

상압 플라즈마를 이용한 Polystyrene (PS)의 표면개질

이종수 · 신현석 · 석진우 · 장규완 · 백영환

(주) 피앤아이 기술연구소, 서울 131-221

(2008년 10월 13일 받음, 2009년 1월 15일 수정, 2009년 1월 22일 확정)

고분자 Polystyrene (PS)의 표면에 친수성을 가지게 하기 위하여 RF power를 150 W에서 350 W로 처리 시간을 1회에서 4회로 처리하며, 압축된 공기와 산소 가스를 사용하여 상압 플라즈마로 개질하였다. 압축된 공기로 처리한 시료의 접촉각은 91°에서 20°까지 접촉각이 낮아졌으며, 이 때 표면 에너지는 45.74에서 68.48 dyne/cm 증가하였다. 동일한 조건에서 산소 가스로 300 W의 RF Power로 4회 처리하였을 때 접촉각이 91°에서 17°로 변화하였으며, 표면 에너지는 45.74에서 69.73 dyne/cm 증가하였다. 표면에너지의 증가는 dispersion force의 증가보다는 polar force의 증가에 의한 것으로 보인다. 상압 플라즈마로 처리된 시료의 접촉각 감소와 표면에너지의 증가는 X-ray photoelectron spectroscopy (XPS)의 spectra 결과로부터 PS의 표면에 C-O, C=O 결합의 증가로 인한 친수성 작용기가 표면에 형성되었기 때문이라고 생각된다. 상압 플라즈마 처리 후 대기 중에 보관된 시료의 접촉각은 시간이 경과함에 따라 증가하지만, 물 속에 보관된 시료의 경우는 상압 플라즈마 처리 후의 접촉각을 그대로 유지하였다. 상압 플라즈마를 이용하여 PS의 표면을 개질하고, 그 위에 4,000 Å과 8,000 Å의 구리 박막을 열증착법을 이용하여 증착하였다. 각 시료와 구리 박막의 계면과의 접착력은 테이프 테스트 (ASTM D3359)를 이용하여 처리된 PS 표면이 처리하지 않은 시편에 비하여 접착력이 향상되었음을 확인하였다.

주제어 : 상압플라즈마, APP, 표면개질, 폴리스티렌, PS

I. 서 론

일반적인 플라즈마 표면처리는 진공 챔버 안에서 압력을 낮추고 반응 가스를 주입하여 발생시킨 저압 플라즈마 (Low pressure plasma) 방법을 이용하는데, 이 방법은 고가의 진공 장비와 안정화하기 위한 시간이 필요하다는 단점이 있다. 반면 상압 플라즈마는 1 atm(760 Torr)의 대기압에서 안정되고, 균일한 플라즈마 방전을 유지시킬 수 있으므로 시스템이 간단하고, 경제성과 생산성을 향상시킬 수 있다. 하지만, 대기압에서 플라즈마를 만들기 위한 기존의 기술은 아주 강한 전기장과 전력을 필요로 하게 되어 실용성이 없었다. 그래서, 많은 량의 플라즈마를 효율적으로 그리고 비교적 싼 값으로 생산하기 위해서는 새로운 기술이 요구되는 것이다 [1].

일반적으로 고분자의 표면은 소수성의 성질을 가지고 있으며 이러한 성질 때문에 다른 종류의 물질들과 약한 접착력으로 사용에 제약을 주기도 한다. 고분자 중에서 Polystyrene (PS)는 전기 재료, 포장 재료, 광학 및 의료 등의 산업 전반과 생활 전반에서 가장 많이 사용되어지고

있는 고분자 중에 한가지이다. 그러나 PS 역시 소수성의 성질을 가지고 있어 다른 종류의 물질과의 접착력이 약하다. 그러므로 PS의 사용에 있어서 문제가 되는 소수성, 접착력 등의 문제를 해결하고자 Plasma [5-9], ion beam mixing [10], 이외에도 대기 중에 고전압을 발생시키는 corona [11] 와 arc discharge [12-15] 와 같은 방법들을 사용하여 표면의 성질을 개량시키려는 연구가 진행되어 왔다. 그러나 이러한 방법들은 고가의 진공 장비와 안정화하기 위한 시간 등, 장비의 복잡성과 경제적 문제 등으로 인하여 많은 문제점이 있었다. 현재 많은 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있는 상압 플라즈마 방법이 경우에 우수한 양산성을 가질 수 있다는 장점이 있다. 또한 대기압에서의 플라즈마의 발생과 안정성, 대면적 균일성, 3차원 형상 등이 문제가 되며, 이러한 문제를 해결하기 위한 전원 장치 및 공급 방식, 전극 구조 등에 대해 각 각의 독자적인 기술력을 개발해 나아가고 있다.

