

高度技術과 세라믹스

池 應 業*

I. 高度技術(High Technology)

지금으로부터 약 220 年전에 영국에서 Watt 의 증기기관 및 하야그리브즈(Hargreaves)의 방적기계등을 중심으로 일어나기 시작한 産業革命은 인류문명에 하나의 큰 轉換點을 마련하게 되었다. 그 당시 사람 또는 동물의 勞動과 手工에 의존하던 家內工業을 機械作動 형태의 공업으로 바꿔놓았다. 그후 2세기에 걸쳐서 흐름工程 및 自動化 技術에의 지속적인 발전으로 지금에 와서는 자동공정으로 이어지는 大量生産體制를 이룩하게 된 것이다.

그런데 21세기를 눈앞에 둔 오늘날 급속도로 발전하고 있는 高度技術은 人間의 勞動力을 기계에 맡기려는데서 그치지 않고 한 걸음 더 나아가서 人間의 知的(Intelligent), 感覺的(Sensible) 및 生物的(Biological) 機能들을 人工의 시스템에 맡기려는데 무진 애를 쓰고 있다. 즉 電子, 情報, 通信, 機械, 環境, 宇宙, 에너지 및 生命工學 등 여러분야의 눈부신 발전은 인류문명에 또 다른 하나의 새로운 전환점을 마련하게 될 것으로 예측된다.

2차세계대전이 끝날 무렵까지만 하더라도 산업혁명 이후 꾸준히 발전해 왔던 섬유, 기계, 전기, 화학, 재료, 수송, 의학 및 토목등이 공업의 전부였다. 그러나 1940년 및 1950年代에 걸쳐서 原子彈이 만들어지고, 케니실린, 마이

신, 반도체, 텔레비존, 컴퓨터 등이 발전되고 인간이 달나라에 착륙하게 됨으로써 공업기술은 그 자체 뿐만 아니고 인간생활·의식과 사회구조에도 큰 변화를 낳게 하였다.

3극진공관은 트랜지스터로 바뀌고 다시 IC, LSI, 그리고 VLSI로 발전했으며 이것이 오늘에는 10^6 비트의 超高密度集積回路素子로 발전하였다. 뿐만 아니고 커패시터, 레지스터, 光學 및 磁氣材料등의 高性能에 의하여 헤아릴 수 없을 정도의 새로운 電子·情報·通信機器를 출현시켰다. 또한 이러한 전자소자들을 기계와 연결하여 로봇 및 無人可變製造工程體系(Flexible manufacturing system)까지 등장시켰으며 기계와 공정에 자동화의 물결을 더욱 거세게 하고 있다. 예를 들면 컴퓨터의 발전은 인간의 知的 機能을 초월하는 신속한 계산능력과 문제에 대한 分析·綜合·解決 能力을 가지게끔 되었으며 특히 최근에는 人工시스템에 感覺機能을 부여하기 위한 새로운 소재개발이 더욱 활발해지고 있다.

이러한 고도기술의 발전은 새로운 기능을 추구하는 設計者의 “아이디어”와 이것을 충족할 수 있는 새로운 機能性材料의 개발에 크게 의존하고 있는 것이다. 그런데 材料工學의 입장에서 생각한다면 아무리 좋은 設計의 아이디어가 생겼다 하더라도 그것을 만족시킬 수 있는 材料의 개발 없이는 아이디어의 실현이 불가능한 것이다. 앞서 설명한 바와같이 반도체 및 특수절연

* 工學博士, 亞州大學敎授

체의 개발없이 는 오늘의 모든 電子·通信 및 콤퓨터의 고도화는 이룩될 수 없었을 것이다. 또한 原子爐에 사용되는 核燃料自體는 물론이고 그 구조재료와 放射能廢棄物處理를 위한 여러 材料들의 개발이 原子爐의 工業화를 가능하게 하였다. 뿐만 아니고 宇宙船에 사용되는 特殊耐火斷熱타일의 발전없이 는 콜럼비아나 체린저號와 같은 有人征服船의 출현은 불가능하였을 것이다. 그밖에 또 超電導性材料, 通信用 光纖維유리, 光電材料, 壓電材料, 焦電材料, 誘電材料, 磁性材料 등을 위시하여 機械構造材料로서의 세라믹엔진 및 세라믹터빈, 또는 가스나 습기등을 感知하는 세라믹센서 및 人間の 뼈와 똑 같은 生理機能을 가진 세라믹 人造뼈 또는 이빨(齒牙) 등 이루 헤아릴 수 없을 정도로 많은 새로운 材料들이 계속 연구·개발되고 있다.

위에서 든 전자, 기계, 우주, 생물, 정보·통신분야의 예들은 최근의 高度技術發達에 사용된 새로운 材料들의 극히 작은 일부에 지나지 않는다. 그밖에 환경, 에너지, 해양, 의료, 수송등의 여러 영역에서도 놀랄만한 많은 고도기술의 발달이 급속하게 전개되고 있다. 이와 같이 20세기 후반에 일어나고 있는 고도 기술의 눈부신 발전을 18세기에 일어난 산업혁명과 비교해 보면 그 특징과 사회에 미치는 영향에 있어서 유사한 점도 여러가지 있으나 전연 다른 특성을 나타내고 있는 점도 많이 찾아 볼 수 있다.

II. 高度技術의 특징과 未來社會

앞에서 설명한 바와 같이 18세기의 産業革命은 人間の 勞動機能을 機械 또는 人工시스템에 맡김으로써 小量生産의인 家內工業을 大量生産의인 自動工業으로 바꿔놓았다. 이러한 대량생산체제는 이것을 흡수할 수 있는 大量消費에 의하여 뒷받침되어 왔다고 할 수 있다. 그리하여 人類文明은 資源 및 에너지의 대량소비시대로 돌입하게 된 것이다. 산업혁명 이후의 에너지 소비과정을 살펴보면 초기단계에서는 나무를 사용하였는데 나무가 없어진 다음에는 石炭→石油→原子核分裂에너지→多樣化에너지(태양, 바이오매스, 조수, 바람, 지열등)→? (水素核融

합에너지)의 순으로 변천하고 있다.

工業資源에 있어서도 大量生産과 大量消費를 지속하기 위하여 過多한 地下資源을 사용하고 있기 때문에 이제는 海底資源의 개발을 서두르고 있는 형편이고 멀지않아 닥쳐올 資源枯渴에 높은 警鐘을 울리는 보고서가 무수하게 나오고 있으며 資源의 再循環利用의 필요성도 점점 높아지고 있는 실정이다. 어쨌든 18세기의 산업혁명은 역사적으로 인류문명에 一大轉換點을 마련하였다는 사실은 확실하다.

이와 마찬가지로 20세기 末葉인 지금의 高度技術發達도 未來社會에 또 다른 하나의 큰 變化를 가져올 것으로 예측된다. 고도기술의 급속한 발전은 현재의 産業構造自體에 큰 변동을 초래하는 것만으로 그치지 않고 인간생활과 사회구조에도 큰 영향을 미치게 된 것이 분명하다. 이러한 사회의 큰 변동을 예측하여 여러학자들은 최근 “제 2의 산업혁명”, “情報社會”, “바이오社會”, “脫工業化社會”, “高度知識社會”, 제 2의 石器時代” 또는 “제 3의 물결” 이니하는 여러가지 표현으로 未來社會를 占치고 있다.

고도기술의 영향을 받아 변모하고 있는 사회의 구조를 살펴보면 종래의 大量生産體制로 빚어진 劃一化, 集中化 및 再現의反復化에서 脫皮하여 점차로, 多樣化, 分散化 및 個性的稀少化의 방향으로 나가려는 경향을 뚜렷하게 나타내고 있다. 이러한 경향성은 고도기술자체가 지니고 있는 특성때문인 것으로 생각되는데 최근 급속도로 발전하고 있는 고도기술이 보여주고 있는 공통적 특징을 살펴보면 다음과 같은 몇가지로 요약할 수 있다.

