

지 능 재 료

온도 · 전자기장 따라 모양 · 위치 · 강도 바뀌 로봇 · 정밀모터 · 스피커 · 소나 등 용도 다양

집·다리 등 구조물 무너질 때 경고음
집이나 다리가 붕괴되기 전 '하중을 견딜 수 없어 곧 무너집니다'고 경고를 낸다거나 교통사고로 몸체가 찌그러진 자동차가 스스로 원상태로 돌아간다면 공상과학 소설에서나 나오는 일로 생각하는 사람이 있을 것이다. 그러나 이와 같은 일이 현실로 다가오고 있다.

요즘 실제로 독특한 기능을 갖는 여러 가지 지능재료(Intelligent Materials)가 등장해서 우리의 생활을 크게 바꿔놓고 있다. 환경에 적응하는 구조를 갖는 재료를 액추에이터(actuator)라 한다. 액추에이터는 온도와 전자기장(電磁氣場)에 따라서 모양·강도·위치·고유진동수와 그밖의 기계적 특성이 변할 수 있다.

현재 잘 알려진 액추에이터는 형상 기억합금·압전세라믹(piezoelectric ceramics)·자왜재료(磁歪材料: magneto stritive materials)·전기점성 및 자기점성유체(electroheological and magnetoheological fluids) 등 4종이 있다.

형상기억합금은 그 중에서도 특히 우리의 관심을 끈다. 형상기억합금은

본래의 형태를 기억하고 있다가 일정 온도가 되면 원상태로 되돌아가는 특성을 갖고 있는 금속을 뜻한다. 금속은 단단하고 열에 안정하며 변형이 탄성한계를 넘어서면 원상회복이 되지 않는 것이 특징이다. 하지만 형상기억합금은 탄성한계를 넘어 크게 변형된 형태가 일정온도로 열을 가해주든가 온도를 낮추면 원상태로 되돌아간다.

금속의 형상기억효과는 1950년대 초 미국 일리노이대학에서 금-카드뮴합금과 인듐-탈륨합금에서 처음 발견됐으나 당시에는 별다른 흥미를 끌지 못했다. 형상기억합금이 사람들의 관심을 끌기 시작한 것은 1963년 미국 해군병기연구소에서 기계적 성질과 형상기억능력이 우수한 니켈-탈륨합금이 발견되면서부터이다.

현재 개발된 형상기억합금은 금-카드뮴, 은-카드뮴, 구리-알루미늄-니켈, 칼슘-아연-주석, 구리-아연-알루미늄, 니켈-알루미늄, 니켈-칼륨 등 30여종에 이르고 있다. 최근 미 해군병기연구소(NOL: 현 해군해상전쟁센터)는 원상태를 기억했다가 복원되는 힘이 월등한 니켈·티타늄합금인 니티놀(Nitinol: nickel에서 Ni, titanium

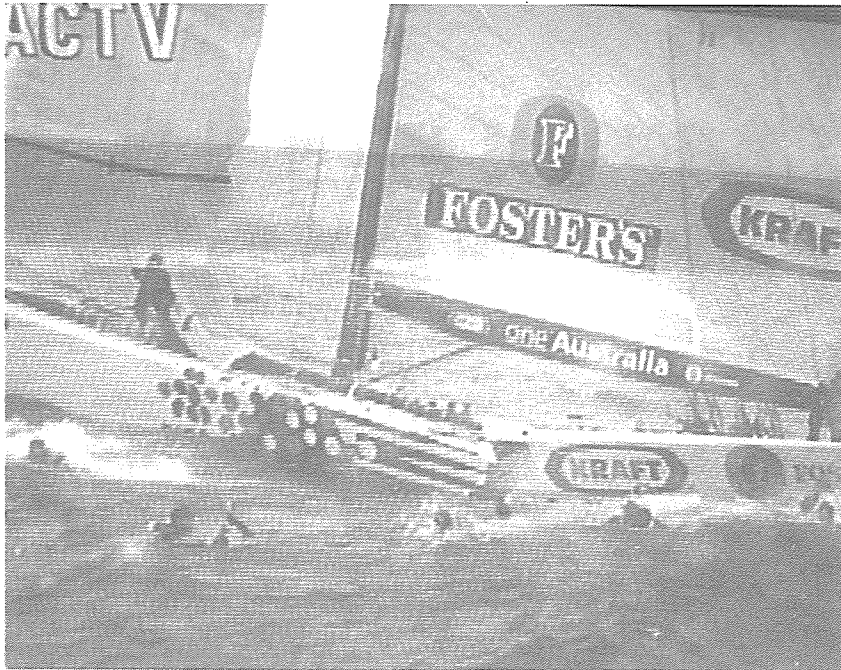
에서 ti, NOL에서 nol을 합성)을 개발했다.

