

技術論叢

# Kiln Ring 의 原因과 防止策

韓一시멘트工業株式會社

生産課長 韓 東 桓

## < 內 容 >

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| A. 序 論                  | 7. Kiln Linning의 影響     |
| B. Ring 生成原因            | C. Ring 生成防止策           |
| 1. 概 要                  | 1. 概 要                  |
| 2. 窯入原料의 影響             | 2. 窯入原料에 關한 對策          |
| 3. 原料供給量 및 燒成量의 影響      | 3. 吹込炭에 關한 對策           |
| 4. 吹込炭의 影響              | 4. 燒成工程에 關한 對策          |
| 5. 燒成工程에 있어서 技術的 問題의 影響 | 5. Kiln 構造 및 附屬物에 關한 對策 |
| 6. Kiln 의 構造의 影響        | 6. Kiln Linning에 關한 對策  |
| D. 參考文獻                 |                         |

## A. 序 論

시멘트製造의 心臟이라 할 수 있는 回轉爐에 있어서 生成되는 Ansatz Ring은 煉互의 保護役割을 하나 이것이 成長하여 그 두께가 두꺼워짐에 따라 回轉爐 運轉이 大端히 困難해지고 燒成量 및 Clinker 品質等に 惡影響을 미치며 이로 因하여 여러가지面에서 相當한 損害를 보고있다는것은 周知의 事實이다 Ring 附着의 原因에 對하여는 多角度로 研究가 되여온 바이나 많은 原因이 複雜하게 얽려서 工場에 따라서 各其原因이 다르다 어떤工場에

서 좋다고 採択된 対策이 他工場에서는 그렇지 못한것이 實情이고 이 原因과 対策에 對하여 아직 確實한 結論이 나타나 있지 않다 여기에 原因과 対策에 關하여 文獻에 실려진 諸事項을 紹介하여 Ring問題解決을 爲한 하나의 資料로 삼고져 한다.

Ring은 生成部分에 따라 다음의 세가지로 分類된다 (1) (2)

1) Nose Ring (Coal Ring, Cold Ring 이라고도 稱함)

2) Kiln Ring (Clinker Ring Fire Ring Ash Ring 이라고 稱함)

3) Mud Ring (Chain Ring 이라고도 稱함)

Nose Ring은 炉頭에서 3~15ft 點에 附着하는것으로 (1) 原料의 S. M. 이 낮거나 石炭粉末塵의 粗大 二次空氣溫度의 變化 二次燃燒 不完全燃燒等에 依한 還元焰 등이 原因으로 되어있다 (2)

Mud Ring은 濕式炉의 乾燥帶의 Chain 部分近處에 附着하는것으로 Kiln 後部の 溫度가 너무 낮거나 溫度의 變動 炉의 徑이 작고 Chain의 高리가 적은것, Chain 部分앞에서 dust를 넣는것 등이 原因으로 되어 있다 (2)

實際에 있어서 以上 Nose Ring Mud Ring 의 두가지 Ring 에 依한 trouble은 적은 일이므로 여기에 記述치 않기로 하고

主로 炉頭 (Kiln Outlet) 로 부터 10~90ft 點에 附着하는

Kiln Ring (以下Ring이라 稱함) 의 原因 및 防止策에 關하여 調査한바를 紹介코져 한다.

## B. Ring 生成原因

### 1. 概 要

Ring 의 原因에 對하여 많은 研究가 있으나 이것은 매우 複

雜한 問題로서 燒成工法에 있어 거의 모든 要因이 直接 間接으로 關係되어 다른諸條件을 一定하다고하고 어느特定因子的 影響에 關해서 調査한다는것은 困難하며 Ring生成의 原因에 確實한 結論을 내린다는것은 困難한 일이다。 Ring에 關한 諸因子中에서 燒成量의 增加等에 依한 炉의 Over load 空氣量의 不足으로 因한 不完全燃燒 吹込炭 發熱量의 不足等이 Ring生成의 主要原因으로 取扱되며 原料의 化學成分(특히 S.M.의 低下,  $Fe_2O_3$ 의 過多, 原料成分의 變動) 原料粉末度의 不均劑, dust 濕入量의 增加, 吹込炭의 粗大, 燃燒條件의 變化, Kiln內 通過時間이 너무 짧은것 등이 問題視되고 있고 Kiln의 型式 및 Linning의 影響도 無視될수 없는 것은 事實이다。