- 細部技術의 발달속도가 대단히 빨라서 극히 短命하다.
- 에너지 및 資源을 될 수 있는대로 적게 사용하려는 경향이 크다.
- 附加價値가 종래보다 높다.
- 人間の 知覺的·感覺的 및 生物的 機能을 대신할 수 있는 시스템의 개발에 많은 노력을 기울이고 있다.
- 더욱 높은 科學知識과 技術能力을 요구하고 있다.
- 學際 및 業際的 協력을 절대적으로 필요로

하는 종합기술의 성격이 더욱 많아지고 있다.

- 研究·開發費의 比重이 종래보다 높다.
- 經濟的 및 社會的 政策樹立에 있어서 전략적 가치가 대단히 크다.
- 人間生活 및 社會에 미치는 영향이 더욱 광범하다.
- 先進국사이의 競爭이 더욱 격심하다.

이와 같은 특징과 경향성을 띠고 있는 高度技術의 발전은 18세기부터 구축하고 다져온 地球村의 여러 體系에 다시 改革이라는 不安의 그림자를 던져주고 있다는 사실도 부정할 수는 없다. 산업혁명 이전의 封建社會는 제한된 地域내에서 自給自足할 수 있었던 하나의 閉鎖的 圓環體系였다고 볼 수 있을 것이다. 산업혁명은 일단 이 圓環을 打破하여 開放體系로 만들었다고 할 수 있으며 이제 오늘의 高度技術은 未來社會를 直線的 體系로 變換시키고 있다고도 할 수 있다. 圓環運動에서는 循環復歸도 가능하지만 直線運動에 있어서는 항상 앞으로 전진하여야 하기 때문에 앞으로 전진 못하는 경우의 停止狀態에 대한 영원한 不安성이 內包되기 마련이다.

여기서 한가지 분명하게 잡고 넘어가야 할 점은 아무리 고도의 技術이라 할지라도 기존기술에 바탕을 두고 있다는 사실이다. 기존기술을 改良한다든가 혹은 이들 몇가지를 再組合한다든지 또는 새롭게 創案한 技術을 追加해 나가면서 고도기술은 발전하고 있다는 점이다. 그 고도기술의 연구·개발·응용에 있어서 自然科學의 重要性은 더욱 그 비중이 높아지고 있다. 그리고 특히 技術人으로서 유의해야 할 점은 工學의 기초인 基礎工學(Engineering Science: 力學, 電磁氣學, 熱力學, 物理化學, 컴퓨터, 結晶學 등)은 自然科學보다 더 중요하다고 생각한다.

Ⅲ. 高度技術과 材料

오늘날 인류가 사용하고 있는 재료는 크게 보아서 金屬材料, 有機高分子材料, 세라믹材料 및 이들의 複合材料의 네가지로 분류할 수 있다. 인류의 역사를 石器, 靑銅器, 鐵器 등의 時代로 구분하고 있으나 20세기에 들어와서는 輕金屬,

플라스틱, 세라믹스 및 複合材料 등 다양한 材料들로 擴散되었다고 할 수 있다 이들 材料들에 대하여 극히 一般論的인 범위에서 각 特性들을 概述하고자 한다.

산업혁명 이후 20세기의 중엽 제2차세계대전이 끝날 무렵까지는 공업생산에 있어서 金屬材料가 네가지 재료중에서 主體的인 위치를 차지하여 왔다고 할 수 있다. 이것은 산업혁명이 인간의 노동을 기계가 대신해 주는데서 그 뜻을 찾는다면 당연한 귀결이라 하겠다. 따라서 金屬材料는 機械와 構築物의 主된 構成要素로서 이용되어 왔으며 그밖에 工具, 電氣導線 및 工藝品 등에 이용되어 왔다.

金屬은 結晶構造가 세라믹스 또는 有機高分子와 비교하면 단순하고 그 종류도 結晶學上 그렇게 많지 않다. 그리고 原子間的 結合도 대부분이 금속 특유의 금속결합을 하고 있으며 構造內에서 일부 전자들이 자유롭게 이동할 수 있는 특성을 가지고 있다. 이러한 結晶構造와 結合때문에 상온에서 외부로부터 힘을 받으면 破壞되기 전까지 상당한 정도의 展延性을 나타내며 전기적 및 열적으로 높은 傳導性을 나타내는 것이 그 특색이다. 따라서 金屬은 成形·加工이 용이하여 상온에서 사용하는 機械나 構築物의 구성 요소로서는 대단히 편리한 재료이다.

그러나 金屬材料는 대체로 그 融點이 낮고 大氣中에서도 쉽게 腐蝕하는 것들이 많다. 일반적으로 600°C 이상의 온도에서는 또는 반응성이 높은 기체 분위기에서는 사용하기 어렵다. 그리고 結晶構造上으로나 結合性에 있어서 세라믹스와 有機高分子物質보다 단순하기 때문에 기계적 성질 열적성질, 전기적성질, 광학적성질 및 화학적성질 등에 있어서도 비교적 단순한 편이라고 할 수 있다. 따라서 力學的인 機能에 있어서는 금속특유의 우수한 性狀을 나타내고 있으나 그 밖의 다른 복잡한 機能性을 금속에서 찾아내기 어렵다고 볼 수 있다.

有機高分子材料로서는 熱可塑性樹脂인 질산셀룰로즈와 베이크라이트가 20세기 초반에 최초로 합성되고 제2차세계대전을 전후하여 여러가지 종류의 合成樹脂 및 合成纖維가 발견되면서 본격적인 石油化學의 발달을 이룩하게 되었다.

폴리아미드, 폴리에스테르, 폴리에틸렌, 폴리스티렌, 폴리비닐, 폴리플로필렌, 폴리올레핀 등 수많은 인조고분자재료들이 등장하게 되었으며 이들은 인간의衣食住를 풍성하게 하였다.

食卓用的 金屬 또는 陶磁器 容器들이 색상이 다양하고 가벼운 플라스틱용기로 바뀌게 되고 家電製品등과 같은 小型工業製品의 構造物로서도 많이 사용되기에 이르렀다. 有機高分子物質은 炭素, 水素 및 酸素등을 주된 구성요소로 하여 原子들은 共有結合으로 연결되어 있다. 構成하고 있는 原子들의 配列方法과 그 結合數를 制御하는 기술은 금속이나 세라믹스 분야보다 더 많이 발전하였다고 볼 수 있다.

高分子材料의 특성은 일반적으로 가볍고 성형이 용이하여 전기적으로 절연성이고 또한 처음 설계한 대로 성질을 얻어내기가 쉽다는데 있다. 그러나 높은 온도에 견디지 못하며 表面硬度가 낮은 단점을 가지고 있다. 또한 高分子材料는 일반적으로 結晶化가 어려운데 分子의 構成原子數가 많기 때문에 이들 分子들이 규칙적인 配列位置에 놓여지기가 어려우며 또한 分子間的 結合도 비교적으로 약한 편이다.

현재 高分子材料는 合成纖維, 工業製品의 部品 및 각종 필름등에 널리 사용되고 있으나 앞으로 여러가지 복잡한 機能을 요구하는 고도기술분야에 그 응용을 넓혀갈 가능성이 많은 것으로 기대되고 있다. 構成原子의 종류를 확대해 나가면서 原子의 配列을 다양하게 조절할 수 있을 것이 기대되기 때문이다. 최근 발전하고 있는 엔지니어링 플라스틱, 특수필름, 고기능 부리막, 전기전도성고분자, 有機半導體, 高機能性纖維, 특수 吸着劑등이 그 좋은 예이다.

세라믹재료는 원래 人類文明의 歷史와 그 출발점을 같이하고 있다하여도 과언은 아닐 것이다. 인간이 그들의 生活道具로서 최초로 石器를 사용하였고 불을 발견하면서 土器와 유리를 만들게 되었다. 그 후에 金屬을 발견하게 된 다음에도 그 製鍊과 鑄造에 있어서 세라믹材料인 耐火物의 도움은 불가피하였을 것이다. 土器에서 磁器로 발전하였을 당시 中國과 우리나라만이 16세기까지 세계에서 磁器를 생산할 수 있었던 유일한 나라였다.

