

스테키히트 시험용 자동발색인지 시스템 개발을 위한 기초 연구 (II)

– 자동 발색 인지 원리를 적용한 발색 자동인지시스템 –

김재옥 · 김철환[†] · 박종열 · 권오철^{*1}
(2004년 12월 18일 접수: 2005년 1월 26일 채택)

Automatic Color Recognition System for Stöckigt Sizing Test (II)

– Application of the automatic recognition principle of red coloration
for developing the novel automatic system –

Jae-Ok Kim, Chul-Hwan Kim[†], Chong-Yawl Park, and Oh-Chul Kwon^{*1}

(Received on December 18, 2004; Accepted on January 26, 2005)

ABSTRACT

Stöckigt sizing test, which is readily affected by individual tester's bias as well as testing conditions in recognizing red coloration, had to be modified to improve its reliability and reproducibility. The novel testing system with the automatic recognizing program of red coloration was developed with the auxiliary equipments including an automatic liquid dispenser and a specimen shifter. The analysis program used a hue value of a droplet image in recognizing a point of time on red coloration instead of RGB values that are not similar to human perception of color. Hue was more sensitive in recognizing the red coloration of a droplet than the other two factors, Saturation and Value. During the test, the program records the time consumed up to a specific hue value of a droplet on a specimen. Differently from the conventional test, the automatic test could obtain a reliable and reproducible sizing degree with a minor error. Furthermore, the Stöckigt sizing degree measured by the automatic system showed great correlations with contact angle and

• 본 논문은 과학재단 지역대학 우수과학자 지원연구(R05-2003-000-10256-0)에 의해 수행되었음.
• 경상대학교 임산공학과/농업생명과학연구원(Dept. of Forest Products/IALS, GNU, Jinju, 660-701, Korea)
*1 한국포장개발연구원(Korea Institute of Packaging Development & Research, DongJu Bld, 852-24 Bangbae-Dong, Seoul, 137-060, Korea)
† 주저자(Corresponding author): E-mail: jameskim@gsnu.ac.kr

Hercules sizing degree. It means that such great correlations will contribute to the development of an integrated measuring system capable of predicting contact angle, surface tension, surface energy and Hercules sizing degree of paper and paperboards through the Stöckigt sizing test. It was meaningful to note that the automatic system for Stöckigt sizing test might be able to be used to predict contact angle, Hercules and Cobb sizing degree, based upon the high correlation coefficients.

Keywords : Stöckigt sizing test, red coloration, hue value, RGB, sizing degree

1. 서론

대부분의 종이는 내수성을 부여하기 위해 사이징제를 처리한다. 로진과 알럼을 사용하는 산성사이징과 Alkyl Ketene Dimer (AKD) 및 Alkenyl Succinic Anhydride (ASA)를 사용한 중성사이징이 행해지고 있다.^{1,2)} 사이징 처리된 종이의 사이즈도를 측정하기 위해서 여러 종류의 측정법이 개발되어 사용되고 있으며, 대표적인 시험법으로서, Cobb 시험법, Stöckigt 시험법, Hercules 시험법 등이 있다.

Cobb 측정법은 100 cm²의 면적에 일정량의 액체를 붓고 기준시간 동안 종이 흡수한 액체의 양(g/m²)으로 사이즈도를 측정하는 방법이다.³⁾ 그러나 Cobb 시험법은 일정 수준 이상의 사이징 처리된 종이에서는 유의성이 없는 단점이 있다.

Hercules 시험법은 표준 잉크가 종이로 침투함에 따라 초기 광반사율이 특정 비율(보통 80%)로 낮아질 때까지 걸리는 시간을 사이즈도로 인지하는 시험법이다.⁴⁾ 종로시점을 측정 장비가 자동으로 인지하기 때문에 측정자의 주관이 배제될 수 있는 장점은 있지만 탄산칼슘이 함유된 종이는 표준 잉크에 함유된 포름산에 의해 분해되는 문제점을 안고 있다. 이로 인해 사이즈도 측정 결과의 신뢰성을 저하시키고 측정에 사용되는 잉크의 제한이 있다.^{5,6)} 반면에 Stöckigt 시험법은 TAPPI Useful Method 429와 KS M 7025에 규정되어 있는 바와 같이 ammonium thiocyanate (NH₄SCN) 용액 위에 ferric chloride (FeCl₃ (II)) 용액을 떨어뜨리거나 칠한 종이 시편을 올려놓고 두 액체가 종이의 두께 방향(z direction)으로 침투하여 시편상의 ferric

chloride 용액이 특정 발색에 이르기까지 경과된 시간을 사이즈도로 인지하는 시험법이다.^{7,8)} Stöckigt 시험법은 사이징 처리별 유의성은 있지만 고도로 사이징처리 된 종이에 대해서는 측정 결과가 심한 오차를 보인다. 또한 발색 인지 시점이 측정자의 주관에 개입되어 측정자별 상이한 측정결과를 나타내는 단점을 가지고 있다.⁹⁾ 하지만 측정방법의 간편함과 사이징 처리별 유의성이 분명하게 드러나기 때문에 여전히 많이 사용되고 있는 방법이다.

