

폴리에스테르직물의 수산화나트륨 처리시 아민과 CTAB의 첨가효과

이 정 순 · 柳 孝 仙

서울대학교 의류학과

An Addition Effect of Amine and Cethyl Trimethyl Ammonium Bromide on Alkali-treatment of Polyester

Jung Soon Lee, Hyo Seon Ryu

Department of Clothing & Textiles, Seoul National University

(1992. 6. 29 접수)

Abstract

The study was conducted to investigate the influence of addition of cetyl trimethyl ammonium bromide (CTAB), and amine [ethylamine (EA) or ethylene diamine (EDA)] to aqueous sodium hydroxide (NaOH) solution on polyester alkaline hydrolysis. The experimental variables such as CTAB concentration, EA or EDA concentration, NaOH concentration, temperature and time were compared, and the changes in physical and chemical properties of alkaline-hydrolyzed PET fabrics depending on their treated conditions were measured.

The results are as follows:

1. By adding CTAB and amine in aqueous NaOH solution, increasing effect on weight loss of PET fabrics was obtained in simultaneous addition of CTAB and EDA, but not in CTAB and EA.
2. By adding CTAB & EDA simultaneously, increasing effect on weight loss was obtained regardless of EDA concentration, time and temperature, and it was more effective at lower NaOH concentration.
3. The increase of void space (or irregularly grooved surface), of softness, of wickability, of dyeability on PET fabric, and the decrease of tensile strength, of molecular weight were observed according to the weight loss on the PET fabrics.

These changes were equal to all alkaline-hydrolyzed PET fabrics regardless of addition of CTAB and amine.

1. There was little changes on crystallinity, thermal behavior when PET fiber was treated with aqueous NaOH solution with CTAB and EDA. These results supported that increasing effect on weight loss take place without inducing of fine structural change of PET fibers.

으로 폴리에스테르직물을 처리한 다음, 미반응의 시약을 제거하기 위하여 액량비 1 : 100의 0.2% 비이온계 계면활성제(nonylphenol ethoclyate)액으로 40°C에서 10분간 처리한후 충분히 수세하여 자연건조하였다. 알칼리처리에 의한 중량감소율은 알칼리처리 전·후의 중량손실율로 계산하였다.

II-2-2. 불성시험

직물의 인장강도는 경사방향만을 KS K 0520 Ravel Strip법에 의하여, 유연도는 Clark법에 의하여, wickability는 Harnett등²⁵⁾에 의한 Strip Test Method를 이용하여 측정하여 계산하였고, 주사전자현미경[Jeol Co. Scanning electron Microscope JSM-35 (F)]으로 표면관찰을 하였다.

II-2-3. 염색성

염료는 Celliton Blue FFR (BASF, C.I. Disperse Blue 3)을 사용하여 유²⁰⁾에 의한 방법으로 염색하였다. 염색된 시료는 monochlorobenzene으로 염료를 추출한 다음 비색정량하여 염착량을 구하였다. 검량곡선 및 비색정량은 검²⁶⁾ 방법에 따라 정제한 염료로 파장 650 nm에서 행하였다.

II-2-4. 결정화도 측정

밀도는 4염화탄소 및 n-heptane 혼합용액에 의한 밀도구배관을 사용하여 20°C에서 밀도를 측정하였으며 측정된 밀도로부터 다음식에 의하여 결정화도를 계산하였다.

$$\text{결정화도}(\%) = \frac{d_c(d - d_a)}{d(d_c - d_a)} \times 100$$

d: 측정된 시료의 밀도 (g/cm³)

d_a: 완전비결정 밀도 (g/cm³)

d_c: 완전결정 밀도 (g/cm³)

d_a 및 d_c는 Bunn 등²⁷⁾의 값으로, d_a=1.335 (g/cm³), d_c=1.455 (g/cm³)를 사용하였다.

II-2-5. 열분석

시차주사 열량계(Seiko Instruments INC. SSC5200)로, 질소기류하에서 승온속도를 20°C/min로 하여 DSC곡선을 얻었다.

II-2-6. 분자량 측정

phenol-tetrachloroethan (1 : 1) 혼합용액으로 Ubbelohde 점도계를 사용하여 25°C에서 intrinsic viscosity를 측정한후 다음식²⁸⁾을 이용하여 분자량을 구하였다.

$$[\eta]dL/g = 2.1 \times 10^{-4} \overline{Mn}^{0.82}$$

III. 결과 및 고찰

III-1. 폴리에스테르 직물의 알칼리 처리시 CTAB와 아민의 첨가효과

CTAB와 아민의 첨가효과를 살펴보기 위하여 아민으로 -NH₂의 수가 1개인 EA와 2개인 EDA를 사용하였고, 아민의 농도는 20%로 하였는데, 이것은 아민을 단독으로 첨가했을때, CTAB만 첨가해서 얻어진 최대 중량감소율과 비슷한 값을 보이는 아민의 농도를 예비실험을 통하여 선정한 것이다. 기타조건은 가능한 낮은 온도와 저농도의 수산화나트륨 처리로 최대효과를 얻을 수 있도록, 첨가제의 특성과 선행연구들^{17,20)}을 참고로 선정하였다.

