

## 연신공정 조건이 소모연신사의 물성에 미치는 영향 (II)

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

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

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

Won Hee Han<sup>1</sup>, Seung Jin Kim<sup>†</sup> and Jin Hwang Jo<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 Sewing Technology Institute, Daegu, Korea

(Received: December 21, 2009/Revised: January 25, 2010/Accepted: February 23, 2010)

**Abstract**— This effects of drawing conditions on the physical properties of the drawn worsted yarns were investigated. The drawn worsted yarns were made on the yarn drawing system with various drawing conditions such as concentration of reducing agent, draw ratio, setting time of drawn yarn and concentration of oxidizing agent. The dry and wet shrinkage, irregularity(CV%), thin and thick part, hairiness and abrasion resistance of these various specimens were measured and discussed in terms of various drawing conditions.

**Keywords:** wool, drawn worsted yarn, dry and wet shrinkage, irregularity, abrasion resistance

## 1. 서 론

일반적으로 고부가가치의 고감성 제품을 생산하기 위해서는 박지를 생산해야 하는데, 그렇게 하기 위해서는 천을 구성하고 있는 실을 매우 가늘게 만들어야 한다. 합성섬유는 방사와 연신공정을 통해 굵기를 제어하기 용이하므로 가는 실을 생산하기 쉽지만, 천연섬유는 자연에서 만들어진 섬유로 굵기의 제어가 어려울 뿐만 아니라 방적공정을 거쳐야 실이 되는 단섬유이므로 가는 실을 생산하기가 더욱 어렵다. 그러나, 최근 소비자들의 요구는 고감성, 고기능성의 박지를 요구하고 있어 업계에서는 이러한 제품 개발의 대응이 절실히 필요한 시기이다.

한편, 고급소재인 양모는 100% 해외에서 수입에 의존하고 있고 타 소재에 비해 고가를 지불하여 수입하고 있다. 더욱이 양모의 굵기가 가늘어질수록 원모의 수입가격은 급격히 증가한다<sup>1)</sup>.

소모방적사의 경우도 40Nm~60Nm 까지는 가격차가 거의 없지만 70Nm~80Nm으로 실이 가늘

어지면 60Nm에 비해 2~3배로 가격이 급격히 상승한다.

또한, 양모는 의류용 섬유로써 많은 장점을 가지고 있지만, 취급성에 있어서 단점을 가지고 있어 이를 개선하기 위해 여러 가지 가공을 하게 되는데 이것은 최종 제품의 물성에 나쁜 영향을 주고 있다. 이러한 이유로 양모섬유는 소비창출이 어려워 소모방적계의 어려움을 가중시키고 있다.

한편, 양모의 분자구조는 탄성의 결정영역이 비결정영역에 둘러싸인 점탄성구조의 2-phase 구조로 알려져 있다<sup>2)</sup>. 이러한 구조를 이용하여 Bendit 등<sup>3-5)</sup>은 양모에 stretching을 가하면  $\alpha$ -helix 구조가 인장력에 의해 연신되어 실크와 같은  $\beta$ -pleated sheet 구조로 변형된다는 것을 밝혔으며, Cao<sup>6)</sup>는 stretching에 의해 분자구조가 변하더라도 양모 소재 고유의 장점은 변화가 없음을 밝혔다.

이와 같은 양모섬유의 구조와 물성을 응용하여 양모 톱을 stretching 함으로써 가는 굵기의 양모 섬유를 얻기 위한 연구가 이루어져 왔다<sup>6-8)</sup>. 이러한 연구를 기반으로 호주의 CSIRO는 울 톱을

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

연신하여 OPTIM™ Fine과 OPTIM™ Max를 각각 상업화 시켰다<sup>9)</sup>. 그러나, 이 방법은 원료섬유로써 19 $\mu$ m정도의 최고급 양모섬유를 사용하여야하고, 톱을 연신하므로 대량생산이 어렵고, 별도의 방적공정을 거쳐야 하므로 국내에 수입될 때는 역시 높은 가격일수밖에 없다.

따라서, 톱이 아닌 소모방적사 상태에서 연신하여 가격경쟁력을 가지면서 소비자의 요구를 만족시켜줄 수 있는 고감성 양모소재를 개발하여 감성과 취급성을 개선하는 박지용 소재 개발이 국내 소모방업계로부터 요구되고 있다.

전보<sup>10)</sup>에서는 소모연신사의 표면, 단면, 연신사 변수, 인장성질을 연신공정에 따라 분석하여 연신에 의해 양모섬유의 스케일이 파괴되고 스케일간 간격이 증가하며, 표면에 scratching이 발생함을 확인하였다. 또한 연신에 의해 단면이 원형에서 이형단면으로 바뀌었으며 연신사의 packing성도 좋아져 향후 박지로 제조하였을 때 촉감과 광택, 그리고 취급성의 개선 등이 기대되는 소재를 얻을 수 있었다. 또한, 환원제의 농도와 연신비의 증가에 따라 연신사의 굵기는 감소하였으며, 특히 150%이상 연신시에는 2/90Nm까지 얻을 수 있었다. 연신비의 증가에 따라 인장강도, 신도, 모듈러스는 모두 증가하였고, 환원제의 농도증가에 따라서는 인장강도와 모듈러스는 증가하였지만, 신도는 감소하였다. 연신 후 셋팅시간은 전반적으로 소모연신사의 물성에 큰 영향을 주지 못했고 산화제의 농도 증가는 인장강도와 신도를 감소시킴을 알 수 있었다.

따라서, 본 연구에서는 전보<sup>10)</sup>에 이어서 국제 가격 경쟁력을 가지면서 촉감과 광택, 물세탁 등의 기능성을 갖는 소모연신사를 개발하고 연신공정의 변화에 따른 소모연신사의 취급성과 후 공정 즉, 제직준비, 제직, 편직, 염·가공공정 진행시 발생할 수 있는 물성변화를 실 상태에서

예측함으로써 연신 메카니즘과 연신기술을 확립하여 후 공정 관련 업체에서 제품 전개시 활용할 수 있는 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 시료제조

본 연구에 사용된 시료는 꼬임수 1,000TPM과 1,350TPM 2/60Nm의 소모사를 사용하여 연신공정을 거쳐 소모연신사를 제조<sup>10)</sup>하였다.

