

포도당 환원제와 PdCl₂ 촉매를 사용한 무전해 은도금 PET 직물의 제조

김수미 · 송화순[†]

숙명여자대학교 의류학과

Preparation of Electromagnetic Wave Shielding Fabrics by Electroless Silver Plating using PdCl₂ and Dextrose

Su Mi Kim · Wha Soon Song[†]

Dept. of Clothing & Textiles, Sookmyung Women's University
(2007. 7. 12. 접수)

Abstract

The purpose of this study is to propose the development of high quality electromagnetic wave shielding fabrics. Silver nitrate is used for polyester fabric as an electromagnetic wave shielding material. The effects of activators and electroless silver plating condition on the evenness and adhesion of silver to fabrics, are observed through the SEM micrographs. Surface morphology and wash-ability are measured using SEM. The results are as follows: The optimum weight loss by alkaline hydrolysis of polyester fabrics is about 20%. The optimum concentration of SnCl₂ and PdCl₂ in catalyst reaction using PdCl₂ as an activator is 2.5g/L and 0.5g/L, respectively. The optimum concentration of dextrose to improve adhesion between the silver plating and fabrics is 45g/L. The optimum concentration of silver nitrate in the catalyst reaction, using PdCl₂ as an activator is 56 g/L, respectively. The optimum plating temperature and time are 15°C and 30minutes, respectively.

Key words: Electromagnetic wave, Electroless silver plating, Dextrose; 전자파, 무전해 은도금, 포도당

I. 서 론

최근 전자 기술이 빠른 속도로 발전하여 전자, 통신기기가 소형화, 고속화되면서 그 사용이 급격히 늘어나고 있다.

전자파가 인체에 미치는 영향에 대한 연구는 1980년 초부터이며, 연구결과에 의하면 세포증식이 빠른 혈구, 생식기, 림프 등과 같은 조직에 영향을 미치며, 특히 아동들에게 더 해로운 것으로 보고(정동혁, 2003)되

었다. 전자파로 인해 나타나는 증세(김영호 외, 2004)는 나른함, 불면증, 신경과민, 두통, 숙면에 관여하는 멜라토닌 호르몬의 감소, 맥박의 감소 등이 보고되었고, 전자파는 유해성이 알려지면서 제4의 공해라 불리고 있다. 따라서 전자파로부터 인체를 보호하기 위한 노력과 전자파에 대한 규제가 시행되고 있다.

또한 전자파 차폐기술과 차폐성능 평가기술의 개발에 관한 연구는 산업 및 학계에서 중요성을 인식하고 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(㈜메디텍스, 2001; ㈜엘지화학, 2003; 허진, 이재호, 2000). 그 중, 섬유산업에 적용 가능성이 높은 전자파 차폐방법 중 하나인 무전해 도금법에 대한 연구가 활발하다.

섬유의 무전해 도금법(장시성, 김남일, 1999; ㈜제일

[†]Corresponding author

E-mail: doccubi@sm.ac.kr

본 연구는 숙명여자대학교 2006년도 교내 연구비의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

합섬, 1994)은 비금속인 섬유 표면에 금속을 부착시키기 위해 섬유 표면에 촉매 처리를 하여 금속과 촉매의 반응으로 섬유상에 금속이 부착되는 방법으로써, 처리 조건에 따라 도금 층의 두께를 조절할 수 있으며, 섬유상에 균일한 금속피막을 형성시켜 우수한 전자파 차폐성능을 부여할 수 있다.

따라서 본 연구는 폴리에스터 직물에 무전해 도금 방법을 활용하여 고부가가치의 전자파 차폐소재를 개발하고자 한다. 이에 내산화성이 우수하고 표준 전극 준위가 높아 환원석출하기 쉬운 은을 차폐재로 선정하였다. 또한 섬유와 금속과의 밀착력을 향상시키기 위하여 폴리에스터 표면에 전 처리로 알칼리 처리를 하여 에칭을 형성시킨 후, 촉매로 SnCl₂와 PdCl₂을 사용하고, 환원제로 포도당을 사용하여 무전해 도금하였다. 또한 무전해 은도금한 처리포는 금속과 섬유와의 밀착력을 확인하기 위하여 세탁내구성을 비교함으로써, 새로운 고부가가치 소재를 개발을 위한 기초 자료를 제시하고자 한다.

II. 실험

1. 시료 및 시약

시료는 시판 폴리에스터 100% 직물을 정련하여 사용하였으며, 시료의 특성은 <Table 1>에 나타내었다.

시약으로는 sodium hydroxide, benzyl dimethyl dodecyl ammonium chloride(이하 BDMDAC), acetic acid, Tin(II) chloride dihydrate, palladium chloride, hydrochloric acid, silver nitrate, ammonium hydroxide, dextrose anhydrous, tartaric acid, ethyl alcohol, Lead(II)

nitrate를 사용하였다.

시약은 모두 1급 이상을 사용하였고, 세탁에 사용된 세제는 KS M 2704에 준한 가루 세탁비누를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 수산화나트륨 수용액을 이용한 폴리에스터의 알칼리 처리

폴리에스터 직물에 대한 도금 피막의 밀착성을 높이기 위하여 수산화나트륨 수용액을 이용하여 알칼리 처리를 하였다.

