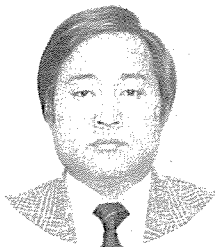


세라믹스재료의 개발현황과 응용전망

첨단산업의  
핵심소재로 각광



丁 炯 鎮  
(韓國과학기술원  
無機材料 연구실장)

첨단산업의 핵심적인 원천 기술은 혁신적인 특성을 지니는 소재의 합성과 이를 가공하여 고도의 기능성을 발휘할 수 있는 부품의 제조에 있다. 세라믹스재료는 금속재료, 플라스틱재료와 함께 중요한 공업재료의 하나이며 내열성, 내화학성, 고강도성, 특수한 전기적 성질 등으로 기계 및 전자제품의 기능성 부품을 구성하고 있는 첨단소재로서 각광을 받고 있다. 또한 이 재료기술은 전통도자기 기술에 근본을 둔 것이므로 세계에 자랑할만한 도자기 역사를 가진 우리나라의 경우 이에 대한 국내외적인 기술현황을 알아봄은 매우 의의가 있다고 생각된다.

◇ 세라믹스 재료의 개요 및 발전 과정

세라믹스(요업) 재료는 비금속재료를 고온에서 소성하거나 용융하여 얻어진 무기질 고체재료를 말하며 도자기, 건축재료, 유리(glass)등 우리 일상생활의 필수적인 물건들을 포함하여 고대 이후 지금까지 인류문화 발전에 지대한 기여를 하여온 합성재료로서 그 구성성분 및 구조가 복잡하여 재료 과학적인 이론적용이 다른 종류의 재료보다 어려워 공업화의 초기부터 상당한 기간동안은 경험적이고 현상학적인 단순지식이 이 재료의 생산과 품질평가에 활용되었을 뿐이었다.

그러나 1950년대 이후부터는 우주개발이 시작되고 전자 및 통신 공업이 본격적으로 발전하게 되어 금속이나 플라스틱 재료로서는 충족시킬 수 없는 특성을 발현시킬 수도 있는 새로운 특성의 재료 채용이 불가피하게 되었으며, 그 대상으로써 세라믹스재료의 품질개선이 연구되었고, 이를 위하여 금속 및 플라스틱재료로부터 도출되어 그때까지 축적되어왔던 재료과학적 지식을 체계적으로 동원하게 되었다. 이와 같은 재료과학적인 연구개발의 노력은 세라믹스재료의 새로운 특성 즉, 고강도성, 고내열성, 고내화학성, 투광전성, 반도체성, 압전성, 유전성 등의 특수기능이 재료속에 개재된 불순물의 종류 및 함량과 구성성분 그리고 미세구조 등의 요인에 의하여 크게 좌우됨을 알게 되었으며 이와 같은 인자를 조정하여 원하는 기능성을

제고시키기 위해서는 불순물이 많은 천연원료 보다는 고순도의 합성원료에 기초한 요업재료에 대한 추구는 천연에 부존하지 않는 새로운 물질 등을 합성하게 되었으며 이들 신물질의 특성에 기초한 새로운 기능의 요업체를 제조하여 각종 공업의 핵심적인 소재로 활용됨으로 마침내 현대과학기술의 총아로 대두되게 되었다.

이와같은 새로운 요업재료 기술을 천연원료로부터 제조되던 재래적 요업재료기술과 구분하여 신요업재료(new ceramics) 또는 정밀요업재료(fine ceramics)기술이라 명명하게 되었다.

오늘날 이와같은 파인세라믹스 재료기술의 영역은 천연에 부존하지 않는 산화물, 탄화물, 붕화물, 질화물, 불화물 등의 새로운 합성물을 포함하게 되었으며, 이러한 합성원료의 채용에 따른 제조 공정상의 여러가지 문제점 즉, 고온소결성, 난성형성, 난가소성들을 야기시켜, 이를 극복하기 위한 특수 공정기술이 요구되었다. 따라서 비교적 저온에서 미세한 조직체를 얻을 수 있는 고순도 미세 균일 원료 분말의 합성, 정밀소자의 성형 및 가공기술, 원하는 특성을 발현시킬 수 있는 성분 조합 및 혼합, 특수소결기술, 특성 및 장기 수명 예측을 위한 고도의 평가기술이 개발되어 파인세라믹스 기술영역에 또한 포함되게 되었다.

