

Poly(ethylene Terephthalate) 필름의 표면모폴로지와 표면특성

강인숙[†] · 문미화 · 나종주*

창원대학교 자연과학대학 의류학과, *한국기계연구원 표면기술연구소

The Surface Morphology and Characteristics of Poly (ethylene Terephthalate) Film

In-Sook Kang[†] · Mi-Hwa Mun · Jong-Joo Rha*

Dept. of Clothing & Textiles, Changwon National University

*Korea Institute of Machinery & Materials

접수일(2010년 10월 13일), 수정일(2010년 10월 29일), 게재확정일(2010년 11월 4일)

Abstract

This study was a preliminary investigation of the influence of surface characteristics of substrates on the detergency of particulate soil. A PET film was surface modified with NaOH and DMF for different times. The surface morphology of the film was scanned by AFM and the surface energies were calculated from the measured contact angles between several solutions and film based on a geometric mean and the Lewis acid base method. The surface morphology of the PET film treated with NaOH and DMF became more etched and swelled with an increased treatment time, respectively. The surface roughness and surface area of film treated with NaOH enlarged with increased treatment time. However, the coefficient of friction of film treated with NaOH and coefficient of friction, surface roughness, and surface area of film treated with DMF increased and then decreased with increased treatment time. The contact angle of film treated with DMF decreased with increased treatment time in water and surfactant solution; however, the effect of treatment time on the contact angle was different in both solutions for film treated with NaOH. By the treatment of PET film with NaOH and DMF, the polar group of the surface energy increased and the nonpolar group decreased; however, the change of total surface energy was not significant.

Key words: PET film, Surface morphology, Surface characteristics, Surface energy; PET 필름, 표면모폴로지, 표면특성, 표면에너지

I. 서 론

섬유직물의 표면특성이 고흡오구의 세척성에 미치는 요인은 기질의 표면형상과 표면에너지로 표현되는 표면활성이다. 기질의 표면형상으로서의 미세구조 특성은 표면요철의 정도, 돌기깊이 및 넓이, 체적

대비 표면적비와 표면거칠기 등인데, 이들은 오구가 기질에 부착하는 난이도를 예측할 수 있는 좋은 지표가 될 수 있다(김성련, 2002; Brendan, 1996; Otani et al., 1985; Tagawa & Gotoh, 2007; Zimoch et al., 2002). 표면활성으로서의 표면에너지는 두 물질이 접촉하면 형성되는 에너지로, 직접 측정하는 것이 용이하지 않으므로 기질과 기질, 기질과 입자 간의 부착일을 통해 간접적으로 그 값을 유추한다(나종주 외, 2006; 정혜원, 김성련, 1988). 일반적으로 표면에너지가 낮으면 두 물질간의 부착력은 감소하고, 두 물질 간의 제거력은 증가한다. 이와 같이 표면에너지가 두 물질 간의 응

[†]Corresponding author

E-mail: kangis@changwon.ac.kr

본 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구 조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KFR-2008-531-C00095).

착력에 영향을 주는 중요 요인으로 작용하기 때문에 기질과 오구 간의 결합력에 많은 영향을 받는 기질과 입자오구의 부착과 제거거동에도 기질과 입자 간의 표면에너지가 영향을 줄 것으로 생각된다. 이와 같은 이유로 기질의 표면형태 및 표면에너지가 고휘오구의 세척성을 좌우하는 직접적인 요인이 될 수도 있지만 세척성에 영향을 주는 또 다른 여러 인자로서 계면활성제의 흡착량, 계면전지적 측면에서 기질의 ζ potential, 오구-오구 또는 기질-오구 상호작용에너지, 기질의 침윤성 등과 같은 세척환경에도 간접적인 영향을 줄 것으로 예상된다(김병주 외, 2001; 문미화, 강인숙, 2009; 정선영, 강인숙, 2005; Hauthal, 2002).

본 연구는 기질의 표면미세구조 및 표면활성이 고휘오구입자의 섬유기질에서의 부착력과 제거력에 미치는 영향을 고찰하기 위한 예비적 성격의 검토내용이기 때문에 우선적으로 기질의 표면형태를 다양화하고, 표면에너지의 변화를 줄 수 있는 여러 가지 방법을 모색하였다. 먼저 기질의 표면형태에 영향을 줄 수 있는 직조 효과를 배제하기 위하여 섬유직물을 필름으로 대체 하였다. 폴리에스터는 구조가 치밀하지만 수산화나트륨을 처리하면 기질표면에서 가수분해가 순차적으로 진행되어 표면의 요철이 증가한다. 따라서 기질의 표면모폴로지를 변화시키기 위하여 수산화나트륨의 처리시간을 달리하여 기질의 식각 정도를 달리하였고, 요철의 형태 변화를 위하여 기질을 DMF로 처리하여 표면을 팽윤시켜 표면형태의 다양화를 시도하였다. 기질의 표면특성으로 검토된 사항은 세척성에 영향을 줄 수 있는 물리적 특성으로 표면의 요철 정도 및 형상, 그리고 마찰계수, 표면거칠기, 표면적을 검토하였으며, 표면활성으로 접촉각과 표면에너지를 구하였다.

