

## 연속 대기압 플라즈마를 처리한 폴리에스테르 섬유의 표면 특성

권일준\* · 박성민 · 구 강<sup>1</sup> · 송병갑 · 김종원

한국염색기술연구소, <sup>1</sup>영남대학교 섬유패션학부

### Surface-Properties of Poly(Ethylene Terephthalate) Fabric by In-line Atmospheric Plasma Treatments

Il-Jun Kwon\*, Sung-Min Park, Kang Koo<sup>1</sup>, Byung-Kab Song and Jong-Won Kim

Korea Dyeing Technology Center, Daegu, S. Korea,

<sup>1</sup>School of Textiles Yeungnam university, Gyeongsangbuk-Do, S. Korea

(Received: July 2, 2007/Revised: August 10, 2007/Accepted: August 23, 2007)

**Abstract**— Surface properties of the plasma treated fabric were changed while maintaining its bulk properties. Surface of plasma treated fabric take charge of enhanced adhesion by surface etching, surface activity. The water repellency coating Poly(Ethylene Terephthalate) fabric was treated with atmospheric pressure plasma using various parameters such as Argon gas, treatment time, processing power. Morphological changes by atmospheric pressure plasma treatment were observed using field emission scanning electron microscopy(FE-SEM) and the zeta-potential measurement, contact angle measurement equipment. At the atmospheric pressure plasma treatment time of 150 sec, the power of 800W, the best wettability and peel strength were obtained. And we confirmed the possibility of industrial application by using atmospheric plasma system.

**Keywords:** Atmospheric plasma, Polyester, Hydrophilic property, Zeta potential, Contact angle

## 1. 서 론

고체, 액체, 기체에 이어 물질의 제 4 상태라고 할 수 있는 플라즈마를 이용한 새로운 산업기술은 고정정/고효율을 지향하는 첨단산업분야에 보다 경쟁력 있는 기반기술로 주목받고 있으며, 특히 저온(상온~150°C) / 대기압(atmospheric pressure) 플라즈마와 관련한 많은 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다<sup>1)</sup>.

이러한 연구들의 초점은 공정온도가 수백도(400-600°C)에 이르던 기존의 코팅기술의 표면처리 온도를 낮추고 고가의 복잡한 진공 시스템을 사용하지 않는 플라즈마 방전시스템을 개발하여 다양한 산업분야에 적용하고 cost-effective한 공정기술을 확보하려는 것이다<sup>2,3)</sup>.

대기압 플라즈마의 발생은 대기압하에서 다양한

방법의 전기방전을 이용하되, 전자 에너지의 세기가 이온 및 중성입자 등의 에너지보다 높게 유지되도록 즉, 플라즈마가 비평형 상태를 이루도록 한다. 전체적인 플라즈마의 온도는 상온~1,000K인데 반해, 전자(electron)의 온도는 10,000K~100,000K가 유지됨으로써 다양한 플라즈마 화학반응 및 표면처리의 응용에 적합한 방전이 가능하다.

대기압플라즈마를 구현하는 방법으로는 유전체 격막 방전(Dielectric Barrier Discharge, DBD), 코로나 방전(corona discharge), 마이크로웨이브 방전(microwave discharge), 아크방전(arc discharge) 등의 기술이 있다.

이 중 수천도의 높은 온도를 수반하여 주로 spray melting 등에 사용하는 아크방전을 제외한 나머지 기술은 모두 비교적 저온에서 구현이 되므로 폴리머 분야나 전자/반도체 공정에 사용이 가능하며, 현재

\*Corresponding author. Tel.: +82-53-350-3774; Fax.: +82-53-350-3737; e-mail: seaforges@dyetec.or.kr

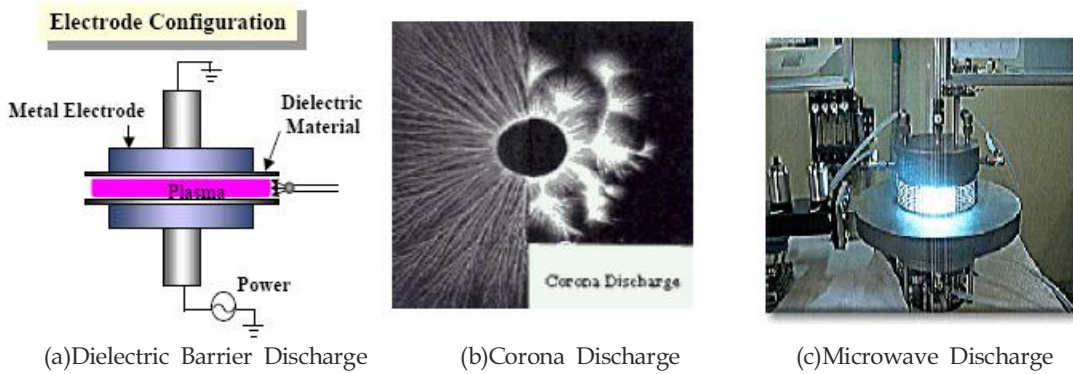


Fig. 1. Various atmospheric discharge technology.

