

# 포트랜드 시멘트의 製造

## 3. 燒成 및 冷却

朴 得 坤 譯  
〈雙龍企劃部生産管理課〉

K. C. Barrell

- ◇ 本章은 rotary kiln cooler의 여러가지 형태 및 火入 ◇
- ◇ 方法에 관하여 서술하였으며 燒成工程의 장치는 ◇
- ◇ 다음 章에서 기술하겠다.....◇

本서리즈의 첫제章에서 長型 kiln 付 濕式工程과 短型 kiln 및 豫熱機付 乾式工程과 slurry filter 豫熱機 및 短型 kiln 付 半濕式工程 그리고 豫熱機 및 短型 kiln 付 半乾式工程으로 발전한 포트랜드 시멘트의 rotary kiln의 發達 과정을 概述하였다.

이 여러 종류의 kiln 들은 kiln의 길이와 그 附帶施設 cooler 및 燃燒裝置를 제외하면 그 구조가 大同小異하며 여기서는 이 모든 형태에 대하여 기술하려고 한다.

### 1. rotary kiln의 構造

rotary kiln은 耐火煉瓦가 築爐된 圓筒型 강철 shell로 構成되어 있으며 여러개의 roller support가 kiln이 매분당 1회전씩 할 수 있도록 받쳐주며 水平에서 약 1/30의 경사로 설치되어 있다.

長型 kiln은 그의 上端으로부터 調合原料를 공급받으며 短型 kiln은 豫熱機를 통과해 나오는 원료를 공급받는다. 이 둘은 다 kiln의 下端에서 噴射되는 微粉碎된 석탄이나 oil 또는 gas로 燒成된다.

kiln에서 생산된 뜨거운 clinker는 rotary cooler나 grate cooler 또는 冷却 cylinder로

떨어진다.

<Fig-1>은 Lepol式 grate 豫熱機 및 grate cooler 付 短型 kiln의 전형적인 배치 상태를 나타낸 것이다.

#### 1) kiln shell 및 support

구조상으로 볼 때 kiln shell은 일정한 重量을 가진 非鑄造物의 均일한 管型 beam이다.

kiln은 자체의 屈曲應力 외에도 同體의 어느 일부분에 있는 gear에 의하여 회전되므로 비틀림應力을 받기 쉽다.

각 support는 kiln shell을 에워싸고 있는 ring 또는 tyre로 되어 있으며 한쌍씩 설치되어 있다. support의 적합한 個數는 beam의 應力, 즉 roller가 받을 수 있는 限界負荷와 이의 비용을 감안하여 결정해야 한다.

kiln은 tyre와 support roller만으로 접촉되어 있으므로 kiln shell의 許容荷重은 이들 표면의 압축력과 함수 관계에 있다. 만약 이 荷重이 지나치면 이들 표면의 磨損率은 높아지고 표면은 손상된다. 따라서 kiln tyre와 support roller의 許容荷重은 support의 수를 결정하는 요인이 된다.

kiln tyre는 ring 상태로 鑄造하는 것이 표준 방법이다.

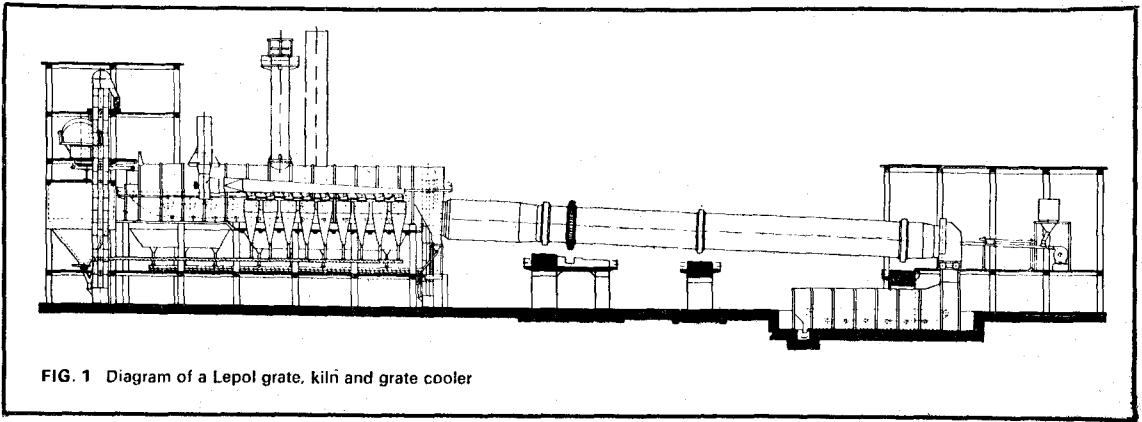


FIG. 1 Diagram of a Lepol grate, kiln and grate cooler

공장을 처음 건설하고 난 후에 kiln 을 對替한다는 것은 kiln shell 의 斷面을 잘라내고 낡은 tyre 는 새 것으로 교환하여 용접해야 하는 대작업이다. roller 는 비교적 용이하게 對替할 수 있으나 tyre 에 지나친 磨耗를 주지 않는 것이 중요하다.

kiln shell 은 ovaling (타원형으로 찌그러지는 현상)을 방지할 수 있도록 단단해야 하는 바 ovaling 은 耐火煉瓦의 수명에 큰 타격을 준다.

옛날에는 kiln 을 boiler 를 만드는 방식으로 튼튼하게 하기 위해 여러 겹의 鐵板을 리벳못으로 박아 제작하였는데 최근에는 shell 의 모든 joint 를 용접하여 만든다. 현장에서 용접할 때 항상 충격이 방지되어 있어야 하며 熔接後에는 X-ray 검사를 해야 한다.

