

〈研究論文(學術)〉

**유성오구의 부착과 제거에 있어서 폴리에스테르
직물의 표면특성 변화 (I)
- 발수발유 가공포의 반복세척 효과 -**

이정숙 · 하회정

경상대학교 자연과학대학 생활과학부
(1999년 10월 26일 접수)

**Changes of Surface Characteristics of Polyester Fabrics
on the Deposition and the Removal of Oily Soils (I)
- The Effect of Wash Cycles on the Water- and Oil-repellent
Finished Fabrics in Detergency -**

Jeong Sook Lee and Hee Jeong Ha

Division of Human Ecology, College of Natural Sciences, Gyeongsang National University
(Received October 26, 1999)

Abstract—This study was carried out to investigate the changes of surface characteristics of polyester fabrics on the deposition and the removal of oily soils from polyester fabrics in detergency. The relations between the removal of soil and the changes of surface properties of polyester fabrics treated with water- and oil-repellent agents were discussed before and after various wash cycles. Two kinds of fluoropolymers were selected as water- and oil-repellent finishing agents. The effects of water- and oil-repellent finishes were determined by the water repellency and oil repellency. The surface properties of untreated and treated polyester fabrics were evaluated with respect to contact angle and wicking time.

The treatment of polyester fabrics with fluoropolymers improved efficiently water repellency, oil repellency, contact angle and wicking time. But those properties were greatly decreased after 3 times of wash cycles in detergency. The deposition of oily soils on the untreated fabrics was drastically increased with increasing of wash cycles. The deposition and the removal of oily soils from fabrics treated with fluoropolymer having hydrophobic components were very low after various wash cycles. The deposition and the removal of oily soils on the fabrics treated with fluoropolymer having hydrophilic components were high comparatively after various wash cycles.

Even though the surface properties of treated fabrics were greatly decreased with the increasing of wash cycles, the remains of oily soils on the fabrics were lower than those of untreated fabrics in various wash cycles. But the remains of soils were drastically increased after 10 times of wash cycles in any cases.

1. 서 론

의복에 부착되어 있는 오구(汚垢)의 대부분을 차지하고 있는 유성 오구는 세척과정에서 완전히 제거되지 않고 세액중의 고형 오구를 부착하여 재오염을 증가시키며, 세척후에 직물에 남아 백색직물의 황변을 초래하기도 한다¹²⁾. 특히, 유성 오구 중에서도 극성 오구는 제거가 용이한 반면, 비극성 오구의 제거는 쉽지 않아서 잔존율이 높다^{3,4)}. 또한 부착되어 있는 오구는 오구의 특성 뿐만 아니라 섬유유리, 화학적 성질에 따라서도 그 제거율이 달라진다⁵⁻⁷⁾. 이러한 오구의 부착을 감소시킬 수 있는 가장 효과적인 오염 방지의 방법으로 섬유 표면의 에너지를 낮추어 줄 수 있도록 섬유를 화학적인 개질 또는 가공처리하는 것을 들 수 있다⁸⁾.

특히, 폴리에스테르 섬유는 기계적 성질 및 열적 성질 등이 우수하여 의류용 소재로 널리 사용되고 있지만 소수성 섬유이므로 유성 오구가 쉽게 부착되어 세척시 유성 오구의 제거가 어려우므로 많은 문제가 야기되고 있다. 또한 최근의 의류 고급화 추세에 부응하기 위해 의류직물의 방오성을 향상시키기 위한 발수발유 가공의 중요성이 높아지고 있다⁹⁾.

발수발유 가공법의 개발에 있어 기초적 이론이 된 Zisman 등¹⁰⁾의 고체 표면의 젖음에 관한 기초연구를 살펴보면 표면 에너지가 낮은 표면일수록 젖기 힘들고 발유성도 크다는 것이 알려져, 발수·발유성의 양 성능을 겸비한 화합물로 유기 플루오르화합물이 주목되어 실용화되기에 이르렀다¹¹⁾.

플루오르계 가공제의 효과는 가공제의 구조, 가공제의 배향도, 섬유에 부착되는 플루오르계 가공제의 분포 형태와 양 그리고 직물의 구조 등에 따라 달라진다¹²⁾. 이러한 가공제의 발수발유 메카니즘은 긴 측쇄인 $(CF_2-CF_2)_nCF_3$ 기가 처리면과 수직으로 배열하여 입체적인 구조를 취하여 단분자층으로서 섬유의 표면에 접촉되어 직물 표면에 보다 낮은 표면장력을 부여하는 것이다^{13,14)}.

한편, Smith 와 Sherman¹⁵⁾은 발수발유 가공은 ① 섬유 표면을 얇은 필름으로 코팅함으로써 표면의 불균일성을 감소시켜야 되고, ② 직물에 유성

오구가 퍼지지 못하도록 표면에너지를 낮추어야 하며, ③ 섬유의 친수성을 증가시켜야 한다고 하였다. 여기서 섬유 표면에너지를 낮춘다는 것과 친수성을 증가시킨다는 것은 서로 상반되는 것이나, 가공제 분자구조 내에 친수성 성분과 낮은 표면에너지를 갖는 플루오르 세그먼트를 동시에 갖도록 공중합체를 만들면 가능하게 된다는 보고가 있다¹⁶⁾.

또한 세척은 동적인 과정이라 말할 수 있는데, 여기에는 ① 물 또는 세척액이 오구와 섬유 사이의 계면에 확산해 들어가는 유도기간(induction period), ② 주로 rolling-up 메커니즘에 의한 섬유로부터의 오구의 분리, ③ 오구가 제거되는 마지막 단계의 세 단계로 세척이 이루어진다. 여기서 유도기간은 대부분 짧으나, 옷이 소수성이거나 교반이 심하지 않을 경우에는 몇 시간 동안으로 길어질 수도 있다. 여기서 발수발유제는 이러한 유도기간을 짧게 할 수가 있고, 세척이 일어나는 마지막 단계에서 섬유에 남아있는 오구의 양을 줄일 수가 있다. 또한 섬유내 오구/섬유 계면으로 물의 확산을 촉진시켜 주는 역할을 한다. 일단 계면과 섬유 표면이 수화되게 되면 유성 오구는 분리되게 된다. 만일 섬유 표면이 발수발유제로 코팅되어 있으면, 오구 아래에 있는 발수발유제를 통하여 물이 확산해 들어갈 수 있어 유성 오구가 분리된다. 물의 확산속도는 발수발유제가 팽윤되는 능력에 좌우되기 때문에 발수발유제의 친수성, 화학구조, 가교도, 세탁온도 등에 의존하게 된다¹²⁾.