파인세라믹스는 다른 고체물질 즉, 플라스틱이나 금속에 비해 화학적으로 매우 안정할 뿐만 아니라 내마모성, 내열성, 그리고 높은 강도를 지니고 있어 새로운 공업재료로 주목되고 있다. 따라서 최근에는 절삭공구, 기계니켈씰(mechanical seal), 밸브(valve), 노즐(nozzle), 베어링(bearing), 금속가공용 다이스, 연마재, 내마모성 특수 라이나 등의 기계적 재료로 사용되고 있으며, 특히 탄화규소, 질화규소를 비롯한 비산화물계 세라믹스의 발전은 구조재료분야에서 금속대체의 가능성이 높아지고 있다. 특히 자동차 엔진에 세라믹스를 이용하려는 계획은 고온에서 작동할 수 있으며 냉각장치가 요구되지 않기 때문에 기존 금속계 엔진보다 1.5~2.0배의 대폭적인 열효율 향상을 얻을 수 있을 것이다.

파인세라믹스의 고온 안정성의 응용에는 우주

왕복선 콜럼비아호의 내열피복재이다. 알루미늄, 질화규소계 절삭공구는 고온강도, 고경도, 내마모성이 우수하여 성능면에서 종래의 모든 공구재료를 압도하며, 특히 고속절삭이 가능하여 생산성을 크게 높일 수 있다. 파인세라믹스는 손상된 인체 골격을 치유하기 위한 이식재료로 응용되고 있다. 알루미늄, 특수 흑연재료, 인산칼슘재료 등이 인공 관절, 뼈손상 접합제, 인공치근 등으로 활용되고 있으며 수술로 이식하여 생체와 접합이 가능한 인공 뼈와 치과재료의 개발이 활발히 전개되고 있다.

파인세라믹스가 산업적으로 가장 많이 활용되고 있는 분야는 전자분야이다. 세라믹스는 다양한 전기 자기적 특성을 지니고 있어 이 분야에 광범위한 용도를 가지고 있다. 칼라 TV의 경우만 하더라도 약 400여종류의 기능부품 중에서 약 60%가 파인세라믹스로 구성되고 있다. 전자기 분야에 응용되는 대표적인 예를 들면 <표-1>과 같다.

파인세라믹스 재료를 그 고유의 기능성 및 용도면으로 분류하면 기계적, 구조적, 전기자기적, 광학적, 화학적, 생체적, 열적 기능재료로 구분되며 선진국의 예를 보면, 미국은 우주개발 및 국방산업과 관련이 많은 구조적 및 열적기능 재료에 치중하고 있으며, 일본의 경우는 주로 민수용 전자 및 기계부품산업에 필요한 전기자기적 및 화학적 기

<표-1> 광·전기·자기특성응용의 세라믹스 재질예

특 성	응 용 예	세라믹스 재질예
절 연 성	애자, 접화 다층기관,	고알루미나자기 알루미나
유 전 성	콘덴서	티탄산바륨
압 전 성	접화기	티탄산지르코늄산연
반 도 성	바리스타 서미스터	산화아연 망간, 코발트스핀넬
도 전 성	발열체	탄화규소
초전도성	자기부상열차	바륨 - 이트리아 - 구리산화물
초 전 성	침입센서	티탄산지르코늄산연
도 광 성	광섬유	석영유리
투 광 성	적외투과창	불화칼슘유리
감 광 성	광량센서	Cds
발 광 성	원적외선발열체	Spodumene
자 성	트란스코아	망간-아연-페라이트
기 역 성	자기 자기테프	감마마그네타이트

능재료 개발에 치중한다.

파인세라믹스 재료기술은 이미 기능부품 형태로써 현대의 전자 및 기계기술의 핵심적인 위치를 차지하고 있으며 우주 해양개발, 에너지 및 정보 산업등 미래산업을 위한 공업재료로서 선진국간에 우위 확보를 위한 극심한 개발경쟁을 벌이고 있는 첨단기술 분야이다.

### ◇ 선진국의 기술개발 실태 및 동향

선진국의 경우 정밀요업 재료는 기계, 전기 및 전자산업의 구조재 및 핵심부품으로 대규모로 활용되는 외에 원자력, 에너지산업, 정보 및 통신산업, 항공우주 및 해양개발과 생체 및 의료산업등의 첨단산업분야의 필수적인 소재로서 그 사용영역을 확장해 나아감으로써 이미 양적인 충족의 단계를 지나 품질의 고도화 및 품종의 다양화를 이룩하고 있다.

이와같은 파인세라믹스의 세계시장은 자유세계의 경우, 1986년 현재 연간 약 100억불 규모이며, 2000년대에는 약 300~530억불의 시장으로 확대될 것이 기대된다. 현 단계에서 기능별 생산 및 사용비율은 대략 <표-2>와 같다. 표에서 보는 바와같이 현 단계로서는 전자기적 용도가 대부분을 차지하고 있으며, 기계 및 기타 분야는 아직 도입단계 및 개발단계임을 알 수 있다. 현대의 폭발적인 전자 통신 기계의 발전은 정밀요업재료 기술에 의존한 바 크다고 할 수 있다.

