

S. P. kiln의 coating 形成 問題

李 在 元
<韓一시멘트 丹陽工場>

Studies on ring formation in S. P. kiln

Jae Won, Lee (Hanil Cement Manufacturing Co.)

ABSTRACT

One of the most difficult problems in cement rotary kiln operation must be ring and coating formation.

In the Dopol kiln with the capacity of 1,500 t/d (4.4 m ϕ × 70mL), meal rings have been accreted on transit zone end of the kiln and they considerably affect the kiln output.

The causes as well as an aid to the reduction of meal ring accretion were studied by X-ray diffraction and operational investigations.

Chemical and mineralogical studies would seem to indicate that the most crucial cause of the meal ring formation is the existence of calcite from limestone.

Decisive solutions to reduce the accretions are still not searched out satisfactory, however, improvements of operation and raw material conditions can be advantageous.

1. 序

Cement rotary kiln 運轉에서 가장 큰 問題中 하나는 kiln ring 및 coating 生成問題일 것이다. 이에 대한 國內外에서 많은 연구가 계속되고 있으나, 좋은 結論을 얻지 못하고 있는 것이 이 問題라 생각된다. 當工場은, Dopol kiln에서 특히 이 문제로 인한 많은 損失을 보고 있으며, 이를 1972年度 生産實績統計에 의하면, 年稼動率; 3.2% 減少, 年間損失額; 416萬원 (8.29원/T-Cl)

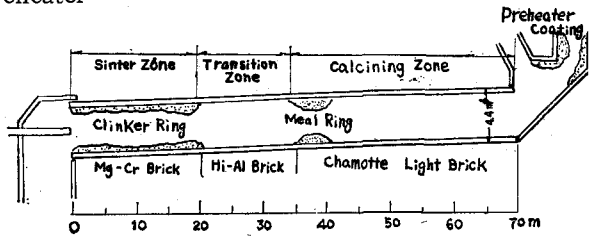
으로 分析된다.

當工場에서도 이 문제 해결을 위한 다각적인 文獻調査와 연구를 계속하고 있으나 현재까지 効果인 방법을 찾지 못하였으며, 지금까지 추적하여 얻은 過程과 結果를 소개코자 한다.

2. Kiln의 dimension과 coating 生成位置

當工場 S. P. kiln의 dimension은 다음과 같다.

- kiln ; 4.4 m ϕ × 70 m L
- preheater ; Dopol suspension preheater
- cooler ; Fuller combi cooler
- fuel ; Bunker C-oil
- heat consumption ; 740~760kcal/kg cl'
- capacity ; 1,750~1,800t/D



Ring 및 coating의 生成位置는 <Fig-1>

<Fig-1> Coating 형성 위치

같이 3部分으로 크게 나눌 수 있으며,

- ① Clinker ring 은 sinter ring이라고도 하며 이는 sinter zone 처음부터 끝까지 (0~20m)에 生成되는 coating을 말한다.
- ② Meal ring 은 原料의 calcining이 끝나는, 즉 kiln outlet로부터는 transition zone 끝에 生成되는 coating을 말한다.
- ③ Preheater coating 은 preheater 最下段 inlet chamber 와 下段 gas duct 內에 生成된다.

Table 1. Analysis of coatings

구 분 성 분	clinker	clinker ring 9m	meal ring 38m	preheater coating	under meal ring
SiO ₂ %	22.18	20.57	19.45	17.51	17.42
Al ₂ O ₃ %	4.88	4.00	3.70	4.57	4.14
Fe ₂ O ₃ %	3.36	3.41	4.44	2.84	3.24
CaO %	64.77	61.83	59.85	49.72	59.16
MgO %	2.32	1.92	2.22	2.12	2.42
SO ₃ %	1.02	3.20	2.40	16.05	3.11
Na ₂ O %	0.04		0.62	2.61	0.34
K ₂ O %	1.08		1.68	3.42	1.64
Ig. loss %	0.19	0.31	5.62	1.11	8.53
Total %	99.84	95.24	99.98	99.95	100.0
Free CaO %	0.50	0.90	9.20	5.40	5.80
H.M	2.13	2.21	2.09	2.00	2.39
S.M	2.69	2.78	2.39	2.36	2.36
I.M	1.45	1.17	0.83	1.61	1.28
L.S.F	92.5	95.8	97.0	88.4	106.0

3. Ring 및 coating의 成分上으로 본 生成過程

① Clinker ring 은 clinker 의 aluminoferrite 의 용융相에 의해 원인이 되며, 이는 調合原料 의 용융물 比率에 의해 많이 좌우되며, flame control 로도 어느 정도 調整이 가능한 것으로, 당 공장에서 는 별 問題視되지 않는다.

