

## 새로운 시멘트와 시멘트 소성기술

崔 相 紇

한양대학교 공과대학 무기재료 공학과

### Special Cement and New Technology in Cement Industry

Sang-Heul Choi

*Department of Ceramic Engineering, College of Engineering  
Hanyang University, Seoul 133, Korea*

#### I. 序 言

人類史에 시멘트가 登場한지 半萬年, 오늘날 우리가 흔히 使用하고 있는 포틀랜드 시멘트가 出現한지 150 餘年이 흘렀다. 그間 시멘트는 아직 그 代替品을 보지 못한채 鐵鋼과 함께 二大 建設材料로 建設界의 寵아로 군림하고 있으며, 시멘트 化學과 製造技術은 最近 큰 發展을 이룩하였다.<sup>1)</sup>

시멘트 化學은 製造技術의 革新과 新種 시멘트의 開發, 水熱處理材料·複合材料 등의 開發과 함께 이의 基礎科學으로서 研究되어, 最新의 研究機器를 구사하면서 急進의으로 發展되어 材料科學의 한 分野로서 貢獻하고 있다. 이들 研究는 各種 專問誌·學術誌를 통해서 또는 學術會議에서 發表되고 있다. 시멘트化學 國際會議도 이미 6회에 걸쳐 開催되었으며 第7回會議는 1980年 파리에서 開催될 豫定이다.

製造技術에서도 設備의 近代化, 生産의 大型化 등으로 合理化되고 있다. 特히 多資源, 多에너지 消費型 産業인 시멘트 産業에서는 이의 節減策이 絶실히 要望되고 있다. 最近 10餘年 사

이에 시멘트 燒成技術은 急激한 變化를 보였다. 10餘年前만 해도 主流를 차지하고 있는 long kiln 方式, lepol kiln 方式에서 suspension preheater(SP로 略稱) 方式으로, 그리고 다시 이를 개량한 new suspension preheater(NSP) 方式이 出現하였다.

우리 나라도 이제 年 2,000萬 ton을 육박하는 시멘트 生産國으로, 그 製造技術로나 生産規模로 보아 最新의 大單位 工場을 갖춘 世界 有數의 시멘트 生産國으로 도약하였으며, 시멘트 輸出뿐 아니라 plant 輸出國으로 成長하였다.

最近 에너지 및 資源問題와 함께 시멘트界에도 에너지 및 資源 節約型 시멘트에 對한 觀心이 높아가고 있으며, 한편 急進의으로 增大하는 各種 建設事業과 방대한 工事는 그 內容에 따라 콘크리트의 工法이나 作業시스템의 改良外에도, 材料面에서도 시멘트의 品質改善이 研究되게되었고 特殊시멘트의 開發이 必要하게 되었다. 本稿에서는 이런 觀點에서 最近 흥미를 보이고 있는 特殊시멘트, 새로운시멘트 燒成技術 등을 概觀코저 한다.

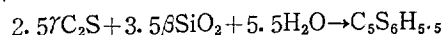
표 1. 시멘트 클린커 광물의 水和反應에서의 enthalpy, entropy.

