

資料

- 인산석고의 활용 방안 -

Fertilizer International 3-4월 2002

규정에서 허용하고 있고 시장이 존재하는 지역에서는 (제한된 범위 안에서) 건축 제품으로 인산석고를 이용할 수 있다. 환경에 폐기물을 처리하는 것이 점점 어려워지고 비용이 상승하기 때문에, 부산물을 이용하는 것이 보다 매력적인 것으로 생각되기 시작했다.

“습식법”으로 인산을 제조할 때 가장 중요한 측면은 황산칼슘 폐기물이 생산된다는 것이다. 1,000-t/d P₂O₅ 인산 설비에서는 5,500t/d 이상의 황산칼슘을 생산하는데, 생산의 순수한 규모 때문에 환경에 폐기물을 처리할 경우 가시적이든 아니든 간에 어떤 형태로든 환경에 나쁜 영향을 줄 수 밖에 없다.

전 세계에서 이용하는 폐기물 처리 기술은 아주 다양하지만, 어떤 방법이든 환경에 일정하게 나쁜 영향을 주지 않을 수 없다.

황산칼슘은 최적의 시간에서도 아주 최소치의 재료인데, 그 이유는 주로 본질적 화학에너지가 아주 낮기 때문이다. 경제적으로 멀 긴박했던 과거에는 세계 어느 지역에서도 황산을 쉽게 이용할 수 없고 화석 연료의 가격이 지금보다 훨씬 저렴했었다.

\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$

그 시기에는 황산을 생산하기 위해 황산칼슘을 원료로 사용하기도 했다. 그렇지만 생산하는 과정에서 에너지를 소모했기 때문에 자본 집약적이었으며, 그 당시의 훨씬 자유로운 환경 기준으로 생각해도 아주 오염이 심한 것이었다. 그렇기 때문에 황산은 한 번도 널리 사용된 적이 없다.

토양 개량제와 같은 제한된 양을 사용하는 것과는 별도로, 부산물 황산칼슘을 널리 사용할 수 있는 유일한 가능성은 Portland 시멘트의 응결 속도를 조절하기 위한 첨가제나 건물 벽토와 사전 조립벽토 기반 제품의 주성분과 같은 건축 재료를 만드는 데 사용하는 것이다. 건축 재료 시장에서는 아주 안정된 경쟁자인 천연석고와 경쟁해야 한다. 천연석고는 자원이 풍부하고 쉽게 채굴할 수 있는 광물이지만, 사용하기 전에 약간의 추가 처리를 해야 한다. 고유의 황산칼슘 자원이 없는 주요 경제대국인 일본은 실제로 대체 공급 자원을 주목하고자 했다.

문제를 더욱 복잡하게 만드는 것은 주요 산업 경제에서 인산석고 자체와 같이 원치 않는 부산물인 다른 중요한 경쟁자가 있다는 점이다. 그것은 상당한 순도의 황산칼슘이며, 이것은 발전소에 있는 몇 가지 종류의 배연 탈황설비(FGD) 장치와 고 황산 연료를 사용하는 다른 대형산업 보일러 장치에 의해 만들어진다.

인산을 생산하는 과정에서 원료로 사용된 인광석의 화학 성분 때문에, 인산석고에는 잔여 산 이외에 복잡한 배열의 불순물이 함유되어 있다. 그 중의 일부는 (색상을 포함한) 황산칼슘의 물리적 속성 또는 황산의 화학 반응에 대해 건축 제품 성분으로서 나쁜 영향을 준다. 그럼에도 기술적인 측면에서 말하면, 인산 설비에서 건축 재료에 대한 순도 사양을 충족하는 황산칼슘을 생산하는 것은 틀림없이 가능하다.

유럽의 한 기업인 프레이온은 그러한 작업을 하고 있다는 사실을 널리 인정받지는 못했던 것으로 생각되지만 지난 30년 이상 생산작업을 계속했다.

유럽비료제조업체협회(EFMA)는 1990년대 중반에 최적처리기술(BAT)에 관한 소책자를 준비하고 있었으며, 그것은 건설산업을 위한 판매 가능한 제품을 만들 수 있는 기술은 존재하지 않는다는 점을 기술한 초안이었다.