II. 실험

1. 시료

PET는 첨가물이 포함되지 않은 순수한 것으로 Kolon사에서 제공한 두께 75 μ m의 필름을 사용하였다.

2. PET 필름 표면처리

1) NaOH 용액처리

액비 100배의 90°C, 2.5% NaOH용액에 PET 필름을 침지하여 시간에 변화를 주어 처리한 다음, 미 반

응 시약은 0.2% 세제액으로 40°C에서 10분간 처리하여 제거한 후 충분히 수세하고 자연건조 하였다.

2) DMF 처리

DMF(dimethyl formamide)는 순도 100% 분석용 시약을 정제 없이 사용하였으며 둥근 플라스크에 PET 필름과 DMF를 넣고 70°C에서 처리시간에 변화를 주었다. 처리가 끝난 후 아세톤으로 세척하고 진공건조 하였다.

3) AFM(Atomic Force Microscope)

PET 필름의 표면을 Veecod 3100을 사용하여 시료의 표면형태를 분석하고, 표면적과 표면거칠기를 측정하였다.

4) 마찰계수

KES-FB4 표면마찰시험기(Kato Tech Co., Ltd. Japan)를 사용하여 50g 하중에서 1mm/sec.의 속도로 측정하여 평균 마찰계수를 구하였다.

5) 접촉각

표면처리한 PET 필름을 2.5cm×5cm로 자른 후 contact angle meter(Erma Inc. model G-1)를 사용하여 물과 계면활성제(DBS 0.1%) 용액 0.01ml를 필름에 점적하여 표면에 액적을 형성시켜 1분 경과 후 5회씩 측정하여 평균값을 구하였다.

6) 표면에너지

표면에너지는 sessile drop방식을 이용한 접촉각 측정 방법을 이용하였는데, 구체적 산출과정은 Geometrical mean법으로 극성성분 및 비극성성분을 산출하여 표면 에너지를 구하였다. 극성성분 및 비극성성분과 접촉각과의 <Eq. 2>에서 γ_S^p , γ_S^d 를 구하기 위해 표면에너지 값을 알고 있는 두 종류의 액체를 이용하여 접촉각을 측정하고 <Eq. 3>-<Eq. 5>와 같이 연립방정식을 풀었다(나종주 외, 2006).

$$W_{SL} = 2\sqrt{\gamma_L^p \gamma_S^p} + 2\sqrt{\gamma_L^d \gamma_S^d} \quad \text{<Eq. 1>}$$

W_{SL} : 고체-액체의 부착일

$$\frac{1}{2}\gamma_L(1 + \cos \theta) = \sqrt{\gamma_L^p \gamma_S^p} + \sqrt{\gamma_L^d \gamma_S^d} \quad \text{<Eq. 2>}$$

$$D = \left| \frac{(\gamma_L^d)^{1/2} (\gamma_L^p)^{1/2}}{(\gamma_L^d)_k^{1/2} (\gamma_L^d)_k^{1/2}} \right| \tag{Eq. 3}$$

$$\gamma_s^d = \left[\frac{(W_{SL}/2)_j (\gamma_L^p)^{1/2}}{(W_{SL}/2)_k (\gamma_L^d)^{1/2}} \right]^2 \tag{Eq. 4}$$

$$\gamma_s^p = \left[\frac{(\gamma_L^d)^{1/2} (W_{SL}/2)_j}{(\gamma_L^d)_k^{1/2} (W_{SL}/2)_k} \right]^2 \tag{Eq. 5}$$

- γ_s : 고체시료의 표면장력
- γ_L : 액체의 표면장력
- γ_{SL} : 고체-액체의 계면장력
- θ : 접촉각
- γ^p : 극성성분의 표면장력
- γ^d : 비극성성분의 표면장력

III. 결과 및 고찰

1. PET 필름의 표면형상

PET는 NaOH에서 고온처리하면 OH⁻ 이온이 Ester기를 공격해서 가수분해가 일어나 가용성인 Disodium terephthalate와 Ethylene glycol이 생성되어 기질의 표면이 일부 용해되어 표면요철이 심화되고 중량이 감소된다. 이러한 현상은 기질의 표면에 한정되어 나타나는데, 이는 비극성 PET 내부로 용액의 확산이 용이하지 않기 때문이다. <Table 1>은 PET 필름을 2.5% NaOH 용액에서 처리할 때 처리시간에 따른 중량 감소를 검토한 결과이다. 처리시간이 증가하면 중량 감

Table 1. Effect of treatment time with 2.5% NaOH on weight loss of PET film

Treatment time (min.)	Weight loss (%)
30	1.8
60	3.7
90	5.0
120	7.4

소분도 증가하는 데, 처리농도가 낮은 편이라 중량 감소는 1~8% 정도로 크지 않았다.

