

<研究論文(學術)>

연속/액류방식에 의한 폴리에스테르 직물의 감량특성

서말용* · 박한도 · 박기수 · 한선주*

(주)정진에스·이·지

*한국섬유개발연구원

(1997년 6월 26일 접수)

Properties of Alkali Hydrolyzed Polyester Fabric by CDR/Liquor-Flow Type

Mal Yong Seo*, Han Do Park, Ki Su Park and Sun Ju Han*

Jung Jin S · E · G Co., Ltd.

**Korea Textile Development Institute*

(Received June 26, 1997)

Abstract— In this study, Two types of polyester fabrics were hydrolysed with NaOH using the CDR m/c of pad-steam type and the Sofleena m/c of liquor-flow type to determine the alkali hydrolysis properties of polyester fabrics. The results were as follows :

Under the same conditions, the weight loss of charmeuse was about 0.5% and 2~3% higher than that of pebble with CDR m/c and with Sofleena m/c, respectively. The weft density of pebble decreased about 14picks/inch with CDR m/c and 3picks/inch with Sofleena m/c comparing to the untreated sample at 18% of weight loss, while the weft density of charmeuse decreased about 5picks/inch with CDR m/c and 2picks/inch with Sofleena m/c at 20% of weight loss.

K/S value decreased almost identically within about 11% weight loss of pebble and 8% of charmeuse processed with both CDR and Sofleena. However, in the above these weight losses, K/S value of the fabrics processed with Sofleena was higher than that of fabrics processed with CDR. The bending rigidity of warp direction of the fabrics ($2 \times 10^{-2} \text{gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ higher for charmeuse and $7 \times 10^{-3} \text{gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ higher for pebble) processed with CDR m/c was higher than that of the fabrics processed with Sofleena m/c.

1. 서 론

폴리에스테르 섬유는 강도, 탄성율, 혼방성, 내열성 등이 우수하기 때문에 의류용 섬유로 널리 사용되고 있으나, 염색성, 필링성, 흡습성, 대전성 등에 결점도 있어 이를 개선하려는 연구가 많이 이루어졌다.^{1~5)}

폴리에스테르 섬유의 촉감을 개선하기 위한 감량 가공은 1952년 영국 ICI사의 특허⁶⁾에서 비롯되어 1970년대 중반에 공업화되었으며, 현재 우리나라에도 널리 실시되고 있다.

반응은 기본적으로 에스테르의 가수분해인데, 친핵성 OH 이온에 의해 에스테르 결합을 이루고 있

는 카르보닐 탄소와 산소의 결합이 끊어져 테레프탈레이트 음이온(T⁻)과 에틸렌글리콜이 되고, 생성된 T⁻이온은 Na⁺ 이온과 반응하여 염의 형태로 반응계에서 제외되기 때문에 반응은 평형에 이르지 않고 표면에서 내부로 계속 진행된다. 그러므로 섬유는 점차 가늘어져 무게가 감소되며 10~25% 정도가 감량되었을 때 섬유의 기계적 특성이 크게 손상되지 않고 촉감, 드레이프성이 개선되며 견과 유사한 촉감을 갖게 된다.

한편, 80년대 초반까지 주류를 이루던 탱크식 감량은 안전성과 뒤틀차, 생산성 등에 문제가 있어, 그후 원가절감과 생산성향상이라는 관점에서 연속감량기(CDR)로 시설개체가 이루어졌으나, 감량시 장력분제로 품질고급화가 어려워 최근 액류감량기가 개발되어 널리 보급되었으며, 동일한 감량율이라 할지라도 감량방법, 즉 감량가공기계에 따라 각종 물성과 촉감 등이 다르다는 것은 주지의 사실로 알려져 있으나 이를 체계적으로 연구한 자료는 거의 없는 실정이다.^{7,8)}

따라서 본 연구에서는 연속감량기와 액류감량기를 이용하여 폴리에스테르 직물을 알칼리 감량가공하였을 때, 감량기의 차이에서 오는 감량직물의 입색성, 인장강도, 표면형상, 굽힘특성 등을 검토하였다.

2. 실험

2.1 시료 및 시약

시료로는 Table 1의 제원과 같은 폴리에스테르 직물을 사용하였으며, NaOH와 호발제를 사용하여 고압 R/W에서 Charmeuse 직물은 105°C×30분, Pebble 직물은 115°C×30분으로 장력중소한 니움, 탱터에서 200°C×90m/분으로 예비고정한 뒤 시료로 사용하였다.

