

## 기상 오존처리법을 이용한 폴리에스테르직물의 유연성에 관한 연구

이문수<sup>1)</sup> · 권윤정<sup>2)</sup>

1) 배재대학교 패션의류학부

2) 건국대학교 섬유공학과

### A Study on the Softness Properties of Polyester Fabric Using Vapor Type Ozone Treatment

Mun-Soo Lee<sup>1)</sup> and Yoon-Jeong Kwon<sup>2)</sup>

1) Dept. of Clothing and Textiles, Paichai University, Daejeon, Korea

2) Dept. of Textile Eng., Konkuk University, Seoul, Korea

**Abstract :** We studied on the softness properties of polyester fabric by vapor type ozone processing using ozone's strong oxidation instead of 25% NaOH chemical treatment. When vapor type ozone processing was directly treated to fabrics retaining water to 40% pick up ratio, high concentration ozone was generated oxidation of 3~4% approximately in polyester fabrics and finally its softness improved. The fabric's softness effect was improved because vapor type ozone generated the highest decomposition to oxidation of surface and inter molecules. The experiment revealed that fabric's softness was improved by change of the time of vapor type ozone processing. However, tensile strength and elongation were reduced by increase in time, 60 minute was assumed as the most optimized time to minimize the reduction of fabric's tensile strength and elongation as well as maximizing the fabric's softness.

**Key words :** softness improving, vapor type ozone processing, polyester fabric

## 1. 서 론

합성섬유의 단점 중에 하나인 촉감 및 유연성을 개선하기 위하여 주로 폴리에스테르 직물은 강알칼리성 화학약품인 NaOH로 감량가공을 하여 유연성을 증진시키고 있으나, 이는 과도한 물의 사용과 더불어 가공처리 후의 폐약품 및 폐기물로 인하여 심각한 수질오염의 주된 원인이 되고 있다(서말용, 1992).

이러한 NaOH 등과 같은 화학약제를 사용하는 합성직물에 대한 염색 및 가공으로 인한 수질오염의 문제점을 해결하기 위하여 많은 연구가 활발히 이루어지고 있으나, 그 중 한가지 해결 방법으로 고려할 수 있는 것이 ozone을 이용한 방법이라고 할 수 있다.

Ozone은 1785년 전기분해 실험 중 우연히 발견된 이후 1800년대에 그 제조법이 확립되었고, 현재 적용되는 곳이 광범위하여, 살균소독(Legeron, 1984), 식품의 저장(Takada, 1989), 펄프의 표백(二木, 1992), 섬유류의 탈색(松井, 1991; 이문수 등, 1997; 김경아, 1998) 등에 이용할 수 있다고 보고하고 있으며, ozone의 특성은 불소(F) 다음으로 강한 산화력(ozone의 산화, 환원 전위는 2.07V임)을 지니고 있으며(Kinman, 1972), 상온에

서 수십 시간의 반감기를 가진 후 산소분자로 분해할 때 활성 산소원자를 방출함으로써 강한 산화력을 발휘한다(難波, 1986).

이와 같은 ozone을 이용하여 폴리에스테르 직물을 가공처리를 한다면 현재 사용되고 있는 NaOH 등과 같은 공업용 화학약품에 의한 촉감개선 가공방법보다 공정을 단축할 수 있을 뿐만 아니라 산소와 발생기 산소로 분리되는 ozone의 특성을 이용할 수 있어 환경오염의 주된 원인인 수질오염도 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 NaOH에 의하여 수행되고 있는 폴리에스테르 직물의 화학적 감량가공(일명 Silky가공)에 준하는 정도의 유연가공 효과를 ozone의 산화방법으로 대체하는 가공 최적조건을 얻고자 하며, 이를 위하여 기존에 사용하던 ozone의 최적농도를 보완하고 ozone의 처리 시간을 조정하여 적절한 유연가공 효과를 얻고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1. 시험포

시험포는 정련 표백후, 탈호한 KS K0905에 규정된 100% 백 폴리에스테르 직물(한국의류시험연구원 제조)를 5 cm×25 cm 크기로 절단하여 사용하였다. 시험포의 특징은 Table 1과 같다.

