

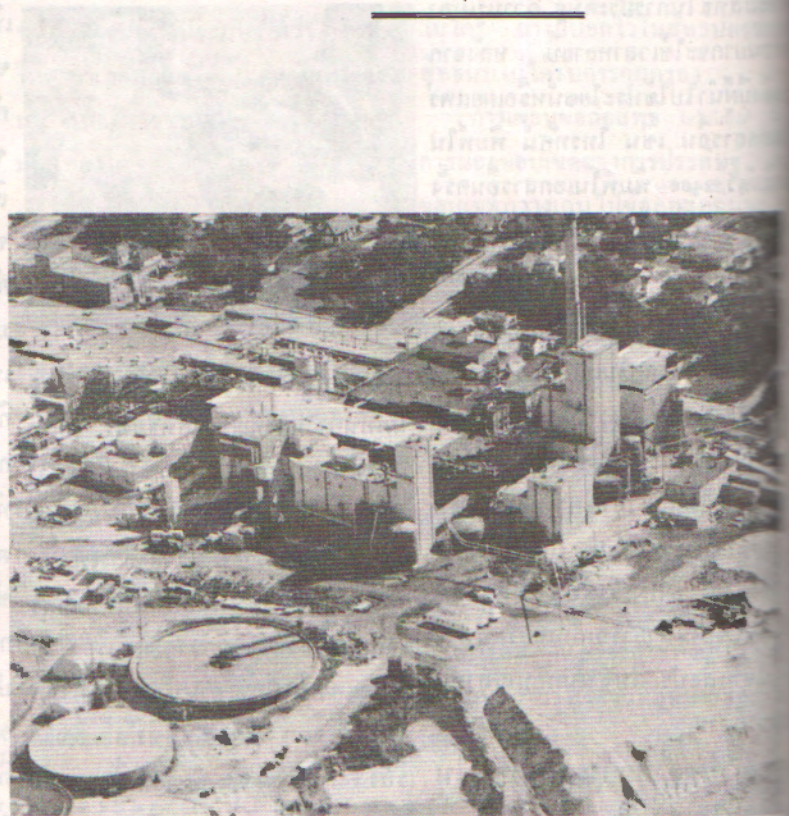
อุตสาหกรรมเยื่อ และ กระดาษ

ณรงค์ วุฑฒเสถียร

อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีมหาวิทยาลัยที่เกี่ยวข้องอยู่เกือบจะครบทุกแขนงอย่างเช่น ฟิสิกส์ เคมี พฤกษศาสตร์ ชีววิทยา ชีวเคมี เป็นต้น นอกเหนือจากวิชาทางวิศวกรรมที่เป็นหลักอยู่แล้ว อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษของประเทศไทยเพิ่งจะเจริญเติบโตมาได้ไม่นานเอง ปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานผลิตเยื่อเพื่อจำหน่าย 3 โรงและมีโรงงานผลิตกระดาษอยู่ 20 โรง

โรงงานผลิตเยื่อ 3 แห่งมีกำลังผลิตดังนี้

1. โรงงานผลิตเยื่อฟอกขาวจากปอของบริษัทพันทิพย์ พัลพแอนด์เพเพอร์ จำกัดที่จังหวัดขอนแก่นมีกำลังผลิต 200-250 ตันต่อวัน
2. โรงงานผลิตเยื่อซานอ้อยฟอกขาวของบริษัทเยื่อกระดาษสยาม จำกัดอยู่ที่ อ. บ้านโป่ง จ. ราชบุรี มีกำลังผลิต 80-100 ตันต่อวัน
3. โรงงานผลิตเยื่อซานอ้อยไม่ฟอกขาวแบบ TMP (Thermomechanical Pulp) ของบริษัทไทยเคนบอร์ด จำกัด



รูปที่ 1 โรงงานผลิตเยื่อ

อยู่ที่ อ. ท่ามะกา จ. กาญจนบุรีมีกำลังผลิต 80-80 ตันต่อวัน สำหรับโรงงานกระดาษนั้นมีการเป็นโรงงานขนาดใหญ่ ในปี 2528 จะ