알칼리 처리는 4% 수산화나트륨 수용액에 BDMDAC를 첨가하여 액비 1:50으로 90°C에서 10분간 처리한 후, 아세트산으로 중화하였다. 중화가 끝난 시료는 미반응 알칼리를 제거하기 위하여 80°C에서 10분간 소핑하였다.

2) 촉매화 처리

촉매 처리의 과정은 민감화, 활성화, 가속화 3단계로 실시하였고, 민감화와 활성화는 밀착력에 있어 우수하다고 보고된 바 있는 2욕법(Honma & Kanemitsu, 1987)을 사용하였다.

민감화는 염화주석(II)과 염산(7m/L)의 혼합액을 사용하였으며, 활성화는 염화팔라듐과 염산(2m/L)의 혼합액을 사용하여 각각의 농도를 변화시켜, 액비 50:1, 30°C에서 30분간 행하였다.

가속화(Accelerating)는 활성화 처리 후, 섬유 표면에 주석(Sn⁴⁺)이 잔류하면 금속 피막이 거칠게 되므로 섬유 표면에 잔류하는 주석을 제거하기 위한 공정

Table 1. Characteristics of fabric

Fabric	Yarn count (denier)	Fabric count (yarns/5cm)	Weight (g/m ²)	Thickness (mm)
Polyester 100%	75.6×77.4	230×170	70.2	0.19

Table 2. Condition of catalyst treatment

step	catalyst	concentration(g/L)	temp.(°C)	time(min)	Bath ratio(o.w.f.)
sensitizing	SnCl ₂	2.5, 5.0, 7.5, 10.0	30	30	50:1
activating	PdCl ₂	0.05, 0.1, 0.3, 0.5			
accelerating	NaOH	50		15	

*Rinsing with distilled water and dried between each step.

으로, 수산화나트륨 50g/L의 수용액에서 액비 50:1, 30°C에서 15분간 처리하였다.

이상의 촉매 처리 조건은 <Table 2>에 나타내었다.

3) 무전해 은도금

무전해 도금 처리는 은액과 환원액을 1:1로 혼합하여 사용하였으며, shaking incubator(Jeotech SI-600R, Korea)를 이용하여 처리하였다.

은액은 액비 1:25(o.w.f.)로 질산은(58g/L)을 용해한 후, 소량의 암모니아수를 첨가하여 만든 액에, 액비 1:25로 수산화나트륨(42g/L)을 용해시킨 액을 혼합하여 제조하였다. 환원액은 액비 1:50으로 포도당(45g/L), 주석산(4g/L)을 순차적으로 용해시켜 10분간 끓인 후, 상온으로 식혀 알코올(100m/L)을 첨가하여 제조하였다.

무전해 도금이 끝난 시료는 초음파 세척기(Ultrasonic, Josun Science Machine Co.)를 사용하여 40°C에서 60분간 수세 후, 자연 건조하였다.

4) 세탁내구성 평가

무전해 은도금 직물의 세탁내구성은 세탁 전·후의 표면 형태 변화를 주사전자현미경(SEM, Jeol JSM-5410, Jeol. Co. Japan)으로 측정하여 비교·관찰함으로써, 도금 피막의 내구성을 확인하였다.

세탁은 Terg-O-meter(Asia-912, Asia(株))를 사용하여 액비 100:1, 온도 40°C, 세제 농도 0.5%, 교반 속

도 40r.p.m.에서 30분간 행하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 알칼리 처리에 의한 에칭 형성이 무전해 은도금에 미치는 영향

무전해 도금시 에칭 처리는 도금액에 대한 폴리에스터 직물의 젖음성 향상과 같고리 효과(anchor)에 필수적인 공정으로 감량률 정도에 따른 에칭 형성은 섬유와 금속의 밀착력에 영향을 미친다. 섬유 표면의 에칭 부족은 도금의 불균일성과 밀착력에 악영향을 주기 때문에 과도한 에칭은 피도금물의 물성을 저하시키기 때문이다(양승봉, 2000; 장시성, 김남일, 1996).

<Fig. 1>은 폴리에스터 직물의 알칼리 처리시 감량률에 따른 표면 형태를 SEM으로 관찰한 결과로, 감량률이 증가할수록 섬유 표면의 크레이터 생성 및 크기가 증가하였다. 감량률 10%의 경우 크레이터는 섬유 표면에 균일하게 형성되지 않았으나, 감량률 20%의 경우 섬유 표면에 크레이터가 균일하게 형성되었고, 감량률 30% 이상에서는 크레이터가 넓어지고 깊어짐을 확인하였다.

<Fig. 2>는 도금 후 세탁 전·후의 감량률에 따른 표면 형태를 SEM으로 관찰한 결과이다.

