

생물체에서 신소재 제조 기술 원리 배운다

생체모방기술은 생명체가 가진 여러 가지 특성을 이용하는 기술이다. 나노기술과 바이오기술 등 최첨단 기술 발달에 의해 자연의 미세구조 및 원리를 파악하는 연구가 40여 년 전부터 진행되어 왔는데, 생체모방을 통한 신개념 소재를 개발하려는 다양한 시도는 최근에 이루어지고 있으며 연구개발의 태동기에 있다. 특히 이 분야는 새로운 연구의 여지가 많기 때문에 다양한 원천기술을 확보할 수 있는 가능성이 풍부하며, 이에 대한 연구 및 노력이 필요한 시점이다.

전복껍질 구조 모방한 경량 고강도 복합소재

‘생체모방 경량 나노복합 에코소재’ 기술은 자연계에 존재하는 물질의 구조를 모방, 저에너지 소모공정을 통하여 고경량 및 고강도를 갖는 나노복합체를 제조하는 친환경 신소재 기술이다. 고효율 저공해 성능에 초점을 맞추어 CO₂ 배출 및 지구온난화를 억제하고 웰빙사회에 적합한 차량을 개발하는 것이 현재 전세계 자동차회사들의 주된 관심사이다. 이러한 상황에 생체모방기술은 에너지 환경산업분야의 소재로 응용하는 원천기술로 기대된다.

생체모방 기술은 고강도를 갖는 경량 나노복합 소재의 대량생산을 위한 연구에도 적합하다. 필자의 연구팀에서는 이러한 나노복합 소재를 개발하기 위해 전복껍데기, 계층적 뼈 구조, 손톱 및 상어 표피의 나노구조를 모방하였다. 이 생체모방기술은 자연 친화적 재료를 개발하여 하이브리드·전기 자동차의 내·외장재, 고효율 건축자재, 첨단 항공 우주 신소재에도 응용이 가능하다. 생체모방 경량 나노복합 에코소재 기술을 자동차 경량화에 목적을 두고 연구하고 있는 사례를 알아보자.

전복껍데기는 웬만한 충격에도 잘 부서지

지 않는 초고강도 세라믹소재이다. 일반적으로 세라믹소재는 1000℃ 이상의 고온에서 소결을 해야 150MPa 정도의 기계적 강도를 나타내지만 전복껍데기는 상온의 바닷물 속에서 만들어지면서도 세라믹 소결체보다 2배 이상 높은 기계적 강도를 갖는다. 이와 같은 이유는 전복껍데기는 지름 약 10 μ m, 두께 약 0.5 μ m 크기의 탄산칼슘 타일 수천 개가 매우 규칙적으로 쌓여 있는 형태이며, 각 타일은 단백질 접착제로 단단하게 붙어 있다. 전복껍데기의 이런 구조를 모방하여 고온 소결과정 없이 세라믹 나노 타일을 고분자 용액 안에서 자연 침강 또는 전기장을 걸어 침강 후 경화시키면 고강도 유무기 복합소재 제조가 가능하다. 새로운 나노 복합소재는 기존의 유무기 복합체보다 세라믹 함량이 월등히 많아 강도가 우수하며 같은 강도의 금속보다 25~50%나 가벼워 자동차, 항공기부품 중 금속을 대체할 소재로 부상하고 있다.

계층적 뼈 구조 모방한 나노다공체 공정

자연에서 볼 수 있는 흥미로운 소재 중 하나는 동물들의 구조적 지지를 가능하게 해주는 뼈일 것이다. 뼈는 자연이 만든 소재 중에서 가벼우면서도 높은 인성을 가지고 있는데, 이는 분자 단위에서부터 규칙적이고 효율적인 배열을 가진 여러 단계의 구조에 기인한다. 각 단위의 복합적인 강화로 인해 마지막 결과물인 골격은 높은 기계적 특성을 갖게 된다. 지금까지 이와 같은 가볍고 높은 물성을 가진 구조를 경량 구조용 소재에 적용하려는 많은 시도가 있었으나, 모두 단일 차원의 복합체 구조에만 연구가 집중되어 진정한 의미의 모방 재료를 얻어냈다고 보기에겐 힘든 실정이다.

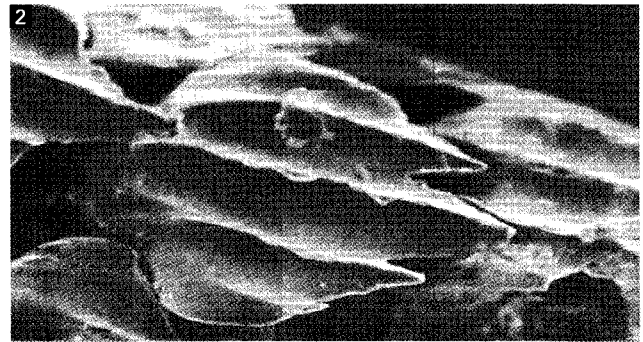
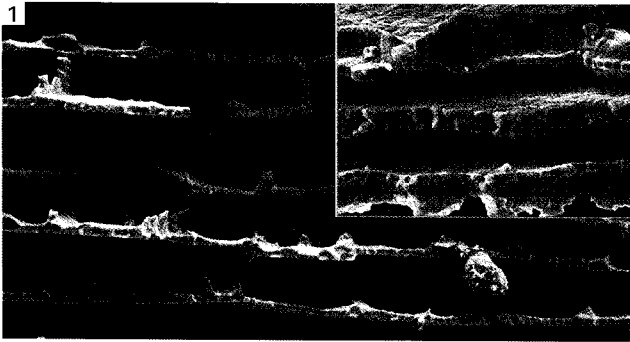
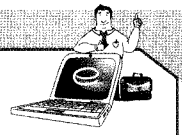
생체모방 경량 나노복합 에코소재 기술로써, 아이스 템플레이팅 방법과 근접장 나노 패



글 김형순 인하대학교 신소재공학부 교수
kimhs@inha.ac.kr
글쓴이 김형순은 서울대 금속공학과 졸업 후 동대학원에서 석사학위를, 영국 임페리얼 칼리지에서 박사학위를 받았다. 현재 교육과학기술부 미래융합기술부 이노니아사업의 연구단장 등을 겸임하고 있다.



