

# Kiln 運轉에 있어서

## 科學과 技術(翻譯論文)

— 키른의 手動運轉은 技術과 經驗을 더욱 要求하는 까다로운 일이다 —

現代建設株式會社 柳 在 洪  
丹陽시멘트工場燒成課

本譯은 最近美國에서 發刊된 「Rock. Production」誌에 실린 「Bendy Engineering Co.」社長이 쓴 「Kiln operation-more art than science」을 翻譯한 것으로서 美州地域에서의 키른運轉近況과 「컴퓨터」에 의한 運轉을 하기 앞서 어떤점들이 解決되어야 하며 運轉上 共通된 隘路點이 무엇인가에 대하여 要約하였기 때문에 關係者들에게는 多少興味를 줄 것이므로 拔萃하였다.

美國과 캐나다에는 800個 내지 850個의 로타리시멘트키른이 있는데 그 中 約 16個의 키른은 「디지털컴퓨터」의 制御로 運轉을 하고 있으며

그림 1. 회전로 아래로 原料가 흐르는 모양

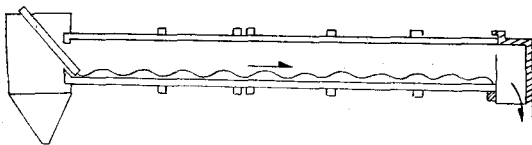


그림 2. 原料가 「쿨라」로 떨어질때까지 300°F의 열을 받고 있다.

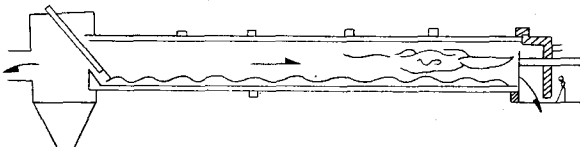
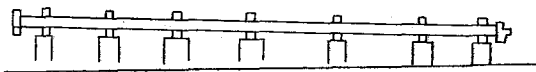


그림 3. 지면에 따라 그린 키른의 「다이아그램」



몇個는 「크로즈드 아날로그 루-푸」에 의하여 自動적으로 제어되고 있다. 나머지 800個는 거의가 手動으로 運轉하고 있으며 現在도 約三百名의 運轉工이 每 5分 내지 10分마다 키른內部를 들여다 보고 狀態를 調査하는데 이런 것으로 미루어 볼때 키른運轉은 科學보다 熟練을 더 要求하게 되며 그들 判斷에 따라 安定된 運轉을 維持하기 위하여 調節하게 된다.

앞으로 10年內에 大部分의 키른은 「컴퓨터」에 의하여 制御될 것이며 또한 바람직한 일이다. 우리는 이러한 때가 倒來하도록 기다리는 동안 키른手動運轉에 必要한 改善을 하기 위하여 할 수 있는 것은 모두 해야하며 아마도 「디지털 컴퓨터」를 「프로그래밍」을 하는데 使用하게 될 事項들을 開發시키고 배우게 될 것이다.

키른을 運轉하는 基本目的은 熱에 의하여 化學反應을 生成시키는 것으로 原料에는 네가지 酸化物이 있다. 즉  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  와  $CaO$  등으로 이들은 대개 S, F, A 와 C로 약해쓴다.

이들 酸化物은 약 2300°F의 熱을 받을때  $C_4AF$ ,  $C_3A$ ,  $C_2S$ ,  $C_3S$ , 를 形成하기 위하여 結合한다. 그렇게 하면서 熱을 發散하여 約 2750°F로 溫度를 上昇시킨다. 만약 燒成溫度가 너무 낮으면 化學反應은 完全히 이루어지지 않으며, 底質의 크링카가 生成되게 된다.

만약 溫度가 너무 높으면 키른內部 煉瓦가 녹거나 破損을 입게된다. 그래서 燒成運轉은 一定한 溫度範圍안에서 行하여져야 한다. 原料는 傾

畚箕 큰 上部入口로 投入되며 이때 큰은 回轉하고 同時に 原料는 큰아래쪽으로 移動하는데 完全に 通過하기 위하여는 여러 시간이 걸리게 된다. (그림 1 참조)

下部끝에는 3000°F 불꽃이 燒成을 하도록 하며 불꽃은 排出部分끝으로 移動할때까지 原料를 加熱시킨다. 化學的인 結合은 排出部分에서 약 40「휘트」되는 부근에서 일어나며 「후드」에 있는 檢視홀을 통하여 溫度變化를 알 수 있다. 이 40「휘트」부근을 “原料供給線”이라 하며 「Load, Raw Feed, Green Feed」라 부르기도 한다. 放熱測定器로 큰內部 復合溫度를 測定하는데 이는 原料와 불꽃, 加熱캐스가 反對로 흐르도록 되어 있는 向流加熱過程에서 利用된다.