III-1-1. CTAB 농도의 변화에 따른 아민의 첨가효과

Fig. 1은 폴리에스테르 직물을 5% 수산화나트륨 용액에서 60°C, 1시간, CTAB의 농도를 0.01~1.5%로 변화시키면서, EA과 EDA의 농도를 20%로 하여 아민을 첨가했을때와 첨가하지 않았을때의 중량감소 변화를 나타낸 것이다. CTAB나 아민단독 첨가때보다는, 동시에 첨가할 경우 중량감소율이 증가하는 것으로 나타났다.

NaOH, CTAB, 아민의 혼합수용액에서의 중량감소율의 증가원인으로는 아민분해²⁰⁾ 수용액중의 아민기 존재로 섬유가지니는 하전의 저하와 팽윤효과에 의한 수산

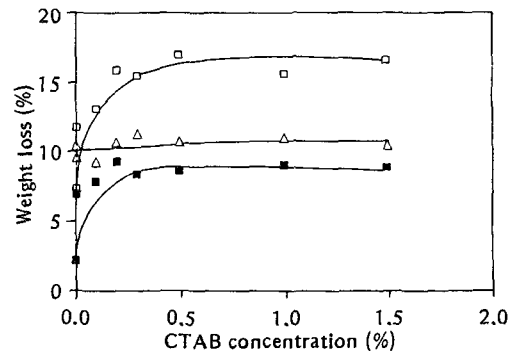


Fig. 1. Effect of CTAB concentration on weight loss of PET fabric treated in 5% NaOH solution with 20% amine at 60°C for 1hr.

■ NaOH+CTAB □ NaOH+CTAB+EDA
 △ NaOH+EA+CTAB

기의 섬유접근용이성²¹⁾, 4급함모늄 OH 이온에 의한 촉진효과 등²⁸⁾등으로 예상할 수 있다. EA과 CTAB를 동시에 첨가할 경우 CTAB만 첨가했을때 보다는 감량율이 커지지만, EA단독 첨가시와 비슷한 감량율을 보이고, CTAB농도와도 무관한 것으로 보인다.

그러나 EDA과 CTAB를 동시에 첨가할 경우는, 감량 촉진 상승효과를 나타내어 CTAB나 EDA를 단독으로 첨가했을때보다 2배 이상의 감량효과를 보이고, CTAB 농도가 증가함에 따라 중량감소율이 증가하여 약 0.2% 이상에서는 일정하게 되었다.

III-1-2. 아민농도 변화에 따른 CTAB의 첨가효과

Fig. 2는 폴리에스테르 직물의 알칼리 처리시 CTAB와 아민의 첨가 효과를, CTAB의 농도를 0.3%로 고정시키고 아민의 농도변화에 따라 나타낸 것이다.

EA의 경우 EA농도가 증가할수록 어느정도 가수분해 촉진작용을 증가시키나 30% 아민농도에서는 오히려 EA단독 첨가가 EA과 CTAB 동시 첨가시 보다 더 높은 중량감소율을 보였다. 그러나 EDA는 CTAB를 첨가할 때 농도의 증가에 따라 분해가 촉진되어 현저히 큰 중량감소율을 나타냈다.

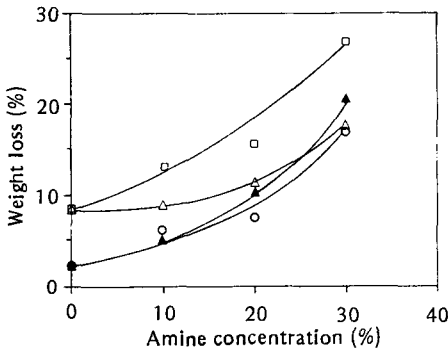


Fig. 2. Effect of amine concentration on weight loss of PET fabric treated in 5% NaOH solution with 0.3% CTAB at 60 C for 1hr.

□ NaOH+CTAB ▲ NaOH+EA
 △ NaOH+EA+CTAB ○ NaOH+EDA

III-1-3. 알칼리농도 변화에 따른 CTAB와 아민의 첨가효과

Fig. 3은 폴리에스테르 직물을 60°C, 1시간, 수산화나트륨 농도를 변화시켜 알칼리 처리할 경우, 0.3% CTAB와 20% 아민을 각각 단독으로 넣었을때와 동시

에 첨가했을때의 변화를 나타낸 것이다. EA과 CTAB의 첨가효과는 알칼리 농도와 관계없이 거의 일정하나, EDA과 CTAB의 첨가효과는 낮은 알칼리 농도에서 높게 나타났다.

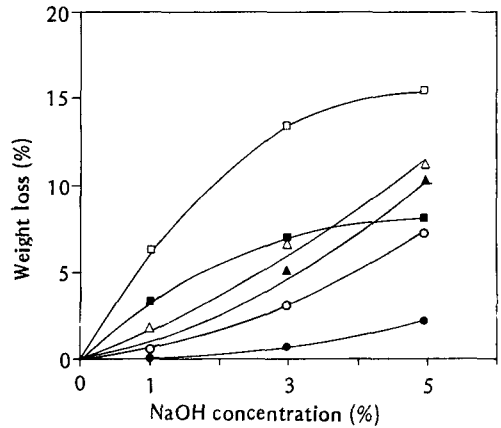


Fig. 3. Effect of NaOH concentration on weight loss of PET fabric treated with 0.3% CTAB & 20% amine at 60°C for 1hr.

