

하이브리드 재료의 연구개발 현황

정영근 · 강명창 · 김광호

부산대학교 하이브리드소재 솔루션 국가핵심연구센터

Research and Development of Hybrid Materials

Young-Keun Jeong, Myungchang Kang and Kwang Ho Kim

National Core Research Center for Hybrid Materials Solution, Pusan National University
Geumjeong-Gu, Busan 609-735, Korea

1. 서 론

현재 재료분야에서 가장 많이 사용되고 있는 키워드는 “나노(nano)”라고 할 수 있다. 그러나, 최근 들어서 새롭게 중요한 키워드로 등장하는 것이 “하이브리드(hybrid)”라는 단어라고 할 수 있다. 일반적으로 성질이 다른 유기(고분자)재료, 무기재료 및 금속재료들을 함께 사용한 재료를 복합재료 또는 하이브리드 재료라고 일컫고 있다. 여기에서 복합재료는 재료적인 관점에서만 서로 다른 물질들이 결합되어 있는 것을 의미하는 반면에, 하이브리드 재료는 이종물질 간(세라믹, 금속, 고분자, 나노 재료)의 화학적 결합, 미세조직(결정질/비정질/기공), 미세구조 크기(마이크로/나노/마이크로 스케일), 재료 제

조공정 등을 상호 유기적으로 결합시킴으로써, 기존에 없었던 새로운 미세복합구조의 창출과 이에 따른 신기능 및 고기능을 갖는 재료라고 할 수 있다.

재료를 미세구조 크기의 관점에서 보면 그림 1과 같이, 기존의 복합재료는 마크로 스케일에서 이종물질간의 결합이었고, 나노 재료는 기존재료의 나노 스케일화에 따른 표면특성의 발현 및 기존 재료 특성의 고성능화에 그 특징이 있다. 하이브리드 재료를 창출하기 위해서는 그림 1에서와 같이 나노-마이크로-마크로 스케일의 하이브리드화에 따른 다양한 미세조직의 특징적 창출이 필요하며, 창출된 미세조직을 통하여 신기능 및 하이브리드 기능을 창출하는 것이다.

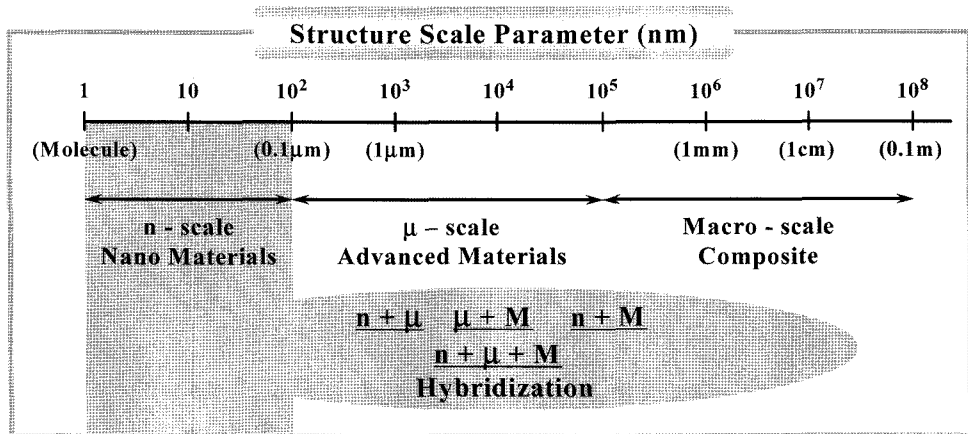


그림 1. 미세구조 크기 관점에서의 하이브리드화.

이와 같이 하이브리드 재료는 재료적 측면뿐만이 아니라 다양한 방법으로 각각의 재료들이 갖는 단점을 보완하고 장점만을 갖추도록 설계하여 제조되기 때문에, 재료 간에 서로 상승작용이 일어나 각각의 재료들이 지닌 기본적인 물성에 비하여 뛰어난 물성 또는 새로운 성질을 가질 수 있다. 이와 더불어 별개의 두 가지 이상의 기능이 하나의 재료에서 발현될 수 있도록 설계제작한 재료도 하이브리드 재료라고 불리고 있다. 본 글에서는 이와 같은 하이브리드 재료의 개발현황에 대하여 분야별로 대표적인 것들을 기술하고자 한다.

