친수 및 소수처리 PET직물의 고행오구의 세척성

강 인 숙[†]

창원대학교 자연과학대학 의류학과

Detergency of Particulate Soil of PET Fabric Finished
with Hydrophilic and Hydrophobic ChemicalsIn-Sook Kang[†]

Dept. of Clothing & Textiles, Changwon National University

접수일(2012년 10월 18일), 게재확정일(2012년 11월 9일)

Abstract

The effect of hydrophilicity and hydrophobicity of PET fabric on the detergency of particulate soil were investigated as functions of the concentration of hydrophilic and hydrophobic chemicals, surfactant concentration, ionic strength, adhesion and removal time, and pH. The detergency of the particulate soil was determined by the adhesion of particles to and their removal from fabric, the PET fabric and $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ were used as textile materials and for the model of particulate soil, respectively. The hydrophilic and hydrophobic finish for PET fabric was treated with a polyester, silicone and fluorine organic compound of resin respectively. The adhesion of particulate soil to fabric treated with hydrophobic chemicals were slightly higher but its removal from fabric treated with hydrophobic chemicals was largely higher than fabric treated with a hydrophilic chemical regardless of solution conditions such as the concentration of hydrophilic and hydrophobic chemicals, surfactant concentration, ionic strength, adhesion and removal time, and pH. Therefore, hydrophobic treatment for fabric had a more positive effect than the hydrophilic treatment on the detergency of particulate soil.

Key words: Poly (ethylene terephthalate) fabric, Surfactants solution, Hydrophilic and hydrophobic finish, Detergency of particulate soil; PET직물, 계면활성제 용액, 친수화 및 소수화 처리, 고행오구의 세척성

I. 서 론

소재의 특성이 세척성에 영향을 주는 주된 인자는 섬유표면의 형상 및 구조와 친수 및 소수성에 따른 표면활성인데(Rema et al., 1999; Zimoch et al., 2002), 이는 섬유의 종류와 가공제의 친수 및 소수성에 따라 크게 차

이를 보이고 있다. 친수성이 큰 섬유는 표면장력이 커서 공기 중에서 오구와의 결합력이 크기 때문에 오구를 잘 흡착하고 소수성 섬유는 표면활성이 낮아 오구와의 친화성이 작아서 공기 중에서 오구가 잘 부착되지 않는다. 그러나 물속에서 오구가 제거되고 부착되는 요인은 표면장력 외에 표면구조, 대전성, 오구의 특성 등이 종합적으로 영향을 준다. 특히 표면의 화학적 개질에 따른 가공은 섬유의 표면에너지를 감소시켜 공기 중에서 오구의 부착력이 작아지므로 오염이 잘 안 되나 수중에서는 부착일, 즉 세척일이 커지므로 세척성이 나빠지는 것

[†]Corresponding author

E-mail: kangis@changwon.ac.kr

본 논문은 2011-2012년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

이 보통이다.

실제 섬유직물에 친수화 및 소수화 처리를 하여 세탁 시 오구제거를 용이하게 하거나, 오구의 부착은 어렵게 하는 가공이 진행되고 있다. 이런 가공은 오염물질에 대한 섬유의 저항을 높여 세척효율을 증진시키는 목적은 같지만 섬유의 표면의 활성의 측면에서 효과는 서로 상반된다. 섬유의 친수화는 물을 매개로 하는 세탁과정에서 세척용이성을 높이고, 섬유의 소수화는 공기 중에서 소수성 오염물질의 부착을 방지하는 방법의 일환으로 이용된다. 실제로 이 두 가지 가공은 친수성 및 소수성 물질의 오염방지 목적으로 개발된 가공법이기에 때문에 상대적으로 그런 특성에 직접적인 영향이 낮은 고행오구의 세척성에 그대로 적용하기는 문제점이 있다. 이런 이유로 친수 및 소수화한 직물이 지용성오구의 세척성에 미치는 영향에 대한 연구(Dimov et al., 2000; Kolev et al., 2003)는 다소 있지만 고행오구의 세척성에 미치는 영향에 대한 연구는 미진하다.

