมาผลิตเป็นวัสดุใช้พิมพ์ในลักษณะเป็นแผ่นหรือเป็นม้วนแทบทั้งสิ้น

3. สมบัติทั่วไปของโลหะ

1. เป็นของแข็งทึบแสง
2. มีความมันวาวเมื่อขัดแล้ว

3. เป็นตัวนำความร้อนที่ดี
4. มีความเหนียวและสามารถดัดงอได้โดยไม่แตกหัก
5. มีความหนาแน่นสูง
6. มีจุดแข็งตัวและจุดหลอมละลายที่คงที่

กิจกรรม 3.3.1

โลหะสามารถจำแนกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง พร้อมยกตัวอย่างมาประเภทละ 3 ตัวอย่าง โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 3 ตอนที่ 3.3 กิจกรรม 3.3.1

แนวตอบกิจกรรม 3.3.1

โลหะสามารถจำแนกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. โลหะที่เป็นเหล็ก เช่น เหล็กหล่อ เหล็กกล้าไร้สนิม เหล็กกล้าผสม เป็นต้น
2. โลหะที่ไม่เป็นเหล็ก เช่น สังกะสี อะลูมิเนียม ทองแดง เป็นต้น

เรื่องที่ 3.3.2
ชนิดของวัสดุใช้พิมพ์ประเภทโลหะ

1. ชนิดของแผ่นโลหะ

วัสดุใช้พิมพ์ประเภทโลหะที่สำคัญ ๆ สามารถจำแนกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือแผ่นเหล็กและแผ่นอะลูมิเนียม

1.1 แผ่นเหล็ก แผ่นเหล็กชนิดที่มีความสำคัญทางการพิมพ์ ได้แก่

1.1.1 แผ่นเหล็กไม่เคลือบผิว แผ่นเหล็กไม่เคลือบผิวหรือบางทีเรียกว่า "แผ่นเหล็กดำ" (black plate) เป็นแผ่นเหล็กที่ได้จากกระบวนการผลิตแผ่นเหล็กจากสินแร่เหล็ก แต่เนื่องจากไม่เหมาะสำหรับการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุอาหารเพราะแผ่นเหล็กสัมผัสกับอาหารโดยตรง อาจเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้อาหารเป็นพิษได้ จึงนิยมใช้ผลิตเป็นถังโลหะต่าง ๆ ตลอดจนใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นเหล็กเคลือบผิวชนิดต่าง ๆ

1.1.2 แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก *(tinplate)* แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกเป็นแผ่นเหล็กดำที่มีความหนาอยู่ระหว่าง 0.15-0.5 มิลลิเมตร นำไปปรับแต่งผิวโดยการเคลือบผิวหน้าด้วยดีบุก อาจเป็นการเคลือบผิวหน้าเดียวหรือสองหน้าก็ได้ เป็นแผ่นโลหะที่มีการใช้ทำเป็นบรรจุภัณฑ์โลหะมากที่สุด

1.1.3 แผ่นเหล็กไร้ดีบุกหรือแผ่นเหล็กทินฟรี *(tin-free steel)* แผ่นเหล็กไร้ดีบุกเป็นแผ่นเหล็กที่ปรับแต่งผิวโดยการเคลือบผิวหน้าด้วยโลหะอื่นที่ไม่ใช่ดีบุก เนื่องจากดีบุกมีราคาแพง โดยใช้วิธีการเคลือบด้วยกระแสไฟฟ้า

1.1.4 แผ่นเหล็กกัลวาไนซ์ (galvanized plate) แผ่นเหล็กกัลวาไนซ์เป็นแผ่นเหล็กที่เคลือบผิวด้วยสังกะสี นิยมใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าที่ไม่ใช่อาหาร เนื่องจากสังกะสีเป็นพิษต่อร่างกายแต่มีราคาถูกกว่าดีบุก เช่น ใช้ผลิตถังโลหะบรรจุสีทาบ้าน กาว เป็นต้น

1.2 แผ่นอะลูมิเนียม แผ่นอะลูมิเนียม ได้แก่

1.2.1 แผ่นอะลูมิเนียมและแผ่นโลหะผสมของอะลูมิเนียม (aluminium and aluminium alloy plates) ตามหลักฐานมีการบันทึกไว้ว่าเริ่มมีการใช้แผ่นอะลูมิเนียมมาตั้งแต่ พ.ศ.2473 เป็นแผ่นโลหะที่มีปริมาณการใช้มากอีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากอะลูมิเนียมมีน้ำหนักเบา ราคาถูก มีความเหนียว สามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ได้ง่าย มีความทนทานต่อการผุกร่อนในบรรยากาศทั่วไป คือไม่เกิดสนิมได้ง่าย และไม่เป็นพิษต่อร่างกาย แต่เนื่องจากอะลูมิเนียมบริสุทธิ์มีขีดจำกัดในการใช้งานทั้งทางด้านความแข็งแรงและความทนทานต่อการกัดกร่อน ในการผลิตทางการค้าจึงมักผสมโลหะอื่นเข้าไปเพื่อปรับปรุงสมบัติของอะลูมิเนียมให้ดีขึ้น เช่น ใส่แมกนีเซียมเพื่อช่วยเพิ่มสมบัติความทนทานต่อการกัดกร่อน ใส่สังกะสีเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแก่อะลูมิเนียม ใส่ซิลิกอนเพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติเมื่อนำไปใช้ในงานหล่อ เป็นต้น

1.2.2 แผ่นอะลูมิเนียมเปลว แผ่นอะลูมิเนียมเปลวหมายถึง แผ่นอะลูมิเนียมบาง ๆ ที่มีความหนาน้อยกว่า 0.1524 มิลลิเมตร หรือ 152.4 ไมครอน มีความมันวาวคล้ายกับกระจกและมีสมบัติเด่นหลายประการ คือ เป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อนสูง ต้านทานการกัดกร่อนได้ดี ไม่เป็นพิษ เป็นตัวกั้นแสง อากาศ และความชื้นได้ดีเยี่ยม และสามารถใช้ร่วมกับวัสดุอื่น เช่น กระดาษ หรือฟิล์มพลาสติกได้ มีการใช้อะลูมิเนียมเปลวในการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ เช่น ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวในรูปแบบของถุงและซองต่าง ๆ แผ่นห่อของและฉลาก ฝาปิดบรรจุภัณฑ์กึ่งคงรูป เช่น กล่องพับได้ หลอดบีบ เป็นต้น

2. การผลิตแผ่นโลหะ

2.1 การผลิตแผ่นเหล็กไม่เคลือบผิว สินแร่เหล็กที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นเหล็กจะประกอบด้วยสารประกอบจำพวกออกไซด์ของเหล็ก ได้แก่ แร่เฮมาไทต์ (hematite) ซึ่งจะมีสารประกอบเฟอรัสออกไซด์ (Fe_2O_3) เป็นส่วนใหญ่ และแมกเนไทต์ (magnetite) ซึ่งจะมีสารประกอบเฟอริกออกไซด์ (Fe_3O_4) เป็นหลัก สินแร่เหล็กจะถูกเผาที่อุณหภูมิสูงถึง 1800 องศาเซลเซียส ซึ่งสารประกอบพวกเหล็กออกไซด์จะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นโลหะเหล็ก (metallic iron) จากนั้นจะผ่านกระบวนการทำให้บางเป็นแผ่นเหล็กซึ่งมีหลายขั้นตอน แผ่นเหล็กที่ผลิตได้จะเรียกว่า แผ่นเหล็กไม่เคลือบผิวหรือแผ่นเหล็กดำ ในระหว่างขั้นตอนของการทำให้เป็นแผ่นบางด้วยการรีดร้อน (hot rolling) อาจมีการเกิดออกไซด์ของเหล็กกลับมาอีก จำเป็นต้องกำจัดออกไปแล้วเคลือบด้วยน้ำมันแทนเพื่อมิให้เกิดสนิม สำหรับการทำเป็นแผ่นเหล็กบางครั้งสุดท้ายจะทำด้วยวิธีการรีดเย็น (cold rolling) ซึ่งจะทำให้แผ่นเหล็กมีความแข็ง (hard) และความแข็งแรง (strength) เพิ่มขึ้น หลังจากนั้นแผ่นเหล็กจะถูกทำให้ร้อนเพื่อให้สามารถดีหรือขึ้นรูปได้ แต่จะทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของโครงสร้างแบบผลึกในแผ่นเหล็กใหม่ ซึ่งทำให้แผ่นเหล็กมีความเหนียวเพิ่มขึ้นแต่ความแข็งแรงลดลง ดังนั้นในการผลิตแผ่นเหล็กอาจให้ผ่านการรีดเย็นอีกครั้งหนึ่งเป็นครั้งที่สอง (second cold reduction) ซึ่งจะเพิ่มความแข็งแรงสูงขึ้นเป็นพิเศษ แต่แผ่นเหล็กจะบางลงประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ เรียกแผ่นเหล็กที่ผ่านการรีดเย็นสองครั้งว่า "แผ่นเหล็กทูซีอาร์หรือแผ่นเหล็กดีอาร์" (two cold-rolled plate, 2 CR plate or double-reduced plate,DR plate) แผ่นเหล็กไม่เคลือบผิวมีการผลิตเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นแผ่นเหล็กเคลือบผิวอยู่ 4 ชนิด แต่ละชนิดจะมีธาตุอื่นเจือปนอยู่ในแผ่นเหล็กด้วยปริมาณต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ชนิดของแผ่นเหล็กดำและเปอร์เซ็นต์สูงสุดของธาตุที่เจือปนอยู่ในแผ่นเหล็ก

ชนิดของแผ่นเหล็กดำ	องค์ประกอบของธาตุเจือปน					
	คาร์บอน (C)	แมงกานีส (Mn)	ฟอสฟอรัส (P)	กำมะถัน (S)	ซิลิกอน (Si)	ทองแดง (Cu)
แอล (L)	0.13	0.60	0.015	0.05	0.01	0.06
เอ็มอาร์ (MR)	0.13	0.60	0.02	0.05	0.01	0.20
เอ็น (N)	0.13	0.60	0.015	0.05	0.01	0.06
ดี (D)	0.12	0.06	0.012	0.05	0.02	0.20

จากตารางที่ 3.2 จะพบว่า

*1. **ชนิดแอล** (L-type)* เป็นแผ่นเหล็กที่มีปริมาณของธาตุอื่นเจือปนน้อย มีความบริสุทธิ์ค่อนข้างมาก โดยทั่วไปนิยมใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุสินค้าที่มีการกัดกร่อนสูง เช่น น้ำผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว ผักดอง เป็นต้น

*2. **ชนิดเอ็มอาร์** (MR-type)* เป็นแผ่นเหล็กที่ใกล้เคียงกับชนิดแอล แต่มีปริมาณของทองแดงและฟอสฟอรัสเจือปนอยู่มากกว่า ใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุสินค้าที่มีการกัดกร่อนปานกลางหรือไม่กัดกร่อนเลย เช่น ผงซุป อาหารแช่แข็ง เนย เป็นต้น แผ่นเหล็กชนิดนี้นิยมใช้ผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกมากที่สุด

*3. **ชนิดเอ็น** (N-type)* เป็นแผ่นเหล็กชนิดแอลที่ได้รับการเติมไนโตรเจนลงไปประมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเพิ่มความแข็งแรง นิยมใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์ในส่วนที่ต้องการความแข็งแรง เช่น ฝากระป๋อง เป็นต้น

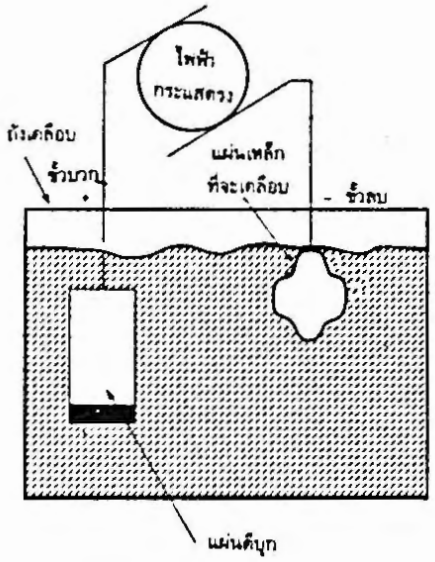
*4. **ชนิดดี** (D-type)* เป็นแผ่นเหล็กที่มีปริมาณของคาร์บอนและฟอสฟอรัสเจือปนต่ำกว่าชนิดอื่น ๆ มีความคงสภาพและคงทน (stabilized and non-aging steel) นิยมใช้ผลิตกระป๋องดรอนและวอลล์ไอรอน (drawn and wall ironed can, DWI or DI can) ซึ่งเป็นกระป๋องที่ขึ้นรูปโดยการปั๊มก่อน แล้วผนังกระป๋องจะถูกรีดให้บางลง เกิดเป็นส่วนสูงตามต้องการ ดังนั้น ตัวกระป๋องจะมีผนังบางกว่าก้นกระป๋อง รายละเอียดของการผลิตกระป๋องต่าง ๆ จะได้กล่าวถึงในหน่วยที่ 9 ต่อไป

2.2 การผลิตแผ่นเหล็กเคลือบผิว ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะชนิดที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก และแผ่นเหล็กไร้ดีบุกโดยเฉพาะแผ่นเหล็กเคลือบโครเมียม

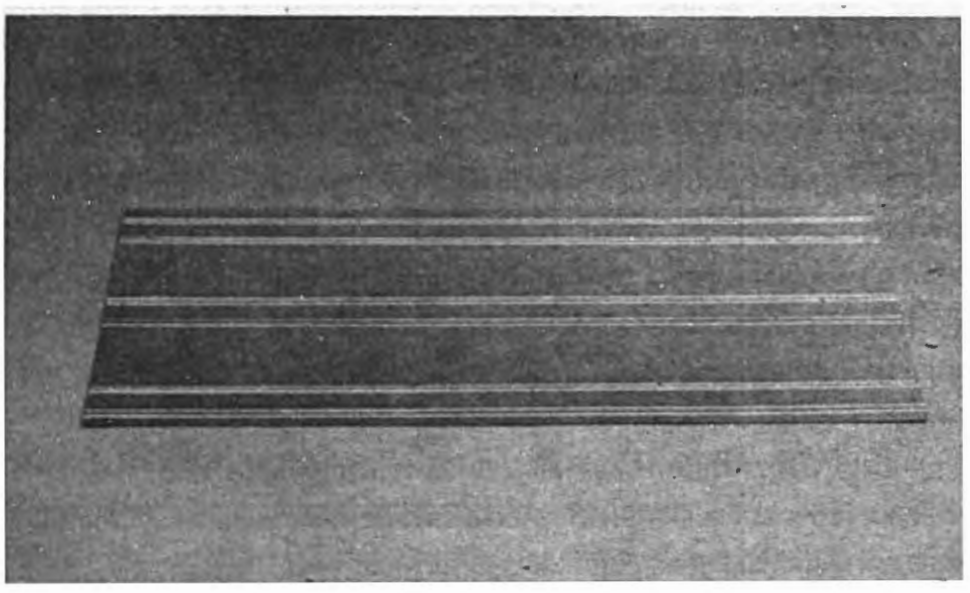
2.2.1 การผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก การนำแผ่นเหล็กดำไปเคลือบผิวด้วยดีบุก สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1) วิธีการจุ่มร้อน *(Hot-dip process)* วิธีการจุ่มร้อนเป็นวิธีการที่เก่าแก่ โดยการจุ่มแผ่นเหล็กดำที่ผ่านการขจัดออกไซด์ของเหล็กออกจากผิวเรียบร้อยแล้วลงในดีบุกที่หลอมเหลว วิธีนี้ดีบุกที่เคลือบจะมีความหนาเท่ากันทั้งสองหน้า แต่มีข้อเสียคือผิวดีบุกที่เคลือบจะไม่เรียบสม่ำเสมอ จึงไม่นิยมใช้ และตั้งแต่พ.ศ. 2473 วิธีเคลือบด้วยกระแสไฟฟ้าได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ผลิตทางการค้าแทนวิธีการจุ่มร้อน

2) วิธีเคลือบด้วยกระแสไฟฟ้า *(Electroplating process)* ก่อนการเคลือบจะต้องมีการขจัดออกไซด์ของเหล็กออกจากผิวเช่นกัน วิธีนี้สามารถผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกได้หลายระดับคุณภาพ ซึ่งวิธีการจุ่มร้อนไม่สามารถทำได้ เช่น สามารถเคลือบดีบุกให้มีความหนาต่างกันบนผิวหน้าทั้งสองของแผ่นเหล็กได้ เป็นการใช้ดีบุกให้เกิดประโยชน์อย่างเหมาะสมเพราะในบางกรณีผิวแผ่นเหล็กด้านในและด้านนอกของบรรจุภัณฑ์ไม่จำเป็นต้องเคลือบหนาเท่ากันก็ได้ สำหรับแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่เคลือบผิวไม่เท่ากันในทางการค้า จะแสดงความแตกต่างให้เห็นโดยการทำเส้นขนานสีขาวเป็นแนวยาว เว้นเป็นระยะ ๆ บนผิวด้านที่มีการเคลือบดีบุกหนากว่า



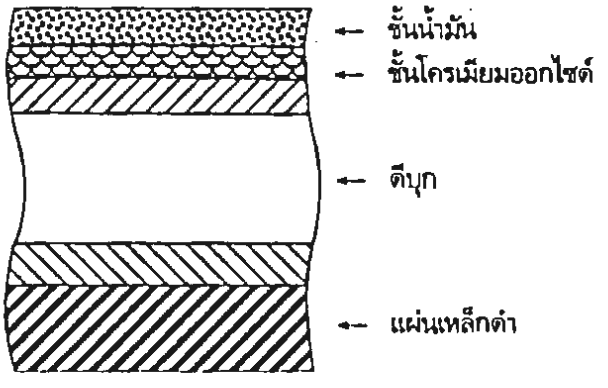
ภาพที่ 8.26 หลักการทำงานของวิธีเคลือบด้วยกระแสไฟฟ้า



ภาพที่ 8.27 แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่มีการทำเส้นขนานสีขาวแสดงการเคลือบผิวด้วยดีบุกที่หนาไม่เท่ากันทั้งสองด้าน

แผ่นเหล็กที่เคลือบดีบุกแล้วในสภาวะแวดล้อมทั่วไปอาจเกิดดีบุกออกไซด์ซึ่งสามารถเปลี่ยนสภาพเป็นรอยด่างสีเหลืองขึ้น โดยเฉพาะเมื่อได้รับความร้อน จึงควรป้องกันโดยนำไปผ่านในสารละลายโซ-

เดียมไดโครเมตที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ทำให้เกิดเป็นชั้นฟิล์มของโครเมียม โครเมียมออกไซด์ และดีบุกออกไซด์รวมกันอยู่ จากนั้นแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกนี้ จะเคลือบผิวด้วยน้ำมันบาง ๆ อีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันการผุกร่อนและช่วยให้ชั้นของดีบุกที่เคลือบไม่ถูกทำลายไปในขั้นตอนของการแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ ภาพที่ 3.28 แสดงโครงสร้างของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก



ภาพที่ 3.28 โครงสร้างของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

สมบัติทั่วไปของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก คือ ทนทานต่อการผุกร่อนและไม่เป็นพิษจึงนำมาใช้ผลิตเป็นกระป๋องทั่วไป ฝาปิดกระป๋อง และกระป๋องฉีดพ่น (aerosol can)

2.2.2 การผลิตแผ่นเหล็กไร้ดีบุกหรือแผ่นเหล็กทินฟรี การเคลือบผิวแผ่นเหล็กด้วยโลหะที่ไม่ใช่ดีบุกสามารถทำได้ 3 แบบ คือ

1) เคลือบเป็นฟิล์มบาง ๆ ด้วยสารผสมของฟอสเฟตและโครเมต (phosphate-chromate film) นิยมใช้ทำกระป๋องบรรจุเบียร์ ถังโลหะต่าง ๆ

2) เคลือบด้วยอะลูมิเนียม ใช้ทำกระป๋องทั่วไปสำหรับอาหารที่ไม่มีความเป็นกรดหรือด่างสูง เช่น พวกข้าวโพด เนื้อ เป็นต้น

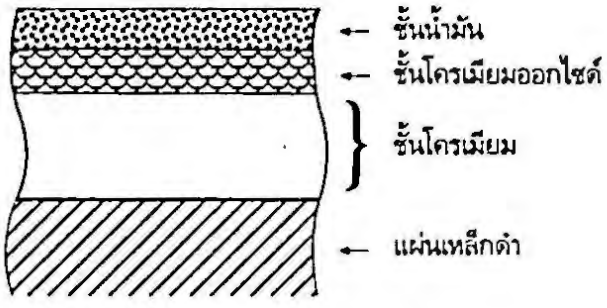
3) เคลือบด้วยโครเมียมและโครเมียมออกไซด์ เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดในการผลิตแผ่นเหล็กทินฟรี พัฒนาขึ้นครั้งแรกที่ประเทศญี่ปุ่นในราวพ.ศ.2503 เนื่องจากเกิดภาวะการขาดแคลนดีบุกขึ้น และราคาดีบุกมีการเปลี่ยนแปลงมาก

การผลิตแผ่นเหล็กเคลือบด้วยโครเมียมและโครเมียมออกไซด์โดยใช้วิธีเคลือบด้วยกระแสไฟฟ้า สามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ

ก. ทำให้เกิดโครเมียมและโครเมียมออกไซด์ไปเกาะติดกับแผ่นเหล็กพร้อม ๆ กันโดยการเคลือบด้วยไฟฟ้า เรียกว่า กระบวนการขั้นเดียว (one-step process)

ข. ทำให้เกิดโครเมียมไปเกาะติดแผ่นเหล็กก่อนโดยการเคลือบด้วยไฟฟ้า แล้วจึงทำให้เกิดออกซิเดชัน (oxidation treatment) เพื่อให้โครเมียมเกิดเป็นโครเมียมออกไซด์ไปเกาะติดอีกชั้นหนึ่ง เรียกว่า "กระบวนการสองขั้น" (two-step process)

แผ่นเหล็กเมื่อเคลือบด้วยโครเมียมและโครเมียมออกไซด์แล้วก็จะเคลือบด้วยน้ำมันอีกชั้นหนึ่ง ดังแสดงในภาพที่ 3.29 แผ่นเหล็กเคลือบโครเมียมมีสมบัติเด่นคือ มีสมบัติในการรับหมึกพิมพ์ และแล็กเคอร์หรืออินาเมล (lacgure or enamel) ที่ใช้เคลือบผิวได้ดี นิยมใช้ทำกระป๋องบรรจุอาหารทะเล นมข้นหวาน เป็นต้น



ภาพที่ 3.29 โครงสร้างของแผ่นเหล็กเคลือบโครเมียม

2.2.3 การผลิตอะลูมิเนียมและแผ่นอะลูมิเนียมเปลว สินแร่อะลูมิเนียมที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นอะลูมิเนียม ได้แก่ แร่บ็อกไซต์ (Bauxite) ซึ่งจะมีสารประกอบพวกอะลูมิเนียมออกไซด์ หรืออะลูมินา (aluminium oxide or alumina, Al_2O_3) เป็นส่วนใหญ่ ขั้นตอนแรกจะเป็นการแยกอะลูมิเนียมออกไซด์ออกจากแร่บ็อกไซต์ เพื่อให้ได้อะลูมิเนียมออกไซด์บริสุทธิ์ก่อน จากนั้นจึงนำอะลูมิเนียมออกไซด์ไปผ่านกระบวนการแยกด้วยกระแสไฟฟ้าเพื่อให้ได้อะลูมิเนียมบริสุทธิ์สำหรับทำเป็นแผ่นต่อไป การทำเป็นแผ่นจะใช้วิธีการรีด (rolling) เช่นเดียวกับการผลิตแผ่นเหล็ก และสำหรับการผลิตแผ่นอะลูมิเนียมเปลว จะนำแผ่นอะลูมิเนียมหนามาขัดผิวทั้งสองด้านก่อน เผาให้ร้อนแล้วจึงผ่านเข้าเครื่องรีดร้อนเพื่อลดความหนาจนได้ความหนาของแผ่นอะลูมิเนียมเปลวตามที่ต้องการ

กิจกรรม 3.3.2

1. แผ่นเหล็กดำที่ผ่านการรีดเย็นสองครั้งจะมีสมบัติพิเศษอะไร
2. การผลิตแผ่นเหล็กเคลือบผิวนิยมใช้วิธีการเคลือบวิธีใด

ไปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 3 ตอนที่ 3.3 กิจกรรม 3.3.2

แนวตอบกิจกรรม 3.3.2

1. แผ่นเหล็กดำที่ผ่านการรีดเย็นสองครั้งจะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นแต่ความหนาจะลดลง
2. การผลิตแผ่นเหล็กเคลือบผิวนิยมใช้วิธีการเคลือบด้วยกระแสไฟฟ้า (electroplating)

เรื่องที่ 3.3.3
สมบัติของโลหะ

สมบัติของโลหะที่ใช้เป็นวัสดุใช้พิมพ์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี

1. สมบัติทางกายภาพ

1.1 ความหนา ความหนาคือระยะตั้งฉากระหว่างผิวหน้าทั้งสองของแผ่นโลหะ หน่วยระบุความหนาเดิมใช้หน่วยเป็นน้ำหนักต่อพื้นที่ คือ ปอนด์ต่อเบสบ็อกซ์ (pound/basebox) ซึ่งเป็นน้ำหนักของแผ่นโลหะขนาด 14x20 ตารางนิ้ว จำนวน 112 แผ่น แต่ปัจจุบันนิยมหันมาใช้ตามระบบมาตรฐานของยุโรป ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร เครื่องมือที่ใช้วัดความหนาได้แก่ ไมโครมิเตอร์ เช่น ความหนาของแผ่นเหล็กสำหรับผลิตกระป๋องที่นิยมใช้ได้แก่

70 ปอนด์ต่อเบสบ็อกซ์ มีค่าเท่ากับ 0.0077 นิ้ว หรือ 0.20 มิลลิเมตร
90 ปอนด์ต่อเบสบ็อกซ์ มีค่าเท่ากับ 0.0099 นิ้ว หรือ 0.25 มิลลิเมตร
100 ปอนด์ต่อเบสบ็อกซ์ มีค่าเท่ากับ 0.0110 นิ้ว หรือ 0.28 มิลลิเมตร
107 ปอนด์ต่อเบสบ็อกซ์ มีค่าเท่ากับ 0.0118 นิ้ว หรือ 0.30 มิลลิเมตร

1.2 สมบัติเชิงกล สมบัติเชิงกลเป็นสมบัติทางกายภาพที่มีความสำคัญมาก เพราะมีความสัมพันธ์กับการใช้งานของแผ่นโลหะ สมบัติเชิงกลที่สำคัญ ๆ ได้แก่

1.2.1 ความแข็ง เป็นสมบัติของโลหะที่จะต้านทานการขีดข่วน (scratching) หรือต้านทานการถูกกดให้เป็นรอย การวิเคราะห์หาความแข็งของโลหะมีหลายวิธี วิธีที่นิยมใช้ได้แก่ การทดสอบแบบร็อกเวลล์ (Rockwell test) เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า เครื่องร็อกเวลล์ โดยทำการวัดที่สเกล 30 ที (Rockwell scale 30 T) หน่วยที่ใช้ระบุความแข็งของแผ่นโลหะคือเท็มเปอร์ (Temper unit) เท็มเปอร์ยิ่งมากแผ่นโลหะยิ่งแข็ง แต่เดิมมีการจำแนกระดับความแข็งมาตรฐานของแผ่นโลหะเป็น T1 ซึ่งจะมีความแข็งน้อยที่สุด และ T6 จะมีความแข็งมากที่สุด ในปัจจุบันได้มีการจำแนกระดับความแข็งเพิ่มขึ้นใหม่ และยังคงมีการใช้อยู่ทั้งสองแบบ ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ระดับความแข็ง และค่าความแข็งของแผ่นโลหะ

ระดับของความแข็ง		ค่าความแข็ง วัดด้วยเครื่องร็อกเวลล์ที่ สเกล 30 ที (HR 30 T)
เดิม	ปัจจุบัน	
T1	T50	46-52
T2	T52	50-56
T3	T57	54-63
T4	T60	58-64
T5	T65	62-68
T6	T70	67-73
DR 550	DR 8	70-76
DR 620	DR 9	73-79
DR 660	DR 9 M	74-80

ทั้งความหนาและความแข็งเป็นปัจจัยสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้แผ่นโลหะเพื่อผลิตเป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ ของบรรจุภัณฑ์ เช่น ลำตัวของกระป๋อง อาจใช้แผ่นโลหะที่บางและไม่แข็งมากเพื่อให้สามารถบีบให้แบนเมื่อต้องการจะทิ้งได้ ขณะที่ฝาและก้นกระป๋องต้องการความแข็งมากกว่า เป็นต้น

1.2.2 **ความแข็งแรง** ความแข็งแรงเป็นสมบัติของโลหะในการที่จะต้านทานแรงกระทำจากภายนอกซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจากเดิม ความแข็งแรงนี้วัดเป็นแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ไม่ว่าเป็นแรงดึงที่พยายามดึงให้เนื้อโลหะแยกจากกันหรือแรงอัดที่พยายามกดเนื้อโลหะให้อัดแน่นติดกัน ทำให้แผ่นโลหะสั้นลง สามารถจำแนกได้เป็น

1) **ความแข็งแรงต่อแรงดึง** ใช้เครื่องมือทดสอบที่เรียกว่า "เครื่องวัดความแข็งแรงต่อแรงดึง" (tensile tester)

2) **ความแข็งแรงต่อแรงฉีก** ใช้เครื่องวัดความแข็งแรงต่อแรงฉีกแบบเอลเมนเดอร์ฟ (Elmendorf tear tester)

3) **ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ** ใช้เครื่องวัดความแรงต่อแรงดันทะลุแบบมูลเลน (Mullen tester)

สมบัติทั้งสามนี้มีความหมายเช่นเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วในเรื่องสมบัติของพลาสติก จึงมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะแผ่นโลหะบาง ๆ เช่นแผ่นอะลูมิเนียมเปลว เนื่องจากเกี่ยวข้องกับแรงดึงในการพิมพ์และการนำไปใช้งานเมื่อเป็นบรรจุภัณฑ์สำเร็จรูปแล้ว

*1.2.3 **ความยืดหยุ่นเหนียว** (Plasticity)* ความยืดหยุ่นเหนียวเป็นสมบัติที่สำคัญมากสำหรับแผ่นโลหะที่ใช้งานขึ้นรูป เช่น งานตีขึ้นรูป งานรีด เป็นต้น

1) **ความเหนียว** *(Ductility)* ความเหนียวเป็นสมบัติที่บอกให้ทราบถึงความสามารถในการยืดตัวของโลหะ โดยการคิดเปอร์เซ็นต์ของการยืดตัวของแผ่นโลหะทดสอบหลังจากได้รับแรงดึงจนขาดเปรียบเทียบกับก่อนการดึง โลหะที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงแสดงว่ามีความเหนียวดี จะเหมาะสมสำหรับงานดัดโค้งขึ้นรูป

2) **ความอ่อนตัว** (Malleability) เป็นความสามารถของโลหะในการเปลี่ยนรูป (Deformation) เมื่อได้รับแรงกดโดยไม่มีการแตกหัก การวิเคราะห์สมบัติโดยการทดสอบการโค้งตัวของโลหะ (bend test) โลหะที่โค้งตัวได้มากแสดงว่ามีความอ่อนตัวสูง จะตีหรือรีดออกได้มาก

ทั้งความเหนียวและความอ่อนตัวมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนรูปของโลหะ โดยที่ความเหนียวมีความสัมพันธ์กับแรงดึง ขณะที่ความอ่อนตัวมีความสัมพันธ์กับแรงกด สมบัติทั้งสองจึงเป็นเครื่องวัดว่าโลหะมีความยืดหยุ่นมากน้อยเพียงใด โดยทั่วไปโลหะที่มีความเหนียวสูงมักมีความอ่อนตัวสูงด้วย

2. สมบัติทางเคมี (chemical properties)

*2.1 **ความต้านทานต่อสารเคมี** (chemical resistance)* ขึ้นอยู่กับชนิดของแผ่นโลหะและชนิดของสารที่ใช้ในการเลือกใช้แผ่นโลหะกับผลิตภัณฑ์ใด จำเป็นต้องพิจารณาการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างแผ่นโลหะกับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เช่น ถ้าเลือกใส่น้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูงในกระป๋องเคลือบดีบุก ต้องทดสอบดูว่ากรดในน้ำผลไม้นั้นจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับดีบุกหรือไม่ ถ้าไม่เกิดจึงจะนำมาใช้ได้ เป็นต้น

*2.2 **ความต้านทานการผุกร่อน** (corrosion resistance)* โลหะบางชนิดผุกร่อนได้ง่าย จึงมีการเคลือบผิวด้วยโลหะชนิดอื่น ความต้านการผุกร่อนเป็นสมบัติที่สัมพันธ์กับน้ำหนักของสารเคลือบ และความเรียบสม่ำเสมอของการเคลือบ เช่น แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่มีการเคลือบไม่สม่ำเสมอหรือความหนาของดีบุกไม่เหมาะสม มีเหล็กโผล่ออกมาจะทำให้เกิดสนิมได้ง่าย

กิจกรรม 3.3.3

การที่จะเลือกใช้แผ่นโลหะเพื่อนำไปผลิตกระป๋องบรรจุน้ำสับปะรด ท่านคิดว่าสมบัติใดบ้างที่ควรนำมาพิจารณามากที่สุด

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 3 ตอนที่ 3.3 กิจกรรม 3.3.3

แนวตอบกิจกรรม 3.3.3

สมบัติที่ควรนำมาพิจารณาในการเลือกใช้แผ่นโลหะเพื่อนำไปผลิตกระป๋องบรรจุน้ำสับปะรด ได้แก่ ความหนา ความแข็ง และความต้านทานต่อกรดของน้ำสับปะรด

เชิงอรรถ

[1]Andrew Manning, "Paper after the Year 2000," in *Journal of Scientific Research Chulalongkorn University,* Special Issue, vol. 19, no. 1, 3-5 November 1994, 55.

[2]Marilyn Bakker and David Eckroth, eds, "Paperboard," in *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology* (New York:John Wiley & Sons, 1986), 501.

บรรณานุกรม

กาญจนา ทุมมานนท์ ถุงบรรจุสินค้าหนัก *วารสารการบรรจุภัณฑ์* ปีที่ 3 ฉบับที่ 4 (กรกฎาคม - กันยายน) 2538 หน้า 11

เข็มชัย เหมะจันทร รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สัมภาษณ์ 9 พฤศจิกายน 2538

คณะอนุกรรมการบัญญัติศัพท์สาขาวิชาการพิมพ์ *ศัพท์บัญญัติวิชาการพิมพ์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน* กรุงเทพมหานคร ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงพิมพ์ชวนพิมพ์ 2532

ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์ *เคมีโพลิเมอร์พื้นฐาน* กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ 2527

บรรเลง ศรนิล *เทคโนโลยีพลาสติก* พิมพ์ครั้งที่ 9 กรุงเทพมหานคร สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2537

ประเสริฐ มหาศรานนท์ *วัสดุอุตสาหกรรม* กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์พิทักษ์อักษร 2533

ปรีชา พหลเทพ *โพลีเมอร์* พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง 2533

พรทวี พึ่งรัศมี และ อรัญ หาญสืบสาย *สาระน่ารู้เรื่องกระดาษพิมพ์* กรุงเทพมหานคร ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2533

มยุรี ภาคลำเจียก "เทคนิคการผลิตฟิล์มพลาสติกหลายชั้น" *วารสารพลาสติก* ปีที่ 10 ฉบับที่ 5 มีนาคม 2537 หน้า 53-57

_____"คุณสมบัติและข้อพิจารณาในการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติก" *วารสารพลาสติก* ปีที่ 11 ฉบับที่ 3 พฤศจิกายน 2537 หน้า 35-43

รุ่งอรุณ วัฒนวงศ์ และ สุภาวดี เทวาสะโถ กระดาษ ใน *เอกสารการสอนรายวิชาการพิมพ์เบื้องต้น* หน่วยที่ 6 นนทบุรี ศูนย์ฝึกอบรมเทคโนโลยีการพิมพ์แห่งชาติ 2537 หน้า 339-399

_____ การผลิตกระดาษ ใน *เอกสารการสอนรายวิชาความรู้เฉพาะวิชาชีพหลังการพิมพ์ 1* หน่วยที่ 2 นนทบุรี ศูนย์ฝึกอบรมเทคโนโลยีการพิมพ์แห่งชาติ 2538 หน้า 45-91

วัลย์ลดา หงส์ทองและ นฤมล รื่นไวย์ (บรรณาธิการ) *คู่มือการใช้พลาสติกเพื่อการหีบห่อ* กรุงเทพมหานคร ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 2533

_____*คู่มือการใช้โลหะเพื่อการหีบห่อ* กรุงเทพมหานคร ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 2534

วิฑูรย์ ศิริไพบูลย์ "การใช้สารเติมแต่งในกระบวนการผลิตโพลีเมอร์ "*วารสารพลาสติก* ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 กรกฎาคม 2537 หน้า 42-44

สุเมธ ศุภสวัสดิ์กุล "ฟิล์มพลาสติกหลายชั้นเพื่อการบรรจุ" ในรายงานสัมมนาเรื่อง *ก้าวไกลไปกับบรรจุภัณฑ์พลาสติก* กรุงเทพมหานคร ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 2538

อัญชลี กมลรัตนกุล ถุงบรรจุสินค้าเพื่อการขายปลีก *วารสารการบรรจุภัณฑ์* ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 (ตุลาคม - ธันวาคม) 2534 หน้า 5-7

โอวาท นิติทัณฑ์ประภาศ มานิตย์ กมลสุวรรณ และจันทนา ตั้งเสรี "หมึกพิมพ์และวัสดุพิมพ์" ใน *เอกสารการสอนรายวิชาเทคโนโลยีทางการพิมพ์* หน่วยที่ 7 นนทบุรี สาขา วิชาศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2533 หน้า 520-547

Bakker, Marilyn, and Eckroth, David, eds. *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology*. New York: John Wiley & Sons, 1986.

Briston, J.H., and Katan, L.L. Plastics Films, 3 rd ed. Essex : Longman Scientific & Technical, 1989.

Bureau, William H. *What the Printer Should Know about Paper*. 2nd printing,Pittsburgh, PA: Graphic Arts Technical Foundation, 1982.

Eldred, Nelson R. "Chemistry of Paper" *in Chemistry for the Graphic Arts*. 2nd ed. Pittsburgh, PA: Graphic Arts Technical Foundation, 1992, 199-224.

Hanlon, Joseph F. "Paper and Paperboard." in *Handbook of Packaging Engineering*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1984, 2-1-2-3.

JIS Handbook. Ferrous Materials & Metallurgy. Japanese Standards Association, 1994.

Isaac, Alan and others, eds. "Wood" in *The Macmillan Encyclopedia*. London: Guild Publishing, 1989, 1229.

Lavigne, John R. and Patrick, Ken L., eds. *Pulp & Paper Dictionary*. 2nd printining. California : Miller Freeman Publications, 1991.

Manning, Andrew. "Paper after the Year 2000." in *Journal of Scientific Research Chulalongkorn University*. Special Issue, vol. 19, no. 1, 3-5 November 1994, 54-58.

Doyle, Lawrence E., Keyser, Carl A., Leach, James L., Schrader, George F., and Singer, Morse B. Manufacturing Processes and Materials for Engineers. 3rd ed. New Jersey : Prentice - Hall, Inc., 1985.

Glassman, Alex, ed. *Printing Fundamentals*, Atlanta , GA: TAPPI Press, 1985.

Goddard, Ron. *Packaging Materials*. Leatherhead : Pira, 1990.

Robertson, Gordon L. "Metal Packaging Materials" *In Food Packaging* PP 173-203. New York: Marcel Dekker, Inc., 1993.

Osborn, Kenton R., and *Jenkins, Wilmer A. Plastic Films: Technology and Packaging Applications*. Lancaster: Technomic Publishing, Co., 1992.

Speirs, Hugh M. *Introduction to Printing Technology*. 4th ed. London: British Printing Industries Federation, 1992, 217-245.

