

4 號키른 增設에 따른 運轉結果檢討

朴 贊 星

〈現代시멘트(株) 丹陽工場〉

1. 서 론

현대시멘트(주) 단양공장은 금번 4호 KILN이 준공되어 정상가동됨으로써 연산 300만톤 규모의 대단위 공장으로 탈바꿈하게 되었다.

84년 7월 공사에 착수한 이래 내·외자 총 600억원을 투입하여 1년 4개월에 걸친 대공사 기간을 거쳐, 85년 10월 1일 준공을 보게 된 4호 KILN은 단일 KILN으로는 국내에서 최대인 4,800 T/D의 생산능력을 자랑하는 RSP부 5단 CYCLONE KILN(Reinforced Suspension Preheater)으로서 시운전 및 보증운전을 성공적으로 마치고 정상운전에 들어가 현재 만족할만한 성과를 거두고 있다.

특히, 본 KILN은 열, 전력소비 면에서 상당한 절감효과를 가져와 기업의 원가절감은 물론 정부 ENERGY 정책에도 큰 기여를 하고 있다.

이에 당공장 4호 KILN의 시운전 및 보증운전 결과를 토대로 운전조건 및 생산성 등에 대해 분석해 보았다.

2. 공정 설비

당공장 4호 KILN의 RSP공정은 다른 PRE-HEATER의 예열설비와 그 기능은 같으나, 그 설비가 예비연소실(Swirl Burner)과 본연소실(Swirl Calciner)로 구성되어 있는데 그 차이가 있다.

특히, 5단 CYCLONE으로 설치되어 배기열량을 최대한 회수하여 열량손실을 줄일 뿐더러,

5단으로 배증됨에 따라 증가될 수 있는 압력손실을 CYCLONE과 DUCT의 특수 설계를 통해 감소시켜 동력소모를 줄인 ENERGY 절약형 KILN이다.

본 KILN의 주요설비에 대한 사양은 〈표-1〉과 같다.

3. 공 정 도

〈그림-1〉에서와 같이 AIR LIFTER에 의해 운반된 원료가 C2로 투입된후 각단을 흐르는 동안 SWIRL CALCINER에서 오는 혼합가스와의 열교환을 일으키면서 C3, C4를 거쳐 SWIRL BURNER, MIXING CHAMBER로 떨어지게 된다.

이곳에서 완전한 열교환이 일어나, 원료중의 CO₂가 급격히 감소되어(CaCO₃→CaO+CO₂) 부유상태로 C5로 배출되는데 지속적인 가소과정을 거친 후 분리되어 KILN에 투입되게 된다.

이때의 기능을 Model화 하면 〈그림-2〉와 같다.

이러한 4호 KILN RSP의 특징은 다음과 같다.

(1) 효과적으로 연소된다.

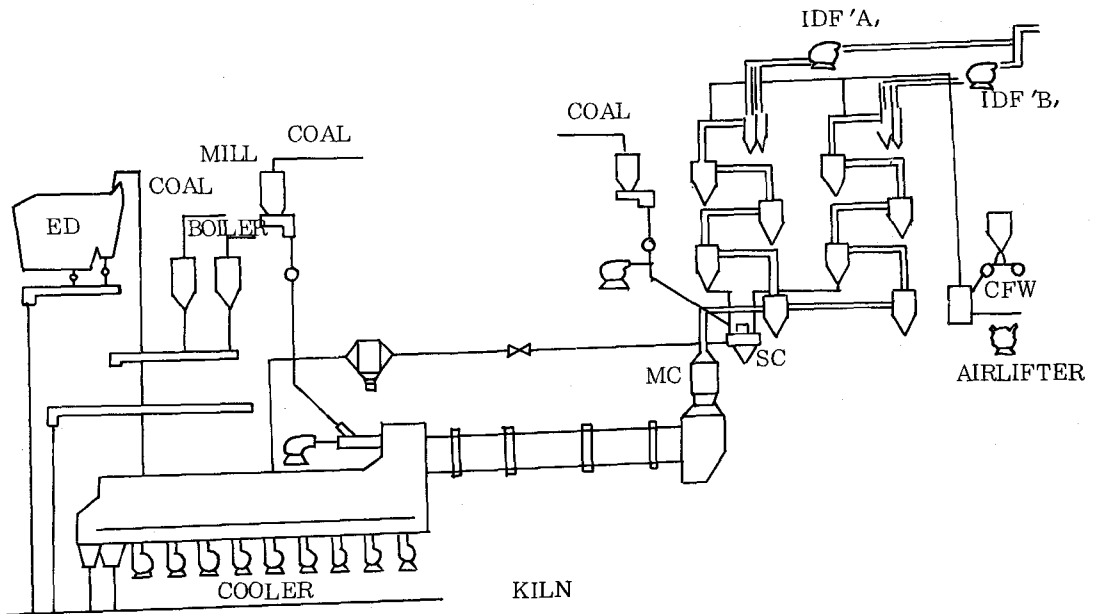
SWIRL BURNER로 RECOUPED AIR(추기)양을 증가시켜 온도를 높임으로써 미분탄 연소를 개선시킨다.

