

Polyester 직물에의 Hematite 입자의 부착과 제거에 관한 계면 전기적고찰 (제 2 보)

강 인 속 · 김 성 련*

창원대학교 자연과학대학 의류학과 · 서울대학교 가정대학 의류학과*

Interfacial Electrical Studies on Adhesion of Hematite Particles to Polyester Fabric and their Removal from the Fabric (Part 2)

In-Sook Kang · Sung-Reon Kim*

Dept. of Clothing & Textiles, Chang-Won National University

Dept. of Clothing & Textiles, Seoul National University*

(1995. 5. 19 접수)

Abstract

Effect of interfacial electrical conditions such as, the ζ potential of PET fiber and α -Fe₂O₃ particles, the stability parameter and potential energy of interaction on adhesion of α -Fe₂O₃ particles to PET fabric and their removal from the fabric, were investigated as functions of pH, electrolyte and ionic strength.

The stability parameter, potential energy of interaction between α -Fe₂O₃ particles and PET fabric were calculated by using the heterocoagulation theory for a sphere-plate model.

The adhesion of α -Fe₂O₃ particles to PET fabric and their removal from PET fabric were carried out by using water bath shaker and Terg-O-Tometer under various solution conditions.

The adhesion of α -Fe₂O₃ particles to the PET fabric and the removal of α -Fe₂O₃ particles from the PET fabric were biphasic and were maximum and minimum at pH 7~8, respectively.

With high pH and polyanion electrolytes in solution, the adhesion of α -Fe₂O₃ particles to the PET fabric was low but effects of electrolytes on the removal of α -Fe₂O₃ particles from the PET fabric was small.

The adhesion of α -Fe₂O₃ particles to the PET fabric and the removal of α -Fe₂O₃ particles from the PET fabric were biphasic, and were lowest and highest at the ionic strength 1×10^{-3} , respectively.

The adhesion of α -Fe₂O₃ particles to PET fabric was well related with the interfacial electrical conditions; it was negatively correlated with the ζ potentials of α -Fe₂O₃ particles of its absolute value, the stability parameter and the maximum of total potential energy,

while, the adhesion was not related with the ζ potentials of PET fiber itself.

Therefore, the primary factor determining the adhesion of α -Fe₂O₃ particles to PET fabric may be the stability of dispersed particles caused by the electrical repulsion of particles.

The removal of α -Fe₂O₃ particles from PET fabric was not related to such interfacial electrical conditions as the ζ potentials of PET fiber, the stability parameter and the maximum of total potential energy but removal was related to ζ potential of α -Fe₂O₃ particles.

I. 서 론

일반적으로 세척용액에서 기질과 고흥입자는 이온화, 이온흡착, 이온용해 현상에 의해 표면전하가 생긴다¹⁾. 이에 따라 세척과정에서 오염입자의 섬유기질에의 부착과 제거거동이 계면전기적 요소에 의해 영향을 받으리라는 가정은 쉽게 성립된다. 따라서 계면전기적 요소로 고흥오염의 세척거동을 설명하려는 시도는 간간이 있어 왔다.

입자부착이 정전기적 상호작용과 관련이 있다는 가정은 세척계에서 오염제거를 ζ potential과 관련시켰다. 그러나 관련범위도 한정되고 관련성에 관한 이론적인 배경도 확실하지 않았다. Jacobasch등^{2,3)}은 오염입자의 부착은 섬유표면의 전기이중층과 분산력에 주로 영향을 받는다고 하였다. 이러한 제시는 세척과정에서 van der Waals력에 의한 인력과 전기이중층에 의한 반발력을 동시에 적용시키는 제기를 주게 되어 입자와 기질 사이의 거리함수로서 potential energy개념을 도입할 필요성이 생기게 되었다. 이에 따라 두 입자간의 자유에너지의 변화를 다루고 있는 소수성졸의 안정성이론(DLVO이론)을 적용하게 되었다. 그러나 세척계에 있어서 기질과 입자의 형태가 다르기 때문에 고전적인 DLVO이론을 그대로 적용하기에 많은 무리가 따르게 되어 수정, 보완된 여러가지 이론이 제시되었다.

이 이론들 중에서 평행무한 평판상의 상호작용 에너지를 kT단위로 취급하고 있는 Hogg⁴⁾식을 세척과정에 알맞게 변환시킨 Imamura⁵⁾의 구-평판(sphere-plate) 모델의 헤테로 응집이론이 세척연구에 광범위하게 사용되고 있다.

Imamura등^{6,7)}, Tamura등⁸⁾과 Fumoto⁹⁾는 오염입자의 기질에의 부착에 관한 현상을 헤테로 응집이론을 적용하여 계면전기적 측면에서 연구하였다. 이 연구들

은 직물의 종류, pH, 전해질의 종류에 따른 직물에서의 입자부착과 포텐셜 에너지와의 관계, 세척계 내의 DLVO이론과 헤테로 응집이론의 적용에 대한 비교검토였다.