原料가 아래쪽으로 移動하게 되는데 이 때 原料는 燒成帶의 溫度를 떨어뜨리기 때문에 燒成帶를 가열시키는 불꽃의 加熱效果에 의하여 均衡을 맞춰줘야 한다. 溫度가 갑자기 上昇하는 化學反應點은 항상 一定한 狀態를 維持해야 한다.

手動이든 自動이든간에 燃燒率을 調節하므로 燒成過程을 制御하는 것은 간단할 것 같으나 實在에 있어서는 간단치 않은데 이는 部分的으로 反應時間의 지연에 起因한다.

첫째로 煉瓦와 原料, 「코팅」은 상당히 熱變化的인 지연성을 가지고 있으며 燃燒率이 變할때 上記의 것들은 매우 느리게 溫度를 變化시킨다. 그후 溫度는 과잉상태를 나타낸다.

結定的으로 化學反應이 일어나는 燒成帶는 큰全體의 약 15%를 占有하게 되는데 上圖 1.2에서는 紙面면의상 그랬지만 實在 위치는 아주 다르다.

긴 큰에 있어서 燃燒率이 變할때 마다 數時間이 지난후에야 燒成帶에 들어가는 原料에 熱變化的인 영향을 끼치게 된다. 이들 理由 때문에 많은 大 큰은 다음과 같은 일들이 反復되는데 즉 한편으로는 심한 燃燒로 溫度를 떨어뜨리고 또 한편으로는 약간의 燃燒로 高溫이 되는 일들이 交代로 發生하게 된다.

이러한 不規則한 燃燒狀態는 生産量을 감소시킬 뿐더러 燃料消費의 增加를 가져온다. 이러한 變動을 除去하며 安定되고 效率的인 運轉을 하는 것이 運轉工의 일이다. 手動으로 運轉되는

큰을 包含하여 大部分 큰에 있어서 몇가지 條件들은 精密하게 되었으며 간단한 「아날로그 루-푸」에 의하여 自動적으로 制御된다. 이들은 “安定한 周圍制御”라 하는데 그 理由는 相互 간섭없이 二個의 制御가 作動할 수 있는 安定한 주위를 維持하는 것이다. 安定한 周圍制御에 속하는 것으로는 密度制御器에 의하여 「스러리」습기, 通風機 「웬」速度, 「후드」差壓 炭 燃燒時에는 一次空氣와 炭溫度, 「오일」燃燒時, 「오일」溫度와 壓力, 「캐스」연소시 「캐스」壓力, 二次空氣溫度(이는 部分的으로 成功)등이 있다. 主 制御에는 燃燒速度와 큰-큰速度를 말한다. 燒成帶의 溫度를 높이고 “原料供給線”을 큰안쪽으로 移動시키기 위하여 運轉工은 燃燒率을 增加시키고 큰速度나 兩者를 減少시킬 수 있다 燒成帶의 溫度를 낮추고 “原料공급선”을 좁히기 위하여 燃燒率을 감소시키고 큰速度가 兩쪽을 增加시킬 수 있다.

燃燒率은 炭일 경우 秤量供給器에 의하여, 「오일」이나 「캐스」일 경우는 調節流量計에 의하여 빨리 그리고 正確하게 變化시킬 수 있다.

이들 燃燒制御器는 正確을 기할 수 있으며 信用할 수 있다. 酸素와 可燃物質 分析器는 燃料와 空氣의 正確한 比를 維持할 수 있도록 送風機를 調節할 수 있도록 되어 있다.

× × ×

큰 速度는 순간적으로 調節할 수 있도록 되어 있으며 큰速度 變化는 原料가 燒成帶로 運搬되는 比率를 순간적으로 變化시키는 方法이다

큰에 原料供給은 乾式인 경우 秤量供給器에 의하여 濕式인 경우에는 「마그네틱」流量計에 의하여 큰速度에 比例하게 된다 오랫동안 變化를 要할 때는 原料供給의 變化라든가 큰 速度에 對한 原料 比가 調節되어야 하며 이러한 變化는 2~3 시간 동안에 燒成帶에 영향을 미칠 수 없으며 一時的인 條件의 修正을 위하여는 소용이 없다.

大多數의 運轉工들은 燃燒率을 變化시켜 큰을 運轉하기를 좋아하며 큰速度를 높이며 한다면 燃燒率을 最大限으로 높일 수 없거나 變質의 크 링카를 生産하기 위하여 “原料供給線”을 더 이상 늘이지 못 할때에 한해서만 노력할려고 한다.