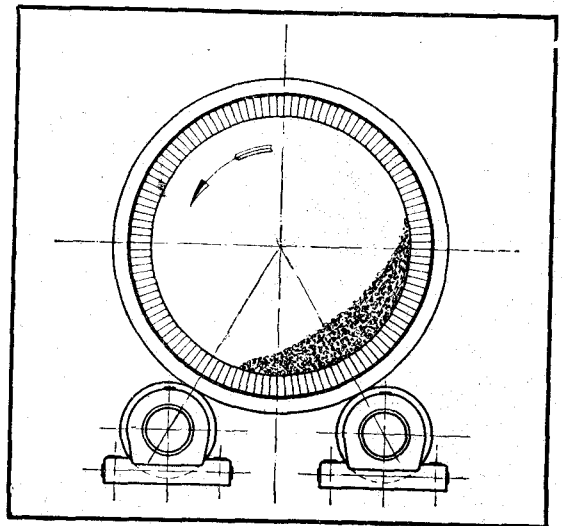
직경 4m의 shell 은 두께 30 mm의 鐵板으로 그리고 양쪽 shell 을 연결하는 tyre 는 두께 65 mm의 鐵板으로 제작해야 한다. 직경 5.5m shell 의 tyre 두께는 약 100 mm가 되어야 한다.

大型 kiln 을 제작하기 위해 몇몇 maker 에서 두께 150 mm 이상의 것을 제작할 수 있는 시설을 갖추고 있다. kiln 의 burning zone 의 직경은 다른 部分보다 약간 더 넓게 製作된다. tyre 는 shell 의 용접이나 bolt 로 이어진 자리—chair— 위에 設置된다. 그 典型的인 配置狀態가 <Fig-3>에 나타나 있다. chair 와 tyre 사이에는 shell 의 온도 상승으로 인한 팽창에 대비할 수 있는 충분한 빈 틈의 여유가 있어야 하며

그렇지 않으면 tyre 가 파열된다. 그래서 kiln 이 加熱되었을 때를 대비해서 아주 적으나마 틈이 남아 있도록 제작되는 것이 통례로 되어 있다.

이 때문에 kiln 이 회전할 때 shell 이 불가피하게 搖動하며 아주 微細하지만 shell 을 감고 있는 tyre 가 미끌어지게 된다. 그래서 이 사이에 stopper 가 있어 이런 경우에 대비한다.

Polysius 會社는 tyre 의 미끌어짐을 방지하고 supporting 을 증대시키기 위해 썰기 장치가 되어 있는 tyre 즉「splined tyre」를 開發했다<Fig-4>



<Fig-2> Cross-section of a rotary kiln at a support point

이 tyre는 직경의 여유가 充分하고 spline은 chair 위에 있는 凹凸部分에 꼭 맞게 끼워진다. 그리하여 水平의 直徑 가장자리에 효율적인 support가 가해지며 shell의 상반부는 spline의 邊에 狐로써 지탱되고 하반부는 spline의 邊에 걸리어져서 지탱된다.

이 splined tyre는 ovalling 현상을 減少시키며 shell이 더 얇아져도 되게 한다. 그리하여 耐火煉瓦의 수명을 개선함은 물론 製造原價를 절감시킨다. tyre는 chair의 縫合部分을 갈아낸 뒤 그위에 垂直으로 설치된다. tyre의 最終位置는 kiln이 加熱 팽창된 후 supporting roller와 精確하게 맞지 않을 경우 상하로 조정될 수 있다.

supporting roller는 tyre보다 보통 약 80 mm 넓은 鋼鐵 鑄造物이며 bronze bearing 안에서 軸廻轉을 한다.

supporting roller의 支持臺는 <Fig-3>에서 보여지듯 地面에 垂直으로 kiln의 軸에 설치되어 있다.

kiln을 精確히 一列로 하기 위해서 roller의 위치는 조정되며 이러한 補正은 kiln의 우수한 기계적 기능을 발휘시키는 매우 중요한 要因이 되고 있다.

kiln section을 설치하고 조립할 때는 이 section의 軸이 일직선인지의 여부는 물론, roller

FIG. 3 Tyre, chairs and support roller on a Vickers kiln

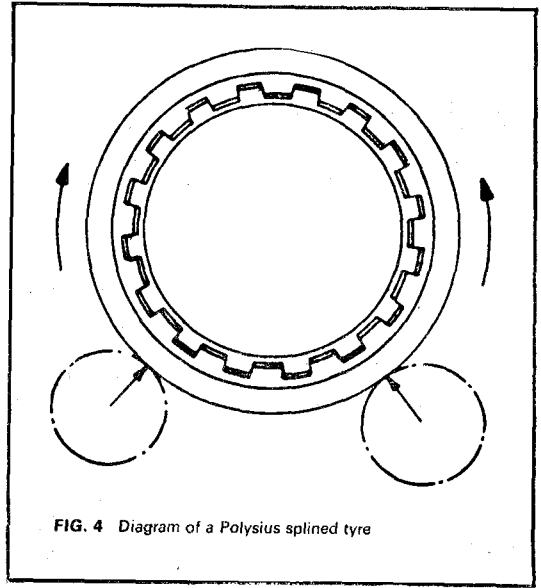
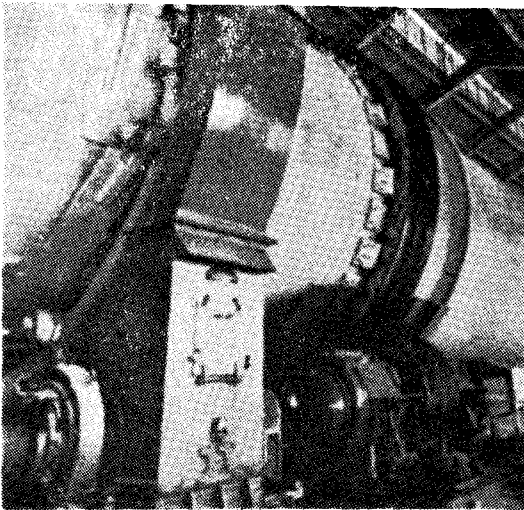


FIG. 4 Diagram of a Polysius splined tyre

의 軸이 section의 軸과 완전히 平行을 이루고 있는지 및 그 外에 shell과 tyre와 roller에 지나친 비틀림應力이 작용하고 있지 않은지를 精確하게 확인하기 위해 세심한 주의와 高度의 技術이 요구된다.