● NaOH ○ NaOH+EDA
 ■ NaOH+CTAB △ NaOH+EA+CTAB
 ▲ NaOH+EA □ NaOH+EDA+CTAB

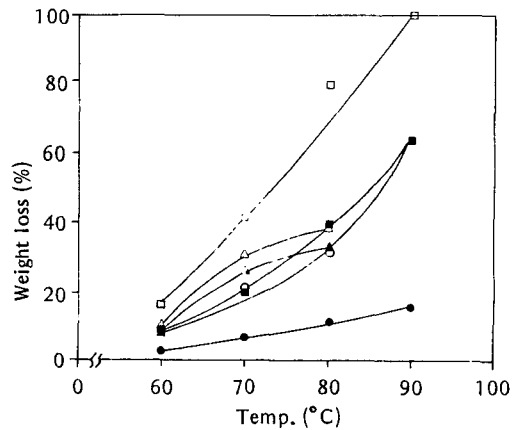


Fig. 4. Effect of temperature on weight loss of PET fabric treated in 5% NaOH solution with 0.3% CTAB & 20% amine for 1hr.

● NaOH ○ NaOH+EDA
 ■ NaOH+CTAB □ NaOH+EDA+CTAB
 ▲ NaOH+EA △ NaOH+EA+CTAB

III-1-4. 알칼리처리 온도에 따른 CTAB와 아민의 첨가효과

Fig. 4는 폴리에스테르 직물을 5% NaOH, 1시간, 온도를 달리하여 알칼리 처리할 경우, 0.3% CTAB와 20% 아민을 각각 단독으로 넣었을때와 동시에 첨가했을때의 효과를 나타낸 것이다. CTAB와 아민의 첨가효과는 처리 온도에 따라 일정한 경향을 나타냈다. 다만 EA 첨가되었을 경우는 처리온도가 높아짐에 따라 감량을 증가가 다소 둔화되었는데, 이것은 낮은 비등점을 갖는 EA이 휘발한 때문인 것으로 추측된다.

III-1-5. 알칼리처리 시간에 따른 CTAB와 아민의 첨가효과

Fig. 5는 폴리에스테르 직물을 60°C에서 5% NaOH, 처리시간을 달리하여 알칼리가공할 경우, 0.3% CTAB와 20% 아민을 각각 단독으로 넣을때의 효과를 나타낸 것이다.

EA의 경우 처리시간이 길어짐에 따라 중량감소율은

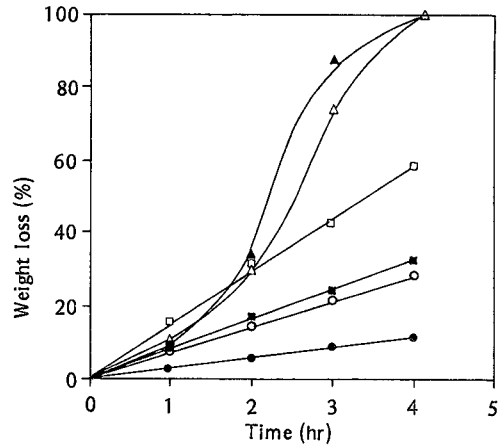
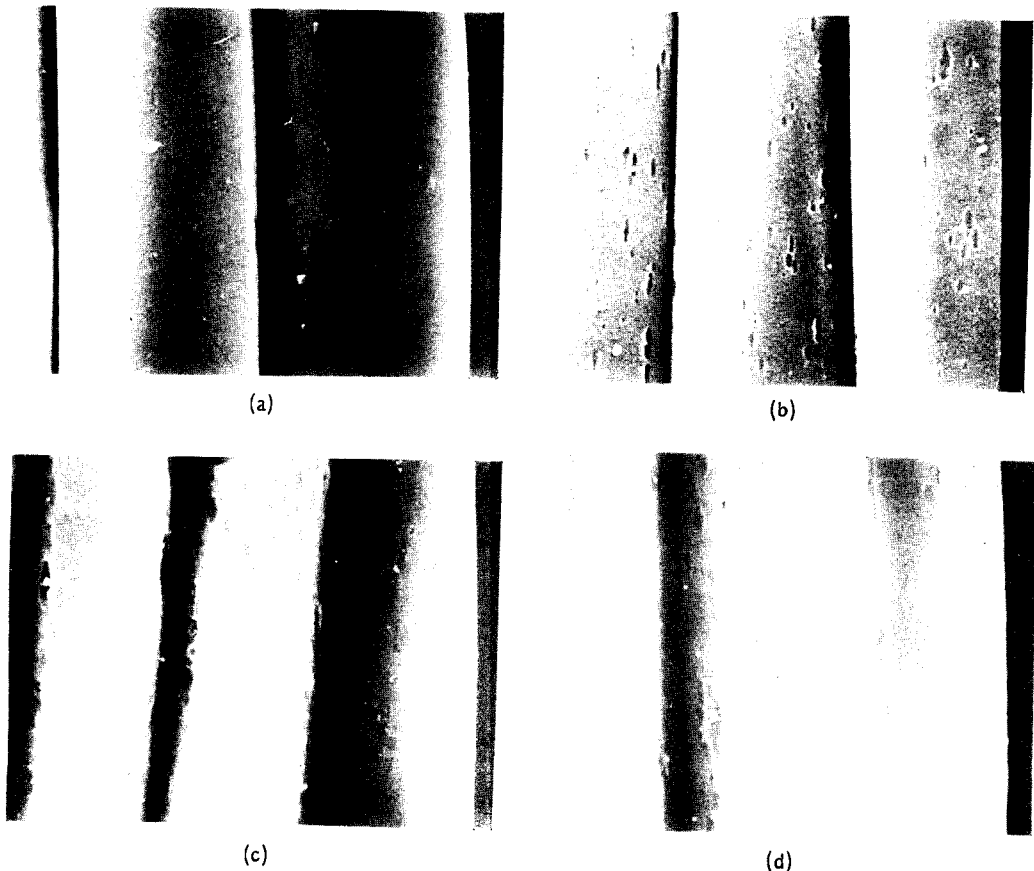


