

시멘트 製造原料의 豫備處理 및 混合

金 泰 男

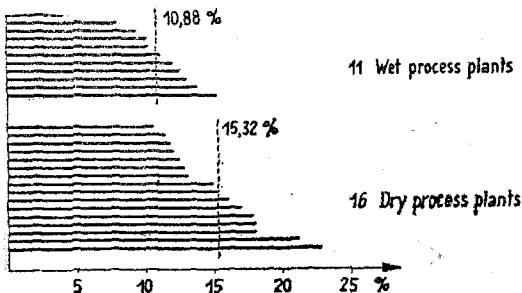
<星信化學企劃部企劃課長>

I. 序 言

燒成을 위해 준비하려는 原料의 成分을 가장 經濟的인 方法으로 사전에 파악하고 싶은 것이 現場技術者들의 소망이다.

原料의 物理的, 化學的 成分과 鑛物組成 특히 粘性과 磨耗性 등에 대한 變化를 알아야 하며 특히 이러한 原料組成 파악은 未開發된 鑛山에 시멘트 工場을 新設할 計劃일 때는 鑛山의 매장량과 品位 파악이 絶對적인 예비 조사 項目이다.

鑛物組成에 대한 調查費用은 대부분 高價이지만 시멘트 製造原料 組成에 맞지 않는 製造設備을 擇하게 될 경우 이로 인한 數年間의 運轉費 上昇에 비하면 原料組成에 관한 제한 調查費用은 결코 많다고만 할 수 없다. 그러나 아직 粗粉碎 및 微粉碎中에 발생하는 原料의 상태 變化에 관한 技術的인 試驗 結果의 解析과 物理的 組成 變化에 대한 試驗方法은 不明한 상태이며 이 分野에 대하여 더욱 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.



<그림-1> 原料豫備處理 및 混合에 대한 生産原價의 占有率

본란에서는 粗碎, 乾燥微粉碎, slurry 微粉碎, 混合에 대하여 언급하고자 한다.

Holder Bank社 그룹의 27개 工場에 관하여 同一 기준으로 計算한 原料豫備處理(preparation)와 混合工程의 總製造原價에 대한 비율은 <그림-1>에서 보는 바와 같이 10~15%이다.

즉 原料 preparation과 混合에 所要되는 原價 구성비는 Holder Bank社 그룹의 大部分 工場에서 製造原價의 40~60%를 차지하는 燒成工程原價 구성비 다음으로 높은 비율이다. 그러나 原料豫備處理와 混合設備에 대한 投資費는 燒成設備보다 높다.

II. 原料粗粉碎

工程別로 비교할 때 粗碎機(crusher)에서 微粉碎를 하게 되면 粗碎費는 增加하며 크라샤의 마모율 증가 역시 피할 수 없지만 微粉碎機의 動力費는 감소된다. 다시 말하면 단순하며 補修費가 적게 드는 크라샤로서 原料微粉碎機에 供給되는 原料 크기를 가능한 限 微細하게 粗碎할 수 있는 크라샤를 선택하여야 한다는 결론이다.

크라샤 선택에는 다음 3가지 項을 기준함의 바람직하다.

첫째: 原石의 強度(hardness)

둘째: 石英(quartz) 含量

셋째: 水分含量

水分含量은 crusher 선택에 있어서 뚜렷한 關係는 없으나 crusher 형식 선택에 있어서 重要한 사항이다.

強度가 높은 原石에는 低速 crusher를 擇하는

게 정상이다. 그 대신 強度나 水分含量이 중간 정도인 原石에는 hammer mill 또는 impact crusher를 택하여야 하며 補修費를 낮추기 위해서는 石英含量이 規定된 最大值를 초과하여서는 안 된다. 水分과 石英含量의 변화 폭이 크고 原石 強度가 중간 정도일 경우 roller crusher를 택하는 것이 좋을 것이다. 비교적 중간 정도의 粘性이 있는 原料를 粉碎하기 위해서 可動粗碎板(movable crushing plate)이 부착되어 있는 hammer mill이 유럽에서는 Fives Lille Cail社, Wedag社, Krupp社 등에 의해서, 美國에서는 Hammer Mills社 등에 의해서 製作되고 있다.

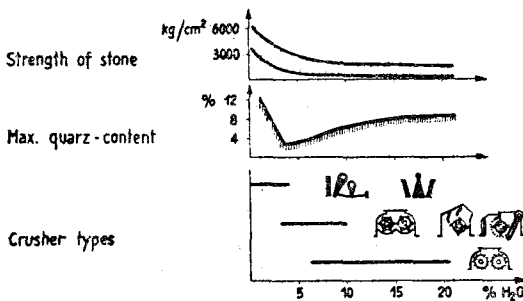
특히 impact crusher에서 粘性問題는 粘性原料를 加熱處理하는 방법으로 해결할 수도 있다. 즉 300°C로 加熱하여 原石表面溫度가 180°~200°C를 유지하면 된다.

減速比가 작은 저속 크라샤의 경우 原料粉碎機에 微細한 原料를 供給하기 위해서는 2~3단계의 粗碎 단계가 필요하다. 이러한 경우 일단계(single stage) 또는 다단계 粗碎方式 선택은 施設投資에 따른 施設費, 補修, 運轉費 등에 관한 經濟性을 감안 선택하여야 한다.

시멘트 製造工場에서는 單段 크라샤가 현재까지 補修費 또는 運轉面에서 유리한 것으로 알려져 있다.

最近 유럽에서 開發하고 있는 크라샤를 소개하면 다음과 같다.

<그림-3>에서 볼 수 있는 크라샤는 Hischmann社가 지금까지 製作한 것들 중 最大의 맘모스 크라샤로 직경 3.35 m, 로타(rotor) 폭 2.90 m이다. 이 크라샤는 粗碎하려는 原料成分 및 grate 開도에 따라 700~1,200 t/h의 生産



<그림-2> 크라샤 선택과 原石의 性質

이 可能하며 1,600~1,800 kw 모타를 사용하고 있다.