## 2) thrust gear

kiln shell과 耐火煉瓦와 그의 부수되는 施設物의 總荷重은 실로 막대하며 <Fig-5>에 나타나 있는 kiln의 總荷重은 약 4,000 톤이나 된다. kiln은 약 1/30의 각도로 경사지고 있기 때문에 thrust는 kiln이 廻轉할 때 미끌어지지 않도록 이 kiln을 roller 위의 제位置에 유지시켜 주는 역할을 한다.

옛날 舊式 kiln에서는 roller 軸의 일부분을 kiln 軸과의 平行에서 약간 빗길리게 고정시킴으로써 kiln 위치를 유지시켰는데 이 방법을 「cutting」이라 한다. kiln 구동모터에 가장 인접한 support는 軸이 垂直으로 된 두개의 thrust roller로 장치되어 있으며 tyre의 兩側에 하나씩 있다. 만약 cutting에 의한 thrust가 너무 크거나 작다고 판명된다면 kiln이 그 上限이나 下限에 도달할 때 이 thrust roller가 kiln 측면에 대하여 support해 준다.

cutting 을 正常的으로 조정하면 kiln 은 아주 서서히 위로 올라가게 된다. 그러나 thrust roller 가 過負荷되지 않도록 세심한 주의를 기울여야 한다.

support 의 표면에 注油를 적당히 함으로써 roller 의 전면이 골고루 磨耗되게 하고 pitting 生成을 방지하면서 kiln 을 限界內에서 浮動하게 한다. 그러나 그렇게 해도 out roller 와 thrust 를 가하는 roller 軸 위의 collar 는 磨耗된다.

kiln 이 점차 대형화함에 따라 kiln 의 구동 motor 다음에는 tyre 보다 thrust roller 의 개발에 더 중점을 두어야 할 것이다. 왜냐하면 thrust roller 는 그 重量이나 spring 에 의해 tyre 와 항상 접촉하고 있기 때문이다.

더욱 최근에는 thrust 가 負荷를 받아도 안전하게 조업할 수 있도록 그 負荷를 여러개의 thrust roller 에 균등히 분포시키기 위해 水壓機가 사용되어 왔으며 全 thrust 가 cutting 이 없이도 조업을 수행할 수 있도록 충분한 數의 水壓機가 설치되어 왔다. 이 水壓機는 tyre 와 support roller 의 수명을 개선시켜 주었다. <Fig-5> 에 F. L. Smidth kiln 의 水壓 thrust roller 가 나타나 있다.

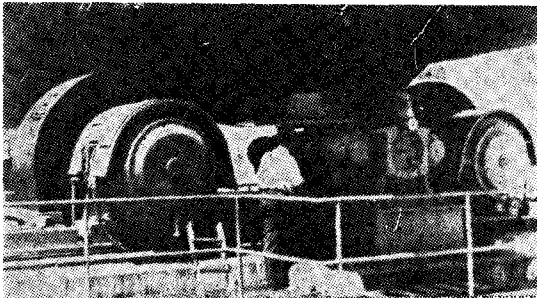


FIG. 5 Hydraulic thrust roller on our F. L. Smidth kiln

水壓機에 대한 oil 공급의 압력은 kiln 이 약 8 mm/h 위로 올라갈 수 있도록 조절된다. 이것이 頂點에 도달하게 되면 limit switch 가 oil 공급을 중지시키고 kiln 을 다시 일정한 속도로 밑으로 내려오도록 緩和 valve 를 열게 한다. 반대로 이것이 最下部에 도달하게 되면 limit switch 가 다시 oil 供給을 시작하게 되며 이런 일이 계속

속 되풀이 된다.

이렇게 하는 것은 어떤 cutting 도 thrust roller 에 control 할 수 없을 정도의 負荷를 줄 수 있기 때문에 support roller 를 정확히 centering 하기란 매우 중요한 것이다.

### 3) drive

kiln 은 대개 약 1 rev/min 로 회전하며 全速力의 약 1/2 내지 1/3 범위를 가지는 變速整流 motor 에 의해 운전된다. 보통의 범위는 3段 또는 4段減速 gearbox 를 통과하는 750 rev/min 의 motor 로부터 kiln shell 을 에워싸고 있는 girth gear 와 맞물리는 pinion 까지이다. girth gear 는 편의상 두개로 분리되어 설치되며 shell 의 팽창에 대비하여 tangent plate 나 이와 유사한 構造物 위에 설치된다. girth gear 는 充分한 齒幅을 가지므로 대형 kiln 은 두개의 motor 와 girth gear 와 맞물리는 두개의 pinion gear 列에 의해 운전될 수 있다. 예를 들면 길이 140 m, 직경 4 m 의 kiln 은 두개의 180마력 motor 를 가지며, <Fig-6> 에 나타난 길이 198 m, 직경 5.5 m 의 kiln 은 두개의 775마력 motor 를 가지고 있다.

