

해설

## 산업용 충전재로 사용되는 광물 분체와 그 특성

채영배·정수복

한국자원연구소 자원활용연구부

인류 역사 이래 인간생활과 가장 밀접한 관계를 유지하고 있는 광물은 최근에도 화학공업의 원료에서부터 도목공업용 소재까지 널리 사용되고 있는 근간물질이 되고 있다. 광물분체를 반응매개물질로 사용하는 경우에는 원료물질의 화학성분을 이용하여야 하겠으나, 충전재료로서 사용하는 경우에는 고려하여야 하는 관점에 다소 차이가 있다.

충전용 분체는 "filler"라 하고, 충전제(充填濟) 혹은 충전재(充填材) 등으로 번역되기도 하였으나, 충전용 분체는 충전함에 따라 플라스틱이나 페인트제품에 대한 기능의 개선보다는 부피 증량 목적의 개념으로서 충전재라고 번역하는 경우가 많다. 미국의 공업표준(ASTM)에서는 "제품의 강도나 각종 성질의 개량과 원가의 절감을 위하여 첨가하는 비교적 불활성인 물질"이라고 정의하였으나, 최근에는 불활성인 것만을 고집하지는 않고, 제품의 기능을 부여하는 일부 목적의 경우에는 반응을 동반하는 물질로 사용하고 있기도 하다. 또한, 원가 절감을 위하여 사용하는 불활성의 광물 분체를 충전함에 따라 플라스틱 제품의 압축 및 휨 강도, 종이의 불투명도 및 잉크수리성 등, 제품의 물리적 특성이 크게 향상되는 등의 효과를 동시에 얻을 수 있다는 장점도 있다.

이와 같이 플라스틱, 페인트 및 제지공업 등의 산업분야에서 충전재를 사용하는 이유는 기본적으로는 원가의 절감을 위한 것이지만 제품의 기능적 향상을 동시에 얻을 수 있다는 부대적효과도 있다. 예를 들면, 플라스틱에 활석 분체를 충전하여 플라스틱 엔지니어링 특성을 보강함으로써 ABS와 같은 고가인 플라스틱을 대체하는 용도로서의 역할도 하고 있으며, 물성, 성질의 개량의 측면에서도, 플라스틱 제품의 역학적 성질 또는 열적 성질의 개선을 성취하는 등의 효과가 있다. 또한 기능부여 측면에서는 특수한 기능을 갖는 충전재료를 첨가하여 도전성, 자성 등 본래 플라스틱이 보유하고 있지 않는 특수한 기능을 부여함으로써, 플라스틱의 고기능화, 고부가가치화를 이룰 수 있다. 이외에도 충전재의 특성에 따라 가공점도 및 유동성을 조절할 수 있고, 금형에 대한 오염방지, 탈형 촉진, 경화시간의 조정, 발포방지 등 다양한 효과를 얻을 수 있다.

### 충전용 분체의 분류

광물 분체를 산업용 충전재로 사용하는 경우에는 광물의 종류별, 화학성분 조성, 분체의 형상

과 크기, 혹은 용도별 등 여러 가지의 분류방식을 사용할 수 있다. 통상적으로 화학반응을 수반하지 않는 단순 충전용 분체의 경우에도 화학조성을 고려해야 하는 경우가 많다. 분체의 형상이나 용도에 따른 분류가 가장 보편적이기 때문에 이에 따른 분류가 가장 용이한데, 비교적 사용량이 많은 분체들을 대상으로 정리하면 아래의 표 1과 같다.

최근에는 분체 입자의 고기능화를 위하여 합성방법을 이용한 순수한 물질을 사용하는 경우가 증가하고는 있으나, 사용량의 측면에서는 광물의 고유성분을 이용하는 경우가 많다. 이는 기본적으로는 분체의 사용에 의한 기능성 추구보다는 플라스틱, 종이 및 페인트 제품의 가격을 낮추고자 하는 목적에서 사용하는 경우가 많기 때문이다. 최근에는 가격을 낮추는 충전재라 할지라도 광물분체의 고유의 특성을 살피서 기능향

상을 동시에 추구하려는 경향이 지배적이다.

용도를 기준으로 하여 분체의 사용을 살펴보면 표 2와 같다. 최근에는 공업별로 충전용, 채색 안료용, 기능성 재료 등 매우 다양한 용도로 사용되고 있기 때문에, 이를 모두 고려하는 것은 매우 어렵다.

표 2에서와 같이, 단순 부피 증량용으로 사용하는 경우에는, 비교적 값이 저렴한 분체인 중질 및 경질 탄산칼슘, 점토(고령토), 활석, 실리카 등이 이에 해당된다. 그러나 이러한 분체의 경우에도 형상, 화학성분을 조절한 제품과 표면 개질 등의 과정을 거쳐서 특수 기능성을 부여한 분체의 경우에는 그 기능 향상에 걸맞는 가격이 형성되어 있음을 간과할 수 없다.

특수기능을 부여하기 위한 재료로서 이용되는 경우에도, 광물질과 같이 물질고유의 특성을 갖는 재료를 이용하는 경우와 복합화에 의하여 특

표 1. 화학조성 및 분체입자 형상에 따른 분류.