본 연구자는 폴리에스테르 섬유직물의 친수화 및 소수화가 고행오구의 세척성에 영향을 주게 될 환경요인으로 표면특성(Kang, 2007) 및 계면활성제 흡착에 따른 안정화 효과와 섬유기질의 ζ -potential과 기질과 입자간의 상호작용에너지 등에 따른 계면전기적 효과(Kang, 2006)를 이미 검토한 바 있다. 이에 의하면 친수 및 소수화 처리직물은 가공제의 처리농도가 증가할수록 표면활성이 증가하고, 용액의 조건에 관계없이 대체적으로 친수성 가공포에 비하여 소수성 가공포의 계면활성제 흡착량이 많지만, 계면전기적 효과에서는 섬유의 소수화는 ζ potential이 (+)로 변환되어, 물에서의 고행입자오구와 섬유기질 간의 상호작용에너지는 인력만 존재하였다. 반면에 친수화 섬유기질의 ζ potential은 (-)로 기질과 입자간 상호작용에너지는 반발력으로 작용하였다. 섬유기질에서 고행오구의 세척성에 영향을 주는 주요 요인은 계면활성제 흡착에 의한 입체적 안정화 효과와 계면전기적 요소라는 점을 감안할 때 섬유기질의 친수 및 소수화는 세척조건에 따라 복잡한 양상을 띌 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 PET섬유직물의 친수화 및 소수화에 따른 고행오구의 세척성을 표면특성에 영향력이 많은 세척조건을 택하여 고찰하였다. 폴리에스테르 섬유의 친수화 가공은 폴리에스테르와 기본구조가 유사한 폴리에스테르 섬유에 친화력이 있는 폴리에스테르폴리에테르 수지를 섬유에 후처리하였고, 소수화 가공은 임계표면장력이 낮은 유기플루오르화합물인 디히드로퍼

플루오로옥탄올을 아크릴산과 반응시켜 얻어진 Scotchgard가공제를 후처리하였다. 고행오구의 모델로 사용된 입자오구는 산화철인 hematite로 균일하고 구형에 가까운 형태로 제조하여 사용하였다. PET섬유직물의 친수화 및 소수화에 따른 고행오구의 세척성을 고찰한 세척 조건은 가공제의 농도, 계면활성제 농도, 이온강도, 부착 및 제거시간 그리고 pH의 변화이고, 고행오구의 세척성은 섬유에로의 입자오구 부착과 섬유기질에서의 입자오구 탈락을 각각 독립적으로 검토하였다.

II. 실험

1. 시료 및 시약

1) 시료

한국의류시험검사소에서 제작한 섬유류제품의 염색견뢰도시험용 폴리에스테르 첨부백포(오염포 KS K O905)를 아염소산 나트륨 0.2%, 포름산 0.2%, 질산 0.1% 용액에 액비 30:1로 60에서 60분간 처리하고, 암모니아수로 중화한 후 증류수로 충분히 씻어 자연 건조하고, 이를 benzene:ethanol(2:1)의 공비 혼합물로 8시간 속슬레 추출기로 추출한 후 자연 건조시켜 사용하였으며 그 특성은 <Table 1>과 같다.

2) 시약

친수화 가공제는 자기유화성 polyester계 SR가공제(NI-CEPOLE PR-86; 친수A)와 polyoxyethylenether를 함유한 silicone계 유연제(KF Silicon WET-1; 친수B)는 NI-CCA KOREA CO에서 제공 받았고, 소수화 가공제는 불소계 발수 발유제(TG-410A; 소수A)와 dipropyleneglycol monoethylenether를 함유한 불소계 방오가공제(UNIDY-NE TG-991; 소수B)로 DONGIN TEXCHEM CO.에서 제공 받아 사용하였는데 이들 화합물은 모두 폴리에스테르 직물에 친화성을 가진 것이다.

sodium dodecyl benzene sulfonate(DBS; 純正化學) 등의 시약은 1급 이상을 사용하였고, 실험에 사용된 물은

Table 1. Fabric characteristics

Material	Polyester 100%
Yarn number	75d × 75d
Weave	plain
Fabric count (ends × picks/5cm)	210 × 191
Thickness (mm)	0.107

증류수를 이온교환수지로 탈 이온화하여 사용하였다.

2. 실험방법

1) 직물의 친수 및 소수화 처리

25°C 친수 및 소수성 가공제 500ml 용액에 25×25cm 직물을 20분간 침지하고 wet-pick-up 80%로 액을 제거하여 100°C에서 5분간 건조하고 150°C에서 1분간 열처리하였다.

2) α -Fe₂O₃ 입자의 제조(Matijevic & Scheiner, 1978)

0.005M HCl와 0.3M의 FeCl₃ 혼합용액(pH 3)을 밀폐하여 100°C 항온기에서 14일간 숙성시켜, α -Fe₂O₃ 입자를 제조하여 원심 분리한 침전물을 80°C에서 3시간 건조한 후, 다시 150°C에서 1시간 열처리하였다.

3) α -Fe₂O₃ 입자의 직물에서의 부착

계면활성제가 첨가된 250ml용액에 0.02% α -Fe₂O₃을 분산시키고 40°C 항온 진탕기에서 10분간 예열한 후 칭량된 5×5cm 직물 1개를 넣고 120rpm에서 20분간 진탕시켜 직물에 입자를 부착시켰다. 증류수에 2회 행구어 자연 건조하였고 α -Fe₂O₃의 부착량은 직물 1g에 부착된 양으로 계산하였다.