Table 1. Specification of polyester fabric used

Sample	Yarn count		Density		Twist		Weave
	WP	WT	WP	WT	WP	WT	
Pebble	150/72	150/72	77	60	1,800	1,800	Plain
Charmeuse	50/24	75/72	250	95	-	2,500	Satin

시약은 50% -NaOH(화신화학), 호발제(DS-100 : 경동유화공업사), 빙초산을 정제하지 않고 공업용 시판품을 그대로 이용하였으며, 염료는 FORON BR RED RD-BL GRAN(SANDOZ)을 사용하였다.

2.2 실험장치

이 연구에서는 폴리에스테르 직물이 스티밍조에 약 111m 채류할 수 있는 CDR(Onomori Iron Works Co., Ltd.(11))과 액류감량기인 Sofleena(SIDS-1010 : 삼일산업(주))를 사용하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 알칼리 가수분해 및 염색실험

CDR에서는 스티밍온도(113°C)와 NaOH 농도(16.2%)를 고정하고, 피감량물의 주행 속도(30, 40, 50, 60, 70, 80m/min.)를 변화시켜 가며 폴리에스테르 직물을 알칼리 가수분해하고 수세(87°C)와 실린더 건조(95°C)를 하였으며, Sofleena에서는 욕비 1 : 33, 처리온도 (96°C)와 NaOH 농도(4%)를 고정하고 알칼리 처리시간(20, 30, 40, 50, 60, 70, 80분)을 변화시켜가며 실험한 후 60°C에서 10분간 수세하고, 세탁기에서 25°C×15분간 수세, 탈수를 거친 후 24시간 이상 자연건조하였다. 알칼리 처리전후의 함량된 시료의 무게를 칭량하여 다음 식에 따라 감량율을 구하였다.

$$\text{Weight loss} = \frac{W_0 - W}{W_0} \times 100 (\%)$$

W₀ : 알칼리 처리전 무게

W : 알칼리 처리후 무게

염색실험은 알칼리 처리 전후 시료를 일정한 크기로 채탄하여 Mini Color Pot Dyeing M/C (DAIEI사제(11))을 사용하여 다음 조건에서 130°C×40분 염색하였다.

염료 FORON BR, RED, RD-BL GRAN 1% o.w.f.
 욕비 1 : 50
 pH(acetic acid) 4.5

2.3.2 인장강도 측정

KS K 0520 Ravelled Strip Method에 따라 인장강신도 시험기 M500PCX-10(Testomatic Co.

(영))를 이용하여 경/위사방향으로 인장속도 250 mm/min., 시료 파지거리 76mm로 각각 5회 시험하여 평균치를 구하였다.

2.3.3 표면관찰

알칼리 처리시료를 10²mmHg 감압하에서 Au-coating한 다음 Hitachi사제(일본) Scanning Electron Microscope (S-2500C)을 이용하여 경사방향의 표면형상을 관찰하였다.

2.3.4 염착성 측정

Data color International사제(미국) CCM (Data Match Spectraflash 50)을 이용하여 염색시료의 표면반사율을 최대흡수파장($\lambda_{max}=520nm$)에서 각각 3회 측정한 다음 그 평균치로 Kubelka-Munk 식에 따라 K/S값을 산출하였다.

$$K/S \text{ value} = \frac{(1-R)^2}{2R}$$

K= 염색포의 흡광계수

R= 염색포의 반사율

S= 산란계수

2.3.5 밀도 측정

밀도는 KS K 0511법에 따라 위사방향으로 5회 측정하여 그 평균치를 구하였다.

2.3.6 굽힘강성

직물의 태에 관련된 직물의 역학적 성질은 직물 또는 섬유에 탄성범위내에서의 소규모변형(비파괴 변형)이므로 이 영역에서의 측정은 매우 높은 감도를 요구하게 된다. 따라서 알칼리 처리전후의 굽힘강성은 KES-FB2 System을 이용하여 경/위사방향으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 PET 직물의 가수분해

Fig. 1은 CDR에서 NaOH 농도 16.2%, 113°C에서 주행속도에 따른 PET 직물의 감량율을 나타낸 것이다. Fig. 1에서 알 수 있는 바와 같이 주행속도가 20m/min.일때 감량율이 pebble 18.7%, charmeuse 20.0% 였지만, 주행속도 80m/min.일때 감량율은 pebble 6.8%, charmeuse 7.5%로서 주행속도가 증가

함에 따라 감량율은 감소하였다. 이는 알칼리 가수분해반응이 일어나는 스템밍조에 체류하는 PET 직물의 길이가 약 111m로서 일정하기 때문에, 주행속도가 증가함에 따라 알칼리 가수분해 반응시간이 짧아져 감량율이 감소했으리라 생각된다.