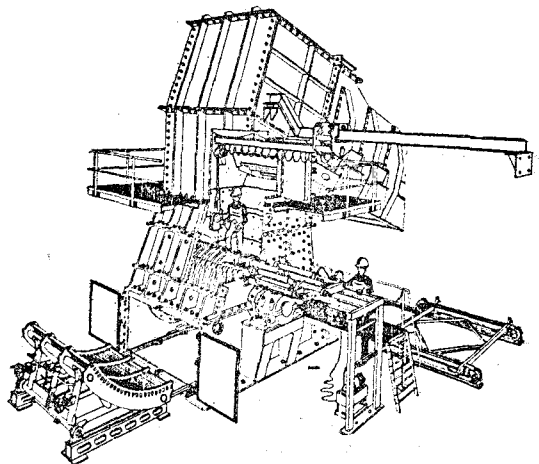
그레이트는 外部에서 조정할 수 있도록 hydraulic control이 부착되어 있으며 크라샤의 補修作業은 <그림-3>에서처럼 hammer를 들어 올리는 crane winch와 hydraulic shaft extractor, grate carriage라는 3가지의 특수 장치로 용이하게 처리할 수 있게 되어 있다.

<그림-4>는 Miag, Krupp과 Polysius社에서 製作한 grate가 부착된 double hammer mill이다. 특히 補修가 용이하도록 設計되어 있다.

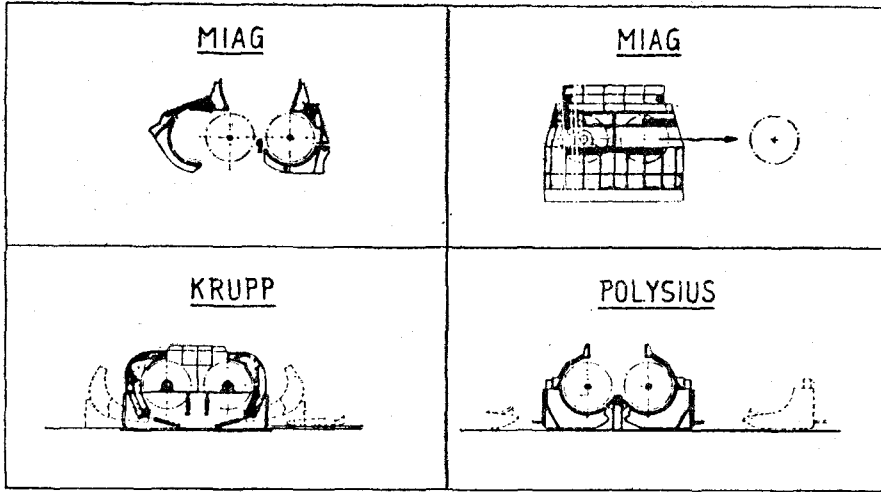
Miag의 新型 크라샤는 hydraulic cylinder로 後面壁을 옆으로 열 수 있게 되어 있으며 그레이트는 rear wall에 고정되어 있고 運轉中에 grate를 調整할 수 있도록 또한 補修前 使用할 수 있도록 시린다가 設置되어 있다. 最新型에는 엔빌(anvil)을 調整할 수 있도록 hydraulic 調整 장치가 있으며 側壁은 조립 및 해체가 용이하도록 한 단위로 製作되어 있고 shaft 해체가 용이하도록 設計되어 있다. 즉 casing 上部를 해체하지 않고 rotor를 빼낼 수 있다.

Krupp社에서 製作한 크라샤의 경우는 後面壁을 열 때 hydraulic cylinder를 사용하며 grate는 특수 運搬設備로 간편하게 해체할 수 있다.

Polysius社가 製作한 크라샤 역시 hydraulic cylinder에 의해서 완전하게 이동 해체가 가능



<그림-3> Hischmann type 98/110 맘모스 크라샤



<그림-4> double-hammer mills(그레이트 부착)

하도록 後面壁과 grate 가 붙어 있는 특징 때문에 anvil 下部의 grate plate 는 2 部分으로 분리 고정되어 있다.

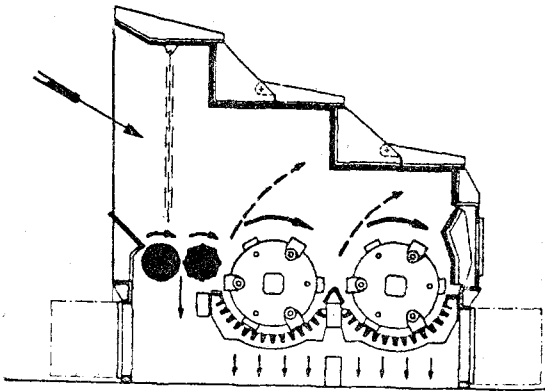
上記에서 언급한 3 種의 크라샤는 最近 rotor 直徑 2.5 m 이상으로 製作 시판되고 있다. 이러한 크라샤의 生産能力은 1,000~1,500 t/h 로서 年産 크링카 150 萬톤 工場에 알맞은 크기이다.

<그림-5>의 크라샤는 F.L. Smidth 社에서 製作한 크라샤로 rotor 回轉方向과 同一方向으로 부착된 것이 이제까지 알려진 크라샤와는 다른 점이다. 이의 原理는 大石原料가 低速으로 첫번째 rotor 에 供給되어 주로 충격에 의하여 粗碎가 이루어진다. 但 grate 는 粗碎物의 크기만을 한정시키는 기능만을 하도록 設計되어 있다.

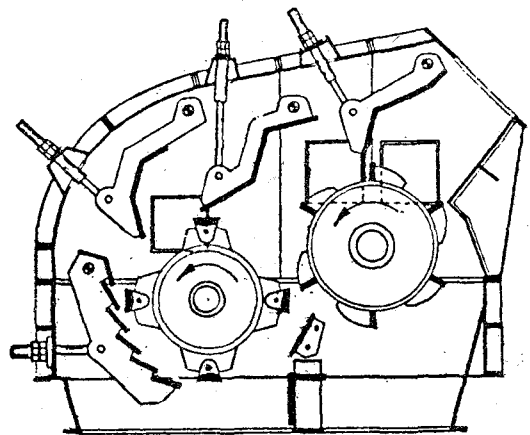
이미 市販되고 있는 rotor 直徑 2 m, 폭 3 m 인 크라샤의 生産能力은 대략 750 t/h 이나 이와 유사한 직徑 2.5 m, 폭 3 m 인 rotor 2 個로 되어 있는 最新型 크라샤는 1,500 t/h 의 生産이 可能하며 각각 1,800 kw 의 2 個 모타로 구성되어 있다.

