

# 포장지의 발수도 자동해석 시스템 개발

## Development of Automatic Analysis System for Measuring Water Resistance of Packaging Paper

강진기\*<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

친수성 셀룰로오스를 주원료로 하여 제조된 종이 혹은 포장지는 물 혹은 수분과의 친화력이 매우 크다. 그러나 대부분의 지종(종이 및 판지)은 어느 정도의 내수성을 필요로 하기 때문에 셀룰로오스의 표면을 사이즈제 혹은 발수제를 사용하여 소수성을 부여함으로써 액체 침투를 지연시킬 필요가 있다. 발수제의 사용 여부에 따라 종이 및 골판지의 강도(골판지의 압축 및 파열강도), 인쇄 흡수성 등이 상당히 달라지기 때문에 사이즈제 혹은 발수제가 처리된 종이/판지의 발수도를 정확히 측정하여야 한다. 특히 골판지 제조 공장에서 발수제가 처리된 판지 표면의 발수 특성을 평가하기 위해서 주로 사용하는 방법은 KS M 7057법을 사용하고 있다. KS M 7057법에 의한 발수도 평가 방법은 약 1 cm 거리에서 떨어진 물방울이 45° 경사로 기울어진 포장지 위로 굴러 내려가면서 형성된 잉크의 형상을 추적하여 발수도를 평가하게 되어 있다. 만약 발수도가 R<sub>2</sub>가 나왔다면 측정자에 따라서 흘러 내려간 물방울의 폭을 좁게 혹은 넓게 해석할 수 있을 수 있다. 즉, 측정자에 따라 발수도의 값이 변화될 수 있는 개연성이 충분히 내재되어 있어 신뢰성 있는 값을 제시할 수 없다. 따라서 측정 방법의 간편성에만 의존하게 되면 객관화된 수치를 제시하기 어려운 단점을 내포하게 된다. 그리고 측정방법이 갖는 한계로 인해 수출용이나 내수용 포장지/종이의 경우 경쟁력을 가지기가 힘들다.

따라서 본 연구에서는 종이나 포장지(라이너지 포함)의 발수성을 평가하기 위해 널리 사용되고 있는 KS M 7057에 명기된 포장지의 수동 발수도 측정법을 자동 측정법으로 개량하여 재현성 및 객관성 있는 발수도 결과를 자동으로 표현할 수 있는 시스템을 경상대학교 펄프제지연구실과 (주)미래로 시스템이 개발하였고, 본 연구에서는 새로이 개발된 발수도 측정시스템에서 사용된 측정 원리를 중심으로 소개하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시 재료 및 발수제

공시 재료로는 국내 S사에서 생산하는 라이너지를 이용하였고, 실험실용 Valley beater를 이용하여 해리 하였다. 해리된 지료를 이용하여 실험실용 사각 수초지기를 통해 평량 70 g/m<sup>2</sup>의 종이를 초지하였다. 이 때 종이의 발수 처리를 위하여 alkyl ketene dimer(AKD)와 왁스계 발수제를 이용하였다. 내침시 사용한 분산제는 양성 전분을 사용하였고, 지료의 전건 중량에 대하여 0.3% 첨가하였다. KS M 7057에 규정된 발수도 (R<sub>0</sub>-R<sub>10</sub>)를 얻기 위하여 AKD는 종이 섬유의 전건 중량(g)에 대하여 0, 1, 3, 5, 7, 9% 첨가하였고, 왁스계 발수제는 85℃ 이상의 온도에서 용해한 후 종이를 침지하여 발수 처리하였다.

### 2.2 발수도 측정 장비

종이의 발수도는 본 연구를 통해 개발된 발수도 자동 해석시스템을 이용하여 측정하였다. Fig.1은 발수도 자동 해석 시스템의 기본 구성은 Fig.1과 같고, 개발된 발수도 자동 해석 시스템의 구성은 시료 고정대, 뷰렛, 액적 영상 촬영 장치 및 액적 형상 해석 프로그램으로 나눌 수 있다. 뷰렛에서 사용되는 표준 액체는 KS M 7057법에서 사용된 증류수 대신에 표준 잉크(Toludine Blue)를 사용하였는데, 이는 디지털 영상으로 촬영한 액적의 화상이 발수도 분석 과정에서 배경 색(종이 시편)과의 구분이 어려웠기 때문에 표준 잉크로 대체하였고 발수도를 자동으로 측정하기 위하여 종이 상에 일정량의 액적(0.03ml)을 투하하였다. 본 연구에서는 본 연구진이 개발한 액적 형상 추적 모델을 적용하였고, 이것이 종이 시편 상에 흘러 내려간 액적의 형상을 해석 및 수치화하여 재현성 있는 특정 발수도 값으로 나타내었다.

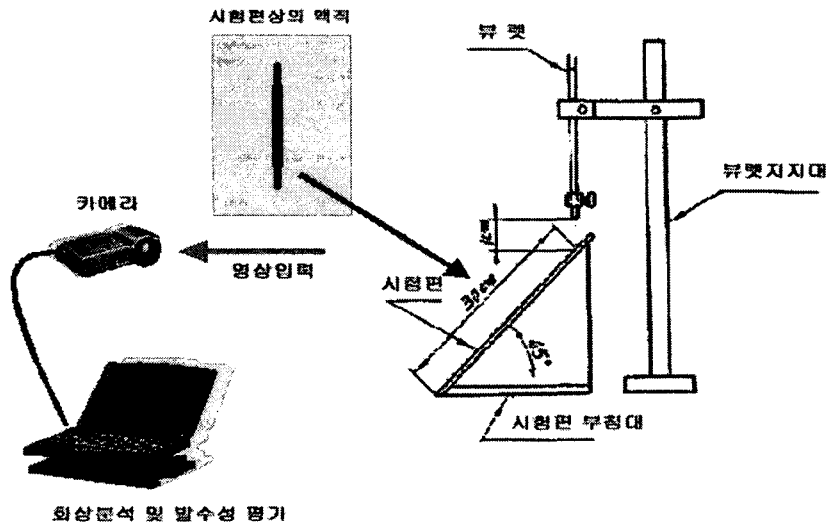


Fig.1. Schematic of automatic interpretation system for measuring water repellency.

종이 시료 상에 투하된 액적의 형상을 입력한 후 경시적으로 액적의 두께 변화와 전체의 길이 당 공백(space)의 정도 그리고 물방울 흔적의 머리와 꼬리의 차이 등의 특징을 추출하여 발수도를 분류하는 원리는 아래와 같이 적용하였다.

- 시퀀스 영상 생성 (sequence image creation): 카메라로부터 얻어진 영상을 정하여 시퀀스 이미지(sequence image)를 획득한다. 이 영상은 칼라 영상이다.
- 이진 영상(binary image): 시퀀스 영상에서 얻어진 칼라 영역을 임계값(threshold)을 이용하여 이진화 시킨다.
- 영역분할(region segmentation): 물방울이 흐른 자취만을 전체 영상에서 분리해내는 일을 하며, 밝기 값에 따른 이진화 과정을 이용한다.
- 형태 분석(shape analysis): 자취를 구분할 수 있는 여러 가지 특징들을 추출해 내는 작업을 한다.
- 발수도 분류(size degree classification): 형태분석에서 추출된 특징들을 이용하여 각 영상들의 특징이 어떤 발수도에 해당되는 지를 분류하는 역할을 하며, 분류방법은 실험에 의한 결론적인 방식을 취한다.

### 3. 결과 및 고찰

45° 경사에서 흘러 내려간 액적의 형상을 인식하여 특정 발수도로 나타내기 위하여 액적의 형상을 디지털 영상으로 촬영(image acquisition)한 후 이것을 형태분석법에 의해 개체의 개수, 개체의 골격선의 편차, 머리와 꼬리의 두께의 편차, 긴 개체의 개수의 비율, 가장 긴 흔적의 비율 등을 화상으로 추적하였다. 발수도 자동 해석 시스템에서는 형태 분석법에서 쓰인 특징 등을 이용하여 발수도 유형( $R_0$ - $R_{10}$ )을 크게  $R_0$ ,  $R_2$ ,  $R_4$ 와  $R_6$ ,  $R_7$ ,  $R_8$ ,  $R_9$  그리고  $R_{10}$ 의 세 분류로 나누고 있고 이는 다시 세 가지 분류에서  $R_0$ - $R_2$ 와  $R_4$ ,  $R_6$ - $R_7$ - $R_8$ 와  $R_9$ 의 네 가지로 나누어지며 최종적으로 각각의 발수도 유형으로 나누어진다. 이러한 원리를 이용해 Fig. 2에서는 머리와 꼬리의 두께의 편차를 이용하여  $R_0$ - $R_2$ 를 분류하는 원리를 보여주고 있다. 흔적의 머리와 두께의 미분 편차 (Variance of differential thickness between head and tail)의 계산식은 Eq. 1과 같다. Eq. 1에서  $H$ 는 머리와 꼬리의 경계 인덱스,  $T$ 는 물방울의 자취의 두께,  $N$ 는 두께 프로파일의 전체 개수를 나타내고 있다.

Eq. 1

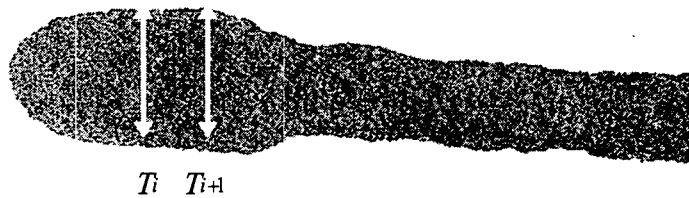


Fig. 2. Meaning of thickness in a liquid track.

Fig. 3은 액적의 중간 값을 구하여 골격선 구한 다음 이것을 통해  $R_0$ - $R_4$ 와  $R_6$ - $R_9$ 를 구분하는 원리를 나타내고 있다. 다시 말해서 Fig. 3은 액적이 끊기지 않고 얼마나 균일하게 흘렀는지 보여주고 있는 그림이다. 골격선의 편차는 Eq. 2에 의해 구할 수 있다.

Eq. 2에서  $S_d$ 는 골격선의 편차,  $M$ 은 자취의 중간값,  $N$ 은 골격선을 이루는 화소의 전체 개수를 나타내고 있다.

Eq. 2

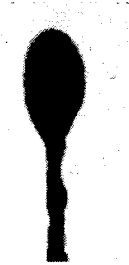


Fig. 3. Line for recognizing continuity of a liquid track.

Fig. 4에서는 Eq. 1, Eq. 2등의 형태 분석법의 원리를 이용하여 간편하면서도 객관적인 수치를 얻을 수 있고, KS M 7057법에 제시된 발수도( $R_0$ - $R_{10}$ )로 자동으로 표기할 수 있는 특징을 보여주는 그림이다.

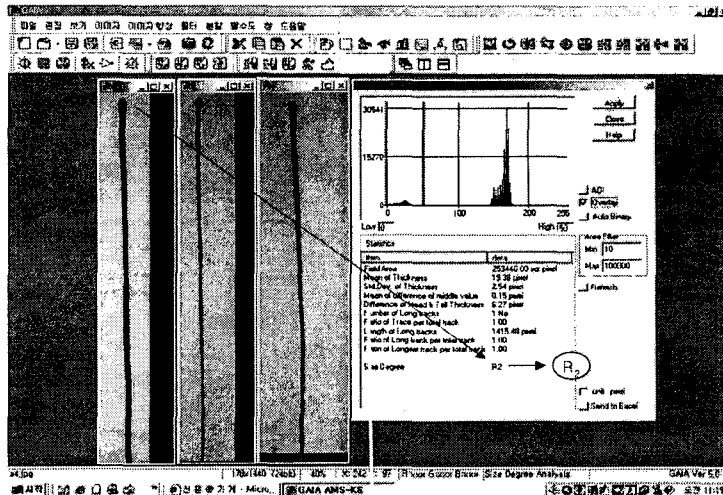


Fig.3 Diagram of automatic analysis system for measuring water repellency.

## 4. 결 론

KS M 7057을 자동화 시스템으로 전환하기 위한 연구가 전무한 실정에서 포장지의 발수 특성에 대한 정밀한 예측을 위해 개발된 발수도 자동 해석 시스템은 펄프·제지용 국산 분석기기 개발의 전환점, 고가 분석기기 수입에 드는 외화 절약, 종이 및 포장지 물성 측정의 과학화, 표준화를 통한 시장 경쟁력 향상 등과 같은 목적 하에서 개발되었다.

본 연구에서 개발된 발수도 자동 해석 시스템은 포장지에 부여된 내수 특성을 액적의 형상을 통해 KS M 7057법에 제시된 발수도( $R_0-R_{10}$ )로 자동으로 표기할 수 있도록 개발되었다. 이러한 시스템을 이용하면 내부 및 외부 사이징 처리가 된 포장지에 일정량의 액적을 투하한 후 액적의 흔적을 개체의 개수, 개체의 골격선의 편차, 머리와 꼬리의 두께의 편차, 긴 개체의 개수의 비율, 가장 긴 흔적의 비율 등을 경시적으로 측정할 수 있고 객관적인 수치를 이용하여 종이의 발수 성질을 신뢰성 있게 나타낼 수 있는 시스템이다.

## 5. 참고 문헌

1. KS M 7057 포장지의 발수도 측정법
2. 원종명, 화상분석 시스템을 이용한 지필도 평가, 펄프종이기술, Vol.31(4): 30-40(1999).
3. Jordan, B, D. and Page, D. H., Application of Image Analysis to Pulp Fibre Characterization, Papermaking Raw Materials held at Oxford, Sept. Vol. II : 745-784(1985).
4. Ostu, N., "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-9, 1979, pp.62-66
5. Michael Kass, A.Witkin, and D.Terzopoulos, "Snake: Active Contour Models,"IJCV, pp. 321-331, 1988.
6. Davi Geiger, Alok Gupta, Luiz A. Costa, and John Vlontzos, "Dynamic Programming for Detecting. Tracking and Matching Deformable Contours," IEEE Trans. on PAMI, Vol.17, No3, March pp.284-302, 1995.