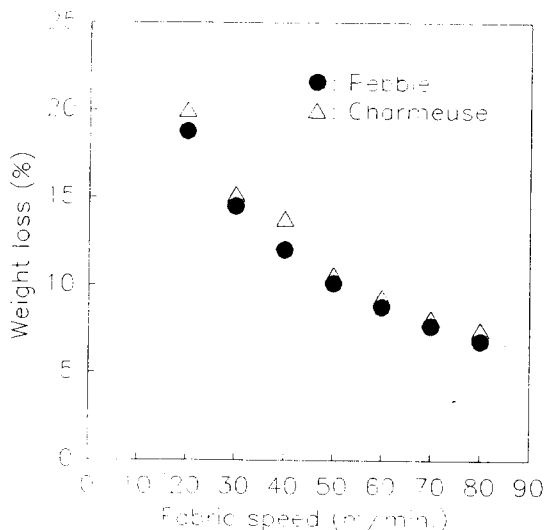


Fig. 1 Plot of weight loss of PET fabrics hydrolyzed by CDR as a function of fabric speed.

Fig. 2는 Sofleena에서 NaOH 4%, 96°C에서 처리시간에 따른 감량율을 나타낸 것이다. 처리시간이 증가함에 따라 pebble과 charmeuse 직물의 감량율이 증가하였다. 이와 같이 동일한 온도, 농도에서 처리시간이 경과됨에 따라 감량율이 증가하는 것은, NaOH에서 해리된 친핵성 -OH이온에 의한 에스테르 결합의 분해로 생성된 테레프탈레이트 음이온이 Na⁺이온과 결합하여 염의 형태로 반응계에서 제거되어 반응은 평형에 이르지 않고 표면에서 내부로 계속 진행하기 때문인 것으로 추정된다.

한편 Fig. 1, 2에서와 같이 동일한 처리조건에서는 charmeuse가 pebble보다 감량율이 높았으며, 일반적으로 감량율은 섬유의 형태(섬도, 꼬임수, 단면의 형태, 소광제의 양)와 직물의 구조인자(경/위사 밀도, 조직, 크립프) 및 진처리공정(정련, 예비열처리) 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있지만, 여기서는 charmeuse를 구성하는 필라멘트의 섬도가 작고,

밀도가 높기 때문에 표면적이 커져서 감량율이 높은 것으로 생각된다. 또한 동일한 조건에서 두 직물의 감량율차이는 CDR보다 Sofleena 쪽이 더 큼을 알 수 있으며, CDR에서는 pick-up된 알칼리만으로 가수분해가 일어나지만, Sofleena에서는 주행중 알칼리와 반복접촉이 이루어지기 때문인 것으로 고찰된다.

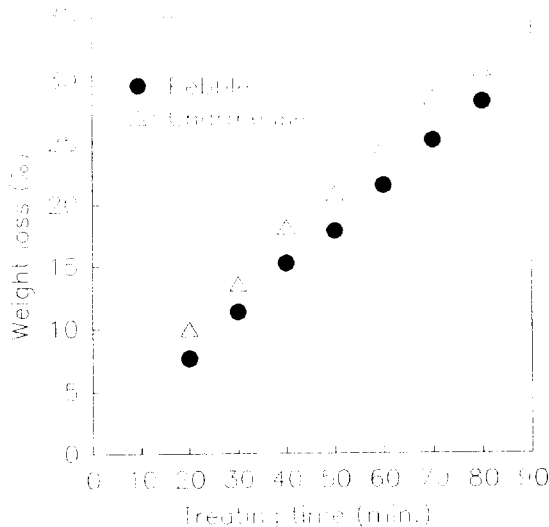


Fig. 2 Plot of weight loss of PET fabrics hydrolyzed by Sofleena as a function of treating time.

