

을 가지도록 ‘프로그램(program)’하는 것으로 작용한다고 Xie는 설명했다. 그 다음에 할 일은 오직 그것을 60도까지 가열하는 것이며, 그것은 그 온도에서 고정된 모양을 취할 것이며, 90도에서 또 다른 모양을 취하고, 140도에서 그 영구적인 모양을 회복할 것이라고 Xie는 말했다.

그 폭넓은 전이 온도 범위 때문에 많은 뚜렷하게 구별되는 모양들을 그 중합체에 프로그램 해 넣을 수 있다. 그리고 이 범위 내에서 어떤 온도라도 선택할 수 있어 그 시스템이 매우 조절이 가능하다고 Xie는 말했다. 그러나 나피온 자체는 대량 생산을 위해서는 좋은 후보자가 아니다. 폭넓은 전이온도 범위를 가진 보다 처리하기 쉬운 중합체들을 현재 찾고 있는 중이다. 독일의 테토우에 소재하는 GKSS연구소(GKSS Research Centre in Teltow)에 있는 형상 기억 중합체 전문가인 Andress Lenlein은 나피온의 ‘호의적이고 다양한’ 형상-기억 성질들을 찾은 Xie의 발견이 놀랍다고 말했다.

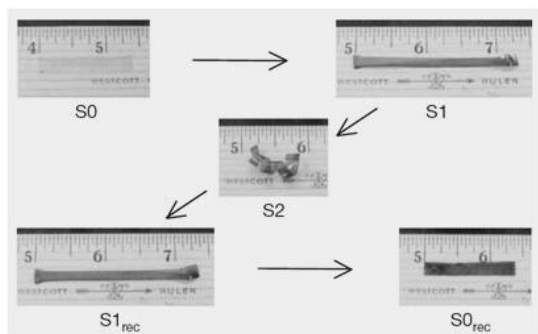


그림. 나피온은 가역적으로 몇 가지의 모양들을 취할 수 있다. S0(영구적인 모양), S1(첫번째 일시적인 모양), S2(두번째 일시적인 모양), S1rec(회복된 첫번째 일시적인 모양), S0rec(회복된 영구적인 모양).

뼈와 같이 단단한 바이오재료

외과수술에 사용되는 나사들은 종종 티타늄으로 만들어진다. 이들은 어느 정도 지나 제거되고 새로운 다른 나사로 대체된다. 바이오재료로 나사를 만들면 이러한 작업이 불필요하다. 바이오재료는 뼈 성장을 촉진하고 생분해된다. 축구선수, 스키선수, 테니스 선수들은 모두 무릎 십자인대 파손에 대해 염려를 많이 하며 부상도 많이 당한다. 만약 무릎 십자인대가 손상되면 환자들은 일반적으로 결합부위의 안정성이 회복할 수 있도록 외과수술을 받게 된다. 외과 수술에서 찢어진 인대는 다리의 힘줄 조각으로 대체되며 이 힘줄은 간접나사를 사용하여 뼈에 고정시킨다. 문제는 나사가 티타늄으로 만들어진다는 점에 있는데 일정시간이 지나면 티타늄 나사를 제거하기 위한 또 다른 수술을 받아야 하기 때문이다.

브레멘에 있는 프라운호퍼 연구원의 제조기술 및 응용재료연구부의 연구원들은 무릎 십자인대 및 다른 뼈에 손상을 입은 환자들의 고통을 줄여주기 위해 일정시간이 지나면 생분해되고 인체에 적합성을 가진 나사를 바이오재료로 제조하였다. 연구원들은 바이오재료를 수정하고 특별한 사출성형 공정을 사용하여 튼튼하고 인체에 적합하며, 인체에 흡수될 수 있는 나사를 제조하였다고 연구원의 바이오재료 개발부의 책임자인 Philipp Imgrund 박사는 말한다.