4) 직물에서 α -Fe₂O₃ 입자의 제거

α -Fe₂O₃ 입자 0.0025g을 함유한 분산액을 5×5cm 직물에 micropipet으로 점적시켜 오염포를 만들어 표준상태에서 1주일 보관한 후 사용하였다. 계면활성제가 함유된 용액 50ml에 오염포 1매를 넣고 250rpm에서 20분 동안 직물에서 α -Fe₂O₃ 입자를 제거하여 건조한 후 직물에 잔류한 α -Fe₂O₃ 입자와 입자를 제거한 용액 내의 α -Fe₂O₃ 입자를 동시에 정량하여 다음 식에 의해 제거율을 산출하였다.

$$\text{제거율(\%)} = \frac{\text{세액 내에 제거된 입자량}}{\text{직물에 잔류한 입자량} + \text{세액 내에 제거된 입자량}}$$

5) α -Fe₂O₃ 입자의 정량

6N HCl용액으로 α -Fe₂O₃를 용해하여, hydroxylamine hydrochloride로 환원, o-phenanthroline으로 발색시켜, UV-Vis spectrometer(Hewlett-Packard 8452 Diode Array Spectrophotometer)로 510nm에서 흡광도를 측정하여 미리 작성한 검량선에 의하여 α -Fe₂O₃ 양을 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

PET섬유는 대표적인 소수성 섬유로 표면장력이 작은 편이므로 오구와의 친화성이 낮아서 공기 중에서는 오구가 잘 부착하지 않으나 표면에너지와 표면형태에 따라 오염성이 달라진다. 일반적으로 세척과정에서 오구 입자의 기질에서의 탈락과 기질에의 재부착이 가역적으로 진행되기 때문에 탈락과 부착의 그 작용한계가 사실상 명확하지 않다. 따라서 세척성을 고풍오구의 부착과 제거현상으로 각각 분리하여 고찰하면 세척성에 관한 이해의 폭을 확대할 수 있을 것으로 생각된다.

1. 친수 및 소수화한 PET직물에서의 α -Fe₂O₃ 입자의 부착

친수 및 소수화로 가공한 PET직물에서의 α -Fe₂O₃ 입자의 부착성을 검토하기 위하여 여러 용액조건에서 가공포에 α -Fe₂O₃ 입자를 부착시킨 결과는 다음과 같다. <Fig. 1>은 친수 및 소수화제의 농도를 0.01%, 0.1%, 0.5%, 1%, 5%로 변화를 주어 처리한 PET직물에 0.1% DBS, NaCl이온강도 1×10⁻³용액에서 20분 동안 α -Fe₂O₃ 입자를 부착시킨 결과이다. PET직물 원포의 α -Fe₂O₃ 입자의 부착율은 섬유 1g당 22 μ g이었다. PET직물에서의 α -Fe₂O₃ 입자의 부착량은 친수 및 소수화의 종류보다는 가공제의 농도에 따른 차이가 크지만 가공제의 농도에

Fig. 1. Effect of concentration of the finishing agent on the adhesion of α -Fe₂O₃ to polyester fabric treated with a hydrophilic and hydrophobic agent.

따른 친수 및 소수화 직물에의 입자 부착의 경향은 소수화 가공제 A(불소계 발수 발유제)를 제외하면 유사하였다. 친수 및 소수화에 관계없이 가공포의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자 부착량은 가공제 농도 0.01%에서 다소 감소하지만 0.1~0.5% 농도에서는 증가하고 1% 농도에서 감소한 후 가공제의 농도 5%에서 다시 증가하고 있다. 이러한 경향은 전보(Kang, 2007)의 가공제 농도에 따른 기공의 크기와 마찰계수의 변화와 유사하다. 특히 가공제의 농도가 1% 이상이면 가공제의 농도 증가에 따라 가공포의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량이 증가하는 데, 이는 섬유 표면 에너지가 감소에 따른 결과로 생각된다.

<Fig. 2>는 0.01%, 0.1%, 1% DBS계면활성제 농도를 달리하여 NaCl이온강도 1×10^{-3} 용액에서 20분 동안 PET원포 및 0.5% 친수 및 소수화 처리직물에 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자를 부착시킨 결과이다. 이에 의하면 가공포의 종류에 관계없이 계면활성제 농도 0.01%에서 직물에의 입자 부착이 많은데, 원포에 비하여 친수 및 소수화 직물에서 이러한 경향이 두드러졌다. 계면활성제 농도 0.01%에서 직물에의 입자 부착이 많은 현상은 세액 및 기질의 종류에 관계없이 같은 경향을 보이는데, 이는 계면활성제의 농도가 낮으면 섬유기질과 고품입자 주위에 흡착되는 계면활성제의 양이 감소하여 섬유기질과 고품입자는 입체적으로 불안정하고 음이온계면활성제의 표면흡착이 낮아 기질과 입자의 ζ potential의 (-)값이 상대적으로 감소하여 기질과 입자, 입자와 입자 간의 상호반발에너지가 낮아지기 때문이라고 생각된다. 그리고 소수화 가공

제 A(불소계 발수 발유제)를 제외하면 계면활성제 농도 0.1%와 1% 간에는 직물에의 입자 부착량에 큰 차이가 없으나 대체적으로 계면활성제 농도 0.1%에서 직물에의 입자 부착이 가장 적었다.