널리 그 가능성이 타진되거나 적용이 이미 되고 있다.

이 중 유전체 격막 방전은 기존의 진공플라즈마에 비해 100~1000배 이상 높은 반응활성종(radical)의 농도를 구현할 수 있으면서도 온도가 상온~150℃로 낮아서 폴리머, glass 및 저융점 금속의 표면 처리에 적합하다.

플라즈마 처리의 공정상 특징은 건식공정, 간략화된 가공이라고 하는 두 가지 특징을 들 수 있다.

일반적인 섬유가공에서는 처리 시에 대량의 물과 증기를 사용하고, 또 다량의 열에너지를 요하기 때문에 플라즈마 처리와 같은 기상처리기술에 대한 기대가 크다.

만약 종래의 습식공정에 의한 섬유 가공공정의 전부나 일부를 이 건식방법인 플라즈마 공정으로 바꿀 수 있다면 절수나 에너지 절약에도 크게 이바지하여 경제적 효과가 클 뿐 아니라 염료와 염색조제들을 위시한 가공처리제 등의 사용량도 크게 줄일 수 있어서 공해방지도 크게 이바지하게 될 것이다.

섬유가공에 대한 플라즈마의 응용은 폴리에스테르 섬유의 친수화와 염색성 향상을 목적으로 이미 1965년경 미국에서 시작되었다. 미국 N.C주의 Surface Activation Co.(SAC)에 의해 연구되어 그 목적을 acrylic acid의 그래프트중합으로 달성하였다<sup>4,5)</sup>.

이것은 "Refresca"라는 상품명으로 시판되었는데 이 기술이 널리 보급되었다는 소문은 들은 바 없다. SAC사가 목적으로 하였던, 폴리에스테르 섬유의 친수화와 같은 개질은 초미세섬유화나 단면의 복잡형성화 등과 같은 방사공법 연구로 달성되어 플라즈마 공정을 꼭 필요로 하지 않아도 되었던 것이, 그 당시 플라즈마 가공의 대대적인 보급을 중단케 한 하나의 원인이었을 지도 모른다.

그 뒤 미국 농무성의 Pavlath 등은 플라즈마 처리에 의해 양모직물의 방축가공에 성공하였다.

미처리 양모직물의 경우 수축율 30%인 것이, 1-3분간 플라즈마 처리함에 의하여 6-7% 수축으로 개량된다고 보고하고 있다.

이상과 같은 성과를 이어받아 일본에서는 섬유 기업체들을 중심으로 하여 플라즈마 연구개발이 추진되었다.

그래서 폴리에스테르 염색포의 농색화 가공 등에 있어서는 독자적인 발전을 이룩하였다. 또 양모직물의 방축가공도 한 일본기업에서 완성되어 이 두 기술은 실용화되어 제품을 시판하기에 이르렀다. 이들 기업체들의 개발연구와는 별도로 플라즈마를 섬유가공에 응용코자 하는 연구에 관해서 일본 통산성 공업기술원이 주도하여 연구가 추진되었다. 다시 말하면 "쾌적성의 평가특성에 기초한 고도다기능 합성섬유의 가공기술"의 연구개발이 강력히 추진된 바 있다.

그러나 국내의 섬유산업에 있어서는 대기압플라즈마 기술이 현장에 실용화된 사례가 전무하여 동 기술의 경제성 및 현장 활용도를 종합적으로 평가할 수 없었다.

지난 수 십여 년간 우리나라의 섬유산업은 방직 기술, 염색기술의 발달과 함께 급격한 성장을 이루어 왔으며, 최근에는 새로운 후처리기술 개발을 통한 다양한 섬유처리기술의 개발이 추진되고 있다. 그 중에서 플라즈마를 이용하여 폴리머 소재 등을 표면 개질하는 기술에 대해서는 지난 수십 여 년간 지속적으로 개발이 추진되어 왔으나, 대형소재 등에 대해서는 경제성 등의 문제로 인하여 적용에 한계가 있는 실정이다.

본 연구는 대기압 플라즈마 처리장치의 주요 활용 가능분야인 표면에칭, 세정 및 그래프팅(grafting)

중 우선적으로 에칭효과의 섬유가공공정의 활용가능성을 검토하였으며, 특히, 고기능성 아웃도어 의복으로 많이 사용되고 있는 폴리에스테르 직물의 편발수 가공 및 투습방수 코팅 시 접착성증진 등의 활용성을 확인하기 위하여 폴리에스테르직물에 발수처리 하고, 이를 유전체 격막방식(Dielectric Barrier Discharge, DBD)의 연속 대기압 플라즈마 장치로 처리하여 발수 처리된 폴리에스테르직물의 플라즈마 처리에 따른 친수화, 표면특성 변화, 물리적 변화 및 코팅접착강도변화 등을 연구하였다. 또한, 기존의 진공플라즈마 처리장치와의 효과를 비교하기위하여 진공 플라즈마 장치를 이용한 처리를 병행하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 및 조건

KS K 0905 규격의 폴리에스테르 표준백포를 Table 1과 같은 조건으로 발수제(Nicca Korea, KF GUARD 770W) 처리하였다.