본 연구에서는 재래식 Stöckigt 시험법에서 측정결과에 영향을 미치는 변수요인을 최소화하여 새로운 Stöckigt 시험용 자동시스템을 개발하고자 하였다. 자동시스템은 지속적으로 얻어진 연속영상의 분할과정을 통해서 액적의 발색과정만을 분석하였다. 이 때 자동 발색 인지 원리를 적용시키기 위해서 인간이 색상을 인지하는 것과 차이가 있는 액적의 RGB값을 대신하여 HSV값으로 전환하여 사용하였다. 자동 발색 인지 원리가 적용된 Stöckigt 시험용 자동시스템이 갖는 신뢰성과 재현성을 검증하고, 기존의 Hercules 시험법, 접촉각 시험법 및 Cobb 시험법과의 상관관계를 조사하여 신뢰성 있는 범용 사이즈도 시험법으로 대체할 수 있는 가능성을 알아보하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

캐나다산 Radiata pine ECF 펄프를 실험실용 Valley beater를 이용하여 고해도 400 mL CSF까지 고해하였다. 고해진 자료는 TAPPI T 200와

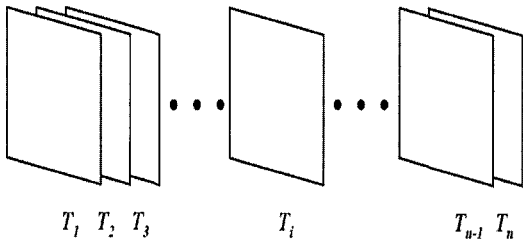


Fig. 1. Sequential images of a liquid droplet: T is the time elapsed.

TAPPI T 205에 의거하여 실험실용 사각수초지기로 평량 80 g/m²의 종이를 초지하였고, 사이징 처리에 이용된 AKD는 펄프 섬유에 대한 전건 중량에 대하여 0 - 1%까지 첨가하였다.

Stöckigt 사이즈도 시험에 이용된 시약은 KS M 7025에 규정되어 있는 방법에 따라 1% FeCl₃ (II) 용액과 2% NH₄SCN 용액을 사용하였다.

2.2 자동 발색 인지 원리

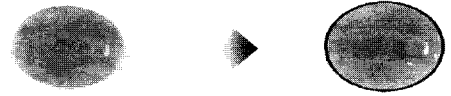
2.2.1 액적 영상 분할

Stöckigt 시험법은 시험편 위에 투하된 액적이 완전한 적갈색으로 발색될 때까지 경과된 시간을 측정하게 되는데 정확한 발색과정을 인지하기 위해서 일정 시간 간격으로 연속영상(sequential image)을 얻었다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 시간에 따른 정지 영상들의 나열로 3차원 영상을 얻을 수 있었다.

순차 영상의 시간 T_i 의 영상에서 투하된 ferric chloride 용액의 모양만을 추출하는 분할 처리(segmentation processing) 단계를 Fig. 2에 나타내었다. 이 단계는 액적 주위의 이미지에 의한 영향을 최소화시키고 발색과정(red coloration) 동안 액적의 색을 보다 정확하게 인지하기 위한 것이다. 칼라 이진화(binanzation) 방법을 통하여 액적 주변의 배경색들을 제외시키고 액적의 영상만을 추출하였다.

2.2.2 자동 발색 인지를 위한 적용 원리

액적의 컬러 영상을 구성하는 각 화소들은 R



(a) Captured image (b) Segmented image

Fig. 2. Segmentation process.

(Red), G (Green), B (Blue) 값의 조합으로 정의된다. RGB모델은 인간의 관점에서 색을 인지하는 방법과 차이를 보이기 때문에 인간이 색을 인지하는 방법과 가장 유사한 HSV모델을 사용하였다. Fig. 3의 HSV모델을 이용하면 색을 색상(Hue, H), 채도(Saturation, S), 명도(Value, V)로 선형적인 관점으로 분리하여 각 색 요소들을 관찰할 수 있는 장점이 있다.^{9 11)}

Value (V)는 평균 흑백 계조를 표현하고, Hue (H)는 광점에 의한 그림자에 영향을 받지 않은 색을 표시하며, Saturation (S)은 Hue의 순수도를 나타낸다. 이때, HSV값 각각은 0에서 255로 정규화시켜 사용하였다.

