

## 이미지 프로세싱을 이용한 OE-로우터 정방사의 외관측정과 구조분석

정기수 · R. Guse<sup>1</sup> · S. Tabibi<sup>1</sup>

### 1. 서 론

60년대 말에 개발된 로우터 정방법은 공정의 단순화와 자동화의 잇점과 함께 링정방법에 비하여 4~10배 정도의 높은 생산성 때문에 주로 고임금의 선진국에서 채택되고 있다. 현재 무게비로 따져볼 때, 세계 실 총생산량의 22%, 그리고 미국과 유럽의 실생산량의 44%가 로우터 정방사이며 티셔츠나 태번수를 사용하는 직물분야에서 집중적으로 사용되고 있다. 또한 지속적인 기술개발과 함께 세번수 분야로 생산범위를 넓히고 있다[1-6].

사(絲) 내외구조는 최종제품에 결정적인 영향을 미치는데 특별히 사 외부구조는 제품의 촉감이나 외관이 중시되는 요즘 매우 중요한 역할을 한다. 로우터 정방사에는 사 내외구조에 직접적인 영향을 미치는 인자가 wrapping fiber이다. Figure 1에서는 wrapping fibers의 형성과정을 나타낸 것이다. 회전하는 로우터 내벽에 공급되는 개설했던 섬유들은 로우터의 회전에 가연되어 실로 형성되고 노즐을 통해서 권취된다. 섬유의 한 쪽 끝만이 슬라이버에 연결되어서 다른 한 쪽 끝이 자유로운 섬유들은 로우터가 회전할 때, 사표면을 감싸면서 팽 달라매게 된다. 특별히 생산성 향상을 위해서 로우터의 회전수를 증가시키고 로우터의 지름이 작아지는 것에 비례하여 wrapping fiber는 증가하고 있다. wrapping fiber는

사외부를 달라매기 때문에 실을 잡아당길 때, 내부에 배열되어 있는 섬유들의 이동이 자유롭지 못하여 사장력에 영향을 미치게 되고 hairiness나 불균제도 등에 영향을 미치게 된다.

이 때문에 로우터 정방사의 wrapping fiber를 측정하고 분석하는 것은 실의 구조를 개선하는데 매우 중요한 의미가 있다. 대부분의 wrap-

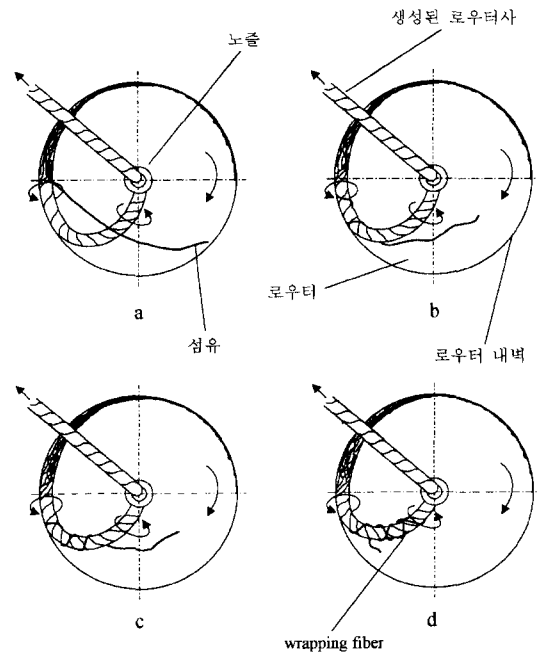


Figure 1. Schematic diagram of formation of wrapping fibers.

Measurement of OE-Rotor Spun Yarn and Analysis of Yarn Structure Used Image Processing/  
Gi-Soo Chung, R. Guse<sup>1</sup>, and S. Tabibi<sup>1</sup>

한국생산기술연구원 섬유기술연구팀 선임연구원, (330-825) 충청남도 천안시 입장면 홍천리 36-3, Phone: 041)589-8563, Fax: 041)589-8550, e-mail: gschung@kitech.re.kr

<sup>1</sup>Institut für Textil und Verfahrenstechnik Denkendorf, Germany

ping fiber는 길이방향으로 볼 때 일반적으로 200  $\mu\text{m}$ 보다 작게 형성되고 있기 때문에 측정구간이 100  $\mu\text{m}$  이하일 때만이 wrapping fiber를 측정할 수 있다. 그러나 기존의 측정기, 즉 Uster Tester UT3, Zweigle G580들은 측정구간이 수 mm에 해당하기 때문에 근본적으로 wrapping fiber를 측정할 수 없다[7-9].