② Meal ring 은 spurrite(calcium carbonate silicate)와 sulphate spurrite 존재로 特性되어 지며, 이러한 混合物은 板狀結晶으로 응집되어 ring 을 형성하는 것으로 알려졌다.

③ Preheater coating 은 주로 原料와 燃料에서 氣化된 alkali sulphate 와 alkali chloride 등 이 工程上에서 발생하는 原料 dust 를 함유한 kiln gas 流가 kiln 의 低溫部인 inlet chamber 와 下段 gas duct 에 응축되거나 용융되어 형성하는 것으로 추정된다. 이들 coating 의 당공장 化學 分析을 보면 다음과 같다.

4. Meal ring에 대한 基礎的 調査

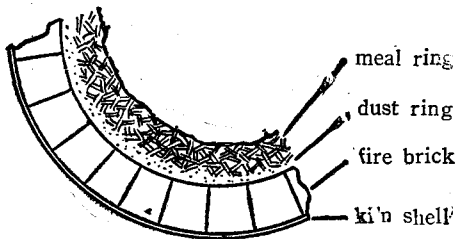
Transition zone 시작 부분에 生成되는 이들 meal ring은, 성장됨에 따라 다음과 같은 현상으 로 kiln 運轉에 故障를 가져 온다.

- ① Kiln inlet 및 I.D.F.의 壓力上昇(負壓)
- ② Kiln inlet에서 原料의 over flow
- ③ Kiln combustion gas의 draft 不良

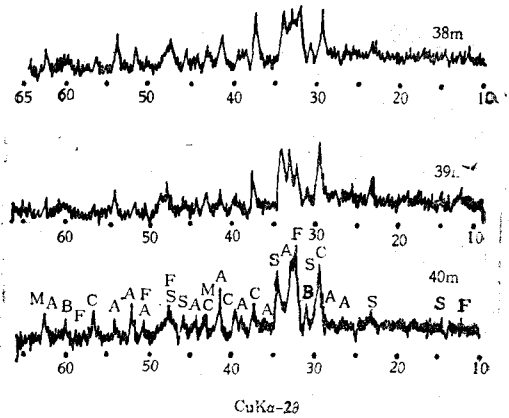
등으로 인한 單位生産量 減少, 燒成不良, 止燒의 빈발 등 運轉에 막대한 故障를 초래하고 있다.

4-1 Meal ring의 初期 發生過程

당공장에서 運轉經驗과 運休時 coating 의 sampling 을 통해 관찰한 ring 의 초기 발생 은 최초 耐火煉瓦面에 多孔質 粉狀 clinker ring이 형성되며, 이 위에 강한 spurrite ring이 형성되는 것으로 나타났다.



<Fig-2> Spurrite ring



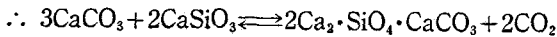
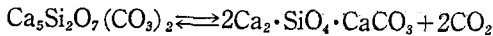
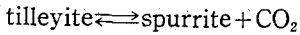
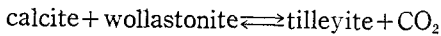
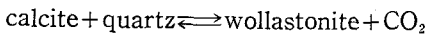
<Fig-3> X-ray diffraction pattern of meal ring (38, 39, 40m) A; C₃S B; γ-C₂S C; calcite F; C₄AF M; MgO S; spurrite

4-2 Meal ring의 sample들의 X-ray diffraction

38~48m 지점 coating 共히 d-value 3.035Å, 2.285Å, 2.095Å 등에서 強度 높은 calcite 와 2.07Å, 3.02Å 등의 spurrite, 2.63Å, 2.77Å, 1.92Å 등의 ferrite 相의 C₄AF 및 C₃A, Periclase 相의 MgO 등 鑛物을 확인할 수 있었으나, 이들은 混合鑛物인 관계로 peak 를 명확히 구분하기 곤란한 것이 많았다.

