

SP 키른에 관한 調査

金子祐正
金泰男 譯

<星信化學企劃課長>

◆…… 譯者註: 本稿는 日本시멘트協會 燃料專門委員會의 主査로 있는 金子祐正씨가 調査報……◆
◆……告한 것으로 SP 키른의 主要事項에 대해 統計的으로 綜合되어 있어 國內 SP 키른의 管……◆
◆……理에 다소 參考가 될 것으로 본다. ……………◆

I. 序 言

1961년에 「燒成作業의 實態調査」를 發表한 적이 있으나 그 후 키른 型式은 1963년에 SP 키른이 導入된 이래 급속히 보급되었다. 더구나 最近에는 NSP 키른이 開發되었으며 이와 같은 현상에 있어서 우선적으로 SP 키른에 관한 調査를 할 必要가 있다고 생각되어 實施하였다.

1974年 3月 會員會社工場에 대한 調査依頼結果 7月末 거의 豫定대로 回答을 보내 왔다. 그 후 集計作業을 한 결과 대체적으로 그 概要가 끝났으므로 그 主要事項을 報告한다. 調査項目은 다음과 같다.

- 1) SP 키른 設備의 變遷
- 2) 設備概要
- 3) 操業狀況
- 4) 排 gas 處理設備
- 5) 計測機器
- 6) 양케이트
- 7) 文獻調査

調査 대상 키른數는 73年 12月末 현재 會員會社의 保有 SP 키른(NSP 키른도 包含) 合計 61基중 이번에 回答을 보내 온 51基에 대해서 型式別로 表示하면 <表-1>과 같다. 이번 NSP 키른에 대해서는 調査基數도 적고 分析이 不適當하므로 參考 정도로 했다.

<表-1> 調査對象 키른數

區 分	型 式 別	基 數
S P 키 른	Dopol	21
	Humboldt	14
	Wedag	7
	F. L. Smidth	1
	小 計	43
NSP 키 른	MFC	6
	SF	1
	KSV	1
	小 計	8
合 計		51

II. 設備概要

1. 原料乾燥裝置

dryer 型式別, 乾燥方式別 保有數는 <表-2>에서와 같이 조사 공장 29工場, 키른 基數 51基에 대해서 dryer 保有數는 62基로 되어 있다. 型式別로는 rotary dryer 가 62基中 54基(87%)로 압도적으로 많으며 또 이중 32基가 向流方式을 채용하고 있다.

2. 原料調整設備

blending silo 의 型式別 使用狀況

<表-3>에서 보면 調査工場 29工場중 27工場

이 blending silo(BS)를 保有하고 있으며 調整槽를 保有하고 있는 工場은 2工場밖에 안된다. 또

<表-2> dryer 型式別, 乾燥方式別 保有數

型 式	乾燥方式	被乾燥物別保有數			合 計
		石灰石	調合粘土	調合原料	
rotary 式	並流式	8*	11	3	22
	向流式	10	21	1	32
	小 計	18	32	4	54
impact 式	-	1	3	0	4
rapid 式	並流式	2	2	0	4
合 計		21	37	4	62

* 8基中 1基는 粘土乾燥에도 병행해서 使用하고 있다.

<表-3>

原料調整裝置 型式別 使用狀況

(工場數)

區 別		blending silo							調整槽	合 計
메 이 카 別		Polysius	三菱重工	Fuller	川崎重工	石川島播磨	不 明	小 計		
混合方式	連續式	-	2	7	2	1	2	14	2	16
	batch 式	6	3	-	3	-	1	13	-	13
合 計		6	5	7	5	1	3	27	2	29

<表-4>

各段 cyclone 斷面積

cyclone 型式	基 數	1 段	2 段	3 段	4 段
preheater 型式					
Dopol	21	38.9	32.1	33.0	28.5
Humboldt	14	29.7	29.7	29.7	23.5
Wedag	7	51.9	41.5	42.1	34.6
F. L. Smidth	1	62.3	62.3	62.3	54.1
S P 平均	43	38.6	33.6	34.0	28.4
N S P	8	56.9	50.9	53.4	41.5
全型式平均	51	41.5	36.3	37.1	30.5

<表-5>

IDF 設計 gas 量과 IDF 驅動 motor 設備容量

型 式 別	基數	kiln 常用能力 M(t/h)	IDF 設計 gas 量 $V_c(Nm^3/min)$	IDF 驅動 motor 設備容量 P (KW)
Dopol	21	105.4	2,476	1,290
Humboldt	14	80.3	2,331	1,253
Wedag	7	136.0	3,610	1,991
F. L. Smidth	1	125.0	3,696	2,200
S P 平均	43	102.7	2,642	1,413
N S P	8	151.9	3,693	1,790
全型式平均	51	110.4	2,806	1,473