본 연구실에서 개발된 전극구조, 전원 장치 및 공급 방식을 이용하여 재현성이 우수하고 표면의 손상을 최대한 줄일 수 있는 상압 플라즈마 장비를 개발하였다. 압축된 공기

와 산소 가스를 사용하여 상압 플라즈마 처리 된 PC, PI, EVA 등 여러 가지 고분자의 표면에 친수성을 증가시킬 수 있었으며 고분자/고분자, 또는 고분자/금속 등의 접착력을 증가시켰다. 이러한 실험을 통하여 상압 플라즈마를 이용하여 고분자 표면 개질 시 고분자의 표면에 친수성 작용기 (hydrophilic group)가 생성됨을 알 수 있었다.

본 실험에서는 압축된 공기와 산소 가스에 따른 차이를 비교하였고, RF Power의 출력 전력과 처리 시간에 따른 변화 및 영향도를 함께 조사하였다. 또한 개질 된 시료를 대기 중과 물속에서 각각 보관하여 시간에 따른 친수성의 변화를 측정하고, XPS 분석을 통하여 생성된 친수성기의 결합 상태를 확인하였다. 개질 된 PS와 Cu 박막과의 접착력을 확인하였다.

II. 실험방법

본 실험에서 사용한 시료는 시판중인 1mm 두께의 Polystyrene (PS) Sheet (Hanmi co, Ltd)를 30 mm × 50 mm의 크기로 절단하여 사용하였다. 시료의 세척은 순도 99.9999 %의 메탄올 (J. T. Baker, Inc.)을 이용하여 1차 세척한 후, 다시 3차 증류수로 5분간 세척하였다. 클리닝 후에 시료의 표면에 남아있는 유기용매는 N₂ 기체로 건조시켰다. 물과 처리된 시료표면과의 접촉각 변화를 알아보기 위하여 접촉각 측정기 (Tantec anglemeter)를 사용하여, 처리된 시료의 표면 접촉각을 측정하였다. 측정을 위하여 사용한 물은 3차 증류수로서 처리된 시료의 표면 위에 0.025 ml의 물방울을 각기 3개의 다른 부분에 떨어뜨린 후 평균값을 취하였다. 본 실험에서 사용한 표면 개질 장치인 Atmospheric Pressure Plasma (APP) 개략도를 Fig. 1에 나타내었다.

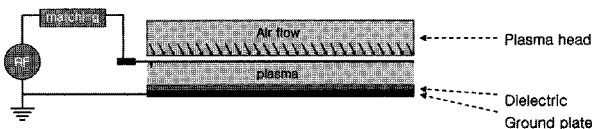


Figure 1. Schematic diagram of Atmospheric Pressure Plasma (APP).

상압 플라즈마는 진공 플라즈마에 비하여 진공 시스템이

필요치 않으며, 1 atm(760 Torr)에서 반응 챔버 없이 사용하였다. 대기압에서의 플라즈마의 발생과 안정성, 대면적 균일성, 3차원 형상 등이 문제를 해결하기 위한 전원 장치 및 공급 방식, 전극 구조 방식의 장치(P&I, Inc.)를 사용하였으며, 13.56 MHz의 RF Power (Advanced Energy Industries Korea, Ltd)를 이용하여 플라즈마를 발생시켰다. 플라즈마 처리에 사용된 가스는 압축된 공기와 산소 가스를 사용하여 가스에 따른 차이를 비교하였다. 상압 플라즈마에서 RF Power의 출력 전력과 처리 시간에 따른 변화 및 영향도를 함께 조사하고, 플라즈마 표면 처리 실험을 하였다. Fig. 2는 RF 출력 전력에 따른 Plasma length의 변화를 나타내었다.

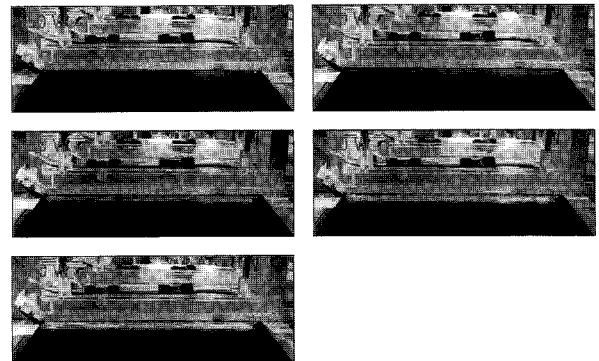


Figure 2. Plasma length with RF power.

Fig. 2와 같이 출력 전력에 따른 변화 실험을 위해, RF Power의 출력 전력을 150 W~350 W까지 50 W의 범위로 PS 표면에 처리하였다. APP System은 Roll-to-Roll / Sheet Type을 구분된다. 본 실험에서는 Fig. 3와 같은 Sheet Type으로 구성하였다.