<표-2>

세계시장 精密窯業材料的 機能別 生産 및 使用比率

機 能	生産 및 使用比率(%)
●電磁氣的 機能	82.0~83.0
●機械的 機能	5.5~6.0
●化學, 醫療的 機能	4.2~4.5
●熱的 機能	4.0~4.5
●光學的 機能	2.2~2.5
●其他 機能	1.0~1.2

신소재의 장기적 관점에서 보면 정밀요업재료에 대한 관심이 가장 큰 배경은 세계적으로 자동차 소재와 전자 소재라고 할 수 있다. 자동차의 경

우 국제시장에서 경제적 파급성이 매우 크며 한편 전자소재는 1980년대에 가장 성장성이 높았으며 1990년대에 도래할 정보화사회에서도 주종산업의 역할을 담당할 것이기 때문이다.

자동차 분야에서 가장 관심이 큰 과제로서는 내연기관의 세라믹화와 고효율 세라믹 터빈엔진을 들 수 있다. 엔진은 사용가스 온도에 따라 열효율이 제고되는데, 고용강화, 석출강화, 일방향 응고, 단결정 등 현재까지 진행시키고 있는 내열합금의 개량으로는 내열온도를 섭씨 1000도 이상 증가시킬 수 없다. 그러나 고순도 합성원료인 비산화물계의 질화규소, 탄화규소와 산화물계인 지르코니아 등의 정밀요업체들은 섭씨 1500도까지도 강도의 열화가 별로 없기 때문에 상기와 같은 터빈엔진에 사용할 경우 가스온도를 대폭 높일 수 있다.

엔진의 개발은 미국과 서독의 경우 엔진 전체의 세라믹화로 가스터빈의 개발에 주력하고 있고, 일본은 세라믹 부품을 최대로 사용한 디젤엔진의 개발에 주력하고 있다. 미국의 경우 가스터빈엔진은 현행 엔진보다 열효율이 30%높은 세라믹 터빈엔진을 1995년경까지 양산하여 승용차에 적용할 것을 목표로 현재 AGT(Advanced Gas Turbine) 프로젝트를 진행시키고 있다. 이 프로젝트에는 에너지성 주관아래 Cummins, Garrette, Ford, GE사 등의 자동차 회사가 참여하고 있다. 이와같은 가스터빈 개발은 200마력의 자동차용을 대상으로 엔진에서 연소기와 동익과 정익등에 세라믹을 사용하여 장시간 동안 시운전하는데 성공하였다.

디젤엔진의 열효율은 대형엔진의 경우 현재 약 35%이며 남은 65%는 엔진 냉각수와 배기가스로 소실된다. 따라서 단열성이 좋은 세라믹부품을 연소실 주위에 사용하여 열효율을 높이고 세라믹 타보차저를 제작 채용하여 배기가스의 에너지를 유효하게 이용하는 동시에 엔진출력을 제고시키며, 또한 냉각수 시스템을 제거함으로써 엔진 크기의 축소 및 경량화 효과를 기하려는 세라믹 디젤엔진 개발이 일본이나 미국에서 진행되고 있으며 이와같은 단열 디젤엔진의 세라믹화 중요부품은 피스톤헤드, 시린다 라이나, 타펫트, 록암칠, 피스톤핀, 타보차저 로타 등이다.

구조재료로서의 정밀요업재료 활용은 세라믹엔진 관련기술 외에 절삭공구와 베어링의 개발이 중요시되고 있다. 열간 등방가압법에 의한 알루미늄, 질화규소, 탄화규소, 입방체 질화붕소 등의 고인성 내마모성 재료는 고속절삭과 난삭제 절삭용 공구로 기존의 초경 공구류를 급속히 대체해 나아가고 있다. 특히 NC공작기계용 공구로 많이 사용하고 있다. 이와같은 세라믹계 절삭공구는 미국의 GTE, 일본의 Toshiba등 많은 회사들이 양산하고 있다. 한편 세라믹계 베어링은 무유윤활로써 질화규소, Sic, Sialon등을 HIP법으로 소결하여 가공함으로써 미국 및 일본의 수개회사에 의해 신제품이 제조되고 있다.

이상과 같은 구조용 세라믹제품의 실용화를 위해서 소재의 특성, 성형소성기술, 설계기술, 비파괴검사, 접합가공, 윤활등의 관련기술에 대한 R&D가 활발히 진행되어 지고 있다.

