

시멘트工業과 耐火物

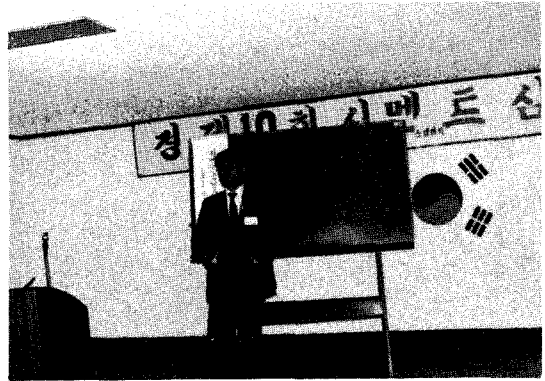
朴 金 喆

〈漢陽大學校 教授〉

1. 緒 言

近年, portland cement의 製造技術은 急速한 發展을 이루었고 特히 clinker 燒成設備의 進歩는 대단하다.

國內의 시멘트 키른도 그 型式이나 容量, 保有率이 國際水準에 있다고 할 수 있고 킬른의 耐火物 設計나 操業技術 또한 多年間의 經驗을 통해서 定着되었다고 보아지기도 한다.



그러나 燃料의 代替, 耐火物 原單位節減 보다 積極的인 熱原單位 改善을 爲해서는 키른用 耐火物에 對하여 關心을 다시한번 가져 볼만도 하며 오늘 이 機會의 뜻 또한 여기에 있다.

2. 시멘트 키른用 耐火物

시멘트 키른의 各 部位別 內張 耐火物의 一般的인 使用例는 〈表-1〉과 같고 濕式 로타리 키른과 SP 키른의 內張耐火物 構成例는 〈그림-1〉과 같다.

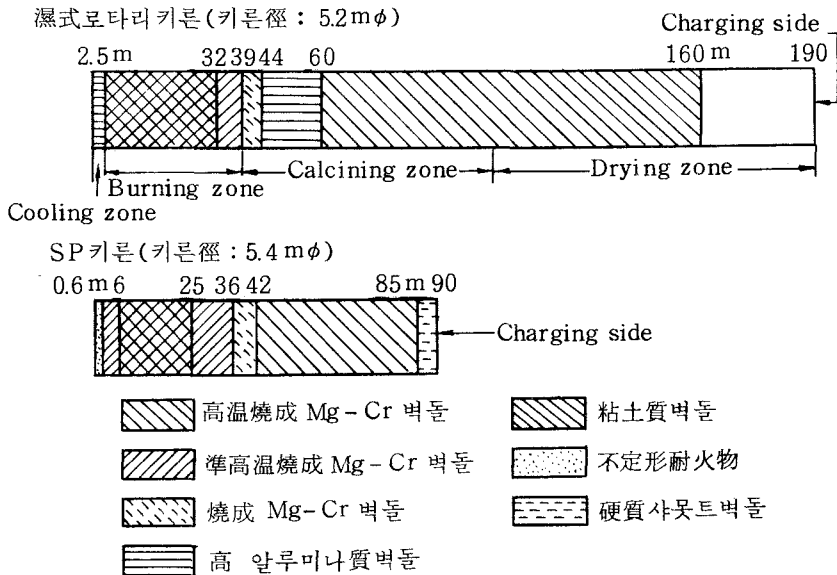
2.1 preheater用 耐火物

SP, NSP 키른의 preheater 內張耐火物을 內面에 耐火粘土質 벽돌(SK 30~34) 그 背面에 耐火斷熱 벽돌만을 使用하는 수도 있다. 그러나 最近에는 原料의 旋廻運動에 따른 耐火壁面의 損耗와 補修 cyclone 과 duct 構造의 複雜性에 따른 施工問題 등으로 castable 噴射(gunning) 施工을 많이 하고 있다.

그런데 NSP 키른과 關聯된 耐火物의 問題點으로는 preheater의 下部 cyclone 內張壁의 coating 과 粉粒塊의 生成, 그리고 그의 脫落에 따른 閉鎖現象을 들 수 있다. coating 과 粒塊의 生成은 原料와 燃料中의 鹽素, 알카리, 황 등이 燒成過程에서 低融點