분 류		분 체 의 종 류
화학 조성	산 화 물	실리카, 규조토, 알루미늄, 산화아연, 산화티탄, 산화칼슘, 산화마그네슘, 산화철, 산화안티몬 등의 비금속 및 금속산화물 분체
	수 산 화 물	수산화칼슘, 수산화마그네슘, 수산화알루미늄 등의 수산화물 분체
	탄 산 염	탄산칼슘, 탄산마그네슘, 탄산아연, 탄산바륨 등의 탄산염 분체
	황 산 염	황산칼슘, 황산바륨, 석고류 등
	규 산 염	활석, 규회석, 운모, 점토, 고령토, 활성백토, 유리섬유, glass bead, 실리카계 balloon 등
	질 화 물	질화알루미늄, 질화규소 등
	탄 소 류	흑연, 탄소섬유, 탄소발룬, 목탄분말 등
	기 타	각종금속분말, 티탄산 칼륨, 티탄산저어콘산납 등과 같은 다성분계 혹은 여타의 분류에의하지 않은 분체
	유 기 물	테프론분말, 나무분말, 펄프, 고무분말 등
형상	섬 유 상	유리섬유, 탄소섬유, 아라미드섬유, 금속섬유 등
	침 상	티탄산 칼륨, 석고섬유, 침상 마그네시아, 석면, 침상 수산화마그네슘 및 기타 휘스커
	판 상	활석, 운모, 카오린, 인상흑연, 판상탄산칼슘, 판상 수산화알루미늄 등
	기 타	탄산칼슘, 실리카, 점토류, 각종 구슬 등 (구상 및 과립상)

수기능을 갖도록 조절하는 경우가 많기 때문에 이들을 용도별 혹은 공업별로 분류 및 통계화 한다는 것은 매우 어렵다. 특히 최근에는 분체의 물성개질 기술의 발전에 따라, 그 기능확대 및 기술발전 속도가 매우 급하게 진전되고 있는 분야이기 때문에 더욱이 그러하다.

표 2. 분체의 용도별 분류.

분 류	분체의 종류
증량용	탄산칼슘, 점토, 활석, 실리카 등
보강용	석고섬유, 티탄산 칼륨, 운모, 활석, 유리 및 탄소섬유 등
특수기능 부여용	도전성 : 카본, 금속분말, 기타 도전성물질을 코팅한 것 등 자 성 : 각종 웨라이트 등 열전도성 : 알루미늄, AlN, BN, BeO 등 압전성 : 티탄산 바륨, 티탄산 저어콘산납 등 전자과 흡수 : 웨라이트, 흑연, 목탄분 등 광산란 및 반사 : 이산화티탄, 탄산칼슘, 실리카 등 방사선 보호 : 납 분말, 황산바륨 등 자외선 보호 : 산화아연, 산화철, 산화티탄 등
가 타	탈취, 가스흡수용 활성백토, inter-callation용 충전제 등

### 분체의 특성과 작용

플라스틱, 페인트 및 종이 등 제품의 물리적 특성은 사용하는 충전제의 물리·화학적 성질에 따라 변화된다. 여기에서는 충전용 분체 입자의 형상, 입자크기, 비중, 굴절율, 결정수 이탈온도, 내산 및 내알카리성, 백색도 등이 중요한 성질이 된다. 플라스틱, 페인트 및 종이 제품의 불투명도를 높이는 데는 굴절율이 높은 충전제를 사용한다. 결정수의 이탈온도는 제품의 가공온

도와의 상관관계를 고려하거나, 난연 효과를 기대하는 경우에 고려해야 할 것이다.

내산 및 내 알카리도를 중요시 하는 경우에는, 'Polycarbonate'에 알카리성의 충전제는 사용하지 말아야 하며, PVC의 경우에도 알카리성 충전제는 주의해서 사용해야 한다. 기타 각종의 충전제에는 열적 성질, 광학적 성질 등 외에도 여러 가지 특이한 성질을 가지고 있으므로 이들에 대한 주의가 요망된다.

이와 같이 충전제는 단순히 충전하는 효과 이외에도 여러 가지 기능을 나타내는 경우가 있다. 즉 충전제와 'polymer', 'elastomer', 'pulp' 등의 기질 사이에 어떠한 작용에 의하여 기능이 나타나는 지를 고려해야 하는데, 이러한 작용에도 물리적 혹은 화학적 작용을 염두에 두어야 한다.

화학적 작용으로서는 충전제와 매트릭스 사이의 화학작용을 고려하여야 하는데, 특히 충전용 분체 표면에 코팅처리 하는 경우에는 더욱 그렇다. 이러한 효과는 충전용 분체 입자의 형상, 표면에너지, 입도분포 등에 따라 변화하므로 이들에 의한 특성을 살펴보면 다음과 같다.

### 형상 효과

분체입자의 형상을 표현하는 방법은 일반적으로 구상(球狀, 粒狀), 판상(板狀), 침상(針狀, 棒狀)과 같은 정성적인 표현법이 사용된다. 정량적으로는 구형도(球形度), 편평도(偏平度), 장단도(長短度) 등 수화적인 표현법이 있지만, 형상이방성(形狀異方性)의 정도를 표현하는데 가장 많이 사용되는 것은 형상비율(aspect ratio, 장경/직경, 직경/두께)이다.

형상비율이 커지는 만큼 기질 분자의 자유운동이 억제되며(entropy의 감소), 그 결과로 탄성율이 증가하고, 역학적 및 열적 성질이 향상된

다. 기타 유연적 특성(점탄성, 유동성)은 물론 전기적, 자기적 성질이나, 요동성(搖動性) 등 형상에 의하여 지배되는 특성이 있다.

자동차 범퍼 재료 등, 엔지니어링 플라스틱의 경우에는 판상, 칩상 및 주상 등의 분체를 사용하여 각종의 역학적 특성을 향상시키는 효과를 활용하는 예가 많이 있다. 특수기능은 가지고 있으나 형태적인 불리함이 있는 경우에는, 조립화 등의 기술을 이용하여 기능적 효과를 극대화하는 기술도 사용되고 있다.

플라스틱, 제지, 고무 공업등에서 가장 널리 이용되는 분체는 중질탄산칼슘을 들 수 있는데, 이는 천연적으로 산출되는 방해석을 물리적으로 분쇄하여 325mesh(43 $\mu$ m 이하)의 분체로 제조된 것이다. 따라서 분체의 형상은 불규칙하고 단지 그 크기만을 조절한 제품이기 때문에, 그림 1과 같이 입자형상은 무정형의 특징을 갖고 있다.

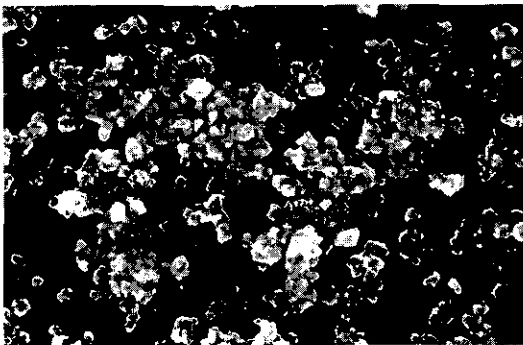


그림 1. 중질탄산칼슘 입자의 주사전자현미경(SEM) 사진.