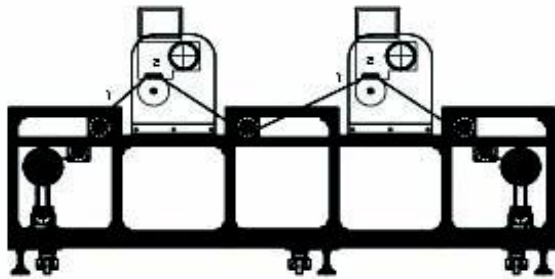
Table 1. Water repellency coating conditions

Water repellency coating	
Pick-up ratio(%)	68%
Curing conditions	180 °C × 30sec
Concentration of auxiliary	50g/l

### 2.2 플라즈마 장치 및 처리조건

실험에 사용한 장치는 (주)제4기한국에서 제작한 연속 대기압 플라즈마 장치와 한국과학기술 연구원의 진공 플라즈마 PS II(plasma source ion implantation) 장치를 사용하였으며 플라즈마 처리 조건은 Table 2와 같다.

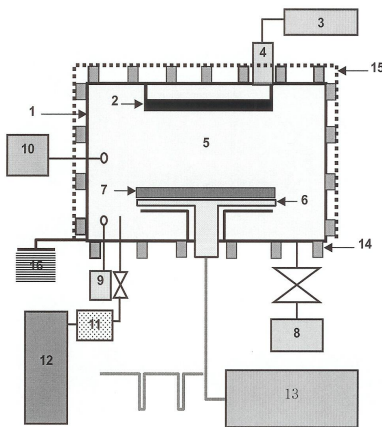
본 연구에 사용된 Dielectric Barrier Discharge (DBD) 대기압 플라즈마 처리 시스템은 기존의 batch type 공정이 아닌 연속(*in-line*)공정으로, 섬유의 표면처리 할 수 있는 장치로서, 고전압을 이용한 Dielectric Barrier Discharge 시스템의 전극 간 간격을 20-30cm 까지 넓힘으로서 대형소재에도 적용할 수 있게 하였으며, 섬유나 폴리머의 wettability 특성을 개선하는 데에 이용될 수 있도록 개선된 장치이다.



1. Ar gas



2. plasma treatment



1. Vac. chamber 2. Antenna 3. RF generator 4. Matching box 5. Plasma  
6. Target stage 7. Target 8. Vac. pump 9. Ion gauge 10. Langmuir probe 11. MFC  
12. Working gas 13. HV pulse gen 14. Magnets 15. Lead shield 16. Chamber ground  
Fig. 2. Schematic diagram and photograph of atmospheric pressure plasma equipment.

Table 2. Experimental conditions for plasma treatment

Parameter	Atmospheric pressure plasma	Vacuum plasma
plasma gas	Ar	O <sub>2</sub>
gas flow	0.6 Torr	1 Torr
power	400~800W	400~800W
treatment time	0~170sec	0~170sec
speed	3.5m/min	-
cycle	30KHz	13.56 MHz
treatment area	20 × 65cm	25 × 25cm

\*대기압 플라즈마의 경우 진공 플라즈마와 달리 O<sub>2</sub> 가스를 이용하면 위험성이 있음

### 2.3 발수도 측정

플라즈마 처리에 따른 발수도 측정은 AATCC 22 방법으로 250mL의 증류수를 25초간 분무하여 평가하였다.

### 2.4 표면(계면)전위 측정

고체 간의 접촉전위차, 전극전위, 액간전위 등과 같이 서로 다른 물질의 계면에 나타나는 전위차를 말한다. 어느 경우이든 전체로서 전기적 중성을 유지하도록 계면 양쪽에 생기는 전위차에 대응하여 양·음이 상반하는 하전층이 있기 때문인 것으로 생각할 수 있는데, 이것을 전기이중층이라고 한다. 따라서 이 현상은 두 물질의 계면에 극성이 다른 전하가 생기기 때문이며, 그 전하를 계면전하라고 한다. 따라서, 플라즈마 처리에 따른 폴리에스테르직물 표면상 성장 및 물리적 변화는 변 표면(계면)전위를 측정함으로써 확인이 가능하다. 표면(계면)전위변화는 표면전위측정기(OTSUKA ELS-8000)를 사용하였다.

### 2.5 표면자유에너지 변화 확인

액체의 내부에 있는 분자는 균등하게 주위의 분자로부터 인력을 받지만, 액체의 표면분자는 내부에 있는 분자로부터만 인력을 받아 내부쪽으로 힘이 작용한다. 그렇기 때문에 표면에는 표면을 수축하려는 힘에 대하여 자유에너지를 발생하여 평형상태가 유지된다. 그러한 표면이 가진 에너지를 표면자유에너지라고 부른다. 단위면적당 표면자유에너지(erg/cm<sup>2</sup>)는 표면장력(dyne/cm)에 상당한다. 따라서 플라즈마 표면처리에 따른 발수직물의 표면성장 및 물리적 특성변화는 표면자유에너지 변화, 즉, 표면장력의 변화를 확인할 수 있는 접촉각을 측정함으로써 확인이 가능하다. 접촉각의 측정은 접촉각

측정기(DSA100, Kruss, Germany)를 사용하여 측정하였다.