또한 MIXING CHAMBER는 BURNER로부터 오는 GAS 원료 혼합물이 이곳에서의 체류시간이 길어짐에 따라 원료온도와 GAS 온도는 거의 같아져, 효과적으로 혼합 반응되어 완전한

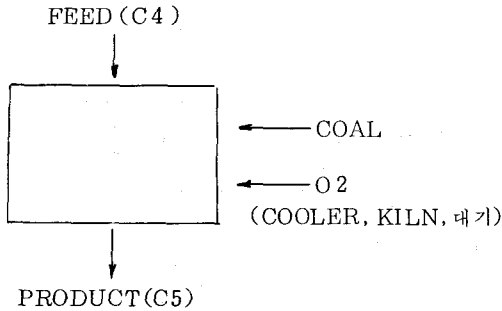
주 요 설 비 사 양

< 표-1 >

설	비	규	격	비	고
ROTARY KILN		4.6 mφ × 80	mL	Slope : 3.5 %	
PREHEATER	C 1	4.8 mφ × 11.65	mL		
	C 2	6.5 mφ × 10.95	mL		
	C 3	6.95 mφ × 11.9	mL		
	C 4	7.03 mφ × 12.168	mL		
	C 5	7.6 mφ × 12.6	mL		
I. D. F		6,300 m ³ / min	— 340 도 — 680 mmAq	1100 KW × 2	
RSP 설비	SC	4.16 mφ × 7.15	mL		
	MC	5.7mW × 5.75mL × 14.6 m H			
	추기 DUCT	2.92 mφ × 120	mL		
COOLER	TYPE	FULLER TYPE			
	COMPART FAN	8,490 m ³ / min			
COOLER VENT FAN		9,200 m ³ / min	— 230 도 — 120 mmAq	270 KW	



< 그림-1 > 4 號 KILN FLOW SHEET



〈그림-2〉 RSP 연소 MODEL

열교환 반응을 가속시킨다.

(2) 열소비가 작다.

1 개의 CYCLONE 을 추가로 설치함으로써 GAS 열을 더 회수할 수 있어 배기 GAS 온도를 낮추고 KILN 열소비량은 줄어든다.

(3) 안정된 운전이 가능하다.

연소 GAS 중의 O_2 함량이 줄어들면서 완전 연소가 가능해져 탈탄산율은 95% 이상으로 높아, KILN 전 SYSTEM에 대해 충분한 가소가 진행될 원료가 공급되며, 국부가열에 따른 COATING TROUBLE이 없어 안정된 조업이 가능하다.

(4) KILN에 열부하가 작게 걸린다.

KILN과 RSP의 연료 사용비를 40:60으로 함으로써 상대적으로 KILN에 열부하가 작게 걸리게 되어, KILN 크기는 줄어든 반면, 회전수를 높힐 수 있어 생산량이 크게 증대되었으며, 또한 연와수명도 길어진다.