Corresponding author, Mun-Soo Lee  
Tel. +82-42-520-5641, Fax. +82-42-520-5576  
E-mail: leems@mail.pcu.ac.kr

Table 1. Specification of polyester fabrics

Weave	Counts		Fabric density (threads/5 cm)		Weight (g/m <sup>2</sup> )
	Warp	Weft	Warp	Weft	
Plain	75D	75D	210	191	70±5

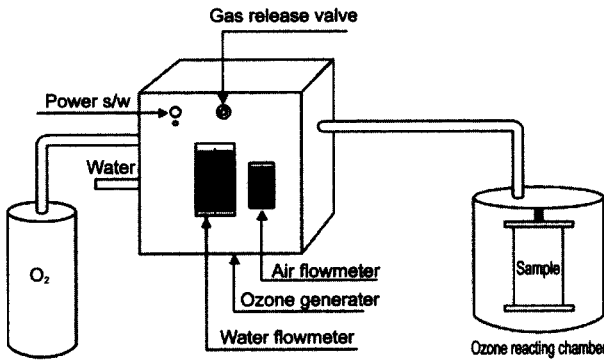


Fig. 1. Scheme of ozone generator.

2.2. 유연가공

**NaOH 처리에 따른 유연가공 :** NaOH 처리에 따른 유연가공의 처리조건은 예비실험을 통하여 얻은 data를 기초로 하여 폴리에스테르 섬유를 25%의 NaOH 수용액(용비 1 : 100) 중에서 30°C, 40°C, 50°C, 60°C의 온도변화와 15분, 30분, 45분, 60분의 시간변화를 주면서 처리한 후 상온의 중류수로 수회 수세하였고, 0.1% 초산용액으로 중화한 후, 재차 수세하여 열풍 건조하였다.

**Ozone 처리에 따른 유연가공 :**

① Ozone 발생기

ozone 발생기는 산소를 원료로 하여 농도 10 g/m<sup>3</sup> 이상의 ozone을 연속적으로 발생시킬 수 있는 Fig. 1과 같은 ozone generator를 사용하였다(이문수의 4인, 1997).

② Ozone 기상조

ozone 기상조는 Fig. 1에 제시된 것과 같이 직경 7.5 cm의 Pyrex glass로 만든 원통형 cylinder를 제작하여 사용하였으며, 약 130 g의 stainless steel 클립으로 sample을 고정시켜 처리하였다.

③ Ozone에 따른 유연 가공

5 cm×25 cm인 시료를 물에 침지한 후, padding mangle로 pick-up율을 40%로 하여 기상 처리조 내에서 ozone 처리하고 수세한 후 열풍 건조하였다.

2.3. 유연가공에 따른 감량률 측정

NaOH 처리 및 ozone 처리 전에 각 시험편의 무게를 측정하고, 각 조건에 따라 유연가공을 실시한 다음, 여러 번 수세한 후 80°C의 drying oven에서 3시간 이상 건조시켰다. 감량률은 건조시킨 시험편을 데시게이터에서 12시간 이상 안정시킨 다음 무게를 측정하여 다음 식에 따라 감량률을 구하였다.

$$\text{Weight loss (\%)} = \frac{W_o - W}{W_o} \times 100$$

단, W<sub>o</sub> = 처리 전 시험편의 무게

W = 처리 후 시험편의 무게

2.4. 물성 측정

**굽힘 특성 :** 하아트 루우프법(ASTM D1388)을 이용하여 시료의 유연성을 측정하였다.

**인장 강도 :** 인장강도 시험기(Testretic 220D형, Karl Schroder KG제)를 사용하여 KS K0520(Ravel Strip법, 2.5 cm×15 cm)에 의하여 측정하였다.

**표면 변화 :** 유연 가공으로 인한 직물의 표면 변화를 살펴보기 위하여 전자현미경(Stereoscan 360, Cambridge Instrument, U.K.)을 이용하여 1,000배의 배율로 시료의 표면을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 유연가공에 따른 감량률 비교

