

# 새로운 型式의 Suspension Preheater

高 一 龍

<東洋세멘트建設事務所長>

## 1. 시멘트製造施設の 變遷

우리나라의 시멘트 工業의 製造施設은 전적으로 外國으로부터 技術導入되어 育成되어 왔다. 따라서 製造施設의 型式은 1960年代에 既發展과 變遷을 거친 suspension preheater式이 대부분이고 Lepol grate式이 일부 있다.

濕式 long-kiln는 設備內容이 간결하고 作業이 簡易한 점에서 合理化의 시대를 차지해 왔었다. 그러나 Lepol grate는 熱經濟性이 우수한 점에서 큰 脚光을 받아 왔었다. 그러나 Lepol式은 原料의 造粒特性과 Pellet의 熱間特性에 있어서 특유한 조건을 구비한 原料가 요구되며 大型化할 시 Lepol grate 자체의 機械的인 문제점이 있고 濕式 long-kiln도 熱消費量이 과다하며 kiln을 大量化할 경우 kiln本체가 너무 거대해지므로 兩方式 모두 다음 단계의 합리화에 있어서 결정적인 역할을 하지 못했다.

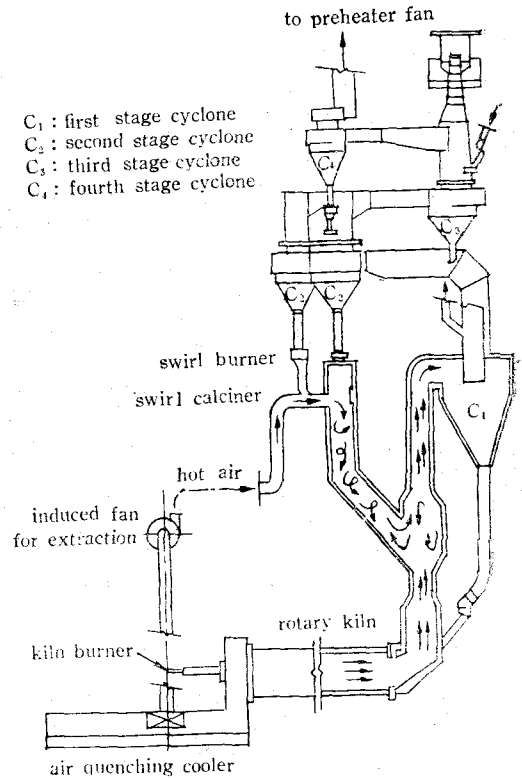
suspension preheater式은 熱經濟性, 生産性, 作業과 製品品質의 安定性이 우수하다는 點과 대형화를 위해서 scale-up가 比較的 용이하다는 점에서 인식을 새롭게 하고 있다. 특히 최근에 와서 單位施設當의 高能率化, 省力化를 기하기 위해서 燒成시설이 대형화되는 趨勢에 있어 이와 같은 大型 kiln에는 거의 SP方式이 채용되고 있다.

그러나 이러한 SP kiln의 優位性에도 불구하고 大型化에 있어서의 一運轉期의 短縮과 이로 인한 경제적인 損失의 증대라는 문제점이 발견되고 큰 障壁에 부딪혔다. 이러한 견지에서 日本 등의 시멘트 메이커와 施設 메이커가 공동으로