지금까지 저자 등¹⁷⁾은 발수발유제로서 가장 널리 사용되고 있는 플루오르계 화합물의 결정화도와 가공제의 공중합 성분으로 분자구조내 함유된 친수·친유성 성분의 구성에 따라 폴리에스테르 직물의 표면 특성이 크게 변화된 것을 검토한 바 있다. 또한 이러한 표면 에너지의 변화는 유성오구의 부착 및 제거에 현저한 영향을 미친 것으로 나타났다¹⁸⁾.

그런데 일반적으로 의류용 직물은 1회성으로 끝나는 것이 아니고 대부분 오구의 부착과 제거가 반복되는 반복 세척을 행하고 있는 데 비하여, 반복세척에 의한 가공포의 물성 변화 및 효율성에 관한 연구는 매우 드문 실정이다. 지금까지의 세척 연구들은 주로 1회의 세척 후 잔존되어 있는

오구의 양으로 평가해온 것이 대부분이므로 반복 세척을 하는 동안 가공제가 탈락되어 가공포의 효율성이 저하됨으로써 비롯되는 오구의 잔존량 변화 등에 관련된 구체적인 연구가 필요하다고 생각된다.

또한 세척 후 남아있는 오구의 성분 및 잔존량은 그 다음의 오구의 부착 및 제거에 있어서 직접·간접적으로 영향을 미칠 것이라고 판단된다. 그리고 세척 시험기의 기계적 작용은 발수발유제로 코팅된 얇은 막을 손상시킬 가능성이 크다. 더 나아가 이미 앞에서 언급한 바 있듯이 발수발유제의 친수성과 소수성의 균형은 세액 속에서 유성 오구의 제거와 공기 중에서의 유성오구의 부착 시에는 상반되는 경향을 띌 수 있는데, 이에 대한 검토도 여러 측면에서 필요하다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 분자구조가 서로 다른 플루오르계 고분자 화합물로 폴리에스테르 직물을 가공처리하여 피지의 성분과 유사한 인공 유성 오구로 오염시킨 다음, 유성오구의 제거 및 부착에 있어서 폴리에스테르 직물의 표면 물성 변화가 어떤 영향을 미치는지 규명하기 위하여, 1회에서 10회에 걸쳐 반복세척하는 동안 유성 오구의 제거율 및 잔존량을 검토하고, 발수도와 발유도, 접촉각, 습윤시간 측정 및 주사전자현미경에 의한 표면 관찰 등을 통하여 전반적인 표면 물성 변화와 오구의 세척성을 관련지어 검토하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1 시약 및 시험포

발수발유 가공제로는 약양이온계 플루오르계 고분자 화합물 2종 A와 B(상품명: TG-410H와 TG-990, Daikin Co. Ltd., 일본)를 사용하였다. 세척용 계면활성제로는 α -olefin sulfonate (R: C₁₄₋₁₈, AOS, 애경산업주식회사)를 사용하였다. 카본블랙(carbon black)은 일본 유화학회 규정품을 사용하였으며, triolein을 비롯한 기타 모든 시약은 시약 일급을 사용하였다.

시험포는 한국의류시험 검사소에서 제작한 섬유류 제품의 염색견뢰도 시험용 첨부백포 (KS K 0905)를 사용하였으며 그 특성은 Table 1과 같다. 시험포는 아염소산 나트륨(NaClO₂) 2g/l, 포름산

(HCOOH) 2g/l, 질산(HNO₃) 2g/l 용액에 액비 30:1로 60 °C에서 60 분간 처리하고, 암모니아수로 중화한 후 증류수로 충분히 씻어 자연 건조하였다.

Table 1. Characteristics of fabric used

Material	Polyester 100%
Weave	Plain
Yarn No. (d)	
warp	75
weft	75
Fabric counts (ends×picks/5 cm)	210×191
Weight (g/m ²)	75.58
Thickness (mm)	0.19

2.2 가공 방법

가공방법은 pad-dry-cure법으로 처리하였다. 즉, 500 ml 처리액에 20×20 cm 직물을 1 dip-1 nip 패더(padder)로 패딩(padding)하였으며 pick-up율이 65%가 되도록 하였다. 이때 발수도와 발유도가 높게 나타난 조건을 고려하여¹⁷⁾ 가공처리 온도는 25 °C로 하였으며, 가공제의 농도는 A(TG-410H)의 경우는 2.0%, B(TG-990)의 경우는 4.0%로 하였고, 가공처리한 후 100 °C에서 2분간 건조하고, 160 °C에서 1분간 열처리하였다.

2.3 발수도 측정

직물의 발수도는 KS K 0590에 준하여 spray 방법으로 측정하였다.

2.4 발유도 측정

직물의 발유도는 AATCC Test 법 118-1983에 의하여 측정하였다.

2.5 접촉각 측정

Face Contact Angle Meter (Model CA-DT-A, Kyowa Kaimenkagaku Co., Ltd.)를 이용하여 3차 증류수를 측정용 액체로 사용하여 마이크로 주사기로 시험포의 표면에 약 3μl의 액적을 형성시킨 다음, 각 시험포에 대해 5회씩 측정하여 그 평균값을 접촉각으로 사용하였다.

2.6 습윤시간 측정

직물시료위에 일정량의 증류수(3 μl)를 주사기를 사용하여 접촉시킨 후, 섬유내로 완전히 스며들어 접촉각이 0이 될 때까지의 시간을 접촉각 측정기로 관찰하여 측정하였다. 각각 10 회 측정하여 평균시간을 구하였다.

2.7 주사전자현미경(SEM) 관찰

가공전후 및 세척전후의 폴리에스테르 직물의 오구의 오염도와 부착상태를 비교하기 위하여 주사형 전자현미경 JSM-6400 (Jeol Co., Ltd.)을 사용하여 해당 시험포(0.5×0.5 cm)를 carbon tape으로 지지대에 고정시키고, 금(Au)을 150 초 동안 증착하여 가속전압 10 kV로 직물의 오염상태를 관찰하였다.