이러한 특성 때문에 입자형상 특성을 이용하는 용도로서의 활용보다는 플라스틱, 제지공업에서 부피 증량을 위한 충전용으로서 사용하는 것이 대부분이다. 물론 이러한 충전효과와 동시에 종이의 은폐율, 백색도, 잉크수리성 등이 제

고되고, 플라스틱의 압축강도, 표면 윤활도, 불투명도 향상등의 효과도 수반된다.

중질 탄산칼슘과 동일한 화학성분을 갖는 경질 탄산칼슘의 경우에는 석회석을 소성하여 탄산칼슘으로 재결정 반응시킨 제품이므로 입자의 형상을 조절하는 것이 가능하다. 방해석(그림 2)과 구형 및 판상으로 제조된 경질 탄산칼슘은 제지용 표면코팅재료로서 활용되고, 범용의 경질 탄산칼슘은 대부분 그림 3과 같이 방추형으로 제조되어 각종의 고무공업용 충전재료로 사용된다.



그림 2. 경질탄산칼슘(정방형).

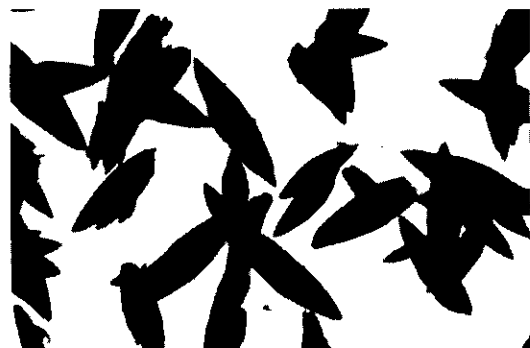


그림 3. 경질탄산칼슘(방추형).

고령토의 경우에도, 화학성분 조성에는 차이가 없으나 결정특성에 따라 카오리나이트

(kaolinite)는 그림 4와 같이 육각판상을 나타내고, 할로이사이트(halloysite)의 경우에는 그림 5와 같이 침상 혹은 주상의 결정형태를 갖는 특성이 있다. 판상의 카오리나이트 결정은 제지용 표면코팅 재료로 사용되고, 침상의 할로이사이트 결정은 요업용 등으로 주로 사용된다.



그림 4. 카오리나이트(육각판상형).

다. 운모결정은 전기절연체 및 분체화하여 화장품 등의 재료로서 많이 이용되고, 활석분체는 그 윤활성을 이용하는 용도로서 베이비 파우더(baby powder) 및 형상특성을 이용하는 엔지니어링 플라스틱, 제지용 분체 등으로 활용된다.

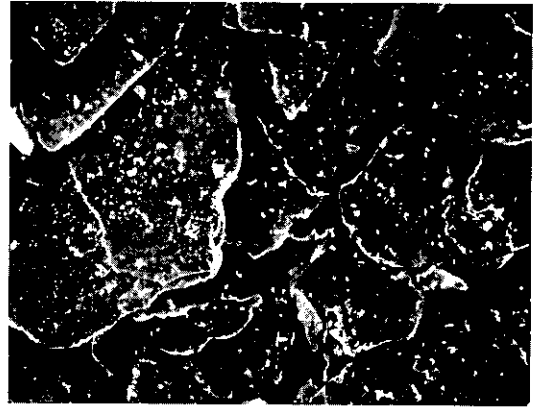


그림 6. 운모(mica)의 결정형상.



그림 5. 할로이사이트(침상형).



그림 7. 활석(talc)의 결정형상.

천연광물 중에 전형적인 판상 결정형 특성을 나타내는 것으로는 운모(mica), 활석(talc) 등이 있다. 이들은 분체로 제조되도 이러한 결정학적 특성을 잘 유지한다.

그림 6은 운모분체의 결정형상이며, 그림 7은 활석 분체의 전자주사현미경사진을 나타낸 것이

이상의 결정형상 이외에도 임의로 분체의 형상을 조절하여 활용되는 분체들이 있는데, 그의 대표적인 것이 구형(sphere)의 분체이다. 구형의 분체인 경우에도 구형체 내부가 공동으로 제조된 풍선(balloon)의 형태로 사용되기도 하는데, 그 형상은 그림 8, 9와 같다.

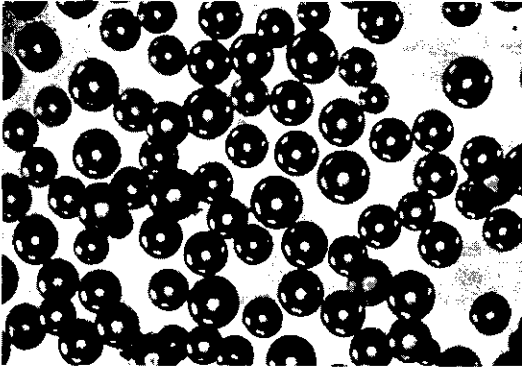


그림 8. 유리구슬(glass beads).

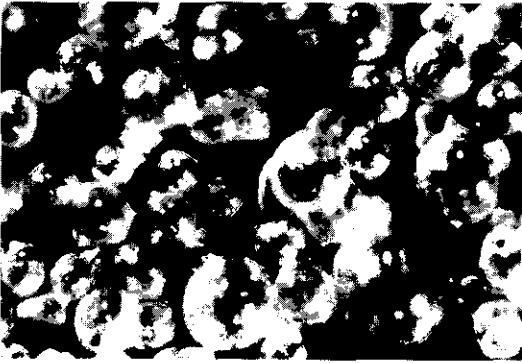


그림 9. 발룬(balloon)분체.