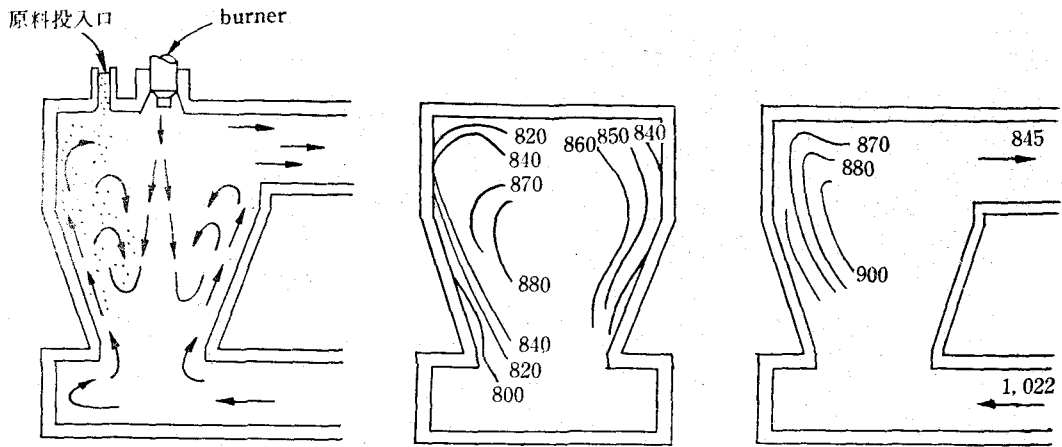
SP kiln의 燒出量을 대폭 增加하고 長期連續運轉을 기하여 經濟性 향상과 勞動力 輕減 등을 목적으로 하는 研究開發을 적극적으로 진행해 왔다. 近間 소위 new SP system에 대해서 견문한 바를 略述하고자 한다.

## 2. new SP方式의 原理

普通 SP kiln에 있어서는 일반적으로 kiln 앞



<그림-1> RSP의 flow-damigar



<그림-2> 氣流爐內 flow pattern 과 溫度分佈

구에 들어 오는 原料分解度(脫炭酸率)가 dust의 循環을 포함해서 약 50%, 眞分解率이 25% 정도이다. 理論的으로 同分解率을 適當한 値까지 上昇시킨다면 소위 改良燒成法과 同等한 程度까지 燒出量을 增加시킬 수 있다.

이러기 위해서 preheater 로 들어가는 熱量을 增加시켜줄 必要가 있고 여러 가지 形式의 燃燒爐를 添加하는 方案이 연구되어 왔다. 이것이 new SP 方式의 原理라고 할 수 있고 그 방식에는 다음 세가지 形式이 각기 開發되어 왔다.

a) reinforced suspension preheater

小野田시멘트社—川崎重工業 共同開發

b) MFC法(Mitsubishi fluidized Calcinator)

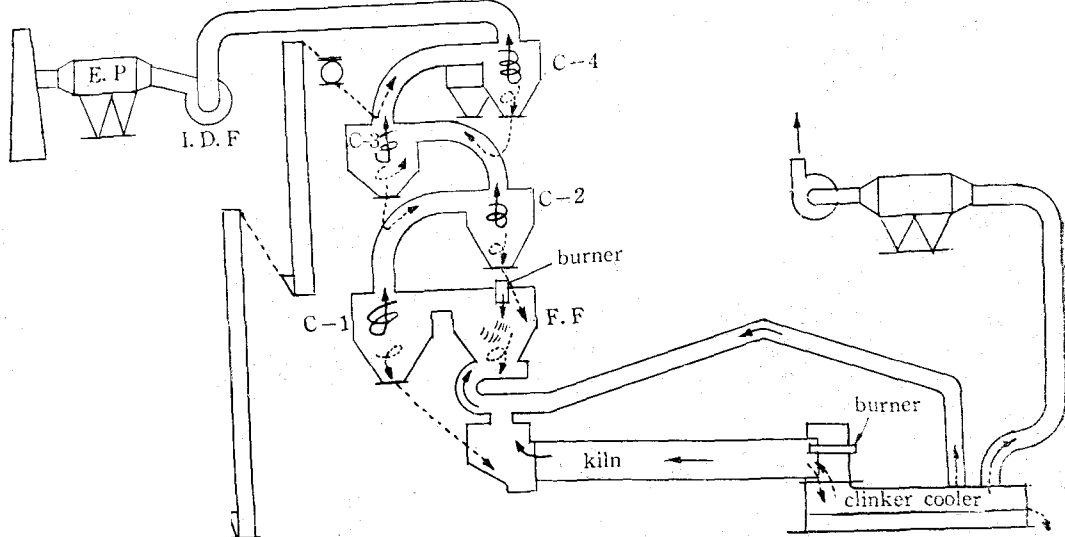
三菱시멘트社—三菱重工業 共同開發

c) SF法(suspension preheater with flash furnace)