3.2 표면형상

Fig. 3은 알칼리처리한 pebble의 경사표면에 대한 SEM 사진을 나타낸 것이다. 여기서 (A)는 미처리 시료의 사진이고, (B)·(C)는 Sofleena에서 감량한 시료로서 감량율이 7.6%, 28.1%, (D)·(E)·(F)는 CDR에서 감량한 시료로서 감량율이 10.1%, 14.4%, 18.7%의 표면 사진이다. Fig. 3에서 알 수 있는 바와 같이 미처리 시료의 섬유표면은 전체적으로 평활하나 조그마한 요철이 미세하게 나타나 있으며, 이는 소광제인 TiO_2 나 SiO_2 와 같은 무기미립자가 정련·축소공정에서 빠져나오면서 형성된 것으로 생각된다. 또한 감량율이 증가함에 따라 요철의 수와 크기도 증가하여 중첩현상도 나타났으며, 섬유축방향으로 타원형상을 나타내었다. E.M. Sanders 등에 의하면

NaOH 처리시간이 길어질수록 표면요철의 크기가 증가하면서 섬유축방향으로 발달한다고 있으며, C. M. Solbrig 등은凹凸의 수가 TiO_2 의 농도에 의존한다고 보고하였다.¹⁴⁻¹⁶⁾

Fig. 4은 NaOH 처리한 charmeuse의 경사표면에 대한 SEM 사진을 나타낸 것이다. 여기서 (A)는 미처리시료의 사진이고, (B)·(C)는 Sofleena에서 감량한 시료로서 감량율이 18.1%, 24.5%, (D)·(E)·(F)는 CDR에서 감량한 시료로서 감량율이 9.3%, 15.1%, 20.0%의 표면사진이다. Charmeuse는 감량율이 증가함에 따라 Fig. 3과 같은凹凸현상이 거의 나타나지 않았으며, 이는 무기미립자가 전혀 함유되어 있지 않은 bright사이기 때문인 것으로 생각되며, K.D. Houser는 단면이 원형인 bright사가 단면이 multi-lobal형인 무기미립자가 첨가된 사보다 감량에 대해 저항이 크다고 보고하고 있다.¹⁵⁾

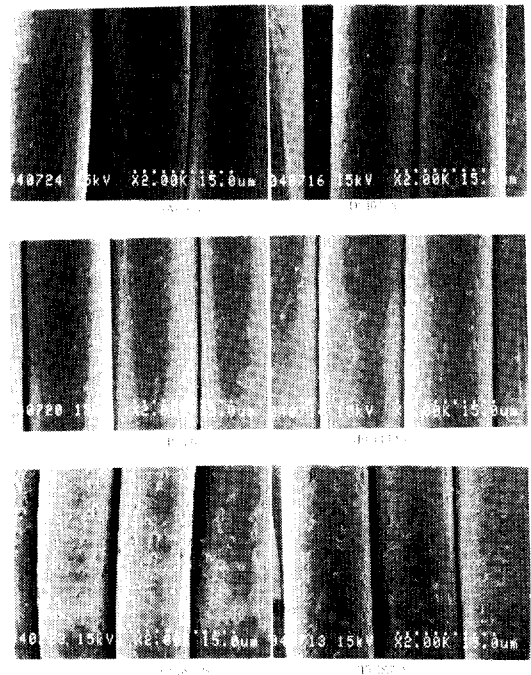


Fig. 3 SEM photographs of pebble fabrics treated in Sofleena and CDR system ($\times 2,000$): (A) untreated, (B)(C) Sofleena, (D)(E)(F) CDR.

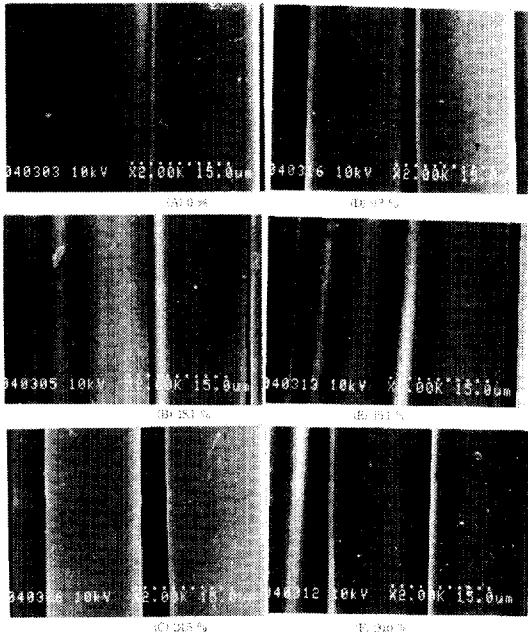


Fig. 4 SEM photographs of charmeuse fabrics treated in Sofleena and CDR system($\times 2,000$); (A) untreated, (B)(C) Sofleena, (D)(E)(F) CDR.