본 연구의 목표는 로우터 정방사의 외부구조의 변화를 신속 정확하게 온라인으로 측정할 수 있는 측정방법을 개발하는 것이다. 이를 위해서 첫째로 CCD 카메라를 이용하여 60  $\mu\text{m}$  이하의 측정구간으로 실의 외부구조를 광학적으로 측정하는 방법을 개발하였고 둘째로 로우터사의 외부구조를 분석하고 측정데이터를 재사용할 수 있는 이미지프로세싱 소프트웨어를 개발하였다.

## 2. 시스템구성

### 2.1. 하드웨어

개발된 실험장치는 Figure 2에서 보는 바와 같이 사공급장치, 레이저, CCD 카메라 그리고 컴퓨터로 구성되어 있다. 사장력 조절장치를 통해서 실은 측정구간의 한가운데를 일정한 속도로 통과한다. 광원으로부터 약 4 mm의 두께로 레이저빔이 실의 권취방향과 수직으로 투사된다. Figure 3과 같이 실의 표면에 있는 잔털과 실의 몸체부분에 부딪힌 광은 산란하게 되어 그림자를

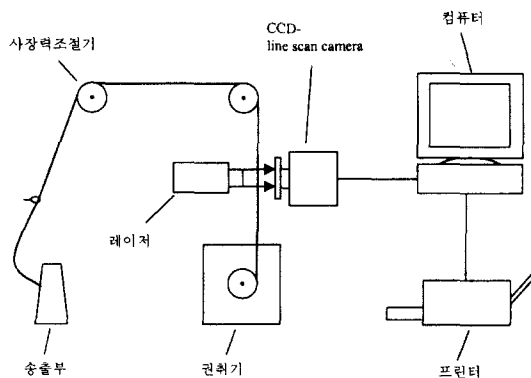


Figure 2. Schematic diagram of the experimental devices.

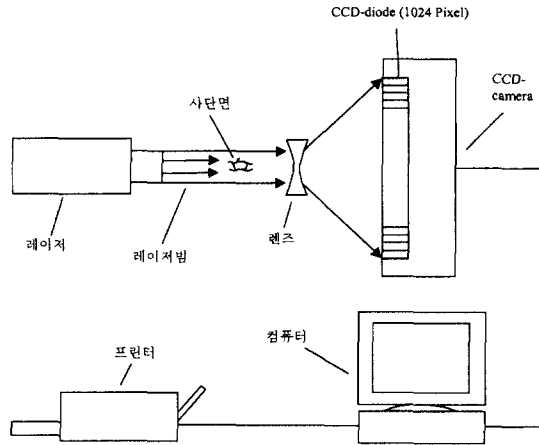


Figure 3. Schematic diagram of laser, CCD-camera and PC.

형성하게 된다. 실과 접촉하지 않은 광은 그림자와 함께 렌즈를 통해서 CCD 카메라의 1024개의 photodiode로 구성된 수광부와 반응하게 되고 빛의 세기는 13.9 kHz의 scanfrequency로 컴퓨터에 저장된다.

수광부의 photodiode에 선명한 실의 모사를 얻기 위해서는 투사된 빔은 가능한 평행하게 진행해야 한다. 또 실과 반응하지 않은 빔과 그림자부분의 경계가 명확한 최상의 선명도를 얻기 위해서 그리고 권취와 함께 실의 진행으로 야기 되는 모사의 불분명한 부분을 최소로 줄이는 조건은 광을 순간적으로 생산해 낼 수 있어야 하는데, 이에 가장 적합한 광원은 반도체레이저 (pulsetime 100 ns, scanfrequency 13.9 kHz, pulsewatt 2.4 W, wavelength 850 nm)이다. 실이 50 m/min의 속도로 권취된다면, 위의 조건의 반도체 레이저로 실을 길이방향으로 60  $\mu\text{m}$  단위로 측정이 가능하다.

