

# 자동 접촉각 측정용 시스템의 측정 원리 소개

## - Introduction to the Measuring Principle for the Automatic Contact Angle Measuring System -

이찬용<sup>\*1</sup>, 김철환<sup>\*1</sup>, 최경민<sup>\*2</sup>, 박종열<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup>경상대학교 산림과학부, <sup>\*2</sup>(주)미래로 시스템

### 1. 서론

종이는 셀룰로오스 섬유로 만들어진 모세관극을 가진 다공성 재료이며, 섬유 그 자체는 수소결합을 가진 친수성 물질이다. 이러한 친수성의 종이에 내수성을 부여해 주기 위해 로진계 산성 사이즈제, AKD 및 ASA와 같은 중성 사이즈제 등이 많이 사용되고 있다. 일반적으로 사이징을 실시하는 목적은 물, 잉크, 우유, 커피 등의 액체의 침투를 조절하는 것이다. 또한 경우에 따라서는 내침사이징은 도공이나 사이즈 프레스 등 제지 공정에서 수용액의 흡수, 침투 억제를 목적으로 하기도 한다. 이와같이 종이는 최종 용도에 따라서 다양한 종류의 액체와 여러 가지 방법으로 접촉하게 되므로 한 종류의 사이즈도 측정법으로 모든 지종의 사이즈도를 평가한다는 것은 본질적으로 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 기존의 여러 방법들에서 발견된 단점들을 보완하면서 실험자의 주관을 배제하고 재현성 있고 신뢰성 있으며, 가시적으로 액적의 동적 변화를 확인할 수 있는 종이의 사이즈도를 측정하기 위하여 경상대 펄프제지연구실과 (주)미래로 시스템이 접촉각 측정법을 이용한 자동 사이즈도 측정기를 개발하였고, 본 발표에서는 새로이 개발된 접촉각 측정 시스템에서 사용된 측정 원리를 중심으로 소개하고자 한다.

### 2. 재료 및 방법

본 연구에서 개발된 자동 사이즈도 측정기의 각 모듈의 기능은 시퀀스 영상 생성, 이진 영상, 액적의 영역 검출, 액적의 측정으로 나누어져 있다. 시퀀스 영상에서는 동영상으로부터 일정 시간 간격마다 정지 영상을 얻어 내고 이진 영상에서는 단 2개의 색(검정과 흰색)으로 표현되도록 전환 시키는 과정이다. 이러한 이진 영상을 통해서 액적 영

역의 검출과정이 이루어 지는데 액적의 윤곽선을 추적하는 모델은 체인 코드(chain code)를 이용하였다. 이와 같이 얻어진 윤곽선의 좌표를 이용하여 가우시안 1차 미분 (Gaussian first derivative)값을 얻어낸 후 1차 미분 값을 통해 윤곽선 상의 임의의 한 점에서의 기울기 정보를 얻어내었다. Eq. 1은 1차 미분식을 나타낸다. 그러나 이 식만을 이용하면 종이 표면의 잡음에 영향을 받을수 있기 때문에 가우시안 함수를 적용하여 잡음을 제거하는 방법을 사용하였다. 적용된 가우시안 함수는 Eq. 2와 같다.

$$\nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad \text{eq.1}$$

$$G(s) = e^{-\left(s^2\right) / \left(2 \pi \sigma^2\right)} \quad \text{eq.2}$$

where  $s$  is coordinates.

Eq. 3과 Eq. 4는 가우시안 함수와 미분 함수를 결합하여 가우시안 미분 함수를 생성하는 식을 보여주고 있다.

$$\nabla G F = G * \nabla f \quad \text{eq.3}$$

where  $*$  is convolution.

$$\nabla G F = \nabla G * f \quad \text{eq.4}$$

Fig. 1에서는 가우시안 1차 미분 필터를 사용하여 얻어진 윤곽선의 기울기를 보여주고 있다.

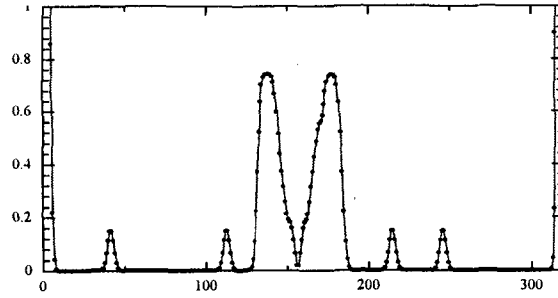


Fig.1. Gradient variation on the contour of a water droplet.

액적의 왼쪽 좌표를( $X_1, Y_1$ ), 오른쪽 좌표를( $X_2, Y_2$ )라고 할 때 액적의 지름은 유클리안 거리(Euclidean distance)공식을 이용하였는데 Eq. 5에서 보여주고 있다.