〈 표 -1 〉 시멘트 킨에 使用되는 耐火物

名 稱	使 用 條 件	温 度 (°C)	使 用 材 質
preheater	原料와의 摩耗 dust 의 附着에 依한 閉鎖	300~1,200	不定形耐火物 硬質샤못트
乾 燥 帶	低温溫度變化 水蒸氣의 attack	200~650	粘土質벽돌 (SK 27~30)
豫 熱 帶	溫度變化 摩耗	650~800	粘土質벽돌 (SK 30~34)
煨 燒 帶	原料와의 反應 ring 의 脫着에 依한 溫度變化	800~1,300	高알루미나質벽돌 (SK 35~37)
燒 成 帶	原料와의 化學的結合 機械的摩耗 機械的熱的應力	1,400~1,650	高溫燒成 Mg - Cr 準高溫燒成 Mg - Cr 普通燒成 Mg - Cr
冷 却 帶	高溫熱變化 高溫下에서의 摩耗	1,500~1,300	Mg - Cr 벽돌 알루미나質벽돌 不定形耐火物
hood	dust 와의 反應 輻射熱 클링커와의 摩耗	1,500~1,200	高알루미나質벽돌 硬質샤못트質벽돌 鹽基性벽돌
cooler	熱變化 클링커와의 摩耗	1,200~1,400	알루미나質벽돌 粘土質벽돌



〈 그림 -1 〉 킨의 耐火物 構成

의 알카리黃酸鹽이나 鹽化物을 形成하고 이는 燒成帶에서 揮散하여 preheater에서 凝縮하는데 起因한다고 한다.

이 問題를 耐火物側面에서 본다면 알카리鹽에 젖지 않고 侵蝕에 강한 耐火物이 要求되며 이를 爲해서는 燒成, 熔融 등으로 組織을 緻密하게 하든가 振動成形法으로 緻密한 組織을 갖게 함은 勿論 化學적으로 Al_2O_3 含量이 많은 高알루미나質 보다는 SiO_2 含量이 많은 耐火粘土質 耐火物을 使用하는 것이 바람직하다고 여겨진다. 왜냐하면 不定形耐火物을 振動法으로 成形함으로써 緻密한 組織을 갖게 할 수 있고 이렇게 함으로써 不定形耐火物을 融液과의 接觸部에도 使用할 수 있기 때문이다.

그리고 $Al_2O_3-SiO_2$ 系 耐火物에서 高알루미나質은 알카리와 反應하여 칼리오피라이트(kaliophilite, $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$), 알루미늄酸칼륨(Potassium Aluminate, $2K_2O \cdot Al_2O_3$), 베타알루미나($\beta-Al_2O_3$) 등을 生成함으로써 容積膨脹과 粉化現象을 일으키는 反面 高실리카質인 耐火粘土質은 실리카가 耐알카리性이 되어 알카리에 對한 脆化, 粉化現象이 없기 때문이다.

2.2 乾燥帶, 豫熱帶用 耐火物

乾燥帶는 濕式키른에서만 存在하며 SK 27~30의 耐火粘土質 벽돌이 使用되는데 chain帶에서는 chain에 依한 摩耗를 받으므로 緻密한 벽돌이 要求되나 벽돌이 이를 充足시키지 못하므로 SK 27~30 程度의 硬質 castable을 使用하는 곳이 많아진 듯하다.

豫熱帶는 키른中 가장 問題가 없는 部位이며 SK 30~34의 耐火粘土質 벽돌이 使用되나 SP 키른에서는 強度가 큰 粘土質 耐火斷熱 벽돌이 使用되기도 한다. 耐火斷熱 벽돌은 強度도 重要하지만 循環되는 알카리에 對한 抵抗이 커야 한다.

2.3 煨燒帶用 耐火物

乾式 餘熱보일러附 short 키른(DB), 乾式 Lepol 키른(L), 濕式 long 키른(W) 등에서는 高알루미나質 벽돌을 많이 使用하고 있으나 大形の SP나 NSP에서는 高알루미나質 벽돌에서 鹽基性 벽돌로 代替되어지고 있다.

왜냐하면 이 帶의 高溫部位에서는 耐火物의 循環알카리鹽에 依한 侵蝕과 原料와의 反應에 依한 損傷이 問題되는데 高알루미나質 벽돌은 原料의 侵蝕에 따른 溶損이나 摩耗에는 抵抗性이 크지만 알카리에 依한 構造的 spalling을 일으키기 쉽기 때문이다.

2.4 燒成帶用 耐火物

燒成帶는 키른의 가장 高溫部位로서 耐火物은 알카리黃酸鹽이나 클링커鑛物에 依한 化學的 侵蝕과 大口徑化됨에 따른 벽돌 自重과 熱膨脹應力에 依한 壓縮疲勞가 加해져

서 構造的 spalling 에 依한 損傷이 크다.