4 CCP CONTROL SYSTEM

4호 KILN 증설과 함께 당공장은 운전 SYSTEM을 새로이 COMPUTER를 도입하여 CCP 중앙제어 방식으로 운전하고 있다.

당공장의 COMPUTER 기종은 FUSI FACOM의 U-1200이며 GRAPHIC CRT는 IVC-400, PRINTER FE-4101로서 사용언어는 FORTRAN II, ASSEMBLER, BASIC이다.

먼저 CCP 운전 SYSTEM은 크게 5가지로 나눌 수가 있다.

- (1) MB, DESK BOARD
- (2) PLC
- (3) COMPUTER SYSTEM
- (4) PAGING SYSTEM
- (5) INDUSTRIAL TV SYSTEM

이것을 운전방법과 더불어 간략히 소개한다.

현장 MOTOR의 운전, 정지는 CCP 및 LCS의 2개소에서 가능하다. LCS로 할 경우에는 INTERLOCK에 관계없이 정지 혹은 가동된다. CCP에서 운전할 경우 먼저 LCS를 CENTER 위치에 놓고 DSK(Desk Board)상의 각 그룹마다 설치된 시동 S/W와 RELEASE S/W를 동시에 누르면 SOFTWARE(PLC MICREXE)에 기억되어 있는 시동순서에 따라 차례로 기동되어 원격조작이 가능해진다.