여러計器를 利用하여 火室内部에서 發生하는 여러 가지 일들을 알 수 있는데 즉 排出가스 測定器, 가스分析器 豫熱器에서 氣스와 原料溫度 測定器, 「칼신닝」帶에서 氣스, 原料測定器 放熱 測定器에 依하여 焦點溫度測定, 「火室 드라이 부」에 要求되는 動力을 위한 「와—트 메타」 容 重記錄計가 있다.

몇가지 計器 즉 焦點溫度는 매우 穩當할 수 있으나 다른 것 들은 現在로써 運轉條件에 關聯해서 만족할 만한 것이 못된다.

눈이나 TV 「스크린」을 통하여 「후—드」 內

部를 관찰하게 되는데 運轉工들은 이들을 通하여 “原料供給線” 크링카 狀態, 原料의 쌓임, 原料層의 두께 「코팅」상태, 「알카리」煙을 發見하게 된다. 이들을 總稱해서 「비지블 피드백」(Visible Feed Back)이라 한다.

運轉工의 또다른 基本任務는 火室内部의 가장 適合한 位置에서 良質의 크링카를 生産할 수 있도록 燃燒率을 調節하는 것이다. 變動이 없고 고장이 없는 運轉은 누구나가 바라는바이며 이는 最大限의 生産量과 最大限의 煉瓦壽命, 最 小限의 燃料消費를 가져오기 때문이다.

그림 4. 고장이나 변동이 없을때 火室 온도 「차트」

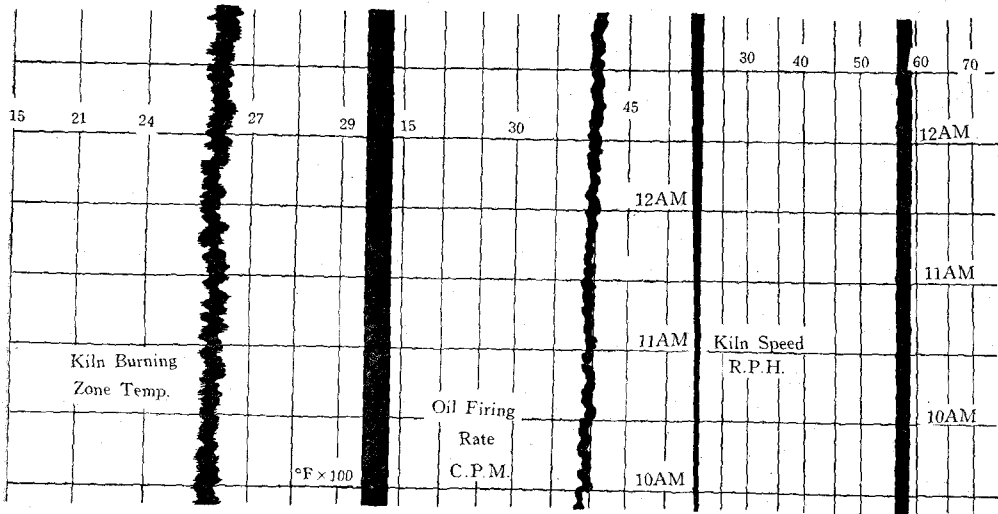
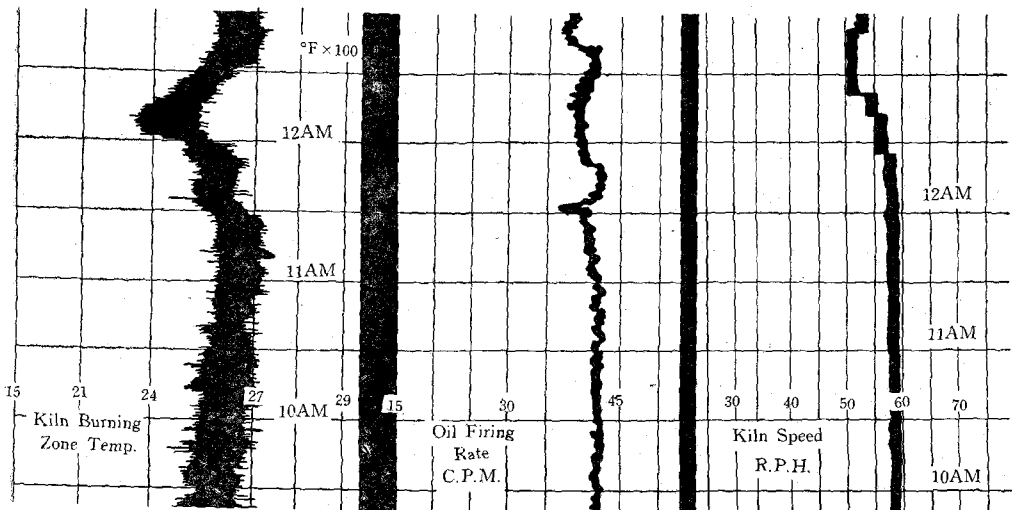


