

알루미늄계 무기 난연제: 제조 공정과 시장 동향 - 케이씨(주)의 역할과 전망



박찬웅

케이씨(주) 기술연구소
수석연구원



김남일

케이씨(주) 기술연구소
연구소장



박소현

케이씨(주) 기술연구소
책임연구원

1.서론

현대 사회에서 화재 안전은 매우 중요한 이슈로 대두되고 있다. 산업 발전과 도시화가 급격히 진행됨에 따라 화재 발생 위험이 증가하고 있으며, 이에 대한 대비책이 필수적이다. 특히 건축물, 전기 제품, 교통수단 등 다양한 분야에서 난연제의 사용은 화재로 인한 인명 및 재산 피해를 최소화하는 데 중요한 역할을 하고 있다. 난연제는 화재 시 불의 확산을 지연시키거나 억제함으로써 대피 시간을 확보하고 화재의 규모를 줄이는 데 기여하고 있으며, 이 중에서도 수산화알루미늄(Aluminum Hydroxide, $Al(OH)_3$)은 뛰어난 난연 특성으로 주목받고 있다.

수산화알루미늄은 그 자체로는 불연성 물질이지만, 열을 받으면 물과 알루미늄 산화물로 분해되면서 열을 흡수하고, 물이 증발하면서 주변 온도를 낮추어 난연 효과를 발휘한다. 이러한 특성 덕분에 수산화알루미늄은 전기 케이블, 건축 자재, 자동차 부품, 전자 제품 등 다양한 응용 분야에서 난연제로 널리 사용되고 있으며, 특히 다른 난연제에 비해 독성 물질을 방출하지 않고 환경 친화적이라는 점에서 더욱 각광받고 있다. 또한, 수산화알루미늄은 가격 대비 뛰어난 성능으로 경제적인 측면에서도 우수하다.

수산화알루미늄의 제조 공정은 비교적 단순하고 원료인 보크사이트의 공급도 안정적이다.

보크사이트는 알루미늄을 생산하는 주요 원료로, 베이어 공정(Bayer process)을 이용해 수산화알루미늄을 석출, 소성 과정을 거쳐 알루미나를 생산하고, 홀-에루 공정(Hall-Héroult process)을 거쳐 최종 알루미늄이 제조된다. 이 과정에서 높은 순도의 수산화알루미늄을 대량으로 생산할 수 있어 경제적 이점이 크다.

국내에서는 케이씨(주)(<http://kc.daejookc.com>)가 수산화알루미늄을 생산하는 유일 기업으로 지속적인 연구 개발을 통해 제품의 품질을 향상시키고 있으며, 슈퍼파인($D_{50}=0.5\sim 3\mu\text{m}$) 수산화알루미늄은 고품질의 난연 특성 뿐만 아니라 내열성, 고분산성 등 특성을 향상시켜 다양한 산업에서 사용되고 있으며, 글로벌 시장에서도 높은 경쟁력을 갖추고 있다.



그림 1. 전남 영암군 대불산단 소재, 케이씨(주) 전경

난연제 시장은 기술 발전과 환경 규제 강화로 인해 지속적으로 성장하고 있다. 전 세계적으로 화재 안전 기준이 강화되면서 난연제의 수요가 증가하고 있으며, 특히 전기차, 스마트 기기 등의 첨단 산업에서의 수요가 급증하고 있다. 이러한 시장의 변화에 발맞추어 케이씨는 수산화알루미늄의 응용 범위를 확대하고, 새로운 기술 개발에 박차를 가하고 있다.

본 기고문에서는 수산화알루미늄의 제조 과정과 그 특성, 응용 분야, 그리고 현재 시장 동향과 향후 전망에 대해 자세히 살펴보고자 한다. 이를 통해 수산화알루미늄이 난연제로써 가지는 중요성과 앞으로의 발전 가능성을 조명하고, 산학연의 협력을 통해 더 나은 화재 안전 솔루션을 제공하는 데 기여하고자 한다.

2. 수산화알루미늄의 제조 과정

수산화알루미늄은 보크사이트를 원료로 하여 베이어 공정을 통해 제조된다. 베이어 공정은 보크사이트를 가성소다 용액에 녹여 정제한 후 수산화알루미늄을 침전시키는 방식이다. 일반적인 수산화알루미늄은 알루미늄 금속, 내화재료, 수처리제의 원료로 사용되며, 난연제로써 물리적 특성을 갖추기 위해 별도의 분쇄공정이나 석출공정이 요구된다.