**25% NaOH 처리에 따른 감량률 변화 :** Fig. 2에 폴리에스테르 직물의 25% NaOH 처리농도에서의 처리시간에 따른 온도별 감량률 변화를 나타내었다. 폴리에스테르 직물의 NaOH 감량가공은 알칼리 처리에 의한 중량 감소에 따라 얻어지는 촉감의 변화를 이용한 가공으로서 감량률이 커질수록 유연가공의 효과가 커진다고 알려져 있으며, 이러한 유연효과를 확인하기 위하여 NaOH 처리농도에 따른 처리 시간별, 온도별 감량률 변화를 실험하였다.

그 결과는 NaOH 처리온도가 증가할수록 감량률이 크게 증가하는 것을 나타내고 있었으며, 처리시간도 커짐에 따라 감량률이 크게 증가하는 것을 나타내었다. 이는 NaOH 처리온도와 처리시간이 증가할수록 폴리에스테르의 분자쇄와 NaOH가 반응하여 가수분해를 일으킴으로써 표면 및 내부의 분자쇄를 절

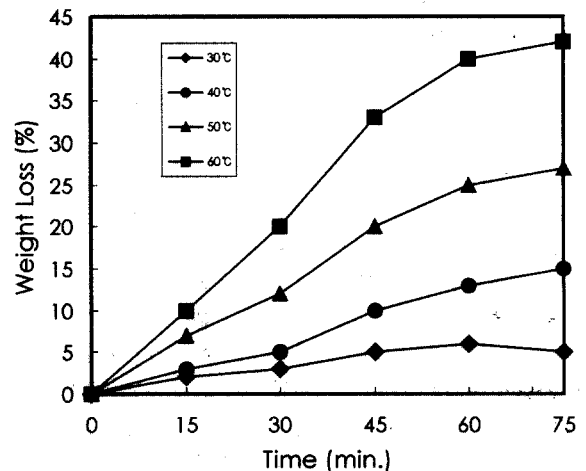


Fig. 2. Weight loss of polyester fabrics by 25% NaOH treatment.

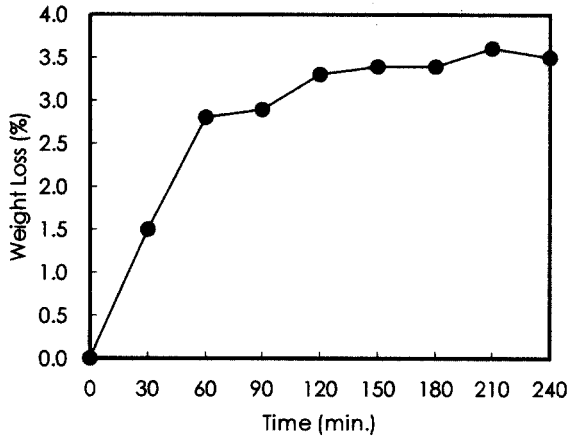


Fig. 3. Weight loss of polyester fabrics by vapor type ozone treatment.

단하고 용해시킴으로써 감량이 일어나는 것으로 생각되며, 나중에 고찰될 유연도의 측정결과와 더불어 생각해 볼 때, NaOH의 처리온도와 처리시간이 증가함에 따라 감량의 변화가 일어나고, 이에 따라 폴리에스테르직물의 유연도가 변화하는 것으로 생각된다.

**기상 Ozone 처리에 따른 감량을 변화 :** 기상 ozone 처리에 의한 폴리에스테르 직물의 유연가공이 가능한지를 알아보기 위하여 오존발생장치를 최대로 가동하여 발생시킨 기체상태의 오존농도에서 증류수의 pick-up율을 40%로 고정하고 상온에서 시간별로 ozone 처리한 후의 감량률을 Fig. 3에 나타내었다.