## 2. 窯入原料의 影響

Ring生成과 原料의 化學成分과의 關係는 오래前부터 論議되어온 바 있으며 많은 報告文이 나와있다。

- S.M.이 낮은것 (2)(3)(4)
- I.M.의 過低 (2)(4) ( $Fe_2O_3$ 의 過多한것) (5)(6)
- 石灰飽和度의 增加 (5)(7) (Kiln의 Over load 狀態와같은 結果가됨) (5)
- 予熱 或은 煨燒가 困難한 成分 (5) (炉의 Over load가됨) (5)
- 原料成分의 變動 (1)(2)(3) (天候 (8) 產地 (8) Slurry 水分等) (2)
- 液相의 過多 (3) (半燒成原料의 半熔融에 依해 生김) 等 여러가지가 Ring生成의 原因으로 되어 있다。

특히 熔融液相量은 S.M.이 낮을때에 많고 (3)  $Fe_2O_3$ 量 또는  $Na_2O$   $TiO_2$   $V_2O_5$  等外에 黃酸 Alkali 等の 熔劑에 依해 左右됨으로 (9) Ring生成은 S.M.  $Fe_2O_3$  外에 Alkali 量 (3) (9)

等に 依한것 뿐만 아니라 MgO 含有量 (3)에도 影響을 받는다 反面 原料의 化學成分이 Ring 生成과 直接的인 關係는 없고 (6)(8) 二次的要因에 不過하다(5)는 說도 있다

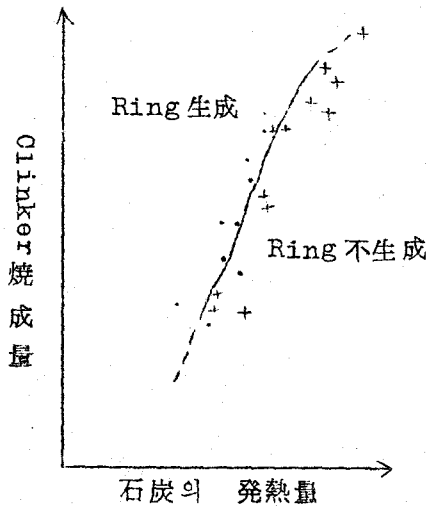
原料粉末度의 不均齊(變動) (1)(2)(7) 微粉末의 過多(1)(2)(3)한것이 原因으로 된다고 생각된다.

dust 濕入量이 많아짐으로 因해서 原料가 炉内를 波狀으로 通過하게되며 燒成帶에서 Over load 狀態로 되고 完全燃燒에 惡影響을 줌으로서 Ring 生成을 促進한다(5)고 본다.

### 3. 原料供給量 및 燒成量의 影響

窯入原料供給의 不規則(3) 供給에서의 過誤(2) 및 斷統的供給(4) 등이 Ring을 發生시킨다 燒出量의 影響은 많은 報告文에 나타나 있지만 어느것이나 燒成量이 增大되어 Kiln이 Over load 狀態가 되어 Ring이 生成되었다는 一致된 意見이 나타나 있다 即 燃料增加에 依한 過剩空氣의 不足 不完全燃燒等으로 因한다 (5)(7)

Ring 生成의 有無와 燒成量 石炭發熱量의 關係 (8)