엄청난 양의 인산석고 때문에, 건축제품 산업이 인산산업의 총 생산량을 흡수할 수 있다 는 전망이 전혀 없다.

유럽에서 유일하게 건축재료 시장에 공급하는 인산석고 생산업체인 프레이온은 여전히 전년도의 총생산량 80만톤 중에서 20만톤 정도를 쌓아두기 위해 보내고 있다.

인산석고가 천연석고를 완전히 대체할 수 있다고 해도, 전 세계적으로 대량의 잉여 물량이 남을 것이다. 어떤 경우든 간에, 병참이라는 한 가지 이유로만 그런 상황이 발생하지는 않을 것이다. 인산 생산은 차츰 건축제품을 위한 작은 시장을 가진 분야에 집중되고 있다. 그렇지만 환경 인식분야에서는 석고처리로 인한 오염을 예방하기 위해 요구된 허용 절차 및 필수 예방 조치가 거의 금지하는 규정이 되고 있다. 또한 새로운 석고 더미를 쌓아올리는 과정에서 수반되는 종류의 투자를 통해 적절한 환경에서 인산 설비를 개선해서 건축 제품을 만드는 데 사용할 수 있는 보다 고순도의 석고를 생산하는 데 보다 훌륭하게 사용될 수 있다는 것은 논쟁의 여지가 있다.

그렇지만 세계의 일정한 지역에서는 방사능이라는 다른 심각한 문제가 있다.

대부분의 인광석에는 약간의 방사능 성분이 포함되어 있으며, 그 성분은 주로 우라늄과 토륨, 라듐과 같은 분해 제품이다. 이러한 성분들은 인산(우라늄)과 인산석고(토륨과 라듐) 사이에서 분해된다. 그렇기 때문에 석고의 방사능은 인광석의 전체 방사능 성분뿐만 아니라 다양한 동위원소의 비율에 따라서 달라진다.

플로리다 인산석고에는 상대적으로 높은 방사능이 있으며, 그 지역에서 현재 적용되는 규정은 어떤 종류의 건축에서도 사용하는 것을 허용하지 않는다.

o 인산석고의 형태와 사용

인산석고는 진행 공정 조건에 따라 인산 공정반응 혼합물에서 다음 두 가지 중 어느 한 가지 형태의 수화물에서 분리된다.

첫 번째는 반수화물(HH)인 $\text{CaSO}_4 \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ 이며, 이것에는 α 와 β 로 지정된 두 개의 결정체가 있다. 두 번째는 이수화물(DH)인 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 이며, 광물 석고가 자연적으로 발생한 형태이다. 반수화물은 준안정성이며, 순도의 상태에 따라 다른 속도로 이수화물의 형태로 재수화된다. 물의 양이 제한될 경우에는 과정에서 고체 상태가 된다.

건설 산업에서 사용되는 황산칼슘의 주요 용도는 네 가지이다.

oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo

각각의 용도에는 고유의 품질 사양이 있으며, 어느 것이 인산 설비에서 원료로 사용되는 인산염의 구성에 대해 몇 가지 제한을 가할 수 있는지 획득해야 한다.

o 시멘트 응결 지완제

네 가지에 대한 이러한 적용은 최소한의 요구이다.

시멘스 설비에서 하소로 다음에 있는 클링커에 황산칼슘이 추가된다. 합성 및 처리 장치가 이러한 크기 사양에 대처할 수 있는 경우에는 전조 인산석회가 “현재의 상태로” 공급될 수 있다.

인산석고가 작은 알갱이 형태로 만들어져 있는 한, 일본의 시멘트 제조업체들은 현재의 합성 방법을 바꾸지 않고도 수입된 천연석고 대신에 부산물 석고를 받아들일 수 있다.

