

서독에서의 화학석고 처리

이 한 훈

한국과학기술연구소

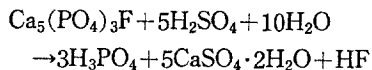
Treatments of Chemical Plaster in West Germany

Han Hoon Lee

Korea Institute of Science and Technology, Seoul 132, Korea

1. 서 언

우리 인류가 이미 기원전 4000여년 전부터 건축에 사용하였다는 석고는 자연에서는 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 형으로 존재하고 있는데 이것은 열처리 정도에 따라 $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ 나 CaSO_4 형으로 탈수되며 또 여기에 다시 수분을 첨가시키면 원형으로 돌아가는 성질을 갖고 있다. 그래서 석고는 이런 특성 때문에 옛날부터 건축용 접착제로서나 장식용 내장재료로 애용되어 왔다. 그런데 근년에 와서 화학공업의 발달로 인해 자연에서만 얻을 수 있었던 석고를 화학적으로도 생산이 가능하게 되었는데 그 한 예가 인산제조시 부산물로 나오는 인산석고로서 반응식은 다음과 같다.



그러나 이렇게 생산되는 석고는 자체내에 SiO_2 , F, P_2O_5 , Na_2O , Al_2O_3 등의 불순물을 5~6% 정도나 포함하고 있어 이대로는 건축용으로 직접 사용할수가 없으며 또 그대로 자연에 퇴적하면 이로 인한 지하수 오염에 위험이 커서 독일에서는 법으로 금하고 있다. 그런데 그 사용량을 보면 서 구라파에서만도 1971년 한해에 약 1000만톤에 달했으나 그중 1%정도만 P_2O_5 라

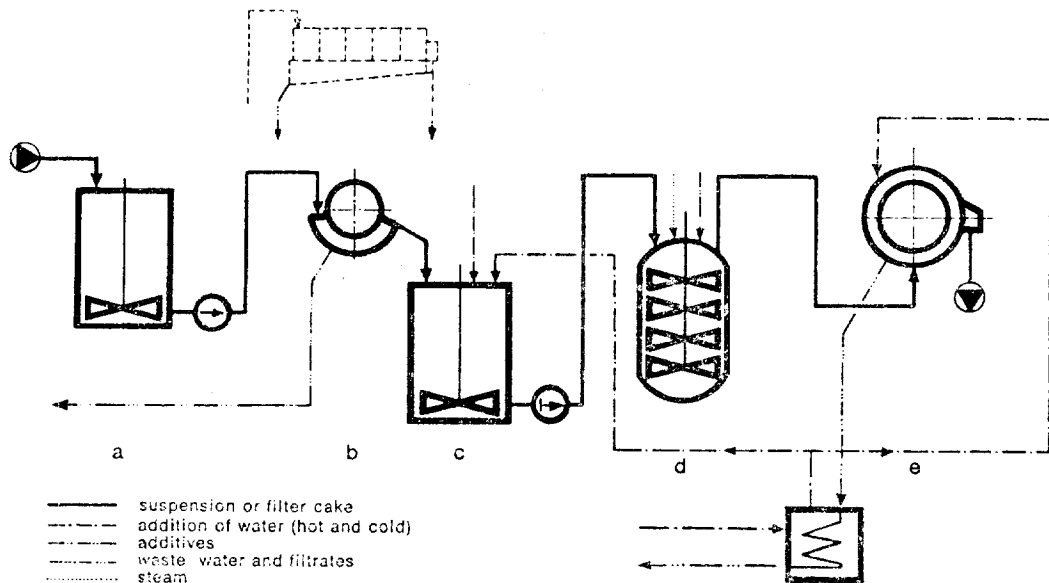
볼때 년 10만톤이란 양이 지하로 침투된다는 계산이다. 이런 이유로 인산제조공장에서는 이 부산물의 처리가 하나의 큰 과제로 대두되어 그 처리에 막대한 시간과 경비를 요하게 되자 이의 재활용에 관한 연구가 여러곳에서 수행되었다. 그중 독일에서 기술적으로나 경제적으로 성공한 예가 Giulini-wet-Process로서 1966년부터 이 화학석고로 제작된 건축자재가 시판되기 시작했다.

화학석고와 천연석고를 비교해 보면, 첫째, 화학석고는 수분함량이 크며 (20~30%, 천연석고는 2~4%), 둘째, 인산제조과정과 그 뒤의 정제방법에 따라 이미 전술한 바와 같이 다소의 phosphates와 sodium 및 fluorine-compound 등의 불순물을 포함하고 있으며, 셋째, 천연석고보다 입자가 작다. 따라서 이 세가지 인자가 석고를 drying 하거나 calcination 할 때 상당히 큰 영향을 끼치고 있다. 그런데 건축자재 생산용 석고는 높은 순결도, 적당한 setting time, 고른 결정의 입자 및 좋은 strength characteristics를 갖고 있어야 되는데, 이중 setting time과 strength는 calcination 할 때의 열처리 과정에 의해 많은 영향을 받게된다. 그러므로 석고는 그 사용용도에 따라 올바른 calcination process를 택하는것이 무엇보다 중요하다 하겠다. 여기서는 독일에서 성공한 Giulini-wet-Process를 소개한다.