หน่วยที่ 4

หมึกพิมพ์

อาจารย์ธีระ ตั้งวิชาชาญ

แผนการสอนประจำหน่วย

ชุดวิชา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์

หน่วยที่ 4 หมึกพิมพ์

ตอนที่

4.1 องค์ประกอบของหมึกพิมพ์
4.2 สมบัติสำคัญของหมึกพิมพ์
4.3 ประเภทของหมึกพิมพ์

แนวคิด

1. หมึกพิมพ์เป็นของผสมประเภทหนึ่ง มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ สารให้สี ตัวทำละลาย เรซิน น้ำมัน และ/หรือสารเติมแต่งต่าง ๆ ทั้งนี้หมึกพิมพ์ที่ผลิตจากผู้ผลิตหมึกพิมพ์จะมีส่วนผสมขององค์ประกอบต่าง ๆ เป็นอย่างไร ขึ้นกับว่าเป็นหมึกพิมพ์สำหรับระบบการพิมพ์ใด ใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทใด ใช้พิมพ์บนเครื่องพิมพ์ที่มีวิธีการป้อนวัสดุใช้พิมพ์แบบใด มีการแห้งตัวโดยวิธีใด และเมื่อพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ต่าง ๆ แล้ว สิ่งพิมพ์ที่ได้นำไปใช้งานในลักษณะใด
2. สมบัติสำคัญของหมึกพิมพ์ขึ้นอยู่กับสมบัติทางเคมีและทางกายภาพขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในหมึกพิมพ์ สมบัติสำคัญของหมึกพิมพ์ได้แก่ ความหนืด ความเหนียว การแห้งตัว สมบัติเชิงลักษณะปรากฏ และความทนทาน
3. หมึกพิมพ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภท ตามระบบการพิมพ์ใหญ่ ๆ คือ หมึกพิมพ์ออฟเซต หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ หมึกพิมพ์กราวัวร์ หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี และหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้า หมึกพิมพ์ทั้ง 5 ประเภทนี้หากแบ่งตามความหนืดเป็นเกณฑ์อาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ 1) หมึกพิมพ์ที่มีความหนืดสูงหรือหมึกข้น ซึ่งได้แก่ หมึกพิมพ์ออฟเซตและเลตเตอร์เพรสส์ และ 2) หมึกพิมพ์ที่มีความหนืดต่ำหรือหมึกเหลว ซึ่งได้แก่ หมึกพิมพ์กราวัวร์และเฟล็กโซกราฟี ส่วนหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้านั้นเป็นหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดอยู่ระหว่างหมึกข้นและหมึกเหลว หมึกพิมพ์ทั้ง 5 ประเภท มีองค์ประกอบต่าง ๆ แตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณของสารเคมีที่ใช้

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาหน่วยที่ 4 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. ระบุองค์ประกอบต่าง ๆ ของหมึกพิมพ์ รวมทั้งบอกชนิดและหน้าที่ขององค์ประกอบแต่ละอย่างที่มีในหมึกพิมพ์ได้
2. อธิบายสมบัติสำคัญของหมึกพิมพ์ที่สัมพันธ์กับสมบัติขององค์ประกอบต่าง ๆ ในหมึกพิมพ์ รวมทั้งระบุปัญหาทางการพิมพ์ที่เกิดจากการที่หมึกพิมพ์มีสมบัติต่าง ๆ ไม่เหมาะสมได้
3. บอกสมบัติ ประเภท และองค์ประกอบที่สำคัญของหมึกพิมพ์ในแต่ละระบบการพิมพ์ได้

กิจกรรมระหว่างเรียน

1. ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียน
2. ศึกษาเอกสารการสอนตอนที่ 4.1-4.3
3. ปฏิบัติกิจกรรมตามที่ได้รับมอบหมายในเอกสารการสอนแต่ละตอน
4. ฟังรายการวิทยุกระจายเสียง
5. ชมรายการวิทยุโทรทัศน์
6. เข้ารับบริการสอนเสริม
7. ทำแบบประเมินผลตนเองหลังเรียน

สื่อการสอน

1. เอกสารการสอน
2. แบบฝึกปฏิบัติ
3. รายการสอนทางวิทยุกระจายเสียง
4. รายการสอนทางวิทยุโทรทัศน์
5. การสอนเสริม

ประเมินผล

1. ประเมินจากแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินจากกิจกรรมในแบบฝึกปฏิบัติ
3. ประเมินจากการสอบไล่ประจำภาคการศึกษา

เมื่ออ่านแผนการสอนแล้ว ขอให้ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียน ในแบบฝึกปฏิบัติ หน่วยที่ 4 แล้วจึงศึกษาเอกสารการสอนต่อไป

ตอนที่ 4.1
องค์ประกอบของหมึกพิมพ์

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 4.1 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

4.1.1 สารให้สี
4.1.2 น้ำมัน
4.1.3 เรซิน
4.1.4 ตัวทำละลาย
4.1.5 สารเติมแต่ง

แนวคิด

1. สารให้สีมีหน้าที่ให้สีในหมึกพิมพ์ เพื่อว่าเมื่อน่าหมึกพิมพ์นั้น ๆ ไปใช้พิมพ์แล้ว ทำให้สามารถมองเห็นภาพทั้งที่เป็นรูปภาพและข้อความปรากฏบนวัสดุใช้พิมพ์ได้ สารให้สีที่นิยมใช้ในหมึกพิมพ์คือผงสี ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ตามโครงสร้างทางเคมี คือ ผงสีอินทรีย์และผงสีอนินทรีย์ ทั้งนี้โดยทั่วไปผงสีอินทรีย์เป็นผงสีที่มีความอิ่มตัวสีและความโปร่งใสมากกว่าผงสีอนินทรีย์ นอกจากนี้ผงสีอินทรีย์ยังมีความแข็งน้อยกว่าผงสีอนินทรีย์ การบดให้มีขนาดอนุภาคที่เหมาะสมกับการใช้งานจึงทำได้ง่ายกว่า ผงสีอินทรีย์จึงนิยมใช้เป็นสารให้สีในหมึกพิมพ์มากกว่าผงสีอนินทรีย์ อย่างไรก็ตามผงสีอนินทรีย์มีความทนทานต่อสารเคมี แสงสว่างและการใช้งานมากกว่าผงสีอินทรีย์
2. น้ำมันมีหน้าที่สำคัญคือ เป็นตัวกลางให้องค์ประกอบอื่น ๆ ในหมึกพิมพ์กระจายตัวอยู่ได้ และเป็นตัวกำหนดสมบัติการไหลและการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ด้วย นอกจากนี้เมื่อพิมพ์หมึกพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์แล้วน้ำมันยังมีส่วนช่วยในการทำให้เกิดชั้นหมึกพิมพ์ รวมทั้งกำหนดสมบัติอื่น ๆ ของชั้นหมึกพิมพ์ ไม่ว่าจะเป็นความมันวาวและความทนทานต่อการใช้งาน ทั้งนี้น้ำมันสามารถแบ่งออกได้เป็นสามประเภทตามความสามารถในการแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน คือ น้ำมันชักแห้ง น้ำมันกึ่งชักแห้ง และน้ำมันไม่ชักแห้ง ตัวอย่างของน้ำมันที่ใช้ในหมึกพิมพ์ อาทิ น้ำมันทัง น้ำมันลินสีด น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันมิเนอรัล
3. เรซินมีหน้าที่สำคัญคือ เป็นตัวยึดผงสีให้ติดแน่นบนวัสดุใช้พิมพ์ได้เมื่อหมึกพิมพ์แห้งตัวแล้ว นอกจากนี้เรซินยังเป็นตัวการสำคัญในการทำให้เกิดชั้นหมึกพิมพ์ได้ รวมทั้งเป็นตัวกำหนดสมบัติของชั้นหมึกพิมพ์ต่าง ๆ เช่น ความมันวาว ความทนทานหรือด้านทานต่อสารเคมีและการขัดถู เป็นต้น เรซินสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทคือ เรซินธรรมชาติ เช่น รอซิน ชะแล็ก และรับเบอร์ เป็นต้น และเรซินสังเคราะห์ เช่น ฟีนอลิก อัลคิด อะคริลิก เป็นต้น
4. ตัวทำละลายมีหน้าที่ละลายเรซิน น้ำมัน และสารเติมแต่งต่าง ๆ ตัวทำละลายที่สามารถละลายองค์ประกอบต่าง ๆ ในหมึกพิมพ์ได้ต้องมีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายคลึงกัน โดยตัวทำละลายที่

มีขั้วย่อมสามารถละลายองค์ประกอบที่มีขั้ว และตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วย่อมละลายองค์ประกอบที่ไม่มีขั้วได้ นอกจากความสามารถในการทำละลายแล้ว สมบัติของตัวทำละลายที่ต้องคำนึงถึงก็คือ ความสามารถในการทำเปียกผงสี เพื่อให้หมึกพิมพ์เกิดการไหลที่ดี และอัตราเร็วในการระเหย เพื่อให้สามารถเลือกใช้ตัวทำละลายให้เหมาะสมกับสภาพและระบบการพิมพ์ ตัวทำละลายที่ใช้ในหมึกพิมพ์มีด้วยกันหลายชนิดดังนี้คือ น้ำ ปิโตรเลียมดิสทิลเลต ไฮโดรคาร์บอนพวกอะโรมาติก แอลกอฮอล์ ไกลคอล ไกลคอลอีเทอร์ คีโตน และเอสเทอร์

5. สารเติมแต่งหมายถึงสารเคมีต่าง ๆ ที่เติมเข้าไปในหมึกพิมพ์ เพื่อช่วยปรับสมบัติของหมึกพิมพ์ให้ดีขึ้นเมื่อนำไปใช้พิมพ์ และเมื่อนำสิ่งพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์นั้น ๆ ไปใช้งาน รวมทั้งเพื่อช่วยลดปัญหาทางการพิมพ์ที่อาจเกิดขึ้นได้จากการที่หมึกพิมพ์มีสมบัติบางอย่างไม่เหมาะสม สารเติมแต่งที่มีใช้กันในหมึกพิมพ์มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ซึ่งแตกต่างกันไปในหมึกพิมพ์ในแต่ละชนิดและในแต่ละระบบการพิมพ์ แต่ที่ใช้กันทั่วไปมีอยู่ด้วยกัน 4 ชนิด คือ สารทำแห้ง สารกันแห้ง แว็กซ์ และ สารเพิ่มสภาพพลาสติก

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 4.1 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกหน้าที่ ประเภท และสมบัติของสารให้สีที่เป็นองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ได้
2. บอกหน้าที่ ประเภท และสมบัติของน้ำมันที่เป็นองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ได้
3. บอกหน้าที่ ประเภท และสมบัติของเรซินที่เป็นองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ได้
4. บอกหน้าที่ ประเภท และสมบัติของตัวทำละลายที่เป็นองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ได้
5. บอกหน้าที่ และสมบัติของสารเติมแต่งแต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ได้

ความนำ

หมึกพิมพ์เป็นการผสมสารหลายชนิดในอัตราส่วนที่แตกต่างกันเข้าด้วยกัน ดังนั้นหมึกพิมพ์จึงจัดเป็นของผสมประเภทหนึ่ง โดยเป็นของผสมระหว่างสารที่มีสถานะเป็นของเหลวผสมกับสารที่มีสถานะเป็นของแข็ง เนื่องจากสารที่เป็นองค์ประกอบหลักมีสถานะเป็นของเหลว ดังนั้นหมึกพิมพ์จึงจัดได้ว่าเป็นของเหลวประเภทหนึ่ง แต่เป็นของเหลวที่มีความหนืดสูงเมื่อเทียบกับสารบางชนิด เช่น น้ำ หรือ แอลกอฮอล์ เป็นต้น การที่หมึกพิมพ์ที่ผลิตจากโรงงานผลิตหมึกพิมพ์จะมีส่วนผสมขององค์ประกอบต่าง ๆ เป็นอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. เป็นหมึกพิมพ์สำหรับใช้พิมพ์ในระบบการพิมพ์ใด
2. เป็นหมึกพิมพ์สำหรับใช้พิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์แบบป้อนแผ่นหรือป้อนม้วน
3. เป็นหมึกพิมพ์ที่ต้องการให้มีการแห้งตัวอย่างไร
4. เป็นหมึกพิมพ์สำหรับพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทใด ทั้งนี้วัสดุใช้พิมพ์แต่ละประเภทมีผิวหน้าที่มีสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพแตกต่างกัน จึงทำให้หมึกพิมพ์ที่เหมาะสมกับการนำมาใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์แต่ละประเภทต้องมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน เพื่อว่าเมื่อนำไปใช้พิมพ์แล้ว สามารถพิมพ์ติดบนวัสดุใช้พิมพ์นั้น ๆ ได้
5. เป็นหมึกพิมพ์สำหรับสิ่งพิมพ์ที่มีการนำไปใช้งานอย่างไร เช่น หมึกพิมพ์สำหรับพิมพ์ลงบนบรรจุภัณฑ์อาหารต้องเป็นหมึกพิมพ์ที่มีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ไม่เป็นพิษ เพราะอาจปนเปื้อนไปกับอาหารที่บรรจุอยู่และก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ หรือหมึกพิมพ์สำหรับพิมพ์แผ่นโฆษณากลางแจ้งก็ควรประกอบด้วยผงสีที่ไม่ซีดจางเร็ว เมื่อได้รับความชื้นและแสงเป็นเวลานาน เป็นต้น

ทั้งนี้ไม่ว่าหมึกพิมพ์นั้นจะผลิตขึ้นมาโดยมีองค์ประกอบเป็นอย่างไรนั้น ก็ล้วนแล้วแต่ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักที่สำคัญ 3 อย่าง ต่อไปนี้คือ

1. สารให้สี มีหน้าที่ให้สีในหมึกพิมพ์ ทำให้เมื่อพิมพ์หมึกพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์แล้ว ทำให้เกิดภาพปรากฏบนวัสดุใช้พิมพ์ได้
2. ตัวพา* (vehicle) หรืออาจเรียกว่าวาร์นิช (varnish) เป็นของผสมระหว่างตัวทำละลาย (solvent) เรซิน (resin) และ/หรือ น้ำมันชักแห้ง (drying oil) ทั้งนี้ขึ้นกับว่าเป็นตัวพาสำหรับหมึกพิมพ์ของระบบการพิมพ์ใด ตัวพามีหน้าที่สำคัญ 3 ประการ คือ
   1) ทำเปียกสารให้สี เพื่อให้สารให้สีสามารถกระจายตัวได้อย่างทั่วถึงในตัวพา
   2) ทำให้เกิดการพิมพ์ขึ้นได้ เมื่อตัวพานำพาสารให้สีถ่ายโอนจากแม่พิมพ์ไปยังวัสดุใช้พิมพ์
   3) เมื่อพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์และหมึกพิมพ์แห้งตัวแล้ว ตัวพาต้องทำหน้าที่เป็นตัวยึด (binder) ให้สารให้สีติดอยู่บนวัสดุใช้พิมพ์ได้
3. สารเติมแต่ง เป็นสารที่เติมเข้าไปในหมึกพิมพ์เพื่อทำให้สมบัติบางอย่างของหมึกพิมพ์ดีขึ้น หรือเพื่อปรับหมึกพิมพ์ให้มีสมบัติที่ดีขึ้นเมื่อนำไปใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์และเมื่อนำสิ่งพิมพ์ไปใช้งาน เช่น สารทำแห้ง (drier) แว็กซ์ (wax) สารเพิ่มสภาพพลาสติก เป็นต้น

อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่าหมึกพิมพ์ทุกชนิดจะมีองค์ประกอบทั้งสามอย่างครบถ้วนเหมือนกันหมด ทั้งนี้ก็ขึ้นกับว่าหมึกพิมพ์นั้นผลิตขึ้นตามปัจจัยใดในข้างต้นเป็นสำคัญ

---

*ในตำราบางเล่มอาจรวมสารเติมแต่งเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของตัวพาด้วย

เรื่องที่ 4.1.1
สารให้สี

สารให้สีในหมึกพิมพ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ผงสี และสีย้อม ความแตกต่างของผงสีและสีย้อมที่สำคัญคือ ความสามารถในการละลายในน้ำหรือตัวทำละลายอื่น ๆ สีย้อมเป็นสารให้สีประเภทที่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายต่าง ๆ ในขณะที่ผงสีนั้นไม่ละลายในตัวทำละลายใด ๆ เพียงแต่กระจายตัวอยู่ในตัวทำละลายเท่านั้น เนื่องจากสมบัติการไม่ละลายในตัวทำละลายใด ๆ ของผงสี จึงทำให้ผงสีเป็นสารให้สีที่นิยมใช้ในหมึกพิมพ์มากกว่าสีย้อม นอกจากนี้สีย้อมยังแตกต่างจากผงสีในเรื่องความทนแสง (lightfastness) และสมบัติการกระเจิงแสงอีกด้วย สีย้อมส่วนใหญ่เกิดการซีดจางได้ง่ายกว่าผงสีเมื่อได้รับแสงสว่างเป็นเวลานานและเมื่อละลายในตัวทำละลายแล้วจะไม่กระเจิงแสง ดังนั้นจึงทำให้ได้สารละลายที่มีสีแต่ใส ในขณะที่ผงสีกระเจิงแสง จึงทำให้หมึกพิมพ์ที่มีผงสีเป็นองค์ประกอบมีความทึบแสงมากกว่า หมึกพิมพ์ที่มีสีย้อมเป็นองค์ประกอบมักเป็นหมึกพิมพ์ชนิดเหลว เนื่องจากหมึกพิมพ์ส่วนใหญ่มีผงสีเป็นสารให้สี ในที่นี้จึงจะขอกล่าวถึงสารให้สีที่เป็นผงสีในรายละเอียดเท่านั้น

ผงสีที่ใช้ในหมึกพิมพ์ส่วนใหญ่แล้วเป็นผงสีที่สังเคราะห์ขึ้นด้วยปฏิกิริยาเคมีมากกว่าได้จากธรรมชาติ ผงสีที่ดีต้องเป็นผงสีที่กระจายตัวในตัวพาได้ดีเพื่อให้หมึกพิมพ์มีสมบัติการไหลที่ดี มีขนาดอนุภาคที่พอเหมาะกับความหนาของชั้นหมึกพิมพ์ (ink film) ที่พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ เพื่อว่าเมื่อพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์แล้ว ได้ผิวหน้าหมึกพิมพ์ที่มีความราบเรียบสม่ำเสมอและมีความอิ่มตัวสี (chroma) สูง มีความเป็นกรดด่างที่เหมาะสม เพื่อว่าไม่ทำให้เกิดปัญหาหมึกพิมพ์แห้งตัวได้ไม่ดี อันจะเป็นสาเหตุให้ปัญหาทางการพิมพ์อื่น ๆ เกิดขึ้นตามมาได้ นอกจากนี้แล้วควรทนทานต่อการใช้งานและสภาพแวดล้อม เช่น ทนทานต่อแสง ความชื้น และสารเคมีต่าง ๆ เป็นต้น ทั้งนี้ผงสีอาจจำแนกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้สองประเภทตามองค์ประกอบทางเคมี คือ ผงสีอินทรีย์ (organic pigment) และผงสีอนินทรีย์

1. ผงสีอินทรีย์

ผงสีอินทรีย์เป็นผงสีที่มีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุคาร์บอน (carbon) และไฮโดรเจน (hydrogen) และมีธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบร่วมอยู่ด้วย เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน กำมะถัน (sulfur) คลอรีน (chlorine) เป็นต้น ผงสีที่มีใช้ในหมึกพิมพ์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.01-1 ไมครอน หรือ 0.00001-0.001 มิลลิเมตร โดยอาจจำแนกผงสีอินทรีย์ออกได้เป็น 2 ประเภท โดยใช้สีสัน (hue) เป็นเกณฑ์ ดังนี้คือ

1.1 ผงสีอินทรีย์สีดำ ผงสีอินทรีย์สีดำที่ใช้กันทั่วไป คือ "คาร์บอนแบล็ก" (carbon black) เป็นผงสีที่มีส่วนประกอบหลักเป็นคาร์บอนอยู่ถึง 90-99 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็นสารที่ระเหยได้ 1-10 เปอร์เซ็นต์ มีอยู่ด้วยกันสามชนิด คือ

1.1.1 เฟอร์นิซแบล็ก *(furnace black)* เฟอร์นิซแบล็กได้จากการเผาหยดน้ำมันมิเนอรัลในเตาเผา (furnace) เป็นผงสีที่มีสีดำอมน้ำเงิน (blue undertone) มีขนาดอนุภาคประมาณ 002-0.2 ไมครอน มีค่าความเป็นกรดด่างระหว่าง 7-10 ในปัจจุบันผงสีอินทรีย์สีดำที่ใช้สวนใหญ่เป็นผงสีประเภทนี้

1.1.2 แชนเนลแบล็ก *(channel black)* แชนเนลแบล็กได้จากการเผาก๊าซธรรมชาติที่บรรจุอยู่ในท่อเหล็กรูปตัว U (U-shaped iron channel) เป็นผงสีที่มีราคาแพงที่สุดในบรรดาผงสีดำทั้งสามชนิด มีสีดำอมน้ำตาล (brown undertone) มีขนาดอนุภาคประมาณ 0.01-0.03 ไมครอน และมีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 3-5

เป็นผงสีที่ใช้ในหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์และออฟเซตที่ต้องการคุณภาพงานพิมพ์สูง เนื่องจากมีขนาดของอนุภาคเล็กที่สุดในบรรดาผงสีดำทั้งสามชนิด จึงให้หมึกพิมพ์สีดำที่มีความดำ ความทึบแสง และความมันวาวสูงที่สุดด้วย แต่เนื่องจากมีความเป็นกรดสูง หากใช้เป็นสารให้สีในหมึกพิมพ์ที่มีการแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจนจะทำให้หมึกพิมพ์แห้งตัวได้ช้าลง ปัจจุบันการผลิตผงสีประเภทนี้มีปริมาณลดน้อยลง เนื่องจากก๊าซธรรมชาติที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตนั้นมีอยู่อย่างจำกัดในธรรมชาติ

1.1.3 แลมป์แบล็ก (lamp black) แลมป์แบล็กได้จากการเผาน้ำมันครีโอโซต* (creosote oil) ในท่อ ผงสีดำชนิดนี้มีสีดำอมน้ำเงินมากกว่าผงสีเฟอร์นิซแบล็ก มีขนาดอนุภาคประมาณ 0.06-0.2 ไมครอน และมีค่าความเป็นกรดอยู่ระหว่าง 8-9 ให้หมึกพิมพ์ที่มีความมันวาวต่ำ จึงมักนิยมเติมเข้าไปในหมึกพิมพ์สีดำที่มีผงสีแซน-เนลแบล็กหรือเฟอร์นิซแบล็กเป็นองค์ประกอบ เพื่อลดความมันวาวของหมึกพิมพ์

1.2 ผงสีอินทรีย์สีอื่น ๆ ผงสีอินทรีย์สีอื่น ๆ มีอยู่ด้วยกันมากมายหลายสีสันและหลายชนิด ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะชนิดที่มีใช้กันแพร่หลายและใช้เป็นผงสีในหมึกชุดพิมพ์สอดสีเท่านั้น ซึ่งหากแบ่งตามสีสันจะแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1.2.1 ผงสีอินทรีย์สำหรับหมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียว ที่นิยมใช้คือ ฟะทาโลไซยานีนบลู (Phthalocyanine blue) เป็นผงสีที่มีความทนทานต่อสารเคมีและตัวทำละลายต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี รวมทั้งมีความทนแสงและความร้อนดีมากด้วย

1.2.2 ผงสีอินทรีย์สำหรับหมึกพิมพ์สีม่วงแดง ที่นิยมใช้คือ ลิทอลรูบีนเรด (Lithol Rubine red) และโรดามีนเรด (Rhodamine red) ผงสีทั้งสองชนิดใช้เป็นผงสีสำหรับหมึกพิมพ์สีม่วงแดงของทุกระบบการพิมพ์

ลิทอลรูบีนเรด ผงสีชนิดนี้เป็นผงมีสีออกไปทางสีแดงมากกว่าสีม่วงแดง ทนทานต่อตัวทำละลายน้ำมัน ไขมัน และแว็กซ์ ที่เป็นองค์ประกอบในหมึกพิมพ์ได้ดี และทนแสงและความร้อนได้พอประมาณ แต่ทนกรด ด่าง และสบู่ได้น้อย

โรดามีนเรด ผงสีชนิดนี้เป็นผงสีที่มีราคาแพงและมีสีม่วงแดงมากกว่าลิทอลรูบีนเรด อย่างไรก็ตาม โรดามีนเรดทนต่อด่างและสบู่น้อย มีความทนแสงต่ำ โดยมีสีคล้ำขึ้นเมื่อได้รับแสงเป็นเวลานาน นอกจากนี้ยังทนด่าง สบู่ และน้ำมันได้น้อยกว่าลิทอลรูบีนเรด

1.2.3 ผงสีอินทรีย์สำหรับหมึกพิมพ์สีเหลือง ที่นิยมใช้คือ ไดแอริไลด์เยลโลว์ (Diarylide yellow) และแอริไลด์เยลโลว์ (Arylide yellow)

ไดแอริไลด์เยลโลว์ ผงสีชนิดนี้เป็นผงสีเหลืองที่นิยมใช้กันมากที่สุด มีความอิ่มตัวสีสูง โดยเป็นกลุ่มของผงสีเหลืองที่มีโครงสร้างหลักของโมเลกุลเหมือนกัน แต่มีหมู่แทนที่ต่าง ๆ ในโมเลกุลแตกต่างกัน ทำให้ได้ผงสีเหลืองที่มีสีสันเป็นสีเหลืองมะนาวไปจนถึงสีเหลืองทอง และมีระดับความทึบแสงแตกต่างกัน มีทั้งชนิดที่มีความทนแสงได้พอสมควรไปจนถึงดีมาก ส่วนความทนความร้อนและสบู่ดีมาก

แอริไลด์เยลโลว์ หรือที่รู้จักกันในทางการค้าว่า "แฮนซาเยลโลว์" (Hansa yellow) เป็นกลุ่มของผงสีเหลืองเช่นเดียวกับไดแอริไลด์เยลโลว์ มีทั้งชนิดที่มีสีเหลืองอมเขียวไปจนถึงสีเหลืองอมแดง ส่วนใหญ่แล้วสีเหลืองในกลุ่มนี้มีความทนทานต่อแสงและทึบแสงมากกว่าไดแอริไลด์เยลโลว์ อย่างไรก็ตามความอิ่มตัวสี ความทนความร้อน ความทนทานต่อตัวทำละลาย สบู่ น้ำมัน และแว็กซ์ มีน้อยกว่า

---

* น้ำมันครีโอโซตเป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันถ่านหิน (coal tar)

2. ผงสีอนินทรีย์

ผงสีอนินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นผงสีที่เป็นสารประกอบของโลหะประเภทต่าง ๆ เช่น เหล็ก สังกะสี แคดเมียม ไทเทเนียม แคลเซียม เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบกับผงสีอินทรีย์ ผงสีอนินทรีย์โดยทั่วไปให้สีที่มีความอิ่มตัวสีน้อยกว่า แต่ความทึบแสง ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) และความแข็งมีมากกว่า จึงบดให้มีขนาดอนุภาคที่เหมาะสมได้ยากกว่า อย่างไรก็ตามผงสีอนินทรีย์มีความทนแสง ความร้อน และสารเคมีต่าง ๆ ได้มากกว่าผงสีอินทรีย์

ด้วยข้อด้อยต่าง ๆ ของผงสีอนินทรีย์ที่ได้กล่าวในข้างต้น โดยเฉพาะในเรื่องของความอิ่มตัวสี ทำให้ผงสีประเภทนี้มักไม่ค่อยนิยมใช้ แม้ว่าจะมีราคาถูกกว่าผงสีอินทรีย์ก็ตาม ผงสีอนินทรีย์สามารถจำแนกออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยใช้สีสันเป็นเกณฑ์ได้ดังนี้

2.1 ผงสีอนินทรีย์สีขาว ผงสีขาวที่ใช้ในหมึกพิมพ์ล้วนแล้วแต่เป็นผงสีอนินทรีย์ทั้งสิ้น เนื่องจากไม่มีผงสีอินทรีย์ที่มีสีขาว ผงสีอนินทรีย์สีขาวส่วนใหญ่แล้วใช้เป็นสารปรับสีหมึก (extender) ในหมึกพิมพ์ต่าง ๆ มากกว่าที่จะใช้เป็นสารให้สีในหมึกพิมพ์โดยตรง สารปรับสีหมึกคือสารที่ทำหน้าที่ช่วยลดความเข้มสีของหมึกพิมพ์ นอกจากนี้ก็ยังมีส่วนทำให้สมบัติเชิงลักษณะปรากฏอื่น ๆ ของหมึกพิมพ์มีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเป็นความมันวาวและความทึบแสง รวมทั้งมีส่วนในการเพิ่มเนื้อหมึก และปรับการไหลของหมึกพิมพ์ด้วย ผงสีอนินทรีย์สีขาวที่นิยมใช้ในการผลิตหมึกพิมพ์มีดังนี้

2.1.1 ไทเทเนียมไดออกไซด์ ผงสีชนิดนี้เป็นผงสีอนินทรีย์สีขาวที่นิยมใช้มากที่สุด มีขนาดอนุภาคประมาณ 0.2-0.3 ไมครอน มีความขาว ความสว่างสี และทึบแสงสูงที่สุดในผงสีขาวทั้งสามชนิด นิยมใช้เป็นสารให้สีในหมึกพิมพ์บรรจุภัณฑ์ที่ใช้พิมพ์เป็นสีพื้น เพื่อปิดซ่อนสีของวัสดุใช้พิมพ์ที่มีสีที่ไม่เป็นสีขาวก่อนที่จะพิมพ์ภาพด้วยหมึกพิมพ์สีอื่นทับลงไป ส่วนในหมึกพิมพ์สำหรับการพิมพ์ประเภทอื่นใช้เพื่อเป็นสารปรับสีหมึก นอกจากนี้ไทเทเนียมไดออกไซด์ยังมีความทนทานต่อความร้อน แสง และสารเคมีต่าง ๆ สูงมาก

ไทเทเนียมไดออกไซด์อาจแบ่งได้เป็นสองชนิดตามโครงสร้างของผลึก คือ รูไทล์ (rutile) และแอนาเทส (anatase) รูไทล์มีความทึบแสง แข็ง และทนทานมากกว่าแอนาเทส รูไทล์จึงใช้กับหมึกพิมพ์ที่ต้องการความทึบแสงและความทนทานสูง ในขณะที่แอนาเทสมีข้อดีคือ ทำให้เกิดการสึกกร่อนขึ้นกับแม่พิมพ์และลูกกลิ้งหมึกที่เป็นโลหะน้อยกว่ารูไทล์

2.1.2 แคลเซียมคาร์บอเนต ผงสีชนิดนี้ใช้เป็นสารปรับสีหมึก เป็นผงสีขาวที่ทึบแสงน้อยที่สุดในบรรดาผงสีอนินทรีย์สีขาวทั้งสามชนิด และไม่ทนกรด มีใช้ในหมึกพิมพ์ของทุกระบบการพิมพ์

2.1.3 อะลูมิเนียมซิลิเกต เป็นผงสีขาว มีความทึบแสงสูงกว่าแคลเซียมคาร์บอเนต แต่น้อยกว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ มีความทนทานต่อสารเคมีต่าง ๆ ดี ใช้เป็นสารปรับสีหมึกในหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ กราวัวร์ และฉลุลายผ้า

2.2 ผงสีอนินทรีย์สีอื่น ๆ ผงสีอนินทรีย์สีอื่น ๆ มีอยู่ไม่กี่ชนิดที่ใช้เป็นผงสีสำหรับหมึกชุดพิมพ์สอดสี เนื่องจากให้สีที่มีความอิ่มตัวสีต่ำกว่าผงสีอินทรีย์ นอกจากนี้โลหะบางชนิดที่เป็นองค์ประกอบของผงสียังมีความเป็นพิษอีกด้วยเช่น ตะกั่ว โครเมียม แคดเมียม เป็นต้น จึงมีการใช้งานจำกัด ตัวอย่างของผงสีอนินทรีย์ที่ยังนิยมใช้เป็นผงสีในหมึกพิมพ์ เช่น ไอร์ออนบลู (Iron blue) อัลตรามารีนบลู (Ultramarine blue) เป็นต้น

ไอร์ออนบลู ผงสีชนิดนี้เป็นผงสีน้ำเงินของสารประกอบเฟอริกเฟอโรไซยาไนด์ (Ferric-ferrocyanide) มีอยู่ด้วยกันหลายเฉด (shade) จึงมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันออกไป เช่น ถ้าเป็นสีน้ำเงินอมแดงจะเรียกว่า "พรัสเซียนบลู" (Prussian blue) แต่ถ้ามีสีน้ำเงินอมเขียวจะเรียกว่า "ไชนีสบลู" (Chinese blue) เป็นต้น เป็นผงสีที่มีความทนแสงและความร้อนดีมากและมีความทนกรดดี แต่ไม่ทนด่าง เป็นผงสีที่มีใช้ในหมึกพิมพ์ของทุกระบบการพิมพ์

อัลตรามารีนบลู ผงสีชนิดนี้เป็นผงสีน้ำเงินที่เป็นสารประกอบของธาตุโซเดียม อะลูมิเนียม ซิลิคอน ออกซิเจน และกำมะถัน มีสีน้ำเงินอมแดง ทนทานต่อแสงและตัวทำละลายต่าง ๆ ได้ดี ยกเว้นน้ำและกรด มีความทนด่างมากกว่าไอร์ออนบลู แต่มีความอิ่มตัวสีต่ำกว่า ผงสีชนิดนี้ส่วนใหญ่แล้วใช้ในหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้า

นอกจากผงสีอินทรีย์สีน้ำเงินที่ได้กล่าวแล้วในข้างต้น ยังมีผงสีอนินทรีย์อีกประเภทหนึ่งที่เรียกว่า "ผงสีแวว โลหะ" ซึ่งเป็นผงสีที่ทำจากโลหะประเภทต่าง ๆ โดยผงสีเงินเป็นผงของโลหะอะลูมิเนียม ผงสีบรอนซ์ (bronze) เป็นผงของโลหะทองแดง และผงสีทองเป็นผงของโลหะผสมระหว่างทองแดงและสังกะสี โดยสัดส่วนระหว่างทองแดงที่ผสมกับสังกะสีมีผลต่อลักษณะของสีทองที่ได้

กิจกรรม 4.1.1

1. สารให้สีที่มีใช้ในหมึกพิมพ์มีอยู่ด้วยกันกี่ประเภทและแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันในเรื่องใดเป็นสำคัญ
2. ผงสีจำแนกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้กี่ประเภท อะไรบ้าง พร้อมทั้งยกตัวอย่างผงสีแต่ละประเภท

ไปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติ หน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.1 กิจกรรม 4.1.1

แนวตอบกิจกรรม 4.1.1

1. สารให้สีที่มีใช้ในหมึกพิมพ์มีอยู่ด้วยกันสองประเภทคือ สีย้อมและผงสี ความแตกต่างประการสำคัญของสารให้สีทั้งสองชนิดคือสมบัติการละลายในตัวทำละลาย กล่าวคือ สีย้อมสามารถละลายได้ในตัวทำละลายต่าง ๆ ได้ ในขณะที่ผงสีไม่ละลาย

2. ผงสีจำแนกออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท คือ ผงสีอินทรีย์ และผงสีอนินทรีย์ ตัวอย่างของผงสีอินทรีย์ เช่น คาร์บอนแบล็ก ฟะทาโลไซยานีนบลู ไดแอริไลด์เยลโลว์ เป็นต้น และตัวอย่างของผงสีอนินทรีย์ เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต ไอร์ออนบลู เป็นต้น

เรื่องที่ 4.1.2
น้ำมัน

1. องค์ประกอบทางเคมีและประเภทของน้ำมัน

น้ำมันเป็นองค์ประกอบในตัวพาที่สำคัญตัวหนึ่งของหมึกพิมพ์ออฟเซต เลตเตอร์เพรสส์ และฉลุลายผ้าบางประเภท มีหน้าที่สำคัญคือเป็นตัวกลางให้องค์ประกอบอื่น ๆ ในหมึกพิมพ์กระจายตัวอยู่ได้ รวมทั้งเป็นตัวกำหนดสมบัติการไหลของหมึกพิมพ์ การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ การเกิดชั้นหมึกพิมพ์ (ink film) เมื่อพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์แล้ว รวมทั้งเป็นตัวกำหนดความมันวาวและความทนทานของชั้นหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวแล้วต่อสารเคมีและสภาพการใช้งาน น้ำมันที่ใช้ในหมึกพิมพ์ส่วนใหญ่เป็นน้ำมันที่ได้จากพืช ซึ่งเป็นสารประกอบประเภทเอสเทอร์ (ester) ของกลีเซอรอล (glycerol) และกรดไขมัน (fatty acid) ประเภทต่าง ๆ ซึ่งชนิดของกรดไขมันนี้เองที่เป็นตัวกำหนดสมบัติการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ ตัวอย่างของกรดไขมันสำคัญที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันที่ใช้ในหมึกพิมพ์คือ กรดพาลมิติก (palmitic acid, $C_{15}H_{31}COOH$) กรดไลโนเลนิก (linolenic aid,$C_{17}H_{29}COOH$) กรดไลโนเลอิก (linoleic acid,$C_{17}H_{31}COOH$) กรดโอเลอิก (Oleic acid, $C_{17}H_{33}COOH$) และกรดสเตียริก (stearic acid, $C_{17}H_{35}COOH$)

ในบรรดากรดไขมันทั้งห้าชนิดนี้สามารถแบ่งออกได้เป็นอีกสองกลุ่ม ตามความอิ่มตัวของน้ำมันหรือตามชนิดของพันธะเคมีที่มีในโมเลกุล คือ

1.1 กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) หรือกรดไขมันที่มีพันธะเคมีระหว่างอะตอมคาร์บอนในสายโมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยวเท่านั้น ได้แก่ กรดสเตียริก และกรดพาลมิติก

1.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) หรือกรดไขมันที่มีพันธะเคมีระหว่างอะตอมคาร์บอนในสายโมเลกุล นอกจากพันธะเดี่ยวแล้วยังมีพันธะคู่รวมอยู่ด้วย ได้แก่ กรดไลโนเลนิก กรดไลโนเลอิก และกรดโอเลอิก ซึ่งในบรรดากรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งสามชนิดนี้กรดไลโนเลนิกมีความไม่อิ่มตัวมากที่สุด กล่าวคือ มีจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลมากที่สุด คือ มีอยู่ด้วยกันสามแห่ง รองลงมาคือ กรดไลโนเลอิกและกรดโอเลอิก ซึ่งมีพันธะคู่ในสายโมเลกุลอยู่ด้วยกันสองแห่งและหนึ่งแห่งตามลำดับ

หากน้ำมันที่ใช้ในหมึกพิมพ์มีองค์ประกอบที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงมากเท่าไร น้ำมันชนิดนั้นก็จะยิ่งสามารถทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนในอากาศ แล้วเกิดการแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้มากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นจึงอาจแบ่งน้ำมันที่ใช้ในหมึกพิมพ์ได้เป็นสามกลุ่มตามความสามารถในการแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน คือ

*1.1.1 **น้ำมันชักแห้ง** (drying oil)* น้ำมันชักแห้งเป็นน้ำมันที่มีเอสเทอร์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่ในจำนวนที่มากกว่าเอสเทอร์ของกรดไขมันอิ่มตัว ตัวอย่างเช่น น้ำมันลินสีด (linseed oil) น้ำมันทัง (tung oil) เป็นต้น น้ำมันประเภทนี้ใช้มากที่สุดในหมึกพิมพ์ชนิดข้น

*1.1.2 **น้ำมันกึ่งชักแห้ง** (semi-drying oil)* น้ำมันกึ่งชักแห้งเป็นน้ำมันที่มีเอสเทอร์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าในน้ำมันชักแห้ง ทำให้การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดได้ช้ากว่า ตัวอย่างเช่น น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil) น้ำมันเมล็ดทานตะวัน (sunflower seed oil) น้ำมันเมล็ดยาสูบ (tobacco seed oil) เป็นต้น

*1.1.3 **น้ำมันไม่ชักแห้ง** (non-drying oil)* น้ำมันไม่ชักแห้งเป็นน้ำมันที่มีเอสเทอร์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว เป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณน้อยหรือไม่มีเลย จึงไม่เกิดการแห้งตัวเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเหมือนน้ำมันชักแห้งและน้ำมันกึ่งชักแห้ง ตัวอย่างเช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันละหุ่ง (castor oil) น้ำมันมิเนอรัล (mineral oil) เป็นต้น

2. สมบัติของน้ำมันสำคัญที่มีใช้ในหมึกพิมพ์

น้ำมันที่ใช้ในหมึกพิมพ์มีอยู่ด้วยกันมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีสมบัติที่แตกต่างกันไป จึงทำให้หมึกพิมพ์ที่ประกอบด้วยน้ำมันต่างชนิดกันเหมาะที่จะใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ที่มีลักษณะการใช้งานแตกต่างกันไป ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะน้ำมันที่มีใช้กันทั่วไปดังนี้

2.1 น้ำมันลินซีด น้ำมันลินสีดสกัดจากเมล็ดของต้นแฟลกซ์ที่มีปลูกกันมากในประเทศสหรัฐอมริกา แคนาดา อาร์เจนตินา รัสเซีย และอินเดีย มีส่วนประกอบหลักเป็นเอสเทอร์ของกรดไลโนเลนิกมากที่สุด คือ ประมาณ 50-55 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็นเอสเทอร์ของกรดโอเลอิก 20-25 เปอร์เซ็นต์ กรดไลโนเลอิก 15 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันอิ่มตัวอีกประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นน้ำมันลินสีดจึงจัดเป็นน้ำมันชักแห้งประเภทหนึ่ง เป็นน้ำมันที่ใช้กันมากที่สุด สำหรับเป็นส่วนผสมของตัวพาที่ใช้ในหมึกพิมพ์ออฟเซต เลตเตอร์เพรสส์ และฉลุลายผ้า น้ำมันลินสีดดิบที่สกัดได้จะยังไม่นำไปใช้งานในทันทีเนื่องจากมีสารต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการเจือปนอยู่มาก อีกทั้งยังมีความหนืดที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงต้องผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยกรด ด่าง หรือนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 245-300 องศาเซลเซียส การให้ความร้อนที่ช่วงอุณหภูมิดังกล่าวทำให้สิ่งเจือปนประเภทที่ระเหยได้ระเหยออกไปจากน้ำมัน ส่วนสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่ระเหยไม่ได้ก็จะตกตะกอนแยกออกมา นอกจากนี้การให้ความร้อนแก่น้ำมันลินสีดยังทำให้ความหนืดของน้ำมันสูงขึ้นอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน น้ำมันที่ผ่านความร้อนนี้เรียกว่า "สแตนด์ออยล์" (stand oil) การทำให้น้ำมันลินสีดดิบมีความหนืดเพิ่มขึ้นยังอาจทำได้อีกวิธีหนึ่ง คือ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 100-140 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งการพ่นอากาศ (ออกซิเจน) จำนวนมากเข้าไปในขณะที่ให้ความร้อนด้วย น้ำมันที่ได้จากการผ่านความร้อนในลักษณะนี้เรียกว่า "โบลนออยล์" (blown oil)

โบลนออยล์สามารถทำเป็นกลิ่นสีได้ดีกว่าสแตนด์ออยล์ ดังนั้นจึงทำให้หมึกพิมพ์เกิดการไหลได้ดีกว่า นอกจากนี้ยังมีความหนืดมากกว่า และมีอัตราการแห้งตัวเร็วกว่าสแตนด์ออยล์ด้วย เนื่องจากในขั้นตอนการให้ความร้อนได้มีการพ่นอากาศเข้าไปด้วย ทำให้โมเลกุลของน้ำมันจำนวนมากกว่าเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน อย่างไรก็ตามโบลนออยล์มีข้อเสียคือ มีสีคล้ำ มีความเป็นกรดและมีกลิ่นแรงกว่าสแตนด์ออยล์ อีกทั้งไม่สามารถเก็บไว้ก่อนนำไปใช้งานได้นานเท่าสแตนด์ออยล์

2.2 น้ำมันทัง น้ำมันทังเป็นน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดของต้นทังที่มีปลูกกันมากในประเทศสหรัฐอมริกา จีน และญี่ปุ่น เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดไลโนเลนิกเป็นส่วนมาก ซึ่งมีอยู่ในปริมาณถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลืออีกประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเอสเทอร์ของกรดไลโนเลอิก กรดโอเลอิก และกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นน้ำมันทังจึงจัดเป็นน้ำมันชักแห้งอีกตัวหนึ่ง เนื่องจากมีกรดไขมันไลโนเลนิกในปริมาณมาก และกรดไขมันไลโนเลนิกที่มีในน้ำมันทังยังมีโครงสร้างการเรียงตัวของพันธะในโมเลกุลในลักษณะพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว จึงทำให้เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ไวกว่าและแห้งตัวได้เร็วกว่าน้ำมันลินสีด น้ำมันทังใช้ผสมกับเรซินฟีนอลิกและ/หรืออัลคิดเพื่อใช้ทำวาร์นิชสำหรับหมึกพิมพ์ที่ต้องการให้มีชั้นหมึกพิมพ์ที่ความทนทานต่อการขัดถูทนทานต่อน้ำและด่าง รวมทั้งมีความมันวาวสูง น้ำมันทังมักได้รับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 290-310 องศาเซลเซียส เพื่อให้มีอัตราเร็วในการแห้งตัวและความหนืดที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

2.3 น้ำมันละหุ่ง น้ำมันละหุ่งเป็นน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดละหุ่ง มีองค์ประกอบหลักเป็นเอสเทอร์ของกรดริซิโนเลอิก (ricinoleic acid) ประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ โดยมีเอสเทอร์ของกรดไลโนเลอิกประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ เอสเทอร์ของกรดโอเลอิกประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และเอสเทอร์ของกรดไขมันอิ่มตัวอีกประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เอสเทอร์ของกรดริซิโนเลอิกเป็นเอสเทอร์ที่พบในน้ำมันละหุ่งเท่านั้น ไม่พบในน้ำมันประเภทอื่นที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยเป็นกรดที่มีพันธะคู่แห่งเดียวในสายโมเลกุล และมีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ในโมเลกุลด้วย น้ำมันละหุ่งจัดเป็นน้ำมันไม่ชักแห้งประเภทหนึ่ง อย่างไรก็ตามน้ำมันละหุ่งมักได้รับการเปลี่ยนโครงสร้างทางโมเลกุลให้

กลายเป็นน้ำมันชักแห้งก่อนนำไปใช้ผลิตหมึกพิมพ์ ทั้งนี้การเปลี่ยนโครงสร้างทางโมเลกุลดังกล่าวทำโดยใช้ปฏิกิริยาขจัดน้ำออก (dehydration) ซึ่งทำได้โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 280 องศาเซลเซียส โดยมีกรดซัลฟิวริกเป็นสารเร่งปฏิกิริยา โมเลกุลของน้ำที่ขจัดออกเกิดจากการรวมตัวของหมู่ไฮดรอกซิลและอะตอมไฮโดรเจนในสายโมเลกุลของน้ำมัน น้ำมันละหุ่งที่ได้มีชื่อเรียกย่อ ๆ ว่า "ดีซีโอ" (DCO, Dehydrated Castor Oil) ซึ่งมีปริมาณเอสเทอร์ของกรดไลโนเลอิกประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้มีสมบัติเป็นน้ำมันชักแห้ง

ดีซีโอเป็นน้ำมันที่มีสีเหลืองอ่อน มีความหนืดมากกว่าน้ำมันชักแห้งอื่น ๆ ใช้ทำเป็นน้ำมันวาร์นิชสำหรับผลิตเป็นหมึกพิมพ์ที่ต้องการความมันวาวและไม่เกิดมีสีเหลืองเข้มเมื่อหมึกพิมพ์ต้องผ่านการอบหรือทำแห้งด้วยความร้อน

2.4 น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดถั่วเหลือง มีองค์ประกอบหลัก คือ เอสเทอร์ของกรดไลโนเลอิกประมาณ 50-55 เปอร์เซ็นต์ เอสเทอร์ของกรดโอเลอิกประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันอิ่มตัวประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลืออีกประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์เป็นเอสเทอร์ของกรดไลโนเลนิก เนื่องจากมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเอสเทอร์ของกรดไลโนเลอิก ดังนั้นจึงมีอัตราเร็วของการแห้งตัวเมื่อเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนช้ากว่าน้ำมันลินสีดและน้ำมันทัง ดังนั้นจึงจัดเป็นน้ำมันกึ่งชักแห้งประเภทหนึ่ง อย่างไรก็ตามน้ำมันถั่วเหลืองมีสีที่อ่อนกว่าน้ำมันลินสีดและน้ำมันทัง นอกจากนี้ก็ไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มเมื่อได้รับการอบหรือทำแห้งด้วยความร้อน

2.5 น้ำมันมิเนอรัล น้ำมันมิเนอรัลเป็นน้ำมันชนิดเดียวที่ไม่ได้สกัดจากพืช แต่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม มีองค์ประกอบที่ไม่ใช่เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันและกลีเซอรอลเหมือนน้ำมันทุกชนิดที่กล่าวแล้วในข้างต้น แต่ประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ ที่ไม่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน ดังนั้นหมึกพิมพ์ที่มีน้ำมันชนิดนี้เป็นองค์ประกอบจึงเป็นชนิดที่ไม่แห้งตัวด้วยออกซิเจน แต่แห้งตัวด้วยการซึมผ่านของตัวพาเข้าไปในเนื้อวัสดุใช้พิมพ์

อย่างไรก็ตามเนื่องจากเป็นน้ำมันที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีจำกัดและนับวันจะหมดไป ในปัจจุบันหมึกพิมพ์หนังสือพิมพ์ใช้น้ำมันถั่วเหลืองแทนน้ำมันมิเนอรัล น้ำมันมิเนอรัลนี้นอกจากจะมีหน้าที่เป็นตัวกลางให้สารเคมีอื่น ๆ ในหมึกพิมพ์กระจายตัวแขวนลอยอยู่เหมือนน้ำมันอื่น ๆ แล้ว ยังทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายในหมึกพิมพ์บางประเภทอีกด้วย

กิจกรรม 4.1.2

1. น้ำมันในหมึกพิมพ์มีหน้าที่อะไร

2. น้ำมันในหมึกพิมพ์สามารถแบ่งออกได้เป็นกี่กลุ่ม หากแบ่งโดยใช้วิธีการแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจนเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างน้ำมันในแต่ละกลุ่ม

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.1 กิจกรรม 4.1.2

แนวตอบกิจกรรม 4.1.2

1 น้ำมันในหมึกพิมพ์มีหน้าที่สำคัญ ดังนี้คือ

1.1 เป็นตัวกลางให้องค์ประกอบอื่น ๆ ของหมึกพิมพ์กระจายตัวอยู่ได้

1.2 เป็นตัวควบคุมสมบัติการไหลของหมึกพิมพ์

1.3 เป็นตัวกำหนดสมบัติการแห้งตัวของหมึกพิมพ์

1.4 เป็นตัวทำให้เกิดชั้นหมึกพิมพ์เมื่อพิมพ์หมึกพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ รวมทั้งกำหนดสมบัติต่าง ๆ ของชั้นหมึกพิมพ์ด้วย

2. น้ำมันในหมึกพิมพ์สามารถแบ่งตามวิธีการแห้งตัวเนื่องจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจนออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

2.1 น้ำมันชักแห้ง เช่น น้ำมันลินสีด น้ำมันทัง เป็นต้น

2.2 น้ำมันกึ่งชักแห้ง เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดทานตะวัน เป็นต้น

2.3 น้ำมันไม่ชักแห้ง เช่น น้ำมันละหุ่ง น้ำมันมิเนอรัล เป็นต้น

เรื่องที่ 4.1.3

เรซิน

เรซินเป็นองค์ประกอบในหมึกพิมพ์ที่มีหน้าที่สำคัญ คือเป็นตัวยึด (binder) ผงสีให้ติดแน่นอยู่บนวัสดุใช้พิมพ์ได้ หลังจากที่หมึกพิมพ์หมาดตัวหรือแห้งตัวแล้ว และเมื่อหมึกพิมพ์ยังไม่ได้ใช้พิมพ์ เรซินที่ดีก็ต้องมีความสามารถในการทำเปียกผงสีได้ดี เพื่อให้หมึกพิมพ์เกิดการไหลได้ดีและสามารถปลดปล่อยตัวทำละลายได้ดี เพื่อให้หมึกพิมพ์ที่แห้งตัวโดยการระเหยของตัวทำละลายไม่เกิดปัญหาการแห้งตัว นอกจากนี้แล้วเรซินยังเป็นตัวกำหนดสมบัติอื่น ๆ ของชั้นหมึกพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์อีกด้วย เช่น การเกิดชั้นหมึกพิมพ์ ความมันวาว ความทนทานต่อการขัดถูและสารเคมี เป็นต้น การเลือกใช้เรซินขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุใช้พิมพ์และสมบัติที่ต้องการของหมึกพิมพ์เป็นหลัก

เรซินที่มีใช้ในหมึกพิมพ์มีทั้งชนิดที่เป็นของแข็งและของเหลว แต่ทั้งนี้อาจแบ่งออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ เรซินธรรมชาติ (natural resin) และเรซินสังเคราะห์ (synthetic resin)

1. เรซินธรรมชาติ

เรซินธรรมชาติเป็นเรซินที่สกัดได้จากพืชหรือสัตว์ เรซินดิบที่ได้ไม่นำไปใช้งานในทันทีแต่มักได้รับการปรับสมบัติให้เหมาะสมด้วยวิธีการทางเคมีก่อนการใช้งานจริง เรซินธรรมชาติที่สำคัญได้แก่

