

〈研究論文(學術)〉

PET 직물의 Tank/Liquor-flow 감량에 의한 역학적 특성변화 - 굽힘 · 전단특성 -

서말용 · 한선주 · 김삼수* · 허만우** · 박기수*** · 장두상****

한국섬유개발연구원(KTDI)

*영남대학교 공과대학 섬유학부

**경일대학교 공과대학 섬유공학과

*** (주)아진공업

****영남전문대학 염색공학과

(1998년 7월 10일 접수)

The Change of Mechanical Properties of Alkali Hydrolyzed PET Fabric with Tank/Liquor-flow Machine - Bending and Shear Properties -

Mal Yong Seo, Sun Ju Han, Sam Soo Kim*, Man Woo Huh**,
Kee Soo Park***, and Du Sang Chang****

Korea Textile Development Institute

**School of Textile Engineering, Yeungnam University*

***Dept. of Textile Engineering, Kyungil University*

****A-Jin Co., Ltd.*

*****Dept. of Dyeing and Finishing, Yeungnam Junior College*

(Received July 10, 1998)

Abstract—The purpose of this study was to elucidate the effect of weight loss of polyethylene terephthalate(PET) fabrics on the mechanical properties such as bending and shear. In order to compare the effect of treatment machine on the mechanical properties of treated PET fabrics, PET fabrics were hydrolyzed with NaOH aqueous solution using Tank machine and Liquor flow machine, respectively. The results were as follows :

1. The bending rigidity and shear stiffness of hydrolyzed PET fabric decreased markedly up to about 10% weight loss regardless of treatment machines. At the above 10% weight loss, the variation of these properties is nearly unchanged. In addition, the bending hysteresis and shear hysteresis also showed similar trend.

2. Weft density change of PET fabrics treated with Liquor flow machine decreased by 1pick/inch.

It is assumed that this is attributed to the tension during the treatment of Liquor flow machine. On the other hand, the weft density change of PET fabrics treated with Tank machine is scarcely influenced by the weight loss. While warp density of PET fabrics treated with Liquor flow machine had no change with weight loss, warp density of PET fabrics treated with Tank machine decreased by 6pick/inch due to the tension.

3. The bending rigidity and shear stiffness of PET fabrics hydrolyzed with liquor flow machine slightly higher than with Tank m/c at the above 10% weight loss. It is assumed that this is caused by the increase-ment of the crossing pressure of warp and weft yarn and contact points of filaments in the yarns. Also, the bending and shear hysteresis of PET fabrics treated with Tank machine were higher than that of liquor flow machine.

1. 서 론

합성섬유 가운데 폴리에스테르 섬유는 견섬유와 유사한 역학량을 가지고 있다. 직물구조가 견과 같은 구조를 가지면 견직물에서 느낄 수 있는 고유한 촉감을 PET 직물에서도 만들 수 있을 것이라는 개념에서 직물의 기하학적 형태를 비슷하게 하려는 연구가 계속되어 오고 있다.

이러한 연구에는 사(絲) 상태에서 견이 갖는 단면과 선밀도 등에 변화를 주고, 직물상대에서는 열처리와 감량가공함으로써 섬유·섬유사이, 경·위사 사이에 공간을 부여하는 기술이 포함되어 있다. 견직물의 경우 고온 약알칼리 조건에서 사는 팽윤과 동시에 셋팅이 되어 직물이 안정화되면서 세리신이 제거된다. 이러한 현상을 PET 직물에 응용한 것이 예비열처리와 알칼리 감량가공이다¹⁾.

PET 직물에의 알칼리 감량가공은 섬유내부구조의 변화를 의미하며, 특히 결정화도, 배향도 등에 영향을 주어 섬유에서는 역학량의 변화, 직물에서는 내부 응력변화가 일어난다. 감량가공은 섬유의 형태(섬도, 꼬임, 단면모양, 소광제의 양 등)와 직물의 구조인자(경·위사 밀도, 조직, 크립프 등), 전처리과정(정련, 예비열고정 등) 등에 영향을 받아 감량률, 표면요철, 염색성, 외관, 역학특성 등에 변화가 일어난다.

직물의 역학적인 변형중 굽힘특성은 1937년 F. T. Peirce에 의해 직물의 모형이 제안되어 이론적 연구가 시작되었으며, W. J. Shanahan 등은 경·위사 교차점에서의 단면이 원형이 아니라는 것을 제안

하였다. J. Skelton은 교차점에서의 전단변형각의 증가에 따라 상호 회전마찰 변형이 증가함으로써 마찰저항력이 커진다고 가정하였으며, B. C. Goswami는 평직이 주자직보다 전단강성과 전단이력이 크다고 보고하였다^{2~5)}.

폴리에스테르 직물의 감량가공방법에는 피가공물을 NaOH 수용액에 침지한 상태에서 온도와 시간을 변화시키는 배치식 감량법과 고농도의 알칼리 수용액에 패당하여 스티밍하는 연속식 감량법 등이 있으나, 최종제품에서 유연함과 송고성이 있는 소프트한 촉감을 얻기 위해서는 저장력형인 액류감량기나 탱크감량기와 같은 배치식 감량법을 많이 활용하고 있는 실정이다^{6~7)}.

탱크감량은 표면변화를 살릴 수 있는 저장력 감량방법으로서 이수축 혼섬사로 이루어진 ITY(interlace yarn) peach 대폭직물이나 치폰(chiffon) 직물에 적합하나, 행거작업, 호이스트(hoist) 고장, 행거편자국과 증기비산, 한쪽 변사가 늘어나는 등의 문제점을 지니고 있는 반면에, 액류감량은 로우프 주행의 저장력 감량방법으로서 강연사직물에 대한 리렉스 효과가 탁월하나, 표면마찰흡, 슬립(slip)현상 등이 일어나는 특징을 지니고 있다.

따라서 이 연구에서는 탱크식 감량기와 액류식 감량기를 이용하여 폴리에스테르 직물을 알칼리 감량가공하였을 때, 감량기계의 차이에서 발생하는 감량직물의 굽힘 및 전단특성을 비교·검토하였다.

2. 실험

2.1 시 료

시료로는 Table 1의 제원과 같은 폴리에스테르 직물을 사용하였으며, NaOH와 정련제를 사용하여 고압정련축소(105°C×30min.), 예비열고정(200°C×90m/min.)한 시료를 사용하였다. 시약은 50% NaOH, 정련제는 공업용 시판품을 그대로 이용하였다.

Table 1. Specification of polyester fabric.

Sample	Yarn count (d/f)		Density (picks/inch)		Twist (TPM)		Weave
	WP	WF	WP	WF	WP	WF	
Charmeuse	50/24	75/72	250	94	-	2,500	Satin

2.2 실험장치

배치형으로서 탱크식 감량기와 액류형 감량기 (SIDS-1010 : 삼일산업(주))를 사용하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 알칼리 가수분해

탱크식 감량기에서는 욕비 1 : 140, 처리온도(95°C)와 NaOH 농도(7.2%)를 고정하고, 처리시간(10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70분)을 변화시켰으며, 액류식 감량기에서는 욕비 1 : 33, 주행속도 150m/min., 처리온도(96°C)와 NaOH 농도(4%)를 고정하고, 처리시간(20, 30, 40, 50, 60, 70, 80분)을 변화시켜 알칼리 가수분해 하였으며, 60°C에서 10분간 수세하고 세탁기에서 25°C×15분간 수세·탈수를 거친 후 24시간 이상 자연건조하였다. 알칼리 처리전후의 항량된 시료의 무게를 칭량하여 다음 식에 따라 감량률을 구하였다.

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

where W_o = Weight before treatment
 W = Weight after treatment

2.3.2 굵힘·전단특성

직물의 태에 관련되는 직물의 역학적 성질은 직물 또는 섬유의 탄성범위내에서의 소규모변형(비파괴 변형)이므로 이 영역에서의 측정은 매우 높은 감도를 요구하게 된다. 따라서 알칼리 처리전후 시료의 굵힘·전단특성은 KES-FB System을 이용하여 경/위 사방향으로 각각 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 처리시간에 따른 감량률 변화

Fig. 1은 탱크식 감량과 액류식 감량에서 처리시간에 따른 감량률을 나타낸 것이다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 처리시간이 증가함에 따라 감량률이 거의 선형적으로 증가하였으며, 동일한 처리시간에서는 탱크식에서 감량한 것이 액류식에서 감량한 것보다 감량률이 높음을 알 수 있다.

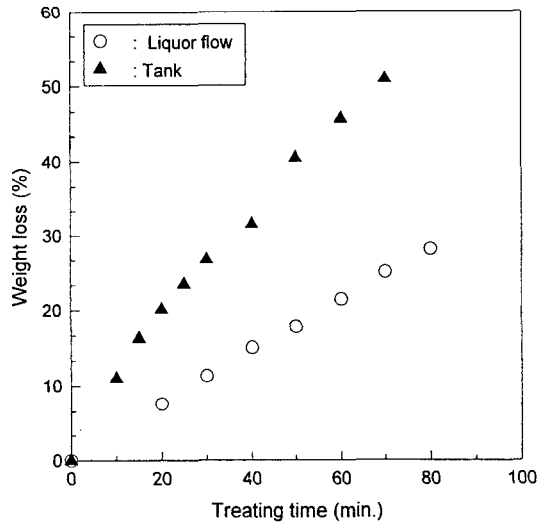


Fig. 1 Relationship between weight loss and treatment time.

Tank : NaOH 7.2%, Temp. 95°C, B.R. 1 : 140

Liquor flow : NaOH 4.0%, Temp. 96°C, B.R. 1 : 33, Speed 150m/min.

처리시간이 경과됨에 따라 감량률이 증가하는 것은, OH⁻이온에 의한 에스테르 결합의 분해로 생성된

테레프탈레이트 음이온이 Na⁺ 이온과 결합하여 염의 형태로 반응계에서 제거되어, 반응은 평형에 이르지 않고 표면에서 내부로 계속 진행하기 때문인 것으로 보고하고 있다⁸⁾.

한편, 동일시간 처리시 탱크에서 감량한 것이 액류에서 감량한 것보다 감량률이 높은 것은, 감량조건과 감량공기계의 차이에서 오는 여러 가지 영향인자들도 있겠지만, 특히 감량조건에서 NaOH 농도가 탱크감량쪽이 높기 때문인 것으로 생각된다.

3.2 감량률에 따른 경·위사의 밀도변화

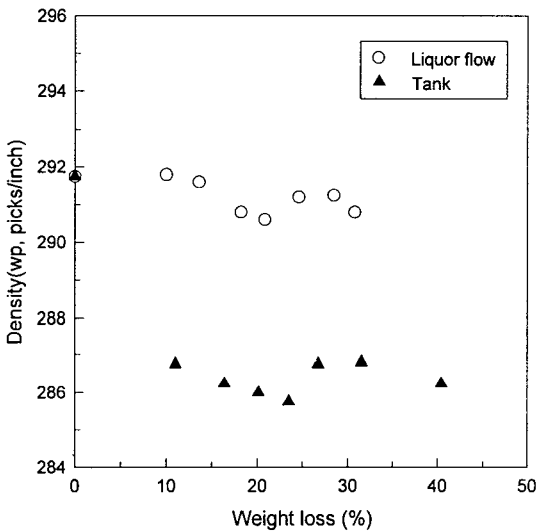


Fig. 2 Relationship between warp density and weight loss.

Fig. 2는 탱크감량과 액류감량에서 감량률에 따른 경사의 밀도변화를 나타낸 것이다. Fig. 2에서 알 수 있는 바와 같이 액류감량한 시료는 감량률의 증가에 따라 밀도변화가 거의 없었으며, 탱크감량한 시료는 감량률 약 10%에서 미처리시료에 비해 6picks/inch 감소하였으며, 그 이상의 감량률에서는 거의 밀도변화가 없음을 알 수 있다. 액류감량은 위사방향으로 장력을 거의 받지 않는 로우프 주행방식이기 때문에 경사의 밀도변화는 일어나지 않았으며, 탱크감량은 피감량물을 행거에 핀걸이를 한 다음 호이스트로

운반, 감량/수세하기 때문에, 호이스트에 안착된 피감량물의 하중에 의해 위사방향으로 장력을 받게 되므로 경사의 밀도가 감소한 것으로 생각된다.

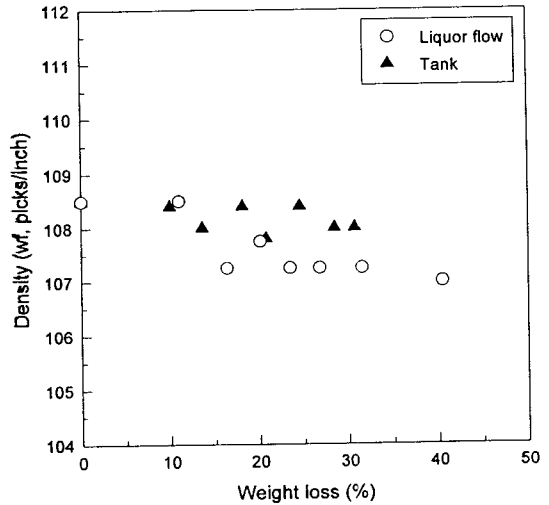


Fig. 3 Relationship between weft density and weight loss.

Fig. 3은 탱크식 감량과 액류식 감량에서 감량률에 따른 위사의 밀도변화를 나타낸 것이다. Fig. 3에서 알 수 있는 바와 같이 액류감량한 시료는 감량률이 증가함에 따라 위사밀도가 약 1pick/inch 감소하였으며, 탱크감량한 시료는 감량률이 증가하더라도 위사의 밀도변화가 액류감량한 것 보다 크지 않음을 알 수 있다. 이와 같이 액류 감량시료의 밀도가 감소하는 것은 액류감량기의 구조설계상 감량이 로우프 주행으로 이루어지므로, 로우프 주행시 경사방향으로 장력이 걸리기 때문인 것으로 생각된다. 반면에 탱크식 감량에서는 피감량물이 행거 핀(hanger pin)에 걸리어 감량이 이루어지므로, 경사방향의 장력이 거의 걸리지 않기 때문에 밀도변화가 거의 없다고 생각된다.

3.3 감량률에 따른 굽힘특성변화

3.3.1 굽힘강성

Fig. 4, 5는 액류 및 탱크감량시 감량률의 증가에 따른 경·위사방향의 굽힘강성을 나타낸 것이다.

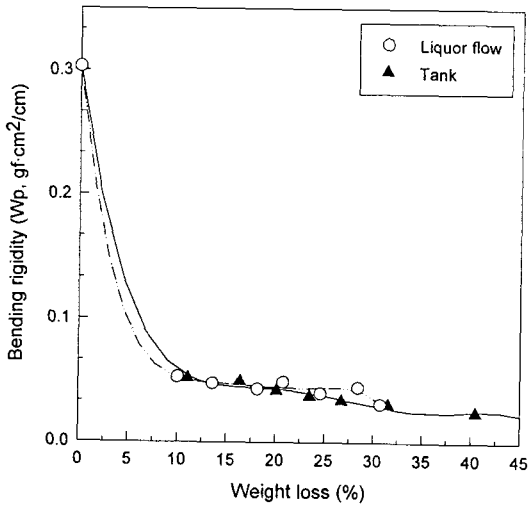


Fig. 4 Relationship between bending rigidity of warp direction and weight loss.

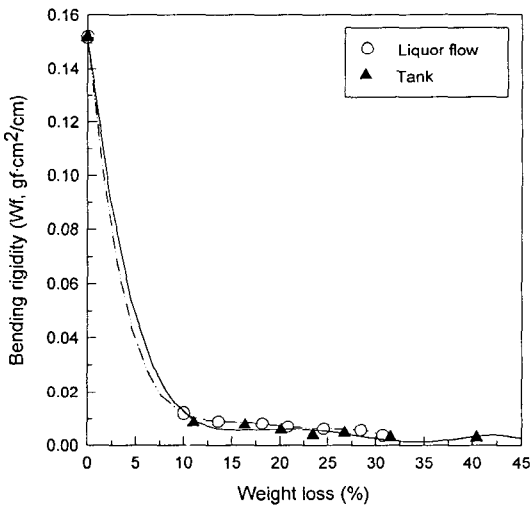


Fig. 5 Relationship between bending rigidity of weft direction and weight loss.

Fig. 4, 5에서 알 수 있는 바와 같이 미처리 직물은 굽힘강성이 $0.303\text{gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 이나 감량률 약 10%에서는 탱크감량시료와 액류감량시료의 굽힘강성이 약 $0.050\text{gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 로서 굽힘강성이 약 83% 감소하였으며, 위사방향은 미처리 직물이 $0.152\text{gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 이나 감량률 약 10%에서는 탱크감량시료와 액류감량시료의 굽힘강성이 약 $0.010\text{gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 로서 굽힘강성이

약 93% 감소하였음을 알 수 있다. 한편 감량률 약 10% 이상에서는 굽힘강성의 저하가 거의 미소하게 나타났으며, 액류감량시료가 탱크감량시료에 비해 굽힘강성이 약간 높은 것으로 보아 굽힘변형에 대한 저항이 크다고 생각된다.

감량률이 증가함에 따라 굽힘강성이 저하하는 것은 밀도감소에 따른 경·위사 교차점 감소와 알칼리 감량에 의한 PET 섬유와 섬도감소로 교차점에서의 교차압과 교차면적이 감소하여 경·위사가 상호 독립적으로 굽힘거동할 때 저항력이 적기 때문인 것으로 생각되며, 감량초기에 굽힘강성의 현저한 저하가 나타나는 것은 밀도의 급격한 감소, 섬도저하와 더불어 예비 열고정시에 받은 잠재 내부응력이 제거되기 때문인 것으로 생각된다. 밀도변화가 거의 일어나지 않았던 액류감량에서 감량초기에 굽힘강성의 급격한 저하는 로우프 주행중 비팅(beat)에 의한 릴랙싱(relaxing) 효과 때문인 것으로 고찰된다.

3.3.2 굽힘이력

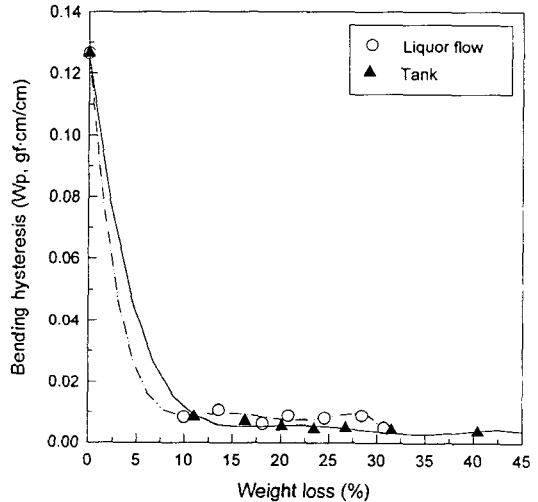


Fig. 6 Relationship between bending hysteresis of warp direction and weight loss.

