

## 연신공정 조건이 소모연신사의 물성에 미치는 영향 ( I )

한원희<sup>1</sup> · 김승진<sup>†</sup> · 김상룡<sup>2</sup>

영남대학교 섬유패션학부, <sup>1</sup>한국폴리텍섬유패션대학 니트디자인과, <sup>2</sup>한국염색기술연구소

### The Effects of Drawing Conditions on Physical Properties of the Drawn Worsted Yarns ( I )

Won Hee Han<sup>1</sup>, Seung Jin Kim<sup>†</sup> and Sang Ryong Kim<sup>2</sup>

School of Textiles, Yeungnam University, Gyeongsan, Korea

<sup>1</sup>Dept. of Knit Design, Korea Textile and Fashion Polytechnic College, Daegu, Korea

<sup>2</sup>Korea Dyeing Technology Center, Daegu, Korea

(Received: December 10, 2009/Revised: January 15, 2010/Accepted: January 28, 2010)

**Abstract**— This research works on the effects of drawing conditions on the physical properties of the drawn worsted yarns. The drawn worsted yarns were made by the yarn drawing system under various drawing conditions such as concentration of reducing agent, draw ratio, setting time of drawn yarn, and concentration of oxidizing agent. The drawn worsted yarns from 2/80Nm to 2/90Nm were obtained from 2/60Nm worsted yarns, the surface and cross-sectional shapes and tensile properties of these various specimens were measured and discussed with the various drawing conditions. The drawing of worsted yarn made constituent wool fiber scratched and made it changing to polygonal cross-sectional shape. The tenacity and modulus were increased with draw ratio and concentration of reducing agent. And tensile strain was increased with draw ratio, which decreased with concentration of reducing agent.

**Keywords:** wool, drawn worsted yarn, drawing process, surface and cross-sectional shape, tensile property

## 1. 서 론

현재 국내의 섬유산업은 고부가가치 감성섬유의 소재 개발에 많은 연구개발을 하고 있다. 고급 섬유소재의 개발은 고감성 섬유제품의 개발로 이어져 중국 등 후발 추격국으로부터 벗어남과 동시에 선진국을 추월할 수 있는 유일한 방법이기 때문이다. 이러한 고감성 제품의 개발은 주로 폴리 에스테르를 중심으로 한 합성섬유 위주로 이루어져 왔다. 그 결과로 우리나라의 합성섬유 기술수준과 제품고부가가치화는 선진국 수준으로 진입했다. 그러나, 환경친화적 소재로서 뿐만 아니라 소재 측면에서도 합성섬유보다는 천연섬유의 부가가치가 훨씬 높다. 따라서, 높은 가격의 섬유제품은 대부분 천연섬유를 원료로 사용한 제품이다.

천연섬유 중에서 양모는 면과 더불어 천연섬유의 대표적인 섬유이며, 최고급 의류용 직물로 사용되고 있다. 최근 산업의 발달로 겨울철에도 난방

이 잘되므로 선진국 소비자들은 두꺼운 천의 옷보다는 착용감과 감성이 뛰어난 얇은 박지의 천을 요구하고 있다. 따라서, 소모방 업계에서도 고급 의류용 천을 생산하기 위해 80Nm 이상의 세사(細絲)를 생산하고 있지만 18 $\mu$ m 이하의 fine merino wool을 수입하여 방적해야만 가능하다. 그러나, 호주 현지의 원가를 보면 fine merino wool 중 21~22 $\mu$ m에서는 가격 차이가 1,000 호주센트에서 950 호주센트로 50 호주센트 정도만 차이가 나지만 17~20 $\mu$ m에서는 1 $\mu$ m 감소할때마다 100 호주센트씩 증가한다<sup>1)</sup>. 또한 17 $\mu$ m 이하에서는 1 $\mu$ m 감소할때마다 200~400 호주센트씩 가격이 높아진다 따라서, 원모가 가늘어질수록 가격차가 급격히 증가하게 되므로 세사를 얻기 위해서는 외국에 높은 비용을 지불해야만 한다.

또한, 소모방적사의 경우에도 실의 굵기별로 가격에 차이가 나는데, 60Nm이하의 일반사인 경우 굵기별로 가격차가 거의 없지만, 60Nm이상의

<sup>†</sup>Corresponding author. Tel.: +82-53-810-2771; Fax.: +82-53-812-5702; e-mail: sjkim@ynu.ac.kr

경우는 굵기별로 가격차가 2~3배정도로 현격한 차이이기 때문에 80Nm이상의 세사를 생산하기 위해 업계에서는 많은 노력을 하고 있다. 그러나, 고가의 원모수입과 방적공정의 엄격한 관리가 필요하므로 시간과 비용이 크게 소모되어 대량생산과 제품전개에는 한계가 있어 왔다. 따라서, 국제 경쟁력을 가질 수 있으면서 가능성을 가진 획기적인 소모박지용 소모사의 개발이 업계로부터 요구되고 있는 실정이다.

한편, 양모섬유는  $\alpha$ -helix 형태의 마이크로피브릴이 규칙적인 상태로 존재하면서 매트릭스와는 가교상태의 특이한 구조이므로 탄성적인 특성의 필라멘트와 점탄성적인 특성의 매트릭스 모형으로 설명되어지고 있다<sup>2)</sup>. 또한, Bendit 등<sup>3,4)</sup>은 양모에 스트레칭을 가하면  $\alpha$ -helix 구조가 인장력에 의해 연신되어 실크와 같은  $\beta$ -pleated sheet 구조로 변형된다는 것을 밝혔으며, Cao<sup>5)</sup>는 스트레칭에 의해 분자구조가 변하더라도 양모 소재의 일반적 물성의 장점은 변화가 없음을 밝혔다.

양모 케라틴은 디설파이드 결합에 의해 3차원 망목구조를 형성하고 있으므로 30%정도의 신장후에도 원형으로 복원이 가능하다<sup>6)</sup>. 그리고, 양모의 디설파이드 결합은 가역결합으로써 물리, 화학적으로 파괴하여 재배열후 완벽하게 복원하는 것으로 알려져 있다. 이러한 성질은 양모의 영구 setting에 응용되기도 한다<sup>7)</sup>. 이와 같은 우수한 장점을 가지고 있으나 모제품은 물세탁 등 취급성이 좋지 않고 원료가 비싸 제품개발의 확산이 이루어지지 않고 있는 실정이다. 또한 양모의 방축성을 개선하기위해 여러 가지 가공이 시도되고 있으나 축감을 나쁘게하는 기술적 한계가 있다.