kiln 이 加熱되어 있는 동안은 비록 燃料供給이 중단되었다 하더라도 회전을 중지해서는 안 된다. 그렇지 않으면 kiln 바닥에 깔려 있는 원료의 荷重 때문에 shell 이 不均一하게 냉각되어 바나나같이 꾸부러지며 support 에 overstressing 하여 shell 이 영구적으로 만곡하는 결과를 초래한다. 그러기 때문에 停電의 경우에도 kiln 을 계속해서 서서히 회전시키기 위해 補助구동 motor 가 준비되어 있어야 한다. 길이 200 m kiln 이 冷却 상태에서 運轉溫度까지 상승할 때의 길이 팽창은 500 mm 정도이다.

anchoring point 는 어떤 온도에서도 이빨이 확실히 맞물리도록 하기 위해 girth 에 밀착해 있어야 한다. 大型 kiln 에서는 이 anchoring point 가 kiln 의 가장 뜨거운 부분을 피해서 대개 중간 지점으로부터 약간 올라간 곳에 위치한다.

supporting roller 는 加熱되었을 상태에 적합하게 되도록 설계되어야 하며 冷却되어 있을 때는 kiln 兩端의 tyre 가 중앙으로부터 많이 벗어

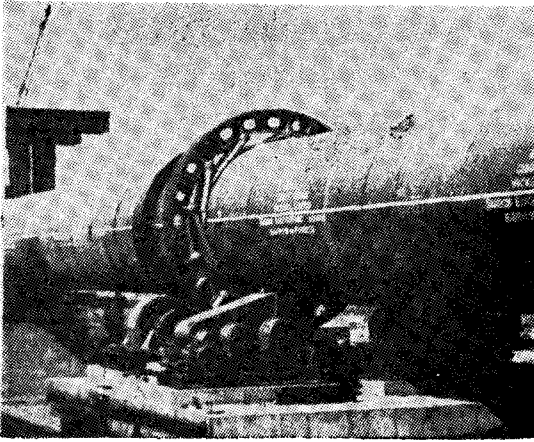


FIG. 6 Dual drive on 198m long Vickers kiln

나 있다.

#### 4) firing hood 및 back-end chamber

kiln의 火入口에서는 cooler가 붙어 있고 火入裝置와 監視窓과 출입문이 있는 고정된 hood가 있다. kiln의 끝은 이 hood로 돌출되어 있으며 shell과 hood 사이의 틈은 特殊 plate로 縫合되어 있는데 이 틈은 kiln의 회전은 물론 shell의 팽창에도 대비하기 위한 것이다.

뜨거운 clinker가 배출되는 shell의 끝부분은 耐火鋼의 nose-ring에 의해 보호되는데 이곳은 耐火煉瓦가 內裝되어 있다. 대부분의 시설에서 nose-ring은 외부의 공기에 의해 냉각된다.

<Fig-7>은 oil 燃燒 kiln의 한 hood를 예시한 것이다.

hood는 kiln이 내부 수리로 運休했을 때 철거하기 쉽도록 바퀴가 장치되어 있다.

kiln의 크기가 증가함에 따라 hood는 매우 중량화되고 고정되어지고 있다. 그러나 작은 dumper가 kiln 안으로 修理 재료를 운반하려 들어갈 수 있도록 큰 출입문이 준비되어 있어야 한다.

hood가 있는 火入室은 대개 조정실의 자리이며 舊式 공장에는 그 곳에 도구실이 있고 최신 공장에는 중앙 조정실이 있다.

kiln의 원료 공급구에는 고착된 inlet-chamber (back-end chamber)가 있다.

大型 kiln에서 이 inlet-chamber는 I.D.F(牽引排氣送風機)와 集塵機와 굴뚝에 gas duct로

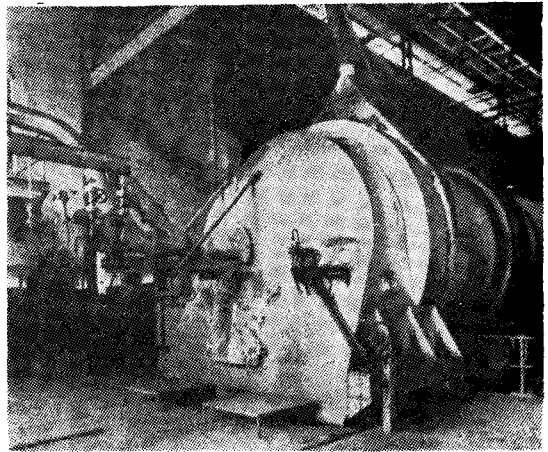
연결되어 있다.

찬 공급원료는 inlet-chamber에 있는 duct나 chute에 의해 운반되어져 kiln에 공급된다. 여기도 역시 밀폐되어야 하는데 chain system으로 설비된 濕式 kiln에서 이 seal은 온도가 겨우 250°C일 때도 20 m bar나 되는 압력차를 견디어내야 한다. 그러나 여기에 공기가 漏入되더라도 열 균형에 그리 큰 영향을 미치지 않는 것이나 I.D.F에 불필요한 load를 주어 零點이하로 온도를 저하시킴으로써 부식을 초래할 수 있다.

이 chamber에는 耐火煉瓦 補修와 kiln 내부 조사를 위해 출입할 문이 있어야 한다. 또한 이 chamber는 원료가 통과하거나, 과다할 때 되돌려 보내지는 trap의 역할을 하며 그 하부는 hopper 모양으로 되어 있다.

小型 kiln에서 이 chamber는 preheater와 연결되며 900°C 이상의 뜨거운 원료가 1,000°C 이상의 gas와 함께 흘러 내려가게 하는 chute가 설치되어 있다. 여기서는 약간의 空氣漏入이 있더라도 熱均衡에 큰 타격을 주기 때문에 밀폐가

FIG. 7 Hood at firing end of Polysius oil-fired kiln



아주 잘 되어야 한다. 그러나 압력 차이는 아주 적으며 seal은 대개 軸膨脹과 廻轉縫合에 대비하여 可動部로 되어 있다. kiln의 anchorage point는 이 chamber와 밀접해 있기 때문에 그리 큰 팽창은 없다.

kiln control을 위한 溫度計器와 gas 分析機

는 보통 이 방에 설치되어 있다.