고분자시료를 유기용매에 침지하면 용매분자는 고분자를 팽윤시키면서 확산되어 들어간다. 특히 고분자시료 내에 용매가 확산될 경우, 침투된 용매에 의하여 고분자사슬이 가소화 되어 에너지의 측면에서 더욱 안정한 상태인 결정구조로 재배열되어 결정화가 발생하는 데, 이는 용매의 침투가 일어난 직후 그 현상이 일어나고 기공도 형성된다. DMF는 용해도의 파라미터 값이 12.14로, PET와 비슷하여 서로 강한 상호작용을 하게 되는 데(Jeong & Lee, 2001), 용매의 가소화 효과 때문에 팽윤도, 밀도 및 수축율이 증가하여 복굴절율이 증가하고 분자의 결정과 배향도가 증가하지만, DMF 처리에 따른 PET 필름의 중량 변화는 없었다.

따라서 위와 같은 원리에 의해 PET 필름을 NaOH 및 DMF 용액으로 처리하면 필름의 표면모폴로지의 형태 및 구조를 다양화 할 수 있다.

<Fig. 1>은 PET 필름을 2.5% NaOH 및 DMF 용액으로 처리시간에 변화를 주어 얻은 처리필름의 2μm×2μm 크기 AFM 이미지와 그의 단면 분석 그림이다.

PET 필름을 NaOH 용액 및 DMF 용매처리하였을 때 두 처리필름의 표면모폴로지에 많은 차이가 있었다. PET 필름을 NaOH 용액으로 처리하면 표면의 일부가 용해되어 표면돌기가 합쳐져 돌기개수는 감소하고, 돌기의 넓이가 확대되어 돌기와 돌기 간의 거리가 증가하고, NaOH 용액이 필름의 표면을 식각하면서 골의 깊이도 증가하였다. 이러한 경향은 NaOH 처리시간이 증가할수록 뚜렷이 나타나 2.5% NaOH용액에서 120분 정도 처리하면 필름의 표면돌기가 90% 이상 사라지고 골의 깊이는 10배 이상 증가하였다. 이는 NaOH 용액에서 필름의 표면은 가용화 되어 용액으로 용해되어 나가는 식각 작용이 증대된 결과 때문이다.

한편 DMF 용매로 처리한 필름은 용매처리시간이 짧으면 돌기의 굵기가 미세화되어 돌기의 개수가 증가하고, 돌기높이도 균일하게 변화되지만 용매의 처리시간이 길어지면 기질의 표면이 부풀어 오르는 팽윤현상에 의해 돌기가 상호 합쳐지는 합일이 되어 돌기의 개수는 감소하고 돌기의 굵기는 증가하면서, 전반적인 돌기의 형태는 돌기의 첨단이 곡선화 되어 표면이 완만하고 평활하였다.

