



첨단소재가 만드는 미래사회

이용태 | 재료연구소

인류의 역사를 흔히 석기시대, 청동기시대, 철기시대로 구분한다. 이러한 구분방식은 인류가 어떤 재료를 주로 사용하였는가에 의한 시대구분이라 할 수 있다. 우리가 살고 있는 이 시대는 이미 인류학자들이 정의한 대로 철강과 같은 구조재료를 많이 활용하여 다양한 문명을 만들어 가는 산업혁명 말기시대에 살고 있다고 보여 진다.

그러나 다가오는 미래사회에서는 지식혁명에 의한 지능형 첨단소재들이 개발되어 지금의 우리가 생각하지도 못할 새로운 시대를 열어갈 것이다. 과학과 기술의 진보에 의해 만들어지는 미래사회에서는 기술적 발견과 발명이 보다 엄격하게 자원과 환경의 조화에 의한 경제적 성과법칙에 의하여 산업화되어, 혁신적 신기술 제품들이 광범위하게 사용되어짐으로써 인류의 미래생활이 현재보다 훨씬 더 풍요로워질 것으로 예측된다.

지식혁명에 의한 혁신적인 신기술 제품들이 미래사회에서 활용되기 위해서는 새롭고도 성능이 우수한 첨단소재의 제조와 더불어 가공기술이 필수적으로 뒷받침되어야 하기 때문에 첨단소재의 활용을 통하여 철기시대 다음을 열어가는 미래사회를 창조하게 될 것이다.

첨단소재의 특성

누구나 예측할 수 있듯이 미래사회에서 사용되는 기기들은 현재의 생활을 편리하게 해주는 것들 보다는 개념적으로나 실제적으로 많은 변화가 예상된다. 먼저 과거에 개발되어 지금도 광범위하게 사용되고 있는 자동차, 비행기, 전화 등과 같은 다양한 시스템들이 미래사회에서도 과학기술의 발전과 함께 인간공학적이고 환경조화적인 면에서 보다 편리한 형태로 개선되면서 지속적으로 사용되어질 것이다. 또한 우리 부모세대에서 생각하지도 못했던 컴퓨터가 현대사회에서 필수품이 된 것처럼, 우리가 생각하지도 못한 지능로봇, 우주선, 생체기계 등과 같은 새로운 형태의 부품과 시스템이 개발되어 지금의 생활과는 전연 다른 새로운 삶의 방법을 상상해 볼 수도 있다. 새로운 미래사회를 만들어 가는데 필요한 성능을 발휘하는 부품과 시스템을 만들기 위해서는 각각의 특성을 구현할 수 있는 첨단소재의 개발 없이는 불가능하다.

미래사회에 사용될 첨단소재는 소재 제조에서부터 부품 또는 시스템 전반에 이르기까지의 전 과정에서 무게로

는 아주 작은 부분을 차지하지만 기능적인 면에서는 필수적인 핵심요소가 되어질 것이다. 따라서 첨단소재는 지금 광범위하게 사용되고 있는 기존소재에 비하여 고도의 혁신성과 기능성을 지니게 된다. 이러한 첨단소재는 전체 시스템과 연계하여 새로운 가치창조를 주도할 것이기 때문에 다양한 전공분야와 제조업체간의 연계 및 융합에 의하여 개발될 것이다.

미래사회에서 사용되는 첨단소재 연구개발은 새로운 물성을 발현하는 신소재의 개발과, 기존의 한계 물성을 상회하는 첨단소재를 실생활에 사용되는 시스템에 적용할 수 있도록 맞춤형 가공하고, 제조된 소재의 물성과 내구성을 특성평가 하여 경제적인 부품을 만드는 연구를 수행하는 것이라고 말할 수 있다. 일반적으로 첨단기능을 가지는 과학기술에 대해서는 이해가 가능하지만, 첨단소재가 첨단 시스템에 어떻게 사용되는지는 알기가 어렵다. 이는 첨단소재가 특정 기능을 발현하는 부품으로 제조되고, 조립공정을 통해 성능을 발현하는 시스템을 구성하면서 제품의 내부에 위치하여 기능을 발현하기 때문에 겉으로 나타나지 않기 때문이라 할 수 있다. 즉, 쌀(소재)로 떡(시스템)을 만들지만 떡을 먹을 때 쌀을 떠올리지 못하는 것으로 비유할 수 있다