Durham¹⁰⁾은 고흥입자의 입자크기와 농도, 전해질의 원자가는 세제액 내에서의 계면전기적 현상에 영향을 미치는 중요한 변수이기 때문에 계면전기현상과 세척효율의 상관성은 세척과정의 복잡성과 광범위한 고흥입자크기, 이온강도의 변화를 고려할 때 여러가지 문제점이 생길 수 있다고 하였다.

그러나 고흥오염의 세척거동을 계면전기적 측면에서 검토한 많은 연구들이 고흥입자의 형태와 크기의 불균일성을 무시하고 동일 크기의 구형으로 가정하였고 제거거동이 배제된 부착거동에만 역점을 두고 있어 완전한 세척거동을 파악하기에 미흡한 점이 많다.

그리하여 본 연구는 비교적 균일하고 구형에 가까운 α -Fe₂O₃를 제조하여 고흥입자로 사용하였으며 α -Fe₂O₃ 입자의 PET직물에서의 부착과 제거거동을 동시에 파악하고자 하였다.

전보¹¹⁾에서 이미 α -Fe₂O₃입자의 ζ potential은 현미경 전기영동법으로, PET섬유의 ζ potential은 유도전위법으로 측정하여 그것을 표면전위로 가정, 구-평판(sphere-plate)모델의 헤테로 응집이론을 적용하여 상호작용 에너지를 구한 결과를 보고하였다. 그리하여 본 연구에서는 전보와 같은 실험조건에서 α -Fe₂O₃입자의 PET직물에서의 부착량과 제거율을 검토하여, 계면전기적 요소들과 부착 및 제거거동을 서로 관련시켜 보았다.

II. 실 험

1. 시료 및 시약

1) 시료

전보¹¹⁾와 같다.

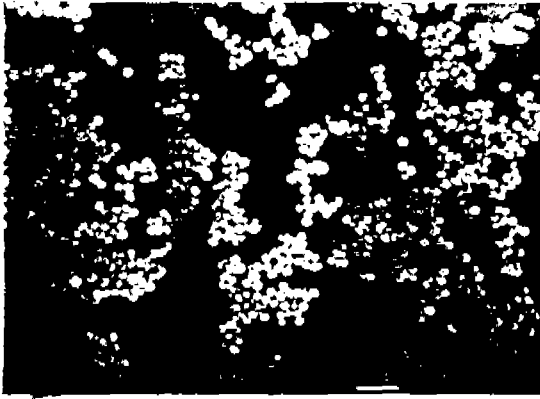


Fig. 1. Scanning electron micrograph of the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles to the PET fabric by shaking method.

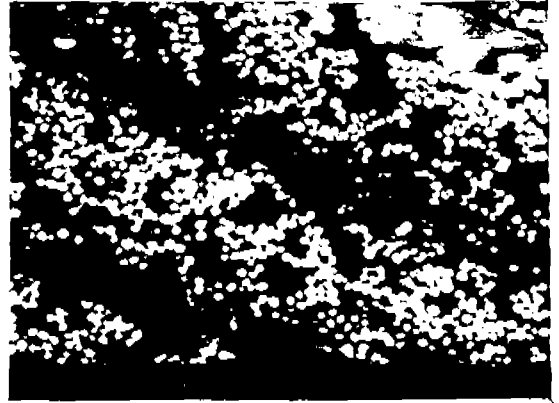


Fig. 2. Scanning electron micrograph of the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles to the PET fabric by spotting method.

2) 시약

시약은 1급 이상을 사용하였고 실험에 사용된 물은 증류수를 이온교환 수지로 탈이온화하여 사용하였다.

2. 실험방법

1) $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 제조

전보¹¹⁾와 같다.

2) SEM에 의한 형태 관찰

전보¹¹⁾와 같다.

3) PET직물에서의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착

0.01% $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 가 첨가된 250ml의 분산액을 25°C 항온 진탕기에서 10분간 예열한 후, 칭량된 5×5 cm PET직물 1매를 넣고 60cpm에서 10분 진탕, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자를 흡착시킨 후 200ml 증류수에 2회 헹구어 자연 건조하였다.

$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 부착량은 직물 1g에 부착된 양으로 환산하였다.

PET직물에 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 을 부착시킨 주사형 전자현미경 사진 Fig. 1에 의하면 PET섬유 기질의 지름은 150 μm 정도였으며 지름 0.5 μm $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자가 PET직물에 비교적 균일하게 부착되어 있었다.

그리고 PET섬유기질의 굵기가 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 크기에 비하여 훨씬 크기 때문에 기질을 평판으로 가정할 수 있다.