## 2. kiln lining

rotary kiln의 최고 온도는 burning zone에서 약  $1,650^{\circ}\text{C}$ 에 달하며 이 高温 때문에 고급의耐火煉瓦가 築爐되어야 한다. 이러한 高温外에도 원료내의 lime과 융합하는 silico-alumina耐火煉瓦와 shell 표면을 흘러내리는 원료 사이에 物理的 마찰이 생긴다.

kiln이 조업시의 平常溫度에 이르면 약 50~80 mm 두께의 clinker coating이 부착된다. 이 coating 부착으로 煉瓦 표면의 약간은 침식되는 반면 生成된 coating은 이 coating이 유지되는 동안 더 이상의 융합과 마모를 저지한다.

coating 조각은 煉瓦 조각과 함께 떨어져 내리기 쉬우며, 그렇게 되면 coating이 다시 생성될 때까지 융합이 다시 반복된다.

만약 kiln이 비록 잠시 동안이라도 冷却되거나 정지하게 되면 coating 손실이 煉瓦 탈락을 일으키기 쉬우며 따라서 연속 運轉이 매우 중요한 이유가 되고 있는 것이다.

60~70%의 high alumina 煉瓦의 개발은 cement 공업을 많이 발전시켰다.

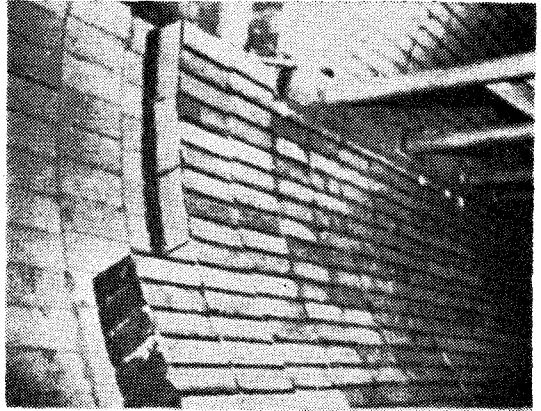
열기성 연와는 지금도 광범위하게 사용되고 있으며 dolomite 연와도 소수의 대형 kiln에서 사용되고 있다. 그리고 때때로 斷熱煉瓦가 煉瓦와 shell 사이에 삽입된다. 이러한 特殊耐火煉瓦는 단지 burning zone에서만 필요하며 kiln의 cold end로 감에 따라 점차로 그 요구되는 품질이 보통 耐火煉瓦로 떨어진다. 濕式 kiln에서는 보통의 耐火煉瓦가 chain zone으로 사용되기도 한다.

煉瓦築爐는 burning zone의 250 mm 두께로부터 濕式 kiln의 cold end에 이르러서는 80 mm 두께까지로 점차 감소된다.

煉瓦의 列을 매우 튼튼하게 築爐하기 위해서 꼭맞추고 조이고 채워야 한다.

jack은 wedging이 완전히 끝날 때까지 제위치에서 煉瓦列을 견고하게 받치고 있어야 한다. 그러나 shell을 찌그러뜨리지 않도록 몹시 조심해야 하며 어떤 경우에는 이 때문에 jacking 할

FIG. 8 Refractory lining being layed in a kiln



때 centering을 해야 한다.

특히 大徑 kiln에서는 이 centering이 필수적이다. 왜냐하면 centering이 되지 않은 채 jack으로 받쳐 올려져 있으면 unbalance된 荷重이 kiln을 회전시켜 버리기 쉽기 때문이다.

coating 형성에 관해 다시 언급하면 어떤 kiln에서는 coating이 과다하게 형성되어 소위 「clinker ring」을 형성하는 경우가 있다. 이들은 적당한 두께가 되었을 때 붕괴되거나 그때 일부의 연와와 함께 떨어져 나오는 경우가 가끔씩 생기는데 이때 생긴 덩어리들이 클러에서 말뚝을 일으키는 수가 있다.

「clinker ring」은 clinker가 이 ring 때문에 흘러내려가지 못하거나 화염이 이 ring을 통과하지 못할 정도로까지 많이 生成될 수 있다. 대다수 kiln에서는 이 clinker ring이 없으나 그렇지 못한 kiln은 이 clinker ring으로 심각한 애로를 겪고 있기 때문에 hood에 충을 장치하여 이들을 쏘아 떨어뜨리고 있다.

이 clinker ring의 形成要因은 비록 oil 燃燒 kiln에서도 나타나고 있긴 하지만 석탄재와 石炭粉의 微粉末과 화염과 原料와의 접촉 및 原料 자체의 성분에서 기인하는 듯하다.

## 3. cooler

clinker가 nose-ring을 통과해 나올 때의 온도는 약  $1,100^{\circ}\text{C}$  이상 되므로 conveyor에 옮겨 실기 전에 약  $60^{\circ}\text{C}$  까지로 냉각되어야 한다.

연료를 kiln 속으로 噴射시킬 때 사용되는 —

次 공기의 온도를 변화시키기 위하여 cold air 가 소요될 때를 제외하고는 연소에 사용되고 있는 공기가 cooling 에 사용된다.

cooler 는 kiln 밑에 위치한다. 즉 <Fig-1> 에 나타나 있는 바와 같이 kiln 밑에서 반대쪽으로 되돌아와 위치하던가 또는 <Fig-9> 에서와 같이 燃燒室 밑에 위치한다.

hood 를 장치하기 위해서는 kiln 이 교각 위에 설치되거나 cooler 가 지하에 파묻히게 된다.

### 1) rotary 및 integral cooler

rotary cooler 는 구조적으로 kiln 과 비슷하며 <Fig-9> 에 그 한 예가 나와 있다.