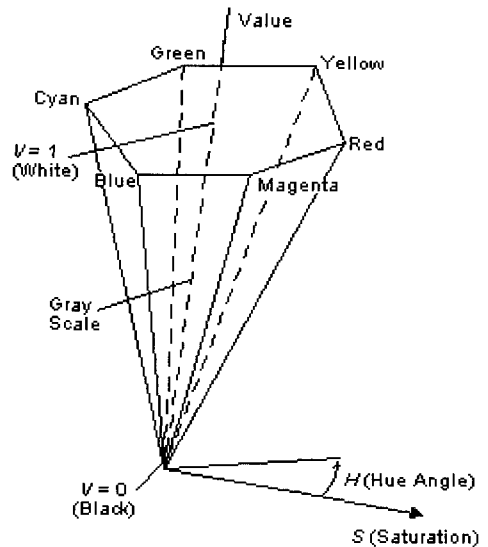


Fig. 3. HSV model.

색이 변화하는 시점을 결정하기 위하여 순차 영상으로부터 추출된 분할 영역 중에 색상(Hue)의 특징 벡터를 다음과 같이 산출하였다.

$$H = \{ \eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_i, \dots, \eta_n \} \quad [1]$$

$$\eta_i = \| h_i \| \quad [2]$$

여기서

H = the feature vector set of the sequential image

i = the total of a sequential image

n = the total number of acquired images

η_i = the feature vector at i

h_i = the hue composing the image at i .

수식 Eq. [1]에서 특징 벡터들의 집합이 표현되어 있다. 이 모델은 순차 영상 내 액적의 색 변화를 표현하기 위한 것이다. H 의 각 원소들은 각 정지 영상의 색상 평균값을 의미한다. 다시 말해 특징 벡터 η_i 는 i 번째 영상의 색상 평균값을 가지고 있고, 이 집합은 Fig. 4와 같이 시간에 따른 특징 벡터 값의 변화로 나타낼 수 있다.

Fig. 4에서 시점 t 는 발색 시점으로서 본 연구에서는 이 시점을 찾는 방법으로 미분(differentiation)에 의한 방법을 제안한다. Fig. 4의 함수를 미분하

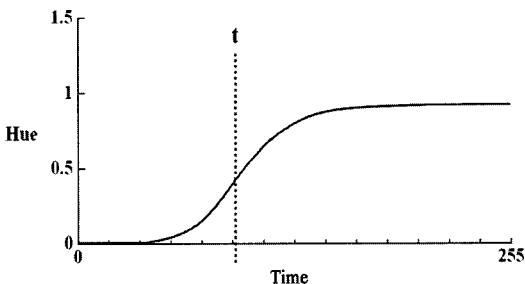


Fig. 4. Variation of a feature vector according to time.

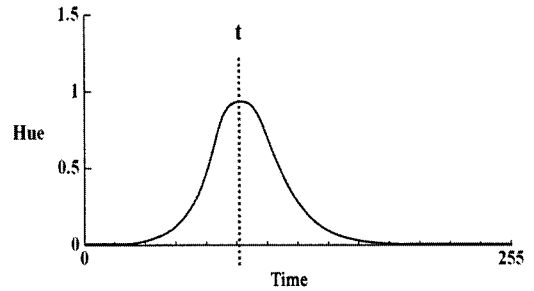


Fig. 5. Differential graph of the feature vector.

면 Fig. 5와 같은 결과를 얻을 수 있다. 발색 시점 t 는 함수 f 의 최대값에 해당하는 x 축의 값과 같다. 미분에 의한 방법은 수식 Eq. [3]과 같이 표현할 수 있다.

$$f'(x) = \frac{\partial f}{\partial x} \quad [3]$$

이산적인 값에 적용하기 위해 실제로는 Fig. 6의 마스크를 이용한다. Fig. 6 (a)의 형태를 사용하며, 이산적인 값(discrete value)에 적용되는 이 마스크를 사용하여 미분을 지역적으로 수행하게 되며 수식은 Eq. [4]와 같다.

$$\nabla f \approx |z_1 - z_3| \quad [4]$$

위 수식처럼 관심점 z_2 의 미분값은 주변점 z_1 와 z_3 의 차와 근사하다. 각 마스크의 값은 (b)와 같다. 이 마스크를 함수의 f 에 대해 순차적으로 적용시켰다.

z_1	z_2	z_3
-------	-------	-------

(a)

1	0	-1
---	---	----

(b)

Fig. 6. Mask used in differential calculation.

