

# Dopol Kiln 概 說

韓一水泥 生産課

燒成係長 安 世 煥

## < 内 容 >

- 1. 序 言
- 2. 構造 및 原理
- 3. 運轉 data 및 狀態
- 4. 結 語

### 1. 序 言

最近 西獨Polysius社가 發展시킨 Dopol kiln은 性能이 優秀하고 比較的 操作이 簡單한 機械裝置로서 國內外 Cement工業界의 相當한 關心을 모으고 있는바 筆者가 見聞하고 最近入手한 Data를 基礎로 하여 Dopol preheater의 構造, 原理 및 運轉實態를 概說하고자 한다.

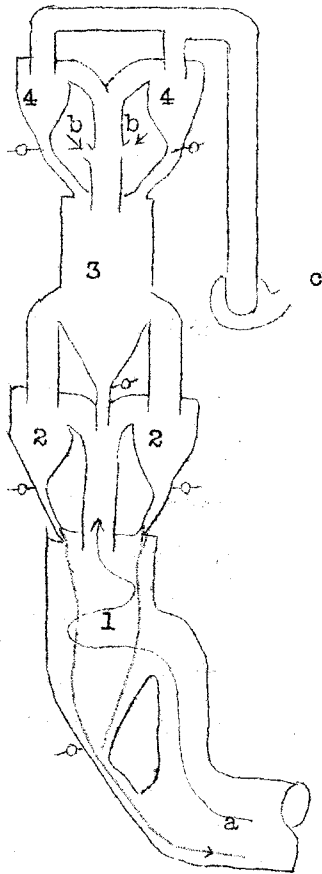
### 2. 構造 및 原理

乾式으로 處理한 原粉(raw meal)을 水分을 加하지 않고 粉末 狀態에서 豫熱하여 rotary kiln에 投入하는 Preheater System은 現在 西獨에서는 Humboldt, Polysius, Krupp, Wedag等 몇 가지 System이 있으나 그중 Humboldt式(Schwebegaswaerme-tauscher)과 Polysius式(Dopol Vorwaermer)이 代表的인 것으로 많이 製作되고 있다.

이와 같은 dry meal preheater (heat exchanger)는 始初 Vorgel-Joergensen에 依해 1933年 特許로 登錄되었는데 오늘날의 것과 아주 類似한 것으로 一直線으로 내려오는 4段階의

並流 (Uniflow) Cyclone 으로 된 것이었다. 그러나 그當時는 最終 Cyclone 에서 나오는 高温의 排氣를 處理할수가 없어 實用化되지 못하다가 戰後에 電氣集塵機의 發達과 더불어 實用化되었다.

dry meal preheater에서 段階 (stage)를 많이 쓸수록 排氣溫度가 내려가므로 熱效率이 좋으나 大概 4段을 採擇하는데 그 理由는 計算 및 實測에 依하면, 4段일때는 排氣溫度가 330~350°C 이나 3段을 採擇하면 380~400°C로 熱效率이 나쁘고 運轉上의 動搖 (變動), 例컨대 一時的인 原粉供給이 막히면 10分以內에 約 100°C 上昇하여 排氣 fan에 危險을 超來한다. 또 萬一 5段을



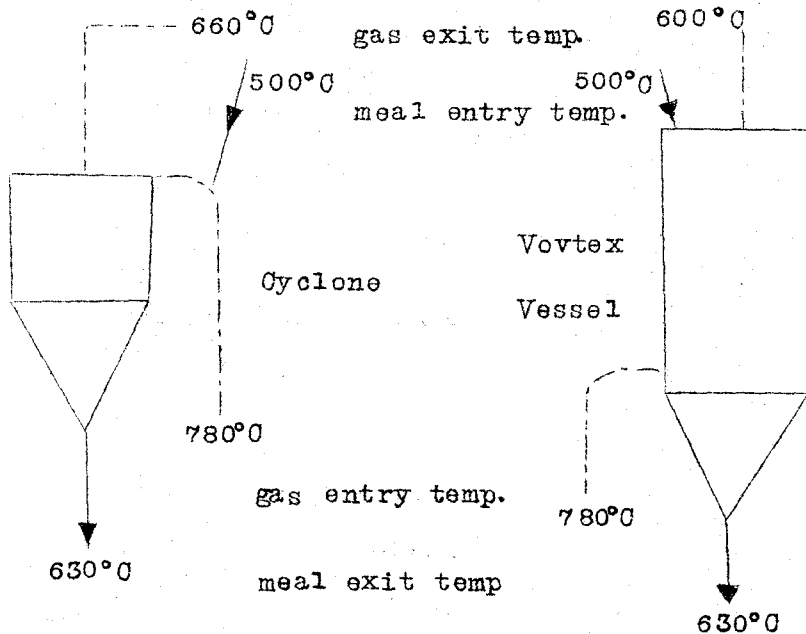
第1圖 Dopol preheater

- a) Rotary kiln
- b) Raw meal feed
- c) Exit gas to Precipitator or utilisation
- 1. Stage 1 (Counter flow vortex)
- 3. Stage 3 (Vessel)
- 2. Stage 2
- 4. Stage 4 (Uniflow Cyclone)

採擇하면 排氣溫度는 내려가나 (300°C) fan 의 所要動力이 너무 增加하기 때문에 오히려 不經濟的이 된다.