2.8 오구포의 제조

2.8.1 오구액의 제조

지용성오구는 천연오구와 유사한 조성¹⁹⁾으로 Table 2와 같이 만들어 사용하였다. 이때 오구액을 가온하며 용해시켜 잘 섞이도록 하였다.

Table 2. Composition of mixed oily soils

Components		Weight(g)
Carbon black		0.5
Oily soils	tristearin	23%
	triolein	23%
	stearic acid	15%
	oleic acid	15%
	squalene	8%
	hexadecanol	8%
	cholesterol	8%
Carbon tetrachloride		800

2.8.2 오구포의 제작

시험포를 20×20 cm로 잘라서 오구액에 1 장씩 침지시켜 15 초마다 뒤집으면서 1 분간 균일하게 오염시켜서 자연 건조한 다음, 오구포를 가압 수증기 (120 °C)하에서 20 분간 열처리하여 제조하였다.

이와 같이 만든 오구포는 데시케이터에 넣어 1~5 °C의 냉장고에서 보존 후 세척실험에 사용하였다. 반복세척의 경우에는 세척포를 건조한 다음 다시 오염시키기-열처리-세척-건조의 과정을 반복하여 실험하였다.

2.9 세척 방법

2.9.1 세척 방법

세척은 Tergot-O-Meter (Model TM-4, Daiei Trading Co., Ltd)를 사용하여 한 개의 세척 비이커에 세액 600 ml와 오구포(20×20 cm) 1 매를 넣고 40 °C의 온도에서 100 rpm으로 20 분간 세척한 후에 증류수로 2 분씩 2 회 행구고 자연 건조하였다.

2.9.2 세척률 평가

색차계(Model TC-8600, Tokyo Denshoku Co., Ltd.)의 Y-filter를 사용하여 원포와 세척전후 시험포의 표면반사율을 측정하고 Kubelka-Munk 식에 따른 K/S 값으로 환산하여 다음 식에 따라 세척률(D)을 계산하였다.

$$D(\%) = \frac{(K/S)_s - (K/S)_w}{(K/S)_s - (K/S)_o} \times 100$$

$$K/S = (1-R)^2 / 2R$$

where, R : surface reflectance

(K/S)_o : K/S value of untreated fabric

(K/S)_s : K/S value of soiled fabric

(K/S)_w : K/S value of soiled fabric after washing

3. 결과 및 고찰

3.1 반복세척이 발수도에 미친 영향

Fig. 1은 반복세척에 따른 발수발유 가공처리 직물의 발수도를 나타낸 것이다.

Fig. 1을 보면 발수발유 가공처리를 하지 않은 폴리에스테르 직물의 발수도는 0이었지만 가공처리에 의해서 플루오르화합물이 폴리에스테르 직물의 표면에 부착되어 얇은 피막을 형성함으로써 가공제에 의해 처리된 직물은 모두 발수성이 크게 향상되어 가공제 A와 가공제 B로 처리된 후 직물

의 발수 등급은 90 및 50 으로 각각 나타났다. 특히 가공제 A로 처리된 직물의 발수도는 매우 높게 나타났다.

실험에 사용된 가공제 A와 B는 fluoroalkylacrylate(FAC), alkylacrylate (AAc)와 vinylchloride(VCl) 등의 공중합체로서, X선회절 분석에서 각각 주된 peak가 2개, 1개로 나타났고, 이들 peak는 주로 발수발유성을 부여하는 플루오르탄소쇄에서 비롯된 것으로서 전반적인 peak의 모양으로 볼 때 결정성은 그다지 높지 않은 것으로 나타났다. 가공제 A는 공중합체 분자 구조내에 소수성 성분이 있음으로써 발수도가 크게 증진되었으나, 가공제 B는 발수발유성을 부여하는 FAC이외에도 발오성(soil release)을 부여하기 위한 친수성 성분(ethylene oxide: EO)을 갖고 있어서 발수도가 낮게 나타난 것으로 생각된다¹⁷⁾. 일반적으로 수분의 확산은 섬유 표면 특성, 즉 표면에너지에 따라 크게 변화한다^{20,21)}. 가공제 A는 분자구조상 가공제 B에 비하여 소수성이 크므로, 가공제 A로 처리된 직물은 가공제 B로 처리된 직물에 비하여 표면에너지가 낮아짐으로써 물이 쉽게 섬유 표면에 확산하기 어려우므로 발수성이 높게 나타난 것으로 추정된다. 이와같이 가공제에 따라 발수도가 차이가 나타난 것은 가공제의 구조, 가공제의 결정화도에 의해서 직물표면의 특성이 다르게 변화하였기 때문이다. 본 실험에 사용된 2 가지 가공제의 경우, 플루오르 쇠에서 기인된 낮은 표면장력과 분자 구조 내 공중합된 소수성 혹은 친수성 성분이 크게 영향을 미친 것으로 생각되고, 분자의 결정화도는 상대적으로 다소 차이가 보였으나, 대체로 비슷하여서 2 가지 가공제 사이의 물성에 큰 영향을 미치지 않았던 것으로 추정된다¹⁷⁾.

가공 후 세척 전에는 플루오르 가공제에 의한 직물 표면에너지의 저하로 폴리에스테르 직물의 발수도가 크게 향상되었지만, 반복 세척(세척-오염-세척-오염의 반복)에 의하여 어느 경우에도 발수도는 현저하게 감소되었다. 즉, 3회 세척 후에 발수도는 두 경우 모두 50으로 크게 저하되었으며 10회 세척 후에는 미처리포와 같아졌다. 가공제 A로 처리된 직물은 반복세척에 의하여 현저하게 발수도가 감소되었다. 이 경우 반복 세척에 의하여 크게 영향을 받았다. 한편, 가공제 B로 처리된 포

의 경우 5회까지는 처음과 같이 발수도가 50을 유지하였으나, 10회 세척 후에는 미처리포와 같아졌다. 이는 세척과정에서 기계적 힘, 계면활성제, 세액 온도 등의 영향으로 말미암아 폴리에스테르 직물 표면에 얇은 코팅막을 형성하여 부착되어 있던 가공제의 탈락이 생기거나 가공효과가 떨어진 것으로 추정된다.