<그림-6>에 소개한 크라샤는 Hazemag / Oznobichine 社가 最近에 開發한 매우 흥미로운 크라샤로 시멘트 産業에 impact 크라샤의 使用率을 增加해 줄 가능성이 충분하다.

compound crusher (=impact) 는 single shaft machine 에 常用되는 1:20 의 감속비에서 약 1:40 으로 增加되었으며 過大하지 않은 原料를



<그림-5> F.L. Smidth impact-hammer mill type DV.



<그림-6> Hazemag-compound-crusher

供給 粗碎할 경우 over-size 가 전혀 없는 粗碎物을 生産할 수 있다.

이 크라샤는 30° 角度로 2個의 rotor 가 <그림-6>과 같이 설치되어 있으며 첫번째 rotor 는 원주 속도 약 30 m/s 로, 둘째 rotor 는 원주 속도를 50 m/s 以上으로 조정할 수 있으며 impact plate 를 적당한 형태로 조정할 수 있다.

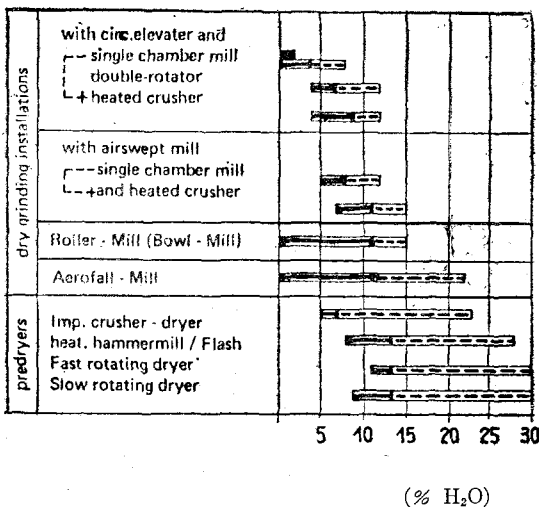
以上과 같은 生産能力 300~400 t/h 의 APS型 compound crusher 는 이미 가동중이며 600~1,000 t/h 의 AP·6, AP·7 형은 製作中이고, 1,500~2,000 t/h 의 AP·8 형은 設計中이라 한다.

가까운 장래에 原料粗碎部分에서 획기적인 변화가 일어날 것으로 推定되므로 시멘트 製造業界는 지극히 구조가 간단하며 補修 유지가 용이한 機械를 선택 購入할 수 있을 것이다.

III. 乾式微粉碎

乾式製造工程에 있어서 原料를 微粉碎 製造하기 위한 乾燥機能과 粉碎機能에는 많은 차이점이 있다는 것은 이미 잘 알려진 사실이다.

現場技術者들은 알맞은 原料를 가장 경제적으로 生産할 수 있기를 항상 바라고 있다. 그렇게 하기 위해서 原料生産上 問題點이 되는 사항들은 原料 mill 에 供給되는 原料粒子의 크기와 粉碎의 難易度, 水分含量, 마모성 등이다.



<그림-7> 微粉碎機와 乾燥機의 선택 (原料水分 고려)

上記의 제반 문제점을 고려하여 原料微粉碎機를 형식별로 비교·설명하고자 한다.

이제까지 가장 잘 알려진 乾燥機와 乾式粉碎機에 供給되는 原料의 水分含量 限界點을 대략적으로 <그림-7>에 圖示하였다.

<그림-7>의 실선은 平均 350°C 정도의 排氣를 原料乾燥에 活用하는 경우이고 點線은 약 900°C의 熱風을 이용하는 경우이다.

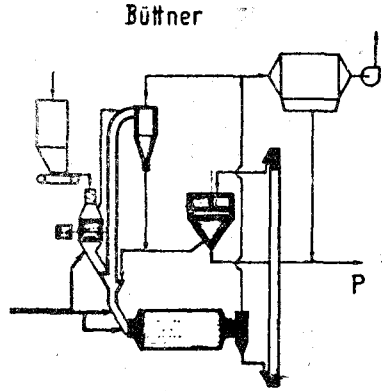
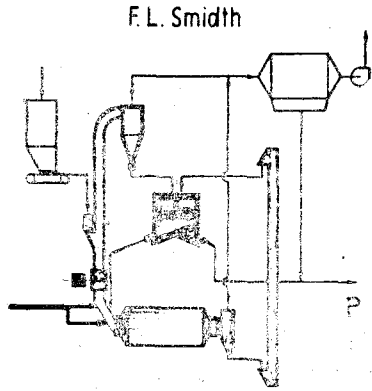
乾燥機로 原料를 乾燥시키며 크라샤와 separator 施設이 있고 바켓 에레베타로 순환되는 ball mill 에서의 供給原料 水分含量은 약 12% 以下이어야 하며 이와 비슷한 부대 設備를 갖춘 air swept mill 이나 roller mill 의 供給原料 水分含量은 15% 정도로 增加된다. 供給原料中 水分含量이 높을 경우 aerofall mill 이나 별개의 乾燥施設 활용이 바람직하다.

특히 乾燥施設을 별도로 설치할 경우는 原料의 粘性으로 인하여 發生되는 供給 또는 貯藏上의 문제점 해결에 적합하다. 또한 마모성이 큰 原料의 경우 乾燥는 별도로 乾燥機에서 할 필요가 있으며 前述한 高速 크라샤가 없는 단순한 tube mill 을 사용하여야 한다. 別個의 乾燥機가 不要할 경우에는 乾燥와 粉碎가 同時에 되는 乾燥粉碎機 施設을 택하여야 한다. 왜냐하면 이러한 乾燥粉碎機는 熱經濟面에서나 粉碎效率面에서 훨씬 우수하기 때문이다.