2. 생체 하이브리드 재료

생체재료는 질병을 진단하거나 치료하는데 사용되고 또한 손상된 신체의 부위를 대체하기 위한 목적으로도 사용되고 있으며 일회용 주사기에서 인공심장용 재료에 이르기까지 광범위하게 이용되고 있다. 이러한 생체재료는 고분자를 포함하여 금속, 세라믹과 복합재 등이 여기에 속한다. 그러나 생체재료만으로는 신체의 원래 기능을 완전히 대체할 수 없기 때문에 현재 재료 자체가 갖고 있는 한계를 극복하기 위하여 하이브리드화에 의한 생체재료의 복합화, 고성능화 및 고기능화 연구가 진행되고 있다.

하이브리드 생체재료는 유기/무기 복합체, 생체/유기 복합체, 생체/무기 복합체, 유기/무기재료의 코팅뿐만 아니라 재료의 표면개질을 통한 복합화까지를 포함하고 있으며 이러한 재료를 이용함으로써 기존의 생체재료만을 이용함에 의한 단점이나 이종의 조직/장기 이식시의 문제점까지도 쉽게 해결할 수 있다. 즉, 여러 재료간의 하이브리드에 의한 의료용 대체체의 개발이나 생체재료와 세포의 복합화에 의한 조직공학을 이용함으로써 대부분의 인공조직이나 장기를 재생할 수 있다.

2.1. 경조직 대체용 생체재료

다양한 생체재료 중에서도, 인체의 경조직은 콜라겐의 유기질 섬유와 아파타이트의 무기질 입자의 복합체로 이루어져 있으며, 기계적 강도, 생체 친화성, 골조직 재생능력 등 다양한 특성을 요구하기 때문에 경조직 대체용 생체재료 분야에서 가장 먼저 하이브리드 재료의 개념이 도입되었으며 많은 연구가 진행

되고 있다.

경조직 대체용 하이브리드 생체재료에 대한 국내의 연구는 아직 개발 초기 단계에 와 있다. 유기/무기 하이브리드 재료와 관련된 대표적인 것은 솔-겔 공정으로 제조된 poly(ϵ -caprolactone)/silica 하이브리드 재료에 관한 연구로서, poly(ϵ -caprolactone)을 매트릭스로 도입함으로써 소재의 생체적합성 및 생분해성을 부여하였으며, 생체활성 실리카와의 하이브리드화를 통해 뼈 무기질 형성 촉진에 기여하는 연구 결과를 얻었다.

또한, PMMA bone cement가 갖는 단점, 즉 생체활성의 부재로 인한 취약한 뼈 접착 특성, 높은 발열반응 등을 극복하는 기술로서, HAp/chitosan/PMMA 하이브리드 재료를 제조하여 척추성형에 응용 가능한 골충진재에 대한 연구보고가 발표되었다. 최근에는 다공성 수산화아파타이트(HAp) 스캐폴드(scaffold)의 기공 표면을 HAp/poly(ϵ -caprolactone) 복합체로 코팅하여 취성을 억제하고, 항생약물을 담지하여 약물전달 기능이 부여된 소재 개발 연구가 진행되고 있다. 이와 같이 일부 연구그룹에서 유기 고분자 및 무기 아파타이트 복합체를 이용한 골재생 연구가 시도되고 있으나, 국내의 생체재료의 복합화 연구는 선진국에 비하면 매우 미미한 상태에 머물고 있다.