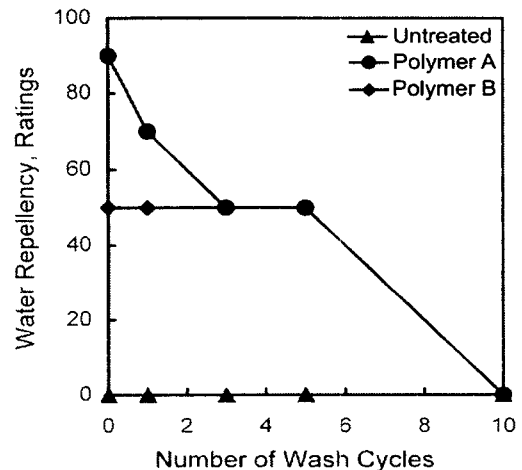


Fig. 1 Water repellency of polyester fabrics treated with finishing agents after various wash cycles.

3.2 반복세척이 발유도에 미친 영향

Fig. 2는 반복세척에 따른 발수발유 가공처리 직물의 발유도를 나타낸 것이다.

Fig. 2를 보면 미처리 직물의 발유등급은 0으로 나타났고, 가공제 A로 처리된 직물의 발유등급은 5로 비교적 높게 나타났으며 가공제 B로 처리된 직물의 발유등급은 4로 나타났다.

발수발유 가공처리를 하지 않은 직물과 비교하면, 모두 가공처리에 의해 발유성이 크게 향상되었다. 미처리 폴리에스테르 직물이 발유성이 없는 것은 발유도를 평가하는 등급 1의 Nujol oil의 표면장력(31.45 dynes/cm)이 폴리에스테르 직물의 임계 표면장력(43 dynes/cm) 보다 낮기 때문이다¹¹⁾. 그러나 발수발유 가공처리시 코팅된 플루오르계 발수발유 가공제가 폴리에스테르 직물의 표면장력을 크게 낮추어 주었기 때문에 가공처리된

직물의 발유성이 크게 향상된 것을 알 수 있다. 일반적으로 가공제의 결정화도가 높을 수록 발유성이 좋게 나는데 가공제 B로 처리된 직물의 발유도가 가공제 A에 비하여 다소 낮게 나타난 것은 가공제 B는 가공제 A와는 달리 분자구조내 친수성 성분이 있음으로써 가공 처리된 직물의 표면에너지를 크게 증가시켰기 때문이다.

한편, 반복세척에 의하여 가공 처리포의 발유도는 세척 횟수에 따라 점진적으로 감소하였다. 즉, 가공제 A로 처리된 가공포의 경우, 3회 세척후에는 발유도가 3으로 감소되었고, 5회 세척후에는 발유도가 2로 저하되었다. 가공제 B로 처리된 가공포의 경우에도 5회 세척후에는 발유도가 2로 저하되었다. 이러한 현상은 앞에서 발수도를 고찰했던 경우와 같이 반복세척에 의한 기계적 마찰 등으로 얇은 코팅 막이 파손되어 가공효과가 떨어졌기 때문이다.

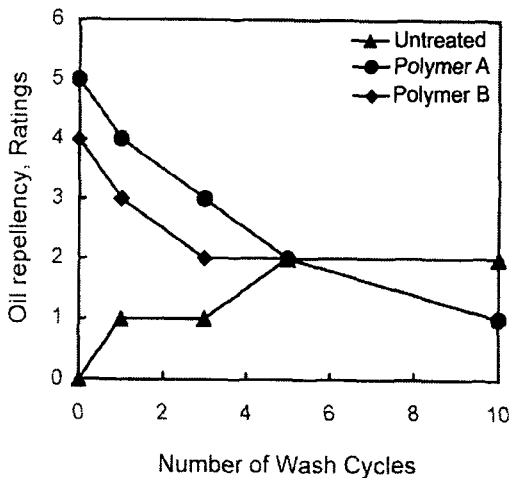


Fig. 2 Oil repellency of polyester fabrics treated with finishing agents after various wash cycles.

단, 발유도의 경우, 매우 특기할 사항은 미처리포의 경우 반복 세척에 의하여 오히려 발유도가 조금씩 증가된 현상인데 이것은 세척 후 잔존된 유성 오구가 축적됨에 따라 카본블랙의 잔존량이 증가되면서 직물표면의 에너지가 감소된 까닭이라고 생각된다. 따라서 발유도의 경우 5회 세척 후에는 미처리포나 가공포의 발유도가 같게 나타

났다.

3.3 반복세척 후 접촉각의 변화

Fig. 3은 세척시 중요한 역할을 하는 폴리에스테르 직물의 또 다른 표면 특성 변화를 살펴보기 위하여 가공처리된 직물과 미처리 직물의 반복세척에 따른 접촉각 변화를 나타낸 것이다.

Fig. 3에서 세척하기 전에 접촉각의 크기는 가공제 A로 처리된 직물(131.2°) > 가공제 B로 처리된 직물(101.6°) > 미처리 직물(86.8°)의 순으로 높게 나타났다.

이 결과는 가공처리에 의해서 기본적으로 플루오르탄소계 화합물이 폴리에스테르 표면에 흡착되어 얇은 피막을 형성함으로써 섬유 표면장력을 크게 낮추고 물의 확산을 어렵게 하여 접촉각이 크게 향상되었음을 알 수 있다. 또한 실험결과 가공제 A로 처리된 직물의 경우에서 접촉각이 더 높게 나타났으므로 가공제의 플루오르탄소쇄 이외에도 분자내 포함된 친수성 성분 및 소수성 성분의 영향이 크게 미친 것을 알 수 있다.

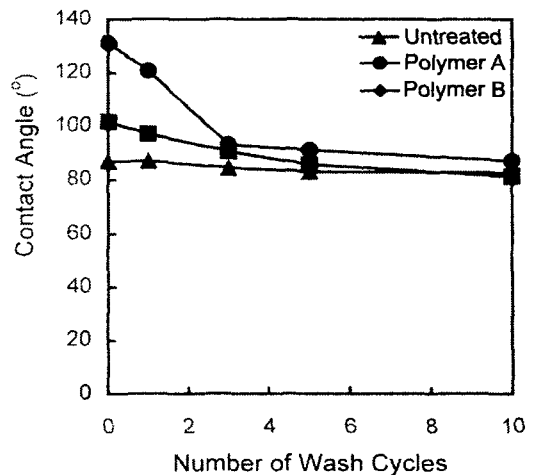


Fig. 3 Contact angle on polyester fabrics treated with finishing agents after various wash cycles.

