

자동조심형 회전링의 동적거동에 대한 실험적 해석

장재준, 장승호, 허 유

경희대학교 섬유공학과

1. 서 론

링정방법은 링위를 회전하는 traveller의 운동에 의한 꼬임부여와 중앙에 위치한 스핀들의 회전에 의하여 권취가 이루어지는 간단한 작동 원리를 바탕으로 하고 있다. 계속되는 혁신정방법의 개발에도 불구하고 현재 개발되어있는 정방공법중 가장 생산유연성이 크고 생산제품의 물성이 우수하기 때문에 가장 널리 이용되고 있다. 그러나 이 공법은 생산속도의 한계성을 가지고 있다. 스핀들의 회전속도를 증가시키면 꼬임부여와 권취속도가 증가하여 생산량이 증대된다. 그러나 스핀들의 회전속도가 한계점을 초과하면 사장력의 증가에 의한 사질, 마찰열 발생에 의한 섬유의 열변형 및 손상이 초래된다.

traveller는 스핀들상의 보빈회전에 의한 권취장력에 의해 구동된다. 이때 실은 회전자와 링 표면과의 마찰력을 극복하여야 하는데 실에 가해지는 장력이 사강도보다 크게 되면 사질현상이 나타나게 된다. 또한 마찰열의 발생으로 섬유의 열 변형 및 손상을 주게 되어 제품의 품질저하를 초래한다.

현재 링정방시스템은 스핀들 회전수 20,000 rpm, traveller 선속도 47 m/sec가 성능한계이다. 게다가 실제 적용에 있어서는 그 한계 속도보다 훨씬 낮은 rpm으로 가동하는 경우도 있다. 이러한 한계요인을 극복하기 위하여 많은 연구가 이루어져 왔는데, 그 중 rotating ring의 개발이 주목할 만하며 이는 링을 traveller와 같은 방향으로 회전시켜 스핀들의 회전속도가 한계점을 초과하여도 링과 traveller사이의 상대속도는 한계속도 이내가 될 수 있도록 한다는 기본개념을 바탕으로 한다.

본 연구에서는 형상을 최적화시킨 튜니지지형의 회전링을 바탕으로 과도상태의 운동형태를 파악하기 위하여 진동측정 시스템을 구축하고 회전링의 진동운동을 측정하였다.

2. 실험

2-1 회전링

회전링의 운동형태는

- 1) 회전링의 구조(회전링의 질량, 높이, 외경, 내경 등의 링의 형상)
- 2) 회전링에 가해지는 공전상의 외력(스핀들의 회전수, traveller의 무게, 링/traveller간 마찰, 정방장력, 정방반수, twist, air drag 등의 공정조건)에 의하여 영향을 받는다. 본 연구에서는 위의 요소들과 이미 알려진 회전링의 형상 그리고 앞으로의 실용화를 감안하여 회전링을 설계, 제작하여 실험에 이용하였으며 그 형상은 그림 1과 같다.

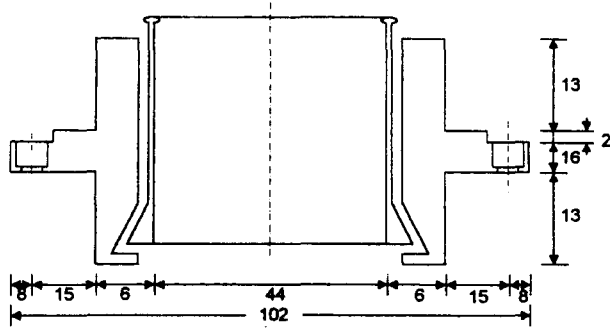


Fig. 1. The shape and dimension of the rotating ring used for the experiment.

