

첨단 소재와 국방과학기술

千 昌 煥 / 國科研 책임연구원
공학박사



반도체 칩으로부터 우주왕복선에 이르기까지 인류가 사용하는 모든 물질은 소재로 되어있습니다.

수만가지의 제조업의 성패도 고품질 특수소재의 획득여부에 달려 있으며, 인류의 역사를 통해 살펴볼때도 새로운 소재는 과학적, 기술적, 문화적 혁명을 초래해 왔습니다.

실제로 역사의 구분도 사용된 재료에 의해 석기시대, 청동기시대, 철기시대 등으로 명명되어져 왔습니다.

첨단소재의 중요성

수천년동안 인간은 자연적으로 얻을수 있는 재료를 혼합해 형태를 만들고 굽고해서 개인적 필요를 충족시켰으나, 오늘날 복잡한 사회의 다양한 요구는 첨단과학에 의해 원자단위 수준에까지 제어해서 설계된 첨단소재를 통해서만 충족될수 있습니다.

즉 원자의 특정한 배열과 배열에 따라 재료의 특성에 수많은 변화가 나타나므로, 재료의 화학성분 및 구조에 대한 세부지식과 이들 각각을 통제할수 있는 첨단가공기술의 병행으로 신뢰성있는 유용한 재료를 만들수 있습니다

첨단소재는 대부분 다른기술의 성패를 좌우하는 핵심요소기술의 밑바탕이 됩니다.

따라서 첨단소재 및 가공기술은 국가의 발전, 안보, 산업생산성, 경제성장을 위한 필수요소가 됩니다.

1977년에 실리카 광섬유는 실험실 수준이었으나 상업적으로 사용되기 시작한 이래 유용한 원거리 통신수단이 되었으며, 오늘날 구리보다 100배나 저렴한 비용으로 설치될수 있습니다.

또한 고온 초전도체의 발견은 자장내에서 극히 작은 변화까지도 감지할수 있는 초고성능 자기계의 개발을 가능케해서 인간의 뇌파 파형까지도 감지할수 있는 수준입니다.

케블라나 흑연과 같은 초강력 화이버로 보강된 복합구조용 재료는 항공기나 우주선의 중량감소와 성능향상을 가능케하며, 케블라는 철강보다도 강도/밀도비가 큰 재료로서 「사막의 폭풍작전」에서 방탄헬멧으로 사용되기도 하였습니다.

최근 과학자들은 기존자석보다 최소 2배 이상의 강한 자력을 갖는 재료를 개발하였습니다. 이러한 개발은 재래식 전자자석을 첨단자석으로 교체함으로써 모터의 중량감소와 효율증대를 가능케 하였습니다.

영구자석의 세계수요는 2000년까지 3배로 증가해 약 65억불에 이를 것이며, 이중 3분의 1이상이 첨단자석으로 공급될 것입니다.

가장 기대되는 구조용 첨단재료는 연속화이

바 보강 복합재료로서 높은 고온특성 및 낮은 중량으로 항공우주 추진기관에 사용이 예상되며, 사용되는 기지에 따라 고분자 복합재료, 금속 복합재료, 세라믹 복합재료, 금속간 화합물 복합재료로 분류됩니다.

화이하 보강 세라믹 복합재료중 C/SiC 복합재료는 적당한 기계적 특성과 용이한 성형성, 적절한 내환경성으로 기대되는 재료입니다.

「스마트」 재료는 외부의 변화를 감지하고, 유용한 방향으로 기능을 작동시켜 성능을 수행하는 능력을 갖춘 첨단재료입니다. 「스마트」 비행기 날개는 공기압력과 비행속도에 따라 날개의 형태를 변화시키므로 연료효율을 극대화시킵니다.

센서와 액추에이터에 있는 근육은 스마트 재료로서 전기, 자기 및 열에 반응해 변형을 유발합니다. 그밖에 다른 종류의 스마트 재질로는 형상기억합금이 있는데 변형후 가열하면 기억된 원래의 형상으로 돌아가는 성질을 가지고 있습니다.

