บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนากระดาษทำมือเพื่อบรรจุภัณฑ์สินค้า OTOP ซึ่งเยื่อกระดาษที่นำมาผลิตเป็นกระดาษทำมือ ได้แก่ เยื่อจากใบหว้า ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องดังหัวข้อต่อไปนี้

2. 1 ต้นหว้า

2.2 องค์ประกอบของกระดาษ

2.3 สมบัติพื้นฐานของกระดาษ

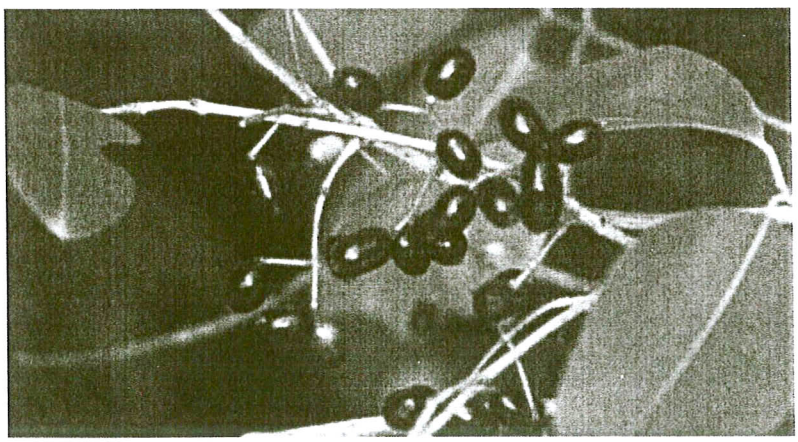
2.4 การผลิตกระดาษเชิงหัตถกรรม

2.5 ระบบการพิมพ์

2. 1 ต้นหว้า

ชื่อทางพฤกษศาสตร์ : Syzygium cumini (L.) Skeels

วงศ์ : MYRTACEAE



ภาพที่ 2.1 ต้นหว้าขี้แพะ

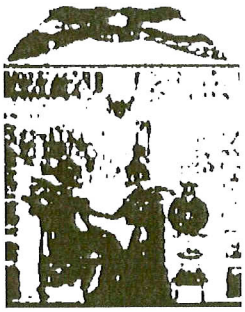
ที่มา : http://www.wangtakrai.com/panmai/detail

หว้าเป็นไม้ต้น สูง 10-20 เมตร เปลือกเรียบ สีเทาอ่อน ใบ เรียงเวียนตรงข้าม ใบเดี่ยว ทรงรี หรือรูปไข่กลับ โคนใบตัดแหลมหรือกลม ปลายใบเรียวแหลมสั้น มีจุดน้ำมันที่บริเวณขอบใบ ซึ่งใบจะอุดมไปด้วย fiber ที่มีความหนาแน่น ดอกช่อ ออกเป็นกระจุกที่ง่ามใบ ดอกย่อย 3 - 8

ดอก กลีบดอก สีขาว หรือเหลืองอ่อน ผล สด รูปกระสวย สีม่วงแดง เมื่อสุกสีดำ ออกดอกเดือน มีนาคม- เมษายน และติดผลเดือน มิถุนายน - กรกฎาคม การขยายพันธุ์ เพาะเมล็ด ประโยชน์ เนื้อไม้ ใช้ก่อสร้าง เปลือกและใบ แก้บิด ชะล้างบาดแผล รักษาแผลในปาก ผล รับประทานได้ แก้ท้องร่วง แก้บิด ขับปัสสาวะ รักษาโรคเบาหวาน พบหว้าทั่วทุกภาค ขึ้นทั่วไปตามป่าดิบชื้น ป่าผลัดใบ ที่ลุ่มใกล้ชายฝั่ง ใกล้ลำธาร ปลูกเป็นไม้ผลบริเวณบ้าน สวน หรือข้างถนน ต่างประเทศพบที่อินเดีย จนถึงเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

2.2 องค์ประกอบของกระดาษ

ในสมัยโบราณ การจารึกข้อความหรือรูปภาพจะจารึกลงวัสดุต่างๆ หลายอย่าง เช่น อิฐ แผ่นตะกั่ว ทองเหลือง ชิ้นไม้ ใบไม้ เปลือกไม้ หรือแม้แต่แผ่นหิน จะเห็นได้ว่ามีปัญหาในการเขียน แกะสลัก การพกพา และความคงทนพอสมควร ต่อมาจึงมีการค้นพบการนำเอาต้นปาปิรุส (Papyrus) ซึ่งเป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่ง มาทำเป็นแผ่นสำหรับเขียนภาพหรือข้อความในประเทศอียิปต์ เมื่อประมาณ 5000 ปีที่แล้ว แผ่นจากต้นปาปิรุส นี้ต่างจากแผ่นกระดาษในปัจจุบันมาก เทคโนโลยีการทำแผ่นจากต้นปาปิรุสนี้ไม่ได้รับการเผยแพร่ในวงกว้าง เพราะชาวอียิปต์สงวนวิธีการไว้จนกระทั่ง การทำกระดาษถูกค้นพบขึ้นมา และได้รับความนิยมมาก โดยเข้ามาแทนที่การทำแผ่นจากต้นปาปิรุสในที่สุด



ภาพที่ 2.2 แสดงภาพเขียนแบบแผ่น ที่ทำจากต้นปาปิรุส

ที่มา : http://www.advanceagro.com, 2546: Pg.1-2

การผลิตกระดาษจริงๆ เริ่มขึ้นในประเทศจีน ในปีพ.ศ. 648 โดยชาวจีน ชื่อไจ่หลุ(Ts,aiLun) นับได้ว่าไจ่หลุนเป็นผู้ค้นพบวิธีการทำกระดาษเป็นคนแรกของโลก และวิธีการของไจ่หลุนก็เป็นพื้นฐานในการผลิตกระดาษจวบจนปัจจุบันนี้

วิธีการผลิตกระดาษถือเป็นความลับตลอดมาจนกระทั่งปี พ.ศ. 1350 จึงมีการผลิตกระดาษในประเทศญี่ปุ่น ปี พ.ศ. 1690 เริ่มมีการทำกระดาษในประเทศฝรั่งเศส ซึ่งนับเป็นประเทศตะวันตกประเทศแรกที่เริ่มผลิตกระดาษ การผลิตได้รับการเผยแพร่จากตะวันออกสู่ตะวันตกเรื่อยๆ กระทั่ง

ในปี พ.ศ. 2233 ได้มีการตั้งโรงงานผลิตกระดาษเหนียว (Krafi) โรงงานแรกในสหรัฐอเมริกาโดย นายวิลเลียม ริทเทนเฮาส์ (William Rittenhouse) ที่เยอรมันทาวน์ เมืองฟิลาเดเฟีย รัฐเพนน์ซิลวาเนีย

สำหรับในประเทศไทย ทางราชการได้เริ่มศึกษา และสนับสนุนให้มีการจัดตั้งโรงงานผลิตกระดาษใช้ เองเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ.2460 เป็นกระดาษผลิตด้วยมือผลิตได้ปีละ 2.8 ตันจนถึงปี พ.ศ.2466 ได้มีการก่อตั้งโรงงานผลิตกระดาษสามเสน ผลิตได้วันละ 1 ตัน โดยผลิตจากเยื่อกระดาษที่ใช้แล้ว ในปี พ.ศ. 2474 ได้จักสร้างโรงงานผลลิตกระดาษที่จังหวัดกาญจนบุรี โดยการผลิตกระดาษจากเยื่อที่ผลิตจากไผ่ สามารถผลิตได้วันละ 10 ตัน และโรงงานผลิตกระดาษของทางราชการ คือ โรงงานกระดาษบางประอิน ได้ก่อสร้างเสร็จเมื่อ พ.ศ. 2505 โดยการผลิตกระดาษจากเยื่อที่ผลิตจากฟางข้าว และหญ้าขจรจบ

โรงงานที่ผลิตเยื่อจากปอกระเจาหรือปอแก้ว (Kenat) อย่างจริงจังเป็นครั้งแรกของโลก คือ บริษัท ฟินิคพัลพ์แอนด์เปเปอร์ (มหาชน) จ. ขอนแก่น ปัจจุบันเลิกผลิตเยื่อจากปอกระเจา แต่หันมาผลิตเยื่อจากไม้ไผ่ และไม้ยูคาลิปตัสเป็นหลัก (htpp://www.advanceagro.com, 2546: Pg. 1-3)

1. การพัฒนาเทคโนโลยี

การพัฒนาเทคโนโลยีที่สำคัญในประวัติศาสตร์ของการผลิตกระดาษตั้งแต่ ปี พ.ศ. 648-2513 ตั้งแต่มีการคิดค้นการผลิตกระดาษโดยไจ่หลุน มีการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง แต่จะเห็นได้ว่าการผลิตกระดาษโดยใช้เครื่องจักรนั้นเพิ่งจะมีการผลิตเมื่อประมาณ 300 ปีที่ผ่านมานี้เอง ก่อนหน้านี้เป็นการผลิตกระดาษที่ทำด้วยมือ (Handmade) และวิธีการก็ไม่ต่างจากที่ไจ่หลุนเคยทำ

การผลิตกระดาษในสมัยแรกๆ นั้น จะใช้ฝ้าย และเศษผ้าเป็นวัสดุหลัก แต่ต่อมาวัตถุดิบเหล่านี้เริ่มหายาก จึงมีการคิดค้นเส้นใยจากพืชอื่นๆ มาเป็นวัตถุดิบ นำมาซึ่งการค้นพบกระบวนการผลิตเยื่อ ในระหว่าง พ.ศ. 2383-2427 โดยเริ่มต้นจากเยื่อไม้บด (Ground wood Pulp) เยื่อเคมีถูกคิดค้นขึ้นในอีกสิบปีต่อมา กระบวนการผลิตเยื่อเคมีในขณะนั้นคือเยื่อโซดา สามสิบปีต่อมาจึงมีการผลิตเยื่อคราฟท์และกระบวนการผลิตเยื่อแบบคราฟท์กลายเป็นกระบวนการผลิตที่ได้รับความนิยมมากที่สุด

กระดาษเป็นแผ่นวัสดุซึ่งได้จากการนำวัสดุหลายๆ ชนิดมาผสมกันให้เข้ากันได้ดีแล้วนำไปทำเป็นแผ่น วัสดุที่ใช้เหล่านี้ ได้แก่ เส้นใยสั้น เส้นใยยาว แป้ง ชันสน ดินขาวและผงสี สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นองค์ประกอบหลักของกระดาษ ได้แก่ องค์ประกอบที่เป็นเส้นใย และองค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใย มีรายละเอียดดังนี้ (รุ่งอรุณและคณะ. 2539 : 19-23)

- องค์ประกอบที่เป็นเส้นใยกระดาษ ได้จากการเกี่ยวประสานกันของเส้นใยเล็กๆ จำนวนมากที่กระจักกระจายอยู่ในเนื้อกระดาษด้วยพันธะทางเคมี ซึ่งเส้นใยดังกล่าวอาจเป็นเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติ เช่น เส้นใยจากพืช สัตว์ แร่อย่างไรก็ตามกระดาษส่วนใหญ่ที่ใช้กันอยู่ผลิตโดยใช้เส้นใยจากพืชเป็นหลัก โดยอาจมีการผสมเส้นใยอื่นๆ เพื่อให้กระดาษนั้นมีสมบัติพิเศษที่ต้องการ เส้นใยจากพืชมีดังนี้

- เส้นใยบริสุทธิ์ (Virgin Fiber) เป็นเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการการผลิตในขั้นตอนการทำเป็นกระดาษมาก่อนทั้งนี้พืชที่สามารถให้เส้นใย เพื่อนำมาทำเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดโดยทางพฤกษศาสตร์ได้แบ่งพืชออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) พืชยืนต้น (Woody Plant) เป็นแหล่งที่มาหลักของเส้นใยที่ใช้ในการทำกระดาษ โดยลำต้นเป็นส่วนสำคัญของพืชยืนต้นที่นำมาแยกเอาเส้นใยออกจากเนื้อไม้ ทั้งนี้พืชยืนต้นที่สามารถนำมาใช้ทำเป็นกระดาษสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

ก. ไม้ไม่ผลัดใบ (Coniferous Tree or Cone-Bearing Tree) หรือเป็นต้นไม่ที่มีใบเขียวชอุ่มตลอดปี ซึ่งเป็นไม้เนื้ออ่อน (Softwood) ได้แก่ยูคาลิปตัส (Eucalyptus) และต้นไม้จำพวกสนต่างๆ เช่น สพรูซ (Spruce) ซีดาร์ (Cedar) เฟอร์ (Fir) เรดวู๊ด (Redwood) เป็นต้น ไม่พวกนี้ให้เส้นใยที่มีความยาวโดยประมาณอยู่ระหว่าง 2-4 มิลลิเมตร หรือ 0.08-0.16 นิ้ว

ข. ไม้ผลัดใบ (Deciduous Tree) หรือเป็นไม้ที่มีการผลัดใบในแต่ละปี ซึ่งเป็นไม้ที่มีเนื้อแข็ง (Hardwood) เช่น เมเบิล (Maple) โอ๊ก (Oak) แอสเพ็น (Aspen) เป็นต้น ไม้พวกนี้ให้เส้นใยที่มีความยาวโดยประมาณอยู่ระหว่าง 0.5-1.5 มิลลิเมตร หรือ 0.02-0.06 นิ้ว

