

이온빔으로 표면처리한 스펙트라/비닐에스테르 복합재의 인장특성

신동혁*, 이경엽**

*강남정공 기술연구소, **경희대학교 기계·산업시스템공학부

A Study on the Tensile Characteristics of Spectra/Vinylester Composites with Ion Beam Treatment of Spectra Fibers.

D. H. Shin*, K. Y. Rhee**

*Kanam Industrial Co. Ltd

**School of Mechanical and Industrial Engineering, Kyunghee University

Abstract

The use of Spectra fibers as fiber cloth is increasing because of their excellent impact resistance. However, a major limitation on the use of Spectra fibers is a chemical inertness. In this Study, Spectra fibers were surface-treated using Ar⁺ ion beam under oxygen environment to improve the tensile property of Spectra/vinylester composites. The effect of surface treatment of Spectra fibers on the tensile property of Spectra/vinylester composites was determined from tensile tests using Spectra/vinylester composite specimens with and without a hole. It was found that the tensile stiffness and strength of surface-treated case were 22% and 17% higher than those of untreated case for specimens with no hole. The maximum load of surface-treated case was about 15% higher than that of untreated case for specimens with a hole.

Keywords : ion assisted reaction (이온 도움 반응), spectra/vinylester composite (스펙트라/비닐에스테르 복합재료), tensile property (인장특성)

1. 서 론

최근 들어 여러 산업분야에서 단일 재료로 만족시키지 못하는 다양한 구조물의 요구조건을 만족시키기 위해서 복합재료가 활발히 연구되고 있다. 복합재료의 기계적 물성은 여러 가지 변수에 의해

결정되지만 보강재와 기지재간의 계면 결합력은 복합재료의 기계적 특성을 결정짓는 중요한 변수이다. 따라서 보강재에 다양한 표면처리를 적용함으로써 기지재와 계면 결합력을 향상시키기 위한 심도 있는 연구가 진행되어 왔다¹⁻³⁾.

스펙트라 섬유는 폴리에틸렌계 섬유로서 비강도

와 비탄성이 높아서 충격흡수용 재료로 사용되며 주로 방탄재, 장갑용 보강재에 많이 사용되고 있다.

그러나 스펙트라 섬유는 표면이 화학적으로 안정된 구조로 되어 있어 수지와 결합력이 약한 단점이 있다. 따라서 스펙트라 섬유와 기재재 간의 결합력을 높이기 위해 스펙트라 섬유를 실란, 코로나, 플라즈마 등의 표면처리로 계면 결합력을 높이기 위한 연구가 진행되어왔다⁴⁾.

최근에는 탄소섬유/에폭시 프리프레그를 산소환경에서 Ar^+ 이온빔으로 표면처리 적용할 경우 열림모드 파괴인성 값이 표면처리를 적용하지 않은 경우에 비해 약 24% 이상 증가한다는 것이 발표되었다⁵⁾. 그러나 이온빔을 적용한 섬유의 표면처리가 복합재료의 인장특성에 미치는 영향에 대한 연구는 현재 미진한 상태로서 이에 대한 심도 있는 연구를 필요로 하고 있다.

본 논문에서는 이온빔을 이용한 스펙트라 섬유의 표면처리가 스펙트라 복합재료의 인장특성 향상에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 이를 위해 Ar^+ 이온빔으로 표면처리 한 스펙트라와 표준의 (표면처리 하지 않은) 스펙트라 섬유를 각각 적용하여 스펙트라/비닐에스테르 복합재 시편을 제작 인장시험을 수행하였으며, 각 경우의 시편에 대한 인장강도 및 인장탄성계수를 비교하여 표면처리 유무에 따른 인장특성을 정량화 하였다.