<Fig. 2>에 나타난 바와 같이 세탁 전, 표면 형태는 감량률 20%인 경우, 섬유 표면의 은 피막이 고르게

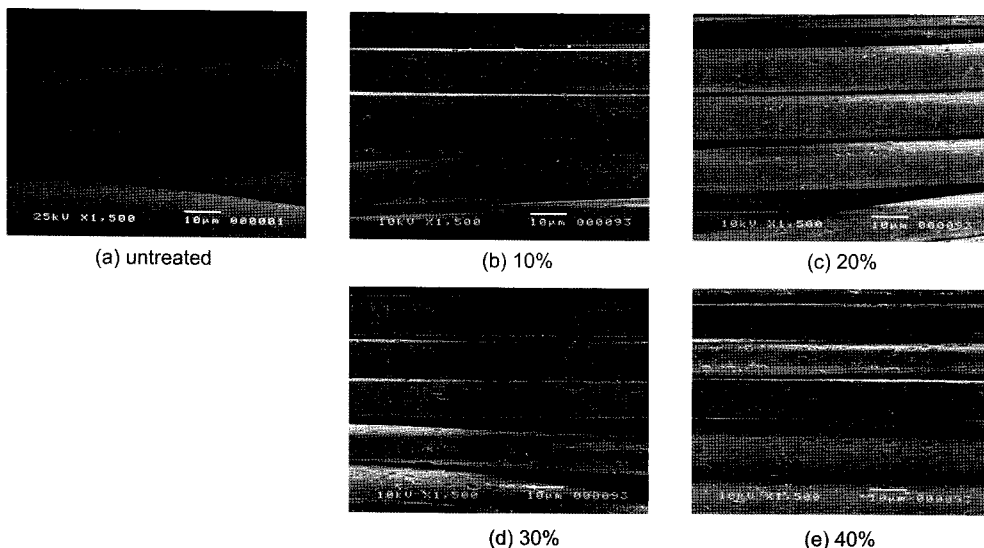
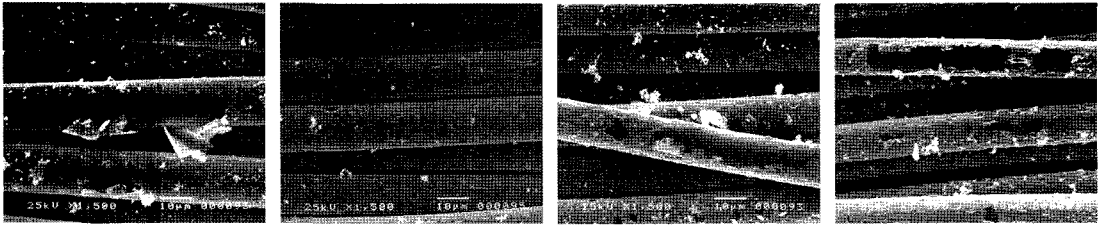


Fig. 1. SEM micrographs of alkali treated polyester fabric in various weight loss.

before laundering



after laundering(10times)

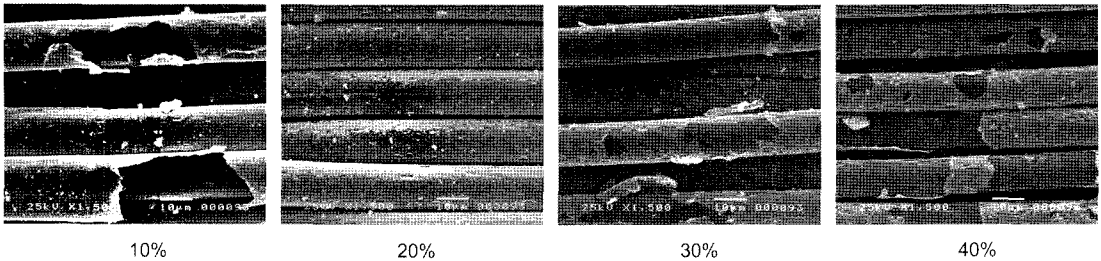


Fig. 2. SEM micrographs of electroless silver plated polyester in various weight loss(Treatment condition: 58g/L AgNO_3 ; 45g/L $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$; 15°C; 30min.).

형성된 것을 관찰할 수 있다. 이는 알칼리 감량 가공에 의해 섬유 표면에 형성된 크레이터 부분에 촉매 처리에 의해 형성되는 팔라듐(Pd) 핵이 견고하게 결합(갈고리 효과)되었기 때문이라 생각된다. 그러나 섬유 표면의 에칭 형성이 부족한 감량률 10%와 에칭이 지나치게 많이 형성된 감량률 30, 40%는 은 피막의 형성이 제대로 이루어지지 않았다. 이는 감량률 10%는 섬유 표면에 생성된 크레이터의 크기가 너무 작고, 감량률 30%는 크레이터의 크기가 지나치게 커서 크레이터 크기에 비해 팔라듐(Pd) 핵이 작아 크레이터의 갈고리 효과가 떨어지기 때문이다.

또한 세탁 후의 표면 형태는 감량률 20%인 경우, 고르게 형성된 은 피막이 손상되지 않았다. 이는 촉매 처리에 의한 팔라듐(Pd) 핵과 섬유 표면에 생성된 크레이터와의 결합에 의해 석출된 은 입자가 섬유 표면에 견고하게 부착되어 섬유와 금속과의 밀착력을 향상시켰기 때문이다.

감량률 10, 30, 40%는 세탁 후에 피막의 손상이 크게 나타났는데, 이는 세탁 전에 이미 불규칙하게 형성되었던 은 피막에 기인한다. 감량률 10%는 감량률이 적어 상대적으로 직물이 유연하지 못하여 세탁 과정에서 마찰의 정도가 크게 작용하였고, 감량률 30%와 40%의 경우는 감량률 10%인 경우보다 상대적으로 직물이 유연하여 세탁과정에서의 은 피막 탈락이

적었으리라 추측된다.