2.3 Stöckigt 시험용 자동 시스템의 구성

2.3.1 Stöckigt 사이즈도 측정 과정

본 연구에서 개발된 Stöckigt 시험용 자동시스템의 개략적인 구성을 Fig. 7에 나타내었다. 정량토출기를 통해서 일정량의 $FeCl_3$ (II) 용액(≈ 0.3 mL)을 종이 시험편 위에 투하시키면 형성된 액적의 발색과정을 이미지 영상장치로 정해진 시간 간격으로 이미지를 얻어 순차 영상 생성(creation of sequence images)과정을 거친다. 순차 영상에서 액적의 영상만을 쉼터 이진화를 통해서 분할 처리 단계를 거치게 되고, 이때의 발색 정도를 정량화시키기 위하여 액적의 RGB 값에 자동 발색 인지 원리를 적용시켜 HSV값으로 전환시켰다. 액적이 발색 되면서 특정 Hue값에 도달하기 까지 경과된 시간을 사이즈도로 나타내는 순서로 진행된다.

2.3.2 자동 발색 인지 프로그램

Fig. 8은 종이 시험편 상에 투하된 액적의 발색 정도를 분석하는 자동 발색 인지프로그램을 나타내었다. 프로그램의 중앙부에는 영상 캡처 장치(image capturing device)에서 전송된 영상을 실시간으로 보여주는 영역과 오른쪽에는 종료조건, ferric chloride의 투하량과 시험이동시간 등을 설

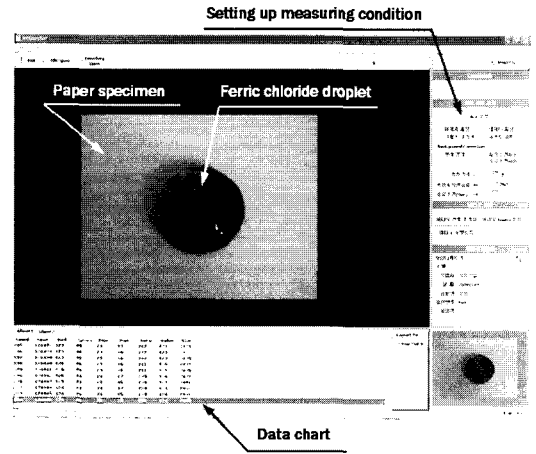


Fig. 8. The Stöckigt sizing degree measuring program.

정하는 영역이 있고 하단에는 발색과정 동안의 경과된 시간, RGB 값, HSV 값 등을 보여주는 data chart로 구성되어 있다. Data chart에 나타난 결과 값들은 Microsoft Excel로 전송되어 통계분석과 그래프로 변환시킬 수 있도록 하였다.

Stöckigt 시험용 자동시스템을 구성하는 하드웨어와 자동 발색 인지 프로그램이 설치되어 있는 컴퓨터 화상을 Fig. 9에 나타내었다.

주변장치는 일정량의 $FeCl_3$ (II) 용액을 종이 시험편 상에 투하하는 정량토출기(Automatic liquid dispenser), 종이 시험편이 일정한 시간 안에 NH_4SCN 용액 상에 띄우는 시험편 이동장치(specimen shifter), 액적의 영상을 자동발색 인지 프로그램으로 전송하는 영상 캡처 장치(image capturing device)로 구성하였다.

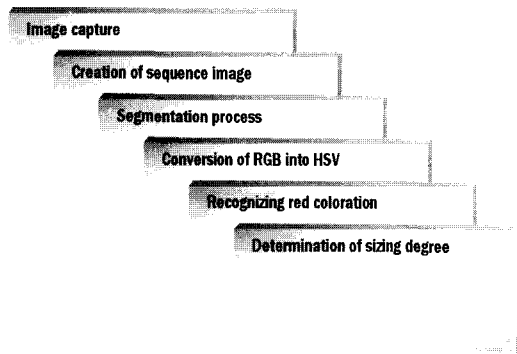


Fig. 7. The components of the automatic measuring system.