2. 실험방법

2.1 스펙트라 섬유 표면처리

스펙트라 섬유의 표면처리는 이온빔 표면처리 시 분위기 가스를 이용하는 이온도움반응법 (ion assisted reaction method)을 이용하여 수행하였다. 이온도움반응법을 이용한 표면처리는 기존의 이온빔 처리보다 재료표면의 젖음성을 더 증가시켜 표면에너지를 높이고 결국 결합력을 높이는 것으로 알려져 있다. 표면처리 조건은 산소를 분위기 가스로 사용하고 Ar^+ 이온을 이용하여 표면처

리 하였다. 표면처리시 산소 분위기는 질량 흐름 제어기를 이용하여 4 sccm의 산소를 흘려주어 조성하였다. 입사되는 Ar^+ 이온은 할로우 캐소드 타입 이온건을 이용하여 발생시켰고 이때 이온 에너지는 1 KeV로 이온량은 1×10^{16} ions/cm²으로 하였다. 표면처리 조건을 위와 같이 한 것은 최적의 이온에너지 및 이온량이 각각 1 KeV와 1×10^{16} ions/cm²으로 판단되기 때문이다⁶⁾. Fig. 1은 스펙트라 섬유의 표면처리에 이용된 이온빔 표면처리 장치의 개략도이다.

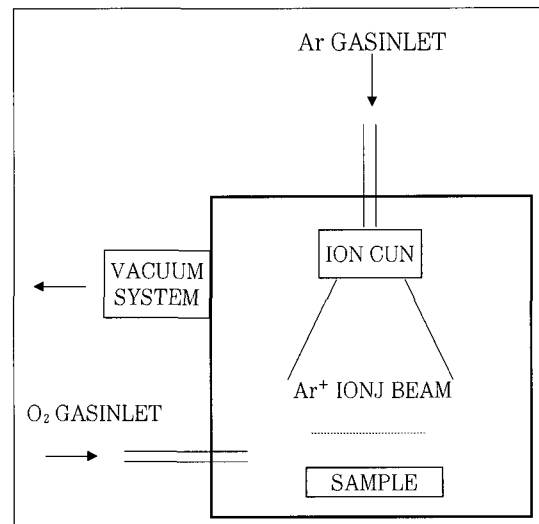


Fig. 1 Schematic diagram of an Ar^+ ion irradiation treatment

2.2 스펙트라/비닐에스테르 복합재 시편제작 및 인장시험

고분자기지 복합재는 다양한 조건에 의해 기계적 특성이 달라진다. 본 연구에서는 스펙트라 섬유의 표면처리 유무 외에는 같은 조건을 갖는 시편을 제작하기 위해 표면처리 한 경우와 표면처리 하지않은 스펙트라 섬유를 적용 동시에 스펙트라/비닐에스테르 복합재를 성형 제작하였다. 복합재 성형은 스펙트라 섬유를 일방향으로 3장 적층한 후 비닐에스테르와 경화제가 100 : 1의 비율로 혼합된 수지를 적층된 스펙트라 섬유에 충분히 흡수

시킨 다음 몰드에 넣고 핫프레스에서 경화시켰다. 경화조건은 비닐에스테르의 최적 경화조건인 100 °C에서 20분간 250 kg의 하중상태에서 제작하였다. 인장시편은 시편 중앙에 구멍이 있는 경우와 없는 경우 두 경우로 제작하였다. 구멍이 없는 시편 경우에는 도그본 (dog-bone) 모양으로 시편제작을 하였으며 구멍이 있는 경우에는 직사각형 모양의 시편을 제작하였다. Fig. 2는 두 경우에 대한 시편의 형상 및 크기를 나타낸다. 인장실험은 만능실험기를 사용 일정 변형율(2mm/min)로 수행하였으며 하중에 따른 변위는 엑스텐소미터(25mm)를 이용하여 측정하였다. 시험 데이터의 유사성을 판단하기 위해 표면처리 한 시편과 표면처리하지 않은 시편에 대해 각각 6번의 인장실험을 수행하였다.