플라스틱, 제지 및 고무등의 제품에 분체를 충전하는 효과는 작업성, 충전을 등을 고려할 때, 구형의 분체가 가장 효과적인 것으로 알려져 있다. 그렇지만 천연상으로 산출되는 광물분체의 경우에는, 구형 또는 풍선형의 분체가 없기 때문에 이를 제조하여 구형의 분체를 사용한다. 여기서 비중의 문제가 발생하는 경우에는 발룬 분체가 사용된다.

### 표면 효과

분체 입자의 표면분자는 외면에 결합하는 상대분자가 없기 때문에 여분의 에너지(표면에너지)를

가지고 있다. 특히 결정의 모서리나 능면은 표면 에너지가 대단히 큰 활성을 갖는 부위이다. 표면적이 큰 만큼 표면활성은 크게 되고 입자와 기질간의 상호작용이 강하게 되어 기능에 따른 효과도 증대한다. 실제로 분체입자와 접하는 면적(실제 표면적)의 크기가 중요하다. 충전 분체의 분산성 향상을 위한 표면처리나 개질은 가공성의 향상과 충전 분체의 기능을 발휘한다는 측면에서 대단히 중요하다. 특히 플라스틱의 역학적 성질이나 열적 성질이 충전 분체의 표면적에 의존한다는 사례는 널리 알려져 있다.

이와 같이 분체의 이용에 수반되는 특성을 제거시키기 위하여 가장 보편적으로 사용되는 분체의 표면개질법은 분산뿐만 아니라 다양한 기능적 효과를 동시에 얻을 수 있다는 관점에서 널리 이용되고 있다. 표면 개질공정의 도입은 소수성의 증대, 분산성의 향상, 기능성 부여, 분체 표면활성의 억제, 제품의 표면성질 향상, 기타 제품의 물리적 성질 개선을 위하여 행해지는 조작으로서, 그 특성에 따라 분체 표면개질 방법을 달리 적용하고 있다.

분체의 표면 개질방법에는 여러 가지의 기술이 이용되는데, 가장 널리 사용되는 방법은 분체를 각종의 기능을 가지는 재료를 사용하여 코팅하는 개질방법을 들 수 있다. 여기에는 침전 반응에 의한 개질, 'capsule' 화에 의한 개질, 'topo-chemical' 에 의한 개질, 고에너지를 이용한 개질, 'mechano-chemical' 에 의한 개질 등이 이용되고 있다. 이러한 개질법에 의해서, 분체 단일 입자의 표면에 대한 핵 입자와 서로 다른 물성(흡수성, 마모계수, 대전성, 경도, 부착성 등)의 미립자를 부착하여 기능성 입자로 만드는 것이 가능하다.

## 입자분포 효과

충전입자는 입자의 크기에 따른 분포, 기질중에서의 분산상태에 기인하는 구조(高次構造)를 갖기 위하여 기질에 대해 여러 가지의 기능을 부여한다. 예를 들면, 입자의 크기나 분포가 가공성에 영향을 주는 방식으로 역학적 및 열적 성질에 변화를 주기도 한다.

또한 'carbon black'의 구조에 따른 입자구조가 역학적 성질이나 전기적 특성에 강하게 영향을 주는 것도 잘 알려져 있다. 초미립자(sub-micron) 분체로 제조하면, 표면적의 급격한 증대와 입자간 거리의 근접에 의하여 일반적인 입자와는 서로 다른 특이한 현상이나 거동을 보이게 된다. 예를 들면, 내충격성의 향상이나 빛의 산란·투과성, 유변성 등에서도 초미립자는 특이한 효과를 나타낸다. 이러한 초미립자에 대한 입자효과에 대해서는 아직도 연구되어야 할 문제점들이 많이 있다.

## 기 타

분체에서 복합화된 기능적 효과를 충분히 발휘시키기 위해서는 분체의 균일한 분산이 기본적으로 필요하다. 분산을 저해하는 주요인자는 표면에너지에 의한 분체 응집, 균일하지 않은 형상, 입도 분포 및 기타 등의 이유가 있는데, 이들의 해결을 위해서는 기본적으로 ① 분체 표면 흡착수의 제거, ② 표면에너지 저감을 위한 분체 표면처리, ③ 입도 분포의 균일화를 위한 조립화 등의 전처리가 필요하다.

입자 크기가 작게되면 표면적이 증가하는 만큼 흡착수에 의한 응집에 유의할 필요가 있으며, 적당한 가공조제(가소제, 활제, 안정제, 탈수제 등)의 첨가를 고려하는 것도 중요한 방법이 된다.

형상이나 입도 분포의 불균일화에 의한 영향을 줄이기 위하여, 단순한 형상의 입자나, 입도 분포가 균일한 것을 사용하는 것도 중요하지만, 판상이나, 침상 등 특정한 형상을 갖는 분체를 입도선택 및 입도분포의 균일화로서 문제를 해결하는 방법 등도 중요하다.

## 플라스틱 산업과 광물 분체

플라스틱산업은 석유화학업계의 시설능력에 따라 생산량의 규모가 결정된다. 90년도 중반기까지는 석유화학업계의 시설능력 확장에 의하여 생산량이 증가하였으며, 중국, 홍콩 등 주변국가들의 수요증대에 힘입어 수출량의 확대기조를 유지하고 있다.

우리 나라의 플라스틱 원료 시장은 확대되고 있다. 이에 비해서 플라스틱 제품의 생산실적은 상대적으로 저조하여 '97년도에는 원료산업은 7.9%의 증가를 기록하였으나, 제품 생산량은 6.6%에 머물고 있다.

## 플라스틱 제품별 수입

플라스틱 제품은 열가소성수지 및 열경화성수지 제품으로 분류되는데 그 품목이 매우 다양하기 때문에, 그 통계를 간단히 정리하기는 어려운 실정이다. 한국표준산업 분류상의 품목과 수출입 통계에서 'HS code' 분류상 3916~3926 및 여타 분류에 속하는 일부의 제품을 포함하여 한국 프라스틱 공업 협동조합의 자료를 중심으로 수집·정리하였다(표3). 제품류는 필름류, 쉬트 및 레자류, 파이프류, 주방 및 위생용품, 용기류, 발포제품류, 건축자재류, 잡화류 및 기타의 제품으로 분류하여 집계하였다(표4).