18세기의 산업혁명이후 세라믹材料는 工藝品性格을 띤 陶磁器와 家內工業의인 耐火物에서 그 생산규모와 품종을 크게 확대하게 되었다. 基幹産業인 大規模 製鐵工場의 爐材, 建築資材로서의 세멘트, 벽돌타일, 衛生陶器 및 板유리, 그리고 機械加工用的 研削·研磨材 또는 電氣工業用的 絕緣體등으로 발전하였으며 또 陶磁器도 大量生産體制의 食器工場으로 변모하게 되었다.

그런데 1940년 및 50년대에 原子彈이 발견되고, 텔레비전, 반도체, 컴퓨터, 페니실린 및 人工衛星등의 출현으로 技術의 양상이 劃期的으로 변모하였다. 從前技術에서 材料에 요구하던 機能은 주로 力學的인 것이었는데 새로운 技術들이 요구하는 機能은 力學的인 것 뿐만 아니고 知的, 感覺的 및 生物的인 것들로 바뀌게 되었다. 즉 종전의 機械的 性質 뿐만 아니고 뛰어난 電氣的, 磁氣的, 光學的, 熱的, 放射能的 및 化學的 性質들을 가진 材料를 요구하게 된 것이다.

이러한 섬세하고 좋은 性狀에 대한 욕구를 충족시킬 수 있는 材料로서 현재 가장 많은 주목을 집중시키고 있는 것이 바로 세라믹材料인 것이다. 이러한 까닭으로 그 명칭도 단순하게 세라믹材料라 부르지 않고 고도기술세라믹스(high-technology ceramics), 뉴세라믹스(new ceramics), 파인세라믹스(fine ceramics), 고기능성 세라믹스(high performance ceramics), 고급세라믹스(advanced ceramics) 또는 특수 세라믹스(special ceramics) 등 여러가지로 호칭되고 있다. 이것은 세라믹材料가 그 構成成分, 結晶構造등이 製造工程과 관련하여 광범위한 可變的인 性質을 나타낼 수 있기 때문이다.

高度세라믹材料가 金屬이나 有機高分子材料에서 찾아 볼 수 없는 특수한 性狀들을 살펴보면 高溫荷重下에서의 좋은 機械的 性質(강도, 硬度, 靱性등), 높은 耐熱的性質(耐火性, 耐熱性등) 특이한 電氣的性質(誘電性, 半導體性, 絕緣性, 이온電導性, 焦電性, 壓電性, 光電性등), 磁氣的性質(反強磁性, 強磁性, 常磁性등), 光學的性質(誘光性, 分光性, 吸光性등), 化學的性質(成分多樣性, 耐蝕性, 反應性등), 耐放射性 및

安價性등을 들 수 있다. 물론 다른 材料에 비교해서 세라믹材料가 지니고 있는 불리한 성상도 없는 것은 아니다. 脆弱性(brittleness) 弱한 耐衝擊性, 難成形性, 缺陷性(性質에 민감, 어려운 探知등) 및 難再現性등을 들 수 있다.

IV. 高度技術 세라믹스

세라믹材料는 넓은 의미에서 「높은 온도에서 처리된 無機質의 非金屬材料」라 정의할 수 있다. 종전에는 세라믹스라 하면 규소(Si)와 알루미늄(Al)등의 酸化물을 單一化合物 또는 複合化合物인 여러종류의 알루미늄 珪酸鹽이 그 모체였으나 최근의 고도기술 세라믹스에서는 대단히 광범위한 化合物로 확대되었다. 즉 氧化物 뿐만 아니고 炭化物, 窒化物, 硼化物, 黃化物, 珪化物, 鹵素化合物등 대상으로 하는 化合物의 종류가 다양화 되었다. 그리고 製造工程에 있어서도 출발 원료분말의 合成, 成形, 燒成, 加工 및 特性評價등에 관한 기술이 최근 10년 동안에 크게 발전하였다. 高度技術 세라믹스는 일반적으로 그 應用目的에 따라 “構造用 세라믹스”, “電氣·電子用 세라믹스” 및 “特殊세라믹스”의 3大分野로 나눌 수 있는데 여기서는 최근의 발전현황을 物性과 應用에서 많은 관심을 모으고 있는 세라믹材料에 대하여 소개하고자 한다.

1. 脆弱性的의 改善

앞에서도 설명한 바와 같이 세라믹材料는 脆弱性 때문에 使用조건에서 荷重이 많이 걸리고 진동하는 기체와 같은 구조물에 사용하는 것이 기피되어 왔으며 金屬材料가 우선적 선택대상이 되어 왔다. 金屬材料는 荷重下에서 龜裂에 대한 저항이 클 뿐만 아니고 展延성이 우수하다. 그러나 세라믹材料는 일반적으로 強度自體는 충분하나 荷重下에서 龜裂成長(Crack growth)이 빠르고 展延성이 대단히 작다.

따라서 세라믹材料를 金屬代身에 機械部品으로 사용하는데 있어서는 龜裂問題가 해결되어야 한다. 세라믹材料의 構成物質인 結晶質과 非結晶質에 壓力을 가하면 생성되는 轉位(dislocation) 또는 龜裂에 의하여 결국 破壞에 이르게

된다. 세라믹材料를 機械部品으로 사용하기 위해서는 所定の 形狀, 치수 및 表面粗도가 요구되기 때문에 精密한 機械加工(切削 및 研磨)이 필요하다. 加工作業時에는 壓力이 반드시 가해져야 하니까 龜裂의 發生과 成長이 문제가 될 수 밖에 없다. 또한 다른 한가지의 경우는 完成된 部品으로서 機械로 組立된 다음 실제 使用조건하에서도 壓力을 받게 되므로 이케에도 龜裂이 문제가 된다.

機械部品으로서의 高度技術세라믹스는 高純度로 精選된 合成無機化合物을 원료로 하고 있는데 窒化珪素(Si_3N_4), 炭火硼素(B_4C), 炭化珪素(SiC), 炭化티타늄(TiC), 酸化지르코늄(ZrO_2), 酸化알루미늄(Al_2O_3), 사이아론(Sialon)등이 주된 연구대상으로 되어 있다. 燒成方法으로서는 反應燒結法, 高溫加壓法(hot press), HIP法(hot isostatic press), 및 常壓燒結法등이 이용되고 있다. 일반적인 常壓燒結法은 손쉽고 경제적인 燒結法이기는 하나 收縮率이 높고(10~20%정도) 局部的으로 收縮率이 달라질 경우가 많다. 또한 高溫加壓法 및 HIP法은 燒結體에 缺陷도 적고 強度도 높으나 복잡한 형상이나 大形에는 적합하지 않다.

최근 호주의 Gervie 등에 의하여 연구개발된 PSZ(partially stabilized zirconia)는 荷重下에서의 龜裂成長을 방지할 수 있는 재료로서 크게 관심을 집중시키고 있다. PSZ는 立方晶 ZrO_2 結晶相과 20~50%의 正方晶 ZrO_2 結晶相의 混合組織으로 이루어져 있다. 이러한 두 結晶相의 混合組織은 安全한 立方晶系의 ZrO_2 를 添加物(MgO , CaO , Y_2O_3)과 같이 燒結하여 얻을 수 있다. 이렇게 제조된 PSZ에 荷重을 가하면 龜裂끝에 집중된 應力으로 인하여 그 근처의 正方晶 ZrO_2 粒子가 單斜晶 ZrO_2 로 轉移를 일으키면서 이때 體積이 약 4%정도 팽창하게 된다. 이러한 팽창으로 龜裂의 成長을 방지하게 되는 것이다. 최근에는 PSZ를 Al_2O_3 , $MgAl_2O_4$ 또는 몰라이트($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$)등에 일부 혼합하여 材料의 強度를 높이는 연구도 시도되고 있다.

