

日本の 새로운 시멘트 燒成方法

宮 澤 清

<日本시멘트協會>

調 査 課 譯

編輯者註: 本文은 今年 2月 28日 마닐라에서 開催된 第2回 ACPAC會議 때 日本側代表가 英文으로 報告한 것을 우리말로 옮긴 것임.

概 要

SP附 시멘트 rotary kiln(SP kiln)이 日本에 처음 導入될 當時는 日産能力이 약 1,000톤에 불과하였으나 그 後 차츰 확대되어 kiln의 直徑이 6m에 달하게 됨으로써 日産 5,000톤의 規模가 이르게 되었다. 그런데 이 수준은 S.P system의 한계에 가까운 것으로 看做됨으로써 새로운 燒成方式의 開發이 모색되어 왔던바 그 결과 여러가지 새로운 소성방식이 개발되었는데 日本에

서 실시되고 있는 것으로는 rotary kiln과 SP 사 이에 보조소성로를 附加시키는 방식이다. 이 방식은 原料의 脫炭酸率을 80~90%까지 끌어올릴 수 있게 되었고 이로써 SP kiln의 生産能力은 kiln의 크기를 거의 同一하게 유지하더라도 2~3倍의 能力增加를 가져오게 되었다. 이러한 새로운 方式의 성공에 대하여 國內外에서 銳利한 관심을 가지고 지켜보고 있으며, 이 方式은 新·增設計劃에 더욱 많이 채택되고 있다. 그러나 이 새로운 方式이 현재로서는 아직 初期段階

<表-1>

年度別 樣式別 키른數

(74年末 現在)

年度	乾 式							濕 式					總計
	DB	NCB	Lepol	Shaft	SP	NSP	計	WFB	Long	WF	Lepol	計	
1960	77	8	23	10			118	20	31			51	169
1961	75	10	27	10			122	21	33			54	176
1962	74	10	32	15			131	21	39			60	191
1963	72	10	36	15	6		139	21	44		4	69	208
1964	71	10	42	15	9		147	21	49		4	74	221
1965	67	10	46	15	13		150	21	50		4	75	225
1966	57	11	50	15	16		149	21	49	1	2	73	222
1967	50	11	51	15	17		144	21	49	1	2	73	217
1968	47	10	50	15	24		146	21	48	1	2	72	218
1969	49	10	52	15	34		160	18	48	1	2	69	229
1970	49	10	52	10	37		157	18	48	1	2	69	226
1971	49	10	51	10	44	1	165	18	46	1	2	67	232
1972	48	10	51	10	48	3	170	18	44	1	2	65	235
1973	47	10	51	10	42	19	179	18	42	1	2	63	242
1974	44	9	51	10	37	30	181	18	40	1	2	61	242

註 DB: 보일러附 乾式
SP: SP Kiln

WFB: 보일러 및 필터附 濕式
NCB: 보일러附 改良燒成法

NSP: New SP
WF: 필터附 濕式

<表-2>

樣式別 크링카 生産比重

(單位: %)

項目	年度	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
乾 式	DB	11.3	10.4	10.8	10.6	9.2	9.4	9.2	8.3
	NCB	9.7	9.1	8.1	6.7	6.1	5.7	5.1	4.1
	Lopol	25.6	26.3	23.9	21.4	20.1	19.1	17.6	15.9
	Shaft	1.1	0.9	0.8	0.9	0.9	0.6	0.6	0.9
	SP	15.7	19.1	27.5	36.3	40.0	44.2	48.5	57.4
	計	53.4	65.8	71.1	74.9	76.3	78.9	81.7	86.6
濕 式	WFB	6.5	5.8	4.3	2.9	2.3	2.1	2.1	1.9
	Long	28.8	27.1	23.4	20.9	20.2	17.9	16.3	10.8
	WF	0.6	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2
	Lepol	0.7	0.9	0.8	0.9	0.9	0.7	0.6	0.5
	計	33.6	34.2	28.9	25.1	23.7	21.1	18.3	13.4
總 計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

註: NSP의 생산은 SP에 포함시켰음.

를 벗어나지 못하고 있으므로 더욱 현실적인 研究와 進展이 필요한 것으로 생각된다.

1. 序 文

日本の 시멘트 생산은 막대한 需要의 뒷받침으로 1967년부터 1972년까지의 6年동안 年平均 9.6%의 增加率을 나타냈으며 1972會計年度の 生産實績은 6,915萬톤에 달하였고, 1973歷년에는 7,730萬톤에 달하였다. 上記 6年間の 總生産量은 33,000萬톤이었으며 그것은 1947년부터 66년까지 20年동안의 生産量과 거의 맞먹는 것으로서 生産增加의 템포가 急速한 것임을 나타내고 있다.

全世界의 시멘트 生産量은 1967년에 48,300萬톤이었으며 1972년에는 61,700萬톤으로 늘어났다. 國別로는 1967年 以來 蘇聯이 首位이며, 美國이 2位, 日本은 3位가 되어 왔으며 最近 몇년동안 日本은 美國의 生産量 水準을 상회하고 있다. 日本의 시멘트 生産施設은 그간 外國技術의 導入에 依存해 왔으나 최근에는 日本의 獨自의인 生産技術을 확립했으며 公정의 革新, 시설의 擴充, 自動化, 品質의 優秀性 및 品質管理 등 여러 면에 있어서 세계의 最高水準에 도달했다. 특히 시멘트 燒成에 있어서 calcite의 脫炭酸率을 增加시키기 위하여 kiln과 S.P 사이에 補助燒成爐를 設置하는데 성공하였으며 이로써 kiln의 크기를 확대시키지 않고도 kiln의 產出量을 2배 이상 증가

시키게 되었다. 이른바 NSP kiln이라고 불려지는 새로운 燒成方式의 開發은 매우 주목할 만하며, 그것은 日本內에서 뿐만 아니라 世界各國의 관심의 초점이 되고 있다. 최근 日産能力 8,500톤 규모의 kiln이 建設되고 있다. 이제 여기서 최근 10年間の 狀況을 報告하고 日本에서 開發된 새로운 燒成方式 몇 가지를 설명코자 한다.