표 3. 합성수지 및 플라스틱 제품의 수급실적.

(단위 : 천톤)

연도	1993	1994	1995	1996	1997
합성수지 생산	5,720	6,275	6,676	7,260	7,523
제품생산	3,627	4,008	4,117	4,379	4,590
제품수입	104	130	143	148	154
제품수출	595	664	774	793	823
제품내수 합계	3,136	3,474	3,486	3,734	3,921

※ 합성수지 생산량은 열경화성수지와 열가소성수지를 합친 것임.

### 광물 분체의 사용

합성수지 공업에서 사용되는 충전재는 전술한 바와 같이, 기본적으로는 제품의 제조원가를 절감하기 위하여 상대적으로 가격이 낮은 무기질 충전재를 사용하는 것이다. 최근에는 제품의 탄성율의 증가, 압축강도의 조절, 전기절연성의 증가 등 일부의 기능을 보강하는 용도로서 사용되고 있기도 하다. 사용되는 충전재는 자연계에 노출되었을 때 화학적으로 안정한 무기질 분체는 모두 사용 가능한 것으로 알려져 있다. 범용으로 사용되는 충전재로는 중질 및 경질탄산칼슘 분체, 활석 분체 및 고령토 분체 등이 있다.

표 4. 열경화성수지 종류별 충전재의 활용특성 및 종류.

구분	무기질 충전재의 활용특성	충전재 종류
페놀수지	- 내열성, 내약품성의 기계부품 원료로 주로 사용되며, 충전재의 사용은 약5% 수준임.	고령토
요소, 멜라민	- 내열성식기류, 고경도의 제품, 책상, 밥상 및 유사제품에 사용, 충전재의 사용량은 10~15wt% 수준임.	탄산칼슘
불포화폴리에스텔	- FRP재료, 요트 및 보트, 스키보드등의 재료로 주로 사용되며, 충전재의 사용량은 15~20wt% 수준임.	활석
에폭시	- 반도체 및 기타의 molding재로 주로 사용되며, 충전재의 사용은 거의 없음.	-
폴리우레탄	- 바닥재, sheet등의 재료로 사용되며, 충전재의 사용은 15~20wt% 수준임.	탄산칼슘

수지 종류별로 살펴보면, 열경화성수지의 가격은 열가소성수지의 약 3배로서, 대부분 250~300만원/톤으로 가격이 높기 때문에 가능한 저가의 충전재사용으로 원료비의 절감을 꾀하고 있다. 판상 제품을 위한 재료로 사용되는 불포화 폴리에스텔의 경우에는 판상의 활석분체가 사용되고, 내열성, 내약품성 특성은 산화물 분체로서 알루미늄노실리케이트를 주성분으로 하는 고령토 및 점토 분체가 사용되고 있다. 수지의 종류에 따른 충전재의 종류에 일반적인 제한은 없으므로 대부분의 용도에는 값이 저렴한 중질탄산칼슘 분체를 주로 사용하는 것으로 분석된다. 열가소성수지의 경우에도 열경화성수지와 유사하게 이용되지만, 열가소성수지의 경우에는 열경화성수지보다는 제품의 종류 및 용도가 다양하기 때문에 사용되는 충전재의 종류도 다양하다.

국내 합성수지 제조업 및 플라스틱 제품 제조업체에서 사용되는 무기질 충전재는 그 종류에 따라서 사용하는데 여러 가지의 특성을 고려하여야 한다. 일반적으로 ① 값이 싸고 안정적 공급이 이루어질 것, ② 물성의 개선효과가 있는지, ③ 기능성이 부여되는지, ④ 가공성의 개선이 이루어지는지 등에 대한 고찰이 있어야 한다. 물론



특수한 제품을 위해서는 전술한 바와 같이, 표면 개질에 의한 특성을 파악하여 사용한다. 참고로 열경화성 수지 종류별로 충전재의 활용특성과 주로 사용되는 광물분체의 종류를 정리하면 표 4와 같다.

열가소성 수지의 경우에는 열경화성 수지보다는 다양한 충전재가 사용되는데, 표 5에서와 같이, 전선용 PVC의 경우에는 중질 탄산칼슘, 경질탄산칼슘, 고령토 및 활석분체가 모두 사용된

다. 특히 활석분체는 표면특성이 소수성을 갖고 있으나, 중질 및 경질탄산칼슘과 고령토의 경우에는 친수성 분체이므로, 'compounding' 공정의 원활한 작업과 제품의 표면 윤활성, 전기절연성의 보강 등의 이유로 하여 친수성의 분체는 소수성으로 변환하는 입자표면 코팅제품의 사용이 많다.

고령토 분체의 경우에도 결정수분의 함유에 따라서 전기절연성의 향상, 백색도의 향상은 물

표 5. 열가소성수지 종류별 충전재의 활용특성 및 종류.

