

지합 향상을 위한 펄프 선정 기준

심규섭¹⁾ · 황덕수¹⁾ · 정동원²⁾ · 지원일²⁾

¹⁾ 한솔기술원 제지연구소, ²⁾ 한솔제지 장항공장

1. 서론

FIBER DISTRIBUTION은 가장 기본적이고도 중요한 펄프의 특성중의 하나로, 와이어상의 탈수나 WEB 강도, DRAW 변동과 같은 제지공정상의 조업상황과, 지합이나 스티프니스, 평활도 및 투기도와 같은 최종종이제품의 물성에 중대한 영향을 미치는 것으로 알려져있다. 현재까지 FIBER DISTRIBUTION의 측정장비로는 Fiber Quality Analyzer (or "FQA," OpTest Equipment, Inc., Hawkesbury, Ontario)와 PQM 1000 (Sunds Defibrator AB, Sundsvall, Sweden) 그리고 Kajaani FS-200 (Valmet Automation, Kajaani, Finland)등이 사용되고 있으며, 그 중에서 Kajaani FS-200이 신뢰성과 재현성, 그리고 간편성에서 우수성이 입증되어 가장 범용적으로 사용되고 있다. 종이의 지합은 WEB 강도의 균일성, 프로파일과 같은 원지의 물성과 광택불균일, 백지면감등과 같은 코팅제품의 품질에 매우 큰 영향을 끼친다. 지합은 초지시의 공정상황과 주, 부원료조건에 의해 영향을 받는데, 그 중 원료로 사용되는 펄프의 섬유장분포에 크게 좌우된다.

본 고에서는 한솔기술원에서 보유하고 있는 Kajaani FS-200를 이용하여 한솔제지에서 사용되고 있는 펄프들의 특성을 해석하는 것을 목적으로 한다. 즉, 원지지합 향상을 위한 원료부문의 연구결과를 토대로 하여 펄프별 특성과 지합을 Kajaani로부터 얻어지는 데이터로 해석하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 Pulp

공시재료로서는 표백크라프트 펄프(LBKP) A, B, C, D로서, 펄퍼에서 완전히 해리된 상태의 것을 샘플링하여 사용하였으며, 고해전 여수도는 610~680CSF의 범위를 갖는다.

2.2 원지 재해리

초지기에서 생산된 원지를 샘플링하여 섭씨50도에서 1000rpm으로 30분동안 교반하여 펄프상태로 재해리를 행하였다.

2.3 원지지합 평가

Ambertec社의 Beta-ray Formation Tester를 사용하여 지합을 측정하였다.

2.4 Kajaani FS-200을 이용한 섬유특성 분석

완전해리 여부를 확인한 후 Kajaani FS-200을 이용하여 섬유장을 분석하고, 분석된 데이터를 RS232C를 사용하여 TEXT FORMAT으로 PC로 읽어들이어 통계처리를 수행하였다. Fig. 1에 섬유장 분석실험에 관련된 일련의 PROCEDURE를 표시하였다.

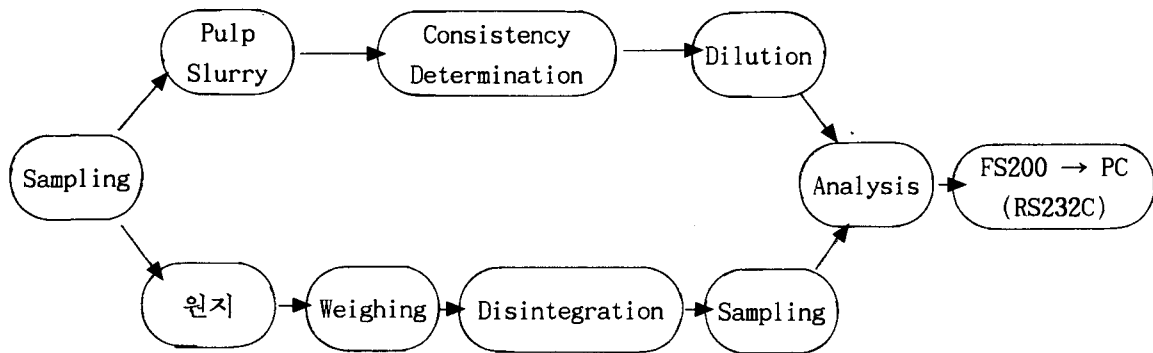


Fig. 1. Kajaani FS-200 Analysis Procedure

WET SAMPLE은 농도측정을 정확히 실시한 후 회석을 거쳐 분석하며, DRY SAMPLE은 재해리 과정을 거친 후 분석한다. 각각의 경우에 공히, 조도(COARSENESS) 및 중량당 섬유수(POPULATION)를 정확하고, 또 재현성있게 얻기 위해서는 무게 및 농도측정시 세심한 주의를 기울여야 한다. Kajaani FS-200으로부터 얻을 수 있는 섬유에 관한 정보는 다음과 같다.