2-2 측정장치

정방기는 보사정방용 링정방기를 사용하였다. 전원을 DC power supply에 연결하여 voltage의 조정으로 spindle의 회전수를 조절하였다. 고속회전체의 진동측정은 크게 접촉식과 비접촉식이 있으나 본 연구의 대상이 되는 회전링의 경우, traveller의 운동과 방적사의 진행이 연속적으로 이루어지고 있으며 링의 형상이 작기 때문에 빠른 응답속도와 높은 분해능을 지닌 비접촉식 측정기구가 요구된다. 본 연구에서는 넓은 범위의 변위를 측정할 수 있고, 높은 resolution과 linearity를 갖는 laser 변위측정장치를 선택하여 진동을 측정하였다. Table 1은 본 실험에 사용한 laser 변위측정 sensor의 특성을 나타낸다.

Table 1. Specification of laser displacement measuring device

Sensing distance	$\pm 10\text{mm}$
Resolution	$10\ \mu\text{m} = 10\text{mV}$
Linearity	$\pm 10\ \mu\text{m}, \pm \text{displacement} \times 0.5\%$
Temperature drift	$\pm 2\text{mV}/^\circ\text{C max}$
Zero adjustment range	$\pm 1\text{V}(\pm 1\text{mm})$
Response speed	1 msec(FAST) 20 msec(SLOW)

회전링의 진동측정을 위하여 그림 2와 같은 측정시스템을 구성하였다. sensor head(1)는 링의 윗면에 설치하여 링의 상하진동을 측정하도록 하였으며, sensor head(2)는 링 레일 위에 설치하여 링의 수평진동을 측정하도록 하였다. 또한 sensor head(1) 및 (2)는 링 레일의 운동과는 무관하게 링의 운동만을 측정하도록 링 레일 위에 설치하였다. 회전링의 속도가 변화하는 것을 측정하기 위해서 laser sensor로부터 링으로 주사되는 광 spot이 지나는 위치에 projection(돌출부분)을 부착하였다. 링과 rotor간의 간격이 아주 좁기 때문에 projection으로 실리콘을 사용하였다. 이에 따라 회전링이 1회전할 때마다 projection에 의하여 변위측정신호에 peak가 나타나게 되며 이 peak간의 시간간격을 측정하여 회전수와 회전속도를 얻었다.

정방장력은 draft부의 front roll로부터 yarn guide를 거쳐 traveller를 지나 bobbin에 권취되는 부분까지 실에 가해지게 된다. 이 구간중 장력을 측정할 수 있는 위치는 front roll과 yarn guide사이의 구간이다. 본 실험에서는 국내 나노크사에 의하여 개발되어 효성데이터시스템 주식회사에서 원사장력 연속감시 장치로 상용화시킨 TENMOS를 이용하여 정방장력을

측정하였다.

laser 변위측정 sensor와 TENMOS로부터 얻어지는 측정신호는 아날로그 형태의 signal이다. 이 측정신호를 컴퓨터를 이용하여 해석하기 위해서 A/D converter를 사용하였다. Table 2는 신호변환에 사용된 converter의 사양을 나타낸다.