<Fig. 2>는 NaOH 및 DMF 용액처리시간에 변화를 준 PET 필름의 표면적을 검토한 결과이다. PET 필름

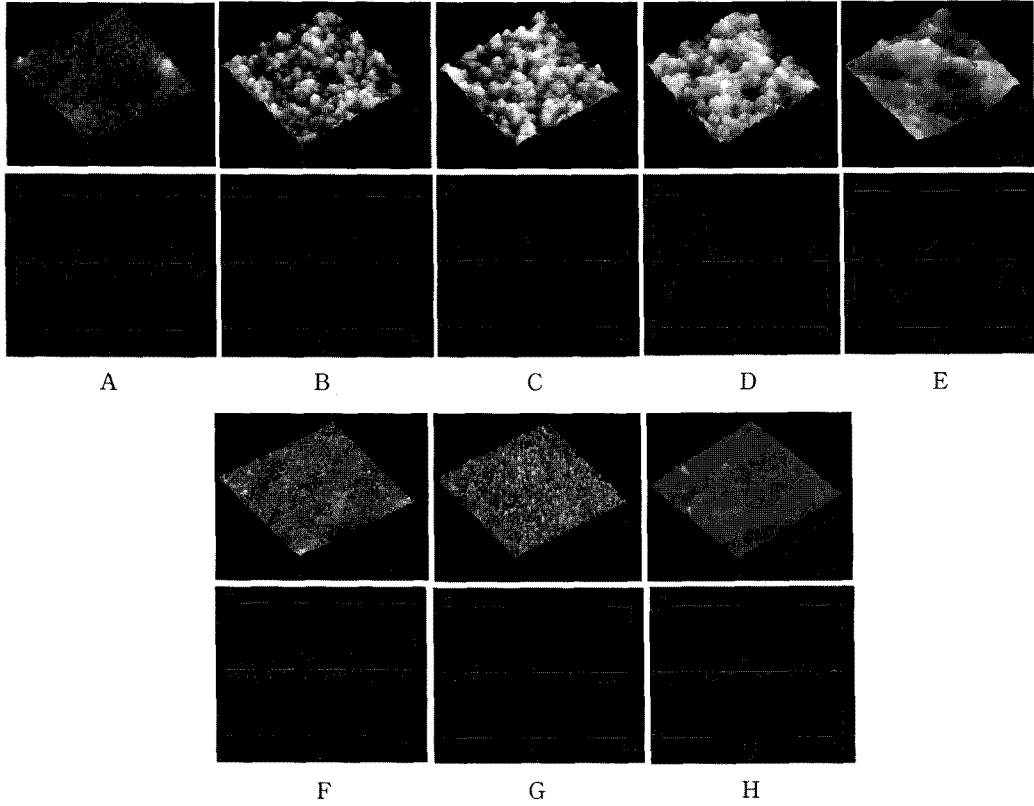


Fig. 1. AFM images and section analysis of PET films (A: nontreated, B: PET treated with NaOH 2.5% for 30min., C: 60min., D: 90min., E: 120min., F: PET treated with DMF for 20min., G: 60min., H: 120min.).

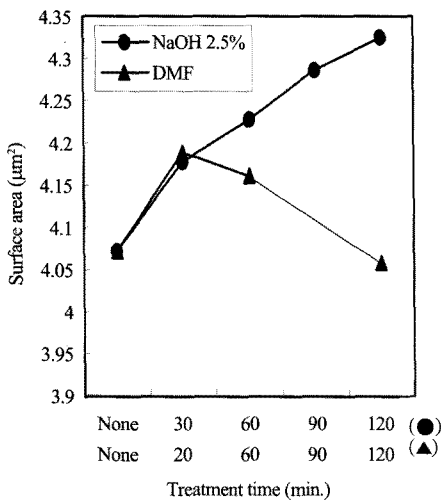


Fig. 2. Effect of treatment time on the surface area of PET film treated with NaOH 2.5% or DMF.

을 NaOH 용액으로 처리할 때 처리시간이 증가하면 표면적은 비례적으로 증가하였다. 이는 처리시간이 증가하면 그에 따라 가용화 부분이 증가하여 식각에 의한 표면요철현상이 심화되기 때문이다. 그리고 DMF 용매로 필름을 처리할 때 초기 20분에서는 표면적이 증가하는 데, 이는 <Fig. 1>의 F에서 나타난 것처럼 처리시간이 짧으면 돌기가 보다 미세화 되어 돌기의 개수가 증가하기 때문이지만, 처리시간이 더 길어지면 표면적은 오히려 감소하는데, 이는 G, H에 나타난 것과 같이 돌기들이 상호 팽윤되면서 서로 중첩되는 현상으로 돌기의 개수가 감소하기 때문이다.

PET 필름의 표면상태를 나타내는 정량적 파라미터로서 AFM 탐침이 주사한 $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ 면적의 표면 거칠기 값을 NaOH 용액 및 DMF 용매의 처리시간에 따라 나타낸 결과는 <Fig. 3>과 같다.

NaOH 용액처리시간이 증가하면 표면거칠기가 증가하지만, DMF 용매처리에 있어 처리시간이 60분 마

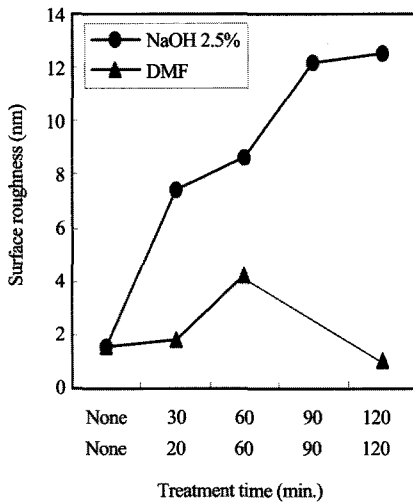


Fig. 3. Effect of treatment time on the surface roughness of PET film treated with 2.5% NaOH or DMF.

만이면 필름의 표면거칠기는 증가하지만 그 이상 처리시간이 길어지면 표면거칠기는 감소하였다. NaOH 용액처리필름에서 처리시간이 증가하면 표면거칠기가 증가하는 식각이 진행됨에 따라 돌기의 깊이의 균일성이 파괴되면서 표면의 평활성 저하되기 때문이고, DMF 용매처리필름에 있어 처리시간에 따른 변화가 다른 것은 처리시간에 따라 돌기의 개수와 돌기형태가 달라지는데, DMF 용매처리시간이 증가하면 PET 필름의 표면폴리머연쇄가 DMF에 의해 용매화되면서 팽윤되어 표면상태가 평활하게 되기 때문이다. 처리용액의 조건에 따라 다소 차이는 있지만 대체적으로 처리시간에 따른 표면적과 표면거칠기의 경향성이 유사하여 표면적이 클수록 표면거칠기는 증가하였다.