2.1 베이어 공정

베이어 공정은 보크사이트로부터 알루미나를 추출해 내는 방법으로 오스트리아의 화학자(Karl Josef Bayer)가 1881년 발명한 이래 보크사이트의 특성에 따라 부분별 단위 공정의 변화만 있을 뿐 기본 원리는 바뀌지 않고 수산화알루미늄 및 알루미나, 최종적으로는 금속 알루미늄을 제조하기 위한 대표적인 사용기술로 활

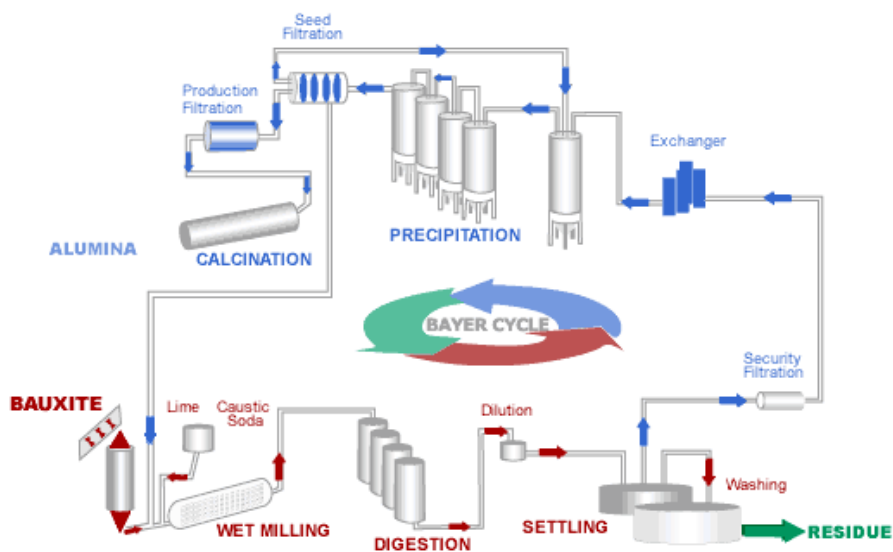


그림 2. 베이어 공정 흐름도

용되고 있다. 기본적인 베이어 공정은 보크사이트를 가성소다 용액과 혼합한 후 불 밀 등을 이용하여 습식 분쇄를 실시한 후 가성소다에 보크사이트의 주성분인 알루미늄 성분을 용출 시키고 용해되지 않은 불순물을 분리한 후에 정제된 알루미늄산나트륨 수용액에 종자(Seed)를 넣어 수산화알루미늄을 석출하고 이를 소성(Calcined)하여 산화알루미늄을 제조하는 원리이다.

2.2 슈퍼파인 수산화알루미늄 제조 공정

0.5~3.0 μm 의 평균입도를 가지는 슈퍼파인 수산화알루미늄을 제조하는 방법은 일반 수산화알루미늄을 이용한 분쇄방법과 베이어 공정액을 이용한 석출방법이 있다. 수산화알루미늄을 분쇄하는 방법은 1~3 μm 의 평균입도를 가지는 제품을 제조하기까지 많은 에너지가 소비되고 입도 분포제어가 어렵다.

뿐만 아니라 조대 입자가 분쇄되는 과정에서 신생 과단면이 발생하여 비표면적의 증가를 가져오고, 이는 수지와와의 혼합과정에서 점도의 상승과 유동성을 저하시켜 인장강도 및 신율 등 물리적 특성에 영향을 준다.

따라서 일반 종자를 투입하여 냉각에 의해 제조하는 방식과는 다르게 슈퍼파인 수산화알루미늄의 제품을 석출하기 위해서는 별도의 특수한 종자 제조가 필요한데 이는 소듐알루미늄네이트 용액과 황산알루미늄 용액의 중화 반응을 통하여 무정형 보헤마이트(Amorphous Boehmite)을 제조하고, 이 무정형 보헤마이트에 소듐알루미늄네이트 용액을 재첨가하여 베이어라이트(Bayerite) 형상으로 유도한 후 이를 종자로 활용하여 슈퍼파인 수산화알루미늄을 제조하고 있다.

석출에 의한 슈퍼파인 수산화알루미늄 제조법은 단속식(Batch) 운전법, 나노급의 종자 사용으로 입도분포 및 비표면적 제어, 석출 온도 조절로 불순물 제어가 가능한 이점을 가지고 있다.