2. 제조공정

인산공장에서 약 20~30%의 습도를 갖고 나오는 filter cake에다 수분을 가하여 묽게 한 뒤 storage tank(a)를 거쳐 flotation tank(b)로 보내면 여기서 gypsum crystal의부에 부착되어 있는 불순물, 즉 예들들면, phosphates, sodium hexafluorosilicate, sodinm sulphate, calcium fluoride, silica 및 그외의 유기물질 등이 세척

크기의 석고입자가 강도에 가장 좋으므로 이 이상 결정을 성장시키지 않고 곧 autoclave에서 filter(e)로 보내 우선 결정격자 내부에 부착되어 있던 불순물을 세척한후 습도 10~15%정도까지 탈수시켜준다. 이상이 Giulini-Process인데 여기서 얻어지는 화학석고는 Table 1에서 보는바와 같이 순결도가 99% 이상인 아주 양질의 석고이다. 그리고 이와같이 정제된 화학석고로는 일단 그 용도에 따라 calcination하여 plaster powder를 생산하거나 또는 직접 수분을 가해 건축자재



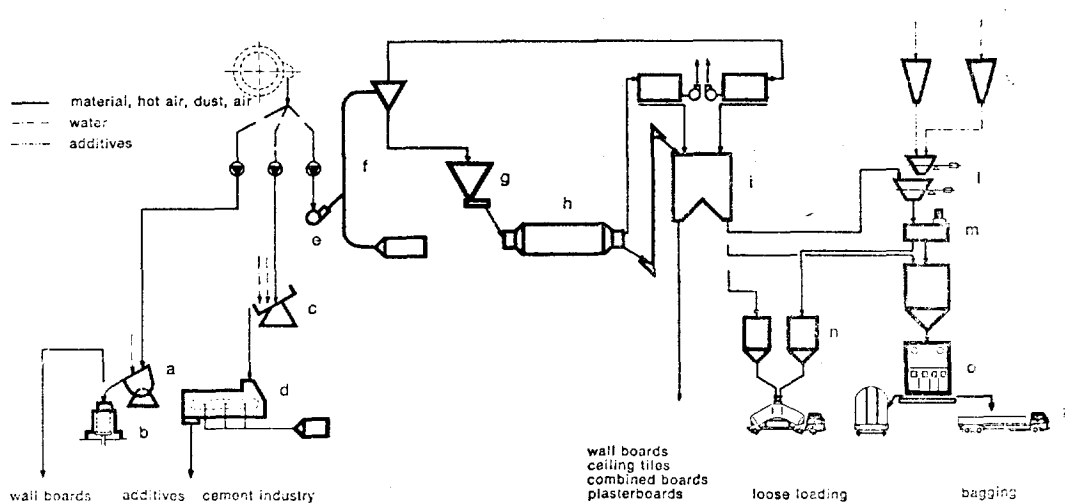
a) storage tank, b) filter (or flotation), c) heating tank (thickener), d) autoclave, e) special filter

Fig. 1. Wet preparation, system Giulini

된다(Fig. 1참조). 이렇게 세척된 waste gypsum은 다시 heating tank(c)에서 예열된 후 piston metering pump에 의하여 autoclave(d)로 pumping 되는데 여기서는 dihydrate가 α -형 hemihydrate로 재결정되면서 결정격자 내에 포함되어 있는 불순물인 dicalciumphosphate, monosodium phosphate, fluoro phosphates 등을 제거하게 된다. 이때 autoclave의 condition은 석고결정 성장에 가장 유리한 1.5 기압 및 110°C 정도에 그리고 pH 값은 5.4~5.6이 되게 조절해 준다. 이렇게하면 침상형의 α -hemihydrate crystal이 2~3 시간내에 40~60 μm 로 성장하게 되는데 이

Table 1. The following purification effect is observed after the material has been treated

Impurity	in waste dihydrate (starting material) [% by weight]	in α -hemihydrate after centrifuging or filtering [% by weight]
SiO ₂	1.25	0.25
F	2.12	0.20
P ₂ O ₅	0.98	0.08
Na ₂ O	1.22	0.03
Al ₂ O ₃	0.08	0.05
Fe ₂ O ₃	0.02	0.01
C	0.2	0.03
White grade dry	70%	88 to 94%



a) mixer, b) casting machine, c) granulation plant, d) drier, e) loading arrangement, f) flow tube, g) loading bunker, h) milling plant, i) silo, k) silo group, l) weighing, m) mixing plant, n) silos, o) packing plant

Fig. 2 Further processing and plaster powder plant

를 제작하기도 한다(Fig. 2참조).