최근, 이와 같은 양모의 성질을 이용하여 양모섬유를 스트레칭함으로써 값비싼 fine wool을 만들어 저비용으로 고가의 양모사를 얻기위한 연구가 진행되어, 호주의 CSIRO에서 울 톱을 연신하여 제품화 하기도 하였다<sup>8,9)</sup>. 이 방법을 사용하면 스트레칭과정에서 스케일의 변형이 발생하므로 특별한 가공없이 물세탁이 가능하게 되고, 양모이면서 실크처럼 광택이 있는 제품의 생산이 가능하다. 그러나, 이 제품은 양모 톱을 꼬아주면서 50%정도 연신한 상태에서 영구 셋팅하여 물리를 이용한 연신이므로 연신비에 한계가 있고 원료섬유로 19 $\mu$ m이하의 최고급

품만을 사용하여야 하며 제조방법상 대량 생산에는 제한성이 있다. 또한, 톱 상태에서 연신을 하였으므로 별도의 방적공정을 거쳐야 하며 연신에 의해 크림프가 줄어들어 방적에 애로가 있다. 따라서 톱 연신사를 수입할때도 고비용이 소모될 수 밖에 없다.

따라서 톱 상태가 아닌 방적사를 직접 연신하여 고가의 세사로 제조하고 양모섬유의 가능성을 개선하는 연구가 진행되어 왔다<sup>10)</sup>. 그러나 현재까지 단순히 연신과정을 거친 방적사의 상품성 정도만 평가되었을 뿐 정확한 소모사 연신메카니즘에 관한 분석과 연신공정의 조건 변화가 소모연신사의 물성 변화에 미치는 영향에 관한 체계적인 연구가 없어 이 기술의 확산이나 제품전개는 아직까지 이루어지지 않고 있다.

본 연구에서는 값싼 24 $\mu$ m이상의 양모원료를 사용하여 제조한 60Nm의 일반 소모사를 실 상태에서 연신하여 고가의 세사를 제조함으로써 축감과 광택이 기존의 소모직물과 다르고 물세탁이 가능한 고감성 소모박지용 원사제조 기술을 확립하여 국제가격경쟁력을 가지면서 가능성을 개선한 획기적인 소모연신사를 개발하여 값비싼 수입제품의 대체품을 개발하고자 한다.

또한, 소모사 연신공정의 변화가 소모연신사의 물성에 미치는 영향을 고찰함으로써, 후공정인 제직, 편직 및 염가공 공정업체에서 제품개발에 활용 가능한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 시료제조

본 연구에 사용된 시료는 꼬임수 1,000TPM 과 1,350TPM 2/60Nm의 소모사를 사용하여 Fig. 1에 보여진 연신공정을 거쳐 소모연신사를 제조하였다. 연신 후 기대 변수는 2/60Nm보다 두 배 이상의 고가인 2/80Nm이다. 이때 환원제로는 Sodium Metabisulphite ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ), 산화제로는 35% 과산화수소( $\text{H}_2\text{O}_2$ )를 각각 사용하였으며, 세부 연신조건은 Table 1과 같다. 각 공정별 표준조건은 연신비 150%,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 농도 10g/l, 셋팅시간은 30분,  $\text{H}_2\text{O}_2$ 농도 10g/l로 하여 총 33종의 소모연신사를 제조하였다.

여기서, 환원제는 연신전 양모섬유의 시스템 결합을 파괴하여 연신의 효율을 높이기위한 전

Table 1. Descriptive processing conditions of the materials

Processing factor	Condition
Yarn count and twist of yarn	2/60Nm 1,000TPM, 2/60Nm 1,350TPM
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> concentration(g/l)	0, 5, <u>10</u> , 15
Draw ratio(%)	130, 140, <u>150</u> , 155
Setting time(min.)	5, 10, 20, <u>30</u> , 40
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> concentration(g/l)	0, 5, <u>10</u> , 15

\*      : standard condition

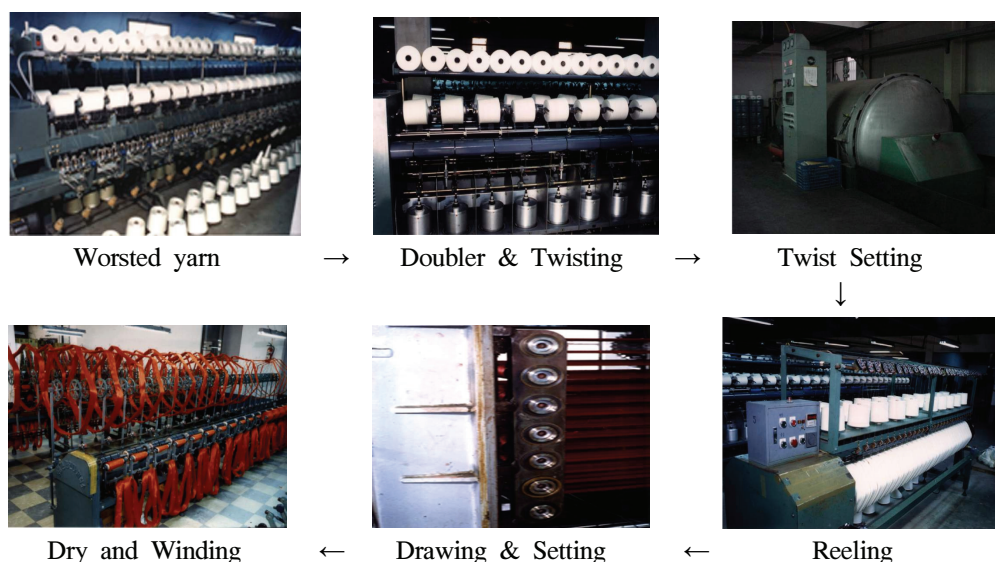


Fig. 1. Processing flow of worsted yarn drawing.