2.3 보헤마이트 제조 공정

수산화알루미늄이 난연제 용도로 사용되는 온도 범위는 200 $^{\circ}\text{C}$ 이하로 제한적이다. 가공온도가 높은 엔지니어링 고분자 수지에 대해서 알루미늄계 무기 난연제의 활용 범위를 넓히기 위해 내열 특성이 향상된 소재 개발이 요구되어 왔으며, 수산화알루미늄을 고온·고압 조건에서 재결정화하여 제조하는 보헤마이트(Boehmite, AlOOH)가 대표적인 예이다. 흔히 수열합성법이라고 정의하는 제조공정은 수산화알루미늄의 용해 온도 이상의 범위에서 온도와 압력에 따라 ‘용해(Dissolution) → 과포화상태(Limiting supersaturation) → 핵생성(Nucleation) → 결정성장(Diffusion growth) → 재결정화(Ostwald ripening)’ 과정을 포함한다.

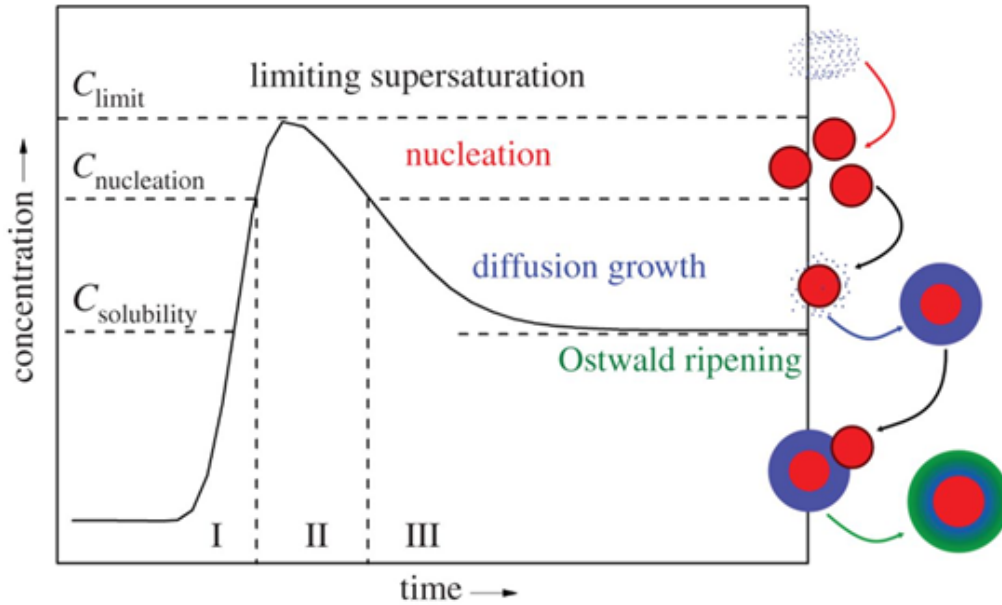


그림 3. LaMer 결정 성장 메커니즘

보헤마이트의 주요 특성은 원료인 수산화알루미늄의 불순물(Na_2O), 입자크기, 입도분포에 의해 결정되며, 고품질의 안정적인 제품 생산을 위해 일정한 고형분 농도, 합성온도, 합성시간 유지가 필수적이다.

보헤마이트는 내열성 뿐만아니라 상기 제조 공정 특성상 99.9%이상의 순도를 갖으며, 평균입경 50 ~ 3,000nm에 이르기까지 초미립 영역에서 입도 제어가 가능하고, 다양한 형상 변화까지 유도할 수 있는 대표적인 알루미늄계 무기 소재이다.

3. 수산화알루미늄의 특성과 응용 분야

수산화알루미늄은 여러 산업에서 중요한 역할을 하는 기초 소재로 다양한 고유 특성을 지니고 있다. 이 특성들은 수산화알루미늄을 다양한 응용 분야에서 유용하게 만드는 주요 요소들이다.

3.1 수산화알루미늄의 특성

수산화알루미늄은 여러 가지 고유한 특성으로 인해 다양한 산업 분야에서 사용되고 있으며, 이 특성들을 물리적, 화학적, 환경적 특성으로 나눌 수 있다.