โรงงานกระดาษที่กำลังผลิตมาก
3 โรงงาน ได้ดังนี้คือ
1. บริษัท บัญจพลไฟเบอร์คอน-
เนอ จำกัด ผลิตกระดาษกราฟที่
ศาลากลางกำลังผลิตประมาณ 500 ตัน
ต่อวัน

2. บริษัท สยามกราฟที่ จำกัด
ผลิตกระดาษกราฟที่ศาลากลาง มีกำลัง
ผลิตประมาณ 300 ตันต่อวัน

3. บริษัท กระดาษสหไทย จำกัด
ผลิตกระดาษแข็งและกระดาษพิมพ์เขียน
ประเภท เช่น กระดาษปอนด์ขาว
กระดาษอาร์ต เป็นต้น มีกำลังผลิต
ประมาณ 140 ตันต่อวัน

นอกจากนี้ยังมีโรงงานกระดาษ
แห่งที่กำลังขยายงานหรือคิดจะ
ขยายงานโดยการลงทุนติดตั้งเครื่องจักร
สมัยใหม่ เช่น โรงงานกระดาษบุรพา
กำลังติดตั้งเครื่องผลิตกระดาษพิมพ์และ

เขียน มีกำลังผลิตประมาณ 80 ตันต่อวัน
โรงงานกระดาษไทยพัฒนากำลังติดตั้ง
เครื่องผลิตกระดาษพิมพ์และเขียนขนาด
กำลังผลิต 80 ตันต่อวัน

อุตสาหกรรมกระดาษนั้นเริ่มต้น
จากวัตถุดิบที่เป็นพืช คือ ไม้ยืนต้นหรือ
พืชล้มลุก เช่น ต้นสน (สองใบและ
สามใบ) ต้นยูคาลิปตัส ปอ ฟางข้าว
กากอ้อย หญ้าขจรจบ เป็นต้น หรือถ้า
จะแบ่งประเภทของต้นไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ
ในการผลิตเยื่อกระดาษก็จะจัดแบ่ง
ได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ไม้เนื้ออ่อน (Soft wood)
2. ไม้เนื้อแข็ง (Hard wood)

ไม้เนื้ออ่อนนั้นส่วนมากจะเป็น
ต้นไม้ในเขตหนาว เช่น สนสองใบ
หรือสนสามใบจัดเป็นพวก coniferous
wood ไม้เนื้ออ่อนจะประกอบด้วยเส้นใย
(fiber) ที่อยู่ในเนื้อไม้มีความยาวเฉลี่ย

3-4 มิลลิเมตร ส่วนไม้เนื้อแข็งนั้นได้
แก่ต้นยางพารา ต้นสัก เป็นต้น จัด
เป็นพวก deciduous wood มีเส้นใยที่มี
ความยาวเฉลี่ย 1-1.5 มิลลิเมตร

เคมีของไม้

ส่วนประกอบหลักของเนื้อไม้ทุก
ประเภทจะประกอบด้วยสารเคมี 4 ชนิด
คือ

- เซลลูโลส (Cellulose)
- เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose)
- ลิกนิน (Lignin)
- สารสกัดได้ (Extractives)

เซลลูโลสประกอบด้วยโมเลกุลของ
cellobiose unit ต่อเรียงกันยาวมากเป็น
สารโพลีเมอร์ เฮมิเซลลูโลสประกอบด้วย
โมเลกุลของน้ำตาลประเภท hexose



รูปที่ 2 การเก็บชิ้นไม้

ตารางที่ 1 เคมีของไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็ง

	เซลลูโลส	เฮมิเซลลูโลส	ลิกนิน	สารสกัดได้
ไม้เนื้ออ่อน	42%	23%	29%	4%
ไม้เนื้อแข็ง	45%	34%	21%	-

pentose แบบอื่น ๆ ไม้ใช้ glucose
galactose, manose, arabinose คือ
ต้นเป็นสายยาว

ลิกนินเป็นสารจำพวก high polymer
โครงสร้างซับซ้อนมาก ในเนื้อไม้
ประเภทจะมีลิกนินแทรกอยู่ระหว่าง
เซลล์ทำหน้าที่เป็นสารยึดเส้นใยให้

สารสกัดได้นั้นพบมากใน ไม้เนื้อ
ประกอบด้วยสารจำพวก resin acid,
acid, fatty acid เป็นต้น