한편, 반복세척에 의하여 가공포의 접촉각은 모두 감소하였으며, 특히, 가공제 A로 처리된 직물의 경우에는 3회 세척 후 현저하게 감소되었고,

가공제 B로 처리된 직물의 경우에는 점진적으로 감소되어 10회 세척 후에는 미처리포와 거의 같아졌다.

접촉각이 증가하면 일반적으로 직물에 대한 유성 오구의 부착이 어려워지고 부착된 유성 오구는 쉽게 rolling-up 되어 직물에서 제거가 잘 되므로 이러한 접촉각의 변화는 세척시 매우 중요한 영향을 미칠 것으로 생각된다.

3.4 반복세척 후 습윤시간의 변화

발수발유 가공처리에 의해 폴리에스테르 직물의 표면 특성을 알아보기 위해 습윤시간을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다.

Fig. 4를 보면 습윤 시간은 가공제 A로 처리된 직물 > 가공제 B로 처리된 직물 > 미처리 직물 순으로 높게 나타났다.

특히 가공제 A로 가공 처리된 직물은 다른 직물에 비해 습윤 시간이 현저하게 길게 나타났는데, 이것은 가공제 A에는 주사슬에 플루오르탄소 이외에도 소수성 성분이 붙어 있으므로 가공된 직물내로 물의 확산 및 습윤이 어렵기 때문에 습윤 시간이 가장 높게 나타났다고 생각된다. 가공제 B로 처리된 직물은 가공제에 플루오르 탄소 성분이 있음에도 불구하고 습윤 시간이 미처리 직물에 비하여 별로 증가하지 않은 것은 가공제의 주사슬에 붙어 있는 친수성 성분의 영향이라고 볼 수 있다. 이러한 현상은 친수성 섬유는 모세관 현상에 의해 물이 내부로 쉽게 스며들기 때문에 습윤 시간이 짧고, 소수성이 큰 직물은 습윤되기가 어렵기 때문이다²²⁾. 그렇지만 Fig. 4의 결과에서 보듯이 적절한 가공제의 사용은 섬유의 표면 특성을 효율적으로 변화시킬 수 있다.

반복세척에 의하여 가공제 A로 처리된 직물의 경우 3회 세척후에는 가공포의 습윤시간이 매우 현저하게 감소되었으며 그 이후에는 점진적으로 감소되어 10회 세척 후에는 미처리포와 같아졌다. 이러한 현상은 앞에서 고찰한 접촉각의 경우와 같은 경향이라고 할 수 있다. 미처리포와 가공제 B로 처리된 직물은 대체로 크게 차이는 없었으며 세척횟수가 증가함에 따라 습윤시간이 다소 감소하였다.

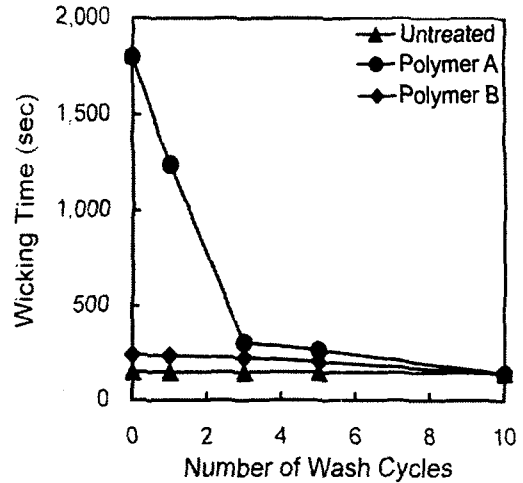


Fig. 4 Wicking time for polyester fabrics treated with finishing agents after various wash cycles.

3.5 유성 오구의 제거율과 잔존 오구량

지금까지 고찰하였던 폴리에스테르 직물의 표면 물성 변화를 기초로 하여 Fig. 5는 발수발유 가공처리 직물에서 반복세척에 따른 유성 오구의 제거율을 나타내었고, Fig. 6에서는 반복세척 후의 잔존된 오구량에 의한 표면반사율 변화를 K/S 값으로 나타내었다.

Fig. 5를 보면 세척횟수가 증가할수록 3가지 시험포의 경우 모두에서 유성 오구의 제거율이 현저하게 저하됨을 알 수 있다. 가공제 A 즉, 소수성 성분이 분자구조에 있는 가공제로 가공된 시험포는 미처리포에 비하여 오구의 부착량이 대단히 적은 반면에 오구 제거율이 가장 낮게 나타났다. 이것은 공기중에서는 낮은 표면 에너지로 인하여 직물에 오구의 부착이 어렵지만, 물속에서는 공기중과는 달리 계면 자유에너지의 증가로 인하여 오구의 제거가 잘 안되기 때문이다. 또한, 이 경우 반복 세척의 횟수가 증가할수록 제거율이 감소하고 있지만 미처리 직물과 가공제 B로 처리된 직물에 비해 비교적 완만한 저하율을 보이고 있다. 가공제 B 즉, 친수성 성분이 있는 가공제로 가공된 시험포는 직물의 표면 에너지 증가로 오구의 부착량이 많은 반면, 1회 세척 후에는 매우 우수한 제거

율을 나타내었다. 이러한 현상은 세척하는 동안 물속에서는 공기 증과는 달리 가공제에 포함된 친수성 성분으로 인한 극성의 증가로 유성오구의 제거가 용이하여졌기 때문이다. 그러나 3회, 5회 세척 후에는 크게 저하되었다. 이것은 반복 세척에 의해 앞에서 살펴보았듯이 가공제 효율이 감소됨에 따라 제거 효율이 두드러지게 감소되었기 때문이라고 볼 수 있다.

또한, 앞에서 살펴본 가공처리에 의한 접촉각의 증가 및 반복세척에 의한 접촉각 감소는 오구의 제거에도 그대로 반영되고 있어서 초기 세척의 경우에는 높은 접촉각이 오구의 제거 효율을 높였다고 생각된다.

