

# 新型 시멘트 mill ...COMBIDAN

金容範 (訳)

## 1. 序 言

廣範圍한 改良 및 設計 作業과 이에 따른 企業 的인 規模의 試驗을 거쳐, F. L. Smidth는 이 제 新型의 시멘트 크링카 粉碎 mill인 Combidan mill을 市販하기 시작했다. 이 밀은 開回路나 閉回路 粉碎에서 지금까지 市販된 바 있는 다른 種類의 시멘트 밀보다 훨씬 經濟的으로 稼動된 다.

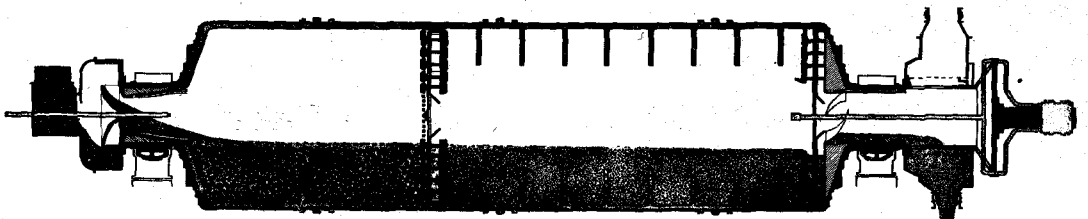
Combidan 밀의 새로운 重要한 特徵中의 하 나는 效率的인 screening diaphragm을 갖춘 것 인데, 이 diaphragm 은 粗粉碎室 (Coarse grinding compartment)에 過大한 粒子들을 남아 있게 한다. 따라서 인접한 微粉碎室 (fine grinding Compartment)은 最適 크기의 粉碎媒体 (grinding media)를 가지고 稼動할 수 있다. 列를 들어, 포트랜드 시멘트를 粉碎할 경우에, 微粉碎媒体

의 充填은 5~7g 정도의 平均 單位重量을 갖게 되는 데, 이는 어떠한 基準에 비추어 볼 때도 작은 크기인 것이다. 이 작은 粉碎媒体는 特殊하게 設計된 出口 (Outlet)에 의해서 밀內 에 남아 있게 된다.

이제는 diaphragm 의 solid and slotless wearing plate의 製作에 있어서 堅固한 耐磨耗性의 特殊 鋼鉄을 使用할 수 있게 되었다. 이것은 slotted wearing plate 壽命보다 몇배나 더 긴 壽命을 保障할 뿐만 아니라, 運營과 補修維持 面에서도 여러가지 長點을 지니고 있다.

## 2. 微粉碎를 위한 最適 크기의 媒体

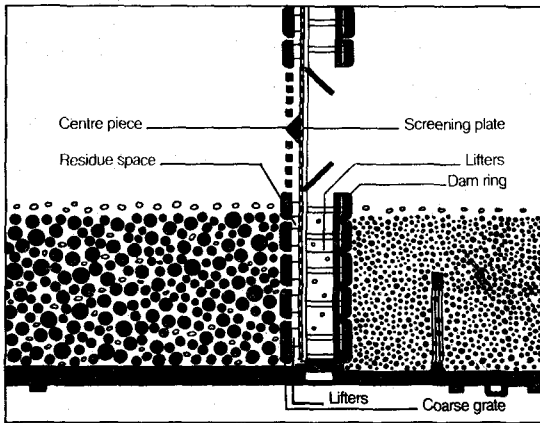
最適의 粉碎 效率를 達成하기 위해서는 시멘 트 밀의 微粉碎室에서 使用되는 粉碎媒体의 크 기가 現在의 것 보다 훨씬 작아야 한다는 것은 널리 認定된 事實이다. 작은 粉碎媒体를 使用



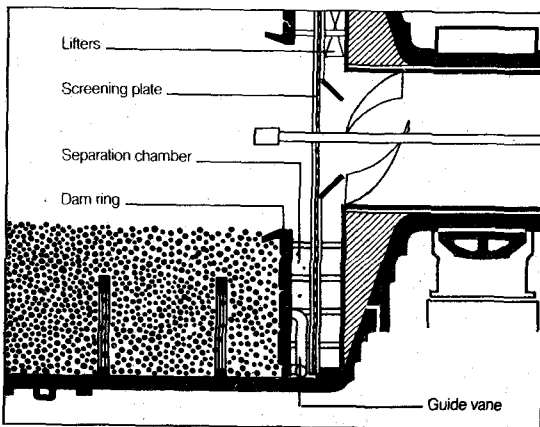
〈그림-1〉 直径 4.6m, 길이 13m의 Combidan mill; 이 mill에는 2개의 粉碎室이 있고 fine-grinding media는 5~7g이다.