2. 電子用 세라믹스

세라믹材料의 電氣의特性을 이용하여 電子·

情報·通信分野에 應用되고 있는 세라믹스는 그 종류가 대단히 광범하고 최근에 급속한 발전을 이룩하였다. 電子세라믹스에는 絶緣體, 半導體, 誘電體, 低抗體, 壓電體, 이온電導性體, 磁性體 등이 포함되어 있으며 현재 高度技術 세라믹스의 세계시장에서 대략 半을 차지하고 있다. 電子세라믹스는 그 응용분야가 다양하고 화학성분도 대단히 광범위하기 때문에 분류하기가 어려운 실정이다.

電氣絶緣體로서 현재 가장 많이 이용되고 있는 電子用세라믹스는 Al_2O_3 , $MgAl_2O_4$ 및 BeO 등이다. 이들은 주로 IC 基板, 回路配線 및 接合등에 사용되고 있는데 플라스틱 絶緣體보다 전기저항이 높고 밀도도 크며 높은 온도에서보다 우수한 안전성과 耐侵蝕性을 나타낸다. 이들 Al_2O_3 및 BeO 등은 誘電常數가 약 10 정도로서 Si-칩을 사용한 IC 回路에는 만족하게 사용할 수 있으나 GaAs-칩을 사용하는 회로에서는 電子의 移動度를 더 좋게 하기 위하여 誘電常數 2 정도의 絶緣체가 요구된다. 따라서 未來의 超高速컴퓨터의 개발을 위해서는 지금 사용되고 있는 Al_2O_3 를 대신할 새로운 絶緣체가 요구되고 있다. (예, AlN , $SrSiO_3$, $BaSiO_3$ 등)

誘電性 세라믹材料는 여러가지 誘電特性에 따라 常誘電性(paraelectric), 强誘電性(ferroelectric), 反强誘電性(antiferroelectric) 및 페리誘電性(ferrielectric)으로 나눌 수 있다. 常誘電體는 일반적으로 앞에서 설명한 高周波絶緣材料와 카파시터材料로서 사용되며 强誘電體는 壓電材料(piezoelectrics) 및 焦電材料(pyroelectric)로서 이용되고 있다. 1946년에 $BaTiO_3$ 는 다른 물질보다 월등하게 높은 誘電常數(약 1,000)를 가진 것이 밝혀지면서 回路素子の 하나인 카파시터에 일대혁신을 초래했는데 월등한 성능의 보다 작은 세라믹카파시터를 낳게 하였다. 그후에 $SrTiO_3$ 또는 $BaZrO_3$ 등 여러가지 카파시터材料가 개발되었으며 최근에는 積層콘덴서와 같은 특성이 더욱 좋고 安定성과 信賴性이 改良된 장치도 출현하고 있다.

壓電性 材料는 스트레스를 가했을 때 그 내부에 電氣分極 또는 電位勾配가 생기고 반대로 電場을 가하면 내부에 스트레스가 생기는 현상을

나타낸다. 水晶은 가장 잘 알려져 있는 壓電性의 單結晶인데 전기적 진동을 조절하는데 사용된다. 多結晶壓電體(Polycrystalline Piezoelectrics)로서 가장 널리 사용되고 있는 재료는 PZT (lead zirconium titanate)인데 音響機器, 魚群探知機, 壓力測定, 壓電着火素子, 壓電트랜스 및 電氣信號의 遲延素子등 그 용도가 다양하다.

특히 최근에는 PZT 를 섬유로 뽑아서 에폭시(epoxy) 수지 또는 폴리우레탄수지와 같이 複合材料로 만들어서 같은 값의 스테레스로서 100 배에 가까운 전기적출력을 얻을 수 있는 재료들도 개발되었다. 또한 透明 PZT 를 란탄(La)으로 도오푸(dope)하여 만든 PLZT는 透明强誘電性세라믹스로서 誘電率變化와 빛의 屈折率變化 사이에서 일어나는 電氣光學效果를 나타낸다. 이效果를 이용하여 이미지(image)를 記憶 및 再生할 수 있는 畫像시스템을 개발할 수 있다.

焦電性세라믹材料는 赤外線을 약간 받아도 온도가 변하여 팽창하게 되고 이에 따라 結晶內의 分極의 크기도 변한다. 이때 結晶表面에 吸着되어 있는 물질의 分極크기는 급격하게 변화하지 못함으로 結晶全體에 分極이 생기게 된다. 이러한 현상을 焦電性(pyroelectricity)이라 한다. 焦電性세라믹材料로서는 $LiTaO_3$ (단결정), PZT, $PbTiO_3$, $LiNbO_3$ (단결정), SBN($Sr_xBa_yNb_2O_6$, 단결정) 등을 들 수 있다. 電力, 化學工業, 自動車, 纖維工業, 醫療保健, 金屬製鍊, 機械加工 등 여러 분야에서 온도조절관리에 널리 이용되고 있다.

電導性세라믹材料는 電子나 홀(hole)의 이동에 의한 전기전도현상을 이용한 材料로서는 半導體, 超傳導性 및 이온電導性의 세가지로 나누어서 생각할 수 있다. 半導體세라믹材料에는 서어미스터(thermistor) 및 바리스터(varistor)가 가장 많이 사용되고 있는데 서어미스터는 溫度變化에 따라 電氣抵抗이 민감한 변화를 일으키는 材料이며 바리스터는 電壓變化에 따라 電氣抵抗이 변하는데 어떤 臨界電壓이하에서는 거의 電流가 흐르지 않으나 그 電壓을 초과하면 抵抗이 낮아져서 電流가 흐르는 특성을 가지고 있다.

바리스터로서 종래에서 Se-바리스터, $BaTiO_3$ 系 바리스터, Si-바리스터, SiC-바리스터 등이

사용되어 왔다. 異常電壓 吸收用으로는 SiC가 사용되었는데 制限電壓이 지나치게 높아져서 過電壓의 보호가 충분하게 이루어지지 못했다. 특히 최근에는 IC가 많은 應用製品에 사용되고 있기 때문에 이것을 異常電壓부터 보호하지 않으면 안된다. 이러한 요청에 대해서 가장 적합한 材料로 개발된 것이 ZnO-바리스터, BaTiO₃-바리스터 및 SrTiO₃-바리스터등이 있다.

서어미스터(thermistor)에는 그 특성에 따라서 溫度가 높아지면 電氣抵抗이 감소하는 NTC(Negative Temperature Coeff.), 반대로 抵抗이 증가하는 PTC(Positive Temp Coeff.) 및 어떤 좁은 온도범위에서 抵抗이 급격히 감소하는 CTR(Critical Temp. Resistor)의 3종이 있다. NTC 서어미스터의 대표적인 材料는 NiO, CoO, MnO 등과 같은 遷移金屬酸化物이다. 그리고 PTC 서어미스터는 BaTiO₃系를 기본성분으로 하여 微量의 稀土類元素를 添加한다. 또한 CTR 서어미스터는 V₂O₅, P₂O₅, SrO 등의 混合物에 Ge, Ni, W 및 Mo 등의 酸化를 添加한 材料가 가장 널리 사용되고 있다.

超電導性세라믹材料가 최근 갑자기 많은 관심을 모으고 있는데 종래에는 金屬을 절대온도 부근까지 냉각하면 돌연전기저항이 전혀 나타나지 않는 현상을 초전도현상이라 하였다. 초전도현상을 나타내는 온도를 천이온도(Te)라 하며 전력을 소모하지 않고 연구적으로 電流가 흐르며 높은 磁場을 발생시킬 수 있다. 1960년대 및 70년대에 10°K 이상의 온도에서 초전도현상을 나타내는 세라믹材料(Li_{1+x}Ti_{2-x}O₄, BaPb_{1-x}Bi_xO₃)가 발견된바 있으며 특히 최근에는 80°K 부근에서도 초전도현상을 나타내는 세라믹材料가 발견되어 더욱 많은 관심을 모으고 있다.