4) PET직물로부터 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 제거

$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자 0.0025 g을 함유한 0.2ml 분산액을 점적시켜 만든 오염포를 주사 전자현미경으로 형태 관찰한 결과는 Fig. 2와 같다.

이에 의하면 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자가 PET직물에 부착될 때 대부분 직물 표면에 비교적 균일하게 부착되어 있고 물속에서 진탕시켜 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자를 부착시킨 결과인 Fig. 1과 유사한 부착양상을 보여주고 있다.

상기 점적하여 만든 오염포를 Terg-O-Tometer를 사용하여 0.1% sodium dodecyl sulfate(SDS)가 첨가된 규정 용액 500ml에 5×5 cm 오염포 3매를 넣고 25°C, 40rpm에서 20분간 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자를 제거한 후 200ml 증류수로 3회 헹구어 자연건조하였으며 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 제거량은 제거율로서 계산하였다.

$$\text{제거율}(\%) = \frac{\text{제거량}}{\text{부착량}} \times 100$$

5) $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 정량

직물에 부착된 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 량은 6N HCl용액으로 용해추출하여 규정의 hydroxylamine hydrochloride로 환원, o-phenanthroline으로 발색시켜, UV-VIS spectrometer (Shimadzu model UV-240)로 510nm에서 흡광도를 측정하여 미리 작성한 검량선에 의하여 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 량을 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

1. $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET 직물에서의 부착과 제거

1) pH의 영향

NaCl로 이온강도를 1×10^{-3} 으로 일정하게 하고 NaOH 및 HCl용액으로 pH에 변화를 주어 25°C 항온진탕기로 10분간 60cpm에서 PET 직물에 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자를 부착시킨 부착량과 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자 용액을 점적시켜 만든 오염포를 같은 조건의 0.1% SDS 용액에서 Terg-O-Tometer를 사용하여 40rpm으로 세척하여 제거율을 나타낸 결과는 Fig. 3과 같다.

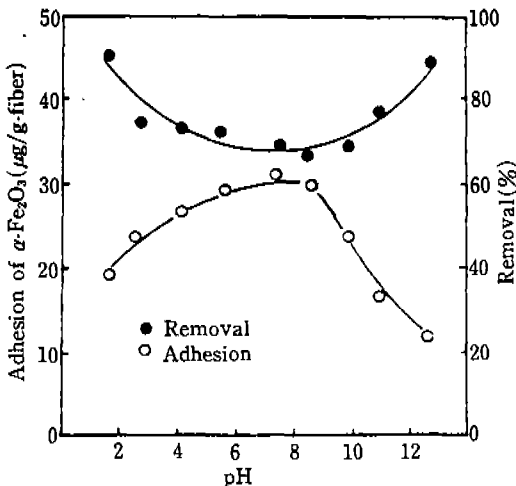


Fig. 3. Effects of pH on the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles to the PET fabric and the removal of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles from the PET fabric.

Ionic strength : 1×10^{-3}
 Electrolyte NaCl
 Temp. 25°C

PET 직물에서의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량은 pH가 증가함에 따라 증가하여 pH 7~8부근에서 최대 부착량을 보이다가 다시 pH증가에 따라 급속히 부착량이 감소하고 있다.

한편 PET 직물로부터 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 제거율은 pH가 증가할수록 줄어들지만 중성을 벗어나면 오히려 제거율은 커진다.

pH에 따른 PET 직물에서의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량과 제거율을 나타내는 곡선은 서로 반대로서 기울기에 약

간 차이를 보이고 있으나 세척효율의 측면에서는 같은 효과를 주고 있다.

2) 전해질의 영향

전해질의 종류에 따른 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET 직물에서의 부착과 제거효과를 고찰하기 위하여 음이온의 하전수가 다른 5종류의 전해질을 택하고 이온강도를 1×10^{-3} 으로 일정하게 하여 25°C에서 부착, 제거실험을 한 결과는 Fig. 4와 같다.

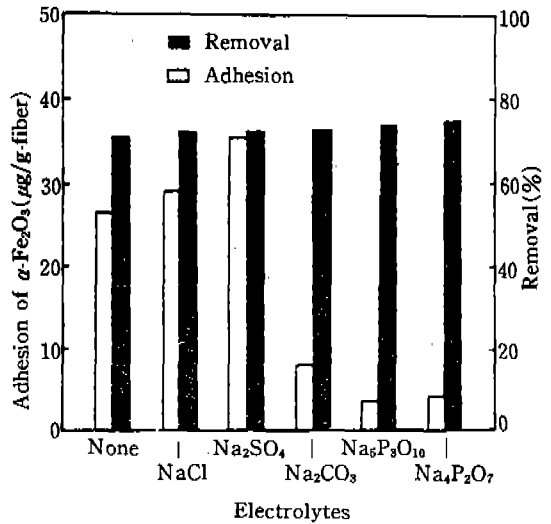


Fig. 4. Effects of electrolytes on the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles to the PET fabric and the removal of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles from the PET fabric.