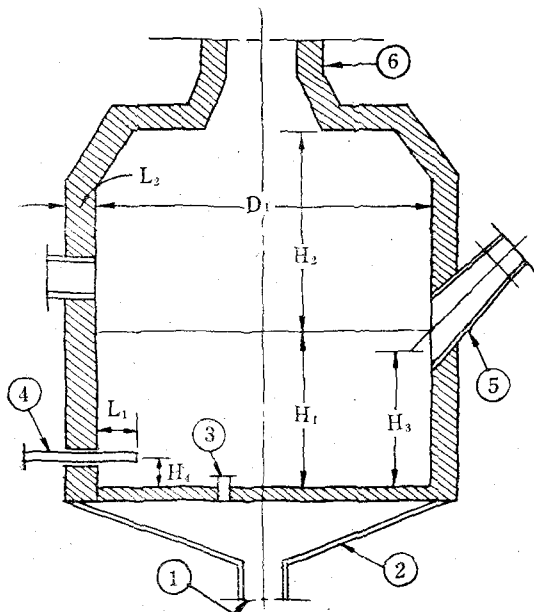
秩父시멘트社—IHI 共同開發

### 3. RSP 方式

RSP 방식은 <그림-1>과 같이 suspension preheater 架構內에 swirl burner 와 swirl calciner 로 구분된 旋廻燃燒를 하는 三段燃燒 방식의 特殊爐가 사용되고 있다. 원료는 S. B, S. C 상부의 2段 cyclone 으로부터 투입되고 kiln 排氣 duct 하부에서 kiln 排氣와 혼합되어 최하단의 一段 cyclone 으로부터 도입된다.



<그림-3> SF flow sheet



- ① 流動化空氣取入口
- ② air chamber
- ③ 流動化用 nozzle
- ④ burner
- ⑤ 原料取入口
- ⑥ 排 gas duct

<그림-4> MFC 構造

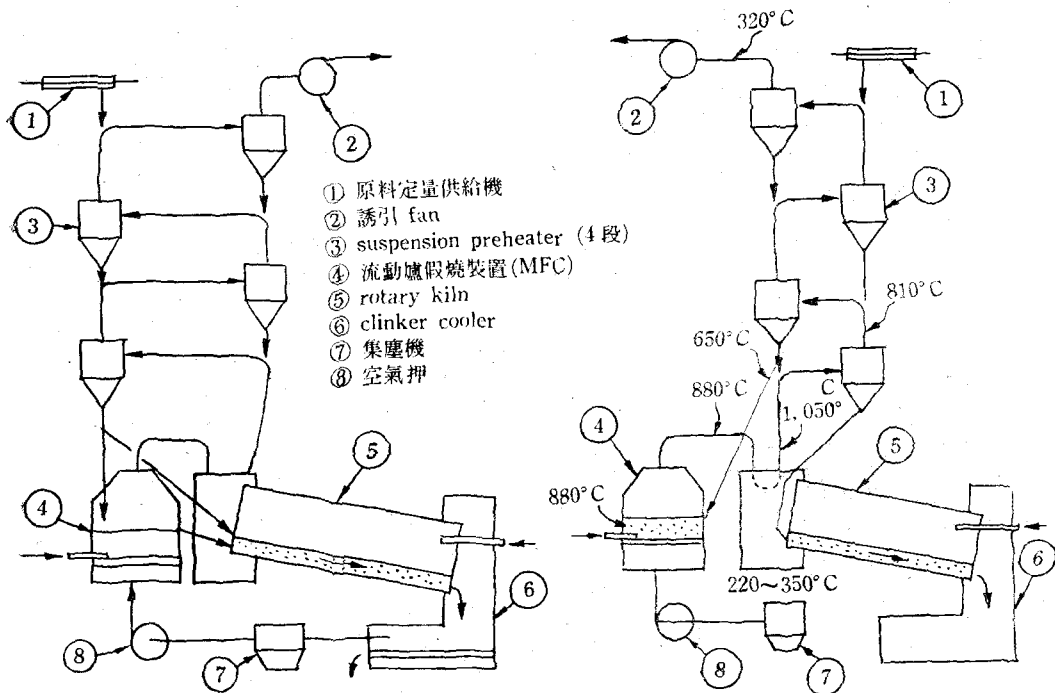
이 과정에서 원료의 脫炭酸이 90% 정도까지 진행된다. 燃燒에는 cooler로부터 오는 高熱風이 사용된다. RSP의 특징을 들어보면 다음과 같다.