Table 2. Measuring equipment and method for physical properties of specimens

Property	Equipment	Condition	Remark
Surface	HITACHI S-3500N	×2,000	SEM
Cross-section	Optical microscope	×200	
Yarn count	Wrap reel	Sample length : 120yd	Metric count
Tensile	Uster Tensorapid 3 V5.3	Test speed 500m/min. Sample length : 500mm No. of test : 50 times	Tenacity Tensile strain Tensile modulus

처리제로 사용되었으며, 산화제는 연신후 늘어난 양모섬유를 영구고정하기 위해 시스틴 결합을 재형성시켜주기 위해 사용되었다.

## 2.2 물성시험

연신공정에 따른 소모연신사의 물성변화를 관찰하기 위해 Table 2와 같은 방법으로 물성을 측정하였다. 소모연신사의 형태 변화를 보기 위해 단면과 측면을 촬영하였고, 연신에 의한 번수와 인장성질의 변화를 각각 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 표면구조의 변화

Fig. 2에는 연신공정의 조건에 따른 모섬유의 표면구조 변화를 보이고 있다. 즉, (a)는 양모섬유의 시스틴결합 파괴를 위한 환원제(Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 농도의 변화, (b)는 연신비의 변화, (c)는 연신후 셋팅시간의 변화, (d)는 연신후 시스틴결합 복원을 위한 산화제(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)의 농도 변화에 따른 소모연신사의 표면구조 변화이다.



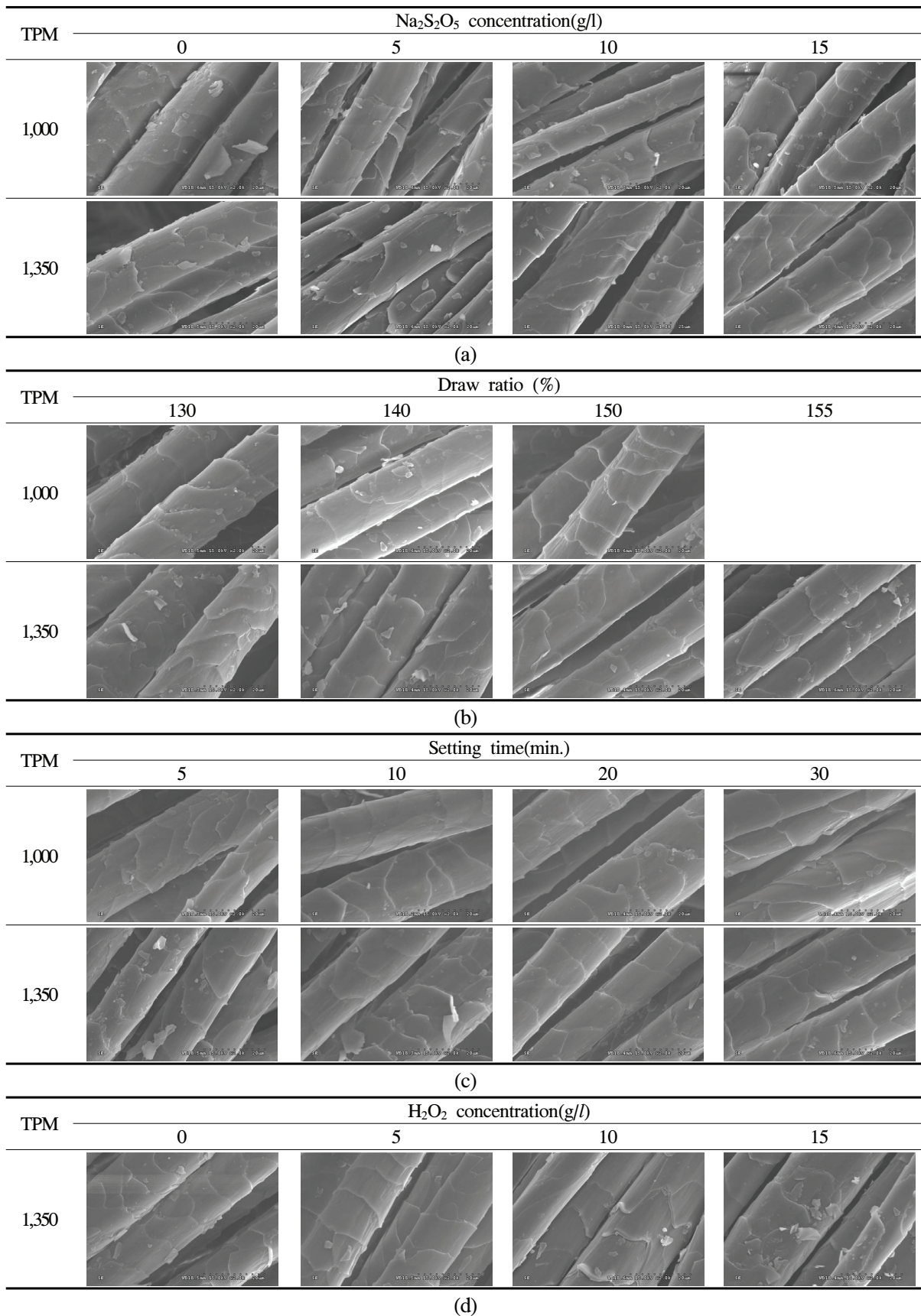


Fig. 2. SEM images of drawn worsted yarn with various process conditions.

(a) reducing agent concentration (b) draw ratio (c) setting time while drawing condition (d) oxidizing agent concentration

그림에서 보면 각 공정별 연신후 양모섬유의 표면에 scratching이 발생하고, 스케일이 파괴되었음을 알 수 있다. 이는 소모방적사가 꼬임이 있는 상태에서 인장력을 받음으로써 소모방적사 표면에서 내부로 압축력이 발생하게 되고 이 상태에서 연신을 받으므로 소모사 내부의 양모섬유간 마찰에 의해 scratching과 스케일의 파괴가 일어난 것으로 생각된다. 또한, 환원제에 의해 양모섬유의 시스틴결합이 파괴되면서 구조적으로 약해져 이러한 변화를 가중시켰을 것으로 생각된다. 스케일의 파괴와 scratching의 발생은 (a)에서의 환원제 농도, (b)에서의 연신비, (c)에서의 셋팅시간이 증가할수록 점점 더 많아짐을 알 수 있었다.

