사이즈도 자동 측정 시스템 개발을 위한 기초연구 I
Automatic Measurement System for Sizing Test I

김경철, 김철환, 이지영, MD mominul Islam sheikh, 박현진,
김성호, 심성웅, 조후승
경상대학교 임산공학과

Abstract

This study investigated the prime difference between different methods for measuring a sizing degree. Based on the results coming from the study, a new type of the automatic measuring system of a sizing degree. The system includes synchronized devices for measuring contact angle and Stöckigt sizing degree at the same time.

Key word : Sizing, AKD, Cobb sizing, Hercules sizing, Stöckigt sizing

1. 서 론

친수성을 지니는 셀룰로오스로 초지되는 종이의 내수성을 부여하기 위해 로진계 산성 사이즈제, AKD 및 ASA와 같은 중성사이즈제등의 약제를 이용하여 사이징을 행하고 있다. 이러한 사이징 처리된 종이는 사용되는 용도에 따라서 다양한 종류의 액체들과 여러 방법으로 접촉하게 되므로 한 종류의 사이즈도 측정법으로 다양한 지종의 사이즈도를 측정한다는 것은 불가능하다. 또한 Hercules시험법, Stöckigt사이즈도, Carson curl시험법, 접촉각 측정법, Drop시험법 등이 있다. 특히 Stöckigt 사이즈도 측정법은 측정 방법의 모호성과 측정 과정에 측정자의 주관이 상당히 개입되기 때문에 측정결과의 재현성 및 신뢰성이 떨어지는 문제점을 안고 있다[1]. 따라서 본 연구에서는 기존의 여러 방법들에서 발견된 단점들과 실험자의 주관이 개입될 수 있는 문제점을 보완하고, 재현성 및 신뢰성이 있으며, 경시적으로 액적의 동적 변화를 접촉각과 색 변화를 통하

여 동시에 정량화할 수 있는 사이즈도 자동 시스템을 개발하기 위한 기초 연구를 중심으로 수행되었다.

2. 실험 및 방법

2.1 공시재료

공시펄프는 국내 제지회사에서 사용하고 있는 침엽수 BKP (Softwood Bleached Kraft Pulp)와 활엽수 BKP (Hardwood Bleached Kraft Pulp)를 사용하였고, 실험실용 Valley Beater를 사용하여 고해도 300mL CSF까지 고해하였다. 고해된 지료를 이용하여 실험실용 사각수초지기를 통하여 평량 80g/m^2의 종이를 제조하였고, 종이의 사이징 처리에 이용된 AKD는 종이의 전건 중량에 대해 0, 0.2, 0.4, 0.8, 1% 첨가하여 수초지를 제조하였다. Stöckigt 사이즈도 시험에 사용된 시약은 1% Ferric chloride ($FeCl_3$) (Ⅱ)와 2% Ammonium thiocyanate (NH_4SCN), Cobb size 측정의 경우 내부 면적 100 cm^2, 높이 25 mm, 두께 6 mm이상인 Cobb sizing 측정기를 사용하였으며, Hercules 사이즈도 시험에는 Naphthol Green B 용액을 사용하였다.

2.1.1 Stöckigt 측정 시험법 및 변수

Stöckigt 사이즈는 Tappi Useful Method 429 및 KS M 7025 두 가지로 규정하고 있으며 사용하는 시약의 농도 및 측정방법에서 차이를 나타내고 있을 뿐만 아니라 발색인지 시점에 있어서도 분명한 차이를 나타내고 있다. 따라서 측정 방법에 명기되어 있지 않은 측정 변수들이 있을 수 있다.

2.1.2 접촉각 측정 시험법 및 변수

접촉각 측정법은 사이징 처리된 종이 상에 일정량의 액적을 투하한 후 액적이 형성하는 접촉각을 측정하기 때문에 빠르고 간편하게 이용할 수 있다는 장점과 접촉각 측정기의 경우는 종이 상에 투하된 액적의 형상을 따라 점을 찍어 가면서 각을 측정하는 수동식방법이 대부분이고, 자동 측정 기기들은 매우 고가이기 때문에 구입이 쉽지 않다는 단점이 있다. 자동측정 방식은 접촉각 측정기의 개발업체에 따라 상이한 측정 원리를 적용하고 있기 때문에 보편적인 원리를 찾기가 어렵다.

