

## 초지기 습부개선을 통한 프로파일 향상사례

이재훈<sup>1)</sup>. 김용식<sup>1)</sup>. 진한봉<sup>1)</sup>. 원종명<sup>2)</sup>

1) 신호제지(주) 중앙연구소, 2) 강원대학교 제지공학과

### 1. 서 론

제지공정 중 종이품질의 변동은 원료, 설비, 각종 컨트롤 변수 등에 의해 발생하는 자연스러운 현상이나, 품질의 심한 변동은 제품을 하락, 최종 생산품의 불량, 소비자 불만 등의 원인이 된다. 지난 수십 년간 종이 품질 향상에 대한 지속적인 요구로 인해 제지업계는 제품 향상과 균일성을 위해 많은 노력을 기울여야만 했다. MD와 CD방향에서 평량, 두께, Ash, 광택 등과 같은 종이 기본물성의 short term과 long term variation을 최소화 하는 것은 제지업체가 종이품질 개선과 운전효율 향상을 위해 실시할 목표이다. 종종 제품 품질과 종이의 기본물성은 펄프와 스크린에서 초지기를 거쳐 칼렌더까지의 모든 제조공정에 의하여 영향을 받으며, 이 변동들의 크기, 방향, 변동 요인 등은 Cutshall에 의하여 잘 정리되어 있으며 그는 MD변동을 다음과 같이 크게 4가지로 분류하고 있다<sup>1)</sup>.

1. Long term variation (200초 이상)
2. medium term (1~200초)
3. short term (100 mm 파장~1초)
4. very short term, micro-level or formation type (100 mm 파장 이하)

MD와 CD 모든 방향에서 정확한 기본적인 종이 물성은 변동의 근원을 인지하는데 중요한 요인이다. 대부분의 초지기에는 평량과 그 밖의 종이특성을 측정할 수 있는 온라인센서(또는 스캐너)가 장착 되어 있지만, 측정장비는 종종 너무 느리며, 데클 길이의 스캐닝은 정확한 제어를 위한 MD와 CD방향의 프로파일을 제공하여 주지 못하고 있다.

수용하기 어려운 변동의 원인을 찾아내고 바로잡는 일을 하기 위해 고 분해능의 정확한 측정장비는 매우 유용하다. 종이의 Off-line측정은 매우 정확하게 이루어질 수 있으며, 다

양한 종이 특성을 동시에 측정할 수 있다.

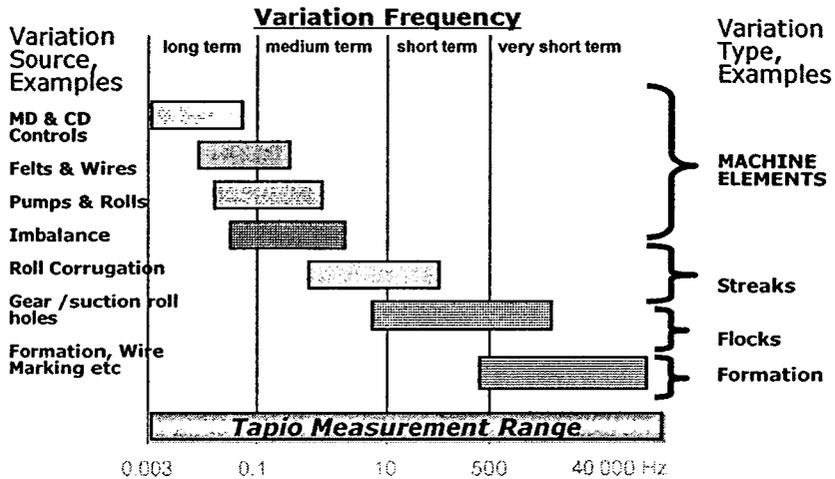


Fig 1. Variation Frequency

앞서 말한 제품 물성의 변이를 줄이기 위한 노력은 원료 선정, 설비의 보완, 공정 변수 변화 등 다양하나, 장치산업인 제지산업에 있어 최선의 선택은 설비의 신설 또는 보완일 것이다. 하지만 최근 전세계 제지 흐름은 아시아권 특히 중국내 대규모 제지 공장 신설을 제외하고는 대부분 기존 설비의 생산성, 운전성, 품질향상을 위한 초지기 Rebuild Project가 주를 이루고 있다. 각 초지기에 대한 설비 투자시 고려할 점은 공정상의 문제를 정확히 파악하고, 이를 개선하기 위한 최선의 방법 즉 적은 비용으로 최대의 효과를 얻을 수 있는 개선안을 찾아내고, 최종적으로 투자시 투자 효과를 객관화된 척도로 확인하는 것이 중요한 성공요인이다.