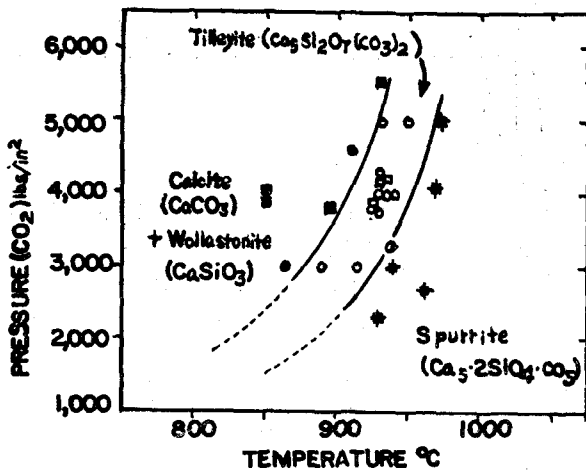
4-3 Spurrite 鑛物의 合成過程 추적

O. F. Tuttle 과 R. I. Harker 氏의 spurrite 合成過程을 보면

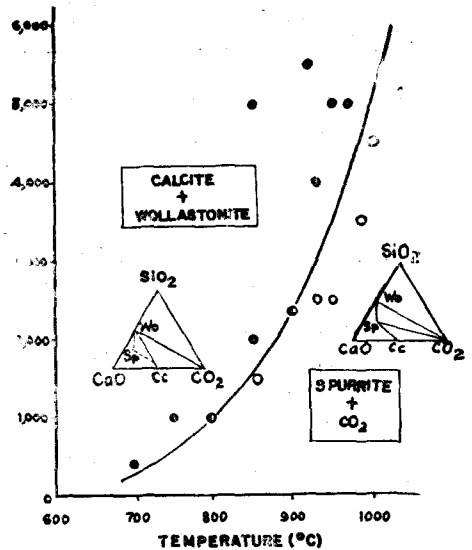


또한 이들의 P_{CO₂}-T curve 를 보면 다음과 같다.

이상에서 보는 바와 같이, spurrite 는 kiln 內에서 원료중의 calcite 와 quartz 가 preheating 및 calcining 過程에서 wollastonite 를 거쳐 強力한 spurrite 를 형성함을 알 수 있으며, X-ray diffraction pattern 에서는 wollastonite peak 를 발견할 수는 없었으나, calcite 의 존재는 석회 석이나 粘土中의 quartz 와 충분히 spurrite 를 형성할 수 있음을 알 수 있다.



<Fig-4> P(co)-T curve of tilleyite



<Fig-5> P(co)-T curve of spurrite

5. 結 論

Calcite는 당공장 石灰石 鑛山에 가는 脈으로 多量 존재하기 때문에 meal ring의 生成은 당 공장에서 어느 정도 감수해야 할 것으로 판단되며 이를 運轉方法 및 原料條件 등으로 개선코자 努力하고 있으며 改善點으로는

- ① 均一 品位의 原料供給
- ② 原料 供給量의 均一化
- ③ 燃料 投入量의 均一化
- ④ Kiln內 最少負荷 유지
- ⑤ Kiln의 speed up 모색

등으로 각 해당 部署의 꾸준한 노력으로 금년 73년 1월부터 4月 15日 현재 coating 문제로 인한 運休는 2.1%로 72年度 3.2%에 비해 좋은 성과를 보고 있다.

生成된 coating 除去方法으로는

- ① 産業銃에 의한 방법
- ② Water jet에 의한 熱 충격
- ③ Cardox 方法의 CO₂ 폭발

등이 이용되고 있는데 當工場에서는 産業銃을 많이 쓰고 있으나 meal ring은 別效果를 보지 못하고 있다.

이들 coating에 대한 學界, 産業界의 研究論文이 많이 나오고 있으며 이로 인해 實務 engineer들의 도움이 되고 있는 것은 사실이나 各工場은 그 工場 특유의 조건 때문에 이들 文獻이 잘 적용될 수도 있고 전혀 효과가 없는 경우도 많이 있다. 오직 이들 문헌을 토대로 자체에서 研究 改善해야 할 것이다.

References

1. O.F. Tuttle and R.I. Harker; Synthesis of spurrite and the reaction wollastonite+calcite \rightleftharpoons spurrite + carbon dioxide; Am. Jour. Sci. V. 255 P.226-234 (1957)
2. R. Ian. Harker; The synthesis and stability of tilleyite Am. Jour. Sci. V. 257 P.656-667 (1959)
3. V. K-H. Elle; Formation and removal of rings from the cement works operational point of view; Zement-Kalk-Gips. Nr. 1 (1972)
4. Von D. Opitz; Removal of harmful coating in cement kilns; Zement-Kalk-Gips. Nr. 3 (1969)
5. Reaction of kiln gases and ring formation; Cement Technology. P.93. May/June (1972)
6. The removal of rings in cement kilns; Cement Technology. P.95. May/June (1972)