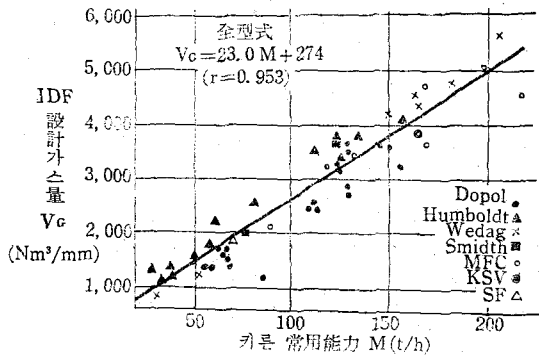
BS의 混合方式은 連續式이 14工場, batch 式이 13工場으로 되어 있다. BS의 메이카別로는 Polysius가 batch 式, Fuller가 連續式이며 三菱重工, 川崎重工은 連續式과 batch 式의 兩方式으로 되어 있다.

3. preheater

1) preheater 의 設備概要

調査對象基數는 29工場 全 51基中 Dopol 21基, Humboldt 14基, Wedag 7基, F. L. Smidth 1基, NSP 8基로 되어 있다.

各工場에서 報告를 받은 preheater 設備概要의 主要事項에 대해서는 <表-4>, <表-5>와 같다.



<그림-1> 키른 常用能力과 IDF 設計 gas 量

2) 키른 常用能力과 IDF 設計 gas 量

이 관계는 <그림-1>에 나타난 바와 같이 高度의 相關이 있으며 그 回歸式은 다음과 같다.

$$V_c = 23.0M + 274 \quad (r=0.953)$$

여기서 크링카 1톤當 IDF 設計 gas 量은 1,525 Nm³/t 이다.

3) 키른 常用能力과 IDF 驅動 motor 設備容量

이 관계는 <그림-2>에 나타난 바와 같이 高度의 相關이 있으며 그 回歸式은 다음과 같다.

$$P = 12.5M + 102 \quad (r=0.905)$$

여기서 크링카 1톤當 IDF 驅動 motor 의 設備容量은 13.3KWh/t 으로 되어 있다.

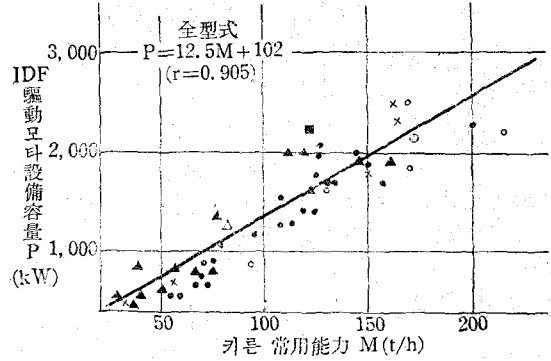
4. 키 른

1) 키른의 設備概要

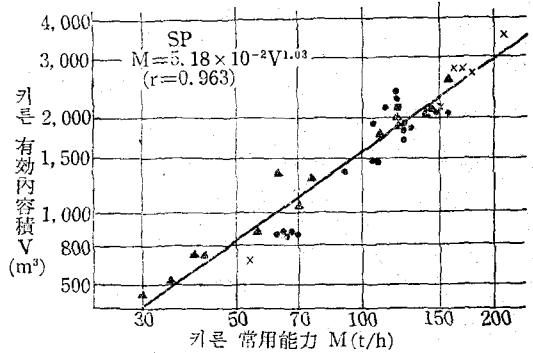
各工場으로부터 報告받은 키른의 設備概要의 主要事項은 preheater 型式別 平均値로 <表-6>에 綜合하였다.

여기서 SP 키른에 대해서는 L/D 가 극단적으로 큰 키른을 除外한 40基에 대해서 集計했다.