글 김영희 한국세라믹기술원 수석연구원
글쓴이 김영희는 고려대 화학과 졸업 후 동대학원에서 석사학위를, 미국 뉴욕대학교 폴리테크닉대학에서 박사학위를 받았다.



▶▶ 1 아이스 템플레이팅 공정을 통한 규칙적인 세라믹 판상 구조체 구현 2 저마찰특성을 갖는 상어 표피의 리블렛 구조

터닝 기술, 다공성 금속 폼 발포소재 제조 기술들의 연구와 개발을 바탕으로 생체의 골격 구조가 갖는 높은 기계적 특성과 신뢰성을 지닌 구조체 개발에 매진하고 있다. 한쪽 방향으로 자라는 얼음 결정의 특성을 이용한 아이스 템플레이팅 방법으로 뼈의 미세구조 단위체와 유사한 판상 세라믹, 금속 다공체와 복합체를 구현해 낼 수 있다.

또한 근접장 나노 패터닝 방법으로 나노단위의 독특하고 규칙적인 3차원의 템플릿을 제조하여 다양한 물질들을 침투시켜, 앞서 언급한 다공성 세라믹 및 금속 구조체 기술에 다양한 배향성의 기공 구조를 적용하여 다양한 특징을 구현해 낼 수 있다. 이를 통해 고온 안정성이 뛰어나고 고강도·고융점의 성질을 보유하며 기공의 조직 및 표면적의 자유로운 조절이 가능해진 세라믹·금속 다공체를 제조할 수 있다. 이러한 공정을 경유 자동차의 배연 저감필터, 단열 및 흡수 내장재, 충격 방지 구조 재료 등의 자동차 및 첨단 구조 부품 응용분야에 적용하여 기존보다 밀도가 20% 이상 낮으면서도 강도와 인성이 높은 우수한 성능의 다공성 구조체와 복합체 제조 및 공정 개발을 목표로 하고 있다.

생체 외피계 모방한 다기능성 복합체 공정

생체 외피 중 사람의 손톱은 투명하면서도 유연성이 있으며 높은 경도를 갖고 있다. 이 외피층은 3층 구조로 되어 있으며 광학 및 구조적 측면에서 서로 다른 특징을 갖고 있는 점을 다기능성 투광성의 복합체 제조공정에 적용하려고 한다. 현재 수송체의 유리는 두껍고 취성이 있어 경량화 측면에서 두께를 줄이거나 고강도의 나노복합체를 요구하고 있다. 본 연구는 경량화와 유연성이 있는 투명재료를 개발하기 위해 열플라즈마 공정을 이용한 저용

점 및 다양한 조성의 나노 유리분말 제조, 전기영동법을 이용한 비정질 섬유에 저융점의 나노 유리분말을 침투시키는 기술, 비정질기판 소재에 다기능성을 위한 코팅 기술 등을 이용하여 경량 다기능성 투광성을 갖는 복합소재 공정을 개발하고 있다. 이러한 유연성의 투광복합재료는 CO₂ 저감과 에너지 효율향상과 향후 ET, IT 산업 등에 요구되는 핵심소재로 활용될 수 있다.

상어표피는 규칙적으로 형성된 표면패턴 구조로 물과의 마찰을 최소화하도록 되어 있다. 이미 이 기술을 이용해 골프공에 작은 돌기의 크기, 모양, 개수에 따른 공기 마찰을 줄여 상용화하였으며, 항공기 외관에도 적용하여 공기와 마찰을 줄여 항공시간 감소 등 에너지 절약을 추진하였다. 또한 수영복의 외피 및 항해하는 선박의 표면에도 적용해 물과의 마찰을 줄였다. 필자의 사업단에서는 이러한 상어표피의 구조 재현을 레이저 방법을 이용하여 엔진 블록의 표면 형상에 적용하여 저마찰과 내마모를 위한 공정을 개발하고 있다. 또한 CVD법과 전기도금법을 이용하여 저마찰, 내마모, 고강도의 코팅소재 개발(유기·무기재료)과 다양한 형상의 모체에 대한 코팅 및 저마찰 표면 공정개발을 추진 중이다.

생체를 모방한 경량 나노구조 복합체는 그 특유의 구조로 인해 항공우주 및 자동차산업 등에 요구되는 경량화에 의한 에너지 절감 효과를 볼 수 있는 차세대 선도할 수 있는 주요 기술이 될 것으로 예상된다. 특히 경량 고강도 유무기 하이브리드 소재 제조공정기술과 신개념의 나노 기계구조 복합체 생산기술 등은 에너지·환경산업 및 군용, 건설용 경량 고강도 소재의 수요가 증가하고 있는 상황에서 외장재, 구조부품 등에 다양하게 응용될 것으로 기대한다. ⑤①