직물에의 입자 부착은 직물과 입자 간의 친화력에 의해 결정되는 데 계면활성제 농도가 0.1% 이상이면 고품입자에 흡착성이온이 다량으로 흡착되어 입자표면의 이중층의 확산부를 압축시켜 반발에너지의 작용범위는 줄고 흡착이온의 상호 다리놓기 효과로 입자 간 회합이 일어난다. 이에 따라 입자의 분산안정성이 감소하여 기질 및 입자 주위의 다량의 음이온 흡착에 따른 효과가 상쇄되어 계면활성제 농도 1%에서 오히려 입자 부착량이 증가되는 것으로 생각된다. 그리고 친수 및 소수화에 따른 기질의 입자 부착효과는 크지 않았다.

<Fig. 3>은 NaCl의 농도를 달리하여 $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-1}$ 로 이온강도에 변화를 주어 0.1% DBS계면활성제 용액에서 20분 동안 0.5% 가공제 농도로 친수 및 소수화한 PET직물에 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자를 부착시킨 결과이다. 최대 직물에의 입자 부착량을 나타내는 이온강도에 다소 차이는 있지만 친수 및 소수화 가공에 관계없이 이온강도가 증가하면 가공포의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량은 증가하여 $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2}$ 구간에서 최대 부착량을 나타내고 다시 이온강도가 증가함에 따라 가공포의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자 부착량은 감소한다.

PET원포의 이온강도에 따른 직물에의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량을 검토한 기존연구(Kang & Kim, 1995)에 의하면 이온강도 변화 초기에는 대체적으로 이온강도가

Fig. 2. Effect of concentration of a surfactant on the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ to polyester fabric treated with a hydrophilic and hydrophobic agent.

Fig. 3. Effect on ionic strength on the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ to polyester fabric treated with a hydrophilic and hydrophobic agent.

증가하면 폴리에스테르 가공포의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량은 감소하고 이온강도가 더 이상 높아지면 직물에의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량은 증가하였다. 이는 친수 및 소수화 직물에의 입자 부착량을 검토한 <Fig. 3>의 결과와 정반대의 경향을 보였다. 이온강도가 고흡오구의 세척성에 주는 영향은 용액 내의 계면활성제의 농도에 따라 매우 상이한 결과를 보이고 있다. 이는 용액 내에서 계면활성제와 전해질이 섬유기질 및 입자에의 흡착에 있어 상호경쟁적인 관계를 가지기 때문인데, 계면활성제의 농도가 높으면 이온강도가 상대적으로 낮더라도 이온강도가 높은 효과를 나타내고, 계면활성제의 농도가 낮으면 이온강도가 상대적으로 높더라도 이온강도가 낮은 효과를 나타낸다. 일반적으로 세척용액에 전해질이 첨가되면 섬유기질 및 고흡오구 입자표면의 카운터 이온을 상쇄하여 섬유기질 및 입자표면의 이중층의 확산부를 압축하여 반발에너지의 작용범위를 좁히고, 흡착이온의 다리놓기 효과에 의하여 입자 회집작용과 섬유기질에의 입자 부착을 촉진시킨다. 그러나 계면활성제의 포화흡착농도 이하에서는 전해질이 계면활성제의 표면흡착을 용이하게 하고 섬유기질과 입자둘레의 흡착막 출현으로 입체적 안정화가 되기도 하여 전해질이 첨가되면 고흡오구의 섬유기질에의 흡착에 영향을 주는 이온강도 효과는 긍정적인 측면과 부정적인 측면이 동시에 나타나게 된다. 따라서 이런 이유로 폴리에스테르 직물의 가공여부에 따라 이온강도의 긍정적인 면과 부정적인 면이 다르게 작용하여 친수 및 소수화 직물에의 고흡오구 부착경향에 상이한 결과가 나온 것으로 해석

된다.

<Fig. 4>는 이온강도 1×10^{-3} , 0.1% DBS계면활성제 250ml 용액에 0.02% $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 을 분산시키고 40°C 항온 진탕기에 0.5% 친수 및 소수성 가공제로 처리된 PET직물을 넣고 120rpm에서 부착시간을 0~120분으로 변화하여 직물에 입자를 부착시킨 결과이다. 친수 및 소수화에 따라 부착시간이 직물에의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자 부착량에 미치는 효과에 차이가 있어, 소수화 직물에서는 부착시간이 증가하면 직물에의 입자 부착량은 증가하다가 부착시간 20분 이상에서 부착시간의 증가에 따른 입자 부착량에 변화가 거의 없지만 친수화 직물은 부착시간의 증가에 따라 섬유기질에 부착되는 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자량은 증가하여 부착시간 120분이면 소수화 직물에 비하여 직물에의 입자 부착량이 더 많았다.

