Laser Scanning을 이용한 극세선 집속체의 겉보기 굵기 측정과 불균제 특성

허 유*(경희대학교 기계·산업시스템공학부), 김종성(경희대학교 기계·산업시스템공학부)
백영남(경희대학교 기계·산업시스템공학부)

Measuring and Characterizing the Apparent Thickness and its Irregularity of Fine Wire Bundle by Using a Laser Scanning Method

Y. Huh(Mechanical and Industrial Systems Eng., College, KHU), J. S. Kim(Textile Eng., Dept., Graduate School, KHU), Y. N. Baik(Mechanical and Industrial Systems Eng., College, KHU)

ABSTRACT

The quality of bundles is closely related with the apparent thickness. Especially the variation of apparent thickness of bundle determines the quality of the plane structure made of the bundle such as surface evenness, pore size, and the shape of air-gap, etc.,. This study is dealing with the development of a new measuring system of the thickness of bundle or cross-section by determining the size of the shadow of the object covered by a laser slit beam. Also the measured signal is characterized in terms of the correlogram, the irregularity in wavelength. The correlogram for the irregularity of several sample types could be represented by a sinusoidal function with exponentially decaying amplitude. Moreover, influence of the measuring speed on the signal and the characteristic differences according to the different types of bundle are investigated.

Key Words : fine-wire (극세선), apparent thickness (겉보기 굵기), laser beam (레이저 빔), thickness variation (굵기변동), speed dependence(속도 의존성), correlogram(공상관 다이아그람)

1. Introduction

극세선으로 만들어진 집속체의 굵기는 단위 길이당 무게, 즉 선밀도(linear density)로 나타내는데, 특히 선형 형상의 집속체를 평면 구조물로 만드는 경우, 구조물의 표면 평활도, pore size, airgap 형상 등 용도에 따른 기능 발현을 위한 중요한 품질은 선밀도 보다 겉보기 굵기(apparent thickness)에 의하여 더 많은 영향을 받는다. 본 연구에서는 광속 밀도가 높고 회절이 적은 레이저 빔을 이용하여 집속체의 겉보기 굵기를 측정하는 시스템을 개발하고, 이를 이용하여 집속체의 겉보기 굵기가 가지는 변동특성을 해석하였다. 새로운 겉보기 굵기 측정시스템은 시료가 측정부의 레이저 빔 생성장치와 감지장치 사이를 통과할 때 시료에 의해 투사되는 빔에 의하여 형성되는 shadow 크기를 통하여 굵기 정보를 제공한다. 측정을 통하여 얻은 집속체의 겉보기 굵기변동 자료는 길이 차원의 자기상관함수로 변환되어 파장에 따른 굵기 불균제의 특성 해석에 이용되었으며, 측정 속도에 대한 평균굵기 및 굵기변동의 영향을 살펴 보았다.

2. Measuring System

2.1 Configuration of the measuring system

레이저 scanning 을 이용한 극세선 집속체의 겉보기 굵기를 측정하는 새로운 측정시스템은 다음과 같이 세 부분으로 구성된다.

i. 레이저 빔의 생성장치와 레이저 수광부
ii. 시료 공급장치 및 속도 제어부
iii. 데이터 처리부

시료의 측정부분에 투사되는 레이저 빔은

1,200scans/sec 의 scanning rate 를 가지며 670nm 의 붉은색 파장을 갖는다.

측정은 Fig. 1 과 같이 시료가 레이저 발생부와 수광부 사이를 지나갈 때 이루어지게 되는데, 이때 시료의 굵기에 대응하는 그림자 폭에 비례하는 아날로그 신호가 출력된다. 시료 공급장치는 DC 서보모터에 의해 속도가 제어되는 roll pair 와 시료에 일정한 장력을 주는 tensioner 로 구성되어 있으며 모든 측정 조건과 운영은 본 연구에서 개발된 소프트웨어에 의해 제어된다. Fig. 2 는 이 측정시스템의 전체 구성도를 보여주고 있으며 사양은 Table 1 에 주어져 있다.