1.1 รอซิน (rosin) รอซินเป็นเรซินที่สกัดได้จากต้นสน มีสีเหลืองอำพัน มีจุดเดือดต่ำอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส และมีความเป็นกรดสูง เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ประมาณ 9 เปอร์เซ็นต์เป็นกรด รอซินจึงมักได้รับการปรับสมบัติทางเคมีเพื่อลดความเป็นกรด เพิ่มจุดเดือด และปรับความสามารถในการละลายในตัวทำละลายที่ใช้ให้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีการนำรอซินไปใช้ปรับสมบัติของเรซินชนิดอื่นด้วย ดังจะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่อไป

รอซินที่ทำปฏิกิริยากับสารประกอบของโลหะแคลเซียมหรือสังกะสีจะทำให้ได้เรซินพวกเรซิเนต (resinate) โดยเรซิเนตที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมแอซีเทต (calcium acetate) และสังกะสีออกไซด์ (zinc oxide) เรียกว่า แคลเซียมเรซิเนต และสังกะสีเรซิเนต ตามลำดับ เรซินพวกนี้มีสีคล้ายกับรอซิน ละลายได้ในตัวทำละลายพวกไฮโดรคาร์บอนแต่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ มีใช้ในหมึกพิมพ์กราวัวร์สำหรับพิมพ์สิ่งพิมพ์เผยแพร่ต่าง ๆ และหมึกพิมพ์ที่มีการแห้งตัวโดยอาศัยความร้อน

รอซินที่ทำปฏิกิริยากับกลีเซอรอลเกิดเป็นสารประกอบเอสเทอร์มีชื่อเรียกว่า*เอสเทอร์กัม* *(ester gum)* ละลายได้ในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนแต่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์เหมือนกับเรซินเนต เรซินพวกนี้ใช้ผสมกับน้ำมันลินสีดเพื่อผลิตเป็นวาร์นิชสำหรับหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์และออฟเซต นอกจากนี้ยังมีใช้ในหมึกพิมพ์กราวัวร์ด้วย

รอซินที่ทำปฏิกิริยากับมาเลอิกแอนไฮไดร์ (maleic anhydride) มีความเป็นกรดสูง ใช้เป็นเรซินในหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ที่มีการแห้งหมาดตัวด้วยความชื้น หรือในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานน้ำ (water-based flexo inks) แต่ถ้าในขั้นตอนการสังเคราะห์เรซินได้มีการเติมกลีเซอรอลเข้าไปด้วยก็จะทำให้ความเป็นกรดของเรซินที่ได้ลดลง ทำให้สามารถนำไปใช้ในหมึกพิมพ์กราวัวร์และเฟล็กโซกราฟีที่ใช้แอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายหลักได้ และถ้ามีความเป็นกรดต่ำมากก็จะสามารถละลายได้ในตัวทำละลายพวกไฮโดรคาร์บอน จึงสามารถใช้เป็นเรซินในหมึกพิมพ์ออฟเซตและเลตเตอร์เพรสส์ได้

1.2 ชะแล็ก (shellac) ชะแล็กเป็นเรซินหรือครั่งที่ผลิตโดยแมลงครั่ง (lac) ซึ่งผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้ว มีจุดเดือดสูงกว่ารอซินแล็กน้อย คืออยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 75-85 องศาเซลเซียส แต่มีความเป็นกรดต่ำกว่ารอซินค่อนข้างมาก ชะแล็กสามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์บางชนิด ใช้มากในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี อย่างไรก็ตามในปัจจุบันชะแล็กมีราคาแพงและหาได้ยาก จึงมีการนำเอาเรซินสังเคราะห์พวกอะคริลิกมาใช้แทนในหมึกพิมพ์ประเภทเดียวกัน

1.3 รับเบอร์ (rubber) รับเบอร์เป็นเรซินได้จากการปรับสมบัติของยางดิบด้วยสารเคมี ถ้าได้จากปฏิกิริยาการเติมคลอรีนให้กับยางธรรมชาติจะได้เรซินที่เรียกว่า *คลอริเนเท็ดรับเบอร์ (chorinated rubber)* แต่ถ้าได้จากปฏิกิริยากับกรดเข้มข้นเช่น กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid) จะได้เรซินที่เรียกว่า *ไซไคลซ์รับเบอร์ (cyclized rubber)*

คลอริเนเท็ดรับเบอร์ มีลักษณะเป็นผงมีสีขาว ละลายได้ในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนพวกอะโรมาติก เอสเทอร์ อีเทอร์ (ether) และคีโตน (ketone) แต่ไม่ละลายในไฮโดรคาร์บอนพวกอะลิฟาติก (aliphatic hydrocarbon) และแอลกอฮอล์ เป็นเรซินที่มีสมบัติกันความชื้นได้ดี มักใช้ผสมกับเรซินชนิดอื่นเพื่อช่วยเร่งอัตราเร็วในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ เพิ่มความมันวาว และความทนทานต่อการขัดถู เป็นต้น โดยผสมเข้ากันได้ดีกับเรซินพวกไฮโดรคาร์บอน รอซิน ฟีนอลิก อะคริลิก และอัลคิด ใช้ในหมึกพิมพ์กราวัวร์สำหรับพิมพ์บนพลาสติกและแผ่นเปลวโลหะที่ใช้โทลูอีนเป็นตัวทำละลาย และในหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าสำหรับพิมพ์บนผ้า

ไซไคลซ์รับเบอร์ เป็นของแข็งมีทั้งชนิดที่มีสีน้ำตาลอ่อนไปจนถึงน้ำตาลเข้ม ละลายได้ในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนและเอสเทอร์ แต่ไม่ละลายในคีโตนและแอลกอฮอล์ ผสมเข้ากันได้ดีกับเรซินไฮโดรคาร์บอน เซลลูโลส เอสเทอร์กัม และเรซิเนต ใช้ในหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์และออฟเซต สำหรับพิมพ์บนกระดาษที่ต้องการการหมาดตัวเร็วและต้องการชั้นหมึกพิมพ์ที่ทนทานต่อการขัดถู และใช้ร่วมกับเรซินชนิดอื่นในหมึกพิมพ์กราวัวร์และฉลุลายผ้า เพื่อเพิ่มความทนทานต่อการขัดถู นอกจากนี้ยังช่วยให้หมึกพิมพ์มีความทนทานต่อสารเคมีและยึดติดกับวัสดุใช้พิมพ์ได้ดี

1.4 เซลลูโลซิก (cellulosics) เรซินพวกเซลลูโลซิกเป็นกลุ่มของเรซินที่ได้จากการนำเซลลูโลสไปทำปฏิกิริยากับสารเคมีต่าง ๆ ตัวอย่างของเรซินพวกนี้เช่น

1.4.1 ไนโตรเซลลูโลส (nitrocellulose) หรือเซลลูโลสไนเทรต (cellulose nitrate) เป็นเรซินที่สังเคราะห์ขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างเซลลูโลสและกรดไนทริก (nitric acid) เรซินประเภทนี้ใช้ในหมึกพิมพ์กราวัวร์และเฟล็กโซกราฟี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของไนโตรเจนที่ได้จากกรดไนทริกซึ่งเป็นองค์ประกอบในเรซิน ถ้าเรซินมีปริมาณของไนโตรเจนต่ำจะละลายในแอลกอฮอล์ได้ดี จึงเหมาะสำหรับหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานแอลกอฮอล์ แต่ถ้ามีปริมาณของไนโตรเจนมาก ก็จะสามารถละลายได้ดีในเอสเทอร์และคีโตน จึงเหมาะสำหรับหมึกพิมพ์กราวัวร์ที่ใช้สารทั้งสองชนิดเป็นตัวทำละลาย เรซินชนิดนี้ทำเป็นกผงสีและปลดปล่อยตัวทำละลายได้ดีมาก รวมทั้งให้

หมึกพิมพ์ที่ทนทานต่อการขูดขีด ขัดถู และความร้อนได้ดีมากเช่นกัน อีกทั้งยังสามารถพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ได้หลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นกระดาษ พลาสติก หรือแผ่นเปลวโลหะ ผสมเข้ากันได้ดีกับเรซินพวกรอซิน อัลคิด และชะแล็ก

1.4.2 เซลลูโลสแอซีเทตโพรพิโอเนต (cellulose acetate propionate) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า "ซีเอพี" (CAP) เป็นเรซินที่สังเคราะห์ขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างเซลลูโลส กรดแอซีติก (acetic acid) และกรดโพรพิโอนิก (propionic acid) สามารถละลายได้ในตัวทำละลายหลายชนิด ผสมเข้ากันได้ดีกับเรซินพวกอะคริลิก ฟีนอลิก พอลิไวนิลแอซีเทต และมาเลอิก เป็นเรซินที่ทนทานต่อความร้อน ตัวทำละลาย และสารเคมีต่าง ๆ ดีมาก

2. เรซินสังเคราะห์

เรซินสังเคราะห์ส่วนใหญ่แล้วเป็นเรซินที่สังเคราะห์ขึ้นด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบต่าง ๆ เรซินสังเคราะห์มีสมบัติที่ดีกว่าเรซินธรรมชาติตรงที่มีสมบัติต่าง ๆ คงที่ เนื่องจากสามารถควบคุมการผลิตได้ในทุกขั้นตอน ในขณะที่สมบัติของเรซินธรรมชาติแปรเปลี่ยนไปตามความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่และสภาพอากาศที่พืชหรือสัตว์ที่ผลิตเรซินนั้น ๆ อยู่ เรซินสังเคราะห์ที่สำคัญได้แก่

2.1 เรซินฟีนอลิก (phenolic resin) เรซินฟีนอลิกได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันระหว่างสารประกอบของฟีนอลและฟอร์มัลดีไฮด์ สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนพวกอะโรมาติก และละลายได้บ้างในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนพวกอะลิฟาติก ใช้ผสมกับน้ำมันทังเพื่อผลิตวาร์นิชสำหรับหมึกพิมพ์ออฟเซตและเลตเตอร์เพรสส์ วาร์นิชที่ได้สามารถทำเปียกผงสีได้ดีและมีอัตราในการแห้งตัวเร็วมาก รวมทั้งให้ชั้นหมึกพิมพ์ที่มีความแข็งแรงและทนทาน โดยเฉพาะต่อด่าง และมีความมันวาวสูง ข้อเสียของเรซินพวกนี้คือจะมีสีเหลืองได้ถ้าได้รับแสงเป็นเวลานาน

เรซินฟีนอลิกได้รับการปรับสมบัติให้สามารถละลายในน้ำมันได้ดีขึ้น รวมทั้งให้มีความแข็งและจุดเดือดสูงขึ้นโดยการทำปฏิกิริยากับรอซิน เรซินฟีนอลิกที่ปรับสมบัติด้วยรอซิน (rosin modified phenolic resin) มีสมบัติการปลดปล่อยตัวทำละลายให้ระเหยไปได้ดี ดังนั้นจึงใช้ในหมึกพิมพ์ที่มีการแห้งตัวโดยการระเหยของตัวทำละลายด้วยความร้อน และยังใช้ในหมึกพิมพ์ที่แห้งหมาดตัวเร็วด้วย นอกจากนี้มักใช้ผสมกับเรซินพวกอัลคิดในการทำวาร์นิชสำหรับหมึกพิมพ์ที่ต้องการความมันวาวและความทนทานต่อการขัดถูสูง

2.2 เรซินอัลคิด (alkyd resin) เรซินอัลคิดเป็นสารประกอบเอสเทอร์ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างกรดและแอลกอฮอล์ ตัวอย่างของกรดและแอลกอฮอล์ที่ใช้เช่น กรดไอโซฟะทาลิก (isophthalic acid) และกลีเซอรอล เป็นเรซินหลักอีกตัวหนึ่งที่ใช้ในการผลิตวาร์นิชสำหรับหมึกพิมพ์ออฟเซตและเลตเตอร์เพรสส์ที่มีการแห้งหมาดตัวเร็วโดยใช้ผสมกับน้ำมันซักแห้งต่าง ๆ วาร์นิชที่ทำจากเรซินชนิดนี้จะทำเปียกผงสีได้ดี ให้ชั้นหมึกพิมพ์ที่เมื่อแห้งตัวแล้วมีความทนทานและยึดติดกับวัสดุใช้พิมพ์ได้เป็นอย่างดี มีความเป็นกรดต่ำกว่าน้ำมันวาร์นิชที่ผลิตจากเรซินอื่น ๆ ที่กล่าวแล้วในข้างต้น อย่างไรก็ตามความเป็นกรดของน้ำมันวาร์นิชขึ้นอยู่กับความเป็นกรดของน้ำมันซักแห้งที่ใช้ด้วย นอกจากนี้ยังใช้ในหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าบางประเภท และเมื่อใช้ผสมกับน้ำมันไม่ซักแห้งก็จะทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มสภาพพลาสติกให้กับเรซินไนโตรเซลลูโลสที่ใช้ในหมึกพิมพ์กราวัวร์

2.3 เรซินไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon resin) เรซินไฮโดรคาร์บอนเป็นพอลิเมอร์ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการทางปิโตรเคมีของน้ำมันปิโตรเลียม จึงละลายได้ดีในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน เป็นเรซินที่ใช้ในหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ ออฟเซต และกราวัวร์ โดยนำไปใช้แทนเรซินพวกรอซิน มีความเป็นกรดต่ำมากและมีความทนทานต่อสารเคมีดี

เรซินพวกนี้สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายชนิดตามจุดหลอมเหลว โดยชนิดที่มีจุดหลอมเหลวต่ำทำเปียกผงสีและปลดปล่อยตัวทำละลายได้ไม่ดี รวมทั้งให้ชั้นหมึกพิมพ์ที่มีความมันวาวต่ำ ส่วนชนิดที่มีจุดหลอมเหลวสูงขึ้นจะมีสมบัติต่าง ๆ ที่กล่าวแล้วดีขึ้น

2.4 เรซินอะคริลิก (acrylic resin) เรซินอะคริลิกเป็นพอลิเมอร์หรือโคพอลิเมอร์ของกรดอะคริลิกหรือสารประกอบเอสเทอร์ของกรดอะคริลิก เป็นเรซินใสที่ใช้ในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี กราวัวร์ และฉลุลายผ้า รวมทั้งหมึกพิมพ์ที่มีการแห้งตัวฉับพลันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต ช่วยให้หมึกพิมพ์สามารถยึดติดบนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทฟิล์มและแผ่นโลหะเปลวได้ดีมาก ให้ชั้นหมึกพิมพ์ที่มีความทนทานต่อสารเคมี น้ำ และน้ำมัน รวมทั้งไม่เปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองเมื่อได้รับแสงและความร้อน ผสมเข้ากันได้ดีกับเรซินพวกไนโตรเซลลูโลส คลอริเนเท็ดรับเบอร์ ไวนิล และรอซิน

2.5 เรซินพอลิแอไมด์ เรซินพอลิแอไมด์เป็นเรซินที่เกิดจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของสารประกอบพวกไดแอมีน (diamine) หรือสารที่ในโมเลกุลมีหมู่แอมิโน (amino group,-NH_2) สองหมู่ กับกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ในโมเลกุลมีหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group, -COOH) สองหมู่ เช่นไดเอทิลีนไดแอมีน (diethylene diamine) ทำปฏิกิริยากับกรดไดไลโนเลอิก (dilinoleic acid) เป็นต้น เรซินชนิดนี้เป็นของแข็งสีเหลืองอำพัน ชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะละลายได้ในแอลกอฮอล์ ส่วนชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากขึ้นจะละลายได้ในตัวทำละลายผสมระหว่างแอลกอฮอล์และไฮโดรคาร์บอน เป็นเรซินหลักที่ใช้ในหมึกพิมพ์กราวัวร์และเฟล็กโซกราฟี สำหรับพิมพ์บนพลาสติกพวกพอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิสไตรีน เป็นต้น มีความสามารถในการปลดปล่อยตัวทำละลายดี ให้ชั้นหมึกพิมพ์ที่มีความมันวาวสูง ทนทานต่อน้ำและน้ำมัน และผสมเข้ากันได้ดีกับเรซินพวกไนโตรเซลลูโลส ซะแล็ก รอซิน พีนอลิก และมาเลอิก

2.6 เรซินไวนิล (vinyl resin) เรซินไวนิลเป็นพอลิเมอร์ของสารประกอบไวนิล เช่น พอลิไวนิลคลอไรด์ พอลิไวนิลบิวทิรัล (polyvinyl butyral) เป็นต้น

พอลิไวนิลคลอไรด์ เป็นเรซินที่ละลายได้ในตัวทำละลายพวกคีโตนและเอสเทอร์ มีใช้ในหมึกพิมพ์กราวัวร์และฉลุลายผ้า สำหรับใช้พิมพ์บนพลาสติกพวกพอลิไวนิลคลอไรด์เป็นหลัก เนื่องจากเป็นเรซินที่มีความแข็งแต่เปราะ ดังนั้นจึงมักได้รับการปรับสมบัติให้มีความยืดหยุ่นและเหนียวมากขึ้น โดยการใช้ไวนิลแอซีเทตทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันกับไวนิลคลอไรด์ เพื่อผลิตเรซินที่เป็นโคพอลิเมอร์ระหว่างพอลิไวนิลคลอไรด์และพอลิไวนิลแอซีเทต นอกจากนี้พอลิไวนิลคลอไรด์ยังมีใช้ในหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าชนิดพลาสทิซอล (plastisol ink) สำหรับพิมพ์บนสิ่งทอ หมึกพิมพ์พลาสทิซอลนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่ไม่มีตัวทำละลายเป็นองค์ประกอบอยู่เลย โดยมีองค์ประกอบเป็นเรซินพอลิไวนิลคลอไรด์กระจายตัวอยู่ในสารเพิ่มสภาพพลาสติกพวกฟะทาเลต

พอลิไวนิลบิวทิรัล มีลักษณะเป็นผงมีสีขาว ละลายได้ในแอลกอฮอล์ เอสเทอร์ คีโตน และไกลคอล (glycol) ผสมเข้ากันได้ดีกับเรซินพวกซะแล็ก มาเลอิก อะคริลิก และไนโตรเซลลูโลส หมึกพิมพ์ที่มีเรซินชนิดนี้เป็นองค์ประกอบสามารถพิมพ์ติดได้ดีบนวัสดุใช้พิมพ์ทุกประเภทไม่ว่าจะเป็น กระดาษ พลาสติก โลหะ แก้ว และสิ่งทอต่าง ๆ นอกจากนี้เรซินชนิดนี้ยังเป็นองค์ประกอบของหมึกผง (toner) ที่ใช้เป็นสารให้สีในระบบการพิมพ์ไม่สัมผัสประเภทที่ใช้แสงและอิเล็กตรอนในกระบวนการเกิดภาพ

2.7 เรซินมาเลอิก เรซินมาเลอิกเป็นเรซินที่สังเคราะห์ขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างมาเลอิกแอนไฮไดร์กับรอซิน มีความเป็นกรดสูง ละลายได้ดีในไกลคอลและสารละลายต่าง ใช้ในหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์และเฟล็กโซกราฟี ฐานน้ำที่มีการแห้งตัวโดยการตกตะกอนของเรซิน การลดความเป็นกรดและการปรับสมบัติการละลายในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ของเรซินมาเลอิกทำได้โดยนำเรซินชนิดนี้ไปทำปฏิกิริยากับกลีเซอรอล

เรซินมาเลอิกที่มีความเป็นกรดปานกลางละลายได้ในตัวทำละลายพวกแอลกอฮอล์ มีใช้ในหมึกพิมพ์กราวัวร์และเฟล็กโซกราฟี โดยใช้ร่วมกับเรซินพวกพอลิแอไมด์และสำหรับใช้พิมพ์บนฟิล์มและแผ่นโลหะเปลว ส่วนชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำสามารถละลายได้ในตัวทำละลายพวกไฮโดรคาร์บอน มีใช้ในหมึกพิมพ์ออฟเซตชนิดแห้งตัวด้วยความร้อนและชนิดหมาดตัวเร็ว

กิจกรรม 4.1.3

1. เรซินที่เป็นองค์ประกอบในหมึกพิมพ์ มีหน้าที่สำคัญอะไร
2. จงบอกประเภทของเรซิน พร้อมทั้งยกตัวอย่างเรซินแต่ละประเภท

ไปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.1 กิจกรรม 4.1.3

แนวตอบกิจกรรม

1. เรซินมีหน้าที่สำคัญคือ เป็นตัวยึดผงสีให้ติดกับวัสดุใช้พิมพ์ เมื่อพิมพ์ชั้นหมึกพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์และชั้นหมึกพิมพ์เกิดการหมาดตัวหรือแห้งตัวแล้ว นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดสมบัติอื่น ๆ ของชั้นหมึกพิมพ์ด้วย เช่น ความมันวาว ความแข็งแรงและความทนทานต่อสารเคมี และการใช้งาน เป็นต้น

2. เรซินสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 เรซินธรรมชาติ เช่น รอซิน ชะแล็ก รับเบอร์ เป็นต้น

2.2 เรซินสังเคราะห์ เช่น ฟีนอลิก อัลคิด อะคริลิก มาเลอิก เป็นต้น

เรื่องที่ 4.1.4

ตัวทำละลาย

ตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เป็นสารเคมีที่มีสถานะเป็นของเหลว มีหน้าที่ละลายเรซินและน้ำมันเพื่อผลิตเป็นวาร์นิช รวมทั้งละลายสารเติมแต่งต่าง ๆ ที่เติมเข้าไปในหมึกพิมพ์ ดังนั้นในการเลือกตัวทำละลายมีปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ต้องคำนึงถึงก็คือ ความสามารถหรือกำลังในการทำละลาย (solvent power) โดยทั่วไปในทางเคมีมีกฎการละลายที่ว่า "สิ่งที่เหมือนกันย่อมละลายสิ่งที่เหมือนกันได้" (Like dissolves like) ดังนั้นการที่ตัวทำละลายจะสามารถละลายเรซิน น้ำมัน และสารเติมแต่งซึ่งเป็นตัวถูกละลายได้ดีนั้น ตัวทำละลายต้องมีสมบัติทางเคมีบางอย่างที่คล้ายคลึงกับสารทั้งสามประเภท สมบัติทางเคมีดังกล่าวคือ ความมีขั้ว (polarity) ของตัวทำละลายและตัวถูกละลาย ตัวทำละลายที่มีขั้วจะสามารถละลายตัวถูกละลายที่มีขั้วได้ และตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วก็จะละลายตัวถูกละลายที่ไม่มีขั้วได้ สารที่มีขั้วหมายถึง สารที่มีการยึดเหนี่ยวกันของธาตุในโมเลกุลด้วยแรงทางไฟฟ้า กล่าวคือ ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารจะมีความสามารถในการดึงและให้อิเล็กตรอนแตกต่างกัน จึงมีสมบัติทางไฟฟ้าต่างกัน โดยธาตุที่ดึงอิเล็กตรอนได้ดีกว่าจะมีประจุไปทางลบ และธาตุที่ให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่าจะมีประจุไปทางบวกทำให้ตัวทำละลายนั้น ๆ มีขั้ว ดังนั้นตัวถูกละลายที่มีขั้วจึงต้องทำการละลายด้วยตัวทำละลายที่มีขั้ว โดยตัวทำละลายที่มีขั้วจะใช้แรงจากขั้วไฟฟ้าที่มีประจุตรงข้ามดึงดูดกับขั้วของตัวถูกละลายแล้ว ทำให้เกิดการละลายขึ้นได้ ตัวอย่างของตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น น้ำ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ เป็นต้น ตัวอย่างของตัวทำละลายไม่มีขั้ว เช่น ตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ ในหมึกพิมพ์หลายชนิดมักประกอบด้วยตัวทำละลายหลายตัวผสมกัน เพื่อให้สามารถละลาย

องค์ประกอบต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น และช่วยปรับความเร็วในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ที่เกิดจากการระเหยของตัวทำละลายให้เหมาะสมกับสภาพและระบบการพิมพ์ด้วย

นอกจากกำลังการทำละลายแล้ว สิ่งที่ยังต้องคำนึงถึงเกี่ยวกับตัวทำละลายมีดังนี้คือ

1. สามารถเปียกผงสีได้ดี เพื่อให้หมึกพิมพ์มีสมบัติการไหลที่ดี

2. อัตราเร็วในการระเหยของตัวทำละลายมีความสำคัญ เพราะเกี่ยวข้องกับการแห้งตัวของหมึกพิมพ์โดยตรง ตัวทำละลายแต่ละชนิดมีอัตราเร็วในการระเหยแตกต่างกัน จึงต้องเลือกตัวทำละลายที่เกิดการระเหยได้อย่างเหมาะสมกับสภาพและระบบการพิมพ์ ในหมึกพิมพ์ออฟเซตและเลตเตอร์เพรสส์มีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับอัตราเร็วในการระเหยของตัวทำละลายน้อยกว่าในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีและหมึกพิมพ์กราวัวร์ เพราะตัวทำละลายที่ใช้ในหมึกพิมพ์ออฟเซตและเลตเตอร์เพรสส์นั้นมีอยู่ในปริมาณน้อย และมีอัตราเร็วในการระเหยต่ำกว่าหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีและหมึกพิมพ์กราวัวร์มาก ในการปรับอัตราการระเหยของตัวทำละลายให้เหมาะสมกับความเร็วในการพิมพ์ทำได้โดยใช้ตัวทำละลายหลายประเภทที่มีอัตราเร็วในการระเหยต่างกันมาผสมเข้าด้วยกัน โดยมีหลักว่าเมื่อทำการพิมพ์ด้วยความเร็วสูงก็ต้องเพิ่มตัวทำละลายที่ระเหยได้ง่ายให้มากขึ้น และเมื่อทำการพิมพ์ด้วยความเร็วต่ำลง ก็ต้องลดปริมาณของตัวทำละลายที่ระเหยได้ง่ายให้น้อยลง เพื่อให้หมึกพิมพ์ไม่เกิดการแห้งตัวที่ช้าหรือเร็วเกินไป อันจะก่อให้เกิดปัญหาทางการพิมพ์อื่น ๆ ตามมาได้

3. ตัวทำละลายหลายชนิดเป็นสารเคมีที่สามารถติดไฟได้ง่ายและเป็นพิษ ความสามารถในการติดไฟของตัวทำละลายกำหนดด้วยจุดวาบไฟ (flash point) ซึ่งมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C) หรือ องศาฟาเรนไฮต์ (°F) จุดวาบไฟ หมายถึงอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดของตัวทำละลายที่สามารถระเหยกลายเป็นไอแล้วลุกติดไฟขึ้นได้ เมื่อมีประกายไฟมาจ่ออยู่ใกล้ ๆ ตัวทำละลายใดที่มีจุดวาบไฟต่ำเท่าไร ก็จะยิ่งลุกติดไฟง่ายขึ้นเท่านั้น

ส่วนความเป็นพิษของตัวทำละลายนั้นแตกต่างกันตามชนิดของตัวทำละลาย เช่น บางชนิดอาจก่อให้เกิดอาการเพียงง่วงซึมเท่านั้นและไม่สะสมในร่างกาย แต่บางชนิดสามารถสะสมได้ในร่างกายและเมื่อสะสมในปริมาณมากเข้าก็สามารถก่อเกิดอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสหมึกพิมพ์ต่าง ๆ โดยตรง และควรศึกษาความเป็นพิษของตัวทำละลายแต่ละชนิดที่ต้องใช้หรือเกี่ยวข้องเป็นประจำ พร้อมทั้งข้อปฏิบัติเมื่อสัมผัสกับตัวทำละลายเหล่านั้นด้วย

ทั้งนี้ตัวทำละลายที่ใช้ในหมึกพิมพ์อาจแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้เป็น 7 ประเภทดังนี้

1. น้ำ

น้ำเป็นตัวทำละลายประเภทอนินทรีย์ เนื่องจากเป็นสารประกอบของธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจนเท่านั้น น้ำบริสุทธิ์มีจุดเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส ใช้เป็นตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี หมึกพิมพ์กราวัวร์ หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้า และหมึกพิมพ์สำหรับการพิมพ์พ่นหมึก เรซินที่ละลายได้ในน้ำได้แก่ ชะแล็ก อะคริลิก พอลิแอไมด์ เอสเทอร์ เป็นต้น ในปัจจุบันบริษัทผลิตหมึกพิมพ์ต่าง ๆ ได้พัฒนาสูตรหมึกพิมพ์ที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมากยิ่งขึ้น เนื่องจากไม่มีพิษ และความตระหนักในการช่วยรักษาสภาพแวดล้อมให้สะอาด

2. ปิโตรเลียมดิสทิลเลต

ปิโตรเลียมดิสทิลเลต (petroleum distillate) เป็นตัวทำละลายที่ได้จากการกลั่นลำดับส่วน (fractional distillation) ของน้ำมันปิโตรเลียม องค์ประกอบส่วนใหญ่มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป เป็นไฮโดรคาร์บอนประเภทอะลิฟาติก (aliphatic hydrocarbon) ส่วนอีกประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ เป็นไฮโดรคาร์บอนพวกอะโรมาติก (aromatic hydrocarbon) เนื่องจากเป็นของผสมของไฮโดรคาร์บอนหลายชนิด จึงไม่ได้มีจุดเดือดที่อุณหภูมิเดียว

แต่มีการเดือดเป็นช่วงอุณหภูมิ ปิโตรเลียมดิสทิลเลตที่มีช่วงการเดือดประมาณ 40-170 องศาเซลเซียส เป็นของผสมของไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย ใช้เป็นตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี กราวัวร์ และฉลุลายผ้า ซึ่งมีการแห้งตัวโดยการระเหยของตัวทำละลายที่อุณหภูมิไม่สูงมาก ส่วนปิโตรเลียมดิสทิลเลตที่มีช่วงการเดือดประมาณ 240-320 องศาเซลเซียส เป็นของผสมของไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก ใช้เป็นตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เล็ตเตอร์เพรสส์และออฟเซต สำหรับปิโตรเลียมดิสทิลเลตที่มีช่วงการเดือดสูงกว่า 320 องศาเซลเซียส มีชื่อเรียกว่า "น้ำมันมิเนอรัล" ซึ่งเป็นน้ำมันที่เป็นองค์ประกอบของตัวพาในหมึกพิมพ์หนังสือพิมพ์ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว เรซินที่ละลายได้ในปิโตรเลียมดิสทิลเลต เช่น รอซิน เอสเทอร์กัม ไฮโดรคาร์บอน ฟีนอลิก มาเลอิก ไซโคลช์รับเบอร์ เป็นต้น

ส่วนจุดวาบไฟของปิโตรเลียมดิสทิลเลตนั้นมีความหลากหลาย ขึ้นอยู่กับชนิดของไฮโดรคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบ ปิโตรเลียมดิสทิลเลตที่ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะมีจุดวาบไฟอยู่ระหว่างประมาณ –45 องศาเซลเซียสถึง 40 องศาเซลเซียส ส่วนปิโตรเลียมดิสทิลเลตที่ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนน้ำหนักโมเลกุลสูงจะมีจุดวาบไฟสูงกว่า 65 องศาเซลเซียส

3. ไฮโดรคาร์บอนพวกอะโรมาติก

ตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนพวกอะโรมาติกมีกำลังการทำละลายมากกว่าไฮโดรคาร์บอนพวกอะลิฟาติก จึงอาจทำให้ลูกกลิ้งต่าง ๆ บนเครื่องพิมพ์ที่ทำจากยางและพอลิเมอร์บางประเภทเกิดการบวมตัวได้ ดังนั้นจึงมีการใช้งานจำกัด ตัวทำละลายประเภทนี้ที่ใช้กันมากได้แก่โทลูอีน (toluene) และไซลีน (xylene) ตัวทำละลายทั้งสองชนิดใช้มากในหมึกพิมพ์กราวัวร์ และมีใช้บ้างในหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าบางประเภท ส่วนเรซินที่สามารถละลายได้เช่น รับเบอร์ ฟีนอลิก เรซิเนต เซลลูโลซิก พอลิไวนิลแอซีเทต เป็นต้น

โทลูอีนได้จากการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันถ่านหินหรือจากกระบวนการทางปิโตรเคมีของผลิตผลที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม ชื่อทางการค้าของโทลูอีน คือ "โทลูออล" (toluol) มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัวและอาจก่อให้เกิดอาการง่วงซึมได้เมื่อสูดดมเป็นเวลานาน มีช่วงการเดือดอยู่ระหว่างประมาณ 105-110 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส

ไซลีนได้มาจากแหล่งและวิธีการผลิตเช่นเดียวกับโทลูอีน มีชื่อทางการค้าว่า "ไซลอล" (xylol) มีช่วงการเดือดสูงกว่าโทลูอีน คือ อยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 135-145 องศาเซลเซียส มีจุดวาบไฟที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และมีอัตราเร็วในการระเหยต่ำกว่าโทลูอีน

4. แอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีขั้ว สำหรับแอลกอฮอล์ที่โมเลกุลขนาดเล็กหรือมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำได้ในทุกอัตราส่วน เป็นสารที่มีกลิ่นเฉพาะตัว ใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์ โดยเฉพาะในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี แอลกอฮอล์จัดว่าเป็นตัวทำละลายหลักเนื่องจากเป็นตัวทำละลายที่ทำให้ลูกกลิ้งและแม่พิมพ์ที่เป็นยางและพอลิเมอร์บวมตัวน้อยหรือไม่บวมตัวเลย นอกจากนี้ยังใช้บ้างในหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าและหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์พ่นหมึกด้วย แอลกอฮอล์ที่ใช้ในหมึกพิมพ์มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เรียงลำดับตามน้ำหนักโมเลกุลจากน้อยไปมาก เช่น เมทานอล (methanol) เอทานอล (ethanol) โพรพานอล (propanol) บิวทานอล (butanol) เป็นต้น

เมทานอล มีความเป็นพิษมาก หากรับประทานเข้าไปอาจทำให้ตาบอดและเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ เมทานอลมีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟที่ 12 องศาเซลเซียส เป็นแอลกอฮอล์ที่ทำละลายสีย้อมได้ดี และมีอัตราเร็วในการระเหยสูงที่สุดในบรรดาแอลกอฮอล์ทั้งสี่ชนิด

เอทานอล เป็นแอลกอฮอล์ชนิดที่รับประทานได้ พบในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ประเภทต่าง ๆ มีกลิ่นหอม มีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 78 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟอยู่ในช่วง 12-14 องศาเซลเซียส

โพรพานอล ที่มีใช้ในหมึกพิมพ์มีด้วยกันสองชนิด คือ นอร์มอลโพรพานอล (normal propanol) และไอโซโพรพานอล (isopropanol) ทั้งสองชนิดมีโครงสร้างการเรียงตัวของอะตอมต่าง ๆ ในโมเลกุลแตกต่างกัน นอร์มอลโพรพานอลมีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 97 องศาเซลเซียสและมีจุดวาบไฟที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ส่วนไอโซโพรพานอลมีจุดเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟที่อุณหภูมิ 11 องศาเซลเซียส

บิวทานอล มีจุดเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 115 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

เรซินที่สามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์ เช่น ชะแล็ก พอลิแอไมด์ ไนโตรเซลลูโลส มาเลอิก ไวนิล ฟีนอลิก เป็นต้น อย่างไรก็ตามแอลกอฮอล์ทั้งสี่ชนิดมีกำลังทำละลายเรซินแต่ละชนิดได้ไม่เท่ากัน

6. ไกลคอลและไกลคอลอีเทอร์

6.1 ไกลคอล ไกลคอลเป็นแอลกอฮอล์ประเภทหนึ่ง ใช้เป็นตัวทำละลายของหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ที่มีการแห้งตัวโดยการตกตะกอนของเรซิน นอกจากนี้ก็ยังมีใช้ในหมึกพิมพ์สำหรับการพิมพ์พ่นหมึกและใช้บ้างในหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าบางชนิด ตัวอย่างของไกลคอลที่มีใช้ในหมึกพิมพ์ เช่น เอทิลีนไกลคอล (ethylene glycol) และโพรพิลีนไกลคอล (propylene glycol) เป็นต้น

เอทิลีนไกลคอล เป็นตัวทำละลายไม่มีสี ไม่มีกลิ่น แต่เป็นของเหลวที่ค่อนข้างหนืด ผสมเข้ากับน้ำ แอลกอฮอล์ และคีโตนบางตัวได้ดี มีจุดเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 197 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟที่ 110 องศาเซลเซียส สามารถละลายเรซินมาเลอิกชนิดที่มีความเป็นกรดสูงได้ดี

โพรพิลีนไกลคอล มีจุดเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 188 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟที่อุณหภูมิ 107 องศาเซลเซียส มีสมบัติต่าง ๆ คล้ายคลึงกับเอทิลีนไกลคอล มักใช้เป็นตัวทำละลายแทนเอทิลีนไกลคอลเมื่อใช้พิมพ์บรรจุภัณฑ์อาหารเนื่องจากมีความปลอดภัยมากกว่า

6.2 ไกลคอลอีเทอร์ ไกลคอลอีเทอร์เป็นสารประกอบระหว่างไกลคอลและอีเทอร์ ใช้เป็นตัวทำละลายผสมในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์ เพื่อทำให้อัตราเร็วในการระเหยของหมึกพิมพ์ช้าลง นอกจากนี้ก็มีใช้ในหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าบางประเภท และหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์พ่นหมึกด้วย ตัวอย่างของไกลคอลอีเทอร์ที่ใช้ในหมึกพิมพ์ได้แก่ เอทิลีนไกลคอลโมโนเอทิลอีเทอร์ (ethylene glycol monoethyl ether) โพรพิลีนไกลคอลโมโนเอทิลอีเทอร์ (propylene glycol monoethyl ether) และ โพรพิลีนไกลคอลโมโนเอทิลอีเทอร์ (propylene glycol monoethyl ether)

6.2.1 เอทิลีนไกลคอลโมโนเอทิลอีเทอร์ หรือมีชื่อเรียกทางการค้าว่า "เซลโลโซฟ" (cellosolve) ไกลคอลอีเทอร์ชนิดนี้มีจุดเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 130 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

6.2.2 โพรพิลีนไกลคอลโมโนเมทิลอีเทอร์ ไกลคอลอีเทอร์ชนิดนี้มีจุดเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 125 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

6.2.3 โพรพิลีนไกลคอลโมโนเอทิลอีเทอร์ ไกลคอลอีเทอร์ชนิดนี้มีจุดเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 135 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟที่มีจุดอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส

ไกลคอลอีเทอร์ทั้งสามชนิดมีสมบัติคล้ายคลึงกัน โดยเป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับเรซินประเภทไนโตรเซลลูโลส รวมทั้งชะแล็ก ไวนิลแอซีเทต มาเลอิก และรอซิน

6. คีโตน

คีโตนเป็นสารประกอบอินทรีย์มีชั้วอีกประเภทหนึ่ง คีโตนชนิดที่ประกอบด้วยจำนวนอะตอมของคาร์บอนไม่มากนักหรือมีขนาดโมเลกุลเล็กสามารถละลายหรือผสมกับตัวทำละลายมีชั้วอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี เป็นตัวทำละลายที่มีกำลังการทำละลายสูง ส่วนใหญ่ใช้เป็นตัวทำละลายในหมึกพิมพ์ มีการใช้งานบ้างในหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าและหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี อย่างไรก็ตามการใช้คีโตนเป็นตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีต้องทำอย่างระมัดระวัง เนื่องจากคีโตนส่วนใหญ่สามารถทำให้เกิดการบวมตัวหรือละลายลูกกลิ้งถ่ายโอนหมึกที่เป็นยางและแม่พิมพ์พอลิเมอร์ได้ ตัวอย่างของคีโตนที่มีใช้ในหมึกพิมพ์ ได้แก่ แอซีโตน (acetone) เมทิลเอทิลคีโตน (methyl ethyl ketone) หรือเอ็มอีเค (MEK) และไซโคลเฮกซาโนน (cyclohexanone) เป็นต้น

6.1 แอซีโตน แอซีโตนเป็นตัวทำละลายที่รวมตัวกับน้ำ ไฮโดรคาร์บอน และน้ำมันได้เป็นอย่างดี ใช้เป็นตัวทำละลายทั้งในหมึกพิมพ์กราวัวร์และเฟล็กโซกราฟีที่ต้องการให้ตัวทำละลายระเหยไปอย่างรวดเร็ว มีกลิ่นเฉพาะตัว มีจุดเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 56 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟที่ -15 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงมีความไวต่อการติดไฟสูงมาก สามารถละลายเรซินทั้งที่เป็นเรซินธรรมชาติและเรซินสังเคราะห์ได้ ตัวอย่างเช่น เอสเทอร์กัมไนโตรเซลลูโลส เซลลูโลสแอซีเทตโพรพิโอเนต เป็นต้น

6.2 เมทิลเอทิลคีโตน เอ็มอีเครวมตัวกับน้ำได้น้อยกว่าแอซีโตน แต่ผสมกับไฮโดรคาร์บอนและน้ำมันต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ได้ดี ใช้เป็นตัวทำละลายในหมึกพิมพ์กราวัวร์ มีกลิ่นเฉพาะตัว มีจุดเดือดสูงกว่าแอซีโตน คือมีจุดเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟที่ -5 องศาเซลเซียส ชนิดของเรซินที่ละลายได้คล้ายคลึงกับแอซีโตน

6.3 ไซโคลเฮกซาโนน ไซโคลเฮกซาโนนมีสมบัติการรวมตัวกับน้ำได้เล็กน้อย แต่รวมตัวกับไฮโดรคาร์บอนและน้ำมันได้ดี ใช้เป็นตัวทำละลายในหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าบางประเภท มีจุดเดือดและจุดวาบไฟที่ 150 องศาเซลเซียส และ 47 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

7. เอสเทอร์

เอสเทอร์เป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างกรดและแอลกอฮอล์ บางชนิดมีกลิ่นหอม จัดว่าเป็นตัวทำละลายประเภทมีชั้วอีกประเภทหนึ่ง แต่ความแรงของชั้วต่ำกว่าแอลกอฮอล์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากัน เอสเทอร์ที่ใช้ในหมึกพิมพ์เป็นสารประกอบพวกแอซีเทตซึ่งได้จากการใช้กรดแอซีติกมาเป็นสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยา กรดแอซีติกนี้เป็นกรดชนิดเดียวกับที่มีในน้ำส้มสายชู ตัวอย่างของเอสเทอร์ที่ใช้ในหมึกพิมพ์ เช่น เอทิลแอซีเทต (ethyl acetate) โพรพิลแอซีเทต (propyl acetate) และบิวทิลแอซีเทต (butyl acetate) เป็นต้น เอสเทอร์เป็นตัวทำละลายที่มีใช้ในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี กราวัวร์ และฉลุลายผ้า แต่เนื่องจากเอสเทอร์สามารถทำให้แม่พิมพ์และลูกกลิ้งที่เป็นยางและพอลิเมอร์ของระบบการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีเกิดการบวมตัวได้ การใช้เป็นตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีจึงต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

7.1 เอทิลแอซีเทต เอทิลแอซีเทตมีจุดเดือดและจุดวาบไฟที่อุณหภูมิประมาณ 77 องศาเซลเซียส และ -5 องศาเซลเซียสตามลำดับ สามารถละลายในน้ำได้บ้าง แต่ละลายได้ดีในน้ำมันและตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ เป็นเอสเทอร์ที่ใช้มากในหมึกพิมพ์กราวัวร์ชนิดที่ต้องการให้มีการแห้งตัวเร็ว เนื่องจากเป็นตัวทำละลายที่มีอัตราเร็วในการระเหยสูงที่สุดในบรรดาเอสเทอร์ทั้งสามชนิด สามารถทำละลายเรซินประเภทไนโตรเซลลูโลสได้ดี รวมทั้งพอลิไวนิลแอซีเทต เอสเทอร์กัม และมาเลอิก

7.2 โพรพิลแอซีเทต โพรพิลแอซีเทตมีอยู่ด้วยกันสองชนิดคือ นอร์มอลโพรพิลแอซีเทต (normal propyl acetate) และไอโซโพรพิลแอซีเทต (isopropyl acetate) ทั้งสองชนิดมีสมบัติคล้ายกับเอทิลแอซีเทต แต่มีอัตราเร็วใน

การระเหยต่ำกว่าเอทิลแอซีเทต จึงใช้แทนเอทิลแอซีเทตในหมึกพิมพ์ที่ต้องการให้มีอัตราเร็วในการแห้งตัวช้าลง นอร์มอลโพรพิลแอซีเทตมีจุดเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 103 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ใช้มากในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี ส่วนไอโซโพรพิลแอซีเทตมีจุดเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 88 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟที่ 16 องศาเซลเซียส อัตราเร็วในการระเหยสูงกว่านอร์มอลโพรพิลแอซีเทตประมาณสองเท่า

7.3 บิวทิลแอซีเทต บิวทิลแอซีเทตมีจุดเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 126 องศาเซลเซียส และมีจุดวาบไฟที่ 37 องศาเซลเซียส ไม่รวมตัวกับน้ำ แต่ละลายได้ดีในน้ำมันและตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน มีอัตราเร็วในการระเหยต่ำกว่าเอสเทอร์ทุกชนิดที่กล่าวในข้างต้น นอกจากใช้ในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีและกราวัวร์แล้ว ยังใช้บ้างในหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าบางประเภท เรซินที่ละลายได้เช่น ไนโตรเซลลูโลส ไฮโดรคาร์บอน รอซิน คลอริเนเท็ดรับเบอร์ ไวนิล อะคริลิก เป็นต้น

ในหมึกพิมพ์ประเภทที่แห้งตัวด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตและลำแสงอิเล็กตรอน จะไม่มีตัวทำละลายเป็นองค์ประกอบ แต่จะมีสารชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ปรับความหนืดของหมึกพิมพ์ให้เหมาะสม เรียกว่า "ไดลูเอ็นต์" (diluent) รายละเอียดเกี่ยวกับหมึกพิมพ์ประเภทนี้จะได้กล่าวถึงต่อไปในเรื่องสมบัติการแห้งตัวของหมึกพิมพ์

กิจกรรม 4.1.4

1. ตัวทำละลายในหมึกพิมพ์มีหน้าที่สำคัญอะไร

2. ตัวทำละลายใดต่อไปนี้ที่ไม่มีใช้ในหมึกพิมพ์ออฟเซต : น้ำ ปิโตรเลียมดิสทิลเลต แอลกอฮอล์ ไกลคอลอีเทอร์ และคีโตน

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.1 กิจกรรม 4.1.4

แนวตอบกิจกรรม 4.1.4

1. ตัวทำละลายในหมึกพิมพ์มีหน้าที่สำคัญคือ ทำหน้าที่ละลายเรซิน น้ำมัน และสารเติมแต่งต่าง ๆ รวมทั้งใช้เพื่อปรับการไหลของหมึกพิมพ์ให้เหมาะสม

2. ตัวทำละลายทุกชนิด ยกเว้นปิโตรเลียมดิสทิลเลต เป็นตัวทำละลายที่ไม่มีใช้ในหมึกพิมพ์ออฟเซต

เรื่องที่ 4.1.5
สารเติมแต่ง

สารเติมแต่งเป็นสารที่เติมเข้าไปในหมึกพิมพ์เพื่อช่วยปรับสมบัติของหมึกพิมพ์ให้ดีขึ้น เมื่อนำหมึกพิมพ์นั้นไปใช้พิมพ์และ/หรือเมื่อนำสิ่งพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์นั้นไปใช้งาน รวมทั้งเพื่อช่วยลดปัญหาทางการพิมพ์ที่อาจเกิดขึ้นได้หากหมึกพิมพ์ชนิดนั้นมีเพียงแต่เฉพาะองค์ประกอบหลัก ๆ ที่กล่าวแล้วในข้างต้นเท่านั้น สารเติมแต่งที่ใช้ในหมึกพิมพ์มีอยู่ด้วยกันมากมายหลายชนิด ในเรื่องที่ 4.1.5 นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะสารเติมแต่งที่มีใช้ทั่วไป ดังนี้