100 ns의 pulsetime 동안에 실은 권취방향으로 단지 0.08  $\mu\text{m}$  진행하고 렌즈를 통해서 3.5 배 확대되면, diode상에서 실의 모사는 0.28  $\mu\text{m}$  진행하게 되어 선명도가 떨어진다. 그러나 13  $\mu\text{m} \times 13 \mu\text{m}$ 의 diode 크기와 비교해 볼 때, 0.28  $\mu\text{m}$ 의 값은 근본적으로 무시할 수 있다. 렌즈의 확대인자 3.5가 사단면 방향으로도 영향을

미치는데, 3.7  $\mu\text{m}$  크기가 diode 한 개와 반응할 수 있다. 이는 섬유 한 올의 직경이 10  $\mu\text{m}$ 이기 때문에, 섬유 한 올은 최소한 3개의 diode와 반응한다고 볼 수 있다.

## 2.2. 소프트웨어

**Data Acquisition : CCD-camera electronics**는 받아들인 데이터를 처리하여 실의 구조를 분석한다. 실의 직경 계산은 실의 그림자와 반응한 photodiode의 수와 비례한다. 실과 섬유의 직경을 계산하기 위해서 기준값이 주어지고 이 기준값보다 낮은 값을 가진 photodiode는 처음과 끝의 photodiode의 고유번호가 register에 전달되고 두 번호의 차이가 곧 실직경이 된다. 또한 각각의 line scan의 데이터를 구별하기 위해서 line scan 후에 항상 line end signal을 보내게 된다. 그래서 한 번 scan 할 때마다 최소한 3개의 데이터가 얻어지게 된다. 13.9 kHz의 scanfrequency와 50 m/min의 속도로 실을 2분간 권취하여 100 m를 측정하면 최소한 1,668,000개의 데이터를 얻게 된다. 한 데이터당 2 byte를 필요하기 때문에 최소한 3,336,000 byte 곧 3.3 Mbyte가 필요하게 된다. 그런데 line scan시 사외부 표면에 존재하는 여러 섬유가닥이 있는데, 이들 갯수에 비례하여 데이터가 차지하는 메모리는 증가하게 된다. 또한 이때 측정된 데이터의 양이 너무 크기 때문에 측정시 우선적으로 메모리에 저장시키고 측정이 모두 끝난 후 사구조분석을 위해서 계산프로그램에 의해서 처리한다. MS-DOS 운영시스템에서는 일반적으로 1 Mbyte까지 데이터를 처리할 수 있는데, EMS(expanded memory system)을 이용할 경우, 제공된 모든 메모리를 사용할 수 있다. EMS에서는 메모리가 64 kbyte의 page-frame으로 나뉘어지고 page-frame은 다시 16 kbyte의 EMS-page로 나뉘게 된다. 측정 데이터들은 16 kbyte의 EMS-page 단위로 EMS가 차지하는 메모리에 저장되게 된다.

사외관 분석을 위해서 940 EMS-page(약 15 Mbyte)가 할당되고 170 m 길이의 실은 60

$\mu\text{m}$  단위로 측정된다. 측정이 다 완료된 후, 측정데이터를 계산프로그램으로 처리하는데 약 15 초 걸린다. 계산이 완료되며 다시 170 m의 실을 측정하는 것을 반복한다.

**사구조분석 소프트웨어** : 소프트웨어 개발시 제일 중요한 부분은 사구조를 명확하게 분석할 수 있는 방법이 먼저 선행되어야 한다. 지금까지 사구조에 대한 무수한 토론이 있었음에도 불구하고 분명하게 정의를 내릴 수 있는 방법이 없었다. 이는 사내외구조를 명약관화하게 구분할 수 없기 때문에 생기는 문제이다. 예를 들면 wrapping fiber에 직접적인 영향을 받는 로우터 정방사에서 어디까지 실의 체적(volume)으로 볼 것인가가 불확실했다. 또한 실의 체적 계산시 실의 몸체부분에서 뻗어있는 모든 섬유가닥을 다 포함할 것인가 아니면 실의 표면에 있는 잔털까지 만으로 제한할 것이기도 불분명했다. 그런데 새로 개발된 소프트웨어로는 실의 구조를 객관적으로 분석할 수 있게 되었다. 로우터 정방사의 구조분석을 위해서 다음과 방법이 사용되었다.