2. 시멘트 燒成方式의 變遷

끊임없는 需要增大에 직면하여 日本의 시멘트 産業은 生産施設 全般에 걸친 能力擴大, 勞動節約, 效率向上 및 合理化 등의 技術革新을 위하여 努力을 아끼지 않았으며 그와같이 하여 勞務費, 原料費 및 燃料費의 증가를 억제함으로써 시멘트의 適正價格에 의한 供給安定에 성공하게 되었다.

약 10년전까지만해도 日本의 시멘트 kiln의 주된 類型은 濕式 long-kiln과 Lepol kiln이었다. 1962년에 처음으로 SP kiln이 日本에 도입되었고, 그후 急速히 日本 全域에 보급되었다. 樣式別 kiln 數의 趨勢 및 clinker 生産과 燃料消費에 있어서 각 樣式別 比重은 각각 <表-1>, <表-2> 및 <表-3>에서 나타나는 바와같다. 濕式 long-kiln은 65년에 가장 높은 生産을 보였으나 해마다 生産量이 감소되어 지금은 전체의 20% 미만을 生産하고 있다. Lepol kiln 역시

<表-3>

燃料消費推移

(單位: kcal/kg-cl)

項目	年度	1963	1965	1967	1969	1971	1972	1973	1974
Dry Process	DB	1,537	1,455	1,465	1,481	1,473	1,476	1,482	1,488
	NCB	520	541	511	499	499	508	510	570
	Lepol	949	937	928	930	932	942	878	980
	Shaft	978	1,015	913	932	978	993	893	963
	SP	900	894	861	853	844	844	854	964
Wet Process	WFB	1,723	1,718	1,697	1,697	1,708	1,709	1,678	1,586
	Long	1,430	1,394	1,355	1,362	1,362	1,365	1,366	1,483
	WF	—	—	1,573	1,498	1,544	1,564	1,575	1,678
	Lepol	—	1,021	1,075	1,031	1,023	1,025	1,077	1,322
평균		1,345	1,219	1,181	1,119	1,057	1,049	1,038	1,051

<表-4> 時間當 Kiln 單位容積當 크링카 生産

項目	Production per unit volume (kg/m³h)	Ratio (%)
SP	63.4	100
Lepol	62.7	99
DB	39.0	62
Long(Wet)	22.8	36
NCB	168.8	266
Shaft	126.0	199

1967년에 그 peak 를 이루었으나 그후 濕式 long-kiln 과 똑 같은 쇠퇴 過程을 밟았다. 그와는 반대로 SP 型은 1963년 以來로 急速히 보급되어 1972년에 全體 生産의 44%에 도달했다. 이것은 濕式 long-kiln 에서는 slurry 의 30~35% 에 해당하는 水分이 蒸發되어야 하며 따라서 燃料消費가 <表-3>에서 나타난 바와 같이 Lepol 이나 SP kiln 보다 더 높기 때문이다. Lepol kiln 의 쇠퇴는 kiln 能力의 확대가 어렵기 때문이다. 日本에서는 乾式에 의한 生産이 1972년에 약 79%에 달했다. 그러나 美國에서는 燃料價格이 싸기 때문에 濕式이 優勢하다. 美國에서는 clinker 生産의 60%가 濕式에 의한 것이고 나머지가 乾式에 의한 것이라고 추측된다. 燃料價格이 日本만큼이나 비싼 西獨에서는 clinker 生産의 49%가 SP kiln에 의한 것이고, 34%가 Lepol kiln에 의한 것이다. 또한 유럽에서는 clinker 生産의 50%가 SP kiln에 의한 것이라고 한다.

kiln 크기는 계속 增大되고 있다. 世界最大의 kiln은 다음과 같다.

- SP 키른, 6.2mφ×125m, 5160톤/日, 宇部社伊佐工場
- 습식 long kiln, 7.5mφ×231m, 3600톤/日, Dundee 社
- 보일러附 dry kiln, 6.3mφ×178m, 3200톤/日, 宇部社
- Lepol kiln, 5.3mφ×100m, 2500톤/日, 大阪시멘트社

여러 代表的인 kiln 類型別 單位容積當 clinker 産出量은 <表-4>에서 보는 바와 같다.

SP kiln의 特徵은 높은 熱效率과 kiln의 單位容積當의 높은 生産量, 그리고 kiln 能力을 增大시키기 쉽다는데서 찾아볼 수 있는데 그 理由는 廢熱과 混合粉末原料사이의 熱交換이 여러 段階의 cyclone을 통하여 이루어지기 때문이다. 이 과정에서 高度로 脫炭酸化된 混合原料는 rotary

<表-5> 世界 類型別 SP kiln 數

Type	Number
Humboldt	269
Polysius	142
F. L. Smidth	78
WEDAG	42
Krupp	33
SFAC	6
MIAG	5
Fives Lille-C	4
Prerov. S.	2
SKET	1
計	582

kiln으로 注入된다. SP kiln은 1962년에 日本에 導入되었으며 현재 3,000~4,000t/d 級の kiln이 널리 使用되고 있다.

SP 키른에는 Humboldt, WEDAG, Dopol, Smidth, Krupp, MIAG, Prerov 와 같은 여러 類型이 있으며 前者의 4가지 類型은 日本에서 일반적으로 使用되고 있다.

世界 도처에 설치된 각종 SP 키른의 수는 <表-5>에서 볼 수 있으며 日本에 관한 것은 <表-6>에서 보는 바와 같다.

3. 새로운 燒成方式

SP kiln이 日本에 도입된 당시 kiln 能力은 日産 1,000톤 程度에 불과했으나 차츰 日産 5,000톤을 초과할 만큼 증대되었다. 그러나 cyclone preheater 内の 脫炭酸率은 낮으며 推定 限界線인 40%를 초과할 수 없기 때문에 燃燒되지 못한 나머지 60%와 완전한 sintering은 熱效率이 낮은 rotary kiln에서 이루어져야만 한다. 그러므로 燒成設備의 증대는 rotary kiln의 확대를 의미하는데 여기에는 技術的, 經濟的인 관점에서 여러가지 문제점이 야기된다. SP kiln은 直徑 6m의 크기를 超過하고 日産能力이 5,000톤을 넘어설 때 그 以上の 擴大는 한계에 달하게 되었다. 그리하여 kiln을 더 以上 확대시키지 않고도 kiln의 能力을 확대시킬 수 있는 劇的인 突破口를 가져올 새로운 造形 方式이 요망되어 왔다. 生石灰에 의한 이 새로운 시멘트 燒成方式은 이미 잘 알려져 있는 바와 같이 石灰質原料가 完全分解에 가깝도록 먼저 燃燒된 다음 粘土原料와 혼합되고 그 配合原料가 clinker로 燒成되는 것이다.