이 關係에서 發熱量이 同一할時 燒成量이 增加되면 Ring이 生成함

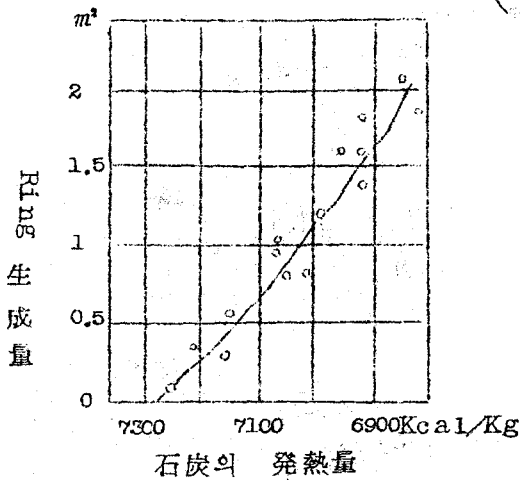
#### 4. 吹込炭의 影響

發熱量은 Ring生成과 密接한 關係가 있다 (5)(7)(8)(2) 即 一定 燒成量下에서 低品位炭은 燒成溫度를 低下시키고 不完全燃燒를 이트켜 Ring生成의 原因이 된다 (5)(7)고 본다.

灰分이 많은 石炭 (7)과 硫黃分이 많은 石炭도 原因이 된다고 하며 反面 灰分은 거의 影響이 없다 (6)는 說도 있지만 灰分의 量은 發熱量과 關係가 있음으로 石炭灰는 發熱量問題와 共同으로 Ring附着에 關係가 큰 因子라 생각된다

燒成量이 一定할때 石炭發熱量과 Ring生成의 關係 (5)(8)

(發熱量이 높으면 Ring生成 傾向이 적다는 것이 나타났을)



吹込炭이 微細한것은 完全燃燒하기 쉬움으로 (5)粉末度의 粗大함이 Ring의 原因이 된다 (2)(3)(7)고 보며 石炭의 水分(8)및 揮發分도 間接的 影響이 있으며 吹込炭의 品質的 變動도 Ring生成과 有關하다고 본다

#### 5. 石炭燒成等 燒成工程에 있어서 技術的 問題의 影響

燃料의 不完全燃燒가 原因의 하나이며 (5)(12) 燒成工程의 管理 (3)

가 Ring生成과 密接한 關係가 있다는것을 알수 있다

1) 空氣量

過剩空氣의 不足 (5)(7)(12) 으로 不完全燃燒한 結果 火焰앞에서 二次燃燒를 하는 境遇 Ring生成原因이 된다 (1)(2) 其他 一. 二次空氣의 比率 (3) 一次空氣의 速度 (3) 等도 關係된다

2) Burner

位置移動 (2) 에 依한 燒成帶의 移動 (2) 이 原因이 되며 Burner 傾斜角의 變動으로 短焰燃燒가 Ring減少에 効果가 있다고 (2)(3)도 하지만 最適條件은 炉에 따라 다르다고 보는것이 좋다

3) 熱量使用量

熱量使用量의 適當함이 必要하며 過多 (1)(3) 或은 過少 (1)도 Ring의 原因이 된다

4) Draught

Draught는 燃燒條件과 關係가 깊음으로 Draught의 不足 (3) 및 條件變更 (1)은 Ring에 關係 影響이 클것만은 確實하다

5) Kiln 内溫度分布

Linning이 原料와 接觸하기 始作하는 點과 끝나는點의 溫度差가 過大한 境遇 (3) 煉瓦溫度와 原料溫度의 差가 過大할 境遇 (3) 原料溫度가 内部와 周辺이 크게 다를때 ( 炉에 送入原料量이 많을때 크고 回轉數가 다를때 작다 ) (3) 等 Ring生成原因이 된다고 본다

6) Kiln 回轉數 및 Kiln 通過時間

炉内通過時間이 너무 짧으면 Ring生成傾向이 있고 다음式으로 通過時間을 適當히 할 必要가 있다

$$\text{原料의 炉内通過時間(分)} = \frac{1.77 \times \text{炉長} \times 6}{\text{勾配(度)} \times \text{内徑} \times \text{R.P.M}}$$

Kiln 回轉數의 變化도 原因의 하나이다 (1)(3)

7) 炉内原料의 予熱調整程度

특히 Calcination의 不充分한 原料<sup>(3)</sup>가 Ring Zone附近에서  $CO_2$ 를 分離하면 吸熱反應으로 因하여 炉内溫度의 傾斜가 커짐으로 Ring生成의 原因이라 생각된다<sup>(3)</sup>

其他 火入時 炉内溫度의 急上昇等도 影響이 있다<sup>(1)</sup>

6. Kiln 構造의 影響

Kiln의 型式이 Ring附着에 큰 影響을 준다<sup>(6)</sup> 특히 Kiln의 直径과 기리의 比가 不適當한것<sup>(1)(3)</sup> 燒成帶의 断面積이 너무 작은 것<sup>(7)</sup> 燒成帶直前의 円錐部의 傾斜의 溫度<sup>(3)</sup> 등은 原因으로 指適되고 있다.