3.1.1 물리적특성

- 비중: 수산화알루미늄의 비중은 약 2.42 g/cm³ 로 상대적으로 가벼운 무기 소재에 속하며, 이는 제품의 경량화를 요구하는 응용 분야에서 유리한 특성이다.
- 입도: 수산화알루미늄의 입도는 매우 미세하며, 특히 슈퍼파인 수산화알루미늄의 경우 0.5~3.0 μ m의 평균 입도를 가진다. 이는 제품의 표면적을 증가시켜 반응성을 높이고, 균일한 분산성을 제공한다.
- 열 안정성: 수산화알루미늄은 200 $^{\circ}$ C 이상의 온도에서 탈수 반응을 통해 알루미나로 전환된다. 이 과정에서 열을 흡수하여 난연 특성을 제공한다.
- 흡습성: 300 $^{\circ}$ C 이상으로 열처리된 수산화알루미늄은 높은 비표면적(>200m²/g)을 갖게 되며, 이는 수분을 흡수하는 성질이 있어, 습기를 조절하거나 흡수제로 활용될 수 있다.

3.1.2 화학적특성

- 불연성: 수산화알루미늄 자체는 불연성 물질로, 화재 시 연소되지 않는다. 이는 난연제 역할을 하는 데 중요한 특성이다.
- 산과 알칼리에 대한 저항성: 수산화알루미늄은 강산과 강알칼리에 용해되지 않으나, 대부분의 중성 pH 범위에서는 안정하다. 이는 다양한 화학적 환경에서 사용될 수 있는 이유이다.
- 난연 메커니즘: 수산화알루미늄은 열을 받으면 탈수 반응을 통해 물과 알루미나로 분해되면서 주변 온도를 낮추고 열을 흡수하여 난연 효과를 발휘한다. 또한, 생성된 알루미나 층은 열과 산소의 접근을 차단하여 연소를 억제한다.

3.1.3 환경적 특성

- 비독성: 수산화알루미늄은 독성이 없으며, 화재 시에도 유해한 가스를 방출하지 않는다. 이는 환경 친화적인 난연제로써 중요한 장점이다.
- 재활용 가능성: 수산화알루미늄 및 알루미나는 재활용이 가능하여, 폐기물 감소와 자원 효율성을 높이는데 기여한다.

3.2 수산화알루미늄의 응용 분야

3.2.1 충전제

고무·플라스틱 난연성필러로 사용되는 수산화알루미늄이 필러로 사용된 최초의 용도는 페놀수지, 불포화폴리에스테르수지, 에폭시수지, 부틸고무 등의 전기 부품으로, 내아크·트래킹성의 개량이 목적이었다. 수산화알루미늄이 신규 난연 재료로 각광 받기 시작한 것은 1970년대였다. 1970년 오하이오주에 사는 한 노인

집에 화재가 났고 다수의 사망자가 발생했다. 이 화재를 계기로 연소 원인이 된 카펫이 난연 규제 대상이 되었고 접합용 라텍스접착제와 홈패킹재에 대량의 수산화알루미늄을 사용하게 되었다.