2.4.1 FIBER LENGTH

Kajaani FS-200에서 제시되는 평균섬유장은 3가지이며, 각각 산술, 길이, 무게가중평균 섬유장으로 불리운다. 산술평균의 경우는 갯수가 많은 0.5mm미만의 미세섬유의 영향을 크게 받아 실제보다 작게 나오며, 반대로 무게가중평균섬유장은 1.5mm이상의 섬유가 많을 경우 평균섬유장이 실제보다 크게 계산된다. 따라서 분포를 표시할 경우 길이가중평균섬유장이 주로 사용된다. 그러나, 평균값을 숫자로 나타낼 경우에는 펄프별 길이가중평균섬유장의 변별력이 작아서 중량가중평균섬유장이 주로 사용되나 절대적인 기준이 있는 것은 아니다.

2.4.2 COARSENESS

COARSENESS(조도)는 세포벽의 두께를 간접적으로 비교할 수 있는 좋은 방법이며, Kajaani FS-200에서 쉽게 측정할 수 있다. COARSENESS는 섬유를 일렬로 배열했을 때의 단위길이당 무게로 나타내며, 그 단위는 주로 mg/100m이 사용된다.

Fig. 2에서 알 수 있듯이, 조도는 세포벽의 두께가 증가할수록(1), 섬유의 직경이 클수록(2), 세포벽의 밀도가 높아질수록(3) 증가한다. 조도가 증가할 경우, SHEET BULK가 증가하고, 투기도가 증가하여 인쇄시 잉크흡수성이 높아지며, 섬유간 결합정도가 약화되어 인장강도가 감소하는 반면 인열강도가 증가한다. 또한 단위 무게당 섬유의 표면적이 적기 때문에 보통 펄프의 여수도(CSF)가 증가하며, 습윤신장률이 감소하므로 건조부에 도달하기 전에 지질이 발생하기 쉽다. 반면 조도가 감소할 경우에는 지합이 좋아지고, 건조인장강도와 습인장강도가 증가하며, 평활도와 잉크의 HOLDOUT이 증가하게 된다.

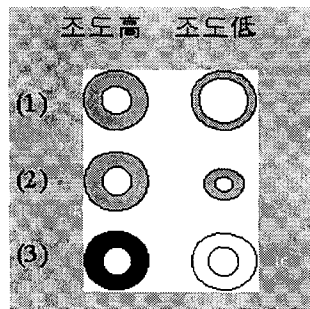


Fig. 2. 조도가 다를 경우의 3가지 가능성.

2.4.3 POPULATION

POPULATION(섬유수)는 전건펄프 1g내에 존재하는 섬유의 개수를 뜻하는 말로서, 앞의 경우와 마찬가지로 Kajaani FS-200에서 측정된다. 하지만 단순한 섬유의 개수를 넘어서, 광산란에 관여하는 표면의 개수와 종이표면에 생성된 굴곡을 메울 수 있는 미세섬유의 양과도 직접적인 관련을 맺고 있기 때문에 섬유수가 증가하면 지합이 좋아지고, 불투명도와 광산란 계수가 증가하고, 평활도가 증가한다. 하지만 지나친 섬유수의 증가는 초지기 와이어상의 탈수조건을 악화시키고, 흡착가능표면적의 증가로 인하여 WET-END용 약품의 과도한 사용을 유발하기도 한다.

2.4.4 FIBER DISTRIBUTION

FIBER DISTRIBUTION(섬유분포)는 각각의 펄프가 물에 완전히 헤리되었을 때 일정 섬유

유장구간에 포함되는 섬유 중량%의 분포곡선을 의미하는데, Kajaani FS-200에서 가장 정확하고 또한 재현성있게 측정되는 섬유특성이다.