그림 5. 많은 變動이 있거나 火室 온전이 一定하지 못할때



키른運轉은 거의 手動調節을 要하지 않지만 (그림 4) 運轉은 항상 평탄한 것이 아니기 때문에 溫度變化는 많은 조정과 變動을 가져온다(그림 5). 이런때는 運轉工의 오랜 經驗과 키른內部에서 어떤 일이 다음에 發生할런지 계산할 수 있는 天性的인 素質이 있어야 한다. 앞에서 記述한 것처럼 手動으로 놓고 運轉시 科學的인 裝置보다는 더욱 技術을 要하게 되며 燃燒率을 變化시킬때마다 할시간에 關하여 意見이 要求되며 同時에 어느정도 變化시킬까에 對하여도 判斷을 要하게 된다. 키른運轉工들은 燒成帶뒤 盲點部分 때문에 곤란을 받게 된다. 放熱測定器나 눈으로는 소성대 뒤를 測定할 수도 볼 수도 없다. 또한 「디스트」, 「알카리」煙, 불꽃등으로 키른排出部分에서 50「휘트」地點에서 溫度를 正確히 알아낼 수도 없게 한다. 熱傳帶를 設置해도 키른排出部分에서 150「휘트」以內에서의 高溫을 견딜 수 없으며 그 結果 100「휘트」지점에서 「콘트롤 휘트백」은 빠지게 된다. 이 100「휘트」지점은 原料가 많은 적든 또한 豫熱의 정도에 관계없이 燒成帶로 들어가게 하는 곳으로서 計器나 사람눈으로 볼 수 없다. 또 다른 運轉工이 느끼는 隘路點은 原料의 不規則한 移動이다. 運轉工들은 原料移動이 키른에서 一定한 것으로 생각하며 希望한다.

어떤 지점에서는 1회전에 4「휘트」가 있는데 對하여 다른 지점에서는 1 회전에 2 「휘트」의 原料移動이 있는데 어느정도의 變動에 對하여는 多少 견딜 수 있지만 너무 빈번한 變動에 對하여는 運轉條件을 마음대로 다루지 못하게 한다.

이런 일이 생기면 原料의 쌓임이 이루어지며 반면 運轉工은 燒成帶뒤면 盲點部分에 對하여는 이러한 것을 豫想할 수도 없고 原料의 不規則한

供給도 탐지할 수도 없다.

燒成帶로 原料移動을 상당히 變化시키는 要素가 있는데 CO<sub>2</sub>의 放出은 原料를 流動시키며 空氣運搬裝置처럼 原料를 아래로 이동시킨다.

키른內의 原料 1 입방「휘트」에 50「파운드」의 무게가 나갈때 熱減量을 35%로 보면 CO<sub>2</sub>의 17.5「파운드」가 원로 1입방「휘트」에서 방출된다고 볼 수 있다. 이런 CO<sub>2</sub>는 1700°F에서 620 입방「휘트」를 차지하며 原料부피의 620 배가 되는데 이는 原料를 아래로 流動시키는데 充分한 量이 된다.

그러나 보통 키른傾斜만으로는 原料를 連續的으로 키른아래로 이동시키는데 充分하지 못하다. 때로는 原料가 液體처럼 빨리 흐르지만 경우에 따라서는 덩어리처럼 천천히 굴러서 내려가기도 한다.

溫度變化때문에 「칼신내손」의 速度를 變化시키며 燒成帶 바로 뒤쪽에서 原料移動을 變化시킨다. 이와같은 일은 燒成過程全體에 不安定한 結果를 招來시키며 燒成帶에 들어 오는 原料가 充分히 豫熱되 있지 않으면 CO<sub>2</sub> 가스 放出帶는 넓어지며 空氣輸送現象의 部分을 增加하여 原料를 갑자기 燒成帶로 流入하도록 한다.

이리하여 充分히 豫熱되지 않은 原料가 燒成되지 않은채 排出된다.

要約컨대 大回轉爐의 運轉을 安定하게 유지하기 위하여 두가지 隘路點이 있는데 하나는 燒成帶뒤 盲點部分의 溫度를 正確히 알 수도 측정할 수도 없다는 것이고 다른 하나는 燒成帶로 原料流入이 CO<sub>2</sub> 가스 放出로 不規則하다는 것이다.

上記 두가지 어려운 점이 극복될 때까지 키른 手動運轉은 심한 어려움을 感受해야 하며 어떤 自動制御裝置도 마찬가지가 될 것이다.