Hydration reaction	$\Delta H^\circ_{298}$	$\Delta Z^\circ_{298}$
	(in kcal/mol)	
$2 \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 1, 17\text{H}_2\text{O} = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 1, 17\text{H}_2\text{O}$	-5, 4	-2, 41
$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \frac{1}{2} (3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) + 1/2\text{Ca}(\text{OH})_2$	-7, 12	+3, 94
$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 7/6\text{H}_2\text{O} = 1/3 (4\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 1, 5\text{H}_2\text{O}) + 2/3\text{Ca}(\text{OH})_2$	-5, 72	-1, 71
$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 7/6\text{H}_2\text{O} = 1/6 (6\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) + \text{Ca}(\text{OH})_2$	-3, 83	-0, 42
$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \frac{12.5}{6} \text{H}_2\text{O} = \frac{1}{6} (5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 + 5, \text{H}_2\text{O}) + 7/6\text{Ca}(\text{OH})_2$	-6, 81	-1, 38
$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \frac{6.5}{3} \text{H}_2\text{O} = 1/3 (2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2, 5\text{H}_2\text{O}) + 4/3\text{Ca}(\text{OH})_2$	-7, 1	-0, 49
$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 2.5\text{H}_2\text{O} = 1/2 (\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) + 3/2\text{Ca}(\text{OH})_2$	-6, 32	+1, 38
$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 2.17\text{H}_2\text{O} = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 1, 17\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$	-24, 2	-18, 76
$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = \frac{1}{2} (3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) + \frac{3}{2}\text{Ca}(\text{OH})_2$	-19, 86	-12, 15
$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \frac{13}{6} \text{H}_2\text{O} = \frac{1}{3} (4\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 1, 5\text{H}_2\text{O}) + \frac{5}{3}\text{Ca}(\text{OH})_2$	-24, 02	-17, 86
$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 13/6 \text{H}_2\text{O} = \frac{1}{6} (6\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}) + 2\text{Ca}(\text{OH})_2$	-22, 63	-16, 58
$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \frac{18.5}{6} \text{H}_2\text{O} = \frac{1}{6} (5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5, 5\text{H}_2\text{O}) + 13/6\text{Ca}(\text{OH})_2$	-25, 85	-17, 68
$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \frac{9.5}{3} \text{H}_2\text{O} = \frac{1}{3} (2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2, 5 \text{H}_2\text{O} + \frac{7}{3}\text{Ca}(\text{OH})_2$	-25, 4	-17, 74
$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 3.5\text{H}_2\text{O} = \frac{1}{2} (\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}) + \frac{5}{2}\text{Ca}(\text{OH})_2$	-25, 1	-14, 85
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 15\text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 9\text{H}_2\text{O}$	-57, 68	-40, 46
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 15\text{H}_2\text{O} = 3/4 (4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 19\text{H}_2\text{O}) + 1/4 (\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$	-85, 37	-48, 62
$3\text{CaO} + 15\text{H}_2\text{O} = 2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	-61, 92	-39, 12
$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 15\text{H}_2\text{O} = \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	-65, 76	-36, 5
$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 20\text{H}_2\text{O} = 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O} + 2\text{HFeO}_2$	-95, 6	-47, 2
$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 2\text{HFeO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$	-59, 24	-36, 81

## II. 시멘트의 水和反應

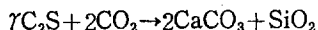
포틀랜드 시멘트를 만드는 原料인 石灰石 粘土 등은 물과 接하여도 反應을 하지 않는다. 이들 原料를 粉碎·調合하여 高溫으로 燒成하여 水硬性 化合物로 만들었을 때 비로소 물과 反應하는 性質을 갖는다. 그 反應성은 反應前後의 Gibbs의 free energy로 表示되나 反應條件에도 영향을 받는다. 시멘트 鑛物의 水和反應에서의 enthalpy, free energy의 變化는 表 1과 같다.<sup>2)</sup>

시멘트化學은 새로운 시멘트, 새로운 시멘트 製品에 對하여 새로운 可能性을 주고 있다. 水和機構, 硬化體의 性質은 漸次 解明되고 있으며 水和物 性質을 熱力學的으로 解明하는 方法은 資源, 에너지의 効率的 利用, 새로운 材料의 研究 開發에 기여할 것이다.<sup>3)</sup> 예를 들면  $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ 는 水硬性을 갖지 않으나 石質의 存在下에서는 可能할 것으로 反應은 느리나 水熱處理로서 促進된다.



$$\Delta G = -20.04 \text{ kcal/mole}$$

또 炭酸化에 依하여 硬化시킬 수도 있다.



$$\Delta G = -26.68 \text{ kcal/mole}$$

### Ⅲ. 最近 흥미를 끌고 있는 시멘트

#### (1) 資源 및 에너지 節減型 시멘트

鐵鋼工業의 成長과 함께 量産되고 있는 slag 를 물로 急冷한 水淬 slag 는 물과 反應할 때 熱力學的으로는 free energy 가 減少함에도 不拘하고 反應은 進行하지 않는다. 그러나 小量의 자극제를 加하면 물과 反應하여 水和物을 生成하고 硬化한다. 이와같은 潛在水硬性은 이미 H. Kühl 에 依하여 알려져 많은 研究가 이루어졌고, 이미 slag 시멘트로 生産도 되고 있으며 특히 歐洲에서의 slag 의 利用은 相當量에 이르고 있다.<sup>4)</sup> slag 를 含有한 시멘트는 原料로서 鹽基度가 높고 活性이 큰 slag 와 適當量의 添加劑를 使用할 경우 强度, 耐化學的 侵蝕性, 水和熱 등에서 포틀랜드 시멘트에 匹敵하거나 어떤 면에서는 보다 나은것을 만들고 있다. 各種 슬래그 시멘트, 슬래그 含量이 많은 高質酸鹽 slag 시멘트가 製造되고 있으며 특히 最近들어 資源 및 에너지 節約型 시멘트 開發추세와 함께 다시금 그 研究가 활발해 지고 있고, 增加一路의 副産石膏 脫黃石膏과 slag 를 利用한 시멘트開發도 활발한 움직임을 보이고 있다.