소모사의 연신효율을 높이기 위해 시스틴결합을 파괴시킬 목적으로 환원제인 Sodium Metabisulphite ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ )로 전처리하고 연신 후 산화제인 과산화수소( $\text{H}_2\text{O}_2$ )를 사용하여 소모연신사의 시스틴결합을 재형성시켜 소모연신사를 안정화 시켰다. 세부 연신공정 변화는 Table 1과 같다. 각 공정별 표준조건은 연신비 150%,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 농도 10g/l, 연신 후 셋팅시간은 30분,  $\text{H}_2\text{O}_2$ 농도 10g/l로 하여 총 33종의 소모연신사를 제조하였다.

### 2.2 물성시험

연신공정에 따른 소모연신사의 물성변화를 관찰하기 위해 Table 2와 같은 방법으로 물성을 측정하였다. 소모연신사가 직물이 되었을 때 수축특성을 예측하기 위해 실 상태에서 건열과 습열 수축특성을 시험하였고, 연신공정이 소모연신사의 균제도에 미치는 영향을 고찰하기 위해 불균제도 시험을 하였다. 불균제도의 경우 CV%, thin place, thick place 등이 상호 상관관계를 가지지만, 본 연구의 경우 연신공정 인자가 소모연신사의 구조변화에 미치는 영향을 심도 있게 고찰하기위해 각각 별도로 시험하였다. 건열수축률은 둘레길이 1m의 reel에 10회 회전하여 타래를 제조하고, 0.1g/d의 초하중하에서 길이를 측정(A)한 후 180 $^{\circ}$ C의 heat chamber내에서 30분간 무긴장 열처리를 한다.

Table 1. Descriptive processing conditions

Processing factor	Condition
Yarn count and twist of yarn	2/60Nm 1,000TPM, 2/60Nm 1,350TPM
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 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
$\text{H}_2\text{O}_2$ concentration(g/l)	0, 5, <u>10</u> , 15

\*     : standard condition

Table 2. Measurement of physical properties

Property	Equipment	Condition	Remark
Dry shrinkage	Wrap reel Heat chamber	Sample type : hank Temperature : 180℃ Treatment time : 30min. Pre-tension : 0.1g/d	Dry shrinkage(%) = $\{(A-B)/A\} \times 100$ .....(1)
Wet shrinkage	Wrap reel Water bath	Sample type : hank Temperature : 90℃ Treatment time : 30min. Pre-tension : 0.1g/d	Wet shrinkage(%) = $\{(C-D)/C\} \times 100$ .....(2)
Evenness	Uster tester 3 V2.42	Yarn speed : 200m/min. sample length : 1,000m	Irregularity(CV%) thin, thick, hairiness
Abrasion resistance	TM type yarn cohesion tester	Sample length : 200mm No. of test : 50 times	

이후 0.1g/d의 초하중하에서 길이를 측정(B)하여 Table 2의 (1)식으로 건열수축률을 계산하였다. 동일 시료에 대해 각 3회씩 실시하였다. 습열수축률은 상기와 동일한 방법으로 제조된 시료에 초하중 0.1g/d를 걸어 길이측정(C)을 한 후 90℃의 water bath에서 30분간 무긴장 열처리를 한다. 이후 동일한 초 하중에서 길이를 측정(D)하여 Table 2의 (2)식으로 습열수축률을 계산하였다. 역시 동일 시료에 대해 각 3회씩 실시하였다.

또한, 소모연신사의 제품화를 위한 후 공정 중 소모연신사가 기계와의 마찰에 의한 마모나 제품 착용중의 내마모성을 예측하기 위해 내마모성 시험을 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 건열수축률의 변화

Fig. 1에는 연신공정의 조건에 따른 소모연신사의 건열수축률의 변화를 보이고 있다. 즉, (a)는 양모섬유의 시스틴결합 파괴를 위한 환원제(Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)농도의 변화, (b)는 연신비의 변화, (c)는 연신 후 셋팅시간의 변화, (d)는 연신 후 시스틴결합 복원을 위한 산화제(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)의 농도 변화에 따른 소모연신사의 건열수축률의 변화이다. 양모섬유는 스케일을 가지고 있기 때문에 펠팅성에 의한 수축이 큰 단점 중의 하나이다. 전보<sup>10)</sup>에서 소모사를 연신할 경우 스케일의 파괴, 스케일 사이의 간격 증가, 양모 표면의 scratching 발생, 이형단면화, packing성의 증가를 확인할 수 있었다. 이러한 물리적 변화는 특별한 방축가공 없이도 소모연신사의 수축률을 낮게 할 것으로 예상되는 변화이다.

(a)에서 볼 수 있듯이 환원제의 농도가 증가할수록 건열수축률은 감소하다가 다시 증가한 후 약간 감소하는 경향을 보인다. 환원제에 의해 양모섬유내의 시스틴결합의 파괴가 늘어나므로 연신효율이 증대되어 양모섬유의 길이 변형이 늘어나면서 섬유내의 스케일 파괴와 변형이 증가하였기 때문에 펠팅성이 감소하게 되어 건열수축률이 5% 농도에서 가장 낮은치를 보인다고 생각된다. 그러나, 환원제의 농도가 10%로 증가하면 환원제에 의한 내부구조 변화와 더불어 느슨한 내부구조에 의한 물리적인 연신효율의 증대가 동시에 일어나 섬유내부에 응력이 잔류하는 양이 많아지게 된다. 따라서 건열수축률에 두 인자가 동시에 영향을 주므로 다소 증가하는 경향이 나타나는 것으로 생각된다.

한편, 같은 연신비에서 환원제의 농도가 증가할 때 꼬임이 1,350 TPM인 시료가 1,000 TPM 시료보다 건열수축률이 낮게 나오는데, 이는 꼬임이 많을수록 연신에 의한 내부 압축응력이 증가하면서 연신을 받으므로 스케일의 파괴와 scratching이 더 많이 일어났기 때문에 낮게 나타나는 것으로 생각된다.