<Fig. 5>는 NaOH 및 HCl용액으로 pH를 1.9~11.6로 변화하여 이온강도 1×10^{-3} , 0.1% DBS계면활성제 용액에서 20분 동안 0.5% 친수 및 소수성 가공제로 처리된 PET직물에 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자를 부착시킨 결과이다. NaCl용액으로 이온강도만 조정할 경우 pH는 5.5 정도인데, 이는 PET직물의 등전점 pH 3.5보다는 높고 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 등전점은 pH 6.5보다 낮은 pH이다. 따라서 이론적으로 입자와 직물기질 간의 전기이중층에 의한 반발력은 존재하지 않지만 계면활성제로 사용된 음이온계 DBS 용액에서는 입자와 기질이 음이온을 흡착하고 그에 따라 입자는 (-)70~80 정도의 ζ potential, PET직물은 (-)50~180 정도의 ζ potential를 갖게 되어 입자와 섬유기질 간의 반발력은 존재하였다(Kang & Kim, 1995).

Fig. 4. Effect of adhesion time on the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ to polyester fabric treated with a hydrophilic and hydrophobic agent.

Fig. 5. Effect of pH on the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ to polyester fabric treated with a hydrophilic and hydrophobic agent.

<Fig. 5>에 의하면 pH 5 정도의 산성영역에서 친수 및 소수가공제의 종류에 관계없이 섬유기질에의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량이 동일하지만 중성 및 알칼리용액으로 pH가 증가하면 두 가공포 간에 차이가 나타나고 pH 9 정도에서 친수 및 소수화 직물 간 입자 부착량의 차이가 심화되었다. 그리고 pH 5~12 영역에서 소수화된 섬유기질에의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량이 친수성 가공포에 비하여 많았다. 소수화된 직물은 산성용액 영역에서는 pH의 영향이 크지 않지만 중성 및 약 알칼리성영역에서는 pH가 증가하면 섬유기질에 부착되는 고형오구 입자량은 크게 증가하여 pH 9 정도에서 최대의 부착량을 나타내고 그 이후에는 pH가 증가하면 가공포에의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량은 감소하였다. 한편 친수성 가공제로 처리한 포에 있어 산성용액 영역에서는 pH의 영향이 거의 없어 소수화 직물과 비슷한 경향이지만 중성 및 약알칼리성영역에서는 소수화 직물과는 다르게 pH가 증가하면 섬유기질에 부착되는 고형오구 입자의 양은 감소하여 pH 5.5 정도에서 최소의 부착량을 나타내고 그 이후에는 pH가 증가하면 가공포에의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량은 증가하여 소수화한 직물의 pH에 따른 추이와 서로 상반된 경향을 보였다. 전보(Kang & Kim, 1995)에 의하면 PET직물에서의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자 부착은 pH가 증가하면 입자 부착은 증가하여 pH 8~9 영역에서 최대 부착량을 보이고 그 이상 pH에 있어선 pH가 증가하면 입자 부착은 감소하여 소수화 가공포의 경향과 유사하였다.

2. 친수 및 소수화한 PET직물에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 제거

세척과정에서 오구입자의 기질에서의 탈락과 기질에의 재부착이 가역적으로 진행되지만 고형입자의 세척성에 직접적인 영향을 주는 것은 직물에서의 입자의 제거량이다.

농도가 다른 친수 및 소수성 가공제로 처리한 PET직물을 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 현탁액으로 오염시킨 다음 계면활성제 용액에서 섬유기질에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 제거량을 검토한 결과는 <Fig. 6>과 같다. 제거조건은 계면활성제 농도 0.1%, NaCl의 이온강도 1×10^{-3} , 제거시간은 20분으로 하였다.

<Fig. 6>에 의하면 미처리된 PET직물의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자 제거율 33%이지만 친수화된 가공포의 입자 제거율은 20% 정도로 감소한다. 그러나 소수화된 직물은 가공제의 농도에 관계없이 섬유기질에서의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자

Fig. 6. Effect of concentration of finishing agent on the removal of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ from polyester fabric treated with a hydrophilic and hydrophobic agent.