이상의 결과를 통해, 섬유 표면의 에칭 형성은 무전해 은도금시 섬유와 금속과의 밀착력을 향상시켜, 은도금 내구성을 향상시키는 중요한 요인이며, 폴리에스터 직물의 알칼리 처리에 의한 에칭 형성시 적정 감량률은 약 20%임을 확인하였다.

2. 촉매 처리 농도 변화가 무전해 은도금에 미치는 영향

알칼리 감량가공으로 20% 감량시켜 표면 에칭이 형성된 폴리에스터 직물 표면에 화학반응을 개시하기 위하여 다음과 같이 촉매 처리를 행하였다.

촉매의 농도 변화가 무전해 은도금시 섬유와 금속과의 밀착력에 미치는 영향을 확인하기 위하여, 촉매 농도에 따른 세탁 전·후 표면 형태를 관찰하였다.

은도금 조건은 환원제인 포도당의 농도 45g/L, 질산은의 농도 58g/L, 처리온도 15°C, 처리시간 30분으로 고정하였다.

<Fig. 3>은 염화주석(II)의 농도(2.5, 5.0, 7.5, 10.0g/L)를 변화시켜 섬유 표면을 민감화시킨 후, 염화팔라듐(0.05, 0.1, 0.3, 0.5g/L)의 농도를 변화시켜 활성화 처리한 다음, 무전해 은도금하여 세탁 전의 표면 형태를 SEM으로 관찰한 결과이다.

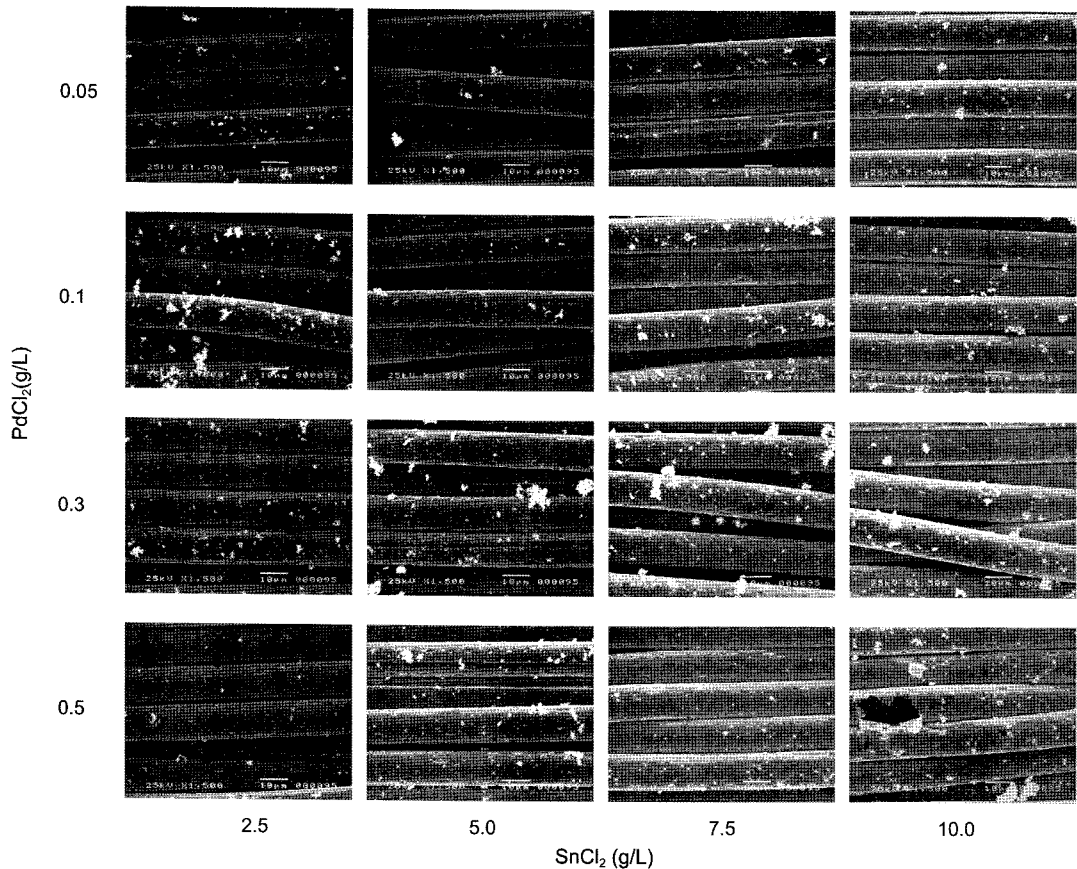


Fig. 3. SEM micrographs of before laundering of electroless silver plated polyester with various concentration of SnCl₂ and PdCl₂(Treatment condition : 58g/L AgNO₃; 45g/L C₆H₁₂O₆; 15°C ; 30min.).