추가되는 황산칼슘의 양은 제조되는 시멘트의 품질과 원하는 응결 특성에 따라 다르지만, 대개는 5%정도이다. 그러한 고회석 상태에서, (방사능이라고 해도) 불순물의 영향은 황산 칼슘이 주요 투입물질인 다른 용도보다 훨씬 줄어든다. 실제로 시멘트의 특성(강도 및 응결 시간)에 영향을 주는 가용성 P_2O_5 및 가용성 불화물 외에는, 불순물을 억제하는 것이 거의 없다. 칼슘 수산화물을 추가하면 가용성 P_2O_5 및 가용성 F를 불용성으로 만들 수 있다. 그렇지만 일상적으로는 전체 P_2O_5 및 F 내용물에 대해서도 제한이 있다.

o 인조벽판(플라스터보드)

인조벽판은 기본적으로 두 개의 판지면 사이에 끼워져 있는 얇은 석고층(대략 1cm)이다. 이 제품은 경량이면서 하중이 가해지지 않는 격벽과 달반자를 만드는데 사용된다.

DH는 처음에 α -HH로 하소되며, 그런 다음에는 축축하게 된 후 특수 기계에서 두 개의 판지면 사이에서 펴진다. 기계 속도는 인조벽판의 일정한 품질을 얻기 위해 응결 과정의 속도에 따라서 달라진다. 응결 시간에 영향을 주고 제품의 품질을 다양하게 하기 위해 첨가제가 사용된다. 그렇지만 불순물도 전조 시간과 (색상을 포함해서) 제품 품질에 영향을 줄 수 있다. 그렇기 때문에 황산칼슘 속에 함유된 불순물의 수준을 낮게 또는 일정한 수준으로 유지하는 것이 바람직하다.

\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$

투입 황산칼슘의 방사능이 대다수의 대량 제품을 구성하는 경우 및 인조벽판이 실내용으로 사용되면, 이런 경우에 투입 황산칼슘의 방사능 수준이 아주 중요하다.

유럽의 법률에서 허용된 방사능 수준은 실제로 아주 낮기 때문에 화강암이 풍부한 스위스와 스코틀랜드의 일부 산악지역 배경 방사능 수준은 이 한계보다 높다.

o 석고 블록

석고 블록은 어느 정도는 인조벽판과 비슷하다. 그렇지만 판지 상자가 없기 때문에 인조벽판보다 작지만 두꺼운 정사각형으로 만들어진다.

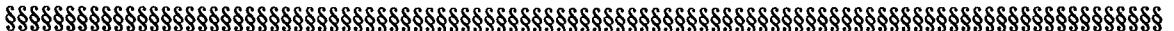
표면을 판지로 보호하지 않기 때문에, 석고는 풍화되지 않는다. 풍화 작용은 석고에 포함된 수산화물의 재결정화로 인해 일어난다. 그러한 영향은 보통 석고 속에 함유되어 있는 나트륨염에 기인하기 때문에, 석고 블록 제조를 위해 원료로 사용되는 부산물 석고 속에는 나트륨이 적게 함유되어 있어야 한다.

o 치장 벽토 플라스터

이것은 실제로 “파리의 플라스터”이며, 플라스터 거푸집을 만들 때에도 사용되는 물질이다. 유럽에서는 얇은 치장 벽토 필름이 실내 벽에 사용되어 감광제를 칠하고 또한 인조벽판이나 타일 깔기를 할 수 있는 부드러운 마감을 제공한다. 이러한 실내 벽은 보통의 벽돌이나 시멘트, (입자화된 석탄회 및 시멘트로 만든) 분단 블록 또는 인조벽판으로 만들 수 있다.

치장 벽토 플라스터는 손으로 혼합해서 바를 수 있으며, 아니면 사전에 준비해서 사용할 수 있도록 작업 지역으로 공급할 수 있다. 순도 기준은 확실히 석고 블록에 적용되는 것과 동일하지만, 특히 응결 시간에 영향을 주는 불순물에 대해서는 보다 엄격하다.

프레이온의 인산 설비는 벨기에의 Engis에 설치되어 있으며, 최대의 플라스터 기반 건축 제품 유통업체인 크나우프라는 독일 기업이 소유하고 운영하는 인접 치장 벽토 설비에 공급한다.



o 원료의 영향-인산염 선택

인산 설비에 공급된 인산염 원료에 들어 있는 불순물은 인산 제품과 황산칼슘 부산물, 설비에서 배출되는 가스 사이에 분산된다.