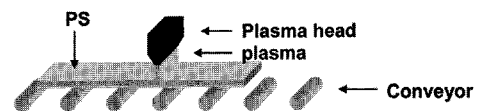


Figure 3. Schematic diagram of sheet type Atmospheric Pressure Plasma (APP) system.

처리 시간에 따른 변화 실험을 위해, 처리 속도의 조절을 위하여 Conveyor를 사용하여 1.8 m/min의 속도로 처리 시간에 따라 처리 하였다. 친수성의 지속성을 알아보기 위

하여 일정 조건에서 처리 한 후 대기와 물 속에서 보관한 시료의 경시변화를 168시간동안 물의 접촉각을 측정하였으며, 표면에너지를 구하기 위하여 포름아마이드용액 (Junsei Chemical Co. Ltd)을 사용하여 접촉각을 측정하였다. 물과 포름아마이드로 측정된 접촉각 결과로부터 dispersion force와 polar force를 각각 계산하였으며, 이 값들의 합인 표면 에너지를 구하였다.

PS의 표면의 화학적 상태를 X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS, PHI 5800 ESCA System)를 이용하여 조성 분석 및 작용기의 종류를 분석하였으며, XPS의 분석은 0.48 eV의 분해능을 가지는 concentric hemispherical analyzer, AlK α X-ray ($h\nu = 1486.6$)와 X-ray monochrometer를 이용해 초고진공(base pressure : 2×10^{-10} Torr)속에서 수행하였다. 각각의 조건으로 표면 처리된 시편 위에 Cu 박막을 열증착법을 사용하였으며, 두께의 변화에 따른 PS와 Cu박막의 접착력을 확인하기 위하여 4,000 Å과 8,000 Å의 두께로 증착하였다.

III. 결과 및 고찰

Fig. 4 (a)는 압축된 공기를 사용하여 처리 시 RF Power의 출력 전력에 따른 각 시료의 물과의 접촉각 변화를 알아보기 위하여 출력 전력을 150 W~350 W까지 50 W의 범위에서 처리하였고, 처리 시간에 따른 PS의 접촉각 변화를 알아보기 위하여 처리 속도의 조절을 위하여 Conveyor를 사용하여 1.8 m/min의 속도로 1회~4회까지 처리시간에

따른 접촉각의 변화를 나타내었다. Fig. 4(a)에서 보는 바와 같이 압축된 공기로 처리하였을 때의 접촉각은 상압 플라즈마 처리를 하기 전에는 91°를 유지하고 있던 시료가 RF 출력 전력을 150 W 1회의 처리시간으로 처리한 후에는 58°까지 접촉각이 낮아지는 현상을 볼 수 있으며, 이는 플라즈마 처리에 의한 Surface Cleaning 효과로 생각 된다. RF 출력 전력과 처리 시간에 따라 접촉각의 크기가 다양하게 변화하였으며, RF 출력 전력이 300 W인 경우 처리 시간을 4회로 처리한 접촉각은 최대 20°까지 감소하였다.

Fig. 4(b)는 산소 가스를 사용하여 처리 시 Fig. 4(a)와 같이 동일한 조건에서 RF Power의 출력 전력에 따른 각 시료의 물과의 접촉각 변화와 처리 시간에 따른 PS의 접촉각 변화를 나타내었다. Fig. 4(b)에서 보는 바와 같이 RF 출력 전력을 150W 1회의 처리시간으로 산소 가스를 사용하여 처리한 경우 51°까지 감소하였다. 압축된 공기로 처리한 경우보다 반응성 기체인 산소 가스로 처리한 경우에 접촉각 감소의 차이는 표면에 형성된 친수성 작용기에 의한 것으로 보인다. 친수성기 형성은 크게 두 과정으로 나누어 생각할 수 있다. 첫 번째는 고분자 표면에 에너지를 가진 플라즈마 처리에 의한 고분자의 연결고리나 말단기가 절단되어 불안정한 상태의 고리나 branch가 형성되는 과정이며, 두 번째는 불안정한 상태의 고분자들이 반응성 기체인 산소와 반응하여 친수성 작용기를 형성하는 과정이다. 압축된 공기로 처리한 경우보다 반응성 기체인 산소 가스로 처리한 경우에 접촉각 감소의 차이를 보이는 것은 압축된 공기의 성분 중 대부분이 질소(78.088 %)이기 때문에 플라즈마 고분자의 연결 고리만을 절단하는 역할을 하는 반면에 산소 가스로 처리한 경우에 고분자 연결 고리를 절단하고 절단된 고리들과 반응하여, 산소와의 결합 가능성을 증가시켜 가장 많은 친수성기를 형성하는 것으로 보인다. 산소 가스로 처리한 것이 압축된 공기로 처리하는 것보다는 PS의 친수성 증가에 더욱 효과적인 것으로 생각된다.

