

# 豫備假燒 system을 爲한 調製 및 燃燒

李 錫 根

〈東洋세멘트工業(株) 三陟工場〉

油價의 急騰에 따라 시멘트 製造原價의 많은 部分을 차지하는 燃料費를 節減하기 爲하여 東洋세멘트工業(株)에서는 B-C 油를 石炭으로 代替하는 PROJECT를 遂行하던中 下記의 資料(ROCK PRODUCT 誌 1978. 10月號에 掲載)를 여러모로 參照한 바 앞으로 國內 시멘트 業界의 石炭 混燒에 많은 도움이 될 것입니다.

Pensylvania 州立大學은 6月에 cement 製造技術에 對한 第2次 短期 course를 開催하였다. 그 program에 關하여 適切한 産業論題中에는 Humboldt Wedag가 提示한 豫備假燒 system의 燃料에 對한 討論이 있었다. 다음 論文은 그 講議에서 拔萃한 것이다.

高品位 化石燃料(石油 및 天然 gas)의 cost가 增加하고 有效性이 減少함에 따라 cement 工業에 固體燃料의 使用이 不可避하게 되었다. 燃料特性을 갖는 廢棄副産物뿐만 아니라 低品位石炭은 매우 低廉한 價格으로 確保할 수 있기 때문에 많은 應用에 있어서 調製 및 燃燒에 있어 보다 複雜한 것이 補償된다. 豫備假燒를 위한 2次點火 system의 開發과 導入으로 因하여 cement 工業에 있어서 固體燃料의 使用에 對한 새로운 可能性이 展開되었다.

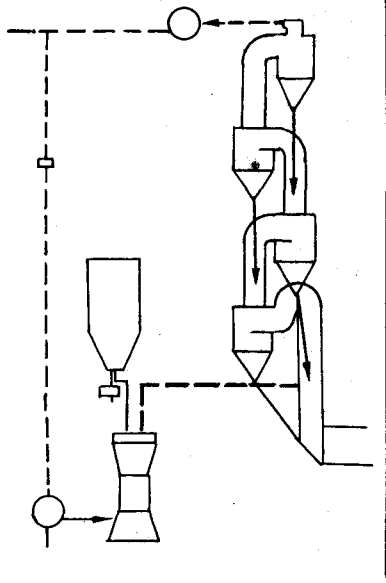
本論文은 過去 2年동안에 會社의 豫備假燒 豫熱機 system에서 얻은 運轉經驗은 勿論 理論的 考察까지도 取扱하고자 한다. 第一部에서는 豫熱機에 있어서 固體燃料을 위한 調製 및 投入 system을 다루고, 第2部에서는 假燒工程에 있어서 燃料의 反應을 論述한다.

## 1. 直接點火(system)

固體燃料의 調製 및 投入에 있어서 가장 簡單

한 方法은 直接點火 system이다. (〈그림-1〉參照) 粉碎된 石炭은 中間에 貯藏하지 않고 石炭 mill의 모든 排 gas 및 水蒸氣와 함께 燃燒位置에 直接投入된다. 投入量 制御(feed control)는 mill의 前方에 配置되기 때문에 含水石炭(wet coal)만을 秤量하게 된다. mill을 豫熱機地域에 配置함으로써 不活性의 豫熱機廢 gas를 乾燥에 利用할 수 있다. system의 fan은 mill의 後方(down stream)은 勿論 前方(up stream)에도 配置할 수 있다. bell mill은 勿論 bowl mill 또는 roller mill을 이러한 應用에 使用할 수 있다. 豫備假燒 豫熱機/kiln system의 直接點火에는 2基의 mill이 必要하다. (1基는 kiln用이고, 1基는 豫熱機用이다.)

直接點火 system의 主된 利點은 單純하고 安全한 操作과 投資 cost가 낮다는 點이다. 特히 爆發性 燃料의 境遇에는 直接點火가 가장 좋을 것이다. 한편 mill은 正圧(+)으로 運轉해야 한다. 石炭은 可變的인 物質이기 때문에 豫想할 수