ขั้นตอนการผลิตเยื่อ

1. การเตรียมวัตถุดิบ
วัตถุดิบหลักได้แก่เนื้อไม้ไม่ว่าจะมี
ลักษณะแข็งเป็นกอนอย่าง เช่น ไม้สน
หรือเป็นเส้น เช่น ฟางข้าว จะต้องทำการ
ตัดหรือทำให้วัตถุดิบมีขนาดพอสมควร
ที่จะนำไปใช้ในการผลิตเยื่อ ถ้าเป็นเนื้อ
ไม้ที่มาเป็นท่อนหรือเป็นซุงก็ต้องนำไป
ลอกเปลือกออกก่อนจึงเข้าเครื่องสับสับ
ให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ (chipping) ชิ้นไม้
เล็ก ๆ เรียกว่า chip

2. การต้มเยื่อ

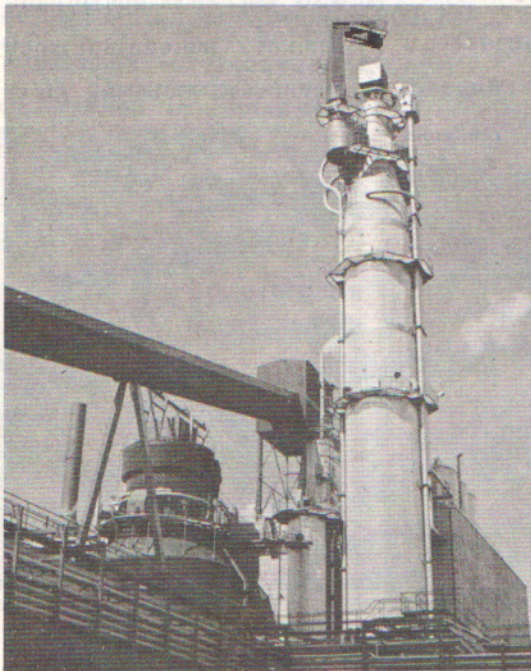
หลังจากเตรียมวัตถุดิบแล้วก็ส่งไป
ยังหม้อต้มเยื่อหรือย่อยเยื่อ (Digester)
ซึ่งมีทั้งแบบ batch และแบบ continu-
ous การต้มเยื่อนี้จะต้องใช้สารเคมีผสม
เข้าไปด้วยและใช้ไอน้ำที่ความดันสูงต้ม
เป็นระยะเวลาานพอที่จะทำให้ชิ้นไม้
สุกเกิดการแตกออกเป็นเส้นใย (defibe-
red) ได้ สารเคมีที่ใช้ในขบวนการต้ม
เยื่อนี้มีหลายประเภทขึ้นกับวัตถุดิบและ
ชนิดของเยื่อที่ต้องการ

ตารางที่ 2 ขบวนการต้มเยื่อต่าง

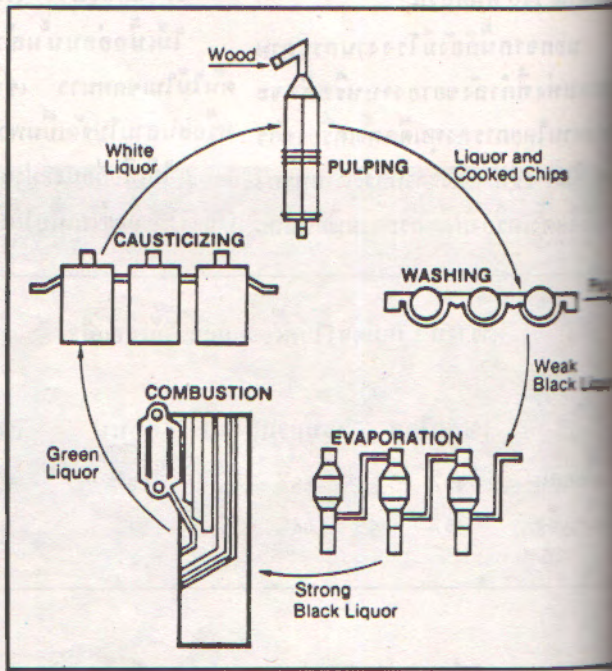
pH	สารเคมี	ชื่อขบวนการ
1	Sulfurous Acid	Acid Sulfite
	Bisulfites of Calcium, Magnesium, Ammonium	
	Sodium	
7		Neutral Sulfite
	Sodium Bicarbonate	
	Sodium Sulfite	
	Sodium Carbonate	Kraft
	Sodium Sulfide	
14	Sodium Hydroxide	Soda