3. 결과 및 고찰

3.1 액적의 HSV변화

액적의 발색과정을 객관적으로 분석하기 위하여 인간이 보는 관점과 상당한 차이가 있는 RGB값을 대신해 HSV 모델을 통하여 정량화할 필요가 있다. Fig. 10은 종이 시험편 상에 놓여진 ferric chloride

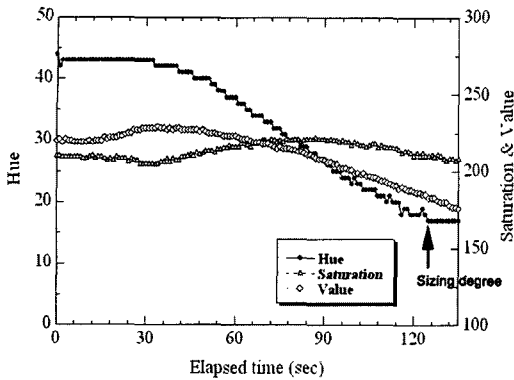


Fig. 10. Variation of HSV during Stöckigt sizing test.

가 ammonium thiocyanate와 만나면서 발색되는 과정을 HSV값으로 나타낸 그래프이다. 그래프에서 보는 바와 같이 HSV 값들 중에서 S와 V 값들은 액적의 발색 과정 동안에 반응하는 정도가 H보다 훨씬 떨어지는 것을 볼 수 있다.

따라서 측정환경에 영향을 받지 않으면서 발색 과정에 따라 민감하게 반응하는 기준, 즉 Stöckigt 사이즈도로 나타낼 수 있는 기준을 색상(Hue)으로 정하는 것이 바람직 할 것으로 판단되었다. 또한 Hue값은 액적이 완전한 적갈색으로 발색된 시점이 아닌 미미한 발색에도 경향성을 보이기 때문에 사이즈도 측정 시간을 단축할 것으로 보인다.

3.2 자동시스템의 신뢰성 및 재현성 검증

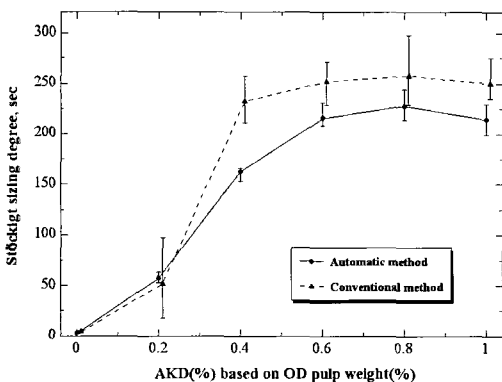


Fig. 11. Comparison between automatic and conventional test for Stöckigt sizing degree.

재래식 Stöckigt 시험법을 근거로 하여 개발된 자동 발색 인지 원리가 적용된 시스템을 실제 측정에 적용이 가능한지를 알아보았다.

재래식 Stöckigt 시험법과 새롭게 개발된 자동 측정시스템을 통한 사이즈도 측정결과를 Fig. 11에 나타내었다. 자동시스템이 재래식 Stöckigt 시험법보다 오차범위가 적은 사이즈도 측정결과를 나타내었다.

이것은 발색 인지 시점에 측정자의 주관이 강하게 개입되는 재래식 Stöckigt 시험법과는 달리, 자동측정시스템은 자동 발색 인지 프로그램을 통하여 발색과정이 객관적으로 자동 분석되었고, 그 결과 사이즈도 측정결과와 신뢰성과 재현성이 향상된 것으로 사료된다.

3.3 기존 측정법들과 자동측정법에 의해 얻어진 사이즈도의 비교

3.3.1 사이즈도 측정 방법별 문제점

Table 1은 사이즈제 첨가 수준별 Cobb 사이즈도, 접촉각 및 Hercules 사이즈도를 보여 준다. 접촉각 측정이나 Hercules 시험법과는 달리 Cobb 사이즈도는 0.4% 이상의 AKD 첨가 수준에서부터 사이즈도의 차이를 확인할 수 없었다. 이는 Cobb 사이즈도 측정법이 강사이징 처리된 종이와 약사이징 처리된 종이 사이에 유의성 차이를 확인하기 어려운 방법임을 의미하는 것이다. 이러한 결과는 Kumler¹⁾에 의해서 확인된 바 있다. 뿐만 아니라

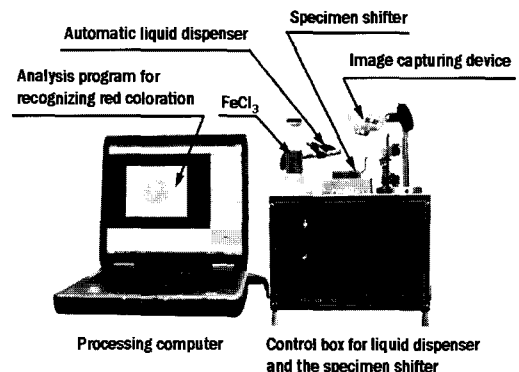


Fig. 9. The Automatic system for Stöckigt sizing test.