산소 가스 처리 시 RF 출력 전력이 증가함에 따라 접촉각이 감소하였으며, 처리 시간에 따라 접촉각이 감소하였다. RF 출력 전력은 300 W인 경우에 가장 좋은 접촉각의 변화를 나타냈었으며, 처리 시간은 4회 처리한 경우에 17°까지 감소하여 가장 좋은 접촉각의 변화를 나타내었다. RF Power를 350 W로 높였을 때의 변화곡선에서는, 200 W로 처리된 시료의 접촉각보다 낮은 20°의 접촉각을 가지게 됨을 확인할 수가 있었다. RF 출력 전력을 200 W/250

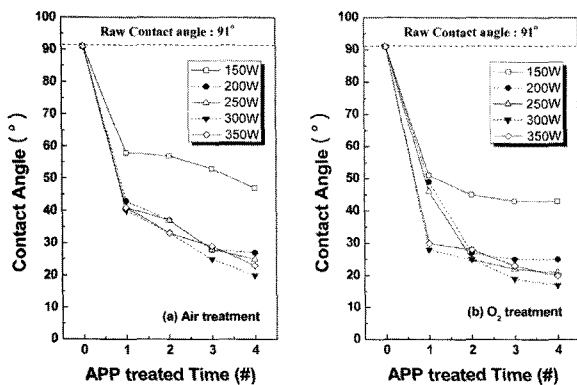


Figure 4. Change of contact angles of water on PS as a function of treated time with RF power (a) Air treatment (b) O $_2$ treatment ; RF power (□) 150 W (●) 200 W (△) 250 W (▼) 300 W (◇) 350 W.

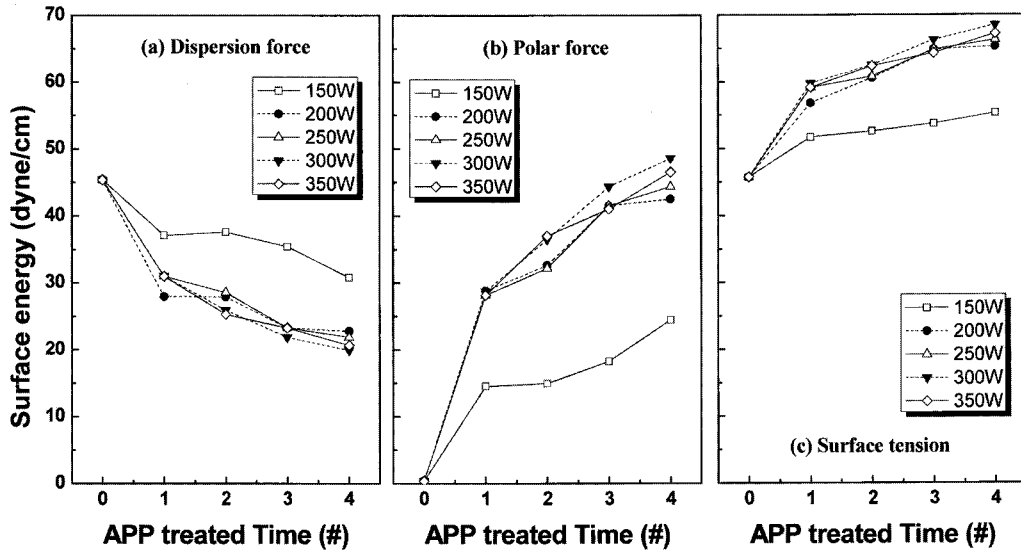


Figure 5. Change of surface energy for PS surface as a function of Air treated time with RF power (a) Dispersion force, (b) Polar force, (c) Surface tension ; RF power (□) 150 W (●) 200 W (△) 250 W (▼) 300 W (◇) 350 W.