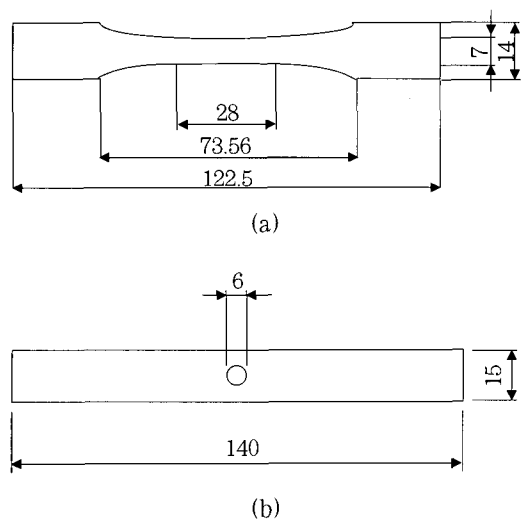


Fig. 2 Configurations of dog-bone tensile specimen (a) and rectangular tensile specimen with a hole (b)

3. 실험결과 및 고찰

3. 1 표면처리 유무에 따른 인장특성 비교

스펙트라 섬유를 Ar^+ 이온도움반응법으로 표면처리 한 경우와 표면처리 하지 않은 경우의 하중-변위 선도를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 알

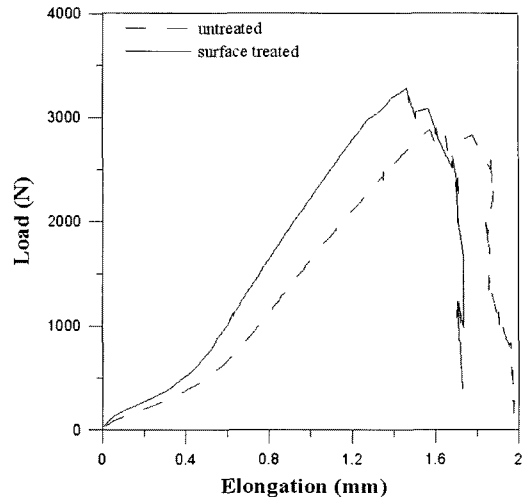


Fig. 3 Typical load-elongation curves of untreated and ion beam treated Spectra/vinylester dog-bone composite specimen

수 있듯이 두 경우 모두 하중-변위 선도는대략 세 구간으로 구분할 수 있다. 초기의 비선형 구간, 선형 구간 그리고 최대하중 후 파손 구간으로 구분된다. 비선형 구간은 스펙트라 섬유와 비닐에스테르 수지 중에서 비닐에스테르 수지의 비선형 특성을 나타내며 선형구간은 스펙트라 섬유가 하중을 받기 시작한 경우를 나타낸다. 선형구간을 거쳐서 최고 하중을 거친 후 재료는 급속히 파손되기 시작한다. 그러나 표면처리한 경우와 표면처리 하지 않은 두 경우 모두 2차 저항이 있음을알 수 있다. 최대하중에서 갑자기 하중이 떨어지는 이유는 층간분리가 발생한데 기인하는 것으로 판단되고 그 후 잔류강도가 남아 있는 부분에서 다시 하중을 받다가 급속히 파괴되는 것으로 사료된다.

Ar^+ 이온도움반응법을 적용한 스펙트라 섬유의 표면처리가 스펙트라/비닐에스테르 복합재의 인장특성을 얼마나 향상시키는 가를 정량화 하기 위해 스펙트라 섬유를 표면처리 한 경우와 표면처리 하지 않은 경우의 스펙트라/비닐에스테르 복합재의 인장탄성계수와 파손이 발생하기 전까지의 최대하중 값을 비교하였다. Fig. 4와 Fig. 5는 각각 표면