$$width, d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad eq.5$$

### 3. 결과 및 고찰

종이 상의 액적이 형성한 윤곽선의 기울기 변화를 이용하여 측정된 접촉각 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 동일 시편에 대하여 5회씩 측정한 결과에 대한 평균 접촉각을 나타낸 값으로써, 4명의 각기 다른 측정자들에 의해 얻어진 값들을 사이즈 첨가량에 대한 함수로 나타내었다. Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 측정자에 상관없이 동일 시편에 거의 유사한 결과가 얻어지는 것을 쉽게 알 수 있다. 이러한 결과에 대한 신뢰성을 비교하기 위하여 일반적으로 널리 사용되는 사이즈도 중의 하나인 Stöckigt 시험법을 사용하였다. Fig. 3의 좌측에는 자동 접촉각 측정 시스템을 통해 얻어진 결과를 동일 사이즈 처리량에 대해 각 측정자별로 나타낸 그래프이고, 우측에는 Stöckigt 시험법에 의해서 얻어진 사이즈도를 각 사이즈 첨가량에 대해 각 측정자별로 나타낸 사이즈도의 변화를 보여주고 있다. Fig. 3에서 볼 수 있는 바와 같이 Stöckigt 시험법은 동일 시편에 대해 측정자 마다 사이즈도 변화의 폭이 매우 크게 나타나 재현성 있는 결과를

얻기 어려웠지만, 자동접촉각 측정 시스템은 측정자의 주관이 배제되어 재현성 있는 결과값을 얻을 수 있었다. 따라서 액적의 윤곽선이 형성하는 기울기의 변화를 통해 측정하는 접촉각 측정이 현재 사용 중인 여러 종류의 사이즈도 측정법에 비해 훨씬 객관적이고, 재현성 있는 결과 값을 얻을 수 있음이 입증되었다.

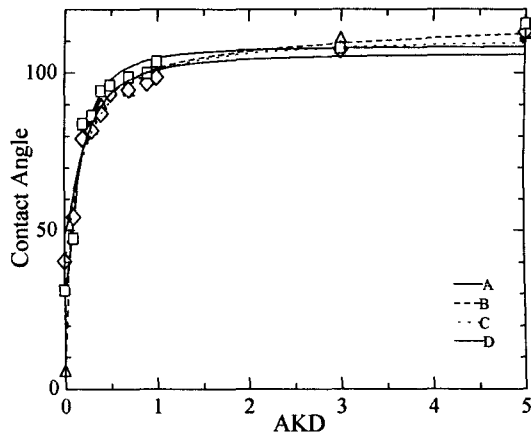


Fig. 2. Variation of contact angles on different dosage of AKD.

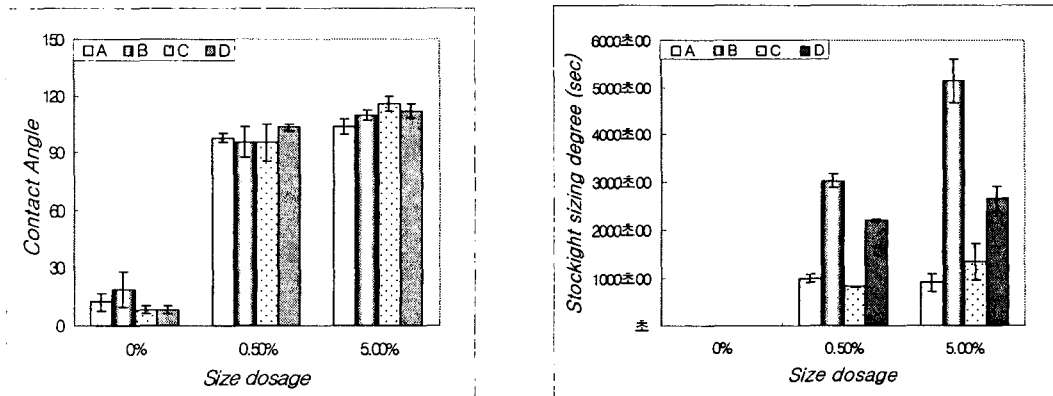


Fig. 3. Comparison of reproducibility of sizing degrees measured by the contact angle and the stocklight method.

#### 4. 결 론

본 연구에서 개발된 자동접촉각 측정 시스템(AMS-2001)은 종이에 부여된 내수 특성을 정량화 하기 위하여 개발되었는데, 접촉각을 자동으로 측정하기 위하여 종이 상에 일정량의 액적(0.029ml)을 투하하여 이 액적이 갖는 기울기의 변화를 이용하였다. 이러한 원리를 통해 얻어진 접촉각은 기존의 Stöckigt 시험법을 통해 얻어진 결과와 비교했을 때 더욱 우수한 재현성을 나타 내었다. 따라서 이러한 시스템을 통하여 종이의 정확한 발수성 평가가 가능하게 되었으며, 동시에 종이 물성 분석 시스템의 국산화가 이루어져 고가의 외산 분석시스템의 국산화도 가능하게 되었다.

#### 인용 문헌

1. Krueger, J. J. and Hodgson, K. T. 1995. The relationship between single fiber contact angle and sizing performance. *Tappi* 78(2): 154-161
2. Kumler, R. W. 1989. Testing paper and board for sizing. *Tappi press.* : 103-130
3. Smook, G. A. 1987. *Handbook for Pulp and Paper Technologists.* Joint textbookcom. of the paper industry. : 220-230
4. TAPPI Test Methods T441 om-90. 1997. Forming handsheets for physical tests of pulp.
5. TAPPI Test Methods T441 om-90. 1997. Water absorptiveness of sized(non-bibulous)
6. TAPPI Test Methods T558 pm-95. 1997. Surface wettability and absorbency of sheeted materials using an automated contact angle tester.
7. 이학래, 이복진, 신동소, 임기표, 서영범, 원종명, 손창만, 제지과학, 광일문화사, P.234-247(2000)