용 도	무기질 충전재의 활용특성	충전재 종류
필름용	- 투명필름에는 충전재는 사용하지 않으며, film의 유착방지를 위하여 실리카를 1.0%수준 소량사용하고, 유색의 필름에는 중탄미분체를 5.0% 수준 사용함 - HDPE, PVC, PP등의 경우에도 동일함.	실리카, 탄산칼슘
사출용	- 전기전자부품 및 일반기기제조용 중에서 PS, ABS등의 원료를 사용하는 경우에는 중탄을 15~25wt% 까지 사용함 - 자동차공업용 ABS의 경우에는 주로 활석분체가 사용됨.	활석, 탄산칼슘
중공성형	- 대부분의 LDPE, HDPE등을 이용하여, 통 종류(삼푸, 물통 등)를 제조하는 것으로서 충전재의 사용은 중탄 및 활석분체가 10wt% 수준으로 적게 사용됨.	활석, 탄산칼슘
압출용	- 온돌 배관용등과 같이 충전재의 사용이 어려운 제품도 있으나, 일반배관용의 튜브를 제조하는 경우에는 중탄 분체의 사용이 10% 수준임.	탄산칼슘
전선피복 파이프	- 전선피복용 중에서 인장력을 필요로 하지 않는 용도, 절연저항이 높게 필요한 경우에는 소성고령토 분체 및 일반용 파이프의 경우에는 중탄 분체의 사용량이 20~30wt%까지 사용됨.	고령토, 탄산칼슘
카렌다	- sheet, film, 장판류등의 제조방법으로서, 충전재의 사용량은 10±5wt% 수준임.	탄산칼슘
의류, 호스, 섬유	- 인장력을 요구되는 용도로서 일반적으로 충전재의 사용이 미미하거나 사용하지 않음.	-
포장용기	- 포장용기 및 가정용품의 경우에는 PS를 사용하며, 충전재의 사용량은 약 10wt% 수준임.	탄산칼슘
문구, 완구	- 문구류 중에서 투명제품 등에는 충전재의 사용이 적으나, 완구류와 같이 강도, 여러 가지의 모형 및 채색제품에는 약 5~10wt%의 충전재 사용됨.	탄산칼슘, 고령토
건축재, 가구류	- 창문틀, 조립식 전자재, 옷걸이, 각종의 구조 및 받침대등의 경우에는 20~30wt%의 중질 및 경질탄산칼슘 충전재가 사용됨.	탄산칼슘, 고령토
기 타	- 플라스틱의 용도가 다양하며, 제품의 특성이 다양하기 때문에 충전재의 사용량은 평균 약5wt% 사용되는 것으로 간주함.	기타

론 은폐율의 향상 등을 위하여 소성고령토 분체를 사용하며, 플라스틱의 채색을 위하여 각종의 무기안료가 사용된다. 이러한 자료를 근거로 '93년도부터 '97년까지의 국내 합성수지의 생산량을 기준으로 충전재의 사용량을 분석하면 표 6과 같다.

표 6. 합성수지의 생산량 변화에 따른 비금속광  
종별 소비실적.

(단위 : 천톤)

연도 구분	1993	1994	1995	1996	1997
합성수지 생산	5,720	6,275	6,676	7,260	7,523
석회산(중탄)	587	643	690	729	751
고령토, 점토질	25	26	29	32	34
활석	10	12	18	20	23
기타	31	35	42	48	52
충전재 계	653	716	762	829	860

### 제지공업과 광물 분체

세계적으로 제지공업은 산업활동과 문화생활의 발전에 발맞추어 성장하여 왔으며, 우리 나라는 '97년 현재 104개의 제지업체를 보유하고 있다. 우리 나라는 종이 생산량으로는 세계 9위, 펄프 생산으로는 23위 및 소비량은 21위인 종이 생산국이다. 제지공업은 각국의 GNP 성장에 비례하여 지류소비량이 증가하는 특징을 가지고 있으므로, ① 산업활동과 문화생활에 필요한 재료로서, ② 가능한 각국은 자급체제를 유지하도록 노력하고, ③ 에너지의 비중이 원가비중의 10~15%를 차지하는 자원의 다소비 산업이며, ④ 고액의 설비투자를 요구하는 자본집약적 장치산업이다. 종이는 산업과 문화소재로서의 그 위치가 중요하기 때문에 세계각국은 가능

한 자급체제의 유지에 노력하고 있다.

### 종이의 제품별 수입

국내 지류의 수급실적은 표 7에서와 같이, 총생산은 '97년 836만톤으로 '93년 580만톤 대비 44%의 증가를 기록하고 있다. 특히 수출은 '93년부터 '97년까지 연평균 약 50%의 신장율을 기록하고 있다. 수입은 '93년 49만톤에서 '95년 69만톤까지 증가하였으나, '95년 이후 감소하여 '97년에는 54만톤을 기록하였다. 이러한 수입 감소는 신문용지 제조시설의 확충에 따른 것이며, 일부 품목인 경량코트지, 전기절연지, 식품포장지, 포장용 골판지 등의 수입은 감소하지 않고 있는 것으로 분석된다.

표 7. 연도별 종이류의 수급실적.

(단위 : 천톤)

연도 구분	1993	1994	1995	1996	1997
생 산	5,804	6,435	6,878	7,681	8,365
수 출	695	952	994	1,384	2,076
수 입	494	562	697	676	548
내 수	5,368	5,869	6,248	6,465	6,393

※ 내수=(생산+수입)-(수출+재고)

### 광물 분체의 사용

제지업계의 생산량 집계는 펄프와 제지류로 분류되며, 제지류에는 신문용지, 인쇄용지, 크라프트지, 판지 등으로 구별된다. 이러한 제지공업에서 사용되는 충전용 및 표면코팅용 무기질 분체는 인쇄 용지류의 종이에서 가장 많이 사용되지만, 펄프에서도 일부 피치조절용으로 규조토 및 활석 분체가 사용된다. 그 사용량은 펄프

생산량의 약  $2.5 \pm 0.5\text{wt}\%$ 인 것으로 알려져 있다.

특수용도의 종이류 즉, 화장지, 크라프트지, 골판지, 신문용지 등에서는 거의 무기질 충전재의 사용은 없는 것으로 판단된다. 포장용 및 식품저장용 골판지에서는 제품의 기능성 부여를 위하여 특정 가스의 흡착, 탈취 및 항균성 등을 갖는 일부 기능성 무기질 분체가 사용되는 것으로 알려져 있다.

우리 나라의 경우에는 골판지에 사용되는 충전 분체는 골판지에 대한 열전도율의 저하, 과일포장용 골판지의 경우 과일이 부패하면서 배출되는 일부의 가스 포집력이 우수한 기능성 분체들이 사용되기 때문에 이에 대한 기술이 'know-how'로 취급되고 있고 그 정확한 종류가 공개되고 있지 않고 있다. 일반적으로 제지공업에서 광물충전재는 ① 백색의 종이를 제조하기 위하여 백색의 충전재를 사용하였으나, ② 섬유상으로 제조된 종이는 투명성의 확보가 어렵기 때문에 종이의 불투명도의 증가를 위하여 충전재를 사용하였으며, ③ 종이 지질의 균일화, 표면의 평활, 지질의 유연성 제고, ④ 종이의 신축성 감소, 광택부여, 외관미려 등의 특성부여, ⑤ 인쇄 적성의 향상. 종이 제조원가의 인하 등의 목적으로 사용된다.