(b)에서 볼 수 있듯이 연신비가 증가하면 건열수축률도 증가하는 경향을 보였다. 전보<sup>10)</sup>에서 고찰하였듯이 연신비가 증가할수록 양모섬유의 스케일의 파괴와 간격의 증가, 이형단면의 증가 등이 수축률의 감소 요인으로 작용하지만, Bendit 등<sup>3-5)</sup>의 연구결과에서 보듯이 연신비가 크게 증가하면 합성섬유와 같이 양모섬유 내에서도 비결정영역이 결정영역으로 전이되고, 내부에 잔류응력이 더 많이 남아 있게 되므로 이러한 잔류응력

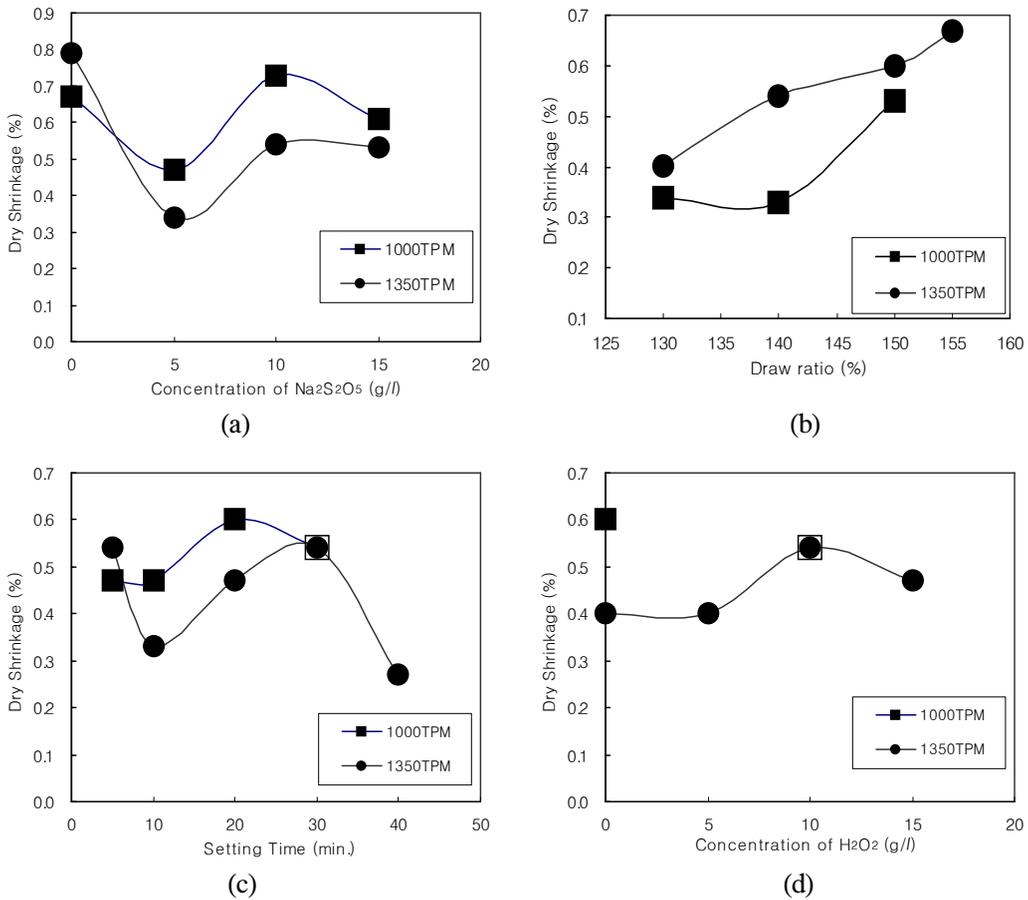


Fig. 1. Effect of drawing conditions on dry shrinkage.

이 완화되면서 수축응력이 증가하여 건열수축률이 증가하였다고 생각된다. 또한, 꼬임수가 1,350 TPM인 시료가 연신중 꼬임에 의한 압축응력 증가로 수축응력이 1,000 TPM 시료보다 더 높아져 건열수축률이 높게 나타난 것으로 생각된다. 즉, 연신비가 증가하게 되면 스케일 등의 구조변화의 영향보다는 연신에 의한 잔류응력의 영향을 더 많이 받는다는 것을 알 수 있다.

(c)와 (d)에서 보는 바와 같이 연신 후 셋팅시간과 산화제의 농도의 증가에 따라서는 건열수축률이 특별한 경향성을 나타내지는 않았다.

전체적으로 건열수축률이 0.8%이하로 연신 작용에 의해 수축이 개선됨을 알 수 있었다.

### 3.2 습열수축률의 변화

Fig. 2에는 연신조건의 변화에 따른 습열수축률의 변화를 보인다. (a)에서 볼 수 있듯이 환원제의 농도가 증가할수록 습열수축률이 급격히 감소함을 알 수 있다. 특히 농도가 0g/l일 때 30%이

상이던 습열수축률이 농도 15g/l에서는 5%로 급감하였다. 환원제의 농도증가는 분자사슬의 시스템결합의 파괴를 증가시켜 같은 연신비에서도 연신이 많이 일어나고, 연신작용에 의해 소모연신사 내의 양모섬유의 마찰이 증가하여 스케일의 파괴와 스케일 간 간격의 증가로 습열수축률이 감소한 것으로 생각된다.

(b)에서 볼 수 있듯이 연신비가 증가함에 따라 습열수축률은 1,350 TPM의 경우는 증가하고, 1,000 TPM의 경우는 큰 변화를 보이지 않았다. 꼬임수가 낮은 경우는 연신비의 증가에 따른 스케일의 변형과 소모연신사의 packing성 증가로 습열수축률의 변화가 없지만, 꼬임수가 1,350 TPM으로 높아지면 꼬임에 의해 연신중 소모사 내부로 응력이 보다더 많이 집중하게 되고, 이러한 내부 응력의 집중이 잔류응력으로 남아 습열시에 응력완화가 일어나 습열수축률이 증가하는 것으로 생각된다. 이는 건열수축률에 대한 Fig. 1의 (b)에서와 동일한 이유인 것으로 생각된다.