1. สารทำแห้ง

สารทำแห้ง เป็นสารที่ทำให้หมึกพิมพ์ประเภทที่มีการแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจนเกิดได้รวดเร็วยิ่งขึ้น จากที่เคยแห้งตัวได้โดยใช้เวลาหลายชั่วโมงไปจนถึงเป็นวัน ๆ ก็จะสามารถแห้งตัวได้ภายในเวลา 2-3 ชั่วโมงเท่านั้น สารทำแห้งเป็นสารพวกเกลือโลหะของกรดไขมัน เช่น เกลือโลหะอ็อกโทเอต (octoate) เกลือโลหะแนฟทีเนต (naphthenate) เกลือโลหะทอลเลต (tallate) เกลือโลหะไลโนลีเอต (linoleate) และเกลือโลหะเรซิเนต (resinate) เป็นต้น ส่วนโลหะที่เป็นองค์ประกอบของสารทำแห้งนี้ เช่น โคบอลต์ (cobalt) ซีเรียม (cerium) เซอร์โคเนียม (zirconium) ลิเทียม (lithium) แมงกานีส เหล็ก เป็นต้น ทั้งนี้เกลือโลหะที่มีโคบอลต์เป็นองค์ประกอบจะมีความสามารถในการทำแห้งดีที่สุด โดยทำให้หมึกพิมพ์ที่อยู่ชั้นบนของชั้นหมึกพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์เกิดการแห้งตัว เกลือแมงกานีสมีความสามารถในการทำแห้งรองลงมา โดยทำให้หมึกพิมพ์ชั้นกลางของชั้นหมึกพิมพ์เกิดการแห้งตัว ส่วนเกลือซีเรียม เกลือเซอร์โคเนียม เกลือลิเทียม และเกลือเหล็ก มีความสามารถในการทำแห้งรองลงมาจากเกลือโคบอลต์และเกลือแมงกานีสตามลำดับ ดังนั้นเพื่อทำให้หมึกพิมพ์ทุกชั้นเกิดการแห้งตัวได้พร้อม ๆ กัน จึงมีการเติมสารทำแห้งหลายชนิดเข้าไปในหมึกพิมพ์ ตัวอย่างของสารทำแห้งเช่น โคบอลต์อ็อกโทเอต แมงกานีสแนฟทีเนต เป็นต้น

2. สารกันแห้ง

สารกันแห้ง (anti-drying agent) เป็นสารกันการเกิดออกซิเดชัน หรือสารกันการแห้งตัวของหมึกพิมพ์โดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน โดยสารกันแห้งนี้จะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในกระบวนการแห้งตัวดังกล่าว ทำให้การแห้งตัวไม่สามารถเกิดขึ้นได้ หรือเป็นสารที่หน่วงการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ไม่ให้เกิดขึ้นจนกว่าสารกันแห้งจะหมดหรือหายไปจากหมึกพิมพ์ ทั้งนี้สารกันแห้งทำหน้าที่กันการแห้งตัวของหมึกพิมพ์เมื่อเก็บอยู่ในภาชนะบรรจุหรือในรางหมึกเท่านั้น โดยเมื่อนำไปใช้พิมพ์สารกันแห้งจะหายไปจากหมึกพิมพ์โดยการระเหยไปหรือละลายในน้ำยาฟาวน์เทนในระบบการพิมพ์ออฟเซต จึงไม่ขัดขวางการทำแห้งของสารทำแห้งในหมึกพิมพ์เมื่อนำไปใช้พิมพ์

สารกันแห้งเป็นสารประกอบพวกฟีนอล โอไซม์ (oximes) หรือ ควิโนน (quinones) เช่น เมทิลเอทิลคีโทไซม์ (methyl ethyl ketoxime) ไฮโดรควิโนน (hydroquinone) เป็นต้น

3. แว็กซ์

แว็กซ์เป็นสารที่เติมลงไปในหมึกพิมพ์เพื่อช่วยเพิ่มความทนทานต่อการขัดถู ความลื่นไถล ความทนน้ำของหมึกพิมพ์ และยังช่วยลดความเหนียว (tack) และปัญหาการเกิดซับหลัง (setoff) ของหมึกพิมพ์บนแผ่นงานพิมพ์ด้วย แต่แว็กซ์ก็ทำให้ความมันวาวของหมึกพิมพ์ลดลง รวมทั้งทำให้หมึกพิมพ์แห้งตัวช้าลงด้วย

แว็กซ์ที่ใช้เติมในหมึกพิมพ์อาจแบ่งออกได้เป็นสองประเภท คือ แว็กซ์ธรรมชาติ และแว็กซ์สังเคราะห์ แว็กซ์ธรรมชาติเป็นแว็กซ์ที่มีในสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ เช่น ในสัตว์หรือในพืช ตัวอย่างเช่น คาร์นอบาแว็กซ์ (carnauba wax) ซึ่งสกัดจากใบของต้นปาล์ม บีส์แว็กซ์ (beeswax) ซึ่งสกัดจากรังผึ้ง หรือแว็กซ์ที่พบได้ในธรรมชาติ เช่น แว็กซ์ที่ได้จากน้ำมันปิโตรเลียม ตัวอย่างเช่น พาราฟินแว็กซ์ (paraffin wax) ไมโครคริสทัลไลน์แว็กซ์ (microcrystalline wax) ส่วนแว็กซ์สังเคราะห์เป็นแว็กซ์ที่สังเคราะห์ขึ้นจากปฏิกิริยาเคมี ตัวอย่างเช่น พอลิเอทิลีนแว็กซ์ (polyethylene wax) พอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีนแว็กซ์ (polytetrafluoroethylene wax) หรือ เทฟลอน (teflon) โดยทั่วไปแว็กซ์ที่ได้จากธรรมชาติจะมีสิ่งเจือปนอยู่ไม่มากก็น้อย ทำให้ต้องมีการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีการทางเคมีหรือทางฟิสิกส์ก่อน เพื่อให้มีสมบัติเหมาะสมกับการใช้งาน ดังนั้นแว็กซ์สังเคราะห์จึงเป็นที่นิยมมากกว่า

4. สารเพิ่มสภาพพลาสติก

สารเพิ่มสภาพพลาสติกเป็นสารที่เติมเข้าไปในหมึกพิมพ์เพื่อทำให้หมึกพิมพ์มีสภาพความเป็นพลาสติกเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ช่วยให้ชั้นหมึกพิมพ์พิมพ์ติดบนวัสดุใช้พิมพ์ได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งบนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทพลาสติก สารเพิ่มสภาพพลาสติกยังช่วยให้ชั้นหมึกพิมพ์มีความยืดหยุ่นตัวมากขึ้น ไม่แข็งเปราะแตกง่ายเมื่องอหรือพับสิ่งพิมพ์ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความมันวาวของหมึกพิมพ์ด้วย

สารเพิ่มสภาพพลาสติกเป็นสารประกอบพวกฟะทาเลต ซัลโฟนาไมด์ (sulphonamides) ซิเทรต (citrates) แอดิเพต (adipates) เป็นต้น ตัวอย่างของสารเพิ่มสภาพพลาสติก เช่น ไดอ็อกทิลฟะทาเลต (dioctyl phthalate) ไตรบิวทิลซิเทรต (tributyl citrate) เป็นต้น

กิจกรรม 4.1.5

สารเติมแต่งในหมึกพิมพ์มีหน้าที่สำคัญอะไร พร้อมทั้งยกตัวอย่างของสารเติมแต่งที่มีใช้กันทั่วไป

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.1 กิจกรรม 4.1.5

แนวตอบกิจกรรม 4.1.5

สารเติมแต่งในหมึกพิมพ์ทำหน้าที่ช่วยปรับสมบัติของหมึกพิมพ์ให้ดีขึ้น เมื่อนำหมึกพิมพ์นั้นไปใช้พิมพ์และเมื่อนำสิ่งพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์นั้น ๆ ไปใช้งาน รวมทั้งช่วยลดปัญหาทางการพิมพ์ที่อาจเกิดขึ้นได้จากหมึกพิมพ์ที่มีเพียงแต่เฉพาะสารที่เป็นองค์ประกอบหลักเท่านั้น ตัวอย่างของสารเติมแต่งที่มีใช้กันทั่วไปได้แก่ สารทำแห้ง สารกันแห้ง แว็กซ์ และสารเพิ่มสภาพพลาสติก

ตอนที่ 4.2
สมบัติสำคัญของหมึกพิมพ์

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 4.2 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

4.2.1 ความหนืดของหมึกพิมพ์
4.2.2 ความเหนียวของหมึกพิมพ์
4.2.3 การแห้งตัวของหมึกพิมพ์
4.2.4 สมบัติเชิงลักษณะปรากฏของหมึกพิมพ์
4.2.5 ความทนทานของหมึกพิมพ์

แนวคิด

1. ความหนืดของหมึกพิมพ์หมายถึง ความต้านทานของหมึกพิมพ์ต่อการไหลเมื่อได้รับแรงจากภายนอกมากระทำ ทั้งนี้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของความหนืดของหมึกพิมพ์เมื่อได้รับแรงกระทำจากภายนอกจะเป็นอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีของหมึกพิมพ์ หมึกพิมพ์ที่เมื่อได้รับแรงกระทำแล้วเกิดการไหลโดยยังมีความหนืดคงที่ จัดว่าเป็นของเหลวประเภทนิวโทเนียน ส่วนหมึกพิมพ์ที่เมื่อเพิ่มหรือลดแรงกระทำแก่หมึกพิมพ์แล้ว เกิดการไหลโดยมีความหนืดเปลี่ยนแปลงจัดว่าเป็นของเหลวประเภทนอนนิวโทเนียน ทั้งนี้ของเหลวประเภทนอนนิวโทเนียนยังสามารถแบ่งออกได้เป็นอีก 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ของเหลวประเภทพลาสติก ของเหลวประเภทพลาสติกเทียม และของเหลวประเภทไดลาแทนต์ สำหรับการวัดความหนืดวัดด้วยเครื่องมือที่เรียกว่าวีสโคมีเตอร์ และทั่วไปนิยมวัดเป็นหน่วยพอยส์
2. ความเหนียวของหมึกพิมพ์ หมายถึง ความต้านทานภายในของชั้นหมึกพิมพ์ต่อการแยกตัวออกจากกันเมื่อมีแรงกระทำในทิศตั้งฉากกับระนาบของชั้นหมึกพิมพ์ สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความเหนียวเรียกว่าแท็กมีเตอร์ เนื่องจากความเหนียวเป็นสมบัติของหมึกพิมพ์ที่ไม่ได้วัดโดยตรงบนเครื่องวัดความเหนียวเหมือนเช่นการวัดความหนืด แต่เป็นการวัดแรงที่ใช้ในการแยกชั้นหมึกพิมพ์แทน ดังนั้นจึงไม่มีหน่วยที่เป็นมาตรฐานสำหรับค่าความเหนียว
3. หมึกพิมพ์ที่ดีต้องแห้งตัวได้หลังจากพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์แล้ว หมึกพิมพ์แต่ละชนิดมีวิธีการแห้งตัวแตกต่างกัน ทั้งนี้วิธีการแห้งตัวหมึกพิมพ์มีอยู่ด้วยกัน 5 วิธีใหญ่ ๆ คือ การแห้งตัวโดยการซึมผ่าน การแห้งตัวโดยการระเหย การแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน การแห้งหมาดตัวเร็ว และการแห้งตัวโดยการตกตะกอนของเรซิน อย่างไรก็ตามไม่ว่าหมึกพิมพ์แห้งตัวด้วยวิธีใด กระบวนการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ต่าง ๆ สามารถแบ่งได้เป็นสองระยะ คือ 1) ระยะการหมาดตัว ซึ่งเป็นระยะที่หมึกพิมพ์มีความหนืดเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนไม่เกิดการไหลอีก และ 2) ระยะการแห้งตัว เป็นระยะที่หมึกพิมพ์เกิดการแห้งตัวโดยสมบูรณ์ โดยเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง

4. สมบัติเชิงลักษณะปรากฏของหมึกพิมพ์ที่สำคัญได้แก่ สีสัน ความอิ่มตัวสี ความสว่างสี ความมันวาว และความโปร่งใส ซึ่งสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนแสง การดูดกลืนแสง การหักเหแสง และ/หรือการส่องผ่านแสงของหมึกพิมพ์
5. ความทนทานของหมึกพิมพ์ หมายถึง ความทนทานของหมึกพิมพ์เมื่อนำสิ่งพิมพ์ที่มีหมึกพิมพ์นั้นพิมพ์ติดอยู่ไปใช้งาน รวมทั้งความทนทานต่อแรงต่าง ๆ ความร้อนและสารเคมีที่ต้องใช้ในกระบวนการของงานหลังพิมพ์และกระบวนการแปรรูปและขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ด้วย ดังนั้นหมึกพิมพ์ที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้พิมพ์สิ่งพิมพ์ต่างประเภทกันจึงมีสมบัติความทนทานไม่เหมือนกัน อย่างไรก็ตามความทนทานของหมึกพิมพ์ที่สำคัญได้แก่ ความทนแสง ความทนความร้อน ความทนสารเคมี และความทนการขัดถู

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 4.2 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกความหมายและหน่วยวัดของความหนืด และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด ความเค้นเฉือน และอัตราเร็วเฉือนของของเหลวประเภทนิวโทเนียนได้
2. อธิบายรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของหมึกพิมพ์ที่มีการไหลแบบนิวโทเนียนและนอนนิวโทเนียนประเภทต่าง ๆ ได้
3. บอกความหมายของความเหนียวของหมึกพิมพ์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเหนียวแรงที่ใช้แยกชั้นหมึกพิมพ์ ความหนืด ความเร็วในการพิมพ์ พื้นที่พิมพ์ และความหนาชั้นหมึกพิมพ์ได้
4. อธิบายระยะและวิธีการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ได้
5. อธิบายสมบัติเชิงลักษณะปรากฏที่สำคัญของหมึกพิมพ์ได้
6. บอกสมบัติความทนทานของหมึกพิมพ์ที่สำคัญได้
7. บอกชื่อเครื่องมือที่ใช้วัดสมบัติสำคัญบางอย่างของหมึกพิมพ์ได้

เรื่องที่ 4.2.1
ความหนืดของหมึกพิมพ์

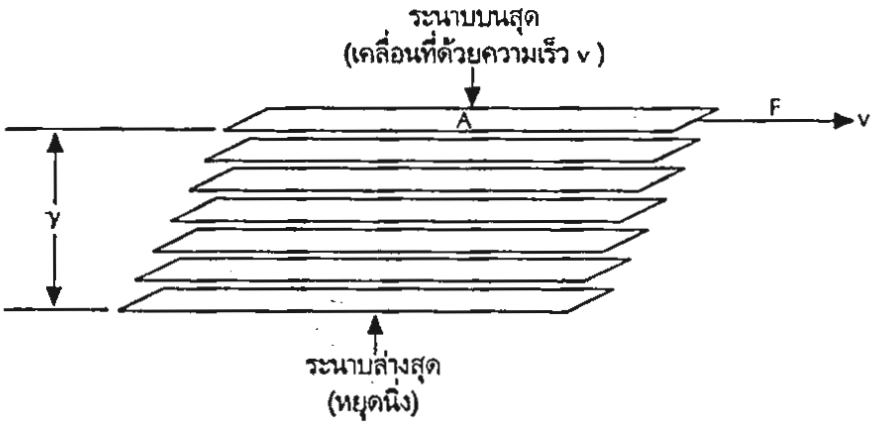
1. ความหมายของความหนืด

ความหนืดของของเหลวใด ๆ หมายถึง ความต้านทานภายในของของเหลวต่อการไหลเมื่อของเหลวนั้นได้รับแรงกระทำจากภายนอก ซึ่งความต้านทานดังกล่าวเป็นผลของแรงเสียดทานระหว่างโมเลกุลที่กำลังเคลื่อนที่เนื่องจากแรงกระทำนั้น ของเหลวใดเมื่อได้รับแรงกระทำจากภายนอกแล้วเกิดแรงเสียดทานระหว่างโมเลกุลมาก ทำให้เคลื่อนที่ไปได้น้อย ของเหลวนั้นจะมีความหนืดสูง ในทางตรงกันข้าม ถ้าของเหลวใดที่เมื่อได้รับแรงกระทำแล้วเกิดแรงเสียดทานระหว่างโมเลกุลน้อยทำให้เคลื่อนที่ไปได้มาก ก็จะถือว่าของเหลวนั้นมีความหนืดต่ำ ทั้งนี้ความหนืดของของเหลวจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีขององค์ประกอบที่มีอยู่ในของเหลวนั้น ๆ เป็นสำคัญ

หมึกพิมพ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท โดยอาศัยความหนืดเป็นเกณฑ์ คือ หมึกข้น (paste inks) ซึ่งได้แก่ หมึกพิมพ์ออฟเซตและหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ และหมึกเหลว (liquid inks) ซึ่งได้แก่ หมึกพิมพ์กราวัวร์และหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

2. ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด ความเค้นเฉือน และความเร็วเฉือน

ในพ.ศ. 2230 เซอร์ไอแซค นิวตัน (Sir Isaac Newton) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด แรงกระทำภายนอกที่ให้กับของเหลว และการไหล ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 การเคลื่อนที่ของระนาบชั้นหมึกพิมพ์เมื่อได้รับแรงกระทำจากภายนอก

ที่มา : The Printing Ink Manual

จากภาพที่ 4.1 ถ้าของเหลวได้รับการแบ่งออกให้เป็นชั้นหรือระนาบ โดยที่ระนาบเหล่านี้วางตัวขนานกันอยู่ โดยระนาบล่างสุดเป็นระนาบหยุดนิ่งและมีระยะห่างจากระนาบบนสุด y เมตร ระนาบบนสุดสมมติให้มีพื้นที่ A ตารางเมตร (m^2) เมื่อได้รับแรงกระทำจากภายนอก F นิวตัน (newton,N*) กระทำกับระนาบนี้ แล้วทำให้ระนาบ

---

* แรง 1 นิวตัน เกิดจากวัตถุที่มีมวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 1 เมตรต่อวินาที^{2} ซึ่งเป็นการคำนวณมาจากทฤษฎีการเคลื่อนที่ของนิวตันที่ว่า แรง = มวล x ความเร่ง

นี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เมตรต่อวินาที (m/s) แล้วจะได้ว่า ความหนืด (η) เป็นอัตราส่วนของแรง F นิวตัน ที่กระทำต่อระนาบของของไหลที่มีพื้นที่ A ตารางเมตร กับความเร็ว v เมตรต่อวินาทีของระนาบบนสุด (เคลื่อนที่) เทียบกับระยะห่างของระนาบบนสุดกับระนาบล่างสุด (หยุดนิ่ง) โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

แรงกระทำภายนอก (F) ที่กระทำต่อพื้นที่ (A) ของระนาบบนสุดเรียกว่า "ความเค้นเฉือน" (shear stress, τ) หรือแสดงด้วยสมการได้ดังนี้

$$\tau = F/A \qquad \text{นิวตันต่อตารางเมตร } (N/m^2)$$

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของระนาบเคลื่อนที่ (v) เทียบกับระยะห่างระหว่างระนาบเคลื่อนที่และระนาบหยุดนิ่ง (y) เรียกว่า "ความเร็วเฉือน" (shear rate, D) หรือแสดงด้วยสมการได้ดังนี้

$$D = v/y \qquad \text{วินาที}^{-1} \ (s^{-1})$$

ดังนั้น

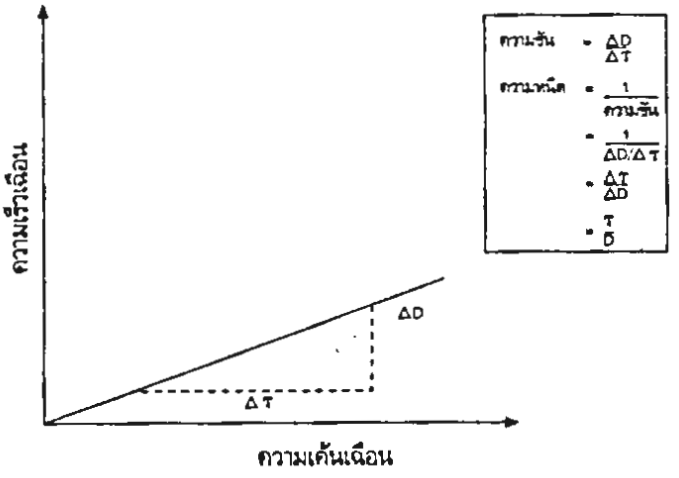
$$\eta = \tau/D \qquad \text{นิวตัน•วินาทีต่อตารางเมตร } (N•s/m^2)$$

ทั้งนี้ 1 นิวตัน•วินาทีต่อตารางเมตร ($N•s/m^2$) = 10 พอยส์ (poise,P) พอยส์เป็นหน่วยแสดงความหนืดของหมึกพิมพ์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมผลิตหมึกพิมพ์ ดังนั้นในการคำนวณหาค่าความหนืดด้วยสูตรข้างต้น จึงต้องมีการแปลงหน่วยให้เป็นพอยส์ โดยการคูณตัวเลขที่ได้ด้วยตัวคูณ 10 นอกจากหน่วยพอยส์แล้ว ในปัจจุบันการบอกหน่วยของความหนืดก็ยังบอกโดยใช้หน่วยปาสคาล•วินาที (Pascal•sec, Pa•s) โดยที่ 1 ปาสคาลมีค่าเท่ากับ 1 นิวตันต่อตารางเมตร

3. ประเภทของของเหลว

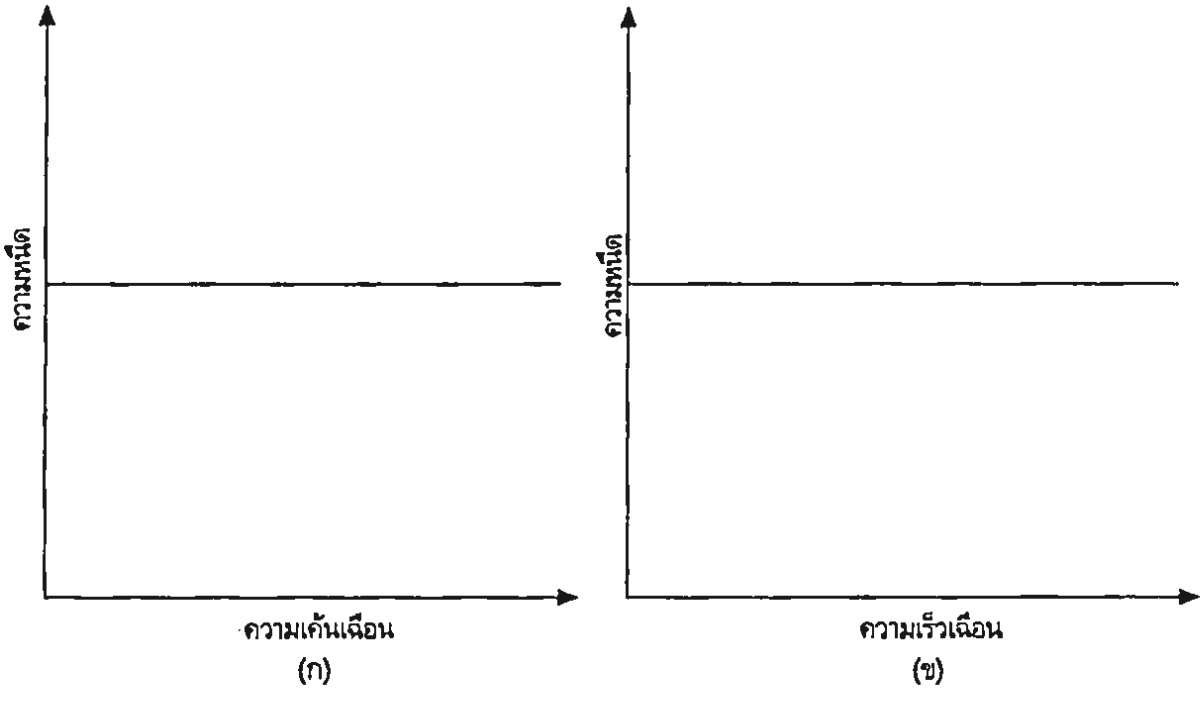
ของเหลวสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามพฤติกรรมการไหล เมื่อได้รับแรงกระทำออกเป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ

3.1 ของเหลวประเภทนิวโทเนียน (Newtonian liquid) ของเหลวประเภทนี้เป็นของเหลวที่มีความหนืดเป็นไปตามสมการ $n= /D$ ชื่อของของเหลวจึงเป็นชื่อที่ตั้งขึ้นตามชื่อสกุลของเซอร์ไอแซค นิวตัน ของเหลวประเภทนี้เป็นของเหลวที่มีความหนืดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อให้ความเค้นเฉือนกับของเหลวประเภทนี้เพิ่มขึ้นเท่าไรก็จะทำให้ความเร็วเฉือนของของเหลวเพิ่มขึ้นอย่างได้สัดส่วนกับความเค้นเฉือนที่ได้รับ หรืออาจแสดงได้ดังกราฟรีโอแกรม (rheogram graph) ซึ่งประกอบขึ้นจากแกนของความเค้นเฉือนในแนวนอนและแกนของความเร็วเฉือนในแนวตั้ง ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 รีโอแกรมแสดงความเค้นเฉือนและความเร็วเฉือนของของเหลวประเภทนิวโทเนียน

จากกราฟรีโอแกรมข้างต้น จะเห็นได้ว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือน และความเร็วเฉือนของของเหลวประเภทนิวโทเนียนมีลักษณะเป็นเส้นตรง โดยมีจุดกำเนิดของเส้นกราฟเป็นจุดเดียวกับจุดกำเนิดของกราฟ ทั้งนี้ความหนืดของของเหลวหาได้จากส่วนกลับของความชันของเส้นกราฟ และถ้าเขียนกราฟรีโอแกรมใหม่โดยใช้ความหนืดเป็นแกนตั้ง และใช้ความเค้นเฉือนหรือความเร็วเฉือนเป็นแกนนอนจะได้กราฟที่เป็นเส้นตรง ดังภาพที่ 4.3

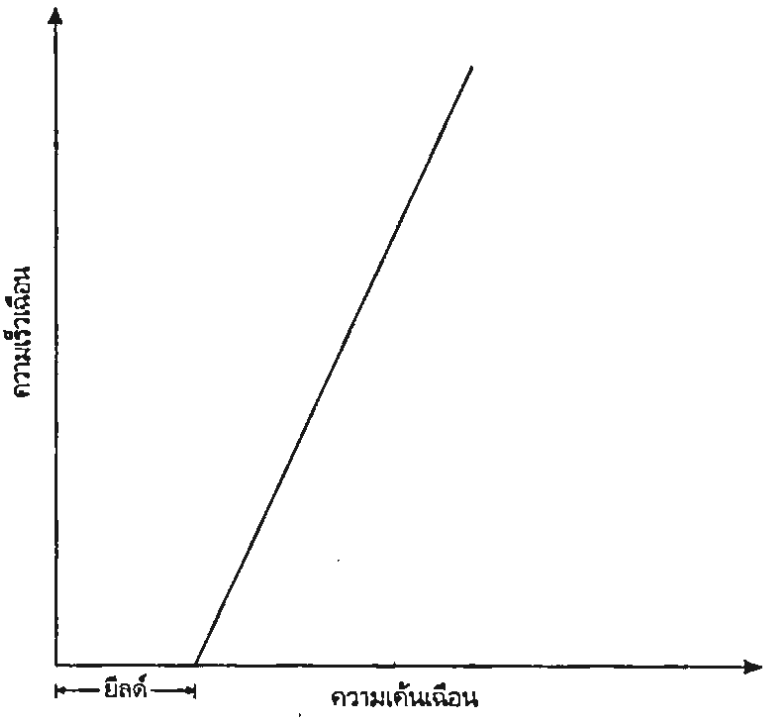


ภาพที่ 4.3 รีโอแกรมแสดง (ก) ความเค้นเฉือนและความหนืด และ (ข) ความเร็วเฉือนและความหนืดของของเหลวประเภทนิวโทเนียน

ของเหลวที่จัดได้ว่าเป็นของเหลวประเภทนิวโทเนียน เช่น น้ำ แอลกอฮอล์ ตัวทำละลายและน้ำมันความหนืดต่ำที่ใช้ในหมึกพิมพ์ เป็นต้น

3.2 ของเหลวประเภทนอนนิวโทเนียน (Non-newtonian liquid) ของเหลวประเภทนี้เป็นของเหลวที่มีสมบัติแตกต่างจากของเหลวนิวโทเนียน ในกรณีของหมึกพิมพ์จะเกิดขึ้นจากการเติมผงสีและเรซินต่าง ๆ ลงในของเหลวนิวโทเนียน (ตัวทำละลายหรือน้ำมันที่มีความหนืดต่ำ) ของเหลวประเภทนี้ที่สำคัญแบ่งได้เป็น 4 ประเภทคือ

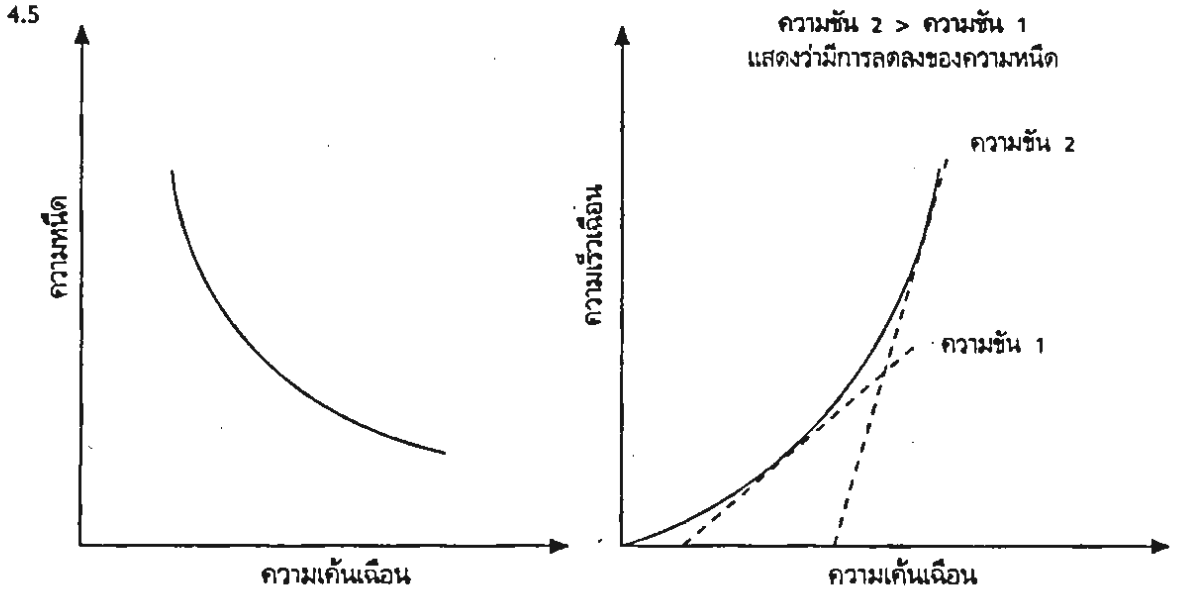
*3.2.1 **ของเหลวประเภทพลาสติก*** *(Plastic liquid)* ของเหลวประเภทพลาสติกเป็นของเหลวที่เกิดการไหลได้เมื่อได้รับความเค้นเฉือนสูงพอที่จะชนะแรงยึดเหนี่ยวขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในของเหลว ส่วนความเค้นเฉือนน้อยที่สุดที่ทำให้ของเหลวเกิดการไหลได้นี้เรียกว่า "ค่ายีลด์" (yield value) และถ้าพฤติกรรมการไหลของของเหลวนี้หลังจากที่ได้รับแรงเค้นเฉือนที่สูงกว่าค่ายีลด์มีลักษณะเหมือนของเหลวนิวโทเนียนแล้วจะเรียกของเหลวประเภทพลาสติกนี้ว่า "ของเหลวประเภทพลาสติกบิงแฮม" (Bingham plastic) กราฟรีโอแกรมของของเหลวประเภทพลาสติกบิงแฮม แสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 รีโอแกรมแสดงความเค้นเฉือนและความเร็วเฉือนของของเหลวประเภทพลาสติกบิงแฮม

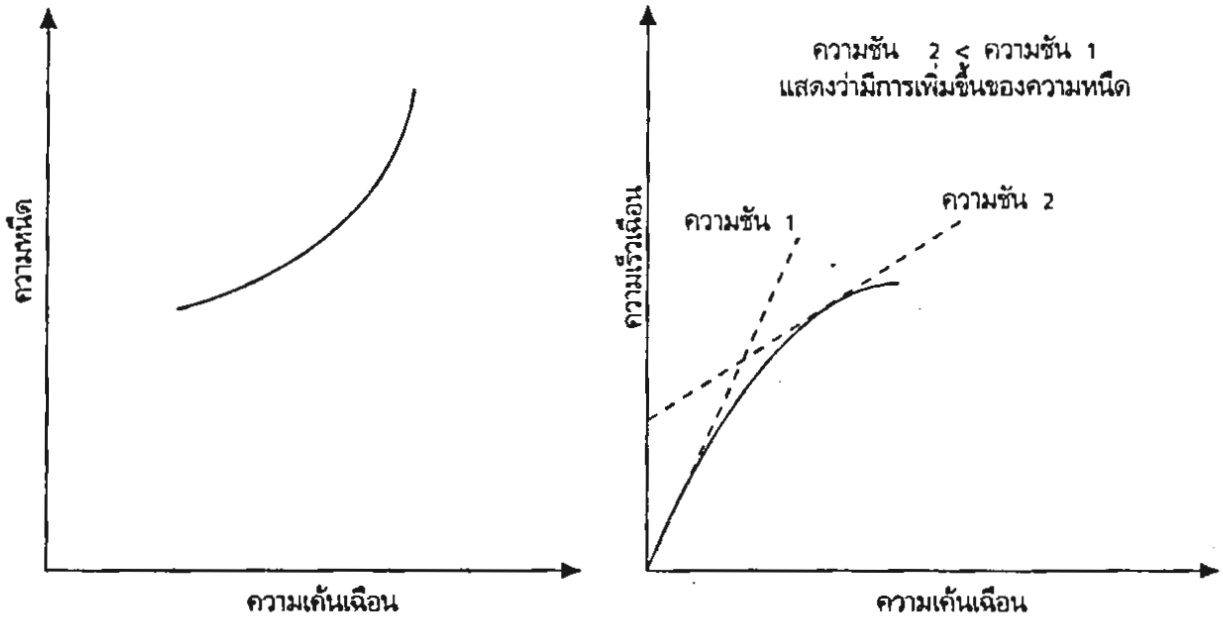
ตัวอย่างของของเหลวประเภทพลาสติก เช่น ยาสีฟัน โฟมล้างหน้า ปูนซีเมนต์ผสมน้ำ เป็นต้น ซึ่งจะเกิดการไหลได้ก็ต่อเมื่อมีแรงสูงกว่าค่ายีลด์ของของเหลว เช่น การที่จะทำให้ยาสีฟันไหลออกจากหลอดบรรจุได้ ก็ต้องใช้แรงบีบที่ตัวหลอดมากพอ

3.2.2 ของเหลวประเภทพลาสติกเทียม (Pseudoplastic liquid) ของเหลวประเภทพลาสติกเทียมเป็นของเหลวที่มีความหนืดลดลง เมื่อเพิ่มความเค้นเฉือนให้ของเหลว ดังนั้นอาจเรียกของเหลวประเภทนี้ว่าเป็นของเหลวประเภทเชียร์ทินนิง (shear thinning liquid) กราฟรีโอแกรมของของเหลวประเภทพลาสติกเทียมแสดงดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 รีโอแกรมแสดง (ก) ความเค้นเฉือนและความหนืด และ (ข) ความเค้นเฉือนและความเร็วเฉือนของของเหลวประเภทพลาสติกเทียม

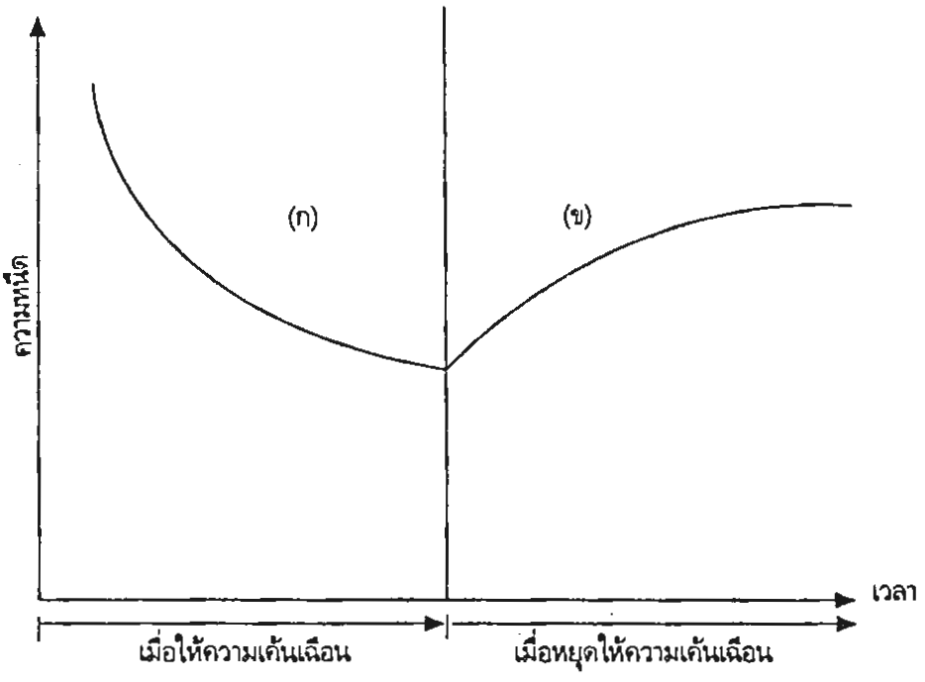
3.2.3 ของเหลวประเภทไดลาแทนต์ (Dilatant liquid) ของเหลวประเภทไดลาแทนต์เป็นของเหลวที่อนุภาคขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่กระจายตัวอยู่ในตัวกลางได้รับการทำเปียกจากตัวกลางน้อย ทำให้อนุภาคต่าง ๆ อยู่ใกล้ชิดและเกิดการยึดเหนี่ยวกันมาก จึงทำให้มีพฤติกรรมการไหลในลักษณะที่ตรงข้ามกับของเหลวประเภทพลาสติกเทียม กล่าวคือ เมื่อเพิ่มแรงเค้นเฉือนให้กับของเหลวประเภทนี้ความหนืดของของเหลวจะเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นอาจเรียกของเหลวประเภทนี้ว่าเป็นของเหลวประเภทเชียร์ทิกเคนนิง (shear-thickening liquid) กราฟรีโอแกรมของของเหลวประเภทไดลาแทนต์แสดงดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 รีโอแกรมแสดง (ก) ความเค้นเฉือนและความหนืด และ (ข) ความเค้นเฉือนและความเร็วเฉือนของของเหลวประเภทไดลาแทนต์

ตัวอย่างของเหลวประเภทไดลาแทนต์ เช่น แป้งมันในน้ำ ทรายเปียก หรือหมึกพิมพ์ที่มีผงสีในปริมาณที่สูงมาก เป็นต้น

3.3.4 ของเหลวประเภททิโซทรอพี (Thixotropic liquid) ของเหลวประเภททิโซทรอพีเป็นของเหลวที่เมื่อได้รับความเค้นเฉือนคงที่ค่าหนึ่งแล้ว ความหนืดของของเหลวนั้นลดลงไปเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่ของเหลวนั้นได้รับแรง และเมื่อหยุดให้ความเค้นเฉือนแก่ของเหลวนั้น ๆ ความหนืดของของเหลวนั้นก็กลับเพิ่มขึ้นมาอีก พฤติกรรมการไหลแบบนี้เรียกว่า "การแปรและคืนสภาพหมึก" (thixotropy) ทั้งนี้การแปรและคืนสภาพหมึกเป็นพฤติกรรมการไหลที่ขึ้นกับเวลา (time dependent) กราฟรีโอแกรมของของเหลวประเภทนี้ดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 รีโอแกรมแสดงเวลากับความหนืดของของเหลวประเภทธิโซทรอพี

จากภาพที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าเมื่อของเหลวได้รับความเค้นเฉือนคงที่ค่าหนึ่งในช่วงระยะเวลาหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงความหนืดของของเหลวนี้เป็นไปในทางที่ลดลง (ก) และเมื่อหยุดให้ความเค้นเฉือนแก่ของเหลวนี้ ความหนืดของของเหลวก็มีค่าสูงเพิ่มขึ้นอีก (ข)

จากที่กล่าวมาทั้งหมดในข้างต้นจะเห็นได้ว่า แรงที่ให้แก่ของเหลวเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้ของเหลวต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงความหนืดได้ นอกจากแรงแล้วตัวแปรสำคัญอีกตัวหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของเหลวเช่นกันคืออุณหภูมิ โดยทั่วไปของเหลวต่าง ๆ มีความหนืดลดลงเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นในการรายงานผลค่าความหนืดของของเหลวใด ๆ ที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือวัดความหนืด จึงต้องระบุอุณหภูมิที่ทำการวัดด้วย

หมึกพิมพ์อาจมีสมบัติการไหลเป็นแบบใดแบบหนึ่งขึ้นอยู่กับสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีในหมึกพิมพ์เป็นสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมบัติทางไฟฟ้า ขนาดและปริมาณของผงสีและเรซินที่ใช้ การเพิ่มปริมาณผงสีและเรซินในตัวทำละลายและน้ำมันให้มากขึ้นเท่าไร ก็ยิ่งทำให้ของผสมที่ได้มีการไหลที่ไม่ใช่นิวโทเนียนมากขึ้นเท่านั้น ความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมการไหลของหมึกพิมพ์ย่อมช่วยให้สามารถแก้ปัญหาทางการพิมพ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากสมบัติการไหลของหมึกพิมพ์ที่ไม่เหมาะสมได้ดียิ่งขึ้น

4. เครื่องมือวัดความหนืด

เครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับวัดความหนืดของของเหลวใด ๆ เรียกว่า "วีสโคมีเตอร์" (viscometer) ซึ่งอาจเป็นอุปกรณ์ง่าย ๆ ไปจนถึงเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความซับซ้อน ทั้งนี้เครื่องมือวัดความหนืดอาจแบ่งได้เป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ

เครื่องมือวัดความหนืดสำหรับของเหลวที่มีความหนืดต่ำ เช่น ถ้วยวัดความหนืด (efflux cups) หลอดวัดความหนืด (capillary viscometer) เครื่องวัดความหนืดแบบโรเทชันนอล (rotational viscometer) เป็นต้น

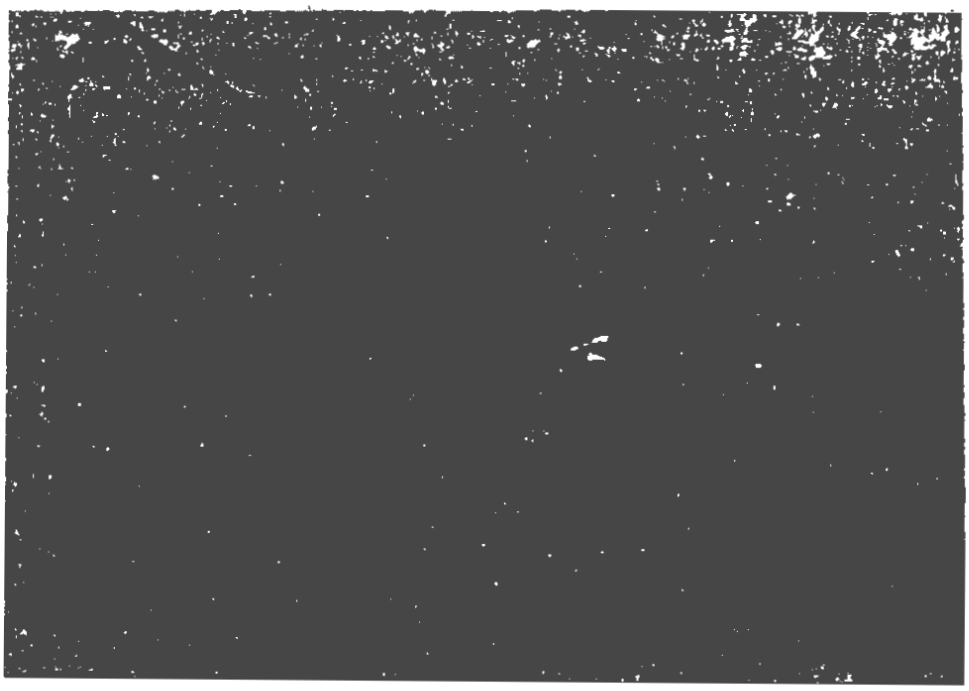
เครื่องมือวัดความหนืดสำหรับของเหลวที่มีความหนืดสูง เช่น เครื่องวัดความหนืดแบบโรเทชันนอล เครื่องวัดความหนืดแบบโคนและเพลต (cone and plate viscometer) เครื่องวัดความหนืดแบบฟอลลิงร็อด (falling-rod viscometer) เป็นต้น

ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเครื่องมือวัดความหนืดแบบถ้วยและแบบโรเทชันนอลในรายละเอียดเท่านั้น เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่เป็นที่รู้จักและใช้กันทั่วไป

4.1 ถ้วยวัดความหนืด ถ้วยวัดความหนืดเป็นอุปกรณ์วัดความหนืดที่มีส่วนที่ใช้วัดความหนืด มีลักษณะคล้ายถ้วย โดยที่ก้นถ้วยมีช่องเปิดสำหรับให้หมึกพิมพ์ไหลผ่าน ถ้วยวัดความหนืดที่นิยมใช้มีอยู่ด้วยกัน 4 ชนิด ได้แก่ ถ้วยไอโซ (Iso cup) ถ้วยเชลล์ (Shell cup) ถ้วยฟอร์ด (Ford cup) และถ้วยซาห์น (Zahn cup) ซึ่งแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในเรื่องขนาด รูปร่าง และโครงสร้างของถ้วย

ในการวัดความหนืดด้วยถ้วยวัดความหนืดนี้ไม่ได้ให้ค่าความหนืดในหน่วยของพอยส์หรือปาสคาล • วินาที โดยตรง แต่เป็นการจับเวลาที่หมึกพิมพ์ทั้งหมดไหลออกจากถ้วยวัดผ่านช่องเปิด ซึ่งเวลาดังกล่าวเป็นเวลาที่สัมพันธ์กับความหนืดของหมึกพิมพ์ที่นำมาวัด กล่าวคือ หมึกพิมพ์ที่มีความหนืดต่ำจะไหลออกจากถ้วยวัดได้เร็วกว่าหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดสูงกว่า เมื่อวัดโดยใช้ถ้วยวัดที่มีขนาดช่องเปิดเท่ากัน