하지 않는 理由는 在來式 밀의 경우에는 이들에 의해서 出口 格子가 遮斷되기 쉽기 때문이다. 이 以外에 微粉碎室에 있는 粉碎媒体는 diaphragm의 格子孔을 通過한 過大 粒子들을 粉碎할 수 있어야 한다. 強度 및 製造上의 要件들과 함께 要求되는 自由流動面積 (free flow area) 때문에 diaphragm의 孔은 粉碎된 材料를 效果적으로 거를수 있을 만큼 充分히 좁게할 수가 없다. 이러한 結果로 在來式 밀의 微粉碎室에 있는

면 實際로는 10g을 초과해서는 안되는 것으로 나타났다.

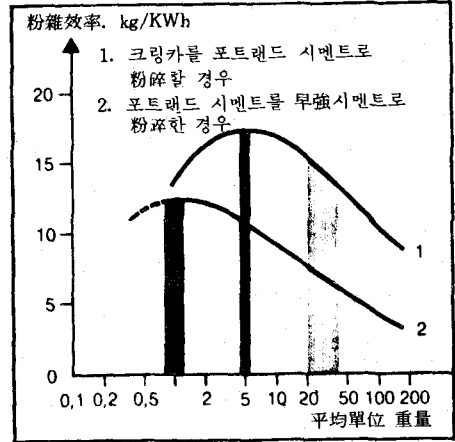


〈그림-2〉 Combidan diaphragm은 밀의 1次粉碎室에 모든 過大 立子를 維持 시키고 있다

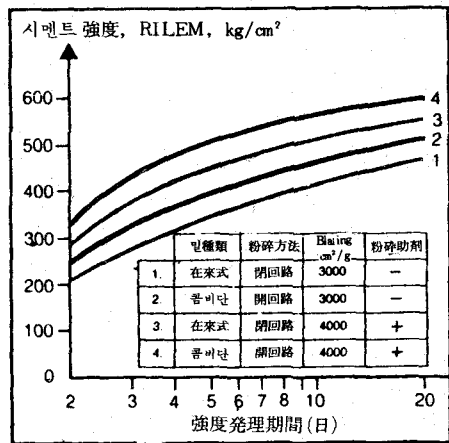


〈그림-3〉 Combidan 出口는 粉碎媒体를 보유하고 있으며 Combidan diaphragm과 마찬가지로 넓은 流動 面積을 갖고 있다.

粉碎媒体는 平均 單位重量이 20~40g을 維持하지 않으면 안된다. 한편 研究 結果에 의하



〈그림-4〉 粉碎效率은 粉碎媒体의 크기에 의해서 좌우된다.



〈그림-5〉 Combidan 밀에서 粉碎된 시멘트는 주어진 Blaine 値에서 在來式의 경우보다 높은 強度를 갖는다.

F. L. Smith는 이들 微粉碎에 관한 問題에 대하여 研究를 해왔는 바, 媒体 크기가 크링카그릿에 미치는 影響을 分析하기 위해서 一連의 試驗 測定을 實施했다. 研究에 使用된 基礎 材料는 시멘트 밀의 粗粉碎室을 出發한 것에 해당하는 것이었고, 過大 粒子는 除去되었다. 直徑 2.2m의 試驗用 밀에서 平均 單位重量 250g에서 1g까지의 各種 粉碎媒体의 充填을 利用하여 batch grinding을 實施했다.

〈그림-4〉는 微粉碎室에서 平均 單位重量 5~

7g의 粉碎媒体를 使用하여 포트랜드 시멘트로 粉碎할 때 가장 높은 粉碎 效率을 나타내고 있다. 平均 單位重量 20~40g인 종래의 grinding charge를 使用할 때 粉碎 效率은 훨씬 낮아 졌다.