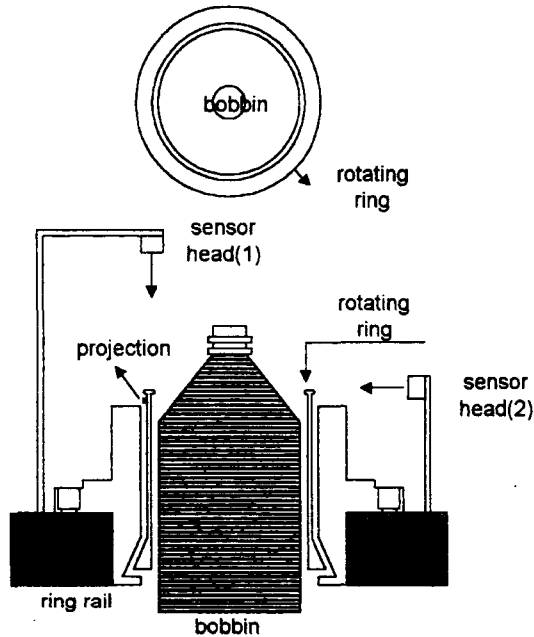


Fig. 2. Schematic diagram of ring vibration measurement system

Table 2. Specification of the A/D converter used in the experiment

Model No.	DT2801-A
Resolution	12 bits
Input range	Bipolar : $\pm 10V$, $\pm 5V$, $\pm 2.5V$, $\pm 1.25V$ full scale
Common mode input voltage	+11V Max
Differential nonlinearity	less than $\pm 1/2$ LSB
System accuracy	to within $\pm 0.05\%$ FSR
Gain drift	± 35 ppm of FSR/ $^{\circ}C$
Differential linearity drift	± 3 ppm of FSR/ $^{\circ}C$
Conversion time	10 μs
Channels	16 SE, 8DI
Corporation	Data Translation, Inc.

또한 스핀들의 회전수는 LINE SEIKI CO.에서 만든 TM-3011 Hand Tachometer를 이용하여 r.p.m.을 측정하였다. Input(volt)에 따른 spindle speed를 curve fitting한 결과를 그림 3에 표시하였다.

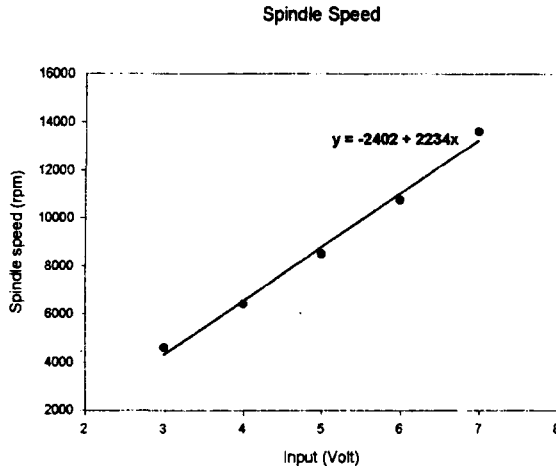


Fig. 3. Curve fitting of spindle speed

2-3 실험

본 실험의 정방조건은 Table 3과 같다.

Table 3. Experimental conditions for the ring spinning process using a rotating ring

Rotating speed of the spindle	0 - 31,100 r.p.m.
Traveller weight	0.03, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10 (g)
Ring diameter	44 mm
Fiber material	P.E.T. 340 DEN./100 fil.
Twist	320 T.P.M.

본 연구의 대상인 회전링은 공정중에 traveller의 회전을 비롯한 외력의 작용에 의하여 공간을 구성하는 3개의 축방향으로의 병진운동과 각 축방향의 회전운동을 하는 6개의 자유도를 갖는 운동을 하게 된다. 본 실험에서의 회전링의 병진 및 회전운동은 구분할 수는 없으나 일정위치에서의 링의 변위를 수직방향과 수평방향으로 나누어 측정하였다.

실험은 크게 3가지로 나누어 실시하였는데 첫째로는 고정링과 회전링의 장력비교, 둘째로는 traveller의 무게교체, 마지막으로 실을 교체하여 수행하였다.

3. 결론

DC power supply의 voltage를 서서히 증가시켜 그 신호를 받아보았다.

traveller 무게를 0.03g으로 하고 실험한 결과 링이 처음으로 회전할때의 spindle속도는 약 4,300rpm이었고 사철이 발생했을때의 속도는 약 31,100rpm이었다. 이는 링정방시스템의 성능한계를 넘어선 좋은 결과였다.

또 traveller의 무게를 바꾸어 가며 실험했을 때 traveller의 무게가 증가할수록 링이 처음 회전했을때의 spindle 속도는 작아지고 링은 빠른속도로 회전하지만 사철됐을때의 회전수는 점점 작아진다.

실을 면사로 바꾸어 실험하려 하였으나 실험조건이 좋지 않은 관계로 금방 사절이 되어 신호를 받기가 어려웠다. Table. 4에서는 traveller의 무게와 spindle 속도와의 관계를 보여준다.