สำหรับถ้วยวัดความหนืดชนิดที่รู้จักกันดีและใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมการพิมพ์และการผลิตหมึกพิมพ์คือ ถ้วยซาห์น (ดังภาพที่ 4.6) ใช้สำหรับวัดความหนืดของหมึกพิมพ์กราวัวร์และหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี มีอยู่ด้วยกัน 5 ขนาด ซึ่งแบ่งตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องเปิดที่ก้นถ้วย โดยระบุขนาดของถ้วยด้วยตัวเลข 1-5 ทั้งนี้ถ้วยซาห์นที่มีหมายเลขสูงขึ้นก็จะมีขนาดช่องเปิดใหญ่ที่ก้นถ้วยใหญ่ขึ้น ดังนั้นถ้วยซาห์นหมายเลข 1 จึงเป็นถ้วยที่มีช่องเปิดก้นถ้วยขนาดเล็กที่สุด และถ้วยซาห์นหมายเลข 5 มีช่องเปิดก้นถ้วยขนาดใหญ่ที่สุด การเลือกใช้ถ้วยซาห์นขนาดใดนั้นขึ้นอยู่กับความหนืดของของเหลวที่นำมาวัดเป็นสำคัญ ทั้งนี้หมึกพิมพ์ที่มีความหนืดต่ำมากก็ให้ใช้ถ้วยวัดที่มีช่องเปิดขนาดเล็ก ส่วนหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดมากขึ้นก็ให้ใช้ถ้วยวัดที่มีช่องเปิดใหญ่ขึ้น เพื่อช่วยให้การจับเวลาการไหลของหมึกพิมพ์ทำได้อย่างแม่นยำ

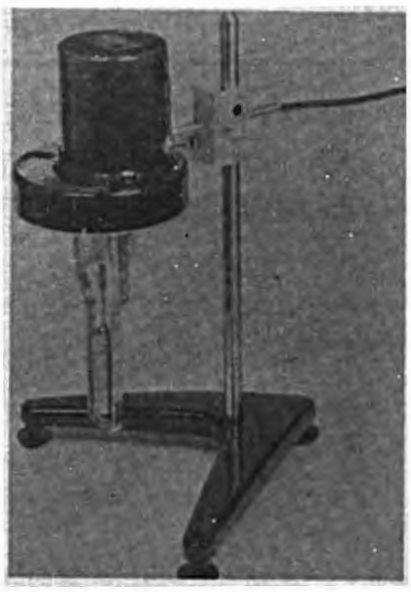


ภาพที่ 4.6 ถ้วยซาห์น

ที่มา : What the Printer Should Know About Ink

4.2 เครื่องวัดความหนืดแบบโรเทชันนอล ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องวัดความหนืดประเภทนี้ คือเข็มวัด (spindle) ที่เป็นแท่งโลหะเล็กและยาว ปลายด้านหนึ่งของเข็มวัดติดอยู่กับส่วนที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจุ่มอยู่ในหมึกพิมพ์ เป็นเครื่องวัดความหนืดที่สร้างขึ้นมาให้สามารถใช้วัดความหนืดของของเหลวที่มีความหนืดน้อยไปจนถึงของเหลวที่มีความหนืดมาก ๆ ได้ เพียงแต่เลือกใช้เข็มวัดให้เหมาะสมกับความหนืดของของเหลวที่ต้องการจะวัด ทั้งนี้ความแตกต่างของเข็มวัดที่ใช้อยู่ที่ขนาดและรูปทรงของปลายเข็มวัดด้านที่ใช้จุ่มในหมึกพิมพ์ โดยอาจมีลักษณะเป็นตุ้มทรงกระบอก (cylinder) หรือมีลักษณะเป็นแผ่นกลมบาง (disc) หรือมีรูปทรงเป็นแบบอื่นก็ได้ ทั้งนี้ไม่ว่าเข็มวัดมีปลายเข็มเป็นรูปทรงใดก็ตาม เข็มวัดสำหรับใช้วัดของเหลวที่มีความหนืดต่ำจะมีปลายเข็มที่มีขนาดใหญ่กว่าปลายเข็มของเข็มวัดที่ใช้สำหรับวัดของเหลวที่มีความหนืดสูงกว่า

ในการวัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืดประเภทนี้เป็นการวัดแรงที่เกิดจากการหมุนเข็มวัดผ่านหมึกพิมพ์ที่สัมพันธ์กับความเร็วของการหมุนเข็มวัดตามที่ตั้งไว้บนเครื่องวัด ทั้งนี้ความเร็วของเข็มวัดสัมพันธ์กับความเร็วเฉือน ส่วนแรงที่วัดได้นี้เป็นตัวเลขที่สัมพันธ์โดยตรงกับความหนืดของหมึกพิมพ์ โดยใช้ตัวแปลงค่า (conversion factor) ที่เหมาะสมนำมาคูณกับแรงที่วัดได้ก็จะทำให้ได้ค่าความหนืดของหมึกพิมพ์นั้น ทั้งนี้ตัวแปลงค่าดังกล่าวเป็นตัวเลขที่ทางผู้ผลิตเครื่องวัดความหนืดมีมาให้พร้อมกับเครื่อง



ภาพที่ 4.9 ตัวอย่างเครื่องวัดความหนืดแบบโรเทชันนอล

ที่มา: What the Printer Should Know About Ink

กิจกรรม 4.2.1

1. จงอธิบายความหมายของความหนืดของหมึกพิมพ์

2. ของเหลวมีอยู่ด้วยกันกี่ประเภท หากแบ่งตามการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของเหลวเมื่อเพิ่มความเค้นเฉือนที่ให้แก่หมึกพิมพ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างของเหลวแต่ละประเภท

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.2 กิจกรรม 4.2.1

แนวตอบกิจกรรม 4.2.1

1. ความหนืดของหมึกพิมพ์เป็นความต้านทานภายในของหมึกพิมพ์ต่อการไหล เมื่อหมึกพิมพ์นั้นได้รับแรงกระทำจากภายนอก

2. ของเหลวหากแบ่งตามการเปลี่ยนแปลงความหนืดของของเหลวเมื่อเพิ่มความเค้นเฉือนที่ให้แก่หมึกพิมพ์ มีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภท คือ

2..1 ของเหลวประเภทนิวโทเนียน เช่น น้ำ แอลกอฮอล์ หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี หมึกพิมพ์กราวัวร์ เป็นต้น

2..2 ของเหลวประเภทนอนนิวโทเนียน เช่น ของเหลวประเภทพลาสติก พลาสติกเทียม ไดลาแทนต์ และทิโซทรอพี

เรื่องที่ 4.2.2

ความเหนียวของหมึกพิมพ์

ความเหนียว (tack) ของหมึกพิมพ์หมายถึง ความต้านทานต่อแรงที่ใช้ในการแยกชั้นหมึกพิมพ์ออกจากกัน แรงดังกล่าวต้องมากพอที่จะเอาชนะแรงภายในหมึกพิมพ์ที่ยึดชั้นหมึกพิมพ์ต่าง ๆ เอาไว้ ดังนั้นหมึกพิมพ์ใดที่ต้องใช้แรงเพื่อแยกชั้นหมึกพิมพ์ออกจากกันมากกว่า หมึกพิมพ์นั้นย่อมมีความเหนียวของหมึกพิมพ์สูงกว่า ทั้งนี้อาจทำการทดลองง่าย ๆ ได้โดยการใช้นิ้วแตะหมึกพิมพ์แล้วเคาะเบา ๆ ไปมาบนโต๊ะหลาย ๆ ครั้ง ถ้าหมึกพิมพ์ใดให้ความรู้สึกว่ายกนิ้วขึ้นจากโต๊ะทำได้ยากกว่าหมึกพิมพ์นั้นมีความเหนียวสูงกว่า

ความเหนียวเป็นสมบัติของหมึกพิมพ์ที่แตกต่างจากความหนืด เพราะเป็นการพิจารณาถึงแรงที่กระทำกับหมึกพิมพ์ในทิศที่ตั้งฉากกับระนาบของชั้นหมึกพิมพ์ ในขณะที่ความหนืดเกี่ยวข้องกับแรงในแนวขนานกับระนาบหมึกพิมพ์ อย่างไรก็ตามการวัดความเหนียวของหมึกพิมพ์ไม่สามารถกระทำได้โดยตรง และเครื่องมือที่ใช้วัดความเหนียวก็เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อหาแรงที่ใช้ในการแยกชั้นหมึกพิมพ์ที่มีความหนาค่าหนึ่ง แต่ไม่สามารถใช้วัดความเหนียวของหมึกพิมพ์ได้โดยตรง

นักวิทยาศาสตร์ชื่อสเตฟาน (Stefan) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ในการแยกชั้นหมึกพิมพ์และตัวแปรต่าง ๆ โดยสรุปเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ ดังนี้

$$F = \frac{vA}{Q^{\prime}}$$

โดยที่ F คือ แรงที่ใช้แยกชั้นหมึกพิมพ์ มีหน่วยเป็นนิวตัน

η คือ ความหนืดของหมึกพิมพ์ มีหน่วยเป็น นิวตัน • วินาทีต่อตารางเมตร

v คือ ความเร็วในการพิมพ์ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

A คือ พื้นที่ของหมึกพิมพ์ที่ได้รับแรง มีหน่วยเป็นตารางเมตร

Q คือ ความหนาชั้นหมึกพิมพ์ มีหน่วยเป็นเมตร

จากสูตรข้างต้นจะเห็นได้ว่าแรง F ซึ่งใช้เพื่อระบุความเหนียวของหมึกพิมพ์มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความหนืดของหมึกพิมพ์ กล่าวคือ หมึกยิ่งมีความหนืดมากเท่าใดก็จะต้องใช้แรงมากขึ้นเท่านั้นในการแยกชั้นหมึกพิมพ์ออกจากกัน นอกจากความหนืดแล้ว แรงที่ใช้แยกชั้นหมึกพิมพ์ยังเพิ่มขึ้นตามความเร็วในการพิมพ์และพื้นที่ของหมึกพิมพ์ที่ได้รับแรงอีกด้วย อย่างไรก็ตามแรงที่ใช้ในการแยกชั้นหมึกพิมพ์แปรผกผันกับความหนาของชั้นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์ ซึ่งหมายความว่า หากพิมพ์หมึกพิมพ์ด้วยชั้นหมึกพิมพ์หนา แรงที่ใช้ในการแยกชั้นหมึกพิมพ์จะใช้น้อยกว่าแรงที่ใช้ในการแยกหมึกพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยชั้นหมึกพิมพ์ที่หนาน้อยกว่า หรืออาจกล่าวได้ว่าชั้นหมึกพิมพ์ที่บางกว่ามีความเหนียวมากกว่าชั้นหมึกพิมพ์ที่หนากว่า

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความเหนียวเรียกว่า "แท็กมีเตอร์" (tackmeter) เครื่องวัดความเหนียวที่เป็นที่รู้จักกันดีและมีใช้กันแพร่หลายมีอยู่ด้วยกันสองชนิด คือ "แท็กโอสโคป" (Tack-O-Scope) และ "อิงโคมีเตอร์ "(Inkometer) เครื่องมือทั้งสองชนิดสร้างขึ้นเพื่อวัดแรงที่ใช้ในการแยกชั้นหมึกพิมพ์ที่อยู่ระหว่างลูกกลิ้งสองลูกที่กำลังเคลื่อนที่ออกจากกันด้วยความเร็วเดียวกับที่ใช้พิมพ์จริงบนเครื่องพิมพ์ เนื่องจากความเหนียวเป็นสมบัติของหมึกพิมพ์ที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรงเหมือนเช่นความหนืด แต่ใช้บอกจากแรงที่ใช้ในการแยกชั้นหมึกพิมพ์แทน ดังนั้นจึงไม่มีหน่วยที่เป็นมาตรฐานเหมือนเช่นความหนืด ค่าตัวเลขบอกความเหนียว (tack number) ที่ได้จากเครื่องวัดความเหนียวแต่ละชนิดจึงมีหน่วยที่กำหนดขึ้นเฉพาะสำหรับเครื่องแต่ละเครื่อง

ภาพที่ 4.10 เครื่องวัดความเหนียว "อิงโคมีเตอร์"

ที่มา : What the Printer Should Know about Ink

กิจกรรม 4.2.2

1. จงอธิบายความหมายของความเหนียวของหมึกพิมพ์

2. ตามสมการของสเตฟาน แรงที่ใช้แยกชั้นหมึกพิมพ์แปรผันตรงและแปรผกผันกับตัวแปรใดต่อไปนี้ ความหนืด ความเร็วในการพิมพ์ พื้นที่ของหมึกพิมพ์ที่ได้รับแรง และความหนาชั้นหมึกพิมพ์

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.2 กิจกรรม 4.2.2

แนวตอบกิจกรรม 4.2.2

1. ความเหนียวของหมึกพิมพ์เป็นความต้านทานที่เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวขององค์ประกอบต่าง ๆ ในหมึกพิมพ์ต่อแรงที่ใช้ในการแยกชั้นหมึกพิมพ์ให้ออกจากกัน

2 แรงที่ใช้แยกชั้นหมึกพิมพ์แปรผันตรงกับความหนืด ความเร็วในการพิมพ์ พื้นที่ของหมึกพิมพ์ที่ได้รับแรง แต่แปรผกผันกับความหนาชั้นหมึกพิมพ์

เรื่องที่ 4.2.3
การแห้งตัวของหมึกพิมพ์

1. ระยะการแห้งตัวของหมึกพิมพ์

หมึกพิมพ์ที่ดีต้องสามารถแห้งตัวได้ภายหลังจากที่ได้พิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์แล้ว เพื่อว่าจะได้ไม่ก่อให้เกิดปัญหาซับหลัง (set off) บนสิ่งพิมพ์ได้ หมึกพิมพ์นั้นมีการแห้งตัวได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติของสารเคมีต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของหมึกพิมพ์เป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามไม่ว่าหมึกพิมพ์จะแห้งตัวโดยวิธีการเช่นใด การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์อาจจำแนกออกได้เป็น 2 ระยะ ดังนี้

1.1 ระยะการหมาดตัว (setting phase) หมึกพิมพ์ในระยะนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งหมึกพิมพ์ไม่เกิดการไหลหรือการถ่ายโอนอีก หมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนกระดาษในระยะนี้จึงไม่เปื้อนเลอะไปบนแผ่นงานพิมพ์อีกแผ่นที่ซ้อนทับอยู่ข้างบนหรือไม่เกิดปัญหาซับหลังขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการที่ตัวทำละลายมีปริมาณน้อยลงหรือหายไป (อันเกิดขึ้นเนื่องจากการระเหยก็ดีหรือการซึมผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุใช้พิมพ์ก็ดี) หรืออาจเกิดจากการที่หมึกพิมพ์มีสมบัติการแปรและคืนสภาพหนืก จึงทำให้มีความหนืดสูงขึ้นหลังจากพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์แล้ว ระยะการหมาดตัวนี้อาจใช้เวลาเพียงไม่กี่วินาทีไปจนถึงเป็นชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นกับว่าหมึกพิมพ์มีองค์ประกอบเป็นอย่างไร พิมพ์ด้วยความหนาชั้นหมึกพิมพ์เท่าไร บนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทใด รวมทั้งความร้อนที่หมึกพิมพ์ได้รับบนเครื่องพิมพ์ด้วย โดยหมึกพิมพ์ในระยะนี้ยังไม่เกิดเป็นชั้นหมึกพิมพ์ที่แห้งแข็งตัวที่สมบูรณ์แล้ว

1.2 ระยะการแห้งตัว (drying phase) หมึกพิมพ์ในระยะนี้มีการแห้งตัวที่สมบูรณ์แล้ว โดยมีการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นของแข็ง ทำให้ได้ชั้นหมึกพิมพ์ที่แข็งตัวและแข็งแรงทำให้ความทนการขัดถูของหมึก

พิมพ์ในระยะนี้มีมากที่สุด ระยะการแห้งตัวของหมึกพิมพ์อาจกินเวลาเพียงเสี้ยววินาทีเท่านั้นหรือกินเวลาหลายวันก็ได้ ขึ้นอยู่กับว่าหมึกพิมพ์นั้น ๆ แห้งตัวโดยวิธีใดและ/หรือมีองค์ประกอบของหมึกพิมพ์เป็นอย่างไร

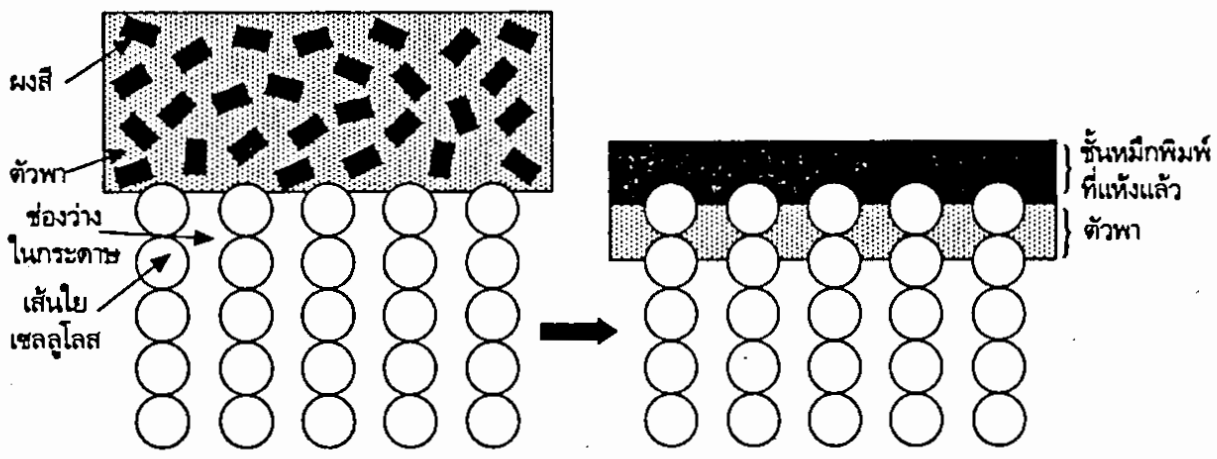
แม้ว่าการแห้งตัวของหมึกพิมพ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระยะ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่า หมึกพิมพ์ทุกชนิดมีกระบวนการแห้งตัวที่ประกอบด้วยทั้งสองระยะ หมึกพิมพ์บางประเภทมีกระบวนการแห้งตัวที่มีเพียงแต่ระยะการแห้งตัวเท่านั้น

2. วิธีการแห้งตัวของหมึกพิมพ์

วิธีการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ทั่ว ๆ ไปมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีดังนี้คือ

2.1 การแห้งตัวโดยการซึมผ่าน (penetration) การแห้งตัวโดยการซึมผ่านเป็นการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ที่เกิดจากการซึมผ่านของตัวพาและผงสีบางส่วนของหมึกพิมพ์เข้าไปในเนื้อของวัสดุใช้พิมพ์ โดยปล่อยให้ผงสีส่วนที่เหลือติดอยู่บนผิวหน้าของวัสดุใช้พิมพ์ ลักษณะการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ประเภทนี้จึงมีการหมาดตัวร่วมอยู่ด้วย หมึกพิมพ์ที่มีการแห้งตัวโดยวิธีนี้ต้องใช้กับวัสดุใช้พิมพ์ที่มีความพรุน ดังนั้นจึงต้องเป็นวัสดุใช้พิมพ์ประเภทกระดาษเท่านั้น กระดาษที่ใช้เป็นประเภทไม่เคลือบผิวและดูดซึมหมึกพิมพ์ได้ดี

ตัวอย่างงานพิมพ์ที่สำคัญที่มักพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวโดยการซึมผ่านคือ หมึกพิมพ์หนังสือพิมพ์ การพิมพ์หนังสือพิมพ์เป็นการพิมพ์ลงบนกระดาษหนังสือพิมพ์หรือกระดาษปรู๊ฟที่ไม่มีการเคลือบผิว หมึกพิมพ์ที่ใช้มีองค์ประกอบสำคัญคือ น้ำมันมิเนอรัล และผงสีดำคาร์บอนแบล็ก แต่ไม่มีเรซินเป็นองค์ประกอบ การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ประเภทนี้เกิดขึ้นเมื่อน้ำมันมิเนอรัลซึมเข้าไปในเนื้อกระดาษ ส่วนการที่ผงสีดำสามารถติดอยู่บนผิวหน้าของกระดาษได้เป็นเพราะผิวหน้าของกระดาษปรู๊ฟมีลักษณะขรุขระ จึงมีบางบริเวณของผิวหน้าที่ลึกลงไป ผงสีที่มีขนาดพอเหมาะก็จะเข้าไปติดอยู่ได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากไม่มีเรซินเป็นตัวยึด ความทนการขัดถูของหมึกพิมพ์หนังสือพิมพ์จึงมีน้อย เมื่อหยิบจับหนังสือพิมพ์ผงสีจึงเลอะติดมือออกมาได้ง่าย



ภาพที่ 4.11 การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ด้วยการซึมผ่าน

ที่มา : What the Printer Should Know about Ink

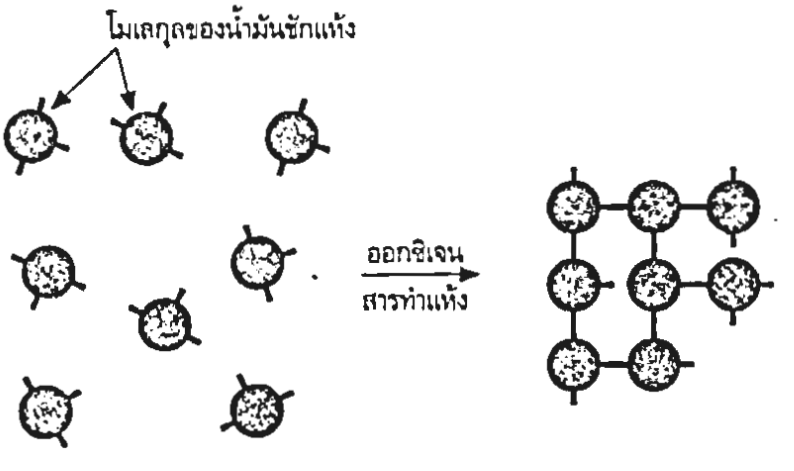
2.2 การแห้งตัวโดยการระเหย (evaporation) การแห้งตัวของหมึกพิมพ์โดยการระเหยเป็นการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ที่เกิดจากการระเหยของตัวทำละลายที่เป็นองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ แต่ถ้าหมึกพิมพ์มีการแห้งตัวโดยการระเหยโดยอาศัยความร้อนด้วย จะเรียกหมึกพิมพ์ประเภทนี้ว่า "หมึกพิมพ์แห้งหมาดตัวด้วยความร้อน" (heatset ink) เมื่อตัวทำละลายที่มีอยู่ในชั้นหมึกพิมพ์ระเหยไป หมึกพิมพ์ก็จะเกิดการแห้งตัวขึ้นได้ โดยที่เรซินจะ

ยึดให้ผงสีติดแน่นอยู่บนผิวหน้าของวัสดุใช้พิมพ์ อย่างไรก็ตามการแห้งตัวของหมึกพิมพ์เกิดขึ้นได้โดยที่ตัวทำละลายทั้งหมดไม่จำเป็นต้องระเหยไปจากชั้นหมึกพิมพ์ แต่เกิดขึ้นได้เมื่อตัวทำละลายส่วนใหญ่ระเหยไป ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่าชั้นหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวแล้วยังคงมีองค์ประกอบที่เป็นตัวทำละลายหลงเหลืออยู่บ้างในปริมาณเล็กน้อย

หมึกพิมพ์ที่แห้งตัวโดยวิธีการระเหยของตัวทำละลายนี้พบได้ในหมึกพิมพ์ของเกือบทุกระบบการพิมพ์ที่เป็นแบบป้อนม้วน โดยเครื่องพิมพ์ป้อนม้วนจะมีส่วนทำแห้งที่ต่ออยู่กับส่วนพิมพ์ ความร้อนจากส่วนทำแห้งจะทำให้ตัวทำละลายระเหยไปได้ การแห้งตัวโดยการระเหยนี้จะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วในเวลาเพียงไม่กี่วินาทีเท่านั้น

2.3 การแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน

2.3.1 การแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน (Oxidative polymerization) การแห้งตัวแบบนี้พบในหมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่น หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ และหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้า หมึกพิมพ์ที่แห้งตัวด้วยวิธีนี้มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ น้ำมันซักแห้งและสารทำแห้ง กระบวนการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ประเภทนี้เริ่มขึ้นเมื่อโมเลกุลของน้ำมันซักแห้งทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่มีในอากาศ โดยมีการเร่งปฏิกิริยาจากสารทำแห้งทำให้เกิดอนุมูลอิสระของสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ขึ้นภายในน้ำมันซักแห้ง อนุมูลอิสระดังกล่าวมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาจึงเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่น ๆ ของน้ำมันซักแห้ง แล้วทำให้โมเลกุลมีการเชื่อมต่อกันเป็นสายที่ยาวขึ้น ในระยะนี้หมึกพิมพ์จะมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น และในขณะเดียวกันก็มีอนุมูลอิสระใหม่เกิดขึ้นอีก ซึ่งก็จะไปทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของน้ำมันซักแห้งอื่น ๆ ต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะสิ้นสุดปฏิกิริยา และเมื่อสายโมเลกุลสองสายหรือมากกว่ามาเชื่อมต่อกันเป็นจำนวนมาก ก็จะทำให้หมึกพิมพ์เกิดการแห้งตัว การแห้งตัวของหมึกพิมพ์โดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจนนี้ใช้เวลาประมาณ 2-6 ชั่วโมง



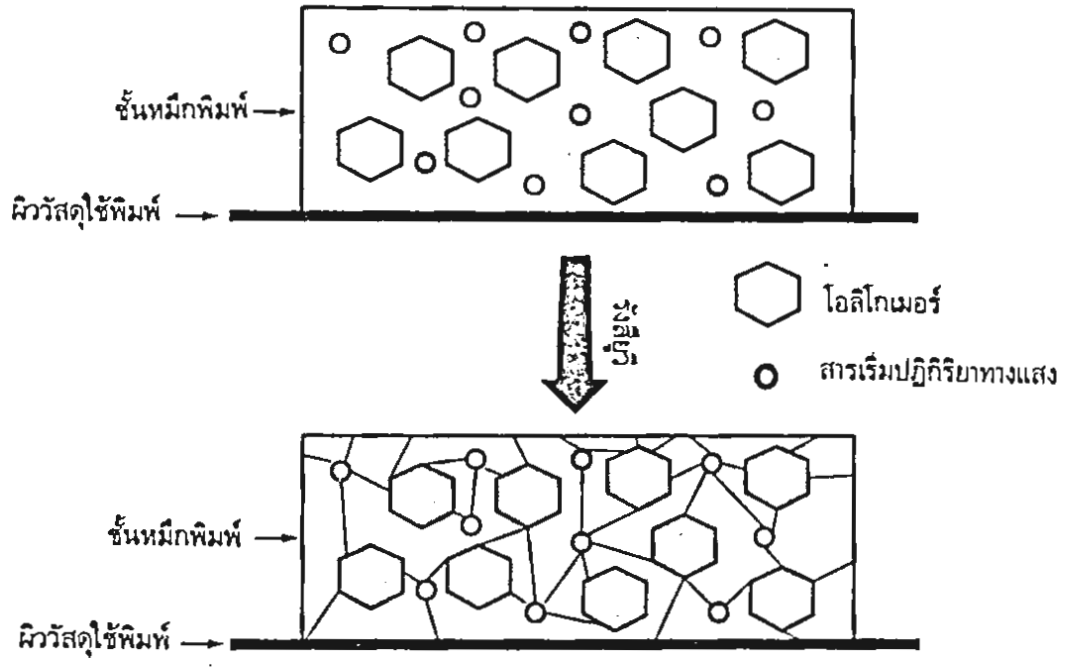
ภาพที่ 4.12 การแห้งตัวของหมึกพิมพ์โดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน

ที่มา : What the Printer Should Know about Ink

2.3.2 การแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันโดยรังสีอัลตราไวโอเลตหรือรังสียูวี (Ultraviolet or UV radiation polymerization) การแห้งตัวแบบนี้พบได้ในหมึกพิมพ์ของทุกระบบการพิมพ์ เป็นการแห้งตัวโดยอาศัยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันเช่นกัน แต่แทนที่จะแห้งตัวด้วยการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน การแห้งตัวของหมึกพิมพ์เกิดขึ้นได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต หมึกพิมพ์ประเภทนี้อาจเรียกสั้น ๆ ว่า "หมึกพิมพ์ยูวี" ประกอบด้วยสารประกอบโมโนเมอร์ที่มีความหนืดต่ำที่เรียกว่า "ไดลูเอ็นต์" ซึ่งเป็นสารประกอบพวกอะคริเลต เพื่อปรับความหนืดของหมึกพิมพ์ให้เหมาะสมต่อการใช้พิมพ์มากกว่าที่จะใช้ละลายองค์ประกอบต่าง ๆ ของหมึกพิมพ์ เพราะมี

ความสามารถในการทำละลายต่ำ ส่วนเรซินในหมึกพิมพ์ประเภทนี้เรียกว่า "โอลิโกเมอร์" (oligomer) หรือ "พรีพอลิเมอร์" (prepolymer) ซึ่งเป็นสารพอลิเมอร์ที่มีสายโมเลกุลสั้น ๆ เป็นสารประกอบพวกอะคริเลตเช่นกัน นอกจากนี้ในหมึกพิมพ์ประเภทนี้ยังประกอบด้วยสารเติมแต่งที่ทำหน้าที่เป็นสารเริ่มปฏิกิริยาทางแสง (photoinitiator) ซึ่งเป็นสารประกอบประเภทอะโรมาติกคีโตนอีกด้วย สารเริ่มปฏิกิริยาทางแสงนี้อาจเทียบได้กับสารทำแห้ง แต่เป็นสารทำแห้งที่ไวต่อรังสีอัลตราไวโอเลตแทนที่จะเป็นออกซิเจน

ปฏิกิริยาการแห้งตัวเริ่มต้นจากสารเริ่มปฏิกิริยาทางแสงได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตแล้วแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระนี้จะทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของโมเลกุลของโอลิโกเมอร์ขึ้นในลักษณะเดียวกับการแห้งตัวของหมึกพิมพ์โดยออกซิเจน จนในที่สุดหมึกพิมพ์เปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นของแข็ง การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ยูวีนี้จะเป็นแบบฉับพลัน (curing) และเกิดขึ้นได้ในเวลาเพียงเสี้ยววินาทีเท่านั้น เนื่องจากหมึกพิมพ์ประเภทนี้แห้งตัวด้วยรังสียูวีเท่านั้น เครื่องพิมพ์จึงต้องมีส่วนฉายรังสียูวีต่ออยู่กับส่วนพิมพ์ด้วย



ภาพที่ 4.13 การแห้งตัวของหมึกพิมพ์โดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

2.3.3 การแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันโดยลำแสงอิเล็กตรอน (*Electron-Beam, or EB, radiation polymerization*) การแห้งตัวของหมึกพิมพ์วิธีนี้เกิดจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันเมื่อได้รับลำแสงอิเล็กตรอน อาจเรียกหมึกพิมพ์นี้สั้น ๆ ว่าหมึกพิมพ์ "อีบี" องค์ประกอบต่าง ๆ ในหมึกพิมพ์อีบีนี้จะคล้ายคลึงกับหมึกพิมพ์ยูวี แต่สิ่งที่ไม่มีในหมึกพิมพ์อีบีคือสารเริ่มปฏิกิริยาทางแสง เนื่องจากลำแสงอิเล็กตรอนที่ใช้มีพลังงานสูงพอที่จะทำให้โมเลกุลของโอลิโกเมอร์เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันขึ้นได้ จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใส่สารเริ่มปฏิกิริยาทางแสงลงในหมึกพิมพ์ ส่วนกระบวนการแห้งตัวของหมึกพิมพ์นี้เป็นไปในลักษณะเดียวกับหมึกพิมพ์ยูวี

2.4 การแห้งตัวโดยการซึมผ่านและปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน (absorption and oxidative polymerization) หรือมีชื่อเรียกเฉพาะสำหรับการแห้งตัวแบบนี้ว่า "การหมาดตัวเร็ว" (quicksetting) การแห้งตัว

แบบนี้พบในหมึกพิมพ์ออฟเซตและหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์เป็นส่วนใหญ่ หมึกพิมพ์ที่มีการแห้งตัวด้วยวิธีนี้มีองค์ประกอบที่สำคัญคือตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนชนิดจุดเดือดสูงหรือน้ำมันมิเนอรัล น้ำมันซักแห้ง เรซิน และสารทำแห้ง เป็นการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ที่ประกอบด้วยการซึมผ่านของตัวทำละลายหรือน้ำมันที่มีความหนืดต่ำที่เป็นน้ำมันไม่ซักแห้งเข้าไปในเนื้อกระดาษ และการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจนของน้ำมันซักแห้ง วัสดุใช้พิมพ์ที่ใช้เป็นกระดาษเคลือบผิวซึ่งมีสมบัติดูดซับตัวทำละลายและน้ำมันได้ดี เมื่อตัวทำละลายซึมผ่านเข้าไปในเนื้อกระดาษทำให้หมึกพิมพ์ที่เหลือบนผิวกระดาษมีความหนืดเพิ่มขึ้นและเกิดการหมาดตัว ส่วนการแห้งตัวของหมึกพิมพ์บนกระดาษด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันโดยออกซิเจนจะใช้เวลาอีกหลายชั่วโมงภายหลังหมึกพิมพ์หมาดตัวแล้ว

2.5 การแห้งตัวโดยการตกตะกอน (precipitation) การแห้งตัวแบบนี้เกิดจากการตกตะกอนของเรซินในหมึกพิมพ์ออกจากตัวทำละลาย หมึกพิมพ์ที่มีการแห้งตัวโดยวิธีนี้ได้แก่ หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์และเฟล็กโซกราฟีที่ใช้สำหรับพิมพ์บรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้หมึกพิมพ์ที่มีการแห้งตัวด้วยวิธีนี้สามารถแบ่งออกได้เป็นอีก 2 ประเภท คือ

2.5.1 หมึกพิมพ์ชนิดหมาดตัวด้วยความชื้น (moisture-set ink) หมึกพิมพ์ประเภทนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่มีองค์ประกอบสำคัญเป็นเรซินที่มีความเป็นกรดสูง ซึ่งละลายอยู่ในตัวทำละลายชนิดที่สามารถดูดความชื้นและรวมตัวกับน้ำได้ดี เมื่อตัวทำละลายดูดความชื้นหรือน้ำได้ในระดับหนึ่ง เรซินก็จะไม่ละลายในตัวทำละลายนั้นต่อไป จึงเกิดการตกตะกอนและยึดผงสีให้ติดกับกระดาษได้ ความชื้นอาจมาจากอากาศ หรือมีอยู่แล้วในกระดาษ หรือได้จากการพ่นละอองน้ำลงไปบนชั้นหมึกพิมพ์ อย่างไรก็ตามหมึกพิมพ์ประเภทนี้มีความคงตัวบนเครื่องพิมพ์ (press stability) ไม่ดีนัก โดยเฉพาะการพิมพ์ในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูง หมึกพิมพ์ก็จะดูดความชื้นได้เร็วแล้วเกิดการแห้งตัวหรือมีความหนืดเพิ่มขึ้นเร็วเกินไปจนก่อให้เกิดปัญหาการถ่ายโอนของหมึกพิมพ์จากระบบหมึกไปยังแม่พิมพ์และวัสดุใช้พิมพ์ได้ นอกจากนี้หมึกพิมพ์ประเภทนี้ยังเป็นหมึกพิมพ์ที่มีความมันวาวต่ำด้วย

2.5.2 หมึกหมาดตัวด้วยการหายไปของตัวทำละลายและเบส (neutralization) หมึกพิมพ์ประเภทนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่มีองค์ประกอบคล้ายกับหมึกพิมพ์ชนิดหมาดตัวด้วยความชื้น กล่าวคือประกอบด้วยเรซินที่มีความเป็นกรด อย่างไรก็ตามเรซินที่ใช้เป็นเรซินที่ละลายในตัวทำละลายได้ก็ต่อเมื่อมีสารพวกเบส (base) เป็นองค์ประกอบรวมอยู่ในหมึกพิมพ์ด้วย การแห้งตัวของหมึกพิมพ์เกิดจากการตกตะกอนของเรซินออกจากตัวทำละลาย ซึ่งเกิดขึ้นได้เมื่อเบสหายไปจากชั้นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ โดยอาจเกิดจากการซึมผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุใช้พิมพ์ และ/หรือเกิดจากการระเหยไป และเมื่อตัวทำละลายที่มีอยู่ในชั้นหมึกพิมพ์ซึมผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุใช้พิมพ์ก็จะทำให้หมึกพิมพ์เกิดการแห้งตัวขึ้นได้

กิจกรรม 4.2.3

1. หมึกพิมพ์สามารถแห้งตัวได้โดยวิธีการใดบ้าง

2. หมึกพิมพ์ที่แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตมีองค์ประกอบใดที่หมึกพิมพ์ที่แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยลำแสงอิเล็กตรอนไม่มี

ไปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.2 กิจกรรม 4.2.3

แนวคอบกิจกรรม 4.2.3

1. หมึกพิมพ์สามารถแห้งตัวได้ด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้ การแห้งตัวโดยการซึมผ่าน การแห้งตัวด้วยการระเหย การแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันค้วยออกซิเจน การแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันโดยรังสีอัลตราไวโอเลต การแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันโดยลำแสงอิเล็กตรอน การแห้งตัวแบบหมาดตัวเร็ว และการแห้งตัวโดยการตกตะกอน

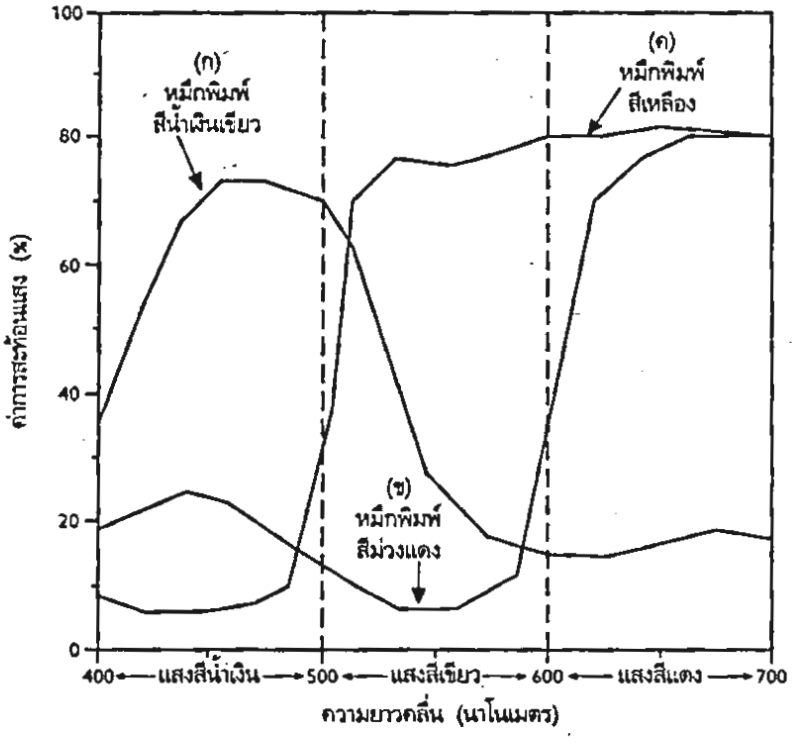
2. หมึกพิมพ์ที่แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยลำแสงอิเล็กตรอนไม่มีสารเริ่มปฏิกริยาทางแสงเป็นองก์ประกอบ

เรื่องที่ 4.2.4
สมบัติเชิงลักษณะปรากฏของหมึกพิมพ์

สมบัติเชิงลักษณะปรากฏของหมึกพิมพ์เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนแสง การดูดกลืนแสง การหักเหแสง และ/หรือการส่องผ่านแสงของหมึกพิมพ์ สมบัติเชิงลักษณะปรากฏของหมึกพิมพ์ที่สำคัญมีดังนี้

1. สี

สีของหมึกพิมพ์เป็นสมบัติที่อาจกล่าวได้ว่าสำคัญและจำเป็นที่สุดในบรรดาสมบัติทางแสงต่าง ๆ ต่อกระบวนการผลิตภาพด้วยระบบการพิมพ์ต่าง ๆ เพราะถ้าหมึกพิมพ์ไม่มีสีแล้วก็ย่อมไม่มีประโยชน์ที่จะนำมาใช้งาน เนื่องจากเมื่อพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์แล้วไม่สามารถทำให้เกิดรูปภาพและข้อความต่าง ๆ ที่มองเห็นได้ปรากฏบนวัสดุใช้พิมพ์ สีของหมึกพิมพ์เกิดจากสมบัติการเลือกดูดกลืนและการเลือกสะท้อนแสงของผงสีเป็นสำคัญ ดังนั้นในการแสดงหรือเปรียบเทียบสีของหมึกพิมพ์ต่าง ๆ จึงอาจแสดงด้วยกราฟที่เขียนขึ้นจากค่าการสะท้อนแสงที่มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ในช่วงความยาวคลื่นแสงประมาณ 400-700 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นของแสงที่มนุษย์สามารถมองเห็นและรับรู้ได้ ทั้งนี้ค่าการสะท้อนแสงของหมึกพิมพ์ ณ ความยาวคลื่นต่าง ๆ จะได้จากการวัดหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ด้วยความหนาชั้นหมึกพิมพ์ที่เหมาะสม โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า "สเปกโทรโฟโตมีเตอร์" (spectrophotometer) ตัวอย่างกราฟแสดงค่าการสะท้อนแสงของหมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียว หมึกพิมพ์สีม่วงแดง และหมึกพิมพ์สีเหลือง ดังแสดงในภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงการสะท้อนแสงความยาวคลื่นต่างๆ ของ (ก) ชั้นหมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียว (ข) ชั้นหมึกพิมพ์สีม่วงแดง และ (ค) ชั้นหมึกพิมพ์สีเหลือง

จากกราฟข้างต้น หากแบ่งช่วงความยาวคลื่นแสงออกเป็นสามช่วงใหญ่ ๆ จะได้ว่าแสงในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 400-500 นาโนเมตร จัดให้เป็นแสงที่อยู่ในช่วงของแสงสีน้ำเงิน แสงในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 500-600 นาโนเมตรจัดให้เป็นแสงที่อยู่ในช่วงของแสงสีเขียว และแสงในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 600-700 นาโนเมตร จัดให้เป็นแสงที่อยู่ในช่วงของแสงสีแดง ซึ่งแสงทั้งสามสีจัดว่าเป็นแม่สีของการผสมสีด้วยแสง ส่วนแสงที่มีความยาวคลื่นใกล้กับต้นหรือปลายของแสงในช่วงคลื่นใดก็จะมีสีสันที่เป็นสีผสมระหว่างสีของแสงในสองช่วงคลื่นนั้น

ในกราฟ (ก) ค่าการสะท้อนแสงสูงสุดมีค่าอยู่ระหว่างความยาวคลื่นประมาณ 450-500 นาโนเมตร ดังนั้นสีของหมึกพิมพ์จึงเป็นสีที่อยู่ระหว่างหรือเป็นสีผสมของสีน้ำเงินและสีเขียว หรือเป็นหมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียว ในกราฟ (ข) ค่าการสะท้อนแสงสูงสุดคือที่ความยาวคลื่นประมาณ 700 และ 450 นาโนเมตรตามลำดับ ดังนั้นสีของหมึกพิมพ์จึงเป็นสีผสมระหว่างสีน้ำเงินและสีแดง ซึ่งก็คือสีม่วง แต่เนื่องจากค่าการการสะท้อนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร มากกว่าที่ 450 นาโนเมตร ดังนั้นหมึกพิมพ์นี้จึงมีสีม่วงแดงแทนที่จะเป็นสีม่วง และในกราฟ (ค) ค่าการสะท้อนแสงสูงสุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 600-700 นาโนเมตร ดังนั้นสีของหมึกพิมพ์จึงเป็นสีผสมระหว่างสีเขียวและสีแดง หรือเป็นหมึกพิมพ์สีเหลือง

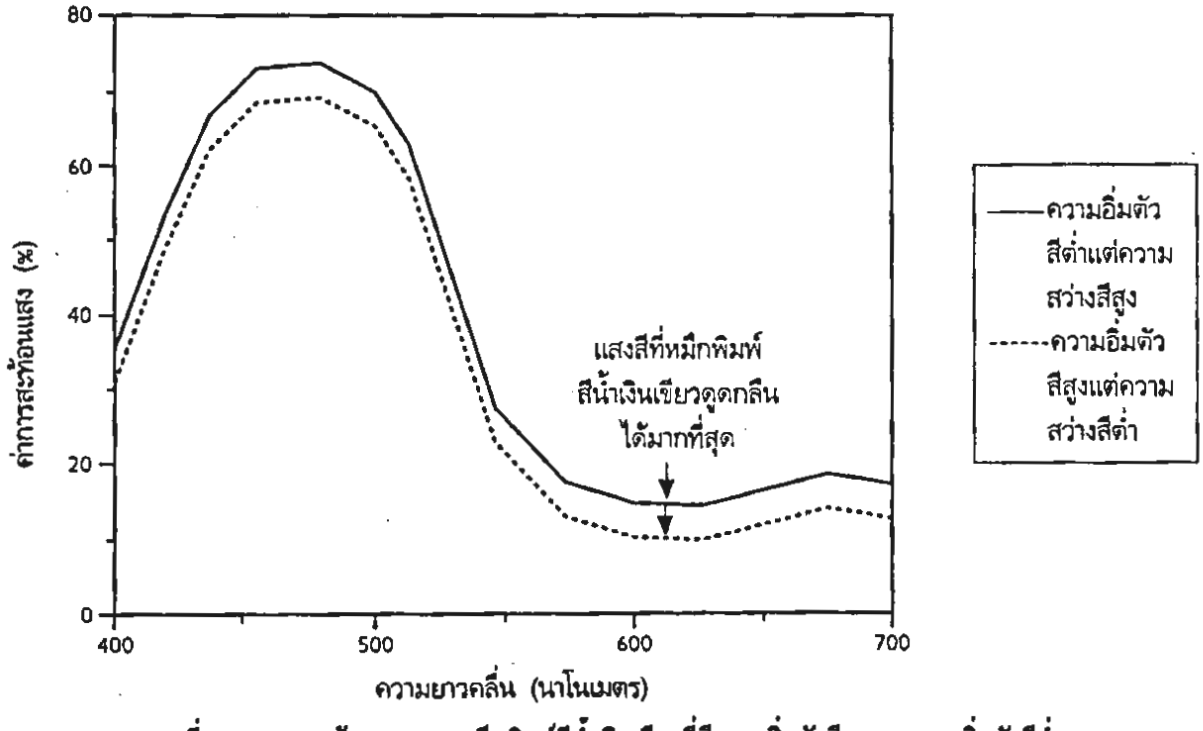
ในกราฟแสดงค่าการสะท้อนแสงของหมึกพิมพ์สีใด ๆ สีของหมึกพิมพ์บอกได้จากความยาวคลื่นของแสงที่หมึกพิมพ์สะท้อนออกมาได้มากที่สุด ส่วนความยาวคลื่นของแสงใดที่หมึกพิมพ์สะท้อนได้น้อยที่สุดจะเป็นแสงที่หมึกพิมพ์(ผงสี)นั้นเลือกดูดกลืนไว้ ดังนั้นหมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียวจึงเลือกดูดกลืนแสงสีแดงไว้มากที่สุด เพราะค่าการสะท้อนแสงต่ำที่สุดพบอยู่ในช่วงความยาวคลื่นของแสงสีแดง หมึกพิมพ์สีม่วงแดงจึงเลือกดูดกลืนแสงสีเขียวไว้ได้มากที่สุด เพราะค่าการสะท้อนแสงต่ำที่สุดพบในช่วงความยาวคลื่นของแสงสีเขียวและหมึกพิมพ์สีเหลืองจึงเลือกดูดกลืนแสงสีน้ำเงินได้มากที่สุด เพราะค่าการสะท้อนแสงต่ำที่สุดพบในช่วงความยาวคลื่นของแสงสีน้ำเงิน

