

자가 치유가 가능한 금속-탄성체 기반 복합 소재

인간의 피부는 외부 자극에 의한 손상이 생기면 자가 치유를 할 수 있는 능력을 가지고 있지만 로봇 및 전자 장치에 사용되는 소재는 이러한 자가 치유 능력을 가지고 있지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 미국 카네기멜론 대학 Carmel Majidi 교수팀은 로봇 및 전자 장치에서 발생하는 표면 손상과 전기적 결함을 자가 치유할 수 있는 소재를 최근 개발하였다.

일반적인 자가 치유 소재는 열이나 빛과 같은 외부 자극이 있어야만 자가 치유가 가능하지만, Carmel Majidi 교수팀은 실리콘 탄성체 내에 마이크론 크기의 갈륨-인듐 기반 형상 기억 합금을 도입함으로써 외부 자극 없이 자가 치유를 할 수 있는 소재를 개발하였다. 이러한 자가 치유 소재는 표면 손상이 발생할 경우 손상 부위에 근접한 마이크론 크기의 형상 기억 합금이 서로 새롭게 연결되어 전도성 경로를 형성함으로써 자가 치유를 할 수 있으며, 실리콘 자체의 탄성 특성으로 인해 접힘 및 구부러짐에 견딜 수 있는 신축성 및 유연성을 가지고 있다. Carmel Majidi 교수팀은 이러한 소재 개발을 통해 웨어러블 전자 기기나 수송 기기 개발 뿐만 아니라 안정적인 데이터 및 전력 전송이 가능한 전자 소자 개발에 도움이 될 수 있을 것이라 강조했다.

이러한 연구 결과는 “An autonomously electrically self-healing liquid metal-elastomer composite for robust soft-matter robotics and electronics”라는 제목으로 *Nature Materials*에 게재되었다.

<Majidi and coworkers, *Nature Materials*, 17, 618

DOI: 10.1038/s41563-018-0084-7 (2018)

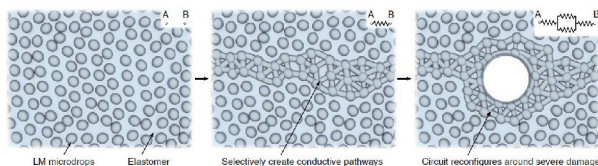


그림 1. 탄성체 내에 마이크론 크기의 형상 기억 합금이 도입된 자가 치유 물질의 자가 치유 메커니즘을 나타낸 모식도.

표면 경도가 뛰어난 기능성 자가 치유 소재

인간의 피부는 상처가 발생하면 상처 부위의 혈류량을 줄여

혈액 손실을 막고 보호층을 만들어 새로운 조직을 형성할 수 있는 능력을 가지고 있는데, 이러한 피부 층은 연한 진피층 및 진 피층을 보호하는 표피층이 접합된 이층 구조로 이루어져 있다. 중국 하얼빈 기술 연구원의 Ming Yang 교수팀은 이러한 인간 피부층을 모사한 이층 구조로 이루어진 자가 치유 소재를 개발하였다.

Ming Yang 교수팀은 폴리비닐과 탄닌으로 이루어진 기본 구조에 산화 그래핀을 도입하였는데, 폴리비닐과 탄닌 성분으로 인해 효율적으로 자가 치유가 가능할 뿐만 아니라 산화 그래핀 도입을 통해 치아 수준의 표면 경도를 가지는 자가 치유 소재를 개발할 수 있었다. 특히, 기존 고분자 기반 자가 치유 소재의 경우 손상에 의해 외부 표면이 쉽게 닳는다는 단점을 가지고 있으나, 본 연구팀에서 개발된 소재는 유무기 복합체 특성을 이용해 이러한 단점을 극복할 수 있는 방법을 제안하였다. Ming Yang 교수팀은 이러한 자가 치유 소재는 스마트폰과 같은 일상 생활 전자 기기는 물론 전자 피부나 건축 외벽재에 활용될 수 있을 것이라 강조했다.

이러한 연구 결과는 “An epidermis-like hierarchical smart coating with a hardness of tooth enamel”이란 제목으로 *ACS Nano*에 게재되었다.

<Yang and coworkers, *ACS Nano*, 12, 1062

DOI: 10.1021/acsnano.7b05478 (2018)>

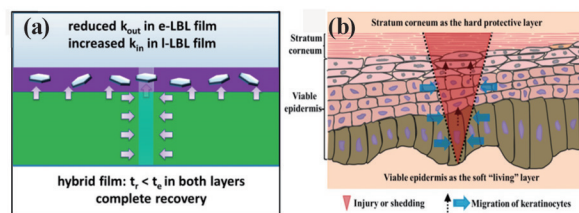


그림 2. 인간의 피부층 및 이를 모사한 유무기 복합체 기반 자가 치유 소재의 자가 치유 메커니즘을 나타낸 모식도.

나노 복합체 기반 스마트 자가 치유 전자 피부

인체의 피부 구조 및 기능을 모방한 전자 피부는 차세대 전자 소재 및 의료 분야에 활용될 수 있을 것으로 예측되는데, 콜로라도 대학 Jianliang Xiao 교수팀은 실제 인체 피부처럼 압력과 온도 등과 같은 외부 자극을 측정할 수 있으며 동시에 외부 자극에 의한