FIBER DISTRIBUTION은 가장 기본적이고도 중요한 펄프의 특성중의 하나로, 와이어상의 탈수나 WEB 강도, DRAW 변동과 같은 제지공정상의 조업상황과, 지합이나 스티프니스, 평활도 및 투기도 등과 같은 최종종이제품의 물성에 중대한 영향을 미치는 것으로 알려져 있으나, 간단하게 숫자 하나로 표현될 수 있는 평균섬유장이나, 섬유수 그리고 조도 등과는 달리 수많은(대략 2만개) 섬유들의 분포곡선을 의미하기 때문에 계수화에 대한 본격적인 접근이 이루어지지 않았다.

3. 결과 및 고찰

연구문헌을 토대로 하여, 한솔제지의 상황에 더욱 근접하고, 현재 한솔에서 보유하고 있는 Beta-ray Formation Tester와의 상관성이 높은 섬유장구간을 도출하기 위하여 원지를 재해리한 후 섬유장분석에 의해 데이터를 얻고, 0.2mm (0.2~0.4, 0.4~0.6, ...)와 0.4mm(0.2~0.6, 0.6~1.0, ...)간격으로 나눈 후 총 54구간에 대하여 각 구간 별로 지합과의 관계를 Statsoft社의 통계패키지 StatisticaTM를 이용, 통계적으로 분석했다.

P U L P	A	B	C	D
여 수 도	610	610	620	680
인장지수	13.7	18.0	16.1	10.4
스 티 프	0.93	1.03	-	0.86
중량평균	0.82	0.88	0.90	1.19
조 도	13.8	11.6	14.9	17.8
섬 유 수	8.4	6.7	5.9	5.4
1~1.4mm	9.5	12.2	13.1	25.6

그 결과를 보면, 투입량이 많은 LB(투입량 80% 이상, 주로 2.0mm 미만)구간에서는 1.0~1.4mm, NB(투입량 20% 이하, 주로 2.0mm 이상)의 경우에는 3.2~3.8mm구간의 섬유분포량이 큰 상관성을 가지고 원지지합을 악화시키는 것으로 판명되었다. 이 중에서 LB로부터 기인하는 1.0~1.4mm를 "B 구간"으로 부르기로 한다. 이 결과를 다음 페이지의 Fig. 3와 연관시켜 보면, 현재와 같은 DDR 운전조건에서는 펄프D의 배합비가 증가할수록 지합에 악영향을 미치고, 섬유장이 0.6~0.8mm에 집중적으로 분포되어 있는 펄프A나, 펄프B, 펄프C가

Table. 1. 현장테스트 결과요약

	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
평량(gsm)	78.7	79.9	79.2	78.7
생산년월	1999.3			
A	45		40	40
B		80		
C			25	35
D	35		25	
B구간(%)	13.24	9.76	13.48	8.39
COV(%)	4.57	3.68	4.45	3.73

(COV = SD/평량, SD = 중량의 표준편차, 값이 작을수록 지합 양호함을 의미)

지합을 향상시키는 것으로 예상할 수 있다. Fig. 3에

주요 펄프의 물성을 나타내었고, 다음 페이지 Table. 1에는 이 결과를 현장에 적용시킨 결과를 도시하였다.