바이오재료의 조성에 따라서 바이오재료는 24개월 내에 생분해된다. 폴리락티산으로 제조된 생분해 나사들은 이미 의학분야에 사용되고 있으나 생분해될 때 뼈에 구멍을 남기는 단점을 가지고 있다. 따

라서, 연구원들은 재료의 특성을 향상시켜, 폴리락티산과 히드록시아파타이트(hydroxylapatite)로 제조된 사출성형이 가능한 복합재료를 개발하였다. 히드록시아파타이트는 뼈의 주된 구성물인 세라믹이다. 이 복합재료는 히드록시아파타이트의 함량이 보다 많으며 임플란트 내로 뼈의 성장을 촉진한다고 Imgrund는 말한다.

연구원의 기술자들은 기존 사출성형 방법을 사용하여 제분과 같은 재료로 만드는 후공정이 필요 없는, 정확하게 제조될 수 있는 바이오재료로부터 낱알 모양의 형상을 개발하였다. 복잡한 형상은 망상 공정 내에서 이루어졌으며 강한 나사를 제조할 수 있었다. 이 프로토타입은 실제 뼈와 매우 유사한 특성을 나타내었다. 압축강도는 실제 뼈가 입방 밀리미터당 130~180 뉴턴인데 이 복합재료의 압축강도는 130뉴턴 이상으로 나타났다. 더구나, 사출성형공정은 우수한 부가적인 특성을 나타내었다. 일반적으로 분말 사출 성형된 부품은 섭씨 1400° 이상의 온도에서 압축하여야 하는데 이 복합재료는 단지 섭씨 140°에서 제조될 수 있다고 Imgrund는 말한다. 앞으로 기술자들은 에너지절약 공정을 사용하여 다른 바이오 임플란트를 개발할 계획을 가지고 있다.



그림. 외과의사들은 무릎 십자인대를 단단히 조이기 위해 간접나사를 사용하고 있다. 왼쪽부터 폴리락티산, 히드록시아파타이트 및 스텐레스 스틸로 만들어진 나사.

<출처: <http://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2010/03/bone-hard-bimaterial.jsp>>

생분해되고 생체적합한 새로운 고분자

IBM 및 스탠포드 대학의 과학자들은 생분해될 수 있고 생체적합한 새로운 고분자의 개발에 대한 내용을 미국화학학회 잡지인 *Macromolecules*에 게재하였다. 이 연구결과는 여러 해 동안의 연구에 의해 얻어졌으며 앞으로 일반적으로 사용되는 폴리테레프탈레이트(PET) 병 및 식물 기반 플라스틱의 재활용 및 재사용 가능성을 획기적으로 향상시킬 수 있는 잠재력을 가진 새로운 리사이클 공정도 개발해낼 수 있게 해준다. 3월 15일에 발표된 내용은 생분해 플라스틱, 플라스틱 리사이클, 건강 및 마이크로 전자를 포함한 산업체 전반에 걸친 지속가능성을 함축하고 있다.

IBM과 스탠포드 과학자들은 녹색 고분자화학에 유기촉매를 응용하는데 있어 선구적인 역할을 하고 있다. 녹색 고분자화학은 최근 빠르게 발전하고 있는 분야이다. 과학자들은 유기촉매를 사용하여 잘 정의되고, 생분해되는 분자들은 환경친화적인 재생가능한 자원으로 만들 수 있다는 것을 발견하였다. “우리는 지속가능하고 친환경적인 미래를 만들기 위해 재료과학에서의 우리의 전문성과 기술을 응용하는 새로운 방법들을 시도하고 있다. 개발된 유기촉매의 새로운 계열은 그 친환경화에 보다 다양하게 적용될 수 있으며 생분해성 플라스틱을 제

조하고 리사이클 공정 및 약 전달을 향상시키는 것과 같은 새로운 응용분야를 개발할 수 있게 해준다.”라고 IBM 연구소 부원장인 Josephine Cheng는 말한다.