### • 사직경(yarn diameter)

Figure 4는 CCD 카메라를 이용하여 측정된 로우터 정방사를 모니터상에 재현시킨 이미지이다. Figure 4에 나타나 있듯이 실을 구성하는 요소로서 사체(絲體, yarn core), 섬유 그리고 섬유 사이에 존재하는 공기로 표현할 수 있다. 구성요소의 조합을 이용하여 사직경의 범위를 3가지로 분류해 볼 수 있다.

- 사체와 사체에서 단면방향으로 뻗어있는 섬유들과 그 사이에 있는 공기까지 모두 포함하는 경우
- 사체와 섬유들만 포함하는 경우
- 단지 사체만을 사직경으로 보는 경우

### • Hairiness

line scan시에 사체와 사단면 방향으로 뻗어있는 모든 섬유들을 측정할 수 있다. 이때 사체와 잔털들을 소프트웨어적으로 분리할 수 있기 때문에 hairiness만 계산할 수 있다.

### • Wrapping fiber

Figure 5의 SEM 사진에서 wrapping fiber

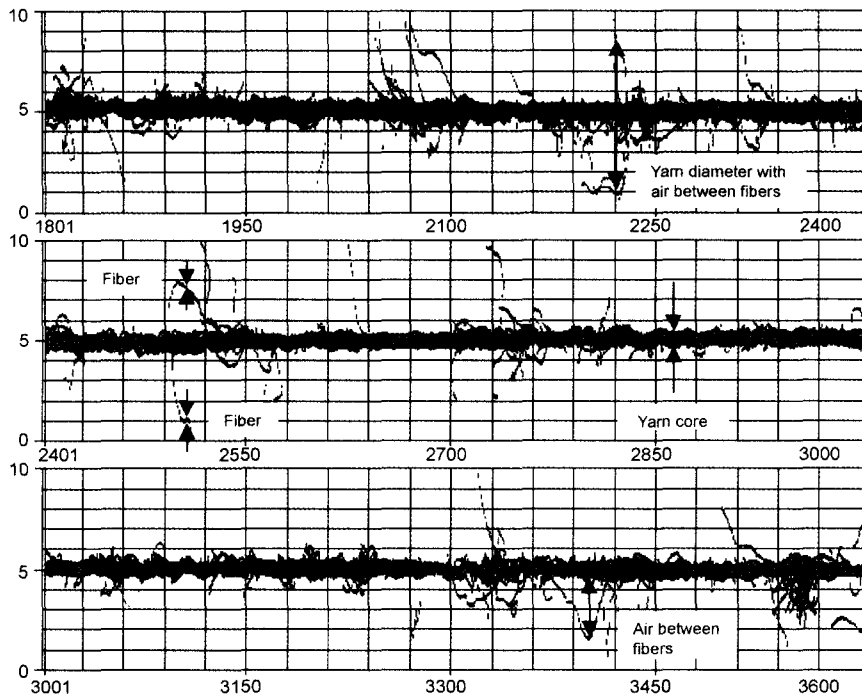


Figure 4. Yarn image captured with CCD-camera and yarn elements for the analysis of yarn structures.

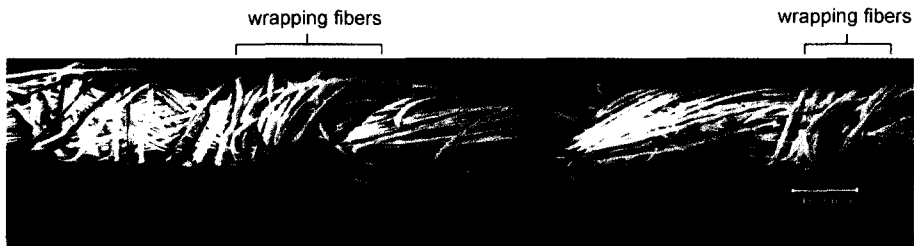


Figure 5. SEM micrograph of OE-rotor spun yarn.