2) 키른 常用能力과 有效內容積



<그림-2> 키른 常用能力과 IDF 驅動 motor 設備容量



<그림-3> 키른 常用能力과 키른 有效內容積

이 관계는 <그림-3>에 나타난 바와 같이 高度의 相關이 있다. 이 回歸式은 다음과 같다.

$$M = 5.18 \times 10^{-2} \cdot V^{1.03} \quad (r=0.963)$$

3) 키른 常用能力과 直徑, 길이

키른 常用能力과 直徑(燒成帶 shell 內徑) 및 全體 길이의 關係는 <그림-4>, <그림-5>에 나타난 바와 같이 高度의 相關이 있으며 그 回歸式은 각각 다음과 같다.

$$M = 3.18 \times 10^{-1} \cdot D^{3.62} \quad (r=0.956)$$

<表-6>

키 른 設 備 概 要

preheater 型式	키 른 基 數	常用能力 (t/h)	全 長 (m)	燒 成 帶 內 徑 (m)	燒 成 帶 煉 瓦 內 徑 (m)	L/D	有 效 內 容 積 (m³)	內 容 積 當 力 (kg/m³·h)	驅 動 力 出 力 (設 備 容 量) (KW)
Dopol	19	110.6	84.1	4.89	4.46	17.1	1626	69.2	315
Humboldt	13	82.6	74.7	4.66	4.25	15.9	1364	59.1	290
Wedag	7	136.0	93.5	5.22	4.78	17.7	2256	64.1	522
Smidth	1	125.0	89.0	5.50	5.05	16.2	2104	59.5	700
S P 平 均	40	106.5	82.8	4.89	4.46	16.8	1663	64.8	353
N S P	8	151.9	91.8	5.09	4.65	17.8	2019	82.9	448

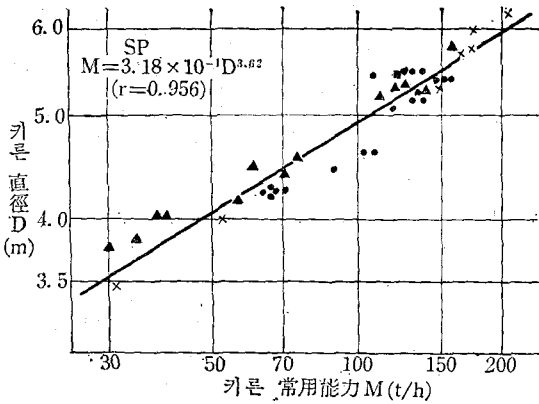
$$M=1.41 \times 10^{-3} \cdot L^{2.53} \quad (r=0.936)$$

4) 키 큰 常用能力과 驅動 motor 設備容量

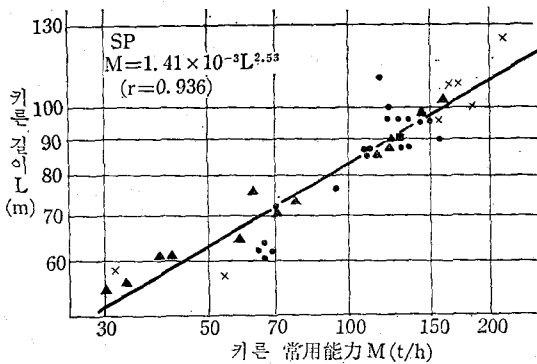
이 관계는 <그림-6>에 나타난 바와 같이 高度의 相關이 있으며 그 回歸式은 다음과 같다.

$$P=4.54 M^{0.92} \quad (r=0.869)$$

여기서 크링카 1톤당 키 큰 驅動 motor 의 設備容量은 3.31KWh/t이 된다.



<그림-4> 키 큰 常用能力과 直徑



<그림-5> 키 큰 常用能力과 全長

5. cooler

1) cooler 의 設備概要

各 工場에서 報告한 cooler 設備概要의 主要事項에 대해서는 cooler 型式別로 그 平均値를 <表-7>에 나타내었다.

2) cooler 常用能力과 冷却風量

이 관계는 <그림-7>에 나타난 바와 같이 高度의 相關이 있으며 그 回歸式은 다음과 같다.

$$V_c=47.8M+178 \quad (r=0.887)$$

여기서 크링카 1톤당 冷却風量은 2,958Nm³/t이 된다.

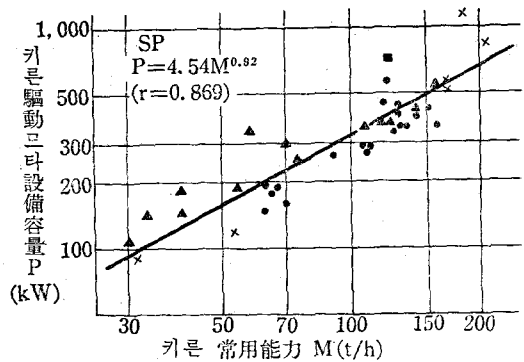
3) cooler 常用能力과 cooler 幅, 길이, grate 面積

cooler 常用能力(M)과 cooler 幅(W), grate 面積(S)의 관계에 대해서는 高度의 相關이 있으며 그 回歸式은 다음과 같다.