특히, (b)에서 볼 수 있듯이 연신비가 증가할수록 연신효과에 의해 스케일간 간격이 증가하였음을 알 수 있었고, 스케일 내 그리고 스케일과 cortex 사이에서 분리가 일어난것도 관찰할 수 있다. 이것은 Church 등<sup>11)</sup>이 양모섬유의 인장에 의한 길이

변화는 스케일과 cortex 사이에서 가장 많이 일어난다고한 연구결과와 일치한 것으로 생각된다. 이러한 스케일의 파괴와 스케일 간격의 증가 등의 변화는 소모연신사의 수축특성에도 영향을 미칠것으로 생각되며, 별도의 화학적인 방축가공 없이도 방축의 효과를 낼 수 있을것으로 기대할 수 있다. 또한, 표면의 scratching은 양모섬유 단면의 변화를 유발하여 이형단면사를 얻어서 촉감이나 광택의 변화를 가져와 고감성의 기능성 섬유를 기대할 수 있다.

### 3.2 단면구조의 변화

Fig. 3에 연신조건의 변화에 따른 단면구조의 변화를 보인다. 즉, (a) 연신비의 변화, (b)는 연신후 셋팅시간의 변화에 따른 소모연신사의 단면구조 변화이다. 원형단면인 보통의 양모사와는 달리 (a), (b)에서 보는것과 같이 연신비와 연신후 셋팅시간에 따라 양모섬유의 단면이 이형단면으로

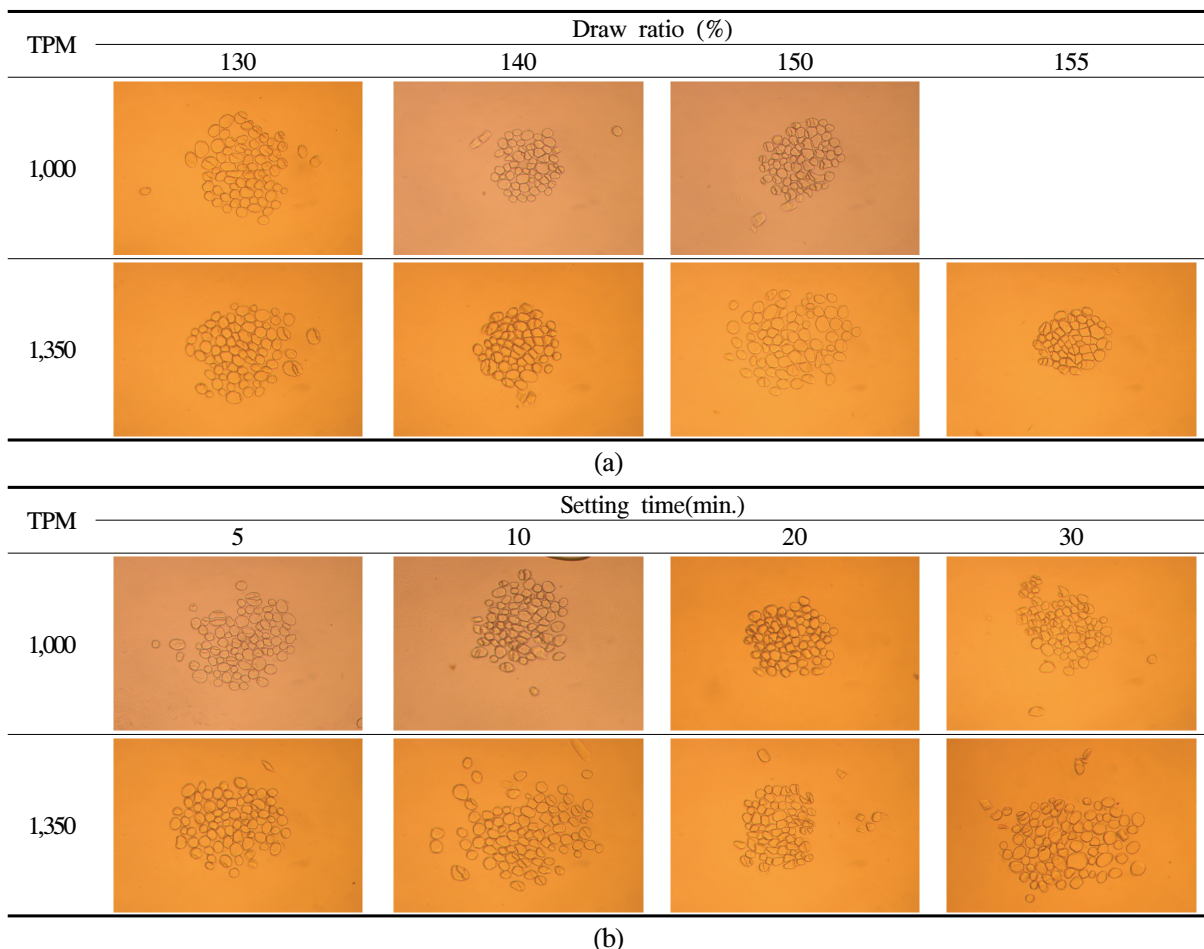


Fig. 3. Cross-sectional shapes of drawn worsted yarn with various process conditions.  
 (a) draw ratio (b) setting time while drawing condition

변하였음을 알 수 있다. 이것은 환원제에 의해 양모섬유의 구조가 약화된 상태인 소모방적사가 연신시 인장력을 받게 되면 방적사 표면으로부터 내부로 응력이 집중하게 되고, 그러한 응력에 의해 섬유단면 모양이 변한 것으로 생각된다. 즉, 환원제의 작용에 의해 시스템 결합이 파괴된 상태에서 인장력을 받으므로 소모사가 연신에 의한 인장력과 꼬임에 의한 압축력을 동시에 받게 되어 단면의 변화가 발생했다고 생각된다. 또한, Fig. 2에서 고찰하였듯이 인장에 의한 양모섬유 표면의 scratching도 이형단면의 한 원인이라 생각된다. 따라서 소모연신사는 이형단면을 가지므로 최종 천의 촉감이나 광택이 기존의 소모직물과는 다를 것으로 생각된다.