7. Lining의 影響

Ring生成原因으로서 Lining의 部分的欠陥<sup>(1)</sup> 溶滅<sup>(1)</sup> Spalling<sup>(1)</sup> 部分的 Coating<sup>(1)</sup> 및 煉瓦의 接着劑<sup>(2)</sup> 등을 들수있다

各種耐火煉瓦와 Clinker(或은 半燒成原料)의 高温反應 특히 煉瓦의 化学的 侵蝕에 依한 燒成程度<sup>(11)(16)(17)(18)(19)</sup> 各種耐火煉瓦와 Clinker間의 低温熔融物에 미치는 Clinker 量의 影響<sup>(11)(17)</sup> 등 Ring問題에 關한 많은 基礎的研究가 있다. 耐火煉瓦의 化学的 侵蝕의 程度는 Chamotte 煉瓦가 第一 甚하고 High Alumina質煉瓦가 다음가며 Magnesia質이 第一 侵蝕되기 어렵다는것<sup>(11)(16)(17)(18)(19)</sup> 및 Silica - Alumina系 煉瓦에 對하여는 生成熔融物의 化学成分는 煉瓦와 Clinker를 混合했을 境遇와 同一成分을 갖는다는것<sup>(11)(16)</sup> 등이 一致된 意見이다. 또한 煉瓦面에 있어서 原料附着性의 研究結果 Chamotte 煉瓦는  $1.300^{\circ}C$  以上 High Alumina質 煉瓦는  $1.400^{\circ}C$  以上에서 附着性이 크고 Magnesia 煉瓦는  $1.700^{\circ}C$  까지도 顯著한 粘着性을 나타내는 일이 없다는 것이 알

터졌다 Ring 防止로서 Magnesia 煉瓦를 使用했다<sup>(3)(6)</sup>는 例도 있고 Titan 煉瓦를 煨燒帶에 使用하여 좋은 效果를 봤다<sup>(20)</sup>는 反面 效果가 없었다는<sup>(21)</sup>는 例도 있다.

## 0. Ring 生成 防止 策

### 1. 概 要

原因을 確實히 糾明할 수 있다면 그 防止策은 比較的 容易하게 세울 수 있으나 Ring 의 原因은 以上과 같이 複雜하여 確實한 結論을 얻을 수 없음으로 防止策이라 하여도 꼭 防止된다는 것은 없고 原因으로 생각되는 諸因子를 除去하도록 하고 있는 것이 實情이다 따라서 Ring 生成原因을 基準으로 하여 防止策을 생각하는 것이 便利하리라 생각한다 Ring 에 關한 諸對策中 燒成爐의 抑制 燃料의 完全燃燒 吹込炭의 品位 粉末度 質的 均齊度向上 原料의 化學成分調整 完全予熱調整 爐的 質的 均齊度向上 및 原料의 Kiln內 通過速度의 均一 등이 Ring 防止條件이 된다고 본다.

많은 原因이 얽히어 生成됨으로 이것의 防止策으로서 어느 하나만으로서는 效果가 적고 諸條件을 可能한限 滿足할 수 있게 努力하는 것이 最上策이라 생각된다.