2) พืชล้มลุก (Nonwood Plant) หมายถึง พืชไร่ และพืชตระกูลหญ้าต่างๆ พืชล้มลุกเป็นแหล่งที่มาของเส้นใยพืชที่สำคัญรองลงมาจากพืชยืนต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่เพาะปลูกพืชยืนต้นชนิดที่มีเส้นใยที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษได้ เช่น ไผ่ แฟลกซ์ (Flax) กก (Esparto) ปอกระเจา (Jute) เอสปาโต (Espato) จูต (Jute) กัญชง (Industrial Hemp) ซิซัล (Sisal) ฝ้าย (Cotton) หรือพืชเป็นส่วนที่เหลือจากการเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น ฟางข้าว ชานอ้อย เป็นต้น โดยที่เส้นใยที่ได้จากพืชล้มลุกอาจได้จากส่วนที่เป็นลำต้น ใบ หรือเมล็ดก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชล้มลุก แต่ละประเภทที่ให้เส้นใยที่มีความยาวแตกต่างกัน เช่น ชานอ้อย (Bagasse) ให้เส้นใยที่สั้นกว่าเส้นใยจากต้นแฟลกซ์ เป็นต้น ในที่นี้จะขออธิบายถึงวัตถุดิบในกลุ่มนี้ที่มีการผลิตในประเทศไทยโดยสังเขป

ก. ปอ (Kenaf) มีมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่จังหวัดขอนแก่น มีบริษัท ฟีนิคซ์ พัล แอนด์ เปเปอร์ ซึ่งเคยเป็นโรงงานผลิตเยื่อกระดาษจากปอที่ใหญ่ที่สุดในโลก แต่ปัจจุบันไม่ได้ผลิตเยื่อกระดาษจากปอแล้วหันมาผลิตเยื่อกระดาษจากไผ่และยูคาลิปตัสแทน เนื่องจากมีปัญหาในการหาปอมาเป็นวัตถุดิบในการผลิต

ข. ไผ่ (Bamboo) จังหวัดกาญจนบุรีเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีไผ่มาก และมีโรงงานผลิตเยื่อกระดาษจากไผ่ที่นี่ด้วย แต่ปัจจุบันไม่ได้ผลิตแล้ว เนื่องจากปัญหาด้านมลภาวะ ส่วนที่บริษัท ฟีนิคซ์ พัล แอนด์ เปเปอร์ หลังจากที่เลิกผลิตเยื่อกระดาษจากปอแล้ว ก็หันมาผลิตเยื่อกระดาษจากๆ ไผ่แทน โดยมีกำลังผลิตในปัจจุบันประมาณ 100,000 ตันต่อปี

ค. ชานอ้อย (Bagasse) ในการผลิตน้ำตาล หลังจากการบีบอ้อย จะมีชานอ้อยเหลืออยู่ ชานอ้อยเหล่านี้เคยถูกใช้เป็นเชื้อเพลิง โรงงานที่ผลิตเยื่อกระดาษจากชายอ้อย ตั้งอยู่ที่

อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี เป็นบริษัทในกลุ่มปูนซิเมนต์ไทย ได้แก่ บริษัทเยื่อกระดาษสยาม ซึ่งเป็นการผลิตเยื่อจากโซดา กำลังการผลิตประมาณ 45,000 ตันต่อปี

ง. ฟางข้าว (Rice Straw) ฟางข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยว แต่เดิมจะเผาทิ้งหรือใช้ทำเป็นอาหารสัตว์ โรงงานกระดาษบางประอิน ตั้งโดยรัฐบาลในปีพ.ศ. 2505 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นโรงงานที่ผลิตเยื่อกระดาษ โดยใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบ มีกำลังการผลิตประมาณ 10,000 ตันต่อปี

การผลิตเยื่อจากพืชประเภท ไม้เนื้ออ่อน (Nonwood) มีจากผลิตมากในประเทศจีน อินเดีย รัสเซีย อินโดนีเซีย และสหรัฐอเมริกา โดยเฉพาะในประเทศจีนนั้น ในปีพ.ศ. 2538 มีกำลังการผลิตสูงถึง 13,630 ล้านตันหรือเท่ากับ 65.9 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังการผลิตเยื่อไม่อ่อนทั่วโลก วัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นข้าวฟาง ไผ่และขานอ้อย ตามลำดับ

การผลิตเยื่อไม้จากไม้เนื้ออ่อนนั้นมีไม่มากเมื่อเทียบกับไม่ยืนต้น เพราะมีปัญหาค่อนข้างมาก เช่น ต้องใช้พื้นที่มากในการจัดเก็บ เนื่องจากวัตถุดิบมีความหนาแน่นต่ำ พืชบางชนิดมีเป็นบางฤดูกาล เช่น ฟางข้าว มีเฉพาะช่วงเก็บเกี่ยว โรงงานต้องจัดหามาช่วงเวลาสั้นๆ และเก็บไว้ใช้ตลอดปี ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บค่อนข้างสูง ชานอ้อยที่ความหวานหลงเหลืออยู่ และมีความชื้นสูง มักเกิดรา ทำให้เสียคุณภาพไป ไผ่ถ้าเก็บนานจะถูกมอดกินทำให้ได้ผลผลิตเยื่อน้อย (Yield) และความแข็งแรงต่ำ แต่ปัญหาใหญ่ที่สุดในการผลิตได้แก่ สิ่งเจือปนที่ เช่น ในฟางข้างและไผ่ มีซิลิกอน (Silicon) เป็นจำนวนมาก ซิลิกอนก่อปัญหาในระบบนำสารเคมีคืนกลับ (Chemical Recovery) อย่างมาก เพราะไม่สามารถจำกัดออกไปจากระบบได้หมด จึงมาสามารถนำสารเคมีในการต้มเยื่อกลับมาใช้ใหม่ได้เต็มที่ ต้องมีการสูญเสียสารเคมีไปกับน้ำทิ้งซึ่งก่อให้เกิดมลภาวะอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในปัจจุบันที่กระแสด้านสิ่งแวดล้อมเป็นตัวสำคัญในการกำหนดทิศทางของอุตสาหกรรม โรงงานผลิตเยื่อกระดาษจากไม้เนื้ออ่อน (Nonwood) จึงประสบปัญหามากขึ้น การพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตมีน้อยโรงงานผลิตเยื่อพวกนี้มักมีขนาดเล็กและต้นทุนในการผลิตสูง (http://www.advanceagro.com, 2546 : Pg.1-2)

- เส้นใยเวียนทำใหม่ (Recycled Fiber) หรืออาจเรียกเส้นใยนี้ว่า เส้นใยทุติยภูมิ (Secondary Fiber) ในที่นี้หมายถึง เส้นใยพืชที่ได้จากกระดาษและกระดาษแข็ง (Paperboard) ซึ่งผ่านการพิมพ์แล้วหรือการใช้งานแล้วโดยนำกระดาษเหล่านั้นมาทำเป็นเยื่อ และผ่านกระบานการผลิตเป็นแผ่นกระดาษอีกครั้ง เส้นใยเวียนทำใหม่นี้นับเป็นแหล่งเส้นใยที่สำคัญๆอีกแหล่ง เมื่อนำกระดาษที่พิมพ์แล้วไปทำเป็นเยื่อ และนำเข้าสู่กระบวนการผลิตกระดาษอีกครั้ง จะทำให้ได้กระดาษที่มีความขาวน้อง เนื่องจากหมึกพิมพ์ยังเปื้อนเส้นใยอยู่จึงไม่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้พิมพ์ ดังนั้น จึงต้องมีวิธีในการฟอกหมึกออกจากเส้นใย (อรุณและคณะ. 2539:19)

- ส่วนที่ไม่ใช่เส้นใย หรือที่เรียกว่า สารแต่งเติม (Additive) เป็นสารเคมีที่เติมลงไปเพื่อปรับปรุงสมบัติกระดาษให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการใช้งาน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- สารเติมแต่งหลัก (Functional Additive) สารเติมแต่งประเภทนี้ ทำหน้าที่ปรับปรุงสมบัติเฉพาะอย่างของกระดาษแบ่งเป็น 6 ชนิดด้วยกัน คือ

1) สารต้านการซึมน้ำ (Sizing Agent) สารเติมแต่งชนิดนี้เป็นสารเคมีที่ใส่ลงไปเพื่อสมบัติด้านการต้านทานการซึมน้ำของกระดาษ ทำให้กระดาษต้านทานการเปียกน้ำได้ดีขึ้น เนื่องจากกระดาษที่ทำจากเส้นใยเซลลูโลส ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้สูง กระดาษที่ไม่ได้ใส่สารต้านทานการซึมน้ำจึงเปียกน้ำ และดูดซับน้ำได้ง่าย เช่น กระดาษชำระ และกระดาษซับ (Blotting Paper)

การเติมสารต้านทานการซึมน้ำลงไปจะช่วยลดพื้นที่ของผิวการดึงดูดระหว่างเส้นใยและโมเลกุลของน้ำ ทำให้ลดอัตราการซึมน้ำเข้าสู่เนื้อกระดาษ เมื่อกระดาษโดนน้ำจะไม่เปียกหรือซับน้ำในทันทีทันใด การเติมสารต้านการซึมน้ำแบ่งเป็น 3 ระดับ มีชื่อเรียกกระดาษที่เติมสารต้านการซึมน้ำแต่ละระดับดังนี้

ก. กระดาษที่ไม่สามารถต้านทานการซึมน้ำเลย (Water-leaf) เช่น กระดาษชำระ

ข. กระดาษที่ใส่สารต้านการซึมน้ำเล็กน้อย มีระดับการซึมน้ำปานกลาง (Slack-sized) เช่น กระดาษพิมพ์และเขียน

ค. กระดาษที่ใส่สารต้านทางการซึมน้ำในปริมาณที่สูงมากมีระดับต้านการซึมน้ำสูง (Hard-sized) เช่น กระดาษทำถ้วย กระดาษทำกล่องขนม

สารต้านทานการซึมน้ำที่มาใช้ในการทำกระดาษที่ทำให้กระดาษ มีสมบัติต้านทานการซึมน้ำ ได้แก่ สารส้มและชันสน (Alum/Rosin size) ไขผึ้ง (Wax) ยางมะตอย (Asphat) อัลคีนิลซักซินิกแอนไฮดรายด์ (Alkenyl Succinic Anhydride, ASA)

2) ตัวเติม (Filler) สารเติมแต่งชนิดนี้เป็นผลแร่สีขาว ใส่ลงไปเพื่อเพิ่มสมบัติด้านทัศนศาสตร์ และปรับปรุงสมบัติด้านการพิมพ์ของกระดาษ นอกจากนี้ยังใส่ลงไปเพื่อการลดต้นทุนในการผลิตกระดาษด้วย เพราะตัวเติมส่วนมากจะมีราคาถูกเมื่อเทียบกับเส้นใย ผงแร่ที่ใช่เป็นตัวเติมลงในกระดาษจะต้องมีขนาดเล็กละเอียด ตัวเติมที่ดีควรมีขนาดประมาณ 1-10 ไมครอน ผงแร่ที่มีขนาดเล็กนี้เมื่อเติมลงไปจะช่วยเพิ่มเนื้อที่ผิวภายในกระดาษ โดยเพิ่มพื้นที่ระหว่างผงแร่กับอากาศและผงแร่กับเส้นใย ทำให้เพิ่มค่าการกระเจิงแสง (Light Scattering) ของกระดาษ ทำให้กระดาษมีค่าความขาวสว่างเพิ่มขึ้น และเนื่องจากมีขนาดเล็กกว่าเส้นใยมาก เมื่อใส่ลงไปจะทำให้กระดาษมีผิวเรียบขึ้น ผงแร่ที่ใช้เป็นตัวเติมในกระดาษ ได้แก่ ดินขาว (Kaolin Clay) ไททาเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide, TiO_2) และแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate, $CaCO_3$) การเติมผงแร่ลง

ไปก็มีส่วนลดสมบัติความเหนียวของกระดาษลงด้วย ผงแร่แต่ละชนิดมีลักษณะ รูปร่าง ขนาด และดัชนีการหักเหของแสงต่างกัน

3) การเติมสารความเหนียว (Dry Strength Agents) สารเติมแต่งชนิดนี้เป็นสารเคมีที่เติมลงไปเพื่อเพิ่มสมบัติความเหนียวของกระดาษ โดยเฉพาะความต้านทางแรงดึง และความต้านทานแรงดันทะลุ นอกจากนี้ยังช่วยลดการหลุดออกของเส้นใยที่ผิวกระดาษและเพิ่มพันธะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นกระดาษแข็ง ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญมาก เพราะถ้าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นต่ำจะทำให้เกิดการแยกชั้นของกระดาษแข็งระหว่างการพิมพ์ได้ เพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นในทางการพิมพ์ สารเพิ่มความเหนียวที่ใช้ ได้แก่ แป้งธรรมชาติ (Native Starch) แป้งปรุงแต่ง (Modified Starch) ปรับให้เป็นประจุบวก กัม และพอลิอะคริลเอไมด์ (Polyacrylamide) แป้งเป็นสารเพิ่มความเหนียวที่รู้จักกันดีและใช้กันมานานแล้ว แต่ปัจจุบันนิยมใช้แป้งประจุบวก และพอลิอะคริลเอไมด์มากกว่า เนื่องจากสารเหล่านี้มีประจุบวก จึงสามารถจับกันได้ดีกับเส้นใยซึ่งมีประจุลบทำให้เพิ่มพันธะระหว่างเส้นใยในกระดาษส่งผลให้กระดาษมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

4) สารเพิ่มความเหนียวเมื่อเปียก (Wet Strength Agent) สารเติมแต่งชนิดนี้เป็นสารเคมีเติมลงไป เพื่อรักษาความเหนียวของกระดาษ ให้คงไว้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 ของความเหนียวเดิม ปกติจะไม่สารชนิดนี้ในกระดาษพิมพ์ทั่วไป แต่อาจพบในกระดาษพิมพ์งานพิมพ์พิเศษที่ต้องการความเหนียวเมื่อเปียกสูง เช่น กระดาษพิมพ์แผนที่ กระดาษธนบัตร สารเคมีที่ใช้เป็นสารเพิ่มความเหนียวเมื่อเปียก ได้แก่ ยูเรียฟอร์มาลดิไฮด์ (Urea-Formaldehyde) เมลานีนฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamine Formldehyde) พอลิเอไมด์ (Poloyamine) และพอลิเอมีน (Polyamine)

5) สารสีย้อม (Dye) สารเติมแต่งชนิดนี้เป็นสารเคมีที่ใส่ลงไปในการทำกระดาษโดยมีวัตถุประสงค์ 2 ประการด้วยกัน คือ