比較의 11의을 위해서(그림-4)는 포트랜드 시멘트를 使用하여 높은 粉末度의 早強시멘트로 粉碎할 때의 效率 曲線도 보여주고 있다. 여기에서는 平均 單位重量이 2g 以下인 粉碎媒体를 使用했을 때 가장 높은 粉碎 效率을 나타내고 있다. F. L. Smidth에 의해서 이미 市販된 Straight-grinding Minipebs 시멘트 밀은 4.0 00cm<sup>2</sup>/g Blaine 以上の 粒度로 粉碎하기 위해서 이와 같이 극히 작은 粉碎媒体를 使用한다.

### 3. Combidan mill diaphragm

粉碎 試驗에 의하면 시멘트 밀의 微粉碎室에서 充分히 작은 粉碎媒体를 使用할 때 상당히 높은 效率을 達成하고 있음을 보여주고 있다(단, 微粉碎室의 入口(inlet)에 있는 粉碎物에는 작은 粉碎媒体가 最終粉碎(finish grinding)를 할 수 있는 것 보다 더 큰 粒子가 포함되어 있지 않아야 함). 이와 같이 過大한 粒子는 微粉碎室로 移動되기 前에 peripheral outlet를 통해서 크링카 grit를 抽出하므로써 分離機(seperator)나 機械的인 체(sieve)에서 걸러지게 하여 粉碎物로부터 除去시킬 수 있다. Combidan 밀의 새로운 原理에 의해서 粉碎밀의 screening은 粉碎室 사이에 있는 diaphragm을 통하여 마찬가지로 잘 이루어진다.

(그림-2)는 Combidan 밀의 diaphragm에 대한 슬리트孔 screening plate를 나타낸 것이다. 슬리트孔의 크기와 粉碎媒体의 크기는 使用되는 粉碎 方法 즉 開回路 또는 閉回路式 粉碎에 따라 決定된다.

이와 같이 比較的 얇은 스크리닝 플레이트는 孔이 없는 두꺼운 라이닝 플레이트에 의해서 밀의 1次粉碎室에 있는 커다란 粉碎 볼의 影響으로부터 保護를 받게 된다. 라이닝 플레이트 間의 間隔은 粉碎物과 循環空氣가 通過할 수 있는 充分한 空間을 제공해 준다. 保護라이닝 플레이트와 스크리닝 플레이트 사이에는 좁은

空間이 있는 데, 이 속에서는 蓄積된 組粉体(체 殘留物)가 昇降機(lifter)에 의해서 組粉碎室로 返送된다. 따라서 Combidan diaphragm은 새로운 原理에 基礎를 둔 것으로 다음과 같은 새로운 特徵을 갖는 各部門에 의해서 機能을 發揮하게 되는 것이다.

① 保護 플레이트는 1次粉碎室에서 粉碎 볼을 머물게 하는 coarse screen을 形成한다. 同 라이닝 플레이트는 구멍이 없으며, 衝擊에 견디는 힘이 강하다. 이와 같이 구멍이 없는 라이닝 플레이트는 製作하기가 容易하고, 耐磨耗性이 아주 큰 特殊鋼 合金으로 만들 수 있다.

② 스크리닝 플레이트는 커다란 粉碎媒体의 衝擊으로부터 保護를 받고 있기 때문에 磨耗은 極少化 된다. 스크리닝 플레이트는 臨界 사이즈 즉 2mm를 超過하는 모든 粒子를 차단시켜 주며, 슬리트孔의 넓이는 스크리닝 플레이트의 壽命 期間 동안 變하지 않고 維持된다.

③ Combidan diaphragm의 通路 面積은 在來式 diaphragm보다 2倍 以上 크기 때문에 材料의 흐름을 방해하지 않고 매우 좁은 스크리닝 슬리트를 使用할 수 있다. 또한 通路 面積이 크기 때문에 밀을 通過하는 循環空氣의 壓力 損失을 적게 해 준다.

④ Combidan diaphragm에는 組粉碎室의 粉碎物과 粉碎 充填物 間에 精確한 比率를 維持할 수 있도록 하기 위하여 dam ring이 設置되어 있다. 이렇게 하므로써 無負荷 運轉(empty-running)으로 인한 粉碎볼과 라이닝의 過多한 磨耗을 防止해 준다.

