

광학적 측정방식과 여과방식에 의한 실험실적 보류도 측정법의 상관성 평가

Evaluation of the correlation of retention monitoring methods based on optical and filtration principles

이 학 래¹⁾, 윤 혜 정²⁾, 이 상 길¹⁾, 정 영 빈¹⁾, 류 재 호²⁾

1) 서울대학교 산림과학부 제지과학연구소 2) 서울대학교 산림과학부 제지공학연구소

1. 서 론

보류도는 제지 공정의 효율적 운용과 원료 절감 뿐 아니라 환경적 측면에 이르기까지의 다양한 범위에서 중요한 공정요소의 하나이다. 제지공정에서의 보류도는 사용하는 펄프의 특성에 따라 크게 달라진다. 특히 신문용지 제조공정과 같이 지료에 미세분의 함량이 높은 경우, 백상지와 같이 지료 내에 충전물의 함량이 높은 경우, 라이너지 공정과 같이 공정의 용수사용량이 적은 경우에는 보류도가 특히 중요한 의미를 갖는다. 이처럼 중요한 보류도는 지속적으로 모니터링하는 것이 공정의 안정된 관리를 위해서 필수적으로 요청되고 있다. 하지만 온라인 보류도 측정설비를 갖추지 않은 공정에서는 현실적으로 보류도를 일반적인 여과 및 건조방식으로 지속적으로 측정하기에는 시간과 인력에 많은 제약이 있을 수 밖에 없다.

지금까지 실험실적으로 보류도를 측정하기 위해 가장 흔하게 사용되고 있는 방법은 공정을 모사한 DDJ 등의 기기를 이용하거나 수초지를 제조하는 것이지만, 매 시험마다 농도 및 충전물 함량을 측정해야 한다는 점에서 시간이 오래 걸리며 번거로운 과정을 거쳐야만 하는 단점을 지니고 있는 것도 사실이다.

이러한 문제점을 극복하기 위해서 최근 들어 다양한 광학적 원리를 이용한 보류도 측정용 실험 장비들이 소개되고 있으며, 특히 탁도 측정을 통한 보류도 측정법과 관련된 논문들의 발표 횟수도 증가하고 있다. 광학적 특성을 이용하여 보류도를 평가할 수 있다면 여과방식을 이용하는 번거로운 과정을 거치지 않고도 쉽게 보류도를 알 수

있게 되어 wet-end와 관련된 실험실 내의 각종 실험을 보다 수월하게 진행할 수 있게 될 것이며, 현장의 보류도 관리에도 획기적인 편의성을 제공할 수 있을 것으로 보인다. 이에 본 논문에서는 광학적 보류도 측정법과 여과방식을 이용한 보류도 측정법을 비교하여 광학적 측정법에 대한 신뢰도를 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

해리 20분, 고해 15분을 거친 Hw-BKP를 50 mesh스크린을 이용하여 15분 간 걸러내어 미세분을 제거하였다. 이 후 미세분과 충전물을 일정 함량으로 조절한 지료를 제조하였다. 미세분 함량은 MCC로 충전물 함량은 GCC로 조절하였다. 미세분 함량을 20%로 조절한 지료는 20/0, 충전물 함량을 20%로 조절한 지료는 0/20으로 지칭하였다.

보류도를 조절하기 위하여 제지용 첨가제인 PEA, PVAm, PAM의 세가지 고분자를 사용하였다. PEA는 고전하밀도와 저분자량의 고분자 전해질이며, PVAm은 전하밀도와 분자량 모두 중간 수준의 특성을 가지고 있다.

2.2 실험방법

광학적 원리에 기초하여 보류도를 평가하는 실험기기로는 Mütek 사의 DFR-04를 사용하였다. DFR-04는 여과액을 900 nm의 적외선으로 광투과시킨 후 측정된 값을 변환하여 여과액 내 총고형분 농도와 미세분 및 충전물 농도를 측정하는 장치이다. Fig. 1에 DFR-04의 보류도 측정 원리를 나타내었다.