첫째 zone 은 耐火煉瓦로 築爐되어 있으며 clinker 는 다음 zone 으로 통과하는 동안 충분히 냉각되어 떨어져 내리기까지 kiln 에서의 clinker 와 유사한 과정을 밟는다.

공기는 kiln 의 견인 배기 시스템(induced draught system)에 의하여 흡입되며 cooler 의 hot end 는 철저히 밀폐되어야 한다.

rotary cooler 는 維持費가 적게 소요되는 간단한 기계 장치이나 clinker 와 접촉할 공기를 충분히 보내기가 어렵기 때문에 熱效率面으로 보아서 그리 효과적인 것이 못된다.

濕式 kiln 에서는 이 공기가 약 500°C 까지 가열되며 head room(hood)이 있어야만 한다. 그러나 integral cooler 의 개발은 이 head room 의 필요성을 많이 감소시켰다. 이 cooler 에서는 많은 小徑 cylinder 가 kiln shell 의 외부에 설치되어 있으며 clinker 가 투입될 수 있도록 shell 의 入口가 이들의 상단과 서로 연결되어 있다. 이리하여 공기와 clinker 는 여러개의 흐름으로

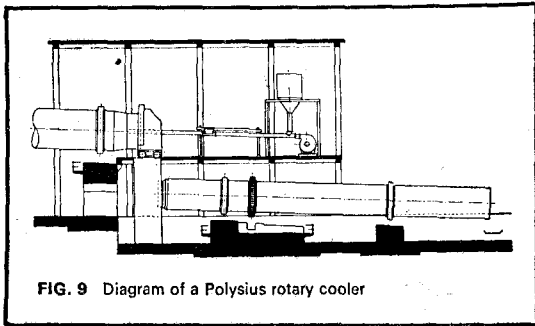
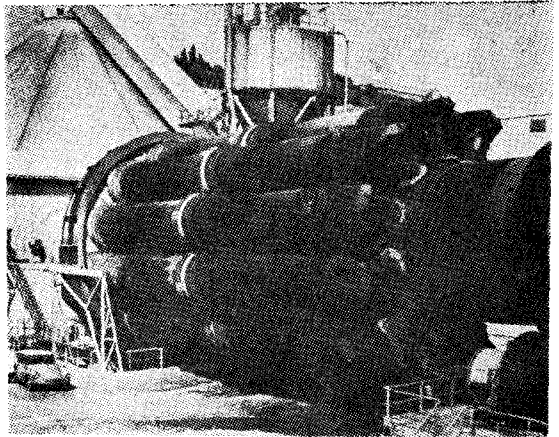


FIG. 9 Diagram of a Polysius rotary cooler

FIG. 10 An F. L. Smidth Unax kiln with integral cooler, with a capacity of 3,000 tons/day of clinker



나누어져 비록 이렇게 해서 얻은 많은 이익보다 radiation 의 손실이 더 컸다고 하지만 이들 사이의 접촉은 종전보다 많이 改善된다. 그리고 hood 와 kiln 사이의 seal(縫合部分)은 단순해지고 cooler seal 은 必要없게 되었다. <Fig-10> 은 이러한 integral cooler 가 장치된 F. L. Smidth 의 「Unax」 kiln 을 나타낸 것이다.

### 2) grate cooler

약 30년전 미국의 Fuller Co. 는 여러列의 鐵板(plate)으로 구성된—이 서로 교차하는 鐵板의列은 교차되어 있으며 왕복 운동을 한다—grate 위에 clinker 를 운반시켜 그 밑바닥으로 공기를 송풍하도록 장치된 cooler 를 개발했으며 이 왕복 운동하는 鐵板의 各列은 clinker 를 그 옆에 있는 여러列의 고정된 鐵板 위로 밀어 붙이고 grate 의 면에 분산시키며, clinker 의 유동은 往復運動速度로서 조절된다. grate 는 처음 제작될 때의 것과 같이 경사되어 있을 수도 있고, 수평일 수도 있는데 수평인 것은 head room 의 필요성이 더 줄어든다.

찬 공기는 fan 에 의해 여러 개의 방으로 나누어진 grate 밑의 공간으로 송풍되며 鐵板에 있는 작은 구멍을 통과하여 clinker 의 bed 을 통과하도록 불어 올려진다.

<Fig-11> 은 한 개의 fan 이 단 두개의 방으로 공기를 송풍하는 수평 grate 의 간단한 형태를 나타낸 것이다. 오늘날 실제에 있어서 이 방

들은 수개의 隔室로 나누어져 있으며 각 격실들은 공기 분포를 효율적으로 조절하기 위해 자체의 fan과 溫度調節 장치를 갖고 있다.

grate는 두 개의 zone으로 나누어진다. 즉 hot end에 있는 循環帶(recuperation zone)—二次 연소에 사용될 공기는 이 zone을 통하여 送風되며 kiln 입구에서 약 1,000°C까지 상승한다—와 반대쪽의 冷却帶(cooling zone)—clinker가 cooler로부터 배출될 때 약 60°C까지 냉각시키도록 충분한 추가 공기가 이 zone을 통해 송풍되며 이 공기는 약 240°C까지로 뜨거워진 후 이 cooling zone으로부터 배출된다—로 나누어진다.

cooling zone에서 배출된 공기들 중 일부는 일차 공기와 石炭乾燥용으로 사용될 수 있다. 그렇지 않을 때는 보통 이 공기에 함유된 clinker dust를 회수하기 위해 集塵機에 통과시킨 후 대기중으로 방출시킨다.