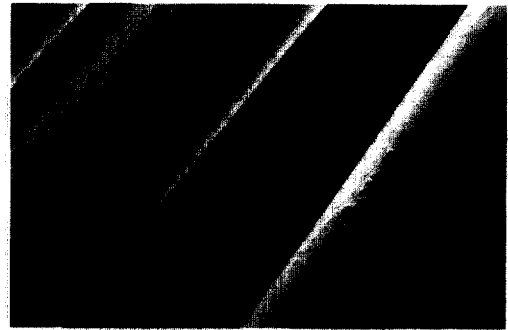
최대 기상오존농도에 노출되었을 때, 약 60분 이상의 ozone 처리시에 약 3~4%정도의 감량율을 나타내었으며, 그 이후에도 감량율이 서서히 증가하나 커다란 변화는 보이지 않았으며 4시간 이상 노출하여도 감량율이 거의 비슷한 경향을 나타내었다. 이는 25% NaOH로 처리하였을 때, 처리온도 약 30~40°C에서 30분 이내 처리하였을 때의 결과와 유사함을 나타내었다.

**3.2. 유연가공에 따른 표면 변화**

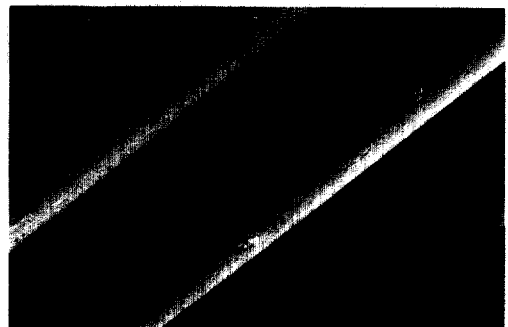
25% NaOH처리 및 기상 ozone처리에 의한 유연가공 효과와 더불어 발생하는 폴리에스테르 직물의 화학적 반응에 의한 시료 표면의 변화에 대하여 알아보기 위하여 SEM을 이용하여 표면사진을 촬영하였다.

**25% NaOH 처리에 따른 표면 변화 :** Fig. 4는 25% NaOH 처리에 따른 폴리에스테르 직물의 표면 변화를 나타낸 것이다.

(a)는 미처리 폴리에스테르직물을 나타낸 것으로 표면에 이물질 등이 약간 보이는 하지만 대체로 표면이 깨끗한 것을 알 수 있었다. 그러나 (b)와 (c)의 사진을 보면 표면이 NaOH 처리에 의하여 곳곳에 패인 자국을 볼 수가 있었으며, 특히 (b)는 25%의 NaOH 수용액 중에서 처리온도 40°C에서 30분간 처리하였을 때 약 3%의 감량율을 나타낸 폴리에스테르 직물을 나타낸 것으로 표면이 가수분해되어 변화하기 시작한 흔적을 볼 수 있었으며, 이러한 가수분해 흔적은 25%의 NaOH 수용



(a) polyester fabric (Non treatment)



(b) 25% NaOH treatment (40°C, 30min.) - 3% weight loss

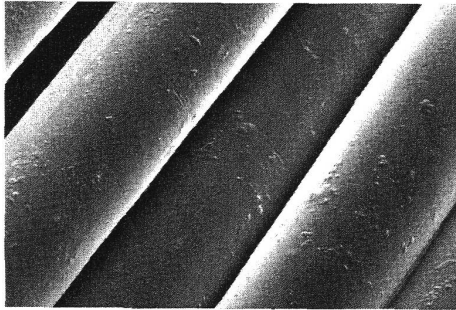


(c) 25% NaOH treatment (60°C, 60min.) - 22% weight loss

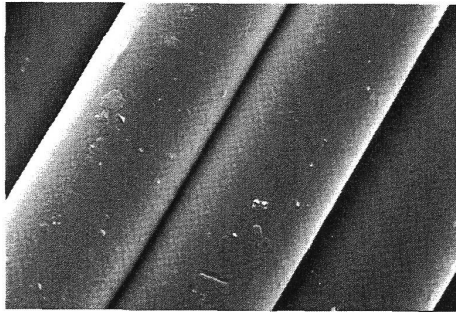
Fig. 4. SEM photography of polyester fabrics by 25% NaOH treatment.

액 중에서 처리온도 60°C, 60분간 처리하여 약 22%의 감량을 한 시료(c)의 SEM 사진에서 더 확실하게 볼 수 있었다.

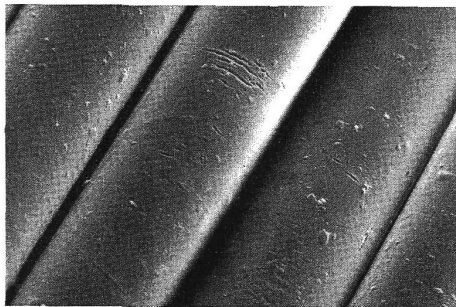
**기상 Ozone 처리에 따른 표면 변화 :** Fig. 5는 시간별로 기상 ozone 처리한 폴리에스테르 직물의 표면변화를 나타낸 것으로 (a)는 미처리 폴리에스테르 직물의 SEM사진이며, (b)는 2시간동안 기상 ozone 처리된 폴리에스테르 직물의 SEM 사진을 나타낸 것으로 별다른 표면 변화는 볼 수 없었으나, 25% NaOH로 40°C에서 30분간 처리한 3% 감량된 시료의 SEM 사진의 표면사진과 비슷한 표면 상태를 볼 수 있었다. 그러나 10시간동안 기상 ozone 처리된 폴리에스테르 직물의 SEM 사진(c)의 경우, 섬유가 섬유축과 직각 방향으로 크랙이 발생할 정도로 심하게 갈라져 있는 것을 볼 수 있는데 이는 장시간 오존에 방치되어 섬유의 표면 및 내부가 파괴된 모습을 보여주는 것으로 사료된다.



(a) polyester fabric (Non treatment)



(b) After vapor type ozone treatment during 2 hours - 3.4% weight loss



(c) After vapor type ozone treatment during 10 hours - 3.9% weight loss

Fig. 5. SEM photography of polyester fabrics by vapor type ozone treatment.

3.3. 유연가공에 따른 강연도 비교

25% NaOH 처리에 따른 강연도 변화 : Fig. 6은 25% NaOH 처리에 따른 하아트루우프법으로 측정된 강연도의 변화를 나타낸 것으로 처리 온도가 증가하면 할수록 또한 시간이 증가하면 할수록 강연도가 증가하는 경향을 볼 수 있었다. 특히 처리온도 60°C의 경우는 그 경향이 심하게 나타남을 알 수 있으며, 이와 같은 경향은 처리 시간과 온도가 증가할 수록 가수분해 및 표면변화가 심하게 일어나 직물의 표면뿐만 아니라 내부구조까지 구조적 변화를 일으켜 미세구조내부의 변화를 초래함으로써 비결정성이 증가하여 결정화도가 낮아지는 결과를 가져와 유연성이 향상되는 것으로 사료되며, 이로 인하여 직물의 전반적인 물성이 변하여 NaOH의 처리 시간과 온도가 증가할 수록 유연 가공의 효과가 커짐과 더불어 직물의 굽힘성이 증가

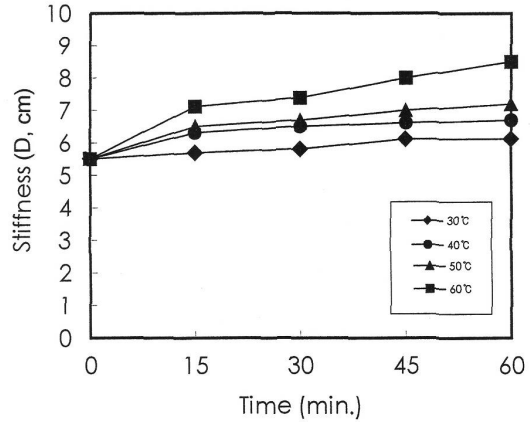


Fig. 6. Changes of stiffness of polyester fabrics by 25% NaOH treatment.