시멘트 燒成의 흡열반응 즉 炭化物의 分解반응이 시멘트 kiln의 외부에서 따로 이루어지기 때문에 남은 것은 clinker의 生成反應뿐이다. 따라서 이와같은 방법은 kiln 熱負荷를 크게 감소

시키며 따라서 生産能力은 보다 더 적은 kiln으로서도 종전의 石灰石 工程과 비교할 때 2~4倍로 향상될 수 있다. 그리하여 preheater에 補助的인 煨燒장치를 附着함으로써 脫炭酸率을 80~90%까지 提高시키는 計劃이 이루어졌으며 이것이 곧 여러가지 새로운 燒成法을 개발시키는 실마리가 되었다.

74年 3月末 현재 日本에는 그와같은 새로운 燒成法에 의한 kiln이 19基에 이르고 있다(註: 75年 3月末 現在 35基 <別表-1> 参照).

3-1. MFC方式

MFC(Mitsubishi Fluidized Calciner) 方式은 kiln과 preheater 사이에 流動層煨燒裝置를 設置하는 것이다. 이는 三菱시멘트(株)와 三菱重工業(株)이 共同으로 開發하여 成功的으로 實用化한 것이다. MFC의 配置構造는 <그림-1>에서 보는바와 같다.

preheater에서 加熱되고 部分的으로 分解된 配合原料는 MFC로 供給되어 煨燒된다. 크링카冷却機로부터 抽出 혹은 排出된 高溫의 排氣는 配合原料를 流動體化하고 동시에 MFC에 吹入된 燃料의 燃燒에 필요한 空氣를 供給한다. 燃料(重油 또는 微粉炭)은 流動層으로 直接吹入되며 均一한 溫度에서 높은 效率의 煨燒作用이 이루어진다.

MFC方式의 特徵은 火災이 없는 流動層을 採用한데 있다. 이 방식은 어떠한 局部的인 過熱狀態도 일으키지 않아서 매우 容易하게 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 의 溫度差 範圍內에서 均一한 溫度分布로 全流動層을 維持할 수 있으며 그와같이 하여 煨燒條件이 安定된다. 그러므로 현재까지 MFC 內壁이나 혹은 排氣管에 配合原料의 Coating으로 惹起되는 trouble은 전혀 發生되지 않았다. 流動層과 그 排氣가스의 溫度는 MFC의 높은 熱交換效率에 의거 配合原料의 分解溫度($800^{\circ}\sim 850^{\circ}\text{C}$)와 거의 平衡된다. 이 MFC로부터 나오는 排氣는 Preheater로 들어온 高溫가스 全體의 溫度를 떨어

<表-6>

日本の 型別 SP kiln 數

(1974年 12月末 現在)

SP						NSP					總計
型別	Dopol	Humboldt	WEDAG	F. L. Smidth	計	SF	MFC	RSP	KSV	計	
基數	15	13	8	1	37	12	13	2	3	30	67

<別表-1>

日本 NSP 키톤의 設置狀況

會社	工場	키톤 No	形式	新設·改造	키톤·사이즈 φ XL	生産量 t/day	稼動年月日		
日本	埼玉 玉佐	6	SF	改造	5.25~4.75	84	7,000 73.12		
		1	SF	改造	3.4~3.75	74	2,500 74.2		
小野田	田原 大船渡		RSP	新設	1.8	28	235 72.8		
		2	RSP	改造	3.75~3.45	76	3,200 74.7		
住友大	友阪 高知	7	SF	改造	3.5	66	3,200 73.10		
		6	SF	改造	5.4	100	3,500 74.6		
秩父	父第一 熊谷	7	MFC	新設	5.8	110	4,800 73.12		
		1	SF	改造	3.9		2,000 71.9		
德山	德山 德山	6	SF	改造	5.5	100	7,200 73.10		
		3	KSV	增設	5.7	110	4,100 73.4		
日立	日立 日立	4	MFC	增設	5.7	110	4,700 73.10		
		5	SF	新設	5.7	110	6,000 74.9		
敦東三	賀洋菱 賀陽	5	SF	增設	4.2	64	1,440 74.1		
		6	SF	新設	4.2	64	2,800 74.11		
敦東三	賀洋菱 賀陽	6	KSV	新設	4.2	65	2,500 74.5		
		7	MFC	增設	5.4	100	4,100 73.10		
		1	MFC	改造	4.6	85	3,000 74.3		
		2	MFC	改造	4.6	85	3,000 74.3		
		D ₂	MFC	改造	4.5	93	3,000 72.12		
		D ₁	MFC	改造	4.9~5.2	95	3,500 74.4		
		D ₃	MFC	改造	3.6~4.2	71.2	2,100 74.12		
		5	NFC	新設	4.3	65	2,000 71.9		
		1	MFC	增設	4.14~3.9	62.96	2,000 73		
		3	MFC	增設	4.14	62.96	2,000 74.3		
		2	MFC	增設	4.14	62.96	2,000 74.64		
		新日千東北宇	鐵田發部 戶畑 室蘭 青海 岩手 伊佐	4	MFC	增設	4.1	63	2,000 74.6
4	MFC			新設	5.4	100	4,800 73.5		
2	MFC			改造	5.2	85	3,500 74.3		
1	MFC			改造	5.2	94.5	4,200 74.10		
3	MFC			改造	5.4	88	4,300 74.10		
2	SF			改造	3.75	70.6	2,200 74.7		
4	SF			新設	4.2	54	2,007 74.3		
2	SF			改造	4.5~4.1	92	5,200 74.3		
3	KSV			改造	4.2	65	1,000 73.4		
2	KSV			新設	6.2	105	8,500 75.3		
住友三井	香春 赤穗 橫瀬 田川			8	MFC				7,200 75.10
				1	SF	改造			7,000 75.11
		3	MFC	新設			4,000 75.		
		4	SF	改造			4,000 76.3		