전자공업에서의 정밀요업재료의 활용은 2차 세계대전 후 TV, Video등 영상기와 스테레오등의 음향기기를 중심으로 비약적인 발전을 하였다. 초기에는 LCR부품에 관한 자성재료, 유전재료, 저항재료를 개발하였으나 현재는 컴퓨터를 중심으로 시스템화 시대에 접어들었다. 따라서 회로소자 재료 및 입출력 단말기 등에 필요한 각종 센서재료, 표시재료 및 정보처리재료의 개발이 요구되는 시점에 있다.

이와같은 파인세라믹재료의 전자기적 기능은 반도체, 절연체, 압전체, 자성체, 센서재료 및 광기술 재료로 구분될 수 있다.

절연재료로서는 알루미늄이 자기가 자동차의 스파크 플러그의 절연체로 채용되기 시작한 이후 고순도 알루미늄이 자기의 메탈라이징 기술이 개발되어 SCR정류기, 진공스윗치 용기, 전자 마그네토톤의 제작에 활용되고 있으며 오늘날과 같은 반도체 패키징과 하이브리드 IC 및 다층 배선기판 기술의 개발로 전개되었다. 선진국에서는 현재 알루미늄 함량 99.5%의 박막용 기판을 무연마, 무유약으로 양산하고 있으며, 동시 소성법으로 신뢰성이 높고 기밀성이 완전한 칩캐리어 및 멀티 칩 패키징의 IC 패키징 기술을 실용화시켰다. 핀-홀이

40개 이상되는 대형의 Cer-DIP가 생산되고 있으며, 약 33층의 다적층 IC 기판이 개발되었다. 절연재료 분야에서 가장 관심이 큰 개발과제는 다적층 기판의 소성온도를 1000도 정도로 저하함으로써 생산성을 제고시키는 것과 열전도가 우수하고 팽창계수가 실리콘과 유사한 AlN 및 SiC계 IC판을 양산화시키는 것이다.

유전특성을 이용한 콘덴서 기술은 1940년초에 티탄산바륨 자기의 발견이래 반도체 및 입계 제어형을 거쳐 드디어 티탄산스트론 계의 입계형 반도체로써 수십만의 비유전율을 갖고 있으면서도 유전손실이 적은 세라믹콘덴서 재료를 개발하게 되었다. 선진국의 경우 HIC 기판에 직접 부착시킬 수 있으며 용량이 큰 적층형 칩 콘덴서 및 원통형 칩 콘덴서를 대규모로 양산하고 있으며 원판형 콘덴서는 자동 삽입이 가능하도록 tapping화 시키고 있다. Pb계 복합 페르브스카이트의 저온 소결재료와 낮은 가격화의 전극재료를 조합한 적층 콘덴서와 고 전계의 비유전율의 저하가 없는 고압용 콘덴서의 개발이 현재 진행되고 있다.

압전 세라믹스는 1950~1960년경에 일본의 고목·택구, 미국의 Jaffe, 소련의 Smolenski 등에 의하여 개발된 Pb(Zr, Ti)O<sub>3</sub>, (PZT)계에 Pb의 일부를 Sr, Ca, Ba 등 알칼리토류 금속원소로 치환하고 Nb 및 Ta등의 토륨산물을 첨가하여 개량시킨 변성 PZT가 주종재료로써 전기 기계 에너지 변환소자 및 전동자로서 광범위하게 응용되고 있다. 절연성이 기본인 세라믹스에 조성적 변화를 주어 반도체화시킨 반동성 세라믹스재료는 금속 및 유기 고분자와는 다른 특징의 물성을 지녔으며 여러가지 재료로서 결실을 맺게 되었다.

즉 이와같은 재료는 온도, 습도, 가스등 주위의 분위기 및 인가전압에 의하여 비저항이 민감하게 변화하여 이를 온도 습도 및 가스의 감지재료로 사용하게 되었다. 서미스터(thermister)는 온도에 따라 비저항이 지수적으로 변화하며 온도상승에 따라 비저항이 소폭으로 부의 방향으로 변할 때를 PTC(Positive Temperature Coefficient)라도 한다. 한편, 비저항이 부의 방향으로 변하되 소폭이 아니고 대폭일 때를 CTR이라고 한다. 바리스터(Varistor)

는 인가전압이 낮을 때 전류의 흐름이 아주 적어 거의 절연체에 가깝고 인가전압이 높을 때 전류의 흐름이 용이한 양도체로 작용함으로써 과전압의 회로소자를 보호할 수 있는 소자를 말한다.