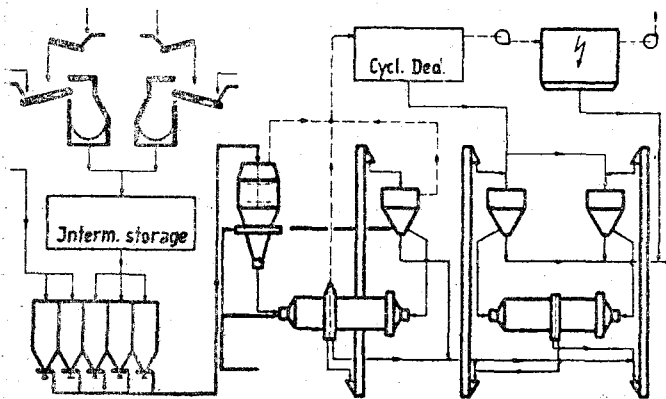
原料乾燥機를 별도로 시설할 경우 이의 施設投資費가 일반적으로 높은 편인데다 乾燥된 原料의 中間貯藏, 供給 및 輸送施設들에 대한 분진 방지 등의 施設費가 追加되어야 한다.

<그림-8>은 2個의 乾燥粉碎工程을 설명한 것으로 原料에 水分이 多少 있는 原料粉碎를 위하여 Büttner 社와 F.L. Smidth 社가 製作한 것으로서 乾燥 장치가 수직 튜브 (flash dryer) 內에 設置되어 있고 이 ball mill 은 閉回路 方式으로 elevator 와 seperator 의 施設이 있다.

<그림-9>는 높은 動力 소모율과 12~14% 의 水分을 含有하고 있으며 이탈리아의 마모성 原料와 같이 특별한 경우를 고려하여 Hischmann 社가 生産能力 40 t/h 의 특이한 粉碎設備를 製作設置한 것으로 本施設의 특징은 ① 石灰石과 粘土를 事前 混合할 수 있도록 2個의 1次粗碎



<그림-8> dry-grinding installations



<그림-9> Hirschmann-raw meal grinding installation

機 각각에 2개의 供給 hopper 와 apron feeder 가 있으며 ② vertical dryer 는 2개의 분산판 으로 구성되어 있고 ③ 4,000 kw 動力을 요하는 직경 5 m, 길이 15.5 m 의 예비 분쇄 밀은 직경 8.5 m 의 加熱 separator 가 부착된 closed circuit mill 로 되어 있으며 ④ Brown Boveri 社에서 製作한 6,000 kw ring 모타로 구동되는 同一 크기의 최종 밀은 2개의 同型 separator 로 구성된 closed circuit mill 로 되어 있다는 점이다.

이 設備의 總所要動力은 약 12,000 kw 이며 28~29 kw/t 의 動力 소모율이 추정된다.

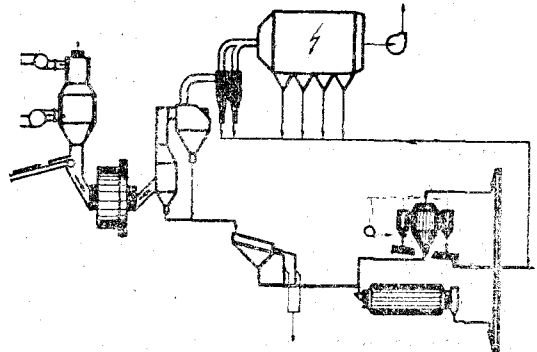
最近 各國에서 aerofall mill 의 開發에 관하여 많은 發表가 있었다. 현재 시멘트 製造工場에서 사용하고 있는 aerofall mill 은 다음의 3 가지 특징이 있다.

- 1) 비교적 강도가 높고 乾燥한 原料를 粉砕하는 乾式粉砕工程에 사용
- 2) 原料의 水分含量過多로 粗碎 不可能한 경우
- 3) 強度差가 많은 原料를 粉砕할 경우

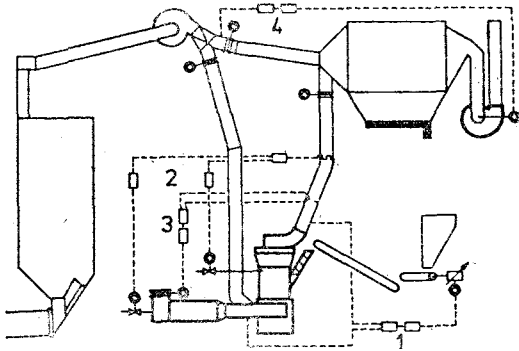
aerofall mill 이 上記 3 가지 面에서 技術的으로 확실히 유리하다. 그러나 마모성이 큰 原料가 存在하는 곳에서는 liner 에 問題點 발생이 많으며 이 점이 앞으로 해결하여야 할 과제이다.

<그림-10>은 aerofall mill 과 최종 mill 中間의 스크린에 의하여 不要한 成分을 제거할 수 있는 선별 粉砕方法을 說明한 것이다. 경우에 따라서는 一次粉砕된 原料를 mill 대신 separator 에 보내기도 한다.

aerofall mill 은 水分이 많은 原料에 대하여



<그림-10> aerofall-installation with intermediary screening



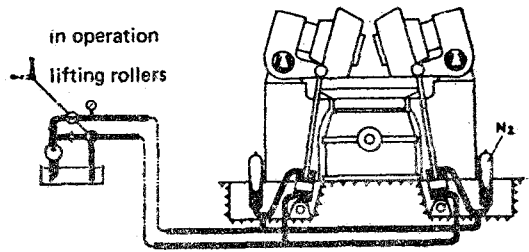
1. 差壓計 2. mill後 壓力
3. mill後 gas量 4. kiln I.D. fan 後壓
〈그림-11〉 Loesche mill

특히 적합하다. 이는 aerofall mill 이 size 가 큰 原料를 供給할 수가 있고 乾燥效率이 매우 좋은 데 이는 일반 粉碎 mill 보다 原料와 gas의 접촉 面積이 크기 때문이다. 더우기 gas 통과량이 많아 供給原料의 水分含量이 22% 이상까지도 사용이 可能하다. aerofall mill은 動力 소모율도 비교적 적으며 供給原料의 크기가 큰 1次微粉에 주로 이용, 경우에 따라서는 discharge slot를 設置 사용할 수도 있다.