ก. ต้องการทำกระดาษสี (Colored Paper) ในกรณีนี้จะเติมสารย้อมสีลงไปในส่วนผสมของน้ำเยื่อจนได้สีตามที่ต้องการ

ข. ต้องการแต่งสีกระดาษขาวให้ได้ระดับคล้ำสีที่ต้องการ หรือเพื่อให้ดูขาวขึ้น เรียกว่า สีแต่ง (Tinting Dye) โดยสีแต่งในปริมาณน้อยๆ เติมลงในส่วนผสมน้ำเยื่อ สีแต่งที่ใช้นี้ อาจเป็นสีอะไรก็ได้ แต่ในกระดาษขาวจะใช้สีม่วงหรือสีน้ำเงิน

สารสีย้อมแต่งที่ใช้แบ่ง 3 ชนิด คือ สีไดเรก (Direct Dyes) สีแอสิก (Acid Dyes) และสีเบสิก (Basic Dyes) โดยสีแต่ละชนิดจะมีสมบัติต่างกันดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงสมบัติของสีย้อม

	สีไดเรก	สีแอสิก	สีเบสิก
สมบัติการละลายน้ำ	ต่ำ	สูง	-
ความคงทนต่อแสง	ดี	ดี	ไม่ดี
ความสดใสของสี	น้อย	น้อย	มาก
การยึดติดเส้นใย	ดีมาก	ต้องใช้สารช่วยยึดติด	ต้องใช้สารช่วยยึดติด

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์ หน่วยที่ 9 -15. 2539:19

6) สารเพิ่มความขาวสว่าง สารเติมแต่งชนิดนี้เป็นสารสีย้อมประเภทเรืองแสง (Fluorescent Dye) เรียกทั่วไปว่า สารฟอกนวล เมื่อเติมลงไปจะช่วยให้กระดาษมีความขาวสว่างเพิ่มขึ้น กระดาษพิมพ์เขียนทุกชนิดจะมีสาฟอกนวลผสมอยู่ด้วย

- สารแต่งเติมเสริม (Chemical Processing Aid) สารเติมแต่งประเภทนี้ นอกจากทำหน้าที่ช่วยส่งเสริมให้สารเติมแต่งหลักทำหน้าที่เฉพาะอย่างได้ดีขึ้น และช่วยในการรักษาความสะอาดของเครื่องจักรผลิตกระดาษให้สามารถเดินกระดาษได้ดีอีกด้วย สารเติมแต่งประเภทนี้แบ่งได้เป็น 6 ชนิด ตามลักษณะหน้าที่ดังนี้

1) สารเติมการตกค้าง (Retention Aid) สารชนิดนี้ช่วยให้มีการตกค้างของเส้นใยละเอียด และตกค้างในเยื่อกระดาษมากขึ้น

2) สารต้านการเกิดฟอง (Deformer) สารชนิดนี้ช่วยป้องกันการเกิดฟอง และช่วยให้เยื่อกระดาษมีความสม่ำเสมอดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้น้ำแยกตัวออกจากเยื่อได้เร็ว

3) สารควบคุมจุลชีวะ (Microbiological Control Agent) สารนี้จะช่วยควบคุมการเกิดเมือก (Slime) และการแพร่ขยายของจุลชีวะ

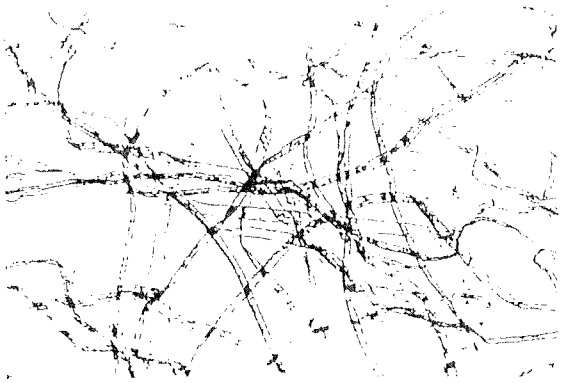
4) สารควบคุมการเกิดจุดดำ (Pitch Control Agent)

5) สารช่วยแยกน้ำ สารชนิดช่วยเพิ่มอัตราการแยกน้ำออกจากกระดาษให้เร็วขึ้น

6) สารช่วยกระจายตัว สารชนิดนี้จะช่วยให้เส้นใยกระจายตัวสม่ำเสมอ ลดการจับกลุ่มก้อนของเส้นใย

ชนิดของเยื่อกระดาษ เยื่อกระดาษสามารถแบ่งออกตามความยาวของเยื่อกระดาษได้ 2 ประเภท (สุภณี, 2545 : 13)

- เยื่อใยยาว (Long Fiber) เยื่อชนิดนี้ผลิตจากเนื้อไม้จำพวกสน โดยมีขนาดเส้นใยเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ20-30 ไมครอน ยาว 3.5-5 มิลลิเมตร ซึ่งจะทำให้มีความสามารถในการยึดเกี่ยวพันกันสูง ส่งผลต่อกระดาษทำให้กระดาษแข็งแรงขึ้น ทนต่อแรงดึง และทำให้การเดินครื่องดีขึ้น แต่อย่างไรก็มีข้อเสียคือ ถ้าหากใส่เป็นส่วนผสมในเนื้อกระดาษมากเกินไป จะทำให้ความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษไม่ดี และผิวกระดาษไม่เรียบ



ภาพที่ 2.3 เยื่อใยยาว (Long Fiber)

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์ หน่วยที่ 9 -15, 2545 :31

- เยื่อใยสั้น (Short Fiber) ผลิตจากไม้เนื้อเข็ง เช่น ยูคาลิปตัส และอื่นๆ ซึ่งมีขนาดเส้นใยผ่านศูนย์กลาง 1.20 ไมครอน ยาว 1-1.5 มิลลิเมตร สมบัติเด่นของเส้นใยสั้น คือ จะส่งผลให้เนื้อกระดาษแน่นสม่ำเสมอ เรียบ และทึบแสง

ภาพที่ 2.4 เยื่อใยสั้น (Short Fiber)

ที่มา : เอกสารการสอนรายวิชาวัสดุทางการพิมพ์ หน่วยที่ 9 -15, 2545 :32

ตารางที่ 2.2 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยจากไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็งอย่างคร่าวๆ

	ไม้เนื้ออ่อน	ไม้เนื้อแข็ง
เซลลูโลส	40-45	40-50
เฮมิเซลลูโลส	25-30	25-35
ลิกนิน	25-35	20-25
เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย	ใหญ่	เล็ก
ความยาวของเส้นใย	ยาว	สั้น

ที่มา : สาระน่ารู้เรื่องกระดาษพิมพ์, 2537: 23

องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใย ซึ่งมี 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

- เซลลูโลส (Cellulose) เป็นสารคาร์โบไฮเดรต ประเภท Polysaccharide น้ำหนักโมเลกุลสูงประกอบด้วยหน่วยซ้ำๆ กันของ B-D-glucopyanose ต่อกันเป็นพอลิเมอร์ มีสมบัติไม่ละลายในน้ำ ตัวทำลายสารอินทรีย์ทั่วไป และสารละลายในด่าง สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) กับกรดได้ และที่สำคัญคือ โครงสร้างเป็นได้ทั้งเรียงตัวเป็นระเบียบ (Crystalline) และไม่เป็นระเบียบ (Amorphous) รวมกันส่วนต่างๆ กัน ซึ่งมีผลทำให้เซลลูโลสมีสมบัติในการดูดซึม (Absorption) ยืดหยุ่น (Stress-strain) และการพองตัว (Swelling) เป็นต้น

- เฮมิเซลลูโลส (Hemi-Cellulose) เป็นสารคาร์โบไฮเดตรเช่นเดียวกับเซลลูโลส แต่มีโครงสร้างส่วนใหญ่ไม่เป็นระเบียบ ดังนั้นจึงดูดซึมน้ำได้ดี ซึ่งมีผลช่วยทำให้เส้นใยพองตัวได้รวดเร็วง่ายต่อการตีเยื่อ และยังช่วยทำให้เส้นใยมีสมบัติยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นอีกด้วย นอกจากนั้น ยังสามารถทำปฏิกิริยาในสารละลายต่างๆ ได้

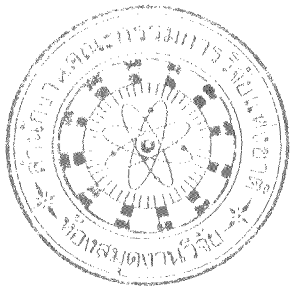
- ลิกนิน (Lignin) เป็นสารประกอบประเภทอะโรมาติก (Aromatic) มีกลุ่มฟังก์ชั่นต่างๆ รวมอยู่ด้วย เช่น Methoxyl Alipatic และ Phenolic Hydreoxyl เป็นต้น ทำหน้าที่เป็นสารยึดติดให้เส้นใยในเนื้อไม้เกาะติดกัน มีสมบัติไม่ละลายน้ำหรือสารละลายอินทรีย์ทั่วไป แต่ละลายได้บางส่วนในสารละลายต่างๆ หรือ Oxidising Agent สามารถเกิดปฏิกิริยา Condensation ได้กับสารละลายกรดเข้มข้น

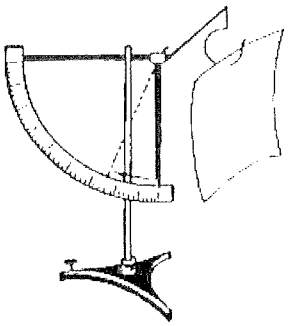
ลักษณะของโครงสร้างกระดาษ

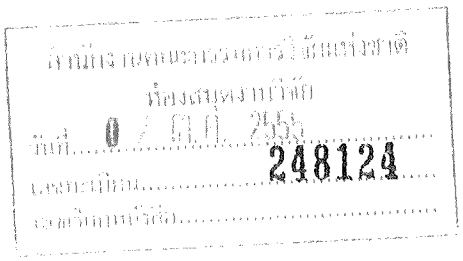
กระดาษเป็นแผ่นวัสดุซึ่งมิได้มีเนื้อเดียวกัน มีความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษไม่เท่ากันตลอดทั้งแผ่น ทั้งนี้เพราะโครงสร้างของกระดาษประกอบขึ้นจากการสานตัวของเส้นใย และมีสารเติมแต่งช่วยอุดช่องว่างระหว่างเส้นใย ลักษณะทางโครงสร้างของกระดาษจึงเป็นตัวบ่งชี้การจัดเรียงตัวขององค์ประกอบต่างๆ ภายในเนื้อกระดาษ เช่น การกระจายตัวของเส้นใย ทิศทางการ

เรียงตัวในแนวขนานเครื่องของเส้นใย ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติอื่นๆ ของกระดาษด้วยลักษณะทางโครงสร้างของเส้นใย ได้แก่ น้ำหนักมาตรฐาน (Basis Weight หรือ Grammage) ความหนา (Thickness) ความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ (Formation) ทิศทางของเส้นใย (Directionality) ผิวกระดาษ (Smoothness) คุณลักษณะกระดาษทั่วไปสามารถแบ่งได้ดังนี้

น้ำหนักมาตรฐาน (Basis Weight) หมายถึง น้ำหนักของกระดาษต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เก็บในสภาวะอุณหภูมิ และความชื้นที่ได้รับการควบคุมตามมาตรฐานกำหนด น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจะเป็นหระโยชน์ในการควบคุมการผลิตกระดาษโดยจะควบคุมปริมาณเนื้อกระดาษที่ใช้ หน่วยที่ใช้วัดน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษจะเป็น กรัมต่อตารางเมตร ตามระบบสากลทั่วไปแต่บางประเทศจะมีการใช้หน่วยปอนด์ต่อตารางฟุต หรือปอนด์ต่อ 3,000 ตารางฟุตในปัจจุบันมาตรฐานสากล (ISO) และ TAPPI ซึ่งมาตรฐานในการทดสอบกระดาษให้ใช้คำว่า "แกรมเมจ" (Grammage) แทนน้ำหนักมาตรฐาน







ภาพที่ 2.5 เครื่องมือใช้วัดน้ำหนักมาตรฐาน

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์ หน่วยที่ 9 -15, 2539: 30

ความหนา (Thickness) หมายถึง ระยะห่างที่ตั้งฉากระหว่างผิวด้านบน และผิวด้านล่างของกระดาษ ภายใต้สภาวะการทดสอบที่กำหนด หน่วยที่ใช้ในสหรัฐอเมริกาจะระบุเป็นนิ้ว (Inches) หรือ มิล (Mil) ในระบบนิวแมตทริก จะวัดเป็นหน่วยไมโครเมตร (Micrometer) แต่ส่วนใหญ่จะวัดเป็น (Millimeter) ความหนาของกระดาษจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับน้ำหนักมาตรฐาน แรงกดของลูกกลิ้งขณะเดินแผ่น การบดเยื่อ และชนิดของเยื่อที่ใช้

ความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ (Formation) ความสม่ำเสมอในเนื้อกระดาษ นับว่าเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่ง สำหรับกระดาษพิมพ์เมื่อนำเนื้อกระดาษที่ไม่สม่ำเสมอกัน (Wild Formation) ไปพิมพ์จะให้งานพิมพ์ที่คุณภาพไม่ดี ความสม่ำเสมอกันของเนื้อกระดาษเกิดขึ้นจาก

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษ เช่น เส้นใย สารเติมแต่งต่างๆ ที่นำมาผสมกันมีความแตกต่างกันในขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น ดัชนีหักเหของแสง และองค์ประกอบทางเคมี นอกจากนี้ยังขึ้นกับขั้นตอนการผสมระหว่างองค์ประกอบที่เป็นเส้นใยกับสารเติมแต่ง และการเดินแผ่น ซึ่งล้วนแต่มีผลต่อการกระจายตัว ปละจับตัวกันของสารผสมเหล่านี้ทั้งสิ้น