<Fig. 4>는 NaOH 용액 및 DMF 용매의 처리시간에 따른 PET 필름의 마찰계수를 나타낸 결과이다. NaOH 용액처리필름에 있어 처리시간 60분까지 마찰계수가 증가하지만 그 이상 처리시간이 길어지면 마찰계수는 감소한다. 이는 앞서 검토된 처리시간에 따른 표면적과 표면거칠기의 변화와 달리 NaOH 처리시간이 60분 이상 경과하면 마찰계수가 감소하는 것은 돌기의 개수는 감소하고 돌기 간의 거리가 확대되면서 마찰시의 접지면적이 줄어들기 때문으로 생각된다. DMF 용매의 처리필름도 처리 초기에는 처리시간의 증가에 따라 마찰계수가 증가하지만 처리시간이 길어지면 마찰계수는 감소하는 데, 이는 처리시간이 길어지면 용매에

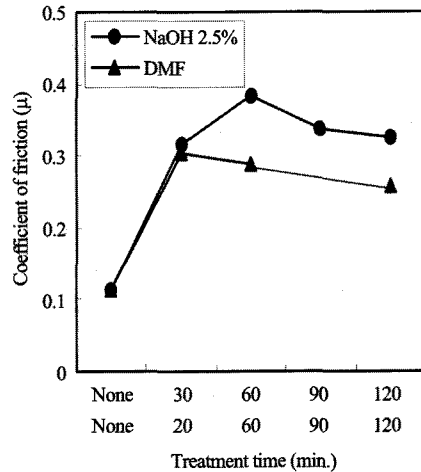


Fig. 4. Effect of treatment time on the coefficient of friction of PET film treated with 2.5% NaOH or DMF.

의한 팽윤현상이 심화되어 표면이 평활하게 변화되었기 때문으로 생각된다.

2. PET 필름의 수용액 접촉각

액체가 고체표면을 잘 침윤하느냐의 여부를 판정하는데 접촉각이 자주 사용된다. 액체의 표면장력과 액체와 고체 간의 계면장력이 적고 고체의 표면장력이 크면 접촉각이 적어져서 액체는 고체표면을 잘 침윤하게 된다. 일반적으로 고체표면과 물과의 접촉각이 90° 미만이면 친수성 표면으로 특히 접촉각이 10° 미만인 경우를 초친수성 표면이라 하며, 접촉각이 90° 이상을 소수성 표면이라 하는데, 접촉각이 150° 이상이면서 기울임각이 10° 미만은 초발수성 표면이라 한다.

NaOH 용액 및 DMF 용매처리 PET 필름의 액체에 대한 침윤성을 검토하기 위하여 순수 및 계면활성제 용액에서 접촉각을 측정된 결과는 <Fig. 5>-<Fig. 6>과 같다. 미처리된 PET 필름의 순수 및 계면활성제 용액에서 접촉각은 65°와 28°로 친수성 표면의 범위에 있다. 이 필름을 NaOH 용액 및 DMF 용매로 처리하면 순수 용액에서의 접촉각은 감소하는데, 용액 및 용매처리시간이 증가하면 접촉각은 감소하여 침윤성은 좋아진다. 그러나 0.1% 계면활성제 용액에서의 기질의 접촉각은 DMF 용매처리에 있어 처리시간이 증가하면 감소하지만, NaOH 용액으로 처리된 필름은 처리시간이 30분 경과하면 오히려 접촉각이 증가하여 처리시간에 따라 접촉각이 감

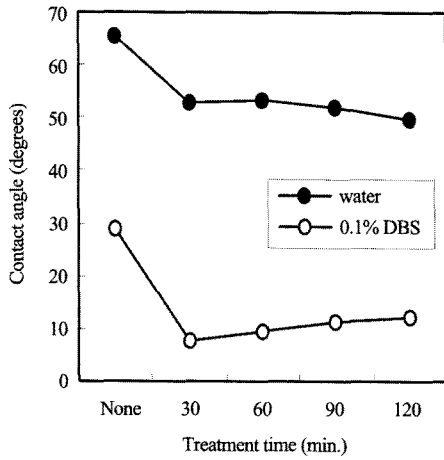


Fig. 5. Effect of treatment time on the contact angle of PET film treated with 2.5% NaOH.

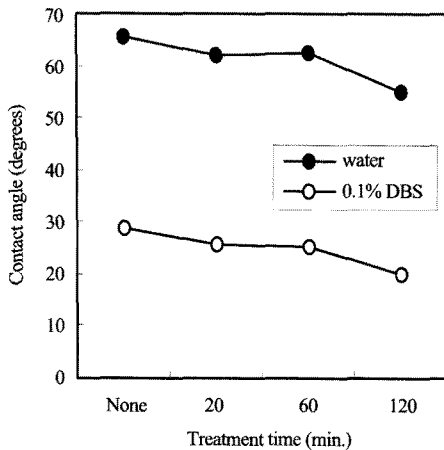


Fig. 6. Effect of treatment time on the contact angle of PET film treated with DMF.