Fig. 5. Effect of time on weight loss of PET fabric treated in 5% NaOH solution with 0.3% CTAB & 20% amine at 60°C.
 ● NaOH ○ NaOH+EDA
 ■ NaOH+CTAB □ NaOH+CTAB+EDA
 ▲ NaOH+EA △ NaOH+EA+CTAB



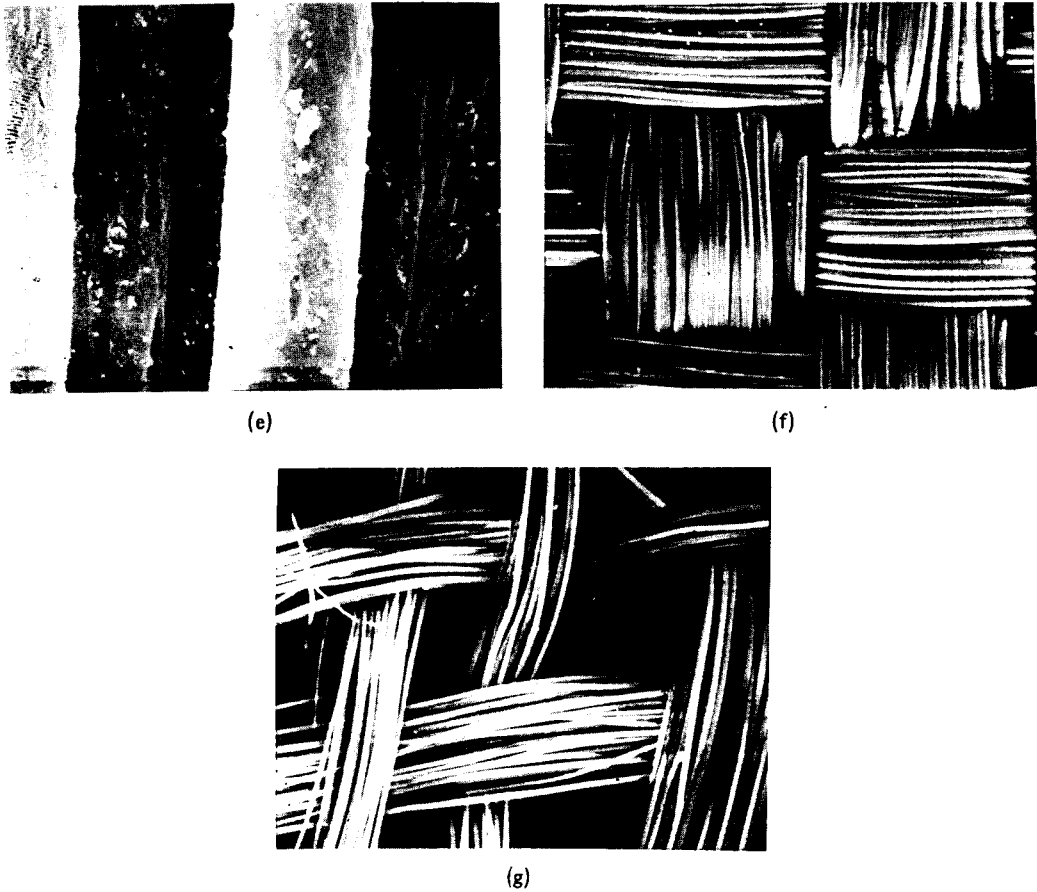


Fig. 6. Scanning electron micrographs of alkaline-hydrolyzed PET fabrics.

- (a) PET fabric untreated: ($\times 2000$)
- (b) PET fabric in 5% NaOH solution, at 60°C for 4hr. (11.46% weight loss): ($\times 2000$)
- (c) PET fabric in 5% NaOH solution with 0.3% CTAB at 60°C for 4hr. (32.64% weight loss): ($\times 2000$)
- (d) PET fabric in 5% NaOH solution with 20% EDA at 60°C for 4hr. (28.7% weight loss): ($\times 2000$)
- (e) PET fabric in 5% NaOH solution with 0.3% CTAB & 20% EDA at 60°C for 4hr. (59.82% weight loss): ($\times 2000$)
- (f) PET fabric untreated: ($\times 100$)
- (g) PET fabric in 5% NaOH solution with 0.3% CTAB & 20% EDA at 60°C for 4hr. (59.82% weight loss): ($\times 100$)

급속히 증가하나 EA의 단독첨가가 EA과 CTAB 동시 첨가시보다 더 높은 중량감소율을 보였다. EA 첨가시 처리시간에 따라 급속한 중량감소율을 보이는 것은 아민의 반응속도와 관계된 것으로 山岐 昇 등²⁹⁾이 보고한 것과 같이 EA의 빠른 반응속도에 기인한 것으로 여겨진다. 그러나 EDA과 CTAB의 첨가효과는 처리시간에 관계없이 일정한 경향을 보이고, 중량감소율도 직선적 비례관계를 나타냈다.