### 2. 窯入原料에 關한 對策

化學成分調整 即 S, M. 을 너무 낮게 하지 않을 것.  $Fe_2O_3$  를 많지 않게 할 것. 原料의 Alkali 含量을 적게 할 것.  $MgO$  含量을 抑制할 것(例 3.5% 以下<sup>(3)</sup>) 등에 依해 液相을 적게 할 수 있는 原料調整이 Ring 防止에 役割이 크다. 化學成分이 Ring 生成에 影響이 없었다는 例도 있기는 하나<sup>(3)</sup> Ring 의 原因이 化學成分에



만 의한 것이 아니라는 점에 留意할 必要가 있다。微粉末<sup>(1)(2)(3)</sup> 및 Dust 混入量<sup>(5)(11)</sup>이 많으면 Ring의 附着을 促進함으로 이를 抑制하며 Kiln内 微粉末生成을 減少시킴으로서 Ring生成을 防止할 수 있다。<sup>(3)</sup>

原料의 成分<sup>(1)(2)(3)</sup>粉末度<sup>(1)(2)(7)</sup> 送入量<sup>(3)</sup>의 變動이 Ring의 原因이 됨으로 原料의 質的量的 均齊度를 向上하는것은 Ring防止의 條件이 된다。<sup>(3)</sup> Silica 成分의 一部로서 모래(砂)를 混入함으로 液相을 적게하고 燒成溫度를 上昇시킬수 있어서 原料의 予熱 調整을 좋게 함으로 効果的이라고<sup>(3)</sup> 한다。反面 모래가 微粉末이 되기 쉬움으로 Ring生成原因이 된다는 報告文<sup>(5)</sup>도 있다。

### 3. 吹込炭에 關한 對策

吹込炭의 發熱量 低下가 Ring의 原因이라 생각됨으로<sup>(5)(7)(8)(12)</sup> 高品位炭을 使用하여 發熱量의 上昇과 灰分의 減少로 液相供給源을 減少시키면 生成을 防止할 수 있게 된다 粉末度가 粗大한것도 原因<sup>(2)(3)(7)</sup>이 됨으로 吹込炭의 完全燃燒를 爲하여 粉末度를 向上시킬 必要가 있다。吹込炭의 條件變化에 依한 燃燒條件變化가 없도록 石炭의 調合 및 粉碎工程의 管理를 嚴重히 하여 吹込炭의 品質 粉末度の 均一化 및 向上에 依한 使用熱量의 均一化 等を 爲하여 努力함이 必要하다。吹込炭에 石灰石을 混合함<sup>(22)</sup>으로 灰分의 熔 融點을 上昇시킬수 있어 Ring防止에 效果<sup>(23)</sup>가 있다는 報文도 있다。

### 4. 燒成工程에 關한 對策

燒成量의 增大에 依한 Kiln의 Over Load가 Ring의 原因이 됨으로<sup>(1)(5)(6)(7)(8)</sup> 이것을 適當히 抑制하는 것은 Ring防止에 꼭 必要하다 吹込炭의 不完全燃燒가 Ring의 第一原因이 됨으로

過剩空氣의 不足<sup>(5)(7)(2)</sup> 특히 一次空氣의 不足<sup>(2)(3)</sup>等 不完全燃燒의 原因이 되는 要素를 除去하도록 嚴重한 管理가 必要하다. 그리고 一次空氣의 速度 및 量의 增加로서 短焰燃燒를 하여 炉內 原料溫度를 均一케 하므로써 Ring生成을 防止 할수 있다.<sup>(2)(3)</sup>고 생각된다 따라서 Draught 및 吹込炭의 均齊化로서 燃燒條件의 均齊化를 圖謀하여 一定한 運轉을 하도록 努力해야 한다. Kiln의 回轉數의 增加로 因한 Kiln Lining 煉瓦의 溫度差 煉瓦와 原料間의 溫度差 Kiln內 原料의 溫度差가 적어지면 Ring生成을 防止할 수도 있다.<sup>(3)</sup> 또한 原料의 予熱調整도 完全히<sup>(3)</sup>해야 한다

原料의 Kiln內 通過速度의 均一化가 Ring防止上 必要하며 그 條件으로 다음과 같은것을 생각할 수 있다.<sup>(3)</sup>

- 1) 可能한 限 同一 粒子を 얻는것
- 2) 原料 炉間의 大小粒子の 混合을 잘할것
- 3) 粒子生成帶에서 粒子가 過大하게 되거나 또는 微粉이 되지 않게 할것
- 4) 微粉末이 粒子を 形成도록 煨燒帶를 徐々히 通過할것

以上과 같은 條件이 實現될때 Ring生成問題는 根本的으로 解決되리라<sup>(3)</sup>본다. 燒成手에게 充分한 教育을 實施하써 燒成工程의 徹底한 管理가 必要하다.