세라믹 바리스터는 전화기나 송배전선과 안테나 회선 및 기기의 피전용 전자기기의 회로 및 소자의 보호와 과전류 방지등 광범위한 용도로 사용되고 있다. 가스센서(Gas Sensor)는 도시가스의 누출, 탄광내의 가연성 가스의 검출, 자동차배기가스 검지등, 사고의 방지 및 연소 효율화를 위하여 필요하다. 이 가스센서류는 응답의 속성, 고신뢰성, 소형화 및 저생산가의 가능성이 센서 품질판정의 기준이다. 이와같은 가스센서의 상품화는 일본이 세계시장을 주도하고 있으며 선진 각국이 그 개발을 경쟁하고 있다.

이 센서의 문제점은 가스에 대한 감도, 선택성, 세라믹스본체의 표면 경년 변화이기 때문에 이에 대한 해결이 목하 각국 공통기술 과제이다. 세라믹스계의 대표적인 자성재료인 웨라이트(Ferite)는 고고정저항, 고주파에서의 고 투자율, 복잡형상의 제작 가능성의 장점 때문에 방송기기, 계측기기 등의 여러 분야의 고주파 회로용 자성재료로서 불가결한 소재가 되었다. 광기능성 세라믹스는 원적외선 방사체, 투광성 다결정 세라믹스, 세라믹스계의 광회로소자 등을 들 수 있다.

원적외선 방사체의 재료는  $ZrO_2-SiO_2$ ,  $TiO_2-Al_2O_3$ ,  $TiO_2-Al_2O_3$ ,  $Al_2O_3-SiO_2$  계로서 도료의 소부, 수지의 경화에 응용되고 있다. 투광성 세라믹스는 알루미나 투명자기 튜브가 고압 소듐램프의 발광관으로 사용되고 있다. 그리고 PLZT계의 투명자기를 이용한 광삿다 편광기, 광변조기, 광메모리, 광표시소자 등이 개발되었으며  $LiNbO_3$ ,  $LiTaO_3$ , GaAs 등의 단결정 재료를 기판으로 한 각종의 광도파로소자, 광굴절 소자, 광스위치, 광필터(Optical Filter), 광아이솔라터(Optical Isolater), 광집적회로소자들이 개발되어 Opto electronics기술의 서막을 열게 되었다.

생체재료로서의 세라믹스의 응용은 고알루미나 다결정질 인공광절과 사파이어(Sapphire) 단결정질 인공치근이 이미 상품화되어 외과 및 치과임상

에 다류 이용되고 있으며, 생체친화성 아파타이트(Appatite)계 인공치근이 새로 개발되었다. 각국은 목하 생체 친화성의 인공골의 개발에 노력을 경주하고 있다.

세라믹스계 초전도재료는 1987년 3월 미국의 쉐 박사가 액체질소의 비점인 절대온도 77도(섭씨 영하 196도) 이상에서 초전도 현상이 나타나는 Y-Ba-Cu-O계 산화물의 발견으로 학계 및 산업체에서는 큰 관심을 갖게 되었다. 이 재료의 임계전류 밀도 향상, 박막 및 선재화 등이 실현되면 조셉슨 소자, 전기저장장치, 자기부상열차로의 실용화가 가능하게 된다.

#### ◇국내의 파인세라믹스 기술현황과 전망

정밀요업기술이 개발단계를 거쳐 상품화로 산업에 기반을 내린 분야는 전자기기용 세라믹스의 전기, 전자공업에의 응용이라 할 수 있다.

천연자원이 빈곤한 상황에서의 국내 경제는 수출주도로 운용될 수 밖에 없으며, 국제시장의 우위 확보를 위해 기술집약적 공산품을 수출주종품으로 발전시켜야 했다. 국내의 기술발전 속도와 국제시장 구조상 우리나라의 수출 주종품은 1970년대의 섬유로부터 1980년대는 전자제품으로 전이되었으며, 앞으로는 첨단 전자제품 및 부품과 자동차 및 부품의 수출이 주류를 이룰 것이다.

국내의 전자공업규모는 가전 3사를 중심으로 국제적 수준으로 대형화되어 1987년도 총 생산은 139.5억달러, 수출은 85억달러로 국내 제조업 생산의 25%, 총수출의 21.8%를 예상할 정도로 우리나라의 중핵산업이 되었다.

국내의 전자공업은 부품의 생산 및 수출보다는 아직도 완제품생산 즉, 세트메이커(set maker) 위주로 구성되어 있기 때문에 생산과 수출의 규모가 성장될수록 부품 자급율이 저하되고 있다. VTR, C-TV, 전자렌지 등 주요 수출제품의 핵심기능부품의 수입량은 확대일로에 있으며, 부품공급시기 및 가격등 제품생산에 많은 문제점을 야기시키고 있으며 선진국 특히 일본과의 무역수지에 가장 큰 적자요인으로 부각되고 있다.