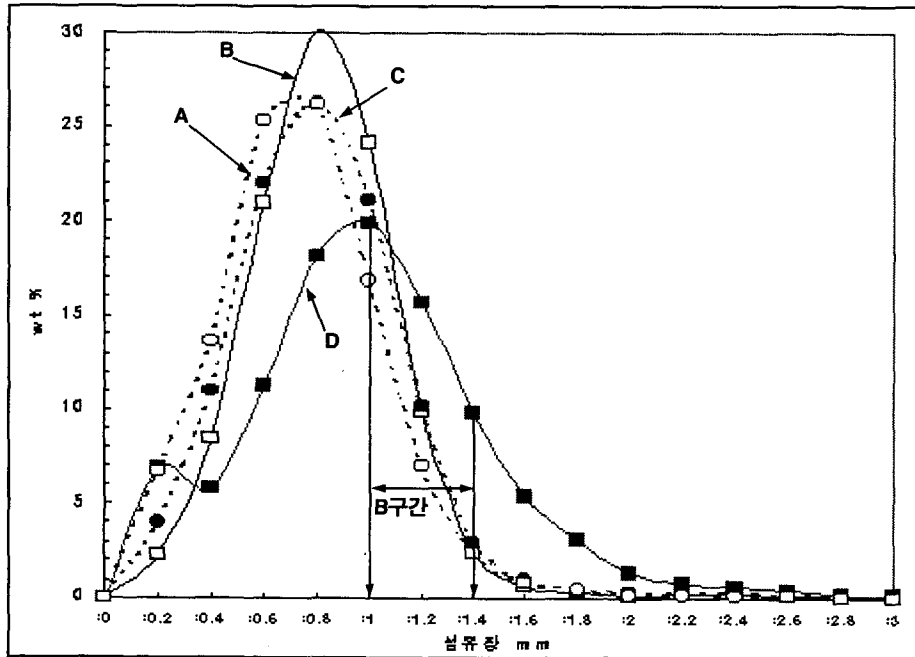


Fig. 3. 펄프별 섬유장 분포 및 주요 물성

Table. 1에서 볼 수 있는 바와같이 지합이 우수한 CASE2, CASE4 공히 낮은 B구간의 값을 갖는 펄프를 주로 배합했음을 알 수 있다. 참고로 각 펄프별 B구간(%)을 보면, 펄프A 9.5, 펄프B 12.2, 펄프C 13.1, 그리고 펄프D 25.6%이다.

Fig. 4는 원료조건과 초지 및 약품조건과 지합과의 관계를 나타내는 그래프이다. 같은 원료조건에서 얻을 수 있는 지합은 초지나 약품조건에 따라 변화되지만, B구간에 속하는 섬유 분포량이 감소함에 따라, 얻을 수 있는 지합은 점점 더 양호해진다. 반면에 원료조건이 악화될 경우(B 구간 증가)에는 초지나 약품조건이 부적절하게 조절될 경우 지합은 더더욱 악화된다. 이는 그래프에서 아랫쪽에 위치한 직선보다 윗부분에 위치한 직선의 기울기가 더 큰 것으로 나타난다.

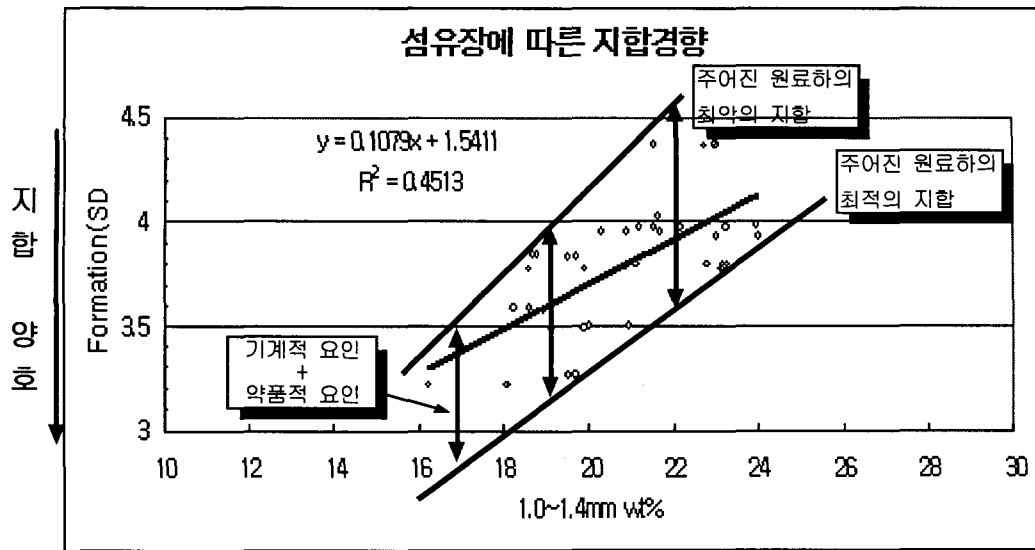


Fig. 4. 지합에 영향을 주는 원료적 요인과 기계적/약품적 요인의 비교.

4. 결론

지금까지의 결과를 종합해 볼 때, 지합이 양호한 종이를 얻기 위해서는,

1. 낮은 B구간(1.0~1.4mm)의 섬유분포량
2. 낮은 조도

를 갖는 펄프를 사용해야 한다. 또한, NB의 고해조건 변경에 의한 3.2~3.8mm 구간의 분포량 감소와, 초지 및 약품투입조건 개선도 고려해야 할 중요한 사항이다.