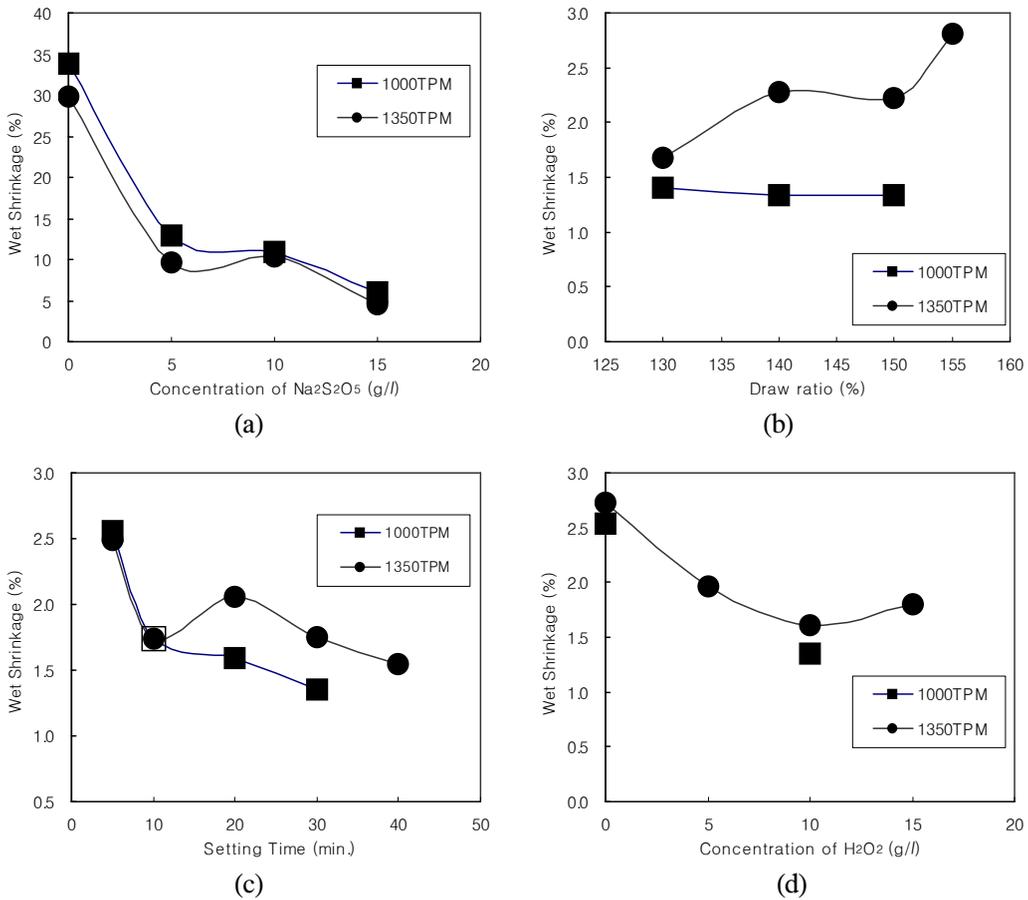


Fig. 2. Effect of drawing conditions on wet shrinkage.

그렇지만, 연신비가 증가할수록 습열수축률이 증가하더라도 3%이하이므로 일반 양모섬유에 비해 수축성이 좋아짐을 알 수 있다.

(c)에서 볼 수 있듯이 연신 후 셋팅시간이 증가할수록 습열수축률은 감소함을 알 수 있다. 연신 후 열이 가해진 상태에서 일정시간동안 정지하고 있으므로 내부 응력이 완화하여 잔류응력이 감소하게 되어 습열수축률은 감소하는 경향을 보인 것으로 생각된다.

(d)에서 볼 수 있듯이 산화제의 농도 증가에 따라 습열수축률은 감소하는 경향을 보인다. 산화제의 농도가 증가할수록 환원제에 의해 끊어진 시스템 결합의 재형성이 많아지므로 구조적으로 안정되어 습열수축률이 감소하는 것으로 생각된다.

### 3.3 불균제도의 변화

Fig. 3에는 연신조건의 변화에 따른 불균제도 (CV%)의 변화를 보인다. (a)에서 볼 수 있듯이 환원제의 농도가 증가할수록 불균제도는 증가하는 경향을 보인다.

이는 환원제의 농도증가에 따라 양모섬유내의 시스템결합이 많이 끊어지면서 thiol기가 증가하고 동시에 연신작용을 받음에 따라 길이 변형이 많이 발생하게 되는데, 길이 변형은 주로 소모사의 가는 부분에서 인장 응력이 집중되어 연신이 되었기 때문인 것으로 생각된다. 즉, 굵은 부분과 가는 부분의 편차가 증가하여 불균제도가 증가하는 것으로 생각된다. 한편, 환원제의 농도가 15g/l로 높아지면 많은 양모섬유가 환원제의 작용을 받아 섬유구조가 전체적으로 약화되어 가는 부분 뿐만 아니라 굵은 부분에서도 길이변형이 쉽게 일어나 불균제도는 10g/l보다 감소한 것으로 생각된다.

(b)에서 볼 수 있듯이 연신비가 증가할수록 불균제도는 증가하는 경향을 보였다. 연신작용이 증가할수록 소모사에 걸리는 인장력이 증가하게 되는데, 이때 인장력은 상대적으로 가는 부분에 집중되므로 이 부분에서 연신이 많이 발생하게 되어 굵은 부분과의 편차가 많이 발생하여 불균제도는 증가하는 것으로 생각된다.

이처럼 불균제도가 증가하는 것은 소모연신사

의 품질에는 좋지 않은 영향을 주지만 이러한 불균제도가 제직이나 편직공정에 큰 영향을 줄 수 있으므로 특수사의 용도로 사용하여 감성소재 개발에 적용할 수 있다고 생각된다.

(c)에서 볼 수 있듯이 연신 후 셋팅시간이 증가함에 따라 불균제도는 약간 감소하는 경향을 보이는데, 이는 연신 후 셋팅시간이 증가하면 소모연신사의 내부 잔류응력이 완화되면서 Fig. 2 (c)에서 고찰하였듯이 습열수축률이 낮아지게 된다. 따라서 연신공정의 마지막인 산화제 처리공정에서 습열을 받은 소모연신사의 수축률이 낮아져, 연신사의 굵기 편차가 다소 감소하므로 불균제도가 약간 감소한 것으로 생각된다.

