

고성능 탄소나노튜브 섬유 개발 연구

High-Performance Carbon Nanotube Fibers

*이재근¹
* Jaegeun Lee¹,

¹ 부산대학교 유기소재시스템공학과

*E-mail: jglee@pusan.ac.kr

Keywords: Carbon nanotube, fiber, tensile strength, electrical conductivity

1. 서론

탄소나노튜브는 탄소원자들의 sp² 결합으로 이루어져 있으며 지름이 수 나노미터인 원통형의 구조체이다. 탄소나노튜브는 기계적 강도가 우수하고 전기 및 열전도도가 우수하여 다양한 분야에서 응용될 가능성이 있다. 거시세계에서 탄소나노튜브를 다루기 위해서 유력한 방식은 개별 탄소나노튜브를 섬유의 형태로 집적하는 방식이다.

현재까지 탄소나노튜브는 복합소재의 필러로서 사용되는데 그쳤었다. 하지만 탄소나노튜브가 섬유의 형태를 이루면 섬유강화복합소재로 제작이 가능하며, 향후 탄소섬유의 강력한 대체 물질로 기대를 모은다. 본 발표에서는 탄소나노튜브의 섬유화 연구에 대해 소개하고자 한다

2. 본론

2.1 탄소나노튜브 섬유화 연구:

탄소나노튜브 섬유를 상용화 시키기 위해서는 우선 원하는 물성과 구조를 갖는 양질의 탄소나노튜브를 저가에 대량으로 생산할 수 있어야 하며, 이를 섬유화하고 후처리하여 섬유로서 좋은 물성을 가질 수 있게 해야한다.

본 발표에서는 탄소나노튜브의 섬유화 방식 중에서 클로로황산을 이용한 습식방사 방식에 관한 연구결과를 소개한다. 탄소나노튜브의 분산은 학계의 오랜 도전과제였는데, 클로로황산이 탄소나노튜브에 대한 열역학적 용매임을 밝혀진 이후 큰 진전을 이루었다. 게다가 탄소나노튜브가 클로로황산에서 액정상을 이루며 고농도로 용해될 수 있음을 이용하여 고성능의 탄소나노튜브 방사가 가능해졌다.[1] 하지만 탄소나노튜브의 결정성만이 용해도의 주된 요소라고 알려져 있을 뿐 탄소나노튜브가 클로로황산에 용해되는 원리는 명백히 알려지지 않았다.

본 연구자는 탄소나노튜브의 결정성 뿐만 아니라 산화 정도가 용해도에 매우 크게 영향을 미친다는 것을 밝혀내었다. 이를 이용하여 고성능의 탄소나노튜브 섬유를 액정방사 방식으로 제작하였다.[2] 또한 이 원리를 이용하여 직접방사 방식으로 제작된

탄소나노튜브 섬유를 밀집시켜 세계최고수준의 인장비강도 및 전기전도도를 달성하였다.

2.2 탄소나노튜브 합성 연구:

탄소나노튜브의 합성에 관한 연구 중 두가지 내용을 소개하고자 한다. 우선 긴 탄소나노튜브를 합성하는 연구이다. 탄소나노튜브는 기상화학증착법으로 합성되는데 이때 경계층의 영향을 고려하였을 때 탄소전구체의 물질전달이 율속단계임을 밝혀내었다. 이를 제어하여 합성속도를 증가시킬 수 있었으며 약 2 cm에 달하는 탄소나노튜브 다발을 합성할 수 있었다.[4] 두번째는 합성의 재현성에 관한 연구이다. 탄소나노튜브의 합성의 재현성은 오랜 이슈인데, 합성을 진행하기 전 200도에서 10분간 진공을 뽑아주었을 때 재현성이 유의미하게 증가함을 밝혀내었다. 이는 반응기 내부의 수분에 매우 민감함을 뜻하며 향후 신뢰성 있는 합성의 방향을 제시한다.[5]

3. 결론 및 향후과제

탄소나노튜브 섬유의 강도는 매년 꾸준히 증가하고 있으며 실험실 수준에서는 이미 탄소섬유의 강도를 능가하였다. 탄소나노튜브 섬유가 극한의 물성을 달성하기 위해서는 합성단계부터 엄밀한 연구가 이루어져야 한다. 또한 섬유화 공정을 단계별로 깊이 있게 이해할 필요가 있다. 클로로황산을 대체할 친환경적 용매의 발견도 중요한 과제이다.

참고문헌(돋움체 9pt)

- [1] N Behabtu et al. *Science*. 339: 182-186, 2013.
- [2] J Lee et al. *Small*. 13: 1701131, 2017.
- [3] J Lee et al. *Nature Communications*. 10: 2962, 2019.
- [4] J Lee et al. *Carbon*. 93: 217-225, 2015
- [5] J Lee et al. *Ind. Eng. Chem. Res.* 58: 11999-12009, 2019.

후기

탄소나노튜브 섬유가 상용화 될 수 있도록 연구에 더욱 정진하겠습니다.