한편 slag 를 主原料로 한 鐵시멘트도 開發되었다.<sup>5)</sup> 鐵 시멘트란 포틀랜드 시멘트에 比하여 ferrite 相( $C_2F_{1-p}A_p$ )의 含量이 많은 시멘트인데 水淬 slag 와 轉爐 slag 를 使用하여 約 20%의 ferrite를 含有한 鐵 시멘트를 개발하여 石灰石의 消費量을  $\frac{1}{3}$ , 에너지 소비량을  $\frac{1}{2}$ 로 節減을 試圖하고 있다. slag 를 原料로 할 때 石灰石의 脫炭酸에 要하는 에너지가 不必要하며 한편 石灰石資源도 節約되고 廢資源活用이란 點에서 一石三鳥의 效果가 있다.

이 외에도 各種 廢副産資源의 시멘트原料로서 活用, 各種 混合시멘트의 活用도 資源 및 에너지 節減의 側面에서 고려해 볼만 하다.

#### (2) 超速硬 시멘트

速硬性 시멘트로는 알루미늄 시멘트가 쓰이고 있었으나 最近  $C_2S$  含有量의 增量, 特殊成分의 固溶 또는 clinker 를  $6000 \text{ cm}^2/\text{g}$  정도까지 微粉碎함으로써 超速硬性을 주는 시멘트를 얻기도 하였다.

한편 凝結時間의 調節이 可能하며 1時間에서 數時間內에 實用强度를 낼 수 있는 regulated set cement 도 開發되었다.<sup>7)</sup> 日本에서는 美國에서의 技術導入과 自體內 研究로서 젯트 시멘트<sup>8)</sup>를 製造되었다. 이와 같은 "one hour cement"의 研究는 英·獨 등 西歐에서도 行하여 졌으며 著者들도 報告한바 있다.<sup>9)</sup> 이는 早期强度를 發現하는  $11 \text{ CaO} \cdot 7 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaF}_2$  와 初期以後의 强度를 安定하게 發現하는  $3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$  등 化合物을 主體로 하고 있는 시멘트로 凝結時間의 調節, 超速硬性, 長期에 걸친 强度의 增進과 높은 最終强度, 高水密性 등 特徵을 갖고 있다.

이와같은 超速硬性 시멘트는 道路, 鐵道, 滑走路, 工場施設補修, 早事用 등 時間의 制約을 받는 緊急工事, 寒中工事に 適合하며 또 시멘트 二次製品製造에서 養生期間 短縮에서 오는 生産性向上 등이 期待된다.

#### (3) 膨脹性 시멘트<sup>10)</sup>

시멘트가 갖는 收縮性を 補償하고 나아가 prestressing 效果를 주는 시멘트로서 水和·硬化時 膨脹하는 膨脹材를 포틀랜드 시멘트에 混合하여 使用하는 경우와 시멘트 clinker 에 膨脹性物質을 直接 生成시키는 경우가 있다.

膨脹시멘트는 ettringite( $3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{ CaSO}_4 \cdot 32 \text{ H}_2\text{O}$ )를 生成하는 시멘트(K型, M型 및 S型)와 MgO, CaO 의 水和 膨脹을 이용하는 시멘트로 나눌 수 있다. K型 膨脹시멘트는 calcium sulfoaluminate( $4 \text{ CaO} \cdot 3 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3$ )를 含有하는 시멘트로 이를 포틀랜드 시멘트 燒成時 함께 燒成하든가 또는 따로 燒成하여 混合 粉碎한다. M型 膨脹시멘트는 포틀랜드 시멘트, 알루미늄 시멘트 및 石膏를 混合하여 製造한다. S型 膨脹 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트에 比하여 多

량의  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 를 함유하고 石膏量이 많은 시멘트이다.