1회 세척 후에는 가공제 B로 처리된 직물 > 미처리 직물 > 가공제 A로 처리된 직물 순으로 유성 오구의 제거율이 높았지만, 3회 세척 후에는 가공제 B로 처리된 직물 > 가공제 A로 처리된 직물 > 미처리 직물 순으로 유성 오구의 제거율이 높게 나타났고, 5회 세척 후에는 가공제 A로 처리된 직물 > 미처리 직물 > 가공제 B로 처리된 직물 순으로 유성 오구의 제거율이 높게 나타났고, 10회 세척 후에는 가공제 A로 처리된 직물과 미처리 직물의 오구제거율은 거의 같아졌으며 가공제 B로 처리된 직물의 경우가 다소 낮게 나타났지만 대체로 비슷하여졌다.

유성 오구의 제거율만 검토한다면 3회 세척까지는 가공제 B로 처리된 직물의 경우에서 오구의 제거율이 가장 높았고, 가공제 A로 처리된 직물의 경우는 그보다 못하였으나 5회 세척 후에는 오히려 가공제 B 보다 가공제 A로 처리된 직물에서 유성 오구의 제거율이 높게 나타났다. 그러나 이러한 제거율은 세척 전 후의 비례값으로 산출된 계산치이므로 오구의 총 부착량에 대해서는 정보를 주지 못하므로, Fig. 6에 이에 대한 보완을 하였다.

Fig. 6을 보면 반복 세척에 따른 각 시험포의 K/S 값의 변화를 나타내었으므로 각 단계에 잔존된 오구의 양을 알 수 있다. 즉, 세척횟수가 증가함에 따라 K/S 값이 증가된 것을 알 수 있으며, 3가지 모두 비슷한 양상을 보이고 있는데 미처리포의 K/S 값이 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 가공제 B로 처리된 포, 가공제 A로 처리된 포의 순서로 나타났다. 특히, 1회 세탁에서 10회

세탁에 이르기까지 미처리포에 비하여 가공포에서 유성오구의 잔존량이 적은 것을 알 수 있고, 특히, 가공제 A로 처리된 직물의 경우가 가장 효율성이 높은 것을 알 수 있다. 가공제 B로 처리된 직물의 경우에는 유성 오구의 제거율이 Fig. 5에서 초기에 높게 나타났지만, 오구가 많이 부착되기 때문에 잔존 오구의 양은 크게 나타났다고 생각된다. 10회 세척 후의 표면 물성을 보면 가공제 A로 처리된 직물의 경우에 미처리 직물과 거의 비슷하여 졌으나 유성 오구의 잔존량으로 본다면, 미처리 직물이나 가공제 B로 처리된 직물의 경우에 비하여 상당히 효율적임을 알 수 있다. 가공제 B로 처리된 직물의 경우에는 세척 효율면에서 높게 나타났더라도 오구의 잔존량으로 본다면 가공제 A로 처리된 직물의 경우에 비하여 1회 세척시에만 효율적이었고, 3회 세척부터는 가공 효과가 저하됨에 따라 오구의 잔존량이 더욱 많았으며, 10회 세척 후에는 미처리 직물의 경우와 오구의 잔존량이 거의 비슷하여졌다.

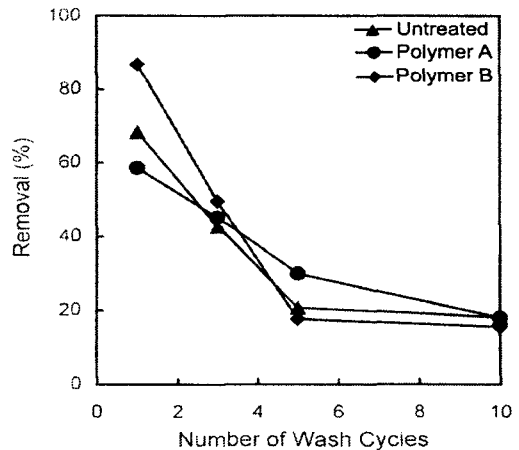


Fig. 5 Removal of oily soils from polyester fabrics treated with finishing agents after various wash cycles.

Fig. 5와 Fig. 6을 종합하여 보면 가공제 A로 처리된 직물의 경우에는 3~5회 세척 후에는 오구의 부착에 있어서 가공제의 효율성이 크게 감소되어 부착량이 많아짐으로써 오구의 잔존량이 증가하는 것으로 나타났다. 가공제 B로 처리된 직물의

경우에는 초기 세척 후에는 오구의 부착량이 많아도 제거율이 현저하게 높아서 효율적이었으나, 반복 세척에 의하여 역시 오구의 제거 효율이 저하됨으로써 잔존량이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 따라서, 어느 경우에도 가공제의 내구성을 향상시킬 필요성이 매우 크다고 생각되지만, 오구의 부착이나 잔존량 측면에서는 가공제 B형 보다는 가공제 A형이 다수의 반복세척에서 효율적이라고 판단된다.

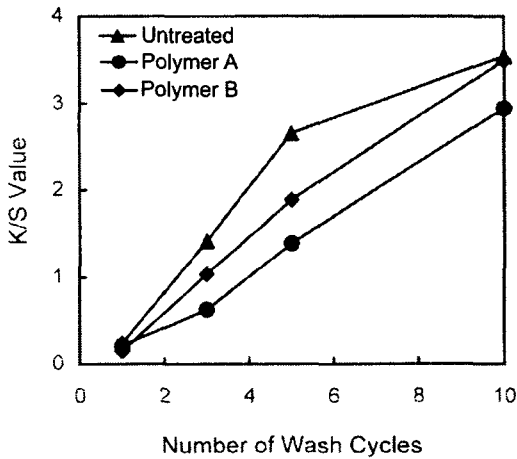


Fig. 6 K/S value of polyester fabrics treated with finishing agents after various wash cycles.

3.6 반복 세척 전후의 직물의 오염도

위에서 살펴본 바와 같이 폴리에스테르 직물을 발수발유 가공하여 표면 물성을 변화시키고 유성 오구포를 제조한 다음, 세척 전과 반복세척을 각 단계별로 실험한 후에 시험포의 표면 상태를 전자현미경으로 관찰하여 직물의 오염도와 잔존 상태를 알아보고자 하였다.