<Fig. 3>에 나타난 바와 같이, 표면 형태는 촉매 처리시 염화주석(II)과 염화팔라듐의 농도가 증가할수록 섬유 표면의 은 피막이 고르고 두텁게 형성되었다. 이는 무전해 도금시 폴리에스터 직물은 염화주석(II) 처리로 섬유 표면에 Sn²⁺ 이온이 흡착된 후, 활성화 과정에 의해 팔라듐(Pd²⁺) 이온의 환원이 일어나 섬유 표면에 팔라듐(Pd) 핵을 형성하는데, 이 때 염화주석(II)과 염화팔라듐의 농도가 증가할수록 팔라듐(Pd) 핵의 형성이 활발히 이루어져 도금 피막을 두텁고 고르게 형성하는 것이라 생각된다.

<Fig. 4>는 염화주석(II)의 농도(2.5, 5.0, 7.5, 10.0g/L)를 변화시켜 섬유 표면을 민감화시킨 후, 염화팔라듐(0.05, 0.1, 0.3, 0.5g/L)의 농도를 변화시켜 활성화 처리한 다음, 무전해 은도금하여 세탁 후의 표면 형태를 SEM으로 관찰한 결과이다.

<Fig. 4>에 나타난 바와 같이, 세탁 후의 표면 형태

는 염화주석(II) 2.5g/L, 염화팔라듐 0.5g/L로 처리한 경우와 염화주석(II) 5.0g/L, 염화팔라듐 0.05g/L로 처리한 경우, 은 피막이 손상되지 않았다. 그러나 염화주석(II)과 염화팔라듐의 농도가 증가할수록 섬유 표면의 은 피막 손상이 크게 나타났는데, 이는 섬유 표면의 은 피막 두께가 두꺼워지면, 세탁시 마찰에 의해 섬유 표면의 은 피막에 균열이 생성되고 세탁이 진행됨에 따라 생성된 균열은 더욱 발달하여 은 피막이 쉽게 탈락함으로써 섬유 표면에 손상이 크게 나타난 것이라 생각된다. 또한 염화주석(II)의 농도가 2.5g/L일 때, 염화팔라듐의 농도가 0.3g/L 이하이면 은 피막이 손상되는 것으로 나타났다. 이는 염화주석(II)의 농도가 너무 낮으면 섬유 표면의 민감화가 활발히 일어나지 못해 은 피막 두께가 얇게 형성되어 세탁에 의한 세액 및 섬유끼리의 마찰은 은 피막이 견디지 못하기 때문이다.

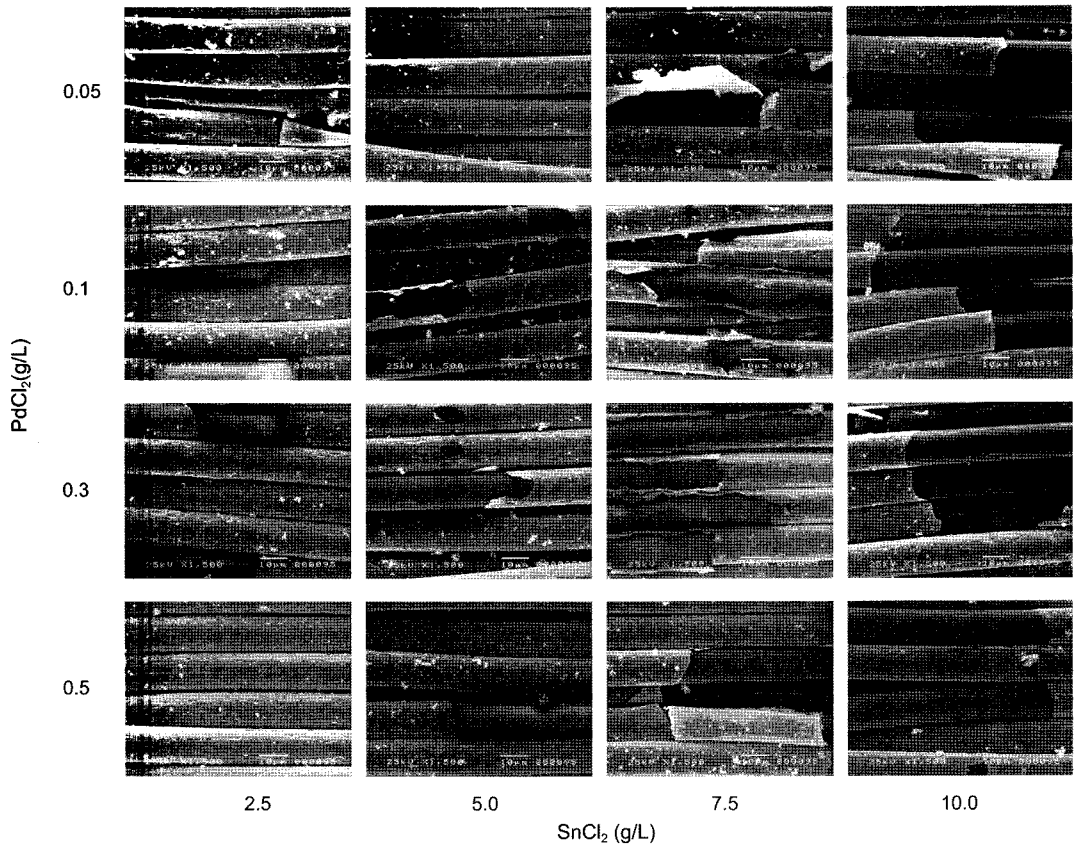


Fig. 4. SEM micrographs of after laundering of electroless silver plated polyester with various concentration of SnCl_2 and PdCl_2 (Treatment condition: 58g/L AgNO_3 ; 45g/L $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$; 15°C; 30min.).