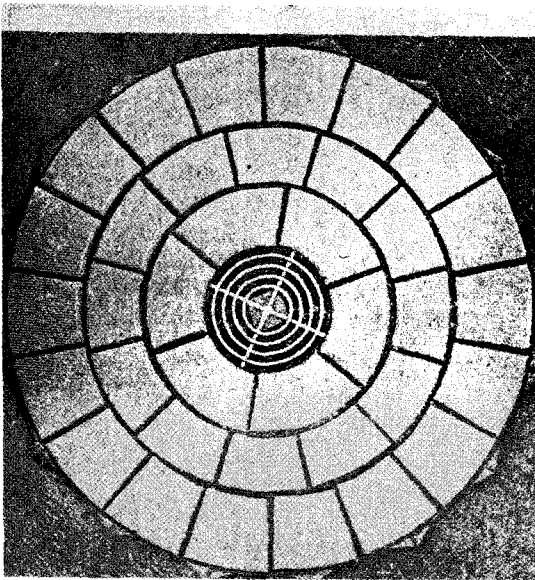
### 4. Combidan 밀의 出口

이미 言及한 바와 같이 最適의 粉碎 效率은 微粉碎室에서 아주 작은 媒体를 使用하므로써 達成할 수 있다. 따라서 밀의 出口는 이와 같은 要件을 充足시킬 수 있도록 설계되어야 하며, 작은 媒体가 最終 粉碎된 시멘트와 함께 밀에서 離脫하는 것을 防止할 수 있도록 하여야 한다. 또한 媒体에 의한 밀의 出口 遮斷도 없도록 하여야 한다.

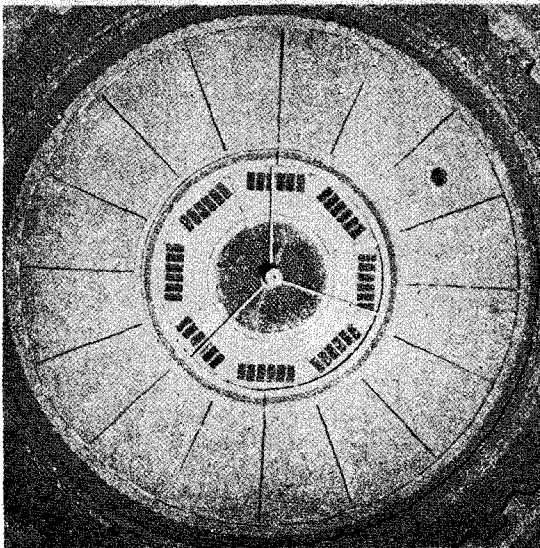
작은 媒体를 使用할 경우에 在來式 밀의 出口는 上記와 같은 問題點들을 解決하여 주지 못하였는데, 그 理由는 出口의 格子孔이 充分히 좁

지 못하기 때문이다.

따라서 F.L Smidth는 새로운 모양의 出口를 開發하기 위한 研究에 着手하게 되었으며, 最終的으로 完成한 模樣은 <그림-3>과 같다. 이것은 特殊하게 開發된 스크리닝 플레이트로 構成되어 있으며, 同 플레이트의 前面 가까이에 孔이 없는 dam ring이 設置되어 있는 바, 이는 在來式 出口 모양과는 反對되는 것이다. dam ring



<그림-6> 一次粉碎室에서 본 Combidan diaphragm 直径 2.6m



<그림-7> 試驗用 mill의 Combidan 出口

을 設置한 目的의 한가지는 媒体를 남아있게 하기 위한 것이다. 分離室에 들어온 少量의 粉碎媒体는 guide vane에 의해서 微粉碎室으로 返送된다.

Combidan 밀의 出口는 다음과 같은 長點을 가지고 있다.

① 出口 스크리닝 플레이트는 거의 磨耗될 餘려가 없기 때문에 當初의 슬리트 幅을 維持한다. 스크리닝 플레이트는 dam ring이 밀 充填物의 壓力을 除去시켜 주기 때문에 잘 遮斷되지 않는다.