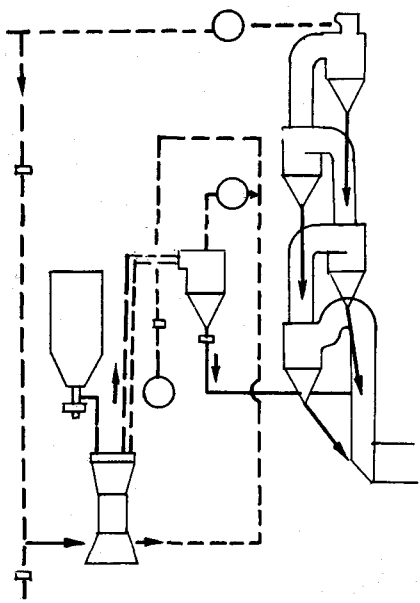


〈그림-1〉 直接點火 SYSTEM의 石炭 MILL

있는 것은 直接點火에 있어서 mill 運轉이(예를 들면 製品粒子의 크기) 石炭의 粉碎性, 粒度 및 水分含量에 따라서 變하게 된다는 點이다. 可變的인 水分含量은 石炭의 正確한 秤量供給과 system에 加해지는 乾燥用 熱風量에 影響을 미치게 된다. 이것은 安定된 on-line kiln 運轉에 影響을 미치게 된다. 또한 豫熱機에 過剩의 gas를 끌어들이기 때문에 廢 gas 損失과 燃料消費의 增加를 招來한다.

粉碎된 石炭에 對한 어떠한 豫備貯藏도 마련되지 않는 것은 明白하다. mill이 停止하면 點火는 멈추게 된다. fan을 mill의 後方에 設置하게 되면 fan 回轉子의 甚한 磨滅이 일어날 수 있으며 또한 그러한 位置로 因하여 空氣滿入에 의한 爆發危險性이 增加하게 된다. 한편 fan을 mill의 前方에 設置하게 되면 mill system이 負壓下에서 運轉되기 때문에 環境問題가 擡頭될 수 있다.

本 system은 값싼 石炭을 確保할 수 있고 또한 높은 含量의 揮發性 物質로 因하여 閉回路 또는 粉炭의 中間貯藏으로 安全한 粉碎를 할 수 없



直接點火 SYSTEM의 閉回路石炭 MILL

는 境遇에 應用할 수 있다. 〈그림-1〉에 보는 바와 같이 閉空氣回路(closed air-circuit)에 依하여 mill이 運轉되는 system은 이러한 短點을 어느程度 除去할 수는 있지만 閉空氣 回路를 可能케 하는 石炭이 必要하다.

## 2. 半直接點火 system

〈그림-2〉에 보인 것은 보다 複雜하지만 工程에 投入되는 乾燥石炭을 보다 良好하게 調製하고 秤量할 수 있는 system이다. 半直接 system에 있어서 mill에서 排出되는 炭塵含有 gas를 豫熱機(P/H)에 直接投入한다. 그러나 燃料의 主된 흐름은 貯藏하였다가 間接적으로 投入시킨다. 石炭의 乾燥에는 豫熱機에서 나오는 340°C이나 370°C 또는 그 中間溫度의 不活性 高溫 gas를 擇할 수 있다. 高溫 gas의 溫度水準이 그렇게 높기 때문에 mill排 gas의 흐름을 豫備假燒機로 環元시킬 수 있다.

〈그림-2〉에 提示한 ball mill代身에 bowl 또는 roller mill도 設置할 수 있다. 粉炭用貯藏庫(storage bin)에는 不活性의 gas(예를들면 CO<sub>2</sub>)

나  $N_2$ )를供給해야 한다. 安全한 運轉을 위해서는 同時制御裝置(co - controls), 爆發辨(expl-  
 osion flaps) 및 壓力濾過器(pressure filters)  
 를 設置해야 한다. kiln 및 豫備假燒機에의 石炭  
 의 定量供給을 위해서는 重量 system 의 損失 cl-  
 oss in weight system과 같은 密閉 system 이  
 나 流量計를 設置해야 한다. 故障없는 運轉을 위  
 해서는 各 供給系統에 供給物 貯藏庫를 設置해야  
 한다.

半直接點火에 있어서는 粉炭의 粒子크기 範圍  
 가 一樣하고 豫備假燒機 및 kiln에의 燃料供給이  
 一定하기 때문에 on-line kiln 運轉이 可能하게  
 된다. 豫備假燒機에 流入되는 不必要한 gas가 直  
 接點火에 比해서 적다. 石炭의 初期水分含量이  
 낮을 境遇에는 流入되는 gas 量이 最適일 것이다.  
 mill 이 停止하게 되면 kiln 및 豫備假燒機의 連  
 續적인 運轉을 위해서 貯藏된 粉炭을 供給하게  
 된다.