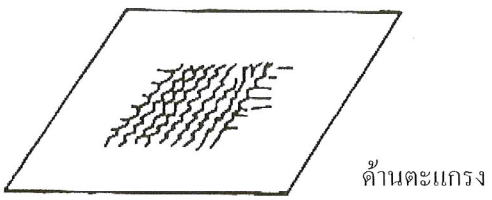
การตรวจสอบความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษสามารถทำได้ โดยการยกขึ้นส่องกับแสงสว่าง ถ้ากระดาษมรความสม่ำเสมอต่ำ (Poor Formation) จะเห็นการกระจายตัวของเนื้อกระดาษไม่เสมอกันปรากฏภาพเป็นดวงๆ เป็นทางๆ เป็นฝ้านม หรือมองดูคล้ายก้อนเมฆ มีผลต่อสมบัติของกระดาษทั้งเชิงกลและเชิงแสง ในเชิงปริมาณจะนิยามความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษว่า เป็นสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษพื้นที่ขนาดจิ๋ว (100 SD/x โดยที่ x เป็นน้ำหนักมาตรฐานเฉลี่ย และ SD เป็นความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ปัจจุบันยังไม่มีวิธีวัดที่กำหนดเป็นมาตรฐาน

ทิศทางของเส้นใย (Fiber Direction) ในการผลิตกระดาษเส้นใยจะเรียงตัวเป็นแนวราบเป็นส่วนใหญ่ ถ้าแบ่งตามทิศทางของเครื่องจักรสามารถแบ่งได้เป็น 2 แนว คือ แนวขนานเครื่อง (Machine Direction, MD) หรือแนวเกรน (Grain Direction) และแนวขวางเครื่อง (Cross Direction, CD) หรือแนวขวางเกรน (Cross Grain Direction) โดยเส้นใยจะเรียงตัวตามแนวขนานเครื่อง (MD) มากกว่าแนวขวางเครื่อง (CD) เปรียบเสมือนท่อนซุงลอยน้ำจะลอยตามกระน้ำ การเรียงตัวของเส้นใยจะทำให้สมบัติของกระดาษทั้งสองแนวแตกต่างกันซึ่งมีผลต่อการพับ การหักงอ การพิมพ์ การอัดสำเนา หรือการถ่ายเอกสารจากที่ทิศทางของเส้นใยเรียงตัวในแนวขนานเครื่องมากกว่าแนวขวางเครื่อง ทำให้สมบัติทางเชิงกลของกระดาษทั้งสองแนวแตกต่างกัน (Paper Anisotropy) การตรวจสอบแนวเกรนของกระดาษมีความสำคัญมาก ในขั้นตอนการนำกระดาษไปแปรรูป ยกตัวอย่างเช่น การหักพับ เซาะร่อง สามารถทำได้ง่ายในแนวขนานเครื่อง และค่าความทรงรูปในแนวขนานเครื่องสูงกว่า มีประโยชน์ในการออกแบบแฟ้ม หรือบรรจุภัณฑ์ต่างๆ

ความแตกต่างของผิวกระดาษสองด้าน (Two – Sideness) สองด้านของผิวกระดาษที่กล่าวถึง คือ ด้านตะอกรง (Wire Side, WS) และด้านสักหลาด (Felt Side, FS) ด้านตะแกรง หมายถึงผิวของกระดาษด้านที่สัมผัสกับตะแกรงลวดในเครื่องเดินแผ่น ด้านตะอกรงมักมีรอยตะแกรงปรากฏอยู่ให้เห็น ด้านสักหลาด หมายถึง ด้านที่อยู่ตรงข้ามด้านตะแกรง เป็นด้านบนเวลาทำแผ่นกระดาษที่จริงแล้วควรเรียกว่าด้านบน (Top Side) มากกว่า ในส่วนตะแกรงลวดเดินแผ่นจะมีการสั่นสะเทือนของเครื่องเพื่อไม่ให้เส้นใยจับกลุ่มกัน และในส่วนตะแกรงลวดเดินแผ่นนี้ น้ำเยื่อจะเริ่มก่อตัวเป็นแผ่นด้วยกระบวนการกรอง และมีการแยกน้ำออก ซึ่งในการแยกน้ำออกจะมีอุปกรณ์ลมดูดต่างๆ ซึ่งจะดูดเอาส่วนเยื่อละเอียดหรือสารเติมแต่งต่างๆ หลุดไปพร้อมกับน้ำด้วย เมื่อมองในทิศทางของ Z (Z – Direction) หรือภาคตัดขวางของกระดาษทั้งแผ่น จะเห็นว่าผิวกระดาษทั้งสองด้านมีองค์ประกอบต่างๆ แตกต่างกัน คือ ด้านบนหรือด้านสักหลาดจะมีส่วนของ

เยื่อละเอียด (Fine) และส่วนที่ไม่ใช่เส้นใยอยู่มาก ในขณะที่ด้านล่างหรือด้านตะแกรงจะมีส่วนที่เป็นเส้นใย และมีการจัดเรียงตัวตามแนวเกรงของเครื่องมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากด้านตะแกรงนั้นส่วนของเยื่อละเอียดและอนุภาคของสารเติมแต่งต่างๆ สามารถลอดผ่านตะแกรงไปได้ผิวกระดาษด้านตะแกรงจะหยาบกว่าด้านสักหลาดความแตกต่างของผิวกระดาษทั้งสองด้าน จะมีผลต่อความเรียบ การดูดซึมน้ำ และน้ำมันโดย เฉพาะในด้านการพิมพ์ ความแตกต่างของผิวกระดาษไม่ควรแตกต่างกันมากนัก ดังนั้นในการผลิตกระดาษในปัจจุบันจะพยายามปรับความแตกต่างของผิวกระดาษ โดยมีการผลิตตะแกรงที่มีความเรียบสูงขึ้น วิธีตรวจสอบผิวกระดาษว่าเป็นด้านตะแกรงหรือด้านสักหลาด สามารถทำได้ 2 วิธี ดังนี้

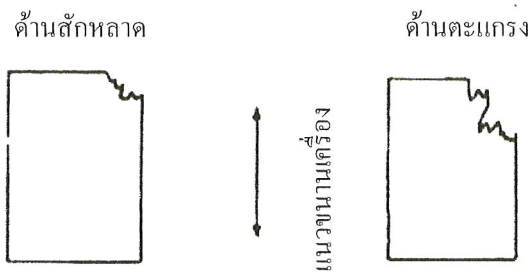
1. การสังเกตว่าด้านไหนที่แสดงรอยตะแกรงจะเป็นด้านตะแกรง



ภาพที่ 2.6 รอยตะแกรงของผิวกระดาษ

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุการพิมพ์หน่วยที่ 9-15, 2539: 34

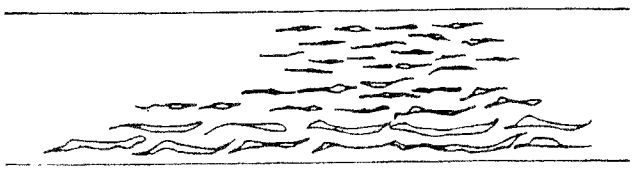
2. การตรวจสอบโดยการฉีกขาดที่มุม และสังเกตรอยฉีกขาด โดยคว่ำกระดาษให้ด้านหนึ่งขนานกับพื้นแล้วฉีกที่มุม ถ้ารอยฉีกบริเวณมุมเป็นแนวกว้างของการลอกออกเส้นใยมาก แสดงว่าเป็นด้านตะแกรง



ภาพที่ 2.7 การฉีกกระดาษเพื่อตรวจสอบด้านของกระดาษ

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุการพิมพ์หน่วยที่ 9 -15, 2539: 34

ด้านสักหลาด



ด้านตะแกรง

ภาพที่ 2.8 ความแตกต่างของผิวกระดาษทั้ง 2 ด้าน ในด้านการจัดเรียงตัวของเส้นใย
ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุการพิมพ์หน่วยที่ 9 -15, 2539: 34

ความพรุนของกระดาษ (Porosity) กระดาษที่องเห็นนั้นไม่ใช่ว่าจะทึบไปทั่วทั้งแผ่นจริงๆ แล้วมีลักษณะเป็นรูพรุนเล็กๆ อยู่ภายในแผ่นกระดาษซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นเส้นใย และส่วนที่ไม่ใช่เส้นใย กระดาษโดยทั่วไปจะมีกระดาษอยู่ประมาณร้อยละ 50 โดยปริมาตรอัตราส่วนของปริมาตรรูพรุนต่อปริมาตรทั้งหมดของแผ่นกระดาษนั้น เรียกว่า ความพรุนของกระดาษ วิธีวัดความพรุนของกระดาษโดยตรงทำได้ค่อนข้างยาก โดยทั่วไปใช้วัดเทียบกับค่าการอยมให้อากาศไหลผ่านโดยวัดจากปริมาตรอากาศ (Total Volume) ที่สามารถไหล่ผ่านกระดาษในหนึ่งหน่วยเวลาในสภาวะทดสอบมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที ความพรุนของกระดาษแสดงถึงความต้านทานอากาศที่สามารถผ่านได้ด้วย ถ้ากระดาษมีความพรุนมาก หมายถึง ความต้านทานอากาศผ่านจะน้อย ความต้านทานอากาศซึมผ่านมีความสำคัญมากต่อการใช้งาน เช่น ถุงกระดาษ กระดาษทิชชู กระดาษกรอง กระดาษกันน้ำมัน เครื่องมีที่ใช้วัดความพรุนของกระดาษที่ใช้กันอยู่ มีหลายแบบ เช่น เครื่องเบนท์เซน และเคอร์ฟิวเครื่องเคอร์ฟิว เป็นการวัดโดยกำหนดให้อากาศคงที่เวลาเปลี่ยนหน่วย ที่ใช้วัดจะเป็นเวลาต่อปริมาตรอากาศซึ่งหลักการจะต่างจากของเบนท์เซน ที่เป็นการวัดความต้านทานอากาศ โดยวัดปริมาตรอากาศที่ไหลผ่านในระยะเวลาที่กำหนด หน่วยที่วัดจะเป็นปริมาตรต่อเวลา

ความเรียบของผิวกระดาษ (Smoothness) เป็นลักษณะของผิวกระดาษที่สัมพันธ์กับความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ และความเรียบหยาบของผิวกระดาษทั้งสองด้าน ความเรียบมีความสำคัญโดยเฉพาะทางด้านการพิมพ์ โดยจะแปรผันไปตามกระบวนการและวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต การใช้เส้นใยสั้นส่วนละเอียด และตัวเติมมากขึ้นจะเพิ่มความเรียบของผิวกระดาษ นอกจากนี้การรีดผิวเคลือบผิว ขัดผิว ก็มีผลต่อการเพิ่มความเรียบของผิวกระดาษด้วยเช่นกัน การวัดความเรียบใช้วิธีการวัด เช่นเดียวกันกับการวัดความพรุน ความราบของผิวกระดาษ และการยุบตัวเมื่อได้รับแรงกด

2.3 สมบัติพื้นฐานของกระดาษ

สมบัติกระดาษในด้านความแข็งแรงทางเชิงกล

สมบัติเชิงกลของกระดาษเป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการใช้งานของกระดาษ หมายถึง การที่กระดาษมีความทนทานต่อการใช้งาน (Durability) และความสามารถในการต้านทานแรงที่มากระทำในลักษณะต่างๆ เช่น แรงดึง แรงเฉือน แรงบิดและแรงที่ทำให้กระดาษโค้งงอ ซึ่งแรงเหล่านี้เกิดขึ้นในหลายขั้นตอนตั้งแต่การผลิตกระดาษ การแปรรูปจนถึงการใช้งาน กระดาษจะตอบสนองแรงที่มากระทำเหล่านี้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของกระดาษ ซึ่งสามารถวัดออกมาได้ในรูปของสมบัติเชิงกลได้ ดังนั้นการเลือกกระดาษเพื่อนำไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงสมบัติทางเชิงกลของกระดาษด้วยสมบัติทางเชิงกลของกระดาษ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ -

สมบัติเชิงกลพื้นฐาน เป็นสมบัติเชิงกลที่บ่งบอกถึงพฤติกรรมของกระดาษที่เกิดขึ้น ในขณะที่ได้รับแรงดึงซึ่งกระดาษแต่ละชนิดจะมีพฤติกรรมในลักษณะเดียวกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น และความเครียด (Stress – Strain Plot)

ความเค้นในที่นี้ หมายถึง แรงที่กระทำให้วัตถุเกิดการยืดตัว ยกตัวอย่างเช่น แขวนตุ้มน้ำหนักไว้ที่ปลายลวด ลวดจะได้รับแรงดึง ทำให้เกิดการยืดตัว แรงที่กระทำเรียกว่า เทนไซล์สเตรส (Tensile Stress) มีหน่วยเป็นแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เช่น นิวตันต่อตารางเมตร (N / m^2)

ความเครียดในที่นี้ หมายถึง การยืดตัวของวัตถุเมื่อถูกแรงดึง หน่วยที่ใช้เป็นร้อยละ โดยคิดจากความยาวที่เพิ่มขึ้นต่อความยาวเดิมของวัตถุ เช่น วัตถุเดิมยาว 100 มิลลิเมตร หลังได้รับแรงดึงมีความยาวเพิ่มขึ้นเป็น 105 มิลลิเมตร ดังนั้นวัตถุนี้จะมีความเครียดหรือความยืด เท่ากับร้อยละ 5

- สมบัติเชิงกลประยุกต์ เป็นสมบัติเชิงกลของกระดาษที่บ่งชี้ถึงความค่าความต้านทานแรงที่มากระทำต่อกระดาษในหลายลักษณะจนกระดาษขาด ได้แก่ แรงดึง แรงฉีก และแรงเฉือน สมบัติเชิงกลของกระดาษได้แก่ ความต้านแรงดึง และการยืดตัว ความต้านแรงดันทะลุ ความต้านแรงฉีกขาดความทนต่อการพับขาด และความทรงรูป