a) S, B, S, C 內에서의 燃燒은 완전히 自動制御되며 省力化를 기하고 있고 燃燒裝置나 duct 內에서는 porking 을 할 필요가 없도록 설계되어 있다. 또한 原料分解率이 높기 때문에 kiln 內에 flashing 이 적고 따라서 원료의 通過速度가 변하는 동하지 않아 安定된 運轉을 할 수 있다.

b) 燃燒室은 두 室로 구분되어 상부에서는 燃料의 일부가 燃燒되면서 하부로 옮겨가서 原料와 같이 旋廻되면서 燃燒된다. 때문에 燃燒은 安定되며 충분한 分解를 일으킨다. 燃燒用 空氣로서는 크링카 cooler로부터 오는 熱空氣를 쓰고 있고 熱負荷가 높으며 燃燒室이 소형화되고 있다.

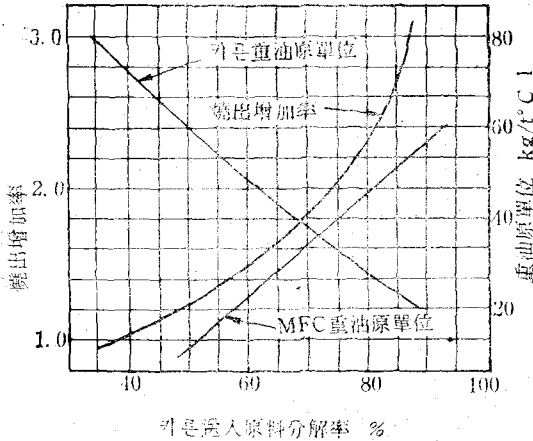
calciner 內部에서의 傳熱은 旋廻하면서 일어나므로 效率이 극히 높고 다시 kiln 排 gas와 混合室에서 混合됨으로써 原料로 效率的인 熱傳導가 이루어진다.

c) 實機運轉 결과에 의하면 煉瓦內 容積當 250 kg/m<sup>3</sup>h의 性能을 얻고 있고 이것은 종래의 SP



<그림-5> (a) MFC 方式의 構成(溢流方式)

(b) MFC 方式의 構成(排 gas 同伴方式)



<그림-6> MFC 방식의 燒出增加率, 燃料配分  
 klin의 2.5~3 倍에 해당된다. 理論的으로 直徑

<表-1>

preheater kiln system with auxiliary firing  
 comparison of major equipment specifications

system	conventional SP	semi-auxiliary firing (A)	complete-auxiliary firing (B)
1) raw material conveying and feeding equipment	-capacity 230 t/h-		
2) suspension preheater	-#1 stage 2-4. 1φ × 8. 5 mH -#2 " 1-6. 9φ × 12. 4 mH -#3 " 2-5. 5φ × 10. 3 mH -#4 1-9. 0φ × 17. 1 mH -19 mW × 12 mL × 64. 5 mH-		
3) preheater structure	7800 <sup>3</sup> /min × 350 <sup>o</sup> C × 800mmAg		8200 <sup>3</sup> /min × 380 <sup>o</sup> C × 850mmAg
4) preheater I. D. F.	not necessary	Ditto	8. 0t/h
5) auxiliary firing burner capacity kiln burner capacity	10. 5 t/h	3. 6t/h	
6) rotary kiln	5. 2φ × 85'm	8. 0t/h	3. 6t/h
7) auxiliary firing duct auxiliary firing fan and dust collector	not necessary	4. 8φ × 68'm	4. 3φ × 60'm
8) clinker cooler		1/2φ	2. 2mφ
9) cooler fan	not necessary	necessary	necessary
	-1229'/1246H type-		
	-#1 350m <sup>3</sup> /min × 30 <sup>o</sup> C × 650mmAg-		
	-#2 1100m <sup>3</sup> /min × 30 <sup>o</sup> C × 50mmAg-		
	-#3 1200m <sup>3</sup> /min × 30 <sup>o</sup> C × 350mmAg-		
	-#4 2200m <sup>3</sup> /min × 30 <sup>o</sup> C × 230mmAg-		
	-#5 2200m <sup>3</sup> /min × 30 <sup>o</sup> C × 175mmAg-		
10) cooler exhaust gas dust collector	-3000Nm <sup>3</sup> /min × 250 <sup>o</sup> C-		
11) cooler exhaust fan	-8500m <sup>3</sup> /min × 250 <sup>o</sup> C × 250mmAg-		

