

나노조작기를 이용한 탄소나노섬유 인장물성 시험 Tensile Test of Carbon Nanofiber using Nano-manipulator

*장훈식, #남승훈, 김호룡, 이석철, 정인현, 박홍서

*H. S. Jang, #S. H. Nahm(shnahm@kirss.re.kr), H. J. Kim, S. C. Lee, I. H. Jeong, J. S. Park
한국표준과학연구원, 재료측정표준센터

Key words : Carbon nanofiber, Tensile test, Nano-manipulator

1. 서론

탄소나노섬유는 탄소나노튜브 [1] 와 더불어 산업 전분야에 응용 될 것으로 예상되어 왔으나 [2], 현재까지 탄소나노섬유가 응용 분야에 있어서 그다지 활용된 사례는 찾아보기 힘들다. 그것은 많은 연구자들에 의해서 탄소나노섬유에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있지만, 아직까지 탄소나노섬유에 대한 물리적, 화학적 특성에 대한 연구결과가 많이 발표되었지만, 반면에 탄소나노섬유의 역학물성 분야에 대한 이해도가 높지 않다고 하겠다. 왜냐하면, 한 가닥에 대한 역학시험을 할 경우, 전자현미경내에서 시험이 이루어져야 하고, 한 가닥씩 제어를 하고, 그림을 하는 것은 많은 어려움 때문이다. 본 연구는 전자현미경 내부에서 나노조작기를 이용하여 탄소나노섬유에 대한 인장시험을 하고, 인장물성에 대하여 평가하였다.

2. 실험방법 및 결과

탄소나노섬유에 대하여 인장시험을 수행하기 위해 전자현미경(TOPCON, SEM-300) 내부에 나노하중을 측정할 수 있는 센서와 나노단위로 움직일 수 있는 조작기(Klocke)를 장착을 하였다. 나노조작기는 X, Y, Z의 3축 구동이 가능하며 최대 120 mm 까지 이동이 가능하고 조이스틱(Joystick)을 이용하여 제어된다.

나노구조체에 가해지는 하중을 측정하기 위해 힘센서(Klocke, force sensor)를 나노조작기에 장착을 하였다. 힘센서는 캔틸레버 타입으로 이루어졌다. 나노조작기와 나노 힘센

서는 프로그램화된 컴퓨터로 제어할 수 있다. 한 가닥의 탄소나노섬유에 대하여 인장 시험을 수행하기 위해서 먼저 소재의 분산 과정이 필요하다. 분말형태의 탄소나노섬유를 에탄올에 넣고 1 분동안 초음파 처리하였다. 한 가닥의 탄소나노섬유의 그림핑을 위해, 탄소나노섬유를 고정할 수 있는 스테이지를 대신 할 수 있을 뿐만 아니라 인장 시험 전, 후 투과전자현미경 관찰도 할 수 있는 장점이 있는 투과전자현미경용 그리드를 사용하였다.

투과전자현미경용 그리드를 절반을 자른 후, 절단된 그리드위에 초음파 처리 후 에탄올과 함께 썩여 있는 탄소나노섬유를 분산하고, 오븐에 80 °C 에서 1 시간 정도 건조하였다.

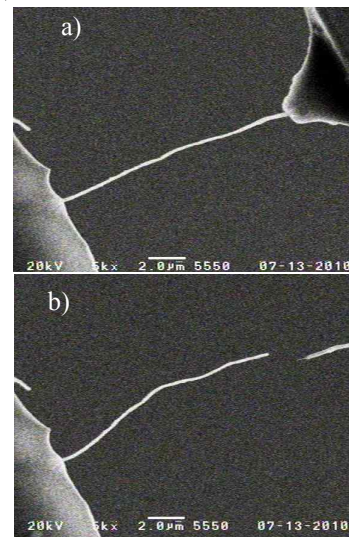


Fig. 1. a) before and b) after tensile test of carbon nanofiber

탄소나노섬유를 그리드위에 분산처리 후, 전자현미경내부 스테이지 부분에 장착을 한다. 텅스텐 팁을 이용하여 적당한 탄소나노섬유 한 가닥을 선택을 하고 인장방향으로 정렬을 하고 그리드 부분과 고정하기 위해서 전자빔(E-beam)을 이용하여 고정을 하는데 이때, 선택된 한 가닥의 탄소나노섬유의 고정할 위치에 전자빔을 고배율로 주사하면 비정질 탄소와 탄화수소들이 증착되어 고정이 된다. 탄소나노섬유의 다른 쪽은 힘 센서 팁 부분에 역시 전자빔을 이용하여 고정을 하면, 그림 1a)와 같이 탄소나노섬유 한 가닥에 대해서 인장시험을 위한 준비가 완료된다.

나노조작기를 서서히 움직이면서 인장시험을 수행한다. 인장시험 중, 인장 하중은 나노조작기에 장착된 힘 센서로부터 측정된다. 그림 1b)는 탄소나노섬유에 대한 인장시험 후 완전히 파단된 형태를 나타낸다. 탄소나노섬유에 대한 인장시험 후 하중-변위 결과 값은 그림 2 와 같다.

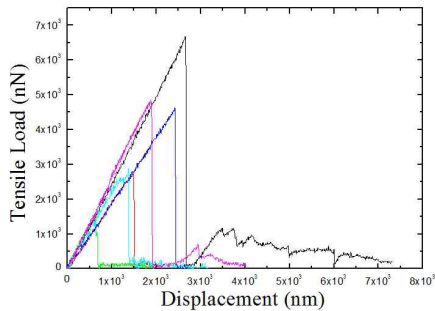


Fig. 2. Load-displacement results after tensile test of carbon nanofibers

3. 결론

전자 현미경내부에서 탄소나노섬유 한 가닥에 대해서 나노조작기와 힘 센서를 이용하여 인장 시험을 수행하여 성공적으로 판단될 까지 인장시험을 실시하였고 인장하중-변위 결과를 얻게 되었다.

후기

본 연구는 교육과학기술부가 주관하는 21 세기 프론티어 연구개발사업의 일환인 나노메카

트로닉스 기술개발사업단의 연구비지원 (2011K000186)에 의해 수행되었습니다

참고문헌

1. S. Iijima, "Helical Microtubules of Graphitic Carbon," *Nature*, **354**, 56~58, 1991.
2. A.C. Dillon, K.M. Jones, T.A.Bekkedahl, C.H. Kiang, D.S. Bethune, M.J. Heben, "Storage of Hydrogen in Single-Walled Carbon Nanotubes," *Nature*, **386**, 377~379, 1997.