ขบวนการต้มเยื่อทุกขบวนการสามารถใช้งานอย่างประหยัดได้ถ้าหากมีการนำสารเคมีที่ใช้นี้หมักกลับคืน ตัวอย่างเช่น การต้มเยื่อด้วยโซดาไฟจะมีโซดาไฟส่วนหนึ่งที่ใช้นี้หมักติดกับน้ำล้างเยื่อหรือน้ำดำ (Weak Black Liquor) ซึ่งจะนำไปเข้าหม้อต้มระเหยน้ำดำเพื่อทำให้ความเข้มข้นสูงขึ้นและส่งน้ำดำเข้มข้นเข้าไปเผาในหม้อไอน้ำที่ออกแบบมาเพื่อเชื้อเพลิงพิเศษชนิดนี้โดยเฉพาะ ในน้ำดำเข้มข้นนี้จะประกอบด้วยสารอินทรีย์ (organics) ต่าง ๆ ที่ละลายออกมาจากเนื้อไม้ซึ่งจะเป็น

จำพวกกลีซิน เซลลูโลส เอมีเซลล์ เป็นส่วนใหญ่ สารเหล่านี้จะกลายเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้หมดให้ความร้อนมา ส่วนโซดาไฟในน้ำดำหรือน้ำดำจะถูกเผาจนกลายเป็นโซเดียมคาร์บอเนตไปละลายน้ำและทำปฏิกิริยากับน้ำปูนใส (CaOH₂) ซึ่งโซดาไฟ (NaOH) กลับคืนมา ขบวนการนำสารเคมีกลับคืน (Chemical Recovery) จึงเป็นขบวนการที่รวมทั้งสาร (materials) และพลังงาน (energy)



รูปที่ 3 หม้อต้มเยื่อกราฟท์แบบ ค้อนเนื่อง



รูปที่ 4 ขบวนการนำสารเคมีกลับคืน

3. การล้างร้อนเยื่อ

หลังจากต้มเยื่อเรียบร้อยแล้วต้องส่งเยื่อไปล้างเอาน้ำตาลที่ติดค้างอยู่ออกให้หมด หลังจากนั้นก็ไปผ่านตะแกรงร่อนเยื่อแบบต่าง ๆ เพื่อร่อนเอาชิ้นไม้ที่ต้มไม่สุก ไม่แตกเป็นเส้นใยออกให้หมด เยื่อในขั้นตอนนี้จะมึนน้ำตาล

4. การฟอกเยื่อ

ถ้าต้องการผลิตเยื่อที่มึนสีขาวก็ต้องนำเยื่อไปฟอกให้ขาว ขบวนการฟอกเยื่อที่นิยมใช้ได้แก่ ขบวนการ CEHED
 C = Chlorination ฟอกคลอรีน
 E = Alkali Extraction ล้างโซดาไฟ
 H = Hypochlorite ฟอกไฮโป
 D = Chlorine Dioxide ฟอกคลอรีนไดออกไซด์