한편, (a)와 (b) 모두에서 볼 수 있듯이 꼬임이 1,000 TPM에서 1,350 TPM으로 증가하면 단면의 이형화는 더 심하게 발생하였는데, 이것은 꼬임이 증가하면 응집 응력이 더 강하게 발생하기 때

문에 연신시 더 강한 압축력이 발생했기 때문인 것으로 생각된다. 또한 (a)에서 보듯이 연신비가 증가할수록 소모연신사의 packing성도 훨씬 좋아짐을 확인할 수 있었다. 이러한 packing성의 변화는 단면의 변화와 함께 연신사의 물성과 향후 천의 촉감에도 영향을 줄 것으로 생각된다.

### 3.3 변수의 변화

Fig. 4에 연신조건의 변화에 따른 변수의 변화를 보인다. 즉, (a)는 환원제 농도의 변화, (b)는 연신비의 변화, (c)는 연신후 셋팅시간의 변화, (d)는 산화제의 농도 변화에 따른 소모연신사의 변수 변화이다. 그림에서 보듯이 2/60Nm 보통 품질의 소모사를 연신하여 기대변수인 2/80Nm의 소모연신사를 얻을 수 있었다.

(a)에서 보듯이 환원제 농도의 증가에 따라 소모연신사의 변수는 가늘어짐을 보이고 있다.

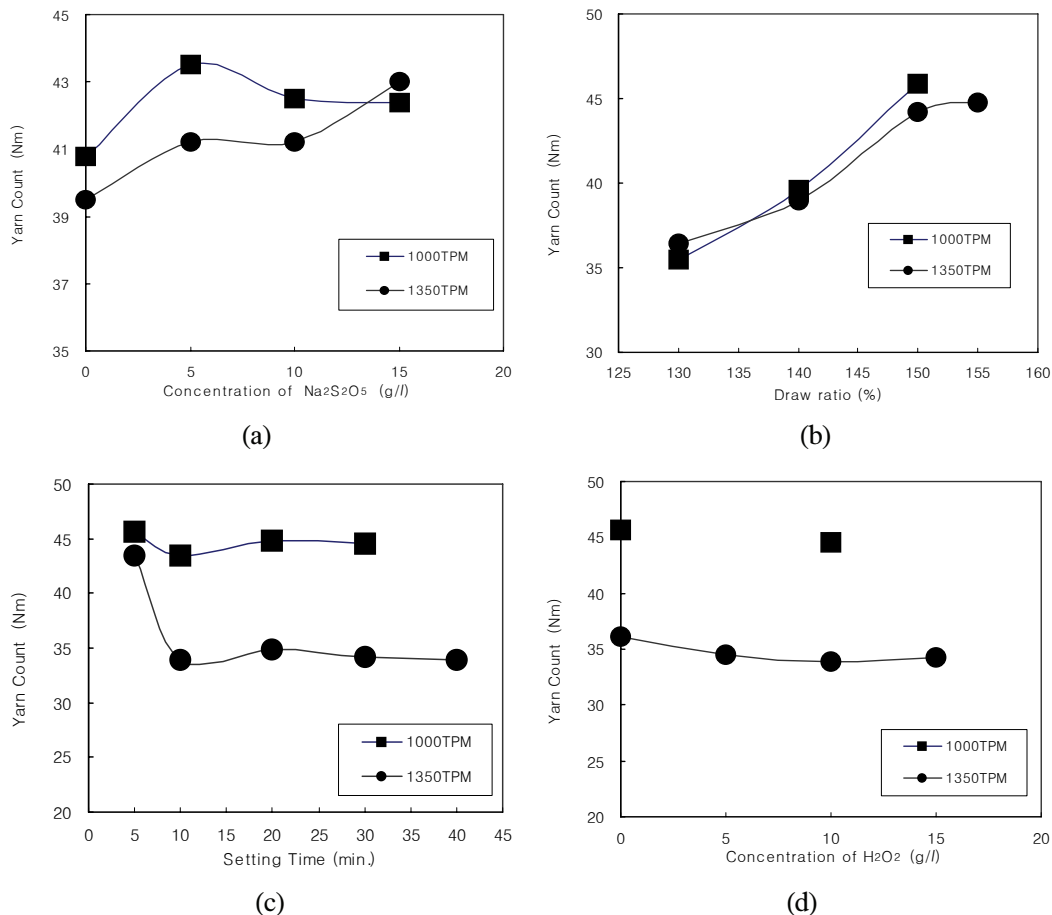


Fig. 4. Effect of drawing conditions on yarn count.  
 (a) reducing agent concentration      (b) draw ratio  
 (c) setting time while drawing condition      (d) oxidizing agent concentration



즉, 환원제의 농도 증가에 따라 양모섬유의 시스틴 결합이 점점 더 많이 파괴되므로 연신효과가 더 높아졌기 때문인 것으로 생각된다. (b)에서 볼 수 있듯이 연신공정 인자중 변수의 변화에는 연신비가 가장 큰 영향을 주었다. 연신비가 증가할수록 소모연신사의 굵기는 점점 더 가늘어졌는데, 특히 150%이상 연신시에는 2/90Nm 정도의 매우 가는 소모연신사를 얻을 수 있었다. 2/90Nm는 고가의 17 $\mu$ m이하의 양모원사로 제조하여야 얻을 수 있는 소모사인데, 소모연신사 제조공정으로 제조가 가능함을 확인할 수 있었다.

한편, Fig. 4의 (a)~(d) 모두에서 볼 수 있듯이 꼬임수에서는 꼬임이 많은 1,350 TPM 소모사의 변수가 1,000 TPM 소모사 보다 낮은 값을 보이는데, 이것은 꼬임이 많을수록 소모사내의 구성 섬유간 응집력이 높기 때문에 연신이 잘되지 않았을 것으로 생각된다. 그러나, Fig. 3에서 고찰한 것과 같이 꼬임이 많을수록 단면의 이형화가 더 많이

진행되므로 최종 제품의 기능성 요구도와 변수의 관계에 따라 적절히 공정조건을 조절할 필요가 있을 것이다. 그림의 (c), (d)에서 볼 수 있듯이 연신후 셋팅시간과 산화제의 농도는 변수의 변화에 큰 영향을 주지 않았다. 셋팅시간과 산화제는 연신후 소모연신사의 내부구조 안정화를 위한 공정이므로 굵기 변화에는 큰 영향을 주지 않은 것으로 생각된다.