Tonic strength : 1×10^{-3}
 Temp. 25°C

중성인 NaCl과 Na_2SO_4 가 첨가되면 전해질이 첨가되지 않았을 때보다 PET 직물에서의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량이 증가하는데 Na_2SO_4 경우 그 현상이 두드러졌다. 그러나 수용액에서 알칼리성이 높은 Na_2CO_3 와 수용액에서 다가음이온을 내고 있는 $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 가 첨가되면 전해질이 첨가되지 않았을 때보다 부착량이 감소하였다.

그러나 PET 직물에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자를 제거하는 경우, 용액의 pH와 전해질의 이온하전수가 기질에서의 입자 제거에 미치는 영향력이 크지 않다. 이러한 결과는 진공소제기 분진을 고형오염 모델로 사용한 연구에서 이온의 하전수가 고형오염의 탈락에 아무런 영향을 미치지 못한다는 강¹²⁾의 결과와 같다.

3) 이온강도의 영향

NaCl용액의 농도를 달리하여 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자와 PET 섬유와의 ζ potential을 측정할 수 있는 범위내에서 이온 강도에 변화를 주어 NaOH용액으로 pH를 7.7로 일정 하게 하여 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 부착과 제거를 고찰한 결과는 Fig. 5와 같다.

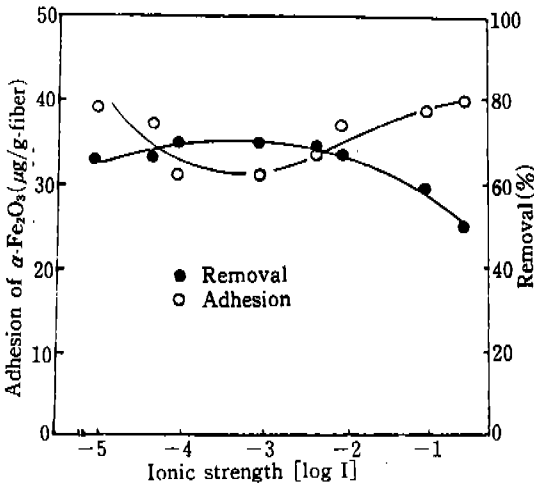


Fig. 5. Effects of ionic strength on the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles to the PET fabric and the removal of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles from the PET fabric.

pH : 7.7
Electrolyte NaCl
Temp. 25°C

이에 의하면 이온강도 1×10^{-3} 에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 최저부착량을 보이고 있으나 그보다 이온강도가 높거나 낮으면 완만하게 부착량이 증가하고 있다.

한편 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 제거상태를 보면, 이온강도가 증가하면 제거율은 약간 증가하여 이온강도 1×10^{-3} 에서 최대이지만 이온강도가 더 높아지면 제거율은 많이 낮아진다.

$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 부착과 제거에 미치는 이온강도의 효과는 세척효율의 측면에서는 같지만 이온강도가 낮은 경우, 세척효율에 기여하는 정도는 다르다. 계면활성제가 존재하는 제거과정에 있어 전해질이 소량이라도 첨가 되면 그 첨가효과가 크다. 이는 직물과 오염입자 표면에 계면활성제가 포화 흡착되지 못한 경우 전해질 첨가에 따라 계면활성제의 흡착량이 증가

되기 때문이다^{12,13}.

2. $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 부착과 제거에 미치는 계면전기적 영향

1) $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 ζ potential

$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 ζ potential과 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET 직물에서의 부착량과 제거율을 서로 관련시키기 위하여 pH, 전해질 종류, 이온강도에 따른 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 ζ potential과 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET 직물에서의 부착량과의 관계를 검토한 결과는 Fig. 6과 같고, 같은 조건에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 ζ potential과 PET직물로부터 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 제거율과의 관계를 검토한 결과는 Fig. 7과 같다.

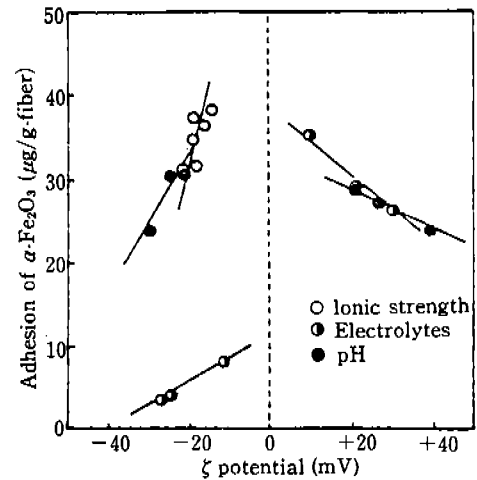


Fig. 6. The relationship between the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles to the PET fabric and ζ potential of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particle.