ในหอแรกเป็นการฟอกด้วย

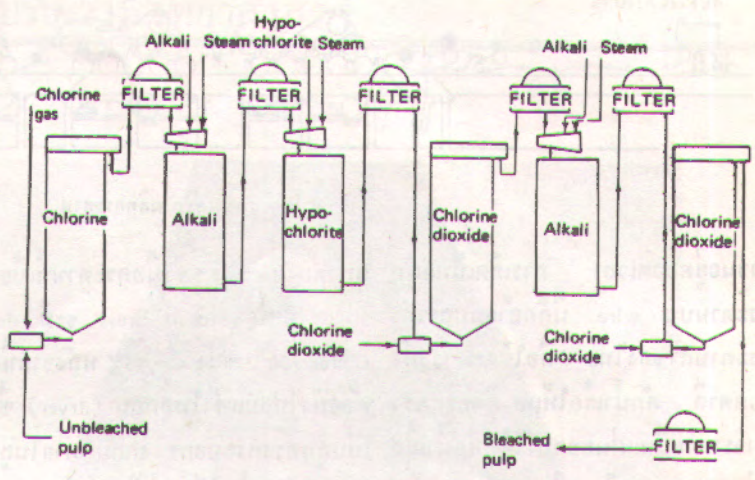
คลอรีน หลังจากนั้นนำไปฟอกด้วยโซดาไฟ การฟอกสองขั้นเพื่อตั้งเอากลีซินที่คงเหลือหลังเยื่อออก หลังจากนั้นก็เป็นการทำน้ำยาฟอกขาวไฮโปซึ่งจะฟอกเส้นสีขาว แต่เนื่องจากความขาวของเยื่อที่ได้ยังไม่มากพอและเพื่อให้ได้ความขาวสูงโดยที่ตัวเส้นใยไม่

คุณภาพ (degradation) จึงต้องใช้
คลอรีนไดออกไซด์ (ClO₂) ฟอก
กระดาษซึ่งมีคุณสมบัติดีกว่าน้ำยาไฮโป
คลอไรต์ ไม่ทำให้คุณภาพด้านความเหนียว
ของเส้นใยลดลง

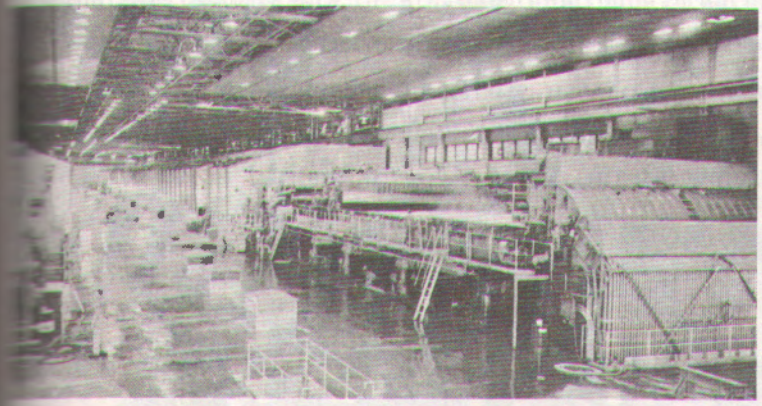
หลังจากฟอกเยื่อแล้วก็นำไปทำเป็น
แผ่น โดยจะทำการเป็นแผ่นแห้งหรือเปียก
ขนาด ๆ ทั่วความชื้นราว 50% เพื่อส่ง
ขายให้แก่โรงงานกระดาษ

ขั้นตอนการผลิตกระดาษ

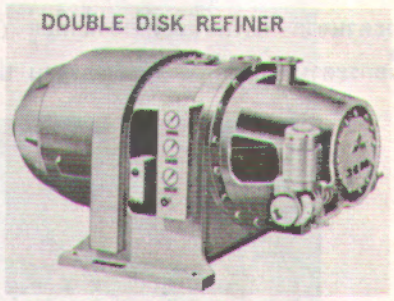
เมื่อโรงงานผลิตเยื่อได้แล้วก็ให้นำ
ไปยังลูกค้าซึ่งก็คือ โรงงานผลิตกระดาษ
วิธีการทำกระดาษแบ่งออกเป็นขั้น
ต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 5 ระบบฟอกเยื่อ CEHD