### 2.6 코팅접착 강도 측정

아웃도어용 투습방수직물 뿐만 아니라 대부분의 코팅직물의 경우, 발수성 및 내수압 증진을 위하여 항상 발수처리 후 코팅가공을 한다. 그러나 발수가 공 후 코팅을 한 직물의 대부분은 코팅면의 접착성이 나빠 항상 문제가 되고 있다. 따라서 발수처리 후 코팅을 할 면의 발수층에 요철을 주어 코팅을 실시하면 코팅접착성은 2배 이상 증진될 것이다. 이에 본 연구에서는 발수처리 된 면에 플라즈마를 처리하고 코팅을 하는 실험을 통하여 코팅접착성 개선을 연구하였다. 발수, 플라즈마 처리, 코팅 후 코팅면의 접착강도 측정은 KS K 0533 규격에 의거하여 시험편 길이 방향의 한 끝을 5.1cm 가량 손으로 분리시키고, 분리된 한 쪽을 고정 클램프에 물리고 다른 한 쪽을 가동 클램프에 물려 로드셀 5KN, 인장 속도 30.5cm/min으로 하여 7.6cm 이상 박리시켜 접착 강도를 측정하였다.

### 2.7 표면상태 측정

플라즈마 처리에 의한 폴리에스테르 직물의 표면상태를 측정은 플라즈마 처리 후 표면 미세구조 변화를 나노레벨까지 관찰가능 한 전계방사형 주사전자현미경(FE-SEM, Hitachi S-4800)을 사용하였다.

### 2.8 물성 측정

플라즈마 처리에 의한 폴리에스테르 직물의 물성변화를 알아보기 위해 만능재료시험기(Zwick Z005)를 사용하여 ISO 5082 규격에 의거하여 강·신도를 측정하였으며, 열적 변화를 알아보기 위해 DSC (Perkin Elmer TAC 7/DX)로 분석하였으며, 승온 속도 10°C/min로 400°C까지 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 플라즈마 처리에 따른 발수성

Table 3은 플라즈마 처리 시간에 따른 발수 처리된 폴리에스테르 직물의 발수성을 나타낸 표이다. 대기압 플라즈마를 처리한 직물의 경우 50초 처리하였을 때 발수도는 70이 나왔고, 진공 플라즈마를 처리하였을 경우 50이 나왔다. 처리 시간이 100초의 경우 대기압 플라즈마의 경우 발수도가 30이 나왔으며 진공 플라즈마 처리 시는 0이 나왔다. 따라서 대기압 플라즈마의 경우 접착력을 개선시키기 위해서는 100~150초를 처리해야 하며 진공 플라즈마는 50초 이상을 처리해야 접착력이 개선될 것으로 생각된다.

#### 3.2 플라즈마 처리에 따른 표면전위

Fig. 3은 폴리에스테르 직물과 발수 처리한 폴리에스테르 직물에 플라즈마 처리하여 나타낸 제타 포텐셜 결과이다.

액체 속에 분산된 고체는 대부분의 경우 하전을 가지고 있으며, 이는 고체 표면의 안정성 또는 구조적 특성을 결정한다. 즉 고체가 하전된 상태의 지표를 제타라 부르는데 고체로부터 충분히 떨어져 전기적으로 중성인 영역의 전위를 0으로 정의하며 제타 전위는 이 제로점을 기준으로 하여 측정하였을 경우 미끄러운 면의 전위로 정의한다. 고체의 경우 제타 전위의 절대치가 증가하면 비표면적 또는 roughness가 증가하거나 표면 관능기가 발달함에 따라 생성되는 반발력과 안정성에 따라 의존하며 분말 또는 미립자의 경우에는 입자 간의 반발력이 강해져 입자의 안정성은 높아진다고 보고된 바 있다<sup>6,8)</sup>. 반대로 제타 전위가 제로에 가까워지면 고체의 비표면적이나 roughness의 감소와 표면응집이 유도되는 표면 관능기가 발달된 상태이다.

제타 포텐셜 결과가 음의 값으로 증가할수록 친수성을 나타내며 양의 값으로 증가되면 소수성을 나타낸다. 그림에서 보듯이 미처리 폴리에스테르 직물의

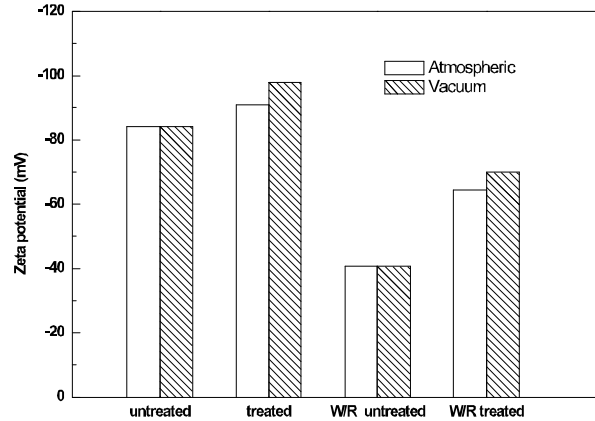


Fig. 3. Zeta potentials of plasma treated PET fabric and plasma treated water repellency coating PET fabric according to Ar atmospheric pressure plasma and O<sub>2</sub> vacuum plasma.