이와같은 핵심기술부품의 대부분은 파인세라믹 소재로 되어 있고 재료합성 및 부품 제조에 대한 기술을 타국으로 이전하기를 기피하고 있는 분야이다. 따라서 파인세라믹기술의 국내 자체개발은 국내 전자공업의 지속적인 발전과 국제 수지 개선을 위해 필요하다.

한편, 파인세라믹스는 전자공업 이외에도 자동차공업의 기초소재로서 자동차기능의 고속화와 기종의 고급화를 위해 이미 세라믹계의 각종 센서와 부품의 채용이 본격화되기 시작하였다. 한편, 미래를 향한 세라믹엔진의 개발에 각국이 노력을 경주하고 있기 때문에 자동차 수출대국을 겨냥하고 있는 우리나라의 입장은 이 파인세라믹스 분야의 기술개발에 주력하지 않을 수 없게 되었다.

파인세라믹스 재료 및 부품의 국내수요는 소자형태로 약 6억 5,900만달러, 부품형태로 약 7억 4,800만달러로 막대한 양이 있으나 웨라이트등 한두개 품목을 제외하고 대부분 품목은 부품형태로 일부 품목은 소자형태 즉, 제품형태로 도입하고 있다.

파인세라믹스용 원료개발은 아직 학문상태의 기초단계이며, 국내수요의 공급이 급한 몇 개의 부품생산을 위해 외국산 원료를 이용한 배합, 성형, 소결, 가공 및 조립의 전 공정을 국산화하려는 연구개발들이 약 4년전부터 시작되어 그중 일부 품목은 이미 공업화 단계에 접어들었다.

〈표-3〉 국내파인세라믹스 소재 및 부품수요 예측 (단위 : 1000불)

	1987년	1990년
집적회로(IC) 및 포장재	128,900	208,400
고정저항기	25,900	42,500
웨라이트	227,000	427,500
콘덴서	108,400	148,200
압전소자	202,600	376,000
반도체 및 센서	54,700	113,000
절삭공구	600	1,200
합 계	748,100	1,361,800

이와같은 국내의 연구개발은 정부의 지원으로 관련 산업체와 국공립연구소가 합동으로 추진하거나 기업 단독으로 추진하고 있다. 특히 중소기업

의 참여가 매우 활발하다.

분야별로 본 파인세라믹스 재료 및 부품의 국내 수요는 〈표-3〉과 같이 예측된다.

세라믹스 절삭공구는 주철의 황삭 및 정삭, 고경도 재료와 특수강 등의 난삭재가공, 고속연삭 및 공작기계 등에 수요가 늘어나고 있다.

전기절연재분야의 수요는 IC 및 Hybrid IC용 포장재와 피막 고정저항기용 세라믹 로드, 그리고 C-TV FBT 포커스 볼륨용 판상 저항기 등이다.

세라믹 자성재료의 국내수요는 최근의 TV, VTR, 마이콤 등의 수출호황으로 그 수요가 급격히 증가되고 있다. 특히 자기 헤드류와 비디오 및 카세트의 자기 기록용 웨라이트 분말, TV 및 컴퓨터 부품용 웨라이트 코어가 수요의 핵심을 이루고 있다. 세라믹 유전체 재료의 국내수요는 디스크형의 경우, TV, 오디오, 전자기기의 일반 회로용으로 칩형의 경우는 hybrid IC, 전자시계, 전자카메라, 라디오용으로 사용되고 있다.

세라믹스 압전자기 재료의 국내수요는 1987년도 현재 소자형태로 연간 약 1억 1,600만달러, 부품형태로 연간 약 2억269만달러로 추산되어지며 이 수요는 급격히 증가하여 1990년대에는 소자형태로 연간 약 2억2,560만달러, 부품형태로 연간 약 3억7,600만 달러로 늘어날 전망이다. 주 수요 품목은 스피커 및 부저, 세라믹 필터와 딜레이 라인파 착화소자 등이다.

세라믹 반도체계 부품 및 센서의 국내 수요는 1987년도 현재 연간 약 5,470만 달러로 추정되나 1990년도에는 연간 약 1억1,300만달러로 신장될 것이 예상된다. 주요 품목은 PTCR 및 NTC의 온도센서, 자동차 배기시스템용, 철강용으로 수요가 많은 산소센서, 그리고 산업 및 가전제품용 온도센서와 각종 전자기기의 회로보호용 바리스터 등이 다.

파인세라믹스 생산에 참여하고 있는 국내의 기업체들은 구조재료분야가 4개, 절연재료분야 14개, 유전재료분야가 6개 회사로 총 45개 회사가 참여하고 있다. 한편, 기업화 및 개발의 단계를 보면 기업화 단계는 일부, 기타 대부분의 품목들은 아직 개발중이거나 반제품형태의 소자를 수입하여 전

극형성이나 조립을 하는 가공단계에 있다. 특히 압전분야나 센서등 첨단분야의 대부분의 품목과 자기헤드용 고밀도 웨라이트재료등의 고가의 소재는 모두 수입하고 있는 실정이다.