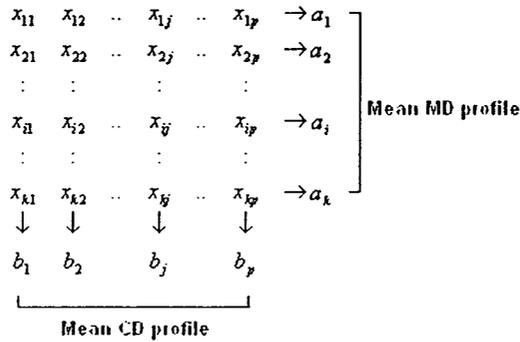
초지기에 있어 가장 손쉬운 프로파일 개선 방안 중 하나는 초지기 습부 파트의 교체 및 rebuild를 통한 개선이라 할 수 있다. 본 보고에서는 공정상의 문제를 확인하고, 개선 후 개선상황을 평가하는 지표로서의 Off line 측정에 대하여 소개하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 Variance 계산

MD, CD, residual variance는 Off line 측정기로 측정된 데이터를 분석 S/W의 Variance Component Analysis(VCA) 이용하여 분석하였다.

VCA에서 처리되는 측정값들은 다음과 같이 처리되어 Total Variance와 MD, CD, residual variance 값을 얻을 수 있다.



$x_{ij}$  에서  $i$ 는 MD 방향 샘플 번호와  $j$ 는 CD 방향 샘플 번호임

Fig. 2 측정값 표시

| Mean MD profile                                   | Mean CD profile                                   | Total mean value  |
|---|---|---|
| $a_i = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p x_{ij} \quad (1)$ | $b_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_{ij} \quad (2)$ | $\bar{x} = \frac{1}{kp} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p x_{ij} \quad (3)$ |

Variance component analysis의 total variance를 다음 3가지 variances의 합이다<sup>2)</sup>.

$$\sigma_{TOT}^2 = \sigma_{MD}^2 + \sigma_{CD}^2 + \sigma_{RES}^2 \quad (4)$$

| Total Variance   | MD Variance   |
|--|---|
| $\sigma_{TOT}^2 = \frac{1}{kp-1} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x})^2 \quad (5)$ | $\sigma_{MD}^2 = S_a^2 - \frac{1}{p} \sigma_{RES}^2 \quad (6)$                                  |
|  | $S_a^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (a_i - \bar{x})^2 \quad (7)$                                |
| CD Variance  | Residual variance   |
| $\sigma_{CD}^2 = S_b^2 - \frac{1}{k} \sigma_{RES}^2 \quad (8)$                             | $\sigma_{RES}^2 = \frac{1}{(k-1)(p-1)} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^p \varepsilon_{ij}^2 \quad (10)$ |
| $S_b^2 = \frac{1}{p-1} \sum_{j=1}^p (b_j - \bar{x})^2 \quad (9)$                           | $\varepsilon_{ij} = x_{ij} - a_i - b_j + \bar{x} \quad (11)$                                    |

### 3. 결 론

Off-Line 종이 특성 측정을 통하여 초지시 문제부에 대한 분석이 가능하였으며, 습부개선을 통해 프로파일 향상 및 주기적인 품질 변동 감소를 이룰 수 있었으며, 개선 현상에 대한 수치적 제시가 가능하였다. 향후 면밀한 분석을 통해 초지기 최적화가 기대된다.

### 4. 참고 문헌

1. PuAJIT K. GHOSH\*, CATHERINE RAE and Jim YOUDAN., 2000 Tapio Users' Club, 2000
2. K. Cutshall, Pulp and paper manufacture, Michael J. Kocurek, Vol.7, p.481-484, TAPPI Press