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.¹⁶⁾

접촉각 측정법은 Stöckigt 시험법과 같이 AKD 첨가 수준에 따라 유의성 차이를 보여주고 있는데, 이러한 접촉각 측정은 액적을 종이 시편 상에 투하한 후 촬영한 액적의 영상으로부터 자동으로 측정할 값이다. TAPPI Standard Method T 458에서는 액적 투하후 5초와 60초에서 측정된 각각의 접촉각을 서로 제한 후 55로 나눈 값을 젖음율(R , wetting rate = $(C_5 - C_{60})/55$)로 보고하도록 되어 있다.¹³⁾ 이러한 방법은 접촉각 측정을 측각기 (goniometer)와 같은 보조 장비를 이용하여 수동으로 측정할 때 사용되는 방식이기 때문에 접촉각이 90° 이상으로 고도로 사이징 처리된 종이나 판지가 아니면 측정이 어렵다. 그러나 현재에는 액적 투하직후부터 일정 시간간격으로 연속적으로 액적의 영상을 입력하면서 각각의 영상에 대한 접촉각을 바로 측정할 수 있기 때문에 원하는 시간대의 접촉각을 바로 이용할 수 있다. 본 연구에서 측정된 접촉각은 액적(증류수)을 시편 상에 투하한 직후 약 1-2 초가 경과되었을 때 측정된 값이다. 이는 액적이 투하된 직후에는 액적의 출렁임(slopping)으로 인하여 실제 접촉각보다 작은 값을 보이기 때문이다.

Hercules 사이즈도 측정법은 AKD 첨가량을 증가시킴에 따라 각 첨가량별로 사이즈도의 명확한 차이를 나타내었다. 그러나 다른 측정 방법과는 달리 사이즈제의 첨가량이 증가하면서 측정 종점까지의 시간이 매우 오래 걸린다는 단점이 있다. Hercules 시험법은 시험기의 내부에서 조사되는

빛의 세기가 미리 설정해 놓은 비율(보통 80%)까지 감소되는데 소요된 시간을 측정하기 때문에 다른 시험방법들보다 많은 시간이 걸리게 된다. 또한 측정 종점에서 올리는 매우 큰 신호음은 일정 시간이 지나면 자동으로 멈추는 것이 아니라 측정자가 중단시킬 때까지 계속 올리기 때문에 실험 동안에 측정자가 주변에 머물러 있어야 한다는 단점도 있다. 또한 Neimo에 의해 지적된 바와 같이 Hercules 시험에 사용되는 잉크 시약(Naphtol Green B)이 약산성 계통의 시약이기 때문에 종이 시편에 함유된 $CaCO_3$ 와 반응에 의하여 그 조성이 변할 가능성이 있다.⁶⁾ 따라서 Hercules 시험법은 신뢰성 및 재현성이 있는 사이즈도 시험법으로 사용하기에는 여러 가지 문제점을 내포하고 있다고 판단된다.

반면에 Stöckigt 시험은 Table 1에서 보는 바와 같이 접촉각이나 Hercules 시험법과 마찬가지로 사이즈제 첨가량별로 유의성 차이를 분명히 찾을 수 있었다. Stöckigt 시험은 $FeCl_3$ (II)와 NH_4SCN 의 두 종류의 시약만 있으면 쉽게 사이즈도를 측정할 수 있는 장점이 있지만 앞서 살펴본 바와 같이 측정 방법의 객관성에 문제점을 내포하고 있기 때문에 이에 대한 개선이 매우 시급하였다. 또한 강사이징된 종이들 사이에서는 유의성이 있는 사이즈도 차이를 구분하기가 어려운 것으로 알려져 있다.¹⁴⁾ 그러나 새로이 개발된 자동 Stöckigt 측정시스템은 측정자에 의해 야기되는 문제점들을 모두 차단할 수 있는 새로운 개념의 시험기였다. 측정 시간도 Hercules 시험법보다도 짧게 소요되고, 시험의 종점에는 시편이 NH_4SCN 용액으로부터 자동으로 떨어지도록 설계되어 있다. 또한 Kurrle에 의해 지적된 것¹⁴⁾과는 달리 펄프 섬유량의 전건중량에 대하여 AKD를 1%까지 첨가할지라도 각 첨가량별로

