

스펙트라/비닐에스테르 복합재료의 인장특성 향상을 위한 스펙트라 표면처리에 관한 연구

신동혁*(경희대 대학원 기계공학과), 이경엽(경희대 기계공학과)
박상정(경희대 대학원 기계공학과)

A study on the Surface Treatment of Spectra to Improve Tensile Property of Spectra/Vinylester Composites

D. H. Shin(Mech. Eng. Dept. of Graduate School, KHU), K. Y. Rhee(Mech. Eng. Dept., KHU),
S. J. Park(Mech. Eng. Dept. of Graduate School, KHU)

ABSTRACT

In this study, the spectra was surface-treated using Ar⁺ ion beam to improve the tensile property of spectra/vinylester composites. The effect of surface treatment on the tensile property of spectra/vinylester composites was investigated comparing tensile strength and stiffness of surface-treated spectra/vinylester composites with those of untreated spectra/vinylester composites. The results showed that the tensile strength and stiffness of surface-treated spectra/vinylester composites were 12% and 22% higher than those of untreated spectra/vinylester composites.

Key Words : Ion assisted reaction method(이온 도움반응법), Ion-beam(이온빔), Spectra/Vinylester Composites (스펙트라/비닐에스테르 복합재료), Tensile property(인장특성)

1. 서론

복합재료(composite materials)란 두 가지 이상의 재료를 거시적으로 혼합하여 새로운 재료가 된 것을 말한다. 두 가지 이상의 재료를 혼합하여 새로운 재료로 만드는 이유는 단일 재료에서 나타낼 수 없는 재료의 특성을 혼합함으로써 재료의 장점을 적절히 이용할 수 있기 때문이다. 따라서 최근 들어 각 산업분야에 단일 재료로 만족할 수 없는 다양한 요구 조건을 만족시키기 위하여 복합재료가 활발히 연구되고 있다.

복합재료가 다양한 요구조건을 만족시킬 수 있는 장점이 있지만 현재 복합재료 제조에서 제기되고 있는 문제점 중의 하나는 보강재와 기지재간에 결합력을 어떻게 향상시킬 수 있는 가이다. 이를 해결하기 위해 보강재에 대한 다양한 표면처리가 연구되고 있다.¹⁾²⁾

스펙트라 섬유는 폴리에틸렌(PE) 섬유로서 강도가 높고 탄성율이 높아서 충격흡수용 재료로 사용되

며 방탄재, 장갑용 보강재에 많이 사용되고 있다. 그러나 스펙트라 섬유는 표면이 매끄러운 화학적 구조로 되어 있어 수지와 결합력이 떨어지는 단점이 있다.³⁾ 따라서 스펙트라를 보강재로한 복합재에 있어 스펙트라와 수지간의 결합력을 높이기 위해 커플링 에이전트 처리, 플라즈마처리를 이용한 표면처리 연구가 이루어졌다.⁴⁾

한편 이종재간의 결합력을 증가시키기 위해 표면을 이온빔으로 표면처리하는 연구도 이루어졌다. 재료표면에 이온빔으로 표면처리를 하게 되면 친수성이 증가되고 친수성의 증가는 표면에너지를 증가시켜 표면 결합력이 높아지는 것으로 알려져 있다.⁵⁾

최근에는 CFRP (탄소섬유/에폭시) 프리프레그를 산소환경에서 Ar⁺ 이온빔으로 표면처리할 경우 열침 모드 파괴인성 값이 표면처리 하지 않은 경우에 비해 24% 이상 증가하며 이는 표면처리가 층과 층간의 접착강도를 증가시키고 또한 탄소섬유와 에폭시간의 계면력을 증가시키는데 기인하는 것으로 발표된 바 있다.⁶⁾ 그러나 스펙트라 복합재의 물성특성 향

상을 위해 스펙트라를 이온빔으로 표면처리하는 연구결과는 발표된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 스펙트라 복합재의 물성 특성 향상을 위한 스펙트라의 표면처리에 대한 첫 단계 연구로서 이온빔을 적용한 스펙트라의 표면처리가 스펙트라/비닐에스테르 복합재의 인장특성에 미치는 영향을 해석하였다. 이를 위해 산소환경에서 Ar^+ 이온빔으로 표면처리된 스펙트라와 표준의 스펙트라를 적용 스펙트라/비닐에스테르 복합재 시편을 제작 인장시험을 수행하였으며, 두 경우의 시편에 대한 강성계수와 인장강도를 비교하여 표면처리에 따른 인장특성 향상을 정량화 하였다. 또한 표면처리에 따른 인장특성 향상 원인을 이해하기 위해 표면처리한 시편과 표면처리하지 않은 시편의 SEM 사진을 분석하였다.