이와같이 화학석고를 정제해야하는 중요한 이유 중의 하나는 석고내에 수용성 Na_2O 나 P_2O_5 가 어느 한계치 이상이되면 이로 인해서 건축자재 표면에 백화현상이 나타나기 때문인데 조사 결과에 의하면 건축자재 표면 1mm 두께내에서의 이들 수용성 Na_2O 와 P_2O_5 의 양이 0.02% 이상이면 위의 현상이 나타날 위험성이 다분한 것으로 알려져 있다. 이 백화현상은 건축자재의 습도 및 주위 공기의 상태에 따라 그 발생시기와 정도에 차이가 있는데, 단기검사 방법은 British standard 에는 규정이 되어있으나 DIN 에는 아직 명시되어 있지 않아 독일에서는 다음 방법이 보편적으로 사용되고 있다. 즉 석고를 원추형으로 만들어 $40\sim 42^\circ\text{C}$ 에서 완전히 건조한후 증류수에 약 30분정도 침수시켜 재가습한 뒤 온도 $10\sim 20^\circ\text{C}$ 및 상대습도 $90\sim 95\%$ 상태의 항온항습기내에서 보관하면 7~10일후에 원추형의 뾰족한 부분에 백화현상이 나타남을 관찰할 수 있다.

근년에 와서는 plaster powder 소성시에 직접 가열식의 rotary kiln 보다는 flash dryer 와 간접

가열식의 rotary kiln 의 combination system(Fig. 3참조)이 많이 사용되고 있는데 이는 저렴한 설치비와 가동비 외에 높은 열효율 등의 장점이 있기 때문이다.

3. 건축용 석고제품

석고가 갖고있는 건축자재로서의 장단점을 몇 가지 살펴보면, 석고는 그 결정수때문에 내화성이 양호하며, 보온성이 비교적 좋고, 성형이 용이하여 다량생산에 적합하며 또 실내의 습도를 조절해 주는 조습작용의 장점이 있는데 반해 방수성이 없는 약점을 갖고 있다. 그래서 독일에서는 내벽용 벽판을 주로 생산하고 있는데 그 종류와 용도를 다음에 설명한다.

가. Plaster Board

두께 $0.6\sim 0.7$ mm, 무게 $350\sim 380$ g/m² 의 card board 로 석고판을 피복한 것으로 폭 1250 mm 에 두께 9.5mm 의 것이 일반용으로 많이 생산되고 있다. 그런데 이때 종종 문제가되는 card board 와 석고와의 접착은 0.8%정도의 Dextrin