磁性세라믹材料에는 Fe의 酸化物이 가장 많으며 일반적으로 총칭하여 페라이트(ferrite)라 하며 대부분 페리磁性(ferrimagnetism)을 나타낸다. 페라이트를 結晶構造에 따라 大別하면 스피넬(Spinel)系, 마그네토폼블라이트(magnetoplumbite)系, 가아네트(garnet)系 및 퍼로브스카이트(perovskite)系 등으로 볼 수 있다. 이들은 여러가지 固熔體를 만들며 그 조성에 따라 磁氣性質을 달리하고 있다.

세라믹磁性材料는 磁場과 磁束密度사이에서 나타내는 磁化曲線의 모양인 히스테리시스 루우프(hysteresis loop)의 형태에 따라 그 磁氣의特性이 결정된다. 磁氣特性에 따라 硬磁性材料(hard magnetism)와 軟磁性材料(soft magnetism)로 나누고 있는데 그 중간적 특성을 나타내는 磁氣記錄材料 및 磁氣光學材料도 있다. 軟磁性體는 透磁率(permeability)이 크고 保磁力(Coercive force)은 작다. 硬磁性體는 주로 永久磁石으로 이용되므로 保磁力 및 殘留磁束密度(remanent magnetic flux density)가 커야 한다.

스피넬系 磁性材料는 逆스피넬構造를 가진 化合物들로서 MnFe₂O₄, Fe₃O₄, CoFe₂O₄, NiFe₂O₄, CuFe₂O₄ 및 MgFe₂O₄, 등이 있으며 正스피넬構造를 가진 ZnFe₂O₄와 逆스피넬인 Fe₃O₄와의 固熔體, (Zn_zFe_{1-x-z}) (Fe_{1+z}²⁺Fe_{1+z}³⁺)O₄는 페리磁性을 나타낸다. 이들 磁性세라믹材料는 TV, 라디오, 통신기기등의 偏向요오코磁心, FBT(fly back transformer), 안테나磁心, 통신용 필터, ATR(audio tape Recorder) 및 VTR(Video tape recorder)의 磁氣헤드(magnetic head)등에 널리 사용되고 있다.

3. 세라믹 센서(Ceramic Sensor)

人間の 感覺을 대신하는 소자가 센서이다. 自動화시스템의 개발을 위해서는 센서材料가 절대 필요하다. 壓力, 位置, 角度, 速度, 流量등의 기계적 量을 檢知하는 센서를 위시하여 온도, 가스, 濕度, 이온, 빛, 磁氣등을 感知하는 센서등이 實用化되고 있다. 센서材料는 感知範圍, 感度, 應答性, 選擇性 및 精密度등의 機能的特性이 우수하여야 하고 信賴性과 經濟性등이 구비되어야 한다. 세라믹材料는 耐蝕, 耐磨耗性등이 다른 材料보다 우수하기 때문에 센서로서 信賴性이 좋은 材料이다.

최근 센서에 사용되고 있는 세라믹재료는 그 종류가 대단히 많다. 溫度센서(NiO, FeO, CoO, MnO, CoO-Al₂O₃, BaTiO₃, V₂O₅, Mn-Zn 페라이트등), 位置·速度센서(PZT 등), 빛센서(LiNbO₃, LaTaO₃, ZnS, SrTiO₃, CaF₂ 등), 가스센서(SnO₂, ZnO, In₂O₃, LiO, TiO₂, ZrO₂ 등) 濕度센서(P₂O₅, ZnO-Li₂O, TiO₂, NiFe₂O₄,

ZnO, Al₂O₃ 등), 이온센서 (Ag₂S, CaS, AgI, PbO 등), 및 소리센서 (水晶, BaTiO₃, PZT) 등 널리 응용되고 있으며 앞으로도 계속 발전할 것이 분명하다.

4. 光學用세라믹 材料

세라믹材料로서 오랜 전통을 가진 것으로서는 光學렌즈 및 플리즘등에 사용되는 유리를 들 수 있다. 그러나 최근에는 통신용으로 사용되는 光纖維(Optical fiber)를 위시하여 光源으로 사용되는 LED(Light Emitting diode), 레이저 다이오드(Laser diode), 光檢出素子, 光變調 및 光스윅칭소자등 광학적 응용의 폭을 더 넓혀가고 있다. 이들 중에서 통신용 光섬유와 透光性, 電氣光學效果, 磁氣光學效果, 音響光學效果 및 光照射效果등의 특성을 나타내는 強誘電性 透明세라믹재료가 가장 많은 연구대상이 되고 있다.

光섬유(Optical fiber)는 光通信 및 光傳導의 매개체 역할을 할 수 있는 섬유상의 유리를 말한다. 光섬유는 外徑이 0.1~0.2mm 정도의 실리카질 유리로서 코아(Core)라 부르는 高屈折率의 중심부와 그 주위를 둘러싼 低屈折率의 클래드(Cladding)가 同心筒狀構造를 하고 있다. 빛은 코아와 클래드의 경계면에서 全反射하면서 통과한다. 그리고 光섬유의 표면은 플라스틱등으로 被覆하여 강도를 높이는 동시에 보호하도록 되어 있다. 光섬유의 제조는 外徑 10~30mm, 길이 300~1,000mm의 유리봉(Preform)을 加熱하여 섬유상으로 뽑는다. 프리폼(Preform)은 실리카 유리관의 내부에 SiO₂, GeO₂, 및 B₂O₃ 등의 酸化물이 推積되어 있다.

光섬유는 빛의 傳送損이 작고 傳送帶域幅이 넓어야 한다. 최근에는 傳送損이 10~100dB/km 부터 1~3dB/km 로 낮아졌다. 기술적으로 光섬유의 接續이 문제가 되는데 融着接續에서 0.1dB 정도의 傳送損이 발생한다. 光섬유를 통하여 情報를 보낼 때에는 電氣信號→驅動機→LED→빛→렌즈→光섬유→光다이오드→전기신호의 경로를 밝게 된다. 光섬유에 의한 信號의 傳送에서는 電磁的干涉에 의한 雜音發生이 적고 帶域幅이 넓어서 많은 情報를 보낼 수 있다.

5. 이온電導性세라믹 材料

세라믹材料의 특징은 이온結合性에 있기 때문에 金屬에서의 電子移動대신에 荷電粒子인 이온의 移動으로 電導性을 나타낼 수 있다. 固體에서 이온의 移動을 얻기 위해서는 (1) 많은 格子缺陷이 생기게 하여 非量論的組成의 化合物을 만드는 방법, (2) 構造內의 陽이온 또는 陰이온의 빈자리(Vacancy)를 만들어 주는 方法 및 (3) 微粒子의 燒結構造를 만들어 줌으로서 粒子內부 格子에서는 移動이 어려운 이온들을 粒界 또는 粒表面에서 쉽게 움직일 수 있도록 하는 方法등을 생각할 수 있다.

이온電導性이 높아서 電氣化學적으로 응용이 가능한 固體를 固體電解質이라 부른다. 이것의 응용은 최근 化學포텐셜센서(가스分壓, 물질의 농도), 電池, 化學펌프, 및 電量測定등에서 찾아 볼 수 있다. 格子欠陷機構에 의한 團體電解質로서는 CaO-ZrO₂ 系의 Ca₂Zr_{1-x}O_{2-x}(O⁻빈자리), Y₂Zr_{1-x}O_{2-x/2}(O⁻빈자리), YTh_{1-x}O_{2-x/2}(O⁻빈자리), La_{1-x}Sr_xF_{3-x}(F⁻빈자리)등을 들 수 있다. 또한 최근 β-Al₂O₃(Na₂O·11Al₂O₃)가 많은 주목을 받고 있는데 이것은 Al₂O₃로 이루어져 있는 스피넬 부록의 結晶層 사이에 Na₂O가 들어가서 그 層사이를 Na⁺이온이 쉽게 이동한다. 그리고 格子內의 陽·陰이온의 빈자리의 이동에 의한 電導性의 재료로서는 AgI, Ag₃SI, RbAg₄I₅, Ag₁₉I₁₅P₂O₇ 등을 들 수 있으며 微粒子燒結體의 固體電解質에는 黃化物, 테루루化物 및 세렌化合物등이 있다.