미래학자들이 예측하는 복합시스템으로는 정보기술, 에너지기술, 교통기술, 생체의료기술, 환경조화기술, 첨단제조기술에 관련된 기술들로, 이들 미래 시스템이 실생활에 도입되기 위해서는 다음과 같은 물성을 가지는 첨단소재의 개발이 선행되어야 한다고 제시하고 있다. 즉, 정보처리, 정보통신, 정보표시용 첨단소재, 특수한 기계적, 전자기적, 광학적 기능을 수행하기 위한 첨단소재, 독특한 센서기능을 수행하기 위한 첨단소재, 고온 및 내부식성과 같은 열악한 분위기에서 높은 견고성과 내구성을 지니는 첨단소재, 현재 사용되는 소재의 강도, 경도, 내마모성 등의 기계적 물성 사용한계를 초월하는 구조용 첨단소재, 복합구조에 의한 복합첨단재료, 생체모사 구조와 기능을 가지는 다기능성 첨단소재, 생체적합성을 가지는 생체용 첨단소재, 경제적인 제조공정과 환경조화 공정기술, 고도의 자가진단이 가능한 스마트 첨단소재, 재활용과 리사이클링이 가능한 환경친화 첨단소재 등의 특성을 가지는 소재의 개발이 이루어져야 한다.

첨단재료의 활용

나노기술은 머리카락을 10만 번 쪼갠 크기의 물질을 관찰하고, 조립 및 조작하고, 물성을 제어하여 첨단소재나 시스템에 적용하여 전자, 에너지, 생체의료 등 모든 산업분야의 첨단소재 부품을 만들 수 있다. 전통적으로 신소재를 개발하기 위해서는 재료의 화학조성을 변화시키는 화학적 방법을 사용하여 왔다. 그러나, 같은 화학조성을 가지는 재료라도 분자단위의 나노 크기로 변화시키면 물리적으로 뉴턴역학의 영역에서 양자역학이 지배하는 영역으로 변화하면서 새로운 물성이 발현된다. 즉, 어떤 물질이든 더 작게 나눌수록 표면적이 증가하여 반응면적이 증가하게 되고, 재료내의 원자들의 전자운동역학도 변화되어 새로운 물성이 발현된다.

전자산업이 발전함에 따라 반도체를 사용하는 전자부품의 속도나 메모리 용량이 수천 배 이상 향상되어야 하고, 크기 또한 극소형이 요구된다. 이러한 신제품을 개발하기 위해서는 나노 소재가 필요하고 이를 가공하여 부품으로 만들 수 있는 나노 공정기술이 또한 필요하다. 나노기술을 이용하여 물질을 분자 단계에서 조작할 수 있다면

기존의 소재에서는 나타나지 않는 특이한 성질을 발현시킬 수 있고, 이러한 물성과 크기를 이용하여 소형 시스템의 개발도 가능하다. 나노 물질을 이용하면 자원과 에너지 소비도 최소화 할 수 있다.

나노 첨단소재를 이용한 나노 기계를 이용하여 DNA 조작과 같은 새로운 치료방법과 암와 같은 특정부위에 선택적으로 약물을 투여하는 선택적 치료가 가능하여 의료분야에 획기적이 전기가 마련된다. 또한 전자제품의 성능이 월등히 향상될 수 있을 뿐만 아니라, 새로운 물성을 가지는 다양한 전자제품의 개발이 실현되게 된다.