불순물의 분산은 공정의 유형(DH나 HH, HDH 또는 DHH)에 따라 영향을 받는다.

2단계의 재결정화 공정인 HDH와 DHH에서는 모두 최종 황산칼슘이 생겨나며 불용성 P_2O_5 의 손실이 적다. 주요한 차이는 HDH 공정에서 이수화물 덩어리가 생겨나며 DHH 공정에서는 비교적 순수한 습식 α -반수화물 덩어리가 생겨난다. 그렇지만 습식 DH 덩어리에서 배출되는 자유 수분은 쌓이면 흘러나가지만, 습식 HH 덩어리는 사실상 “자가 진조된다.” 그 이유는 습식 HH 덩어리가 쌓이면서 재수화되어 대부분의 자유 수분을 흡수하기 때문이다. 그런 것은 봉쇄나 처리를 필요로 하는 배수 용량이 줄어들기 때문에 황산칼슘 제품이 쌓이는 경우에도 유리하다. 시장에서 폐기용으로 사용될 예정인 경우에도, 진조 비용을 상당히 절감할 수 있다. 또한 재결정화가 일어나기 전에 “석회유”를 추가하면 수용성 P_2O_5 와 F를 보다 효과적으로 불용성화할 수 있다.

불소 분산은 공정 조건 및 공정에서 용해되는 인광석에 함유된 이산화규소, 알루미늄의 양과 관계 있다. 필요한 경우, 모래와/나 점토(알루미노 규산염)를 추가해서 영향을 줄 수 있다. 알루미늄은 산 속에 함유되어 있는 불소를 반응기 조건에서 약간의 휘발성밖에 없는 AlF_6^{3-} 이온의 형태로 유지하는 데 도움이 된다. 이산화규소의 추가는 SiF_4 의 형태로 휘발시키거나 Na_2SiF_6 또는 K_2SiF_6 로 침전될 수 있는 SiF_6^{2-} 이온의 형성을 돋는다.

일반적으로 퇴적 인산염은 화성 인산염보다 방사능이 많다. 하지만 때로는 잉여 방사능이 주로 우라늄으로 인해 발생하고 그렇기 때문에 황산칼슘에 아주 뚜렷하게 영향을 주지 못하는 경우도 있다. 간혹 방사능을 억제하는 것은 물론이고 생산비용을 효과적으로 활용하며 하류의 최종 사용자들이 일반적으로 받아들일 수 있는 황산칼슘을 생산하기 위해서 다른 인산염을 섞는 것이 적절한 경우도 있다. 또한 필요한 첨가제의 양을 줄일 수도 있다. 예를 들어 프레이온은 화성암 및 퇴적암의 혼합물을 사용해서 유기 오염물질 수치를 회색시키며, 방사능 수치를 10피코キュ리/g 이하로 유지한다. 퇴적 인산염 내용물은 불소 조절을 위해 이산화규소 및/또는 알루미늄을 공급한다.

oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo

치장 벽토 플라스터에 대한 순도 사양은 가장 엄격한 것 중의 하나이다. 확실히 인산석고가 비교적 중요하지 않은 용도에 처리될 수 있다면, 인광석 공급의 선택을 보다 융통성 있게 할 수 있을 것이다.

o 센트럴 프레이온 공정

Engis의 프레이온 설비는 센트럴 프레이온 공정에 기초한 이수화물-반수화물 공정이며, 이것은 1906년대에 프레이온과 센트럴 글래스가 독립적으로 개발한 기술을 통합한 결과이다. 여기서는 연간 17만톤의 P_2O_5 를 생산한다.

생산된 황산칼슘은 가황 지역으로 공급되며, 그곳에서 α -HH가 쌓이면서 동시에 DH로 전환된다. 또한 “자가 건조” 공정이 진행되는 동안 대부분의 자유 수분을 흡수한다. DH는 회수되어 톤터 분쇄기에서 분쇄된 후 하류 치장 벽토 플라스터 설비로 공급된다.