3.3 감량율에 따른 밀도변화

Table 2는 CDR과 Sofleena에서 감량처리하였을 때 주행중 걸리는 장력의 정도를 알아보기 위하여 감량율의 증가에 따른 위사밀도변화를 나타낸 것이다. Pebble은 약 18% 감량시 위사밀도차가 미처리에 비해 CDR에서는 약 14picks/inch, Sofleena에서는 약 3picks/inch로 나타났으며, charmeuse는 약 20% 감량시 위사밀도차가 미처리에 비해 CDR에서는 약 5picks/inch, Sofleena에서는 약 2picks/inch로 감소하였다. 따라서 감량율이 증가함에 따라 위도밀도는 감소하고 있으며, CDR에서 감량했을 때가 Sofleena에서 감량했을 때보다 위사밀도 감소율이 높다는 것을 알 수 있었는데, 이는 일반적으로 감량율이 증가함에 따라 섬도가 작아지면서 주행시 경사방향으로 걸리는 장력에 의하여 경사가 신장이 많이 되므로 위사밀도가 감소한 것으로 생각된다. CDR은 피감량물의 주행시 많은 가이드 로울러에 걸리는 장력과 구동모터간의 주행불균형 등으로 인해 장력이 유발될 수 있으며, 액류주행방식인 Sofleena에

서는 타공된 바스켓내에서 원치랴로 올라갈 때와 원치랴와 젯트노즐의 불균형으로 미소한 장력이 발생된 것으로 생각된다.

Table 2. Weft density of polyester fabrics with respect to weight loss

Fabric	CDR		Sofleena	
	Weight loss(%)	Density (picks/inch)	Weight loss(%)	Density (picks/inch)
Pebble	0	75.6	0	75.6
	6.844	65.0	7.655	74.6
	7.964	64.4	11.356	74.2
	8.788	64.6	15.212	73.2
	10.125	64.4	17.833	72.4
	12.026	64.2	21.451	72.8
	14.488	62.8	25.063	72.0
	18.774	61.6	28.153	71.2
Charmeuse	0	111.8	0	111.8
	7.501	109.2	9.982	111.2
	8.158	108.6	13.597	110.4
	9.354	108.4	18.141	111.2
	10.636	108.0	20.800	109.0
	13.797	107.6	24.588	110.0
	15.179	107.4	28.450	110.2
	20.004	106.4	30.734	109.8

3.4 감량율에 따른 인장강도

Fig. 5와 Fig. 6은 CDR과 Sofleena에서 pebble, charmeuse 직물의 알칼리 처리시 감량율에 따른 인장강도변화를 나타낸 것이다. 여기에서 알 수 있는 바와 같이 감량율이 증가함에 따라 인장강도는 감소함을 알 수 있다. 일반적으로 감량율이 증가함에 따라 인장강도가 저하되는 것은, Fig. 3, 4와 같이 감량초기에는 섬유표면에 작은 뒹뒹이 군데군데 생성되다가 감량율이 증가됨에 따라 뒹뒹수가 많아지고, 크기가 커지면서 중첩현상도 나타나 전체적으로 섬도가 작아지기 때문인 것으로 생각되며, 뒹뒹이 조밀한 부분이라든지 중첩에 의해 뒹뒹이 크게 형성된 부분이 인장하중에 대하여 weak-point로 작용될 것으로 생각된다.

한편 경사방향의 인장강도는 CDR이나 Sofleena에 무관하게 동일한 감량율에서 거의 비슷한 인장강도를 나타내었으나, pebble 직물에서 위사방향의 인장강도는 Sofleena에서 감량한 것이 CDR에서 감량한 것보다 3-4kg, charmeuse 직물에서는 약 1kg 높게 나타났다. 이는 Table 2에서와 같이 동일한 감량율에서 Sofleena에서 감량한 것이 CDR에서 감량한 것보다 위사밀도가 높는데 기인된 것으로 생각된다.