รูปที่ 6 เครื่องผลิตกระดาษ



รูปที่ 7 เครื่องบดเยื่อแบบหนึ่ง

สารเตรียมเยื่อ

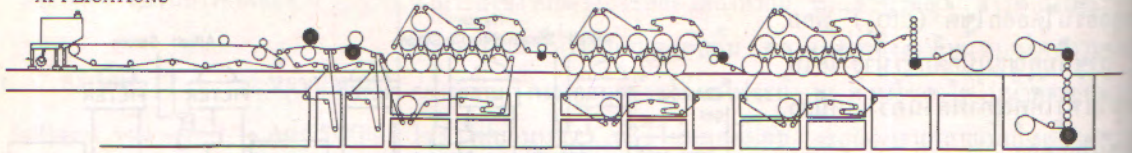
ให้นำเยื่อมาตีให้กระจายตัวในน้ำ
จากนั้นก็ส่งไปบดในเครื่องบดเยื่อ
(refiner) จุดประสงค์ในการบดเยื่อก็
เพื่อให้เส้นใยถูกตัดให้มีขนาดสั้นลงและ
เยื่อแตกแขนงทำให้มีขนาดเล็กลง
เยื่อมีความอ่อนตัวมากขึ้นเหมาะแก่
การทำกระดาษ หลังจากบดจนได้ที่แล้ว
ก็มีการปรุงแต่งเยื่อให้มีสภาพเหมาะ
กับชนิดของกระดาษ เช่น กระดาษทำ
ซอง (สีน้ำตาล) กระดาษหนังสือ
กระดาษปอนด์ขาว กระดาษแข็ง
สีสน ซึ่งเยื่อจะมีคุณสมบัติที่ต้องการ
การใช้งานแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้อง

มีการเติมสารเคมีหลายประเภทเพื่อปรุง
แต่งเยื่อ เช่น ชันสน (rosin) และสารส้ม
เพื่อป้องกันการดูดซึมของเหลว (Sizing)
กระดาษพิมพ์เขียนเกือบทุกชนิดจะต้อง
ทำให้กระดาษมีอัตราการดูดซึมของเหลว
พอสมควร นอกจากนี้ยังมีการเติมสีเพื่อ
ย้อมกระดาษให้สีหรือใส่แต่น้อยเพื่อ
ให้แลดูสวยงาม เช่น ใส่สีน้ำเงินและ
สีม่วงเพื่อข่มสีเหลืองที่ปรากฏอยู่ในเนื้อ
กระดาษ ทำให้แลดูขาวขึ้น (grey) ทั้ง ๆ
ความเป็นจริงจะออกไปทางสีเทา ถ้าหาก
ต้องการให้กระดาษมีความเหนียว (St-
rength) เพิ่มขนกก็ต้องเติมสารเพิ่มความ
เหนียวบางประเภทลงไป เช่น modified

starch gum arabic ถ้าเป็นการผลิต
กระดาษเพื่องานพิมพ์หรืองานเขียนนั้น
จะนิยมเติมสารจำพวกดินขาว (Kaolin)
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃) Titanium
Dioxide (TiO₂) ซึ่งจัดเป็น filler ใส่ลง
ในกระดาษเพื่อทำให้มีผิวเรียบ ดูดี
พิมพ์พิมพ์ได้ดี เพิ่มความทึบแสงในการ
พิมพ์ (Opacity) ของเนื้อกระดาษ

2. การผลิตเป็นแผ่นกระดาษ

เมื่อได้เตรียมเยื่อจนได้แล้วก็ส่ง
เข้าเครื่องผลิตกระดาษเพื่อทำให้เป็น
แผ่นโดยจะส่งน้ำเยื่อเข้า headbox เพื่อ
โรยออกเป็นแผ่นบาง ๆ บน wire ซึ่งจะ