Fig. 6, 7은 액류·탱크감량시 감량률의 증가에 따른 경·위사방향의 굽힘이력을 나타낸 것이다. Fig. 6, 7에서 알 수 있는 바와 같이 감량률 약 10%까지는 굽힘이력이 아주 급격하게 저하하였으며, 미처리시료에 비해 경사방향으로는 약 94%, 위사

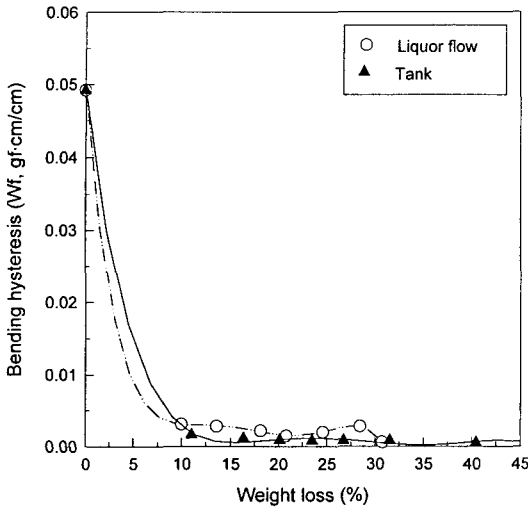


Fig. 7 Relationship between bending hysteresis of weft direction and weight loss.

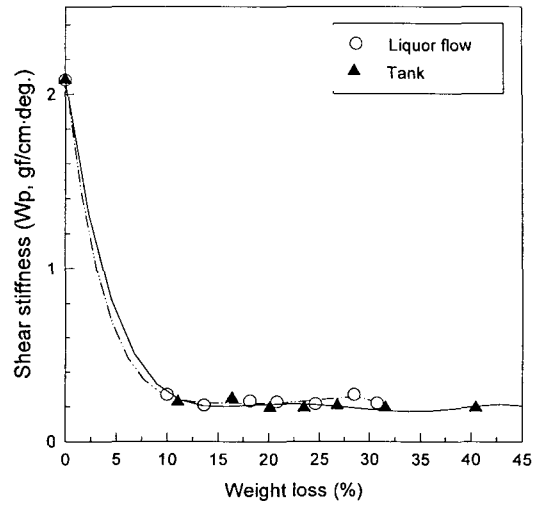


Fig. 8 Relationship between shear stiffness of warp direction and weight loss.

방향으로는 약 96% 굽힘이력이 감소하였음을 알 수 있다. 감량초기에 굽힘이력의 급격한 감소는 경·위사 교차점에서의 교차압의 감소와 경·위사 구성 필라멘트들간의 마찰효과와 내부응력의 감소가 복합적으로 작용했기 때문인 것으로 생각된다.

또한 감량률 약 10% 이상에서는 굽힘이력이 액류감량시료가 탱크감량시료보다 미소하게 높음을 알 수 있다. 이는 경사밀도차와 액류감량시 경사방향으로 걸리는 장력에 의해 경·위사 교차점에서의 교차압이 증가하고, 구성 필라멘트간의 접촉점이 많아져 변형후 회복시 초기위치로의 이동에 대한 구속력이 증가하기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 4~7에서와 같이 감량초기에 굽힘강성(이력)이 급격하게 감소하다가 감량률 약 10% 이상에서 미소하게 감소하는 것으로 보아, 굽힘강성(이력)의 감소에는 밀도차와 리렉싱효과, 감량률보다 예비열처리에 받은 잠재내부응력이 지대하게 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

3.4 감량률에 따른 전단특성변화

3.4.1 전단강성

Fig. 8, 9는 액류 및 탱크감량시 감량률의 증가에 따른 경·위사방향의 전단강성을 나타낸 것이다.