2.1.3 Cobb Size 측정 시험법 및 변수

물기가 전혀 없는 고무 매트위에 무게를 알고 있는 종이 시편(12.5 × 12.5 cm)를 놓고 그 위에 내부 면적 100cm^2, 높이 25mm, 두께 6mm이상의 링(ring)을 올려놓고 잠금 잠치(clamping force)로 물이 흘러 나가지 못하도록 단단히 고정시킨 후 100mL의 증류수(20±1℃)을 붓고 기준 시간 동안 종이가 흡수한 액체의 양(g/m^2)으로 사이즈를 측정하는 방법이다. 그러나 Cobb 시험법은 일정 수준 이상의 사이징 처리가 된 종이에서는 유의성을 찾기 힘들거나 측정자의 주관이 강하게 개립될 수 있는 단점이 있다.

2.1.4 Hercules 측정 시험법 및 변수

Hercules 시험법은 측정하고자 하는 시험편을 Hercules 사이즈도 시험기의 고정 틀에 끼운 후, 이를 빛이 조사되는 유리 위에 올려놓은 뒤, Naphthol Green B 표준잉크 10mL을 시험편 위에 붓고 타이머를 작동시킨 뒤 시간을 측정한다. Hercules 시험법은 재현성 있는 사이즈도를 측정 할 수 있지만 표준잉크의 흡수에 따라 초기 반사율이 특정 비율(보통 50%)로 낮아질 때까지 변하는 시간을 측정하기 때문에 시간이 오래 걸리고, 액체 침투 시간이 매우 짧은 경우 시험 자체가 불가능한 단점, 탄산칼슘이 함유된 종이는 표준 잉크에 함유된 포름산에 분해되는 문제점을 안고 있다. 또한 다른 시험법들과 달리 비교적 많은 양의 표준잉크(10 mL)를 사용하여야 하기 때문에 잉크 구입비용과, 사용 후 처리 시 문제점, 종이와 잉크와의 동적인 변화를 가시적으로 추적 및 정량화하기 어렵고, 수입기기 이기 때문에 가격이 비쌀 뿐만 아니라 유지비가 많이 든다는 단점을 포함하고 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1 측정 방법별 사이즈도 변화

Table 1은 사이즈제 첨가 수준별 Cobb 사이즈도, 접촉각 및 Hercules, Stöckigt 사이즈도를 보여준다. 접촉각 측정이나 Hercules 시험 방법과는 달리 Cobb 사이즈도는 0.4% 이상의 AKD첨가 수준에서부터 사이즈도의 차이를 확인할 수 없었다. 이는 Cobb 사이즈도 측정법이 강사이징 처리된 종이와 약사이징 처리된 종이 사이에 유의성을 차이를 확인하기 어려운 방법임을 의미하는 것이다. 이러한 결과는 Kumler에 의해서 확

인한 바 있다. 뿐만 아니라 Cobb 시험법은 매우 얇은 종이나 흡수성이 큰 종이에 적용하기 어렵고, 또한 Hercules 시험법이나 Stöckigt 시험법과 같이 액체 침투에 의해 측정하는 방법과의 상관관계가 매우 낮다는 한계도 내포하고 있다.[2]

Tabl 1. Sizing degrees measured by different testing methods

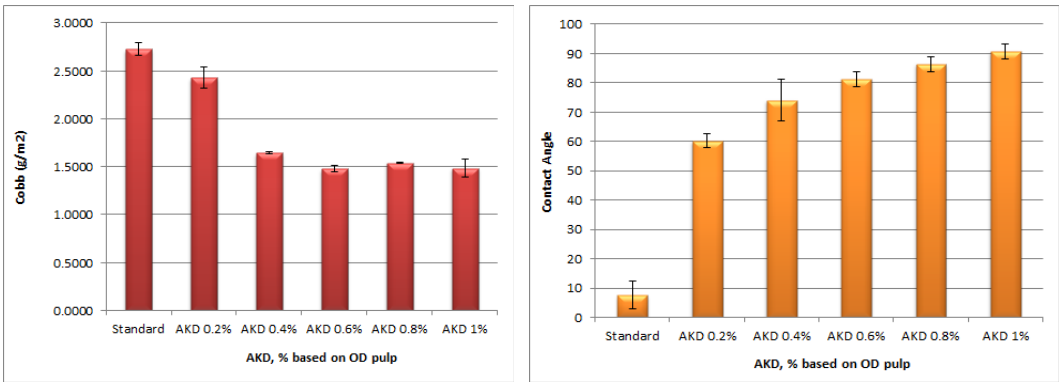
AKD(%)* / Testing methods	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Cobb sizing degree(g/m^2)	2.728	2.430	1.645	1.480	1.539	1.487
Contact angle(°)	7.65	60.296	74.14	83.18	86.35	90.77
Hercules sizing degree(sec)	0	0.2	1273.34	1978.38	2894.48	4263.4
Stöckigt sizing degree(sec)	0	2.4	59.4	62.4	68.2	84.4

*: AKD addition ratios based on oven-dried pulp weight(g)

3.2 사이징 처리 함량에 따른 변화

3.2.1 Cobb 사이즈도 및 Contact angle 사이즈도 변화

현재 사용 중인 사이즈도 측정법 중에서 실험실 및 현장에서 간단히 사용할 수 있는 사이즈도 측정법을 이용하여 사이즈도를 측정하였으며, 그 결과는 Fig.1에 나타내었다.



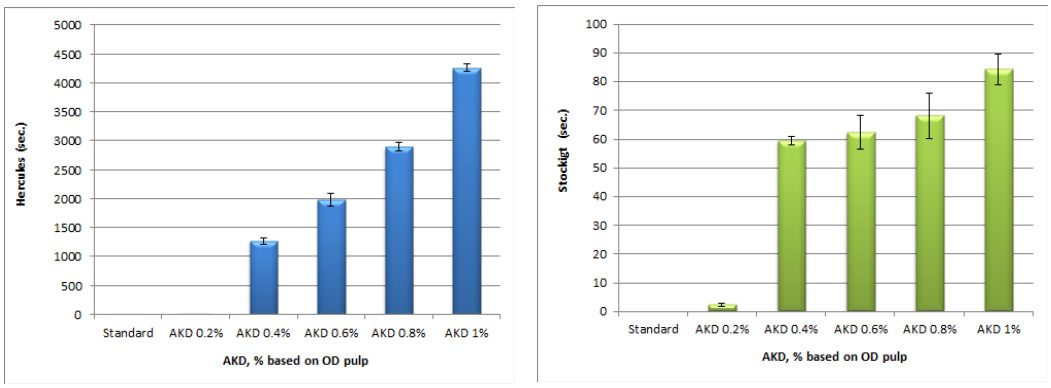
(a) Cobb sizing degree (b) Contact angle degree

Fig.1. Effect of measuring on sizing degree.

Fig.1의 (a)에서 보는 바와 같이 cobb 사이즈도의 경우 흡수 원리를 적용한 방법으로서 소규모 실험실 단위에서 가장 널리 사용되고 있는 측정 방법 중의 하나이지만, 사이제의 첨가량이 0.4% 이상을 넘어서면 사이즈제 첨가량별로 유의성이 사라지는 것을 볼 수 있다. (b)는 접촉각 측정을 위해 액적을 종이 시편 상에 투하 한 후 촬영한 액적의 영상으로부터 자동으로 측정한 값으로서 AKD 첨가 수준에 따라 유의성 차이를 보여주고 있는 것을 확인할 수 있다. TAPPI Standard Method T 458에서는 액적 투하 후 5초와 60초에서 촬영하여 측정한 각각의 접촉각을 서로 제한 후 55로 나눈 값을 젖음율(R, wetting rate= (C5 - C60)/55)로 보고하도록 되어있다. 이러한 방법은 측각기와 같은 보조장비로 사용되는 방식이기 때문에 90° 이상의 고도로 사이징 처리된 종이나 판지가 아니면 측정이 어렵다.

