

대면적 점착 제어를 위한 플라즈마 표면 에너지 제어에 관한 실험적 연구

Experimental study of the surface energy control using the plasma to control the adhesion for the large area

*#박진호¹, 이해진¹, 송정환¹, 이낙규¹, 한아름¹

*J. H. Park(jeanho@kitech.re.kr)¹, H. J. Lee¹, J. H. Song¹, N. K. Lee¹, A. R. Han¹

¹한국생산기술연구원 융합생산기술연구부

Key words : Surface Energy, Contact Angle, Hydrophile, Hydrophobic, Atmospheric Pressure Monomer Plasma

1. 서론

표면 에너지 제어기술은 바이오, 의료, 디스플레이 등의 분야에 널리 이용되고 있으며, 최근 이에 따른 연구가 폭 넓게 진행되고 있다[1-5]. 표면 에너지 제어를 통해 친수성 및 소수성 표면을 얻기 위한 방법은 크게 두 가지로, 첫번째는 접촉표면의 형상을 변화시키는 방법으로 재현성 확보 및 소수성 정도를 예측할 수 있다는 장점을 지니고 있으나, 디바이스 제작 공정이 복잡하고 소수성 표면 개질 공정을 개별 진행해야 하므로 긴 시간을 요하는 번거로움이 있다. 두번째는 화학적인 표면 처리 방법으로 진공 플라즈마와 대기압 플라즈마가 있으며, 진공 플라즈마는 설비 설치비용 및 소수성 디바이스 제작 비용이 비싼 단점을 가지고 있다. 이에 본 논문은 대기압 플라즈마를 이용한 친수성 및 소수성 처리기술에 관하여 다루고자 한다. 대기압에서 시편과 일정거리가 떨어진 건(Gun)타입의 대기압 플라즈마 시스템에서 일반 순도의 아르곤, 산소, 질소를 이용한 표면 친수성 처리를 다루고, 액체상태인 HMDSO(Hexamethyldisiloxane)의 기화 가스와 아르곤 가스를 이용한 표면 소수성 처리를 다룬다. 시편은 PET film을 사용하였으며, 대기압 플라즈마 시스템을 통해 소수성과 친수성에 따른 표면 에너지를 접촉각 측정으로 분석하였으며, 최적의 공정 조건을 도출하고자 한다.

본 논문에서 사용된 대면적 점착 제어용 플라즈마 표면에너지 제어 시스템은 소수성(Hydrophobic) 처리를 위하여 Ar(알곤), O(산소), N(질소), HMDSO(Hexamethyldisiloxane)를 이용하여 표면의 소수성 처리가 가능하다. 여기서, HMDSO(Hexamethyldisiloxane)는 $O[Si(CH_3)_2]_2$ 분자식의 화학적 혼합물로서, 일반적으로 증착이나 스퍼터 후 탑코팅 공정에 증착막 보호를 위해 사용하는 액체 가스 재료이며, 일반적으로 SiO_x 박막형성 공정에 사용된다. 한편, HMDSO를 제외한 나머지 Ar, O, N의 공급량을 조절하면 상기 처리와 전혀 다른 특성이 친수성(Hydrophilic) 처리가 가능하다.

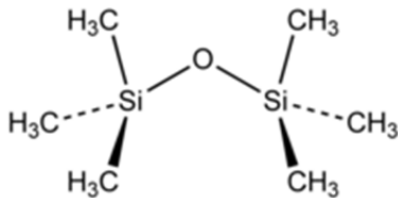


Fig. 1 Molecular formula of the HMDSO

대면적 점착 제어 공정의 주요 영향인자 및 영향도 분석을 위하여 본 논문에서는 다양한 방법의 플라즈마 표면 처리를 실시하였으며, Fig. 2는 실험을 위하여 사용된 플라즈마 표면 처리 시스템의 작동 모습을 나타내었으며, 그에 따른 PET film 기판의 표면 에너지 특성 변화를 관찰하기 위하여 Fig. 3과 같이 액체 방울을 떨어뜨려 sessile drop 방식의 접촉각 측정을 수행하였다. 액체 방울은 일반적으로 사용하는 DI(deionized) water를 사용하였고, 또한 최근 디스플레이 분야의 수요를 고려하여 유연기판(Flexible substrate)용 UV 경화 점착제를 사용하였다.