Fig. 6에 의하면 용액조건에 따라 상관정도는 차이가 있으나 일반적으로 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 ζ potential의 절대값이 클수록 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 부착량은 적었다.

이는 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 ζ potential의 절대값이 클수록 입자와 입자간의 전기이중층에 의한 반발 에너지가 커지기 때문에 입자의 분산이 안정되어 입자의 기질에서의 부착이 어렵게 되기 때문이라 생각된다.

특히 pH에 변화를 준 용액조건에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의

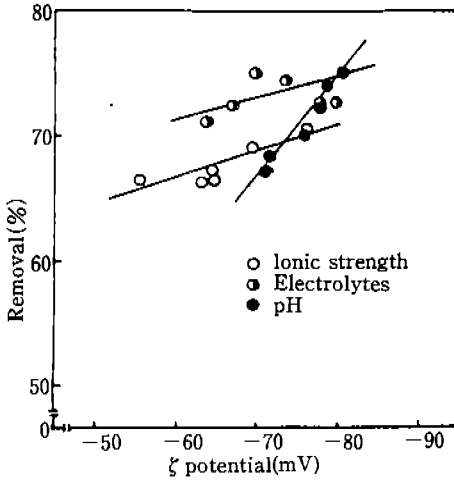


Fig. 7. The relationship between the removal of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles from the PET fabric and ζ potential of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particle.

ζ potential의 등전점 6.5부근과 인접한 pH 7~8부근에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 최대부착량을 나타냈는데 이는 pH 7~8부근에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 최대응집이 일어나기 때문이라 생각된다.

Matijevec¹⁴⁾는 light scattering방법으로 pH에 변화를 주어 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 안정성을 고찰한 결과 pH 1.5 또는 7부근에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 응집이 확연히 일어난다고 하였다.

Tamura¹⁵⁾는 입도분포 측정장치를 사용하여 pH에 따라 입자크기를 측정하고 결과 pH 7~8부근에서 산성 및 알칼리영역의 입자크기 보다 4~5배정도 크기를 가진다 하였으며 특히 pH 10.5이상에선 입자의 분산이 안정된다고 하였다.

$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 부착량이 PET섬유의 ζ potential의 부호 및 크기와는 무관하면서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 ζ potential과 높은 상관성이 있기 때문에 입자의 기질에서의 부착량을 결정하는 일차적 요인은 입자와 입자간의 반발력의 크기라고 생각할 수 있다.

Fig. 7에 나타난 결과는 0.1% SDS가 첨가되었기 때문에 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 ζ potential은 모두(-)값을 가진다. 그러나 부착량과 마찬가지로 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 ζ potential과 PET직물에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 제거율과도 좋은 상관성을 보여주고 있다.

용액의 조건에 관계없이 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 (-) ζ poten-

tial이 클수록 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자가 PET직물에서 잘 제거된다.

2) PET섬유의 ζ potential

pH, 전해질 종류, 이온 강도에 따른 PET섬유의 ζ potential과 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 부착량 및 제거율과의 상호관련성을 검토한 결과 Fig. 8, 9와 같다.

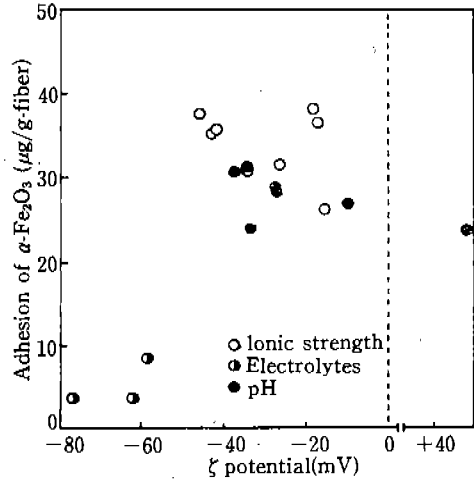


Fig. 8. The relationship between the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles to the PET fabric and ζ potential of PET fiber.

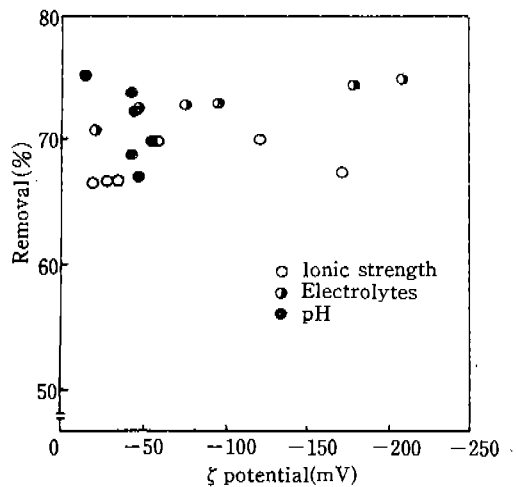


Fig. 9. The relationship between the removal of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles from the PET fabric and ζ potential of PET fiber.