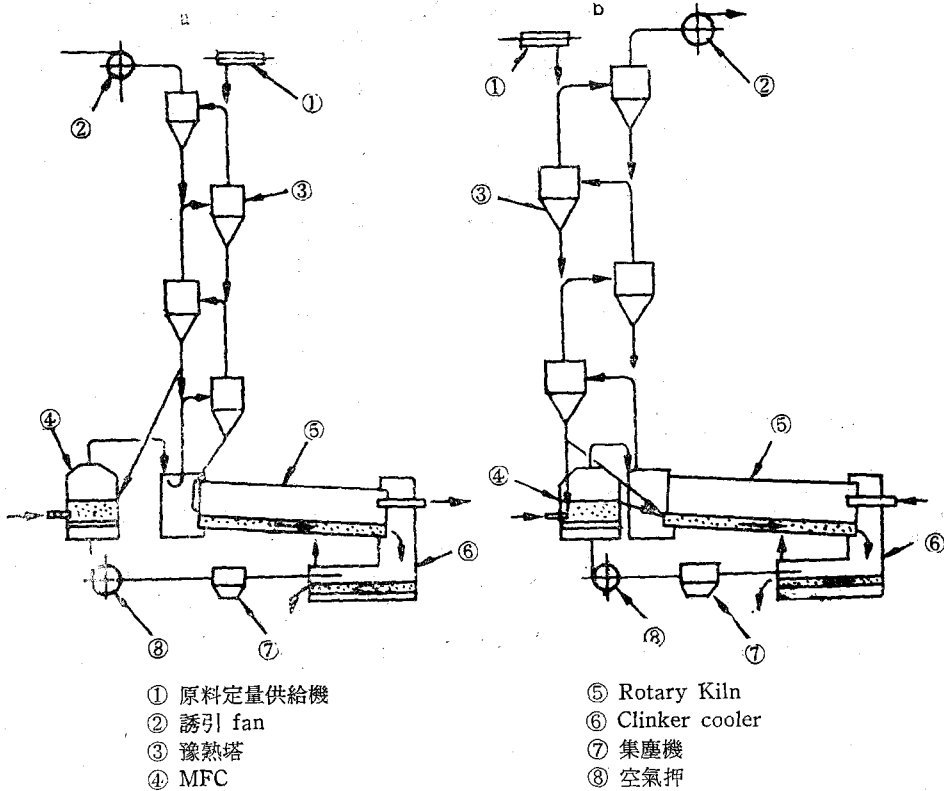
註: 上記 表는 最近의 日本시멘트 新聞資料에 의거 譯者가 作成한 것이며 下段工場은 豫定分인.

어트리는데 役割을 하며 따라서 Preheater의 coating trouble을 없애는 結果를 가져왔다. 또한 MFC는 超過空氣率이 1보다 훨씬 낮은 狀態에서도 稼動될 수 있다는 點은 注目할만한 일이며 이는

MFC가 燃料의 燃燒裝置일 뿐만아니라 또한 燃料의 熱分溜裝置임을 意味한다. 더욱 MFC로 吹入되는 燃料을 完全 연소시키기 위하여 必要한 空氣는 크링카 冷却機로부터 Kiln을 通하여 回

<그림-1>

MFC 방식의 配置圖



- ① 原料定量供給機
- ② 誘引 fan
- ③ 豫熱塔
- ④ MFC

- ⑤ Rotary Kiln
- ⑥ Clinker cooler
- ⑦ 集塵機
- ⑧ 空氣押

收되며 따라서 이는 clinker cooler로부터 高温 가스 回收率을 쉽게 높일 수 있도록 한다. 그런데 MFC 내에서 分溜되어 나오는 可燃性 gas는 kiln 排가스의 殘餘 O₂에 의하여 SP의 最下段의 duct 및 cyclone에서 完全히 燃소되며 그 燃소 열은 配合原料를 分解하는데 完全히 利用된다.

MFC 방식에 對한 實驗事例를 說明하면 아래와 같으며 이 방식의 規格과 熱精算은 <表-7> 및 <表-8>에서 보는바와 같다. 그리고 이 방식의 能力向上目標(25%)는 이미 37%의 能力增加를 이룩함으로써 達成되었다. 이 방식에 의한 全體의인 燃料의 熱消費는 크링카 kg當 약 760 kcal이며 그가운데 약 26%가 MFC로 吹入된다.

이 방식의 가장 注目할 結果는 操業의 安定性에서 찾아볼 수 있다. 上記 kiln의 한 運轉期間當 平均 및 最大 運轉時間은 現在로서 各各 5,263 및 10,600時間으로 나타나고 있다. 日本에 있는 全 SP kiln의 한 運轉期間當 平均 運轉時間이 2,000時間을 超過하지 못할을 考慮할때 MFC方

法の 經濟性은 明白한 것이다. 또한 이미 言及한 바와 같이 SP 最下段의 duct와 cyclone의 coating에 의한 trouble은 決코 發生되지 않으며 따라서 거기에 隨伴되는 追加作業은 全히 不必要하게 되었다. MFC의 稼動은 完全히 그리

<表-7> MFC 방식의 規格

設 備	規 格
Kiln	5.4mφ×95.0mL
Dopol Suspension Preheater	
No. 1 Cyclone	7.1mφ×11.8mL×2
Vortex Chamber	9.7 × 14.6 × 1
No. 3 Cyclone	7.0 × 11.8 × 1
No. 4 Cyclone	4.3 × 11.2 × 4
Preheater I.D fan	10,800m ³ /min×800mmAg × 350°C×1
MFC	7.7/7.1mφ×5.5mH×1
Fluidization Blower	1100m ³ /min×1800mmAg × 20°C
Clinker Cooler	Fuller Type 4.50mW × 28.45mL×128.1m ²

고 自動的으로 調整되며 또한 operator의 檢査가 不必要하다. MFC 方式의 두드러진 特徵으로서 指摘될 수 있는 것은 이 方法이 既存 SP Kiln 에 附加的으로 設置될 수 있다는 事實과 경우에 따라 必要하다면 多少의 가벼운 修理로서 Capacity 增加가 容易하게 달성될 수 있다는 사실이다. 이때 MFC 를 設置함에 있어 Kiln 을 세워야할 所要期間은 대체로 2週日 以內이다.