半直接 system은 보다 複雜하기 때문에 投資  
 費가 直接點火보다 높다. 하지만 特히 燃料價格  
 이 높고 初期水分含量이 낮을 境遇의 應用에는 投

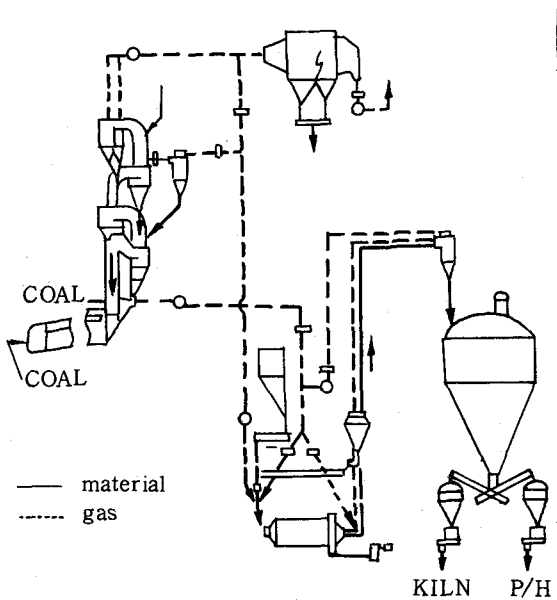
資費가 보다 빨리 償還되기 때문에 本 system 을  
 勸할 수 있다. europe에서는 揮發性 物質이 50  
 ~55%인 褐炭에 對해서도 論述한 바와 같이 貯  
 藏 및 供給 system을 어려움 없이 運轉하고 있다.  
 (이런 境遇 殘留水分量은 10%以上으로 維持됨)

### 3. 間接點火 system

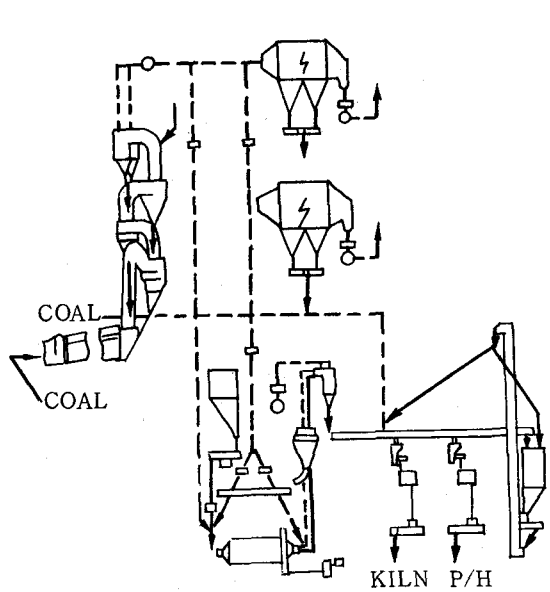
間接點火 system (<그림-2> 再參照)에 있어서  
 mill 排 gas로부터 얻어지는 炭塵과 함께 全體燃  
 料를 貯藏한 다음 豫備假燒機 및 kiln에 秤量供  
 給한다. kiln 및 豫備假燒機의 熱消費에 있어서  
 는 이것이 最上의 解決策이다.

不活性의 豫熱機 廢 gas 를 活用하는 粉碎 및 乾  
 燥는 ball, bowl 또는 roller mill로 遂行할 수  
 있다. 粉炭에 對한 連續的 循環 system을 利用  
 함으로써 kiln 停止後 物質 흐름에 있어서의 難  
 點을 避할 수 있다. 粉碎된 石炭은 圖示한 流  
 量計에 對해서 一定한 條件의 物質 壓力를 維持하  
 면서 各秤量 line에 對한 작은 供給庫(feed bin)  
 에 排出시킨다.

石炭 mill 의 排 gas 는 靜電機 集塵機 또는 不



<그림-2> 半直接點火 SYSTEM의 石炭 MILL



間接點火 SYSTEM의 石炭 MILL

活性條件下의 織物濾過機로 淨化시킨다. 이것은 空調塔(cenditoning tower)에서 冷却시킬 수 있도록 豫熱機廢 gas 를 分流(by-pass)시키므로써 達成할 수 있다. 이렇게 捕集된 粉塵은 石炭과 原料의 無害한 混合物을 形成하게 되어 粉炭用 貯藏庫에 投入시키게 된다.

石炭 mill 이 停止할 때는 集塵機를 다른 捕集目的에 使用할 수 있다.