Fig. 8에 의하면 PET섬유의 ζ potential의 변화폭이 큰 전해질 종류에 따른 경우를 제외하고는 PET섬유의 ζ potential과 α -Fe₂O₃입자의 PET직물에서의 부착량과의 상관성이 적었다.

그러나 전해질 중에서 PET섬유의 (-) ζ potential이 큰 경우 부착량이 아주 적은 데 이는(-) ζ potential을 가진 α -Fe₂O₃입자와의 전기이중층에 의한 반발 에너지가 커지기 때문이라 생각된다.

그러나 pH와 이온 강도를 변화시킨 용액에 있어서 PET섬유의 ζ potential의 값이 크게 차이가 없는 경우, α -Fe₂O₃입자의 PET직물에서의 부착에 대한 PET섬유의 ζ potential의 영향이 적은 것 같다.

한편 PET섬유의 ζ potential과 PET직물에서 α -Fe₂O₃입자의 제거율과의 상관도 낮아 전해질의 종류를 달리한 조건 이외는 상관성이 없었다.

3) 안정화정수

기질과 입자의 표면전위의 크기와 그 비율함수로써 Marshall¹⁶⁾에 의해 제시된 안정화정수(θ)를 헤테로 응집이론에 적용시킨 Imamura¹⁷⁾의 식(θ_H)은 (1)식과 같다.

$$\theta_H = \frac{\zeta_1 \zeta_2}{k A_{123}} \exp\left[-\frac{1}{5} \left(\frac{\zeta_2}{\zeta_1} - 1\right)\right] \dots\dots\dots(1)$$

단, $\frac{\zeta_2}{\zeta_1} > 1$

ζ_1, ζ_2 : 입자와 기질의 ζ potential

k : Debye-Hückel상수

A_{123} : 수중에서 입자와기질간의 Hamaker상수

(1)식에서 얻어진 안정화정수와 α -Fe₂O₃입자의 PET 직물에서의 부착량 및 제거율과의 관련성을 검토하여 Fig. 10, 11을 얻었다.

안정화정수와 α -Fe₂O₃입자의 PET직물에서의 부착량과의 상관성을 표시한 Fig. 10에 의하면 용액의 조건에 따라 차이는 있으나 안정화정수가 클수록 부착량은 줄어 안정화정수와 α -Fe₂O₃입자의 PET직물에서의 부착량과 상관성이 있었다.

한편 안정화정수와 α -Fe₂O₃입자의 PET직물로부터의 제거율과의 상관성을 나타낸 Fig. 11에 의하면 안정화정수와 제거율과의 상관성은 거의 없었다.

Imamura¹⁸⁾에 의하면 안정화정수가 1.5×10^{-2} 보다 작을 때 오염제거와 안정화정수와는 서로 정비례 관계에 있지만 안정화정수가 2×10^{-2} 보다 큰 경우 오염 제

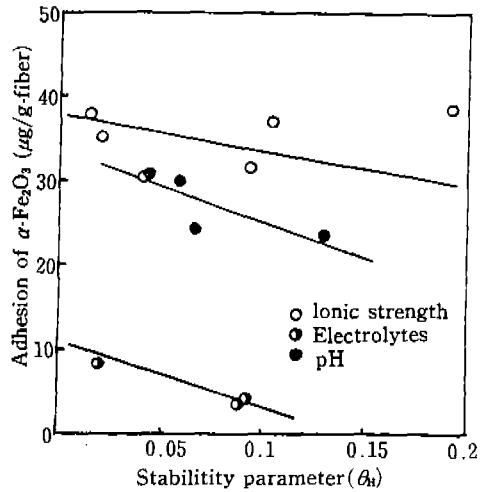


Fig. 10. The relationship between the adhesion of α -Fe₂O₃ particles to the PET fabric and the stability parameter (θ_H).

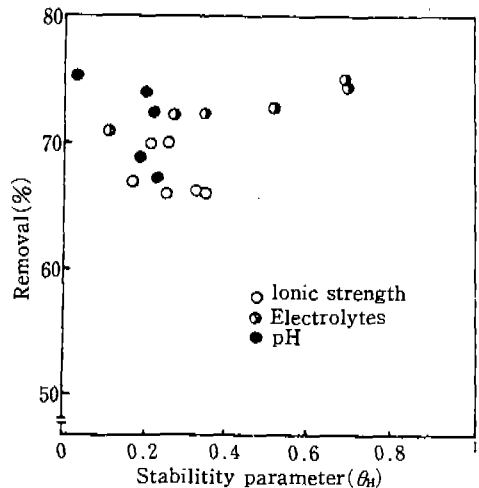


Fig. 11. The relationship between the removal of α -Fe₂O₃ particles from the PET fabric and the stability parameter (θ_H).