소하는 순수 용액에서의 결과와 차이가 있었다. PET 필름의 계면활성제 용액에서 접촉각이 순수에 비하여 낮은 것은 물에 계면활성제가 첨가되면 용액의 표면에 흡착 배열된 계면활성제 분자의 친수기와 물분자 간에 인력이 작용하므로 표면의 물분자가 안으로 끌리는 힘이 약해져 용액의 표면장력이 절반으로 저하되고 필름과 수용액의 계면장력도 저하되어 접촉각이 감소된다.

3. PET 필름의 표면에너지

접촉하는 두 물질의 각각의 표면에너지와 접촉한 후

형성되는 계면에너지를 알면 두 물질 간의 부착력을 예측할 수 있다. 그러나 일반적으로 계면에너지를 측정하는 것이 용이하지 않으므로 Dupre식에 의한 부착력을 통해 그 값을 유추할 수 있으나 본 연구 시료처럼 표면이 평활하지 않고 돌기가 있는 경우에는 정확한 접촉면적을 알기 어렵기 때문에 일반식의 수정이 필요하여 여러 방안이 제시되었다. 표면에너지를 구하기 위한 일반적인 방법은 sessile drop방식을 이용한 접촉각 측정이 기본이 된다. 구체적 산출과정은 Geometrical mean법으로 극성성분 및 비극성성분을 산출하여 표면에너지를 구하였는데, 용액에 따른 편차를 줄이기 위하여 극성과 비극성성분의 힘의 총합인 고체표면에 작용하는 힘의 양변을 로 나누는 아래 식으로 보정하였다.

$$\frac{\gamma_{Li}(1 + \cos \theta)}{2\sqrt{\gamma_{Li}^d}} = \sqrt{\gamma_{Sj}^p \gamma_{Li}^p} + \sqrt{\gamma_{Sj}^d}$$

i : 용액의 종류

j : 고체시편의 종류

표면에너지를 구하기 위하여 사용된 용액의 종류 및 방법은 표면에너지와 기질의 용착력에 관한 기존 연구(나종주 외, 2006)를 참조로 하였다.

<Table 2>은 측정에 사용된 용액의 표면장력 값이고, <Table 3>은 PET 필름의 각 용액에서의 표면장력 값이다.

<Table 3>의 결과에 의하면 PET 필름을 NaOH 용액으로 처리하면 용액의 종류에 관계없이 필름의 용액에 대한 접촉각은 감소하지만, DMF 용매로 처리하면 필름의 접촉각이 측정된 용액의 종류에 따라 그 효과는 달랐다.

<Table 2>의 각 용액의 표면장력 값과 <Table 3>의 PET 필름의 각 용액에서 측정된 접촉각을 Geometrical mean법에 근거를 둔 표면에너지 구하는 식에 대입하

Table 2. Surface tensions of solutions used to measure contact angles

Solution	Surface tension	γ_{Li}	γ_{Li}^d	γ_{Li}^p
Water		72.8	21.8	51
Glycerol		63.4	34	29.4
Bromnaphthalene		44.4	44.4	0
Ethyleneglycol		48.3	29	19.3
Formamide		58.2	39	19.2

Table 3. Contact angles of PET film treated with NaOH and DMF for different time periods in various solution

Sample	Solution	Water	Ethylene glycol	Bromonaphthalene	Formamide	Glycerol
Untreated		72.7	50.0	10.6	45.2	62.2
2.5% NaOH	30min.	57.7	30.9	10.1	41.6	57.6
	60min.	49.0	23.0	8.6	33.8	56.1
	90min.	53.3	33.7	6.1	37.6	56.4
	120min.	57.7	33.6	5.7	36.4	56.1
DMF	20min.	69.9	47.9	13.8	48.6	62.4
	60min.	65.9	51.4	22.1	52.4	63.6
	120min.	65.2	49.7	15.7	47.3	64.3