를 분명하게 볼 수 있다. 사진과 같이 사체에는 잔털의 유무에 상관없이 wrapping fiber에 의해서 감겨져 있다. 좀더 자세히 보면 wrapping fiber에 의해 감겨져 있는 부분은 직경변동이 거의 없이 일정한 반면에, wrapping fiber가 없는 부분은 상당한 직경변동을 보여주고 있다. 이런 wrapping fiber의 특성에 기초해서 wrapping fiber를 수치상으로 나타낼 수 있는 소프트웨어를 다음과 같이 개발하였다. 먼저 측정된 데이터를 처리하여 사체직경(diameter of yarn core)의 평균값을 계산한다. 다음으로 연속해서

직경변동의 최고 6 pixel( $6 \times 22 \mu\text{m} = 22 \mu\text{m}$ )이 하인 부분만 함께 묶어준다. 실의 길이방향으로 형성되는 wrapping fiber의 길이는 천차만별이지만, 대부분이  $200 \mu\text{m}$  이하의 길이에서 집중적으로 형성되어 있다.  $200 \mu\text{m}$ 에 가장 근접하도록 하기 위해서  $60 \mu\text{m}$ 로 연속측정한 3구간을 한 부분으로 묶었다. 이렇게 묶은  $180 \mu\text{m}$  길이에서 사체의 직경변동이  $22 \mu\text{m}$ 보다 작을 때, 이를 한개의 wrapping fiber로 계산한다. 물론 wrapping fiber가 전혀 없는 부분에서도 위의 조건을 충족시킬 수 있고, 반대로

위의 조건에 맞지 않는 wrapping fiber는 계산에서 제외될 수 있다. 그럼에도 불구하고 위의 기술된 방법으로 wrapping fiber의 경향을 잘 나타내 준다.

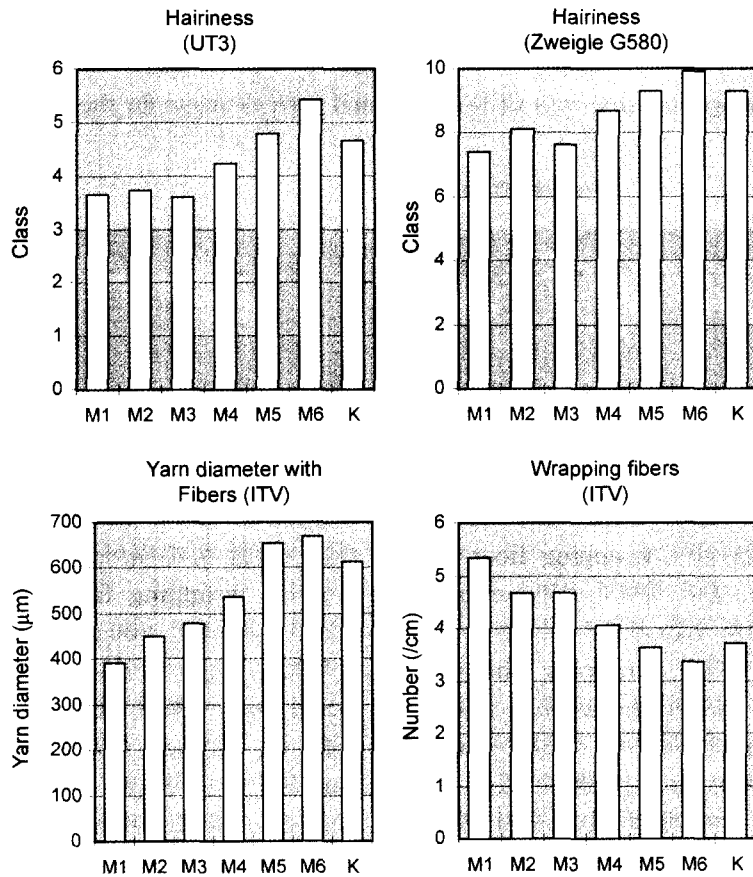
**모사 소프트웨어 :** 이미 기술한 바와 같이 60 μm마다 실의 횡단면을 CCD 카메라로 읽어들이면 사체 및 모든 잔털도 함께 감지된다. 이렇게 받아들인 실을 모니터상에 재현시키거나 프린트해 볼 수 있기 위해서 특별히 소프트웨어를 개발하였다. Figure 4에서 보듯이 놀라울 정도로 정확한 실의 모습을 보여주고 있다. Figure 4는 연속 측정된 실이 3부분으로 나누어져 있으며 각 부분은 x축 방향으로 600번의 line scanning 했다. x축 방향의 길이는 3.6 cm(600×60 μm)이며 3부분의 총 길이는 10.8 cm이다.