이상의 결과에서 NaOH, CTAB, 아민의 혼합수용액 내에서의 가수분해 촉진 현상에 대한 거동은 EA과 EDA의 경우 다르게 나타났는데, 이러한 거동의 차이는 고찰해 볼 필요가 있는 것으로 생각된다.

III-2. 알칼리가공된 폴리에스테르 직물의 특성 변화

III-1의 결과에서, NaOH, CTAB, 아민의 혼합수용액 내에서 EA과 EDA의 거동에는 차이가 있었으나,

Table 2. Changes in fabric characteristics of alkaline-hydrolyzed PET fabrics

Condition*	Time (hr)	Weight loss (%)	Fabric count (ends x picks/5cm)	Crystallinity (%)	Tm (°C)	ΔHf (mj/mg)	Molecular weight
Untreated	—	—	210 x 191	55.9642	256.8	53.2	16,083
NaOH	2	5.09	210 x 191	56.0468	256.4	53.6	15,771
	4	11.46	209 x 191	57.3772	257.3	56.7	15,655
NaOH+CTAB	2	17.30	210 x 191	56.1294	257.7	55.0	15,243
	4	32.64	210 x 192	56.8725	258.4	52.0	13,948
NaOH+EDA	2	14.12	210 x 192	56.5423	259.1	52.0	15,711
	4	28.70	208 x 191	57.6145	258.8	53.0	14,341
NaOH+CTAB+EDA	2	32.94	210 x 191	56.6336	257.8	53.3	14,386
	4	58.82	210 x 193	58.6024	256.2	54.2	13,291

* treated conditions
5% NaOH, 0.3% CTAB, 20% EDA, 60°C

CTAB와 아민의 뚜렷한 첨가효과가 관찰되는, 0.3% CTAB와 20% EDA를 동시에 넣어서 알칼리 가공된 폴리에스테르 직물과, 각각 단독으로 첨가하여 처리된 폴리에스테르 직물의 물성변화를 NaOH만으로 처리된 폴리에스테르 직물과 비교, 고찰하였다.

III-2-1. 표면변화

Fig. 6은 알칼리가공된 폴리에스테르 직물의 표면사진이다. 가수분해 촉진제의 첨가조건에 관계없이 섬유 표면에 패임이 관찰되며, 감량율이 증가함에 따라 이러한 현상은 심하게 나타났다. 이것은 Zeronian 등⁴⁾이 언급한대로 폴리에스테르 직물에서의 알칼리에 의한 가수분해가 표면에서만 일어나고 있으며, 외견상 CTAB와 EDA이 수산화나트륨에 첨가되어 알칼리 가수분해 촉진제로서의 역할만 수행하는 것으로 해석할 수 있다. 또한 감량율이 증가함에 따라 사진에서와 같이 실끊기는 현저히 감소되나, 직물밀도에는 변화가 없어 직물내 실간의 자유도(matrix freedom)를 증가시킨다. 알칼리가공된 폴리에스테르 직물의 밀도가 Table 2에 나타나 있다. Table 2에 의하면 직물밀도 변화는 없는 것으로 나타났다.

III-2-2. 인장강도

Fig. 7은 폴리에스테르 직물의 알칼리 처리시, 가수분해촉진제 첨가조건을 달리하여 감량가공된 폴리에스테르 직물의 인장강도를 나타낸 것이다.

폴리에스테르 직물의 인장강도는 중량감소율이 증가함에 따라 서하됨을 알 수 있으며, 가수분해촉진제 첨가

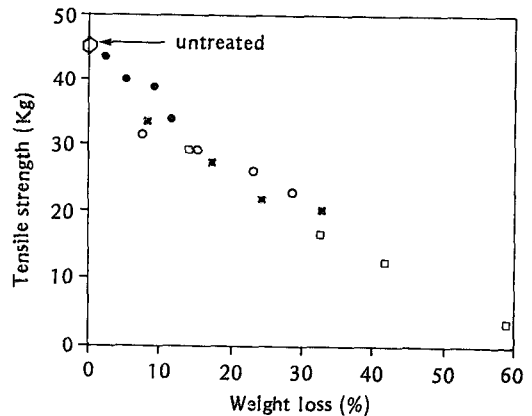


Fig. 7. Changes in tensile strength of alkaline-hydrolyzed PET fabrics.

● NaOH ○ NaOH+EDA
■ NaOH+CTAB □ NaOH+EDA+CTAB

조건에 따라 인장강도에서 차이를 보이지는 않았다.

III-2-3. 강연도

Fig. 8은 폴리에스테르직물의 알칼리 처리시 가수분해촉진제 첨가 조건을 달리하여 알칼리가공된 폴리에스테르직물의 강연도를 나타낸 것이다.