이러한 첨단기술은 보병에게 「스마트」헬멧을 제공하게 될 것입니다. 즉 스마트 헬멧은 탄환이나 파편으로부터 머리를 보호할뿐만 아니라, 레이저 비임을 차단합니다.

또한 센서에 연결되어 광학, 적외선, 마이크로웨이브에 의해 야전의 통신네트워크에 연결됨으로써, 어둠속에서도 볼수 있고 자신의 위치를 판별하며, 목표물을 정확히 조준할수 있게 합니다. 이와같이 첨단소재는 국방과학 기술에 필수적입니다.

첨단소재 개발의 기술정보 분석

• 美 국방부 과학기술연구개발 정책 현황

미국 국방부의 방위산업을 위한 소재개발 범위는 매우 광대합니다.

미사일 및 전투기 소재, 육지나 해양에서 수송역할을 하는 소재, 사격 및 사격방어 소재, 통신, 감시, 명령, 조절 및 기능을 가진 소재 등이 이에 해당합니다.

이런 다양한 재료 연구분야에 대한 예산은 기초 국방재료과학기술의 지원, 실제 탐사 개발, 첨단 기술의 시범 응용 등 3개의 영역으로 나누어 배정되고 있습니다.

* 기초 국방재료 과학기술의 지원

ONR(Office of Naval Research), AFOSR(Air Force Office of Scientific Research) 그리고 ARO(Army Research Office)에 의해 주로 운영되고 있습니다. 연구 기금의 60%는 모두 대학연구소로 할당되며, 나머지 40%는 자체내의 연구소 및 산업체 연구소등으로 배정되고 있습니다.

연구개발활동을 계획하고 기금을 배정하는 역할이외에도 외국의 연구동향을 파악하기 위해 런던과 동경에 지사를 두어 각종 자료를 수집, 분석 평가하여 보고하고 있습니다.

이 정책의 목적은 장래 군사과학기술발전에 중요한 영향을 미칠 기초과학지원에 있습니다.

* 실제 탐사개발

좀더 응용개발에 가깝고, 가까운 장래에 사용될수 있는 국가방위산업분야를 다루고 있습니다.

이 분야에서는 어떤 특정한 연구재료를 다루는 것이 아니라 주로 기초과학분야에서 얻어낸 기술과 이론을 채택, 응용하고 있습니다. 따라서 주목적은 기본 국방재료 기술기반을 향상시키고, 이를 이용해서 첨단 무기체계를 고안하는 것이라고 볼수 있습니다.

그러므로 여기에 국방부 R & D의 중점을 두고 있으며, 따라서 가장 많은 예산이 배정되고 있습니다.

이런 정책을 수행하기 위해 육군에서는 재료연구분야의 연구소로서 메사추세츠의 워터타운에 있는 AMTL(Army Materials Technology Laboratory)을 운영하고 있습니다.

해군에서는 「실제 탐사 개발」부문을 주로 ONT(Office of Naval Technology)에 일임하고 있으며 ONR과 긴밀한 협조를 하는 가운데 첨단소재 개발에 박차를 가하고 있습니다.

공군에서는 이와 동일한 연구기능을 Wright Laboratory에 부여해서 수행하고 있습니다.

*** 첨단 기술의 시범 응용**

핵심 국방기술 분야로 간주하고 있으며, 최종 국방 무기 응용 바로 前단계에서 확실성과 보증을 얻는 것이 주목적이고, 무기제품을 생산하거나 시험하는 것이 주요 기능입니다.

예를 들면, 레이저 경화 재료 프로젝트는 Office of the Secretary of Defence에 의해 주관되고 있는데 육군, 공군, 해군, 그리고 DARPA가 모두 참여해 개발하고 있습니다.

첨단기술의 시범운용 전략의 중요성은 새로운 기술개념을 실제 무기체계에 적용해, 생산하기 직전에 국방부 소재연구기금을 통해 시험하는 기회를 갖는 것입니다.