### 3.4 인장강도의 변화

Fig. 5에 연신조건인 변화에 따른 인장강도의 변화를 보인다. 즉, (a)는 환원제 농도의 변화, (b)는 연신비의 변화, (c)는 연신후 셋팅시간의 변화, (d)는 산화제의 농도 변화에 따른 소모연신사의 인장강도 변화를 나타냈다. (a)와 (b)에서 볼 수 있듯이 환원제의 농도와 연신비의 증가에 따라 인장강도는 증가하는 경향을 보였다. 이는 양모섬유의 내부구조가 인장력에 의해  $\alpha$ -helical 구조

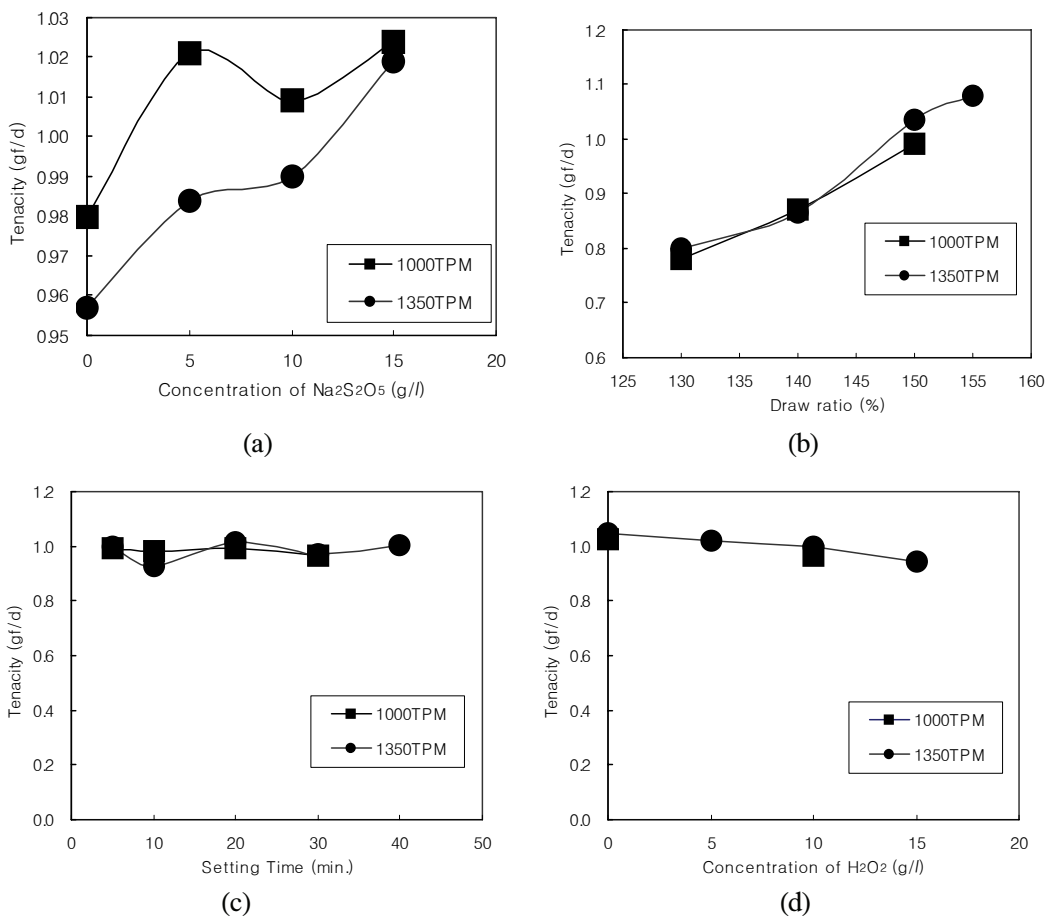


Fig. 5. Effect of drawing conditions on tensile tenacity.  
 (a) reducing agent concentration (b) draw ratio  
 (c) setting time while drawing condition (d) oxidizing agent concentration

에서 실크와 유사한  $\beta$ -pleated sheet 구조로 바뀌는 것으로 알려져 있는데<sup>3,4)</sup>, 소모사 연신공정의 인장력에 의해서도 양모섬유의 구조가 보다 딱딱한  $\beta$ -pleated sheet 구조로 변화되어졌기 때문으로 생각된다. 또한 연신이 양모섬유의 비정영역을 결정영역으로 전환시키기 때문에 강도가 증가한 것으로 생각된다. 그리고 연신에 의해 소모연신사에 작용하는 압축력으로 실의 packing 성이 좋아진 것도 강도 증가의 원인으로 생각된다. 환원제 처리의 목적은 연신전에 시스틴 결합을 파괴하여 연신의 효과를 높이기 위한 것인데, 환원제의 농도가 높을수록 인장강도가 증가한 것은 시스틴 결합의 파괴가 많아 연신이 보다 더 효과적으로 이루어졌기 때문이다. 따라서, 연신에 의해 결정영역이 많아지고 실크와 유사한 구조로 변화한 소모연신사는 향후 천으로 제조했을 때 얇으면서 촉감이 거칠어질 것으로 예측된다. 그리고, (c)에서 볼 수 있듯이 연신후 셋팅시간은 인장강도에 큰 영향을 미치지 못했다.

일반적으로 양모섬유의 시스틴 결합이 파괴된 후 생성된 thiol 기는 분자사슬이 이동후 인접한 분자사슬의 thiol 기와 만나서 재결합이 이루어져 구조가 안정화되는 zip- fastener 현상<sup>12)</sup>이 생기지만, 이 경우에는 환원제가 전처리되어 있으므로 셋팅시간이 길어지더라도 thiol기 재결합은 크게 일어나지 않았기 때문으로 생각된다. (d)에서 산화제의 농도가 증가할수록 인장강도는 약간 감소하는 경향을 보인다. 이는 양모섬유가 과산화수소와 같은 산화제에 의해 미세하게 분자구조적 손상을 받기 때문이며 이러한 손상 때문에 산화제의 농도가 증가할수록 강도는 감소하는 결과로 나타났다고 볼 수 있다.