따라서 Cyclone stage 數를 늘리지 않고 排氣溫度를 낮출려면 並流 Cyclone 代身 向流 (Counterflow) stage 를 採擇하면 된다. 이것이 Humboldt preheater 와 Dopol preheater 가 다른 點이며 前者가 4 단의 並流 Cyclone 으로 되어 있는데 반해 後者는 2 단의 並流 Cyclone 과 2 단의 向流 Stage 로 構成되어 있다.

여기서 向流 stage 는 Vortex Chamber (Wirbel schacht) 로 되어있어 第 2 圖에서 보는바와 같이 熱交換이 Cyclone 보다 좋다. 따라서 最終排氣溫度가 約 20°C 낮아지고 氣體力學的 抵抗도 向流가 並流보다 훨씬 적다.



第 2 圖 Cyclone 과 Vortex vessel 內 熱交換

大形 Dopol kiln은 並流의 Cyclone을 並列(parallel)設置하여 같은 量의 dust를 分離하는데 抵抗이 적게 걸리고 一基의 큰 Cyclone을 쓰는것보다 建物높이가 낮아진다. Dopol kiln의 또하나의 特徵은 Preheater에서 나온 meal을 kiln inlet에 兩側面으로 投入하는 方式을 採擇하여 亦是 建物높이(preheater tower)를 낮추고(全體로 約5~8m), 주로 alkali凝結에 依한 dust coating 傾向이 減少되었다.

### 3. 運轉 data 및 狀態

Dopol kiln은 1958年 試作하여 現在(1966年2月)까지 24基가 稼動中에 있고 17基가 製作 惑은 建設中에 있다. 이 리 販売된 kiln의 平均公稱容量은 974 t/24h 이고 現在 稼動中인 kiln의 平均生産量은 1,120 t/24h 이며 제일큰것으로는 平均 2,600 t/24h를 生産하는 kiln으로 日本(野澤)에서 稼動中인데 現在까지 乾式(Lepol 包含) kiln으로는 世界最大의 것이다.

工場	kiln	製作年	Size	容 量	
				保證	実生産
Hartmannshof		1958 (conversion)	2.8/2.5×40	200	250
Kaltwis	1	1960 ( " )	3.0×40	300	355
Karlstadt	2	1961	4.0×60	800	950
	3	1962	4.2×63	900	1100
Higashidoni	4	1962	4.2×63	900	1280
Robilante	5	1962	3.8×60	700	(710)
Yeles	6	1962	kiln existing	600	( )
Chalkis	7	1962	4.2×66	1000	1100

工場	kiln	製作年	Size	容 保 證	量 實 生 產
Hannoversche	8	1963	3.6 × 54	700	830
Fradera	9	1963	4.0 × 65	900	1100
Nozawa (2)	10	1963	5.4 × 85	2000	2600
(3)	11	1963	5.4 × 85	2000	2600
Osaka (4)	12	1963	kiln existing	1000	( )
(5)	13	1963	" "	1000	( )
Phoenix	14	1963	3.8 × 56	700	( )
Guidonia	15	1963	4.2 × 68	1100	( )
Higashidani(6)	16	1963	4.2 × 63	900	1300
Spenner	17	1964	3.6 × 54	700	800
Higashidoni(7)	18	1964	4.2 × 63	1000	1480
Allmendingen	19	1964	4.6 × 75	1500	1700
Goellheim	20	1964	4.4 × 70	1200	1450
Elisa	21	1964	3.6/3.4 × 48	580	650
Ilse	22	1964	kiln existing	800	1050
Buechl	23	1964		280	300

Table.1 現在稼動中에 있는 Dopol kiln

( 1966年2月現在 )

稼動中에 있는 Dopol kiln 이 實際 運轉하고 있는 data表에서 要約하여 적으면 다음과 같다.

a) kiln 容積當生産量 ( Specific Output ) 은  $1.55 \sim 2.07 \text{ t/m}^3$  24h 으로 Lepol 以外의 他System보다는 크다. Preheater 에서 나오는 原料의 熱分解度 ( degree of decarbonation ) 가 40~50%로

一般的으로 Lepol 보다는 약간 작고 Humboldt preheater 보다는 약간 크다. dry meal preheater kiln은 preheater 下部에 생기는 dust coating 關係로 preheater 로 流入되는 gas 溫度에 다소 制限을 받게 되고 coating 이 많이 생기는 kiln 은 自然히 溫度를 높일 수가 없게 되고 따라서 熱分解度가 낮게 된다.