국외 연구동향으로는 90년대 후반과 2000년대에 들어서면서 압축강도를 증가시키기 위한 목적의 monolithic 시멘트에서 벗어나, 골조직 형성 촉진 및 기계적 물성 향상을 위한 방편으로 유/무기 복합체 소재 및 생체활성물질의 전달이 가능한 복합체 및 스캐폴드에 대한 연구 및 개발이 활성화 된 것이 큰 특징이다. 현재 생분해성 고분자를 이용한 하이브리드 골조직 재료개발이 중요한 연구분야로 자리 매김하고 있으며, PLGA, PLA, poly(ϵ -caprolactone), polyanhydride 등의 합성고분자와 chitosan 등의 천연 고분자의 독특한 특성과 HAp, calcium phosphate, silica, bioglass 등의 무기질의 생체활성 및 골전도 특성이 결합된 유무기 골 손상회복 소재가 주류를 이루고 있다. 또한 비분해성 고분자이나 생체적합특성이 우수하고, 용이한 성형, 취성 향상에 기여하는 polyethylene, polyetheretherketone, EVA 등의 비분해성 폴리머와 HAp 무기질의 복합체에 대한 연구도 관심의 대상이 되고 있다.

유기/무기 복합화를 고분자 매트릭스를 사용한 주

표 1. 유기/무기 하이브리드 골 소재 국외 연구동향

고분자	세라믹	형태	하이브리드화의 목적	연구자
PLA	Bioglass	Composite	Bioactive특성이 도입된 생분해성 유기/무기 소재 개발	Boccaccini
PLGA	Calcium phosphate	Composite	우수한 생체적합성 및 생분해 특성의 유기/무기 소재 개발	Wang
PLA-PEG copolymer	HAp	Composite	Porous HAp에 PLA-PEG의 생분해 특성에 의한 BMP 방출기능이 도입된 유기/무기 재료 개발	Yoshikawa
Poly(ϵ -caprolactone)	HAp	Composite	우수한 생체적합성 및 생분해 특성의 유무기 소재 개발	Kumta
Poly(ϵ -caprolactone-co-DL-lactide))	Bioglass	Composite	Bioactive특성이 도입된 생분해성 유기/무기 소재 개발	Walker
Chitosan	HAp	Composite	생체적합성이 우수하고 골전도 기능이 함유된 소재 개발	Shen
Polyethylene	HAp	Composite	Bone의 modulus와 유사한 기계적 물성 및 취성이 향상된 골재료 개발	Bonfield
PMMA	HAp	Cement	골전도 유도기능의 본시멘트 제조	Asmus
Poly(3-hydroxybuturate-co-3-hydroxyhexanoate)	HAp	Scaffold	생분해성 스캐폴드 고분자의 기계적 강도 향상 및 골전도 유도기능 도입	Chen
Ethylene vinyl acetate copolymer (EVA)	HAp	Blend composite	HAp 도입으로 기계적강도와 EVA의 elastic 특성의 조합	Friedrich
Aromatic polyamide with sulfonic groups	Calcium phosphate	Composite	바이오미네랄리제이션 유도가 가능하고 기계적 물성이 향상된 composite 개발	Konagaya

사형 제제는 PMMA등의 비분해성 고분자가 주류를 이루었으나, 90년대 후반에 들어서 가교반응에 의해 블록형 및 주사형 스캐폴드로 응용 가능한 poly(propylene fumarate)(PPF) 등의 분해성 고분자가 의 과학적 응용에 많은 장점을 갖고 있어 활발한 연구 개발이 진행 중이며, 인체내 주입시 가교반응을 통해 항생물질 및 bone morphogenetic protein(BMP)등의 단백질 약물 전달기능을 함유한 또는 약물전달 입자의 체내 고정을 유도하는 유무기 하이브리드 소재에 대한 연구결과도 다수 보고 되다.

최근에 들어 분해성 PPF계 주사형 고분자 소재에 β -TCP등의 인산칼슘을 첨가하여 기계적 강도 및 골전도 유도기능을 도입하는 시도들이 진행되고 있으며, Phosphate, carboxylate 및 sulphonate 그룹으로 개질된 고분자를 사용한 유기/무기 소재는 매트릭스 내 바이오 미네랄리제이션 유도가 가능하여, 생체모방형 특성을 가지므로 근래에 들어 관심의 초점이 되고 있다. 이러한 다양한 유기/무기 하이브리드 골 소재에 대한 연구들을 표 1에 정리하였다.