Fig. 7은 미처리포를 대상으로 실험한 결과인데 세척전에는 오구가 표면에 균일하게 많이 부착되어 있고, 세척 횟수가 증가할수록 오구의 잔존량이 현저하게 증가되어 5회, 10회 후에는 상당량의 오구가 폴리에스테르 직물에 부착되어 있음을 알 수 있다.

Fig. 8은 가공제 A 처리포를 대상으로 실험한

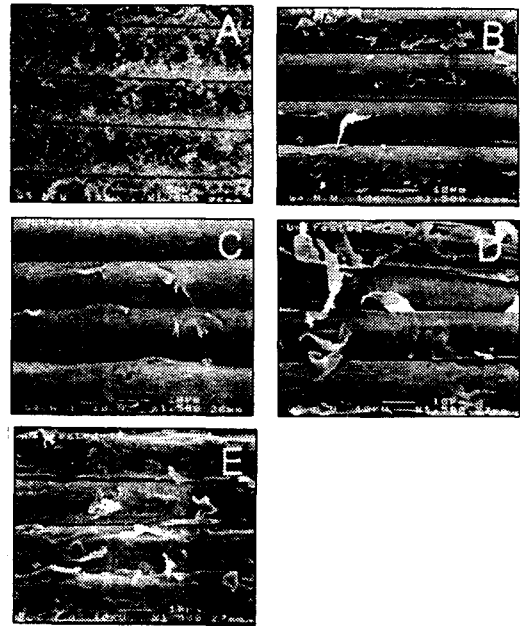


Fig. 7 Scanning electron micrographs of untreated polyester fabrics before washing and after various wash cycles. A : before washing, B : 1 time, C : 3 times D : 5 times, E : 10 times.

결과인데 세척전에는 미처리포에 비하여 오구의 부착량이 훨씬 적다. 또한, 1회 세척후에는 매우 적은 량의 오구를 보임으로써 가공 효과가 뚜렷하게 잘 나타나고 있다. 그러나 이 경우에도 반복 세척 횟수가 증가할수록 오구의 잔존량이 증가된 것을 관찰할 수 있지만 미처리포와 비교하면 가공처리 효과가 대체로 크게 나타났다.

Fig. 9는 가공제 B 처리포를 대상으로 실험한 결과인데 세척전에는 미처리포에 비하여 오구의 부착량이 감소되었으나, 가공제 A 처리포에 비교하면 상대적으로 오구가 많이 부착되어 있다. 이것은 가공제에 포함된 친수성 성분으로 인한 결과라고 생각된다. 세척시 오구의 제거율이 현저하게 증가되었지만, 가공제 A 처리포에 비하여 전반적으로 오구의 잔존량이 많았다. 특히, 10회 세척 후에는 오구의 잔존량이 현저하게 증가되어 미처리포와 거의 흡사하게 나타나고 있어서 Fig. 6의 결과를 다시 지지하고 있다. 또한, 이 가공포

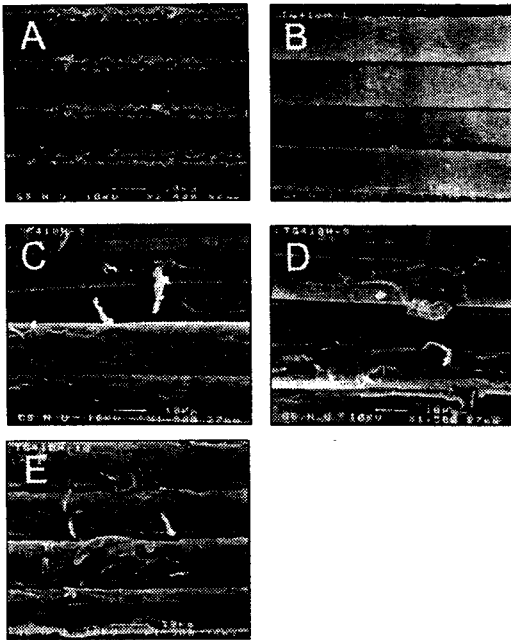


Fig. 8 Scanning electron micrographs of polyester fabrics treated with polymer A before washing and after various wash cycles.
A: before washing, **B:** 1 time, **C:** 3 times
D: 5 times, **E:** 10 times

는 가공제 A 처리포보다 많은 오구의 부착량을 나타내고 있다. 이러한 결과는 앞에서 살펴보았듯이 미처리 직물은 발수성과 발유성이 거의 없고 가공제 B로 처리된 직물은 발수성과 발유성이 우수하지 못한 반면에 가공제 A로 처리된 직물은 우수한 발수성과 발유성을 가지고 있기 때문인 것으로 추정된다.

이와 같이 가공제의 특성에 따라 섬유 표면 에너지가 변화됨으로써 세척전·후의 직물의 오염도가 크게 변화되었음을 관찰할 수 있었다. 또한, 어느 경우에도 세척이 반복됨에 따라서 기계적 작용과 세척작용에 의하여 섬유 표면에 얇게 코팅된 가공제 피막이 손상되어 가공제 효과가 현저하게 감소되었다. 특히, 반복세척에 의한 발수도, 발유도, 습윤시간, 접촉각 등의 성능저하는 세척시 오구의 제거율과 밀접하게 관련되어 세척 효율을 크게 낮추고 이에 따른 오구의 잔존량도 현저하게 증가시킨 것을 확인할 수 있었다. 그러

나, 이경우에도 직물에 누적되어 잔존된 오구의 양은 미처리포에 비하여 크게 낮아졌으며, 오구의 부착이나 잔존량 측면에서 가공제 B형 보다는 가공제 A형이 다수의 반복세척에서 효율적임이 다시 확인되었다.

