

# 플라즈마처리에 따른 PE 41의 전단강도 향상에 대한 연구 Study on the Improvement of Shear Strength of PE 41 Plasma Treatment

\*이지훈<sup>1</sup>, #이경엽<sup>2</sup>

\*J. H. Lee<sup>1</sup>, #K. Y. Rhee(rheeky@khu.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 경희대학교 기계공학과, <sup>2</sup> 경희대학교 테크노공학대학

Key words : polyethylene, shear strength, plasma treatment, contact angle

## 1. 서론

Polyethylene(PE)은  $(-CH_2CH_2-)_n$ 의 화학구조로 구성된 고분자물질로 ESCR, 가공성, 충격성 및 전기적특성이 우수하여 필름, 사출, 파이프 등 여러 분야에서 산업용재료로 널리 사용되어지고 있다. 또한, 내식성 및 비강성이 뛰어난 장점 등으로 해저용 구조물에 적용시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>1-3</sup> 하지만 현재까지 이러한 고분자 재료에 대한 물성 및 기계적 특성평가에 대한 자료는 부족한 실정이며 이에 대한 여러 연구가 이루어지고 있다.<sup>4-6</sup> 그러나 PE는 친형적인 소수성(hydrophobic)재료로 특성상 동일 재료간의 접합은 용이하나 이종재료간의 접합은 상당히 어렵기 때문에 물리적 혹은 화학적 방법으로 반드시 표면개질을 통한 접합이 필수적이다. 이에 따라 현재까지 PE에 대한 연구는 표면개질을 통한 여러분야로의 적용에 대한 방법들이 주가 되어 이루어지고 있다. Lehocký<sup>7</sup> 등은 RF플라즈마처리 방법을 이용하여 HDPE의 친수성을 개선하기 위한 연구를 하였으며, Banik<sup>8</sup> 등은 펄렛형태로 된 HDPE의 산소플라즈마 처리효과에 대한 특성에 관한 연구를 수행하였다. 이렇듯 폴리에틸렌의 표면개질에 대한 여러 연구가 진행되고 있으나 PE와 이종재료와의 접합에 대한 연구는 아주 미미한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 라이저 소재로의 적용을 위한 PE와 이에 강도를 보강시킬 수 있는 보강재로서 SS41과의 접합력 향상을 위한 기초적 연구로서 PE의 표면에 산소 플라즈마를 이용하여 표면처리를 실시하였으며 플라즈마 처리 유·무에 따른 PE/SS41 복합재료 제작하였고 shear test를 실시하여 접합강도 및 표면처리에 따른 PE의 surface morphology를 검토하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1 접촉각 측정

본 연구에서는 플라즈마 표면처리를 위한 전단계로 PE와 SS41 표면의 이물질을 제거하기 위해 아세톤, 에탄올 및 삼차중류수의 순으로 각각 5분간 초음파 세척을 실시하였다. 그 다음으로 microwave방식의 플라즈마 클리너(U0050725A, Plasmatic Systems사)장비를 사용하여 PE와 SS41 각각에 산소가스를 통한 플라즈마를 유도하였다. 처리조건으로는 power 420 W, frequency 2.45 GHz, 장비 내 진공챔버압력 28 kPa, 사용가스압력 20 kPa를 적용하였다. 표면처리는 우선 최적의 친수성 경향을 보일 수 있는 노출 시간을 찾기 위해 세 단계(1 min, 5 min, 10 min)의 처리시간에서 노출시켰고, 각 노출시간에 따라 automatic syringe방식의 접촉각 측정기(Phoenix 300, SEO사)를 이용하여 접촉각 변화를 측정하였다.

### 2.2 시험편 제작 및 전단시험

PE/SS41 전단시험편의 제작에 있어 접착제는 열경화성 에폭시 수지인 비스페놀 A형 디글리시딜 에테르(Diglycidyl Ether of Bisphenol A-DGEBA, YD-115, (주)국도화학)와 경화제로 디아닐린(Dianiline, D-230, (주)국도화학)을 2:1의 수지 혼합비로 적용하여 제조하였다. PE는 호남석유화학(주)의 4000B제품을 사용하였으며 steel은 재종SS41의 일반 열연강판을 사용하였고 재료 표면의 버(Bur)를 제거하기 위해 표면에 성형연마를 실시하