2. 실험 방법

2.1 스펙트라 섬유 표면처리

스펙트라 섬유의 표면처리는 이온빔 표면처리법을 이용하였다. 이온빔 표면처리는 재료 표면의 젖음성을 증가시켜 표면에너지가 높이고 결국 결합력을 높이는 것으로 알려져 있다.

스펙트라에 이온빔 표면처리는 이온 도움반응법(Ion assisted Reaction)을 이용하여 표면처리 하였다. 실험에 사용되는 이온빔 표면처리 조건은 산소를 분위기 가스로 사용하고 Ar^+ 이온 (6 sccm)을 이용하여 표면처리 하였다. 이온빔 처리 과정시 스펙트라 섬유표면에 질량흐름제어기(Mass Flow Controller)를 이용하여 4 sccm의 산소를 흘려주었다. 입사되는 Ar^+ 이온은 할로우 캐소드타입 이온건(hollow cathode type ion gun)을 이용하여 발생시켰고 이때 이온의 에너지는 1 KeV로 하였다. 스펙트라 표면에 입사되는 이온 에너지의 양은 1×10^{16} 로 하였다. 표면처리 조건을 위와 같이 한 것은 지금까지 여러 실험을 통하여 최적의 표면처리 조건으로 결정되었기 때문이며 이온량의 결정은 기존의 실험에서 최적조건이 1×10^{16} 이온량이 가장 효과적인 값이라 판단되었기 때문이다.

2.2 스펙트라/비닐에스테르 복합재료 제작

표면처리한 스펙트라 섬유와 표면처리 하지 않은 스펙트라 섬유를 따로 제작할 경우 외부의 조건에 따라 시편에 영향을 미칠 수 있기 때문에 표면처리한 것과 표면처리 하지 않은 경우의 시편을 동시에 제작하였다. 비닐에스테르 수지와 경화제는 100:1의

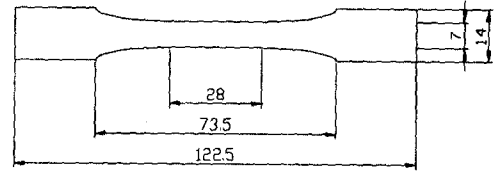


Fig. 1 Configuration of tensile specimen

비율로 혼합하였으며 경화제가 혼합된 수지를 직조된 스펙트라 섬유 3장과 충분히 혼합시킨 다음 몰드에 넣고 핫프레스에서 경화시켰다. 경화조건은 100℃에서 20분간 250kg의 하중상태에서 제작하였다.

2.3 인장시험

인장시험은 일반적인 인장시편 형태로 제작하여 실험하였다. 인장 시험은 만능인장시험기인 Instron 8501을 사용하였으며 변위 조절을 이용한 일정 변형율(2mm/min)하의 하중-제하 방법을 이용하였다. 하중에 따른 변위 데이터는 시편에 extensometer (25mm)를 장착하여 측정하였다. 인장시험은 시편 끝부분에 탭을 붙여서 시행하였으며 표면처리한 경우와 표면처리하지 않은 경우에 대해 각각 6 번의 시험을 수행하였다. Fig. 1은 본 연구에 사용된 인장시편을 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

3.1 표면처리 유무의 따른 인장특성 비교

스펙트라를 표면처리한 경우와 표면처리하지 않은 경우의 스펙트라/비닐에스테르 복합재의 전형적인 하중-변위 선도를 Fig. 2에 나타내었다. 그림에 나타나 있듯이 두 경우 모두 선도는 크게 3 부분으로 나눌 수 있다. 즉 비선형 구간, 선형 구간 그리고 최대하중 후 파손 구간으로 나눌 수 있다. 처음 비선형 구간은 비닐에스테르 수지의 비선형 특성을 나타내며 스펙트라가 하중을 받기 시작한 경우부터는 선형구간이 되며 어느 정도 선형구간을 거쳐서 최고 하중을 거친 후 재료는 급속히 파손되기 시작한다. 그러나 표면처리한 경우와 표면처리 하지 않은 두 경우 모두 2차 저항이 있음을 볼 수 있다. 한편 최대 하중에서 갑자기 하중이 떨어지는 이유는 스펙트라 섬유와 기지재간에 분리가 발생하는데 기인하는 것으로 판단되며 그 후 스펙트라 섬유가 다시 하중을 받다가 급속히 파괴되는 것으로 사료된다.

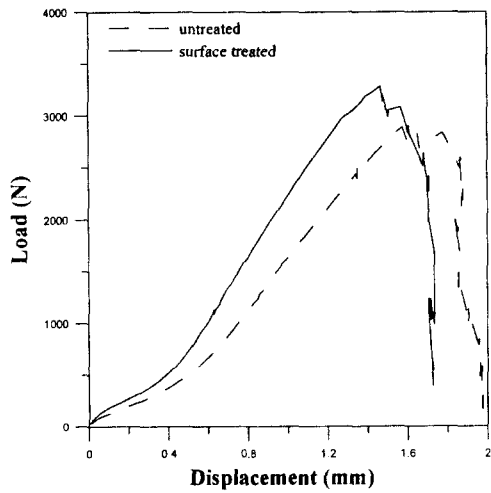


Fig. 2 Load-displacement curves of untreated and surface-treated Spectra/Vinylester Composites

Fig. 3과 Fig. 4는 각각 표면처리 유무에 따른 강성계수(stiffness)와 인장강도를 나타낸다. Fig. 3의 강성계수는 Fig. 2에서 선형적인 구간의 기울기를 측정함으로써 결정하였으며 인장강도는 Fig. 2에서 최대하중으로 결정하였다. 두 그림에 나타나 있듯이 이온빔으로 표면처리할 경우 강성계수 및 인장강도 모두 증가됨을 알 수 있다. 구체적으로 강성계수는 표면처리한 경우가 표면처리 하지 않은 경우에 비해 22% 증가하였으며 인장강도는 12% 증가하였다.

3.2 표면처리 유무에 따른 파단면 비교

이온빔에 의한 표면처리에 따른 인장특성 향상 원인을 이해하기 위해 표면처리한 시편과 표면처리 하지 않은 시편의 SEM 사진을 분석하였다. Fig. 5는 표면처리 하지 않은 시편의 인장실험 후 파면을 1000배 확대하여 찍은 사진이고 Fig. 6은 표면처리 한 시편의 인장실험 후 1000배 확대한 파단면 사진이다.

두 그림에 나타나 있듯이 표면처리한 경우와 표면처리 하지 않은 경우의 파단면은 많이 다름을 알 수 있다. Fig. 5에 나타나 있듯이 표면처리 하지 않은 시편의 파단면은 스펙트라 섬유와 비닐에스테르 수지가 파단 후 서로 분리되어 있는 것을 알 수 있다. 이에 비해 이온빔 표면처리한 시편의 파단면은 스펙트라 섬유가 수지와 서로 잘 붙어 있으며 또한 수지와 잘 혼합돼 있음을 알 수 있다. 이는 결과적으로 수지와 섬유간의 결합력을 강화시켜 강성계수와 인장강도가 향상됨을 나타낸다고 하겠다.

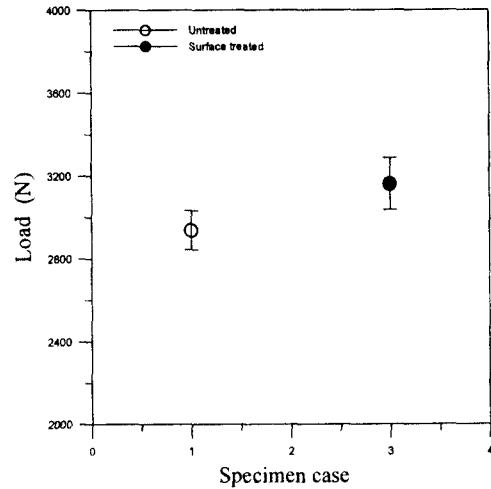


Fig. 3 Comparison of tensile strength for untreated and surface-treated Spectra/Vinylester Composites

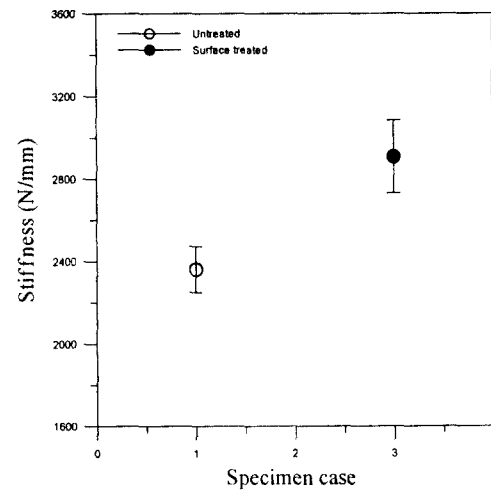


Fig. 4 Comparison of stiffness for untreated and surface-treated Spectra/Vinylester Composites

4. 결론

본 연구에서는 이온빔을 적용한 스펙트라/비닐에스테르 복합재의 표면처리가 스펙트라/비닐에스테르 복합재의 인장특성에 미치는 영향을 검토하였다. 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 이온빔을 적용 스펙트라를 표면처리할 경우 스펙트라/비닐에스테르 복합재의 인장강도와 강성계수

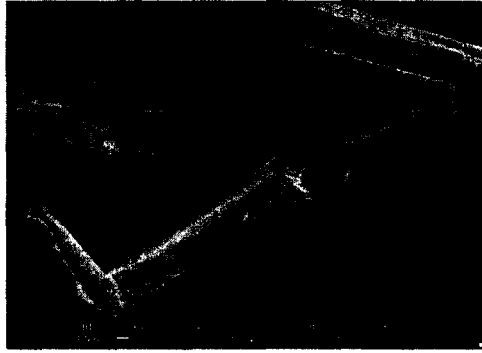


Fig. 5 SEM photograph of fracture Surface (untreated Spectra/Vinylester Composites case)



Fig. 6 SEM Photograph of fracture Surface (surface treated Spectra/Vinylester Composite)

수는 각각 12%와 22% 증가한다.

- 2) 인장강도와 강성계수의 증가는 표면처리가 스펙트라 섬유와 비닐에스테르 수지의 계면력을 향상 시키는데 기인한다.
- 3) 이온빔 표면처리법은 인장특성 뿐 아니라 다른 기계적 특성도 향상시킬 것으로 사료되며 향후 피로특성 및 충격 특성과 같은 연구도 진행되어야 할 것으로 고려된다.

후기

본 연구는 2000년도 용인시 중소기업 기술개발사업 과제에 의해 지원되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. A. Valadez-Gonzalez, J.M. Cervantes -Uc, R. Olayo, P.J. Herrera-Franco "Effect of fiber surface treatment on the fiber-matrix bond strength of natural fiber reinforced composites," Composite, Vol. 30, pp. 309-320, 1999.
2. E.T.N. Bisanda, M.P. Ansell, "The effect of silane treatment on the mechanical and physical properties of sisal-epoxy composites," Composite Science and Technology, Vol. 41, pp. 165-178, 1991.
3. 김철, 강태진, 육종일, 박종규, "층내 하이브리드화가 케블라/스펙트라 적층 복합재료의 물성에 미치는 영향", 한국복합재료학회지, Vol. 8, pp. 25-35, 1995.
4. 김철, 강태진, 육종일, 이승구 "케블라/스펙트라 하이브리드 적층복합재료의 정적물성과 충격특성에 관한 연구," 한국복합재료학회 춘계학술발표회, pp. 240-243, 1994.
5. Choi, W. K. Koh, S. K. and Jung, H. J., "Surface Chemical Reaction between Poly-carbonate and Kilo-Electron-Volt Energy Ar⁺ Ion in Oxygen Environment," J. of Vacuum Science & Technology A, Vol. 14 pp. 2236-2371, 1996.
6. 이경엽, 지창현, 양준호 "섬유강화 적층복합체의 열림모드 파괴특성 향상을 위한 Ar⁺이온도움 반응법을 적용한 프리프레그의 표면처리의 연구." 대한기계학회 논문집, Vol. 24, pp. 2771-2776, 2000