두 단계의 공정 중에서 1단계의 공정 매개변수는 고품질 인산을 생산하는 데 가장 적합한 반면에, 2단계의 공정 매개 변수는 α -HH를 생산하는 데 가장 적합하다. 그것은 기존의 단일 단계의 이수화물 공정 장치를 개선한 것이었다. 두 개의 인산염은 별도로 공급된다. 두 개의 인산염은 가루가 아니지만, 퇴적 인산염을 사용하면 크기가 지나치게 큰 것을 제거하기 위해 선별된다. 그런 다음에 가루로 만들어져 인접한 과인산염 설비로 공급된다. 인산은 네 개의 구획 반응 장치 중에서 주로 세 번째의 구획에 공급되며, 나머지는 네 번째 구획에 공급된다.

산 단계의 반응 구역에서 P_2O_5 와 황산 농도는 각각 35~37%와 0.8% 정도로 유지된다. 29~31%의 고체 내용물과 함께, 생산된 일부의 DH 슬러리는 세척 단계가 없이 규정된 속도로만 분리 필터의 기능만 하는 버드-프레이온 털팅 팬 필터에 공급된다. 그렇기 때문에 회수된 제품 산의 양은 P_2O_5 생산 속도와 일치한다. 슬러리의 균형은 필터를 우회한다. 필터에서 배출된 이수화물은 이 우회 슬러리 속으로 재분배되며, 탈수 또는 전환 텅크로 퍼 올려진다.

두 번째 단계가 있기 때문에 약 92% 정도밖에 안 되는 반응 구역의 낮은 P_2O_5 회수 효율성은 문제가 되지 않는다.

~~~~~

DH 결정 격자에 있는 구연산염-수용성 공동결정화  $P_2O_5$ 의 높은 손실은 유리된다. 그리고 낮은  $P_2O_5$ 와 높은 황산 때문에  $P_2O_5$ 의 공동 결정화(격자) 손실은 최소화된다. DH로 코팅된 미반응(UR) 인산 입자는 또한 황산에 노출된 후 반응한다. 따라서 전체적인 불용성(TI) 손실은 극히 낮으며, TI 손실에 기초한 전반적인 개시 효율성은 99% 이상이다. 약 1시간의 잔류 시간이 끝난 후, 잘 형성된 6각형 HH 결정의 슬러리는 공기 부양 펌프를 통해 여과 셀 속에서 최소한으로 형성될 수 있도록 사전 세척과 내부 세척에 적합한 사전 제2 베드-프레이온 털팅-팬 필터로 넘쳐흐른다.

HH의 보다 낮은  $P_2O_5$  손실과 제품 산의 잔여 황산 농도가 낮으면, 공정에서는 단일 공정에 비해서 인산염과 황산의 구체적인 소모량이 낮다. 산세기는 단일 단계의 DH 공정보다 크리스탈 프레이온 공정에서 높기 때문에, 산 농도를 위해 필요한 흐름의 양을 감소시키면 변환 구역의 흐름을 위한 독특한 요건을 상쇄할 수 있다.

“석회유”가 잔여산도와 불화물을 가황시켜 중성화하고 고정시키기 위해  $\alpha$ -HH를 보류 지역으로 옮기는 컨베이어 장치에 추가된다.

가황 또는 수화 시간은 인광석에 따라 다르지만, 보통은 2~4주이다. 따라서 보류 지역은 배출 지역 및 경화 지역, 회수 지역으로 나뉜다. 회수한 후에 회수된 DH는 단순한 틀려분쇄기를 통과해 치장 벽토 플라스터 설비로 보내지거나 시멘트 산업에 공급하는 트럭과 바지선을 위한 선적 장소에 원료를 공급하는 다른 컨베이어에 놓이기 전에 덩어리를 분쇄한다.

## o 인산석고 폐기 선택권

하류 사용자에게 인산석고를 처리함으로써 직접적인 이익을 얻는 것이 바람직한 것은 틀림없겠지만, 수익성이 생산자에게 이런 방식으로 처리하는 것의 가치를 결정하는 유일한 기준은 아니다. 예를 들어 덤플이라는 대안이 허용되지 않는다면, 고스란히 설비의 일시 폐쇄로 인해 발생하는 총비용은 그대로 원가가 된다.

환경 속으로 배출하는 것이 허용되면, 처리 지역은 투자비와 운영비, 유지비가 소요된다. 또한 그 지역에 대한 이미지나 오염 가능성 측면에서 잠재 환경 비용도 소요된다.