$$W=1.8 \times 10^{-2} M+1.9 \quad (r=0.905)$$

$$S=7.3 \times 10^{-1} M+4.3 \quad (r=0.906)$$

여기서 cooler 常用能力(M)과 cooler 길이(L)



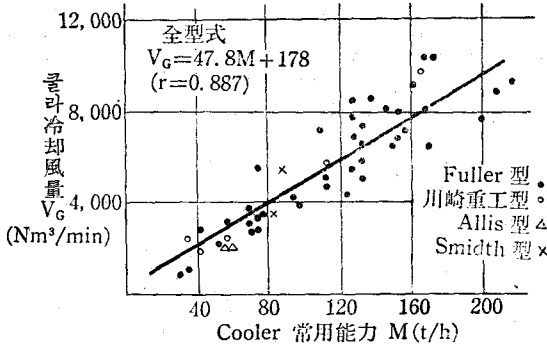
<그림-6> 키 큰 常用能力과 키 큰 驅動 motor 設備容量

<表-7>

cooler 設備概要

콜라 型式	콜라 基數	콜라 常用能力 (t/h)	冷却風量 (Nm ³ /min)	그레이트 幅 (m)	그레이트 길이 (m)	그레이트 面積 (m ²)	冷却空 氣室數	驅動motor 設備容量 (KW)	크링카햄머크 라샤모타設備 溶量 (KW)
Fuller	40	117.0	5751	3.93	22.44	89.3	6.2	50.4	69.7
川崎重工	5	80.3	4384	3.22	19.76	70.5	5.0	48.4	77.8
Smidth	2	83.8	4140	3.20	19.64	65.5	5.5	45.0	65.0
Allis	2	57.0	2000	1.40	30.50	41.6	1.0	22.0	15.0
全平均	49	109.4	5393	3.72	22.38	84.5	5.7	48.8	68.1

註: Unax cooler 2基는 除外했음.



〈그림-7〉 常用能力과 cooler 冷却風量

에 대한 回歸式은 다음과 같다.

$$L = 9.4 \times 10^{-2} M + 11.4 \quad (r = 0.637)$$

6. 기 타

1) 키른 排 gas 利用狀況

排 gas 處理設備利用狀況을 키른 基數로 分類하면 <表-8> 에서와 같이 乾燥粉砕가 29基(56.9%)로 되어 있다.

〈表-8〉

키른 排 gas 利用狀況

項 目	乾 燥		乾 燥 粉 碎				기 타		合 計
	dryer	dryer+ stabilizer	dryer+double rotator mill	dryer+ Loeshe mill	dryer+ tube mill	double rotator mill+ stabilizer	preheater spray	stabilizer	
基 數	7	10	16	4	4	5	4	1	51
(%)	13.7	19.6	31.5	7.8	7.8	9.8	7.8	2.0	100

〈表-9〉

cooler 排 gas 處理狀況

處 理 方 式	S P			N S P			基 數	(%)
	Dopol	Humboldt	Wedag	M F C	K S V	S F		
multicyclone 單獨	3	4	2	1	0	0	10	20.4
multicyclone+EP	10	5	2	3	1	1	22	45.0
multicyclone+bag filter	4	0	0	0	0	0	4	8.2
multicyclone+水洗塔	2	1	0	0	0	0	3	6.1
E P 單 獨	0	1	0	1	0	0	2	4.1
水 洗 塔 單 獨	1	1	0	0	0	0	2	4.1
移 動 層 filter	0	0	1	0	0	0	1	2.0
precollector+multicyclone+EP	1	0	0	1	0	0	2	4.1
multicyclone+移動層 filter	0	1	0	0	0	0	1	2.0
기 스펙트 filter	0	1	0	0	0	0	1	2.0
bag filter 單 獨	0	0	1	0	0	0	1	2.0
計	21	14	6	6	1	1	49	100

註: Unax cooler 2基는 除外했음.

2) cooler 排 gas 處理狀況

cooler 排 gas 處理狀況은 <表-9> 와 같은데 이를 구분해서 보면 multi-cyclone 과 EP 를 組合한 것이 全體의 45%를 佔하고 있으며 다음으로 multi-cyclone 單獨이 20.4%, multi-cyclone 과 bag filter 를 組合한 것이 8.2%, multi-cyclone 과 水洗塔을 組合한 것이 6.1%로 되어 있다.