Table 1. Sizing degrees measured by different testing methods

Testing methods	AKD(%) [*]					
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
Cobb sizing degree (g/m ²)	111	108	17	25	19	17
Contact angle (°)	13.1	82.0	83.6	92.4	91.5	92.5
Hercules sizing degree (sec)	0	70.1	603.8	2230.1	2310.0	2010.5
Stöckigt sizing degree (sec)	10	113	140	159	181	170

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

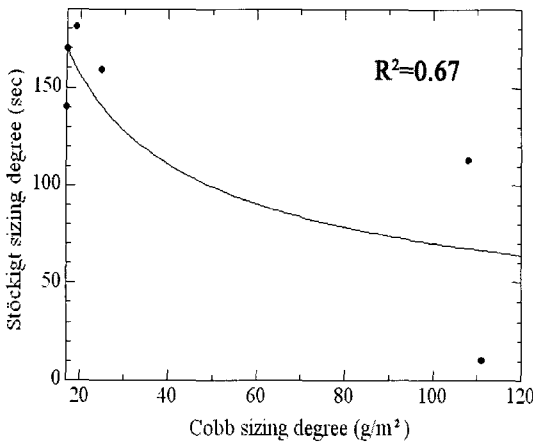


Fig. 12. Correlation between Stöckigt and Cobb sizing degree :

$$y = -56.866 \ln(x) + 329.96 \cdot$$

유의성 있는 차이를 명확히 얻을 수 있었다.

3.3.2 상이한 측정방법별 사이즈도 사이의 상관관계

자동 발색 인지에 의하여 측정된 Stöckigt 사이즈도와 Cobb 사이즈도와의 상관관계를 보여주는 그래프를 Fig. 12에 나타내었다. 예측한 바와 같이 Cobb 사이즈도와 Stöckigt 사이즈도 사이의 상관

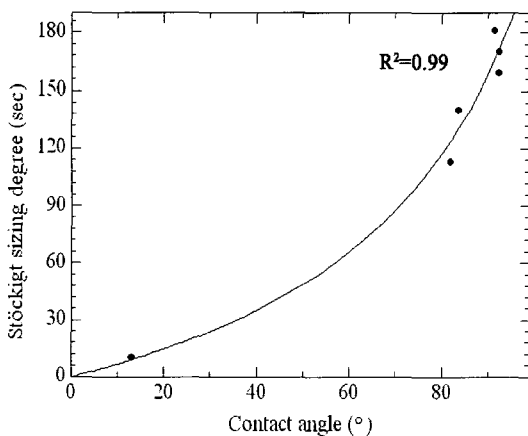


Fig. 13. Correlation between Stöckigt sizing degree and contact angle :

$$y = (-86.64 \times x) / (-139.2 + x) \cdot$$

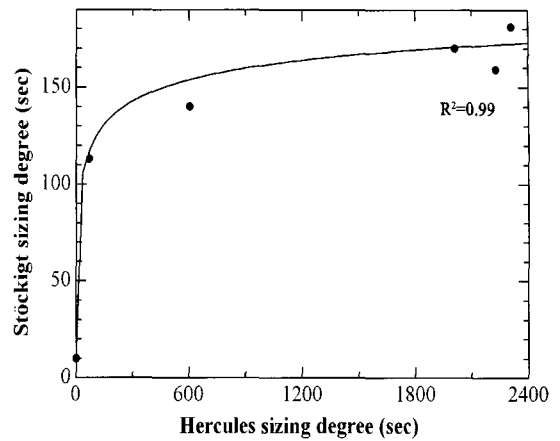


Fig. 14. Correlation between Stöckigt and Hercules sizing degree :

$$y = \frac{(130.34 + 766.52x^{0.16})}{(12.90 + x^{0.16})} \cdot$$

관계는 상대적으로 낮게 나왔다. Cobb 사이즈도의 경우에는 사이징의 처리 수준에 따른 차이가 크지 않기 때문에 Stöckigt 사이즈도와의 상관관계를 고려하여 Cobb 사이즈도를 예측하는 것은 의미가 없는 것으로 판단되었다.

Fig. 13은 Stöckigt 사이즈도와 접촉각과의 상관관계를 보여주는 그래프이다. Cobb 사이즈도와의 관계와는 달리 자동측정법으로 측정된 Stöckigt 사이즈도와 접촉각 사이에는 상관계수가 0.99(≈1)일 정도로 매우 높은 상관관계를 보여주고 있기 때문에 Stöckigt 사이즈도를 이용하여 종이 표면의 접촉각뿐만 아니라 표면장력 및 표면 에너지까지도 예측이 가능할 것으로 보였다.