어떤 경우에는 이 공기가 原料粉碎 plant에서 사용되는데 이런 때의 plant는 보통 kiln의 반대쪽에 위치하므로 긴 斷熱輸送管이 필요하게 된다.

cooler의 배출구에는 clinker 粉碎機와 grizzly가 장치되어 있어서 clinker 덩어리를 분쇄하고 분쇄된 조각들을 더 냉각시키기 위하여 cooler에 다시 보내게 된다.

二次 공기의 유통과 hood에서의 압력과 grate의 속도와 배기되는 공기의 양을 조화시키기 위해 自動調節裝置가 사용될 수도 있다.

傾斜 및 水平 grate를 적절로 조합시킨 大型 cooler가 제작되고 있는 바 <Fig-12>는 Constant in Engineers에 의해 보급되고 Vickers製作所에서 제작된 日産 2,000톤의 이런 형태의 Fuller式 cooler를 나타낸 것이다. grate cooler는 F. L. Smith와 Polysius에 의해서도 개발된 바 있다.

#### 4. kiln 火入

kiln은 微粉碎된 석탄이나 oil 또는 gas로 연소된다. 微粉碎된 석탄은 gas나 oil이 일찌기 이용될 수 있었던 지역을 제외하고는 매우 오랫동안 거의 모두가 사용하여 왔다.

그러나 석탄의 가격 상승과 이의 handling 및 粉碎費用의 상승으로 인해 현재는 거의 모든 kiln이 oil로 對替되고 있다.

##### 1) 石炭燃焼

석탄은 보통 原料粉碎機에서 기술한 것과 유사한 air swept ball이나 roller mill 또는 Alfred Herbert의 'Atritor'와 같은 high speed mill에서 분쇄한다. 이들 mill에서 석탄은 대개 cooler나 kiln hood에서 送風되어온 뜨거운 공기에 의해 건조된다. 영국에서는 微分이나 遠心

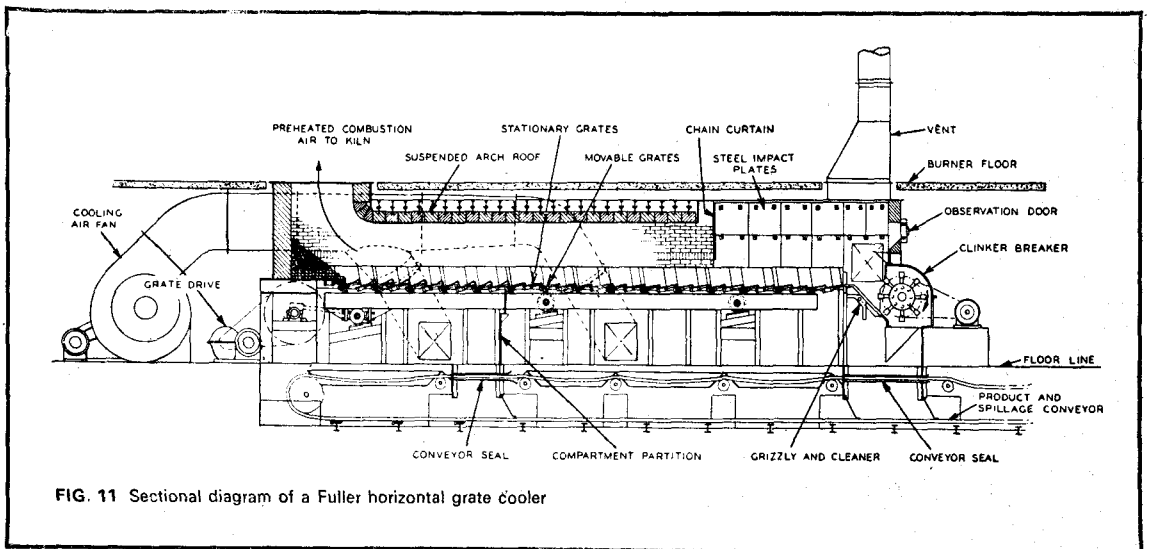
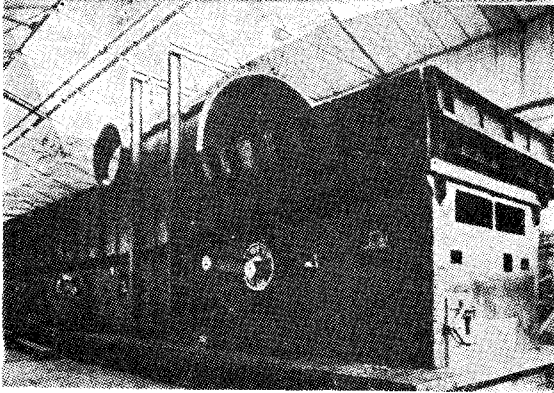


FIG. 11 Sectional diagram of a Fuller horizontal grate cooler



FIG. 12 Fuller cooler with a capacity of 2,000 tons/day, consisting of inclined and horizontal grates in tandem



分離로 選鑛되어 粉末로 공급되는 半瀝靑炭이 주로 사용되고 유럽의 대륙 지방에서는 영국에서 무연탄으로 분류되는 석탄이 광범위하게 사용된다.

만일 여러 종류의 석탄이 혼합되어 入荷된다면 kiln 에 공급되는 석탄의 성분을 일정하게 유지시키기 위해 효율적인 混合施設이 필요하다. 왜냐하면 휘발성분과 ash 성분의 급격한 변동은 hot zone 이 kiln 을 따라 급속히 이동되게 함으로써 工程이 다시 안정되기까지 品質이 불량한 clinker 가 생산되는 원인이 될 수 있기 때문이다.

火入에는 두가지 방법이 있다. 즉 mill 을 急流하는 氣流에 의해 석탄이 분쇄되면서 kiln 의 burner pipe 로 직접 투입되며 그 량은 mill 에 원료 석탄을 투입할 때 조절되는 직접 방법과 粉碎한 석탄을 cyclone 과 filter 로 모아 hopper 에 저장한 후 그 양을 조절하면서 feeder 로 뽑아내어 一次空氣送風으로 burner pipe 에 공급하는 간접 방법이 있다.