제타 포텐셜 결과보다 플라즈마를 처리한 직물이 -90mV로 더 크게 나왔다. Ar 가스를 이용한 진공 플라즈마의 경우 섬유 표면에서 화학적인 작용보다는 플라즈마로 인한 물리적 작용으로 인하여 모폴로지가 변화하여 발수효과를 띠게 되는데 본 연구에서는 대기압 플라즈마로 처리하면서 대기압하의 O<sub>2</sub>와 Ar 가스가 같이 작용하면서 음의 값으로 증가하였다. 또한 발수 처리한 폴리에스테르 직물을 플라즈마 처리 결과 음의 값으로 증가하는 것은 플라즈마 처리한 표면의 발수 효과가 떨어진 것으로 생각된다.

#### 3.3 플라즈마 처리에 의한 표면자유에너지 변화

Fig. 4~6은 발수 처리된 폴리에스테르 직물의 플라즈마 처리에 따른 표면 친수화 효과를 나타낸 그림이다. 접착강도와 같은 조건으로 플라즈마 처리 시간과 출력과위가 증가함에 따라 접촉각이 감소되는 경향을 보였다. 대기압 플라즈마 처리 시간이 150초, 출력 800W일 때 접촉각이 가장 낮았다. Ar 가스로 플라즈마 처리된 섬유의 표면은 대기 중의 산소와 반응하여 표면에 산소 함량이 증가하여 표면 자유 에너지가 증가하게 되는 것이다. 하지만 900W

Table 3. Water repellency test results of plasma treated water repellency coating PET fabric according to treatment time

Treatment time	Atmospheric pressure plasma		Vacuum plasma
	Ar gas		O <sub>2</sub> gas
Untreated	100		100
50sec	70		50
100sec	30		0
150sec	0		0

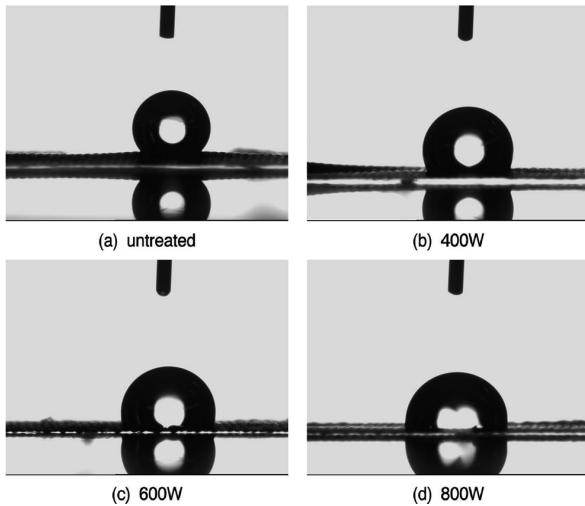


Fig. 4. Contact angle of Ar atmospheric pressure plasma treated water repellency coating PET fabric according to output of power.

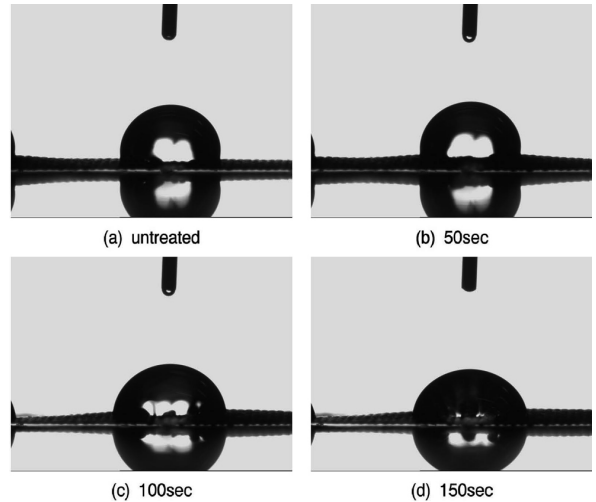


Fig. 5. Contact angle of Ar atmospheric pressure plasma treated water repellency coating PET fabric according to treatment time.