### 3. 결과분석

실험을 위해서 사용된 노즐의 특성은 Table 1과 같고 로우터 직경이 32 mm, 회전수 115,000 U/min의 동일한 조건에서 생산한 면방적사 20

**Table 1.** Characteristics of nozzles

Nozzle	Material	Formation
M1	Metal	Smooth surface
M2	Metal	4 balls (1 diameter)
M3	Metal	4 balls (4 diameter)
M4	Metal	6 balls (1 diameter)
M5	Metal	6 notches
M6	Metal	6 notches and 4 balls (1 diameter)
K	Ceramic	4 notches



**Figure 6.** Effect of material and shape of nozzles.

tex를 사용하였다. 로우터 정방사가 노즐을 통과하여 나올 때, 마찰이 일어나기 때문에 노즐의 모양은 실의 외부구조에 직접적으로 영향을 미친다. 노즐과 실의 마찰도가 높을수록 사의 외부에 존재하는 wrapping fiber가 쉽게 끊어져 실의 체적이 증가하게 된다[10, 11].

Figure 6은 다양한 노즐을 사용하여 측정된 실험결과이다. 상단 그림은 Uster Tester 3와 Zweigle G580로 측정된 hairiness이다. 하단의 그림은 CCD 카메라를 이용한 새로운 광학측정법으로 얻은 결과이다. 왼쪽의 그림에서는 사의 횡단면 방향으로 잔털의 처음부터 맨 끝까지 중간의 공기부분까지 포함하여 사직경으로 계산했다. 오른쪽 그림은 wrapping fiber의 크기이다. 새로운 광학측정법에 의한 사직경은 노즐과 로우터사의 마찰도가 증가할수록 더 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 기존의 측정기는 이런 현상을 분명하게 보여주고 있지 않다. wrapping fiber는 노즐의 마찰도가 증가할수록 감소하는 경향을 보여주었다.

#### 4. 결 론

CCD 카메라를 이용한 새로운 광학측정기를 이용하여 측정된 로우터 정방사를 모니터상에 재현시켜 볼 수 있었다. 또한 미세한 실의 구조 즉 로우터 정방사의 특성인 wrapping fiber까지도 측정이 가능했으며, 노즐과 실의 마찰정도에 따

라서 변하는 실의 외부구조도 측정이 가능했다. 새로 개발된 광학측정기는 사구조 분석과 개선에 크게 기여할 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

1. W. Klein, "New Spinning Systems", The Textile Institute, 1993.
2. G. Trommer, "Rotorspinnen", Deutscher Fachverlag, 1995.
3. E. Steffes, "Innovationen-Chance zum Überleben", Vortrag beim 11. Reutlinger Spinnerei-Kolloquium, 6. und 7. Mai, 1997.
4. G. Mandl, *Textil Praxis International*, **39**, 238(1986).
5. K. L. Fabian, *Melliand Textilberichte*, **68**, 392(1989).
6. W. Anstett, *Melliand Textilberichte*, **68**, 555(1989).
7. B. Wulfhorst, G. Tetzlaff, M. Gerig, H. Clermont, J. Bergman, and G. Wassenhoven, *Melliand Textilberichte*, **75**, 153(1994).
8. V. Zeltner, "Anwendungshandbuch", Zellweger Uster AG, 1989.
9. "Zweigle G 580 Instruction Manual", Zweigle Textilpruefmaschinen.
10. W. Kampen, "Die Wirkung verschiedener Einflußfaktoren auf die Garnstruktur beim OE-Rotorspinnen", Dissertation RWTH Aachen, 1978.
11. A. D. Copeland, H. A. Hergeth and G. Smith, *Melliand Textilberichte*, **79**, 224(1998).