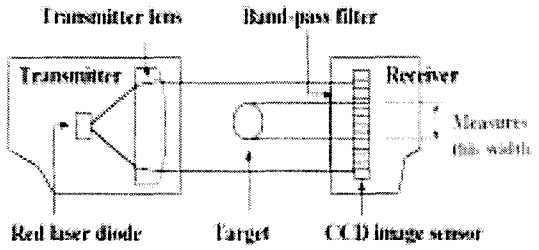

Fig. 1 Measuring head and operation principle

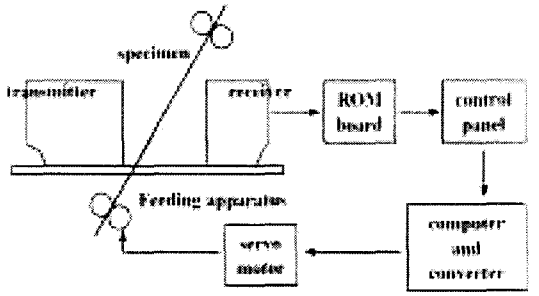

Fig. 2 Configuration of the measuring system using a laser beam

Table 1. Specifications of the laser scanning conditions

Light source	Red semiconductor laser (670nm) 0.8 mW max., Class II
Effective beam size	0.16 mm (head size)
Measuring accuracy	30 μm
Interface	RS-232 C
Output response time	3.9 msec. (max.)
Laser scan rate	1,200 scans/sec.

2.2 Calibration

새로이 개발된 측정시스템에 대한 안정성과 재현성은 신뢰성 측면에서 아주 중요하며 특히 측정센서에서 얻어지는 신호와 실제 측정하고자 하는 물리적 변수와의 관계를 아는 것은 매우 중요하다. Calibration 을 위해서 레이저 비임 사이로 굵기를 아는 wire 를 통과 시켰으며, 이때 얻어진 측정신호와 통과된 시료의 굵기와의 관계를 나타내면 Fig. 3 과 같이 주어진다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 측정신호와 시료의 굵기는 선형적인 관계를 가지고 있음을 알 수 있다.

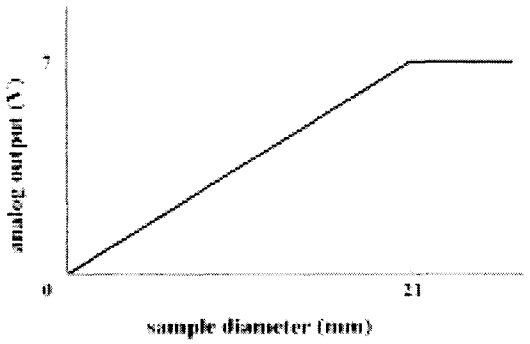

Fig. 3 Calibration curve for the measuring head (resolution : 2 mV)

3. Experiments

시료의 겉보기 굵기에 대한 출력 signal 은 여러 요인에 의해 영향을 받을 수 있는데, 특히 센서의 헤드 사이즈와 시료의 공급속도가 중요한 요인이 될 수 있다. 본 연구에서는 비임 감지장치를 지나가는 시료의 공급속도가 측정결과에 미치는 영향을 알아보기 위하여 동일한 시료에 대해 공급속도를 0.36m/min, 5.83 m/min, 그리고 10.53m/min 로 변화시켜가며 겉보기 굵기를 측정하였다.

한편, 불균제를 포함하는 단주기의 겉보기 특성은 집속체의 형태 즉, 가닥(ply) 수에 영향을 가장 많이 받는다고 할 수 있다. 본 연구에서는 집속체 재료를 시중에서 용이하게 얻을 수 있는 유기재료인 면 섬유와 레이욘 섬유로 선택하였으며, 집속된 시료의 형태는 단순 집속체와 2-합 집속체, 그리고 3-합 집속체를 사용하여 실험을 행하였다. 각 시료의 사양은 Table 2 에 주어져 있고, 시료의 모습은 Fig. 4 에 보이는 바와 같다.

Table 2. Specifications for the specimens used

	Single bundle	2-plied bundle	3-plied bundle
Material	cotton	rayon	cotton
Fineness(Tex)	42.14	173.21	60.6
T.P.M.(twists/m)	472	318	700
CV(%)	22.38	12.35	17.62