~~~~~

따라서 사용자에게 처리함으로써 일정 비용을 줄일 수 있다면, 이미 판매 가격이 0인 경우라도 경제적인 이익이 되는 것이며 환경에 미치는 악영향(과 공공 관계에 연루되는 것)을 피할 수 있다.

오히려 적절한 양도 가격과 인산 생산의 경제적 측면을 어떻게 적용할 것인가 하는 것이 중요한 문제이다. 황산칼슘을 처리하는 데 이용되어 왔고 현재 이용되고 있으며, 또한 부산물의 하류 사용자들을 유발하지 않는 방법 중에는 다음과 같은 것들이 있다.

- ◆ 슬러리를 석고못에 펴 올리는 방법(습식 퇴적)
- ◆ 컨베이어를 이용해 건식 더미에 쌓는 건식 방출
- ◆ 습지대로 펴 올리는 방법
- ◆ 바다로 직접 펴 올리는 방법
- ◆ 펌프로 퍼서 강어귀에 배출하는 방법
- ◆ 바지선이나 배에 펴 올려 바다에 버리는 방법
- ◆ 강에 펴 올리는 방법
- ◆ 석고를 트럭에 실어 다른 장소에 버리는 방법
- ◆ 농업용이나 토양 침가물로 처리하는 방법

석고못에 펴 올리는 기술을 사용하는 대규모 운영은 다음과 같은 문제를 유발한다.

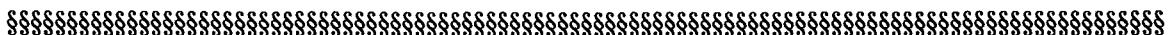
- ◆ 투자 : 이중 플라스틱 라이너 및 웅덩이 감시를 담당하는 자동 표시기
- ◆ 펌프 사용 비용
- ◆ 유지 관리 : 퇴적 및 웅덩이, 도량 조성

소규모 생산업체의 경우에는 규모가 커지면서 이러한 비용도 그만큼 증가하게 된다.

o 이용 선택권

다음과 같은 세 가지의 주요 양도 방법이 있다.

- ◆ 외부 판매
- ◆ 내부 판매
- ◆ 자회사나 합작 회사에 대한 판매



- 외부 판매

청구된 가격은 하류의 사용자에게 천연석고의 사용에 대한 충분한 비용을 절감하도록 함으로써 전환하고자 하는 동기를 부여해야 한다. 천연석고는 보통 건조하기 때문에 인산석고에 습기가 함유되어 있으면 추가 비용을 들여 제거해야 한다. 따라서 CPP가 생산하는 “자가 건조” α -HH가 유리하다.

- 내부 판매

전 세계에 있는 기업 중에서 인산과 시멘트 또는 플라스터 기능을 가지고 있으면서 그 속에 자사의 황산칼슘을 가지고 있는 회사는 아주 소수에 지나지 않는다. 부산물의 실제 가격은 정하기 힘들기 때문에, 그런 경우의 양도 가격 선택은 아주 힘든 문제이다.

- 자회사나 합작 회사에 대한 판매

이런 경우에는 처음부터 두 가지 활동을 분리하고 양도 가격을 규정하기 위해 사용할 수 있는 정책을 정하는 것이 아주 중요하다. 합작 회사의 경우에는 후에 분쟁이나 의견 충돌이 일어나지 않도록 양도 가격에 관한 합리적인 주장과 정책을 개발하는 것이 현명한 방법이다.

- 수익성

프레이온은 두 가지 사례를 비교했다.