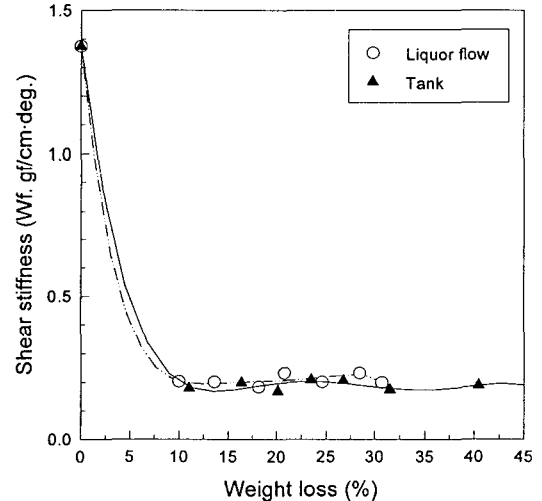


Fig. 9 Relationship between shear stiffness of weft direction and weight loss.

미처리 직물은 경사방향 전단강성이 2.08gf/cm·deg.이나 감량률 약 10%에서는 탱크감량시료와 액류감량시료의 전단강성이 약 0.24gf/cm·deg.로서 약 88% 굽힘강성이 감소하였으며, 위사방향은 미처리 직물이 1.37gf/cm·deg.이나 감량률 약 10%에서 탱크 감량시료와 액류감량시료의 전단강성이 약 0.19gf/cm·deg.로서 약 86% 감소를 보였다.

한편 감량률 약 10% 이상에서는 전단강성의 감소가 미세하였으며, 액류감량시료가 탱크감량 시료에 비해 전단강성이 다소 높음을 알 수 있다.

일반적으로 직물의 전단거동은 경·위사 교차점에서 교차각의 변화에 저항하려는 힘으로 표현되는 것으로서, 감량률이 증가함에 따라 전단강성이 저하하는 것은 밀도감소와 알칼리 감량에 의한 PET 섬유유의 섬유감소로 경·위사 교차점에서의 교차압과 교차면적이 감소하고,사를 구성하는 필라멘트들간의 마찰력 감소로 교차각의 변화에 대한 저항력이 감소하기 때문에 전단강성이 감소한 것으로 생각된다.

액류감량시료가 탱크감량시료에 비하여 경·위사 방향에서 전단강성이 다소 높은 것은, 앞에서 설명한 바와 같이 동일한 감량률에서 액류감량시료가 탱크감량시료보다 경사밀도가 높으며, 액류감량은 주행시 경사방향으로 장력을 받기 때문에 경·위사 교차점에서 교차압의 증가와 경사 필라멘트들 사이의 마찰력이 증가하기 때문인 것으로 생각된다.

3.4.2 전단이력

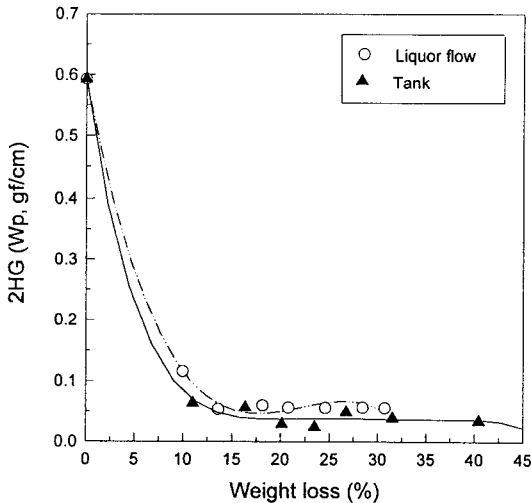


Fig. 10 Relationship between shear hysteresis of warp direction and weight loss.

Fig. 10, 11은 액류·탱크감량시 감량률의 증가에 따른 경·위사방향의 전단이력을 나타낸 것이다.