직접 방법에서 一次空氣의 양은 mill 의 필요량에 의해 결정하는 것이 가장 적합하며 燃燒空氣의 약 30% 정도가 적합하다. 그러나 간접 방법에서 이 一次空氣의 양은 燃燒 필요량에 의해 결정되며 연소 공기의 약 10%나 그 이하가 적합하다.

burner 는 대개 간단한 圓筒型 nozzle 이며 이 속의 온도는 석탄의 종류에 따라 다르지만 약

175°C 로 제한되며 nozzle 에서의 속도는 약 55 m/s 로 제한된다.

석탄에서 나오는 재의 일부는 clinker 속으로 떨어지는 바 調合原料의 성분을 계산할 때는 이를 고려해야 한다.

직접 방법에서는 매 kiln 마다 보통 한 臺의 mill 이 부설된다. 그러나 연속 운전을 中斷시키지 않기 위해 특히 roller mill 이나 high speed mill 을 설치한 경우, 한 臺의 mill 을 대기용으로 하여 두 臺의 kiln 에 세 臺의 mill 을 설치하고 있다.

간접 방법에서 微粉碎된 석탄을 각 kiln 에 있는 hopper 로 분산시켜 공급함으로써 여러 臺의 kiln 에 한 臺의 mill 만으로 그 역할을 다할 수 있다.

두가지 방법의 특성을 간단히 요약하면, 직접 방법은 간단하며 火災와 爆發의 위험성이 낮다. 그러나 自動燃燒調節을 하고 있는 곳에서 mill 에 투입하는 原料石炭의 종류를 변경하거나 微粉碎된 석탄을 burner 로 운반할 때 중간에 흔히 생기는 시간의 지체로 인하여 어려움이 야기되며 또한 定量調節에만 의존하므로 水分含量이 변화됨에 따른 영향에 의해서도 어려움이 발생한다. 한편 mill 이나 燃燒 fan 을 수리할 때 kiln 을 運休시켜야 하는 사태를 피하기 위해 적당한 餘裕施設이 필요하다.

간접 방법은 좀 복잡한 편이며 handling 과 微粉石炭의 저장 때문에 화재와 폭발의 위험성이 크다. 건조된 微粉石炭을 burner 에 공급하는 것은 burner 에 인접한 計重供給機(weight peeder)에 의하여 조절되며 공급 변화에 대한 對應措處가 신속하다.

微粉炭의 재고를 충분히 준비해 둬으로써 連續運轉을 확실히 할 수 있으며 燃燒 fan 이 있어 깨끗한 공기를 사용하기 때문에 고장으로 인한 수리가 거의 필요 없다.

## 2) oil 燃燒

pumping 과 저장에 용이하고 청결하며 게다가 粉碎施設이 필요 없고 따라서 이러한 시설의 수리로 인하여 kiln 을 運休시킬 필요가 없기 때문에 oil 연소가 石炭燃燒보다 유리하다. red-

wood 약 3,500 sec의 重級 bunker C油가 oil 燃焼에 주로 사용된다.

이 oil은 pumping을 위해 가열되어야 하며 또 噴霧를 위해서 약 40°C까지 가열되어야 한다. 연소 pipe는 — 一次空氣는 fan에 의하여 이 연소 pipe로 운반된다 — 微粉炭을 연소할 때와 같이 hood에 장치되어 있다.

噴霧機는 연소 pipe 안에 있으며 一次空氣와 霧散된 oil은 單式圓筒型 burner nozzle로부터 噴射된다. 循環比가 양호한 spill-return burner가 일반적으로 사용되며 필요한 일차 空氣는 10%를 넘지 않는다. 만약 어떤 kiln을 석탄 연소에서 oil 燃焼로 對替하게 되면 熱消耗率은 火焰特性이 변화되기 때문에 통례로 보아 약 10% 상승하며 여분의 熱은 굴뚝으로 손실된다.

### 3) gas 燃焼

공급이 용이한 지역에서는 methane gas와 天然 gas 및 精油工場의 gas가 사용되며 石炭이나 oil과 마찬가지로 hood에서 一次空氣로 噴射되어 사용된다.

火焰 특성이 다소 특수한 곳에서는 oil과 gas가 교대로 또는 복합되어 사용될 수도 있다. 만일 공급되는 gas의 성분이 변화되기 쉽다면 補助 oil 燃焼機가 火焰安定을 위해 사용될 수 있다.

천연 gas는 다년간 독일에서 사용되어 왔고 그 뒤 영국에서도 이용되고 있는데 Tunnel Cement의 West Thurrock 工場이 oil 燃焼機裝置는 대기용으로 보유하면서, oil에서 北海의 gas로 바꾸고 있는 바 cost의 節減이 확실시되고 있다.

## 近 着 外 國 圖 書

### ● INDUSTRIAL WORLD, September 1971

#### 1. SPECIAL REPORT: ALUMINUM

Aluminum: A growth industry in trouble

Japan delays expansion

Australia finds new uses for aluminum

Electrical industry is india's top aluminum consumer

Promising outlook in Spain

#### 2. Management is a balancing act

Conflict in a company, such as that which exists between sales and production is healthy. The good manager must balance these conflicts.

#### 3. Automatic welding speeds concrete pipe production

A German machine makes reinforcing cages for pipes in a process that is fast and cuts costs in half. Some 50 machines are now in use.

#### 4. Does Mr. Mueller have too many subordinates?

He appoints a new foreman to head a production line. But he is unable to give him attention. Result: the foreman turns to drink and resigns.

#### 5. A new plastic for the 70's

An engineering type of thermoplastic displays features resembling cast metals. It can find various applications in many industries.