(d)에서 볼 수 있듯이 산화제의 농도는 연신공정 후 무 긴장 상태에서 이루어지며 소모연신사의 시스템결합을 재 형성하기 위해 사용되어지므로 불균제도에는 영향을 주지 않았다.

### 3.4 Thin part의 변화

Fig. 4에는 연신조건의 변화에 따른 thin part의 변화를 보인다.

(a)에서 볼 수 있듯이 환원제의 농도가 증가할수록 Fig. 3의 불균제도와 마찬가지로 thin part가 증가하다가 감소하는 경향을 보인다. 연신비가 일정한 상태에서 환원제의 농도가 증가하면 양모섬유 내부구조 변화의 영향을 받아 연신이 일어나게 되는데, 최초 가는 부분에서 연신이 일어나므로 thin part가 증가하는 것으로 생각된다. 또한 전보<sup>10)</sup>의 변수변화와 연계하여 고찰해 보면 환원제의 농도증가에 따라 소모연신사의 굵기가 감소하지만 감소 폭은 그다지 많지 않기 때문에 평균 굵기의 50%이하 굵기인 thin part가 많아진 것으로 생각된다. 그러나, 환원제의 농도가 15g/l에서는 Fig. 3 (a)에서 고찰한바와 같이 양모섬유 시스템 결합이 많이 파괴되어 굵은 부분에서도 연신이 일어나 thin part의 감소를 일으킨 것으로 생각된다.

(b)에서 볼 수 있듯이 연신비가 증가할수록 thin part는 감소하는 것으로 나타났다. 연신작용이 상대적으로 가는 부분에서 일어나지만, 전보<sup>10)</sup>의 연신비 변화에 따른 변수 변화와 연계해 고찰해 보면 연신비가 증가할수록 소모연신사의 굵기가 급속히 감소함을 알 수 있었다.

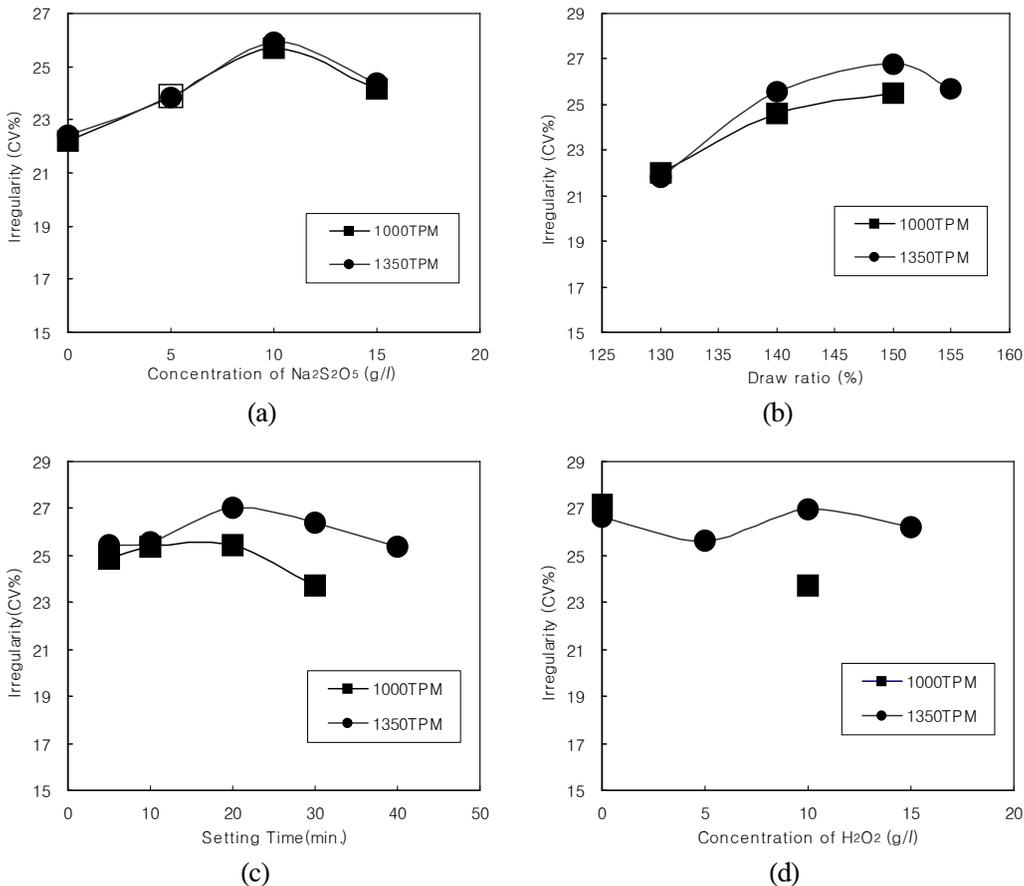


Fig. 3. Effect of drawing conditions on irregularity.