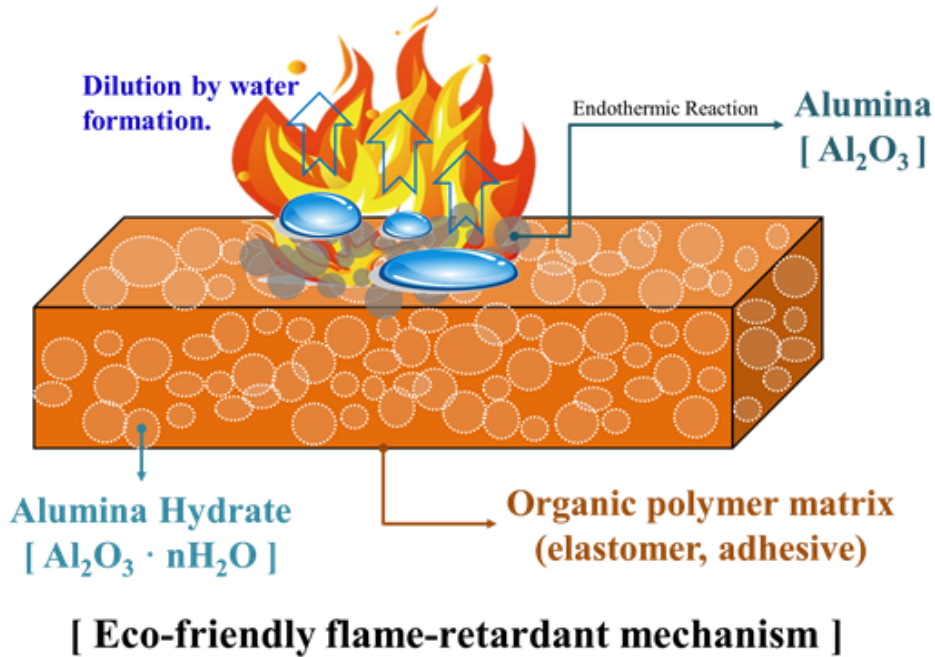


그림 4. 알루미나 수화물의 난연 메커니즘

수산화알루미늄의 최대 특징은 무독성이라 유독가스를 방출하지 않으며 저발연성이라는 점이다. 난연제의 독성, 가스, 연기는 오늘날 많은 사람이 관심을 가지고 있는 중요한 주제로 법 규제에도 이 같은 특성을 계속 채택하고 있다. 수산화알루미늄의 친환경 특성은 이 요구에 잘 부합하고 있다. 하지만 수산화알루미늄으로 높은 난연성을 얻기 위해서는 폴리머와 동량 이상의 충전이 필요한 경우가 많다. 그 결과, 혼련시의 작업성, 성형성과, 성형품의 상태 저하가 문제되었다. 충전량에 한계가 있기 때문에 다른 난연제의 보조제적인 사용이 일반적이어서, 그 뛰어난 특성은 충분히 살려지지 않고 있다.

이 같은 제약 요인을 줄이기 위해 수산화알루미늄의 필러특성을 개량한 제품이 개발되었으며, 폴리머와의 상용성을 향상하기 위해 유기약품으로 표면 처리하는 방법과 충전량을 늘이기 위해 입도분포와 입자형태를 조절하는 방법이 검토되었다. 수산화알루미늄이 단기간에 시장 침투가 가능했던 이유는 친환경, 저비용의 난연제로 품질도 안정한 기초소재라는 점이 시장 요구에 부합했기 때문이다.

특히 친환경 난연제라는 특성은 기존 난연제인 삼산화안티몬과 할로겐화합물의 조합이 독성에 의한 건강장애, 성형과정 중에 생기는 부식성 가스에 의한 금형 부식, 화재시 연기와 유독가스 발생 등 여러 가지 폐해 때문에 기존 난연제의 사용이 재검토되고 있는 현재, 점점 더 그 중요성이 부각 되고 있다.

한편 수산화알루미늄을 충전제라는 측면에서 평가를 해보자면, 대상 폴리머의 용도 다양화와 더불어 난연성 이외에 새로운 기능을 찾아낸 적이 있지만, 그 반면, 취급과 충전물 특성상 여러 가지 제약요인이 생기고 있는 것도 사실이다.

예를 들어 수지에 고농도 배합을 위해 입자의 형태와 표면성질의 개량, 성형물의 기계적강도와 내수성을 한층 더 향상 시키는 등의 과제가 제기되고 있고 이 같은 과제를 극복하면 다기능성 충전제로써 그 용도가 더욱 넓어질 것이다.

표 1. 케이씨(주) 슈퍼파인 수산화알루미늄(Al(OH)3, Al2O3·3H2O) 규격

Grade	unit	KH-101	KH-108	KH-101LP	KH-101LC	KH-101LCT	KH-101HRT
MOI	%	< 0.40	←	←	←	←	< 0.35
D ₅₀	um	0.8 ~ 1.2	0.6 ~ 0.8	1.7 ~ 2.5	1.0 ~ 2.0	1.2 ~ 1.6	1.5 ~ 2.0
SSA	m ² /g	5 ~ 9	6 ~ 10	2 ~ 4	3 ~ 6	4 ~ 6	2 ~ 4
Chemical Composition	Na ₂ O	%	< 0.45	←	←	←	< 0.15
	Fe ₂ O ₃	%	< 0.02	←	←	←	←
	SiO ₂	%	< 0.02	←	←	←	←
	LOI	%	34.5 ± 0.1	←	←	←	←
Electric Conductivity	us/cm	-	-	< 60	< 60	< 60	< 30

3.2.2 코팅소재

리튬 이차전지 분리막 재료로는 폴리올레핀계를 사용하고 있으나 이 고분자 필름은 열적 안정성이 낮은 단점을 갖고 있어 대용량화로 인한 화재 위험성 문제가 대두되고 있는 요즘, 분리막의 수축 방지와 내열성 향상은 중대형 리튬 이차전지에 있어서 중요하게 요구되는 물성 요소들 중 하나이다.