② 微粉碎室의 粉碎物과 粉碎 充填物간의 比率를 精確하게 유지시켜 주는 dam ring은 耐久性을 좋게하기 위해서 特殊 鋼鉄로 만들어졌다.

③ Combidan 出口의 通路 面積은 在來式 밀의 出口보다 상당히 크기 때문에 材料와 循環 空氣의 흐름을 방해하지 않는다.

## 5. Combidan mill의 粉碎媒体

Combidan 밀에 使用하기 위하여 만들어진 粉碎媒体인 Combipebs는 그 크기가 12~16mm로부터 모양에 따라서는 約 4mm까지 되는 것이 있다. 이의 製作에 使用되는 材料는 衝擊과 磨耗에 잘 견디어 내는 것이다. 特別히 耐磨耗性問題는 絶對적으로 重要한 바, 그 理由는 磨耗率은 粉碎 充填物의 全体 表面積에 따라 增加하게 되며, combidan 밀은 在來式 밀의 경우보다 이 表面積이 훨씬 크기 때문이다.

## 6. Combidan mill의 試驗

直径 2.6m 길이 12m, 1,000kw인 Combidan 밀에 대하여 30個月에 걸쳐 廣範圍한 運轉 試驗을 하였다. 使用된 시멘트 밀은 시멘트 工場의 生産 部門에 必須的인 要素이며, 시멘트를 開回路나 閉回路에서 여러가지 粒度로 粉碎한다. Combidan 밀에 대한 試驗 運轉과 同時에 같은 工場内の 現代化된 在來式 粉碎部에서 參考 試驗을 했다. 比較를 할 수 있도록 크링카 샘플을 採取하여 試驗室으로 보내서, 粉碎 試驗을 했다. 全体 試驗 期間 동안 粉碎된 시멘트 標本에 대하여 스크린 分析을 하였고, 이들에 대한

化学的 性質과 強度 發現을 調査하였다.

오랜 기간에 걸친 試驗 結果 Combidan 밀은 期待했던 性能을 發揮한다는 것이 立証되었다. 이제는 微粉碎室에서 最適 크기의 粉碎媒体를 企業의 規模로 使用할 수 있게 되었다. 試驗 結果 밀 diaphragm內에서 地장을 초래하지 않고 效率的인 스크리닝 함을 확인하였고, combidan 出口는 작은 粉碎媒体를 效率的으로 維持하였다.

上記 事項 以外에 期待했던 대로, 補修의 必要性이 減少하였으며, daiphragm과 出口의 磨耗度가 감소되므로써 運轉效率이 증가되었다.

## 7. 粉碎效率과 시멘트의 品質

關心의 點이 되는 것은 주로 粉碎效率을 向上시키는 問題이다. 이 分野에 있어서도 試驗 結果와 實際運轉 資料가 同一하였다. 試驗 期間中 運用된 在來式 시멘트 밀과 比較할 때 Combidan 밀이 다음의 數值로 보여주는 바와 같이 粉碎 效率이 優秀했다.

① 포트랜드 시멘트를 開回路에서  $3,000\text{cm}^2/\text{g}$  Blaine으로 粉碎할 때에 粉碎 效率은 10% 向上되었다.

② 포트랜드 시멘트를 閉回路에서  $3,000\text{cm}^2/\text{g}$  Blaine으로 粉碎할 때에 粉碎 效率은 12% 向上되었다.

③ 閉回路에서 早強시멘트를  $4,000\text{cm}^2/\text{g}$  Blaine으로 粉碎할 때에 粉碎 效率은 14% 向上되었다.

上記와 같은 粉碎 效率의 向上은 그 自体로서만도 刮目할 만한 것이나, 이 以外에도 다른 利點을 얻는다. 즉 어떤 一定한 Blaine值를 갖는 시멘트인 경우에 Combidan 밀에서 粉碎되었을 때 더 좋은 強度 特性을 갖게 된다.