#### 5. 炉의 構造에 關한 対策

燒成帶直前의 円錐部의 傾斜를 작게<sup>(3)</sup>한다던지 또는 燒成帶의 炉內徑을 크게 하여<sup>(7)</sup> 炉內原料 溫度差를 적게 하므로써 Ring을 防止한다. 予熱帶 附近에 Chain을 設置한다<sup>(3)</sup>던지 炉內原料의 予熱調整을 完全히 하며 熱交換品等의 設備가 原料粒子を 破壞하지 않도록 함으로써 Ring生成을 抑制할수도 있다

## 6. Lining 에 關한 對策

Lining 의 熔減<sup>(1)</sup>이 Ring 의 原因으로도 되어 있음으로 化學的侵蝕을 받기 쉬운 煉瓦는 燒成帶 煨燒帶에 使用치 않는것이 좋을 것 같다 Ring 을 減少시키기 爲하여 Magnesia 煉瓦가 좋다.<sup>(5)(6)</sup>

또는 Titan 煉瓦가 좋다<sup>(20)</sup> 등의 報告文이 있는가 하면 反面 效果가 없었다는 例도 있다<sup>(21)</sup> 故로 어느 種類의 煉瓦가 Ring 防止를 爲하여 第一 좋다는 結論을 내릴수는 없다。

## D. 參考文獻

- (1) W.G.Davis : Pit and Quarry 46(1) 140(1953)
- (2) W.R.Dersnah : Pit and Quarry 49(1) 149(1956)
- (3) J.Slegten : Zement - Kalk - Gips 9(9) 397(1956)
- (4) G.Müssgung : Zement - Kalk - Gips 1(3) 41(1948)  
cf : Zement - Kalk - Gips 5(11)358(1952)
- (5) B.M.Pearson : Rock Product 55(8)158(1952)
- (6) F.Matouschek: Radex - Rundschau 2 62(1951)  
Chem Abst 45(16)7332(1954)
- (7) R.H.Bogue : Chemistry of Portland Cement  
2nd Ed 52(1954)
- (8) F.Matouschek: Tonind ztg., 77 162 (1953)
- (9) K.Konopicky : Zement - Kalk - Gips 4(9)240(1951)
- (10) A.Baouman : Revue des Matériaux, Nr.457 343(1953)
- (11) 原 好 英 : 小野田研究彙報 7(1) 8 (1955)
- (12) F.Matouschek: Revue des Matériaux, Nr.427. 115(1951)
- (13) 佐治健治郎 : セメント技術年報 III 73(1953)

- (14) N.V.Ilina : Tsement 20(1) 20(1954)  
Chem Abst 48(20)19385(1954)
- (15) E.I.Khodorv : Tsement 18(4) 6(1952)  
Chem. Abst 47(1) 286(1953)
- (16) N.Sundius : Zement-kalk-Gips 6(1) 1 (1953)
- (17) H.Zur. Strassen: Zement-Kalk-Gips 5(11) 356 (1952)
- (18) F.Matouschek : Revue des Matériaux, Nr446. 299(1952)  
Chem Adst 47(10)5087(1953)
- (19) 加藤文治 : 窯炉及炉材 90 (1954)
- (20) 白石敏 - 原好英 : 小野田研究彙報 7(3)139(1955)
- (21) F.Matouschek : Revue des Matériaux, Nr473 456(1955)
- (22) I.M.Sidochenko: Tsement 18(4) 19(1952)  
Chem Abst. 47(1)285(1953)
- (23) F.Kvemer : Tonid Ztg. 59 200(1953)  
cf. R.H. Bogue; The Chem. of Portland Cement (2nd. Ed)  
52(1954)