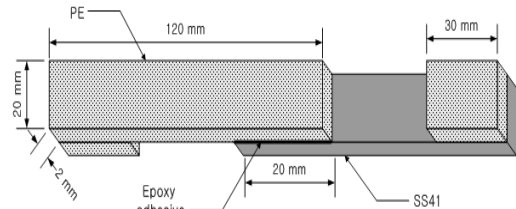


Fig. 1 Schematic diagram of the adhesive joint for shear test specimen

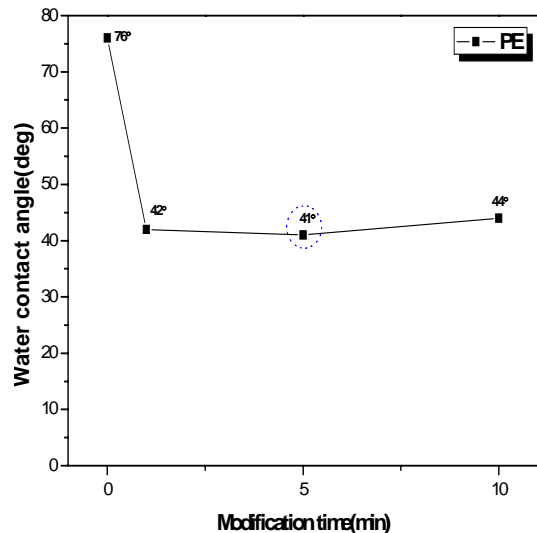


Fig. 2 Effect of plasma modification time on the contact angle

였다. 시험편의 형상은 PE, SS41 각각 120 mm × 20 mm × 2 mm로 가공하였으며 전단시험편의 경우 에폭시 0.8 ml의 일정량으로 20 mm × 20 mm의 면적으로 single lap joint법을 이용하여 제작하였다. 또한, 전단시험편의 경우 하중점의 불일치로 발생하는 벤딩모멘트에 의한 편심이 발생하는 것을 최소화하기 위해 30 mm × 30 mm의 크기로 시험편의 두께와 같은 2 mm의 탭을 시험편의 양 끝단에 부착하였다. Fig. 1은 PE/SS41 전단시험편의 형상을 나타내고 있다. 이렇게 제작된 각 시험편들은 상온에서 24시간 경화시킨 후 오븐 내에서 추가로 60℃로 6시간동안 완전경화시켰다. 이렇게 완성된 시험편들은 각각 2개씩의 시험편으로 INSTRON-8871모델을 이용하여 0.2 mm/min의 하중속도를 적용하여 접착부위의 완전 파단이 일어날 때까지 전단시험을 실시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

플라즈마 표면처리를 이용한 PE와 SS41의 접착강도 증가로의 개질은 산소 플라즈마처리를 통해 1 min, 5 min, 10 min의 처리조건을 분석하여 그에 따른 접촉각 변화를 측정하였다. Fig. 2는 표면처리 시간에 따른 PE 및 SS41의 접촉각 변화를 나타낸 그래프이다. Fig. 2에서 나타낸 바와 같이 PE의 접촉각은 최초 76°에서 1 min의 처리시간에서는 42°로, 5 min의 처리시간에서

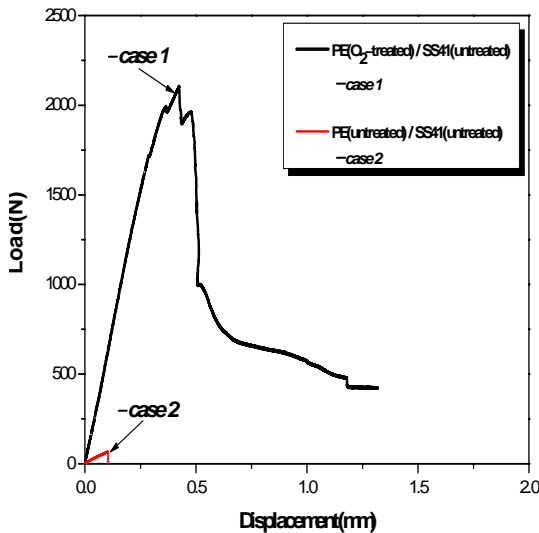


Fig. 3 Variation of load-displacement curves with shear test

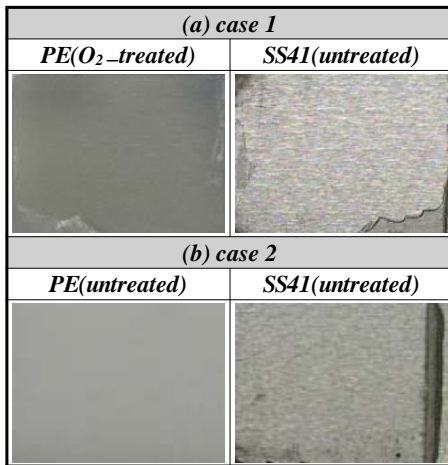


Fig. 4 Photograph of surface morphology with shear test

는 41°로 점차 감소하는 경향을 보였으나 10 min의 처리시간에는 44°로 다소 증가하는 경향을 나타내었음을 알 수 있었다. 따라서 접착각이 가장 낮았던 5 min의 처리시간을 최적의 조건이라 판단하여 선택하였다. 그 후 PE/SS41의 접착강도에 대한 분석을 위해 shear test를 실시하였다. Fig. 3의 그래프에서 나타낸 바와 같이 PE에 표면처리를 실시한 경우 shear strength가 약 2098 N이었고 표면처리를 실시하지 않은 경우 67 N으로 표면처리한 경우에 비해 상당히 낮은 수치를 나타내었다. 이런 사실로부터 알 수 있듯이 이종재료간의 접착강도를 증가시키기 위해서는 소수성 재료인 PE의 표면처리는 반드시 선행되어야 하는 필수적인 요건을 알 수가 있다.