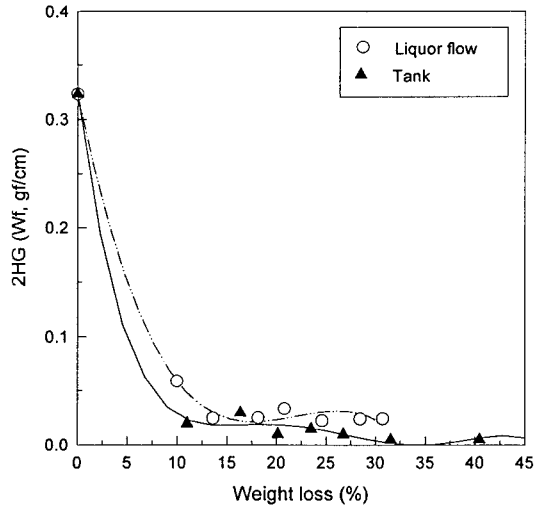


Fig. 11 Relationship between shear hysteresis of weft direction and weight loss.

Fig. 10, 11에서 알 수 있는 바와 같이 감량률 약 10%까지는 전단이력이 아주 급격하게 감소하다가 그 이상의 감량률에서는 완만하게 감소하였으며, 감량률 약 10% 이상에서는 액류감량시료가 탱크감량시료보다 전단이력이 높게 나타났다. 감량초기에 전단 이력의 급격한 감소는 섬유감소에 따른 경·위사 교차점에서의 교차면적과 교차압의 감소, 경·위사 구성 필라멘트들간의 마찰효과 감소와 예비열 고정에서 받은 잠재내부응력이 제거 되었기 때문인 것으로 고찰된다.

또한 감량률 약 10% 이상에서는 액류감량시료가 탱크감량시료보다 전단이력이 미세하게 높은 것은, Fig. 2에서와 같은 경사밀도차와 액류감량시 경사방향으로 걸리는 장력에 의해 경·위사 교차압이 증가하고 구성 필라멘트들간의 접촉점이 많아져 교차각이 변하려는데 대한 저항력이 증가하기 때문인 것으로 생각된다.

4. 결 론

PET 직물의 알칼리 감량가공시 감량가공기에 따른 감량직물의 굵힘·전단특성이 어떻게 변하는지를 알아보기 위하여 탱크감량과 액류감량을 실시

한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 감량방법에 관계없이 굵힘 및 전단강성은 감량률이 약 10%까지 현저한 감소가 있었으나, 그 이상의 감량률에서는 감소경향이 크지 않았다. 또한 굵힘 및 전단이력도 거의 같은 경향을 보였다.
2. 탱크감량시료는 감량률이 증가함에 따라 위사 밀도 변화가 거의 없었으나, 액류감량시료는 주행시 걸리는 장력으로 인하여 위사밀도가 약 1pick/inch 감소하였다. 액류감량시 경사밀도 변화가 거의 없었으며, 탱크감량한 시료는 감량률 약 10%에서 경사밀도가 미처리시료에 비해 6picks/inch 감소하였다.
3. 액류감량시료는 주행장력에 의한 경·위사 교차압과 구성필라멘트들 사이에 접촉점이 증가하여 탱크감량시료보다 굵힘 및 전단강성이

미소하게 높았으며, 변형후 회복시 접촉점의 이동에 대한 구속력도 액류감량시료가 높기 때문에 굵힘 및 전단이력도 탱크감량시료보다 높게 나타났다.

참고문헌

1. 이민수, 영남대학교 석사학위논문, 5, 1995.
2. F. T. Peirce, *J. Text. Inst.*, 28, 45(1937).
3. W. J. Shanahan and J. W. S. Hearle, *J. Text. Inst.*, 69, 92(1978).
4. J. Skelton, *Textile Res. J.*, 46, 862(1976).
5. B. C. Goswami, *J. Appl. Sci.*, 33, 245(1976).
6. 福伸工業(株), *加工技術(日本)*, 30, 122(1995).
7. 長谷川元治, *染色工業(日本)*, 29, 592(1981).
8. 도성국 등, *한국염색가공학회지*, 4, 1(1992).