Measuring principle

Fig 1 Operating principle

- 1 Pulp fiber
- 2 Measuring gap
- 3 Optical fiber from light source
- 4 Optical fiber to detector
- 5 Amplifier
- 6 Signal processor
- 7 Microprocessor
- 8 Input signals
- 9 Output signals

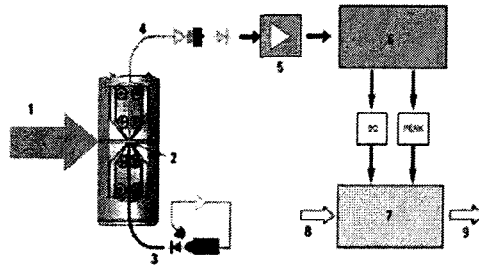


Fig. 1. Operating principle of DFR-04.

Fig. 2에 나타난 바와 같이 측정 센서를 지나는 여과액의 구성 성분과 농도에 따라 광투과량이 달라진다는 사실에 기반을 두어 지료 내 고형분이 측정된다. Peak value에 미치지 못하는 광투과량을 보이는 경우 장섬유에 의한 투과도 저하로 인식되며, peak value와 물에 의한 투과도의 차이는 미세분/회분 농도로 인식하게 된다. DFR은 실험지료에 따라 peak value의 설정이 이루어지며 섬유와 미세분/충전물의 농도에 대한 캘리브레이션이 필요하게 된다. 그러므로 실험에 사용되는 지료 특성이나 첨가 약품이 달라지면 그 때마다 미세분이나 충전물의 응집특성이 변화되며 따라서 각 실험 조건에 따라 실제 농도와 광학적 측정법 사이의 상관관계가 설정되어야만 보류도의 일상 평가에 활용될 수 있다.

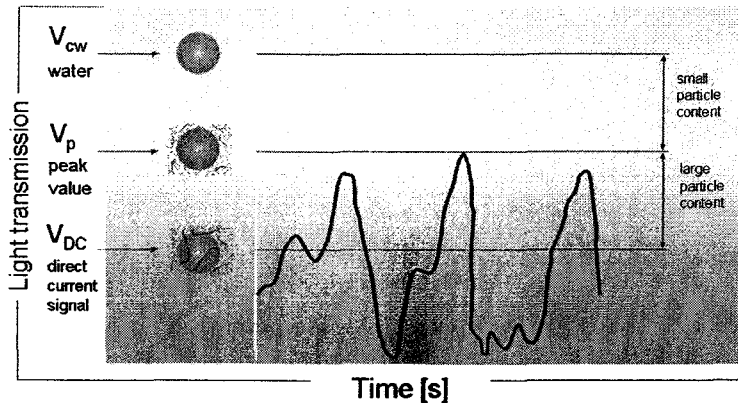


Fig. 2. Principle of retention measurement using light transmission.

보류 실험에서 사용한 스크린은 50 mesh 크기를 사용하였다. 실험 순서는 30 초 간 700rpm으로 교반 후, 약품을 첨가하고 1000rpm 교반 조건 하에서 15초의 반응 시간을 둔 뒤 700rpm의 교반 조건 하에서 여과가 진행되도록 하였다. 약품은 일괄적으로 500ppm을 첨가하였다. 최종 교반 조건을 700rpm으로 다시 낮춘 이유는 기포로 인한 측정값의 오차 가능성을 제거하기 위함이다.

3. 결과 및 고찰

각 그래프는 미세분만 20% 첨가한 Hw-BKP와 GCC만 20% 첨가한 Hw-BKP에 대한 보류 실험을 한 결과 나타내고 있다. 범례에서 명칭의 전반부에 Filt.는 여과법을 이용한 보류도 결과를 지칭하며 Opt.는 광학적 보류도 측정 방법에 의한 결과를 지칭한다. 범례 후반부의 Total은 총괄보류도를, Fill은 미세분/충전물 보류도를 지칭한다. Fig. 3은 총괄 보류도를, Fig. 4는 미세분/충전물 보류도를 비교한 그래프이다. 미세분만 첨가한 20/0 지료가 GCC만 첨가한 0/20 지료에 비하여 보류도 수치가 높았으며, 광학적 보류도 측정값과 여과적 보류도 측정값 사이의 수치 차이도 보다 크게 나타났다. 이러한 차이는 여과액 내 고형분의 입도 차이에 기인하는 것으로 보인다. 입도가 보다 큰 미세분들이 기기 내 감지 장치의 광투과량을 감소시키는 과정에서 실제 농도보다 더 높은 농도를 가진 것처럼 측정되는 것으로 사료되며 그 오차는 입도가 보다 작은 충전물의 경우보다 크게 나타난다. 총괄보류도에서도 이러한 차이가 나타나지만 미세분이나 회분의 함량이 20%에 지나지 않기 때문에 반영된 수준은 미세분/충전물 보류도에 비해 미미하였다.