버려지는 플라스틱 병들은 환경을 오염시키는 주범이며 매년 130억 개 이상의 플라스틱 병들이 버려지고 있다. 플라스틱은 재활용될 수 있는 반면에 재활용되어 만들어진 재료들은 단지 “2세대 재사용품”으로 한정되어 사용된다. 이는 재활용 플라스틱 병으로부터 제조된 재료들은 쓰레기로 그대로 폐기된다는 것을 의미한다. 미국에서 반복하여 재활용된 플라스틱 보다는 1인당 63 파운드(약 28킬로그램) 이상의 플라스틱 포장을 사용하여 폐기된다. IBM-스탠포드 연구원들이 그린 화학에서 개발한 기술은 원래 상태의 단량체로 고분자물질을 분해하여 폐기물과 오염을 심각하게 줄일 수 있는 새로운 리사이클 공정으로 연결될 수 있다. 또한, IBM은 음식, 음료수 및 다른 액체용기로서 가장 일반적으로 사용되고 있는, 폴리테레프탈레이트 플라스틱을 리사이클하는 공정을 개발하기 위해 킹 압둘라지즈 시티 과학기술연구소(King Abdulaziz City for Science and Technology: KACST)와 협력하고 있다. 또한, 이 개발기술은 바이오의학 분야에도 응용될 수 있다. 예를 들면, 암세포를 목표로 하여 디자인된 많은 효율성이 높은 약들은 종종 강력하기 때문에 암세포와 건강한 세포를 똑같이 공격한다. 유기촉매를 사용하면 특별한 세포 및 지역에 약물을 전달하는 것을 도울 수 있는 맞춤형 고분자를 디자인할 수 있다.

<출처: <http://www.azom.com/news.asp?newsID=20952>>

리튬 이온 양극으로 사용되는 새로운 자기조립 나노복합물

조지아 공대(Georgia Institute of Technology) 연구진은 실리콘-탄소 나노복합물을 기반으로 하는 새로운 고성능 양극 구조를 개발했는데, 이것은 하이브리드 차에서부터 휴대용 전자장치까지 다양한 곳에 사용되고 있는 리튬 이온 배터리의 성능을 매우 향상시킬 수 있을 것이다. 상향식 자기조립 기술로 만들어진 이 새로운 구조는 실리콘 기반의 배터리 양극의 단점들을 해결하면서 물질 성질을 미세 조절할 수 있는 장점을 가진다. 이번 연구진이 개발한 간단하고 저렴한 제조 기술은 기존의 배터리 제조와 호환될 수 있고 쉽게 대량 생산될 수 있다. 이 새로운 자기조립 방법에 대한 상세한 연구결과는 저널 Nature Materials에 게재되었다. 계층적 양극 또는 음극 입자를 만들 수 있는 이 새로운 방법은 리튬-이온 배터리 기술에 새로운 목표를 설정하게 할 것이라고 조지아 공대(Georgia Institute of Technology)의 Gleb Yushin 조교수가 말했다. 이것은 리튬 이온 배터리를 위한 실리콘 기반의 양극 물질의 상업적 생산을 하기 위한 기초가 될 것이다.

인기 있는 경량 배터리는 액체 전해질을 통해서 두 개의 전극(양극과 음극) 사이로 리튬 이온을 전달함으로써 작동된다. 리튬 이온을 충전 및 방전 사이클 동안 더 효율적으로 두 개의 전극 속으로 들어올 수 있게 하면 배터리의 용량을 점점 더 크게 할 수 있을 것이다. 기존의 리튬 이온 배터리는 탄소 형태의 흑연으로 만들어진 양극에 의존했다. 실리콘 기반의 양극은 흑연보다 10배 이상의 성능 향상을 이론적으로 제공하지만 실리콘 기반 양극은 충분한 안정성을 확보하지 못해서 실제적으로 사용하지 못하고 있다.