지난 수년 동안 roller mill과 bowl mill은 많은 발전을 해 왔다. 특히 세부적인 구조와 크기면에서 많은 변화가 있었으며 이러한 mill들은 gas量을 많이 通過할 수 있도록 供給原料의 水分含量이 높은 原料를 使用할 경우 등의 응용면에서 특히 改善되어 가고 있다.

〈그림-11〉은 키 큰 예열기 排 gas를 이용하는 roller mill 工程圖이다. separator는 mill內에 設置되어 있어 內部閉回路粉碎機 형식이다.

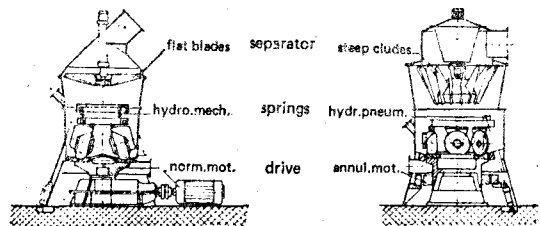
이 형식은 粉塵과 gas를 분리할 수 있도록 最新集塵裝置가 設計되어 있다. 이 설비의 工程은 대단히 간단하게 되어 있으며 自動化를 위하여 〈그림-11〉에 圖示된 바와 같이 4個所에 調整回路가 있다. 즉 ① mill에 供給되는 原料量 調整을 위한 差壓測定 ② mill의 流入熱 調整을 위한 mill 後의 gas 溫度計 ③ mill 後 gas量을 항상 일정하게 유지하기 위한 과잉 공기량 調整 ④ 키 큰 I.D. fan(排風機)의 壓力을 安定시키기 위한 調整施設이 그것이다.



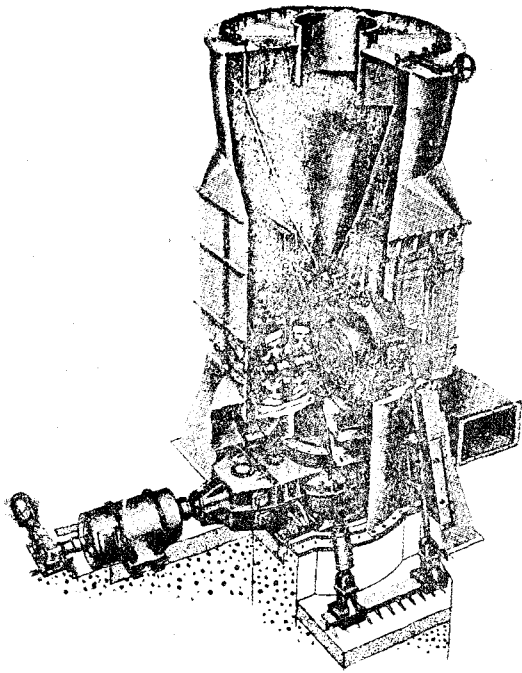
〈그림-12〉 Loesche-bowl mill

〈그림-12〉는 roller 調整을 위한 hydro-pneumatic 調整裝置의 說明圖이다. 運轉中 mill內 原料層 두께를 일정하게 유지키 위해 高壓 펌프로 roller에 일정한 壓力이 加해지도록 되어 있으며 또한 2個의 시린다가 있어 니트로젠 氣泡作用으로 충격이 흡수되도록 되어 있고 始動時 過負荷를 방지하기 위하여 roller를 쳐들어 줄 수 있도록 設計되어 있다.

〈그림-13〉은 Pfeiffer社가 製作한 2개 roller mill을 비교한 것이다. 〈그림-13〉의 왼편 것은 流體力로 調整되는 roller와 水平 separator (flat separator) 및 bowl을 움직이는 gearbox 장치가 있는 舊型이며 〈그림-14〉는 경사진 blade separator hydro pneumatic 壓力機로 調整되는 roller와 ring motor가 부착되어 있고 bowl은 간단하고 튼튼한 平베아링으로 지지되어 있다. 또한 動力 전달 부분의 故障를 줄이기 위해서 粉碎能力 300 t/h 以上の mill에서는 특수한 감속기를 設置하고 있다. 한편 폴리시우스社가 소개하는 roller mill은 gas 流速이 느린 상태하에서도 粉碎가 가능하다. 이 mill은 bucket elevator에 의하여 粗粉은 mill에 다시 순환시키며 roller는 마모 부분 교환이 용이하도록 하기 위하여 細分할 수 있도록 設計되어 있다. 현재까지 알려진 가장 큰 roller mill의 能力은 200~300 t/h이다. 전하는 바에 의하면



〈그림-13〉 Pfeiffer-bowl mills



<그림-14> Polysius 2段 bowl mill

roller mill의 粉碎能力을 500 t/h 까지 增加시키
기 위하여 이미 設計가 끝났다고 한다.

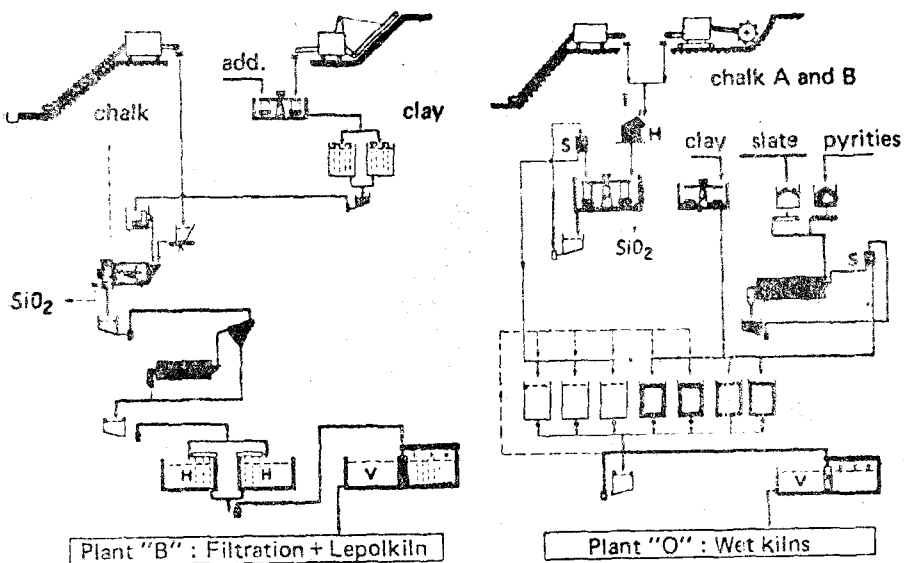
시멘트 生産者 立場으로서 機械製作社에 요구
하고 싶은 一般事項으로서는 原料微粉碎機의 開
發關點으로 preheater 附 kiln 과 原料微粉碎機

가 同時運轉이 可能하도록 구조가 简单하며 運
轉이 더욱 용이하고 최소한 커는 稼動中에는 커
 른과 같이 稼動될 수 있으며 아울러 마모 문제
 가 해결되기를 바라고 있을 것이다. 因此로 시
 멘트 製造用 機械製作社들은 이러한 점을 개발
 기에 더욱 많은 노력을 해 주어야 할 것이다.