의 제거율이 급격히 증가하여 제거율이 60~75% 정도였다. 소수화 가공포는 처리농도 1% 이하에서 제거율의 변동폭이 크지만 그 이상 농도에선 가공제의 농도 증가에 따른 효과가 크지 않았다. 그리고 dipropyleneglycol monoethylenether를 함유한 불소계 방오가공제로 처리한 소수B에 비하여 불소계 발수 발유제로 가공된 소수A 가공포가 낮은 가공제 농도에서 제거율이 좋지만 가공제 농도가 증가하면 소수B보다 다소 제거율이 낮았다. 한편 자기유화성 Polyester계 SR가공제로 친수화된 친수A 처리포와 silicone계 유연제로 처리된 친수B 간에 기질에서의 입자 제거량에 차이가 거의 없고 두 종류의 친수화 가공포 간의 가공제의 농도에 따른 경향도 매우 유사하여 가공제의 농도에 관계없이 친수화되면 기질에서의 입자 제거율은 감소하였고 소수화된 포와 마찬가지로 가공제 농도에 따른 직물에서의 입자 제거율에는 변동이 없었다.

<Fig. 7>는 계면활성제 농도를 0.01%, 0.1%, 1%로 하여 NaCl이온강도 1×10^{-3} 용액에서 20분 동안 PET 원포 및 0.5% 친수 및 소수성 가공제로 처리된 직물에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자를 제거시킨 결과이다. 이에 의하면 계면활성제의 농도에 관계없이 소수성 가공제로 처리된 직물에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 제거량은 원포에 비하여 높지만, 친수화한 직물의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 제거량은 원포에 비하여 낮았다. 계면활성제의 농도에 따른 고형오구입자의 제거량은 원포 및 가공포의 종류에 따라 경향에 차이가 있는데 원포 및 소수화된 직물에서는 계면활성제

Fig. 7. Effect of concentration of surfactant on the removal of α -Fe₂O₃ from polyester fabric treated with a hydrophilic and hydrophobic agent.

의 농도가 증가하면 섬유기질에서 제거되는 α -Fe₂O₃ 입자량은 대체적으로 증가하지만, 친수화된 가공포에서는 계면활성제 농도 0.1%에서 제거율이 가장 낮았다. 계면활성제 농도 1%에서 직물의 가공여부 및 가공제의 종류에 관계없이 섬유기질에서의 고풍오구의 제거율이 가장 높았다. 이를 섬유기질에서의 고풍오구의 입자 부착율을 계면활성제의 농도에 따라 검토한 <Fig. 2>와 비교하면 계면활성제의 농도가 1% 이상이면 α -Fe₂O₃ 입자의 섬유기질에서의 부착량은 감소하고 가공포에서의 α -Fe₂O₃ 입자의 제거량이 증가하여 가공유무 및 가공제의 종류에 관계없이 세척효율의 측면에서 계면활성제 농도를 높이는 것이 효과가 있는 것으로 생각된다. 이러한 결과는 계면활성제의 농도가 높으면 입자와 기질의 계면활성제를 흡착이 용이하여 최대 계면활성제 흡착량에 도달하고 그에 따라 입체적 안정화 효과도 증대되고 또한 계면전기적 측면에서 입자와 기질의 증가된 ζ potential로 인하여 전기이중층에 의한 반발력의 확대라는 두 가지 효과를 동시에 갖게 되기 때문이다.

<Fig. 8>은 NaCl의 농도를 달리하여 이온강도를 $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-1}$ 로 변화를 주어 0.1% DBS계면활성제 용액에서 20분 동안 0.5% 친수 및 소수성 가공제로 처리한 PET직물에서 α -Fe₂O₃ 입자를 제거시킨 결과이다. 이온강도가 낮으면 친수 및 소수화에 관계없이 직물에서 제거된 입자량이 비슷하지만 이온강도가 증가하면 친수 및 소수화에 따라 직물에서의 입자 제거율에 차이보였다. 이온강도에 따른 변동폭이 친수화 직물에 비하여 소

Fig. 8. Effect of ionic strength on the removal of α -Fe₂O₃ from polyester fabric treated with a hydrophilic and hydrophobic agent.

수화 직물에서 컷고 경향에도 차이가 있어 이온강도 1×10^{-4} 이상에서는 소수화 가공포에서의 α -Fe₂O₃ 입자 제거율이 친수성 가공포의 비하여 높았고, 이온강도 1×10^{-4} 이상에 있어서 소수화 가공포는 이온강도 1×10^{-3} 에서 최대 제거율을 보이다가 다시 이온강도가 증가하면 PET 직물에서의 α -Fe₂O₃ 입자의 제거율은 감소하는데, 이는 PET원포의 이온강도에 입자 제거율을 검토한 연구(Kang & Kim, 1995)와 같은 경향이다. 반면에 친수화 처리섬유직물에서는 이온강도 1×10^{-4} 이상에서 이온강도가 증가하면 섬유기질에서의 고풍오구 제거율은 급격히 감소한다. 세척효율의 측면에서 이온강도의 영향을 파악하기 위하여 섬유기질에서의 고풍오구의 입자 부착량을 이온강도에 따라 검토한 <Fig. 3>과 비교하면 친수성 가공제로 처리된 포에 있어서 이온강도의 세척효율에 대한 영향은 이온강도 1×10^{-1} 을 제외하면 이온강도가 증가하면 섬유기질의 고풍오구 부착량은 많아지고 섬유기질에서의 입자오구의 제거량은 감소하여 세척효율의 측면에서 부정적인 효과를 나타낸다.