특히, 스마트폰 태블릿 등 모바일 기기의 경량화, 슬림화 추세와 전기자동차 및 대용량 에너지 저장장치의 고출력에 따른 안정성 향상의 중요성이 점점 커짐에 따라, 분리막의 성능 향상에 대한 요구는 당연한 것이라 생각한다.

기존 리튬 이차전지 폴리머계 분리막은 고온에서 열수축이 심하고 내구성이 약

하여 리튬 이차전지의 내부 온도 상승 → 분리막 변형 → 폭발로 연결될 수 있어, 최근 중·대형전지의 화재사고 등으로 안전성 문제가 크게 대두되면서 분리막 표면에 세라믹 제품을 코팅하여 열적 안전성을 향상 시키는 방법을 사용하고 있다.

표 2. 케이씨(주) 보헤마이트($Al(OH)_3$, $Al_2O_3 \cdot H_2O$) 규격

Grade	unit	KB-01S	KB-02S	KB-03S	KB-05S	KB-07W	KB-01D
MOI	%	→	→	→	→	< 0.5	0.25
D ₅₀	um	0.10 ~ 0.15	0.15 ~ 0.25	0.35 ~ 0.45	0.4 ~ 0.6	0.6 ~ 0.8	1.4 ~ 2.0
D ₁₀₀	um	< 0.8	< 1.0	< 2.0	< 4.0	< 4.0	< 10
SPAN	-	1.0 ~ 1.5	1.0 ~ 1.5	1 ~ 2	2 ~ 4	3 ~ 5	1.0 ~ 1.5
SSA	m ² /g	< 30	< 20	< 15	< 10	< 8	< 5
Chemical Composition	Na ₂ O	%	→	→	→	→	< 0.05
	Fe ₂ O ₃	%	→	→	→	→	< 0.02
	SiO ₂	%	→	→	→	→	< 0.02
	CaO	%	→	→	→	→	< 0.02

또한 리튬 이차전지의 안정성과 성능 향상을 위해 양극활물질에 알루미늄을 도핑 또는 합성된 NCA(Nickel Cobalt Aluminum Oxide), NCMA(Nickel Cobalt Manganese Aluminum Oxide) 소재가 차세대 양극활물질로 각광받고 있으며, 양극활물질 제조 공정 중 분산과 혼합공정에 유리한 슈퍼파인 수산화알루미늄을 알루미늄 공급원으로 사용하고 있다.

3.2.3 기타산업

알루미늄 원소는 지각을 구성하는 10대 원소중 3번째로 많은 자원으로 이중 95%이상이 알루미늄 금속을 제조하는데 사용된다. 나머지 5%가 상기 제시한 충전제, 코팅소재 외에도 철강산업의 내화재료, 환경산업의 수처리제, 디스플레이 산업의 강화유리 등 다양한 용도로 사용되며, 각 분야의 상세한 특성과 용도는 다음과 같다.

- 내화재료: 수산화알루미늄을 열처리하여 제조되는 알루미늄은 철강 생산 공정에서 고온에 견디는 내화재료로 높은 온도에서도 안정적인 화학적 특성을 유지하여 용광로와 같은 고온 장비의 내화벽돌, 케스타블 등 유지 보수에 사용된다.

- 수처리제: 수산화알루미늄을 염산 또는 황산에 용해/정제하여 제조되는 PAC(Poly Aluminum chloride), AS(Aluminum Sulfate) 응집제는 물속의 작은

입자들을 효과적으로 응집시켜 깨끗한 물을 제공, 수질을 개선하는 데 중요한 역할을 한다.

- 강화유리: 수산화알루미늄을 열처리하여 제조되는 알루미늄은 디스플레이 장치의 강화유리 제조에 사용되며, 이는 알루미늄의 높은 경도와 투명성을 기반으로 디스플레이의 내구성과 시각적 품질을 향상시키기 위해 사용된다.

이와 같이 수산화알루미늄은 여러 산업에서 중요한 역할을 하고 그 특성과 응용 분야는 계속해서 확장되고 있다. 다양한 산업에서 수산화알루미늄의 활용은 제품의 성능과 안전성을 향상시키고, 환경 친화적인 솔루션을 제공하는 데 기여하고 있다.