III. 操業狀況

1. 供給原料와 크링카 性狀

供給原料, 使用燃料을 <表-10> 에, 크링카 性狀을 <表-11> 에 나타내었다.

2. preheater

1) preheater 의 操業狀況

preheater 操業狀況을 <表-12> 에 나타내었다.

<表-10>

供給原料使用燃料性狀

	blaine (cm ² /g)	88 μ 殘分 (%)	HM	SM	IM	TL (%)	σ_{TL} (%)	重油 S (%)
平均値	4987	9.5	2.7	2.7	1.7	76.7	0.23	2.5
標準偏差	764	3.43	0.037	0.128	0.117	0.471	0.169	0.155

<表-11>

크링카의性狀

	容量(kg/l)	FM	HM	SM	IM	SO ₃ (%)	fCaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)
平均値	1.28	6.28	2.10	2.7	1.7	0.7	0.4	0.4	0.6
標準偏差	0.083	0.629	0.037	0.125	0.113	0.180	0.228	0.150	0.156

<表-12>

preheater 操業狀況

型式別	基數	크링카生産量 M (t/h)	preheater 排 gas 量 V _G (Nm ³ /min)	基數	크링카生産量 M (t/h)	IDF 電力 P (KW)
Dopol	21	106.9	2544	21	106.9	1344
Humboldt	14	88.4	2317	13	88.8	1050
Wedag	7	141.7	3409	7	141.7	1712
Smidth	1	138.0	3383	1	138.0	1794
S P 平均	43	107.3	2630	42	107.8	1325
N S P	8	153.3	3760	8	153.3	1617
全型式平均	51	114.5	2807	50	115.1	1372

2) 크링카 生産量과 preheater 排 gas 量

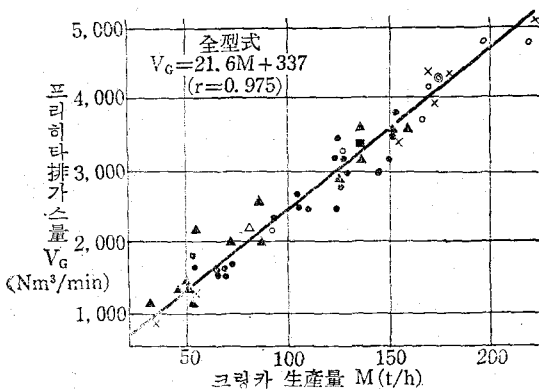
이 관계는 <그림-8>에 나타나 있는 바와 같이 高度의 相關이 있으며 그 回歸式은 다음과 같다.

$$V_G = 21.6M + 337 \quad (r=0.975)$$

여기서 크링카 1톤當 排 gas 量은 設備容量으로 1,560 Nm³/t으로 되어 있지만 操業上으로는 1,471 Nm³/t으로 되어 있다.

3) 크링카 生産量과 IDF 電力

이 관계는 <그림-9>에 나타난 바와 같이 高



<그림-8> 크링카 生産量과 preheater 排 gas 量

度의 相關이 있으며 그 回歸式은 다음과 같다.

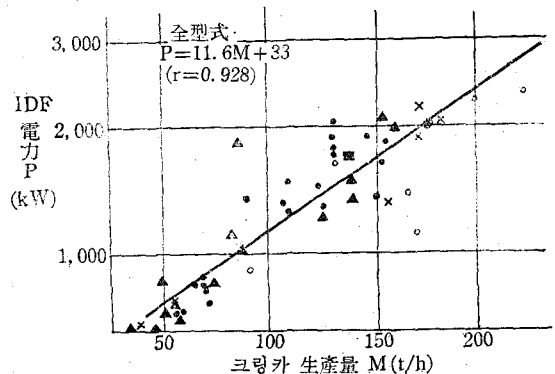
$$P = 11.6M + 33 \quad (r=0.928)$$

여기서 크링카 1톤當 IDF 驅動 motor 設備容量은 13.3 KWh/t이지만 이에 대해서 操業上으로는 11.9 KWh/t으로 되어 있다.

3. 키른

1) 키른 操業狀況

키른 操業狀況의 主要事項에 대한 平均値는 <表-13>과 같다.