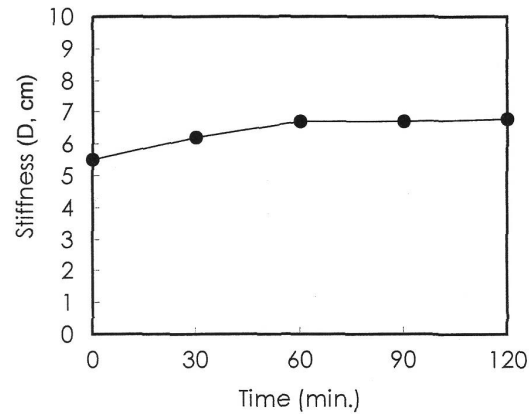


Fig. 7. Changes of stiffness of polyester fabrics by vapor type ozone treatment.

하는 것으로 사료된다.

기상 Ozone 처리에 따른 강연도 변화 : 기상 ozone 처리에 따른 강연도의 변화를 살펴보기 위하여 하아트루우프법으로 측정된 처리온도와 시간에 따른 강연도의 변화를 Fig. 7에 나타내었다. ozone 처리를 전혀 하지 않은 미처리포보다 기상 ozone 처리를 실시한 시험포의 강연도가 처리온도와 시간에 따라 증가하는 경향을 볼 수 있었다. 특히 60분 이상 기상 ozone 처리한 시료에서 강연도가 최대 값을 나타내었으며 그 이후는 큰 변화를 보이지 않았다. 이러한 경향으로부터 기상 ozone 처리 시간이 증가하면 할수록 폴리에스테르 직물의 강연도는 증가하지만 최적처리시간은 60분 내외임을 알 수 있었다.

3.4. 유연가공에 따른 강신도 비교

25% NaOH 처리 및 기상 ozone 처리에 따른 처리조건별 인장강도와 신도의 변화를 Fig. 8 및 9에 나타내었다.

25% NaOH처리시 처리시간이 증가하면 증가할수록 폴리에

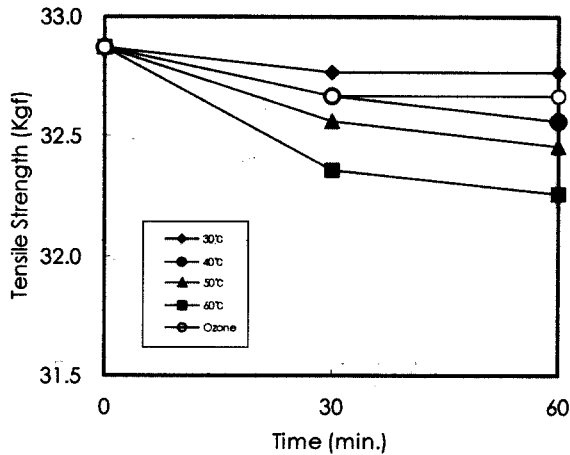


Fig. 8. Changes of tensile strength of polyester fabrics by 25% NaOH and vapor type ozone treatment.

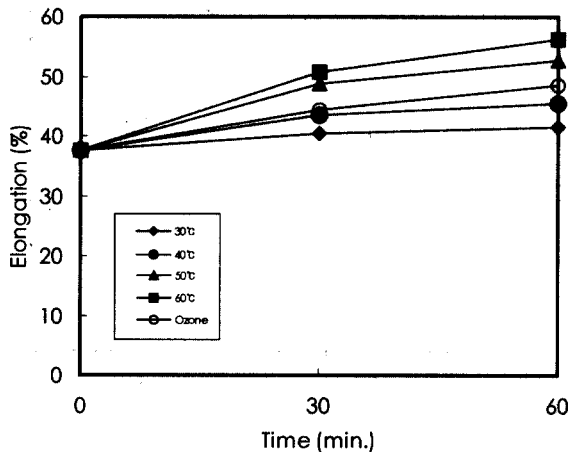


Fig. 9. Changes of elongation of polyester fabrics by 25% NaOH and vapor type ozone treatment.