膨脹 시멘트는 無收縮시멘트로 使用하는 경우와 chemical pre-stressing cement로 使用하는 경우로 大別할 수 있는데, 그 施工 및 應用은 廣範圍하므로 이를 使用한 새로운 工法의 開發도 期待되고 있다.

#### (4) Oil Well Cement 및 Geothermal Steam Well Cement

石油資源 開發이 廣域化해지고 油層이 漸次 探化해짐에 따라 그 深度와 함께 地層 溫度도 높아지며 또한 高壓이란 極限條件에 使用할 수 있는 시멘트의 開發이 要求되게 되었다. 시멘트 슬러리의 이런 條件下에서도 流動性을 잃지 않고 pump 壓送이 可能하고 壓送이 끝난뒤 곧 硬化할 수 있어야 하며 強度와 耐久性이 要求되고 있다. 이런 材料를 찾아 各種 混和材가 開發되고 있으며 또 이런 要求에 맞는 시멘트가 개발되고 있다. API 規格에 따르면 深度에 따라 8種類로 分類하고 있으며 또 普通型, 耐黃酸鹽型 및 高耐黃酸鹽型으로 나누고 있다. 最近 大陸棚 開發과 함께 더욱 까다로운 條件에 適應되는 시멘트의 開發이 必要할 것이다.

표 2. Oil well cement의 種類<sup>11)</sup>

API Class	使用抗井深度 (m)	普通型	耐黃酸鹽型	高耐黃酸鹽型
A	地表~1830	0		
B	地表~1830		0	0
C	地表~1830	0	0	0
D	1830~3050		0	0
E	3050~4270		0	0
F	3050~4880		0	0
G	地表~2440		0	0
H	地表~2440		0	
I	3660~4880	tentative		

한편 地熱發電 등 地下熱水を 에너지源으로 利用하기 爲한 geothermal steam well 用 시멘트<sup>12)</sup>는 一般의 oil well cement에 比하여 더욱 高溫( $200^\circ \sim 350^\circ\text{C}$ )과 큰 溫度勾配에 適合하여야 하므로 포틀랜드 시멘트系로서는 硬化後의 強度가

떨어지고 또 高溫 高壓의 酸性熱水에 依한 浸蝕의 우려도 있으므로 hydro thermol setting type의 시멘트의 使用이 必要하다. 이런 종류의 것으로 石灰-silica, 石灰-pozzolan 및 slag-silica系 시멘트가 開發되고 있다.

이런 類의 시멘트는 高溫 高壓의 地下 深部에서 使用되므로 그 施工面에서 要求되는 시멘트 슬러리의 性狀과 恒久的인 地下構造物로서 要求되는 硬化體의 性狀을 滿足시켜야 하며, 이들 特性을 살려 火山地帶의 터널工事나 溫泉地帶의 土木工事 등에도 使用될 것이다.

#### (5) 各種 耐久性 시멘트

시멘트界에도 海洋開發, 高溫材料 등 苛酷한 條件下에서의 使用에 견딜 수 있는 耐久性 向上에 對한 關心이 크다.

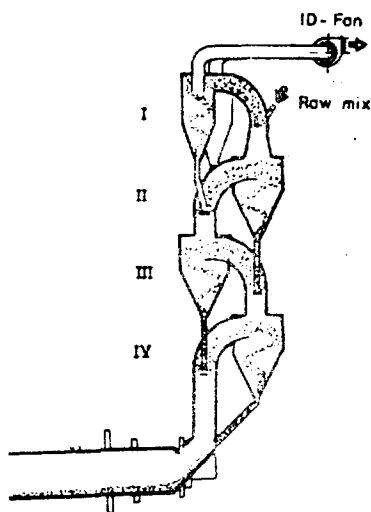
耐黃酸鹽 시멘트로서는  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  量을 增加시키고  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 를  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 로 만들고  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  量을 적게한 低  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ , 低  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 型 시멘트가 普通이며 海洋用으로는 슬러그 시멘트, 高黃酸鹽 슬래그 시멘트가 注目되고 있다.

而火性 시멘트로는  $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3$ 系의 것이 많으나 超高耐火性을 指向하는 시멘트로서  $\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 를 主成分으로 하는 barium aluminate cement도 研究되었고<sup>13)</sup>,  $\text{SrO}$ ,  $\text{ZrO}_2$ 의 添加도 檢討되고 있다.

이 以外에 耐放射線시멘트로서 barium cement도 研究되고 있다.