### ◇국내의 파인세라믹스 기술개발

기술개발에 대한 가장 큰 전인력이 기술수요라 할 때, 국내의 현재여건에서 민간경제분야의 기계적 및 열적 기능의 파인세라믹스재료의 발전전망은 당분간 그리 밝지 못하다. 그러나 방위산업과 제철·원자력발전등 중화학공업분야에서의 수요와 자동차 및 전자산업과의 관련품목을 확대해 나아가고 우주 및 해양개발과 차세대의 공업재료로서의 기반조성을 위해 기초연구에 주력해야 할 것이다.

이분야의 기초연구로서는 원료의 합성과 합성된 재료 및 제품의 장기적인 신뢰성 평가가 이루어져야 한다. 즉, 소결성이 높은 원료분말의 합성을 위한 액상 및 기상 최신키법이 기초부터 시험공장 수준까지 연구개발되어야 하며 장기적 평가시험을 위한 시험설비 체제가 마련되어야 할 것이다.

차세대를 위한 파인세라믹스 재료분야의 신물질 창출의 가능성이 높은 단결정과 무기질섬유 및 복합재료분야에 대한 신물질 합성연구가 추진되어야 한다.

전기·전자공업 관련 연구는 부품개발을 위주한 연구를 더욱 극대화 및 가속화시켜야 한다. 가능성 부품의 국내수요가 이미 단위생산규모를 초과한 경우가 많고 부품수입이 기술의 선진국 예속을 가중시키고 무역적자를 심화시키고 있기 때문이다. 부품개발은 중소기업의 모험적인 추진력을 이용해야 되기 때문에 대기업 특히 셀트 메이커의 수요내용을 공개하여 개발계획을 세울 수 있도록 하여야 하며, 산업계, 학계, 국공립연구기관이 연계하여 개발의 기간을 단축하여야 한다. 한편 전자부품의 발전추세는 소형화, 집적화, 고신뢰화를 겨냥하고 있기 때문에 이를 위한 고순도원료의 합성방법, 소형화 및 집적화를 위한 성형 및 가공방법등 기초연구는 학계를 중심으로 추진해 나

아가야 할 것이다.

### ◇결론 및 제의

파인세라믹스기술은 국내 전자공업의 지속적인 발전과 자동차 및 기계공업의 고도화를 위하여 그 기초소재로서 국산화 및 기술자립이 시급한 분야이다. 이 기술은 소재 및 부품수입에 의한 선진국 기술 의존도와 무역수지 적자(일본과의) 심화와 가장 깊은 관련이 있으며, 방위산업, 우주 해양개발, 정보화 기술의 핵심으로 부각되고 있다. 따라서 파인세라믹스기술은 우리가 선진국 진입을 위한 입장권과 같은 성격의 것이기 때문에 국가적 지원책이 강구되어야 한다. 따라서 아래와 같은 정책적인 건의를 하고자 한다.

- 대기업 특히 가진 3사의 부품 및 기술수요의 공개 및 범국가적인 수요조사의 정기적 실시.
- 내수용 전자부품의 국산화율 제고 의무화 실시, 단계적으로 수출품에도 적용.
- 물질특허의 국내실시에 따른 분야별 대책기구 구성, 외국기술의 국내 특허출원 심사능력강화를 위한 조치, 수출부품에 관련된 외국특허의 수정작업 실시, 국내 관련업계간의 기술영역 경합조정 등을 협의해야 됨.
- 신물질합성 및 평가를 위한 연구투자의 확대.
- 파인세라믹스개발을 위한 무기재료 연구소의 설립.

이 연구소의 기능은 국공립기간의 R&D능력(인력 및 장비)을 집중시키고, 국가적인 기술수요 및 정보의 수집, 계획의 수립, 국가적인 중요연구과제의 수행 특히 차세대 기반기술을 위한 신물질 및 신기술 창출활동전개, 산업계 요원에 대한 교육 및 훈련실시, 무기재료분야의 연구인력배양, 파인세라믹스의 공인평가 기능 대행, 국제협력의 효율적인 선도 등의 역할을 수행할 것이다.

- 중소기업과 대기업과의 공동 기술개발 체제 수립요망, 중소기업의 재료 및 부품개발과 산업화에 대기업의 투자 및 지원이 필요함.
- 중소기업의 기술개발인력 지원책으로 대학원 졸업생들의 군복부 특혜내지 중소기업근무 의무

화실시.