거율은 평형에 도달된다고 하였는데 본 연구는 안정화정수가 모든 경우 2×10^{-2} 보다 더 높았기 때문에 안정화정수와 α -Fe₂O₃입자의 PET직물에서의 제거율과의 상관성이 낮았다고 생각된다.

4) 최대 상호작용 에너지

최대 상호작용 에너지, VTmax와 α -Fe₂O₃입자의 PET직물에서의 부착량과 제거율의 상호 관련성을 검토

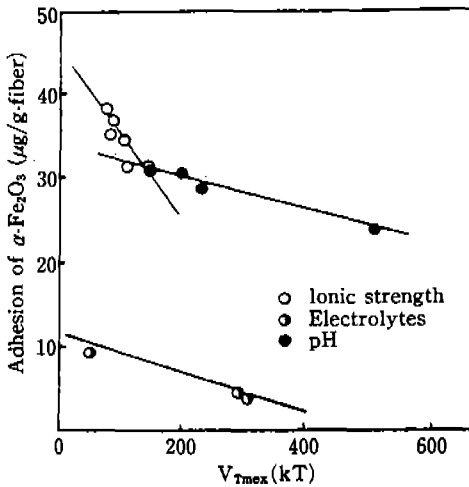


Fig. 12. The relationship between the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles to the PET fabric and maximum value of the total potential energy (V_{Tmax}) between $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particle and PET fabric.

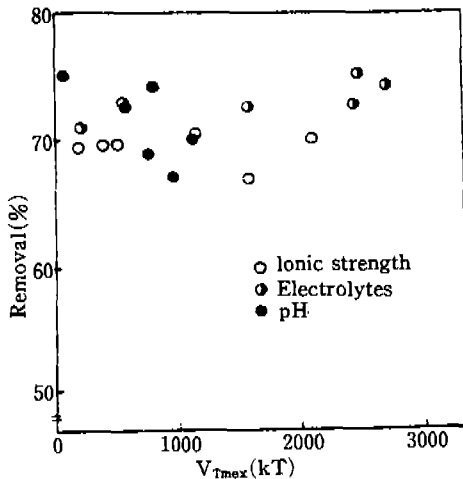


Fig. 13. The relationship between the removal of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles from the PET fabric and maximum value of the total potential energy (V_{Tmax}) between $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particle and PET fabric.

한 결과는 Fig. 12, 13과 같다.

분산된 입자의 열운동 에너지는 10kT 정도이기 때문에 V_{Tmax} 가 15kT보다 높은 경우, 일반적으로 안정된 분산을 이루게 되는데¹⁹⁾ 본 연구의 경우 모든 용액 조건에서 이 범위에 속해 있다.

Fig. 12에 의하면 용액 조건에 따라 약간의 차이는 있으나 최대 상호작용 에너지가 클수록 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 부착량은 줄어들어 최대 상호작용 에너지와 부착량과는 비교적 높은 상관성을 나타내고 있다.

그러나 최대 상호작용 에너지와 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물로부터 제거율과의 관계를 나타내는 Fig. 13에 의하면 안정화정수와 마찬가지로 최대 상호작용 에너지와 제거율과는 뚜렷한 상관성이 없었다.

한편 전해질 종류에 따른 영향도 최대 상호작용 에너지의 변화폭은 클지라도 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물로부터 제거율에는 영향이 없었다.

이렇게 전해질 종류에 관계없이 제거율이 일정한 것은 PET직물에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자를 제거시키기 위해서 외부에서 가한 물리적 힘이 뛰어넘어야 할 최대 상호작용 에너지에 비해 적었기 때문이다.

IV. 결 론

$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 부착과 제거거동을 계면전기적 측면에서 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 부착은 pH 7~8영역에서 용이한데 반하여 제거는 어려웠다. 수용액에서 알칼리성이고 다가음이온인 전해질의 경우 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 부착량은 적었으나 제거율은 전해질 종류에 따른 차이가 없었고, 이온강도가 1×10^{-3} 인 경우 최저부착량을 나타내고 제거율은 최대였다.

2) $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 ζ potential, 기질과 입자 간의 안정화정수 및 최대 상호작용 에너지 등의 계면 전기적 조건과 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 부착량은 좋은 상관성을 보여 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 ζ potential의 절대치가 크고, 안정화정수와 최대 상호작용 에너지가 증가할수록 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 부착량은 감소하였다.