既히 言及한 바와 같이 粉碎된 시멘트의 샘플을 採取하여 強度 發現을 調査하였으며 그 結果는 <그림-5>와 같다. 同그림에서 보는 바와 같이 Combidan 밀에서 採取한 샘플의 시멘트 強度가 在來式 밀의 경우보다 優秀하였다. 強度가 向上된 것은 Combidan 밀에서 나온 粉碎物

의 granulometric analysis curves 의 기울기가 더 크기 때문인데, 이는 經驗으로 알 수 있는 바와 같이 同一 Blaine值를 갖는 시멘트의 強度가 向上되었음을 의미하는 것이다.

이를 다른 方法으로 表現한다면, Combidan 밀에서 粉碎된 시멘트를 販賣하게 될 때, 在來式 밀에서 粉碎된 시멘트와 관련시켜 생각하면, 다음과 같은 2가지의 選擇 條件이 생기는 것을 意味하게 된다.

㉞ 同一한 粒度 (Blaine值)로 粉碎하되 既 設明한 粉碎效率을 염두에 두고서 좀더 良好한 強度 發現을 나타내는 製品을 供給하는 方案

㉟ 製品의 強度 發現을 在來式으로 粉碎된 시멘트와 같은 水準으로 維持하므로써 Combidan 밀에서는 보다 낮은 Blaine值로 粉碎하는 方案 종종 必要하게 되는 바와 같이 同一한 強度 發現 水準을 維持하고, 낮은 Blaine值로 粉碎하기로 決定했을 때에는 (<그림-5>參照) 粉碎 效率은 同一 Blaine值로 粉碎할 때보다 물론 더 良好하다.

企業的인 規模로 試驗한 結果는 다음과 같다.

① 開回路에서 포트랜드 시멘트를 同一 強度 發現을 갖는 水準으로 粉碎할 경우 粉碎 效率은 19% 向上되었다 (5.1kwh/t 節約).

② 閉回路에서 포트랜드 시멘트를 同一한 強度發現을 갖는 水準으로 粉碎할 때 粉碎 效率은 12% 向上되었다. (3.2kwh/t 節約).

③ 閉回路에서 早強시멘트를 同一한 強度 發現을 갖는 水準으로 粉碎할 때 粉碎 效率은 27% 向上되었다 (9.4kwh/t 節約).

만일 完成品을 25미크론 mesh에서 同一한 殘留量 (sieve residue)을 갖도록 粉碎한다면 強度 發現에 기초를 둔 粉碎 效率의 向上과 同一한 結果를 얻게 된다.

## 8. 内部 裝置의 磨耗

Combidan 밀의 粉碎 效率 向上으로 인하여, 밀의 規模가 작아졌고, 一定 生産量에서의 電力 消費量이 더 적어졌다. 粉碎媒体의 表面積 增加로 Combidan 밀의 粉碎媒体에 대한 磨耗 費用이 다소 增加되었다. 그러나, mill의 規模가 작아지고 밀 内部 裝置의 製作에 있어서 耐

磨耗性이 더 큰 材料를 使用할 수 있게 되므로  
써 全体的인 磨耗 費用은 더 적어 진다.

### 9. 要 約

F. L. Smidth 는 企業的인 規模로 廣範圍한  
試驗과 運用을 한 後에 新型의 크링카 밀을 開  
發했다. 이 밀의 微粉碎室에서는 平均 單位重  
量이 5~7g 밖에 안 되는 最適 크기의 粉  
碎媒体가 使用된다.

이의 使用은 特殊하게 設計된 밀의 出口와 전

연 새로운 原理에 바탕을 둔 매우 效率的인 스  
크리닝 diaphragm에 의해서 可能하게 되었다.

Combidan 밀은 開回路나 閉回路式 粉碎에서  
모두 最適의 粉碎 效率를 保障하기 때문에 에  
너지 消費量이 상당히 節減된다. 完成시멘트에  
要求되는 粒度에 따라서, 그리고 採択된 粉碎  
方法에 따라서 Combidan 밀의 粉碎 效率는 (kg  
/kwh), 企業的인 規模로 長期에 걸쳐 試驗한  
結果로 나타난 바와 같이, 12%~27%가 向上  
된다.

## 시멘트工業의 熱管理세미나(第5回) 및 品質管理 發表會(第3回) 開催

日時：1979年 10月 25日(木) ~ 26日(金)

懇親會：25日(木) 19:00

發表會：26日(金) 09:00

場所：忠北 堤川(追後通報)