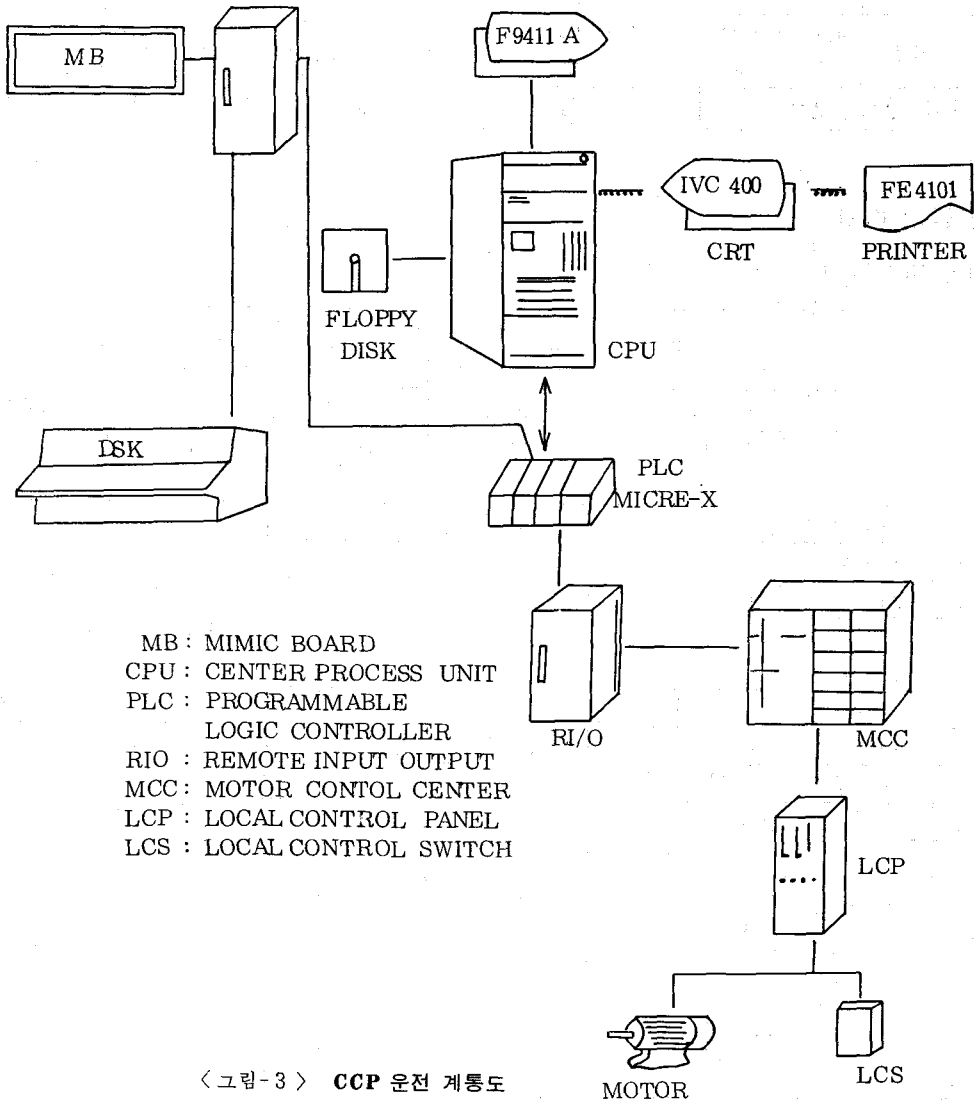
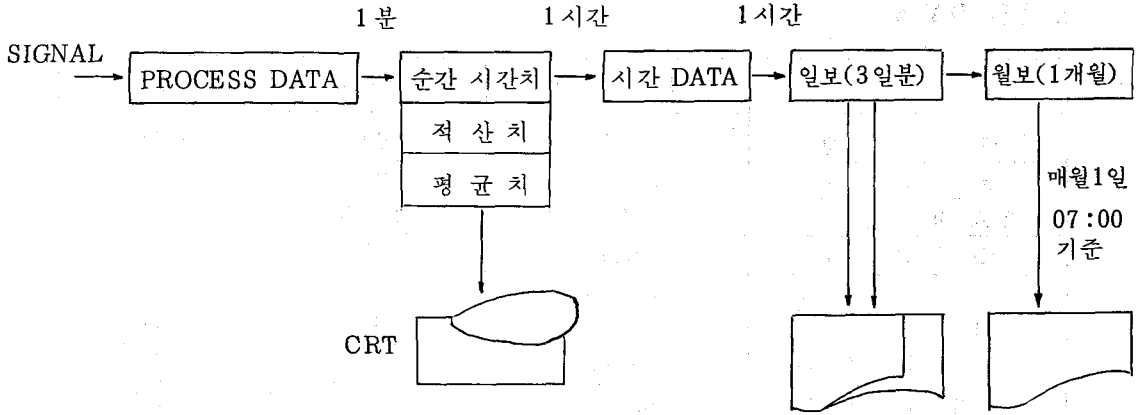
이때 수송계통의 MOTOR군은 BLOCK으로 구분하여 BLOCK내의 제어는 RELAY SEQUENCE로 행하고 BLOCK간의 복잡한 INTERLOCK은 COMPUTER로 하게 된다.

또한 운전중엔 그 운전상태에 따라 SIGNAL이 각 전기실의 변환, 계전 DESK를 통해 전달되며 이상 검출은 중고장, 경고장으로 구분되어, 중고장시에는 COMPUTER에 의해 연관 INTETLOCK이 모두 정지되며, 경고장인 경우와 동일하게 ALARM PRINTER에 인쇄됨으로써 TREND PANEL을 통해 그순간 상황을 파악할 수 있어 문제해석이 용이해진다.

이외 PROCESS DATA 처리는 TIME SHARING SYSTEM 채택으로 1대의 COMPUTER로도 ON-LINE 가동이 가능한데, DATA는 아래와 같은 FLOW를 거쳐 기록된다.

이러한 중앙제어 방식의 효과는 다음과 같다.

- (1) PAGING SYSTEM, INDUSTRIAL TV SYSTEM을 이용함에 따라 CCP에서 1인 운전이 가능하여 인력이 절감된다.
- (2) ON-LINE SYSTEM으로 품질이 향상된다.
- (3) CRT를 통해 이상유무를 신속히 파악할 수 있어 안전운전이 가능하다.
- (4) PRINTER를 통해 순간상황기록으로 관리가 용이하다.