종합적으로는 이들 4개 기관이 신소재 연구에 있어서 유사한 점도 있으나, 실제적인 측면에서는 각자가 특정임무를 가지고 연구 개발을 수행하고 있다고 볼수 있습니다.

즉, 이들의 주요 관점은 소재의 신뢰성, 지속성 및 원가 절감이며 각 기관이 서로 다른 종류의 소재연구를 병행하고 있습니다.

미국 국방부소재개발의 목적은 지속적인 재료특성 개선과 함께 최고수준의 기술을 연구개발에 의해 성취하는 것이며, 부수적으로 국가의 과학기술발전과 경제적 향상에 음양으로 기여하는 것입니다.

• 소재개발 전략의 實例

미국 국방부의 소재개발전략은 첨단소재의 합성과 특성평가라고 할수 있습니다. 따라서 각 부서에서는 재료공학의 원리와 응용을 최대한으로 취사선택해 첨단 소재의 연구 개발을 장기계획으로 수행하고 있습니다.

*** 육 군**

개발 관점은 첫째, 호환성이 있으며, 둘째, 이동이 쉽고, 셋째, 급속한 배치가 가능한 재료의 합성과 실용화입니다.

최근의 경향은 소형/소량의 무기를 위한 재료개발인데, 이는 현재 일반 신소재의 경향과 비슷합니다. 고강도/고온 특성을 지니고 있는 철강, 구조용 복합재료, 고분자 재료 및 세라믹이 여기에 속합니다.

예를들어 열이 적게나는 이탈추진체계를 위한 세라믹 부품인데 적외선 감지에 덜 민감하므로 크게 각광을 받고 있습니다.

이를 위해 현재 세라믹 복합재료를 개발중에 있으며, 저급 연료를 사용할수 있는 고출력/중량 비율을 가진 세라믹 엔진을 구상중에 있습니다.

세라믹 엔진의 부품 개발에는 특성분석이 필수적으로 따르는데, 거시적으로는 비파괴 검사를, 미시적으로는 전자현미경 기술을 이용하여 품질 검사 및 재료의 미소화학/구조분석을 수행하고 있습니다. 또한 장갑용 재료에는 주로 금속과 세라믹을 활용하고 있습니다.

총몸통 부분의 부식방지를 위해 티타늄 합금, 총열 라이너를 위한 규소질화 세라믹을 연구하고 있습니다. 또한 총탄방어용 재료로서 초강도 금속재료의 개선에 온힘을 기울이고 있습니다.

*** 해 군**

구조용 금속재료, 폴리머, 복합재료, 전자 및 광학재료에 중점을 두고 있습니다.

해수 부식에 대한 특별한 배려가 모든 재료의 연구에 기본적인데, 다음과 같이 재료분야별로 요약할수 있습니다.

국방 소재 공정 기술은 저렴한 원가로 군사용 무기를 만들어낼수 있는 방향으로 연구되고 있습니다.

경량 재료로 최대의 열전도도와 열팽창계수 조절이 가능한 전자 패키징과, 엔진의 가열에 의해 적외선 탐지기에 추적되는 종래의 재료를 개선한 새로운 소재가 항공기에 응용될 예정입니다.

흑연-알루미늄 복합재료가 높은 열전도도와 용이한 열팽창계수 조절에 적합해 열판상 재료로 사용되고 있으나, 가격이 너무 비싼 것이 결점입니다.

한편 해수 부식 문제를 해결하기위해 알루미늄 재료에 이온비임 증착처리를 해서 Pitting 저항력을 개선하고, 균열 부식을 방지하는 연구가 수행되고 있습니다.

그밖에 박판 증착 기술을 이용한 유전체재료, 자기재료, 다이아몬드 필름, La-Y₂O₃를 이용한 돔 재료등의 개발을 서두르고 있습니다.

*** 공 군**

항공재료의 특성을 최대한 활용해야하므로 구조용 비철금속, 탄소복합재료를 이용한 초경량/저렴한 가격의 재료연구에 중점을 두고 있습니다.