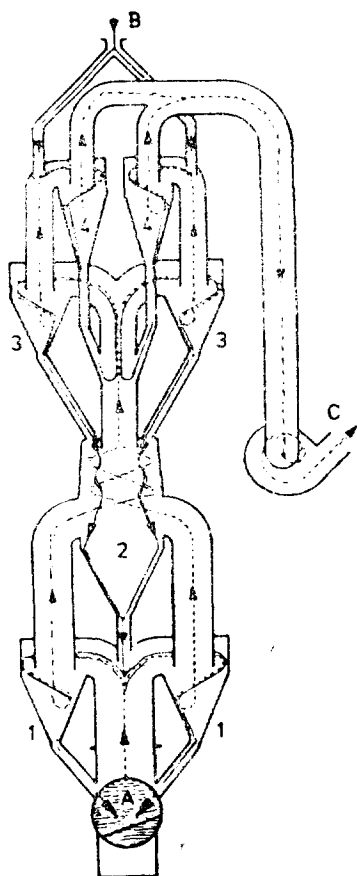
### IV. 燒成技術의 發展

石灰石 粘土등을 原料로 하여 調合한 調合原料를 燒成하여 클린커를 얻는데 必要한 理論熱量은 約  $400 \text{ kcal/kg'cl}$ 이다.<sup>14)</sup> 그러나 實際로 시멘트 킬른에서 消費하는 熱量은 製造方式에 따라 差는 있으나 理論熱량의 2~4 배에 이르고 있다. 얼마前만 해도 主流를 이루고 있던 濕式킬른에서는 約  $1600 \text{ kcal/kg'cl}$ , 보일러가 달린 乾式킬른에서  $1400 \text{ kcal/kg'cl}$ 로 熱效率은 낮았다. Lepol 킬른의 등장으로 熱效率은 相當히 좋아져