b) 熱消費量은 普通의 原料로서 Clinker kg當 800kcal 以下가 正常이나 一般的으로 Lepol 보다는 若干 많은 편이고 (廢熱利用을 考慮안 할때) 他 system 보다는 적다. Dopol kiln에서 나오는 廢熱은 水分 3.5%의 原料면 kiln에 必要한 量의 2배에 該當하는 meal의 粉碎乾燥에 利用할 수 있다.

c) 動力面에서는 Lepol kiln보다 若干 많은 15 KWH 程度이고 Clinker 크기가 不規則하기 때문에 粉碎에도 若干 動力이 더 所要된다.

d) Preheater 排氣中の dust는 kiln에 실는 짐 (load)에 따라 다르나 7-10% 範圍이고, 排氣量은  $1.30 \sim 1.46 \text{ Nm}^3/\text{kg cl.}$ 인데 preheater 全部를 外部熔接하여 潛入空氣 (false air) 量을 最少로 줄여  $0.04 \sim 0.13 \text{ Nm}^3/\text{kg. cl.}$ 의 적은 量이며; 過剩空氣量이 Lepol보다 훨씬 적다.

e) 어느 preheater나 마찬가지로 Dopol亦是 alkali 凝結 (Condensation)에 의한 運轉支障을 豫想해야 한다. 이 問題는 Humboldt preheater가 이미 數次 當한 가장 큰 難題 (trouble)의 하나로 原料의 alkali 含量에 制限을 받게 된다. Dopol은 이 點에 있어서는 同類의 他 system에 비해 有利하며 綜合運轉 data에 依하면 raw meal에서  $\text{K}_2\text{O}$  1.15~1.89% (ignited basis) Clinker에서  $\text{K}_2\text{O}$  1.16~1.48%  $\text{Na}_2\text{O}$  0.16~0.18%에도 正常運轉이

可能한데 이는 流動断面設計를 잘 하고 kiln inlet 에 側面으로 投入함으로써 많은 效果를 보았다.

Table 2. Heat balance of Doppol-kilns

Heat	kiln 2	kiln 3	kiln 4	kiln 8	kiln 10	kiln 18
1. Intake						
Fuel: Sensible heat	3	2	3	3	4	4
Combustion	735	745	789	764	770	789
Raw meal (Sensible heat)	13	6	15	3	5	16
Combustion air (Sens. heat)	-9	-3	7	6	-5	
Total intake	742	750	814	776	774	809
2. Expenditure						
Theoretical heat consumption for clinker burning	403	418	425	418	412	416
Evaporation of water out of the meal	3	-	8	6	5	4
Heat loss in exit gas	136	152	170	168	151	163
Dust loss	2	4	6	8	5	4
Radiation & convection loss	60	38	58	39	37	40
Clinker waste heat	15	37	41	17	34	49
Water cooled plate	10	10	-	-	-	-
Exit air losses of cooler	107	88	97	107	105	125
Remainder	6		9	13	24	6
Total expenditure	742	750	814	776	774	809

#### 4. 結 語

Lepol kiln 이 成球作業과 原料의 造粒性 及 熱에 對한 反應에 많은 影響을 받는데 比해 Dopol system 은 成球作業이 없기 따라서 原料의 物理的性質에 拘碍받지 않는데 反해 alkali循環과 凝結에 依한 運轉支障을 豫想해야 하고 따라서 preheater 를 一定時間 間隔으로 点檢하여 press air 로 吹拂하면 Coating 을 豫防할 수 있다. Dopol preheater 自体는 Lepol grate 보다 原料成分變動에 鈍感하여 支障없이 運轉된다.

특히 大形 kiln 에서 preheater 의 運轉狀態는 他 system 으로는 아직 製作된 적이 없기 때문에 (1,500t 以上) 많은 關心을 모으고 있는데 여기서도 亦是 만족한 成果를 나타내어 Dopol kiln 은 出뿔이 앞섰고 製作基數가 많은 Humboldt kiln 을 앞서고 있다.

지금까지 稼動中에 있는 Dopol kiln 의 綜合運轉狀態에서 보는바 全kiln 은 保證量을 達成했고 比較的 操作이 簡單한 裝置로서 信賴性(Reliability)이 있음이 實證되었다.

註: Dopol: Doppelstrom-Vorwärmer Bauart Polysius

#### 參考文獻

1. The Development of Rotary kilns for cement Polysius Review 3.
2. Operational Values of Dopol kilns Polysius Review 4.
3. Neueste Entwicklung bei Dopol-Öfen, Polysius
4. Heat Transfer in Rotary kilns, P. Weber
5. Problems arising with the design and operation of large dry process kilns R. Muenk
6. Alkali problems and alkali elimination in heat-economising dry process kilns P. Weber
7. Zement-Chemie II, H. Kuehl