Ti-Al 금속간 화합물과 연속화이버 복합재료를 위한 제조공정에 투자하는한편, 화이버-기지 계면의 전자현미경 분석, 미소 기계적 성질등을 중점적으로 연구하고 있습니다.

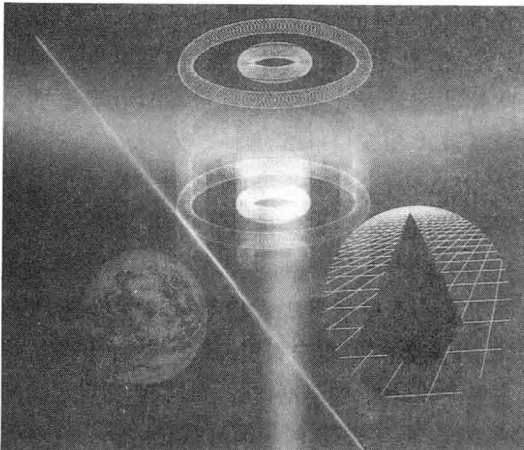
Ti-Al 재료는 높은 강도와 양호한 고온 기계적 성질을 지니고 있으므로, 가스터빈 엔진과 극초음속 비행기에 사용될 예정으로 있습니다.

또한 480°C 정도까지 사용될수 있는 알루미늄-합금이 종래의 비싸고 높은 밀도의 티타늄 합금을 대체하기 위해 개발중에 있습니다.

전자광학 재료분야에서는 Hg-Cd-Te 탐지재료가 전술목적으로 개발 되었고, 우주 공간에서의 저온 물체탐지를 위한 도핑 규소, 초격자 구조를 이용한 반도체 재료를 들수 있는데 통신과 적공격 대비책 방안으로 응용됩니다.

• 연구 개발비

미국 국방 기술 연구소에서 연간 사용한 첨단소재 연구비용은, 1991년에는 5억6백만불, 1992년에는 4억4천9백만불, 1993년에는 4억3천2백만불이 예산으로 책정되었습니다.



최근에 연구 비용이 4% 정도가 감소되었으나 미국 연방정부의 정책연구비에서 두번째로 높은 비중을 차지하고 있습니다.

연구기능분야별로 보면 재료의 합성/공정에서 가장 많은 비중을 두고 있으며 재료특성평가에도 이에 못지 않는 예산을 책정하고 있음을 알수 있습니다.

재료 분야별로 살펴보면, 복합재료, 전자/광학재료, 세라믹, 금속재료, 초전도체에 연구비가 할당되고 있습니다.

기술 정보 수집과

Reverse Engineering의 필요성

미국의 국방소재 정책이 다양하고, 신소재 개발이 하루가 다르게 발전하고 있음을 알수 있습니다.

따라서 우리나라에서는 항상 세계에서 일어나고 있는 새로운 아이디어와 새로운 연구결과를 주시하고, 우리의 상황에서 성공 가능성을 평가해야 합니다.

이를 위해서 과학기술정보 네트워크를 구성해 해외로부터의 과학기술정보 수집 및 분석이 필요합니다. 예를 들면, 실용화된 국방소재제품의 새로운 동향과 신소재 소식을 긴급히 입수 분석함으로써 Reverse Engineering을 성공적으로 수행할수 있습니다.

해외 기술정보의 파악 및 평가업무는 용이하지않기 때문에 전문적인 추적과 비교 분석을 필요로 합니다.

또한 과학기술정보의 수는 기하학적으로 증가하므로 이를 적절히 소화하기 위해서는 중요정보를 분석 및 합성한 다음, 그 영향과 변화하는 추세를 판단할수 있어야 합니다.

따라서 해외거주 전문인력과 국내 인력의 적절한 유기적 협력 체제를 구축함으로써, 종합적 기술정보분석 및 유사한 소재의 물성분석에 따른 Reverse Engineering을 통해, 첨단소재 부품의 국산화를 위한 기반조성에 기여할수 있으리라 판단됩니다.*