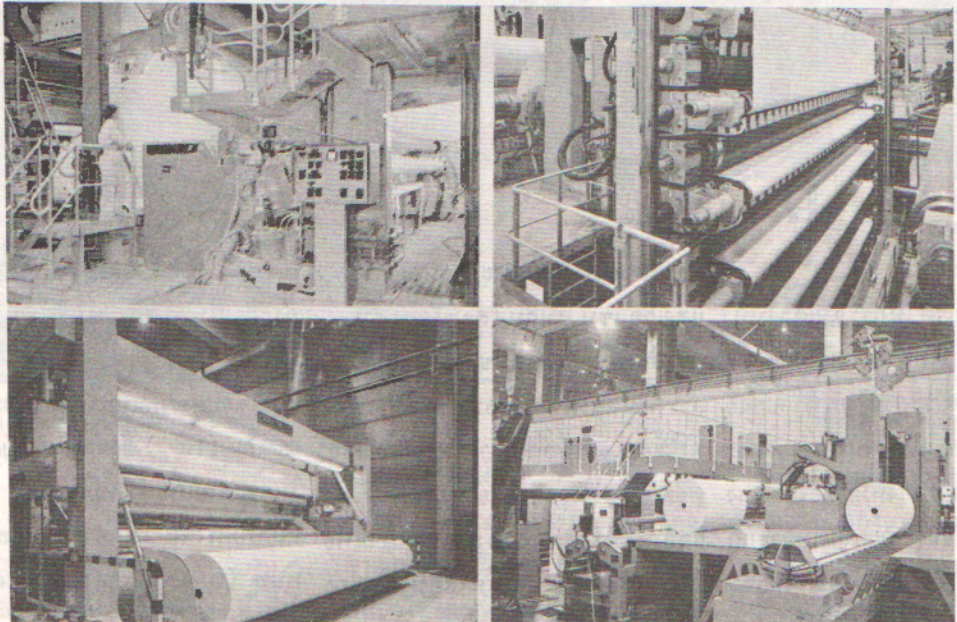
รูปที่ 8 โค้ดแกรมเครื่องผลิตกระดาษ

ว่างอยู่ตลอดเวลา การเกิดเป็นแผ่น กระดาษบน wire นึกคล้ายกับการทำ กระดาษสาของไทย คือใช้ตะแกรงมุ้ง ลวดดาด ตักน้ำเยื่อให้และติดตะแกรง ซึ่งจะลอกเป็นแผ่นออกมาได้ เมื่อน้ำเยื่อ อยู่บน wire จะมีการดึงน้ำออกจากด้านล่าง (drainage) ซึ่งจะทำให้แผ่นกระดาษ เริ่มแห้ง หลังจากออกจาก wire แล้วก็จะเข้าสู่ press section มีลักษณะเป็นลูกกลิ้งขนาดใหญ่สองลูกกดกันอยู่ โดยมีผ้า ลักหลาด (felt) นานารองรับอยู่เพื่อไม่ให้ กระดาษขาด การกดน้ำจะบดเอาน้ำที่อยู่ นอกกระดาษออกมาก ตามมาตรฐาน ประเภทของกระดาษ

แล้วต้องมีpress 3ชุด นอกกระดาษที่แยก ขนาด ๆ เมื่อออกจาก press จะมี dry content อยู่ในช่วง 40-45% หลังจากนั้นก็ต้องนำไปอบแห้งในลูกอบ (dryer) ซึ่งเป็นลูกทรงกระบอกทรงกลม ภายในลูกอบจะใช้ ไอ้ร้อนที่มีแรงดันปานกลางจนถึงแรงดันสูงในการอบกระดาษให้แห้ง ในเครื่องผลิตกระดาษจะต้องมีลูกอบจำนวนมากขึ้นกับความหนาของกระดาษ หรือกำลังผลิต ของเครื่องผลิตกระดาษ กระดาษที่ออกจากลูกอบ จะมีความชื้น (moisture) อยู่ในช่วง 5-10% ขึ้นกับ

3. การแปรรูปกระดาษ

หลังจากผลิตกระดาษออกเรียบร้อยแล้วจะมีการนำกระดาษนั้นไปแปรรูปหลายอย่าง เช่นนำไปตัดซอยเป็นกระดาษเล็ก หรือนำไปตัดเป็นแผ่นเป็นรมนำไปใช้งานหรือแปรรูปต่อ กระดาษพิมพ์และเขียน รมเนื้อกระดาษ (formation) ดึงจะนำไปเคลือบกระดาษ (Coating) เพื่อให้กระดาษมีผิวละเอียดเรียบขึ้น กระดาษที่ผ่านเคลือบนั้นเรียกว่ากระดาษอาร์ต (Coated Paper) ซึ่งจะเห็นได้ตามวารสารพิมพ์ หนังสือทั่วไป



รูปที่ 9 การแปรรูปกระดาษ

ที่กล่าวมาเป็นการสรุปเรื่องโดยย่อของอุตสาหกรรมผลิตเยื่อและกระดาษเท่านั้น ถ้าหากจะเขียนให้ละเอียดกว่านี้

ก็จะกินเนื้อที่มากไป อุตสาหกรรมผลิตเยื่อและกระดาษจัดว่าเป็นอุตสาหกรรมชั้นนำชนิดหนึ่งของโลกเช่นกัน โดย

เฉพาะในประเทศอเมริกา แคนาดา สวีเดน ฟินแลนด์และญี่ปุ่นจัดเป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศ