

〈研究論文(學術)〉

감량률에 따른 폴리에스테르 직물의 역학적 특성에 관한 연구 (연속식, 액류식, 탱크식)

허만우 · 서말용* · 이석영* · 김삼수** · 강연희** · 김수창*** · 조인솔***

경일대학교 공과대학 섬유패션공학과, *한국섬유개발연구원,
영남대학교 공과대학 섬유패션학부, *영남이공대학 텍스타일 시스템 계열
(2000년 1월 5일 접수)

A Study on the Mechanical Properties to the Weight Loss of Polyester Fabric (C.D.R., Liquor-flow, Tank type)

Man Woo Huh, Mal Yong Seo*, Suk Young Lee*, Sam Soo Kim**,
Yeun Hee Kang**, Soo Chang Kim***, and In Sul Cho***

Dep. of Textile & Fashion, College of Eng., Kyungil University

**Korea Textile Development Institute*

***School of Textile & Fashion, College of Eng., Yeungnam University*

****Div. of Textile System, Yeungnam College of Science & Technology*

(Received January 5, 2000)

Abstract—This study discussed the mechanical properties such as bending and shear of polyester fabric treated with a several weight reduction machine.

With the increase in the rate of weight loss, the bending rigidity of the warp and weft of treated fabric decreased regardless of the weight reduction machine. At 6.5% weight loss, the bending rigidity of warp and weft yarn decreased to 0.035 g_fcm/cm and 0.017g_fcm/cm, respectively, and these values show 54% and 94% of their untreated warp and weft. At same rate of the weight loss, the bending rigidity of polyester fabric treated with C.D.R slightly higher than that of the tank type or liquor-flow type.

On the other hand, below 6.5% weight loss, the shear rigidity of the warp and weft of the treated fabric rapidly decreased. But with the increase in the above 6.5% rate of weight loss, the decreasing tendency of the shear rigidity declined. At same rate of the weight loss, the shear rigidity of fabric treated with tank type nearly equal to the that of the liquor flow type. But at same rate of the weight loss, the shear rigidity of the fabric treated with C.D.R type higher than that of the tank or liquor-flow type.

1. 서 론

합성섬유 가운데 PET 섬유는 견섬유와 유사한 역학량을 갖고 있다. 그래서 직물구조가 견직물과 같은 구조를 가지면서 견직물에서 느낄 수 있는 고유한 견의 감촉을 PET 직물에서도 만들 수 있을 것이라는 개념에서 직물의 기하학적 형태를 비슷하게 하려는 노력이 이어져 왔다. 따라서 사 상태에서는 견이 갖는 삼각단면과 선밀도 등에 변화를 주고, 직물상태에서는 열처리와 감량가공을 함으로써 모노 필라멘트와 모노필라멘트 사이, 사와 사 사이에 공간을 부여하여 경·위사의 교차점에서 교차면적이나 교차압을 낮추어 유연한 역학량(촉감)을 갖도록 하였다.¹⁾

역학적으로는 1988년에 宋錚²⁻³⁾ 등이 감량률에 따른 직물의 역학량을 KES-FB System를 이용하여 계측하고, 이것을 KN-series를 이용하여 태(hand)를 조사하였다. Melissa⁴⁾는 FAST System를 이용하여 굽힘과 전단을 조사하였으며, 국내에서는 Seo⁵⁾가 감량률에 따른 직물의 전단특성을 보고한 바 있다.

굽힘특성은 1937년 F.T. Peirce⁶⁾에 의해 직물의 모형이 제안되면서 이론적인 연구가 되기 시작하여 Shanahan, Hearle⁷⁾ 등은 교차점에서의 단면이 원형이 아닌 것을 제시하였다. 1972년에는 G.M. Abbott⁸⁾는 굽힘강성을 실상태와 평직물의 비로 나타내고, 열처리효과에 대해서도 연구하였다. 1976년 J. Skelton⁹⁾은 monofilament-thread 직물 모델을 가정하여 직물의 크립프의 영향이 굽힘에 미치는 영향을 조사하였다. Dhingra¹⁰⁾는 직물의 굽힘거동은 모와 폴리에스터 혼방 직물을 여러 가지 조직에서 조사한 결과 실의 변수, 직물의 두께, 무게가 증가할수록 직물의 굽힘강성이 증가한다고 하였으며, 실의 굽힘모멘트에 대한 직물의 굽힘모멘트의 비가 크립프가 증가할수록 감소한다는 결과를 보고하였다.

전단특성의 연구에서 Subramaniam¹¹⁾은 평직으로 제작한 폴리에스테르와 실크의 혼방직물에 장력과 시료의 크기, 위사밀도를 달리하여 실험한 결과 장력이 증가할수록, 시료크기가 감소할수록, 그리고 위사밀도가 증가할수록 전단강성이 증가한다고 보고하였다. J. Skelton¹²⁾은 교차점에서의 전

단변형각의 증가에 따라 상호회전마찰면적이 증가함으로써 마찰저항력이 커진다고 가정하고 있다.

한편, 현장에는 다양한 PET 직물소재가 있으며 공정의 합리화, 품질의 안정화, 생산성 향상 등의 요구에 대응하기 위하여 여러 가지 감량가공기계가 사용되고 있다. 연속식 감량(C.D.R.; Continuous Denier Reduction Range)은 고농도 NaOH 수용액을 사용하여 단시간 처리하지만, 배치식(탱크식, 액류식) 감량은 연속감량에 비해 저농도 NaOH 수용액에 처리포를 침지하여 98℃ 이하의 온도에서 장시간 처리하기 때문에, 배치방식이라는 번거로움은 피할 수 없지만, 가능한 한 제품에는 마일드함과 승고성이 있는 소프트한 촉감을 얻을 수 있다고 한다.¹³⁾

따라서 본 연구에서는 폴리에스테르 직물(DTY faille)을 탱크식 감량기, liquor-flow 감량기 및 연속식 C.D.R. 감량기에서 알칼리 감량가공하였을 때, 감량기계의 차이에서 오는 감량직물의 역학특성(굽힘, 전단)을 비교·검토하였다.

2. 실험

2.1 시료

시료로는 Table 1의 제원과 같이 폴리에스테르 직물(DTY faille)을 사용하였으며, NaOH와 호발제를 사용하여 로타리와서(삼일산업(주): SIRW-400)에서 105℃×30min. 고압정련축소(수축률: 약 14%)한 다음, 텐터(SUN SUPER: 일성기계공업(주))에서 220℃×70m/min.로 예비열고정한 뒤 시료로 사용하였다.

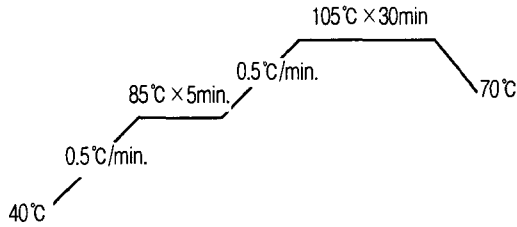
Table 1. Specification of samples

Sample	Yarn		Density		Twist		Weave
	count(d/f)		ends/inch	picks/inch	(TPM)		
	wp	wf	wp	wf	wp	wf ^{a)}	
DTY faille	75/36	150/96	155	70	-	2,200(S) 2,200(Z)	Plain

a) Weft ; S : Z = 2 : 2

Scouring : 105℃ × 30min.

NaOH : 0.5g/ℓ
 DS-100 : 0.25g/ℓ



2.2 시약

시약은 50%-NaOH(화신화학), 호발제(DS-100 : 경동유화공업사), CH₃COOH(YAKURI PURE CHEMICALS Co., LTD), 분산제(Rapid-50A : 일신화학)로서 정제하지 않고 공업용 시판품을 그대로 이용하였다.

2.3 감량장치

이 연구에 사용된 감량기는 연속감량기 C.D.R. (Onomori Works Iron co., ltd.(日))과 액류감량기 (Sofleena SIDS-1010, 삼일산업(주)), 탱크감량기 ((주)성안 자작)를 사용하였다.

2.4 실험방법

2.4.1 알칼리 가수분해

기존 연속감량기인 C.D.R.(Onomori)에서는 DTY faille 직물에 대하여 온도(113°C)와 NaOH 농도(16.2%)를 고정하고, 피감량물의 주행속도(20, 30, 40, 50, 60, 70, 80m/min.)를 변화시켜 가며 폴리에스테르 직물을 알칼리 가수분해시켜 수세(87°C), 자연건조하였다.

액류감량기(Sofleena)에서는 욕비 1 : 33, 온도(96°C)와 NaOH 농도(4%)를 고정하고 알칼리 처리시간(20, 30, 40, 50, 60, 70, 80min.)을 변화시켜 가며 실험한 후 60°C에서 10min.간 수세하고, 세탁기에서 25°C×15min.간 수세, 탈수를 거쳐 24시간이상 자연건조하였다. 탱크식 감량기에서는 욕비 1 : 140, 처리온도(95°C), NaOH 농도(7.2%)를 고정하고, 처리시간(10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70분)을 변화시켜 가면서 실험한 후 60°C에서 10min.간 수세하고, 세탁기에서 25°C×15min.간 수세, 탈수를 거쳐 24시간이상 자연건조하였다. 알

칼리 처리전후의 항량된 시료의 무게를 칭량하여 다음 식에 따라 감량률을 구하였다.

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

W_o = 알칼리 처리전 무게

W = 알칼리 처리후 무게

2.4.2 밀도 측정

밀도는 KS K 0511법에 따라 경·위사 각각 5회 측정하여 평균치를 구하였다.

2.4.3 굽힘, 전단특성 측정

직물의 태에 관련되는 직물의 역학적 성질은 직물 또는 섬유 탄성범위내에서의 소규모 변형이므로 이 영역에서의 측정은 매우 높은 감도를 요구하게 된다. 따라서 알칼리처리 전후 시료들의 역학특성은 KES-FB1, FB2 system(Kato tech co., ltd.)을 이용하여 경·위사를 각각 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 경·위사 밀도변화

Fig. 1은 폴리에스테르 직물의 감량률 증가에 따른 경사의 밀도변화를 나타낸 것이다. 정련축소 및 예비열고정한 감량미처리시료의 경사밀도는 180.2 ends/inch이나, 감량가공기계에 따라 피감량물에 걸리는 장력차이로 동일감량률에서 경사밀도 차이가 발생함을 알 수 있다.

탱크감량시료는 감량초기에 경사밀도가 다른 감량방법에 비하여 격심하게 감소하였으며, 그 후 밀도는 176.5 ends/inch로 거의 일정하였다. 액류감량에서는 감량률이 증가함에 따라 경사밀도는 점진적으로 감소함을 알 수 있었다. 또한 연속 감량식 C.D.R.에서는 감량초기에 밀도가 177.8 ends/inch 까지 감소하였으나 그 후 계속 큰 변화는 없었으며, 감량률 약 20% 이상에서는 탱크, 액류감량시료보다 경사밀도가 높음을 알 수 있었다.

일반적으로 감량률이 증가함에 따라 경사밀도가 감소하는 것은, 예비열고정시 받은 내부응력이 제거되면서 구성필라멘트들의 팽윤과 위사방향으로의 장력에 기인된 것으로 생각된다.

탱크감량시료가 전반적으로 다른 감량방법에 비

하여 동일감량률에서 경사밀도가 낮은 것은, 현장 작업시 피감량물을 핀(pin)에 걸어서 호이스트(hoist)로 운반·감량하기 때문에, 위사방향으로 많이 장력이 걸려 경사밀도가 낮은 것으로 생각된다. 반면에 C.D.R. 감량시 감량률 약 20% 이상에서 탱크, 액류감량시료보다 경사밀도가 높은 것은, C.D.R. 감량은 확포상태로 피감량물을 수행시키면서 감량하기 때문에 경사방향으로 많은 장력이 걸리나 위사방향으로는 거의 장력이 걸리지 않는다. 따라서 경사방향의 높은 장력은 확포주행시 직물 폭방향으로 횡압력을 부여하여 경사밀도가 다른 감량법에 비해 높은 것으로 고찰된다.

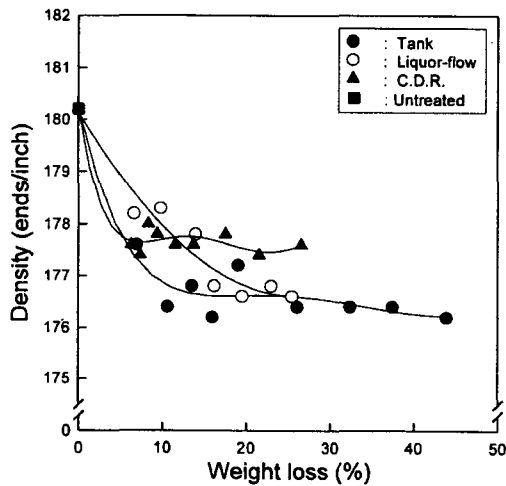


Fig. 1. Density(wp) of alkali hydrolyzed PET fabrics with respect to weight loss at various denier reduction range.

Fig. 2는 폴리에스테르 직물의 감량률 증가에 따른 위사밀도변화를 나타낸 것이다. 감량미처리 시료의 위사밀도는 79.8 picks/inch이나, 동일한 감량률에서 감량가공기계에 따라 위사밀도가 다르다는 것을 알 수 있다.

Fig. 2에서 알 수 있는 바와 같이 탱크감량시료는 감량초기에 위사밀도가 약 1 pick/inch 증가하였으며, 액류식 감량에서는 초기에 밀도가 약 2 picks/inch 증가하다가 감소하여 tank 감량시료와 거의 동일하였다. 또한 탱크식과 액류식 감량시료는 감량률이 증가함에 따라 위사밀도는 모두 미처

리시료보다 높았으나, 연속감량 C.D.R.에서는 감량초기부터 감량률이 증가함에 따라 점진적으로 위사밀도가 감소함을 알 수 있었다.

한편 탱크식 감량에서는 초기에 밀도가 약 2 picks/inch 증가하는 것은, 감량초기에 리랙스(relax)에 의한 잠재내부응력의 제거와 로우프(rope) 주행시 물리적인 비팅(beat)효과로 수축이 많이 일어난 것으로 생각되며, 그후 밀도가 감소한 것은 장시간 로우프 주행처리로 말미암아 경사방향으로 장력이 걸리기 때문인 것으로 고찰된다.

연속감량 C.D.R.에서는 감량초기부터 감량률이 증가함에 따라 위사밀도가 감소하는 것은, 확포주행시 스티밍챔버와 수세조에 있는 많은 가이드 로울러 사이에 주행(경사)장력이 걸리기 때문인 것으로 생각된다.

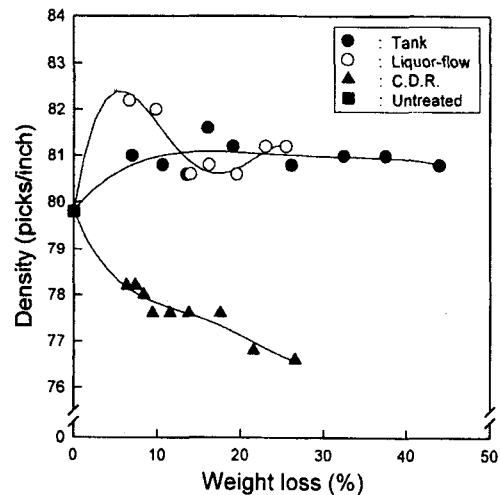


Fig. 2. Density(wf) of alkali hydrolyzed PET fabrics with respect to weight loss at various denier reduction range.

3.2 감량률에 따른 굽힘특성

Fig. 3은 감량가공기계를 달리하여 폴리에스테르 직물을 감량가공하였을 때, 감량률에 따른 굽힘강성의 변화를 나타낸 것이다. (A)는 경사, (B)는 위사의 굽힘강성을 나타낸다. (A)에서 알 수 있는 바와 같이 감량률이 증가함에 따라 굽힘강성은 감량가공기계에 관계없이 감소하고 있으며, 굽

힘강성은 감량률 약 6.5%까지는 급격히 감소하고, 그 이상에서는 서서히 감소함을 알 수 있다. 또한 동일한 감량률에서는 대체로 C.D.R.에서 감량한 시료가 탱크, 액류 감량시료보다 굽힘강성이 미세하게 높았다. 일반적으로 감량률이 증가함에 따라 굽힘강성이 감소하는 것은, 감량된 사의 섬도감소로 경·위사 교차압과 구성 필라멘트들 사이의 마찰력 감소에 기인된 것으로 생각된다. C.D.R. 감량시료의 굽힘강성이 탱크, 액류 감량시료보다 높은 것은, 주행장력에 의한 경·위사 교차압이 탱크, 액류 감량시료의 경·위사 교차압보다 높기 때문인 것으로 고찰된다.

(B)에서 탱크 감량시료의 굽힘강성이 다른 감량기계에서 감량한 시료보다 낮게 나타나는 것은, 저장력 감량방식에 의한 크립프 효과로 생각된다. 즉, 위사밀도가 다른 감량가공기계에서 감량한 시료보다 높아 경·위사 교차점이 많음에 불구하고 굽힘강성이 낮게 나타나는 것은, 구성사의 긴장완화에 따른 크립프효과가 경·위사 교차점보다 굽힘강성에 영향을 많이 미친다는 것을 알 수 있다.

Fig. 4는 감량률의 증가에 따른 경·위사방향의 굽힘이력을 나타낸 것이다. Fig. 4에서 알 수 있는 바와 같이 감량가공기계에 관계없이 감량률 약 6.5%까지는 굽힘이력이 아주 급격하게 저하하였으며, 그 이상의 감량률에서는 굽힘이력의 감소가 미세하였다. 감량초기에 굽힘이력의 급격한 감소는 예비열고정시에 받은 내부잠재응력의 감소와 더불어 섬도감소에 의한 경·위사 교차압의 감소, 경·위사 구성 필라멘트들간의 마찰효과감소가 복합적으로 작용했기 때문인 것으로 생각된다.

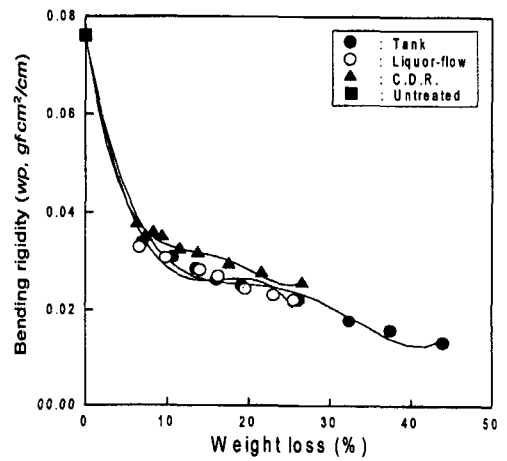
또한 (B)에서 C.D.R. 감량시료가 탱크 감량시료와 액류 감량시료보다 굽힘이력이 높은 것은, 경사 방향으로 걸리는 장력에 의해 경·위사 교차점에서의 교차압이 증가하고, 구성 필라멘트간의 접촉점이 많아져 변형후 회복시 초기위치로의 이동에 대한 구속력이 증가하기 때문인 것으로 생각된다.

3.3 감량률에 따른 전단특성

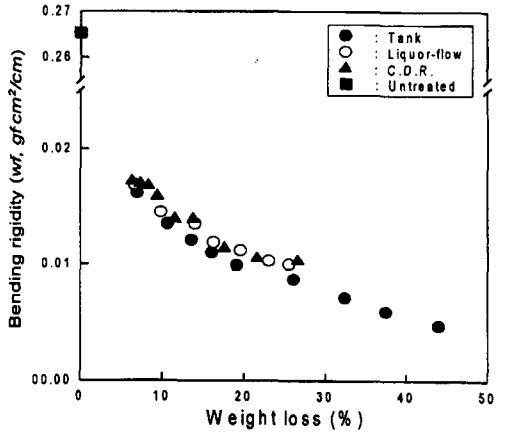
Fig. 5는 감량가공기계를 달리하여 폴리에스테르 직물을 감량가공하였을 때, 감량률에 따른 전단강성의 변화를 나타낸 것으로서, (A)는 경사의 전단강성, (B)는 위사의 전단강성을 도시한 것이다.

(A), (B)에서 알 수 있는 바와 같이 경·위사의 전단강성은 감량가공기계에 관계없이 감량률이 증가함에 따라 전단강성은 감소하였으며, 동일한 감량률에서는 탱크 감량시료와 액류 감량시료는 거의 같은 굽힘강성을 나타내었다. 또한 C.D.R. 감량시료는 동일한 감량률에서 탱크 감량시료나 액류 감량시료보다 굽힘강성이 높음을 알 수 있었다.

일반적으로 직물의 전단거동은 경·위사 교차점에서 교차각의 변화에 저항하려는 힘으로 표현되는 것으로서, 감량률이 증가함에 따라 전단강성이 저하하는 것은 밀도감소와 알칼리 감량에 의



(A) Warp



(B) Weft

Fig. 3. Bending rigidity of alkali hydrolyzed PET fabrics with respect to weight loss at various denier reduction range.

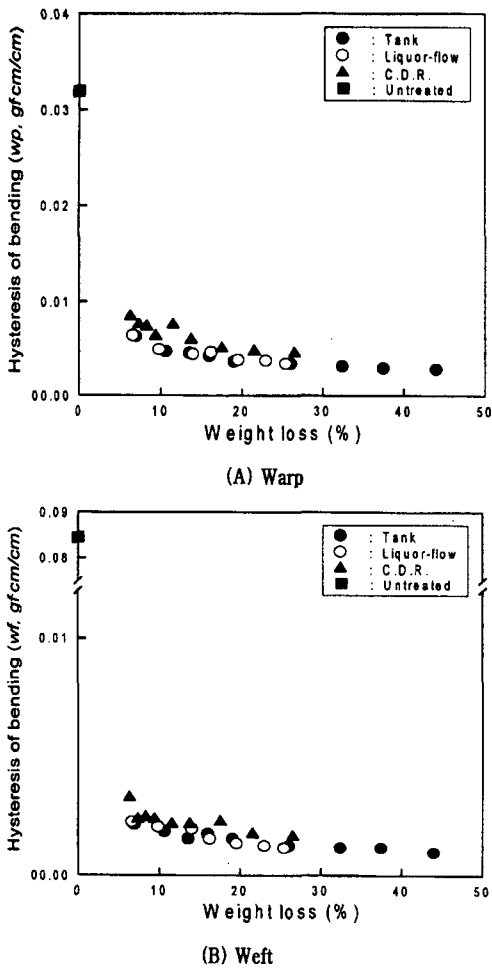


Fig. 4. Hysteresis of bending of alkali hydrolyzed PET fabrics with respect to weight loss at various denier reduction range.

한 PET 섬유는 섬도감소로 경·위사 교차점에서의 교차압과 교차면적이 감소하고, 사를 구성하는 필라멘트들간의 마찰력 감소로 교차각의 변화에 대한 저항력이 감소하기 때문에 전단강성이 감소한 것으로 생각된다.

C.D.R. 감량시료가 다른 감량기계들에서 감량한 시료들에 비해 경·위사방향에서 전단강성이 다소 높은 것은, 앞에서 설명한 바와 같이 동일한 감량률에서 탱크 감량시료나 액류 감량시료보다 경사 밀도가 높으며, 확포주행시 경사방향으로 장력을 받기 때문에 경·위사 교차점에서 교차압의 증가

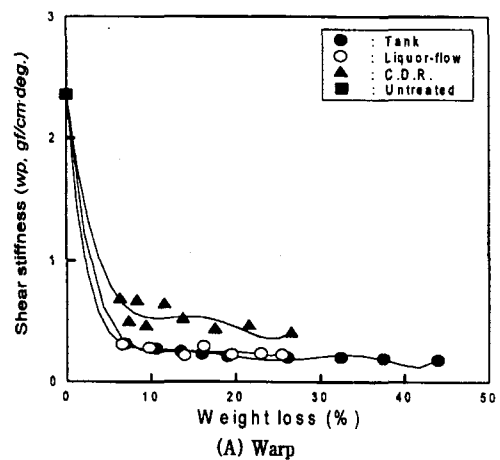
와 경사 필라멘트들 사이의 마찰력증가로 교차각의 변화에 저항값이 높기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 6는 감량률의 증가에 따른 2HG의 변화를 나타낸 것으로서 (A)는 경사의 2HG, (B)는 위사의 2HG이다. Fig. 6에서 알 수 있는 바와 같이 경·위사 모두 감량률이 증가함에 따라 감량가공 기계에 관계없이 2HG는 감소하였으며, C.D.R. 감량시료의 2HG는 탱크 감량시료나 액류 감량시료보다 2HG는 아주 높았으며, 탱크 감량시료와 액류 감량시료의 2HG는 거의 같은 곡선을 그리고 있으나, 감량초기에는 탱크 감량시료가 액류 감량시료보다 2HG가 높았으며, 그후 감량률이 증가함에 따라 액류 감량시료가 탱크 감량시료보다 2HG가 높음을 알 수 있었다.

(B)에서 감량초기에 액류 감량시료가 탱크 감량시료보다 2HG가 낮은 것은, 액류 감량시 초기에 로우프주행에 따른 물리적인 비팅(beat)효과로 예비열고정시에 받은 잠재내부응력의 제거가 탱크 감량시료보다 빨랐기 때문인 것으로 고찰되며, 그 후 감량률이 증가됨에 따라 다시 액류 감량시료가 탱크 감량시료보다 2HG가 높아지는 것은, 로우프 주행시 받는 경사방향 장력에 기인된 것으로 생각된다.

직물의 굽힘변형은 직물의 평면에서 벗어나는 변형이나 전단변형은 직물내에서 발생하는 변형이므로, (B)에서 감량가공기계에 따른 2HG 변화를 (A)에서도 확연히 들어남을 알 수 있다.

Fig. 7도 감량률에 따른 2HG5의 변화를 나타낸 것이나 Fig. 6과 거의 같은 경향은 보여주고 있다.



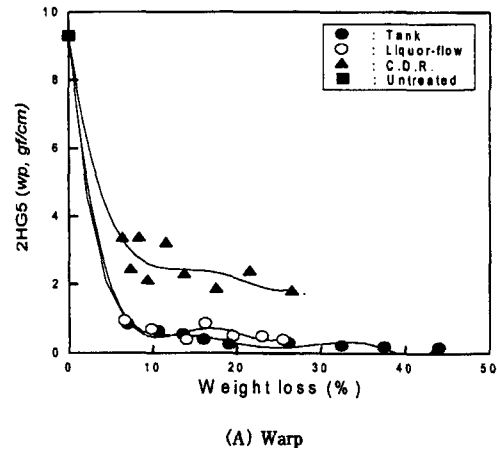
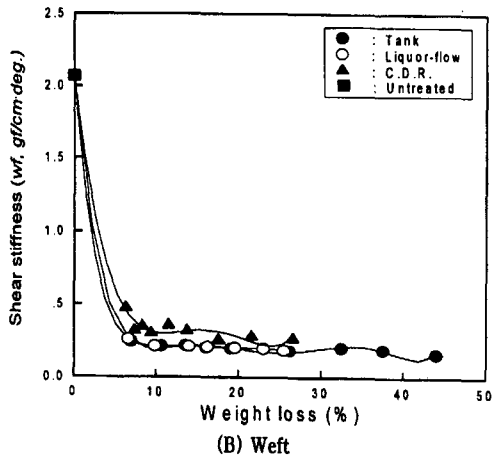


Fig. 5. Shear stiffness of alkali hydrolyzed PET fabrics with respect to weight loss at various denier reduction range.

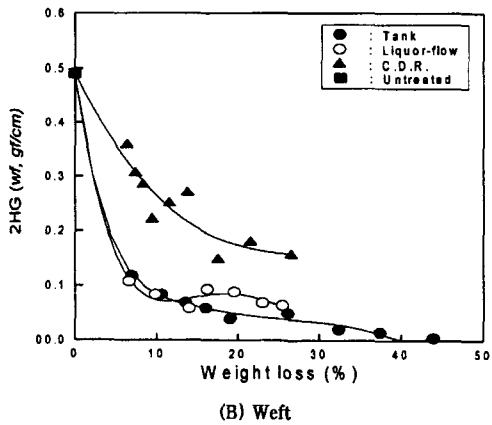
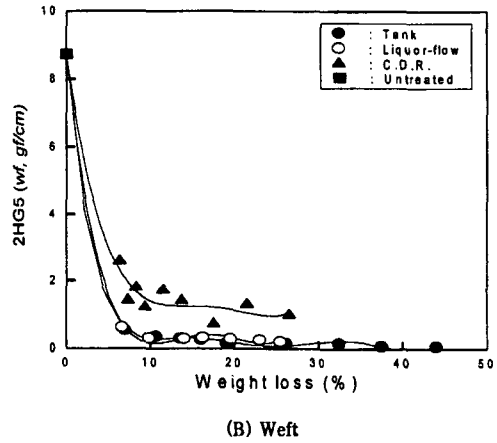
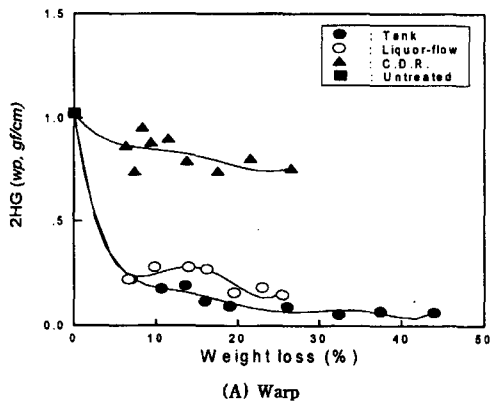


Fig. 7. 2HG5 of alkali hydrolyzed PET fabrics with respect to weight loss at various denier reduction range.

4. 결론

여러 가지 감량가공기계(탱크, 액류, C.D.R.)를 이용한 폴리에스테르 직물을 실크라이크화 가공을 실시하여 역학적 특성(굽힘·전단) 등을 비교·검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 감량가공기계에 관계없이 감량률이 증가함에 따라 경·위사 굽힘강성은 감소하였으며, 감량률 약 6.5%일 때 경사의 굽힘강성은 미처리 시료에 비해 약 54% 감소한 0.035gfc²/cm, 위사는 약 94% 감소한 0.017gfc²/cm를 나타내었으며, 그 이상의 감량률에서는 서서히 감

Fig. 6. 2HG of alkali hydrolyzed PET fabrics with respect to weight loss at various denier reduction range.

소하였다. 동일한 감량률에서는 C.D.R. 감량시료가 탱크, 액류 감량시료보다 굽힘강성이 미세하게 높았다. 굽힘이력도 굽힘강성과 같이 감량가공기계에 관계없이 감량초기에 급격한 감소를 보였으며, C.D.R. 감량시료의 굽힘이력도 동일 감량률에서 다른 감량가공기계에서 감량한 시료보다 미세하게 높았다.

2. 경·위사 전단강성은 감량률 약 6.5% 까지 감량가공기계에 관계없이 급격히 감소하였으며, 그 이상의 감량률에서는 아주 미세하게 감소하였다. 또한 동일한 감량률에서 탱크 감량시료와 액류 감량시료의 경·위사 전단강성은 거의 같았으며, C.D.R. 감량시료는 탱크, 액류 감량시료보다 경사의 전단강성은 $0.25\text{gf/cm} \cdot \text{deg.}$, 위사의 전단강성은 $0.12\text{gf/cm} \cdot \text{deg.}$ 높았다.

경·위사의 전단이력 2HG, 2HG5도 감량률이 증가함에 따라 탱크, 액류 감량시료는 거의 같은 거동을 보였으며, C.D.R. 감량시료는 다른 감량가공기계에서 감량한 시료보다 확연히 높았다.

감사의 글

본 연구는 경일대학교와 과학기술처의 연구비로 연구된 결과의 일부이며 관계자에게 감사 드립니다.

참고문헌

1. 이민수, 김승진, 조대현, 김태훈, *한국염색가공학회지*, **10**, 257(1998).
2. 宋錚, 橋本 龍, *染色工業(日本)*, **36**, 426(1988).
3. 宋錚, 橋本 龍, *染色工業(日本)*, **37**, 598(1989).
4. Melissa Davies, J. Amirbayat, *J. Text. Inst.*, **85**, 376(1994).
5. 서문호, *한국섬유공학학회지*, **31**, 1038(1994).
6. F. T. Peirce, *J. Text. Inst.*, **28**, T45(1937).
7. W. J. Shanahan, J. W. S. Hearle, *J. Text. Inst.*, **69**, 92(1978).
8. G. M. Abbott, P. Grosberg, G. A. V. Leaf, *J. Text. Inst.*, **63**, 346(1972).
9. J. Skelton, *Text. Res. J.*, **46**, 44(1976).
10. R. Postle and R.C. Dhirgra, *Text. Res. J.*, **57**, 448(1987).
11. V. Subramaniam and M. Sivakumar, *Text. Res. J.*, **60**, 368(1990).
12. J. Skelton, *Textile Res. J.*, **46**, 862(1976).
13. 서말용, 한선주, *한국염색가공학회지*, **10**, 65(1998).