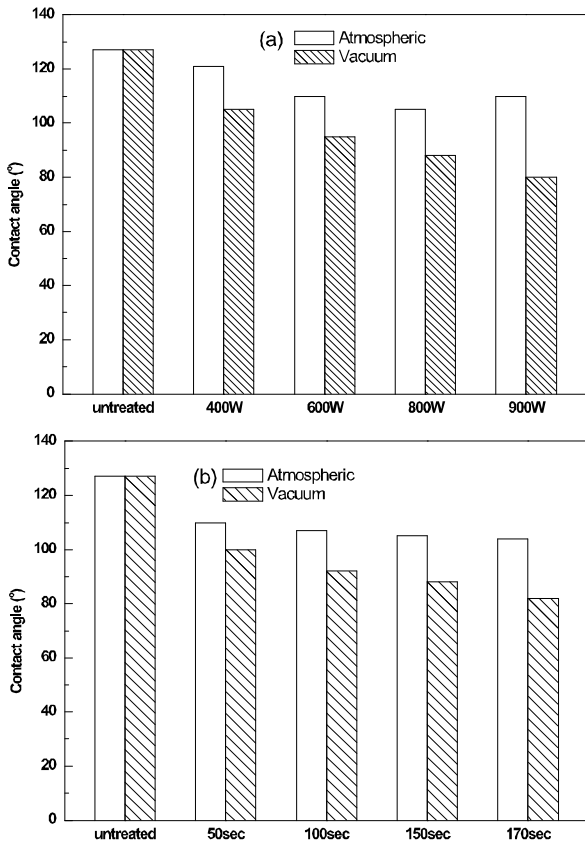


Fig. 6. Hydrophilic property of plasma treated water repellency coating PET fabric according to (a) output of power (b) treatment time.

이상의 출력으로 플라즈마를 처리 시 플라즈마 열에 의해 섬유의 표면 반응이 과도하게 일어나게 되는데 이 때 접촉각이 다시 커진다.

진공 플라즈마의 경우 대기압 플라즈마와 같이 비슷한 양상을 보이고 있으나, 900W의 출력과 처리

시간 150초일 경우 대기압 플라즈마와 달리 접촉각이 감소한 것을 알 수 있는데 이는 O<sub>2</sub> 가스에 의해 친수성 표면으로 개질되는 것으로 생각된다.

플라즈마가 표면의 분자들과 작용하면 표면이 활성화되거나 표면 분자의 각아냄, 표면 분자 화학구조 재배치 등의 현상이 일어난다. 표면 분자 화학구조 재배치의 경우 표면에 극성 그룹이 도입되어 표면 에너지를 높이고, 표면 분자들을 각아내는 경우 표면의 거칠기를 증가시켜 표면적을 넓게 하여 서로 상호작용을 할 수 있는 접촉 면적이 넓어지게 된다. 또한 보고에 의하면 대기압 플라즈마에 대한 표면의 친수성 효과는 출력이 높아짐에 따라 접촉각이 낮아지는 경향이 있지만, Ar 가스에 의해 각아짐이 더 우세해지는 대기압 플라즈마의 경우 표면에 생성된 C=O가 소실되어 친수성이 소수성으로 변환된다<sup>9)</sup>.

### 3.4 플라즈마 처리에 따른 접착 강도

Fig. 7은 플라즈마 처리 시간과 출력과에 따른 발수 처리된 폴리에스테르 직물의 접착 강도를 측정 한 결과이다. 처리 시간은 150초로 고정하고 출력의 세기를 비교하였을 때 대기압 플라즈마 출력 800W 일 때 플라즈마 미처리 직물보다 접착강도가 1.6N의 차이를 보였다. 진공 플라즈마의 경우 미처리 직물보다 3N 정도 강도가 세졌으며 대기압 플라즈마 처리시보다 1N 정도의 차이를 보였다. 출력을 800W로 고정하고 처리 시간을 변화를 주었을 때 150초일 때 접착강도가 미처리 직물보다 대기압 플라즈마를 처리하였을 경우 1.8N 정도의 차이를 보

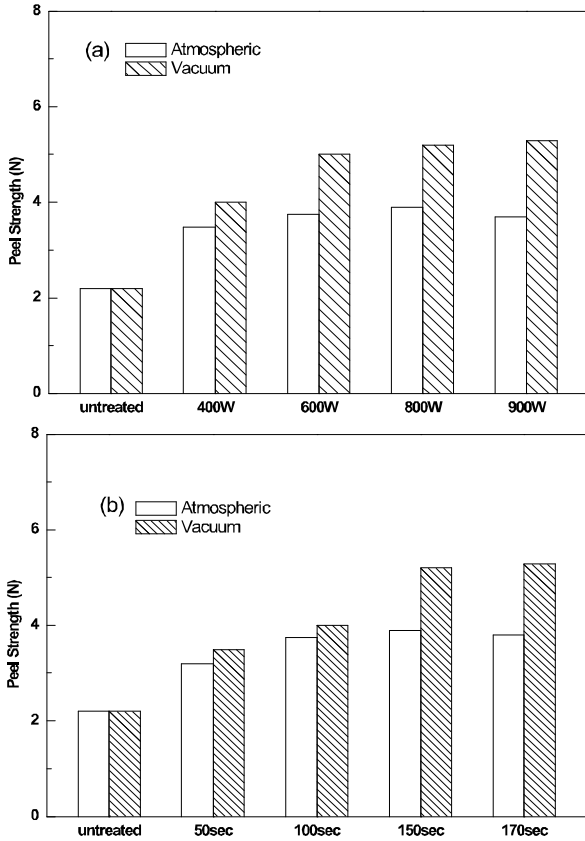


Fig. 7. Peeling strength of plasma treated water repellency coating PET fabric according to (a) output of power, (b) treatment time.