1) ความต้านแรงดึงและการยืดตัว ความต้านแรงดึง หมายถึง ความสามารถในการรับแรงดึงสูงสุดที่กระดาษจะทนได้ก่อนจะขาดออกจากกันมีหน่วยเป็นแรงต่อความกว้างของกระดาษที่ใช้ทดสอบ เช่น กิโลนิวตันต่อเมตร (kN / m) หรือปอนด์ต่อนิ้ว (lb / in) ค่าที่วัดได้จะเป็นสิ่งที่บ่งชี้ให้เห็นถึงความทนทานและศักยภาพในการใช้งานของกระดาษ ซึ่งต้องรับแรงในขณะใช้งาน เช่น เพื่อการห่อของ ทำถุง ทำม้วนเทป โดยทั่วไปแล้วค่าความต่ำสุดของความต้านทานแรงดึงของกระดาษแต่ละชนิด ต้องการเพียงเพื่อไม่ให้แผ่นกระดาษฉีกขาด ระหว่างการแปรรูปเพื่อใช้งาน เช่น การใช้แระดาษม้วนป้อนงานพิมพ์ นอกจากนี้ ยังนำไปใช้สำหรับกระดาษที่ต้องการความต้านแรงดึงขาดเมื่อเปียก (Wet – Tensile Strength) เพื่อให้แน่ใจว่ากระดาษไม่ยุ่ยง่าย เมื่อถูกน้ำขณะใช้งาน โดยการตรวจสอบความต้านแรงดึงขาดที่กระดาษเปียกอยู่

2) ความต้านแรงดันทะลุ หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะทนแรงดันได้สูงสุด เมื่อได้รับแรงกระทำในทิศทางตั้งฉากต่อผิวหน้ากระดาษ มีหน่วยเป็น กิโลปาสกาล (kPa) หรือกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือปอนด์ต่อจารางนิ้ว (รุ่งอรุณ และสุภาวดี, 2539 : 40) กระดาษที่จำเป็นต้องจรวจสอบความต้านทานแรงดันทะลุ จะเกี่ยวข้องกับบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ กระดาษผิวกล่อง (Linerboard) ซึ่งจะนำมาใช้ผลิตแผ่นกระดาษลูกฟูก (Corrugated Board) หรือกล่องที่ใช้เพื่อการขนส่ง (Shipping Container) (รุ่งอรุณ และสุภาวดี, 2539: 40)

3) ความต้านแรงฉีกขาด หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงกระทำซึ่งทำให้ชิ้นทดสอบหนึ่งชิ้นขาดออกจากรอบฉีกเดิม หน่วยที่วัดได้เป็นมิลลินิวตัน (mN) หรือกรัม (Gram) กระดาษที่จำเป็นจะต้องตรวจสอบความต้านทานแรงฉีกขาด ได้แก่ กระดาษทำถุง กระดาษพิมพ์เขียน (รุ่งอรุณ และสุภาวดี, 2539 : 41)

4) ความต้านทานต่อการพับขาด หมายถึง จำนวนการพับไปพับมา (Double Folds ของชิ้นทดสอบจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกันภายใต้แรงที่กำหนด หน่วยที่ใช้เป็นจำนวนครั้ง หรือ $\log_{10}$ ค่าความทนทานต่อการพับขาดในแนวขนานเครื่องสูงกว่าแนวขวางเครื่อง ความทนต่อการพับขาดจะเป็นการวัดที่รวมความต้านแรงดึงการยืดตัว การแยกชั้นของกระดาษและความต้านทานแรงกด ซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงอายุการใช้งานของกระดาษ เช่น กระดาษปก (รุ่งอรุณ และสุภาวดี, 2539: 42)

5) ความทรงรูป หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านทานแรงที่มากระทำให้กระดาษโค้งงอด้วยน้ำหนักกระดาษจากภายนอก หน่วยที่ใช้เป็น นิวตัน – เมตร หรือ นิวตัน หรือหน่วยอื่นที่เกี่ยวข้อง ความต้องการค่าความทรงรูปของผู้ใช้งาน อาจสูงหรือต่ำก็ได้ ตามความเหมาะสมของกระดาษ เช่น กระดาษสำหรับพิมพ์ระบบป้อนแผ่น กระดาษแข็งชนิดต่างๆ เช่น กระดาษแฟ้มปกแข็ง หรือการโป่งพองของสินค้า (Bulging) ในขณะบรรจุ และตั้งวางอยู่บนสินค้า (รุ่งอรุณ และสุภาวดี, 2539: 42)

สมบัติกระดาษด้านทัศนศาสตร์

สมบัติด้านทัศนะศาสตร์ หมายถึง สมบัติทางแสงของกระดาษที่ปรากฏแก่สายตา ได้แก่ ความสว่าง (Brightness) ความทึบแสง (Opacity) ความขาว (Whiteness) ความมันวาว (Gloss) สมบัติเหล่านี้ของกระดาษไม่สามารถวัดค่าออกมา โดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์เพียงอย่างเดียวได้ แต่จะต้องประกบด้วยหลักการทางจิตวิทยาร่วมด้วย ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการมองเห็นของสายตามนุษย์ ซึ่งต้องอาศัยดวงตาในการสังเกตและสมองตัดสินการรับรู้ในการมองเห็นอีกครั้ง ดังนั้นการวัดค่าเกี่ยวกับสมบัติทางด้านทัศนศาสตร์จึงต้องประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 3 ส่วน ในการพิจารณา คือ แหล่งกำเนิดแสง กระดาษที่ถูกส่องสว่าง และดวงตามนุษย์ หรือเครื่องวัดแสงที่ทำ

หน้าที่สังเกตการณ์ และแปรผลของการสะท้อนแสงหรือการส่องผ่านของแสงที่กระทำต่อกระดาษ (รุ่งอรุณ และสุภาวดี, 2539 : 40)

- อัตรากิริยาระหว่างแสงกับกระดาษ เมื่อแสงตกกระทบบนกระดาษจะเกิดปรากฏการณ์ 4 อย่าง คือ การสะท้อนแสง การดูดกลืนแสง การกระเจิงแสง และการส่องผ่านของแสง

1) การสะท้อนแสงเป็นปรากฏการณ์แรกสุดที่เกิดขึ้นทันทีแสงตกกระทบบนผิวกระดาษ แสงบางส่วนเกิดการสะท้อนกลับออกจากผิวบนสุดของกระดาษ เนื่องจากกระดาษมีผิวหยาบจึงมีทิศทางการสะท้อนแสงไม่แน่นอน แต่มีการสะท้อนแสงในทุกทิศทางบนผิวกระดาษ การสะท้อนแสงแบบนี้เรียกว่า การสะท้อนแสงแบบกระจาย (Diffuse Refection) แต่ถ้ากระดาษมีผิวเรียบมาก ผ่านการขัดมันหรือเคลือบผิวด้วยสารที่มีความมันวาวสูง เช่น กระดาษอาร์ตมัน การสะท้อนแสงบนผิวกระดาษเรียบนี้จะมีทิศทางแน่นอน คือ มีค่าของมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน เรียกการสะท้อนแบบนี้ว่า การสะท้อนแสงเชิงมุม (Specula Refection) หรือความมันวาว

2) การดูดกลืนแสงแสงบางส่วนที่ตกกระทบจะผ่านเข้าไปในเนื้อกระดาษและจะถูกดูดกลืนไว้ในแต่ละช่วงคลื่นตามปริมาณ และสมบัติสารสีที่มีอยู่ วัสดุใดถ้าไม่มีการดูดกลืนแสงเลยในทุกช่วงคลื่น วัสดุนั้นจะมีสีขาว วัสดุใดถ้าดูดกลืนแสงไว้หมดทุกช่วงคลื่นวัสดุนั้นจะมีสีดำ และถ้าวัสดุในดูดกลืนแสงมากเฉพาะช่วงคลื่นที่แน่นอนวัสดุนั้นจะมีสี

3) การกระเจิงแสง เป็นผลรวมที่ได้จากการหักเหของแสง (Refraction) และการสะท้อนมาก (Reflection) ที่เกิดภายในเนื้อกระดาษรวมกัน

4) การส่องผ่านของแสงแสงบางส่วนอาจผ่านทะลุกระดาษมาได้กระดาษบางชนิดยอมให้แสงผ่าน เช่น กระดาษไขเขียนแบบ มีเนื้อแน่นมาก ทำให้พื้นที่ผิวในการกระเจิงแสงภายในเนื้อกระดาษน้อย แสงจึงผ่านทะลุได้มากกว่ากระดาษชนิดอื่น

- สมบัติด้านทัศนศาสตร์ของกระดาษ มีดังนี้

1) ความขาวสว่าง ในอุตสาหกรรมกระดาษจะหมายถึง ค่าการสะท้อนแสงของแสงสีน้ำเงินที่ช่วงคลื่น 457 นาโนเมตรเท่านั้น จุดประสงค์เดิมของการวัดความขาวสว่างเพื่อต้องการดูผลของการฟอกเยื่อเป็นสำคัญ เยื่อกระดาษที่ยังไม่ได้ฟอกส่วนมากจะเป็นสีน้ำตาลเข้มจนถึงเหลืองอ่อน อันเนื่องจากลิกนินจะดูดซับแสงสีน้ำเงินไว้ ทำให้ค่าการสะท้อนแสงที่ได้ในช่วงแสงสีน้ำเงินมีค่าต่ำ แต่เมื่อนำเยื่อไปฟอกโดยการขจัดลิกนิน หรือเปลี่ยนโครงสร้างแล้ว เยื่อฟอกขาวที่ได้จะให้ค่าการสะท้อนแสงที่ช่วงแสงสีน้ำเงินสูงขึ้นมา

2) ความทึบแสงของกระดาษ เป็นสมบัติที่จำเป็นสำหรับกระดาษพิมพ์และเขียน กระดาษจะต้องทึบแสงพอที่จะบังภาพ หรืออักษรที่อยู่ด้านหลังไม่ให้ปรากฏจนเกิดปัญหาในการอ่าน และความชัดเจนของสิ่งที่พิมพ์

3) ความขาว เป็นสมบัติที่แตกต่างจากความขาวสว่าง คนจะรู้สึกว่ากระดาษหรือวัสดุใดมีสีขาวกว่าอีกสิ่งหนึ่ง ถ้ากระดาษนั้นสะท้อนแสงในช่วงคลื่นที่ตามองไม่เห็นออกมา

สม่ำเสมอกว่าการย้อมกระดาษขาว (Tinting) ด้วยสีม่วงหรือสีน้ำเงินให้ดูขาวขึ้นก็เพราะแสงสีเหลือง และแสงสีแดงดูดซับไว้มากขึ้นจึงถูกสะท้อนกลับออกมาน้อยลง

การใช้สารฟอกนวลในกระดาษ เป็นการช่วยให้ระดาษมีการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีม่วงและสีน้ำเงินมากขึ้น กระดาษจึงดูขาวขึ้นเมื่อดูด้วยแสงแดด หรือแสงที่มีปริมาณรังสีอุลตราไวโอเลตใกล้เคียงกับแสงธรรมชาติในเวลากลางวัน

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบสมบัติของกระดาษ

สมบัติ	กระดาษที่ทำจาก			
	เส้นใยยาว	เส้นใยสั้น	เส้นใยที่มีผนังบาง	เส้นใยที่มีผนังหนา
ความฟ่าม	สูงกว่า	ต่ำกว่า	ต่ำกว่า	สูงกว่า
ความต้านทานแรงดึง	สูงกว่า	ต่ำกว่า	สูงกว่า	ต่ำกว่า
ความต้านทานแรงฉีกขาด	สูงกว่า	ต่ำกว่า	ต่ำกว่า	สูงกว่า
ความต้านทานแรงดันทะลุ	ต่ำกว่า	สูงกว่า	สูงกว่า	ต่ำกว่า
ความพรุน	สูงกว่า	ต่ำกว่า	ต่ำกว่า	สูงกว่า

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุทางการพิมพ์หน่วยที่ 9 -15, 2539: 60-61

สมบัติด้านพื้นผิวของกระดาษที่มีผลต่อการพิมพ์

สมบัติด้านพื้นผิวของกระดาษนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการพิจารณาเลือกกระดาษไปพิมพ์ เพราะสมบัติด้านพื้นผิวของกระดาษเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดระดับคุณภาพงานพิมพ์ที่ได้ ซึ่งรวมถึงสภาพพิมพ์ได้ (Printability) สภาพเดินกระดาษคล่อง (Runnability) เพื่อให้เข้าใจจึงควรทราบความหมายของคำสองคำนี้

สภาพพิมพ์ได้ในทางการพิมพ์ หมายถึง ระดับคุณภาพของงานพิมพ์ที่ได้ว่า มีความคมชัดและละเอียดสวยงามเพียงใด ซึ่งพิจารณาจาก

1. ความสามารถของกระดาษในการรับหมึกพิมพ์ได้อย่างสม่ำเสมอทั่วกันทั้งแผ่น โดยไม่เกิดรอยด่างบนภาพพิมพ์ หรือเกิดความหนา และบางของฟิล์มหมึกบนผิวกระดาษ

2. ความสามารถของกระดาษที่จะทำให้ภาพฮาล์ฟโทนของต้นฉบับที่ดี โดยแม็ดสกรีนจะต้องมีความคมและชัดเจนไม่แผ่กระจาย

ความสามารถในการทำให้เกิดการพิมพ์ซอนทับขณะเปียก (Wet – Trap) เป็นลักษณะที่กล่าวถึงความสามารถในการรับหมึกจะน้อย เนื่องจากกระดาษมีเนื้อแน่นมาก เมื่อหมึกพิมพ์สีแรกที่พิมพ์ลงไปยังไม่แห้งหมึกที่สองพิมพ์ทับจะพิมพ์ไม่ติด

สภาพเดินกระดาษคล่อง ในทางการพิมพ์ หมายถึง ความสามารถที่จำทำให้กระดาษเดินผ่านเครื่องพิมพ์ได้ตลอดการพิมพ์ โดยพิจารณาจาก