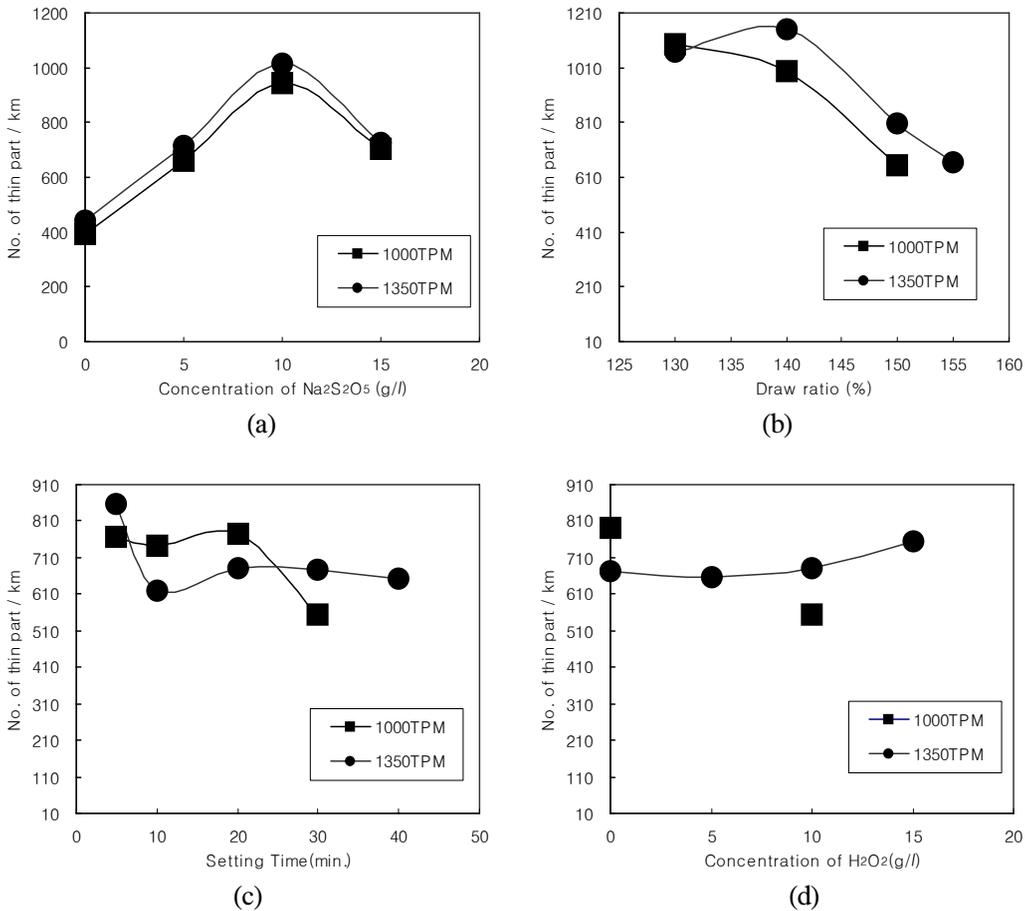


Fig. 4. Effect of drawing conditions on thin place.

따라서, 평균 굵기의 50%이하 굵기인 thin part가 상대적으로 감소하게 된 것으로 생각된다. (c)에서 볼 수 있듯이 연신 후 셋팅시간이 증가하면 thin part는 약간 감소함을 알 수 있다. 이는 셋팅시간이 증가할수록 가는 부분에서 일어난 연신과 더불어 굵은 부분도 응력의 영향으로 연신이 일어나 thin part는 감소한 것으로 생각된다. (d)에서 볼 수 있듯이 시스틴결합의 재형성을 위한 산화제는 농도가 증가하여도 불균제도와 마찬가지로 thin part에는 큰 영향을 주지 않았다.

### 3.5 Thick part의 변화

Fig. 5에는 연신조건의 변화에 따른 thick part의 변화를 보인다. (a)에서 볼 수 있듯이 환원제의 농도가 증가할수록 thick part는 증가하는 경향을 보였다. 연신이 주로 소모사의 가는 부분에서 집중적으로 일어나므로 평균 굵기의 50% 이상인 thick part가 상대적으로 많아졌기 때문으로 생각된다. 그러나 그 변화의 정도는 크지 않았다.

(b)에서 볼 수 있듯이 연신비가 증가할수록

thick part는 급격히 증가하였다. 이는 전보<sup>10)</sup>에서 연신비와 변수의 관계를 나타낸 결과와 본 연구의 연신비와 thin part의 관계를 나타낸 Fig. 4 (b)에서 고찰한 바와 같이 연신비가 증가함에 따라 소모사의 가는 부분에서 연신이 급속히 진행되므로 소모연신사의 굵기가 급속히 감소하게 되고 따라서, 상대적으로 연신이 적어 평균 굵기의 50% 이상이 되는 thick part가 증가하였다고 생각된다.

(c)에서 볼 수 있듯이 연신 후 셋팅시간이 증가함에 따라 thick part는 감소하는 경향을 보인다. 이는 연신 후 셋팅시간이 증가할수록 소모사의 굵은 부분에서도 연신이 조금 일어나기 때문인 것으로 생각된다. 전보<sup>10)</sup>에서 고찰한 것과 같이 연신 후 셋팅시간은 소모연신사의 물성에는 큰 영향을 주지 않았고, 앞서 고찰한 바에 의하면 셋팅시간은 불균제도와 thin, thick part를 감소시키고 있으므로 연신 후 셋팅시간은 인장성질과 변수와 같은 물성변화를 크게 일으키지 않으면서 불균제도 등을 다소 줄여주는 역할을 하므로 셋팅시간이 증가할수록 소모연신사의 품질안정화