그리고 萬若 필요하다면 부가된 MFC 部分을 分離시켜 통상의 SP 方式으로 kiln 을 稼動시킬 수도 있다.

3-2. SF 方式

SF 란 Suspension Preheater 와 Flash Furnace 의 略語로서 兩頭文字를 딴 것이다. 이 方式은 石川島播磨重工業(株)과 秩父시멘트(株)가 共同으로 개발한 것이며 石川島播磨(株)는 1965 年에 Flash Furnace(氣流爐)를 開發하였고 1969 年에는 煨燒能力 日間 20% 規模의 試驗 kiln 을 제작하였다.

그리고 70年부터 71年사이에 kiln 과 氣流爐의 結合試驗을 한후 石川島播磨와 秩父시멘트는 이 方式을 秩父시멘트 第1工場 7號 kiln (3.9mφ×51.4m)을 이용하여 實機試驗을 하기로 결정했다. 이 kiln 은 71年末에 稼動을 시작하여 72年 7月에는 日産 2,000%를 상회하는 燒成能力을 갖게된바 이는 종래의 SP kiln 보다 2배를 상회하는 것이다. 그리하여 이 SP kiln 의 熱消費는 SP

kiln 때보다 적게 들었다. 1973年末에는 보다 큰 SF kiln(日産 7,200%)이 同社 態谷工場 6號 Kiln 에 實用化되었다.

이 방식은 preheater 와 kiln 사이에 氣流爐라고 하는 바나를 부착시킨 特殊爐를 설치하는 것으로서 混合原料의 分解率이 30~40%에서 90% 이상으로 向上시킬 수 있게 한다. 그리하여 kiln 의 燒成能力은 2배 내지 3배에 달하게 되었고 또한 kiln 의 長期運轉이 가능하게 되었다.

氣流爐는 上部反應室과 下部渦卷室로 구성된다. 混合原料와 연료는 氣流爐 上段에서 아래로 공급되며 반대로 燃燒를 위한 二次空氣가 kiln 의 廢가스와 더불어 위로 선회한다. 그와같이 氣流爐內에는 混合擴散亂流屬이 형성되며 여기에서 混合原料의 脫酸化가 이루어진다. 이 氣流爐는 酸素濃度가 비교적 낮은 亂氣流 속에서 원료의 吸熱反應과 燃料의 燃燒가 동시에 이루어지도록 되어있다. 燃料油滴이 亂流中에 浮遊된 상태에서 燃燒되고 그 氣流爐의 전체가 燃燒域化됨에 따라 통상적인 바나에서 보는바와 같은 高溫의 火炎은 형성되지 않는다. 그리하여 비록 氣流爐內의 온도는 780°~920°C로서 비교적 낮게 유지되고 또한 二次空氣의 酸素濃度도 낮지만 燃燒狀態는 안정되고 있다.

SF kiln 의 規格과 熱精算은 <表-9> 및 <表-10>에서 보는 바와 같다.

그리고 <그림-2>와 <그림-3>은 SF 方式과

<表-8>

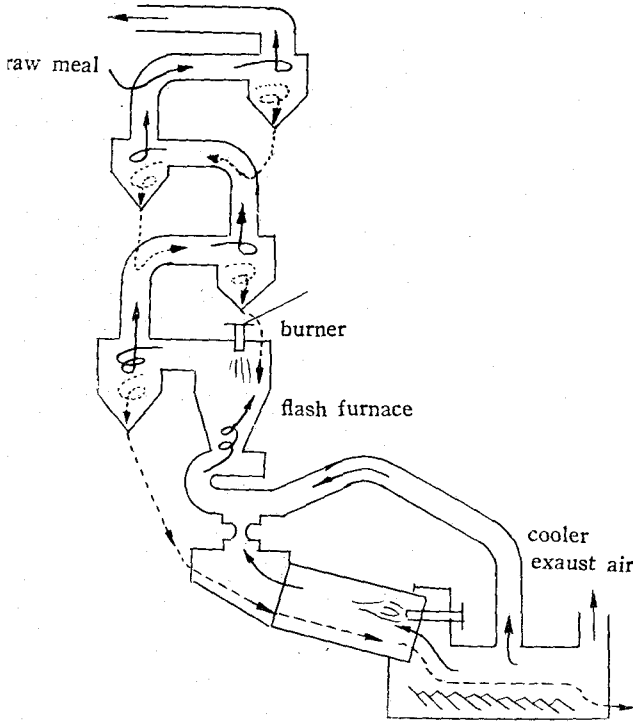
MFC 方式의 熱精算表(20°C 基準)

크링카 產出量 : 219.0t/hr
Kiln : 燃料油消費 : 14.0 kl/h

Sp 排出 가스溫度 : 365°C
MFC의 燃料油消費 : 5.6kl/r

入 熱			出 熱		
項 目	Kcal/kgcl	%	項 目	Kcal/kgcl	%
注入燃料의 顯熱(Kiln)	2.5	0.3	크링카 燒成用熱	435.2	51.8
注入燃料의 顯熱(MFC)	0.9	0.1	原料의 水分 증발熱	0.9	0.1
注入燃料의 연소열(Kiln)	587.4	70.0	SP 排가스의 顯熱	161.6	19.2
注入燃料의 연소열(MFC)	236.1	28.1	SP 排가스의 dust 顯熱	5.2	0.6
kiln 1次 空氣의 顯熱	0.0	0.0	Cooler 排가스의 顯熱	117.3	14.0
原料의 顯熱	12.6	1.5	Cooler 排가스의 dust 顯熱	0.0	0.0
冷却空氣의 顯熱	0.0	0.0	Clinker의 顯熱	28.3	3.4
			放射熱 및 熱傳導損失 등 其他	91.0	10.7
計	839.5	100.0	計	839.5	100.0

<그림-2> SF 방식의 配置圖



氣流爐의 構造를 보여주는 것이다.