MB : MIMIC BOARD
 CPU : CENTER PROCESS UNIT
 PLC : PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER
 RIO : REMOTE INPUT OUTPUT
 MCC : MOTOR CONTROL CENTER
 LCP : LOCAL CONTROL PANEL
 LCS : LOCAL CONTROL SWITCH

< 그림-3 > CCP 운전 계통도

5. 운전 DATA

항 목		단 위	1K	4K
생 산 량		T/D	1,000	4,800
열 소 비		kcal/kg-cl	830	730
열료 사용비 (R/K)		%	45/55	57/43
KILN 회 전 수		RPH	110	170
P/H 압 력	1 단	mmAq	- 450	- 550
	2 단	mmAq	- 320	- 430
	3 단	mmAq	- 230	- 330
	4 단	mmAq	- 170	- 230
	5 단	mmAq	-	- 180
배기 가스	배기 가스량	Nm ³ /kg-cl	1.49	1.47
	온 도	도	330	340
P/H의 원료탈탄산율		%	50 - 60	84 - 95

6. 열정산 비교

(1) 열정산 비교 (1호, 4호)

구분	항 목		1 호		4 호	
			kcal/kg-cl	%	kcal/kg-cl	%
입	연료 연소열	키 른	456.3	52.3	313.9	40.5
		예 열 실	373.5	42.8	416.1	53.8
열	연료의 현열		0.6	0.1	1.4	0.2
	원료의 현열		15.7	1.8	18.1	2.3
	공기의 현열		10	1.1	8.6	1.1
	원료의 연소열		16.2	1.9	16	2.1
	합 계		872.3	100	774.1	100
	출	크링카 소성열량		429.2	49.2	420
원료부착수분 증발잠열		4.6	0.5	4.7	0.6	
예열실 배기현열		161.8	18.6	149.5	19.3	
배기중 다스트 현열		2.1	0.2	2.0	0.3	
크링카 지거 현열		17.1	2.0	16.1	2.0	
쿨라 배기 현열		124.3	14.2	118.4	15.3	
물 분사 증발 잠열		49.8	5.7			
열	표면방사 손 실 열	예 열 실	34.7	3.9	20.8	2.7
		키 른	40	4.6	36.2	4.7
		쿨 라	2.6	0.3	4.5	0.6
	기타 손실열		6.1	0.8	1.9	0.2
	합 계		872.3	100	774.1	100

(2) PREHEATER 각 CYCLONE 의 GAS BALANCE

단위 : Nm³/kg-cl

부 위	항 목	풍 량
KILN	출구 배기가스	0.392
	Inlet leak	0.017
RSP 로	연소가스	0.513
	과잉공기	0.062
	원료로부터의 CO ₂	0.225
	원료로부터의 H ₂ O	0.011
	RSP 출구 배기가스	0.811
M/C	입구 (KILN + RSP 로) 가스	1.22
	원료로부터의 CO ₂	0.014
	Leak Air	0.035
C 5	입구 (KILN + RSP 로) 가스	1.269
	원료로부터의 CO ₂	0.013
	Leak Air	0.017
C 4	입구가스	1.299
	원료로부터의 CO ₂	0.002
	원료로부터의 H ₂ O	0.007
	Leak Air	0.016
C 3	입구가스	1.324
	원료로부터의 H ₂ O	0.005
	Leak Air	0.017
C 2	입구가스	1.346
	Leak Air	0.016
C 1	입구가스	1.362
	Leak Air	0.101
	원료 부착 수분	0.010
C 1	출구가스	1.473
	IDF Leak	0.008
IDF	출구가스	1.481

(3) COOLER 공기 흐름도 (Nm³/min)