오늘날 종이에 충전재를 전혀 사용하지 않은

경우는 오히려 특수용도의 종이에 해당된다. 충전재의 사용량은 제지 업체별/종이 제품별로 차이는 있으나, 인쇄용지의 경우에는 대부분은 15wt%정도의 충전재가 사용되고, 종이가격의 조절, 종이의 사용목적에 따라서는 30wt%까지도 사용되는 것으로 알려져 있다.

이와 같이 종이의 제조에 사용되는 무기질 분체의 종류는 다양하지만, 유럽과 북미에서 시작된 중성 초지의 기술이 전파되면서 중질 및 경질 탄산칼슘의 사용이 크게 확대되고 있다. 이에 반해서 반대로 오랜 동안 사용되어 오고있는 고령토와 활석분체의 소비량은 급격히 감소하고 있는 실정이다. 예를 들면, 국내의 경우에도 '95년 활석분체의 사용량이 40만톤/년을 이루고 있던 시장이 2000년에는 불과 9만톤 수준으로 감소하고 있다. 이는 활석분체 가격의 상승에 일부 요인도 있으나, 활석분체의 가장 큰 수요처였던 제지공업과 페인트업계에서의 사용량 감소에 기인되는 것으로 판단된다. 제지 및 페인트업계에 중질탄산칼슘의 사용량이 급격하게 상승된 것은 방해석의 물리적 분쇄에 의하여 평균입도  $1.0\mu\text{m}$  이하의 분체 제조기술의 발전과 공정의 단순화를 위하여 필요한 슬러리 제품의 공급시스템의 활성화 등에 힘입은 것으로 분석된다. 특히 활석 분체는 국내 활석광업의 쇠퇴에 따라 중국에서의 수입량에 의하여 유지되고

표 8. 제지용 충전 및 코팅재로서 광물 분체의 사용.

(단위 : 톤)

종이종류	분체 종류	'97년 생산량	광물 분체의 종류
필 프	활석	618,000	활석
백상지	이산화티탄, 활석, 고령토, 탄산칼슘 등	564,000	탄산칼슘, 활석
중질지	활석, 고령토, 탄산칼슘 등	210,000	활석, 탄산칼슘
아트지	이산화티탄, 활석, 고령토, 탄산칼슘 등	1,049,000	탄산칼슘
박엽지	경탄, 이산화티탄, 활석, 실리카, 규조토 등	76,000	경질탄산칼슘
백판지	이산화티탄, 활석, 고령토, 탄산칼슘 등	1,012,000	고령토
기 타	실리카졸, 규조토, 벤토나이트 등.	855,000	벤토나이트

표 9. 제지용 충전 및 코팅재로서 광물 분체의 사용량.

(단위 : 톤)

구분		연도				
		1993	1994	1995	1996	1997
고령토(수입)		110	130	130	127	130
활석(수입)		182	194	195	180	152
방해석 석회석	중 탄	80	100	143	200	270
	경탄(수입)	18	18	15	15	16
규조토		2	2	3	3	4
벤토나이트		4	6	8	10	11
기타		2	3	3	3	3
계		398	453	497	538	586

있는 실정이다. 최근 국내 수입가격의 상승에 따라 수요체계의 변화가 있었으며, 중질탄산칼슘의 원료광물인 방해석은 국내 생산에 의하여 안정된 공급체계를 갖고 있었기 때문인 것으로 판단된다.

'97년도 종이의 종류별 생산량에 대한 광물 분체별 소비량을 조사 분석한 결과는 표 8과 같다. 표 8을 참고로 하여 대표적인 생산량을 갖는 제지회사의 사용량 및 분체 제조회사의 판매량 등을 근거로 하여 수집·분석한 제지용 광물 분체의 최근 년도의 수급량을 정리하면 표 9와 같다.

### 페인트 공업과 광물분체

전방 수요산업에 따라 연동되는 페인트 산업은 지난 10여년동안 꾸준히 10~15%수준의 평균 성장률을 기록하고 있다. '95년도에는 엔고현상으로 자동차(신차용 14.7%, 보수용 20%), 선박공업등의 호조에 따라 상장기업체를 중심으로 안정적 성장기조를 유지하였다. 이러한 경우는 대기업의 성장에 따라, 그 수요시장이 확대되었기 때문이며, 건축용, 목공용 등 일반도료의 경

우에는 이보다 낮은 성장률을 기록하였다.

'95년도의 페인트 공업의 전체 시장규모는 1조 5,000억원 규모였으며, 수량으로는 약 70만 톤로 집계되었다. IMF체제의 영향을 받은 '97년도의 성장률 13%로 '95 및 '96년도의 성장률에 비하여 다소 저하되었음을 나타내었다. 품목별로는 무기질도료의 수요량이 매년 높은 증가율을 기록하고 있고, 에폭시계 도료, 수용성 수계도료 등에서도 다른 품목에 비하여 빠르게 시장이 확장되고 있는 것으로 집계된다. 이는 고부가가치 및 환경대응형 도료에 대한 수요가 최근 들어 급증함에 따라 업계의 대응 또한 발빠르게 진행되고 있는 것으로 알 수 있다. 중소고유업종의 해체로 가시화 되고 있는 대기업의 페인트시장 진출, 환경문제와 관련한 신기술과 신제품의 개발 등등의 투자여력이 미약한 영세업체의 입지는 더욱 약화될 것이다.

국내 페인트 시장에서 가장 큰 점유율을 갖는 건축용 도료 시장에서도, 상위 4개 회사가 차지하는 시장점유율이 45%를 유지하는 등 점차 대기업의 시장점유가 증가하고 있다. 이러한 현상은 신기술을 요구하는 자동차용, 선박용, 중방식용의 도료의 수요가 계속 증가하고 있는 국내

현실을 감안할 때, 자체기술 개발능력이 없는 중소기업체에 의한 시장점유율은 계속 하락할 것으로 판단된다.