였으며, 진공 플라즈마를 처리하였을 때는 각각 2.1N, 0.8N의 차이를 보였다. 대기압 플라즈마의 경우 출력을 900W 이상을 처리하였을 때 오히려 접착 강도가 약해진 것을 알 수 있는데 이는 출력이 높아 플라즈마에 의한 열이 많이 발생하여 섬유 표면에 손상을 입어 접착 강도가 약해진 것으로 판단된다.

### 3.5 플라즈마 처리에 따른 표면 변화

Fig. 8~10은 발수 처리된 폴리에스테르 직물을 출력 800W, 처리시간 150초로 플라즈마 처리하여 전계방사형 주사전자현미경으로 관찰한 사진이다.

진공 플라즈마로 처리한 경우 표면에 처리한 발수제가 100% 떨어져 나갔을 뿐 아니라 플라즈마에 의한 에칭효과로 인해 섬유표면이 주상절리와 같은 요철이 형성되었다. 이러한 효과로 인해 표면적이 넓어지면서 소수성인 폴리에스테르 직물이 친수성이 좋아질 것으로 생각된다. 대기압 플라즈마로 처리한 경우 표면에 처리된 발수제는 90% 이상 탈락되었으며 일부 남아있는 발수제는 별 모양의 형상으로 부착되어 있으나 발수성은 전혀 나타나지 않았다.

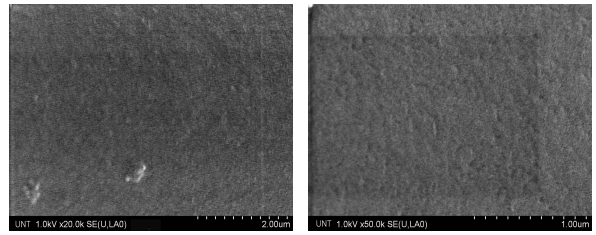


Fig. 8. SEM photographs of plasma untreated water repellency coating PET fabric.

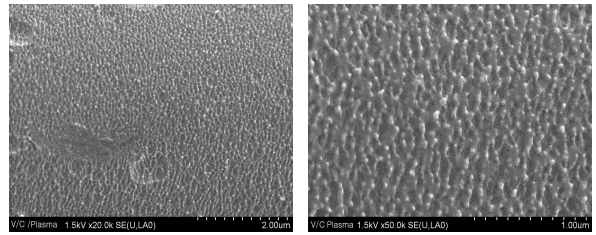


Fig. 9. SEM photographs of vacuum O2 vacuum plasma treated water repellency coating PET fabric.

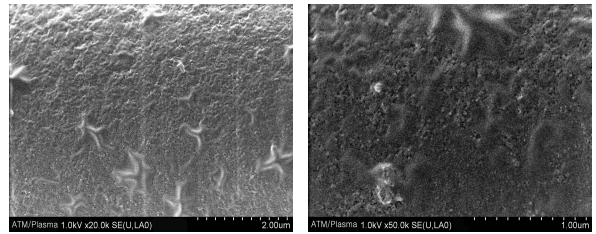


Fig. 10. SEM photographs of Ar atmospheric pressure plasma untreated water repellency coating PET fabric.

또한 발수제가 제거된 섬유표면은 석회암 동굴의 단구와 같은 형상을 나타내며 진공 플라즈마 처리된 직물과는 확연한 차이를 나타낸다.

### 3.6 플라즈마 처리에 따른 강·신도 측정 및 열적 특성 평가

Fig. 11은 대기압 플라즈마 처리 시간에 따른 응력 신장 곡선을 나타낸 그림이다. 플라즈마를 처리하지 않은 폴리에스테르 직물의 최대응력은 90N/mm<sup>2</sup>, 절단신도는 25%가 나왔다. 플라즈마를 50~150초 처리한 폴리에스테르 직물의 경우 미처리 직물과 큰 차이를 보이지 않았으나, 170초 처리한 직물의 경우 최대응력 70N/mm<sup>2</sup>, 절단신도 22%로 미처리 직물과 차이를 보였다. 이는 대기압 플라즈마 처리에 의해 발생하는 열과 아르곤 가스로 인한 sputter 현상으로 직물이 손상된 것으로 사료된다.

Fig. 12는 플라즈마 처리 후 폴리에스테르 직물의 열적 손상을 알아보기 위해 고분자의 열적 성질을 나타낸 그림이다. 대기압 플라즈마 처리 전·후의 폴리에스테르 직물의 용점이 260℃로 같게 나왔다.

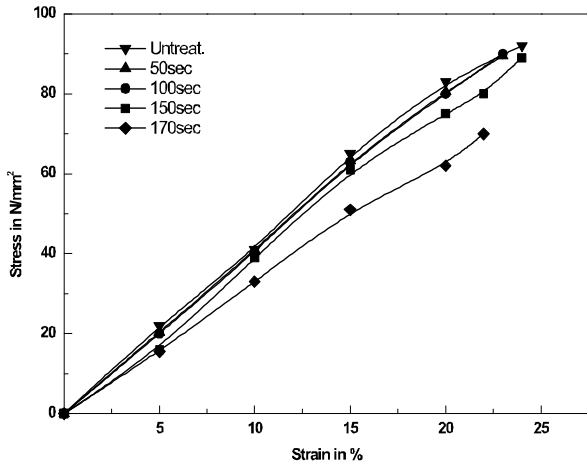


Fig. 11. Strain-Stress curve of plasma treated PET fabric according to treatment time.