2.2. 나노기술을 이용한 생체재료

다양한 분야에서 응용되고 있는 나노기술은 하이브리드 인공골 연구에서도 중요한 역할을 하고 있다. 나

노재료 기술의 도입으로 유기/무기 인공골 재료의 단점을 개선하려는 시도는 비교적 최근에 시작되었으며, 연구개발 결과는 최근 5년 전부터 발표되기 시작하였다. 나노기술은 현재 인체 뼈의 구조 및 특성을 모방하는 이상적인 소재 개발에 있어, 차세대 경조직 대체 기술을 위한 연구방향으로 인식되고 있다.

나노재료 기술이 도입된 대부분의 연구는 HAp 나노결정에 초점이 맞춰져 있고 이로 인해 고분자 파이버 및 스캐폴드 내에 균일한 분산이 가능하므로, 천연 뼈와 같은 기계적 물성을 기대할 수 있게 되었다. 현재까지 보고된 연구의 핵심기술은 새로운 합성법에 의한 HAp 나노결정의 제조공정 개선 및 고분자 매트릭스의 내의 균일한 분산기술이 주를 이루고 있으며, 고분자 매트릭스내 나노 스케일의 균일한 분산으로 형성된 나노복합재료는 천연 뼈와 같은 기계적 강도를 보인다는 연구결과가 보고 되었다.

HAp 나노결정과 하이브리드를 이루는 고분자를 선택하여 유무기 소재의 특성을 조절하는 연구도 광범위하게 진행되고 있다. 고분자의 범위는 콜라겐, 키토산 등의 천연고분자와 PLGA, polyamide등의 합성 고분자로, 나노 HAp와의 상호 작용을 향상시켜 기계적 물성 및 고정화 특성이 향상된 소재 및 생체적합성이 뛰어난 소재에 대한 연구개발이 초점이 되고 있

표 2. 나노기술이 도입된 유기/무기 하이브리드 골 소재 연구동향

논문제목	나노기술	나노기술에 의한 소재특성 증진	연구자
In situ synthesis of bone-like apatite/collagen nano-composite at low temperature	저온 in-situ 합성으로 제조된 HAp 나노 결정의 콜라겐 내의 균일한 분산	균일한 분산으로 인한 합체의 bone-like 특성 향상	Li et al.
Development of biomimetic nano-hydroxyapatite/poly(hexamethylene adipamide) composites	poly(hexamethylene adipamide)내의 HAp 나노결정 형성	Apatite의 균일한 분산으로 인한 생체반응성 및 기계적 특성 향상	Li et al.
Preparation and characterization of nano-sized hydroxyapatite particles and hydroxyapatite/chitosan nano-composite for use in biomedical materials	수용액상에서 나노크기의 HAp의 제조	Homogeneous HAp의 미세구조 형성으로 생체모방형의 특성 구현	Lin et al.
Preparation and characterization of biodegradable chitosan/hydroxyapatite nanocomposite rods via in situ hybridization: a potential material as internal fixation of bone fracture	나노 크기의 HAp in-situ hybridization	고분자 매트릭스내에 균일하게 분산되어 투명성 및 높은 기계적 강도를 갖는 컴퍼지트 실현	Hu et al.
Tissue engineering scaffold material of nano-apatite crystals and polyamide composite	10-20 nm의 HAp 제조기술	Polyamide내의 균일한 분산으로 천연뼈와 같은 기계적 특성 기대	Yubao et al.
Structure and properties of nano-hydroxyapatite/polymer composite scaffolds for bone tissue engineering	Nano-HAp의 스캐폴드 기공 내 분산	스캐폴드의 기계적 특성 향상 및 단백질 흡착특성의 향상으로 세포 부착효능 향상	Ma et al.
Bioresorbable composite bone paste using polysaccharide based nano hydroxyapatite	나노 HAp의 chitosan bone paste내 안정한 immobilization	HAp의 bioresorbability 촉진	Murugan et al.