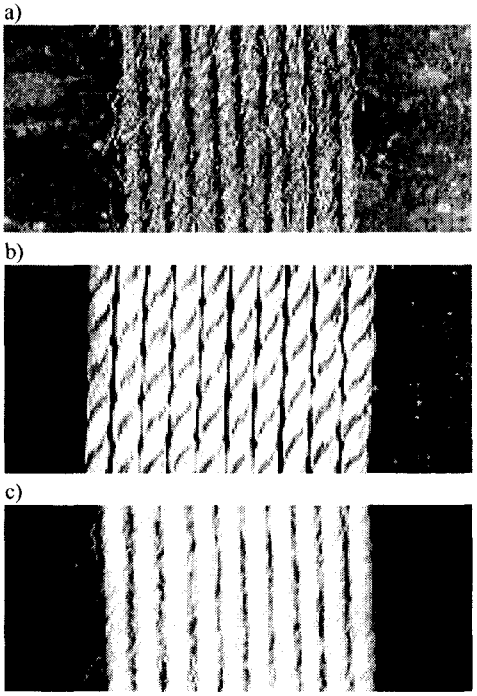

Fig. 4 Visual appearance of the specimens used
a) single bundle, b) 2 plied bundle, c) 3plied bundle

5. Results and Discussions

Fig.5 는 실험을 통하여 얻은 전형적인 측정 signal 이다. 시료의 굵기변동이 아주 짧은 파장을 지니고 있음을 보여주고 있다. Table 3 은 동일한 시료에 대한 공급속도에 따른 실험 결과인데, 속도에 따라 시료의 겉보기 굵기에 대한 평균과 분산 값이 다르게 나타나고 있다. 주어진 시료 중 single bundle 을 이용하여 겉보기 굵기 측정 결과의 속도 의존성을 살펴본 결과가 Fig. 6 에 주어져 있다.

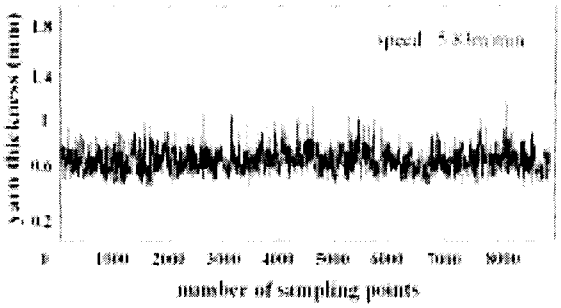

Fig. 5 Measured signal of the yarn thickness

Table 3. Mean diameter of specimen and diameter variation obtained from the experiment

Feeding speed (m/min)	Mean dia. (mm)	SD of dia. (mm)	CV (%)
0.36	0.698	0.155	22.28
5.83	0.683	0.109	15.97
10.35	0.682	0.099	14.51

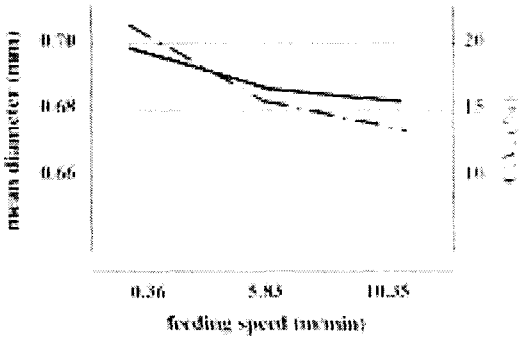

Fig. 6 Dependence of the yarn thickness on the test speed

이에 의하면 공급속도가 증가할수록 시료의 평균 굵기와 분산 값이 작아지지만 속도의 의존성은 점차 줄어드는 것을 볼 수 있다. 이것은 공급속도에 따라 sampling length interval 이 변하게 되는데, 이에 따른 유효한 굵기정보의 중첩(overlapping) 이나 손실에 기인하는 것으로 볼 수 있다.

집속체의 불균제 특성은 변동계수(CV: coefficient of variation)로 나타낼 수 있지만, 파장에 따른 불균제 성분을 표현하는 correlogram(길이 영역으로 표현된 자기상관함수)으로 나타내면 더 많은 정보를 얻을 수 있다.

Fig. 7 은 Fig. 4 에서 소개했던 집속체의 겉보기 굵기에 대한 correlogram 을 나타낸 것이다.