A. Humboldt Preheater

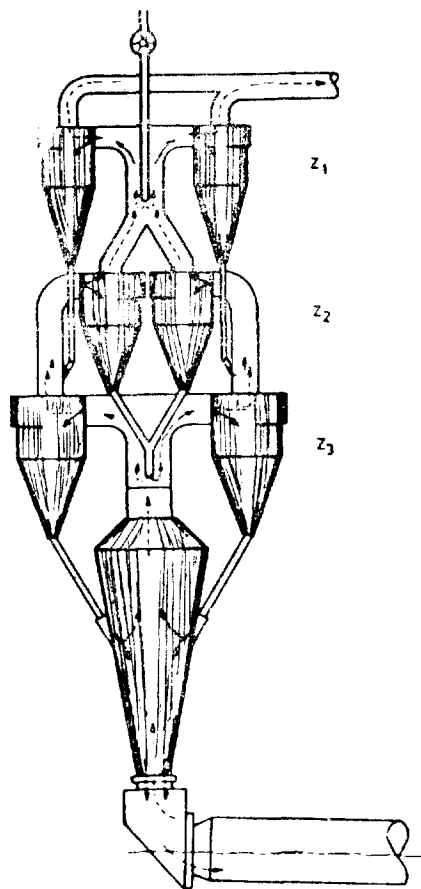
그림 1. SP Kiln의 예



B. Polysius Doppel Preheater

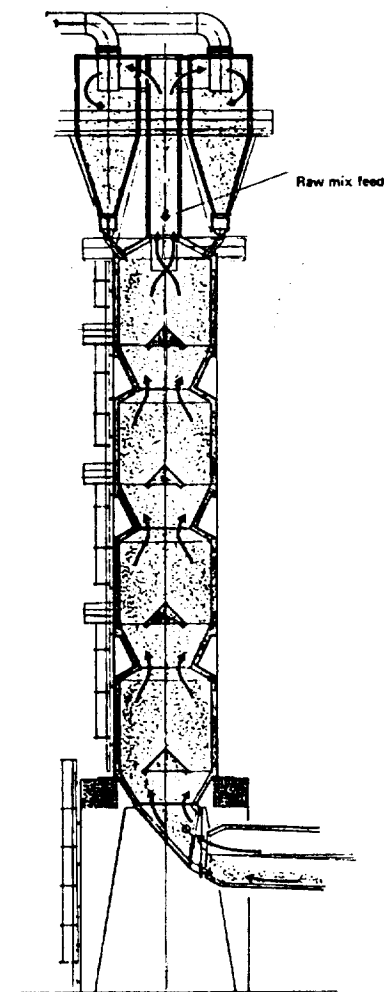
그림 1. SP Kiln의 예

消費熱量은  $950 \text{ kcal/kg'cl}$ 로 節減되었고 1960年代에 들어서면서 S.P. 킬른의 開發로 消費熱量은  $800 \sim 900 \text{ kcal/kg'cl}$ 로 줄어 들었다. 그림 1은 여러 方式의 SP 킬른을 보인 것으로 어느 것이나 浮遊狀態의 調合原料를 킬른에서 나오는 燃燒가스로 豫熱하여 原料中の 石灰石을 30~40% 分解시켜 킬른에 供給하는 方式이다. 理論的으로는 사이클론數를 더 많이하여 熱交換을 充分히 하면 熱效率을 더 向上시키는 것이 可能하겠으나 그에 따른 다른 경비의 增大 등을 감안하여 現狀에서는 4段方式을 가장 效率的으로 보고 있다. 이 方式은 시멘트 燒成에 획기적인 發展을 가져와 熱量 原單位의 節減과 킬른의 大型化가 可能해졌고 生産性的 向上을 보여 急速한 普及을 보였다.



C. Buhler-Miag Preheater.

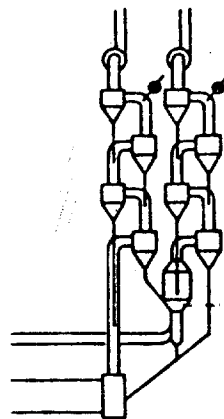
그림 1. SP Kiln의 예



D. Krupp Preheater

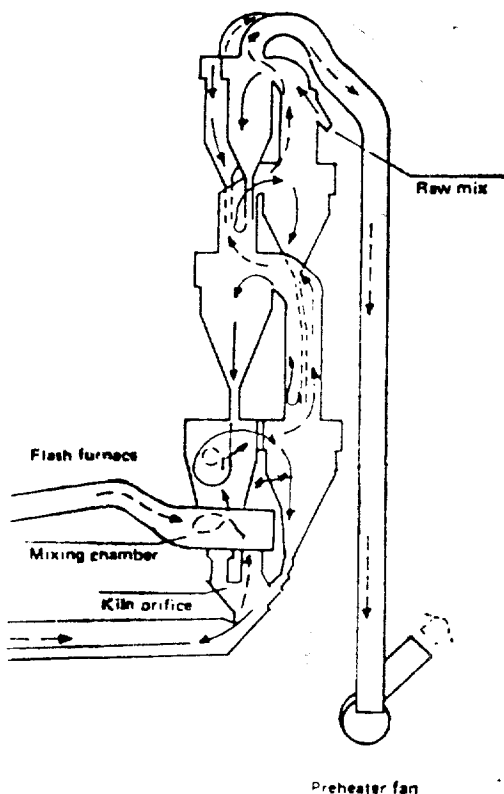
그림 1. SP Kiln의 예

近年에는 다시 SP 킬른을 改良하여 SP 킬른 中間에 煅燒裝置를 두었다. 이 NSP 킬른은 豫熱된 原料를 이 中間煅燒裝置에서 補助燃料로 加熱함으로써 原料의 約 90%를 煅燒시켜 킬른에 供給하는 것으로 煅燒方法으로는 流動層式, 氣流 渦室式, 噴流式 등이 있다. 이 새로운 킬른은 킬른 燒成能力을 約 2倍로 增大 시켰으며 熱消費量도 約 800 kcal/kg'cl 前後이고 特히 排氣가스中の  $NO_x$ 가 他方式보다 적어 最近 建設되고 있는 工場은 이 方式을 많이 採用하고 있다. 그림 2는 NSP 킬른의 例이다.