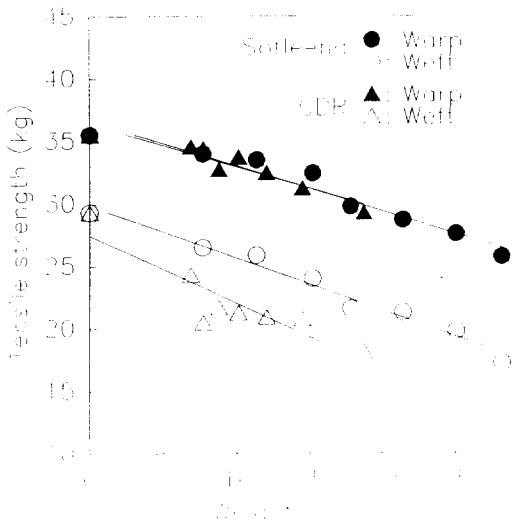


Fig. 5 Variations of tensile strength of pebble fabric as a function of weight loss.

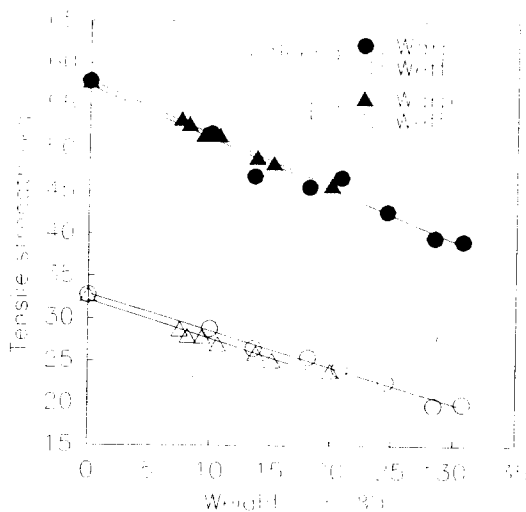


Fig. 6 Variations of tensile strength of charmeuse fabric as a function of weight loss.

3.5 감량율에 따른 염착성

Fig. 7, 8은 CDR과 Sofleena에서 감량한 pebble, charmeuse 직물의 감량율에 따른 염착성(K/S)변화를 나타낸 것이다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 감량율이 증가함에 따라 K/S치가 모두 감소함을 알 수 있으며, CDR과 Sofleena에서 감량한 pebble 직물은 감량율 약 11%까지는 K/S치가 거의 동일하나, 그 이상에서는 다소 K/S치의 차이를 나타내었으며, charmeuse 직물은 감량율 약 8%까지는 K/S치가 거의 동일하나, 그 이상에서는 K/S치가 Sofleena에서 감량한 것이 높음을 알 수 있다.

일반적으로 감량공정에서 PET 섬유표면에 요철을 형성시켜 입사광의 난반사로 부색광인 정반사를 감소시키므로써 K/S치가 증가한다는 보고가 많이 있으나,^{16,17} Fig. 7, 8에서와 같이 감량율이 증가함에 따라 K/S치가 감소하는 것은, Table 2에서와 같이 감량율이 증가함에 따라 위사밀도가 감소하기 때문인 것으로 생각된다.

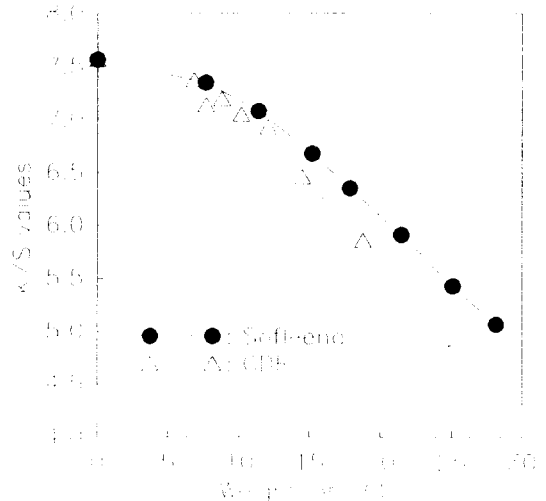


Fig. 7 K/S values of pebble fabric as a function of weight loss (dye conc. 1% o.w.f.).