IV. 濕式微粉碎機

濕式原料處理方式은 燃料費가 增加함에 따라
 감소 일로에 있으나 原料成分에 따라 濕式工程
 이 불가피한 경우가 있다.

10年前만 하여도 대부분의 工場은 閉回路方式
 으로서 슬러리 상태로 原料를 粉碎하였으나 最近
 에는 다른 閉回路方式으로 전환되어 가고 있
 다. 이러한 閉回路方式은 슬러리의 物理的 成分
 에 따라 閉回路 mill 보다 10~40% 增産이 되고
 있다. 그러나 이 경우 screen은 通過量 增加와
 粒度分離를 微細하게 함에 따라 마모율이 增加
 할 것이다. 예로서 스웨덴 Mogensen 시멘트 工場
 에서 처음으로 slurry screen 간격을 대폭 줄
 이고 slurry의 粘度를 낮추어 좋은 結果를 얻었
 는데 이 경우 screen의 마모를 줄이기 위하여
 screen 간격은 同一하나 screen의 크기를 키워
 야 했다. 또한 濕式微粉碎工程에서 微粉室에 고



<그림-15> 슬러리 처리 공정

무로 된 lining 또는 diaphragm 을 사용함으로써 補修 유지비가 감소한다는 것은 이미 잘 알려진 사실이며 mill 의 1室에는 70~80 mmφ 以上の grinding media 를 사용하고 高合金 lining 을 使用함으로써 가장 좋은 結果를 얻게 되었다.

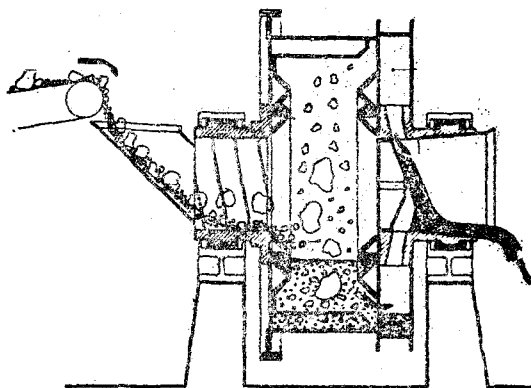
<그림-15>는 chalk (=soft limestone), 粘土, silica 外 기타 原料를 첨가하여 粉砕하는 북유럽의 2個工場 工程圖이다. 이 그림은 原料混合方法에 따른 차이점을 說明해 주고 있다.

"B" Plant 에서는 水平 wash mill 에서 粉砕되기 以前에 原料配合이 되나 "O" Plant 에서는 多種의 slurry 를 만들어 여러 개의 silo 에 貯藏後 引分量을 調整하여 原料를 混合하는 경우이다.

最近北美에 있는 大型濕式工場에서는 대부분 混合 silo 가 없어 混合工程을 거치지 않고 곧 바로 粉砕 mill 에서 大型 kiln 에 slurry 로 供給된다. 이러한 單純한 施設에 X-ray 分析機와 process computer 를 活用하여 kiln 의 安定된 運轉과 良質의 크링카를 生産하고 있다.

특히 chalk 를 使用時 slurry 의 壓縮, 濾過施設을 이용하는 방법과 Lepol-grate 에 微粒球를 供給하는 방법의 工程으로 製造原價를 과격적으로 낮춘 사례가 있다. 이러한 경우는 약 17~21%의 水分을 含有하고 있는 filter cake 는 정상적인 draft 상태에서 Lepol-grate 에 微粒球로 引出되도록 設計되어 있으며 kiln 의 熱消耗量은 860~950 kcal/kg-clinker 이다.

J.P. Bombléd 氏의 論文에 filtration 工程에 알맞은 原料基準을 明示하고 있으며 filtration



<그림-16> hydrofall-mill

時間 단축에 따라 成球의 成分, 強度는 낮아지게 되며 아울러 filtration 時間과 成球의 質과는 相互 改善의 여지가 없다고 말하고 있다.

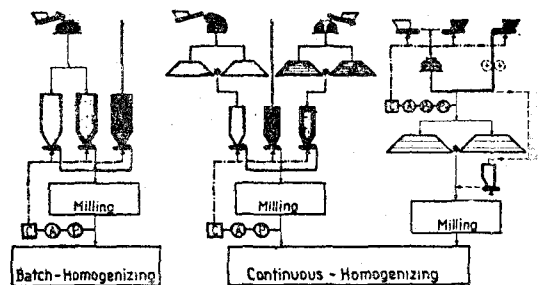
粗碎를 미리 할 수 없는 原料를 濕式으로 粉砕하여야 하는 시멘트 工場은 <그림-16>과 같은 hydrofall mill 을 사용하여야 한다. 이 mill 은 粗粉의 再粉砕를 위하여 순환시키지 않고 곧 바로 소기의 粉砕物을 얻을 수 있다.

V. 原料의 混合

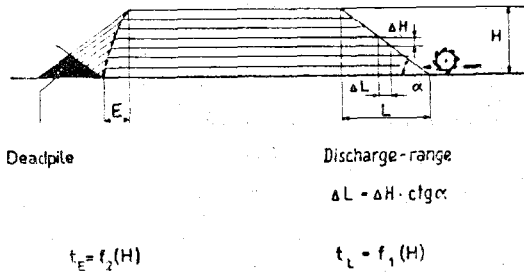
<그림-17>은 原料混合工程에 대한 最近의 變遷 과정을 說明한 것이다.