<그림-9> 크링카 生産量과 IDF 電力

<表-13>

키 른 操 業 狀 況

프리하타 型 式	키 른 基數	크링카 生産量 (t/h)	燒成用 熱 量 (10 ³ kcal/t)	키 른 回轉數 (r ph)	키 른 全長 (m)	燒成帶 內徑 (m)	燒成帶 內徑 (m)	L/D	키 른 內積 容積 (m ³)	內積 生産量 (kg/m ³ h)	燒成帶斷面 當熱負荷		키 른 內 熱 負 荷		
											燃 料 (10 ³ kcal/m ² h)	回收熱 (10 ³ kcal/m ² h)	燃 料 (10 ⁶ kcal/h)	回收熱 (10 ⁶ kcal/h)	
Dopol	19	112.2	814.8	123	84.1	4.89	4.46	17.1	1626	70.7	7.00	5.6	6.9	81.9	111.7
Humboldt	13	91.1	832.1	102	74.7	4.66	4.25	15.9	1364	66.6	5.94	4.9	5.9	74.0	89.9
Wedag	7	141.7	787.2	102	93.5	5.22	4.78	17.7	2256	65.2	7.12	5.5	6.5	108.9	128.5
Smidth	1	138.0	782.0	120	89.0	5.50	5.05	16.2	2104	65.0	6.89	5.4	6.7	107.9	133.5
SP 平均	40	111.1	814.8	113	82.8	4.89	4.46	16.8	1663	68.2	6.68	5.3	6.5	88.5	108.1
NSP	8	153.3	798.1	135	91.8	5.09	4.65	17.8	2019	84.3	9.55	5.3	6.9	93.9	121.3

2) 크링카 生産量과 燒成用熱量

이 關係는 <그림-10>에 나타난 바와 같이 data의 진폭이 크데 그 回歸式은 다음과 같다.

$$Q = 1.15 \times 10^3 M^{-0.076} \quad (r=0.765)$$

여기서 보면 크링카 生産量이 클수록 熱消費가 減少하는 傾向을 볼 수 있다.

3) 크링카 生産量과 燒成帶煉瓦內徑

이 關係는 <그림-11>에 나타난 바와 같이 高度의 相關이 있으며 그 回歸式은 다음과 같다.

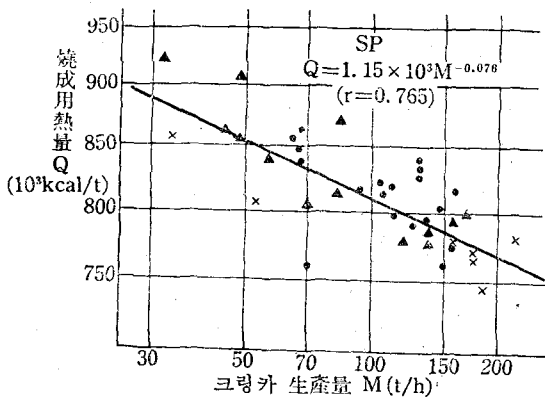
$$M = 1.11 D_i^{3.03} \quad (r=0.970)$$

4) 燒成帶 斷面積當 熱負荷와 燒成帶煉瓦內徑

燒成帶斷面積當 熱負荷와 煉瓦內徑과의 關係는 data의 振幅이 크지만 그 回歸式은 다음과 같다.

$$q_1 (\text{燃料面에서}) = 1.50 D_i^{0.844} \quad (r=0.793)$$

$$q_2 (\text{回收熱面에서}) = 1.87 D_i^{0.832} \quad (r=0.713)$$



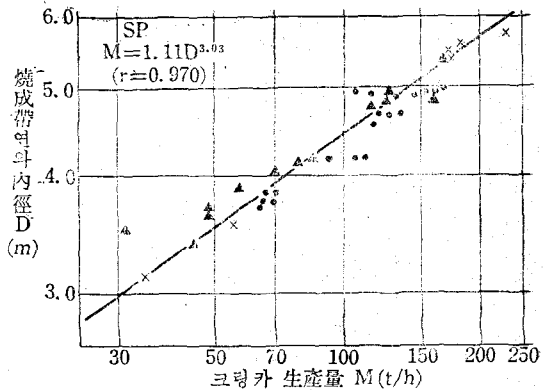
<그림-10> 크링카 生産量과 燒成用熱量

5) 크링카 生産量과 키 른 驅動 motor 電力

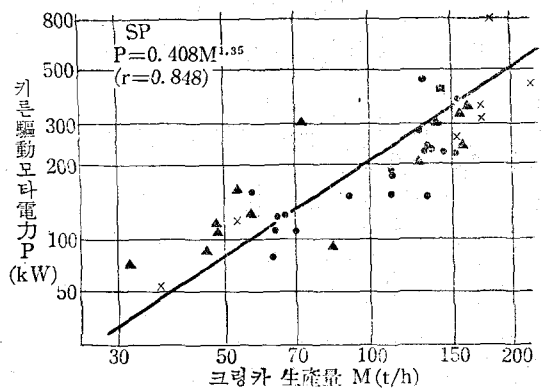
이 關係는 <그림-12>에 표시되어 있으며 그 回歸式은 다음과 같다.

$$P = 0.408 M^{1.35} \quad (r=0.848)$$

크링카 1톤當 키 른 驅動 motor 電力은 設備容量이 3.31 KWh/t이지만 이에 대해 操業上으로는 2.01 KWh/t이 된다.