### 제품별 수급

페인트는 용도별, 기능별 제품의 특징이 다양하고, 최근 수요산업의 다양화에 따라 이러한 현상은 계속 확대될 것으로 판단된다. 제품의 수급현황은 페인트 조합에서 수집한 대표적 16개 제품에 대한 생산집계, 무역통계연보 등을 참조하였으며 소량인 것은 기타에 집계하였다. 집계 방식 및 보고자료의 차이 등에 의하여 연도별 집계자료에는 다소의 차이를 나타내었으나, 그의 양이 많지 않으므로 집계자료를 그대로 이용하였다.

'93년 이후 수출 및 수입증가율은 국내 생산량 증가율을 상회하고 있으나, 수입량이 국내 생산량에 미치는 영향은 미미하였다(표 10). 이러한 현상은 산업부문에서 수요다양화에 따른 현상으로 판단되는데, 국내 페인트업체는 특수 페인트의 제조뿐만 아니라 분체도료의 제조기술에 까지 폭넓은 기술력을 보유하고 있다. 수입 대체에 의한 경제성이 있는 품목별로 지속적인 수입대체 방안 및 기술개발이 연구되고 있으므로 수입에 의한 영향이 생산에 미치는 영향은 미미한 수준일 것으로 판단된다.

### 광물 분체의 수급

페인트공업에서의 안료의 종류는 유기안료와 무기안료로 대별된다. 색조에 의한 분류로는 유색안료와 백색안료, 용도에 의한 분류로는 체색안료와 체질안료로 분류되는데, 금속화합물들은 대부분 체색안료로 사용되고, 비금속광물 분체는 대부분 체질안료로 사용된다. 체질안료로 사용되는 비금속 광물분체는 대부분 굴절율이 작고, 은폐율이 낮기 때문에 투명성 백색안료라고도 한다. 체색안료 및 페인트의 증량제, 잉크성질의 조절제, 레이크 안료의 체질구성 등의 목적으로 사용되며 이들의 종류는 침강성 황산바륨, 황산바륨, 탄산바륨, 침강성 탄산칼슘, 호분, 석고, 알루미늄, 클레이, 실리카, 탈크, 규산칼슘, 흑연, 벤토나이트 등 그 종류가 다양하다. 비교적 다량 소비되는 분체의 종류는 탄산칼슘, 클레이, 탈크 등을 들 수 있다.

국내 페인트 생산에 '93년부터 '97년까지 사용된 체질안료용 비금속광물 분체의 소비량은 표 11과 같이 집계되었다.

## 결 언

광물 분체를 재료로서 이용하는 본래의 목적은 광물분체가 가지고 있는 우수한 물성을 활용하

표 10. 국내 페인트의 수급실적.

(단위 : kt)

구분 \ 연도	1993	1994	1995	1996	1997
생 산	619,120	697,234	706,196	718,309	728,417
수 입	14,888	20,306	23,085	26,244	29,835
수 출	62,406	82,060	84,080	86,150	88,270
내 수 계	571,602	635,480	645,201	658,403	669,982

표 11. 국내 페인트 체질안료용 광물분체의 수급실적

(단위 : 톤)

구분		연도				
		1993	1994	1995	1996	1997
석회석	중 탄	48,860	55,120	65,320	71,200	76,204
	경 탄	30,241	28,395	25,200	24,450	20,312
고령토		13,500	14,063	14,800	15,200	16,146
활 석		64,200	68,214	71,428	74,800	78,318
실리카		1,600	1,740	1,850	2,000	2,160
벤토나이트		610	630	680	750	792
이산화티탄		76,800	81,400	84,199	88,167	92,322
기타		8,761	25,866	15,493	7,188	1,494
계		244,572	244,572	278,970	283,755	287,748

려는 것이지만, 플라스틱, 제지 및 페인트 등의 최종제품에서는 여러 종류의 재료가 복합적으로 이용되는 경우가 대부분이다. 충전재도 사실상 재료의 하나로서 비교적 단순하게 취급되고 있었으나, 최근에는 본 재료의 품질향상의 역할을 기대하고 있기 때문에, 충전재의 다양한 요구가 이루어지고 있다. 예를 들면, 구조특성의 요구에 따라 사용되는 섬유강화 복합재료에서 구조특성과 동시에 기능특성을 얻을 수 있는 기능성 충전재를 사용하는 복합재료의 개발이 진전되고, 분자레벨의 복합재료화 분야는 'clay/polymer' 및 'hybride' 재료와 'nano-composite' 재료분야 등으로 진전되고 있다.

이러한 진전은 섬유강화 복합재료는 구조물성은 우수하지만 폐기물 처리가 문제로 대두된다. 충전재를 사용하면 자체분해가 용이하다는 장점뿐만 아니라 분체에 다양한 기능을 부여하기 용이하다. 또한 'nano-composite' 재료는 적은 양의 충전재 사용으로 높은 물리적 특성을 얻을 수 있다는 잇점이 있다.

플라스틱, 제지, 페인트 공업분야뿐만 아니라 전체 산업분야에서 사용되는 충전재에 요구되는 제반 특성들은 ① 미립 분체화, ② 형태의 다양

화, ③ 새로운 기능화, ④ 새로운 종류의 충전재, ⑤ 개질기술의 저경제성 등으로 요약될 수 있다.

## 참고 문헌

- 坂下攝, 1993, "最新 粉體 Process 技術", 日刊工業新聞社.
- 後藤邦夫, 1996, "Plastic and Rubber用 添加劑 實用便覽", 化學工業社.
- Filler 研究會, 1994, "Filler 活用事典", 大成社.
- Yu Yantang and Mao Luping, 2000, "Substituting Talc", Industrial Minerals, pp47-51.
- 한국제지공업연합회, 1998, "종이, 판지통계 연보".
- 한국제지공업연합회, 1998, "제지공업현황".
- 한국플라스틱공업 협동조합, 1997, "우리 나라 플라스틱 산업동향".
- 吉田國夫, 1978, "鑛産物の 知識 と 取引", 通商産業調査會.