### 3.5 인장신도의 변화

Fig. 6에 연신조건에 따른 인장신도의 변화를 보인다. 즉, (a)는 환원제 농도의 변화, (b)는 연신비의 변화, (c)는 연신후 셋팅시간의 변화, (d)는 산화제의 농도 변화에 따른 소모연신사의

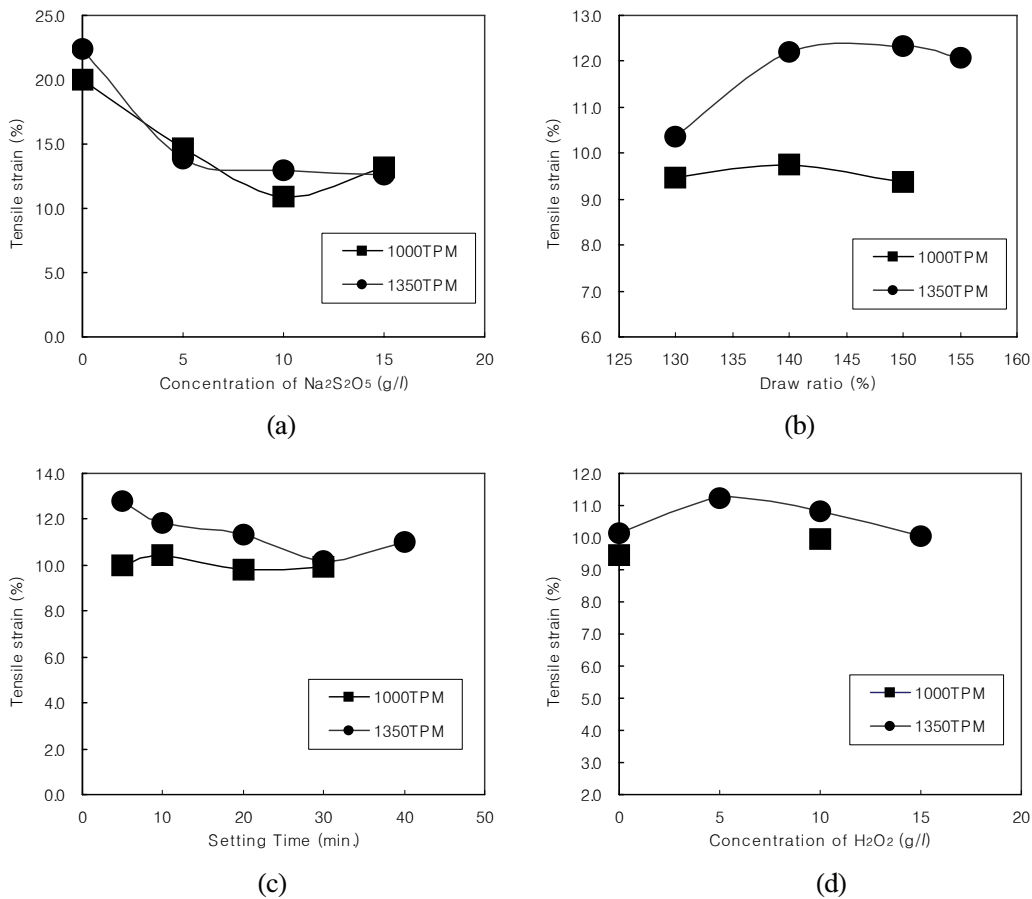


Fig. 6. Effect of drawing conditions on tensile strain.  
 (a) reducing agent concentration (b) draw ratio  
 (c) setting time while drawing condition (d) oxidizing agent concentration



인장신도 변화를 나타냈다. (a)에서 볼 수 있듯이 환원제의 농도가 증가할수록 인장신도는 감소하는 경향을 보이는데, 환원제의 농도가 증가할수록 시스틴결합의 파괴가 더 많이 일어나므로 인장력이 보다 더 효과적으로 작용함으로써 양모섬유에 결정구조가 더 많아지며 β-pleated sheet 구조도 많아졌기 때문으로 생각된다. 한편, (b)에서 볼 수 있듯이 연신비의 증가에 따라서는 신도가 약간 증가하거나 변화가 없는 것으로 나타났다. 일반적으로 섬유의 분자구조 변화에 따라 강도가 증가하게 되면 신도는 감소하는 경향을 보이지만, 소모연신사의 경우는 연신비가 증가하면서 소모사 내부로 작용하는 압축력의 증가에 의해 소모사 구성섬유의 단면이 이형화되면서 소모연신사의 compactness와 packing성이 좋아져 섬유간 마찰력이 증가함에 따라 쉽게 절단되지 않게되어 강도의 증가와 더불어 신도도 증가하거나 큰 변화가 없는 것으로 생각된다. (c)에서 볼 수 있듯이 연신후 셋팅시간은 인장신도에 뚜렷한 경향성을 보이지 않았다. (d)에서 볼 수 있듯이 산화제의 처리 농도가 증가할수록 인장신도는 조금 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보이는데, 인장강도와 마찬가지로 산화제 처리에 의해 분자 손상이 발생했기 때문인 것으로 생각된다.

### 3.6 인장 모듈러스의 변화

Fig. 7에 연신조건에 따른 인장 모듈러스의 변화를 보인다. 즉, (a)는 환원제 농도의 변화, (b)는 연신비의 변화에 따른 소모연신사의 인장 모듈러스 변화를 나타냈다. (a)에서 보인 환원제의 농도와 (b)에서 보인 연신비가 증가할수록

모듈러스는 증가하는 경향을 보이고 있다. 이것은 인장강도와 신도의 경우와 마찬가지로 연신에 의한 양모섬유의 결정구조 증가, β-pleated sheet 구조로의 변화와 소모연신사의 packing성 증가 때문인 것으로 생각된다. 특히 연신비의 증가에 따라서는 인장강도, 인장신도, 인장 모듈러스가 모두 증가하는 경향을 보여 양모섬유 분자구조가 실크와 유사하게 변화되었음을 추측할 수 있다. 따라서 인장강도에서 고찰한 것과 마찬가지로 소모연신사의 경우 천으로 제조했을 때 거친 촉감이 예상되며, 연신비가 높을수록 실크와 같은 이형 단면과 광택에 가까워질 것으로 예측된다.