4. 5 m kiln 으로서 日産 4, 000 ton, 直徑 5. 5 m kiln 으로서 7, 000 ton 의 生産能力을 갖는 것이 가능하다.

d) kiln 의 直徑이 상대적으로 적어지며 kiln 內에서의 熱負荷가 적어지므로 煉瓦의 壽命이 길어진다.

e) RSP 서 燃燒되는 燃料中の S 分은 原料에 吸收된다.

f) 일반적으로 RSP 는 SP 와 독립해서 설치할 수 있어 기설 SP 에도 適用함으로써 增産을 기할 수 있다.

#### 4. SF 方式

이 방식은 SP 와 kiln 中間에 氣流燒成爐 (flash furnace=FF) 라는 特殊한 爐를 설치하는 방식

<表-2>

preheater-kiln system with auxiliary burning  
rough equipment cost comparison

system	conventional SP	semi-auxiliary firing (A)	complete-auxiliary firing (B)
1) basic condition of comparison :			
capacity (max)	-3,000t/d-		
fuel consumption	-780 kcal/kg. clinker-		
% of burning, at kiln	100%	70%	30%
% of burning, at SP	0%	30%	70%
% of raw material calcination at kiln inlet	abt. 40%	abt. 60%	abt. 90%
capacity/kiln	abt. 85kg/m <sup>3</sup> h	abt. 125 kg/m <sup>3</sup> h	abt. 180kg/m <sup>3</sup> h
2) specs. of major equipment:			
kiln dimension	5. 2φ×85 m	4. 8φ×68 m	4. 3φ×60m
(refractory thickness)	(230 mm)	(230 mm)	(230mm)
burner capacity of kiln	10. 5 TPH	8. 0t/h	3. 6t/h
burner capacity at SP	0	3. 6t/h	8. 0t/h
SP exhaust fan	7, 800m <sup>3</sup> /mm×350°C ×800 mmAg	same as that of conventional SP	8, 200m <sup>3</sup> /mm×380°C ×850mmAg
additional fan and dust collector for auxiliary firing	Nil	1, 800m <sup>3</sup> /mm×450°C	2. 2mφ
duct dia for auxiliary firing	-	1. 2mφ	
insulation for auxiliary firing		insulation material, outside	adiabatic material, inside lining
3) cost difference for major equipment:			
	(@ ¥260/\$)		
kiln	\$953, 846 (1180t)	\$653, 846 (800t)	\$546, 154 (750t)
refractory for kiln	\$196, 923 (890t)	\$161, 538 (730t)	\$121, 923 (550t)
burner, kiln	\$107, 692	\$95, 385	\$69, 231
burner, SP	0	\$84, 615	\$111, 538
SP structural steel additional	standard	\$16, 154	\$30, 769
SP refractory additional	standard	\$13, 077	\$24, 615
SP draft fan	\$66, 538	\$66, 538	\$78, 077
additional fan and dust collector for auxiliary firing	0	\$71, 539	0
additional structural steel for auxiliary firing duct system	0	\$45, 384 (59t)	\$115, 385 (150t)
additional refractory for the same	0	0	\$17, 308 (90t)
	\$1, 324, 999	\$1, 208, 076	\$1, 115, 000
	abt. \$3, 284, 615	comparing with conventional SP	comparing with conventional SP
		\$116, 923 less (3.6%)	\$209, 999 less (6.5%)