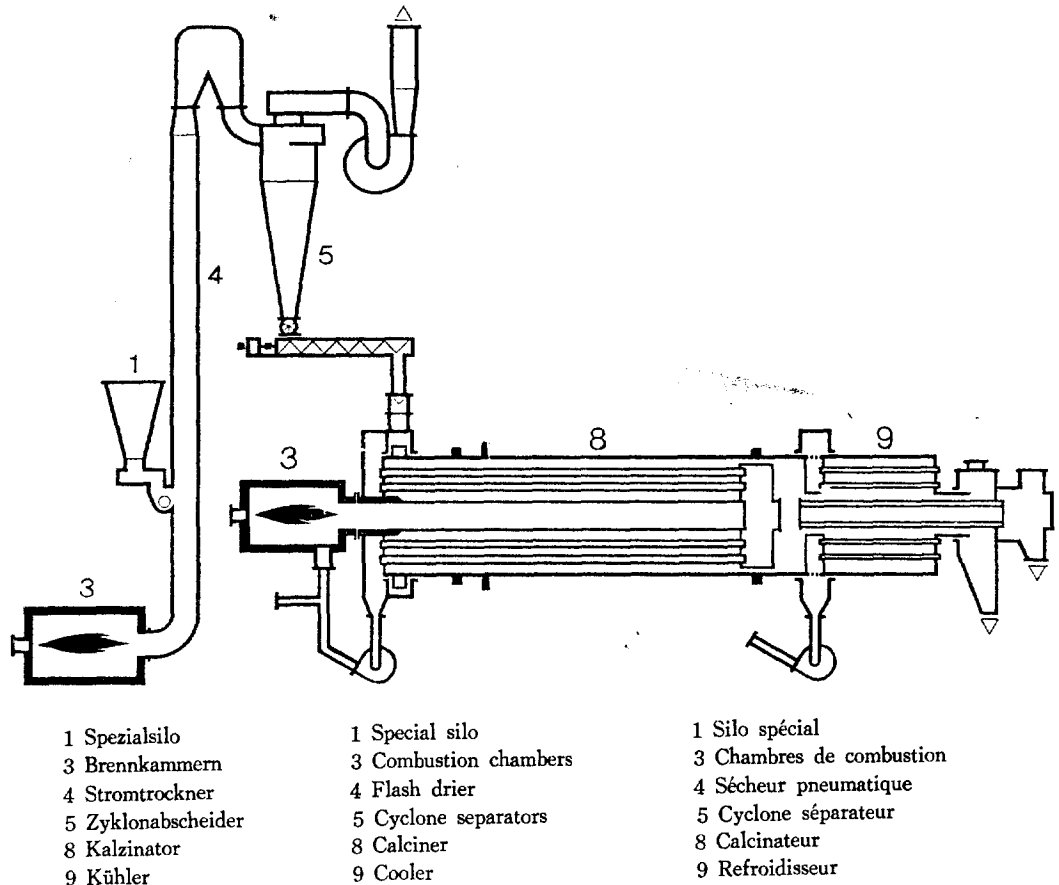


Fig. 3. Indirect-Heat Rotary kiln with Flash Dryer

을 첨가해서 해결해 주고있다. 또 석고응결시간은 석고의 성질에 따라 그때그때 응결촉진제나 응결지연제를 가해서 조절해준다. 응결지연제로서는 동물성 단백질을 분해해서 제조한 것이 있고(예를 들면 Recordal) 응결촉진제로는 K_2SO_4 가 널리 쓰이는데 두 종류 모두 석고의 강도를 저하시키는 단점을 갖고있다. 그리고 석고판의 중량을 줄일 경우에는 paper filler나 foam을 첨가시키기도 한다.

나. Plaster Partition Slabs

비중 $0.8g/cm^3$ 에 규격 $666 \times 500 \times 80(mm)$ 의 것이 보편적인데 이 규격을 택한것은 석고판 3개가 $1m^2$ 가 되기 때문이다. 석고판은 석고와 물($50 \sim 60^\circ C$ 의 온수를 사용하면 건조시간을 단축시킬수 있음)을 혼합한뒤 mould에 부어서 굳으

면 press로 밀어올려 탈형하게 되는데 석고는 응결시 $2 \sim 3mm/m$ 정도의 팽창을 함으로 이점을 특히 유의해서 탈형시간을 선정해야 된다. 탈형 후 건조는 tunnel dryer에서 열풍속도 $4m/s$ 에 열풍온도를 단계적으로 최고 $90^\circ C$ 까지 상승시키면서 35시간 정도 행하면 함수율 $3 \sim 5\%$ 의 석고판을 얻을 수 있다. 이때 만약 열풍온도를 너무 급속히 상승시켜 주면 석고판내에 용해되었던 염류가 표면으로 나오면서 결정을 이루어 모세관 입구를 차단하게됨으로 건조시간이 오히려 길어 지게된다.

다. Compound Partition Panel

시판되고 있는 규격은 $1200(2400) \times 500 \times 100(mm)$ 인데 아직 DIN에는 규정되어 있지 않다. 이 sandwich plate는 steel band 위에서 연속적으

로 glass wool이나 stropor plate 양쪽에 20과 15mm의 석고판을 붙여 제작하는데 방온 및 방습의 효과가 특히 좋아 사무실이나 호텔 등의 내벽용으로 많이 애용되고 있다.

라. 천정용 다공판

규격은 $600 \times 600 \times 30$ (mm)으로 석고와 물의 혼합물을 고무판($5\phi \times 15$ mm)이 달린 고무판위의 mould에 부어 굳으면 고무판을 분리시켜 제작하는데 보통 강도를 높이기 위해서 길이 25~30mm의 glass fiber를 40g/m^2 정도 첨가 한다.

마. 석고 벽돌

적당한 비율의 경제하지 않은 인산석고와 건조하지 않은 hemihydrate 및 anhydrate-II에 필요한 정량의 수분만을 가한 뒤 press를 이용하여 제작하는데 아직 이들 성분의 균등한 혼합이 문제점으로 남아 있다.

바. 석고-모래 벽돌

Anhydrate II나 hemihydrate에 적당한 양의 모래를 섞은 뒤 press로 적어 낸다.

사. 방수성 외벽판

석고판의 방수성을 높여 외벽판으로 사용할 목적으로 silicon oil로 표면에 피막을 형성케 해주고 있으나 아직 경제성이 없는 상태이다.

4. 결 언

이상이 서독에서의 화학석고 처리 현황인데 여기서 한마디 부연하고 싶은것은 우리나라도 이제 연간 약 200만톤이란 막대한 양의 인산석고가 나오고 있으니 이를 활용토록 연구할 시기가 도래하지 않았나 생각된다.