그러나 PET섬유의 ζ potential과 PET직물에서의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량과는 상관성이 낮아서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET직물에서의 부착량을 결정하는 일차적 요인은 입자와 입자간의 반발력에 의한 입자분산의 안정성이라 할 수 있다.

3) $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 ζ potential과 PET직물로부터 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 제거율과는 좋은 상관성을 보여 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 (-) ζ potential이 증가할수록 제거율이 증가하지

만 PET섬유의 ζ potential, 기질과 입자간의 안정화정수 및 최대 상호작용 에너지등과 제거율과는 상관성이 낮았다.

참 고 문 헌

- 1) D.J. Shaw, "Introduction to Colloid and Surface Chemistry", Butter-worths p. 133 (1970)
- 2) H.J. Jacobasch, Physical-Chemical basis of Soiling and Adhesion Behavior of Fibrous Material, *Testilveredlung*, 5, 385 (1970)
- 3) W. Bobeth and H.J. Jacobasch, Zur Bedeutung der physikalisch-chemischen Oberflä chenparameter von Chemiefaserstoffen für deren Färbe, Veredlungs-und Gebrauchseigenschaften, *Melliand Textilber*, 55, 268 (1974)
- 4) R. Hogg, T.W. Healy, D.W. Ferstenau, Mutual Coagulation of Colloidal Dispersion, *Trans. Faraday Soc.*, 62, 1638 (1966)
- 5) T. Imamura and F. Tokiwa, The Effect on the Deposition of Ferric Oxide Particles onto Various Fabrics, *Nippon Kagaku Kaishi*, No. 4, 648 (1973)
- 6) T. Imamura and F. Tokiwa, Relations between Deposition of Ferric Oxide onto Various Fabrics and Their Potential Energies in Aqueous Solutions of Sodium Tripolyphosphate and Sodium Chloride, *Nippon Kagaku Kaishi*, No. 11, 2177 (1972)
- 7) T. Imamura and F. Tokiwa, The Effect of Various Electrolytes on the Deposition of Ferric Oxide Particles onto Various Fabrics, *Nippon Kagaku Kaishi*, No. 11, 2051 (1973)
- 8) C. Tamura, M. Sato and M. Minagawa, Studies on the Removal of Particulate Soil. I. Effect of pH on the Coagulation of Iron(III) Oxide and the Deposition onto Fabric, *J. Jpn. Oil. Chem. Soc.*, 33 (9), 618 (1984)
- 9) Fumoto, Interfacial Electrical Investigation of the Particle Deposition onto Fabrics in an Aqueous Soap Solution, *Jpn. Res. Assn. Text. End-Uses*, 24(3), 33 (1983)
- 10) K. Durham, Proc. 2nd, Int. Cong. of Surface Actively IV, p. 60 (1957)
- 11) 강인숙, 김성련, Polyester직물에의 Hematite입자의 부착과 제거에 관한 계면전기적 고찰(제1보) -기질과 입자간의 상호작용에너지-, *한국의류학회지*, 17(3), 380 (1993)
- 12) 강인숙, 김성련, 진공청소기 분진율 모델로 한 고품 오염의 세척성에 관한 연구, *한국의류학회지*, 13(3), 286 (1989)
- 13) W.G. Cutler and R.C. Davis, "Detergency Theory and Test Methods", Part II, *Surfactant Science Series*, Vol. 5, Dekker p. 96 (1975)
- 14) E. Matijevic, R.J. Kuo, and Henryk Kolny Stability and Deposition Phenomena of Monodispersed Hematite Sols, *J. of Colloid and Interface Science*, 80, 94 (1981)
- 15) C. Tamura, M. Sato and M. Minagawa, Studies on the Removal of Particulate Soil. II. Effect of Water Hardness on the Coagulation of Iron(III) Oxide and the Deposition onto Fabric, *J. Jpn. Oil. Chem. Soc.*, 35(7), 538 (1986)
- 16) J.K. Marshall, J.A. Kitchener, Deposition of Colloidal Particles on Smooth Soilds, *J. Colloid Interface, Sci.*, 22, 342 (1966)
- 17) T. Imamura and F. Tokiwa, Consideration of Interfacial Electrical Conditions of Soil-Deposition onto Fabrics, *Nippon Kagaku Kaishi*, No. 3, 406 (1974)
- 18) T. Imamura and F. Tokiwa, The Comparision of Interfacial Electrical Effects on the Detergency Calculated from the DLVO Theory with Those from Heterocoagulation Theory, *Nippon Kagaku Kaishi*, No. 6, 869 (1976)
- 19) M.J. Rosen, "Surfactants and Interfacial Phenomena", A Wiley-Interscience Pub. p. 256 (1978)