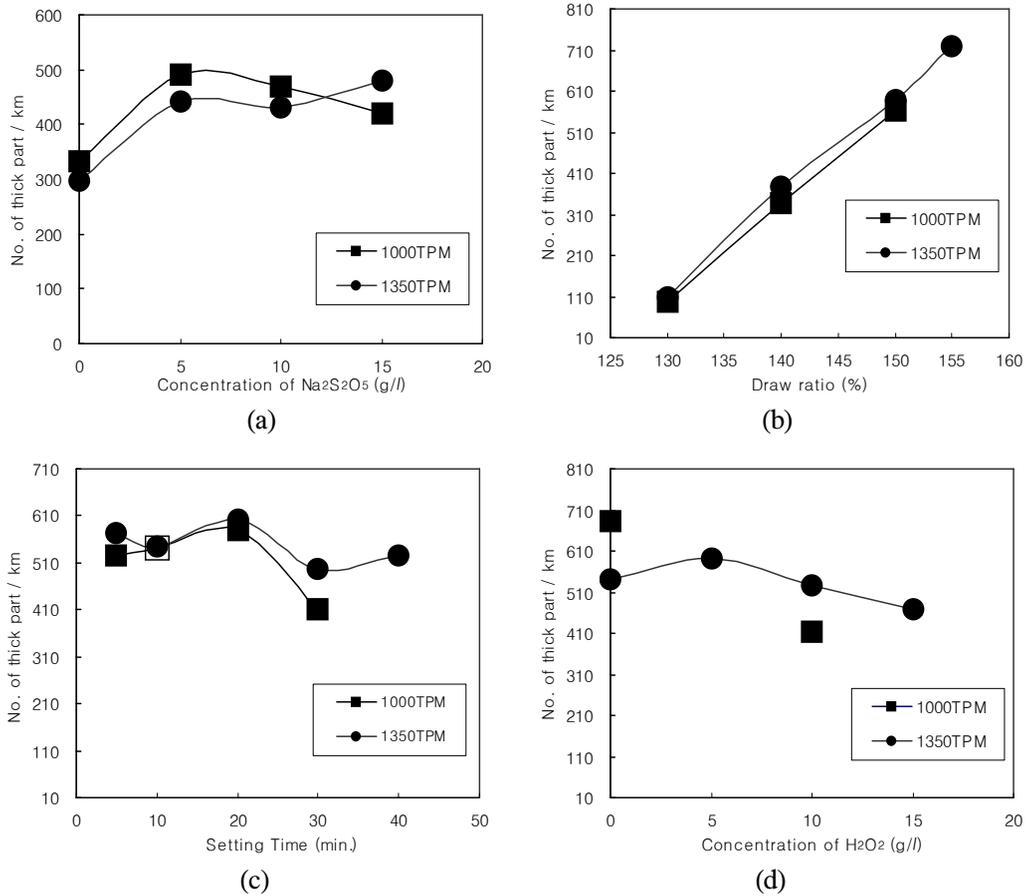


Fig. 5. Effect of drawing conditions on thick place.

를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

(d)에서 볼 수 있듯이 산화제의 농도가 증가함에 따라 thick part는 약간 감소하였다. 이는 산화제의 처리 시 시스틴결합이 재형성되면서 약간의 수축이 일어났기 때문으로 생각된다.

### 3.6 Hairiness의 변화

Fig. 6에는 연신조건의 변화에 따른 hairiness의 변화를 보인다. (a), (b)에서 볼 수 있듯이 산화제의 농도와 연신비가 증가할수록 hairiness는 약간 감소하는 경향을 보인다. 이는 소모연신사의 길이가 늘어나면서 연신전의 소모사가 갖고 있는 hair의 상대적 거리가 증가하게 됨에 따라 전반적으로 hairiness가 감소하는 것으로 생각된다. (c)에서 볼 수 있듯이 연신 후 셋팅시간은 소모연신사의 길이변화를 일으키지 않으므로 hairiness의 변화는 없었으며, (d)에서 볼 수 있듯이 산화제의 농도증가에 따라 hairiness가 약간 증가하는데, 이는 산화제의 작용에 의해 가교결합이 재형성되면서 약간의 수축이 일어나 소모연신사의 길이가

줄어 hair의 상대적 거리가 좁아졌기 때문으로 생각된다.

### 3.7 내마모성의 변화

Fig. 7에는 연신조건의 변화에 따른 내마모성의 변화를 보인다. (a)와 (b)에서 볼 수 있듯이 환원제의 농도 증가와 연신비의 증가에 따라 내마모성은 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 환원제와 연신비의 변화에 따른 불균제도의 변화를 나타낸 Fig. 3의 (a), (b)에서 고찰하였듯이 환원제의 농도와 연신비가 증가할수록 소모연신사의 불균제도가 증가함에 따라 상대적으로 약한 부분이 많아져 마찰에 의한 저항성인 내마모성이 감소하는 것으로 생각된다. 따라서 소모연신사의 제품화를 위한 제직준비, 제직, 편직공정에서 공정관리에 주의가 필요할 것으로 생각된다. (c)에서 볼 수 있듯이 연신 후 셋팅시간이 증가할 경우 내마모성은 약간 감소하였으나, (d)에서와 같이 산화제의 증가에 따라서는 내마모성이 특별한 경향성을 보이지 않았다.

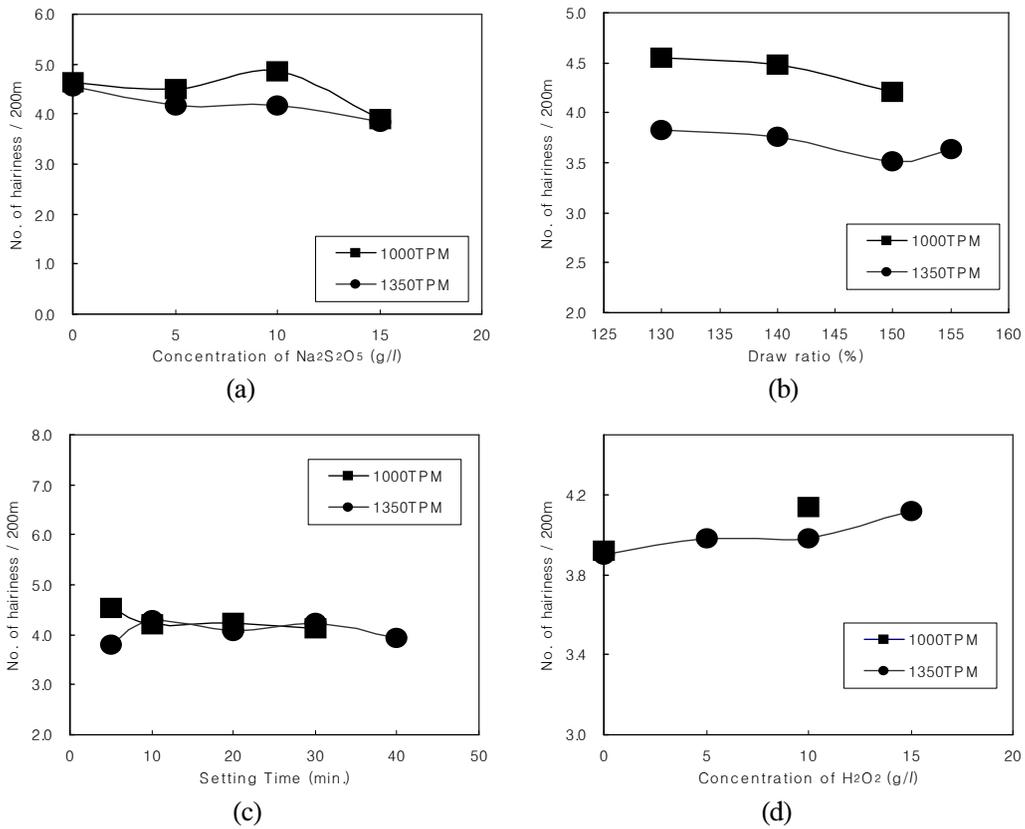


Fig. 6. Effect of drawing conditions on hairiness.