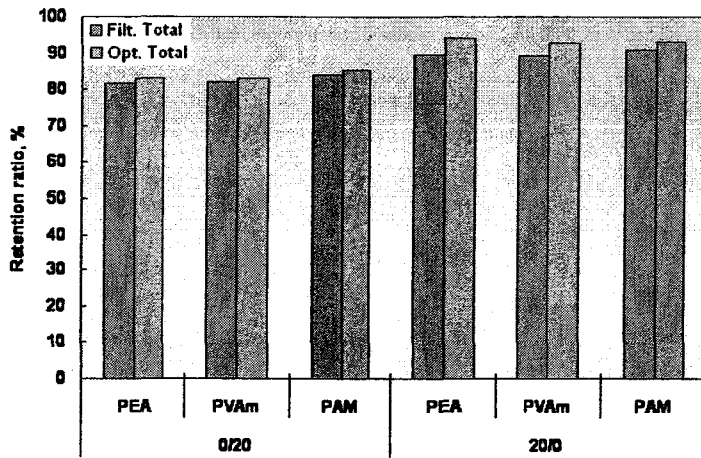


Fig. 3. Total retention ratio of optical and filtrate measurements.

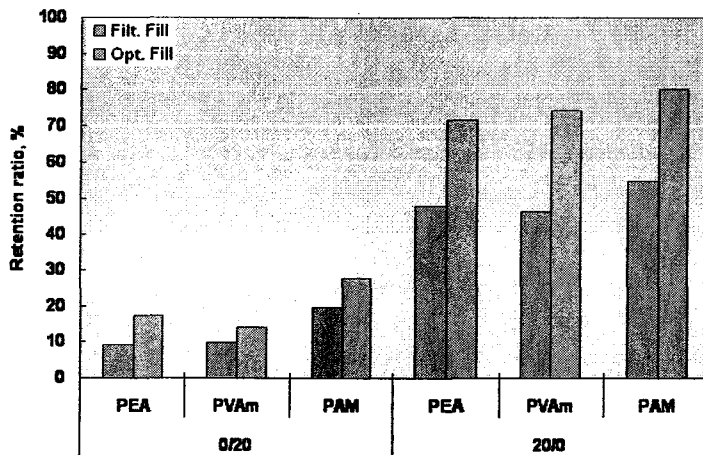


Fig. 4. Fine/Filler retention ratio of optical and filtrate measurements.

Fig. 5에 광학적 보류도 측정값과 여과적 보류도 측정값의 차이가 보다 자세히 나타나 있다. 20/0 지료에서 총괄보류도와 미세분/충전물 보류도 모두 방법 간 수치 차이가 0/20 지료에 비하여 보다 크게 나타나며 이 또한 입도에 따른 광학적 측정 방법의 오차로 보인다.

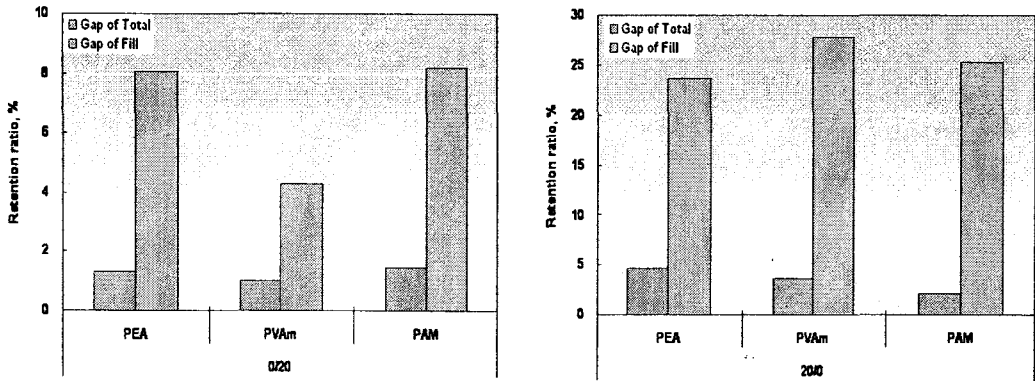


Fig. 5. Gap of retention ratio between optical and filtrate measurements.