스테르 직물의 인장강도는 감소하지만 반면으로 신도는 증가하는 경향을 알 수 있었으며, 또한 기상 ozone 처리시 처리시간에 따른 폴리에스테르 직물의 인장강도 및 신도의 변화도 NaOH처리 시와 비슷한 경향을 나타내었다. 이와같은 NaOH 및 ozone 처리에 의한 인장강도 및 신도의 변화는 직물표면으로부터 O<sub>2</sub>나 O가 산화 및 가수분해에 따른 화학적 절단과 미세구조의 변화를 일으킴으로써 인장강도 및 신도의 변화가 생기는 것으로 생각되나, 화학적 절단 및 분해여부나 정확한 미세구조 변화에 대한 더 많은 연구가 이루어져야 한다고 생각된다.

또한, 이와같은 강도저하는 알칼리를 이용한 유연 가공에서 커다란 문제점으로 지적되고 있음을 상기해 볼 때, 인장강도의 저하를 최소화 할 수 있는 NaOH 및 ozone의 처리조건이 요구된다고 생각되며, 비슷한 강연도를 나타내는 25% NaOH 처리 폴리에스테르 직물과 기상 ozone 처리 폴리에스테르 직물

의 인장강도를 비교하면, 기상 ozone 처리에 의한 폴리에스테르 직물의 인장강도저하가 작게 나타난 것은 기상 ozone 처리를 통한 유연가공이 25% NaOH를 이용한 유연가공에 비하여 폴리에스테르 직물의 물리적 성질에 커다란 영향을 주지 않고 이루어지는 것으로 생각된다. 따라서 기상 ozone처리는 알칼리 등과 같은 화학 약품으로 이루어지고 있는 유연가공에 비하여 강도에 영향을 덜 주면서 유연성을 증가시킬 수 있는 방법으로 대체 할 수 있을 뿐만 아니라 ozone 기체를 사용함으로써 환경보존의 면에 있어서도 월등히 우수한 방법임을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

알칼리 화학약품으로 행하여지고 있는 폴리에스테르 직물의 감량가공을 무공해, 절수식 방법인 ozone gas를 이용하여 유연성이 향상되는지를 알아보고, 기상 ozone 처리방법의 최적 처리온도 및 처리시간에 대하여 25% NaOH 처리방법과 비교하여 실험한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 폴리에스테르 직물에 대한 기상 ozone 처리의 최적 조건은 기체상태의 발생하는 오존농도에서 pick-up율을 40%로 할 때, 상온에서 60분 내외임을 알 수 있었다.
2. 폴리에스테르 직물에 대하여 기상 ozone 처리를 하면 약 3-4%정도의 감량이 되었으며, SEM 및 강연도 측정으로 표면의 감량흔적 및 유연성이 증가함을 확인하였다.
3. ozone 처리 및 NaOH 처리한 감량률이 비슷한 시료의 물성을 비교한 결과, 기상 ozone 처리한 시료가 25% NaOH 처리한 시료보다 인장강도의 변화가 작게 일어나는 것을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

김경아 (1998) 오존의 기상(기체) 처리 방법에 따른 재생섬유의 탈색 효과. 배재대학교 대학원 석사학위논문.  
 서말용 (1992) 오존(O<sub>3</sub>)을 이용한 면직물의 표백에 관한 연구, 영남대학교 대학원 석사학위논문.  
 이문수 외 4인 (1996) 오존을 이용한 천연직물소재의 표백성 향상에 관한 연구. 충남대학교 공과대학 국책사업 보고서, 94-G-3:1-82.  
 Jean Pierre Legeron (1984) Ozone disinfection of drinking water. Handbook of ozone technology and application, Volume II.  
 R. N. Kinman (1972) Ozone in water and wastewater treatment. Ann Arber Science, chap.VII, pp. 124-130.  
 Tadashi Takada (1989) Ozone detection by IN<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin film gas sensor. Chemical sensor technology, Vol. 2, 59-70.  
 難波敬典 (1986) 環境-オゾンを利用した水處理技術. オゾン利用の新技術.  
 松井謙介 (1991) 糞尿處理場における脱色對策の現状と事例. 公害と對策, 27(8).  
 二木銳雄 (1992) オゾンの特性. 用水と廢水, 27(3).

(2001년 10월 19일 접수)