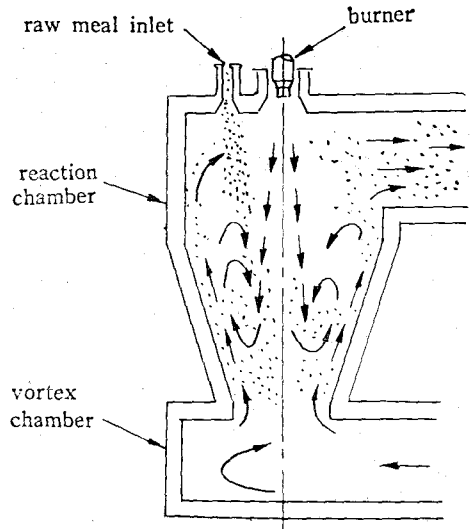
3-3. RSP 방식

이 방식은 小野田시멘트(株)와 川崎重工業(株)이 共同으로 개발한 것으로서 RSP란 Reinforced Suspension Preheater의 3頭文字를 딴 略字이다.

RSP의 技術은 小野田시멘트의 改良爐를 토대로 개발한 것이다. 일련의 擴大試驗을 거쳐 直徑 1.8m, 길이 28m의 미니 kiln이 小野田시멘트 田原工場에 建設되었다. 이 방법의 最終性能確認이 그 미니 kiln으로 이루어졌으며 試驗期間 동안 쌓은 經驗을 토대로 하여 日産 3,000% 規模의 RSP kiln이 小野田시멘트(株) 大船島工場에 建設되었다. 이 kiln은 크링카 kg當 750kcal 以下の 燃料消費로서 kiln 內容積單位(m³/h)當 150kg의 크링카를 生産하게 된다. 이는 재래 SP kiln의 약 2.5배에 해당되는 것이다. 이 키른은 지금도 잘 가동되고 있으며 앞으로 장기 운전이 기대된다.

RSP는 SP의 수직 duct에 설치하는 特殊爐로서 그 상부를 swirl Burner(SB)(燃燒裝置)라고 하고 下部를 Swirl Calciner(SC)(煨燒裝置)라고

<그림-3> 氣流爐의 構造와 活動管理



한다. 또한 앞부분에 混合室을 設置함으로써 効果적인 燃燒를 위하여 特別히 고려된 것이다. 混合原料는 preheater 상단에서 供給되며 3段 cyclone에 들어갈때까지는 재래의 SP의 경우와 동일하게 熱交換이 이루어진다(<그림-4> C₂ 參照). 3段 cyclone에 들어온 混合原料는 cooler로부터 오는 熱風에 의하여 分散되어 SC로 들어간다. 重油의 일부는 SB에서 燃燒되나 그 대부분이 SC內에서 混合原料와 같이 旋廻하면서 燃燒된다. hot gas에 의하여 선회되는 混合原料는 duct를 거쳐 혼합실에 들어가 다시 kiln으로부터 나오는 排 gas와 逆流되면서 最下段의 cyclone으로 도

<表-9> SF 방식의 規格

設 備	規 格
Kiln	5.5mφ×100.0mL
Humboldt	
Dopol Suspension Preheater	
No. 1 Cyclone	7.4mφ×mL×2
Vortex Chamber	7.4 × ×2
No. 3 Cyclone	7.0 × ×2
No. 4 Cyclone	4.7 × ×2
Preheater I. D. Fan	9700m ³ /min×770mmAq×350°C×2
F. F	7.4mφ×mH×1
Primary air Fan.	
Clinker Cooler	Fuller Type FB 3-800 172m ²

<表-10>

SF 方式의 熱精算表(20°C 基準)

크링카 產出量 : 322t/hr

FF=14.59(Total 24.8kl/hr)

燃料油消費 : kiln=10.21kl/hr

入 熱			出 熱		
項 目	kcal/kgcl	%	項 目	kcal/kgcl	%
注入燃料의 顯熱(kiln)	3.0	0.4	크링카 燒成用熱	402.5	55.3
注入燃料의 顯熱(FF)			原料의 水分 증발熱	3.4	0.5
注入燃料의 燃燒熱(kiln)	71.0	97.5	SP 排가스의 顯熱	155.3	21.3
注入燃料의 燃燒熱(FF)			SP 排가스의 dust 顯熱	7.0	1.0
kiln 1次 空氣의 顯熱	0.5	0.1	Cooler 排가스의 顯熱	86.9	11.9
原料의 顯熱	10.0	1.4	Cooler 排가스의 dust 顯熱	0.0	
冷却空氣의 顯熱	5.0	0.6	Clinker의 顯熱	18.0	2.4
			放散熱 및 熱傳導損失 등 其他	55.4	7.6
計	728.5	100.0	計	728.5	100.0

입된다. 이 cyclone 에 導入된 混合原料의 脫炭 酸率은 재래의 SP kiln 에서와 대체로 동일한 溫度인 820~840°C 에서 85%~90%에 이르게 된다. 이미 SB에서 일부가 燃燒되기 때문에 SC에서의 燃燒은 안정되며 또한 그 速度를 높히게 된다. 그리하여 이는 cooler로부터 나오는 hot air의 效率化와 더불어 종래의 SP kiln에서 보다 이 calcinator 內에서 熱負荷를 높일 수 있게 됨에 따라서 kiln의 크기를 훨씬 적게할 수 있다.