豫備假燒機用으로 粉碎되고 秤量된 石炭은 大部分의 境遇 一次空氣를 添加하지 않고 燃料을 輸送하고 豫備假燒機에 直接 噴射시키는 壓縮空氣(pneumatic) pumping system에 投入한다. kiln 燃料亦是 類似한 P. P. S에 依해서 取扱한다. 그러나 kiln은 火焰을 適切하게 形成하기 위해서 10~20%의 一次空氣가 必要하며 따라서 附隨的인 一次空氣를 壓縮空氣 흐름과 結合하기 위해서 噴射裝置가 使用된다.

本 system은 가장 複雜하고 高價이지만 信賴性이고 正確한 石炭供給과 安定된 on-line kiln 運轉에 있어서는 最適이 된다. 豫備假燒機에 附次的인 石炭 mill gas 를 더 以上 投入하지 않으며 粉碎된 石炭을 貯藏했다가 供給하게 된다.

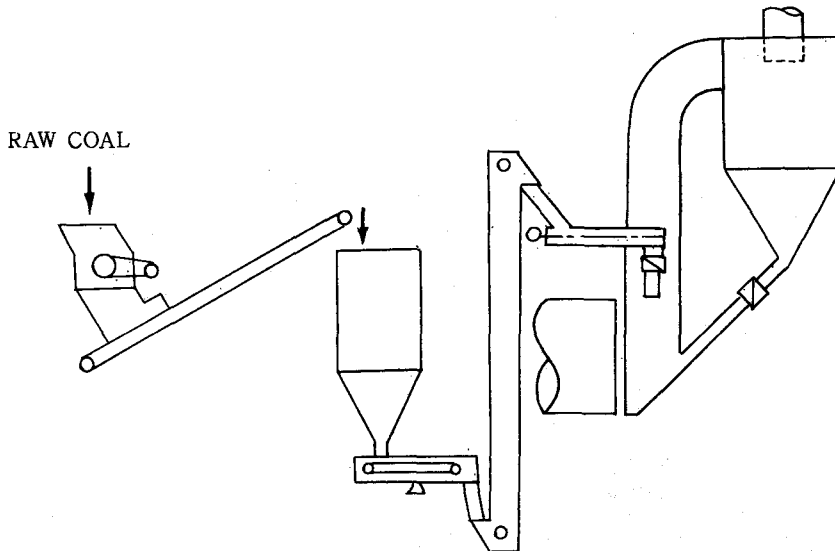
間接 system은 燃料價格이 높은 境遇, 特히 大部分의 境遇 基本條件上 循環 및 貯藏에 對하

여 아무런 問題點을 提起하지 않는 高品位 石炭(LCV > 6,000 kcal/kg)의 境遇에 應用할 수 있을 것이다. 初期投資에 對한 높은 消耗는 kiln system의 有效性이 增加하는것과 더불어 本system에 依해서 提供되는 全般的인 效率에 依해서 補償된다.

半直接點火는 勿論 間接點火에 必要한 配置로서는 粉碎 乾燥集塵, 貯藏, 計測 및 石炭供給을 위해서 수많은 system成分이 使用된다. 明示된 system成分을 相異하게 組合함으로써 計劃에 使用할 수 있는 特別한 種類의 石炭에 對한 必要性을 充足시키기 위하여 여러가지의 system을 設計할 수 있다.

#### 4. 豫備假燒機에서의 塊狀石炭의 燃燒

塊狀石炭 또는 類似한 固體燃料의 應用은 極히 最近에 시멘트調合原料의 假燒에 있어서 그 重要性을 認定받게 되었고 所有主와 緊密한 協助下에 製造者로부터 供給된 kiln system에 있어 開拓者의 役割을 하였다. 全體 燃料 必要量의 一部가 크기 2" 이고 水分含量이 10%에 이르는 塊狀으로 最下段豫熱機(P/H)의 rising duct 에 投入된다. <그림-3> 粉碎할 수 없는 固體燃料은 그 方法에 의해서 使用할 수도 있다.



<그림-3> 塊狀石炭投入의 石炭粗碎

粉碎 system을 附加하지 않기 때문에 kiln 容量이 增加할 수도 있다. 이것은 現存하는 mill 容量이 限界因子일 境遇에는 特히 有益하다.