## 4. 결 론

경량의 기능성 박지에 적용할 수 있는 저비용 고부가가치 원사이며 고가의 수입품을 대체할 수 있는 소모연신사의 연신공정 조건에 따른 연신사의 표면과 단면변화, 그리고 인장성질을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 소모사를 연신할 때 환원제의 농도, 연신비, 연신후 셋팅시간이 증가하면 양모섬유 표면의 스케일간 간격과 스케일 파괴가 늘어나고, 섬유간 마찰에 의해 표면 scratching이 증가한다. 또한, 연신에 의해 스케일 내, 스케일과 cortex 사이에서 분리가 일어났으며, 이러한 변형은 소모연신사의 방축효과를 기대할 수 있다.
2. 연신비와 연신후 셋팅시간이 증가할수록 양모섬유의 단면 이형화가 증가한다. 또한 꼬임수가 클수록 이형화는 더 많으며 연신비의 증가에 따라 소모연신사의 packing성도 좋아진다.

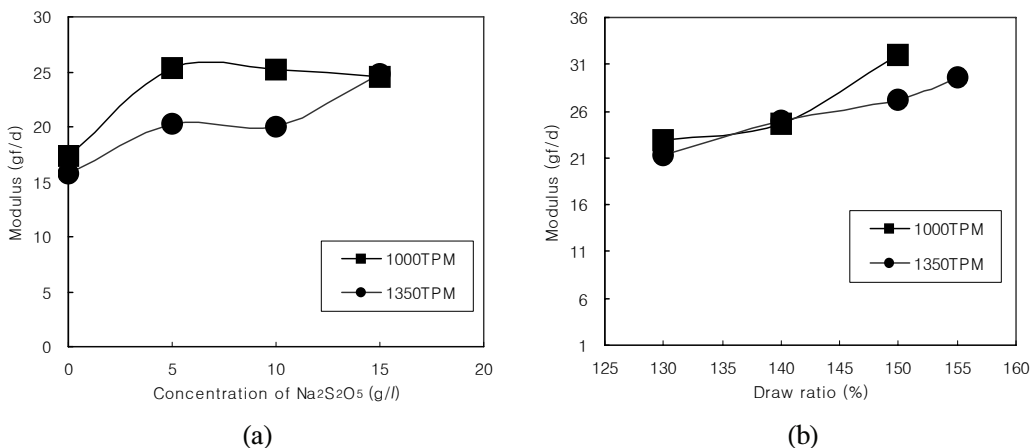


Fig. 7. Effect of drawing conditions on tensile modulus. (a) reducing agent concentration (b) draw ratio

3. 환원제 농도와 연신비가 증가할수록 소모연신사의 굵기는 감소하며 고가의 2/80Nm 이상의 소모연신사를 연신 공정에서 얻을 수 있다. 특히, 연신비가 150% 이상일 때는 2/90Nm 이상의 매우 가는 소모연신사를 얻을 수 있다. 한편 소모사의 꼬임이 증가하면 소모연신사의 굵기 감소는 적게 된다.
4. 환원제의 농도와 연신비가 증가하면 인장강도는 증가한다. 그러나, 연신후 셋팅시간은 큰 영향이 없으며 산화제의 농도가 증가하면 양모섬유의 분자구조 손상에 따라 인장강도는 감소한다.
5. 환원제의 농도가 증가할수록 인장신도는 감소하는 경향을 보이지만, 연신비의 증가에 따라서는 약간 증가하거나 변화가 없다. 또한, 산화제의 농도가 증가할수록 인장신도는 다소 감소하는 경향을 보인다.
6. 환원제 농도와 연신비가 증가할수록 인장모듈러스는 증가하는 경향을 보인다. 즉, 연신비의 증가에 따라 인장강도, 신도, 모듈러스는 모두 증가하고, 환원제의 농도증가에 따라서는 인장강도와 모듈러스는 증가하지만, 신도는 감소한다. 연신후 셋팅시간은 전반적으로 소모연신사의 물성에 큰 영향을 주지 못하고 산화제의 농도 증가는 인장강도와 신도를 감소시킨다.

### 참고문헌

1. [http://www.wool.com/Fibre-Selection\\_Woolcheque\\_Wool-Characteristics\\_Wool-diameter.htm](http://www.wool.com/Fibre-Selection_Woolcheque_Wool-Characteristics_Wool-diameter.htm)
2. R. Postle, G. A. Carnaby, and S. de Jong, "The Mechanics of Wool Structures", John Wiley & Sons, p.24, 1988.
3. E. G. Bendit, A Quantitative X-Ray Diffraction Study of the Alpha - Beta Transformation in Wool Keratin, *Text. Res. J.*, **30**, 547-555(1960).
4. A. R. B. Skertchley and H. J. Woods, The  $\alpha$ - $\beta$  Transformation in Keratin, *J. Text. Inst.*, **51**, T517-527(1960).
5. J. Cao and A. Y. Bhojro, "Proc. the 3rd Asian Textile Conf.", Hong Kong, p.201, 1995.
6. W. V. Bergen, "Wool Handbook Vol 1", 3rd Ed., John Wiley & Sons, pp.189-197, 1963.
7. A. J. Farnworth and J. Delmenico, "Permanent Setting of Wool", *Marrow*, pp.3-21, 1971.
8. <http://www.csiro.au/science/OPTIMfineOPTIMmax.html>
9. N. Norio, Optim/Odin-New Wool Material Having Polygonal Cross-Sections, *J. Textile Machinery Soc. Japan*, **52(8)**, 348-351(1999).
10. S. J. Kim, Development of High Sensible Fabrics Using Worsted Yarn Drawing Technology, *J. Korean Soc. Emotion Sensibility*, **10(4)**, 623-629(2007).
11. J. S. Church, G. L. Corino, and A. L. Woodhead, The Effects of Stretching on Wool Fibres as Monitored by FT-Raman Spectroscopy, *J. Molecular Structure*, **440**, 15-23(1998).
12. R. W. Burley, "Proc. 1st Int. Wool Text. Conf.", Australia, D88, 1955.