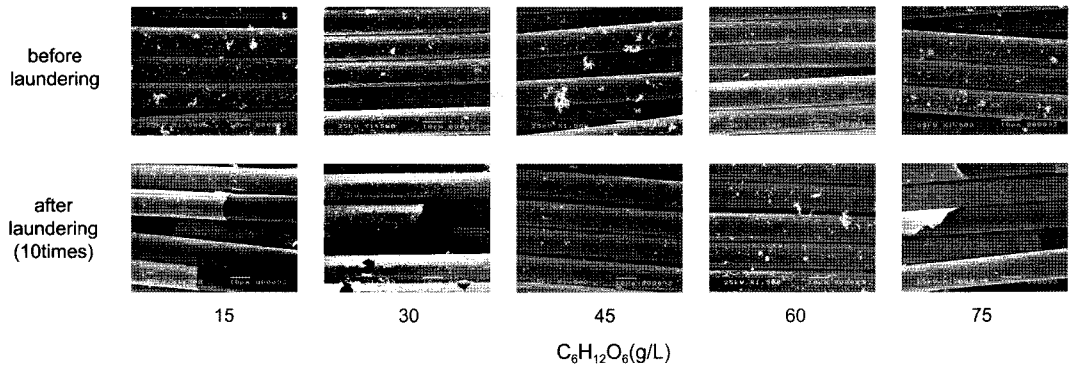


Fig. 5. SEM micrographs of electroless silver plated polyester with various concentration of $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (Treatment condition: 58g/L AgNO_3 ; 15°C; 30min.).

3. 환원제의 농도 변화가 무전해 은도금에 미치는 영향

무전해 은도금시 환원제의 농도가 섬유 표면에 생

성되는 은 피막에 미치는 영향을 확인하기 위하여 도금의 조건(처리온도 15°C, 처리시간 30분, 질산은의 농도 58g/L)은 고정시키고, 환원액 중 환원제인 포도당의 농도(15, 30, 45, 60, 75g/L)를 변화시켜 도금한

다음, 세탁 전·후의 표면 형태를 관찰하였다.

<Fig. 5>는 포도당의 농도 변화에 따른 표면 형태를 관찰한 것으로, 세탁 전의 표면 형태는 포도당의 농도에 관계없이 은 피막의 형성이 고르게 이루어졌다. 한편, 세탁 후의 표면 형태는 포도당의 농도 45~60g/L에서 은 피막의 손상이 없었으나, 포도당의 농도 30g/L 이하와 75g/L에서는 은 피막이 크게 손상되었다. 이는 무전해 은도금시 환원제의 농도가 섬유 표면으로 은을 환원 석출시키는 정도에 영향을 주고 있음을 시사하는 것으로, 도금시 환원제의 농도가 섬유와 금속의 밀착력에 영향을 주는 요인임을 알 수 있다.

따라서 무전해 은도금시 환원제인 포도당의 농도는 45g/L를 적정 농도로 설정하였다.

4. 은의 농도 변화가 무전해 은도금에 미치는 영향

활성화제의 종류에 따라 적정 농도에서 촉매 처리한 후, 무전해 은도금시 도금액 중의 질산은의 농도

가 섬유 표면에 생성되는 금속 피막에 미치는 영향을 확인하기 위하여 은도금 조건(포도당의 농도 45g/L, 처리온도 15°C, 처리시간 30분)은 고정시키고, 질산은의 농도(50, 52, 54, 56, 58, 60g/L)를 변화시켜, 도금한 다음 세탁 전·후의 표면 형태를 관찰한 결과는 다음과 같다.

<Fig. 6>은 질산은의 농도 변화에 따른 표면 형태를 나타낸 것으로, 세탁 전 표면 형태는 질산은의 농도 변화에 관계없이 모두 균일한 은 피막을 형성하였다. 한편, 세탁 후 표면 형태는 질산은의 농도 56g/L 이상에서 은 피막의 손상이 나타나지 않았다. 질산은의 농도 50, 52, 54g/L에서 세탁 전에는 균일한 피막을 형성하고 있었으나, 세탁에 의한 마찰을 견디지 못해 은 피막의 손상이 나타났다. 이 결과로부터 질산은의 농도는 섬유와 은 피막과의 밀착력에 영향을 미치는 중요한 요인임을 알 수 있다.