알칼리 처리된 폴리에스테르 직물의 강연도는 중량감소율이 증가할 수록 감소했는데, 이는 알칼리처리에 의해 구성섬유를 細纖維化하기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 6의 주사전자현미경 사진은 이러한 사실을 뒷받침해 준다. 또한 인장강도에서와 마찬가지로 가수분해

촉진제 첨가조건에 따라 강연도에서도 차이가 나타나지는 않았다.

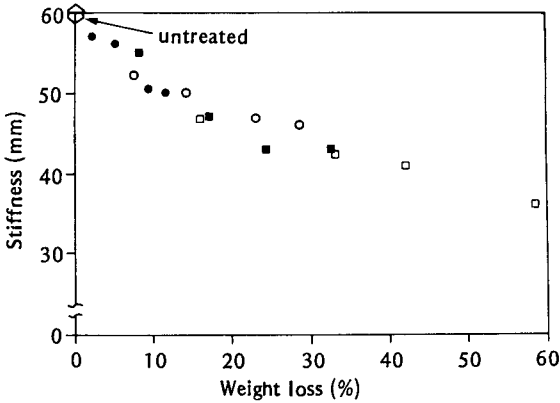


Fig. 8. Changes in stiffness of alkaline-hydrolyzed PET fabrics.

- NaOH
- NaOH+EDA
- NaOH+CTAB
- NaOH+EDA+CTAB

III-2-4. Wickability

Fig. 9는 알칼리가공된 폴리에스테르 직물의 심지흡수효과를 나타낸 것으로 심지력은 가수분해 촉진제 첨가 조건에 관계없이 중량 감소율이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이러한 심지력향상은 실긋기의 감소로 인해모세관현상이 촉진되었기 때문인 것으로 추정된다.

III-2-5. 염색성

Fig. 10은 알칼리가공된 폴리에스테르 직물의 염색성

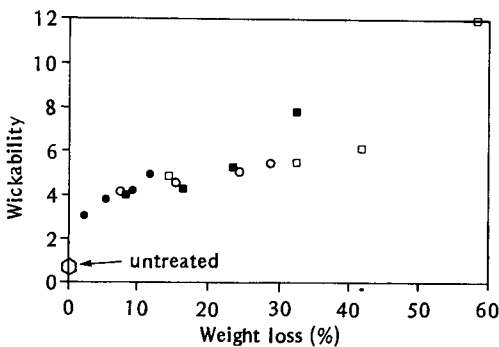


Fig. 9. Changes in wickability of alkaline-hydrolyzed PET fabrics.

- NaOH
- NaOH+EDA
- NaOH+CTAB
- NaOH+EDA+CTAB

을 나타낸 것이다. 폴리에스테르 직물의 중량감소가 증가할수록 염료의 흡착이 증가하는데, 이것은 섬유표면에 void가 증가하여 염료가 접촉할 수 있는 표면적인 증가했기 때문인 것으로 생각된다. 가수분해 촉진제 첨가 조건에 따라 염색성에 차이가 나타나지는 않았다.

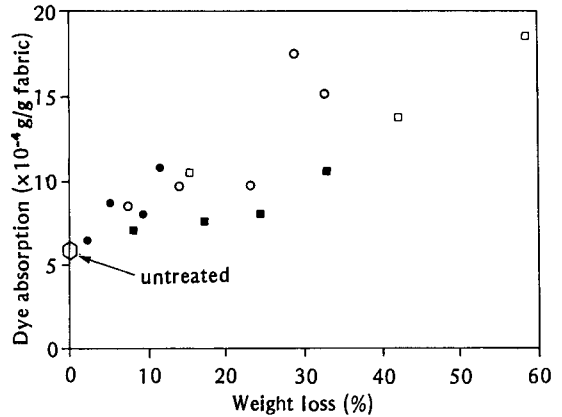


Fig. 10. Changes in dye adsorption of alkaline-hydrolyzed PET fabrics.

- NaOH
- NaOH+EDA
- NaOH+CTAB
- NaOH+EDA+CTAB

III-2-6. 결정화도

Table 2에 폴리에스테르 직물의 알칼리 처리시 가수분해촉진제 첨가조건을 달리하여 알칼리가공된 폴리에스테르 직물의 결정화도를 나타냈다.

알칼리처리된 폴리에스테르 직물의 밀도와 결정화도는 극히 微微한 감소현상을 보이는데, 高等¹⁵⁾에 의하면 그 정도는 무시할만한 것으로, 거의 변화가 없는 것으로 보는 것이 타당하다. 이것은 가수분해 촉진제와는 상관없이 가수분해는 섬유내부에서는 일어나지 않고, 표면 변화에서 관찰되었듯이 표면에서부터 서서히 진행됨을 알 수 있고, 또한 가수분해는 비결정 영역에서 선택적으로 일어나는 것이 아니라, 결정영역과 비결정영역이 가수분해될 확률이 거의 동일하다는 것을¹⁶⁾ 뒷받침 할 수 있다.

III-2-7. 열분석

Fig. 11은 폴리에스테르 직물의 알칼리처리시 가수분해촉진제 첨가 조건을 달리하여 알칼리가공된 폴리에스테르 직물의 DSC thermogram을 나타낸 것이고, 용점과 용융열은 Table 2에서 보여준다.