Fig. 6은 농도에 따른 광학적 보류도 측정값과 여과적 보류도 측정값의 차이를 나타낸 그래프이다. 사용된 지료는 충전물만 20%가 첨가된 0/20 지료이다. 농도가 낮아지면 보류도가 약간 저하되는 점은 측정 방법 간 차이가 없었다. 하지만 광학적 보류도 측정값과 여과적 보류도 측정값 간의 차이는 감소하였다. 이는 센서 앞을 지나고 고형분의 수가 적기 때문에 광학적 측정 방법의 오차가 적어지기 때문으로 보인다. 특히 미세분/충전물 보류도의 경우, 낮은 농도 조건 하에서 이전과는 다르게 광학적 방법으로 측정된 보류도가 여과법을 이용해 측정된 보류도에 비하여 낮게 측정되었다. 이는 보류되지 않고 와이어를 통과한 고형분이 많을 때 광학 센서의 농도 추정값이 실제보다 높게 측정되는 점을 반영하는 것이라 사료된다.

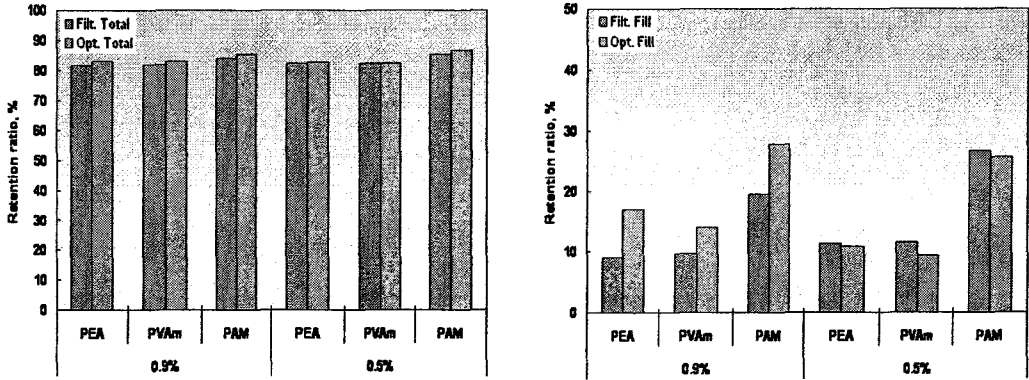


Fig. 6. Retention ratio of optical and filtrate measurements with consistency(using 0/20 stock).

4. 결론

광학적 보류도 측정 방법에 의한 보류도를 여과법을 이용한 보류도 측정 방법에 의한 보류도와 비교하였다. 측정 방법 간 보류도 차이가 있었으며, 약품의 응집도, 미세분 및 충전물의 입도, 지료의 농도에 따라 차이값이 변화하는 경향이 나타났다. 특히 지료 내 포함되는 미세분 및 충전물의 입도가 보류도 측정 방법 간 보류도 차이에 큰 영향을 미치는 것으로 보인다.

그러므로 다양한 지료 조건에 따른 보류도 실험을 광학적 측정 방법을 이용하여 하기에는 실험값의 정확성을 담보할 수 없다고 볼 수 있다. 즉, 실험실적 실험에 있어서는 광학적 보류도 측정 장비에 의지하기에는 많은 문제가 있는 것으로 보인다. 다만 같은 원료와 조건이 지속적으로 유지되는 공정 현장에서 실험이 이루어지는 경우, 광학적 측정 방법과 여과적 측정 방법을 이용한 보류도 차이에 대한 데이터베이스를 구축할 수 있으므로 광학적 측정 방식을 이용한 보류도 측정을 시행하는 것도 가능할 것으로 보인다.

사 사

본 연구는 BK21 핵심사업의 지원을 받았음.

인용문헌

1. Roland Berger, Wolfgang Falkenberg and Juergen Belle, Development and application of a new laboratory method for measuring retention, 2005 papermakers conference.
2. Jerome M. Gess, Retention of fines & fillers during papermaking, TAPPI PRESS.