그림의 왼쪽에 있는 工程은 既存工場에서 사용하고 있는 방식으로서 秤量器(weigh-feeder) 로 配合比에 따라 未混合原料를 原料 mill 에 供給粉砕한 후 이를 sampling 하여 試驗分析한 結果로 weigh-feeder 의 原料供給量을 조절한다. 이렇게 粉砕된 原料는 일반적으로 batch-homogenizing 한다.

이 外的 다른 두 그림은 單一組成原料 또는 多數原料를 粉砕하기 前에 混合하는 방법으로 process control 과 試料 채취 및 分析이 最적 상태로 시행되어 준다면 batch homogenization 없이 生産이 可能하며 이 경우 가장 경제적인 生産方法이 될 것이다. 이들 工程에 대하여 예를 들면 프랑스 시멘트 會社들의 新設工場에 premixing 施設을 함으로써 correcting silo 없이도 原料混合效率의 좋은 結果를 얻고 있으며 이로서 모든 原料 handling 과 feeding 은 대단히 간편하여졌다. 또한 holder bank 그룹의 新設工場에서도 三成分原料 즉 石灰石, 泥灰岩



<그림-17> blending and homogenizing system



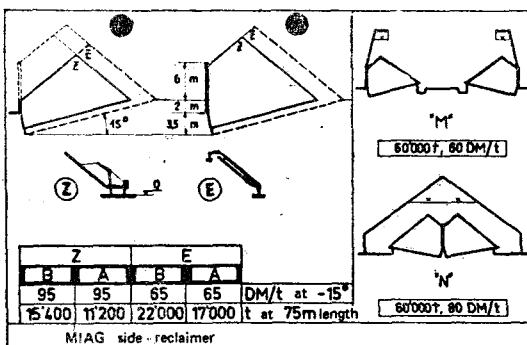
<그림-18> Fives L.C. stockpiling method

(marl)과 粘性이 있는 粘土를 一般 stockpile 에서 preblend 함으로써 水分含量이 높은 粘土와 매우 乾燥한 石灰石이 混合돼 粘土의 粘性으로 인한 제반 문제점은 자연 해결되었다.

많은 시멘트 製造機械製作社들이 blending stockpile 에 대한 여러 형태의 system 을 개발 하였으며 그 價格差 역시 다양할 뿐만 아니라 preblending 效果面에서도 施設費와 比例하고 있다.

<그림-18>은 Fives Lille Cail 社에서 開發된 stockpiling 方法으로서 이는 reclaim 中 전체 原料層의 斷面으로 절단하여 混合하는 方式으로 均一한 混合物이 얻어진다. 또한 Télémécanique 社는 上記方法으로 가동되는 stacker 의 電子調整方法을 開發하였는데 이의 原理는 <그림-18> 의 한 끝 부분에서 정지 시간 t_L 과 t_E 에 의하여 pile 의 높이에 따라 完全自動調整된다.

原料의 成分變化幅이 크지 않다면 pilgrim-step 設備를 갖춘 side scraper reclaim er 를 사용할 수도 있을 것이며 이같은 施設은 原石置場의 容積 有無에 關係 없이 <그림-19>와 같이



<그림-19> sidereclaimer 에 의한 stockpile 施設費

| | capacity t/h | prices Mio DM | cross section m ² | |
|----------------|-----------------|------------------|------------------------------------|--|
| tube-reclaimer | 1000 - 2000 | 2,5 - 3,5 | 175 - 300 | |
| bucketwheel-R. | 300 - 800 | 1,0 - 2,0 | 100 - 300 | |
| front-scraper | 300 - 800 | 0,7 - 1,2 | 100 - 200 | |
| side-scraper | 250 - 350 | 0,4 - 0,5 | 100 - 200 | |

<그림-20> reclaim er 比較

비교적 간단하게 선택 施設할 수 있다. 길이 20 m 以上 boom 을 갖춘 side scraper 를 設置 한다면 약 100~200 m² 의 횡단 면적을 처리할 수 있다.

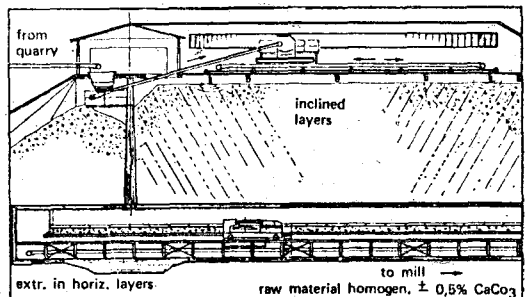
Miag 社가 算出한 資料에 의하면 <그림-19> 와 같이 原石 Premixing 施設로는 one-rail scraper ①의 設備가 two-rail scraper ②보다 施設費가 낮지만 後者の 경우 上部 rail 이 不要한 利點이 있다.

<그림-19>의 "N"형식은 큰 容積과 지붕 설 치로 인하여 "M"형식보다 다소 施設費가 높다.

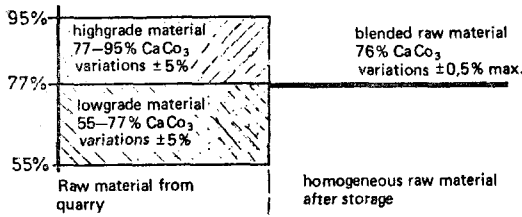
다음은 시멘트 工場에서 지금까지 사용한 적이 없었던 原料混合을 위한 비교적 발전된 型인 多管式 reclaim er 에 대하여 言及하고자 한다.

tube reclaim er 는 <그림-20>에서 보는 바 와 같이 지금까지 알려진 reclaim er 들보다 비교적 高價이며 多管式 reclaim er 는 1,000~2,000 t/h 의 能力으로 되어 있지만 side reclaim er 는 350 t/h 로 제한되어 있고 이밖에 다른 型의 reclaim er 는 前記能力의 中間程度이다.

<그림-21>과 같은 bunker reclaim er 型은 原石이 단계적으로 移動貯藏되는 shuttle conveyor



<그림-21> Louise-reclaimer 로 된 Hom. 시설



<그림-22> 혼합 결과

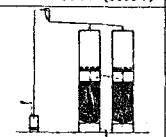
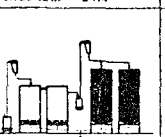
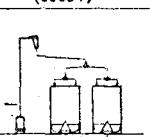
에 의해서 移送貯藏되며 貯藏所 下部 터널내에서 前後로 이동하는 reclaimer가 原石을 층별 이송하는 方法으로서 예비 혼합(prehomogenization) 효율 역시 좋은 편이다.