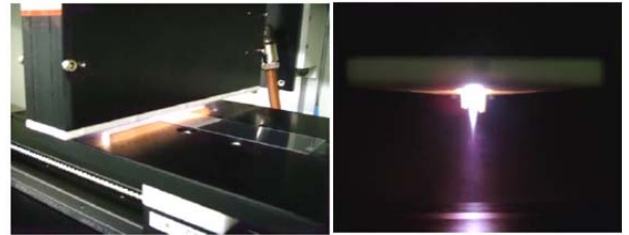


Fig. 2 Plasma discharging from the plasma gun



Fig. 3 Measurement of the contact angle for observing the surface energy

2. 플라즈마 공정 실험

PET Film 기판에 대한 대기압 플라즈마 표면처리 공정시, 표면 에너지 특성은 분석을 위하여 본 논문에서는 경험적 수치에 근거하여 플라즈마 건과 시편의 간격 및 스캔 회수를 공정변수로 설정하였으며 그에 따른 영향도 분석을 다음과 같이 수행하였다.

2.1 DI water droplet

플라즈마 건과 시편 표면 사이의 간격(이하 “간극”이라 칭함)은 2mm/4mm/6mm 총 3가지 조건으로, 스캔회수 또한 1회/5회/10회 총 3가지 조건으로 설정하였으며, 무처리(normal) 시편 1개와 친수성(hydrophilic) 처리 시편 1개, 소수성(hydrophobic) 처리 시편 9개를 합하여 총 11개의 시편에 대한 시험을 수행하였고, Table 1은 PET film 시편의 플라즈마 표면처리 공정 조건에 대한 내용을 정리하여 나타내고 있다.

각 시편에 대해 총 22개소에 DI water droplet을 사용한 접촉각 측정을 수행하였으며, Fig. 4는 측정 결과를 나타내고 있다.

DI water droplet의 PET film 위의 표면 특성은 normal과 hydro-

phile의 값을 비교해보면 미약하나마 친수성 처리가 되었음을 확인할 수 있으며, 또한 6mm 간극에 1회 스캔 시편 또는 6mm 간극에 10회 스캔 시편이 비교적 다른 시편에 비해 소수성 처리가 잘 되었음을 확인할 수 있으며, 결론적으로 6mm 간극에서 안정적인 표면처리 특성을 확인할 수 있다.

Table 1 Processing conditions about the DI water droplet

Items	Hydrophile	Hydrophobic
Gap between the gun and the surface	3mm	2mm/4mm/6mm
Scan cycles	10cycle	1/5/10cycle
RF Power	200 W	50 W
Traveling Speed	9mm/sec	9mm/sec
Argon Gas Inlet Pressure	0.35 MPa	0.2 MPa
Oxygen Gas Inlet Pressure	0.18 MPa	-
Nitrogen Gas Inlet Pressure	0.2 MPa	-
Carrier Gas(Ar) Inlet Pressure	0.01 MPa	0.01 MPa

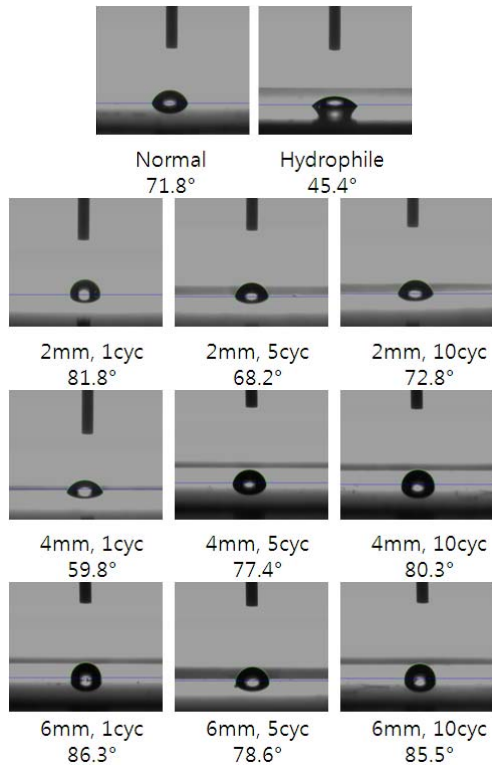


Fig. 4 Contact angle measurements of the DI water droplet on the PET films

2.2 UV adhesive droplet

간극은 4mm/6mm 총 2가지 조건으로, 스캔회수는 1회/10회 총 2가지 조건으로 설정하였으며, 무처리(normal) 시편 1개와 친수성 처리 시편 1개, 소수성 처리 시편 4개를 합하여 총 6개의 시편에 대한 시험을 수행하였고, Table 2는 PET film 시편의 플라즈마 표면처리 공정 조건에 대한 내용을 정리하여 나타내고 있다.