Table. 4. The relation of between traveller's weight and spindle speed

Traveller's weight	처음 링이 회전했을때의 속도	사절됐을때의 속도
0.03g	8,760 rpm	31,100 rpm
0.04g	6,500 rpm	26,600 rpm
0.06g	4,300 rpm	24,400 rpm
0.08g	3,180 rpm	19,900 rpm
0.10g	2,060 rpm	15,400 rpm

그림 4는 traveller 0.03g으로 실험한 결과의 정방장력, 수직진동, 수평진동을 나타낸다.

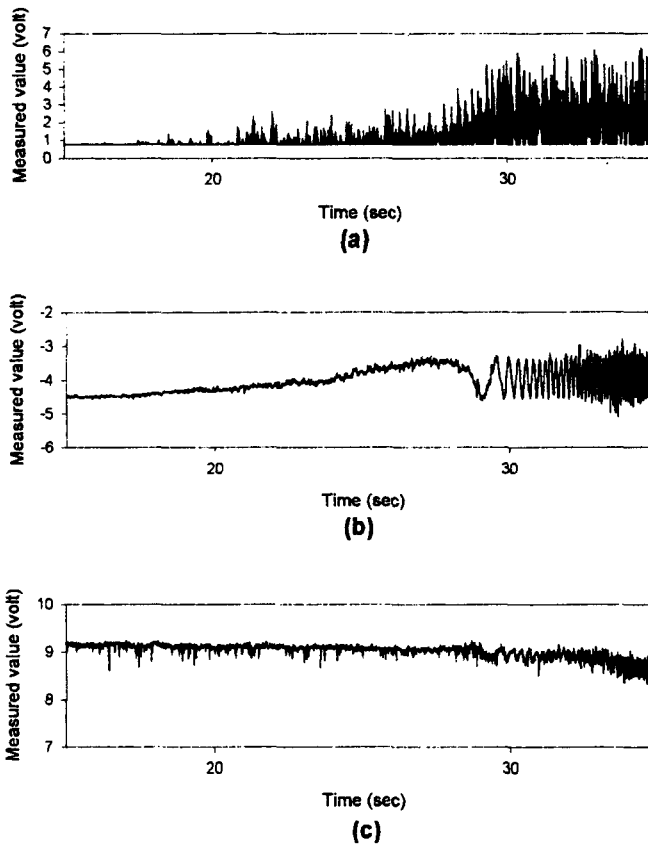


Fig. 4. (a) Tension, (b) horizontal vibration, (c) vertical vibration

참고 문헌

1. W. Ingel, Int. Text. Bull., Spinning, 25, 486(1979).
2. W. Ingel, Textil Praxis Int., 34, 1093(1979).
3. D. A. Brown, Text. Industr., 144(2), 77(1980).

4. E. Kleinhansl and E. Kirschner, *Textil Praxis Int.*, 35, 30(1980):
5. S. K. F. Industrial Trading and Development Co., U. S. P., 3981135(1973).
6. J. Heidenhain GmbH., B. P., 1514768(1974).
7. H. Yamaguchi, B. P., 1513079(1975)
8. SACM de Moulhouse and Institute Textile de France, Agence Nationale de Valorisation de Valorisation de la Recherche, U. S. P., 4244170(1978).
9. Zinser Textilmaschinen GmbH., B. P., 1558942(1976).
10. Spurmach Espania SL., B. P., 1495922(1976)
11. E. Schenkel, U. S. P., 4023342(1975).
12. S. J. Warlick, *Text. Indusr.*, 141(2), 53(1977).
13. Anonym, *Textile World*, 128, 2, 66(1978).
14. Anonym, *International Textile Bulletin, Spinning*, 24, 123(1978).
15. B. Wolf, *Int. Tex. Bull., Spinning*, 26(3), 263(1980).
16. Seung Ho Jang, Young Ha Kwon, and You Huh, *Journal of the Fiber Society* Vol.32, No. 10,(1995)