นอกจากการอธิบายสีของหมึกพิมพ์ด้วยกราฟค่าการสะท้อนแสงแล้ว การอธิบายสีของหมึกพิมพ์อาจทำได้โดยการอธิบายมิติของสี มิติของสีนี้เป็นลักษณะสำคัญของสีที่ปรากฏให้เห็นและรับรู้ได้ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 มิติหรือลักษณะ ดังนี้คือ

1.1 สีสัน (hue) สีสันคือมิติของสีที่ทำให้สีแดงแตกต่างจากสีเขียว สีเหลือง สีน้ำเงิน และสีอื่น ๆ หรืออาจกล่าวได้ว่าสีสันของสีใด ๆ แสดงได้ด้วยชื่อที่ใช้เรียกสีนั้น สีสันเป็นมิติที่มีความชัดเจนมากที่สุดต่อการแยกสีต่าง ๆ ออกจากกัน ทั้งนี้สีสันที่มองเห็นได้ของหมึกพิมพ์หนึ่ง ๆ อาจแตกต่างกันได้ตามปริมาณมวลของสี โดย "สีแมสโทน" (masstone color) ของหมึกพิมพ์ใดเป็นสีสันของหมึกพิมพ์นั้นเมื่อมีมวลมาก เช่น หมึกในกระป๋อง เป็นต้น ส่วน "สีอันเดอร์โทน" (undertone color) ของหมึกพิมพ์ใดเป็นสีสันของหมึกพิมพ์เมื่อมีมวลน้อย เช่น ชั้นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ เป็นต้น

สีสันของหมึกพิมพ์สีต่าง ๆ สามารถบอกได้จากกราฟค่าการสะท้อนแสงของหมึกพิมพ์ หากพิจารณากราฟการสะท้อนแสงของหมึกพิมพ์ทั้งสามสีในข้างต้นที่แสดงในภาพที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าสีสันของหมึกพิมพ์จะมีสีสันเป็นอย่างไรขึ้นอยู่กับว่าหมึกพิมพ์นั้นสะท้อนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่นใดออกมา

1.2 ความอิ่มตัวสี (chroma) ความอิ่มตัวสีคือ ปริมาณหรือความเข้มของสีสัน ดังนั้นในกรณีของหมึกพิมพ์ ความอิ่มตัวของสีจะขึ้นอยู่กับปริมาณผงสีที่มีอยู่ในหมึกพิมพ์ และ/หรือความหนาของชั้นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ ยิ่งหมึกพิมพ์มีปริมาณผงสีในหมึกพิมพ์ และ/หรือพิมพ์หมึกพิมพ์หนามากเท่าใดก็จะทำให้หมึกพิมพ์มีสีที่มีความอิ่มตัวสีสูงมากขึ้นเท่านั้น หมึกพิมพ์ที่มีสีสันเหมือนกันแต่มีความอิ่มตัวสีแตกต่างกันจะมีกราฟการสะท้อนแสงแตกต่างกัน โดยเฉพาะระดับกราฟในช่วงที่หมึกพิมพ์ดูดกลืนแสง หมึกพิมพ์ที่มีปริมาณผงสีมากหรือพิมพ์ด้วยความหนามากย่อมดูดกลืนแสงมากกว่าหมึกพิมพ์ที่มีปริมาณผงสีน้อยกว่าหรือพิมพ์ด้วยความหนาน้อยกว่า ดังนั้นกราฟการสะท้อนแสงของหมึกพิมพ์ที่มีความอิ่มตัวสีสูงกว่า จึงมีระดับของกราฟ ณ ความยาวคลื่นแสงที่หมึกพิมพ์ดูดกลืนได้มากที่สุดต่ำกว่ากราฟการสะท้อนแสงของหมึกพิมพ์ที่มีความอิ่มตัวสีต่ำกว่า ดังแสดงในภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 การสะท้อนแสงของหมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียวที่มีความอิ่มตัวสีสูงและความอิ่มตัวสีต่ำ

1.3 ความสว่างสี (lightness) ความสว่างสีคือความสามารถในการสะท้อนแสง สีใดที่สะท้อนแสงได้มากกว่าในทุก ๆ ความยาวคลื่นตั้งแต่ 400-700 นาโนเมตร ก็จะมีความสว่างของสีสูงกว่า ดังนั้นหากเปรียบเทียบกราฟการสะท้อนแสงของหมึกพิมพ์ทั้งสามสีในภาพที่ 4.15 จะพบว่าหมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียวที่มีความสว่างสีมากกว่าจะมีกราฟค่าการสะท้อนแสงอยู่เหนือกราฟของหมึกพิมพ์สีน้ำเงินเขียวที่มีความสว่างสีต่ำกว่า

2. ความมันวาว

ความมันวาวเป็นรูปแบบการสะท้อนแสงของหมึกพิมพ์ซึ่งเกิดขึ้นที่ผิวหน้าที่มีความราบเรียบ โดยแสงที่สะท้อนออกมาเป็นแสงที่มีสเปกตรัมของแสงเหมือนกับสเปกตรัมของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่ตกกระทบผิวหน้านั้น ซึ่งไม่เหมือนกับแสงที่ผงสีสะท้อนออกมาที่มีสเปกตรัมของแสงแตกต่างจากสเปกตรัมของแสงตกกระทบ อันเกิดจากสมบัติการเลือกสะท้อนแสงและเลือกดูดกลืนแสงของผงสีนั่นเอง ดังนั้นแสงสะท้อนที่เกิดจากความมันวาวจึงเป็นแสงที่มีสมบัติเชิงสเปกตรัมเหมือนกับแสงจากแหล่งกำเนิดแสงทุกประการ ทั้งนี้ความมันวาวมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะผิวหน้าของวัตถุว่าเป็นอย่างไร แต่ในกรณีของหมึกพิมพ์นั้นเกี่ยวข้องกับความมันวาวชนิดสเปกคิวลาร์เป็นสำคัญ ซึ่งความมันวาวดังกล่าวเป็นความมันวาวที่สังเกตเห็นได้ ณ มุมสะท้อนที่มีขนาดของมุมเท่ากับมุมตกกระทบ

ความมันวาวของหมึกพิมพ์ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้ชั้นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์มีความราบเรียบ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวที่สำคัญมีดังนี้

2.1 ตัวพา ตัวพาเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดต่อความมันวาวของหมึกพิมพ์ ตัวพาที่มีสมบัติการไหลดีย่อมทำให้ชั้นหมึกพิมพ์มีความเรียบดีเมื่อพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ และที่สำคัญเพื่อที่จะมองเห็นหมึกพิมพ์มีความมันวาว เมื่อพิมพ์แล้วควรมีตัวพามากพอเหลืออยู่ที่ผิวของชั้นหมึกพิมพ์ ไม่ซึมผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุใช้พิมพ์จนหมด ดังนั้นการเลือกใช้น้ำมันและเรซินที่จะนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของตัวพา จึงควรเลือกชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก เพราะจะได้ไหลเข้าไปในเนื้อวัสดุใช้พิมพ์ได้น้อยกว่าเรซินที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า นอกจากนี้แล้วต้องเลือกชนิดของผงสีให้เหมาะสมกับตัวพาที่ใช้ด้วย จึงจะทำให้ผงสีเกิดการกระจายตัวได้ดี และทำให้หมึกพิมพ์เกิดการถ่ายโอนได้ดีไปบนผิววัสดุใช้พิมพ์

2.2 สมบัติของกระดาษ ดังได้กล่าวมาแล้วว่าการที่หมึกพิมพ์มีความมันวาวได้นั้นต้องมีปริมาณของตัวพาอยู่ที่ผิวของหมึกพิมพ์มากพอ ดังนั้นหากใช้กระดาษที่มีการดูดซับตัวพาได้ดีก็จะทำให้ตัวพาที่มีในชั้นหมึกพิมพ์มีปริมาณน้อยลงได้ นอกจากนี้ผิวกระดาษเองก็ควรมีความราบเรียบเพื่อช่วยให้หมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนกระดาษเกิดเป็นชั้นหมึกพิมพ์ที่ราบเรียบได้

2.3 สมบัติของผงสี สมบัติของผงสีที่สำคัญอันจะช่วยให้หมึกพิมพ์มีความมันวาว คือ ความสามารถในการกระจายตัวของผงสีในตัวพา เพราะจะทำให้หมึกพิมพ์ไหลได้ดี ผงสีที่มีขนาดเล็กจะกระจายตัวในตัวพาได้ดีกว่าผงสีที่มีขนาดใหญ่ และโดยปกติการลดปริมาณผงสีในหมึกพิมพ์จะช่วยให้การไหลของหมึกพิมพ์ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยให้หมึกพิมพ์มีความมันวาวเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากการเกิดชั้นหมึกพิมพ์ที่ราบเรียบ

2.4 สมบัติการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ ถ้าหมึกพิมพ์มีการแห้งตัวช้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิมพ์บนกระดาษที่ดูดซึมตัวพาด้วยแล้ว ปริมาณตัวพาที่ผิวหน้าของหมึกพิมพ์ก็จะยิ่งมีน้อยลง ทำให้ความมันวาวของหมึกพิมพ์ลดลงได้

2.5 สมบัติของสารเติมแต่ง สารเพิ่มสภาพพลาสติกที่เติมลงในหมึกพิมพ์มีส่วนช่วยเพิ่มความมันวาวของหมึกพิมพ์ เนื่องจากช่วยให้หมึกพิมพ์มีการไหลได้ดียิ่งขึ้น ในขณะที่แว็กซ์ทำให้หมึกพิมพ์มีความมันวาวลดลง เนื่องจากแว็กซ์ทำให้ผิวหน้าของหมึกพิมพ์ไม่เรียบ

สำหรับเครื่องมือที่ใช้วัดความมันวาวของหมึกพิมพ์มีอยู่ด้วยกันสองชนิดคือ กลอสมีเตอร์ (glossmeter) และโกนิโอโฟโตมีเตอร์ (goniophotometer)

3. ความโปร่งใส

ความโปร่งใสของหมึกพิมพ์เป็นสมบัติของหมึกพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับสมบัติการดูดกลืนแสง การสะท้อนแสงแบบกระเจิง การส่องผ่านแสง และการหักเหแสงของสารให้สีที่มีในหมึกพิมพ์เป็นสำคัญ สีย้อมมีความโปร่งใสมากกว่าผงสี เพราะว่าหักเหและกระเจิงแสงได้น้อยกว่า ผงสีที่มีความโปร่งใสน้อยที่สุดหรือมีความทึบแสงมากที่สุดในบรรดาผงสีทั้งหลายคือไทเทเนียมไดออกไซด์ นอกจากผงสีแล้วตัวพาก็มีส่วนทำให้หมึกพิมพ์มีความโปร่งใสมากหรือน้อยด้วย ถ้าตัวพาและผงสีมีการหักเหแสงได้ใกล้เคียงกันแล้ว จะทำให้ได้หมึกพิมพ์ที่มีความโปร่งใสมากกว่าหมึกพิมพ์ที่มีตัวพาและผงสีที่มีลมบัติการหักเหแสงแตกต่างกันมาก

หมึกพิมพ์ที่มีความโปร่งใสเป็นที่ต้องการสำหรับงานพิมพ์สอดสี เนื่องจากเป็นการพิมพ์โดยใช้หมึกพิมพ์แม่สีซ้อนทับกัน ดังนั้นหากหมึกพิมพ์ที่ใช้มีความทึบแสงก็จะทำให้ชั้นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์ทีหลังปิดซ่อนสีของชั้นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์ก่อน ทำให้เมื่อพิมพ์หมึกพิมพ์ซ้อนทับกันแล้วไม่เห็นเป็นสีใหม่ขึ้นมาได้ นอกจากนี้ยังเป็นสมบัติที่ต้องการสำหรับหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ที่ต้องการแสดงความสวยงามของผิวหน้าวัสดุ เช่น แผ่นเปลวอะลูมิเนียม ฟิล์มเคลือบไออะลูมิเนียม เป็นต้น ส่วนหมึกพิมพ์ที่มีความทึบแสงมากใช้สำหรับพิมพ์เพื่อปิดซ่อนผิวหน้าของวัสดุใช้พิมพ์ โดยปกติใช้สำหรับพิมพ์กระดาษเข็งที่ผลิตจากเยื่อที่ไม่ผ่านการฟอก เพื่อปิดซ่อนผิวสีน้ำตาลของกระดาษ

กิจกรรม 4.2.4

1. สมบัติเชิงลักษณะปรากฏของหมึกพิมพ์เกี่ยวข้องกับสมบัติใดของหมึกพิมพ์ และสมบัติเชิงลักษณะปรากฏที่สำคัญของหมึกพิมพ์มีอะไรบ้าง

2. ข้อความที่ว่า "หมึกพิมพ์สีเหลืองสามารถสะท้อนแสงในทุก ๆ ความยาวคลื่นของแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตรได้มากกว่าหมึกพิมพ์สีน้ำเงิน" เป็นข้อความที่แสดงถึงมิติใดของสี

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.2 กิจกรรม 4.2.4

แนวตอบกิจกรรม 4.2.4

1. สมบัติเชิงลักษณะปรากฏของหมึกพิมพ์เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนแสง การดูดกลืนแสง การส่องผ่านแสง และ/หรือการหักเหแสงของหมึกพิมพ์ สมบัติเชิงลักษณะปรากฏที่สำคัญของหมึกพิมพ์ได้แก่ สี ความมันวาว และความโปร่งใส

2. ความสว่างสี

เรื่องที่ 4.2.5
ความทนทานของหมึกพิมพ์

ความทนทานของหมึกพิมพ์ในที่นี้หมายถึง ความทนทานของหมึกพิมพ์เมื่อนำสิ่งพิมพ์ที่มีหมึกพิมพ์นั้นพิมพ์ติดอยู่ไปใช้งาน รวมทั้งความทนทานของหมึกพิมพ์ต่อกระบวนการงานหลังพิมพ์และกระบวนการแปรและขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ด้วย ซึ่งหากจำแนกแล้วจะมีอยู่มากมายหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสิ่งพิมพ์ประเภทบรรจุภัณฑ์มีสภาพการใช้งานแตกต่างกันอย่างมากมาย ตัวอย่างเช่น หมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุสบู่ก็ต้องเป็นหมึกพิมพ์ที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือละลายได้เมื่อถูกกับสบู่ หมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนบรรจุภัณฑ์บางประเภทอาจใช้บรรจุอาหารที่ต้องมีการแช่แข็งในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ก็ต้องเป็นหมึกพิมพ์ที่สามารถทนความเย็นได้ดี ไม่เกิดการเปราะแตกและหลุดลอกออกจากบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น จากตัวอย่างที่กล่าวข้างต้นคงพอจะทำให้เห็นได้ว่าความทนทานของหมึกพิมพ์มีอยู่ด้วยกันมากมาย ซึ่งไม่อาจกล่าวถึงได้หมด ในที่นี้จึงขอยกตัวอย่างความทนทนของหมึกพิมพ์ที่สำคัญ ๆ ซึ่งหมึกพิมพ์โดยทั่วไปควรมีมากล่าวถึงในรายละเอียดเท่านั้น

1. ความทนแสง

ความทนแสงของหมึกพิมพ์เป็นความทนทานของหมึกพิมพ์ที่จะไม่เกิดการเปลี่ยนสีเมื่อได้รับแสง โดยเฉพาะแสงแดด ซึ่งการเปลี่ยนสีไม่ใช่เกิดขึ้นในลักษณะของการซีดจาง (fading) ของสีเท่านั้น แต่อาจเปลี่ยนเป็นสีที่คล้ำขึ้น (darkening) หรือเปลี่ยนเป็นสีสันอื่นเลยก็ได้ ความทนแสงของหมึกพิมพ์นี้เป็นสมบัติของหมึกพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางเคมีของผงสีเป็นสำคัญ ดังที่กล่าวแล้วในตอนที่ 4.1 ว่าผงสีอนินทรีย์ส่วนมากมีความทนแสงมากกว่าผงสีอินทรีย์ นอกจากนี้ความทนแสงของหมึกพิมพ์ยังแปรตามความเข้มแสงและระยะเวลาที่หมึกพิมพ์ได้รับแสง ความหนาของชั้นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ และความชื้นและความร้อนที่หมึกพิมพ์ได้รับด้วย

หมึกพิมพ์ที่ต้องมีความทนแสงมากคือหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนสิ่งพิมพ์ที่ต้องมีการสัมผัสกับแสงโดยตรง ตัวอย่างเช่น หมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนป้ายโฆษณากลางแจ้ง หรือที่ติดข้างหรือท้ายรถโดยสารประจำทาง หมึกพิมพ์บนกระดาษปิดผนัง หมึกพิมพ์บนนิตยสารที่วางขายกันตามแผงขายหนังสือต่าง ๆ เป็นต้น

2. ความทนความร้อน

ความทนความร้อน (heat resistance) ของหมึกพิมพ์เป็นสมบัติที่ต้องการสำหรับหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนบรรจุภัณฑ์ที่ต้องได้รับความร้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ก็ดี หรือการใช้งานก็ดี ตัวอย่างเช่น หมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนบรรจุภัณฑ์อาหารหรือเครื่องดื่มที่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (pasteurization) หมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนถุงพลาสติกที่อาศัยความร้อนในการปิดผนึกซอง (heat seal) เป็นต้น

ความทนความร้อนของหมึกพิมพ์ขึ้นกับสมบัติของตัวพาและผงสีเป็นสำคัญ ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของตัวพาและผงสี ตัวพาเมื่อแห้งตัวแล้วต้องไม่เกิดการอ่อนตัวหรือมีความหนืดลดลงเมื่อได้รับความร้อน จนอาจทำให้เกิดการหลุดลอกออกจากวัสดุใช้พิมพ์ และถ่ายโอนไปเปรอะเปื้อนส่วนปิดผนึกของเครื่องปิดผนึกด้วยความร้อนได้ ส่วนตัวผงสีต้องไม่เกิดการระเหิดหรือเปลี่ยนสีเมื่อได้รับความร้อน

3. ความทนสารเคมี

ความทนสารเคมี (chemical resistance) ของหมึกพิมพ์เป็นความทนต่อองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่หมึกพิมพ์นั้นพิมพ์ติดอยู่ ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ อาจเป็นสิ่งอุปโภคหรือบริโภคที่เป็นกรด ด่าง น้ำมัน สบู่ หรือสารเคมีประเภทอื่น ๆ ซึ่งมีความสามารถในการทำละลายหมึกพิมพ์ได้ ดังนั้นหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์บนบรรจุภัณฑ์ที่มีการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีอย่างไร ก็ต้องผลิตขึ้นโดยใช้องค์ประกอบต่าง ๆ ของหมึกพิมพ์ที่มีความทนต่อผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ เพื่อว่าหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนบรรจุภัณฑ์เหล่านั้นไม่เกิดการละลายหลุดออกไปปนเปื้อนผลิตภัณฑ์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์อาหารอันจะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เมื่อรับประทานอาหารที่ปนเปื้อนหมึกพิมพ์เข้าไป

4. ความทนการขัดถู

ความทนการขัดถูของหมึกพิมพ์เป็นสมบัติของหมึกพิมพ์ที่ต้องการสำหรับสิ่งพิมพ์ที่พิมพ์เป็นฉลากและบรรจุภัณฑ์กล่องและถุง เนื่องจากบรรจุภัณฑ์เหล่านี้ได้รับแรงกระทำที่ผิวหน้าของสิ่งพิมพ์ในระหว่างการขึ้นรูปการบรรจุผลิตภัณฑ์ การขนส่ง และการใช้งาน หมึกพิมพ์ที่มีความทนการขัดถูต่ำจะหลุดลอกออกจากสิ่งพิมพ์ได้ง่ายเมื่อได้รับแรงขัดถูหรือเสียดสี ความทนการขัดถูของหมึกพิมพ์ขึ้นอยู่กับชนิดของเรซินที่มีในหมึกพิมพ์เป็นสำคัญ นอกจากนี้สารเติมแต่งพวกแว็กซ์ที่เติมในหมึกพิมพ์ก็มีส่วนช่วยเพิ่มความทนการขัดถูด้วย

กิจกรรม 4.2.5

จงบอกความหมายของความทนทานของหมึกพิมพ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างความทนทานที่สำคัญของหมึกพิมพ์ โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.2 กิจกรรม 4.2.5

แนวตอบกิจกรรม 4.2.5

ความทนทานของหมึกพิมพ์ หมายถึง ความทนทานของหมึกพิมพ์เมื่อนำสิ่งพิมพ์ที่มีหมึกพิมพ์นั้นพิมพ์ติดอยู่ไปใช้งาน รวมทั้งความทนทานต่อกระบวนการงานหลังพิมพ์ การแปรรูป และการขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ด้วย ตัวอย่างความทนทานของหมึกพิมพ์ที่สำคัญ เช่น ความทนแสง ความทนความร้อน ความทนสารเคมี ความทนการขัดถู เป็นต้น

ตอนที่ 4.3
ประเภทของหมึกพิมพ์

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 4.3 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

4.3.1 หมึกพิมพ์ออฟเซต
4.3.2 หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์
4.3.3 หมึกพิมพ์กราวัวร์
4.3.4 หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี
4.3.5 หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้า

แนวคิด

1. หมึกพิมพ์ออฟเซตเป็นหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดสูง ดังนั้นจึงจัดเป็นหมึกข้นประเภทหนึ่ง โดยมีความหนืดอยู่ระหว่างประมาณ 50-500 พอยส์ และจัดเป็นของเหลวพวกนอนนิวโทเนียน นอกจากนี้ก็เป็นหมึกพิมพ์ที่มีความเหนียวสูงด้วยเช่นกัน โดยทั่วไปใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทกระดาษเป็นหลัก ด้วยความหนาชั้นหมึกประมาณ 1-2 ไมครอน ซึ่งเป็นชั้นหมึกพิมพ์ที่บางกว่าชั้นหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์อื่นทั้งหมด นอกจากนี้สมบัติประการสำคัญอีกประการหนึ่งของหมึกพิมพ์ออฟเซตที่จำเป็นต้องมีคือ สมบัติการรวมตัวกับน้ำ เนื่องจากในระบบการพิมพ์ออฟเซตมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง หมึกพิมพ์ออฟเซตที่ดีต้องสามารถรวมตัวกับน้ำได้ในระดับที่เหมาะสม ไม่มากหรือน้อยเกินไปจนก่อให้เกิดปัญหาทางการพิมพ์ต่าง ๆ ขึ้นได้ ส่วนประเภทของหมึกพิมพ์ออฟเซตนั้นอาจแบ่งได้เป็นหมึกพิมพ์ชนิดป้อนแผ่นและป้อนม้วน โดยหมึกพิมพ์แต่ละประเภทมีวิธีการแห้งตัวและอัตราเร็วในการแห้งตัวที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุใช้พิมพ์ที่ใช้ด้วย วิธีการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ออฟเซตที่ใช้กันทั่วไปมีอยู่ด้วยกัน 5 วิธี คือ แห้งตัวโดยการซึมผ่าน แห้งตัวโดยการระเหย แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต และแห้งตัวแบบหมาดตัวเร็ว
2. หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์จัดเป็นหมึกข้นเช่นเดียวกับหมึกพิมพ์ออฟเซต หมึกพิมพ์ทั้งสองประเภทมีสมบัติต่าง ๆ คล้ายคลึงกัน โดยทั่วไปมีความหนืดอยู่ระหว่าง 20-200 พอยส์ และพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ต่าง ๆ ด้วยความหนาชั้นหมึกประมาณ 3-5 ไมครอน สำหรับวิธีการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ขึ้นอยู่กับวัสดุใช้พิมพ์และสิ่งพิมพ์ที่ต้องการผลิตเป็นสำคัญ โดยหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์สำหรับพิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบเพื่อพิมพ์เป็นหนังสือพิมพ์มีการแห้งตัวโดยการซึมผ่าน หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์สำหรับพิมพ์บนกระดาษเคลือบผิวมีการแห้งตัวแบบหมาดตัวเร็ว หมึกพิมพ์สำหรับพิมพ์บนกระดาษแข็งเพื่อทำเป็นบรรจุภัณฑ์กล่องมีการแห้งตัวโดยการดกตะกอนของเรซิน ส่วนหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์สำหรับพิมพ์ฉลากสินค้ามีการแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

3. หมึกพิมพ์กราวัวร์จัดเป็นหมึกเหลวประเภทหนึ่ง มีความหนืดอยู่ระหว่าง 0.1-0.5 พอยส์ จัดเป็นของเหลวประเภทนิวโทเนียน ใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ต่าง ๆ ด้วยความหนาชั้นหมึกประมาณ 8-12 ไมครอน หมึกพิมพ์กราวัวร์ส่วนใหญ่แล้วแห้งตัวโดยการระเหยของตัวทำละลาย เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ของหมึกพิมพ์ประกอบด้วยตัวทำละลายที่มีจุดเดือดต่ำและมีอัตราเร็วในการระเหยสูง หมึกพิมพ์กราวัวร์มีทั้งชนิดที่ใช้พิมพ์บนกระดาษเพื่อผลิตเป็นสิ่งพิมพ์ทั่วไปและสิ่งพิมพ์เผยแพร่ต่าง ๆ และชนิดที่ใช้พิมพ์กระดาษ กระดาษแข็ง แผ่นอะลูมิเนียมเปลว ฟิล์มเคลือบไอโลหะ และฟิล์มพลาสติกต่าง ๆ เพื่อพิมพ์เป็นฉลากสินค้าและบรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ
4. หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีจัดเป็นหมึกเหลวเช่นเดียวกับหมึกพิมพ์กราวัวร์ มีความหนืดอยู่ระหว่าง 0.1-1 พอยส์ มีพฤติกรรมการไหลแบบนิวโทเนียน ใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ต่าง ๆ ด้วยความหนาชั้นหมึกประมาณ 6-8 ไมครอน การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ส่วนใหญ่แล้วเกิดขึ้นโดยการระเหยของตัวทำละลาย หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีใช้พิมพ์สิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ประเภทเดียวกับที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์กราวัวร์ แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานตัวทำละลาย หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานน้ำ และหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟียูวี
5. หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าเป็นหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดอยู่ระหว่างหมึกข้นและหมึกเหลว คืออยู่ประมาณระหว่าง 1-100 พอยส์ ใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ต่าง ๆ ด้วยความหนาชั้นหมึกประมาณ 20-100 ไมครอน การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าส่วนใหญ่แล้วเป็นไปโดยการระเหย แต่มีบางชนิดที่แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจนและรังสีอัลตราไวโอเลต และจากการที่ระบบการพิมพ์ฉลุลายผ้าเป็นระบบที่สามารถพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ได้หลากหลายประเภทกว่าระบบการพิมพ์อื่น หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าจึงมีองค์ประกอบที่หลากหลายกว่าหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์อื่น

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 4.3 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกสมบัติสำคัญ องค์ประกอบ และประเภทของหมึกพิมพ์ออฟเซตได้
2. บอกสมบัติสำคัญ องค์ประกอบ และประเภทของหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ได้
3. บอกสมบัติสำคัญ องค์ประกอบ และประเภทของหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีได้
4. บอกสมบัติสำคัญ องค์ประกอบ และประเภทของหมึกพิมพ์กราวัวร์ได้
5. บอกสมบัติสำคัญ องค์ประกอบ และประเภทของหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าได้

ความนำ

หมึกพิมพ์สำหรับระบบการพิมพ์แต่ละระบบมีองค์ประกอบต่าง ๆ ของหมึกพิมพ์แตกต่างกันไป องค์ประกอบจะเป็นอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับวิธีและหลักการพิมพ์ของการพิมพ์แต่ละระบบ อันเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้กำหนดโครงสร้างของเครื่องพิมพ์ โดยเฉพาะโครงสร้างของระบบการจ่ายหมึก ซึ่งเกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนหมึกพิมพ์จากรางหรืออ่างหมึกไปยังแม่พิมพ์และวัสดุใช้พิมพ์ตามลำดับ นอกจากนี้แล้วก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น ในตอนที่ 4.3 นี้จะขอกล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับสมบัติของหมึกพิมพ์ในแต่ละระบบการพิมพ์ หลังจากที่ได้กล่าวถึงองค์ประกอบและสมบัติของหมึกพิมพ์ในรายละเอียดไปแล้วในตอนที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ ทั้งนี้หากแบ่งหมึกพิมพ์ตามระบบการพิมพ์ใหญ่ ๆ ที่เป็นระบบการพิมพ์แบบสัมผัส (impact printing) จะสามารถแบ่งหมึกพิมพ์ออกได้เป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ คือ หมึกพิมพ์ออฟเซต หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ หมึกพิมพ์กราวัวร์ หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี และหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้า โดยสมบัติ องค์ประกอบ ประเภท และการใช้งานของหมึกพิมพ์ของแต่ละระบบการพิมพ์ มีรายละเอียดปรากฏอยู่ในเรื่องที่ 4.3.1-4.3.5 ของตอนที่ 4.3 นี้

เรื่องที่ 4.3.1
หมึกพิมพ์ออฟเซต

หมึกพิมพ์ออฟเซตเป็นหมึกชนิดที่ใช้พิมพ์บนกระดาษเพื่อผลิตเป็นสิ่งพิมพ์ทั่วไปและสิ่งพิมพ์เผยแพร่ต่าง ๆ เป็นส่วนใหญ่ ไม่ว่าจะเป็นหนังสือ หนังสือพิมพ์ นิตยสาร แคตาล็อก เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้พิมพ์บนกระดาษและกระดาษแข็งเพื่อผลิตเป็นฉลากสินค้าและบรรจุภัณฑ์ประเภทกล่อง ใช้พิมพ์บนโลหะพวกอะลูมิเนียมและดีบุก เพื่อทำบรรจุภัณฑ์ประเภทกล่อง กระป๋อง และฝาปิดขวดอีกด้วย และมีบางชนิดที่ใช้พิมพ์บนพลาสติกและแผ่นเปลวโลหะ อย่างไรก็ตามในเรื่องที่ 4.3.1 นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะหมึกพิมพ์ออฟเซตสำหรับพิมพ์บนกระดาษและโลหะในรายละเอียดเท่านั้น เพราะการพิมพ์บนพลาสติกและแผ่นเปลวโลหะพิมพ์ส่วนใหญ่แล้วพิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์กราวัวร์และเฟล็กโซกราฟี

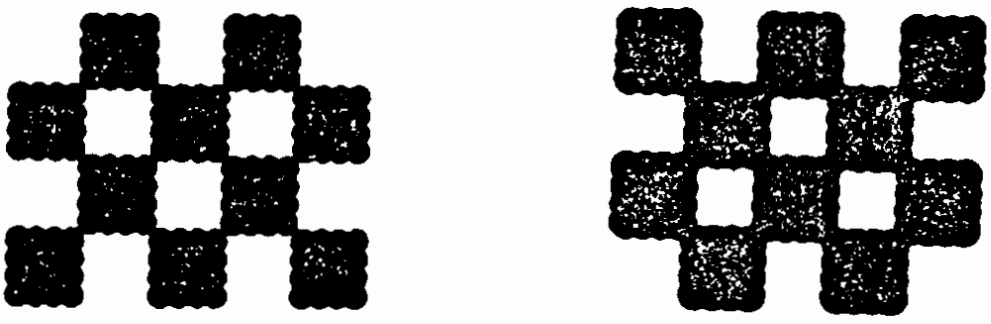
1. สมบัติสำคัญของหมึกพิมพ์ออฟเซต

1.1 ความหนาชั้นหมึกพิมพ์ หมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์ออฟเซตได้รับการพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ด้วยความหนาชั้นหมึกประมาณ 1-2 ไมครอน (0.001-0.002 มิลลิเมตร) ซึ่งเป็นความหนาที่บางกว่าชั้นของหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์อื่น ๆ ดังนั้นหมึกพิมพ์ออฟเซตจึงต้องมีผงสีในปริมาณที่มากกว่าหรือใช้ผงสีที่มีความอิ่มตัวสีสูงกว่าหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์อื่น ๆ และที่สำคัญผงสีที่ใช้ต้องมีขนาดเล็กกว่าความหนาชั้นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์ มิฉะนั้นแล้วจะทำให้ผิวหน้าของชั้นหมึกพิมพ์ขรุขระไม่เรียบได้ นอกจากนี้ขนาดของผงสียังมีผลต่อสีสันและความอิ่มตัวสีที่ปรากฏของชั้นหมึกพิมพ์อีกด้วย

การที่ต้องพิมพ์หมึกพิมพ์ด้วยชั้นหมึกพิมพ์ที่บางมาก กอปรกับหมึกพิมพ์มีความหนืดและความเหนียวสูง ทำให้ต้องอาศัยระบบการจ่ายหมึกบนเครื่องพิมพ์ที่มีความซับซ้อนกว่าในระบบการพิมพ์อื่น กล่าวคือ ระบบการจ่ายหมึกพิมพ์บนเครื่องพิมพ์ออฟเซตประกอบด้วยชุดของลูกกลิ้งหมึกจำนวนมาก ซึ่งช่วยให้หมึกพิมพ์สามารถถ่ายโอนไปได้อย่างสม่ำเสมอจากรางหมึกไปยังผิวหน้าแม่พิมพ์ อีกทั้งยังทำให้ปริมาณหมึกพิมพ์ที่ถ่ายโอนจากลูกกลิ้งหมึกลูกแรกไปจนถึงแม่พิมพ์มีปริมาณน้อยลงไปเรื่อย ๆ จึงทำให้สามารถพิมพ์ชั้นหมึกพิมพ์ที่บางมากลงบนวัสดุใช้พิมพ์ได้ และจากการที่หมึกพิมพ์ได้รับการถ่ายโอนผ่านลูกกลิ้งหมึกจำนวนมากก่อนที่จะพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์นี้เอง ทำให้ตัวทำละลายที่ใช้ในหมึกพิมพ์ต้องเป็นตัวทำละลายที่มีจุดเดือดสูง เพราะว่าในขณะพิมพ์อุปกรณ์พวกเฟืองและลูกกลิ้งหมึกทำงานแล้วมีการเสียดสีกัน ทำให้เกิดความร้อนขึ้น หากตัวทำละลายที่ใช้มีจุดเดือดต่ำก็จะระเหยไป ได้เร็วมีผลทำให้หมึกพิมพ์ถ่ายโอนไปได้ไม่ดี เนื่องจากมีความหนืดสูงขึ้น หรือถ้าตัวทำละลายระเหยไปหมดก็ย่อมมีผลทำให้หมึกพิมพ์แห้งตัวบนลูกกลิ้งหมึกได้ ข้อควรระวังที่สำคัญอีกประการหนึ่งเกี่ยวกับตัวทำละลายที่ใช้ก็คือ ต้องเป็นตัวทำละลายชนิดที่ไม่ละลายยางและพอลิเมอร์ที่ใช้ทำเป็นลูกกลิ้งหมึกและผ้ายางด้วย

1.2 การไหลของหมึกพิมพ์ สมบัติการไหลของหมึกพิมพ์ออฟเซตเป็นสมบัติของหมึกพิมพ์ที่ขึ้นอยู่กับความหนืด ค่ายีลด์และทิโซทรอพีของหมึกพิมพ์ ถ้าหมึกพิมพ์มีความหนืด ค่ายีลด์ และทิโซทรอพีสูงเกินไป จะถ่ายโอนจากรางหมึกไปยังแม่พิมพ์ได้ช้า ทำให้ต้องเพิ่มความเร็ว (แรง) ของลูกกลิ้งหมึกเพื่อให้หมึกพิมพ์เกิดการไหลและถ่ายโอนได้ดี ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน และยังทำให้ลูกกลิ้งหมึกพิมพ์ที่มีการเคลื่อนที่สัมผัสหรือเสียดสีกันเกิดการสึกหรอขึ้นได้ ส่วนหมึกพิมพ์ที่มีความหนืด ค่ายีลด์และทิโซทรอพีน้อยเกินไป จะทำให้หมึกพิมพ์เกิดการไหลย้อยออกจากช่องว่างของรางใส่หมึก หรือออกจากลูกกลิ้งหมึกของหน่วยหมึกไปเลอะเทอะส่วนต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์ได้ และหมึกพิมพ์จะเกิดการรวมตัวกับน้ำได้มากเกินไป ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาขึ้นพื้น (tinting)

และหมึกสะสมบนลูกกลิ้งหมึก บนแม่พิมพ์และบนผ้ายางได้ นอกจากนี้การที่หมึกพิมพ์มีความหนืดต่ำเกินไป ยังก่อให้เกิดปัญหาคราบหมึกเปื้อนเลอะในบริเวณไร้ภาพหรือการเกิดสกัม และเมื่อพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์แล้วทำให้เกิดปัญหาเม็ดสกรีนบวมมากกว่าปกติ ซึ่งปัญหาเม็ดสกรีนบวมนี้เป็นปัญหาที่เม็ดสกรีนของหมึกพิมพ์มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าขนาดของเม็ดสกรีนบนฟิล์มฮาล์ฟโทน เนื่องจากเมื่อหมึกพิมพ์ได้รับแรงกดพิมพ์จะเกิดการไหลหรือกระจายตัวออกไปทางด้านข้าง ทำให้ขนาดของเม็ดสกรีนใหญ่ขึ้น ทั้งนี้หมึกพิมพ์ที่มีความหนืดต่ำกว่าย่อมเกิดการไหลไปด้านข้างได้มากกว่าหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดสูงกว่า การบวมตัวของเม็ดสกรีนจึงเกิดขึ้นมากกว่า ดังแสดงในภาพที่ 4.16



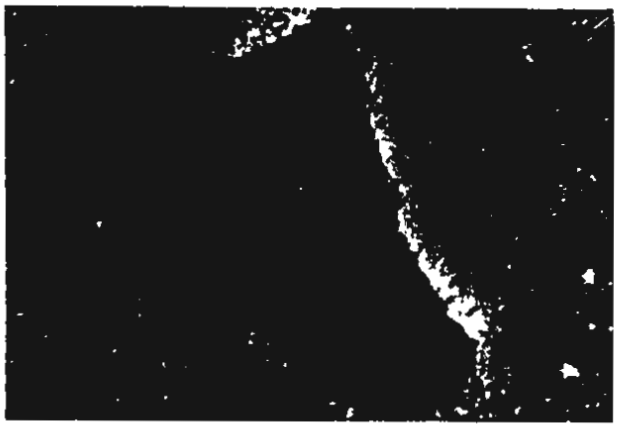
ภาพที่ 4.16 เม็ดสกรีนของหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดสูงกว่า (ก) เกิดการบวมตัวน้อยกว่าเม็ดสกรีนของหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดต่ำกว่า (ข)

ความหนืดของหมึกพิมพ์ออฟเซตโดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 50-500 พอยส์ (5-50 ปาสคาล • วินาที) ทั้งนี้หมึกพิมพ์ออฟเซตที่ดีต้องมีความหนืดลดลงเมื่อได้รับแรงกระทำจากลูกกลิ้งหมึก โมแม่พิมพ์ และโมยาง หรือมีพฤติกรรมการไหลแบบพลาสติกเทียมหรือทิโซทรอพี อย่างไรก็ตามความหนืดของหมึกพิมพ์มีค่าเป็นเท่าไรขึ้นอยู่กับความเร็วและประเภทของเครื่องพิมพ์ที่ใช้รวมทั้งอุณหภูมิในห้องพิมพ์และบนเครื่องพิมพ์ในขณะทำการพิมพ์ด้วย ตัวอย่างเช่น หมึกพิมพ์ออฟเซตในระบบการพิมพ์ป้อนม้วนต้องมีความหนืดต่ำกว่าในระบบการพิมพ์ป้อนแผ่น เพื่อให้หมึกพิมพ์สามารถถ่ายโอนและพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ได้เร็วกว่า เนื่องจากวัสดุใช้พิมพ์บนเครื่องพิมพ์ป้อนม้วนสัมผัสผ้ายางในเวลาอันสั้นกว่าบนเครื่องพิมพ์ป้อนแผ่น เป็นต้น

1.3 ความเหนียวของหมึกพิมพ์ ความเหนียวของหมึกพิมพ์ออฟเซตมีความสำคัญและจำเป็นต่อระบบการถ่ายโอนหมึกพิมพ์บนเครื่องพิมพ์ เนื่องจากการถ่ายโอนหมึกพิมพ์ของลูกกลิ้งหมึกอาศัยแรงเสียดทาน หากหมึกพิมพ์มีความเหนียวน้อยจะทำให้เกิดการลื่นไถล ไม่เกิดแรงเสียดทานมากพอที่จะทำให้หมึกพิมพ์จากลูกกลิ้งหมึกหนึ่งถ่ายโอนไปยังลูกกลิ้งหมึกอีกลูกหนึ่งได้ นอกจากนี้ความเหนียวยังมีความจำเป็นอย่างมากต่อระบบการพิมพ์สอดสีแบบเปียก (wet-on-wet multicolor printing) กล่าวคือ หมึกพิมพ์ที่พิมพ์ทีหลังจะสามารถพิมพ์ทับและยึดติดบนหมึกพิมพ์ที่พิมพ์ก่อนซึ่งยังไม่แห้งตัวได้ก็ต่อเมื่อหมึกพิมพ์ที่พิมพ์ทีหลังมีความเหนียวน้อยกว่าชั้นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์อยู่ก่อนแล้วบนวัสดุใช้พิมพ์ หากหมึกพิมพ์ที่พิมพ์ที่หลังมีความเหนียวมากกว่าหมึกพิมพ์ที่พิมพ์อยู่ก่อนจะทำให้หมึกพิมพ์ที่พิมพ์ก่อนถ่ายโอนกลับไปยึดติดกับหมึกพิมพ์ที่พิมพ์ทีหลังบนผ้ายาง หรือเรียกปัญหานี้ว่า "การจับหมึกกลับ" (back trapping)

หมึกพิมพ์ที่มีความเหนียวไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดปัญหาทางการพิมพ์ขึ้นได้ หมึกพิมพ์ที่มีความเหนียวสูงเกินไปทำให้เกิดแรงกระทำต่อกระดาษมากในระหว่างการถ่ายโอนหมึกพิมพ์จากผ้ายางลงบนกระดาษ (ตัวแปร

ต่าง ๆ ที่มีผลต่อแรงที่ใช้ในการแยกชั้นหมึกพิมพ์ อธิบายโดยสมการของสเตฟาน ดังที่ได้กล่าวแล้วในตอนที่ 4.2) ซึ่งอาจทำให้สารเคลือบผิวและ/หรือเส้นใยของกระดาษหลุดออกมา และถ้าสารเคลือบผิวและเส้นใยมีการสะสมบนผ้ายางมาก ๆ อาจทำให้เกิดปัญหา "จุดในภาพ" หรือ "จุดในพื้นทึบ" (hickies) ขึ้นได้ ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดจากการที่สิ่งแปลกปลอมติดอยู่บนผ้ายาง จึงทำให้ผ้ายางรับและถ่ายโอนหมึกลงบนกระดาษได้อย่างไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดลักษณะเป็นจุดหมึกที่ล้อมรอบด้วยพื้นที่ว่างสีขาวขึ้นบนแผ่นงานพิมพ์ได้ ดังภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 จุดในพื้นทึบ

ที่มา: What the Printer Should Know about Ink

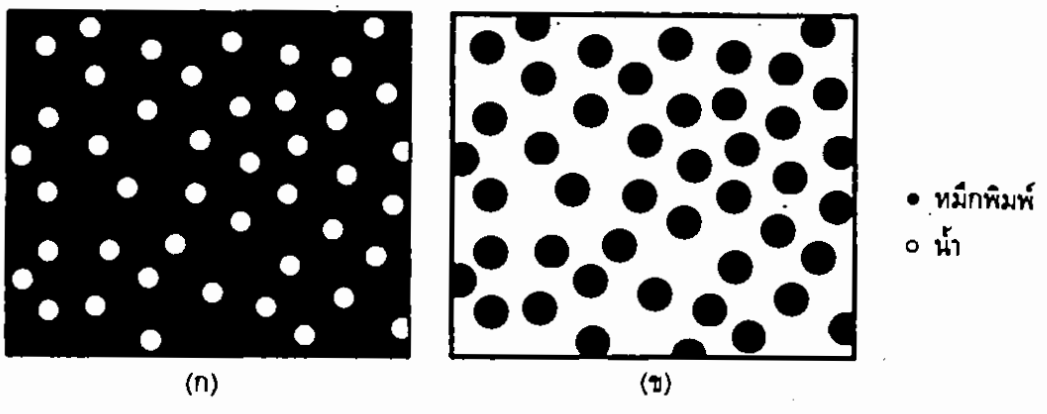
สำหรับหมึกพิมพ์ที่มีความเหนียวต่ำเกินไปจะทำให้เม็ดสกรีนบวมมากกว่าปกติ (เช่นเดียวกับหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดต่ำ) เนื่องจากแรงยึดภายในหมึกพิมพ์มีน้อยทำให้ไม่สามารถทนต่อแรงกดที่ผิวสัมผัสระหว่างโมได้ จึงทำให้เม็ดสกรีนของหมึกพิมพ์เกิดการขยายตัวไปด้านข้างได้มาก

นอกจากนี้ ความเหนียวของหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์ป้อนม้วนต้องต่ำกว่าหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์ป้อนแผ่น เนื่องจากการพิมพ์เกิดขึ้นที่ความเร็วสูง มิฉะนั้นแล้วจะทำให้เกิดการถอนผิวกระดาษขึ้นได้