이다. 이 방식은 SP에서 豫熱된 원료가 2段 cyclone에서 FF로 導入되고 爐內에서는 위에서 燃料을 噴射시켜 渦流를 일으키고 그 氣流中에서 未反應의 原料를 순간적으로 煨燒시킨 후 1段 cyclone에서 收塵을 하고 kiln으로 供給한다. 秩父社—IHI 共同研究로서 秩父第1工場의

7號 kiln(3.9 mφ×51.37 mL)에서 實機規模의 試驗을 하여 同 SP 능력의 2倍 이상의 燒出量 2,000 t/d 以上을 달성했고 4,000 t/d 級에도 實用化 段階에 들어 서고 있다.

SF 방식의 특징은 다음과 같다.

a) kiln 入口에서의 原料 分解率은 90%程度이

고 kiln 單位 volume 當 燒出量은 일반 SP의 2~2.5 倍로 증대된다.

b) FF 爐內의 溫度分布는 대략 均一하고 비교적 低溫(780~920°C)에 유지되며 火焰에 의한 高溫域이 없어 安定運轉을 기할 수 있다. 또 二次空氣中の 酸素濃度는 약 12%로서 燃燒狀態도 안정되고 있다.

c) 燒出量의 증가에 따른 重油量의 증가는 거의 모두 FF에서 燃燒시켜 kiln burner의 燃燒量은 거의 일정하다.

d) kiln의 熱負荷를 감소시키고 kiln 本體의 小型化 傾向으로 內張煉瓦의 壽命을 同能力의 SP kiln에 비해 2~3 倍로 증가시킬 수 있다.

e) SP kiln과 동일하게 運轉이 簡易하고 省力化를 기대할 수 있다.

## 5. MFC 方式

Mitsubishi fluidized calcinator system은 SP kiln의 kiln과 preheater 중간에 別個의 熱源을 가진 流動層에 의한 煨燒裝置를 연결함으로써 kiln 入口에서의 原料의 分解率을 높여 kiln에서의 熱負荷를 덜어주고 燒出量을 대폭적으로 증가시키는 방식이다. 原料의 흐름을 살펴보면 SP의 各段 cyclone을 거쳐 豫熱된 原料는 계획된 바에 따라 그 一部 또는 全量이 流動層煨燒裝置(MFC)에 導入되어서 煨燒를 하게 된다. 그 煨燒度 및 量은 kiln의 最適條件에 적합하게 control된다. MFC에서 煨燒된 原料는 전량이 MFC 排 gas와 함께 배출되어서 1段 cyclone에서 收塵된 후 kiln으로 投入된다.

流動層에서는 300~350°C의 clinker cooler의 排氣를 除塵한 후 F. D. fan으로 流動化 nozzle에 吹込되고 流動化와 동시에 MFC burner에서 吹込된 重油의 燃燒用空氣로서 역할한다. 流動層內에서는 직접 重油를 噴霧시켜 吹込燃燒함으로써 均一한 溫度分布로서 煨燒反應을 일으키게 된다. MFC의 排 gas 溫度는 거의 煨燒溫度에 平衡시키고 kiln inlet에서 kiln 排 gas와 混合되어 SP를 通過, 排出된다.

MFC의 特徵은 RSP나 SF 방식과 大同小異하며 그 계기에 있어서 流動層(fluidized bed)을 가지고 있는 점이 特異하며 MFC의 構成方法

고 kiln 單位 volume 當 燒出量은 일반 SP의 是 fluidized bed서 煨燒된 原料가 중간 배출구로 over-flow 되어 kiln으로 투입되는 溢流方式(over-flow)과 煨燒된 原料를 MFC內의 燃燒 gas와 함께 kiln gas 排氣管을 거쳐 1段 cyclone에서 收塵된 후 kiln으로 투입되는 排 gas 同伴方式의 두가지 방식이 있다.