3.2.2 Hercules 사이즈도 및 Stöckigt 사이즈도 변화

Fig.2.의 (a)의 Hercules 사이즈도 측정법은 AKD 첨가량을 증가시킴에 따라 각 첨가량별로 사이즈도의 명확한 차이를 나타내었다.



(a) Hercules sizing degree (b) Stöckigt angle degree

Fig.2. Effect of measuring on sizing degree.

Stöckigt 시험은 Fig.2에서 보는 바와 같이 접촉각이나 Hercules 시험법과 마찬가지로 첨가량별로 유의성 차이를 분명히 찾을 수 있었다. Stöckigt 시험은 FeC_{l3} (Ⅱ)와 NH_4SCN의 두 종류의 시약만 있으면 쉽게 사이즈도를 측정 할 수 있는 장점이 있지만,

앞서 살펴본 바와 같이 측정 방법의 객관성에 문제점을 내포하고 있기 때문에 이에 대한 개선이 매우 시급하다. 또한 강사이징 ㄴ된 종이들 사이에서는 유의성이 있는 사이즈도 차이를 구분하기가 어려운 것으로 알려져 있으며, 측정자의 주관에 따라 사이즈도를 임의로 평가할 수 있기 때문에 신뢰성이 다소 떨어질 수 있는 측정법이라 할 수 있다.

4. 결 론

종이는 물을 잘 흡수하는 특성을 지니지만, 대부분의 종이는 내수성을 필요로 한다. 이러한 내수 특성을 평가하기 위해 현재 Cobb 사이즈도, 접촉각, Hercules, Stockgit 사이즈도 측정법이 널리 사용되고 있다. 그러나 이 사이즈도 측정법에 내재된 여러 가지 변수들도 인하여 정밀한 측정이 어렵다는 단점을 가진다. 따라서 사이즈도 시험법을 완전히 자동으로 측정하기 위한 시스템 개발을 위한 기초 연구의 일환으로 측정환경에 따라 달라질 수 있는 인자들을 밝혀내고자 하였으며, 그에 따라 각 사이즈도 측정법의 문제점과 재현성을 고려하여 새로운 개념의 사이즈도 자동 측정 시스템을 개발할 것이다.

사 사

이 연구는 2011년 한국연구재단의 중견연구자 지원사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

인용문헌

1. Kumler, R, W., Internal Sizing of Paper and Paperboard,Monograph No.33, TAPPI,Atlantia, P97(1971).
2. TAPPI Test Methods T441 om-90, 1997. Water absorptiveness of sized(non-bibulous)
3. TAPPI Test Methods T441 om-90, 1997. Forming handsheets for physical tests of pulp.

4. TAPPI Test Methods T558 pm-95. 1997. Surface wettability and absorbency of sheeted materials using and automated contact angle tester.
5. 김철환, 김재옥, 박종열, 하얀 스테키히트 시험용 자동 발색 인지 시스템 개발을 위한 기초연구 I pp1-88 (2004).
6. 김철환, 김재옥, 박종열, 하얀 스테키히트 시험용 자동 발색 인지 시스템 개발을 위한 기초연구 II pp73-81 (2005).
7. 이찬용, 김철환, 최경민, 박종열 자동 접촉각 시스템의 측정 원리 소개 pp 96-100 (2003).
8. 김철환, 김재옥, 박종열 재현성 및 신뢰성 있는 스테키히트 사이즈도 측정을 위한 자동 시스템 개발 pp198-204 (2005).