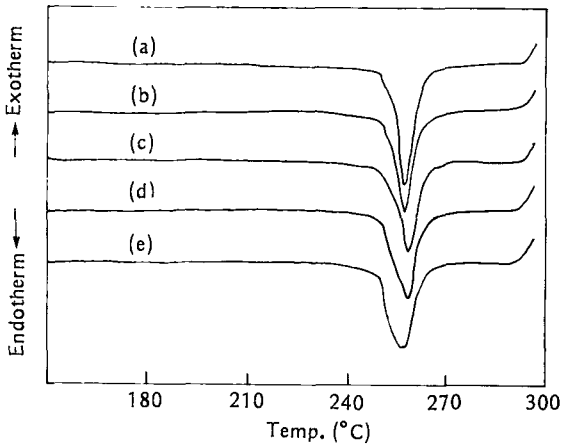


Fig. 11. DSC thermograms of alkaline-hydrolyzed PET fabrics.

- (a) PET fabric untreated: ($\times 2000$)
 (b) PET fabric in 5% NaOH solution, at 60°C for 4hr. (11.46% weight loss): ($\times 2000$)
 (c) PET fabric in 5% NaOH solution with 0.3% CTAB at 60°C for 4hr. (32.64% weight loss): ($\times 2000$)
 (d) PET fabric in 5% NaOH solution with 20% EDA at 60°C for 4hr. (28.70% weight loss): ($\times 2000$)
 (e) PET fabric in 5% NaOH solution with 0.3% CTAB & 20% EDA at 60°C for 4hr. (58.82% weight loss): ($\times 2000$)
 (f) PET fabric untreated: ($\times 100$)
 (g) PET fabric in 5% NaOH solution with 0.3% CTAB & 20% EDA at 60°C for 4hr. (58.82% weight loss): ($\times 100$)

중량감소율의 변화에 따른 용점과 용융열의 변화는 나타나지 않았으나 용점 peak가 sharp한 형태에서 약간 broad한 형태로 변화하는 것이 관찰되어진다. 이것은 알칼리 가수분해가 비결정영역과 결정영역에서 동일한 확률로 발생하기 때문에 결정화도 변화는 없지만, 가수분해에 의한 분자쇄등의 절단으로 微結晶 크기가 감소된 것이²⁹⁾ 원인이 되는 것으로 추정된다.

이러한 微結晶 크기의 감소를 확인하기 위하여 미처리 폴리에스테르 직물과 CTAB와 EDA를 동시에 첨가한 NaOH 수용액에서 4시간 처리한 폴리에스테르 직물의 X-Ray 회절에 의한 결정크기의 측정결과 112.8Å에서 105.03Å으로 크기가 감소된 것이 확인 되었다.

III-2-8. 분자량

폴리에스테르 직물의 알칼리가공에 의한 중량감소는

폴리에스테르 섬유분자의 가수분해에 의한 용해현상이다. 따라서 알칼리처리 폴리에스테르 섬유는 폴리에스테르 분자와 수산화나트륨이 접촉할 수 있는 영역에서 무작위로 가수분해 반응을 일으킬 것으로 생각되기 때문에 분자량의 변화가 수반될 것이라는 것을 예상할 수 있다¹²⁾. 이러한 변화를 확인하기 위하여 폴리에스테르 직물의 알칼리 처리시 처리제의 첨가조건을 달리하여 알칼리가공된 폴리에스테르 직물의 분자량을 측정하여 Table 2에 표시했다.

실험결과에서 볼때 가수분해촉진제 첨가조건에 관계없이 중량감소율이 증가함에 따라 분자량이 점차 감소하는 것으로 나타났다.

IV. 결 론

폴리에스테르 직물의 알칼리처리시 가수분해 촉진제로 CTAB와 아민의 첨가효과를 CTAB의 농도, 아민의 농도, 수산화나트륨의 농도, 처리온도 및 시간에 따라 검토하고 이에 따른 물성 변화를 측정된 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 폴리에스테르 직물을 CTAB와 아민을 동시에 첨가한 수산화나트륨 용액에 처리할 경우, CTAB와 EDA를 동시에 첨가한 것이 각각 첨가했을때 보다 현저한 중량감소율의 증가를 나타내는 가수분해 촉진효과를 가져왔으나, CTAB와 EA를 동시에 첨가한 것은 뚜렷한 감량촉진효과를 나타내지 못하였다.

2. CTAB와 EDA의 감량촉진효과는 농도, 처리시간, 처리온도와 관계없이 일정하게 나타났으나, 알칼리 농도가 낮을때 감량촉진효과가 높았다.

3. 폴리에스테르 직물을 CTAB와 EDA를 첨가한 수산화나트륨 수용액에서 알칼리 가공할 경우, 첨가제의 첨가와 관계없이 비슷한 감량율에서는 알칼리 단독처리한 것과 같은 표면변화와 인장강도의 감소, 유연도의 증가, 심지 흡수효과 향상, 염색성의 증가, 분자량의저하를 수반한다.