V. 復合材料

지금부터 45년전에(1942) 美國에서 유리섬유를 폴리에스테르에 혼합하여 만든 섬유強化플라스틱(FRP, fiber reinforced plastic)이 人工復合材料로서 처음 탄생하였다. 이것이 1955년에는 처음으로 工業化되었으며 그후 보오트를 위시하여 항공기, 자동차, 파이프, 저장탱크, 파넬, 건축, 가구, 운동기구등 그 응용분야를 헤아릴 수 없을 정도로 넓혀나왔다. 天然材料나 單一材料(세라믹스, 金屬, 有機高分子) 보다 強度가 높고 가

벼운 특성을 가지고 있을 뿐만 아니고 다른 여러성질에 있어서도 成分材料의 약점을 서로 補完해 주는 특징을 가지고 있기 때문에 앞으로 더욱 그 응용의 길을 넓혀갈 것이다.

複合材料는 構造的으로 두가지 基本的 構造로 나눌 수 있는데 (1) 纖維強化 및 積層 複合材料 및 (2) 分散強化複合材料의 두가지 이다. 또한 複合하는 素材中에서 매트릭스(matrix)의 종류에 따라 分類하면 섬유강화고무, 섬유강화플라스틱, 섬유강화금속, 섬유강화세라믹스, 및 섬유강화콘크리트, 금속분산강화세라믹스 등으로 나눌 수 있다.

섬유강화 및 積層 복합재료에서는 補強섬유 또는 포일(foil)이 荷重負擔材의 역할을 한다. 따라서 이들 補強材(섬유)는 큰 強度와 높은 彈性率을 가지며 일반적으로 低密度의 物質이다. 그리고 매트릭스는 補強材와 結合하여 보강재의 파괴를 막아주는 역할을 하고 荷重을 補強材에 전달하는 媒體이다. 그리고 개개의 섬유가 파괴할때 매트릭스는 應力을 再分配한다. 그리고 거의 모든 섬유강화 복합재료에서는 매트릭스와 보강섬유의 成分을 인위적으로 조정할 수 있다.

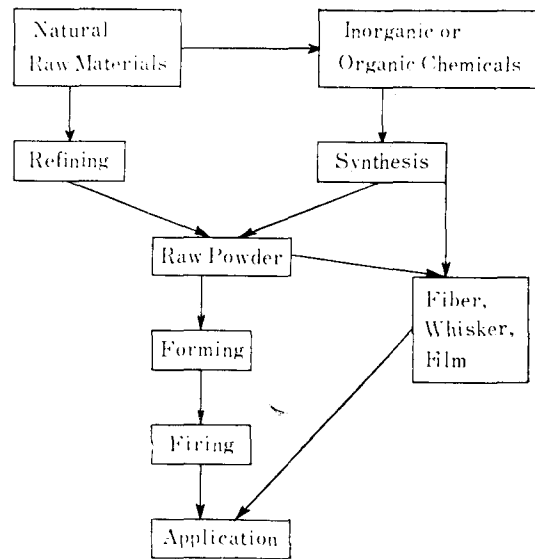
分散強化複合材料의 경우에는 매트릭스가 荷重을 負擔한다. 매트릭스에 分散되어 있는 많은 微細粒子는 熔融될 때까지 轉位가 粒子內에서 구속되어 움직일 수 없다. 일반적으로 構造的 分散強化複合材料에서 分散材의 最適含有量은 2~5%로 되어 있으며 微粒子는 熱處理時에 재료전체의 構造를 安定化하는 2차적 역할을 한다.

複合材料를 구성하는 素材는 사용목적에 따라 다른데 세라믹스系, 高分子系 및 金屬系로 대별할 수 있다. 高分子系의 예를 들면 에폭시樹脂系 매트릭스에 탄소섬유, (PAN계) 유리섬유(無알카리유리), 아라미드섬유, 붕소섬유등이 널리 사용되고 있다. 金屬系에서는 금속매트릭스에 탄소섬유(핏치계), 표면피복붕소섬유, 탄화규소섬유, 알루미늄섬유, 실리카섬유, 각종 위스커(Whisker), 각종 금속섬유(W, Mo, Be 등) 등이 사용되고 있다. 세라믹系 複合材料는 세라믹 매트릭스를 섬유(FRC, fiber reinforced ceramics), 粒子分散(DSC, dispersion streng-

thened ceramics) 및 위스커(WRC, Whisker reinforced ceramics) 등이 최근에 많은 연구대상이 되고 있다.

Ⅵ. 세라믹工程

全工程



Key : Raw Powder

原料粉末合成法

目的 化合物에 따라 特有 合成方法이 있으나 大別하면 :

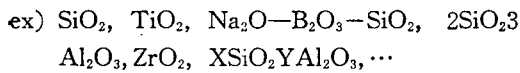
- Sol-Gel 法
- 氣相反應法
- 水熱酸化法
- 燃燒合成法
- 溶液沈澱法
- 有機物分解法
- 化學蒸着法
- 噴霧乾燥法
- 爆發合成法

1) Sol-Gel Method

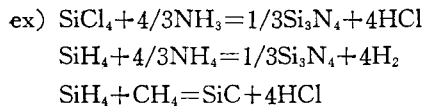
1st Step... $M + ROH \rightarrow$ Metal Alkoxide

2nd Step...Metal alkoxide is dissolved in an alcohol

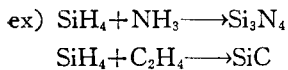
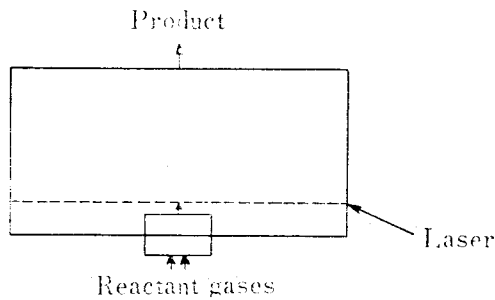
- 3rd Step...Hydrolyze metal alkoxide
 4th Step...Polycondensate metal alkoxide
 5th Step...Convert to glass by heating
 6th Step...Crystallization by heat treatment
- $$M + ROH \longrightarrow M(OR)_n OH$$
- $$M(OR)_n + H_2O \longrightarrow M(OR)_{n-1} OH + ROH$$
- $$M(OR)_{n-1} OH + M(OR)_n \longrightarrow (OR)_{n-1} MOM(OR)_{n-1} + H_2O$$
- $$2M(OR)_{n-1} OH \longrightarrow (OR)_{n-1} MOM(OR)_{n-1} + H_2O$$



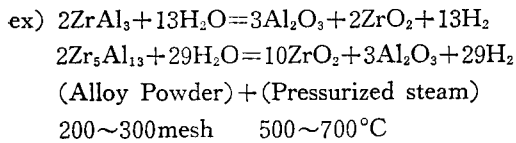
2) Vapor Reaction Method



3) Laser Induced Gas Phase Reaction

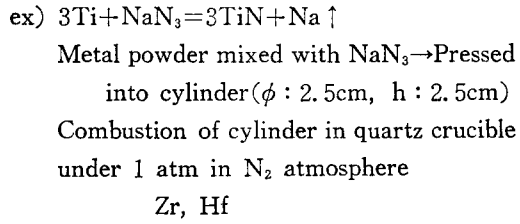
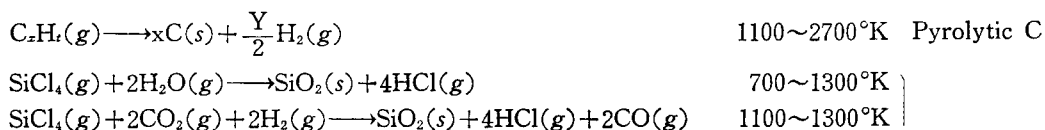