따라서, 무전해 은도금시, 질산은의 농도는 56g/L 이상이 되어야만 은의 양을 최소화하면서도 효과적

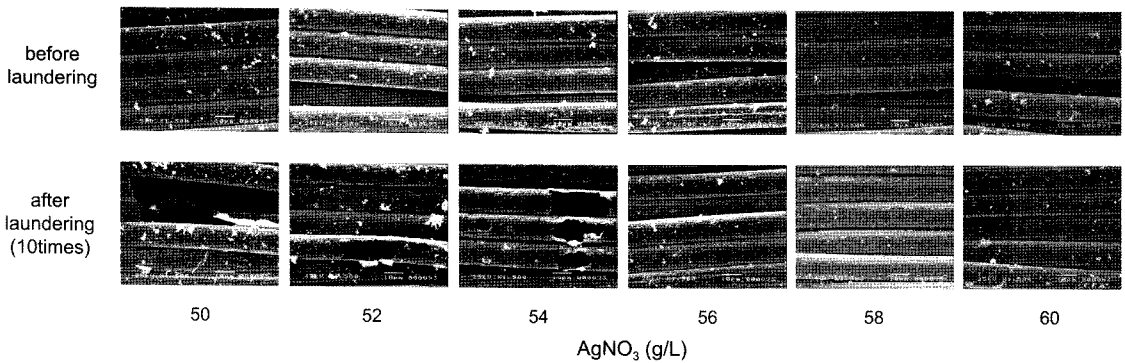


Fig. 6. SEM micrographs of electroless silver plated polyester with various concentration of AgNO₃(Treatment condition: 45g/L C₆H₁₂O₆; 15°C; 30min.).

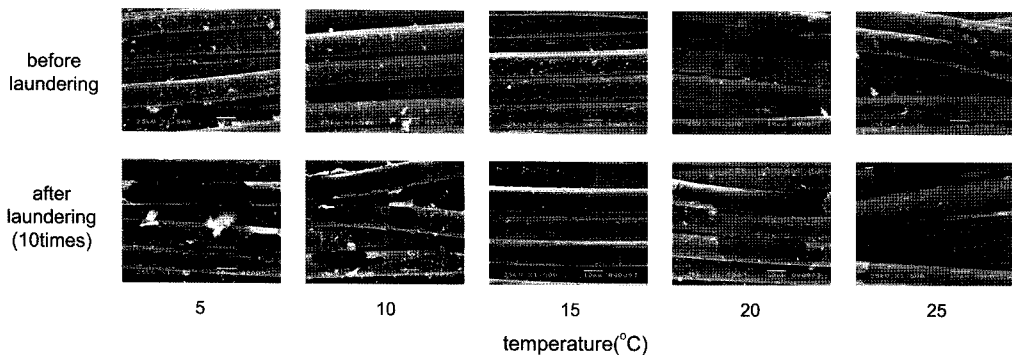


Fig. 7. SEM micrographs of electroless silver plated polyester in various treatment plating temperature(Treatment condition: 58g/L AgNO₃; 45g/L C₆H₁₂O₆; 30min.).

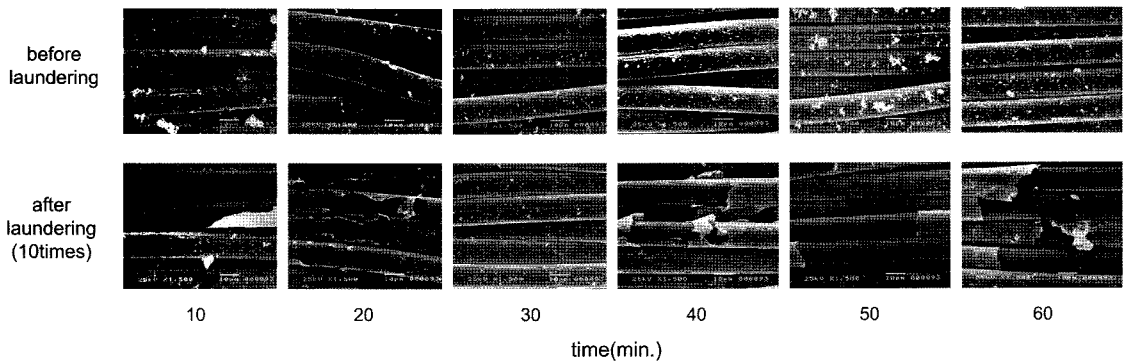


Fig. 8. SEM micrographs of electroless silver plated polyester in various treatment plating time(Treatment condition: 58g/L AgNO_3 ; 45g/L $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$; 15°C).

인 밀착력을 나타냄을 알 수 있다.

5. 처리온도 변화가 무전해 은도금에 미치는 영향

무전해 은도금시 처리온도가 섬유 표면에 생성되는 금속 피막에 미치는 영향을 확인하기 위하여 도금의 조건(포도당의 농도 45g/L, 은의 농도 58g/L, 처리시간 30분)은 고정시키고, 처리온도(5, 10, 15, 20, 25°C)를 변화시켜 도금한 다음 세탁 전·후의 표면 형태를 관찰한 결과는 다음과 같다.

<Fig. 7>은 무전해 은도금시 처리온도에 따른 세탁 전·후의 표면 형태를 나타낸 것으로, 세탁 전 표면 형태는 처리 온도 5, 10, 15°C에서 은 피막이 고르게 형성되었지만, 20°C 이상 높아짐에 따라 불균일한 은 피막이 형성되었다. 이는 20°C 이상에서는 은 입자의 석출이 빠르게 진행됨에 따라, 섬유 표면에 부착되는 은 입자의 양보다 도금액 중에서 플럭을 형성하는 은 입자의 양이 많기 때문이라 생각된다.