따라서 이 位置는 高溫燒成 direct bond Mg-Cr 벽돌, 普通燒成 silicate bond Mg-Cr 벽돌 및 semidirect bond 라 할 수 있는 準高溫燒成 Mg-Cr 벽돌 등 鹽基性 벽돌이 使用된다. 鹽基性 벽돌의 內張範圍에서 direct bond 의 使用比率은 日本의 境遇 DB 式은 40%, L 式은 50%, SP 式은 70% 程度이며 나머지는 普通燒成 Mg-Cr 벽돌이고 準高溫燒成 Mg-Cr 벽돌의 使用例는 적다.

direct bond Mg-Cr 벽돌의 發達로 燒成帶用 벽돌의 壽命은 延長되어졌지만 大部分의 SP 키른에서는 燒成帶의 深部인 coating 脫着帶의 耐火物 壽命이 低下되고 있고 이는 問題點의 하나가 되고 있다.

coating 脫着帶란 통상 L/D (키른 落口부터의 距離 / 키른 內徑) = 5.5~7.5의 位置에 나타나며 燒成帶를 燒點, 準燒點으로 나눈다면 準燒點에 該當되는 곳으로 原料間의 反應이 開始되는 部分 즉 轉移帶(transition zone)이다. 이 部分에서의 損耗原因은 coating 의 着脫에 依한 溫度 및 霧圍氣變化에 依해서 Mg-Cr 벽돌 成分의 $MgO \cdot FeO \rightleftharpoons MgO \cdot Fe_2O_3$ 의 移動에 따른 벽돌 組織의 胞弱化로 보기로 한다.

最近 이 位置의 耐火物로서 注目되는 것에는 人工合成의 spinel 을 骨材로 한 벽돌이었으며 이는 從來의 Mg-Cr 벽돌보다 耐 spalling 性이 크고 鐵分을 含有하지 않기 때문에 組織分化가 極히 적어서 壽命延長이 된다고 한다.

2.5 落口 및 徐冷帶用 耐火物

이 部分은 從來 冷却帶라 불리워졌던 곳으로 最近에는 키른의 大口徑화와 燒出量의 增大로 漸次 그 範圍가 狹少해지고 溫度도 以前보다는 높아지고 있다. 特히 落口와 第1 tire 附近의 벽돌은 金屬組立物의 變形 등에 따른 機械的 應力과 多量의 2次空氣에 依한 熱應力을 받으므로 脫落 또는 spalling 에 依한 損傷이 甚하다.

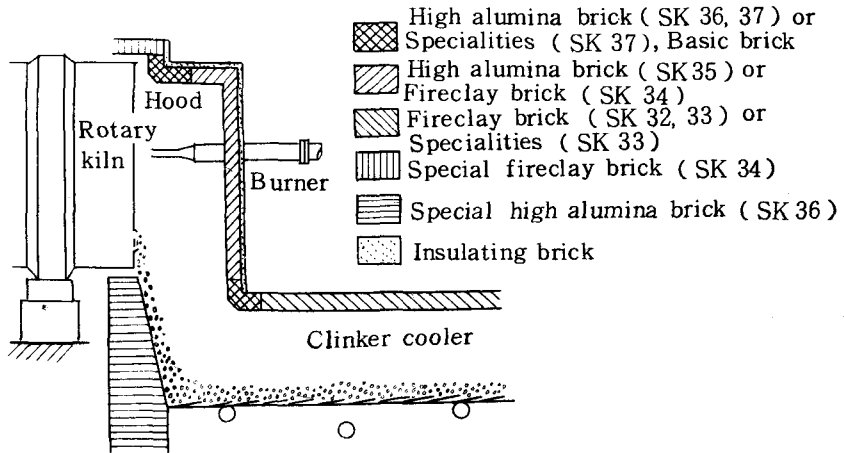
耐火物의 材質도 샤몯트質, 高알루미나質, 準高溫 또는 高溫燒成 Mg-Cr 質로 바뀌어지고 있으며 最近에는 castable, plastic 등 不定形耐火物도 使用되고 있다. 不定形耐火物로는 磷酸結合 高알루미나質 플라스틱材가 보다 많이 使用되고 있다.

2.6 hood cooler 用 耐火物

키른 hood 는 키른 胴體에 比하여 比較的 安定되어 壽命도 긴데 高溫일 때는 普通燒成 Mg-Cr 벽돌 또는 SK 38 의 高알루미나質 벽돌이 使用되지만 小口徑 키른에서는 SK 35~36 程度의 高알루미나質 벽돌을 使用하는 수가 많다. 또한 一部에서는 高알루미나質 castable 施工도 하고 있다.

cooler 用 耐火物로는 slot 部에는 SK 36~38 의 高알루미나質 벽돌, 鹽基性 벽돌, 또

는 castable 이 使用되고 高温部에는 耐摩耗性의 高알루미나質 castable 과 耐火粘土質 벽돌이 施工된다. 中温部 以下는 SK 32 程度의 耐火粘土質 벽돌과 castable 이 使用되고 있다. <그림-2>는 hood 의 벽돌 構成의 한 例이다.



< 그림-2 > 키른 Hood 의 内張 構成

3. 結 言

아무쪼록 品質, 形狀, 内張두께 膨脹틈 등 合理的인 벽돌 設計와 施工을 거쳐 最適 運轉條件 하에서 生産에 臨해 주시기 바라며 操業條件에 따라 생긴 耐火物에 關한 問題點은 使用者가 正確히 把握하여 改替때 參考하도록 하여야 될 줄 안다.