4. 시장 동향과 향후 전망

4.1 시장 동향

최근 수산화알루미늄 시장은 여러 가지 요인으로 인해 지속적인 성장을 보이고 있다. 이러한 요인들은 전 세계적으로 화재 안전 규제가 강화되고, 환경 친화적인 제품에 대한 수요가 증가하고 있는 것과 밀접하게 관련이 있다.

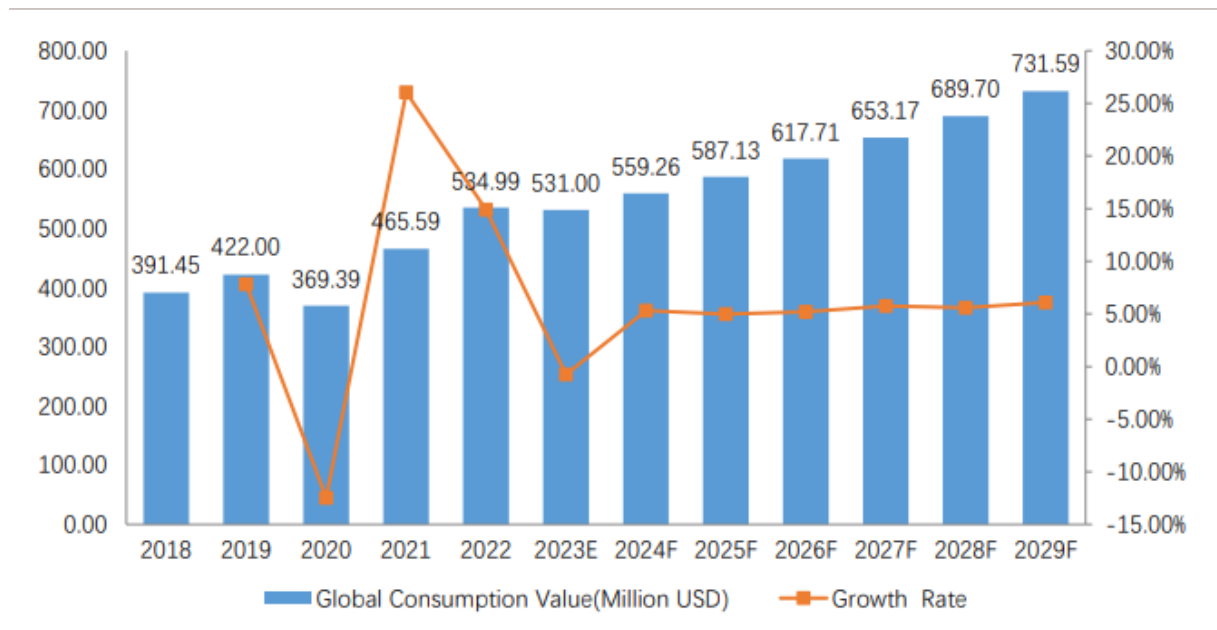


그림 5. 세계 슈퍼파인 수산화알루미늄 시장 가치 추정(2018-2022년), QYR 2023

(화재 안전 규제 강화)

전 세계적으로 화재 안전 규제가 강화됨에 따라 난연제의 수요가 증가하고 있다. 특히 미국과 유럽을 중심으로 건축 자재의 난연 기준이 강화되면서 수산화알루미늄의 수요가 촉진되고 있다. 예를 들어, 미국과 유럽에서는 건축 자재의 난연 기준이 강화되어, 이러한 규제를 준수하기 위해 수산화알루미늄을 포함한 난연제의 사용이 늘어나고 있다. 또한 전기차, 스마트 기기 등 첨단 산업에서도 화재 예방을 위한 수요가 급증하고 있다. 이와 같은 규제 강화는 수산화알루미늄의 시장 성장을 견인하는 주요 요인 중 하나로 볼 수 있다.

(환경 친화적 난연제의 부상)

기존의 할로젠화 난연제가 환경과 건강에 유해하다는 인식이 확산됨에 따라, 수산화알루미늄과 같은 무기계 난연제가 대안으로 부각되고 있다. 수산화알루미늄은 독성 물질을 방출하지 않으며, 저 발연성이라는 특징을 가지고 있어 친환경 난연제로 각광받고 있다. 이러한 환경 친화적 특성은 규제강화와 더불어 수산화알루미늄의 시장 확대를 이끌며 수요를 증가시키는 중요한 요인으로 작용하고 있다.