Table 2 Processing conditions about the UV type adhesive droplet

Items	Hydrophile	Hydrophobic
Gap between the gun and the surface	3mm	4mm/6mm
Scan cycles	10cycle	1/10cycle
RF Power	200 W	50 W
Traveling Speed	9mm/sec	9mm/sec
Argon Gas Inlet Pressure	0.35 MPa	0.2 MPa
Oxygen Gas Inlet Pressure	0.18 MPa	-
Nitrogen Gas Inlet Pressure	0.2 MPa	-
Carrier Gas(Ar) Inlet Pressure	0.01 MPa	0.01 MPa

각 시편에 대해 총 9개소에 UV adhesive droplet을 사용한 접촉각을 측정하였으며, Fig. 5는 측정 결과를 나타내고 있다.

UV adhesive droplet의 PET film 위의 표면 특성은 normal과 hydrophile의 값을 비교해보면 친수성 처리가 별 다른 효과가 없다는 것을 확인할 수 있는 반면, 소수성 처리는 normal 시편에 비해 어느 정도 효과가 있음을 알 수 있으며, 4mm 간극에 10회 스캔 시편이 다른 시편에 비해 소수성 처리가 비교적 잘 되었음을 확인할 수 있었다.

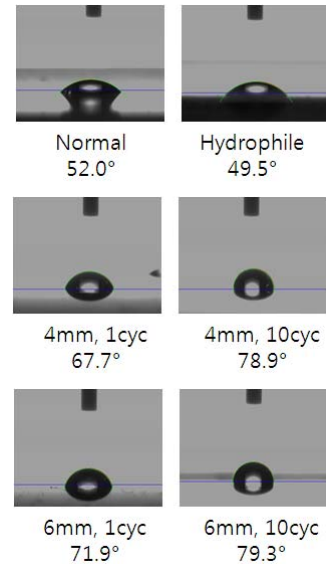


Fig. 5 Contact angle measurements of the UV type adhesive droplet on the PET films

3. 결론

대면적 접착 제어공정의 영향도 분석을 수행한 결과, PET Film 기관 위의 UV adhesive droplet의 경우 친수성 처리는 표면 처리 이전의 것과 큰 차이가 없어, 공정 조건에 대한 추가적인 연구가 필요하며, 소수성 처리는 4mm 간극으로 10회 스캔시 확인한 특성 변화가 나타나는 것을 확인하였다.

후기

본 연구는 지식경제부의 지원으로 수행하는 산업원천기술개발사업 중 “3차원 멀티스케일 구조물 제작기술 개발”사업의 일환으로 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. R. Prat, Y.J. Koh, Y. Babukutty, M. Kogoma, S. Okazaki, M. Kodama, "Polymer deposition using atmospheric pressure plasma glow (APG) discharge", *Polymer* 41, 7355-7360, 2000.
2. Dae-Hwan Jung, Hyuneui Lim, Jeong-Hyun Noh and Wan-Doo Kim, "Fabrication of the Superhydrophobic Surface Inspired from Lotus-Effect", *KSME-A*, 1888-1893, 2007.
3. 나종주, 정용수, 김완두, "진공 플라즈마 처리를 통한 초소수성 표면 제작 및 특성 평가", *대한기계학회논문집 A권*, 제32권 제2호, pp. 143~147, 2008.
4. Shih-Hsien Yang, Chi-Hung Liu, Chun-Hsien Su, Hui Chen, "Atmospheric-pressure plasma deposition of SiOx films for super-hydrophobic application", *Thin Solid Films* 517, 5284-5287, 2009.
5. A.R. Han, H.J. Lee, N.K. Lee, J.H. Song and S.H. Kim, "Remote atmosphere pressure monomer plasma treatment technique for selected area surface energy control", *Microprocesses and Nanotechnology* 2009, 732-733, 2009.