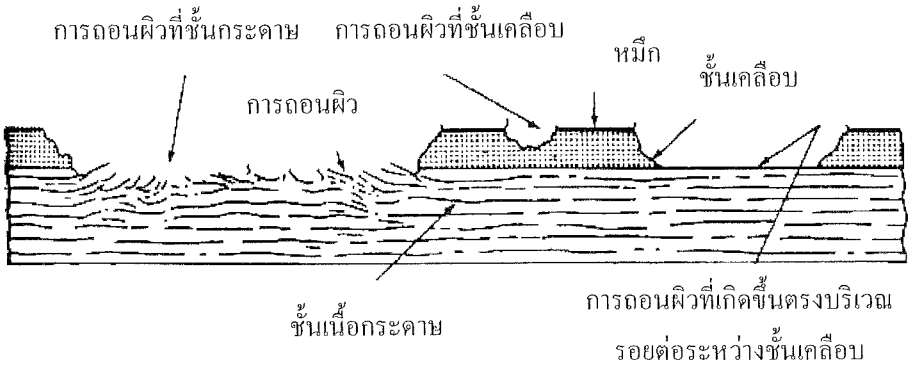
1. ความเร็วของเครื่องพิมพ์ที่เหมาะสม
2. ความสามารถในการควบคุมการซ้อนทับกันของสีในการพิมพ์สอดสี
3. ความสามารถในการจะปล่อยกระดาษที่พิมพ์แล้ว

สมบัติด้านพื้นผิวของกระดาษที่มีผลต่อคุณภาพงานพิมพ์ ดังนี้

13.1 ความแข็งแรงของผิวกระดาษ ความแข็งแรงของผิวกระดาษ หมายถึง ความแข็งแรงของผิวกระดาษที่สามารถรับแรงที่มากระทำระหว่างการพิมพ์ และการแปรรูปโดยปราศจากการถอนผิวหรือการฉีกขาดของกระดาษ

การถอนผิวกระดาษ หมายถึง การเกิดการหลุดหลิกของเส้นใยหรือชิ้นส่วนเล็กๆ บนผิวกระดาษที่เกิดตรงส่วนบริเวณที่รับหมึกหรือบริเวณไร้ภาพพิมพ์ของกระดาษ อันเนื่องจากแรงที่แยกกระดาษอกจากผ้ายาง

ความแข็งแรงของผิวกระดาษ เป็นสมบัติที่สำคัญต่อคุณภาพงานพิมพ์มาก หลุดลอกของฟิล์มหมึกระหว่างที่กระดาษแยกตัวอย่างรวดเร็วออกจากผ้ายางซึ่งกดแน่นสัมผัสผิวกระดาษ นั้นจะขึ้นกับความข้นเหนียวของหมึกและความเร็วของเครื่องพิมพ์ ถ้าผิวกระดาษไม่แข็งแรงพอที่จะรับแรงกระทำดังกล่าว กระดาษจะเกิดรอยแยกหรือแตกบนผิวกระดาษ



ภาพที่ 2.9 ลักษณะการเกิดการถอนผิวแบบต่างๆ

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชาวัสดุการพิมพ์หน่วยที่ 9 -15, 2539: 74

ลักษณะการถอนผิวของกระดาษ แบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

13.1.1 การถอนผิวที่ชั้นเคลือบผิว เป็นความรุนแรงระดับต่ำสุดของการเกิดการถอนผิว โดยสารเคลือบผิวบนผิวกระดาษจะหลุดออกมา การถอนผิวลักษณะนี้มักจะเกิดจาก

1) กระดาษมีความชื้นสูง

2) พันธะภายในชั้นเคลือบไม่แข็งแรงพออันเกิดจากมีสารยึดติดน้อยเกินไปหรือใช้สารยึดติดคุณภาพต่ำ

13.1.2 การถอนผิวที่เกิดขึ้นตรงบริเวณรอยต่อระหว่างชั้นเคลือบผิวและกระดาษเป็นความรุนแรงปานกลางของการเกิดการถอนผิว โดยจะมองเห็นการโป่งบวมของชั้นกระดาษได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า ลักษณะการถอนผิวแบบนี้มักเกิดจาก

1) กระดาษแห้งเกินไป

2) มีแรงยึดติดระหว่างชั้นเคลือบผิวและกระดาษต่ำ

13.1.3 การถอนผิวที่ชั้นกระดาษ ซึ่งการถอนผิวในลักษณะนี้สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเป็นการถอนผิวที่มีเส้นใยหรือกลุ่มของเส้นในถูกดึงหลุดออกมาจากผิวกระดาษ หรือถ้ารุนแรงมากกว่านี้อาจทำให้กระดาษขาด ลักษณะการถอนผิวแบบนี้เกิดขึ้นเนื่องจาก ผิวหน้าของกระดาษในทิศทาง Z – Direction ไม่แข็งแรงกระดาษที่ใช้พิมพ์ทุกชนิดควรมีค่าความแข็งแรงของผิวกระดาษสูง เพราะ ถ้าผิวกระดาษไม่แข็งแรงจะทำให้งานพิมพ์เสียหาย เกิดการถอนผิวกระดาษจะทำให้เกิดปัญหาต่อเนื่องในระหว่างการพิมพ์ เนื่องจากเศษผงหรือเส้นใยที่หลุดจากผิวกระดาษอาจหลุดไปติดค้าอยู่ที่ระบบหมึก ระบบน้ำ หรือผ้ายาง ทำให้การพิมพ์บนกระดาษแผ่นถัดไปปรากฏเป็นจุดดำเล็กๆ ที่ล้อมด้วยลงแหวนสีขาว ซึ่งเรียกว่า การเกิดฮิกกี้ส์ (Hickies)

13.2 การรับหมึก หมายถึง ความสามารถของกระดาษในการดูดซับหมึกพิมพ์สมบัติการระบบหมึกมีอิทธิพลต่อสภาพการเดินกระดาษคล่องมากกว่าสภาพพิมพ์ได้ เพราะมีผลต่อการแห้งตัวของหมึกการซับหลัง (Set –Off) การชอล์กกิ้ง(Chalking) และการซึมของหมึกทะลุลงบนแผ่นกระดาษ (Strike – Though) ปัญหาที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะทำให้เกิดสภาพการเดินกระดาษคล่องลดลง ในกรณีที่กระดาษดูดซับหมึกได้ดี จะทำให้เกิด

13.2.1 การซึมของหมึกทะลุผ่านกระดาษ เกิดขึ้นจากการที่กระดาษสามารถดูดซับตัวพาหมึกลงสู่ผิวภายในกระดาษอย่างรวดเร็วแล้วซึมทะลุผ่านกระดาษไปยังอีกด้านหนึ่ง ทำให้กระดาษโปร่งใสมองเห็นภาพพิมพ์ที่อยู่ด้านหลัง มักเกิดจากการใช้กระดาษที่ค่อนข้างบาง

13.2.2 การชอล์กกิ้ง เกิดจากการที่กระดาษดูดและซับส่วนของตัวพาหมึกลงสู่ผิวภายในกระดาษอย่างรวดเร็วก่อนที่จะมีปฏิกิริยาการแห้งตัวของหมึก ทำให้เหลือแต่ผงหมึกค้างบนผิวกระดาษ ซึ่งมีการยึดติดเกาะกับผิวกระดาษไม่ดี ทำให้ผงสีหลุดออกง่าย และนอกจากนี้กาดเกิดชอล์กกิ้ง อาจเกิดจากการที่กระดาษมีความเป็นกรดมากไปหรือมีความชื้นสูง

13.2.3 การซับหลัง ในกรณีที่ดูดซับหมึกได้ไม่ดี จะทำให้เกิดการซับหลังเนื่องจากในการทำให้หมึกแห้งตัวจะต้องอาศัยการดูดซับหมึกของกระดาษ ถ้ากระดาษดูดซับหมึกได้ไม่ดีหมึกจะแห้งตัวช้า ทำให้เกิดการถ่ายโอนหมึกที่ยังไม้แห้งตัวลงบนกระดาษที่พิมพ์เสร็จแล้วไปบนผิวด้านหลังของกระดาษอีกแผ่นที่ซ้อนทับลงมาทำให้ด้านหลังของกระดาษเลาะหมึก มักพบการซับ

หลังเกิดขึ้นบนตั้งกระดาษพิมพ์ที่เพิ่งพิมพ์เสร็จใหม่ๆ หรืออาจเกิดจากการที่กระดาษพิมพ์เรียงซ้อนกันเป็นตั้งสูงเกินไปทำให้มีแรงกดภายในตั้งกระดาษสูง

13.3 การต้านทานการซึมผ่านของหมึก หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่ต้านทานการซึมผ่านของฟิล์มหมึกที่พิมพ์ใหม่ๆ กระดาษเคลือบผิวนั้น ถ้าไม่สามารถต้านทานการซึมผ่านของหมึกได้ดี จะทำให้ตัวพาหมึกไปไหลเข้าไปในเนื้อกระดาษอย่างรวดเร็ว ก่อนเกิดปฏิกิริยาแห้งตัวซึ่งจะทำให้เกิด

13.3.1 หมึกพิมพ์มีความมันวาว

13.3.2 เกิดซอล์กกิ้ง หมึกถูกขัดถูหลุดออกไปได้ง่าย

13.3.3 ต้องใช้หมึกมากในการพิมพ์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การต้านทานการซึมผ่านของหมึกจะมีความหมายตรงกันข้ามกับการรับหมึก กระดาษที่เหมาะในการพิมพ์จึงต้องมีความสมดุลระหว่างค่ารับหมึก และความต้านทานการซึมผ่านของหมึก

การปรับปรุงด้านพื้นผิวของกระดาษให้เหมาะสมสำหรับการพิมพ์

กระดาษที่ให้เป็นวัสดุการพิมพ์จะต้องมีสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในงานพิมพ์ โดยต้องมีความสะอาด ความขาวสว่าง ความทึบแสง และความแข็งแรงทางเชิงกลต่างๆ แล้วยังต้องมีสมบัติด้านพื้นที่ผิวที่ดีอีกด้วย เช่น มีความเรียบ การรับหมึก และความแข็งแรงของผิวกระดาษ ซึ่งสมบัติด้านพื้นผิวเหล่านี้ มีความสำคัญต่อคุณภาพงานพิมพ์มาก เพราะสมบัติด้านพื้นผิวมีผลต่อสภาพการเดินกระดาษคล่อง และสภาพพิมพ์ได้ของกระดาษ ดังนั้น จึงต้องมีการปรับปรุงผิวกระดาษ เพื่อให้มีสมบัติด้านพื้นที่ผิวที่เหมาะสมกับการพิมพ์ ซึ่งสามารถปรับปรุงได้ 4 วิธี ด้วยกัน

การฉาบผิว การฉาบผิวเป็นการปรับปรุงสมบัติด้านพื้นผิวของกระดาษเพื่อให้พันธะที่ผิวกระดาษแข็งแรง ซึ่งทำให้กระดาษไม่เกิดการถอนผิว เมื่อได้รับแรงกระทำระหว่างกาพิมพ์หรือการแปรรูปต่างๆ การฉาบผิวจะทำให้ขณะที่กระดาษเดินแผ่นอยู่และแห้งแล้ว โดยการใช้แป้ง กัม และพอลิไวนิลเอไมด์ (PVA) ฉาบที่ผิวหน้ากระดาษ ทำให้กระดาษมีผิวที่แข็งแรงขึ้น

การรีดผิวกระดาษ การรีดผิวกระดาษเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นต่อจากส่วนลูกอบเป็นการนำกระดาษที่แห้งแล้วไปผ่านลูกกลิ้งทรงกระบอกไร้สนิม กระดาษจะถูกรีดจนผิวราบ และมีผิวเรียบขึ้น ทำให้สามารถพิมพ์ได้ดี โดนให้กระดาษวิ่งผ่านระหว่างลูกกลิ้งซึ่งให้ความร้อนด้วยไอน้ำภายใต้สภาวะนี้กระดาษจะมีสมบัติคล้ายพลาสติก และถูกทำให้ยุ่นตัว ทำให้ผิวเรียบมากขึ้น ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรีดกระดาษ ได้แก่ ปริมาณความชื้นในกระดาษ แรงกดที่กระทำบนกระดาษ และจำนวนของลูกกลิ้งที่กระดาษวิ่งผ่าน ถ้ามีปริมาณความชื้นในกระดาษสูงกระดาษจะหยุ่นตัวมาก

การเคลือบผิว การเคลือบผิวเป็นวิธีการปรับปรุงสมบัติด้านพื้นผิวกระดาษที่ต้องใช้เทคนิคสูงกว่าวิธีอื่น นิยมใช้กันมากสำหรับกระดาษที่ต้องการนำไปทำแผ่นวัสดุพิมพ์ในงานพิมพ์คุณภาพสูง การเคลือบผิวกระดาษทำโดยใช้น้ำยาเคลือบผิว ซึ่งมีส่วนประกอยที่สำคัญ คือ ผงแร่สี

ขาวและสารยึดติด เคลือบไปบนผิวกระดาษ โดยใช้เครื่องเคลือบส่วนผสมของผงแร่ประมาณร้อยละ 50 – 70 ของน้ำหนักรวมผงแร่ที่ใช้ ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ดินขาว และไทเทเนียมไดออกไซด์ (Tio_2) สารยึดติด ได้แก่ แป้ง เคซีน (Casein) และกาวลาเท็กซ์ (Latex) เมื่อน้ำยาเคลือบไปเคลือบบนผิวกระดาษอาจทำเป็นหน้าเดียวหรือสองหน้าก็ได้ หรือด้านเคลือบแบบผิวด้าน (Matt Surface) หรือแบบผิวมันวาว (Gloss Surface) ถ้าต้องการให้กระดาษเคลือบขัดผิวอีกครั้งหนึ่ง

การขัดผิวการขัดผิวเป็นการปรับปรุงผิวกระดาษโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ผิวกระดาษมีความมันวาวสูง โดยผ่านกระดาษที่เคลือบผิวเข้าสู่เครื่องขัดผิว ซึ่งประกอบด้วยแถวของลูกกลิ้งทรงกระบอกเรียงซ้อนกันอยู่ กระดาษเคลือบจะวิ่งผ่านไประหว่างลูกกลิ้งโลหะไร้สนิม และลูกกลิ้งโลหะที่หุ้มด้วยผ้าฝ้ายหรือพลาสติกซึ่งมีลักษณะนุ่มกว่าโดยวางซ้อนสลับกัน กระดาษที่ได้จะมีความมันวาวเหมาะสำหรับนำไปเป็นวัสดุพิมพ์ของงานพิมพ์คุณภาพสูง