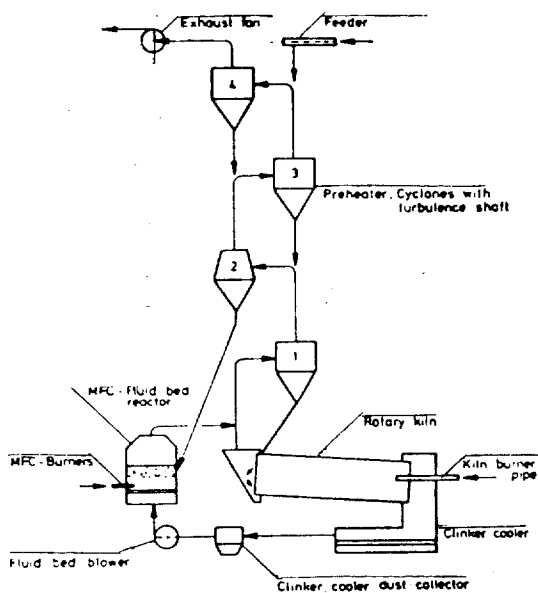
A. FLS Precaliner

그림 2. NSP Kiln의 예



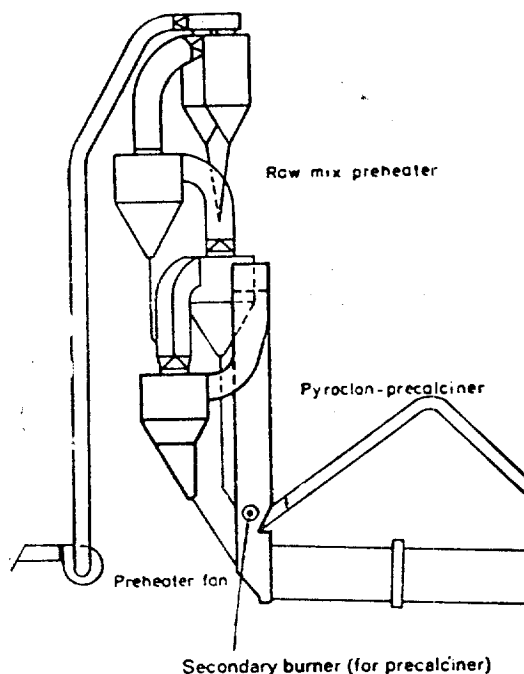
B. SF Preheater

그림 2. NSP Kiln의 예



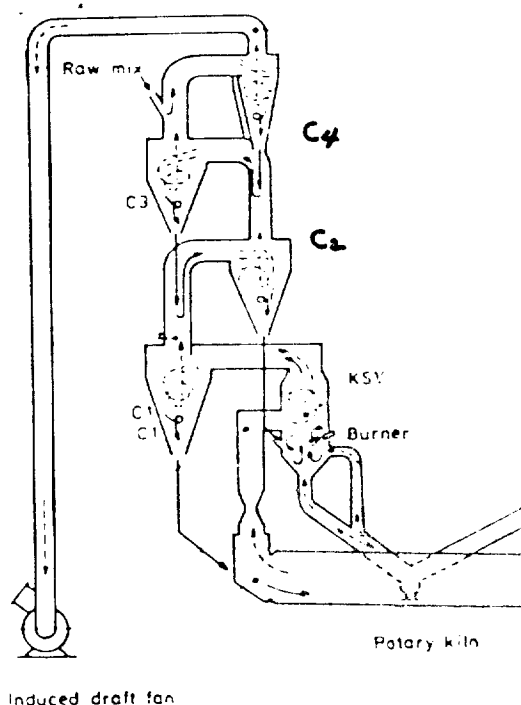
C. MFC Preheater

그림 2. NSP Kiln의 예



E. KSV Precalciner

그림 2. NSP Kiln의 예



D. Humboldt-Wedag Precalciner

그림 2. NSP Kiln의 예

今後 시멘트 燒成裝置는 더욱 改良되고 또 새로운 方式이 出現할 것이다. NSP 킬른은 더욱 改良되어 킬른의 길이는 더욱 짧아질 것이고, 圓轉爐를 使用하지 않는 燒成方法도 開發될 것이다. 더욱 나아가서는 Laser 나 原子力 에너지를 利用한 새로운 方式도 研究되리라 본다.

## V. 結 言

시멘트 産業은 巨大 裝置産業의인 性格을 띠고 있으며 化學工學, 窯業工學, 熱工學, 粉體工學, 機械工學, 電氣工學 및 制御工學 등 廣範圍한 科學技術 體系에서 이루어져 있고, 典型的인 多資源 多에너지 消費型 産業이다.

製造技術은 最新의 計測器 및 컴퓨터의 使用으로 中央制御方式이 導入되고 生産性向上과 에너지 節減 및 資源 節減의 方向으로 進展을 보고 있다. 燒成技術의 發展과 함께 클린커 冷却施設의 改善, 放熱損失을 減少시키기 위한 方案 粉碎에너지 節減을 위하여 새로운 粉碎機의 開

發과 클린커의 被粉碎性改善, 새 粉碎助劑 등의 開發이 계속 研究되고 있다.