塊狀크기 燃料의 投入은 制限되어 있으며 燃料의 初期水分이 kiln 에 들어가게 됨에 熱消費量과 廢 gas 體積이 增加하게 된다. 그러나 이 方法의 單純性과 낮은 投資 cost 로 因하여 別途의 豫備假燒機를 設置할 必要없이 既存 humboldt 豫熱機(P/H) system에 設置하는 것이 適切하게 되었다. 假燒를 위한 塊狀의 크기 燃料의 投入은 廢 tire, 工場廢棄物 및 廢棄木炭 따위와 같은 廢棄物質의 境遇에 主로 推薦된다. 그것은 新設 또는 既存工場에 있어서 粉炭, 石油 또는 天然 gas 를 使用하는 豫備假燒機의 點火 system에 對해서 獨創性있는 供給法이다.

이點에 對해서는 追後에 보다 詳細하게 論議할 것이다.

**5. 豫備假燒 system에서 固體燃料의 燃燒**

過去 2年間 理論的 考察을 確認하고 補完하기 위하여 pyroclon 豫備假燒機 system 에 있어서

固體燃料의 燃燒工程을 分析하기 위한 一連의 試驗이 工業的인 規模로 行해졌다. 이러한 試驗과 運轉期間을 <그림-4>에 列舉하였다.

微粉碎된 石炭을 使用할 境遇에는 豫備假燒度, 豫熱機 廢 gas 溫度 및 點火速度사이에 天然 gas 나 石油와 同一한 關係가 成立함이 밝혀졌다.<그림-4>참조. 이런 境遇 燃燒는 適切한 크기의 假燒機反應 duct 內에서 거의 完全하게 이루어진다.

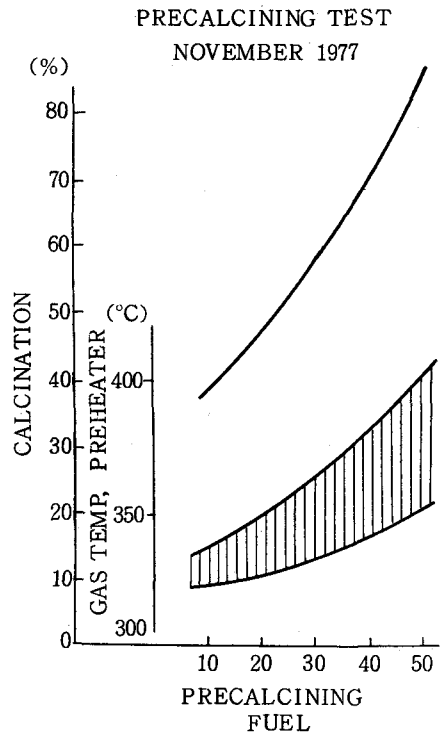
粗碎 또는 部分的으로 덩어리진 石炭을 投入할 境遇에는 다른 狀態가 擡頭된다.<그림-5> 參照) 이러한 境遇에는 4個의 相異한 燃燒相을 確認할 수 있다.

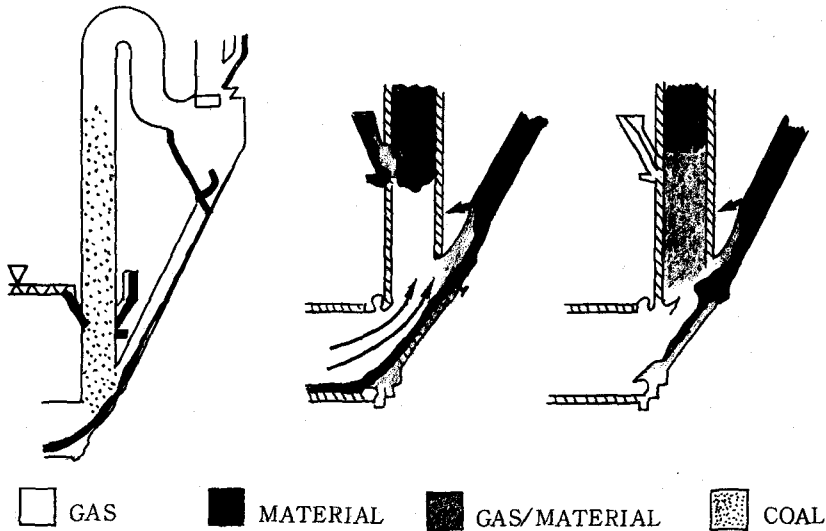
(1) 微細한 部分은 反應機 duct 의 氣流에 浮遊되어 cyclone 에 到達하기 前에 그 燃燒를 完結함으로써 生成된 熱이 即時 假燒에 利用된다.