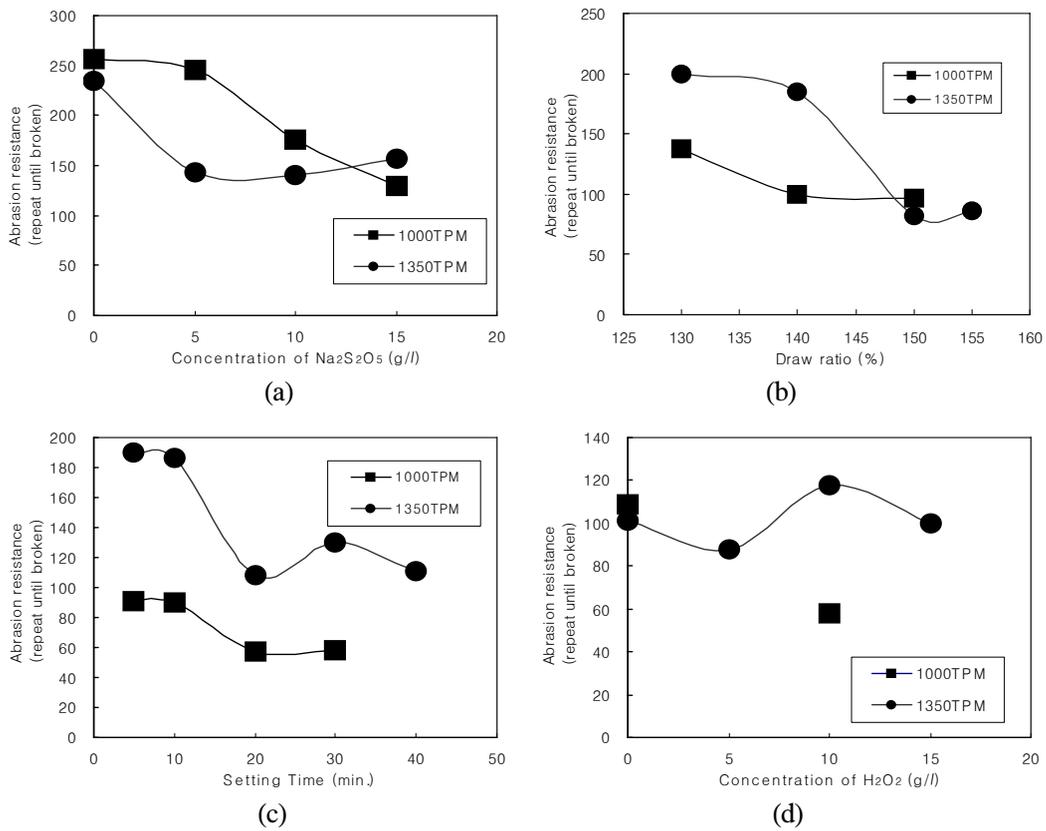


Fig. 7. Effect of drawing conditions on abrasion resistance.

## 4. 결 론

소모사를 연신하여 고가의 수입원사를 대체할 수 있고, 기능성과 양호한 취급성을 가지는 소모 연신사를 개발하기 위해 다양한 연신조건을 변화시킨 후 수축특성과 불균제도, 내마모성 등을 평가하여 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 환원제의 농도가 증가할수록 소모연신사내의 양모섬유의 스케일의 파괴와 변형이 증가하여 건열수축률은 감소하였으나, 연신비가 증가하면 건열수축률은 증가하는 경향을 보였다.
2. 습열수축률은 환원제의 농도가 증가할수록 급격히 감소하였다. 그러나, 연신비가 증가하면 꼬임수가 1,350 TPM인 경우는 습열수축률이 증가하였다. 또한, 연신 후 셋팅시간과 산화제의 농도가 증가하면 습열수축률은 감소하는 경향을 보였다.
3. 불균제도(CV%)는 환원제의 농도와 연신비가 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 연신 후 셋팅시간이 증가하면 불균제도는 약간 감소하였다.
4. thin part는 환원제의 농도가 증가하면 증가하다가 15g/l에서는 감소함을 나타냈다. 연신비가 증가할 때는 thin part가 감소하였으며, 또한 연신 후 셋팅시간이 증가하면 thin part는 감소하는 것으로 나타났다.
5. thick part는 환원제의 농도와 연신비가 증가할수록 소모사의 가는 부분에서 연신이 일어나므로 증가하였지만, 연신 후 셋팅시간과 산화제의 농도가 증가함에 따라 약간 감소하였다.
6. hairiness는 산화제의 농도와 연신비가 증가할수록 감소하는 경향을 보이는데, 이는 소모연신사의 길이 증가에 따라 hair의 상대적 거리가 늘어났기 때문으로 생각된다.
7. 내마모성은 환원제의 농도, 연신비, 연신 후 셋팅시간이 증가함에 따라 감소함을 나타냈다. 따라서, 제직과 편직 등 후 공정에서는 공정관리에 주의가 필요할 것으로 생각된다.

## 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. M. Bona, "An Introduction to Wool Fabric Finishing", Eurotex, Italy, pp.37-40, 1993.
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. M. Feughelman, A. R. Haly, and J. W. Smith, Permanent Set and Keratin Structure, *Text. Res. J.*, **32**, 913-917(1962).
6. J. Cao and A. Y. Bhoyro, "Proc. of the 3rd Asian Textile Conf." , Hong Kong, p.201, 1995.
7. 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).
8. A. Y. Bhoyro, J. R. Cook, L. K. Hillbrick, B. E. Liddicoat, G. J. O'loughlin, D. G. Phillips, and G. A. Robinson, "Proc. the 4th Asian Textile Conf." , Taipei, p.999, 1997.
9. <http://www.csiro.au/science/OPTIMfineOPTIMmax.html>
10. W. H. Han, S. J. Kim, and S. R. Kim, The Effects of Drawing Conditions on Physical Properties of the Drawn Worsted Yarns(I), *Textile Coloration and Finishing(J. Korean Soc. Dyers & Finishers)*, **22**(1), 51-60(2010).