• 대학의 기초연구 지원을 위한 학부학생 졸업반의 실험연구논문 제출 의무화 실시, 대학원 학생의 장학금 확대, 대학원 학생의 논문 지도 연구비의 국가적인 지원과 대학원 학생 정원제의 의무화, 대학 산하 연구소활성화를 위한 관련 산업계

의 membership 출원제도 도입 고려.

• 국제 기술 협력의 방안으로 선진국의 중요한 R&D계획 구성 초창기에 예비투자자로서 직접 참여 기회 확대.

• 국내 대학원 졸업생의 국외 연수기회 확대 및 지원.

## 세라믹의 고온超伝導体 개발

전기저항이 전혀없는 초전도 재료의 개발을 적극 추진해 온 영국의 과학자들은 최근 세계 최초의 세라믹 高温超伝導 솔레노이드를 개발하는데 성공했다.

과거 전기가 전달되는데 있어서 전혀 저항이 발생하지 않는 초전도물질의 제조 가능성에 대한 발견은 획기적인 과학기술 혁신의 여러 가능성을 입증했다.

전기를 전도하는 물질은 일반적으로 다양한 수준의 저항을 지나 상대적으로 효율을 매우 떨어뜨리는 문제점이 있었다. 최근까지는 전기저항의 제로의 상태인 초전도 현상이  $-254^{\circ}\text{C}$ 라는 극히 낮은 온도에서 발생됨으로써 연구실에서만 제한적으로 실현할 수 있는 것으로 평가되어 왔다.

그러나 최근 이같은 초전도현상을 일으킬 수 있는 臨界温度가  $-175^{\circ}\text{C}$ 의 수준까지 높아졌으며 이 온도를 상승시키기 위한 연구가 각국에서 활발하게 추진되고 있다.

앞으로 室温조건에서 초전도현상을 일으키는 常温超伝導体를 개발하는데 있어서 금속보다는 세라믹 소재의 활용이 핵심적인 역할을 할 수 있을 것으로 기대되고 있

으며, 최근 미국의 연구팀은 이러한 세라믹물질을 이용하여  $-48^{\circ}\text{C}$ 라는 매우 높은 온도에서 초전도를 달성하는 데 성공했다. 이들 연구성과를 바탕으로, 런던에 소재한 베이직 볼륨 컴퍼니(Basic Volume Company)가 최초로 세라믹 소재의 고온 초전도 솔레노이드를 개발하는데 성공한 것이다. 이 초전도 솔레노이드는 길이 127mm, 직경 25.4mm, 管壁 두께 1mm의 초전도 튜브를 생산할 수 있으며, 이는 초전도의 산업적 응용과 관련, 제조기술의 획기적인 진보를 이룩한 것으로 받아들여지고 있다.

베이직 볼륨사는 초전도 연구를 보다 앞선 단계로 진전시키기 위해 세라믹 소재의 螺旋구조 제품 개발을 목표로 한 프로그램에 착수, 한액체질소조건인  $-180^{\circ}\text{C}$ 에서 기능을 발휘하는 새로운 초전도 구조에 관한 연구에 주력하고 있다.

세라믹 소재가 갖는 본질적 취약성으로 인한 제조상의 어려움을 극복할 수 있는 기술이 일단 개발되면 상온 초전도체의 출현을 통

해 혁신적인 출력을 갖는 새로운 발전설비의 제작, 신호전송 속도가 대폭 향상된 마이크로칩의 개발, 지하광물 및 鉱床탐사를 위한 超高感度の 磁氣計, 뇌 및 신경을 통해 흐르는 혈류를 측정, 감지하기 위한 새로운 의료기기의 개발이 크게 촉진될 것으로 보인다. 뿐만 아니라 보다 규모가 큰 것으로서 초전도판재로 둘러싼 무저항실을 설치하여 도청장치나 電磁波 펄스에 의한 간섭현상등으로부터 완벽하게 보호할 수 있기도 하다.

영국의 통상산업성(DIT)은 이같은 초전도 연구의 촉진 및 연구기능 조정을 위해 업계가 중심이 되는 위원회를 새로 구성했다. 이 위원회에는 10개 기업의 대표가 참가, 초전도에 관한 국가연구계획을 심의·조정하는 역할을 하며, 업계가 보유한 전문가들의 연구능력을 결집하는 데에도 관심을 쏟고 있다.

영국 산업계 및 DTI는 초전도 연구를 위한 3개년 계획의 1차년도에 500만파운드의 자금을 공동으로 투입하여 각 대학의 연구진과 함께 고온 초전도물질의 실용화를 위해 적극적인 연구를 추진키로 했다.

이웃끼리 나누는 온정

밝아오는 우리사회