초소형 슈퍼컴퓨터를 만들려면 복잡한 전자회로, 중앙집적장치, 수많은 메모리 소자 등이 모두 동전 크기만 한 공간에 집적되어야 하고, 데이터 처리속도도 지금보다 수천 배 빨라져야 하고, 회로 폭과 코넥터도 나노 크기로 제조되어야 한다. 이러한 모든 시스템이 완성되어 실생활에 활용되기 위해서는 나노 첨단소재와 부품의 개발이 선행되어야 한다.

컴퓨터, 멀티미디어, 광통신, 이동통신 등에 사용되는 정보전자용 첨단소재는 전자기적 물성의 극한화를 위한 박막화, 초격자구조화, 나노화와 같은 공정에 의한 새로운 물성이 요구된다. 정보처리용 반도체 실리콘 웨이퍼의 크기는 보다 대형화 되면서 다양한 기능을 가지는 화합물이 표면에 코팅함으로써 성능향상이 가능해 진다. 반면에 반도체 기판에는 새끼손톱보다도 훨씬 더 작은 공간에 시스템 칩이 내장 (SoC)되어 지금보다 더 작으면서도 성능은 향상된 소자가 개발되어, 보다 소형화되고 다양한 기능이 내장된 MP3와 같은 전자제품을 만들 수 있게 된다. TFT-LCD와 PDP TV에 사용되는 정보표시 첨단소재도 향후에는 고분자 전기발광소자(유기EL), 전계방출 디스플레이(FED), 디지털 미러 디스플레이(DMB), 마이크로 진공관용 발광소재, 광변환 소재 등이 개발되어 보다 선명한 화면을 가지는 핸드폰, 카메라 액정, 컴퓨터 화면, TV 등에 응용된다.

컴퓨터 CPU 등에 이용되는 정보저장용 시스템 역시 자기기록, 광기록, 반도체기록용 첨단소재의 성능 향상이 이루어지고 있다. 정보감지 분야에서는 다양한 물성을 발현하는 첨단소재의 특성을 이용한 센서 등이 개발될 것이다. 새로운 기능을 가지는 전자제품을 개발하기 위해서는 보다 소형화된 첨단재료와 부품을 가공하기 위한 초정밀 가공기술이 요구된다.

인류 역사상 주요 에너지원은 나무, 석탄, 석유 등과 같은 탄소연료가 주로 사용되어져 왔다. 그러나 자원의 한계로 인하여 기존의 탄소연료뿐만 아니라 식물성 기름과 같은 저탄소연료나 지구상에 무진장으로 존재하는 연료(수소)와 산화제(산소)를 반응시켜 전기 에너지를 얻는 연료전지, 풍력이나 조력을 변환시켜 얻어지는 재생 에너지 또한 원자력 발전 못지않게 차세대 에너지원으로 각광을 받고 있다. 에너지를 저장하기 위한 차세대 전지용 첨단소재도 박막화, 소형화, 대용량화, 저체적화가 요구되고 있다. 이와 같이 에너지를 발생, 저장, 변환, 고효율 화에 소요되는 시스템에 핵심적으로 이용되는 에너지용 첨단소재가 필요하다. 최근에는 에너지의 발생이 환경문제와 직접적으로 관계를 가지고 있어서 기존의 소재보다 에너지 발생을 극대화하고 저장효율을 높이고, 생성된 에너지의 변환과 전환에 필요한 첨단소재가 요구된다.

전 세계가 지구촌이라는 국경 없는 세계화가 전개될 것이기 때문에 인구유동에 따른 에너지 절감과 환경개선의 관점에서 자동차, 고속전철, 선박, 항공기, 우주선에 이르기까지 미래에도 다양하게 이용될 교통시스템에 소요되는 수송기기용 첨단소재가 필수적이다. 첨단소재의 사용으로 교통시스템의 무게가 감소되면 에너지 절감과 함께 소음과 진동도 감소하여 안정성도 향상된다. 이를 위해서는 설계변경에 의한 구조물의 경량화와 이에 상응하는 재료의 경량고강도와 견고성, 신뢰성이 향상된 구조용 금속, 플라스틱, 복합재료와 같은 첨단소재가 요구된다. 이러한 첨단소재의 개발로 항공시간이 단축되고, 우주여행이 실생활화 되며, 사고 없는 무인자동차와 편리한 바다여행이 가능해짐에 따라 온 세상이 하루 생활권내에 지구인이라는 개념으로 살아가게 될 것이다.

의료기술의 발달에 따른 인류의 삶의 질의 향상과 장수명화, 경제성장에 따른 스포츠와 레저의 증가에 의해 질병과 사고의 예방, 진단과 치료, 정형과 재활에 소요되는 생체의료용 첨단소재의 수요도 증가하고 있다. MRI, 초음파 장비, 방사선 치료기, 토모그래피 등과 같은 의료기계의 발전은 이에 상응하는 특성을 가지는 첨단소재의 개발이 필수적이다. 의료기술 분야에 소요되는 첨단소재는 장기적으로 이식된 생체재료에 대한 거부반응을 최소화하는 생체재료의 개발과 조직공학적 생체적응성이 요구된다. 뼈를 대체하기 위한 구조재료나 장기를 대체하기 위한 폴리머와 같이 인체 내에 삽입되는 첨단소재, 진단이나 치료에 사용되는 의료기기를 제조하는데 소요되는 전자재료, 고도의 자가진단이 가능한 스마트재료 등과 같은 다양한 첨단소재가 요구된다.

이전에는 과학기술의 발전이 삶의 질 향상이라는 선의 개념으로 인식되어 왔다. 그러나 대량생산, 대량소비와 같은 선진국형 기술발전이 폐기물의 증가에 따른 환경오염, 이산화 탄소 농도 증가에 의한 기후변화, 오존층 파괴로 인한 질병 증대와 같은 생각하지 못했던 부정적 영향도 나타내고 있다. 따라서 지구가 감내할 수 있는 정도로 환경부하를 저감시킬 수 있는 시스템의 활용과 이에 소요되는 환경조화용 첨단소재의 개발이 필연적이다. 이를 위해서는 환경에 부담을 주지 않고도 재활용이 가능한 첨단소재의 선정, 재활용 기술개발, 이에 소요되는 재료의 설계와 경제적인 공정기술이 필요하다. 또한, 환경재료의 장수명화, 자연분해성 재료, 천연재료의 재이용 등과 같은 첨단재료의 개발이 요구된다.

첨단재료의 향후 전망

미래학자들이 예측한 대로 21세기를 주도하는 산업분야로 정보통신, 생명과학, 신에너지, 첨단소재 기술이 보다 더 중요하게 대두되고 있다. 이러한 기술들이 금세기를 주도하는 이유는 미래의 과학과 산업기술이 정보화, 인간화, 환경조화를 추구할 것으로 전망되기 때문이다. 이러한 변화를 구현하는데 있어서 중심적인 역할을 담당하는 신산업의 발전은 새로운 기능을 가지는 첨단소재의 개발이 우선해야 가능하다. 이러한 관점에서 첨단소재는 전체 시스템의 핵심부분을 담당하면서 가치창조 전 과정에서 무게로는 아주 작은 부분을 차지하면서도 필수적인 핵심 요소가 될 것이다. 이러한 필요에 의하여 개발된 첨단소재들은 우리생활을 편리하게 하는 새로운 시스템을 구현하는 필수요소로 우리의 미래를 보다 편리하면서도 환경친화적인 풍요로운 미래사회로 만들어 갈 것이다.



이 용 태

- 재료연구소 특수합금연구그룹 책임연구원
- 관심분야 : 타이타늄합금 응용 연구, 항공기 엔진용 고온재료, 구조재료 성형연구
- E-mail : ytleee@kims.re.kr