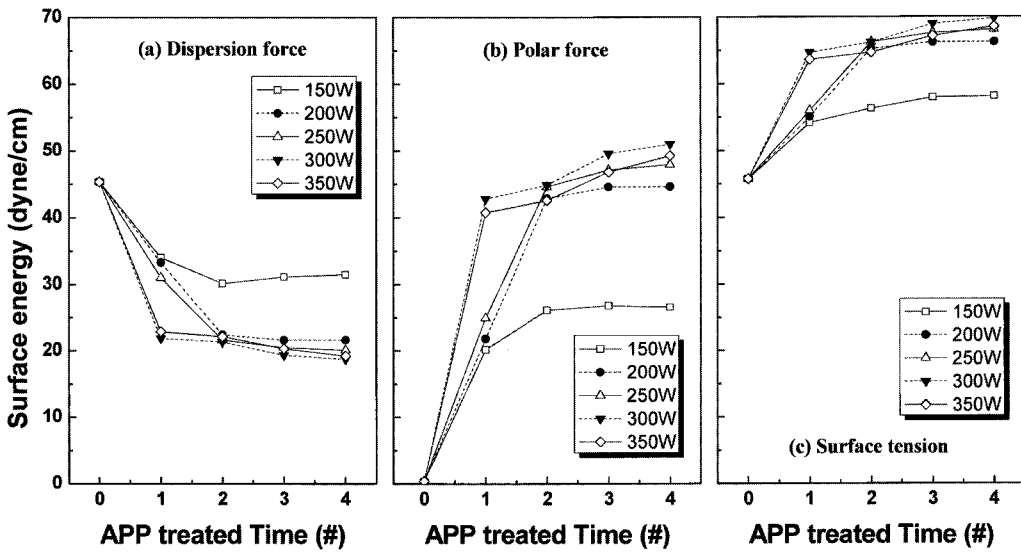


Figure 6. Change of surface energy for PS surface as a function of oxygen treated time with RF power (a) Dispersion force, (b) Polar force, (c) Surface tension ; RF power (□) 150 W (●) 200 W (△) 250 W (▼) 300 W (◇) 350 W.

W/300 W/350 W의 범위로 조사한 경우 따라서 접촉각이 서서히 감소하는 현상을 볼 수 있었다. 하지만 350 W로 처리된 PS의 시료에서는 RF 출력 전력에 따른 변화는 거의 나타나지 않았다.

일반적으로 친수성기의 생성은 고분자 재료의 표면 에너지를 증가시키며 이러한 증대된 표면 에너지로 인하여 다른 물질과의 접착력 증가에도 기여하는 것으로 알려져 있다.

따라서 앞에서 압축된 공기와 산소 가스로 처리된 시료들의 표면 에너지를 물과 폼아미이드의 접촉각으로부터 계산하여 보았다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 압축된 공기로 처리된 PS의 표면 에너지는 처리하기 전에는 45 dyne/cm에서 RF 출력 전력을 150 W에서 처리시간을 4회로 처리한 표면 에너지는 55 dyne/cm까지 증가하였다. RF Power 출력 전력과

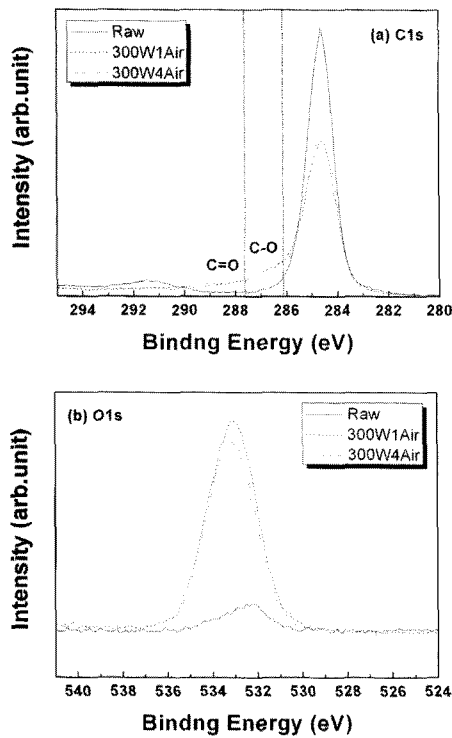


Figure 7. XPS spectra of untreated PS and treated PS (a) C1s peak Intensity, (b) O1s peak Intensity.

처리 시간의 증가에 따라 표면 에너지도 증가하여 RF 출력 전력을 300 W에서 처리시간을 4회로 처리한 경우는 최대 68 dyne/cm까지 증가하였다. Fig. 6에서는 산소 가스로 처리하여 RF 출력 전력을 150 W에서 처리시간을 4회로 처리한 표면 에너지는 58 dyne/cm까지 증가하였다. RF Power 출력 전력과 처리 시간의 증가에 따라 표면 에너지도 증가하여 RF 출력 전력을 300 W에서 처리시간을 4회로 처리한 경우는 최대 69 dyne/cm까지 증가하였다.

압축된 공기와 산소 가스를 사용하여 상압 플라즈마 처리에 의하여 친수성이 증가된 PS 표면의 화학적 결합상태를 알아보기 위하여 처리하지 않은 시료와 표면에너지가 69 dyne/cm까지 증가한 RF Power 출력 전력을 300 W에서 처리시간을 4회로 처리한 시료와 1회 처리한 시료를 X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS)를 이용하여 분석하였다.