2.4 การผลิตกระดาษเชิงหัตถกรรม

กระดาษทำมือมีกระบวนการผลิตโดยใช้เส้นใยจากพืช ต้นไม้ หรือเศษกระดาษ มาทำให้เป็นกระดาษ ซึ่งขั้นตอนการทำกระดาษทำมือทั่วๆ ไป มีความคล้ายคลึงกัน หรือเหมือนๆ กัน โดยขั้นตอนต่างๆ พอสรุปได้ดังนี้

1. การเตรียมเส้นใย

ขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมเส้นใยที่จะนำมาทำเป็นกระดาษซึ่งอาจจะได้จากเปลือกของไม้ต่างๆ เช่น เปลือกต้นปอสา เปลือกต้นข่อย เปลือกต้นสอยดาว ซึ่งจะต้องลอกเอาเปลือกเหล่านี้ออกมาจากต้นก่อนนำไปต้ม หรือหากเป็นพืชประเภทอื่น เช่น ผักตบชวา ต้นกล้วย ต้นธูปฤาษี ใบสับปะรด ก็จะต้องทำความสะอาด หั่นตากแดดให้แห้งก่อนนำไปต้ม ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยกรรมวิธีการทำจะขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุที่นำไปใช้

2. การต้ม

เป็นการนำเอาวัตถุดิบที่จะใช้ทำกระดาษมาทำการต้มใส่โซดาไฟเพื่อเร่งให้วัตถุดิบนั้นเปื่อยเร็วขึ้น การต้มจะต้มจนเส้นใยเปื่อยยุ่ย จากนั้นจึงนำไปล้างด้วยน้ำสะอาดจนหมดกลิ่นโซดาไฟ

3. การปั่นเส้นใย

ขั้นตอนนี้เป็นการนำเอาเส้นใยที่ต้มแล้วมาทำการปั่นให้ละเอียดตามที่ต้องการ จากนั้นจึงกรองเอาน้ำออกจากเส้นใยเพื่อนำเอาเส้นใยไปทำเป็นกระดาษต่อไป

4. การฟอกสี

ขั้นตอนนี้จะใช้เมื่อต้องการให้กระดาษออกมามีสีขาวซึ่งสารที่ใช้ในการฟอกขาวที่ใช้กันอยู่จะมีทั้งคลอรีน Sodium hypochloride หรือ Calcium hypochloride โดยใส่สารเหล่านี้ลงไปในเนื้อเยื่อที่ปั่นแล้วก็ได้ หรือฟอกก่อนปั่นก็ได้ การฟอกสีส่วนมากใช้เวลาประมาณ 30 นาทีขั้นตอนการฟอกสีไม่จำเป็นที่จะต้องทำในกรณีที่ต้องการให้กระดาษมีสีตามธรรมชาติของวัตถุดิบที่นำมาใช้

5. การทำแผ่นกระดาษ

ขั้นตอนนี้จะมี 3 วิธี

5.1 แบบแตะ จะเป็นการนำเอาเนื้อเยื่อแตะลงบนตะแกรงไนลอนที่วางอยู่ในน้ำ แล้วใช้มือเกลี่ยเนื้อเยื่อให้กระจายจนเต็มแผ่นตะแกรง ยกตะแกรงขึ้นจากน้ำ ผึ่งให้สะเด็ดน้ำเพื่อทำขั้นตอนต่อไป

5.2 แบบช้อน วิธีนี้จะเอาเนื้อเยื่อใส่ลงไปในอ่างน้ำแล้วใช้ไม้พายคนให้เนื้อเยื่อกระจายจนเต็มอ่าง นำตะแกรงไนลอนจุ่มลงไปในอ่างแล้วช้อนเอาเนื่อเยื่อเข้ามาในตะแกรงจนเต็ม โดยวิธีการช้อนเข้าหาตัวผู้ทำ ยกตะแกรงขึ้นมาจากน้ำโดยยกตรงๆ ไม่ให้เอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ

5.3 แบบช้อนแตะ วิธีนี้จะรวมเอา 2 วิธีข้างต้นมารวมกัน โดยการเอาตะแกรงช้อนเนื้อเยื่อให้เต็มแผ่นตะแกรง แล้วจึงเอาเนื้อเยื่ออีกส่วนหนึ่งเสริมแต่งส่วนที่ขาดหรือไม่เต็ม จนเนื้อเยื่อเสมอกันทั่วแผ่นตะแกรงจึงยกขึ้นผึ่งน้ำให้สะเด็ด

6. การตากแดดและการลอกแผ่นกระดาษ

เมื่อผึ่งน้ำจนสะเด็ดนำเอาตะแกรงไปตากแดดจนแห้งสนิทดีแล้ว จึงทำการลอกกระดาษออกจากตะแกรงโดยการใช้มือเคาะทางด้านหลังของตะแกรงเพื่อให้กระดาษล่อนจากตะแกรง ใช้มือค่อยๆ ดึงกระดาษจากมุมด้านบนของตะแกรง ค่อยๆ ลอกจนกระดาษออกจากตะแกรงทั้งแผ่น นำกระดาษที่ได้ไปเก็บไว้เพื่อทำเป็นประโยชน์ต่อไป

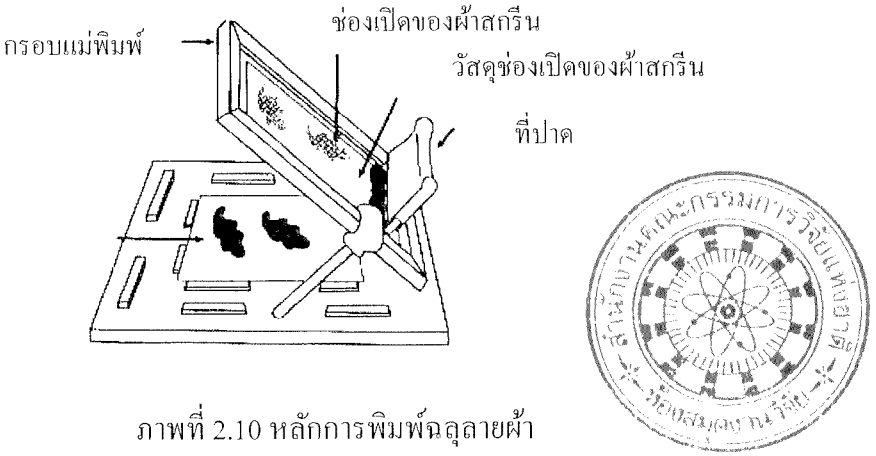
จากขั้นตอนวิธีการทำที่มีกระบวนการต่างๆ ไม่ยุ่งยากจนเกินไป กระดาษทำมือจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจเพื่อขยายในการทำเป็นธุรกิจต่อไป หรือกระดาษทำมือที่ทำขึ้นจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ นี้สามารถนำไปต่อยอดทำเป็นประโยชน์ใช้สอยอื่นๆ ได้อีกมากมาย เช่น การทำถุง กล่อง หรือกระเป๋าเพื่อใช้บรรจุของการทำเป็นโคมไฟ หรือแม้กระทั่งการทำเป็นดอกไม้ชนิดต่างๆ เป็นต้น

2.5 ระบบการพิมพ์ต่างๆ

2.5.1 การพิมพ์สกรีน

การพิมพ์ซิลค์สกรีนต้องอาศัยประสบการในการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ทุกขณะประกอบกับวัสดุ อุปกรณ์ที่ดี จะช่วยอำนวยความสะดวกในการพิมพ์เพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพสูง (ศักดิ์ชัย, 2533 : 134)

การพิมพ์ฉลุลายผ้าเป็นการปาดหรือพาหมึกพิมพ์ที่อยู่บนแม่พิมพ์ด้วยยางปาด (Squeegee) ให้ถ่ายโอนไปยังวัสดุใช้พิมพ์โดยตรง ทั้งนี้แม่พิมพ์ฉลุลายผ้าประกอบด้วยกรอบ ที่มีผ้าสกรีนสานหรือทอขึ้นจากเส้นใยพอลิเมอร์ขึงตึงอยู่ด้วย หรืออาจใช้ตะแกรงที่สานขึ้นจากลวดโลหะแทนก็ได้ ส่วนที่เป็นภาพบนแม่พิมพ์ (ผ้าสกรีน) เป็นบริเวณที่ไม่มีวัสดุมาอุดตันหรือปิดช่องเปิดของผ้าสกรีน เมื่อปาดหมึกผ่านช่องเปิดก็จะเกิดแรงดันที่ทำให้หมึกสามารถไหลผ่าน และถ่ายโอนไปยังวัสดุใช้พิมพ์ได้ ส่วนบริเวณที่ไม่มีภาพหรือบริเวณไม่ต้องพิมพ์ เป็นบริเวณที่มีวัสดุหรือสารบางชนิด ได้แก่ ฟิล์มหรือกาวอัด มาอุดหรือปิดช่องเปิดของผ้าสกรีนเอาไว้ทำให้หมึกพิมพ์ไม่สามารถไหลผ่านไปเกิดเป็นภาพบนวัสดุใช้พิมพ์ได้



ภาพที่ 2.10 หลักการพิมพ์ฉลุลายผ้า

ที่มา : เอกสารการสอนชุดความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์, 2539:107

หมึกพิมพ์

หมึกพิมพ์เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในระบบการพิมพ์ หมึกพิมพ์จะแสดงออกถึงสีสัน และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป สีสันมีอิทธิพลต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์มาก ไม่ว่าจะเป็นสีจากธรรมชาติหรือสีจากการปรุงแต่งของมนุษย์ล้วนแล้วแต่มีอิทธิพลต่อระบบประสาท ในขณะที่คนเราใช้สายตามองสิ่งต่างๆ นั้นมักจะพบว่าสิ่งที่สวยงามมักจะต้องมีสีแสงแต่งแต้มอยู่เสมอ สีจะถูนำมาเป็นส่วนประกอบสำคัญเพื่อประดับประดาสิ่งต่างๆ ให้ปรากฏความงาม มีความหมายเป็นสื่อเข้าใจให้ความรู้สึกน่าสัมผัส น่าสวมใส่ เป็นต้น หมึกพิมพ์ในระบบซิลค์สกรีนนั้น สามารถที่จะพิมพ์บนวัสดุ

ต่างๆ ได้มากกว่าการพิมพ์ในระบบอื่นๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติของหมึกพิมพ์แต่ละชนิด (นงเยาว์ และวิเชียร, 2529: 123)

2.1 ชนิดของหมึกพิมพ์ หมึกพิมพ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1.1 หมึกข้น (Paste Ink) ได้แก่ หมึกที่มีความข้นเหนียวหรือเหนียว วัดความเข้มข้นได้โดยเครื่องวัดความหนืด (Viscosity Meter) ที่มีรูใหญ่ๆ เรียกว่า ฟอร์ดคัพ (Ford Cup) ซึ่งได้แก่ หมึกออฟเซต เลตเตอร์เพรสส์ และซิลค์สกรีน

2.1.2 หมึกเหลว (Liquid Ink) ได้แก่ หมึกที่มีความเหลวของน้ำ หรือน้ำเชื่อม สามารถวัดความหนืดได้โดยเครื่องวัดความหนืด (Viscosity Meter) เช่นกัน ซึ่งส่วนมากวัดด้วยซาห์นคัพ (Zanh Cup) หรือไอวา (Iwa Cup) ที่มีขนาดแตกต่างกันไป หมึกชนิดนี้ได้แก่ หมึกในระบบกราเวียร์ เฟลกโซกราฟี หรือหมึกสำหรับพ่น ในที่นี้จะกล่าวถึงหมึกข้น ประเภทหมึกซิลค์สกรีนสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ คือ

1) หมึกพิมพ์ระบบน้ำ(Water Base Ink) คือหมึกพิมพ์ที่มีน้ำเป็นส่วนผสมและสามารถใช้น้ำเป็นตัวทำความสะอาดผ้ากรีน และโดยที่หมึกระบบน้ำแต่ละชนิดจะมีสารยึดติด (Binder) ผสมอยู่ต่างกันไปตามสมบัติของหมึก และยังมีส่วนประกอบบางอย่าง เช่น ผงฟู หรือเชื้อยางเข้าไปผสมอยู่ ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นหมึกพิมพ์ผ้าที่มีลักษณะต่างๆ ออกไป เช่น หมึกพิมพ์ผ้าธรรมดา (สีจม) หมึกพิมพ์ผ้าสีลอย หมึกพิมพ์สียาง หมึกพิมพ์ผ้าสีนูน

2) หมึกพิมพ์ระบบน้ำมัน (Solvent Base Ink) คือ หมึกที่ใช้น้ำมัน (Solvent) องค์ประกอบสำคัญซึ่งจะทำหน้าที่ตั้งแต่เป็นส่วนผสมของหมึก และลายหมึก ตลอดจนเช็ดล้างผ้าสกรีน และสิ่งเปรอะเปื้อนสี ล้วนแต่ต้องใช้น้ำมันทั้งสิ้น จะไม่สามารถล้างออกได้เองหมึกพิมพ์ระบบน้ำมันสำหรับการพิมพ์ซิลค์สกรีนนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภท คือ หมึกพิมพ์พลาสติกประเภทพีวิซี (PVC) หมึกพิมพ์พลาสติกประเภทโพลิสไตรีน หมึกพิมพ์พลาสติกประเภทโพลีเอทธิลีน หมึกพิมพ์แห้งช้า หมึกพิมพ์กระดาษ

ยางปาด

ยางปาด คือ อุปกรณ์ผิวเรียบที่ใช้พาหมึกพิมพ์ในกรอบแม่พิมพ์ จากข้างหนึ่งของกรอบแม่พิมพ์ไปยังอีกข้างหนึ่ง โดยที่หมึกพิมพ์จะได้รับแรงกดจากยางปาดให้ผ่านช่องเปิดของผ้าสกรีนลงไปบนวัสดุที่ใช่พิมพ์ อาจกล่าวได้ว่า การพิมพ์งานจะมีความสวยงามมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับชนิดของยางปาดที่เลือกใช้ และวิธีการใช้ที่ถูกต้อง