MFC의 本體는 <그림-4>와 같고 流動層의 크기는 煨燒能力의 目標, 流動化의 風速, 爐床單位面積當 熱負荷 등으로서 결정된다. 煨燒能力은 MFC 방식 전체의 目標을 설정, 이에 따라 MFC 入口, 出口의 原料分解度, 處理量을 결정하며 이에 필요한 熱量을 계산하고, 流動化 風速·風壓은 流動化할 粉粒體의 比重, 粒度分布, 燃燒 gas의 特性 등에 따라 결정지어진다.

oil burner는 steam 또는 空氣로 混氣式 burner를 쓰고 있고 그 數와 배치는 煨燒裝置의 크기, 燃料吹込量에 따라 결정된다. 또 流動化 nozzle의 size, 數, 配列은 流動化 風速에 따라 결정되고 그 材質은 煨燒溫度에 충분히 견딜 수 있는 것은 選定하고, 形狀도 運轉中이나 休轉中에도 層內 粉體로 인해서 메지않고 또 逆流現象이 없도록 해야하는 등 RSP나 SP 방식에 비해서 그 構成要素에 複雜性을 내포하고 있다.

MFC의 實機運轉結果를 보면 SP kiln 66~67 t/h에서 25% 上昇計劃은 예상대로 달성되었고 1년 以上の 長期運轉을 할 수 있었다. MFC 適用時의 熱收支는 전체적으로 792 kcal/kg·Cl로서 종래의 SP kiln의 것과 大同小異했고, clinker cooler로부터의 hot-air를 (350°C 以上) 사용함으로써 20 kcal/kg·Cl 정도는 節減이 가능하다.

또 原料의 分解度는 MFC 入口에서 13.1%, MFC 出口에서 82.9%가 되어 kiln 入口에서는 55.4%로 되었다. 아직 MFC 방식에서는 50% 정도의 能力 上昇만이 計劃되어 있고 100% 上昇의 倍增計劃은 아직 확정된 바 없다. 그러나 MFC 방식도 省力化나 長期運轉, 窒素鹽化物 즉 NO<sub>x</sub>의 公害問題解決 등은 기대할 수 있다. 다만 MFC 방식에 있어서 되도록 高溫의 熱風을 cooler로부터 빼내서 高壓 fan으로 fluidized bed를 통과시켜야 하므로 高溫高壓 fan과 別途의 集塵裝

置가 필요하게 된다.

#### 6. new SP 方式施設의 投資面에서의 效果

前述한 바와 같이 종래 SP kiln 에 別途熱源을 供給하는 方式으로서 kiln 入口의 原料의 分解率을 상승시켜, 상대적으로 kiln 內의 熱負荷를 줄일 수 있고 kiln 單位容積當 燒出量을 3 倍로까지 증가시킬 수 있다는 特征으로 시멘트 製造 施設의 大單位化, 大型化 傾向에 부합이 될뿐 아니라 大型化 kiln 의 여러가지 缺陷이나 문제점이 대부분 해결될듯 하다.

前述한 세가지 방식은 共히 所期의 煨燒率 또 增產量이 20%~100%까지 그 범위가 상이하 고 既設 kiln 에도 적용할 수 있다. 물론 新設 製造施設에 적용되는 것은 當然하다.

이제 日產 3,000 ton 규모의 製造施設로서

1) 從來 SP kiln 의 경우 2) 30% new SP kiln 의 경우 3) 100% new SP kiln 의 경우의

施設投資費를 대비해 보면 앞의 <表-1>과 같다.

施設投資費面에서는 30% new SP 의 경우 4~5%의 節減이 되고, 100% new SP 의 경우 7~8%의 施設費가 節減될 것이 豫想된다. 다시 말하면 原料粉碎, 混合 및 供給裝置를 포함한 原料工程과 kiln 本體를 제외한 燒成工程은 동등 하고 kiln 本體만이 차이가 있겠다.

#### 7. 結 論

우리나라 시멘트 工業은 그 規模에서나 技術水 準에서도 國際水準에 이르고 있으며 70年代 後 半에는 大單位化, 大型化의 國際潮流의 影響을 받지 않을 수 없게 될 것이 豫想된다.

이러한 時點에 極大化할 수 있는 製造方式, 長期運轉으로 大型 kiln 의 缺陷은 해결할 수 있는 方式, 既存施設의 合理化, 增設方案으로서 new SP 에 대한 연구는 기대되는 바가 큰 것이라고 믿는다.