1.4 การรวมตัวของหมึกพิมพ์กับน้ำ หมึกพิมพ์ออฟเซตมีสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ซึ่งหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์อื่นไม่จำเป็นต้องมีก็คือ ต้องไม่ผสมหรือรวมตัวกับน้ำได้เป็นเนื้อเดียวกัน มิฉะนั้นแล้วจะไม่สามารถเกิดการพิมพ์ด้วยแม่พิมพ์พื้นราบขึ้นได้ เนื่องจากหมึกพิมพ์จะถ่ายโอนลงไปในบริเวณไร้ภาพด้วย อย่างไรก็ตามหมึกพิมพ์ออฟเซตมีตัวพาที่เป็นน้ำมันอยู่แล้วจึงไม่รวมตัวกับน้ำจนเป็นเนื้อเดียวกัน แต่การรวมตัวกับน้ำได้บ้างก็มีความจำเป็น เนื่องจากในกระบวนการพิมพ์ออฟเซตโดยทั่วไป น้ำจะได้รับการถ่ายโอนลงบนแม่พิมพ์ก่อน แม้ว่าในบริเวณไร้ภาพจะสามารถรับน้ำได้ดีกว่าในบริเวณภาพ แต่ไม่ได้หมายความว่าจะไม่มีน้ำอยู่ในบริเวณภาพเลย เพราะความเป็นจริงแล้วในบริเวณภาพก็มีน้ำที่เป็นหยดขนาดเล็กเกาะอยู่ด้วย ถ้าหมึกพิมพ์ที่ถ่ายโอนลงบนแม่พิมพ์ทีหลังไม่สามารถรวมตัวได้บ้างกับน้ำที่มีอยู่บนแม่พิมพ์แล้ว หมึกพิมพ์ก็จะไม่สามารถถ่ายโอนลงบนบริเวณภาพของแม่พิมพ์ได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทุกบริเวณของภาพ ซึ่งย่อมจะทำให้เกิดปัญหา "แม่พิมพ์ไม่รับหมึก" (plate stripping) หรือเกิดปัญหา "จุดขาวในบริเวณภาพ" (snow-flaking) ได้ การผสมกันของของเหลวสองชนิดหรือมากกว่าที่มีสมบัติทางเคมีแตกต่างกันนี้มีชื่อเรียกว่า "อิมัลซิฟิเคชัน" (emulsification) และเรียกของผสมนี้ว่า "อิมัลชัน" (emulsion) ส่วนอิมัลชันที่ต้องการให้เกิดขึ้นในระบบการพิมพ์ออฟเซตคืออิมัลชันประเภท "น้ำในน้ำมัน" (water-in- oil) ซึ่งเป็นอิมัลชันที่เกิดจากการที่หยดน้ำที่อยู่บริเวณผิวแม่พิมพ์ในบริเวณภาพแทรกตัวและเข้าไป

กระจายตัวอยู่ในหมึกพิมพ์ ทั้งนี้หยดน้ำที่เข้าไปกระจายตัวอยู่ในหมึกพิมพ์นี้ต้องมีปริมาณที่พอเหมาะ หากมีมากเกินไปจะทำให้ภาพพิมพ์มีสีซีดจางได้ ส่วนอิมัลชันอีกประเภทหนึ่งคือ "น้ำมันในน้ำ" (oil-in-water) จะก่อให้เกิดปัญหาขึ้นพื้นขึ้น เพราะการเกิดอิมัลชันประเภทหลังนี้เกิดจากการที่หมึกพิมพ์สามารถรวมตัวกับน้ำได้มากเกินไป จนทำให้หมึกพิมพ์ปนเปื้อนเข้าไปในน้ำยาฟาวน์เทนของระบบทำชื้นได้ เมื่อระบบทำชื้นจ่ายน้ำให้กับแม่พิมพ์อีกครั้งก็จะทำให้หมึกพิมพ์ที่ผสมอยู่ในน้ำกระจายไปทั่วแม่พิมพ์ และเมื่อพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ก็จะทำให้เห็นเป็นจุดหมึกจาง ๆ ทั่วทั้งแผ่นงานพิมพ์

นอกจากนี้การที่หมึกพิมพ์รวมตัวกับน้ำได้มากเกินไปทำให้หมึกพิมพ์มีสภาวะตัวหมึกสั้นลงทำให้เกิดปัญหา "หมึกพอก" (piling) กล่าวคือ หมึกถ่ายโอนได้ไม่ดี เกิดการสะสมบนลูกกลิ้งหมึกพิมพ์ บนผ้ายาง และบนแม่พิมพ์



ภาพที่ 4.18 อิมัลชันในระบบการพิมพ์ออฟเซตประเภท ก) น้ำในน้ำมัน (หมึกพิมพ์) และ ข) น้ำมันในน้ำ

ที่มา : What the Printer Should Know about Ink

1.6 สมบัติการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ หมึกพิมพ์ออฟเซตมีการแห้งตัวอยู่ด้วยกัน 5 วิธี คือ แห้งตัวด้วยการซึมผ่าน แห้งตัวโดยทำปฏิกิริยากับออกซิเจน แห้งหมาดตัวเร็ว แห้งตัวด้วยการระเหย และแห้งตัวฉับพลัน ทั้งนี้การแห้งตัวของหมึกพิมพ์จะต้องสัมพันธ์กับวิธีการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์และวัสดุใช้พิมพ์ที่ใช้เป็นอย่างดี มิฉะนั้นแล้วจะก่อให้เกิดปัญหาทางการพิมพ์ต่าง ๆ ขึ้นได้

2. ประเภทของหมึกพิมพ์ออฟเซต

2.1 หมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนที่แห้งตัวด้วยการซึมผ่าน (cold-set offset inks) หมึกพิมพ์ประเภทนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์ลงบนกระดาษประเภทไม่เคลือบผิวเพื่อใช้พิมพ์หนังสือและหนังสือพิมพ์ แต่ส่วนใหญ่มักใช้พิมพ์หนังสือพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ระบบป้อนม้วน ซึ่งไม่มีส่วนทำแห้งและส่วนทำเย็นรวมอยู่ด้วย องค์ประกอบหลักของหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์หนังสือพิมพ์คล้ายคลึงกับหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ที่ใช้พิมพ์หนังสือพิมพ์ กล่าวคือ ในกรณีของหมึกพิมพ์สีดำจะประกอบด้วยผงสีดำคาร์บอนและน้ำมันมิเนอรัลเป็นหลัก โดยมีการเติมสารเติมแต่งบางชนิดเพื่อช่วยปรับการไหลและลดการฟุ้งของหมึกพิมพ์เข้าไปด้วยเล็กน้อย (สารลดการฟุ้งของหมึกจะกล่าวถึงต่อไปในเรื่องที่ 4.3.2) เป็นหมึกพิมพ์ที่มีราคาถูกแต่มีความทนการขัดถูต่ำ เนื่องจากไม่มีเรซินและน้ำมันซักแห้งเป็นองค์ประกอบในบางครั้งจึงมีการเติมวาร์นิชที่มีเรซินพวกฟีนอลิกและอัลคิดเข้าไปแทนน้ำมันมิเนอรัลในปริมาณหนึ่งเพื่อเพิ่มความทนทานต่อการขัดถูของหมึกพิมพ์และความมันวาวให้มากยิ่งขึ้น ในปัจจุบันได้มีการนำน้ำมันถั่วเหลืองมาใช้แทนน้ำมันมิเนอรัลเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า ส่วนในหมึกพิมพ์ชุดสีน้ำเงินเขียว สีม่วงแดง และสีเหลืองนั้น ตัวพาที่ใช้จะเป็นน้ำมันวาร์นิชที่ได้จากการเคี่ยวน้ำมันถั่วเหลืองกับ

เรซินฟีนอลิกและอัลคิด และผงสีที่ใช้ได้แก่ ผงสีเหลืองไดแอริไลด์เยลโลว์ ผงสีม่วงแดงลิทอลรูบีนเรด และผงสีน้ำเงินเขียวฟะทาโลไซยานีนบลู ส่วนองค์ประกอบที่เหลืออื่น ๆ นั้นคล้ายคลึงกับหมึกพิมพ์สีดำ

2.2 หมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนที่แห้งหมาดตัวด้วยความร้อน (web-offset heatset ink) หมึกพิมพ์ประเภทนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์บนกระดาษเคลือบผิวเพื่อผลิตสิ่งพิมพ์คุณภาพ เช่น นิตยสาร หนังสือ แผ่นพับโฆษณา แคตาล็อก เป็นต้น ใช้พิมพ์บนเครื่องพิมพ์ประเภทป้อนม้วนที่มีส่วนทำแห้งและส่วนทำเย็นรวมอยู่ด้วย สมบัติสำคัญของหมึกพิมพ์ประเภทนี้คือต้องมีความมันวาวสูง สามารถหมาดตัวได้อย่างรวดเร็วเมื่อผ่านส่วนทำแห้ง และเกิดการแห้งแข็งตัวเมื่อผ่านส่วนทำเย็น นอกจากนี้สมดุลของการรวมตัวกับน้ำต้องเกิดได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากการพิมพ์ทำที่ความเร็วสูงมากเป็นพัน ๆ ฟุตต่อนาที หมึกพิมพ์ประเภทนี้เมื่อพิมพ์ลงบนกระดาษแล้วต้องมีความทนการขัดถูดี เพราะว่าหมึกพิมพ์บนกระดาษต้องเคลื่อนผ่านลูกกลิ้งต่าง ๆ จำนวนมากบนเครื่องพิมพ์ด้วยความเร็วสูง จึงอาจทำให้เกิดรอยขึ้นบนแผ่นงานพิมพ์ได้ และผิวของชั้นหมึกพิมพ์ควรมีความลื่นไถลพอสมควร เพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นพิมพ์เกิดติดกัน (blocking) ในขั้นตอนการพับ

หมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนที่แห้งหมาดตัวด้วยความร้อนนี้ประกอบด้วยเรซินผสมระหว่างอัลคิดและเรซินประเภทอื่น เช่น พีนอลิก มาเลอิก รอซิน ไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น น้ำมันที่ใช้เป็นน้ำมันชักแห้งหรือกึ่งชักแห้ง เช่น น้ำมันลินสีด น้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น ตัวทำละลายที่ใช้เป็นพวกปิโตรเลียมดิสทิลเลตที่มีช่วงจุดเดือดระหว่าง 240-260 องศาเซลเซียส และ 260-290 องศาเซลเซียส ซึ่งมักใช้ผสมกันในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อปรับอัตราเร็วในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ให้เหมาะกับความเร็วในการพิมพ์และความเร็วในการทำแห้งของส่วนทำแห้ง นอกจากนี้ก็มีสารเติมแต่งต่าง ๆ เช่น แว็กซ์ สารลดหมึกฟุ้ง เป็นต้น ส่วนผงสีเป็นชนิดเดียวกับที่ใช้ในหมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนที่แห้งตัวด้วยการซึมผ่าน โดยปกติหมึกพิมพ์ออฟเซตประเภทนี้มีความหนืดและค่ายีลด์สูงกว่าหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวด้วยการซึมผ่าน เพื่อว่าตัวพาจะได้ซึมผ่านเข้าไปในเนื้อกระดาษได้น้อยลง เพื่อที่จะทำให้เกิดความมันวาวขึ้นกับหมึกพิมพ์บนกระดาษ นอกจากนี้ยังต้องมีความเหนียวต่ำเพื่อไม่ให้เกิดการถอนผิวกระดาษและ/หรือสารเคลือบผิวได้ เนื่องจากการพิมพ์ทำที่ความเร็วสูงและกระดาษที่ป้อนเข้าพิมพ์ได้รับแรงดึงตึงมาก

2.3 หมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่น (sheetfed ink) หมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นเป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์ลงบนกระดาษทั้งประเภทไม่เคลือบผิวและเคลือบผิว เพื่อใช้ผลิตสิ่งพิมพ์คุณภาพสูง เช่น หนังสือ นิตยสาร โปสเตอร์ แผ่นพับโฆษณา ปฏิทิน แคตาล็อก เป็นต้น และใช้พิมพ์ลงบนกระดาษแข็งเพื่อผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทฉลากและกล่อง รวมทั้งใช้พิมพ์บนโลหะพวกดีบุก อะลูมิเนียม และเหล็กกล้า เพื่อผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋อง กล่อง และฝาจุกขวด ดังนั้นหมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นนี้จึงมีสมบัติและองค์ประกอบของหมึกพิมพ์แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับว่าเป็นหมึกพิมพ์สำหรับพิมพ์เพื่อผลิตเป็นสิ่งพิมพ์ประเภทใด แต่ทั้งนี้สามารถแบ่งหมึกพิมพ์ออกได้เป็น 2 ประเภทตามวัสดุใช้พิมพ์ที่ใช้ดังนี้

2.3.1 หมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นสำหรับพิมพ์บนกระดาษและกระดาษแข็ง ส่วนใหญ่แล้วเป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์ลงบนกระดาษเคลือบผิวจึงแห้งแบบหมาดตัวเร็ว สำหรับชนิดที่พิมพ์ลงบนกระดาษไม่เคลือบผิวจะแห้งตัวด้วยการซึมผ่าน หมึกประเภทหมาดตัวเร็วนี้มีองค์ประกอบของหมึกพิมพ์คล้ายคลึงกับหมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนที่แห้งหมาดตัวด้วยความร้อน ยกเว้นปิโตรเลียมดิสทิลเลตที่ใช้เป็นตัวทำละลายมีช่วงการเดือดที่สูงกว่าที่ใช้ในหมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนที่แห้งตัวด้วยความร้อน กล่าวคืออยู่ระหว่าง 280-320 องศาเซลเซียส การใช้ตัวทำละลายที่มีจุดเดือดสูงกว่าก็เพื่อให้อัตราเร็วในการระเหยของตัวทำละลายในหมึกพิมพ์เกิดขึ้นน้อยลง เพื่อไม่ให้หมึกพิมพ์มีความเหนียวและความหนืดเพิ่มสูงขึ้นเร็วเกินไปจนทำให้เกิดปัญหาการถ่ายโอนขึ้นได้ เนื่องจากการพิมพ์เกิดขึ้นด้วยความเร็วที่ต่ำกว่าการพิมพ์ป้อนม้วน นอกจากนี้แล้วในหมึกพิมพ์ที่แห้งหมาดตัวเร็วยังประกอบด้วยสารเติมแต่งที่ไม่พบในหมึกพิมพ์ออฟเซตแห้งตัวด้วยความร้อน ได้แก่ สารทำแห้ง สารกันแห้ง

และสารกันซับหลัง* (antisetoff compound) อีกด้วย ในกรณีของหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์บนกระดาษเช็งเพื่อใช้ทำเป็นบรรจุภัณฑ์นั้น สมบัติที่สำคัญของชั้นหมึกพิมพ์ที่จำเป็นต้องมีคือความทนทานต่อการขัดถูต้องมีมาก ดังนั้นในตัวพาของหมึกพิมพ์ประเภทนี้จึงมักมีน้ำมันทังเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยนอกเหนือไปจากสารเติมแต่งประเภทแว็กซ์ เนื่องจากน้ำมันทังเมื่อแห้งตัวแล้วให้ชั้นหมึกพิมพ์ที่แข็งแรงและมีความทนการขัดถูดี นอกจากนี้แล้วหมึกพิมพ์ประเภทนี้ยังต้องมีสมบัติอื่น ๆ ที่เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น ถ้าเป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร ตัวทำละลายที่ใช้ในหมึกพิมพ์ควรเป็นชนิดที่มีไฮโดรคาร์บอนพวกอะโรมาติกอยู่น้อย เนื่องจากเป็นสารที่มีกลิ่นและเป็นพิษมาก หรือถ้าเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับผงซักฟอกหรือสบู่ หมึกพิมพ์ที่ใช้ก็ควรมีผงสีที่ไม่เกิดปฏิกิริยากับสารเคมีที่มีอยู่ในสบู่หรือผงซักฟอก จนเกิดการซีดจางขึ้นได้ เป็นต้น

2.3.2 หมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นสำหรับพิมพ์บนโลหะ หมึกพิมพ์ประเภทนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์ลงบนแผ่นโลหะที่ไม่มีการดูดซึม การแห้งตัวของหมึกพิมพ์เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน ต้องเป็นหมึกพิมพ์ที่เมื่อพิมพ์แล้วให้ชั้นหมึกพิมพ์ที่ยึดติดกับโลหะได้ดีไม่หลุดออกจากโลหะเมื่อได้รับแรงต่าง ๆ ในกระบวนการขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นชั้นหมึกพิมพ์จึงต้องมีความแข็งแรง แต่มีความยืดหยุ่นตัวดี เพื่อว่าเมื่อทำการโค้งงอโลหะแล้วไม่เกิดรอยแตกขึ้น นอกจากนี้แล้วหมึกพิมพ์ยังต้องมีความทนต่อความร้อน มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด เมื่อได้รับการอบด้วยความร้อนหลังพิมพ์หรือในขั้นตอนการบรรจุอาหารซึ่งต้องมีการฆ่าเชื้อโรคด้วยความร้อน

องค์ประกอบของหมึกพิมพ์ที่สำคัญคล้ายคลึงกับหมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่นสำหรับพิมพ์บนกระดาษ แต่ปริมาณของตัวทำละลายที่มีอยู่ในหมึกพิมพ์มีน้อยกว่า กล่าวคือ มีอยู่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณของตัวทำละลายในหมึกพิมพ์ออฟเซตอื่น ๆ อยู่ในช่วงประมาณ 20-50 เปอร์เซ็นต์ ตัวพาที่ใช้มักได้จากการเคี่ยวน้ำมันละหุ่งชนิดดีซีโอกับเรซินอัลคิด สาเหตุที่ใช้น้ำมันละหุ่งก็เพราะว่าเป็นน้ำมันที่มีสีอ่อน ไม่เปลี่ยนสีเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง รวมทั้งให้ชั้นหมึกพิมพ์ที่มีความแข็งแรง ส่วนผงสีที่ใช้มักเป็นประเภทที่นอกจากจะต้องทนความร้อนแล้วยังต้องมีความทึบแสงสูง เพื่อให้สามารถปิดซ่อนสีของแผ่นโลหะได้ แต่โดยปกติมักมีการเคลือบโลหะด้วยหมึกสีขาวก่อนการพิมพ์ด้วยหมึกสีอื่น

ส่วนความหนืดและความเหนียวของหมึกพิมพ์นั้นต้องมากกว่าหมึกพิมพ์ออฟเซตประเภทอื่น เพื่อชดเชยกับแรงกดพิมพ์ที่มีมาก การใช้แรงกดพิมพ์มากก็เพื่อให้พิมพ์หมึกพิมพ์ได้ทั่วถึงสม่ำเสมอตลอดแผ่นโลหะ ดังนั้นหากหมึกพิมพ์มีความหนืดและความเหนียวต่ำจะทำให้เกิดปัญหาพิมพ์พร่า (slurring) และเม็ดสกรีนบวมมาก

2.4 หมึกพิมพ์ออฟเซตที่แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต หรือเรียกสั้น ๆ ว่าหมึกพิมพ์ออฟเซตยูวี (UV offset ink) หมึกพิมพ์ออฟเซตประเภทนี้ใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ทุกประเภทที่สามารถพิมพ์ได้ด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซต โอลิโกเมอร์หรือเรซินที่ใช้ในหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่สำคัญมีอยู่ด้วยกันสามชนิด คือ อีพอกซีอะคริเลต (epoxy acrylate) พอลิยูรีเทนอะคริเลต (polyurethane acrylate) และพอลิเอสเทอร์อะคริเลต (polyester acrylate) ในบรรดาเรซินทั้งสามชนิด อีพอกซีอะคริเลตเป็นเรซินที่ใช้กันมากเนื่องจากราคาถูกเมื่อเทียบกับเรซินอีกสองชนิดที่เหลือ พอลิยูรีเทนอะคริเลตเป็นเรซินที่ให้ความแข็งแรงและ

---

*สารกันการซับหลัง เป็นสารที่ทำให้ผิวของชั้นหมึกมีความขรุขระเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าความหนาชั้นหมึกพิมพ์ ซึ่งการที่ทำให้ผิวชั้นหมึกพิมพ์มีความขรุขระมากขึ้นนี้ มีผลทำให้ผิวสัมผัสระหว่างแผ่นพิมพ์มีน้อยลง การถ่ายโอนหมึกพิมพ์ที่ยังไม่แห้งตัวดีจากแผ่นพิมพ์หนึ่งไปยังแผ่นพิมพ์อีกแผ่นหนึ่งจึงมีน้อยลง หรืออาจเป็นสารที่ทำให้สภาพตัวหมึกพิมพ์สั้นลงก็ได้ ซึ่งก็จะทำให้หมึกไหลได้น้อยลงและเกิดการถ่ายโอนได้น้อยลง ตัวอย่างของสารกันซับหลัง เช่น ซิลิกา แว็กซ์ แมกนีเซียมไดสเตอเรต เป็นต้น

ทนทานต่อการขูดขีดและสารเคมี ในขณะที่พอลิเอสเทอร์อะคริเลตให้การยึดติดที่ดีกับผิวหน้าของวัสดุใช้พิมพ์ที่ไม่ดูดซึมหมึกพิมพ์หรือไม่มีรูพรุน เช่น พลาสติก โลหะ เป็นต้น ส่วนสารปรับความหนืดหรือไดลูเอ็นต์เป็นสารพวกอะคริเลตเช่นกัน โดยอาจเป็นชนิดที่หายไปจากหมึกพิมพ์หลังการพิมพ์แล้ว ซึ่งอาจระเหยไปจากชั้นหมึกพิมพ์หรือซึมผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุใช้พิมพ์หลังการพิมพ์แล้ว หรืออาจเป็นชนิดที่ยังเหลืออยู่ในหมึกพิมพ์หลังการพิมพ์ โดยเป็นชนิดที่สามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันร่วมไปกับโอลิโกเมอร์ได้ ตัวอย่างของไดลูเอ็นต์ เช่น ไดเอทิลีนไกลคอลไดอะคริเลต (diethylene glycol diacrylate) เพนทะเออริทรัยทอลไตรอะคริเลต (pentaerythritol triacrylate) เป็นต้น

นอกจากเรซินและไดลูเอ็นต์แล้ว สารที่จำเป็นต่อการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ประเภทนี้คือสารเริ่มปฏิกิริยาทางแสง ซึ่งหน้าที่ของสารพวกนี้ได้กล่าวแล้วในเรื่องสมบัติการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ สารเริ่มปฏิกิริยาทางแสงที่สำคัญส่วนใหญ่เป็นสารประกอบพวกคีโตน ตัวอย่างเช่น เบนโซฟีโนน (benzophenone) ไฮดรอกซีไดเมทิลแอซีโตฟีโนน (hydroxy dimethyl acetophenone) เป็นต้น

การใช้หมึกพิมพ์ออฟเซตยูวีมีข้อดีกว่าการใช้หมึกพิมพ์ออฟเซตประเภทอื่นอยู่ด้วยกันหลายประการ ที่สำคัญคือ ไม่มีองค์ประกอบที่เป็นตัวทำละลายที่ระเหยได้ ดังนั้นจึงไม่มีกลิ่นซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพและก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม หมึกพิมพ์ออฟเซตยูวีเป็นหมึกพิมพ์ที่มีความมันวาวสูงมาก รวมทั้งมีความทนทานต่อการขูดขีดและสารเคมีดี เป็นหมึกที่มีความคงตัวบนเครื่องพิมพ์ดี เนื่องจากหมึกพิมพ์แห้งตัวได้เมื่อผ่านการฉายด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตเท่านั้น และไดลูเอ็นต์ไม่เกิดการระเหย ดังนั้นหมึกพิมพ์จึงไม่เกิดการแห้งตัวบนลูกกลิ้งหมึก ผ้ายาง และแม่พิมพ์ รวมทั้งความหนืดของหมึกพิมพ์มีการเปลี่ยนแปลงน้อย ทำให้ปัญหาการพิมพ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการที่หมึกพิมพ์มีความหนืดไม่เหมาะสมเกิดขึ้นน้อยกว่าการพิมพ์โดยใช้หมึกพิมพ์ประเภทอื่น ส่วนข้อเสียประการสำคัญของหมึกพิมพ์ออฟเซตยูวีก็คือ มีราคาแพงกว่าหมึกพิมพ์ออฟเซตทั่วไป

กิจกรรม 4.3.1

1. การเกิดอิมัลซิฟิเคชันระหว่างหมึกพิมพ์ออฟเซตกับน้ำต้องเกิดขึ้นในลักษณะใด จึงจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาขึ้นพื้น

2. หมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนที่แห้งหมาดตัวด้วยความร้อนเป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทใดและใช้เพื่อผลิตเป็นสิ่งพิมพ์อะไร

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.3 กิจกรรม 4.3.1

แนวตอบกิจกรรม 4.3.1

1. การเกิดอิมัลซิฟิเคชันระหว่างหมึกพิมพ์ออฟเซตกับน้ำต้องเกิดขึ้นในลักษณะน้ำในน้ำมันจึงจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาขึ้นพื้น

2. หมึกพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วนที่แห้งหมาดตัวด้วยความร้อนเป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์บนกระดาษเคลือบผิวเพื่อใช้ผลิตเป็นสิ่งพิมพ์คุณภาพ เช่น นิตยสาร หนังสือ แคตาล็อก เป็นต้น

เรื่องที่ 4.3.2
หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์

หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์เป็นหมึกข้นที่ใช้พิมพ์สิ่งพิมพ์ทั่วไปและสิ่งพิมพ์เผยแพร่ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น หนังสือ นิตยสาร นามบัตร หนังสือพิมพ์ รวมทั้งใช้พิมพ์บนกระดาษแข็งและกระดาษลูกฟูกเพื่อทำเป็นกล่อง ด้วย อย่างไรก็ตามในปัจจุบันสิ่งพิมพ์ที่เคยพิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ได้รับการพิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์อื่นแทน ทำให้การพิมพ์ระบบนี้มีใช้น้อยลง

เนื่องจากหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์จัดเป็นหมึกข้นและใช้พิมพ์สิ่งพิมพ์ต่าง ๆ คล้ายคลึงกับหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์ออฟเซต หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์จึงมีสมบัติต่าง ๆ รวมทั้งองค์ประกอบคล้ายคลึงกับหมึกพิมพ์ออฟเซตที่ใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์เพื่อผลิตเป็นสิ่งพิมพ์ประเภทเดียวกัน ดังนั้น สมบัติต่าง ๆ และประเภทของหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์จะขอกล่าวโดยสรุปเท่านั้น

1. สมบัติสำคัญของหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์

1.1 ความหนาชั้นหมึกพิมพ์ หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ต่าง ๆ ด้วยความหนาประมาณ 3-5 ไมครอน (0.003-0.005 มิลลิเมตร) ซึ่งเป็นความหนาที่ใกล้เคียงกับความหนาของชั้นหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์ออฟเซต ระบบจ่ายหมึกของเครื่องพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์จึงประกอบด้วยลูกกลิ้งหมึกจำนวนมาก เหมือนกับระบบการจ่ายหมึกพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ออฟเซต อย่างไรก็ตามความหนาของชั้นหมึกพิมพ์โดยเฉลี่ยของหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ที่ใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์มากกว่าหมึกพิมพ์ออฟเซต ดังนั้นผงสีที่ใช้จึงสามารถใช้ชนิดที่มีความอิ่มตัวสีน้อยกว่าหรือใช้ในปริมาณน้อยกว่าได้

1.2 ความหนืดของหมึกพิมพ์ หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์โดยทั่วไปมีค่าความหนืดอยู่ระหว่างประมาณ 20-200 พอยส์ (2-20 ปาสคาล•วินาที) ซึ่งเป็นหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดต่ำกว่าหมึกพิมพ์ออฟเซต อย่างไรก็ตามหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์เป็นหมึกที่จัดว่ามีสภาวะตัวหมึก (body) ยาวกว่าหมึกพิมพ์ออฟเซต ทั้งนี้หมึกยาวหมายถึงหมึกที่เมื่อได้รับแรงกระทำแล้วเกิดการไหลที่ยาวหรือไหลต่อเนื่องกันไปโดยไม่แยกตัวหรือขาดออกจากกัน การทดสอบความยาวของหมึกอาจทำได้ง่าย ๆ โดยใช้พายหมึก (ink knife) หรือนิ้วมือแตะหมึกพิมพ์ที่กองอยู่บนโต๊ะแล้วยกขึ้นดังแสดงในภาพที่ 4.19 หมึกที่มีความยาวมากกว่าเมื่อดึงขึ้นแล้วจะเกิดเป็นสายหมึกที่ยาวกว่า ก่อนที่สายหมึกจะขาดออกจากกัน

ภาพที่ 4.19 การทดสอบความยาวของหมึกพิมพ์

ที่มา: What the Printer Should Know about Ink

ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการที่หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์มีลักษณะเป็นหมึกยาวก็คือ เมื่อหมึกพิมพ์ถ่ายโอนจากลูกกลิ้งหมึกลูกหนึ่งไปยังลูกกลิ้งหมึกอีกลูกหนึ่งที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงในขณะที่ลูกกลิ้งหมึกเคลื่อนที่ออกจากกันก็จะเกิดแรงที่ทำให้หมึกพิมพ์เกิดมีลักษณะเป็นสาย (filament) ขึ้น และเกิดแตกออกเป็นอนุภาคขนาดเล็กของหมึกเคลื่อนที่ฟุ้งกระจายไปในอากาศ ซึ่งหมึกที่ฟุ้งกระจายไปนี้ย่อมเป็นอันตรายต่อสุขภาพของช่างพิมพ์ได้หากช่างพิมพ์สูดดมเข้าไป รวมทั้งหากตกกลับลงมายังเครื่องพิมพ์ก็จะทำให้ส่วนต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์และวัสดุใช้พิมพ์เปรอะเปื้อนได้ ทั้งนี้เรียกการเคลื่อนที่ของอนุภาคหมึกพิมพ์ออกจากเครื่องพิมพ์ไปสู่อากาศนี้ว่า "การเกิดหมึกฟุ้ง" (ink fly or misting) ปัญหานี้สำหรับหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์แล้วเกิดขึ้นมากกว่าหมึกพิมพ์ออฟเซต เพราะโดยทั่วไปหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์มีความยาวมากกว่าหมึกพิมพ์ออฟเซต ดังนั้นจึงมักมีการเติมสารเติมแต่งที่ช่วยลดการฟุ้งของหมึกเข้าไปในหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ด้วย คือ "สารกันหมึกฟุ้ง" (antimisting agent) เช่น ซิลิกาออกไซด์ เคลย์ เป็นต้น

1.3 ความเหนียวของหมึกพิมพ์ เนื่องจากระบบการจ่ายหมึกของเครื่องพิมพ์และความหนาของชั้นหมึกพิมพ์ของหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ที่ต้องการ มีความคล้ายคลึงและใกล้เคียงกับหมึกพิมพ์ออฟเซต ความสำคัญของความเหนียวของหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์และปัญหาที่เกิดขึ้นกับการที่หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ที่มีความเหนียวที่ไม่เหมาะสม จึงคล้ายคลึงกับหมึกพิมพ์ออฟเซต

1.4 การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์มีการแห้งตัวได้หลายวิธี สำหรับหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ที่ใช้พิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิวมีการแห้งตัวโดยการซึมผ่านหรือโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน หมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์บนกระดาษเคลือบผิวเป็นหมึกที่แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน หรืออาจเป็นชนิดแห้งหมาดตัวเร็ว หมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนกระดาษแข็งเพื่อทำเป็นบรรจุภัณฑ์กล่องมีการแห้งตัวโดยการตกตะกอนของเรซิน ส่วนหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์พวกฉลากสินค้าส่วนใหญ่ในปัจจุบันมีการแห้งตัวฉับพลันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

2. ประเภทของหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์

2.1 หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์สำหรับพิมพ์บนกระดาษไม่เคลือบผิว องค์ประกอบของหมึกพิมพ์ประเภทนี้ขึ้นกับวิธีการแห้งตัว โดยถ้าเป็นหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวด้วยการซึมผ่านเพียงอย่างเดียว ซึ่งใช้พิมพ์พวกหนังสือพิมพ์ เป็นหมึกพิมพ์ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นผงสีที่กระจายตัวในน้ำมันมิเนอรัลโดยไม่มีเรซินเป็นองค์ประกอบ จึงมีความทนการถูต่ำ เลอะมือได้ง่าย สำหรับหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน ซึ่งใช้สำหรับพิมพ์สิ่งพิมพ์ทั่วไป เรซินหลักที่ใช้ในหมึกพิมพ์คืออัลคิด ส่วนน้ำมันวาร์นิชเตรียมจากเรซินผสมระหว่างไฮโดรคาร์บอนและฟีนอลิก แล้วนำไปเคี่ยวกับน้ำมันลินสีด เนื่องจากเป็นหมึกพิมพ์ชนิดที่แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน ในหมึกพิมพ์จึงมีสารทำแห้งผสมอยู่ด้วย

2.2 หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์สำหรับพิมพ์บนกระดาษเคลือบผิว หมึกพิมพ์ประเภทนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวแบบหมาดตัวเร็ว องค์ประกอบของหมึกพิมพ์จึงคล้ายคลึงกับหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสที่แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน อย่างไรก็ตามก็มีการผสมพวกปิโตเลียมดิสทิลเลตที่มีจุดเดือดสูงเข้าไปในหมึกพิมพ์ด้วย เพื่อช่วยปรับความหนืดและปรับอัตราเร็วในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ด้วยวิธีการซึมผ่าน สารเติมแต่งสำคัญนอกจากสารทำแห้งแล้ว ก็มีสารพวกแว็กซ์ที่เติมเข้าไปเพื่อช่วยเพิ่มความทนการขัดถูของหมึกพิมพ์ให้มีมากขึ้น เนื่องจากเป็นการพิมพ์บนกระดาษเคลือบผิวซึ่งมีผิวเรียบกว่ากระดาษไม่เคลือบผิว ทำให้หมึกพิมพ์ยึดติดบนกระดาษเคลือบผิวได้น้อยกว่ากระดาษไม่เคลือบผิว จึงทำให้ความทนการขัดถูมีน้อยกว่า

2.3 หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์สำหรับพิมพ์กระดาษแข็ง หมึกพิมพ์ประเภทนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนกระดาษแข็งเพื่อทำเป็นบรรจุภัณฑ์กล่อง การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ประเภทนี้เกิดจากการตกตะกอนของเรซินด้วยการหายไปของตัวทำละลายและเบส เรซินที่ใช้เป็นพวกมาเลอิก ตัวทำละลายที่ใช้เป็นพวกไกลคอลและเบสที่ใช้เป็นสารพวกแอมีน

2.4 หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์สำหรับพิมพ์ฉลาก หมึกพิมพ์ประเภทนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวฉับพลันโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต จึงมีองค์ประกอบของหมึกพิมพ์คล้ายคลึงกับหมึกพิมพ์ออฟเซตที่แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต

กิจกรรม 4.3.2

1. เพราะเหตุใดหมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์จึงมีองค์ประกอบที่เป็นผงสีที่มีความอิ่มตัวสีต่ำกว่าหรือมีปริมาณน้อยกว่าในหมึกพิมพ์ออฟเซตได้

2. หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ที่แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตใช้พิมพ์สิ่งพิมพ์ประเภทใดเป็นสำคัญ

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.3 กิจกรรม 4.3.2

แนวตอบกิจกรรม 4.3.2

1. การที่หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์มีองค์ประกอบที่เป็นผงสีที่มีความอิ่มตัวสีต่ำกว่าหรือมีปริมาณน้อยกว่าในหมึกพิมพ์ออฟเซตได้ เป็นเพราะในการพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทต่าง ๆ หมึกพิมพ์เลตเตอร์เพรสส์ได้รับการพิมพ์ด้วยชั้นหมึกพิมพ์ที่มีความหนามากกว่าหมึกพิมพ์ออฟเซต

2. ฉลากสินค้า

เรื่องที่ 4.3.3
หมึกพิมพ์กราวัวร์

หมึกพิมพ์กราวัวร์เป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์บรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ เป็นหลัก นอกจากนี้ยังใช้พิมพ์สิ่งพิมพ์เผยแพร่และสิ่งพิมพ์ลักษณะพิเศษประเภทสิ่งพิมพ์มีค่าด้วย ระบบการพิมพ์นี้มีทั้งที่เป็นชนิดป้อนม้วนและป้อนแผ่น แต่นิยมพิมพ์ด้วยระบบป้อนม้วนมากกว่าเพื่อช่วยให้ราคาต่อชิ้นของสิ่งพิมพ์ถูกลง เนื่องจากแม่พิมพ์ที่ใช้มีราคาแพงแต่สามารถใช้กดพิมพ์ได้นับล้านครั้ง วัสดุใช้พิมพ์ที่ใช้มีทั้งที่เป็นกระดาษ กระดาษแข็ง แผ่นโลหะเปลว พลาสติก และฟิล์มเคลือบไอโลหะ สำหรับตัวอย่างของสิ่งพิมพ์กราวัวร์เช่น นิตยสาร แคตาล็อก แสตมป์ ฉลากสินค้า กระดาษปิดผนัง รวมทั้งบรรจุภัณฑ์ใช้เพื่อบรรจุและห่ออาหารและสินค้าต่าง ๆ เป็นต้น

1. สมบัติสำคัญของหมึกพิมพ์กราวัวร์

1.1 ความหนาชั้นหมึกพิมพ์กราวัวร์ หมึกพิมพ์กราวัวร์ที่พิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทต่าง ๆ อยู่ระหว่าง 8-12 ไมครอน ซึ่งเป็นความหนาที่มากกว่าความหนาชั้นหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์ออฟเซต ดังนั้นหมึกพิมพ์กราวัวร์จึงสามารถใช้ปริมาณผงสีหรือผงสีที่มีความอิ่มตัวต่ำกว่าที่ใช้ในหมึกพิมพ์ออฟเซตได้ อย่างไรก็ตามผงสีที่ใช้ต้องมีขนาดที่ไม่ใหญ่จนเกินไป เพราะอาจอุดตันบ่อหมึกและต้องไม่แข็งเกินไปจนทำให้แม่พิมพ์และใบปาดหมึกเกิดการสึกกร่อนขึ้นได้

1.2 ความหนืดของหมึกพิมพ์กราวัวร์ ระบบการถ่ายโอนหมึกบนเครื่องพิมพ์กราวัวร์ไม่ซับซ้อนเหมือนกับบนเครื่องพิมพ์ออฟเซต ซึ่งอาศัยลูกกลิ้งถ่ายโอนหมึกหลายลูก การถ่ายโอนหมึกในระบบการพิมพ์กราวัวร์เกิดจากการหมุนของโมแม่พิมพ์ที่มีผิวบางส่วนจุ่มอยู่ในอ่างหมึก ดังนั้นเพื่อให้หมึกพิมพ์ในอ่างหมึกสามารถถ่ายโอนเข้าไปขังอยู่ในบริเวณภาพที่มีลักษณะเป็นบ่อลึกขนาดเล็กและถ่ายโอนจากบ่อหมึกลงบนวัสดุใช้พิมพ์ได้ดีนั้น หมึกพิมพ์ที่ใช้ต้องมีลักษณะเหลว ส่วนหมึกพิมพ์ที่ถ่ายโอนไปยังบริเวณที่ไม่ใช่ภาพซึ่งเป็นบริเวณพื้นผิวของแม่พิมพ์ ก็จะได้รับการปาดให้ไหลกลับไปในอ่างหมึก หมึกพิมพ์กราวัวร์จัดเป็นหมึกเหลวเพราะองค์ประกอบส่วนใหญ่ประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์ของหมึกพิมพ์เป็นตัวทำละลายและมีผงสีอยู่ในปริมาณน้อย หมึกพิมพ์กราวัวร์จึงมีสมบัติการไหลใกล้เคียงกับของเหลวประเภทนิวโทเนียน มีค่ายีลด์และมีสมบัติการแปรและคืนสภาพหมึกน้อย หมึกพิมพ์กราวัวร์ที่ดีต้องเป็นหมึกพิมพ์ที่ไหลจากอ่างหมึกเข้าไปในบ่อหมึกและถ่ายโอนลงบนวัสดุใช้พิมพ์แล้วเกิดเป็นภาพได้ง่ายเมื่อได้รับแรงกดพิมพ์ ในขณะเดียวกันหมึกพิมพ์ในบริเวณไร้ภาพก็ต้องไหลกลับไปยังอ่างหมึกได้โดยง่ายเช่นกัน เมื่อใบปาดหมึกปาดผ่าน

โดยปกติหมึกพิมพ์กราวัวร์ที่โรงพิมพ์ซื้อจากบริษัทผู้ผลิตหมึกพิมพ์จะมีความเข้มข้นหรือความหนืดสูงกว่าปกติ ซึ่งแตกต่างจากหมึกพิมพ์ออฟเซตและเลตเตอร์เพรสส์ที่ผลิตขึ้นให้มีความหนืดที่พร้อมนำไปใช้พิมพ์ ข้อดีประการหนึ่งของการที่ผลิตให้หมึกพิมพ์มีความหนืดสูงกว่าปกติ ก็เพื่อป้องกันการตกตะกอนของผงสีเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกในขณะเก็บก่อนการใช้งานจริง ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดได้ง่ายกับหมึกที่มีลักษณะเหลว ดังนั้นก่อนที่จะนำหมึกพิมพ์กราวัวร์ไปใช้พิมพ์ได้ จึงต้องนำมาเจือจางด้วยตัวทำละลายผสมต่าง ๆ ก่อนเพื่อให้ได้ความหนืดและอัตราเร็วในการระเหยที่เหมาะสมกับสภาพการพิมพ์และวัสดุใช้พิมพ์ที่ใช้ สำหรับการวัดความหนืดของหมึกพิมพ์หลังจากเจือจางด้วยตัวทำละลายแล้วทำโดยใช้ถ้วยซาห์นหมายเลข 2 ซึ่งความหนืดที่เหมาะสมอยู่ระหว่างประมาณ 15-25 วินาทีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หรือ 0.1-0.5 พอยส์ ทั้งนี้ความหนืดของหมึกพิมพ์ที่ใช้จะเป็นเท่าไร ขึ้นอยู่กับความเร็วในการพิมพ์และสมบัติการดูดซึมของวัสดุใช้พิมพ์เป็นสำคัญ

หมึกพิมพ์กราวัวร์ที่มีความหนืดไม่เหมาะสมย่อมก่อให้เกิดปัญหาทางการพิมพ์ต่าง ๆ หมึกพิมพ์ที่หนืดมากเกินไปจะทำให้หมึกพิมพ์ไหลออกจากบ่อหมึกได้ไม่ดี ทำให้เกิดการพิมพ์ติดบ้างไม่ติดบ้างก่อให้เกิดปัญหาจุดขาว และในบริเวณพื้นทึบก็สามารถสังเกตเห็นลักษณะและรูปแบบการจัดเรียงตัวของบ่อหมึกได้ชัดเจนหรือที่เรียกว่า "สกรีนิง" (screening) เพราะหมึกพิมพ์ที่อยู่ในบ่อหมึกข้างเคียงเมื่อพิมพ์แล้วไม่ไหลออกทางด้านข้างมารวมกันเกิดเป็นชั้นหมึกพิมพ์ที่ต่อเนื่อง จึงถ่ายทอดลักษณะของบ่อหมึกลงบนวัสดุใช้พิมพ์ นอกจากนี้การที่หมึกพิมพ์มีความหนืดเกินไปยังทำให้ต้องตั้งแรงกดปาดของใบปาดหมึกให้มากขึ้น เพื่อว่าจะได้ปาดหมึกทั้งหมดในบริเวณไร้ภาพให้กลับลงไปในอ่างหมึกได้หมด มิฉะนั้นแล้วจะทำให้เกิดปัญหาคราบหมึกเปื้อนเลอะในบริเวณไร้ภาพได้ ทั้งนี้การตั้งแรงกดปาดของใบปาดหมึกให้มากขึ้น ย่อมทำให้ใบปาดหมึกและผิวหน้าแม่พิมพ์เกิดการสึกหรอมากขึ้น ส่วนหมึกพิมพ์ที่หนืดน้อยเกินไป นอกจากจะทำให้พิมพ์เม็ดสกรีนที่มีขอบไม่คมชัด และเกิดการบวมตัวมากเกินไปแล้ว ก็จะทำให้พิมพ์ชั้นหมึกพิมพ์ได้หนาบางไม่เท่ากัน เกิดปัญหาพิมพ์กระดำกระด่าง (mottle) ขึ้นได้

1.3 ความเหนียวของหมึกพิมพ์กราวัวร์ หมึกพิมพ์กราวัวร์เป็นหมึกพิมพ์ที่มีความเหนียวน้อยมากหรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีเลยเมื่อเทียบกับหมึกพิมพ์ออฟเซตและเลตเตอร์เพลสส์ และจากการที่หมึกพิมพ์กราวัวร์มีความเหนียวน้อยมากนี้เอง การถ่ายโอนของหมึกพิมพ์จึงไม่สามารถถ่ายโอนลงบนวัสดุใช้พิมพ์ในลักษณะเดียวกันกับที่เกิดขึ้นในระบบการพิมพ์ออฟเซตและเลตเตอร์เพรสส์ ที่ต้องมีการแยกชั้นหมึกพิมพ์หนาออกเป็นชั้นหมึกพิมพ์บางโดยอาศัยลูกกลิ้งหมึกจำนวนมาก ความเหนียวของหมึกพิมพ์กราวัวร์จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญน้อยกว่าต่อการถ่ายโอนหมึกพิมพ์ นอกจากนี้แล้วในการพิมพ์สอดสีของระบบการพิมพ์ออฟเซตและเลตเตอร์เพรสส์นั้นจะเป็นการพิมพ์แบบเปียกบนเปียก แต่ในการพิมพ์ในระบบกราวัวร์จะเป็นแบบเปียกบนแห้ง เนื่องจากหมึกพิมพ์ที่พิมพ์แล้วจะผ่านส่วนทำแห้งแล้วเกิดการแห้งตัวก่อนที่จะพิมพ์หมึกพิมพ์สีต่อไป ดังนั้นปัญหาพิมพ์จับหมึกกลับจึงไม่เกิดขึ้นในระบบการพิมพ์กราวัวร์เหมือนเช่นที่เกิดขึ้นในระบบการพิมพ์ออฟเซตและเลตเตอร์เพรสส์

1.4 การแห้งตัวของหมึกพิมพ์กราวัวร์ หมึกพิมพ์กราวัวร์โดยทั่วไปแห้งตัวโดยการระเหยของตัวทำละลายเป็นหลัก ในกรณีที่พิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทกระดาษไม่เคลือบผิว การไหลของตัวทำละลายเข้าไปในเนื้อกระดาษมีส่วนช่วยให้หมึกพิมพ์หมาดตัวได้เร็วขึ้น ตัวทำละลายของหมึกพิมพ์กราวัวร์ระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิห้องปกติ แต่เพื่อช่วยให้หมึกพิมพ์ระเหยได้เร็วยิ่งขึ้นบนเครื่องพิมพ์มีส่วนทำแห้งต่ออยู่กับส่วนพิมพ์ด้วย แต่อุณหภูมิที่ใช้ทำแห้งหมึกพิมพ์ในหน่วยทำแห้งของเครื่องพิมพ์กราวัวร์ต่ำกว่าอุณหภูมิในส่วนทำแห้งของเครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนม้วน เพื่อไม่ให้วัสดุใช้พิมพ์ประเภทพลาสติกเกิดการหลอมตัวหรือเกิดติดไฟได้ จากการที่หมึกพิมพ์ระเหยได้ง่ายมากจึงมีผลทำให้ความหนืดของหมึกพิมพ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเพื่อชดเชยปริมาณตัวทำละลายที่ระเหยไปในระหว่างการพิมพ์จึงมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความหนืดอัตโนมัติ โดยอุปกรณ์นี้จะตรวจวัดความหนืดของหมึกพิมพ์ในอ่างหมึก ถ้าหมึกพิมพ์มีความหนืดสูงกว่าที่กำหนดไว้ก็จะควบคุมให้มีการเสริมตัวทำละลายจากถังเก็บตัวทำละลายเพิ่มให้กับหมึกพิมพ์ในอ่างหมึกโดยอัตโนมัติ