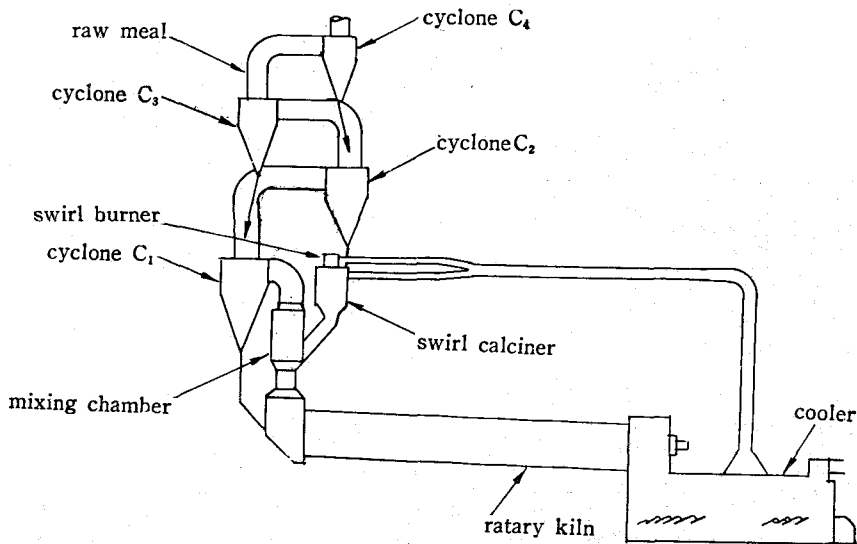
田原工場의 實機實驗에서 나타난 바와 같이 耐火煉瓦內의 kiln 容積單位當 燒成能力이 m³當

약 200kg에 達하였으며 그와 같이 재래의 SP kiln 보다 燒成能力이 훨씬 높다고 하는 것이 RSP 方式의 한 特徵이다. 그리고 이 방식은 kiln에 연결된 duct나 kiln 內에 dust가 불을 염려가 없기 때문에 kiln의 control이 容易하고 운전의 安定性和 長期運轉이 가능하다. 그리고 kiln 內의 flash 現象이 일어나지 않기 때문에 混合原料의 kiln 통과 速度가 일정하며 따라서 재래의 SP 方式과 비교할때 品質面에서도 손색이 없다.

RSP 方式과 煨燒裝置의 구조는 <그림-4>, <그림-5>에서 보는 바와 같다. 그리고 RSP 方

<그림-4>

RSP 方式의 配置圖

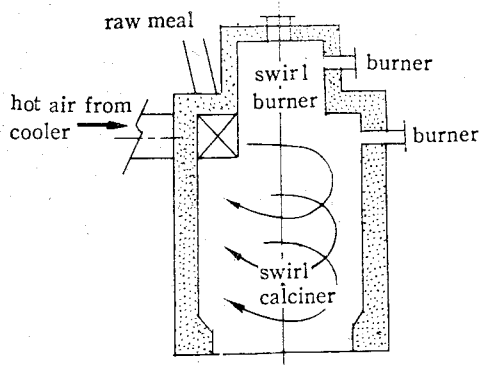


<表-11>

RSP 방식에 의한 크링카品質

比重		Free lime			壓縮強度(kg/cm ²)				
(kg/l)		(%)	3 days		7 days		28 days		
1.22		0.6	146		233		415		
SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	SO ₃ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	R ₂ O (%)	HM	SM
22.4	5.4	3.3	65.9	0.7	0.11	0.77	0.62	2.10	2.69

<그림-5> Swirl Calciner의 構造



식에 의하여 製造된 크링카의 品質은 <表-11>에서 보는바와 같다. RSP kiln의 規格과 熱精算은 <表-12> <表-13>에서 보는 바와 같다.

3-4. KSV 방식

이 KSV 방식은 오랜동안 새로운 시멘트 燒成 방식에 관하여 근본적 연구에 종사해 온 川崎重工業(株)에 의하여 개발되었다. 上記 會社는 일단 연구에 성공하자 1972年 3月 神戶工場에 test

<表-12> RSP 방식의 規格

設 備	規 格
Kiln	3.85mφ × 76mL
Dopol Suspension Preheater	
No. 1 Cyclone	7.2mφ × mL × 1
Vortex Chamber	4.8 × × 2
No. 3 Cyclone	6.6 × × 1
No. 4 Cyclone	4.2 × × 2
Preheater I. D. Fan SC	
Primary air fan	8000m ³ /min × 900mmAg × 350°C
Clinker cooler	Fuller Type 4.2mW × 18.0mL

plant를 설치하여 實驗을 계속했다. 그리하여 同年 10月에는 한 걸음 더 나아가 기술적인 自信을 가지고 이 새로운 방식을 실제로 適用하기에 이르렀다.

KSV란 噴流層(spouted bed)과 渦室(vortex chamber)로 구성된 補助燃燒로서 cooler로부터

<表-13> RSP 방식의 熱精算表(20°C 基準)

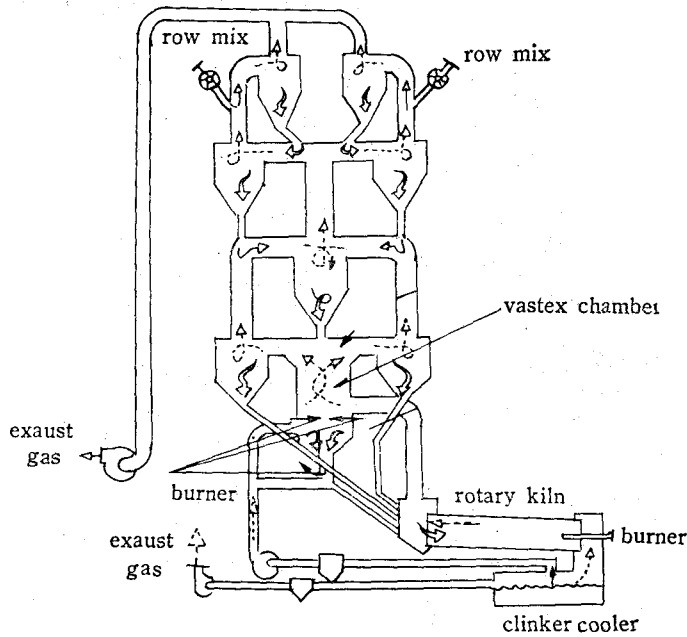
크링카 產出量 : 109.6t/hr
SC=4.80kl/hr (total 8.74kl/hr)