다. 나노기술이 도입된 유기/무기 하이브리드 골 소재 연구동향을 표 2에 정리하였다.

3. 복합기능 하이브리드 재료

다양한 전자기 기능성을 갖는 세라믹 재료와 우수한 가공성을 갖는 고분자와의 하이브리드화를 통해 탁월한 시너지 효과를 볼 수 있는 세라믹/고분자 하이브리드 재료 기술에 대한 연구가 각광을 받고 있다. 이에 향후 5~10년 사이에 한계에 부딪히게 될 것으로 예상되는 세라믹 전자기 수동부품 산업의 기술적 돌파구를 제공해 줄 수 있는 기술로서 캐패시터(capacitor, C), 저항(resistor, R), 인덕터(inductor, L) 등의 개별 세라믹 수동소자(passive)들을 고분자 매트릭스의 다층인쇄회로기판(printed circuit board, PCB)에 내장시키는 passive integration용 세라믹/고분자 하이브리드 소재기술에 초점을 맞추어 많은 연구가 진행되고 있다(그림 2).

국내에서는 유기계 하이브리드 재료에 대한 기반

이 부족하기 때문에 국내 PCB 업체에서는 선진사의 기술을 도입하여 향후 생산에 대응하려는 움직임을 보이고 있다. 특히 LG 전자에서는 미국 Sanmina에서 기술을 도입하여 제품화를 위한 기술 개발을 수행하고 있으며, 삼성전기, 이수 페타시스 PCB 등의 업체에서는 자체적인 기술 개발을 통한 제품력 기술력 확보에 주력하고 있다. 그러나, 국내의 모든 PCB 업체는 수동소자 내장형 다층 PCB 기판 기술이 차세대 정보 전자용 핵심기술로서 인식하고 있으나, 핵심 소재 기술의 부족으로 말미암아 외국의 선진업체에서 재료를 입수하여, 기존 공정에 적용하기 위한 PCB 공정 기술 개발에만 열중할 수밖에 없는 상황이다.

4. 광기능성 하이브리드 재료

4.1. 비정질/결정질 하이브리드 재료

IT정보소자 또는 초정밀 유리소자들의 초정밀, 친환경적 가공기술개발은 끊임없이 요구되어왔으며, 극초단파레이저 등 고효율, 국소부에 대한 자유로운 에

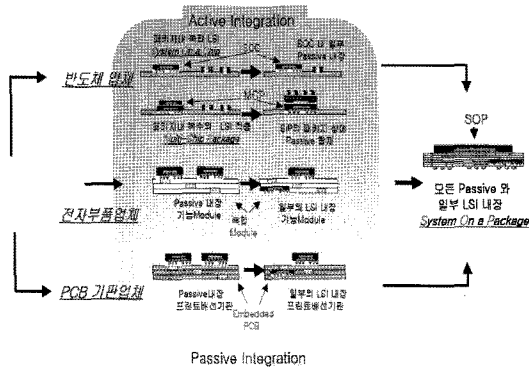


그림 2. System Integration 방향 (SOP 산업분석보고서, 산업자원부, 2006).

너지인가가 가능해짐으로서 이와 관련한 다양한 기술적 요구와 성능의 개발이 필요하다. 벌크의 확장된 형상인 광섬유 등에서도 기존의 광섬유가 가지는 광학적 특성을 한계를 넘기 위하여 광섬유 코어 내에 금속 혹은 반도체의 나노 입자가 함유된 광섬유의 개발이 시작되고, 광섬유 내에 반도체 미립자가 수 nm 크기로 함유될 경우, 입사되는 광에너지가 이 미립자에 의해 흡수된 후 exciton의 형성 및 여타 광섬유에서 가능하지 않은 양자특성에 의해 광특성이 달라짐이 확인되었다. 이러한 비선형 광특성을 이용할 경우 빛의 세기를 달리하여 빛의 특성을 제어할 수 있는 특수한 응용을 기대할 수 있다.