세탁 후의 표면 형태는 15°C에서만 은 피막의 손상이 나타나지 않았고, 5, 10, 20, 25°C에서는 은 피막의 손상이 심하게 나타났다. 10°C 이하에서는 은 피막의 손상은 섬유 표면의 은 피막의 두께가 지나치게 두꺼워져 세탁시 마찰에 균열이 생기고 이로 인해 피막의 일부가 떨어져 세탁내구성이 결여됨으로써, 섬유와 금속과의 밀착력이 저하됨을 확인할 수 있었다. 또한 20°C 이상에서의 은 피막 손상은 세탁 표면 형태로부터 예측할 수 있는 결과로, 세탁 전 이미 불균일하게 형성되어져 있던 은 피막이 세탁에 의해 더욱 불규칙한 표면을 형성했을 것으로 생각된다.

6. 처리시간 변화가 무전해 은도금에 미치는 영향

무전해 은도금시 처리시간이 섬유 표면에 생성되는 은 피막에 미치는 영향을 확인하기 위하여 도금의 조건(질산은의 농도 58g/L, 포도당의 농도 45g/L, 처리온도 15°C)은 고정시키고, 처리시간(10, 20, 30, 40, 50, 60분)을 변화시켜 도금한 다음, 세탁 전·후의 표면 형태를 관찰한 결과는 다음과 같다.

<Fig. 8>은 무전해 은도금시 처리시간에 따른 세탁 전·후의 표면 형태를 나타낸 것으로, 세탁 전 표면 형태는 20분까지는 은 피막이 불균일하게 형성되었으나, 30분 이상에서 균일하게 형성되었다.

한편, 세탁 후 표면 형태는 처리시간 30분에서만 은 피막의 손상이 나타나지 않았다. 10, 20분에서는 은 피막의 형성이 고르지 못한 것은 세탁 전부터 불균일하게 형성되었기 때문이다. 또한 처리시간 40분 이상이면 오히려 섬유와 은 피막 사이에 밀착력이 감소되어 은 피막이 손상되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 김 등(김수미, 송화순, 2005)의 연구에서 환원제로 루셀염을 사용한 무전해 은도금시, 처리시간이 일정 시간 이상 증가하면 섬유 표면에 은 피막이 불균일하게 형성된다는 보고와 같은 결과이다.

이상, 무전해 은도금시 처리시간에 따른 표면 형태 관찰의 결과를 종합해 볼 때, 처리시간은 30분이 적정이라 생각된다.

IV. 결 론

폴리에스터 직물에 내산화성이 우수하고 표준 전극 준위가 높아 환원석출하기 쉬운 은을 차폐재로 사

용하여 무전해 은도금시, 은 피막의 내구성을 확인하기 위하여 섬유 표면의 에칭 정도, 촉매 처리 농도, 환원액의 농도, 도금액인 질산은의 농도, 도금 처리 온도 및 시간 변화에 따른 표면 형태를 세탁 전·후 비교, 분석하여 다음과 같은 연구결과를 얻었다.

전 처리에 의한 표면의 에칭 형성은 무전해 도금시 섬유와 금속과의 밀착을 향상시키는 중요한 요인으로 알칼리 처리에 의한 적정 감량률이 약 20%일 때, 가장 효과적이었다.

촉매 처리시, 민감화제인 염화주석(II)의 적정 농도는 2.5g/L이며, 활성화제인 염화팔라듐의 적정 농도는 0.5g/L이다.

섬유와 금속과의 밀착력을 향상시키기 위해 사용된 질산은의 적정 농도는 56g/L이며, 포도당의 적정 농도는 45g/L이다.

무전해 은도금시, 최적 도금 처리온도 및 시간은 15°C, 30분이다.

참고문헌

- 김수미, 송화순. (2005). 무전해 도금법에 의한 전자파 차단 의류소재의 제조. *한국의류학회지*, 29(1), 149-156.
- 김영호, 류동일, 민병길, 박원호, 신윤숙, 오경화, 이미식. (2004). *기능성 섬유가공*. 서울: 교문사.
- (주)메디텍스. 섬유원단에 금속을 차등 도금하는 방법. 출원번호 10-2001-0029291, 등록특허번호 10-0434444.
- 양승봉. (2000). *EMI 차폐를 위한 스텝 상의 무전해 copper 및 Ni-Fe-P 도금*. 영남대학교 대학원 석사학위 논문.
- (주)엘지화학. 전기도금용 첨가제를 이용한 무전해 도금 방법. 출원번호 10-2003-0065877, 등록특허번호 10-0535977.
- 장시성, 김남일. (1996). *무전해 도금*. 서울: 도서출판 동화기술.
- 정동혁. (2003). *디지털시대의 건강관리*. 서울: 대경북스.
- (주)제일합섬 주식회사(박흥기). 전자파 차폐성이 우수한 무전해 도금 섬유의 제조방법. 출원번호 특1992-0027420, 공개번호 특 1994-0015077.
- 허진, 이재호. (2000). 무전해 니켈 도금 조건에 따른 안정도와 도금 피막 특성에 미치는 영향. *한국부식학회지*, 29(1), 46-53.
- Honma, H. & Kanemitsu, K. (1987). Electroless nickel plating on alumina ceramics. *Plating and surface finishing*, 74(9), 62-67.