A. 18만 t/a의 P_2O_5 를 생산하는 설비에서 생산되는 황산칼슘의 생산량 전체를 시멘트 공급 지원제로 사용한다.

B. 석고의 90%를 하류 사용자에게 보내고 나머지 10%만 쌓아 둔다.

어떤 경우든 CPP를 가동하는 비용은 다음 두 가지 대안 중의 하나와 맞먹는다 : 표준 DH 설비(사례 1)와 HDH 설비(사례 2). 두 가지 중에서 각각의 경우에 사용할 수 있는 정산표가 개발되었으며, 이 표에서는 원료비와 이용비, 온라인 시간, 효율성, 산세기, 유지 관리 및 투자비용에 대한 대푯값을 사용한다.

~~~~~

어떤 특정 경우에 대한 실제값은 대체될 수 있으며, 연구 중인 사례에 대한 계산 방법이 개발되었다.

#### A. 시멘트 응결 지완제로 사용

사례 1의 경우, CPP에서 원료 및 이용비의 감소로 인한 비용 절감액은 매년 1백만 달러 정도의 추가 유지비와 상쇄된다. 주요한 차이는 전조비이며, 유럽 환율로 대략 매년 5백만 달러이다. 표준 DH에 대한 CCP의 추가 투자비는 1천만 달러로 추산되기 때문에 자본 회수 기간은 2년이다.

사례 2의 경우, HDH 비교 설비의 원료 소비는 CCP보다 약간(아주 근소하게) 비싸다. 이러한 차이로 인해, HDH 공정은 황산과 증기 소비에서 아주 미세한 이점이 있다. 그렇지만 반응 장비와 필터 표면의 용량은 CPP보다 HDH 공정에서 더욱 크며, HDH 공정의 투자비는 CPP보다 10%정도 많다. 이러한 차이는 부분적으로 보다 작은 크기의 농도 장치에 의해 경감된다. (그 이유는 HDH 공정 필터 산의 원래 농도가 더 높기 때문이다.) 또한 전반적인 투자비 차이는 약 5%로 계산된다. 따라서 동시에 CPP에 유지 관리비상의 이점이 약간 발생한다. 하지만 다시 한번 HDH 처리 공정에서 습식 이수화물 덩어리를 건조하는데 필요한 폐널티 비용이 연 5백만 달러 있기 때문에, CPP는 분명한 선택의 문제이다.

#### B. 쌓아두거나 판매된 석고

가장 중요한 변수는 황산칼슘에 대해 받을 수 있는 가격(연구에 따르면, 천연석고 가격의 가치 중에서 50% 또는 톤당 6달러로 추산된다)과 석고를 쌓아두는 소요되는 실제 비용(톤당 4.5달러로 추산된다)이다. 허가비 및 현장 준비, 황산칼슘 더미의 환경에 대한 영향을 고려하면, 톤당 퇴적 비용은 훨씬 비쌀 것이다.

B1 사례의 경우에, CCP 설비는 석고의 10%만 더미로 보내고 나머지는 하류 사용자들이 가져간다. 반면에 이수화물 설비는 전량을 더미에 보낸다. 사례 1의 경우처럼, 원료비 및 이용비는 유지 관리비와 맞먹는다. 석고 판매를 통한 수령액은 매년 350만 달러에 달하며, 쌓아두는 비용에 대한 절감액도 거의 비슷한 액수이다. 따라서 CPP의 투자비 차액(1천만 달러)은 약 18개월 안에 효과적으로 지불할 수 있다.

:::::::::::::::::::

B2 사례의 경우에, HDH 공정은 원료비에서 절감되는 액수가 비교적 적지만, 450만 달러에 달하는 석고 전조비를 고려한다면 전혀 다른 상황이 된다. 퇴적 비용을 줄임으로써 절감되는 비용은 대부분 황산칼슘을 판매하기 반드시 필요한 전조비로 상쇄된다.

이러한 사례를 통해 보다 순도가 높은 석고를 생산하기 위한 설득력 있는 경제 사례를 만들어 건축 제품 제조에 이용하는 것이 가능하다는 것을 알 수 있다.

♣ 해가 뜨면 밤은 사라지고 향기로울 백합꽃이 피면 그 꽃봉오리는 사라진다. 그러나 그것을 사라지는 것이 아니라 영원한 것의 재창조인 것이다. 우리는 항상 새로울 창조를 위하여 눈을 뜨야 하며 앞으로 나아가야 한다.

< 강국력의 종이상자 종에서 >