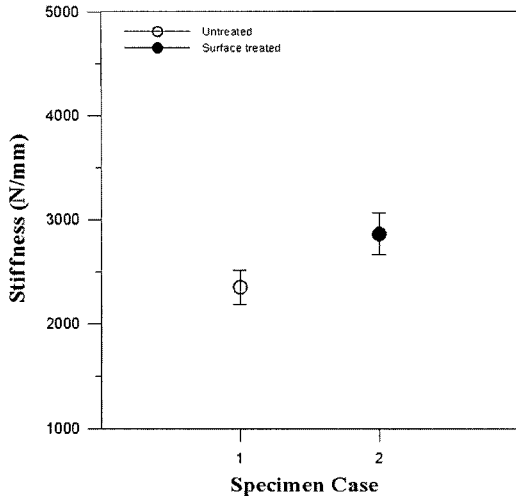


Fig. 4 Comparison of stiffness for untreated and ion beam treated Spectra/vinylester dog-bone composite specimen

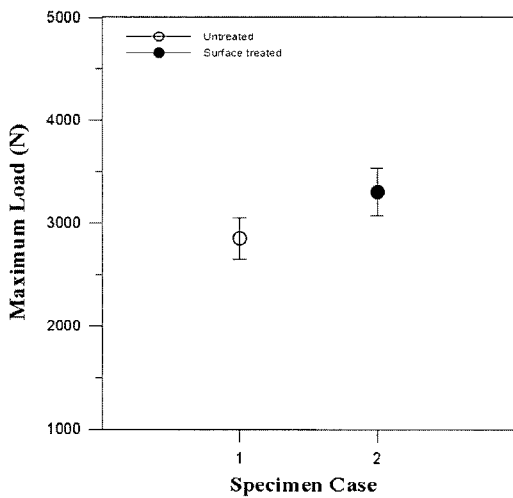


Fig. 5 Comparison of maximum load for untreated and ion beam treated Spectra/vinylester dog-bone composite specimen

처리 유무에 따른 스펙트라/비닐에스테르 복합재의 인장탄성계수와 최대하중값을 비교한 그래프이다. Fig. 4의 인장탄성계수는 Fig. 3에서 선형적인 구간의 기울기를 측정함으로써 결정하였다. 두 그림에서 알 수 있듯이 Ar⁺ 이온도움반응법으로 표면처리 할 경우 인장탄성계수 및 최대하중 모두

증가됨을 알 수 있다. 구체적으로 인장탄성계수는 표면처리 한 경우가 표면처리 하지 않은 경우에 비해 22% 증가하였으며 최대하중 값은 17% 증가하였다.

스펙트라 섬유 표면처리가 스펙트라/비닐에스테르 복합재의 잔류강도에 미치는 영향을 이해하기 위해 구멍이 있는 시편을 적용 표면처리 유무에 따른 파손이 발생하기 전까지의 최대하중 값을 비교하였다. Fig. 6은 시편 중앙에 구멍이 있는 스펙트라/비닐에스테르 복합재의 두 경우에 대한 전형적인 하중-변위 선도를 나타낸다. 그림에서처럼 두 경우 모두 비슷한 하중-변위 선도를 나타냄을 알 수 있다. 그러나 하중-변위 선도 아래 부분을 재료의 에너지 흡수량으로 생각할 때 이온빔 표면처리한 경우가 더 많은 에너지를 흡수 할 수 있음을 알 수 있다.

Fig. 7은 표면처리 유무에 따른 구멍이 있는 경우 스펙트라/비닐에스테르 복합재의 최대하중 값을 비교한 그래프이다. 그림에서 나타나 있듯이 Ar⁺ 이온도움반응법으로 표면처리 할 경우 최대하중은 표면처리 하지 않은 경우에 비해 15% 이