<그림-11> 크링카 生産量과 燒成帶 연와 內徑



<그림-12> 크링카 生産量과 키 른 驅動 motor 電力

4. cooler

各工場에서 보고한 操業狀況 data를 cooler 型式別로 그 平均値를 합하면 <表-14>와 같다.

1) 크링카 生産量과 cooler 冷却風量

크링카 生産量과 cooler 冷却風量과의 관계는 <그림-13>에서와 같이 高度의 相關이 있으며 그 回歸式은 다음과 같다.

$$V_c = 42.0M - 24 \quad (r=0.951)$$

2) 크링카 生産量과 cooler 排 gas 風量

이 관계는 <그림-14>에서와 같이 高度의 相關이 있으며 그 回歸式은 다음과 같다.

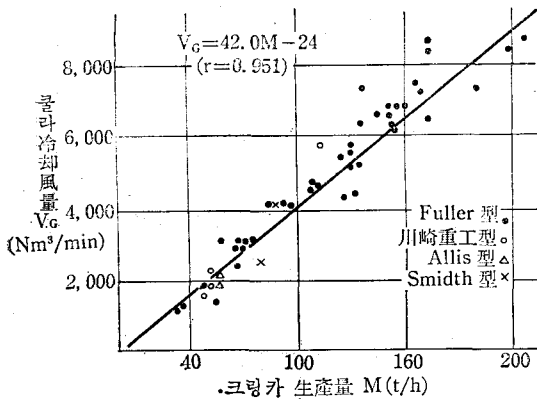
$$V_g = 28.4M - 16 \quad (r=0.908)$$

3) 크링카 生産量과 grate 面積

이 관계는 高度의 相關이 있으며 그 回歸式은 다음과 같다.

$$S = 0.7M + 5.0 \quad (r=0.875)$$

그레이트 面積當 크링카의 處理量은 設備容量 1.29 t/m²h 에 대해서 操業上으로는 1.33 t/m²h



<그림-13> 크링카 生産量과 cooler 冷却風量

로 되어 있다.

여기서 單位生産量當 grate 面積은 0.752 m²/t/h 로 되어 있다.

5. 耐火煉瓦

1) 키른 位置別, 品種別 耐火物標準施工圖

키른 位置別, 品種別 耐火物標準施工圖를 <그림-15>에 圖示하였다.

kiln outlet zone 은 各種耐火物이 사용되고 있으나 특히 F_c, F_p의 사용이 두드러지고 있으며 sintering zone 은 M₃가 가장 많이 사용되고 있다. 또 Li 50% 아랫쪽은 shell 放散熱損失을 줄이기 위해 D가 가장 많이 사용되고 있다.