다음으로 shear test에 따른 과단면을 분석하였다. Fig. 4의 shear test에 따른 시험편의 과단면을 보면 PE에 표면처리된 case1의 경우 에폭시 수지가 PE 표면에 거의 대부분 부착되어 있음을 알 수 있다. 그러나 표면처리하지 않은 case2의 경우 SS41의 표면에만 에폭시 수지가 전부 부착되었다. 결과적으로 플라즈마 처리효과는 PE 표면에서 매우 효과적인 반응을 나타내는 것으로 판단된다. 이것은 플라즈마 처리는 고분자재료와의 반응에서 재료표면의 산화와 분해를 유발시켜 재료표면에 친수 성기를 제공함으로써 functional group을 만들어주기 때문인 것으로 판단된다.

### 3. 결론

본 연구에서는 플라즈마 표면처리가 고분자 재료의 표면개질을 시킴으로서 접착강도 개선을 위한 효과적인 방법 중의 하나임을 나타내었다. 또한, 표면처리 유무에 따른 shear test를 실시하여 접착강도에 대한 분석을 하였다. 따라서 본 논문의 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) PE의 플라즈마처리를 통한 접착각은 최초 76°에서 1 min의 처리시간에서는 42°로, 5 min의 처리시간에서는 41°로 점차 감소하는 경향을 나타내었다.
- (2) PE/SS41 복합재의 shear strength는 PE에 표면처리하지 않은 경우에 비해 PE에 표면처리를 한 경우 67 N에서 2098 N으로 약 3030 %의 shear strength 증가를 보여주었다.

### 참고문헌

1. Parry, T. V. and Wronski, A. S., "The Effect of Hydrostatic Pressure on the Tensile Properties of Pultruded CFRP," J. of Materials Science, Vol. 20, pp. 2141-2147, 1981.
2. Wronski, A. S. and Parry, T. V., "Compressive Failure and Kinking in the Uniaxially Aligned Glass-Resin Composite Under Superimposed Hydrostatic Pressure," J. of Materials Science, Vol. 17, pp. 3656-3662, 1982.
3. Tucker, W. C. and Brown, R., "Moisture absorption of graphite/polymer composites under 2000 feet of seawater," J. Compos. Mater., Vol. 23, pp. 787-797, 1988.
4. Dirk Hegemann, Herwig Brunner, and Christian Oehr, "Plasma Treatment of Polymers to Generate Stable, Hydrophobic Surfaces," J. plasma and polymers, Vol. 6, No.4, pp. 221-235, 2001.
5. Ráhel, J., Černák, M., Hudec, I., Štefěčka, M., Kando, M., and Chodák, I., "Surface Modification of Polyester Monofilaments by Atmospheric-Pressure Nitrogen Plasma," J. plasmas and polymers, Vol. 5, pp. 119-127, 2000.
6. Park, H. L., Lim, J. M., Seol, S. D., Lee, W. N., and Moon, J. B., "A study on polymer Surface Treatment Using Plasma," J. of the KOSOS, Vol. 20, No. 1, pp. 94-100, 2005.
7. Lehocký M., Drnovská, H., Lapčíková, B., Barros-Timmons, A. M., Trindade, T., Zembala, M., and Lapčík, L., "Plasma surface modification of polyethylene," Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, Vol. 222, pp. 125-131, 2003.
8. Banika, I., Kim, K. S., Yun, Y. I., Kim, D. H., Ryu, C. M., Park, C. S., Sur, G. S., and Park, C. E., "A closer look into the behavior of oxygen plasma-treated high-density polyethylene," Polymer, Vol. 44, pp. 1163-1170, 2003.
9. Bhowmik, S., Chaki, T.K., Ray, S., Hoffman, F., Dorn, L., "Experimental investigation into the effect of DC glow discharge pretreatment of HDPE on tensile lap shear strength," International Journal of Adhesion & Adhesives, Vol. 24, pp. 461-470, 2004.
10. Park, S. H., Kim, S. D., "Functionalization of HDPE powder by Oxygen Plasma Treatment in a Fluidized Bed Reactor," Theories and Applications of Chem. Eng., Vol. 2, No. 1, pp. 821-824, 1996.