4. 폴리에스테르 직물을 CTAB와 EDA를 첨가한 수산화나트륨 수용액에서 알칼리 가공할 경우, 결정화도, 용점이 微微한 변화를 나타내어, CTAB와 EDA가 알칼리 가수분해 촉진작용만 하며, 폴리에스테르 섬유의 내부구조변화에는 크게 관여하지 않는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- 1) Ellison M.S., Fisher L.D., Alger K.W. & Zeronian S. H., Physical Properties of Polyester Fibers Degraded by Aminolysis and by alkaline Hydrolysis, *Journal of Applied Polymer Science*, **27**, 247-257 (1982)
- 2) 日本 特許公報 58 46, 140 (1983)
- 3) 日本 特許公報 58 169, 512 (1983)
- 4) Mittai F.M. and Bhatt V.R., Process for Improving Comfort and Aesthetic Properties of Polyester, *Amerian Dyestuff Reporter*, **74**(6), 26, 28, 30-31, 44, (1985)
- 5) Needles H.L., Brook D.B. and Keighley J.H., how Alkali Treatments Affect Selected Properties of Polyester, Cotton and Polyester/cotton Fabrics, *Textile Chemistry and Colorist*, **17**(9), 23-26, (1985)
- 6) Olson L.M. and Wentz M., Moisture Related Properties of Hydrolyzed Polyester Fabrics, *Textile Chemistry and Colorist*, **16**(2), 48-54, (1984)
- 7) USP 4, 008, 004 (1977)
- 8) 曹 煥, 張斗相, 李石榮, 金榮範, Ethylene Glycol이 Poly (ethylene Terephthalate)섬유의 알칼리 가수분해에 미치는 영향, 한국섬유공학회지, **23**(6), 36-48, (1986)
- 9) Sanders E.M. and Zeronian S.H., An Analysis of the Moisture-Related Properties of Hydrolyzed Polyester, *Journal of Applied Polymer Science*, **27**, 4477-4491, (1982)
- 10) Latta B.M., Improved Tactile and Sorption Properties of Polyester Fabrics through Caustic Treatment, *Textile Research Journal*, **54** (11) 766-775, (1984)
- 11) 日本 特許公報 59 21, 715 (1984)
- 12) 고석원, 위기찬, 김노수, 폴리에스테르纖維의 알칼리 가공에 관한 研究, 한국섬유공학회지, **14**(4), 18-24, (1977)
- 13) Gorrafa A.A.M., Caustic Treatment of Polyester Filament fabrics, *Textile Chemistry and Colorist*, **12**(4), 83-87, (1980)
- 14) Gawish S.M., Bourgeois M. and Ambroise G., Cationic Surfactants for the Alkaline Hydrolysis of Polyester Fabrics, *American Dyestuff Reporter*, **75**(6) 19-24, 42, (1986)
- 15) Gawish S.M., Bourgeois M. and Ambroise G., New Quaternary Surfactants for alkaline Hydrolysis of Polyesters, *American Dyestuff Reporter*, **73**(12), 37-42, 46, (1984)
- 16) 金甲振, 폴리에스테르纖維의 Guanidine Carbonate와 Sodium Hydroxide 혼합수용액에 의한 減量加工에 관한 研究, 한국섬유공학회지, **17**(3), 22-33, (1980)
- 17) 이현주, 폴리에스테르직물의 알칼리처리시 아민의 첨가효과에 관한 연구, 서울대학교 가정대학 생활과학 연구, **14**, 85-94, (1989)
- 18) Shenai V.A. and Nayak N.K., Action of Alkali on Polyester Fibers, *Textile Dyer and Printer*, **14**(11) 25-30, (1981)
- 19) Gawish S.M., Bourgeois M. and Ambroise G., Cationic Polymers for the Alkaline Saponification of Polyester Fabricds, *American Dyestuff Reporter*, **74**(12), 36-39, (1985)
- 20) 柳孝仙, 四級암모늄鹽/수산화나트륨溶液에서 폴리에스테르纖維의 알칼리處理에 관한 研究, 대한가정학회지, **25**(4), 9-18, (1987)
- 21) 鞠潤煥, 崔昌南, 有機溶媒/물의 苛性소오다溶液에서 폴리에스테르 纖維의 알칼리 加工에 관한 研究, 한국섬유공학회지, **21**(2), 13-29, (1984)
- 22) USSR SU 929, 759 (1982)
- 23) 橋本健, ポリエステル纖維のアルカリ處理について (第二報), 纖維學會誌(日本), **15**, 794-799 (1982)
- 24) Lewin M. and Perace E.M., Fiber Chemistry, Marcel Dekker Inc., 42 (1985)
- 25) Harnett P.R. and Mehta P.N., A Survey and Comparison of Laboratory Test Methods for Measuring Wicking, *Textile Research Journal*, **54**, 471-478, (1984)
- 26) 金魯洙, 洪性一, 河完植, 不溶性(分散)染料의 精製方法에 관한 研究, 한국섬유공학회지, **6**(1) 22-27, (1969)
- 27) Bunn C.W., Daubeny P. and Brown C.J., The Chrystal Structure of Poly (ethylene Trepththalate), *Proc. Roy. Soc.*, **A226**, 531-542, (1954)
- 28) Conix A., On the Molecular Weight Determination of Poly (ethylene Terephthalate), *Die Makro. Chemie.*, **26**, 226-235 (1958)
- 29) 山崎 昇, 磯波宏明, 非晶ポリエチレフタレートフィルムのアミン 分解反應に伴う溶媒結晶化と表面形態の變化, 纖維學會誌(日本), **32**(8), T317-T325, (1976)