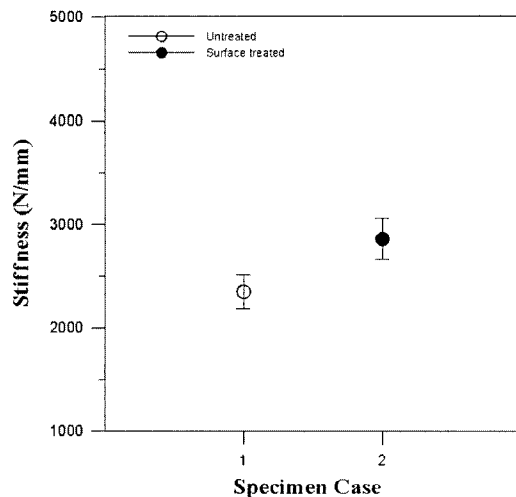


Fig. 6 Typical load-elongation curves of untreated and ion beam treated Spectra/vinylester composite specimen with a hole

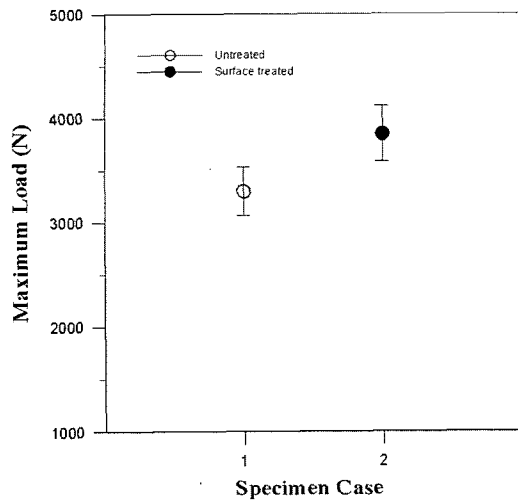


Fig. 7 Comparison of maximum load for untreated and ion beam treated Spectra/ vinylester composite specimen with a hole

상 증가하였다. 표면처리에 따른 인장탄성계수와 인장강도의 증가는 표면처리로 인한 스펙트라 섬유 표면의 친수성 증가에 기인하는 것으로 판단된다⁷⁾. 즉 친수성 증가는 스펙트라 섬유와 비닐에스테르 수지간의 계면 결합력을 향상시키고 이는 결과적으로 강성 및 강도의 증가를 야기하게 된다.

4. 결 론

본 연구에서는 Ar^+ 이온도움반응법을 적용한 스펙트라 섬유의 표면처리가 스펙트라/비닐에스테르 복합재의 인장특성에 미치는 영향을 검토하였다. 본 연구를 통해 얻은 결론을 요약하면 다음과 같다. 첫째, Ar^+ 이온도움반응법을 적용 스펙트라를

표면처리 할 경우 스펙트라/비닐에스테르 복합재의 인장강성계수와 인장강도는 각각 22%와 17% 증가한다. 또한 시편 중앙에 구멍이 있는 경우 인장강도는 15% 이상 향상된다. 둘째, 이온도움반응법을 이용한 표면처리는 인장특성 뿐 아니라 다른 기계적 특성도 향상시킬 것으로 판단되며 향후 피로특성 및 충격특성과 같은 연구도 진행되어야 할 것으로 고려된다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구과제 (과제번호 : 2000-1-30400-004-3)에 의하여 연구되었으며 이에 사의를 표합니다.

참고문헌

1. L.G. Tang and J.L. Kardos : Polymer Composites, 18 (1997) 100
2. S. Keusch and R. Haessler : Composites, 30 pp. 997-1002 (1999) 997
3. K.F. Koster and P. Schwartz : Composite Sci. Technol. (2000) 2005
4. H. Rostami, B. Iskandarani, and I. Kamel : Polymer Vol. 13 (1992) 207
5. 이경엽, 지창현, 양준호 : 대한기계학회 논문집, 24 (2000) 2771
6. 신동혁 : 경희대학교 석사학위 논문 (2002)
7. S.C. Park, S.K. Koh, and K.D. Pae : Polymer Eng. Sci. 38 (1998) 1185