3.6 굽힘강성

Fig. 9는 CDR, Sofleena에서 감량한 charmeuse 직물의 감량율증가에 따른 굽힘강성을 나타낸 것이다. Fig. 9에서 알 수 있는 바와 같이 감량율이 증

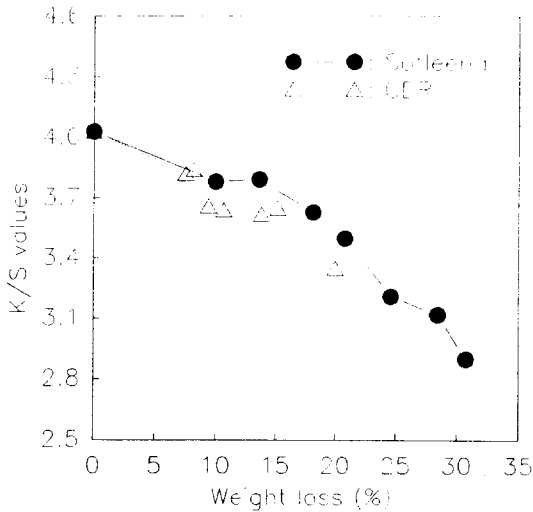


Fig. 8 K/S values of charmeuse fabric as a function of weight loss (dye conc. 1% o.w.f.).

가함에 따라 굽힘강성은 감소하고 있으며, 굽힘강성은 감량초기 즉 CDR에서 7.5%, Sofleena에서 10%까지는 급격히 감소하다가 그 이상에서는 서서히 감소하였다. 또한 감량기에 관계없이 경사방향의 굽힘강성이 위사방향의 굽힘강성보다 높았으며, 경사방향의 굽힘강성은 Sofleena보다 CDR에서 감량한 것이 감량율 약 15%에서 $2 \times 10^{-3} \text{gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 정도 높게 나타나 Sofleena에서 감량한 것이 굽힘저항이 적은 것을 알 수 있다.

Fig. 10은 pebble직물의 감량을증가에 따른 굽힘강성을 나타낸 것으로서 감량율이 증가함에 따라 굽힘강성은 감소하고 있으며, Fig. 9와 같이 감량초기에 급격한 감소는 보이지 않았다. 또한 감량율 15%에서 경사방향의 굽힘강성은 Sofleena보다 CDR에서 감량한 것이 $7 \times 10^{-3} \text{gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 정도 높게 나타났으나, 위사방향 굽힘강성은 Sofleena에서 감량한 것이 $2 \times 10^{-3} \text{gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 정도 높게 나타났다. 일반적으로 굽힘강성이 감량율의 증가에 따라 감소하는 것은 PET 섬유가 가수분해반응으로 인해 섬유가 작아져 경·위사 교차면적이 작아질 뿐만 아니라, 경·위사의 상호독립적 자유도가 증가하기 때문인 것으로 생각되며, CDR에서 감량한 것이 Sofleena에서 감량한 것보다 경사방향의 굽힘강성이 높은 것은 CDR이 Sofleena보다 감량할 때 경사방향으로 더 많은 장력이 걸려 크림프가 저하될 뿐만 아니라,

실린더 건조시에 미세한 내부응력이 주어지기 때문인 것으로 고찰된다.

한편, Fig. 9에서 알 수 있는 바와 같이 위사방향의 굽힘강성은 감량기에 따라 큰 차이는 보이지 않았으나, Fig. 10의 pebble에서는 Sofleena에서 감량한 것이 CDR에서 감량한 것보다 오히려 높게 나타났다. 이는 굽힘강성에 영향을 주는 여러 인자 가운데 위사밀도차이가 동일감량율에서 charmeuse보다 pebble이 훨씬 크기 때문인 것으로 생각된다.

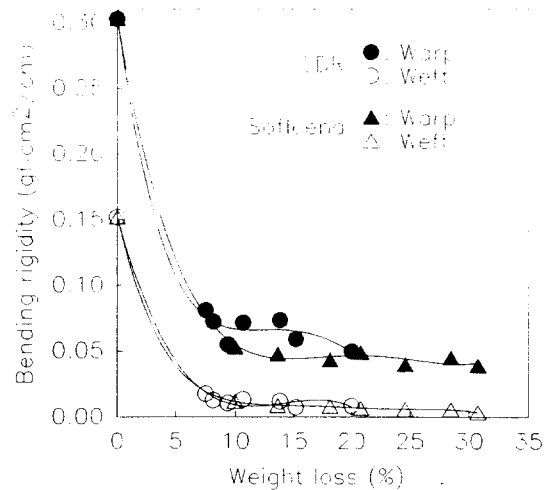


Fig. 9 Effect of weight loss of charmeuse fabric on bending rigidity.