4) Hydrothermal Oxidation Method

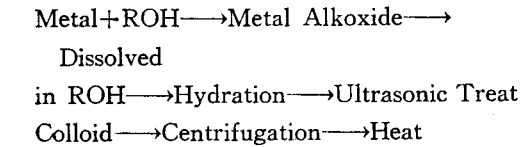


5) Combustion Synthesis Process

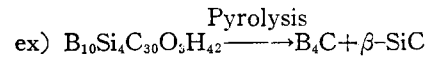
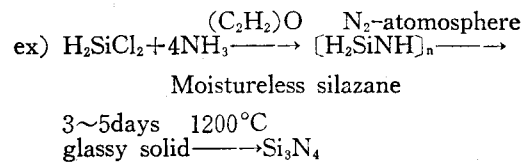
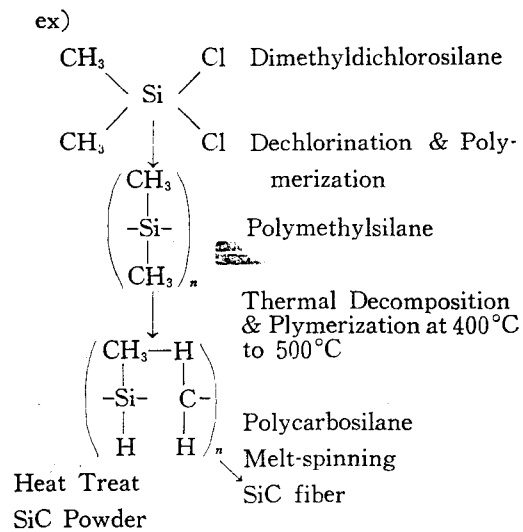
Reactions for CVD of Cermics



6) Solution-Precipitation Process

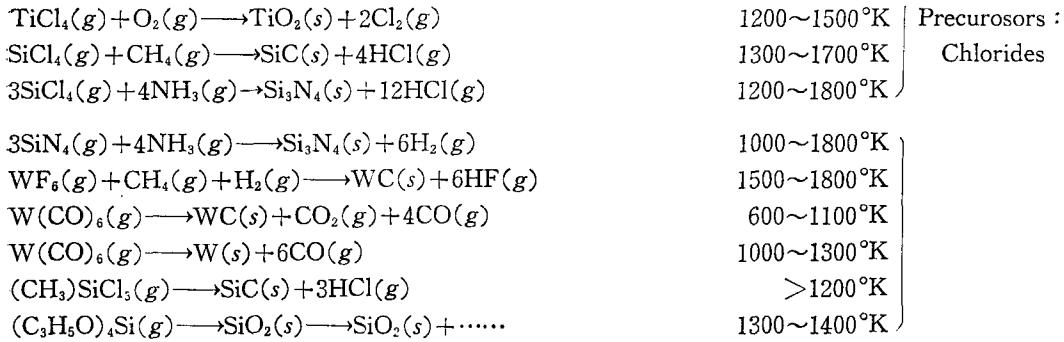


7) Polymer Pyrolysis Method



8) Chemical Vapor Deposition

- (1) Plasma-Activated CVD(P-C V D)
- (2) Laser-Induced CVD(L-C V D)
- (3) Thermally-Activated CVD(T-C V D)



- Shock Synthesis
- Synthesis in Space

成形技術의 發達

1) Hot Isostatic Pressing

Saller, Battelle's Columbus Lab, 1955

Pressure:

Uniaxial hot pressing

.....20~35MPa (3,000~5,000psi)

HIP.....69~207MPa (10,000~30,000psi)

利 點 :

좋은 物性(defect free)

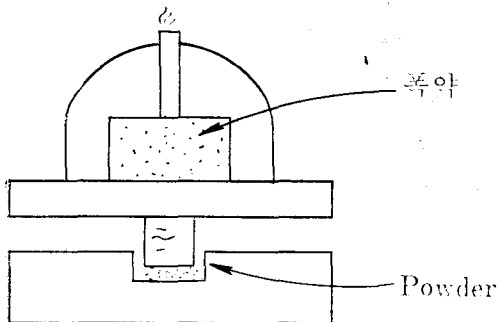
소성수축-거의 없음

denser body

均一性 向上

2) Dynamic Compaction of Powders

La Rocca and Pearson, 1958



3) Doctor-blade Process

薄膜成形 : 10,000 Å 단위

Epitaxial Growth : 100Å 단위

4) 單結晶 成長 技術

振動子用 水晶, Magnetic head用 Ferrite,

Laser 發振用 結晶, 基板用 Sapphire, 表面彈性波 Device 用, Nb-酸 또는 Ta-酸

◦ Czochralski process(引上法)

Sapphire, Ruby, LiNbO₃, LiTaO₃

◦ Verneuil process(火炎 熔融法)

O₂-H₂ 炎中에 粉末落下, 熔融液을 耐火物 상의 結晶種에서 結晶成長

TiO₂, Ruby, SrTiO₃

◦ Bridgeman process(溫度 勾配法)

縱型爐에 溫度勾配를 주고, 上部는 融點보다 높은 溫度로 下部는 그 以下の 溫度로 유지함.

도가나 속의 熔融物을 徐徐히 降下시킴

Mn-Zn Ferrite

◦ 融劑法

無機熔融鹽을 溶媒로 하여 試料를 溶解하고, 高溫에서 포화용액으로 하여 徐徐히 또는 蒸發시켜 結晶 生成成長시킴

BaTiO₃, YAG, YIG

◦ 水熱法

熱水條件下에서 溶解 析出 反應시킨다.

◦ EFG 法

Czochralski 法을 結晶 成長用 Die 로서 形狀制御

Al₂O₃(板狀, 棒狀, 管狀)

5) 多孔質 Ceramics

一次 { 輕量化, 斷熱機能, 吸音機能, 防振機能
耐衝擊機能, 吸着機能

二次 { 選擇吸着, ion 交換, 選擇濾過, 慘透, 分離

一次...細孔徑의 分布가 문제가 아닌
細孔 表面積이 문제가 됨

二次...細孔徑分布] 이 문제가 됨
細孔形狀

- Zeolite(3~15Å)
- Silica gel(15~200Å)
- Alumina gel(40~400Å)
- SiO₂-MgO Catalyzer(10~100Å)
- Activated Charcoal(10~80Å)
- SiO₂-Al₂O₃Catalyzer(70~250Å)
- 珪藻土 (3,000Å-10um)
- Al₂O₃質磁器, 多孔質(200Å-12um)
- 珪藻土磁器(1~8um)
- Glass filter(5~200um)
- Al₂O₃-SiO₂質磁器(14-500um)
- 多孔質유리 (15~2,500Å)
- Glass fiber 凝集體(1,000Å~)

Hi-Tech Ceramics 의 市場性

1) H.K. Bowen, Bull. Amer. Ceram. Soc., 62(5), (1983)

1980年度 Hi-Tech. Ceramics 市場(M\$)

	日本	世界
Ceramic powders	130	250
IC packages/substrates	540	880
Capacitors	325	750
Piezoelectrics	295	325
Thermistors/Varistors	125	480
Ferrites	380	480
Gas/Humidity sensors	5	45
Translucent ceramics	20	45
Cutting tools:		
Carbide, Cement	120	1,000
Coated noncarbide	5	25
Structural ceramics		
(heat/water resistant)	120	250
Total	2,065	4,250

*Fiber, Fuelement, Spark plug 除外

2) H.K. Bowen and G.B. Kenney

	1980	1990	1995	(M\$)
日本	1,900	6,500	9,000	
美國	1,500	5,000	7,000	
기타	700	500	1,000	
計	4,100	12,000	17,000	