Fig. 7과 Fig. 8에서 C1s core-level (XPS) spectra 에서 나타내었듯이 표면처리 하지 않은 경우 대부분의 탄소는 284.6 eV 부근의 C-C결합이나 C-H결합으로 이루어져 있다. O1s core-level (XPS) spectra 에서 보이는 O1s peak의 경우는 PS의 표면에 공기 중에서 흡착된 산소나

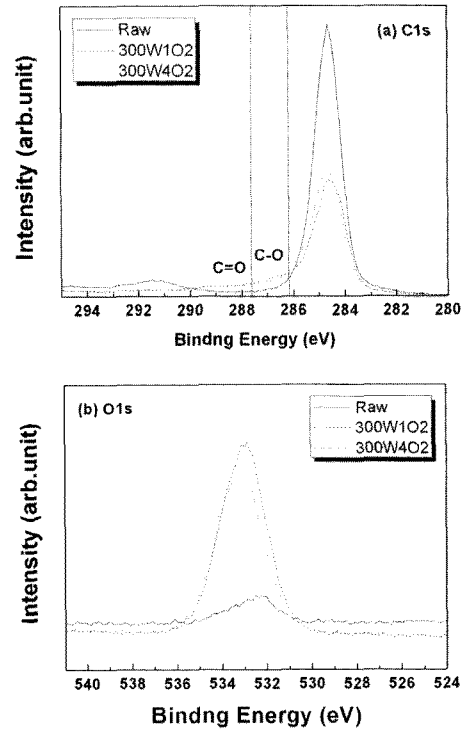


Figure 8. XPS spectra of untreated PS and treated PS (a) C1s peak Intensity, (b) O1s peak Intensity.

PS 제조 공정상에서 첨가된 미량의 산소에 의한 것으로 생각되어지는 Intensity가 관찰된다.

표면 처리된 PS의 탄소에 대한 XPS 분석 결과인 C1s core-level (XPS) spectra 를 보며 원래 가지고 있던 284.6 eV의 C-C 결합은 줄어들고 C-O 결합(286.1 eV), C=O(287.6 eV)이 새로이 형성되었음을 관찰할 수 있다. O1s core-level (XPS) spectra 의 산소 스펙트럼을 보면 표면 처리 전에 비해 표면 처리된 PS에서 많은 양의 산소가 존재함을 확인 할 수 있다. 이러한 산소 농도의 증가는 PS표면에 산소 처리에 의해 떨어진 결합 사슬과 반응에 의해 PS 내부에 들어간 것을 의미한다. 플라즈마 처리에 의해 C의 분율은 감소하고 O의 분율은 증가하였음을 알 수 있다. 이것은 플라즈마 처리과정에서 산소관련 활성종들이 PS의 탄소와 화학 반응하여 탄소를 에칭한 결과로 사료된다. 처리시간이 증가함에 따라 탄소 분율이 감소하고 산소 분율이 증가하는 것은 처리시간에 따른 활성종의 증가로 탄소의 에칭이 더 활발히 진행되기 때문이다. 또한 산소 가스를 이용한 경우 PS의 탄소가 더욱 빠르게 에칭되어 압축된 공기를 이용한 경우보다 탄소의 분율이 더 많이 감소

하게 된다. 이러한 방법으로 형성된 친수성 작용기가 접촉 각 감소를 유발시킨다는 사실은 앞에서 확인 PS 표면에너 지를 구함으로써도 알 수 있다.

고분자의 친수성은 시간이 지남에 따라 감소하는 것으로 알려져 있다. 이는 고분자 고리의 자유로운 유동성이나 처리된 고분자 표면에 다른 원자의 흡착에 기인한다. 또한 플

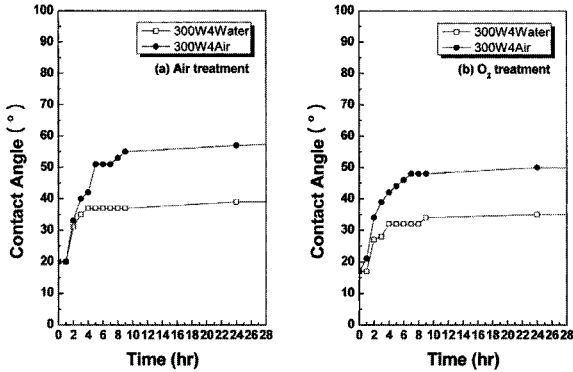


Figure 9. Change of contact angles of PS with exposure time in air and water conditions. (●); (a) Air treatment (b) O₂ treatment.

라즈마를 이용하여 처리된 고분자들의 친수성기는 물에 의한 세척에 의해 쉽게 떨어져 나가면 이는 이온조사에 의한 고분자 고리의 절단이 원인이 된다 [16].