반면에 소수화 가공포에 있어서 이온강도가 세척효율에 미치는 영향은 가공제의 종류에 따라 차이가 있었다. PET원포와 소수화된 포는 최대 제거효율을 나타내는 이온강도가 존재하는데, 이는 이온강도가 낮은 경우 계면활성제 흡착을 방해하지 않지만 이온강도가 높으면 기질 및 입자의 흡착유효면적을 두고 상호간 경쟁관계로 인해 이온강도 증가에 따른 전기이중층의 압축에 의하여 전기반발력의 작용거리가 축소되기 때문에 세척효율의

측면에서 부정적인 환경이 조성된다.

<Fig. 9>는 0.5% 친수 및 소수성 가공제로 처리된 PET 직물에 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 분산액을 점적하여 오염포를 만든 다음, 이온강도 1×10^{-3} , 0.1% DBS 계면활성제 용액에 직물을 넣고 250rpm에서 1~240분으로 제거시간에 변화를 주어 직물에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자를 제거시킨 결과이다. 제거시간에 따른 친수 및 소수화 직물에서의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 제거경향에 차이가 있었다. 제거시간 20분까지 친수 및 소수화 직물에 관계없이 제거시간이 증가하면 PET직물에서 제거되는 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자량은 증가하지만 제거시간이 20분 이상 경과하면 친수 및 소수화 직물의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자 제거추이는 달랐다. 소수화 가공포는 제거시간 60분까지 시간이 경과하면 섬유기질에서 제거되는 입자오구의량은 증가하지만 제거시간 60분 이상에서 제거량은 감소하였다. 제거시간의 경과에 따른 제거율의 감소는 이미 세액으로 제거되어 분산된 입자가 다시 섬유기질에로의 재부착에 따른 결과로 해석되는데, 제거시간 240분의 경우 제거시간 초기 제거율과 비슷한데 이는 세액 속에 분산된 입자 대부분이 다시 직물로 부착한 결과이다. 한편 친수화 직물의 경우, 제거시간의 증가에 따라 직물에서 제거되는 입자량이 다소 증가하지만 제거시간이 직물에서의 입자 제거량에 미치는 효과는 소수화 직물에 비해 낮았다.

<Fig. 10>은 0.5% 친수 및 소수성 가공제로 처리한 PET직물을 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자 분산액으로 오염포를 만든 다

Fig. 9. Effect of removal time on the removal of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ from polyester fabric treated with a hydrophilic and hydrophobic agent.

음 NaOH 및 HCl용액으로 pH를 1.9~11.6으로 변화하여 이온강도 1×10^{-3} , 0.1% DBS 계면활성제 용액에서 20분 동안 직물에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자를 제거한 결과이다. <Fig. 10>에 의하면 전 pH 영역에서 친수화 직물에 비하여 소수화 직물에서의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 제거율이 높지만, 앞서 <Fig. 5>에서 검토된 부착거동과는 차이가 있어 pH에 따른 입자 제거율은 친수 및 소수화 직물에 관계없이 유사하여 산성영역에서 pH가 증가하면 섬유기질에서 제거되는 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자량은 감소하지만 알칼리영역에서는 pH가 증가하면 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자 제거량도 증가하였다.

이러한 제거거동은 PET 원포에서 고형오구의 제거량을 pH에 따라 검토한 기존연구(Kang & Kim, 1995)와 유사한 결과이다. 알칼리영역에서 pH가 증가하면 제거율이 증가되는 것은 우선 pH 증가에 따라 입자와 기질의 ζ potential이 증가하여 상호간 반발력이 증대되고, 계면활성제의 흡착량도 증가하여 계면전기적 측면과 입체적 안정화 측면에서 유리한 환경이 만들어지기 때문으로 생각된다. 세척효율의 측면에서 pH의 영향을 파악하기 위하여 섬유기질에서의 고형오구의 입자 부착량을 pH에 따라 검토한 <Fig. 5>와 비교할 때 친수화 직물에 있어 pH의 세척효율에 대한 영향은 중성영역에서 섬유기질에 부착되는 고형오구의 입자는 많고 섬유기질에서 제거되는 고형오구의 양은 적어 세척효율의 측면에서 부정적인 영역이지만 소수화 직물은 중성영역에서 오히려 섬유기질에 부착하는 고형오구의 입자는 적고 섬유기질에서 제거되는 고형오구의 양도 적어 세척효율의 측면에

Fig. 10. Effect of pH on the removal of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ from polyester fabric treated with a hydrophilic and hydrophobic agent.