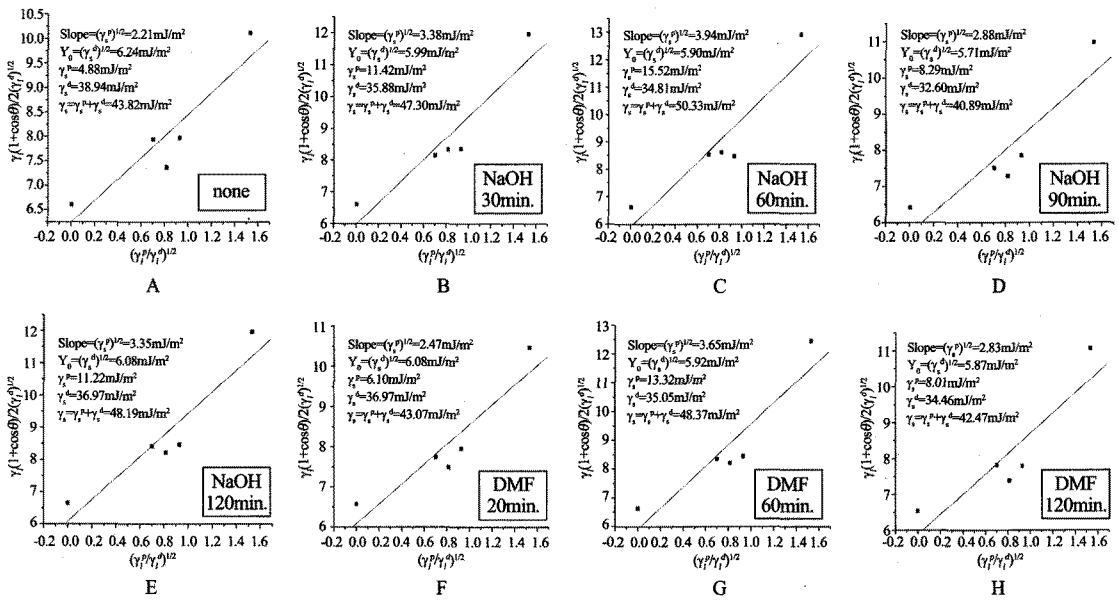


Fig. 7. Linear regression between solutions data and contact angles measured on A: none treated, PET treated in NaOH 2.5% for B: 30min., C: 60min. D: 90min., E: 120min., PET treated in DMF for F: 20min., G: 60min., H: 120min., representing the polar (slope) and the dispersive (interception of vertical axis) components of the surface tension.

여 각 용액조합의 표면장력과 접촉각에 의한 요인을 Y축으로 하고, 용액의 극성 및 비극성성분의 비에 대한 값의 제곱근을 X축으로 하여 Linear regression fitting을 하여 <Fig. 7>의 결과를 얻었다. 기울기와 y절편을 통하여 NaOH 용액 및 DMF 용매로 처리한 PET 필름의 극성성분의 표면장력 값(γ^p)과 비극성성분의 표면장력 값(γ^d)으로 분리하여 표면에너지를 구한 결과는 <Table 4>이고, 표면에너지 총합을 그림으로 나타낸 결과는 <Fig. 8>과 같다. 일반적으로 높은 표면에너지를 갖는 기질일수록 공기 중에서 오구물질에 대한 친화성을 증가하지만 오염의 제거는 어려운데 이는 표

Table 4. Calculated surface energy of PET film according to geometric mean method

Sample	Energy	γ ^d	γ ^p	γ
Untreated		38.94	4.88	43.82
NaOH 2.5%	30min.	35.88	11.42	47.30
	60min.	34.81	15.52	50.33
	90min.	35.05	13.32	48.37
	120min.	36.97	11.22	48.19
DMF	20min.	36.97	6.10	43.07
	60min.	32.60	8.29	40.89
	120min.	34.46	8.01	42.47

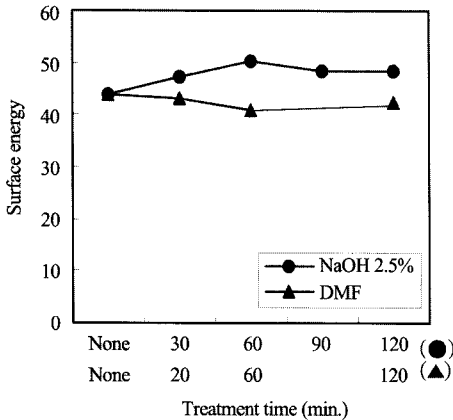


Fig. 8. Effect of treatment time on the surface energy of PET film treated with 2.5% NaOH or DMF.

면에너지가 증가할수록 부착일이 크기 때문이다. 그러나 발표된 다른 연구(정혜원, 김성련, 1988)에서 기질의 표면에너지가 커질수록 지용성오구의 부착일은 감소한 상반된 결과를 보고하고 있어 오구와 기질 간의 부착일도 표면장력뿐 아니라 또 다른 요인이 복합적으로 작용하고 있는 것으로 생각된다.

<Table 4>, <Fig. 8>에서 PET 필름이 NaOH 용액 및 DMF 용매로 처리되면 기질의 표면에너지의 비극성성분은 감소하고 극성성분은 증가하는데, 이러한 경향성은 특히 DMF 용매처리필름보다 NaOH 용액처리필름에서 크게 나타났다, NaOH 용액처리필름에 있어 극성 및 비극성성분의 총합으로의 표면에너지는 증가하지만, DMF 용매처리필름은 극성성분 에너지는 증가하지만 표면의 전체에너지는 다소 감소하였다. NaOH 용액 및 DMF 용매처리시간이 표면에너지와 그 성분은 증감에 미치는 효과는 크지 않았다.