Fig. 9는 (a) 압축된 공기로 처리하여 최대 20°까지 감소하였고, (b) 산소 가스로 처리하여 17°까지 감소하여 가장 좋은 접촉각의 변화를 나타내었던 조건으로 RF Power 350 W의 출력 조건과 4회의 처리시간으로 표면 개질 된 시료를 각각 대기중과 물속에 보관하였을 때 시간에 따른 물과의 접촉각 변화이다. 물과의 접촉각이 20°인 압축된 공기로 처리한 시료를 대기 중에 보관한 시료의 경우는 시간이 지남에 따라 접촉각이 계속 증가하여 144시간 후에는 66°까지 증가하였지만, 물속에 보관한 시료는 초기 24시간 후 40°로 20°의 접촉각이 증가한 후 더 이상의 증가는 없었으며, 물과의 접촉각이 17°인 산소 가스로 처리한 시료를 대기 중에 보관한 시료의 경우는 시간이 지남에 따라 접촉각이 계속 증가하여 144시간 후에는 62°까지 증가하였지만, 물속에 보관한 시료는 초기 24시간 후 37°로 17°의 접촉각이 증가한 후 압축된 공기로 처리한 시료와 동일하게 더 이상의 증가는 없었다.

상압플라즈마를 이용하여 PS의 표면을 개질하고, 그 위

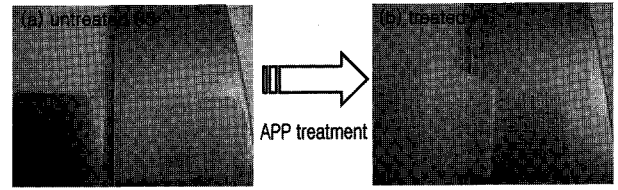


Figure 10. 8,000 Å of Cu thin film deposited on (a) untreated PS, (b) treated PS by Tape test (ASTM D3359).

에 4,000 Å과 8,000 Å의 구리 박막을 열증착법을 이용하여 증착하였다.

Fig. 10은 개질 전과 개질 후의 실제 처리된 PS의 접착력을 테스트 하였습니다. 각 시료와 구리 박막의 계면과의 접착력의 평가법은 고분자와 금속의 접착력을 비교하는데 많이 사용되는 테이프 테스트(ASTM D3359)법으로 박막의 눈금을 100개 낸 후 테이프를 붙였다 떼서 그 떨어져 나간 박막 눈금 수로 접착력을 비교하였다. 박막 전체의 65% 이상이 유리되면 0B, 박막 전체가 안정하다면 5B, 유리된 양에 따라 1B~4B로 표현하는데, 본 실험에서도 RF Power의 출력 전력과 처리 시간에 따라 접착력이 아주 우수한 경우 그리고 일부만 박리되는 경우 등이 있었다. 압축된 공기와 산소 가스에 따른 변화는 나타나지 않은 것으로 보이며, 200 W 이상의 RF Power로 처리한 시료의 경우 접착력이 아주 우수한 5B의 레벨로 처리된 PS 표면이 처리하지 않은 시편에 비하여 접착력이 향상되었음을 확인하였다.

IV. 결 론

Polystyrene 표면을 상압 플라즈마 처리로 표면 개질 하여 친수성을 증가시켰다. Polystyrene의 물과의 접촉각과 표면 에너지는 압축된 공기를 사용하여 150 W의 RF Power로 1회 처리하였을 때 접촉각 91°에서 58°로 감소하였으며, 이 때 표면 에너지는 45.74에서 51.68 dyne/cm 증가하였다. 동일한 조건에서 산소 가스만으로 처리하였을 때 접촉각 91°에서 51°로 변화하였으며, 표면 에너지는 45.74에서 54.19 dyne/cm 증가하였다. 300 W의 RF Power로 4회 처리하였을 때 접촉각 91°에서 20°로 감소하였으며, 이 때 표면 에너지는 45.74에서 68.48 dyne/cm 증가하였다. 동일한 조건에서 산소 가스만으로 300 W의 RF Power로 4회 처리하였을 때 접촉각 91°에서 17°로 변

화하였으며, 표면 에너지는 45.74에서 69.73 dyne/cm 증가하였다. 처리되지 않은 시료와 압축된 공기, 산소 가스로 처리된 시료의 XPS 결과 분석으로부터 상압 플라즈마 처리에 의해 PS의 표면에 형성된 친수성기는 C-O, C=O 결합으로 확인되었다. 대기 중에 보관된 시료는 시간의 경과에 따라 친수성과 표면에서지가 점차로 감소하였으나, 물 속에 보관된 시료는 상압 플라즈마 처리된 초기값을 시간의 경과에 무관하게 일정하게 유지하게 됨을 알 수 있었다. 상압 플라즈마를 이용하여 PS의 표면을 개질하고, 그 위에 4,000 Å과 8,000 Å의 구리 박막을 열증착법을 이용하여 증착한 후 각 시료와 구리 박막의 계면에서의 접촉력은 테이프 테스트 (ASTM D3359)를 이용하여 처리된 PS 표면이 처리하지 않은 시편에 비하여 접촉력이 향상되었음을 확인하였다.