한편 石灰石, 粘土資源의 有効利用과 未利用資源의 開發, 易燒成原料 開發이 研究되고 있으며 資源 및 에너지節約型 시멘트, 特殊用途의 새로운 시멘트가 開發되고 있다.

우리 나라도 이제 世界 主要 시멘트 生産國으로 登場하였다. 製造方式에서도 濕式, 乾式, Lepol式, SP式, NSP式 등 多樣하며, 이들 技術은 비록 짧은 年輪이기는 하나 모두 소화하여 우리의 것으로 하였고, 나아가 自體內 技術로 性能을 改善하였으며 世界 有數의 大單位工場을 建設하였고 海外에까지 프랜트輸出을 하는 段階에 까지 이르렀다. 그림 3에 시멘트 生産實績과 輸出實績 그리고, 앞으로의 生産展望을 보인다.

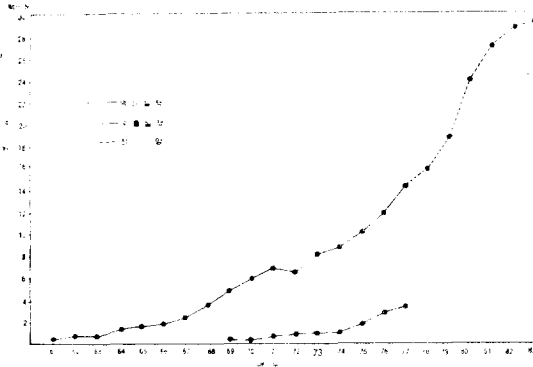


그림 3. 우리나라 시멘트 생산추이

그러나 이렇듯 시멘트 生産量은 늘고 있으나 그 品種은 거의 大部分이 포틀랜드 시멘트 1種으로 若干의 特殊 시멘트가 있을 뿐이다. 勿論 짧은 期間內의 急成長으로 特殊시멘트의 開發이 늦었다고는 하겠으나 앞으로 이에 開發에도 注力하여야 하겠다. 모든 工事に 포틀랜드 시멘트가 適格일 수는 없다. 또 混合시멘트의 活用은 資源과 에너지의 節減이란 面에서도 考慮되어야 할 것이다.

## References

1) 崔相紇, “시멘트化學·技術의 發展” 窯業學

會誌, 11(4)(1974), 47.

2) O.P. Mchedlov-Petrosyan and V.I. Babushkin, “Thermodynamics and Thermochemistry of Cement” 6th Inter. Congress on Chem. of Cement, (1974).

3) 近藤連一 “시멘트 化學과 그 應用” 시멘트 技術年報(日), XXIX(1975), 17.

4) 崔相紇, “슬래그의 特性和 그 利用” 窯業學會春季總會(1978).

5) R. Kondo, M. Daimon, S. Goto, “Fuel Economized Ferrite Cement made from Blast furnace and Converter Slag”, 5th Mineral Waste Utilization Symposium, (1976), 329.

6) 崔相紇, “시멘트 原料로서 廢·副産資源” 제 5회 시멘트 심포지움, (1977), 94.

7) P. Klieger, “Regurated set cement” PCA (1971).

Wm Peremchio, “Regurated set cement”, PCA (1971).

8) 內川浩, 松崎安廣, “젯트 시멘트” 세라믹스(日), 7(4)(1972), 249.

9) 韓基成, 崔相紇, 韓相穆, 徐一榮, “超速硬 시멘트 製造에 관한 연구” 窯業學會誌. 12(2) 21, 12(4) (1975).

10) 崔相紇 “膨脹 시멘트 製造研究” 제 2회 시멘트 심포지움, (1974), 51.

11) API 規格.

12) 樓井生 “地熱井과 地熱井 시멘트”, 세라믹스 데이터 북, (1976), 320.

13) 최상훈, 한상목, 김귀순 “Barium Aluminate 수화물의 가열특성” 窯業會誌 10(1) (1973), 56.

14) F.M. Lea, The Chemistry of Cement and Concrete, Chemical Publishing Co. Inc. (1971), p.126.

15) W.H. Duda, Cement Data Book, Bauverlag Gmb H. (1977).