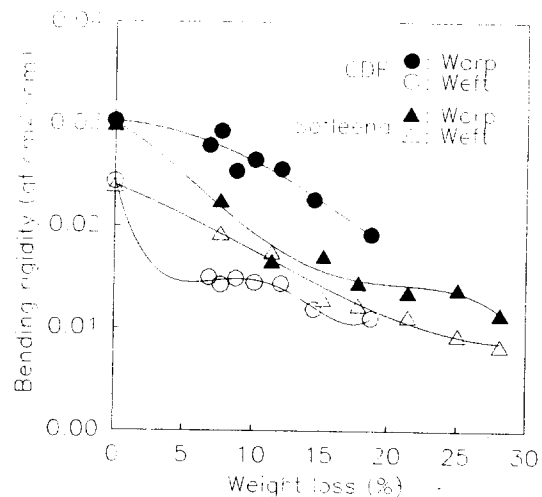


Fig. 10 Effect of weight loss of pebble fabric on bending rigidity.

4. 결 론

연속식 감량과 액류식 감량의 특성을 알아보기 위하여 페드-스팀방식의 CDR과 액류방식의 Sofleena에서 폴리에스테르 직물 2종을 감량가능한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 동일한 감량조건에서 charmeuse가 pebble에 비해 CDR에서 약 0.5%, Sofleena에서 2~3% 감량율이 높았으며, Pebble은 약 18% 감량시 위사밀도차가 미치리에 비해 CDR에서 약 14 picks/inch, Sofleena에서 약 3picks/inch 감소하였으며, charmeuse는 약 20% 감량시 CDR에서 약 5picks/inch, Sofleena에서 약 2picks/inch가 감소하였다.
2. 감량가중에 관계없이 동일감량율에서 경사방향의 인장강도는 거의 동일하였으나, 위사방향의 인장강도는 CDR에서 감량한 것보다 Sofleena에서 감량한 것이 pebble에서 약 3~4kg, charmeuse에서는 약 1kg 높았다.
3. CDR과 Sofleena에서 감량한 pebble은 감량율 약 11% 까지, charmeuse는 약 8% 까지 K/S치가 거의 동일하게 감소하였으나, 그 이상의 감량율에서는 Sofleena에서 감량한 것이 CDR에서 감량한 것보다 K/S치가 높게 나타났다.
4. Charmeuse의 굵힘강성은 CDR에서 7.5%, Sofleena에서 10% 감량까지는 급격히 감소하다가 그 이상에서는 서서히 감소하였으며, 경사방향의 굵힘강성은 Sofleena보다 CDR에서 감량한 것이 감량율 약 15%에서 $2 \times 10^{-3} \text{gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 정도 높게 나타났다. pebble은 감량조기에 급격한 굵힘강성의 감소는 없었으며, 감량율 15%

에서 경사굽힘강성은 Sofleena보다 CDR에서 감량한 것이 $7 \times 10^{-3} \text{gf} \cdot \text{cm}^2/\text{cm}$ 정도 높게 나타났다.

참 고 문 헌

1. 趙耀明, 木村良晴, 谷九五十二, 佐野嘉行, 纖維學會誌(日本), 40, T104 (1984).
2. P. Bajaa and D.N. Khanna, *Text. Res. J.*, 51, 696(1981).
3. 大口正勝, 纖維學會誌(日本), 40, T147 (1984).
4. 脇田登美司, 高岸徹, 金公朱, 黒木宣彦, 纖維學會誌(日本), 39, T87 (1983).
5. L.H. Buxbaum, *J. Appl. Polym. Sci. ; Appl. Polym. Sym.*, 35, 59(1979).
6. J.D. Hall and J.R. Winfield, *U.S. Pat.*, 2590402 (1952).
7. 長谷川元治, 染色工業(日本), 29, 592 (1981).
8. 染色經濟, 76(1994. 11).
9. 染色經濟, 53(1991. 2).
10. 福伸工業(株), 加工技術(日本), 28, 192(1993).
11. 福伸工業(株), 加工技術(日本), 30, 112(1995).
12. 오세용, 종합기술정보, 80(1991. 1).
13. E.M.Sanders and S.H. Zeronian, *J. Appl. Polym. Sci.*, 27, 4477(1982).
14. C.M. Solbrig and S.K. Obendorf, *Text. Res. Institute*, 61, 177(1991).
15. K.D. Houser, *Text. Chem. & Colorist*, 15, 70(1983).
16. 平野豊, 纖維機械學會誌(日本), 37, P131(1984).
17. 赤木孝夫, 加工技術(日本), 22, 5(1987).