참고문헌

- [1] H.S. Uhm, Journal of the Korean Vacuum Society., Vol 15, 117 (2006).
- [2] A. Holl nder, J. Behnisch, and H. Zimmermann, J. Appl. Polym. Sci., 49, 1857 (1993).
- [3] S. Yuan and R. E. Marchant, Polymer Preprints., 31(2), 665 (1990).
- [4] G. Akovali, Z. M. O. Rzaev, and D. G. Mamedov, Eur. Polym. J. 32, 375 (1996).
- [5] D.W. Fakes, J.M. Netwon, J.F. Watts, and M.J. Edgell, Surface and Interface Analysis., 10, 416 (1987).
- [6] D.Briggs, D.G. Rance, C.R. Kendall, and A.R. Blythe, Polymer., 21, 895 (1980).
- [7] Y. Ikada, M. Mori, and Y. Uyama, J. Polym. Sci. A, Polym. Chem. 32(9), 1683 (1994).
- [8] N. Inagaki, S. Tasaka, and H. Abe, J. Appl. Polym. Sci. 46, 595 (1992).
- [9] Y. Yao, X. Liu, and Y. Zhu, J. Ades. Sci. Techno. 7(1), (1993).
- [10] S. Kuniyoshi, K. Kudo, and K. Tanaka, Appl. Surf. Sci. 43, 447 (1989).
- [11] J.Amouroux, M.Goldman, and M.F.Revoil, J. Polymer Sci., 19, 1973 (1982).
- [12] I.H. Loh, M. Klausner, R. F. Baddour, and R. E. Cohen, Polymer Eng. Sci., 27, 861 (1987).
- [13] R.P. Livi, Nuclear Inst. & Meth. B10/11, 545 (1985).
- [14] S. Jacobson, B. Jonsson, and B. Sundqvist, Thin Films., 107, 89 (1983).
- [15] J.E. Griffith, Y. Qiu, and T.A. Tombrello, Nuclear Inst. & Meth., 198, 607 (1982).
- [16] S. Jung, J.S. Cho, S.C. Choi, and S.K. Koh, Korean Journal of Materials Research., Vol. 9, 450 (1999).
- [17] S.B. Lee, Y.K. Kim, and J.S. Kim, Korean Journal of Materials Research., Vol. 16, 543 (2006).
- [18] J.S. Kim, H.S. Uhm, and H.S. Kim, Elastomer Vol. 39, 3 (2004)
- [19] J.W. Seok, S.C. Choi, H.G. Jang, H.J. Jung, W.K. Choi, and S.K. Koh, Journal of the Korean Vacuum Society., Vol. 6, 200 (1997).
- [20] S. Tang, O.J. Kwon, N. Lu, and H.S. Choi, Korea J. Chem. Eng., 21(6), 1218 (2004).

Surface Modification of Polystyrene (PS) by Atmospheric Pressure Plasma

Jong-Su Lee, Hyun-Seok Shin, Jin-Woo Seok, Gyu-Wan Jang, and Yeong-Hwan Beag

Research & Development Center, P&I Corp, Seoul 131-221

(Received October 13, 2008, Revised January 15, 2009, Accepted January 22, 2009)

Hydrophilic Surface modification of Polystyrene (PS) was performed by Atmospheric Pressure Plasma (APP). Air or O₂ gases were used for carrier gases and RF power was changed from 150 to 350 W. We controlled the treatment time as 1 time to 4 time passing through the plasma region. when the carrier gas was air, the water contact angle on the PS surface was decreased from 91° to 20°. And the surface energy increased from 45.74 dyne/cm to 68.48 dyne/cm. In case of the O₂ plasma treatment, at 300 W of RF power and 4 times treatment, the water contact angle on the PS. Surface was decreased from 91° to 17° and the surface energy was increased from 45.74 dyne/cm to 69.73 dyne/cm. The surface energy was increased by polar force not by dispersion force. Improvement of surface properties can be explained by the formation of new hydrophilic groups which is identified as C-O, C=O by XPS analysis. The contact angle of APP treated PS surface kept in air was increased with time elapse, but maintained same value when it was kept in water. We treated the PS surface by APP and deposited Cu as 4,000 Å and 8,000 Å by thermal evaporation. The adhesion between sample and Cu thin film improvement of treated PS surface against untreated sample. could be verifiable by Tape test (ASTM D3359)

Keywords : Atmospheric pressure plasma, APP, Surface modification, Polystyrene, PS

* [E-mail] sda3004@plasma-ion.com