4.2. 졸겔 하이브리드 재료

졸겔 공정과 기타 화학공정들을 이용하는 졸겔 하이브리드재료의 장점들은 광전자 응용에 적극적으로 응용될 수 있다. 다양한 형태, 조성 및 분자구조가 가능한 졸겔 하이브리드 재료의 다양한 광기능성들은 최근 급속히 연구되어서 그의 성능들은 점차 검증되어 새로운 광기능성 재료로서 인정되고 있다. 따라서 이들을 이용한 광 응용들이 실용화되기 시작되면서 광기능성 재료로서 가능성은 점차 높아지고 있다. 졸겔 하이브리드 재료의 광기능성 재료로 기존의 재료와 경쟁을 위한 중요한 개선을 위해서는 matrix 자체의 개선(강도, 투명성, 열안정성, 광손실 등), 유기물 특성의 개선(화학, 열, 광화학 안정성, 광기능성 효율)과 matrix와 유기물의 결합의 개선된 조절이 필요하므로, 이에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.

5. 기계구조용 하이브리드 재료

5.1. 기계가공성 하이브리드 재료

전기전도성 및 기계가공특성의 동시발현을 통하여 취성 세라믹소재가 근본적으로 가지고 있지 못하던 쾌삭 가공성을 부여하고, 하이브리드 기능화를 통하여 나노구조제어 하이브리드 복합분말의 개발은 세계적으로 일본 등의 선도적 연구 집단에서 제한적으로 연구되고 있으며, 연구완성도와 적용부품소재가 가질 경제적 기술적 파급효과는 상상을 초월할 정도이므로 체계적이고 심도 있는 연구체제를 구축하고 연구가 절실히 요구되고 있다.

5.2. 고기능 하이브리드 벌크소재

최근 초정밀, 기계부품을 구성하는 핵심재료로서 주목받고 있는 난가공성 금속, 세라믹, 결정질 또는 비정질 등의 Bulk형상소재를 고부가가치화하기 위해, 다양한 연구기법이 개발 적용되고 있다. 특히, 고압(HIP), 전기장 또는 극초단파 레이저 등을 외부인가하거나 Advanced MCVDF방법으로 preform을 성장시키는 등 하이브리드화 구조 형성 및 기능화 기법을 통해 초경박단소화, 초기능성의 기계부품소재로의 활용가능성의 연구검토가 수행되어야 한다. 하지만 이러한 소재 및 가공기술 관련 특허 등 원천기술은 해외의존도가 높고, 최근기술의 핵심방향중 하나로 인식되고 있는 나노 또는 MEMS기술 등 첨단가공에 의해 완성되므로 그 기술 장벽 또한 매우 높아지고 있다.

5.3. 고기능 하이브리드 코팅소재

기존의 내마모 구조 코팅막의 경도를 증가시키기 위하여 최근 나노기술의 개념이 도입되었으나, 코팅막의 결정립을 나노 스케일로 작게 하는 경우 경도가 증가하다가 더 이상 증가하지 않고 오히려 감소하는 현상(Reverse Hall-Petch 현상)이 발견되고 있다. 이는 결정립의 주위, 즉 결정립계를 비정질화하여 결정립계의 슬라이딩을 억제하여줌으로써 극복 가능하다. 그 예로써 그림 3과 같이 비정질 Si_3N_4 , a- Si_3N_4 로 둘러싸인 nc-TiN/a- Si_3N_4 복합체를 들 수가 있다. 코팅소재의 경우 상기와 같은 이종물질의 하이브리드화(금속/세라믹) 및 결정구조의 하이브리드화

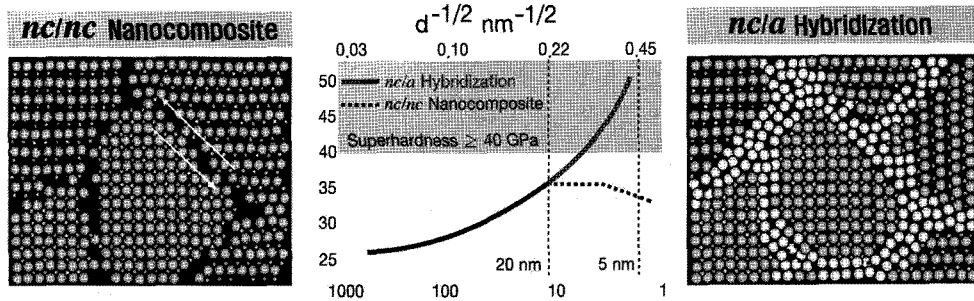


그림 3. 하이브리드화에 의한 나노복합재료의 한계 극복.

(결정/비정질)는 나노기술의 한계를 뛰어 넘는 고성능의 차세대 코팅소재 개발 가능성을 보이고 있다.

탁월한 내마모성 하드코팅의 개발은 플라스틱 재료가 유리를 대체할 수 있다는 희망을 제시하고 있어 플라스틱 재료의 활용성을 높여주고 있다. 이와 함께 유기/무기 하이브리드의 분자구조에 기능성 유기물의 부착은 매우 안정된 기능성 코팅의 다양한 개발이 시도되고 있다. 또한 유기물이나 무기물 나노입자의 분산 첨가에 의해서 기능성이 재료에 부가되어 기능성 코팅이 개발되기도 한다. 가장 대표적인 표면 개질인 친수/친유 및 소수/소유는 물론 정전기방지, 기체차단성 코팅 등이 개발되고 있다. 그리고 염료 또는 금속입자의 분산 첨가에 의해 색 코팅이나 변색유기물이나 금속염의 분산 첨가에 의해 광변색 코팅 등 고기능성 코팅 등도 활발히 개발되고 있다.

점차 재료의 새로운 응용분야를 확보하고 부가 가치를 높이기 위해서 기능성 코팅의 적용은 점차 확대될 것으로 전망된다. 유기 하이브리드 코팅은 기존 코팅재료의 한계를 극복할 수 있고 다양한 기능성이 발현될 수 있는 가능성이 매우 높다. 그러나 유기 하이브리드는 유기 및 고분자 코팅에 비해서 높은 에너지의 경화공정을 요구하여 생산성이 낮은 단점들을 갖고 있어 실용화에 문제점이 되고 있다. 유기/무기 하이브리드 코팅은 다른 용액코팅과 마찬가지로 우수한 특성의 코팅재료 자체의 개발은 물론 코팅용액의 안정성, 코팅 전처리공정, 코팅공정 기술, 코팅장치 기술 등 다양한 기술들이 뒷받침되어야 한다. 그러므로 실용적인 유기 하이브리드 코팅의 개발을 위해서는 재료는 물론 코팅기술이 연계적으로 연구개발 되어야 할 것이다.

6. 하이브리드 재료개발에 필요한 동반기술

6.1. 하이브리드 재료의 설계

기존의 소재 설계 및 공정 최적화는 개발하고자 하는 대상 소재의 종류, 크기 및 공정 방법에 따라, 그림 과 같이 Finite Element Method(FEM), Phase Field, Monte Carlo(MC), Molecular Dynamics(MD) 등의 다양한 Intelligent Material Design 기술들을 통해 구현되어 왔다. 하지만 이들 기법은 단일 소재 및 공정을 그 적용 대상으로 삼아온 바, 미래형 고기능성 부품의 핵심 소재가 될 하이브리드 재료로의 적용에 있어서는 현재 학문적으로 극히 미숙한 상황이라 하겠다. 그러나, 하이브리드 재료의 개발 이러한 이론적 설계 기법과의 상호 유기적인 관계가 없이는 시행착오의 소모적 연구 행태를 지닐 수밖에 없는 바, 연구 및 개발의 가속화를 위해 신기법의 하이브리드 재료 및 공정 설계 기법이 시급히 요구된다.

6.2. 하이브리드 재료의 분석

이종 소재, 구조, 및 조직의 결합으로 창제된 하이브리드 표면소재의 특성은, 이종 형태의 결합 시 얼마나 상호 호환적인 계면 구조를 형성시키느냐에 따라 그 성패가 좌우된다. 특히, 이종 하이브리드 재료의 결합은 단일 소재의 결합과는 달리 계면 응력 분포가 지극히 복잡한 양상을 띠므로, 기존의 단순 분석 기법으로는 하이브리드 재료 결합 특성 해석에 있어 한계를 지닌다. 따라서, 기존의 화학적, 물리적 방법들을 유기적으로 결합하여, 하이브리드 재료 계면부의 화학 성분 및 원자 결합, 결정 구조 등에 대한 체계적인 분석을 수행하고, 이를 바탕으로 계면 구조와 특성의 상관성 관계를 분석하는 신개념의 복합적

분석 기법이 필요하다.

6.3. 하이브리드 재료의 신뢰성 평가

하이브리드 재료의 연구의 완성은 창제된 소재에 장기 신뢰성을 부여하는 것이다. 우선적으로는 하이브리드 재료에서의 신뢰성 개념의 정립, 이후 장기 신뢰성 파악을 위한 독자적 가속 수명법이 개발되어야 한다.

7. 맺음말

6T 기반 산업을 꽃피우고 이들 분야에서 우리나라가 세계 경쟁력을 갖추기 위해 가장 근원적이고 공통 핵심적으로 확보해야 하는 분야는 재료 및 부품 분야이다. 또한 국가 10 대 차세대 성장동력산업이 경쟁국인 일본과 상당부분 겹치는 것으로 나타나면서 경쟁력 확보를 위해 이를 뒷받침할 수 있는 재료 및 부품 분야의 질적 발전을 위한 국가 전략이 필요한 시점이다. 미래 고부가가치 창출을 위한 첨단산업 육성의 중요성을 인식하지만 쉽게 되지 않는 이유는 시스템 기술은 비교적 선진국과 유사한 수준으로 따라잡아 가고 있으나 원천소재기술이 뒤떨어져 있기 때문이라고 할 수 있다.

따라서, 우리나라 미래의 산업이 고부가가치화 되고 새로운 분야가 창출되기 위해서는 기존 재료의 기능과 특성이 고성능화되어야 함은 물론이고 새로운 기능이 복합화된 재료가 필요한 시점이며, 이와 같은 상황에서 하이브리드 재료가 그 역할을 해 줄 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 하이브리드 재료는 기존의 재료로부터 더욱 고기능화 되고 기존 재료가 근

원적으로 가질 수 없었던 신기능을 복합적으로 갖는 재료이므로, 이 분야에 대한 집중적인 연구는 우리나라의 원천소재기술의 향상과 향후 많은 부가가치와 파급효과를 볼 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터사업(R15-2006-022-01001-0) 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. S.-H. Rhee, J.-Y. Choi and H.-M. Kim: *Biomaterials*, **23** (2002) 4915.
2. S. B. Kim, Y. J. Kim, T. L. Yoon, S. A. Park, I. H. Cho, E. J. Kim, I. A. Kim and J.-W. Shin: *Biomaterials*, **25** (2004) 5715.
3. H.-W. Kim, E.-J. Lee, H.-E. Kim, V. Salih and J. C. Knowles: *Biomaterials*, **26** (2005) 4395.
4. H.-W. Kim: J. C. Knowles and H.-E. Kim: *Biomaterials*, **25** (2004) 1279.
5. S. C. Lee, H. W. Choi, H. J. Lee, K. J. Kim, J. H. Chang, S. Y. Kim, J. Choi, K.-S. Oh and Y.-K. Jeong: *J. Mater. Chem.*, **17** (2006) 174.
6. H. W. Choi, H. J. Lee, K. J. Kim, H. M. Kim and S. C. Lee: *J. Colloid Interface Sci.*, **304** (2006) 277.
7. 한동근, *고분자 과학과 기술*, **13** (2002) 3.
8. 배병수, *고분자 과학과 기술*, **12** (2001) 716.
9. 배병수, *세라미스트*, **4** (2001) 34.
10. D. K. Lee, D. S. Kang, J. H. Suh, C.-G. Park and K. H. Kim: *Surf. Coat. Technol.*, **200** (2005) 1489.