(산업별 수요 증가)

수산화알루미늄은 건축 자재, 전기 및 전자 제품, 자동차 부품 등 다양한 산업에서 사용되고 있다. 특히, 건축 자재에서의 화재 안전 기준 강화, 전기·전자제품의 이차전지, 케이블, 전자기기 화재 예방, 자동차 산업의 전기차 배터리 안정성 향상 등의 용도로 수요가 꾸준히 증가하고 있다. 이러한 산업별 수요 증가가 수산화알루미늄 시장의 성장을 뒷받침하고 있다.

4.2 향후 전망

향후 수산화알루미늄 시장은 지속적인 성장이 예상된다. 화재 안전에 대한 인식이 높아짐에 따라 전 세계적으로 수산화알루미늄의 수요는 계속해서 증가할 것으로 보이며, 특히 아시아, 중국, 인도 등에서의 도시화, 산업화가 그 움직임을 견인할 것으로 예상된다.

새로운 제조 기술의 도입으로 수산화알루미늄의 생산 비용이 감소하고, 품질이 향상될 것으로 예상되며, 나노 기술과 같은 첨단 기술의 적용으로 수산화알루미늄의 응용 범위가 더욱 확대될 것으로 보인다.

또한 환경 보호에 대한 규제가 강화됨에 따라, 수산화알루미늄과 같은 친환경

난연제의 중요성은 더욱 커질 것이다. 정부와 기업이 환경 친화적인 제품을 채택하는 추세가 지속될 것이다. 이는 수산화알루미늄의 시장 성장을 이끄는 중요한 요인이 될 것이다.

5. 결론

수산화알루미늄은 뛰어난 난연 특성 덕분에 다양한 산업에서 중요한 역할을 하고 있으며, 특히 화재 안전이 중요한 현대 사회에서 그 중요성이 더욱 커지고 있다. 수산화알루미늄은 난연제로써 독성 물질을 방출하지 않고 환경 친화적이며, 가격 대비 성능이 우수하여 경제적 이점도 크다. 이로 인해 전 세계적으로 다양한 응용 분야에서 수산화알루미늄에 대한 수요가 증가하고 있다.

케이씨는 수산화알루미늄 생산 분야에서 국내 유일의 기업으로, 지속적인 연구 개발을 통해 제품의 품질을 향상시키고 있다. 슈퍼파인 수산화알루미늄, 보헤마이트와 같은 고품질 제품을 통해 글로벌 시장에서도 높은 경쟁력을 유지하고 있으며, 다양한 산업에서의 응용 범위를 확대하고 있다. 이를 통해 케이씨는 전 세계 시장에서 중요한 위치를 차지하고 있으며, 특히 고품질 제품을 통해 고객들의 다양한 요구를 충족시키고 있다.

수산화알루미늄은 앞으로도 다양한 산업에서 중요한 역할을 하며, 이를 위해 산학연의 협력은 더 나은 개발 솔루션을 제공하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 케이씨는 지속적인 혁신과 품질 향상을 통해 글로벌 시장에서의 입지를 더욱 강화하고, 국내외 고객들에게 안정적인 세라믹 원료 소재를 제공 할 예정이다. 이러한 노력은 케이씨를 글로벌 원료 소재 시장의 선두주자로 자리매김하게 할 것으로 기대한다.

1. Wefers, K. et al., (1987) "Oxides and hydroxides of aluminum", Alcoa technical paper, No 19. p 32-35.
2. Kodur, V. et al., (2020), "Fire hazard in buildings: review, assessment and strategies for improving fire safety", PSU Research Review, Vol. 4 No. 1, pp. 1-23.
3. QYResearch. (2023). "Global ultra fine aluminium hydroxide market research report 2023".
4. QYResearch. (2023). "Global high purity boehmite for Li-ion battery market research report 2023".
5. Sato, T., (1960), "Hydrothermal reaction of aluminum trihydrate", J. Appl. Chem. 10, pp 414-417.
6. SRI, (1999), "Plastics additives & Compounding(Flame retardants)", Chemical Economics Handbook.
7. SO, Lee. et al., (2009), Precipitation of fine aluminium hydroxide from bayer liquors, Hydrometallurgy 98, pp 156-161.
8. Tertian, R. et al., (1958), Thermal and hydrothermal transformations of alumina, J. Chim. Phys. 55, pp 341-353.