이러한 地下引出式은 1個의 pile로 原石의 供給과 引出을 동시에 할 수 있어 建設投資費가 적게 든다. 旋回軸 바퀴 施設과 적당한 速度로 移動되는 reclaimer를 사용하면 混合效率은 增加할 것이다. 이러한 施設로 混合하는 스위스 시멘트 工場의 混合結果를 <그림-22>에 소개하였다.

이러한 reclaimer에 原石供給량을 計算할 수 있는 計量器를 설치하면 原石의 成分比에 따라 引出量を 調整할 수도 있을 것이다.

지금까지 잘 알려진 4分圓의 aeration式인 batch 混合 사이로 대신 混合과 貯藏 사이로를 합한 원기동형 原料混合(post-homogenizing) 시설 이용률이 最近 집중하고 있는 傾向이다. 이러한 傾向은 新設工場의 生産規模의 大型化和 原料輸送과 品位調整이 단순하여졌기 때문이다.

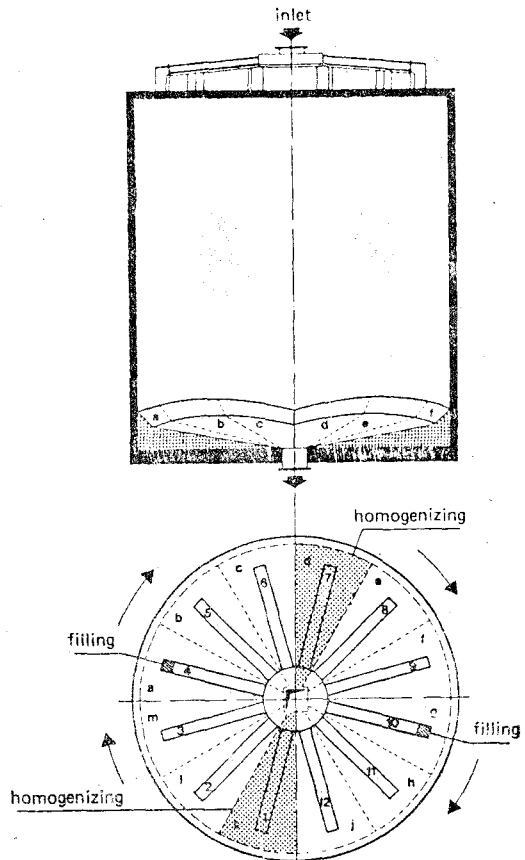
이와 같은 大型 사이로 개발에 관하여 Claudius Peters社가 소개한 크링카 生産能力 1,500 t/d와 原料微粉碎能力 140 t/h 工場의 混合施設을 <그림-23>에 圖示하였다.

| Batch-Homogenizing | Continuous Cascade System | Homogenizing Blending Chamber |
|---|---|---|
| 2 double-storey silos 12m ϕ × 50m (9000 t) | 2 silos 12m ϕ × 23m (9000 t) 2 silos 12m ϕ × 34m (9000 t) | 2 silos 16m ϕ × 27m (9000 t) |
|  |  |  |
| 330 DM/t (157%) 1.65 kwh/t (127%) | 370 DM/t (176%) 2.85 kwh/t (220%) | 210 DM/t (100%) 1.30 kwh/t (100%) |

<그림-23> Cl. Peters의 rawmeal blending and storage silo

Rock Products誌 1970年 4月號에 掲載된 W.S. Jackson의 論文에 의하면 上部에 混合 사이로, 下部에 貯藏 silo로 構成되어 있는 double storey silo와, 同一平面上의 混合 silo와 貯藏 silo가 設置되어 있는 cascade silo의 建設費보다 混合 silo와 貯藏 silo가 1個로 합쳐진 mixing-chamber式 silo가 投資費가 낮을 뿐만 아니라 電力消耗率도 낮은 편이다. 그러나 이같은 原料 混合工程은 1次 혼합한 原料를 다시 修正混合하기 위하여 단속적으로 強力한 空氣壓에 의한 原料의 品位 상태 변화를 가할 수 있는 silo가 없으며 계속 混合하면서 引出하는 方式이다.

Polysius社 H. Klein氏는 batch 混合方式 改善에 관하여 다음과 같이 言及하고 있다. 즉 原料混合時間은 짧게 하고 空氣透過面積當(aerated area=m²) 空氣透過量을 높여야 한다고 주장하고 있다. 이와 같은 결과는 空氣透過斷面을 $\frac{1}{4}$



<그림-24> Polysius 연속 혼합 silo

에서 $\frac{1}{8}$ 까지 감소시켰다. <그림-24>에 소개한 사이로는 최근 개발된 형식으로 특히 연속 혼합 型 silo로 바닥은 12개의 同一 크기로 나누어져 그림과 같이 한쪽 부분과 상대쪽 부분이 同時에 空氣가 透過된다. 한편 原料混合 상태 조정은 圖式 方法과 컴퓨터 活用을 겸하고 있다.

VI. 結 論

原料 예비 처리와 혼합에 관하여 技術的인 面에서는 주로 예를 들어 說明하였으며 아울러 開發 傾向을 제시하였으나 다음과 같이 종합할 수 있겠다.

첫째 鑛山은 많은 비용과 時間이 소비된다 하더라도 原石의 確실한 品質을 파악한 후 開發되어야 한다.

둘째 크라샤는 대형 single stage 형의 開發과 補修가 용이하도록 設計되어야 한다.

세째 많은 형태의 乾燥 및 微粉碎方式은 더 많은 單純化와 活用度가 改善되어야 할 것이다. roller mill이 이 점에서 利點이 많으나 아직 모든 原料에 이용될 수 있는지는 確실치 않다.

네째 습식 분쇄는 screen과 hydro-cyclone이 있는 閉回路式이 더욱 增加되고 있다.

다섯째 preblending stock pile과 原料의 연속 혼합 施設化 傾向이 증가하고 있다.