M₁: 보통 燒成 Mg-Cr brick

M₂: 準高溫燒成 Mg-Cr brick

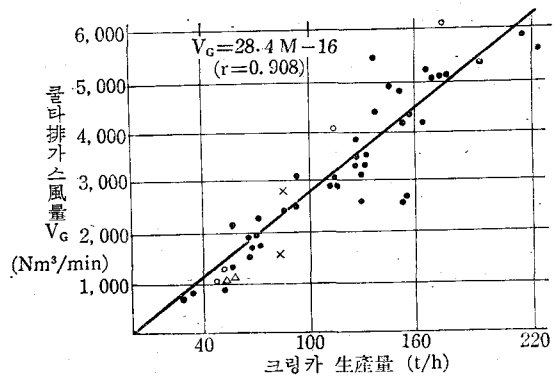
M₃: 高溫燒成 Mg-Cr brick

M₄: 超高溫燒成 Mg-Cr brick

A: high alumina brick

C: 粘土質 brick F_c: castable

D: 耐火斷熱 brick F_p: plastic 耐火物



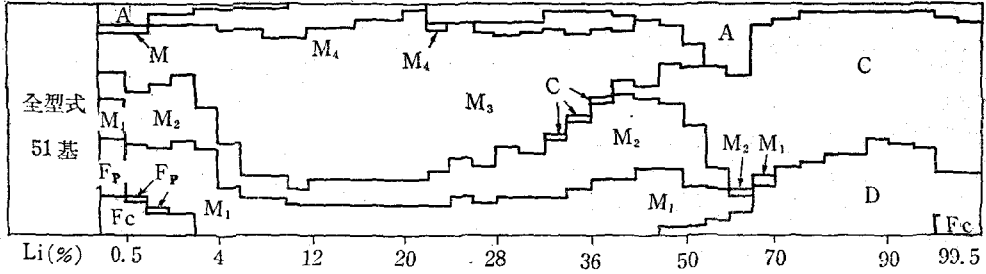
<그림-14> 크링카 生産量과 cooler 排 gas 風量

<表-14>

클러 操業 狀況

클러 型式	클러 基數	크링카 生産量 (t/h)	入口 크링카 度 (°C)	出口 크링카 度 (°C)	排 가스 溫度 (°C)	2次 空氣 溫度 (°C)	冷却 風量 (Nm ³ /min)	排 가스 風量 (Nm ³ /min)
Fuller	40	119.8	1319	123	247	709	5071	3324
川崎重工	5	86.4	1241	119	206	666	3846	2770
Smidth	2	82.9	1365	143	305	673	3059	2207
Allis	2	55.8	1340	230	295	520	2012	1091
平均	49	112.3	1286	128	247	695	4739	3131

註: Unax cooler 2基는 除外했음.

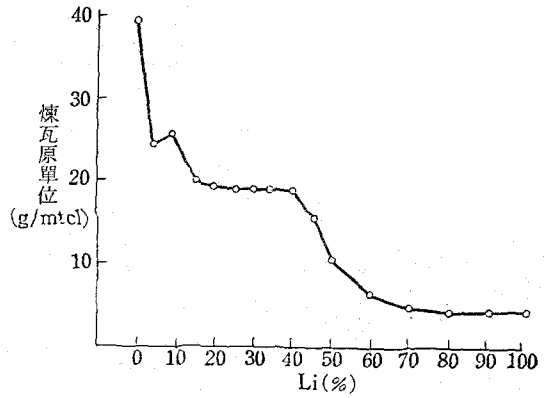


<그림-15> 키른 位置別, 品種別 耐火物標準施工圖

또 品種別耐火物 使用率은 <表-15> 에서와 같다. M_1, M_2 는 키른의 大型化에 따라 使用率이 감소하는 반면 M_3 는 증가되고 있다. M_4 는 3.45~4.60φ, 5.50~6.20φ의 키른에서 3~4% 사용되고 있다. 5.05~5.40φ 키른에서는 0.7%로 약간 사용되고 있다. D는 small diameter 키른에서 다소 사용되고 있으며 5.50φ 以上の 키른에서는 1.5%로 약간 사용되고 있다.

2) 키른 位置別 耐火物原單位 實績

키른 位置別 耐火物原單位 實績은 <그림-16> 과 같다. SP 키른에서는 outlet zone 이 39g/m·t·cl, Li=5~10%에서는 25g/m·t·cl, Li=15~



<그림-16> 키른 位置別 耐火物實績 原單位

40%에서는 대체로 20g/m·t·cl, Li=40~60% 범위에서는 점차 감소되고 있으며 Li=70% 이후에서는 3g/m·t·cl로 되어 있다.

<表-15> 品種別耐火物使用率(%)

直徑 品種	3.45~4.60φ (24基)	5.05~5.40φ (18基)	5.50~6.20φ (9基)	全型式 (51基)
M_1	14.2	10.1	7.7	11.6
M_2	15.2	12.3	6.9	12.7
M_3	13.5	32.2	35.3	24.0
M_4	3.7	0.7	3.3	2.6
A	11.0	4.3	10.2	8.5
C	24.1	32.3	34.3	28.8
D	18.0	7.6	1.5	11.4
F_c	0.2	0.4	0.6	0.3
F_p	0.1	0.1	0.2	0.1

IV. 結 言

以上 SP 키른에 대한 主要事項을 綜合하여 報告했는데 여기서 計測機器, 앙케이트, 문헌 조사는 報告內容에 포함시켰다. 금번 調査에서는 SP 키른의 要因分析이 충분치 않으며 또 NSP 키른에 대해서는 調査基數가 적으므로 參考 정도로 검토하였다. 本資料가 SP키른의 操業管理에 다소나마 참고가 되기를 바란다.