서 다른 결과를 보였다.

검토된 여러 세척조건에서 대체적으로 친수화 직물에 비하여 소수화 직물이 PET원포와 유사한 거동을 보이고 있는 것으로 파악된다. 그리고 세척조건에 관계없이 친수화 직물에 비하여 소수화 섬유직물에서 입자 부착량이 다소 많지만, 직물에서의 입자 제거율은 월등히 많아서 PET직물의 소수화는 세척효율의 측면에서 긍정적인 효과를 주었다. 선행연구(Kang, 2006)에서 입체적 안정화 효과에 영향을 주는 가공포의 계면활성제 흡착량은 대체적으로 용액의 조건에 관계없이 친수화 직물에 비하여 소수화 직물에서 많았고, 계면전지적 반발력에 영향을 주는 친수 및 소수화 직물의 ζ potential은 (-)와 (+)를 각각 나타내어 고품입자와 섬유기질 간의 상호작용에너지는 소수화 직물이 낮다. 이러한 이유로 세척효율의 측면에서 동일한 방향을 갖는 PET원포(Kang & Kim, 1995)에 비해 친수 및 소수화 직물의 세척성이 복잡한 특성을 갖는다.

IV. 결 론

여러 세척조건에서 친수 및 소수화한 직물의 고품오구의 세척성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

가공제 농도, 계면활성제의 농도, 이온강도, 입자의 부착시간 등의 실험조건에 관계없이 α -Fe₂O₃ 입자의 PET 직물에서의 부착량은 친수화 직물에 비하여 소수화 직물에서 대체적으로 많았지만 친수 및 소수화에 따른 변화폭이 크지 않았다. 친수 및 소수화 직물에서의 입자부착은 계면활성제 농도와 이온강도에 따른 효과는 유사하지만 입자 부착시간과 pH에 따른 효과는 달랐다.

세척조건에 관계없이 친수화 직물에 비하여 소수화 PET직물에서의 α -Fe₂O₃ 입자 제거량이 월등히 많았다. 직물에서의 입자 제거는 가공제의 농도효과는 적지만, 계면활성제 농도에 따른 효과가 컸다. 그러나 이온강도와 제거시간에 따른 변동폭은 친수화 직물에 비하여 소수화 직물에서 컸고 제거시간이 증가하면 세액 속에 분산된 입자가 다시 직물로 재부착되어 제거율은 감소하였다. pH에 따른 입자 제거율은 친수 및 소수가공포에 관계없이 중성영역에서 비교적 낮고 산성 및 알칼리영

역에서 높았다. 검토된 여러 세척조건에서 친수화 직물에 비하여 소수화 섬유직물에서 입자 부착량이 다소 많지만, 직물에서의 입자 제거율이 월등히 높아 PET직물의 소수화는 세척효율의 측면에서 긍정적인 효과를 주었다.

References

- Dimov, N. K., Ahmed, E. H., Alargova, R. G., Kralchevsky, P. A., Durbut, P., Broze, G., & Mehreteab, A. (2000). Deposition of oil drops on a glass substrate in relation to the process of washing. *Journal of Colloid and Interface Science*, 224, 116–125.
- 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 potential of substrate-. *Journal of Korean Fiber Society*, 43(6), 344–352.
- Kang, I. S. (2007). Influence of characteristics of textile materials finished with hydrophilic and hydrophobic chemicals on detergency of particulate soil-Surface characteristics of textile materials-. *Journal of Korean Fiber Society*, 44(1), 53–60.
- Kang, I. S., & Kim, S. R. (1995). Interfacial electrical studies on adhesion of hematite particles to polyester fabric and their removal from the fabric (Part 2). *Journal Korean Society of Clothing and Textiles*, 19(5), 765–773.
- Kolev, V. L., Kochijashky, I. I., Danov, K. D., Kralchevsky, P. A., Broze, G., & Mehreteab, A. (2003). Spontaneous detachment of oil drops from solid substrates: Governing factors. *Journal of Colloid and Interface Science*, 257(2), 357–363.
- Matijevic, E., & Scheiner, P. (1978). Ferric hydrous oxide sols. *Journal Colloid and Interface Science*, 63(3), 509–524.
- Rema, S., Anuradha, M., & Kumar, V. G. (1999). Effect of charge and hydrophobicity on adsorption of modified starches on polyester. *Journal of Colloid and Interface Science*, 220, 260–268.
- Zimoch, J., Hreczuch, W., & Trathnigg, B. (2002). Detergency and dynamic surface tension reduction of oxyethylated fatty acid methyl esters. *Tenside, Surfactants, Detergents*, 39(2), 8–16.