그리고 앞서 검토된 표면거칠기와 같은 표면특성은 NaOH 용액 및 DMF 용매에 따라 변화폭이 크지만 표면에너지의 변화폭이 낮았다. 이는 일반적으로 표면거칠기가 크면 접촉면적이 낮아서 기질의 다른 물질에 대한 부착력은 줄어들고 기질의 표면에너지도 낮아질 것으로 예상되지만(나종주 외, 2006), 반드시 그런 결과를 보이지 않는 것은 기질의 탄성계수와 경도 등의 요인들이 복합적으로 작용하기 때문으로 생각된다.

IV. 결 론

NaOH 용액 및 DMF 용매처리로 표면모폴로지가 변

화된 PET 필름의 표면형태 및 표면특성을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. PET 필름의 NaOH 용액처리시간이 증가하면 표면돌기의 개수는 감소하고 돌기 간 거리와 골의 깊이가 증가하였다. 한편 DMF 용매처리시간이 짧으면 돌기가 미세화 되지만 처리시간이 보다 증가하면 표면이 팽윤되어 돌기의 형태가 완만하고 표면이 평활하게 변화되었다.

2. NaOH와 DMF 처리시간이 PET 필름의 표면적, 표면거칠기와 표면마찰계수에 미치는 효과는 달랐다. NaOH 용액처리 경우, 처리시간이 증가하면 필름의 표면적과 표면거칠기는 증가하지만 표면마찰계수는 처리시간이 짧으면 증가하지만 처리시간이 길어지면 감소하였다. 한편 DMF 처리필름의 표면적, 표면거칠기와 표면마찰계수는 처리시간 초기에는 증가하지만 처리시간이 길어지면 오히려 감소하였다.

3. PET 필름의 접촉각은 순수에 비하여 계면활성제 용액에서 낮았다. PET 필름에 NaOH 및 DMF를 처리하면 접촉각은 감소하는 데, DMF 처리필름은 용액의 종류에 관계없이 처리시간이 증가하면 접촉각이 점차적으로 감소하지만, NaOH 처리필름은 계면활성제 용액에서 처리시간이 30분 이상 경과하면 접촉각은 오히려 증가하였다.

4. PET 필름에 NaOH 용액 및 DMF 용매로 처리하면 기질의 비극성성분의 표면에너지는 감소하고 극성성분의 표면에너지는 증가하지만, 용액 및 용매처리가 필름의 표면에너지에 미치는 영향에는 차이가 있어 NaOH 용액처리는 필름의 표면에너지를 증가시키지만, DMF 용매처리는 다소 표면에너지를 감소시켰다.

참고문헌

- 김병주, 강인숙. (2001). 계면활성제 용액 내에서 고휘오구의 직물예의 부착에 영향을 주는 전해질 효과. *한국의류학회지*, 25(8), 1465-1474.
- 김성련. (2002). *세제와 세탁의 과학*. 서울: 교문사.
- 나종주, 권식철, 정용수. (2006). 표면에너지와 거칠기가 응착력에 미치는 영향. *대한기계학회지*, 30(11), 1335-1347.
- 문미화, 강인숙. (2009). 고휘오구 입자크기가 고휘오구의 세척성에 미치는 계면 전기적 효과-고형오구의 입자크기와 입자의 분산안정성-. *한국섬유공학회지*, 46(6), 334-341.
- 정선영, 강인숙. (2005). 음/미이온 혼합계면활성제 용액에 있어 계면활성제의 흡착에 의한 입체적 안정화가 고휘오구의 세척성에 미치는 영향(I). *한국섬유공학회지*, 42(3), 166-173.

- 정혜원, 김성련. (1988). Polyethylene terephthalate 필름의 표면에너지 변화에 따른 세척성. *한국의류학회지*, 12(2), 225-235.
- Brendan, C. (1996). The direct study of soil removal from solid substrates in detergency. *Colloid and Surfaces*, 114, 161-164.
- Hauthal, H. G. (2002). Structured surfaces-detergency angled at new materials. *SOFW Journal*, 128(10), 4-13.
- Kang, I. S. (2006). Influence of characteristics of textile materials finished with hydrophilic and hydrophobic chemicals on detergency of particulate soil-the adsorption of surfactant to fabric and ζ potential of substrate. *Journal of Korean Fiber Society*, 43(6), 344-352.
- Jeong, D. S., & Lee, M. C. (2001). Physical and dyeing properties of PET ultramicrofiber treated with DMF. *Journal Korean Society Dyers & Finishers*, 14, 277-283.
- Otani, M., Saito, M., & Yabe, A. (1985). Surface energy analysis of the detergency process-surface tension components of binary mixtures of organic liquids and aqueous solutions of surfactants. *Textile Research Journal*, 55(10), 582-588.
- Tagawa, Y., & Gotoh, K. (2007). Effect of surface free energies on the detergency phenomena of particulate soils. *Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses*, 48(6), 29-36.
- Zimoch, J., Hreczuch, W., & Kedzierzyn, K. (2002). Detergency and dynamic surface tension reduction of oxyethylated fatty acid methyl esters. *Tenside Surface Detergents*, 39, 8-16.