ยางปาด อาจจะทำจากวัสดุอะไรก็ได้ที่สามารถทนทานต่อตัวทำลายที่เป็นองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ได้ สำหรับยางปาดที่ใช้กับหมึกพิมพ์ฐานตัวทำลาย นิยมใช้ยางปากที่ทำจากพอลิเมอร์พวกพอลิยูริเทน สำหรับยางปาดที่ใช้กับหมึกพิมพ์ฐานน้ำสามารถทำจากยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ชนิดใดชนิดหนึ่งก็ได้

รูปทรงของปลายยางปาด แลพะการเลือกใช้ ควรเหมาะสมกับงานพิมพ์แต่ละประเภท ในการเลือกยางปาดต้องพิจารณาว่าพิมพ์กับวัสดุที่มีผิวเป็นอย่างไร ก็ควรเลือกยางปาดที่มีรูปทรงของปลายที่เหมาะสมกับงาน ดังต่อไปนี้ (วิเชียร, 2539: 114)

ตารางที่ 2.4 ลักษณะของรูปทรงยางปาดแบบต่างๆ

รูปทรงของยางปาด	วัสดุใช้พิมพ์ที่เหมาะสม
ยางปาดปลายสี่เหลี่ยมธรรมดา	ยางปาดปลายสี่เหลี่ยม เหมาะสำหรับการพิมพ์บนวัสดุผิวเรียบที่ต้องการพิมพ์ให้หมึกพิมพ์ติดบนวัสดุใช้พิมพ์ปริมาณน้อย
ยางปาดปลายสี่เหลี่ยมมุมมน	ยางปาดปลายสี่เหลี่ยมมุมมน เหมาะสำหรับการพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ที่มีผิวเรียบ แต่จะได้ปริมาณหมึกลงบนวัสดุที่มากกว่าปลายสี่เหลี่ยม
ยางปาดปลายเฉียงข้างเดียว	ยางปาดปลายเฉียงข้างเดียว เหมาะสำหรับการพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ที่มีผิวหน้าแข็ง เช่น กระจก เป็นต้น
ยางปาดปลายรูปตัววี	ยางปาดปลายแหลมเฉียงสองข้าง หรือ ปลายรูปตัว V เหมาะสำหรับการพิมพ์บน วัสดุใช้พิมพ์ที่ผิวโค้ง เช่น วัสดุที่เป็นทรงกระบอก เป็นต้น
ยางปาดเฉียง 2 ข้างมุมตัด	ยางปาดปลายเฉียง 2 ข้าง มุมตัดเหมาะสำหรับการใช้พิมพ์วัสดุพวกเซรามิก หรืองานที่ต้องการหมึกพิมพ์มาก
ยางปาดปลายรูปตัวยู	ยางปาดปลายมนหรือปลายรูปตัว U เหมาะสำหรับงานพิมพ์ที่ต้องการหมึกในปริมาณที่มาก เช่น งานพิมพ์ผ้า เป็นต้น

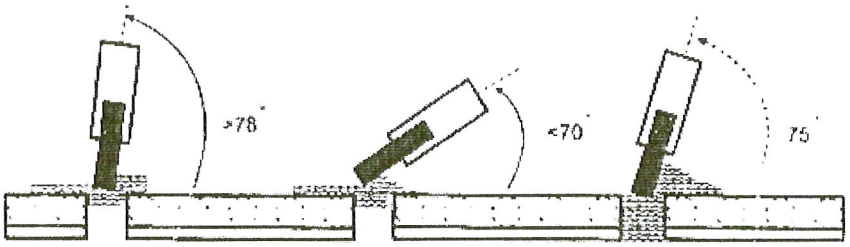
ที่มา : เอกสารการสอนชุดความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์, 2539: 114

ตารางที่ 2.5 การเลือกใช้ยางปาด

เอกสารการสอนรายวิชา	เอกสารการสอนรายวิชา	เอกสารการสอนรายวิชา
แบบปลายสี่เหลี่ยม	70 – 80 องศาชอร์	ลายละเอียดที่เล็กน้อย นามบัตร
ยางปาดปลายสี่เหลี่ยมมุมมน	60 – 70 องศาชอร์	พิมพ์สีพื้น ลายเส้น พลาสติก
ยางปาดปลายรูปตัวยู	50 – 60 องศาชอร์	ผ้า กระดาษ
ยางปาดปลายเฉียงข้างเดียว	70 – 80 องศาชอร์	พิมพ์วงจรไฟฟ้า

ที่มา : เทคนิคการพิมพ์สกรีน, 2529: 49

มุมของอุปกรณ์ปาดพิมพ์ที่กระทำบนแม่พิมพ์ขณะปาดพิมพ์ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากอีกปัจจัยหนึ่ง เนื่องจากขณะพิมพ์ ทั้งแรงกดพิมพ์ที่กระทำลงบนอุปกรณ์ปาดพิมพ์ไม่ว่าจะโดยช่างพิมพ์ หรือโดยระบบกลไกการทำงานของเครื่องพิมพ์ และความต้านทานของหมึกพิมพ์ต่อแรงกดพิมพ์ดังกล่าว จะทำให้เกิดแรงกดดันข้นภายในหมึกพิมพ์ ซึ่งแรงกดดันนี้จะทำให้หมึกพิมพ์เกิดการเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่มีความต้านทานน้อยที่สุด นั่นคือ เคลื่อนผ่านรูเปิดที่เป็นบริเวณภาพของแม่พิมพ์นั่นเอง และมุมของอุปกรณ์ปาดพิมพ์ สำหรับยางปาดพิมพ์สี่เหลี่ยมธรรมดา มุมที่ให้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงที่ 70 – 80 องศา ถ้ามุมใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าช่วงดังกล่าว แรงภายในหมึกพิมพ์จะลดลง และการถ่ายทอดหมึกพิมพ์อาจเกิดได้ไม่ดี



(ก) (ข) (ค

ภาพที่ 2.11 มุมของอุปกรณ์ปาดพิมพ์

ที่มา : เอกสารการสอนชุดวิชากระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกดหน่วยที่ 1-7, 2542 : 36-37

2.5.2 ระบบการพิมพ์อิงค์เจ็ท หรือเรียกว่าการพิมพ์แบบพ่นหมึก **(ink jet printing)** เป็นหลักการพิมพ์ที่รู้จักกันนานกว่า 100 ปี มาแล้ว ผู้คิดค้นการพิมพ์แบบนี้เป็นคนแรก คือ **ลอร์ด เรย์เลย์ (Lord Rayleight)** (ค.ศ.1842 – 1919) ซึ่งสังเกตเห็นลำของเหลวที่พุ่งออกจากหัวฉีด แตกกระจายออกเป็นหยดของเหลวเล็กๆ ลักษณะของภาพที่ได้จากการพิมพ์วิธีนี้จะเกิดจากการเรียงตัวของจุด

หรือแม็ค ของหมึก การพิมพ์แบบพ่นหมึกที่ก้นหมดในระยะยาวนั้นเป็นการพิมพ์พ่นหมึกต่อเนื่อง (Continuous ink jet)

หมึกที่ใช้ในการพิมพ์วิธีนี้มีทั้งที่ใช้น้ำและตัวทำละลายเป็นส่วนผสม ตัวทำละลายที่นิยมใช้ได้แก่ เอทธานอล (Ethanol) และคีโตน (ketone) เนื่องจากวิธีการพิมพ์นี้เป็นการพิมพ์ที่หัวพิมพ์อยู่ห่างจากผิววัสดุพิมพ์ วัสดุพิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์วิธีนี้จึงมีหลายชนิด แต่ถ้าใช้หมึกที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบจะต้องเลือกใช้วัสดุพิมพ์ที่มีสมบัติใน การดูดซึมหมึกได้ในปริมาณพอเหมาะ ถ้าใช้กระดาษบางเป็นวัสดุพิมพ์ ก็ไม่ควรใช้กระดาษที่ดูดซึมหมึกได้มากเกินไป เนื่องจากการพิมพ์หมึกที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบลงบนวัสดุพิมพ์ประเภทนี้ จะทำให้หมึกพิมพ์แผ่กระจายออกทางด้านข้าง และซึมลงสู่เนื้อกระดาษพิมพ์มากเกินไป ทำให้มีผลต่อการแยกรายละเอียดและสีของภาพที่พิมพ์ออกมา กระดาษที่เหมาะสมสำหรับการพิมพ์แบบพ่นหมึกที่ต่อเนื่อง คือ กระดาษที่มีคุณสมบัติคล้ายกระดาษอัดภาพที่เคลือบผิวด้วยชั้นฟิล์มบางๆ ของพอลิไวนิล แอลกอฮอล์หรือพีวีเอ การเคลือบด้วยพีวีเอเป็นการป้องกันไม่ให้หมึกแผ่กระจายออกด้านข้าง และให้หมึกยึดเกาะบนกระดาษ นอกจากกระดาษแล้ว ยังอาจใช้วิธีการพิมพ์นี้พิมพ์หมึกลงบนวัสดุพิมพ์ที่เป็นกระดาษกล่อง ถุงซีเมนต์ กระป๋องนม ขวดเครื่องดื่ม เครื่องสำอาง เครื่องมวชภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประเภทอื่น รวมทั้งการพิมพ์ลงบนเปลือกไข่ด้วย

ระบบการทำงานของการพิมพ์แบบพ่นหมึกมีดังนี้ คือ

1.หมึกจะถูกปั๊มจากถ่างหมึกไปยังกล่อง ที่มีการควบคุมการสั่นด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

2. หัวพ่นหมึกจะยิงหมึกในลักษณะเหลวภายใต้แรงอัดการยิงหมึก หรือการพ่นหมึกจะทำด้วยความถี่และความเร็วคงที่

3. ลำหมึก (raster) ที่ออกจากหัวพ่นหมึกจะได้รับกระแสไฟตรง (direct current) ทำให้ลำหมึกแตกออกเป็นหยดหมึกที่มีขนาดเท่ากัน และมีระยะห่างระหว่างแต่ละหยดเท่ากัน หยดหมึกแต่ละหยดจะมีประจุอิเล็กตรอนอยู่โดยรอบ

4. แผ่นควบคุมทางเดินของหมึก (deflection plate) จะควบคุมให้หยดหมึกตกลงบนวัสดุพิมพ์ที่เคลื่อนที่ไปรองรับพอดี แผ่นควบคุมนี้จะต้องมีกำลังไฟฟ้าที่สูงกว่าประจุไฟฟ้าของหยดหมึก เพื่อให้สามารถควบคุมและหักเหทิศทางเดินของหยดหมึกด้วยคอมพิวเตอร์ให้เกิดเป็นภาพหรือตัวอักษรตามต้องการ

5. หยดหมึกที่ไม่ได้รับการเหนี่ยวนำให้มีประจุอิเล็กตรอน จะไหลลงสู่รางหมึก (gutter) และผ่านแผ่นกรองก่อนที่จะไหลลงสู่อ่างหมึกเพื่อนำมาใช้ใหม่

ความเร็วของการพิมพ์ขึ้นกับอัตราเร็วของลำหมึกที่ห่างออกจากหัวพ่น ขนาดของหัวพ่นหมึกจะเป็นสิ่งกำหนดขนาดของหยดหมึก หัวพ่นหมึกจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโดยประมาณเท่ากับ 10-60 ไมครอน (1 ไมครอน = 0.001 มิลลิเมตร) หยดหมึกแต่ละหยดจะมีขนาดโดยเฉลี่ยประมาณเท่ากับ 30 ไมครอน ความละเอียดของภาพที่จะประมาณเท่ากับ 6 ถึง 40 จุดต่อความยาวหนึ่งมิลลิเมตร ยิ่งมีจำนวนจุดต่อความยาวหนึ่งมิลลิเมตรมากขึ้นเท่าใด ภาพที่ได้จะยิ่งมีความละเอียดมากขึ้นเท่านั้น

นอกจากนี้ยังสามารถใช้วิธีการพิมพ์แบบพ่นหมึกนี้ในการพิมพ์ภาพสีสองสี โดยการวางเรียงท่อยิงหมึกสำหรับสีแต่ละสีตลอดความยาวของสายพานที่ลำเลียง วัสดุพิมพ์ หรือภาชนะที่จะใช้พิมพ์ และยิงหมึกแต่ละสีลงไปพร้อมกัน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการพิมพ์ตัวอักษรของภาษาต่างๆ ได้อีกด้วย ซึ่งขึ้นกับข้อมูลที่จะป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการพิมพ์แบบพ่นหมึกคือ การอุดตันของหมึกที่หัวพ่นหมึก เนื่องจากหัวพ่นมีขนาดเล็กมากจึงเกิดการอุดตันเนื่องจากผงสี (pigment) ได้ง่าย การแก้ไขอาจทำได้โดยการใช้สีย้อม (dye) แทนการใช้ผงสีเนื่องจากสามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับตัวทำละลายได้ดี แต่การใช้สีย้อมทำให้ต้องใช้ตัวทำละลายซึ่งในปัจจุบันมีแนวโน้มว่าจะใช้น้ำ เป็นองค์ประกอบสำคัญของหมึกพิมพ์มากขึ้น วัสดุพิมพ์ที่ใช้จึงต้องมีความสามารถในการดูดซึมน้ำพอควร มิฉะนั้นหมึกพิมพ์จะไม่เกาะติดบนวัสดุพิมพ์ สาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้หัวพ่นหมึกเกิดการอุดตัน คือ หยดหมึกที่ไม่ได้รับการเหนี่ยวนำด้วยประจุไฟฟ้าจะไหลย้อนกลับสู่รางหมึกและ อ่างหมึก ในขณะที่ไหลย้อนกลับนี้หยดหมึกจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศทำให้หัวพ่นหมึกเกิดการอุดตัน