니티놀은 길이의 8%가 늘어나고 줄어 들 수 있는 특성을 지니고 있다. 일본 기술자들은 니티놀을 이용해서 사람의 근육과 같이 부드럽게 움직일 수 있는 미세조종자(micro manipulator)와 로봇 액추에이터(robotics actuators)를 연구하고 있다.

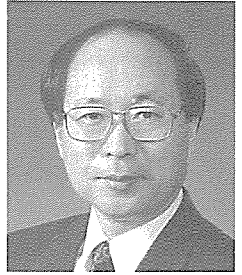
형상기억합금은 효과에 따라 일방향, 이방향, 전방위 등 세가지 형태로 나뉜다. 일방향은 가열할 때만 형상기억효과가 있는 것이고 이방향은 가열은 물론 냉각할 때에도 형상기억효과가 나타나는 것이며 전방위는 가열할 때 형상기억효과가 나타나고 냉각하면 모양이 가열할 때와 정반대로 바뀌는 것을 말한다.

2000년대 재료혁명 불러온다

형상기억합금의 이와 같은 특성은 현재 파이프의 정밀접속과 손이 닿지 않는 곳에 물체를 설치하는 일 등에 이용되고 있다. 여성용 브래지어와 우주선의 안테나를 진공의 우주공간에서 펴는 일, 항공기의 유압계통 파이프를 연결하는 일, 60도 정도의 낮은 온도



1996년초 아메리카컵 요트경주용 복합재료로 만든 호주배가 두동강이 났다. 복합재료는 갑작스런 충격에 민감해서 설계가 어렵다



李光榮

〈전북대 초빙교수/본지 편집위원〉

에서 전력을 얻는 저온발전 등에 쓰이고 있다. 공장 폐열과 온천수를 이용하는 저온발전기는 실용화되어 이용되고 있다. 형상기억합금을 이용해서 온실의 창문을 일정 온도에서 자동으로 열었다 닫았다 할 수 있는 길도 열렸다. 형상기억합금을 이용한 온실 자동 창문개폐장치는 바이오 메탈이나 온도 센서를 이용하는 것보다 값이 싸게 먹히는 이점이 있다. 그러나 이들 형상기억합금은 변화에 시간이 걸리는 것이 단점이다.

압전세라믹은 1880년 프랑스 물리학자인 P. 큐리와 J. 큐리에 의해 발견되었다. 압전세라믹은 전압에 따라 신축하는 특성을 갖고 있다. 신축성은 무척 적어 기껏해야 1% 내외에 머문다. 하지만 반응속도가 1천분의 1초 정도로 무척 빠르다. 압전세라믹은 처음 가스에 불을 붙이는 압전착화소자

로 주로 사용되었다. 압전착화소자는 PZT(티타늄과 지르코늄)계열을 이용했다.

압전성 재료는 전압에 빠르게 반응할 뿐 아니라 정확하게 움직일 수 있어 광학적인 추적장치와 자기 헤드(magnetic heads)를 비롯해서 로봇용 환경적응 광학시스템·잉크젯 프린터·스피커·버저(buzzer)·초음파 송수신기·초음파 진단장치·초음파 증기발생기·정밀 압전모터 등 다양하게 이용되고 있다. 최신 자동초점렌즈 카메라와 비디오는 모두 정밀압전모터를 장착하고 있다.

자외재료는 자장에 반응하는 것 외에는 특성이 압전성 재료와 유사하다. 희토류 원소인 테르븀(terbium)을 포함하고 있는 테르페놀(terfenol)-D는 신축성이 0.1% 정도이나 저주파 고출력 소나 변환기와 모터·유압실린더 등

에 사용되는 비교적 새로운 재료이다. 전기점성 및 자기점성 유체는 전자장 속에서 사슬을 이루는 수 μm 크기의 입자를 갖고 있어 점성이 전자장에 따라 1천분의 1초 정도의 짧은 시간에 변하는 것이 특성이다. 항공기 조종사의 방음 헤드폰과 로봇 팔의 연결부분 그리고 클러치와 브레이크와 같은 마찰부위에서 운동기구의 저항제어 등에 이용되고 있다.

이밖에 여러 가지 기능을 가진 첨단 고분자 복합재료도 지능재료로 의료와 정보산업용으로 유용하게 쓰이고 있다. 의료용으로는 1회용 주사기와 콘택트렌즈·봉합 실·뼈 접합제·각막에서 인공신장에 이르기까지 폭넓게 쓰이고 있다. 정보산업용으로는 빛에너지를 전기에너지로 바꾸는 일에서 인쇄회로용과 땀질을 좋게 하고 광택을 보호하는 일 등에 쓰이고 있다. 최근에는 광기능성 재료가 알려져 광전도·광응답·광기록·광컴퓨터의 탄생을 내다보게 하고 있다.

기능성 신소재는 2000년대 재료혁명을 불러올 뿐 아니라 복잡한 물리현상을 이해하는데도 큰 진전을 가져다 줄 것으로 보고 있다.