(2) 보다 粗粒의 粒子는 氣流에 浮遊되지만 cyclone 에 到達하기 前에 燃燒가 完結되지 않는다. 그들은 原料와 함께 gas 로부터 分離되어 回轉爐의 投入口域에서 燃燒가 完結됨으로써 그 熱이 假燒에 利用된다.

plant	condition	kind	feeding in calciner	remarks
1 AI 5.2 × 80 M	coal dust	coal	pneumatically	test run
2 W 4.5 × 78 M	"	"	"	continuous run
3 S 4.2 × 50 M	lump coal	"	mechanically	test and continuous run
4 F 3.6 × 50 M 갈탄	filtered wet coal	"	"	test run
	briquetting lignite	lignite	"	"
	2" briquets	"	"	"
5 N 4.0 × 58 M	briquetting lignite	"	pneumatically	"
	coal dust	"	"	"
	sliced tires	scrap tires	mechanically	test and continuous run
5 AY 3.8 × 60 M	"	"	"	test run

<그림-4> PYROCLON 豫熱機 特殊石炭點火





〈 그림 - 5 〉 INLET CHAMBER WITH & WITHOUT DUST CYCLES

(3)塊狀石炭粒子는 氣流에 逆行하여 kiln에 떨어져 그 表面에서 燃燒를 始作한다. 放出된 熱은 kiln 排 gas의 熱量을 增加시킴으로써 假燒에 間接的으로 寄與한다. 이러한 過程에서 單一粒子는 燃燒 또는 다시 上昇하여 (1),(2)에 各各 記述한 바와같이 燃燒할 程度로 破裂되므로 그 크기가 減少된다.

(4) 꽤 큰채로 남아있는 塊狀石炭粒子는 部分的으로 燃燒된채 kiln에 到達한다. 그들은 大部分 物質層 (bed)에 浮遊하면서 徐徐히 燃燒를 完結한다.

이러한 大型粒子의 燃燒는 kiln load와의 直接接觸 및 同時運動에 있어서 徐徐히 進行됨으로써 發生된 熱의 大部分이 假燒에 直接 利用된다. 나머지 kiln 排 gas의 溫度를 若干 增加시키게 된다. 모든 相이 燃燒에 必要한 酸素는 kiln gas 및 /또는 3次 空氣에 依하여 供給된다.

燃燒相에 있어서 지나친 熱이 放出될 境遇 이 領域은 特別한 kiln 投入으로써 供給되게 되어 溫度에 있어서 귀찮은 增加를 避하게 된다. (〈 그림 -5〉參照)

이것은 黃含量이 높은 燃料 및 /또는 原料를 使用할 때 有益하다. 보다 粗粒인 燃料의 論述한 燃燒相은 回轉爐 및 豫備假燒 豫熱機에 있어서 全體假燒工程에 對한 熱放出의 調節 및 가장 重要한 法測에 따른 調節을 可能하게 한다.

“假燒工程中에는 豫備假燒의 相異한 領域에 있어서 kiln 原料가 吸收할 수 있는 熱量만을 放出해야 한다.”

이러한 法測에 따르므로써 gas 溫度는 分解溫度以上에서 可能한 限 적게 增加하게 된다. 一般적으로 알려진 바와 같이 熱傳達는 다음 事項에 依存하게 된다.

① 高溫 gas에 實際로 露出되는 物質의 表面 (粒子 크기의 範圍 및 高溫 gas에 있어서의 分散度)

② gas와 物質의 溫度差

③ gas에 있어서 物質의 滯留時間

이러한 法測에 依해서 왜 豫備假燒機를 갖는 4段 cyclone 豫熱機가 65乃至 80%의 豫備假燒度로서 가장 낮은 熱消費를 達成하게 되는지 그리고 왜 回轉爐에 있어서 粒子의 크기가 粗粒인 原料가 보다 經濟的으로 되는지가 說明된다.

이러한 依存性에 依하여 燒成帶를 保護하기에 適切한 方式으로 kiln system에 塊狀石炭을 投入함으로써 最終假燒에 必要한 熱의 一部分을 供給하는 것이 可能하게 되며 同時에 豫熱機에 있어서 不必要한 熱損失을 避할 수 있다.

塊狀燃料의 燃燒가 徐徐히 進行되는 것은 粗粒의 原料粒子의 最終假燒가 느리게 進行하는 것 및 回轉爐에 있어서 若干非效率의인 熱傳達에 아주 適切하다.