흑연 양극은 15 μm 에서 20 μm 사이의 입자를 사용한다. 흑연 대신에 이런 크기의 실리콘 입자를 사용한다면, 리튬 이온의 출입 과정 동안에 팽창과 수축이 발생해서 양극에 크랙을 발생시킬 수 있다. 새로운 나노복합물은 크랙 발생으로 인한 실리콘의 용량 저하 문제를 해결했

다. 이것은 주어진 배터리 크기에서 가장 높은 전원 출력을 가능하게 하고 더 적은 배터리로 필요한 전력을 공급받을 수 있도록 한다. 나노 크기에서는 기존의 크기에서 할 수 있었던 것보다 훨씬 더 나은 정확도로 물질 성질을 조절할 수 있다고 연구진은 말했다. 작은 코인 셀(coin cell) 속에서 새로운 복합물 양극의 전기 측정으로 흑연의 이론적 용량보다 5배 더 큰 용량을 가진다는 것이 증명되었다.

복합물 양극의 제조 과정은 고온 튜브로에서 어닐링된 탄소 블랙 나노입자로 만들어진 나무 가지와 유사한 전도성 가지 구조의 형성에서 시작된다. 30 나노미터 이하의 지름을 가진 실리콘 나노구체는 화학기체 증착 프로세스로 탄소 구조 내에 형성된다. 실리콘-탄소 복합물 구조는 “나무에 매달려 있는 사과”와 닮았다. 전기 전도성 바인더로 흑연 탄소를 사용함으로써, 실리콘-탄소 복합물은 상호 연결된 열린 내부 기공 채널을 가진 단단한 구체 속에 자기조립 된다. 10 μm 에서 30 μm 사이의 크기로 형성된 구체들은 배터리 양극을 형성시키는데 사용된다(각각의 실리콘 나노입자보다 1000배 정도 더 큰) 복합물 분말은 양극 제조를 위한 손쉬운 분말 가공 과정을 통해서 만들어질 수 있다.

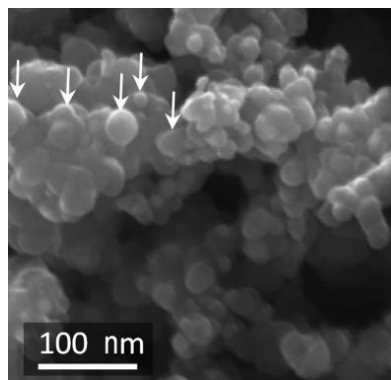


그림. 새로운 양극 물질로 사용될 수 있는 탄소 코팅된 실리콘 나노입자의 주사 전자 현미경 사진.

실리콘-탄소 구조의 내부 채널은 두 가지 목적으로 이용된다. 빠른 배터리 충전을 위한 리튬 이온의 신속한 이동과 크랙 없이 실리콘의 팽창과 수축을 수용할 수 있는 공간을 제공한다. 내부 채널과 나노미터 크기의 입자들은 배터리 전원 특성을 촉진하면서 양극 속에 짧은 리튬 확산 경로를 제공한다. 실리콘 입자의 크기는 화학 기상 증착 프로세스를 통해서 제어되고 압력은 증착 시스템이 작동하는 동안 인가되었다. 탄소 나노구조 가지의 크기와 실리콘 구체의 크기는 복합물 속의 가공 크기로 결정된다. 양극 속에 만들어진 최종 복합물 구체는 상대적으로 크기 때문에, 자기조립 동안 나노크기 분말을 처리하는데 발생하는 잠재적인 건강 위험을 피할 수 있다고 연구진은 덧붙였다. 나노복합물 양극은 기존의 흑연 구조와 동일하게 배터리 속에 사용될 것이다. 이것은 생산 프로세스에서의 급격한 변화를 만들지 않고 배터리 제조자가 새로운 양극 물질을 채택할 수 있게 할 것이다. 연구진은 새로운 양극 물질을 테스트하기 위해서 수백 번의 충전-방전 사이클을 수행했다.

<출처: <http://www.physorg.com/news187870583.html>>

본 기술 뉴스는 한국과학기술정보원(KISTI)의 글로벌동향브리핑(GTB)에서 발췌, 정리하였습니다.

<충남대학교 김영진, e-mail: kimyj@cnu.ac.kr>