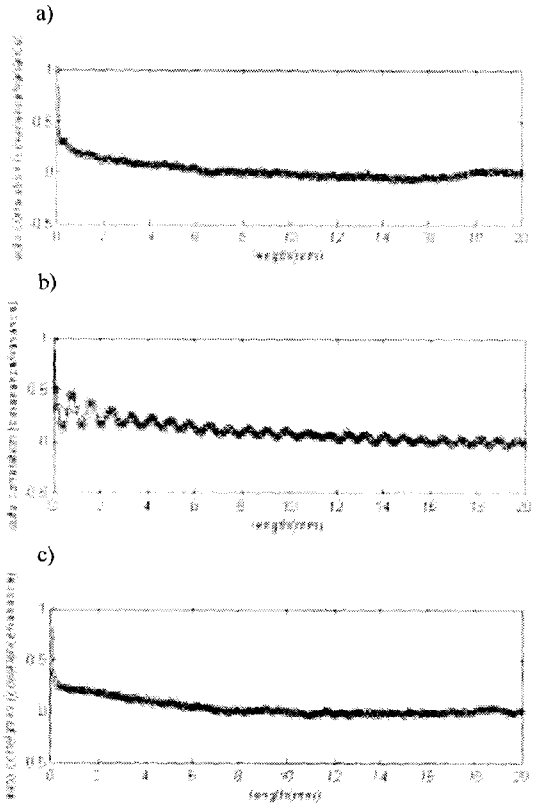

Fig. 7 Correlogram for different types of specimen
a)single bundle, b)2- plied bundle, c)3- plied bundle

Fig. 6 에 따르면 각 시료들의 correlogram $R(l)$은 다음과 같은 수학적 함수 형태로 묘사될 수 있다;

$$R(l) = Ae^{\alpha l}(1 - B\sin\lambda l)$$

단, A, B, α, λ : constant parameters

주어진 correlogram 모델에 대하여 근사화를 통하여 찾은 모델변수는 Table 4 에 주어져 있다.

Table 4. The parameters denoting correlograms for various types of yarn

	Single bundle	2-plied bundle	3-plied bundle
A	0.0076	0.0068	0.0062
B	0	0.8362	0
α	-7.2116	-1.2571	-7.514
λ		4.503	

실험결과로부터 3 종류의 시료에 대하여 공통적으로 0.5mm 이하의 파장에서는 불균제 신호가 비교적 높은 상관성을 가지고 있는데, 이것은 시료 단면의 임의적 변동성을 나타내기 위해서는 축 방향으로 이웃하는 단면의 굵기가 적어도 0.5mm 이상 떨어진 곳에서 측정되어야 한다는 것을 의미한다. 특히 2-합 집속체의 경우는 간격이 약 4mm 이상 떨어진 단면간의 상관성이 작아지므로 (0.3 이하) 이 경우 시료 채취 간격은 4mm 이상으로 하는 것이 적합하다고 볼 수 있다.

6. Conclusions

집속체의 여러 물성 중 겉보기 굵기는 제품의 시각적 품질을 결정하는 중요한 특성이다. 본 연구에서는 레이저 빔을 이용한 겉보기 굵기 측정장치를 개발하였고 calibration 을 통하여 장치의 신뢰도를 높였다. 또한 측정 속도가 증가함에 따라 시료의 평균 굵기 및 굵기 변동이 점차 작게 나타나는 속도 의존성을 확인하였으며 불균제가 발생하는 단주기 특성을 해석하였다. 그 결과 본 연구에서 사용한 시료에 대해 단일 집속체와 3-합 집속체의 correlogram 은 지수함수의 형태로, 2-합 집속체의 경우는 감쇄진폭을 갖는 삼각함수 형태로 나타낼 수 있음을 확인하였다. 또 불균제성은 파장이 0.5mm 이하에서는 신호의 상관성이 대단히 높게 나타나므로 시료의 형태에 상관없이 이웃하는 단면 굵기는 적어도 0.5mm 이상 떨어진 곳에서 측정이 이루어져야 하며, 2-합 시료의 경우에는 이보다 더 큰 4mm 이상의 간격으로 굵기 측정이 이루어져야 시료형태에 따른 의존성을 배제시킨 굵기의 임의 변동성에 대한 정보를 얻을 수 있음을 확인하였다.

References

1. Zweigle Textilpruefmaschinen GmbH, Catalogue of G580, 1994.
2. Harrison, B. W., Textile Process-Yarn Evenness, 14, 3/4, 22, 1986.
3. Soell, W., "Information Gain through Optoelectronic Measurement of the two-Dimensionally Determined Yarn Diameter", Melliand International, 80, E124-E130, 1990
4. Dutschke,W., Fertigungsmesstechnik, 81, B.G.Teubner, Stuttgart, 1996.
5. Y. Huh, J. Y. Kim, M. W. Suh, "Analysis of Cross-sectional Variability of Yarn by a Flying Laser Spot Scanning Method", the 6th ATC, Hon Kong, Aug. 22-24, 2001.