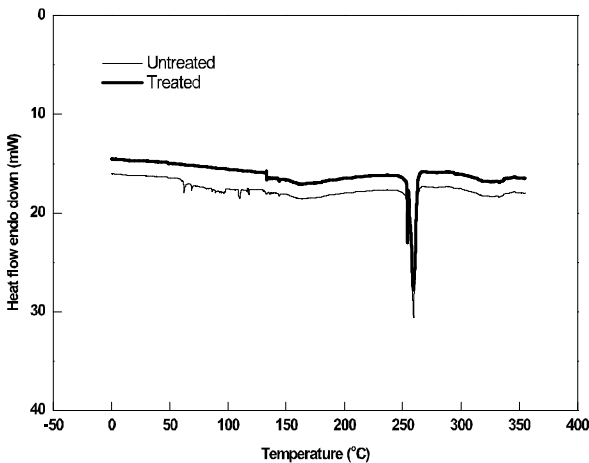


Fig. 12. DSC thermogram of plasma treated PET fabric.

이는 플라즈마 처리로 인한 고분자 고유 특성인 열적특성에 변화가 없음을 보여준다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 진공 플라즈마와 비교하여 연속 대기압 플라즈마 시스템을 폴리에스테르 직물을 처리해 접착력을 개선하고자 표면 특성을 FE-SEM과 제타전위를 통하여 관찰하였으며, 기계적 물성을 peel test를 이용하여 측정하였다.

Ar 가스를 이용한 플라즈마의 표면 처리는 FE-SEM으로 표면 에칭 효과가 나타난 것을 확인하였으며 제타전위의 음의 값이 증가하면서 친수성이 향상된 것을 알 수 있었다. 이를 접촉각 측정으로 다시 확인할 수 있었다.

접착강도의 경우 대기압 플라즈마 출력 800W, 처리 시간 150초에서 4N으로 가장 접착력이 높게 나왔다.

본 실험결과 플라즈마 표면 처리는 표면 에칭과 함께 표면 활성기 등을 증가시켜 접착력을 증가시켜 주는데 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

또한 연속 대기압 플라즈마 장치를 사용함으로써 폴리에스테르 직물의 편발수 가공 및 투습방수 코팅 시 접착성증진 등의 상업적 활용 가능성을 확인하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역산업기술개발사업 (과제번호 : 70000423)의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. C. Y. Huang and C. I. Chen, The effect of plasma surface modification from a rotary plasma reactor on the styrene grafting onto a polypropylene surface, *Surf. Coat. Tec.*, **153**, 194(2002).
2. C. Liu, N. M. D. Brown, and B. J. Meenam, Statistical analysis of the effect of dielectric barrier discharge(DBD) operating parameters on the surface processing of poly(methylmethacrylate) film, *Surf. Sci.*, **575**, 273(2005).
3. J. Toshifuji, T. Katsumata, H. Takikawa, T. Sakakibara, and I. Shimizu, Cold arc-plasma jet under atmospheric pressure for surface modification, *Surf. Coat. Technol.*, **171**, 302(2003).
4. G. S. Senesi, E. D'Aloia, R. Gristina, P. Favia and R. d'Agostino, Surface characterization of plasma deposited nano-structured fluorocarbon coatings for promoting in vitro cell growth, *Surf. Sci.*, **601**, 1019(2007).
5. R. Daw, S. Candan, A. J. Beck, A. J. Devlin, I. M. Brook, S. MacNeil, R. A. Dawson and R. D. Short, Plasma copolymer surfaces of acrylic acid/1,7 octadiene: Surface characterisation and the attachment of ROS 17/2.8 osteoblast-like cells, *Biom.*, **19**, 1717(1998).
6. A. V. Butler, "Electrical Phenomena at Interfaces", Methuen, London, 1951.
7. M. Dai, The Effect of Zeta Potential of Activated Carbon on the Adsorption of Dyes from Aqueous Solution: I. The Adsorption of Cationic Dyes: Methyl Green and Methyl Violet, *J. Colloid Interface Sci.*, **164**, 223(1994).

8. A. Nkano, Y. Suzuki, and M. Iwaki, Water Wettability and Zeta Potential of Polystyrene Surface Modified by Ne or Na Implantation, *J. Colloid Interface Sci.*, **197**, 257(1997).
9. L. T. Nguyen, M. Bedu, D. Caillaud, B. Beaufrère, G. Beaujon, M.-P. Vasson, J. Coudert and P. Ritz, Increased resting energy expenditure is related to plasmaTNF- $\alpha$  concentration in stable COPD patients, *Clinical Nutrition*, **18**, 269(1999).