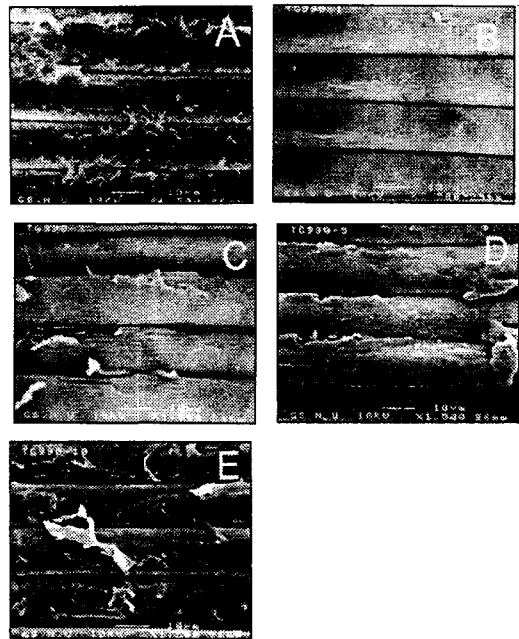


Fig. 9 Scanning electron micrographs of polyester fabrics treated with polymer B before washing and after various wash cycles.
A: before washing, **B:** 1 time, **C:** 3 times
D: 5 times, **E:** 10 times

4. 결 론

본 연구에서는 분자구조가 서로 다른 플루오르계 고분자 화합물로 폴리에스테르 직물을 가공처리하여 피지의 성분과 유사한 인공 유성 오구로 오염시킨 다음, 유성오구의 제거 및 부착에 있어서 폴리에스테르 직물의 표면 물성 변화가 어떤 영향을 미치는지 규명하기 위하여, 1회에서 10회에 걸쳐 반복세척하는 동안 발수도와 발유도, 습윤시간 및 접촉각 등을 측정하고, 유성 오구의 제거율과 잔존량을 검토하였으며, SEM에 의한 가공포의 표면 관찰 등을 통하여 변화된 표면 물성과

오구의 세척성을 관련지어 검토하였다. 실험한 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 분자 구조내에 상대적으로 소수성 성분이 공중합된 가공제 A로 처리된 직물의 경우는 미처리포에 비하여 오구의 부착량이 현저하게 감소되었으나 상대적으로 오구제거율은 매우 낮게 나타났다. 또한 반복 세척에 의하여 오구의 부착량이 크게 증가하였다. 발수도는 3회 세척 후 현저하게 감소되었으며 10회 세척 후에는 미처리포와 같아졌다. 발수도는 세척 횟수의 증가에 따라 점진적으로 감소되었다. 접촉각은 가공 직후에는 미처리포에 비하여 크게 증가하였으나 3~5회 세척 후에는 현저하게 감소하였다. 습윤시간도 역시 초기에는 현저하게 길었지만 3회 세척 후 크게 감소하였다. 따라서 이 가공제의 경우 3~5회 세척 후에는 오구의 부착에 있어서 가공제의 효율성이 크게 감소되어 부착량이 많아짐으로써 오구의 잔존량이 증가하는 것으로 나타났다.
2. 분자 구조내에 상대적으로 친수성 성분이 공중합된 가공제 B로 처리된 직물의 경우는 가공제 A로 처리된 직물과 비교할 때 직물의 표면 에너지의 증대로 인하여 오구의 부착량이 많은 반면에 1회 세척 후에는 매우 우수한 세척률을 나타내었지만 3회 세척 이후에는 세척률이 크게 저하되었다. 발수도는 5회 반복세척까지는 별다른 차이를 보이지 않았지만 10회 세척 후에는 미처리포와 같아졌으며 발수도는 점진적으로 감소하였다. 습윤시간과 접촉각은 전반적으로 미처리포 보다 다소 컸지만 5회 세척 후에는 미처리포와 비슷하여졌다. 이 가공제의 경우 초기 세척 후에는 오구의 부착량이 많아도 제거량이 현저하게 커서 효율적이었으나, 반복 세척에 의하여 역시 오구의 제거 효율이 저하됨으로써 잔존량이 크게 증가하는 것으로 나타났다.
3. 반복세척에 의하여 가공포는 표면물성의 효과가 현저하게 저하된 경우에도 직물에 누적되어 잔존된 오구의 양은 미처리포에 비하여 크게 낮아졌으며, 오구의 부착이나 잔존량 측면에서 가공제 B형 보다는 가공제 A형이 다

수의 반복세척에서 효율적으로 나타났다.

감사의 말씀

본 연구는 한국과학재단의 핵심전문연구(981-1108-042-1)지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. W. C. Powe and W. L. Marple, *J. Amer. Oil Chem.*, **37**, 136(1960).
2. W. G. Cutler and R. C. Davis, "Surfactant Science Series, Vol. 5, Detergency-Theory and Test Method", Marcel Dekker Inc., p. 40(1972).
3. B. E. Gorden, J. Roddewig, and W. T. Shebe, *J. Amer. Oil Chem.*, **44**, 289(1967).
4. M. A. Huisman and M. A. Morris, *Textile Res. J.*, **41**, 657(1971).
5. C. B. Brown, S. H. Thompson, and G. Stewart, *Textile Res. J.*, **38**, 735(1968)
6. 藤井富美子, 福本律子, 奥山春彦, *家政學雜誌(日)*, **32**(7), 12(1981).
7. 정혜원, S. K. Obendorf, *한국의류학회지*, **16**, 65(1992).
8. B. R. Porter, C. L. Peacock, V. W. Tripp, and M. L. Rollins, *Textile Res. J.*, **27**(11), 833(1957).
9. 이성애, "거품을 이용한 발수발유 가공", 충남대학교 석사학위 논문, (1992).
10. H. W. Fox and W. A. Zisman, *J. of Colloid Sci.*, **5**, 514(1950)
11. 이정민 외, "섬유가공학", 형설출판사, p.314-317(1998).
12. 장병호 외. "섬유가공학". 형설출판사, p.361-388(1996).
13. 鎌田哲雄. *染色工業(日)*, **35**(12), 588(1987).
14. E. G. Shafrin and W. A. Zisman, *J. of Physical Chemistry*. **64**, 519(1960).
15. S. Smith and P. O. Sherman, *Textile Res. J.*, **39**, 441(1969).
16. P. O. Sherman, S. Smith, and Johannessen,

- Textile Res. J.*, **39**, 449(1969).
17. 하희정, 이정숙, *대한가정학회지*, **35**(3), 275 (1997).
 18. 이정숙, 하희정, *대한가정학회지*, **35**(4), 257 (1997).
 19. M. A. Morrison and H. H. Prato, *Textile Res. J.*, **52**, 280(1983).
 20. P. R. Harnett and P. N. A. Metha, *Textile Res. J.*, **51**(7), 471(1984).
 21. R. J. Harper, J. S. Bruno, E. J. Blanchard, and G. A. Gautreaux, *Textile Res. J.*, **46**(2), 82(1976).
 22. 김성동, 송강호, *한국의류학회지*, **7**(1), 23 (1995).