즉, Stöckigt 사이즈도 자동측정시스템 운용 프로그램에 Stöckigt 사이즈도 측정 결과에 따라 접촉각, 표면장력 및 표면에너지까지도 함께 표기되도록 설계가 가능함을 의미한다. 향후 연구에서는 이러한 기능이 부가된 통합 시스템을 개발하여 국내외 제지관련업체로 시판할 예정이다.

Fig. 14는 자동측정시스템으로 측정된 Stöckigt 사이즈도와 Hercules 사이즈도 사이의 상관관계를 보여주는 그래프이다. 접촉각과 마찬가지로 Stöckigt 사이즈도는 Hercules 사이즈도와

$R^2=0.99$ (≈ 1)일 정도로 매우 높은 상관관계를 나타내었다. 따라서 재래식 방법에 의존한 Stöckigt 사이즈도 시험법과는 달리 모든 측정조건이 거의 자동으로 설정되어 있는 자동측정법을 통하여 Hercules 사이즈도까지도 예측이 가능할 것으로 추정되었다.

4. 결론

발색 인지 시점을 측정자의 주관에 의존하던 재래식 Stöckigt 사이즈도 시험법을 대체하기 위해서 Stöckigt 시험용 자동시스템을 개발하였다. 이 시스템은 측정과정의 자동화를 위해서 정량 토출기, 시험편 이동 장치와 영상 캡처 장치로 구성된 하드웨어와 발색과정을 분석하기 위해서 자동 발색 인지 프로그램으로 구성되어졌다. 액적의 발색과정을 인간이 색을 인지하는 것과 차이가 있는 RGB값을 HSV값으로 전환하였고, 발색정도에 경향성을 보이며 민감하게 반응하는 Hue값을 사용하였다. 시험편상의 액적이 발색되어 특정 Hue값을 나타낼 때까지 경과된 시간을 사이즈도로 인지하였다. 그 결과 재래식 시험법과는 달리 자동시스템을 이용할 경우 사이징 처리 수준별로 현저히 낮은 오차가 보임으로써 신뢰성과 재현성이 있는 사이즈도 측정결과를 얻을 수 있었다.

Stöckigt 시험용 자동시스템과 접촉각 시험법, Hercules 시험법과의 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 따라서 Stöckigt 시험용 자동시스템을 통해서 기존 시험법들의 사이즈도를 예측 가능함을 알 수 있었다.

인용문헌

1. Kumler, R. W., Internal Sizing of Paper and Paperboard, Monograph No.33, TAPPI, Atlanta, p.97 (1971).
2. Keavney, J. J. and Kulick, R. J., Internal Sizing in Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology, Ed. by Casey, J. P., Wiley Interscience, New York, p.3 (1981).
3. TAPPI Standard Method T 441, Water Absorptiveness of Sized (Non-bibulous) Paper and Paperboard (Cobb Test), TAPPI Press (1996).
4. TAPPI Standard Method T 530, "Size test for paper by ink resistance(Hercules-type method), TAPPI PRESS (1996).
5. Gess, J. M., The measurement of sizing in paper, Jr. of TAPPI, 64(1):35 (1981).
6. Neimo, L., Measurement of the hydrophobicity of paper, Paper Science Centre Communication No. 61, KCL, Finland, p.45 (1994).
7. TAPPI Useful Method UM 429, Sizing of Paper(Thiocyanate Flotation), TAPPI PRESS (1991).
8. KS M 7025, Testing method for sizing degree of paper (Stöckigt method) (1980).
9. Kim, J-O, Kim, C-H and Park, C-Y, Automatic Color Recognition System for Stöckigt Sizing Test (I), J. of KTAPPI, 36(1): 1-8 (2004).
10. Efford, N., Digital Imaging Processing, Addison Wesley (2000).
11. Gonzanlez, R. C. and Woods, R. E., "Digital Image Processing", Addison-Wesley Publishing Company (1992).
12. Pratt, W. K., Digital Image Processing, A Wiley-Interscience (1991).
13. TAPPI T 458 cm-94, Surface Wettability of Paper (Angle of Contact Method), TAPPI PRESS (1996).
14. Kurrle, F. L., Sizing test methods, Sizing Short Course Notes, TAPPI PRESS, Atlanta, p. 9 (1987).