(社)韓國技術士會誌

參 考 文 獻

1. H.J. Sanders, High-tech. ceramics, July 9, 1984 C & EN
2. 지응업外, 高度技術 세라믹스, 韓國窯業學會編, 半島出版社(1986)
3. C.W. Richerson, Modern Ceramic Engineering, Marcel Dekker, Inc. (1982)
4. 宗宮重行編, Advanced Ceramics, 講談社 サイエソテイフイワ (1984)
5. R.F. Davis 외, Emergent process Methods for High Technology Ceramics, proceedings at North Carolina State Universty, Plenum Press, New York(1984)
6. 櫻井良文監修, 通信用 Ceramics, 電子通信學會編 (1985)

부 록

1. 高度技術 Ceramics

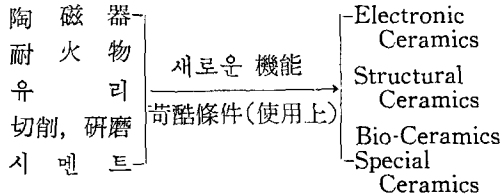
設計에 따라 선정된 原料를 精製 또는 合成하고 精밀한 工程을 거쳐서 소기의 成分-構造-性狀을 나타내는 無機質 窯業材料

2. 高度技術

- 歴史的으로 産業革命 이후의 製品工業 變遷: 手工業→機械作業工業→흐름工程의 工業→自動工程의 工業
- 變化經路
 勞動 機能을 機械에 맡긴다.
 흐름工程과 自動化를 실현한다.
 裝置 스스로 Program 에 의해 管理 調節하게 한다.
- 結果的으로 :
 Mass production & Mass Consumption
 熟練에서 頭腦로
 More control-More freedom 사이의 갈등
 非人間化-人間性 回復 사이의 갈등
 Macro→Micro
 多樣性
 National→World
- 高度技術
 電子, 情報, 機電, 生命工學, 宇宙, Energy, ...

勞動機能 → { 知的 機能
 感覺的 機能 : Hi-Tech
 生物的 機能

3. 高度技術 Ceramics 의 發達



- 傾 向
 - 天然原料 → 人造原料
 - 構造機能 → 知, 感, 生 機能
 - 單純機能 → 高度複合 機能
 - 缺陷構造 → 缺陷調節構造
 - 閉鎖的應用 → 開放的應用

4. 性狀—構造

- 3大 材料의 一般性

5. 機能—性狀—應用

Properties		Application	例
Mechanical	Strength	Lining	Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ , SiC, Si ₃ N ₄
	Hardness	Parts	Sialon, Fiber
	Abrasive	Cutting	Al ₂ O ₃ , B ₄ C, BN, SiC
	Lubrication	Abrasion	C, MoSi ₂
Thermal	Fusion	Refractory	Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ , ThO ₂ , SiC
	Insulation	Insulator	SiO ₂ , Fiber, HfC
	Conductivity	Substrate	Al ₂ O ₃ , AlN, SiC
Electrical & Magnetic	Insulation	Heat Exchanger	Si ₃ N ₄ , BeO
		IC Substrate	Al ₂ O ₃ , MgAl ₂ O ₄
	Conduction	Package	SrSiO ₃
		Hi-Frequency	BaSiO ₃ , BeO
	Piezoelectric	Heat element	ZrO ₂ , MoSi ₂ , SiC
		MHD Electrode	
	Semiconducting	Oscillator	PZT, PLZT, ZnO
		Filter	LiNbO ₃ , Quartz
Thermister		Fe(Co, Mn, Si) O	
PCT, NTC		SnO ₂ , In ₂ O ₃	
	CTR	V ₂ O ₅ , P ₂ O ₅ , CrO	
	Solar Cell	CdS, Bi ₂ O ₃ , ZnO	

金屬 高分子 Ceramics

조성의 다양성 < ~
 결합의 다양성 ~ <
 물성의 다양성 < ~
 구조 Parameter 의 다양성 ~ ~

○ 性狀 : 構造 Parameter
 $P_j = \sum (r_{ij})(S_i)$
 P_j : 物性
 S_i : 構造 Parameter
 r_{ij} : 關係因子

S_i : 內部因子 外部因子
 電子軌道 表面
 化學結合 界面
 原子, ion 크기 粒界
 分子 크기 形上 粒徑分布
 結晶構造 粒形
 格子缺陷 氣孔徑分布
 轉移 粒子配向

		Sensor	BaTiO ₃ , LinbO ₃ Ferrite, NiO, HgCdTe, PbSnTe, LiTaO ₃ , TiO ₂ , Cr ₂ O ₃ , ZnS GaAs, YIG
		Varistor	ZnO, BaTiO ₃ , SnO ₂ , SrTiO ₃
	Magnetics	Soft	MnFe ₂ O ₄ , NiFe ₂ O ₄ , ZnFe ₂ O ₄ , YIG
		Hard	Ba-Ferrite, Sr-Ferrite
	Dielectrics	Memory	r-Fe ₂ O ₃ , Garnet
		Capacitor	BaTiO ₃ , BaZrO ₃ , PZT
	Ion Conduction	Sensor	ZrO ₂
		Solid Cell	β -Al ₂ O ₃
Optical	Translucency	Lamp	Al ₂ O ₃ , MgO, SnO ₂
		Electrode	InO ₃
	Fluorescence	Optical Diode	GaAs, Gap
		Laser	Nd ³⁺ -Glass, YAG
		Acoustic	TeO ₂ -glass
	Polarizing	Memory	PLZT
	Absorbancy	Communication	SiO ₂ glass fiber
Biological	Inactiveness	Teeth & Bone	Al ₂ O ₃ , C, Sapphire
	Activeness		TCP, Apatite
Chemical	Corrosion	Reactor	Al ₂ O ₃ , Glass, ZrO ₂ , SiC, Si ₃ N ₄ , BN
			Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , Zeolite Cordielite
Nuclear	Fission	Catalysis	
		Bioreactor	
		Fuel element	UO ₂ , ThO ₂ , UC
	Shielding		C, SiC, BeO
		Modelator	B ₄ C, Si ₃ N ₄
	Fusion	Furnace wall	ZrO ₂ , SiO ₃ O ₄ , SiC

6. 特殊應用例

1) Ceramic Engine

Raw Powder : SiC, PSZ, LiAl₂SiO₅, Si₃N₄

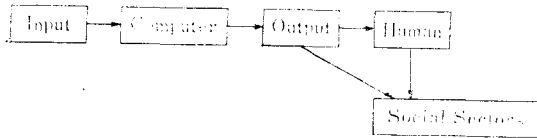
Sialon, XAl₂O₃·YSiO₂, XMgO·YAl₂O₃·ZSiO₂

o Reciprocal Engine

Pistion Caps, Exhaust Manifold Liners,

Valve heads, Turbocharger rotors

- Chamber, Valve rocker-arm head
- Gas Turbine Engine
 - Cobustion Chamber, Turbine blade,
 - Intermediate duct, Other Parts
- 2) Information



Input : Piezoelectric

- Pyroelectrics
- Computer : Magnetics
- Package
- Output : Magnetics
- Thermoelectrics
- Piezoelectrics
- Pyroelectrics
- Transmit : Filter
- Optical Fiber
- Receiving Device

會員身上變更申告案内

本會에서는 隔年制로 會員名單을 發刊하고 있습니다. '87年 4月에 會員名單을 發刊하기 위하여 會員名單發刊用으로 會員動靜 왕신엽서를 送付한바 있으나 아직도 郵送되지 않아 名單發刊 作業에 많은 支障을 招來하고 있습니다.

變動事項이 있으신 會員은 速히 連絡을 바라겠습니다.

今年度 第29回 技術士會員도 名單에 插入하는 관계로 會員名單發刊이 多少 늦어집니다.

今年 11月頃에는 發刊 豫定이오니 會員들의 많은 協助있으시기 바랍니다.

(社) 韓國技術士會事務局

Tel : 566-5875, 557-1352