1.5 ความทนทานของหมึกพิมพ์กราวัวร์ หมึกพิมพ์กราวัวร์สำหรับสิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ นอกจากต้องทนการขัดถูและแสงได้เช่นเดียวกับหมึกพิมพ์ออฟเซตและเลตเตอร์เพรสส์สำหรับพิมพ์สิ่งพิมพ์ทั่วไปและสิ่งพิมพ์เผยแพร่ต่าง ๆ แล้ว หมึกพิมพ์กราวัวร์สำหรับสิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ยังต้องมีความทนทานต่อสินค้า ผลิตภัณฑ์ และอาหารที่บรรจุภัณฑ์นั้นจะนำไปใช้บรรจุด้วย กล่าวคือ เมื่อหมึกพิมพ์มีการสัมผัสกับสิ่งที่จะนำไปบรรจุ ก็ต้องไม่เกิดการหลุดออกมาและปนเปื้อนกับสิ่งที่บรรจุภายใน นอกจากนี้ยังต้องมีความทนทานต่อสารเคมีและสภาวะต่าง ๆ ในกระบวนการงานหลังการพิมพ์ เช่น การเคลือบกับพลาสติก การขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ หรือหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บน

พลาสติกที่ต้องเคลือบด้วยสารพอลิไวนิลิดีนคลอไรด์* (polyvinylidene chloride) หรือพีวีดีซี (pvdc) หลังการพิมพ์ ต้องไม่ใช้หมึกพิมพ์ที่มีเรซินพวกไนโตรเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ เนื่องจากพีวีดีซียึดติดกับเรซินชนิดนี้ได้ไม่ดี ส่วนหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์บนซองพลาสติกที่ต้องผ่านกระบวนการปิดผนึกด้วยความร้อนก็ต้องทนทานต่อความร้อนที่ใช้ ไม่หลุดจากซองพลาสติกไปเลอะติดส่วนให้ความร้อนของอุปกรณ์ปิดผนึก และหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์บนกระดาษ หรือพลาสติกที่นำไปใช้ทำบรรจุภัณฑ์อาหารแช่แข็งก็ต้องทนต่อความเย็นที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ในขณะเก็บได้ เป็นต้น

2. ประเภทของหมึกพิมพ์กราวัวร์

ในสหรัฐอเมริกา หมึกพิมพ์กราวัวร์ได้รับการจำแนกเป็นชนิดต่าง ๆ ตามองค์ประกอบที่เป็นตัวทำละลายและเรซินที่ใช้ในหมึกพิมพ์ โดยหมึกพิมพ์แต่ละชนิดได้รับการกำหนดชนิดด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษคือ A B C D E M T V W และ X โดยที่หมึกพิมพ์ชนิด A เป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้สำหรับพิมพ์สิ่งพิมพ์เผยแพร่ต่าง ๆ โดยมีตัวทำละลายหลักเป็นไฮโดรคาร์บอนพวกอะลิฟาติก และมีเรซินไฮโดรคาร์บอนและเรซิเนตเป็นองค์ประกอบ หมึกพิมพ์ชนิด D เป็นหมึกพิมพ์ที่มีเรซินพวกพอลิแอไมด์เป็นองค์ประกอบ โดยมีตัวทำละลายผสมระหว่างแอลกอฮอล์กับพวกไฮโดรคาร์บอน หมึกพิมพ์ชนิด V เป็นหมึกพิมพ์ที่มีเรซินพวกไวนิลเป็นองค์ประกอบ โดยมีตัวทำละลายพวกคีโตนเป็นตัวทำละลายหลัก หรือหมึกพิมพ์ชนิด W เป็นหมึกพิมพ์ฐานน้ำ เป็นต้น อย่างไรก็ตามอาจแบ่งหมึกพิมพ์กราวัวร์ออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท ตามประเภทของสิ่งพิมพ์ ดังนี้

2.1 หมึกพิมพ์กราวัวร์สำหรับพิมพ์สิ่งพิมพ์ทั่วไปและสิ่งพิมพ์เผยแพร่ หมึกพิมพ์ประเภทนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์ลงบนกระดาษทั้งเคลือบผิวและไม่เคลือบผิว เรซินหลักที่ใช้ในหมึกพิมพ์คือสังกะสี-แคลเซียมเรซิเนต ซึ่งสามารถปลดปล่อยตัวทำละลายได้ดี แต่ทนการขัดถูได้ไม่ดีนัก ดังนั้นจึงมีการเติมเรซินพวกเซลลูโลซิกหรือฟีนอลิกเข้าไปในหมึกพิมพ์ด้วย เพื่อช่วยให้ชั้นหมึกพิมพ์มีความแข็งแรง ทนการขัดถูและมีความมันวาวมากขึ้น ตัวทำละลายที่ใช้เป็นตัวทำละลายผสมระหว่างโทลูอีนและไฮโดรคาร์บอนพวกอะลิฟาติก โดยมีไซลีนในปริมาณเล็กน้อยผสมอยู่ด้วย ส่วนผงสีที่ใช้ในหมึกพิมพ์ชุดสอดสีเป็นชนิดเดียวกับผงสีที่ใช้ในหมึกพิมพ์ออฟเซตที่ใช้พิมพ์สิ่งพิมพ์ทั่วไปและสิ่งพิมพ์เผยแพร่ นอกจากนี้ก็มีการเติมสารเติมแต่งพวกแว็กซ์เข้าไปในหมึกพิมพ์ด้วย เพื่อช่วยเพิ่มความทนการขัดถูของชั้นหมึกพิมพ์ให้มากขึ้น และสารเพิ่มสภาพพลาสติกซึ่งช่วยให้ชั้นหมึกพิมพ์ยึดติดกับวัสดุใช้พิมพ์ได้ดีและมีส่วนช่วยให้ความมันวาวของชั้นหมึกพิมพ์มากขึ้น

2.2 หมึกพิมพ์กราวัวร์สำหรับพิมพ์สิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ อาจแบ่งตามประเภทของวัสดุใช้พิมพ์ที่ใช้ได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้คือ

2.2.1 หมึกพิมพ์กราวัวร์สำหรับพิมพ์บนกระดาษ หมึกพิมพ์ประเภทนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์บนกระดาษและกระดาษแข็งเพื่อผลิตเป็นฉลากสินค้า กระดาษห่อของและอาหาร และกล่องบรรจุสินค้า องค์ประกอบที่สำคัญของหมึกพิมพ์สำหรับพิมพ์ฉลากอาจประกอบด้วยเรซินผสมระหว่างฟีนอลิกและคลอริเนเท็ดรับเบอร์ โดยมีโทลูอีน เอทิลแอซีเทตและไฮโดรคาร์บอนพวกอะลิฟาติกเป็นตัวทำละลายผสม ส่วนหมึกพิมพ์สำหรับพิมพ์บนกระดาษเพื่อใช้ห่ออาหารและหมึกพิมพ์สำหรับพิมพ์บนกระดาษแข็งเพื่อใช้ทำเป็นกล่อง จะใช้เรซินผสมระหว่างไนโตรเซลลูโลสและมาเลอิก และมีแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายหลัก โดยมีเอทิลแอซีเทตและไกลคอลอีเทอร์ผสมอยู่ด้วยในปริมาณเล็กน้อย

---

*สารละลายของพีวีดีซีใช้เคลือบบนพลาสติกเพื่อให้บรรจุภัณฑ์สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ รวมทั้งช่วยป้องกันความชื้นให้กับสินค้าที่บรรจุอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์นั้น

2.2.2 หมึกพิมพ์กราวัวร์สำหรับพิมพ์บนแผ่นอะลูมิเนียมเปลว แผ่นอะลูมิเนียมเปลวในที่นี้หมายรวมถึงแผ่นอะลูมิเนียมเปลวบริสุทธิ์ (virgin foil) และแผ่นอะลูมิเนียมเปลวที่เคลือบติดกับกระดาษและกระดาษแข็ง (foil laminates) สมบัติของหมึกพิมพ์ที่พิมพ์ลงบนแผ่นอะลูมิเนียมเปลวที่สำคัญประการหนึ่งก็คือความโปร่งใส เพื่อว่าเมื่อพิมพ์แล้วทำให้สามารถมองเห็นลักษณะมันวาวของแผ่นอะลูมิเนียมเปลวที่อยู่ข้างใต้ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้ผงสีที่มีความโปร่งใสดีหรืออาจผสมด้วยสีย้อมก็ได้ เรซินหลักที่ใช้อาจเป็นพวกไนโตรเซลลูโลส หรือพวกไวนิล โดยอาจใช้ร่วมกับเรซินอะคริลิก หรือใช้ผสมกันเอง ส่วนตัวทำละลายอาจเป็นตัวทำละลายผสมระหว่างแอลกอฮอล์กับเอสเทอร์ เช่น เอทานอลกับโพรพิลแอซีเทต หรือตัวทำละลายผสมระหว่างคีโตนและเอสเทอร์ เช่น เมทิลเอทิลคีโตนกับเอทิลแอซีเทต

2.2.3 หมึกพิมพ์กราวัวร์สำหรับพิมพ์บนฟิล์มพลาสติก ฟิล์มพลาสติกที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ประเภทซองหรือถุงและที่พิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์กราวัวร์มีอยู่ด้วยกันมากมายหลายชนิด ในที่นี้จะขอกล่าวถึงหมึกพิมพ์บนฟิล์มบางชนิดที่สำคัญดังนี้

1) หมึกพิมพ์กราวัวร์สำหรับพิมพ์บนพอลิเอทิลีน หมึกพิมพ์สำหรับพลาสติกประเภทนี้มีเรซินพอลิแอไมด์เป็นองค์ประกอบและใช้สารละลายผสมระหว่างโทลูอีน แอลกอฮอล์ และไฮโดรคาร์บอนพวกอะลิฟาติกเป็นตัวทำละลาย

2) หมึกพิมพ์กราวัวร์สำหรับพิมพ์บนพอลิโพรพิลีน หมึกพิมพ์สำหรับพลาสติกประเภทนี้มีเรซินไนโตรเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ และใช้สารละลายผสมระหว่างเอทานอลและเอทิลแอซีเทตเป็นตัวทำละลาย ส่วนพอลิโพรพิลีนที่เคลือบด้วยพีวีดีซี จะใช้เรซินอะคริลิกแทนเรซินไนโตรเซลลูโลส

3) หมึกพิมพ์สำหรับพิมพ์บนเซลลูโลส เรซินและตัวทำละลายที่เป็นองค์ประกอบของหมึกพิมพ์เหมือนกับที่ใช้ในหมึกพิมพ์กราวัวร์สำหรับพิมพ์บนพอลิโพรพิลีน

4) หมึกพิมพ์สำหรับพิมพ์บนพอลิเอสเทอร์ เรซินที่ยึดติดบนฟิล์มประเภทนี้ได้ดีเป็นเรซินพวกไวนิล เช่น โคพอลิเมอร์ของไวนิลคลอไรด์ ไวนิลแอซีเทตและไวนิลแอลกอฮอล์ ส่วนตัวทำละลายที่ใช้ได้แก่ คีโตน เอทานอล และ/หรือ เอสเทอร์

สำหรับสารเติมแต่งที่อาจเติมในหมึกพิมพ์คือแว็กซ์และสารเพิ่มสภาพพลาสติก เช่นเดียวกับหมึกพิมพ์กราวัวร์สำหรับพิมพ์สิ่งพิมพ์ทั่วไปและสิ่งพิมพ์เผยแพร่

กิจกรรม 4.3.3

1. เพราะเหตุใดหมึกพิมพ์กราวัวร์ที่ซื้อจากบริษัทผู้ผลิตหมึกพิมพ์อยู่ในสภาพที่มีความเข้มข้น หรือความหนืดสูงกว่าสภาพที่จะนำไปใช้พิมพ์จริง

2. หมึกพิมพ์กราวัวร์แบ่งออกเป็นชนิดต่าง ๆ โดยใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B, C,...X ในการกำหนดชนิดหมึกพิมพ์ อยากทราบว่าหมึกพิมพ์ชนิด A มีความแตกต่างจากหมึกพิมพ์ชนิดอื่น ๆ ในเรื่องใดเป็นสำคัญ

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.3 กิจกรรม 4.3.3

แนวตอบกิจกรรม 4.3.3

1. สาเหตุที่หมึกพิมพ์กราวัวร์ที่ซื้อจากบริษัทผู้ผลิตหมึกพิมพ์อยู่ในสภาพที่มีความหนืดสูงกว่าที่จะนำไปใช้พิมพ์จริงก็เพื่อป้องกันไม่ให้ผงสีเกิดการตกตะกอนในขณะเก็บ

2. หมึกพิมพ์ชนิด A แตกต่างจากหมึกพิมพ์ชนิดอื่นในเรื่องของชนิดของตัวทำละลายและเรซินที่เป็นองค์ประกอบในหมึกพิมพ์เป็นสำคัญ

เรื่องที่ 4.3.4
หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

ระบบการพิมพ์เฟล็กโซกราฟีใช้พิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ได้หลายประเภทไม่ว่าจะเป็นกระดาษ กระดาษแข็ง พลาสติก และแผ่นโลหะเปลว เช่นเดียวกับระบบการพิมพ์กราวัวร์ แต่เดิมเป็นระบบการพิมพ์เพื่อพิมพ์สิ่งพิมพ์ที่จะทำเป็นบรรจุภัณฑ์เป็นหลักไม่ว่าจะเป็นกล่อง ถุง ฉลากสินค้า กระดาษหรือพลาสติกห่อของ แต่ในปัจจุบันได้มีการใช้ระบบการพิมพ์นี้เพื่อพิมพ์สิ่งพิมพ์เผยแพร่และสิ่งพิมพ์ลักษณะพิเศษด้วย ไม่ว่าจะเป็นหนังสือพิมพ์ คูปองตั๋ว กระดาษปิดผนัง ฟอร์มต่าง ๆ เป็นต้น

หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีมีลักษณะเป็นหมึกเหลวและมีองค์ประกอบในหมึกพิมพ์ส่วนใหญ่คล้ายคลึงกับหมึกพิมพ์กราวัวร์ อย่างไรก็ตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตหมึกพิมพ์มีข้อจำกัดกว่าในหมึกพิมพ์กราวัวร์ เนื่องจากแม่พิมพ์และลูกกลิ้งหมึก (บางลูก) ทำมาจากยางหรือพอลิเมอร์สามารถเกิดการบวมตัวหรือละลายได้ในตัวทำละลายที่มีความสามารถในการทำละลายสูง เช่น คีโตน โทลูอีน เอสเทอร์ และไฮโดรคาร์บอนบางประเภท ดังนั้นหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีจึงใช้น้ำ แอลกอฮอล์ และไกลคอลอีเทอร์เป็นตัวทำละลายหลัก

1. สมบัติสำคัญของหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

1.1 ความหนาชั้นหมึกพิมพ์ หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีที่ใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ต่าง ๆ โดยปกติมีความหนาชั้นหมึกพิมพ์อยู่ระหว่างประมาณ 6-8 ไมครอน

1.2 ความหนืดของหมึกพิมพ์ หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีเป็นหมึกเหลวและมีพฤติกรรมการไหลเป็นแบบนิวโทเนียนเช่นเดียวกับหมึกพิมพ์กราวัวร์ หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีที่ซื้อจากโรงงานผลิตหมึกพิมพ์จะมีความหนืดสูงกว่าปกติ เมื่อจะใช้พิมพ์ก็ต้องมาเจือจางให้ได้ความหนืดที่เหมาะสมกับสภาพการพิมพ์และวัดความหนืดของหมึกพิมพ์ด้วยถ้วยซาห์นหมายเลข 2

ความหนืดของหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีสำหรับใช้พิมพ์โดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 18-35 วินาที เมื่อวัดด้วยถ้วยซาห์นหมายเลข 2 หรือประมาณ 0.1-1 พอยส์ ความหนืดของหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีจะเป็นเท่าไร นอกจากขึ้นอยู่กับความเร็วและวัสดุใช้พิมพ์ที่ใช้แล้ว ยังขึ้นอยู่กับโครงสร้างของระบบการจ่ายหมึกของเครื่องพิมพ์ด้วย กล่าวคือ ในระบบการจ่ายหมึกแบบที่ไม่ใช้ใบปาดหมึกจะใช้หมึกที่มีความความหนืดอยู่ระหว่าง 18-25 วินาที แต่ถ้าเป็นระบบการจ่ายหมึกที่มีใบปาดหมึกรวมอยู่ในระบบด้วย จะใช้หมึกที่มีความหนืดอยู่ระหว่าง 25-35 วินาที

หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีต้องไม่มีความหนืดที่ต่ำเกินไป เพราะการถ่ายโอนหมึกพิมพ์จากอ่างหมึกต้องอาศัยลูกกลิ้งถ่ายโอนหมึกเหมือนในระบบการพิมพ์ออฟเซต แต่มีลูกกลิ้งหมึกในจำนวนที่น้อยกว่า หมึกที่มีความหนืดต่ำเกินไปจะทำให้เกิดแรงเค้นเฉือนน้อยที่ผิวหน้าของลูกลิ้งส่งหมึก (ink fountain roller) และลูกกลิ้งแอนิล็อกซ์ (anilox roller) อันจะทำให้หมึกถ่ายโอนไปยังแม่พิมพ์ได้ไม่ดี ส่วนหมึกที่ถ่ายโอนมาบนแม่พิมพ์แล้วก็จะติดอยู่บนผิวแม่พิมพ์ในบริเวณภาพได้น้อย เนื่องจากเกิดการไหลย้อยลงไปในบริเวณไร้ภาพที่อยู่ลึกลงไปจากผิวแม่พิมพ์ อันมีผลทำให้เกิดการพิมพ์ไม่ติดได้บนวัสดุใช้พิมพ์

1.3 ความเหนียวของหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีเป็นหมึกพิมพ์ที่มีความเหนียวน้อยมากเหมือนหมึกพิมพ์กราวัวร์ ความสำคัญของสมบัติข้อนี้ของหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีต่อการถ่ายโอนหมึกพิมพ์และการพิมพ์จึงอธิบายได้ในทำนองเดียวกับของหมึกพิมพ์กราวัวร์ดังที่ได้อธิบายไปแล้ว

1.4 การแห้งตัวของหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีส่วนใหญ่แห้งตัวโดยการระเหยของตัวทำละลายเช่นเดียวกับหมึกพิมพ์กราวัวร์ การแห้งตัวของหมึกพิมพ์นอกจากจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการระเหยของหมึกพิมพ์แล้ว ยังขึ้นกับความสามารถในการปลดปล่อยตัวทำละลายของเรซินอีกด้วย เรซินแต่ละชนิดมีความสามารถปลดปล่อยตัวทำละลายต่างชนิดกันได้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติทางเคมีของทั้งเรซินและตัวทำละลายเป็นสำคัญ เรซินบางชนิดสามารถปลดปล่อยตัวทำละลายที่ระเหยช้าได้ดีกว่าตัวทำละลายที่ระเหยได้เร็ว ดังนั้นจึงทำให้การแห้งตัวของหมึกพิมพ์เกิดขึ้นได้ไม่เร็วเท่าที่ควร

สำหรับหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานน้ำที่พิมพ์บนกระดาษและกระดาษแข็งนั้น การแห้งตัวส่วนใหญ่เกิดจากการซึมผ่านของตัวทำละลายเข้าไปในเนื้อกระดาษ และบางส่วนเกิดจากการระเหยของตัวทำละลาย

หมึกพิมพ์ที่มีปัญหาของการแห้งตัวจะก่อให้เกิดปัญหาทางการพิมพ์ขึ้นได้ ถ้าตัวทำละลายยังมีหลงเหลืออยู่ในชั้นหมึกพิมพ์ในปริมาณมากก็จะทำให้เกิดกลิ่น และเมื่อตัวทำละลายที่อยู่ภายในชั้นหมึกพิมพ์เคลื่อนที่มายังผิวหน้า ก็อาจจะละลายผิวหน้าหมึกพิมพ์ที่ยังไม่แห้งตัวดีได้อีก ทำให้เกิดปัญหาซับหลังและแผ่นพิมพ์ติดกันได้

1.5 ความทนทานของหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี เช่นเดียวกับหมึกพิมพ์กราวัวร์ที่ใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ต่าง ๆ ที่จะต้องนำไปขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์หลังการพิมพ์ หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีก็ต้องมีความทนทานต่อสภาวะการขึ้นรูป รวมทั้งสภาวะการใช้งานของบรรจุภัณฑ์หลังการขึ้นรูปด้วย

2. ประเภทของหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี

หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานตัวทำละลาย (solvent based flexographic ink) หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานน้ำ และหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟียูวี (UV flexographic ink)

2.1 หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานตัวทำละลาย หมึกพิมพ์ประเภทนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์ลงบนกระดาษ ฟิล์มพลาสติกและแผ่นอะลูมิเนียมเปลว ตัวทำละลายที่ใช้มักเป็นตัวทำละลายผสมระหว่างแอลกอฮอล์และเอสเทอร์ แต่ใช้แอลกอฮอล์ในปริมาณสูงกว่าเอสเทอร์ โดยแอลกอฮอล์ที่ใช้เป็นหลักคือเอทานอล นอกจากเอทานอลแล้วแอลกอฮอล์อื่น ๆ ที่ใช้ได้แก่ ไอโซโพรพานอล และนอร์มอลโพรพานอล ส่วนเอสเทอร์ที่ใช้เป็นหลักคือไอโซโพรพิลแอซีเทต นอกจากไอโซโพรพิลแอซีเทตแล้ว เอสเทอร์ชนิดอื่นที่ใช้ได้แก่ เอทิลแอซีเทต และโพรพิลแอซีเทต ในบางครั้งมีการเติมตัวทำละลายพวกไกลคอลอีเทอร์เช่น เซลโลโซฟ เข้าไปด้วยเล็กน้อย เพื่อช่วยปรับอัตราเร็วในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ให้ช้าลง

ในการปรับอัตราเร็วในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์จะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการระเหยของตัวทำละลายต่าง ๆ ที่มีอยู่ในหมึกพิมพ์เป็นหลัก ตัวอย่างเช่นการเพิ่มปริมาณของโพรพานอลเข้าไปแทนที่เอทานอลจะทำให้หมึกพิมพ์มีอัตราเร็วในการแห้งตัวต่ำลง เนื่องจากโพรพานอลมีอัตราการระเหยต่ำกว่าเอทานอลในขณะที่การเพิ่มปริมาณของเอทิลแอซีเทตเข้าไปจะทำให้อัตราเร็วในการแห้งตัวสูงขึ้นเนื่องจากเอทิลแอซีเทตมีอัตราการระเหยสูงที่สุดในบรรดาตัวทำละลายทั้งหมดที่กล่าวแล้วข้างต้น

หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานตัวทำละลายยังสามารถแบ่งเป็นประเภทตามวัสดุใช้พิมพ์ที่ใช้พิมพ์ได้ดังนี้

2.1.1 หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานตัวทำละลายชนิดที่ใช้พิมพ์บนกระดาษและกระดาษแข็ง เรซินหลักที่ใช้คือ ไนโตรเซลลูโลส และมักเติมเรซินมาเลอิกเข้าไปด้วย สารเติมแต่งที่ใช้ได้แก่แว็กซ์และสารเพิ่มสภาพพลาสติก

2.1.2 หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานตัวทำละลายชนิดที่ใช้พิมพ์ลงบนฟิล์มพลาสติก ตัวอย่างของหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานตัวทำละลายที่ใช้พิมพ์ลงบนฟิล์มพลาสติกบางประเภท มีดังนี้

1) ชนิดที่ใช้พิมพ์บนพอลิเอทิลีน เรซินหลักที่ใช้คือพอลิแอไมด์ นอกจากนี้ยังมีเรซินพวกฟีนอลิก มาเลอิก หรือไนโตรเซลลูโลส ผสมในหมึกพิมพ์ด้วยในปริมาณเล็กน้อย ส่วนตัวทำละลายหลักคือแอลกอฮอล์ ประเภทต่าง ๆ โดยผสมกับตัวทำละลายพวกไฮโดรคาร์บอนพวกอะลิฟาติกต่าง ๆ หรือเอสเทอร์ในปริมาณเล็กน้อยด้วย

2) ชนิดที่ใช้พิมพ์บนพอลิโพรพิลีน มีองค์ประกอบหลักต่าง ๆ เหมือนกับหมึกพิมพ์ชนิดที่ใช้พิมพ์บนพอลิเอทิลีน

3) ชนิดที่ใช้พิมพ์บนเซลลูโลส ขึ้นอยู่กับว่าใช้พิมพ์ลงบนฟิล์มเซลลูโลสที่มีการเคลือบผิวหรือไม่ และถ้ามีการเคลือบผิวได้รับการเคลือบด้วยสารเคมีชนิดใด ตัวอย่างเช่น ถ้าเป็นฟิล์มเซลลูโลสที่มีการเคลือบด้วยสารพวกไนโตรเซลลูโลส เพื่อช่วยให้สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนและช่วยป้องกันความร้อนและก๊าซที่จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับอาหารที่บรรจุภายใน หมึกพิมพ์ที่ใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทนี้จะประกอบด้วยเรซินหลักคือไนโตรเซลลูโลส โดยอาจมีการเติมเรซินพวกชะแล็กเข้าไปด้วยเล็กน้อย ส่วนถ้าเป็นฟิล์มเซลลูโลสที่มีการเคลือบด้วยพีวีดีซี เรซินที่ใช้จะเป็นพวกอะคริลิกและเซลลูโลสแอซีเทตโพรพิโอเนต

4) ชนิดที่ใช้พิมพ์บนพอลิเอสเทอร์ เรซินที่ใช้เป็นพวกพอลิแอไมด์หรือพวกไวนิล ในกรณีที่ใช้เรซินพวกไวนิลอาจมีปัญหาเกี่ยวกับการบวมตัวของแม่พิมพ์และลูกกลิ้งหมึกที่ทำจากยางหรือพอลิเมอร์ได้ เนื่องจากหมึกพิมพ์ที่มีเรซินประเภทนี้จะใช้สารพวกคีโตนและเอสเทอร์เป็นตัวทำละลาย ซึ่งหากหมึกพิมพ์ที่ใช้มีตัวทำละลายทั้งสองชนิดอยู่ในปริมาณมากอาจไม่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์

2.1.3 หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานตัวทำละลายชนิดที่ใช้พิมพ์ลงบนแผ่นอะลูมิเนียมเปลว เรซินที่ใช้ในหมึกพิมพ์ประเภทนี้เป็นพวกไนโตรเซลลูโลสและพอลิแอไมด์ ตัวทำละลายหลักที่ใช้เป็นพวกแอลกอฮอล์ เช่น เอทานอล โพรพานอล เป็นต้น

2.2 หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานน้ำ หมึกพิมพ์ประเภทนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายหลัก โดยอาจมีตัวทำละลายพวกแอลกอฮอล์และไกลคอลผสมบ้างในปริมาณเล็กน้อย ส่วนใหญ่แล้วหมึกชนิดนี้ใช้พิมพ์บนกระดาษและกระดาษแข็ง มีบางชนิดที่ใช้พิมพ์บนแผ่นอะลูมิเนียมเปลวและพลาสติก ข้อดีของหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานน้ำ นอกจากความปลอดภัยต่อสภาวะแวดล้อมและน้ำเป็นตัวทำละลายที่หาได้ง่ายและราคาถูกแล้ว การควบคุมความหนืดของหมึกพิมพ์บนเครื่องพิมพ์ยังทำได้ง่ายกว่าการใช้หมึกฐานตัวทำละลายด้วย เนื่องจากหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานน้ำมีการแห้งตัวช้ากว่าหมึกพิมพ์เฟล็กโซราฟีฐานตัวทำละลาย การเปลี่ยนแปลงความหนืดของหมึกพิมพ์จึงมีน้อยกว่า นอกจากนี้ยังไม่เป็นอันตรายต่อลูกกลิ้งหมึกที่เป็นยางและแม่พิมพ์ทั้งชนิดที่เป็นยางและพอลิเมอร์ และไม่เป็นอันตรายต่อสวัสดิภาพของช่างพิมพ์ เนื่องจากน้ำเป็นสารที่ไม่ติดไฟ อย่างไรก็ตามข้อเสียของหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานก็คือน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีแรงตึงผิว* (surface tension) สูงกว่าหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานตัวทำละลาย ทำให้การเปียกผิววัสดุใช้พิมพ์เพื่อให้เกิดการพิมพ์ติดทำได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์พวกพลาสติก นอกจากนี้จากการที่หมึกพิมพ์ฐานน้ำมีอัตราการระเหยต่ำกว่าหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลาย ในการทำแห้งหมึกพิมพ์จึงต้องใช้ความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า การใช้ความร้อนสูงเกินไปมีผลทำให้วัสดุใช้พิมพ์เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพเชิงมิติได้ง่าย

---

*แรงตึงผิวของของเหลวใด ๆ หมายถึง แรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุลที่ต้านการแผ่ออกไปของหยดของเหลวเมื่อมีแรงกระทำจากภายนอก

ในการพิมพ์บนกระดาษส่วนใหญ่แล้ว หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟิฐานน้ำใช้เพื่อพิมพ์หนังสือพิมพ์ นอกจากนี้ก็ยังใช้พิมพ์กระดาษคราฟต์เพื่อทำเป็นถุงหลายชั้น (multiwall sack) ส่วนการพิมพ์บนกระดาษแข็งเป็นการพิมพ์เพื่อทำเป็นบรรจุภัณฑ์กล่องประเภทต่าง ๆ เรซินหลักที่ใช้ในหมึกพิมพ์สำหรับพิมพ์บนกระดาษและกระดาษแข็งเป็นพวกอะคริลิก หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟิฐานน้ำที่ใช้พิมพ์บนกระดาษและกระดาษแข็งแห้งตัวโดยการซึมผ่านของน้ำและตัวทำละลายอื่น ๆ เข้าไปในกระดาษเป็นหลัก โดยมีการแห้งตัวของหมึกพิมพ์เนื่องจากการระเหยของน้ำและตัวทำละลายอื่น ๆ รวมอยู่บ้าง

สำหรับการพิมพ์บนฟิล์มพลาสติกและแผ่นโลหะเปลวนั้น เรซินหลักที่ใช้นอกจากจะเป็นอะคริลิกแล้ว เรซินชนิดอื่นที่มีใช้ก็คล้ายคลึงกับที่กล่าวแล้วในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟิฐานตัวทำละลาย ขึ้นอยู่กับว่าวัสดุใช้พิมพ์เป็นอะไร เช่น การพิมพ์บนพลาสติกพวกพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนจะใช้เรซินพวกพอลิแอไมด์ เป็นต้น ส่วนการแห้งตัวของหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟิฐานน้ำที่พิมพ์บนฟิล์มพลาสติกและแผ่นเปลวโลหะเกิดขึ้นจากการระเหยของน้ำและตัวทำละลายอื่น ๆ ที่เป็นองค์ประกอบในหมึกพิมพ์

ในการทำให้หมึกพิมพ์ฐานน้ำมีสมบัติต่าง ๆ เหมาะสมกับการพิมพ์มากยิ่งขึ้น ต้องมีการเติมสารเติมแต่งอื่นๆนอกเหนือจากที่ต้องเติมในหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายด้วย เช่น สารลดแรงตึงผิว (surfactant) สารลดการเกิดฟอง (defoamer) สารกันเชื้อรา (fungicide) เป็นต้น

2.3 หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟียูวี หมึกพิมพ์ชนิดนี้ใช้เพื่อพิมพ์ฉลากสินค้าและป้าย(tag) ต่าง ๆ เป็นส่วนใหญ่ องค์ประกอบต่าง ๆ ของหมึกพิมพ์คล้ายคลึงกับหมึกพิมพ์ออฟเซตยูวี อย่างไรก็ตามองค์ประกอบบางตัวในหมึกพิมพ์อาจจะลายหรือทำให้เกิดการบวมตัวของแม่พิมพ์และลูกกลิ้งที่เป็นยางและพอลิเมอร์ได้ ดังนั้นก่อนที่จะนำหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟียูวีใดมาใช้งาน จึงควรทราบเสียก่อนว่าสารต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบในหมึกพิมพ์นั้นทำให้เกิดการบวมตัวต่อวัสดุที่นำมาใช้ทำลูกกลิ้งหมึกและแม่พิมพ์หรือไม่

กิจกรรม 4.3.4

1. ตัวทำละลายหลักที่ใช้ในหมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีคือตัวทำละลายพวกใด
2. หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีมีอยู่ด้วยกันกี่ประเภท และแต่ละประเภทใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ประเภทใด

โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.3 กิจกรรม 4.3.4

แนวตอบกิจกรรม 4.3.4

1. ตัวทำละลายพวกแอลกอฮอล์ น้ำ และไกลคอลอีเทอร์
2. หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.1 หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานตัวทำละลาย ใช้พิมพ์บนกระดาษ แผ่นอะลูมิเนียมเปลว และฟิล์มพลาสติกประเภทต่าง ๆ

2.2 หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟีฐานน้ำ ส่วนใหญ่แล้วใช้พิมพ์บนกระดาษ มีบ้างที่ใช้พิมพ์บนแผ่นอะลูมิเนียมเปลวและฟิล์มพลาสติก

2.3 หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟียูวี ส่วนใหญ่แล้วใช้พิมพ์บนกระดาษเพื่อผลิตเป็นฉลากสินค้าและป้ายต่าง ๆ

เรื่องที่ 4.3.5
หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้า

จากการที่ระบบการพิมพ์ฉลุลายผ้าสามารถใช้เพื่อพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ได้หลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็น กระดาษ พลาสติก โลหะ สิ่งทอ แก้ว หนัง เซรามิก และไม้ โดยอาจพิมพ์เป็นโปสเตอร์ ปฏิทิน ป้ายบอกทาง ตามท้องถนน พิมพ์บนบรรจุภัณฑ์ขวดพลาสติกหรือขวดแก้ว พิมพ์บนเสื้อยืด เป็นต้น ทำให้หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้ามีอยู่ด้วยกันมากมายหลายชนิดตามประเภทของวัสดุใช้พิมพ์ด้วย

1. สมบัติสำคัญของหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้า

1.1 ความหนาชั้นหมึกพิมพ์ ในบรรดาระบบการพิมพ์ทั้งหมด การพิมพ์ในระบบนี้พิมพ์โดยใช้ความหนาชั้นหมึกพิมพ์มากที่สุด คืออยู่ระหว่าง 20-100 ไมครอน ดังนั้นปริมาณของผงสีที่มีอยู่ในหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าจึงสามารถใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์อื่น ๆ ได้ การพิมพ์ส่วนใหญ่มักพิมพ์โดยใช้หมึกพิมพ์ที่มีความทึบแสงสูง อย่างไรก็ตามระบบการพิมพ์นี้ก็สามารถพิมพ์ให้ชั้นหมึกพิมพ์มีความหนาได้ใกล้เคียงกับการพิมพ์ในระบบการพิมพ์กราวัวร์ได้ (ประมาณ 8 ไมครอน)

1.2 ความหนืดของหมึกพิมพ์ ความหนืดของหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าที่มีใช้กันทั่วไปอยู่ระหว่างประมาณ 1-100 พอยส์ หรือ 0.1-10 ปาสคาล•วินาที จึงเป็นหมึกที่มีความหนืดอยู่ระหว่างความหนืดของหมึกข้นและหมึกเหลว หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าที่ดีต้องมีความหนืดที่ต่ำมากพอ เพื่อว่าเมื่อใช้พิมพ์สามารถไหลผ่านช่องเปิดของผ้าสกรีนลงบนวัสดุใช้พิมพ์ได้ โดยเมื่อพิมพ์หมึกพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์แล้วยกกรอบแม่พิมพ์ขึ้น หมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ต้องสามารถแยกตัวออกจากผ้าสกรีนได้ดี ไม่เกิดเป็นสายหมึกยาว ซึ่งทำให้การดึงกรอบแม่พิมพ์ขึ้นจากวัสดุใช้พิมพ์เพื่อทำการพิมพ์ใหม่ไม่สะดวกและรวดเร็ว รวมทั้งอาจทำให้เกิดการเปรอะเปื้อนบนวัสดุใช้พิมพ์ได้ ดังนั้นหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าจึงต้องเป็นหมึกที่มีสภาวะตัวหมึกสั้น อย่างไรก็ตามความหนืดของหมึกพิมพ์ต้องไม่ต่ำจนเกินไป เพราะเมื่อพิมพ์แล้วทำให้ได้ภาพที่มีขอบไม่คมชัด

1.3 ความเหนียวของหมึกพิมพ์ หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าส่วนใหญ่แล้วเป็นหมึกที่มีความเหนียวน้อยกว่าหมึกพิมพ์ออฟเซตและเลตเตอร์เพรสส์ กอปรกับวิธีการถ่ายโอนหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์ฉลุลายผ้า รวมทั้งความหนาของชั้นหมึกพิมพ์ที่มากกว่าความหนาชั้นหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์อื่น ทำให้ความเหนียวของหมึกพิมพ์เป็นสมบัติที่มีความสำคัญต่อการพิมพ์ระบบฉลุลายผ้าน้อย เช่นเดียวกับหมึกพิมพ์กราวัวร์และเฟล็กโซกราฟี อย่างไรก็ตามหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าที่ดีต้องไม่เหนียวมากเกินไป เพราะจะทำให้การยกกรอบแม่พิมพ์ขึ้นจากวัสดุใช้พิมพ์ที่พิมพ์แล้วทำได้ยาก และวัสดุใช้พิมพ์อาจติดขึ้นมากับกรอบแม่พิมพ์ได้

1.4 การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้า หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าส่วนใหญ่แล้วแห้งตัวโดยการระเหย เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้ในหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าส่วนใหญ่แล้วเป็นชนิดที่สามารถระเหยได้ นอกจากนี้ก็ยังมีหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าที่แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจนหรือรังสีอัลตราไวโอเลต ส่วนการแห้งตัวแบบการซึมผ่านนั้นพบบ้างแต่น้อย เนื่องจากชั้นหมึกพิมพ์ที่พิมพ์มีความหนามากทำให้การซึมผ่านของตัวทำละลายเข้าไปในเนื้อวัสดุใช้พิมพ์เกิดได้น้อยลง การแห้งตัวแบบนี้ของหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าจึงเกิดร่วมกับการแห้งตัวแบบอื่นเสมอ

2. ประเภทของหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้า

จากที่ได้กล่าวแล้วในข้างต้นว่าหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้ามีอยู่ด้วยกันมากมายหลายชนิด มากกว่าหมึกพิมพ์ใน

ระบบการพิมพ์อื่น เนื่องจากระบบการพิมพ์ฉลุลายผ้าสามารถใช้พิมพ์บนวัสดุได้หลากหลายประเภทกว่าระบบการพิมพ์อื่น ในที่นี้จึงไม่อาจกล่าวถึงหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าได้ทุกชนิด ดังนั้นจึงขอยกตัวอย่างหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าบางประเภทเท่านั้น

2.1 หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าสำหรับพิมพ์บนกระดาษและกระดาษแข็ง หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าประเภทนี้มีทั้งชนิดที่แห้งตัวด้วยการระเหยและปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน สำหรับหมึกที่แห้งตัวด้วยการระเหยเรซินที่ใช้เป็นพวกเซลลูโลซิก ตัวทำละลายมีทั้งชนิดที่เป็นตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนพวกอะโรมาติกที่มีจุดเดือดต่ำ (160-180 องศาเซลเซียส) และพวกไกลคอลอีเทอร์ ส่วนชนิดที่แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน น้ำมันที่ใช้คือน้ำมันลินสีด เรซินที่ใช้คือฟินอลิก ตัวทำละลายเป็นพวกไฮโดรคาร์บอนพวกอะโรมาติก โดยมีสารทำแห้งเป็นองค์ประกอบในหมึกพิมพ์ด้วย

2.2 หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าสำหรับพิมพ์บนโลหะ ส่วนใหญ่เป็นหมึกพิมพ์ที่มีการแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน องค์ประกอบของหมึกพิมพ์จึงคล้ายคลึงกับหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าที่มีการแห้งตัวด้วยวิธีการเดียวกับที่ใช้พิมพ์บนกระดาษ อย่างไรก็ตามสิ่งพิมพ์ประเภทโลหะนี้มักนำไปใช้กลางแจ้งและต้องผ่านการอบด้วยความร้อนหลังการพิมพ์ ดังนั้นเรซินและผงสีที่ใช้จึงต้องเป็นชนิดที่มีความทนทานต่อความร้อน แสง อากาศ และความชื้นได้ดี ตัวอย่างของเรซินที่ใช้ในหมึกพิมพ์ประเภทนี้ เช่น อัลคิด อะคริลิก เป็นต้น

2.3 หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าสำหรับพิมพ์บนพลาสติก ส่วนใหญ่เป็นหมึกพิมพ์ที่แห้งตัวด้วยการระเหย มีบางชนิดที่แห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันด้วยออกซิเจน ชนิดของเรซินและตัวทำละลายที่ใช้ขึ้นอยู่กับประเภทของพลาสติกที่นำมาใช้พิมพ์เป็นสำคัญ ตัวอย่างเช่น การพิมพ์บนพอลิไวนิลคลอไรด์ใช้เรซินพวกไวนิลหรืออะคริลิก ตัวทำละลายที่ใช้เช่นไกลคอลอีเทอร์ แอลกอฮอล์ คีโตน ไซโคลเฮกซาโนน ในขณะที่การพิมพ์บนพอลิเอทิลีนนิยมใช้หมึกพิมพ์ที่มีตัวพาประกอบด้วยน้ำมันลินสีดและเรซินพวกพอลิแอไมด์ เป็นต้น

2.4 หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าสำหรับพิมพ์บนสิ่งทอ หมึกพิมพ์ประเภทนี้อาจแบ่งได้ออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.4.1 หมึกพิมพ์อิมัลชัน (emulsion ink) ซึ่งเป็นอิมัลชันระหว่างตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนกับน้ำ ส่วนเรซินที่ใช้เป็นพวกอะคริลิก หมึกพิมพ์ประเภทนี้เหมาะสำหรับการพิมพ์ผ้าทุกประเภท การแห้งตัวของหมึกพิมพ์เกิดขึ้นโดยวิธีการระเหย

2.4.2 หมึกพิมพ์พลาสติซอล หมึกพิมพ์ประเภทนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่ไม่มีตัวทำละลายเป็นองค์ประกอบอยู่เลย โดยเป็นเรซินพวกไวนิลแขวนลอยอยู่ในสารเพิ่มสภาพพลาสติก เพื่อให้เรซินสามารถยึดชั้นหมึกพิมพ์ให้ติดบนวัสดุใช้พิมพ์ได้ หลังการพิมพ์แล้วจึงต้องให้ความร้อนกับหมึกพิมพ์ เพื่อให้เรซินเกิดการละลายในสารเพิ่มสภาพพลาสติก หมึกพิมพ์ประเภทนี้ใช้พิมพ์เมื่อต้องการความหนาชั้นหมึกพิมพ์มาก

หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าสำหรับพิมพ์สิ่งทอต้องเป็นหมึกพิมพ์ที่สามารถทนต่อกระบวนการซักล้างและสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการซักล้าง โดยปกติเพื่อทำให้หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้ามีความทนทานต่อการซักล้าง หลังการพิมพ์แล้วต้องนำไปผ่านความร้อนเพื่อให้หมึกพิมพ์สามารถเกิดพันธะกับเส้นใยผ้าได้ดียิ่งขึ้น

สำหรับหมึกพิมพ์ฉลุลายผ้ายูวีนั้นมีใช้พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์เกือบทุกชนิดยกเว้นสิ่งทอทั้งหลาย องค์ประกอบหลัก ๆ ไม่ได้แตกต่างจากหมึกพิมพ์ยูวีในระบบการพิมพ์อื่น ๆ มากนัก

กิจกรรม 4.3.5

1. หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าที่ดีต้องมีสภาวะตัวหมึกสั้นหรือยาว เพราะเหตุใด

2. หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าชนิดพลาสทิซอลเป็นหมึกพิมพ์ที่ไม่มีองค์ประกอบสำคัญใดที่หมึกพิมพ์อื่น ๆ มี โปรดเขียนคำตอบในแบบฝึกปฏิบัติหน่วยที่ 4 ตอนที่ 4.3 กิจกรรม 4.3.5

แนวตอบกิจกรรม 4.3.5

1. หมึกพิมพ์ฉลุลายผ้าที่ดีต้องมีสภาวะตัวหมึกสั้นเพื่อว่าหลังการพิมพ์แล้วยกกรอบแม่พิมพ์ขึ้น หมึกพิมพ์สามารถแยกตัวออกจากผ้าสกรีนได้ดี ไม่เกิดเป็นสายหมึกยาว ซึ่งทำให้การดึงกรอบแม่พิมพ์ออกจากวัสดุใช้พิมพ์ทำได้ไม่สะดวก รวมทั้งเมื่อสายหมึกขาดแล้วละอองหมึกที่เกิดขึ้นอาจตกกลับไปเปรอะเปื้อนบนวัสดุใช้พิมพ์ได้

2. ตัวทำละลาย

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
สำนักบรรณสารสนเทศ

บรรณานุกรม

Bassemir, R.W. and Bean, A.J. "Inks." in *The Wiley Encyclopedia of Packaging.* Edited by Marilyn Bakker and David Eckroth. NY:John Wiley & Sons, 1986 , pp. 412-415.

Contraves AG. *Measurement of Rheological Properties.* Bulletin T 990 e-7505. Zurich, Switzerland: Contraves AG, n.d.

Eldred, Nelson R. *Chemistry for the Graphic Arts.* Pittsburgh, PA: Graphic Arts Technical Foundation, 1990 .

_____ *Solving Offset Ink Problems.* 2nd ed. Pittsburgh, PA: Graphic Arts Technical Foundation, 1987.

Eldred, Nelson R. and Scarlett, Terry. *What the Printer Should Know about Ink.* 2nd ed. Pittsburgh, PA: Graphic Arts Technical Foundation, 1990.

Foundation of Flexographic Technical Association. *Flexography: Principles and Practices.* 4th ed. NY: Foundation of Flexographic Technical Association, 1991.

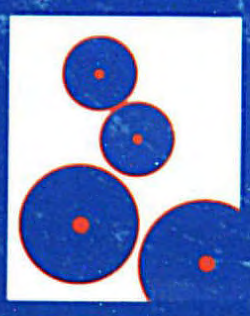
Gravure Association of America. *Gravure:Process and Technology.* NY:Gravure Association of America, 1991.

Leach, R.H., Pierce, R.J., and others, eds. *The Printing Ink Manual.* 5 th ed. London: Blueprint, 1993.

Ottan, Dan. "UV Flexo : Technology of the 21 st Century... Today." in *The Journal of Scientific Research.* 19 (November 1994):191-204.

วันกำหนดส่ง		Date Due

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
สำนักบรรณสารสนเทศ



ISBN 197-614-545-2