燃料油消費 : kiln=3.94kl/hr.
SP 排가스溫度 : 345°C

入 熱			出 熱		
項 目	kcal/kgcl	%	項 目	kcal/kgcl	%
注入燃料의 顯熱(kiln)	2.9	0.4	크링카 燒成用熱	429.2	56.8
" (SC)			原料의 水分 蒸發熱	2.0	0.3
注入燃料의 燃燒熱(kiln)	740.9	97.9	SP 排가스의 顯熱	152.9	20.2
" (SC)			SP 排가스의 dust 顯熱	5.6	0.7
kiln 1次 空氣의 顯熱	1.4	0.2	Cooler 排가스의 顯熱	74.2	9.8
原料의 顯熱	11.3	1.5	Cooler 排가스의 dust 顯熱	0.0	0.0
冷却空氣의 顯熱	0.0		Clinker의 顯熱	27.2	3.6
			放射熱 및 熱傳導損失 등 其他	65.1	8.6
計	756.2	100.0	計	756.2	100.0

<그림-6>

KSV 방식의 配置圖



<表-14> KSV 방식의 規格

設 備	規 格
Kiln	5.7mφ × 110.0mL
Dopol Suspension Preheater	
No. 1 Cyclone	6.5mφ × 11.2mL × 2
Vortex Chamber	8.2 × 17.1 × 1
No. 3 Cyclone	5.7 × 9.9 × 2
No. 4 Cyclone	3.6 × 8.8 × 4
Preheater I. D. Fan	4600m ³ /min × 700mmAg × 330°C × 2
KSV	2.3mφ × 13.5mH × 1
Fluidization Blower	75m ³ /min × 1200mmAg × 20°C
clinker cooler	Fuller Type 4.5mW × 34.8mL × 1365m ²

의 배가스를 이용하면서 數個의 하나로 原料를 燃燒시켜 脫酸率을 높이게 된다. 현재 宇部會社 伊佐工場에 日産 8,500% 규모의 KSV kiln(6.2 mφ × 105m)이 建設中에 있다(註: 75年 3月 完工).

이 방식에 의한 實驗結果 재래의 SP kiln에 比하여 燃料消費를 훨씬 감소시켰으며 kiln을 長期 운전하더라도 preheater 혹은 calciner에 coating trouble은 발생하지 않았다. 더욱이 kiln의 熱負

荷가 매우 감소되기 때문에 耐火煉瓦의 壽命이 크게 연장되었다.

또한 이 방식은 SOx의 흡수가 거의 완전하며 따라서 SOx의 문제는 발생되지 않는다. 그리고 이는 NOx의 발생을 減少시키는 효과도 가져올 것으로 기대된다. 그리고 재래의 SP 방식을 比較할때 시멘트品質에 있어서도 손색이 없다.

KSV kiln의 規格과 熱精算은 <表-14> 및 <表-15>에서 보는바와 같으며 KSV 방식의 構造는 <그림-6>에서 보는바와 같다.

結 論

Humtoldt式 preheater 附 kiln이 1950년에 처음으로 設置된 이래 20餘年동안 kiln 容量의 확대를 제외하고는 지금까지 큰 변화가 없었다. 더욱이 SP kiln의 확장은 限界點에 달함으로써 앞으로의 kiln 能力의 增大는 더이상 기대할 수 없게 되었다.

日本에서 開發된 補助燃燒에 의한 새로운 燒成方式들은 종래의 SP 방식에 대한 대폭적인 개량으로서 이 새로운 燒成方式의 성공은 國內외의 주목을 끌어들였다. 그리하여 日本에서는 kiln의

<表-15>

KSV 方式의 熱精算(20°C 基準)

크링카 產出量 : 174.6t/hr

SP 排가스 溫度 : 340°C

燃料油消費 : kiln=12.86kl/hr., KSV=2.04 kl/hr (Total=14.9kl/hr)

入 熱			出 熱		
項 目	kcal/kgcl	%	項 目	kcal/kgcl	%
注入燃料의 顯熱(kiln)	3.1	0.4	크링카 燒成用熱	429.2	53.0
“ (KSV)	0.5	0.1	原料의 水分 蒸發熱	1.8	0.2
注入燃料의 燃燒熱(kiln)	681.1	84.0	SP 排가스의 顯熱	178.4	22.0
“ (KSV)	108.0	13.3	SP 排가스의 dust 顯熱	7.1	0.9
kiln 1次 空氣의 顯熱	0.0		Cooler 排가스의 顯熱	125.1	15.4
原料의 顯熱	17.8	2.2	Cooler 排가스의 dust 顯熱	7.7	1.0
冷却空氣의 顯熱	0.0		Clinker의 顯熱	18.0	2.2
			放射熱 및 熱傳導損失 등 其他	43.2	5.3
計	810.5	100.0	計	810.5	100.0

新設 혹은 容量擴張에 이 방식의 적용이 계속 증대되고 있다. 그러나 그와 같은 방식의 적용은 아직 거의 初期段階에 不週하기 때문에 實際經驗에 의한 加一層의 연구가 더욱 계속되어야 할 것이며 또한 運轉效率의 향상과 諸般改善作業이

더욱 추진되어야만 할 것이다.

日本은 앞으로도 더욱더 市場需要의 增大에 힘입어 生産單位의 擴大가 계속 推進될 것이며 따라서 시멘트 生産方式은 새로운 기술을 토대로 하여 더욱 두드러진 발전이 이루어질 것이다.

References

- M. Hirai and Z. Kawai, Report of Meeting of Cement Manufacturing Technology, [29] 93-101(1973)
- K. Harada and U. Hayaslu, K. Sudo and K. Arai, Report of Meeting of Cement Manufacture Technology [31] 42~47(1974)
- Y. Shioya and F. Tanemura, "New kilns and furnances and their refractories" Report of Eng. Association of Refractories, 149-175(1973)
- N. Watanabe, K. Kira and Y. Nakagowa, Report of Meeting of Cement Manufacturing Technology, [29] 87-92(1973)
- S. Mori, R. Fukuda, S. Ueda, H. Nishida and H. Soma, Report of Meeting of Cement Manufacturing Technology, [30] 60-69(1974)
- Y. Ueda, S. Mizutani and K. Suzuki, Report of Meeting of Cement Manufacturing Technology [31] 48-55(1974)