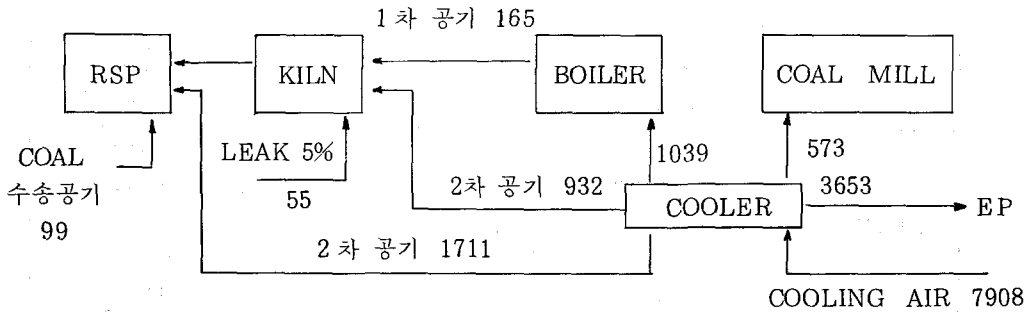
*** 4 호 KILN 의 운전결과

(1) RSP에서의 유연탄 연소가 효율적이어서 KILN 전체에 대해 충분한 가소가(탈탄산율 95%) 진행된 원료가 공급됨으로써 안정된 조업이 가능해져 생산성이 KILN 용적당 3.6 MTPD/m³ 인 4,800 T/D로 높아졌으며,

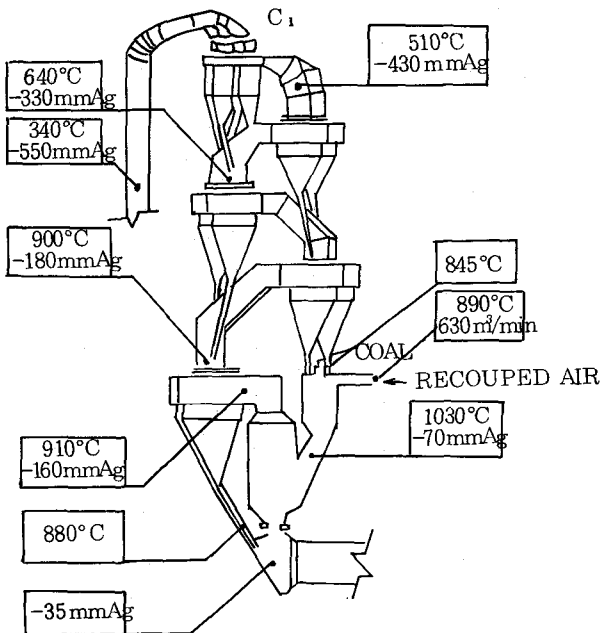
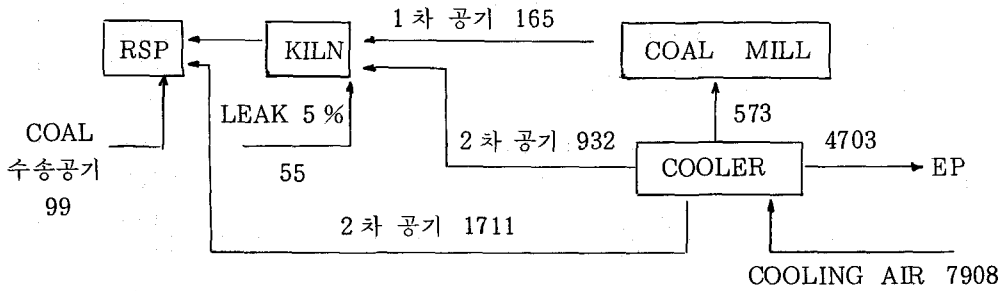
(2) 5 단 SYSTEM임에도 불구하고 CYCLONE, DUCT 의 특수설계를 통해 압력강하를 IDF의 설계치보다 약 100 mmAq 낮은 500-600 mmAq로 떨어뜨려 동력손실을 줄였으며

(3) 열소비는 5 단 SYSTEM의 장점을 살려 배기열량을 최대한 회수함으로써 열량손실을 줄여 730 kcal/kg-cl로 낮출 수 있었다.

1) BOILER 가동시



2) BOILER STOP시



<그림-4> PREHEATER 부위별 온도, 압력분포

7. 결론

4호 KILN은 5단 SYSTEM으로서 그 실제적인 효율평가를 기준 1호 RSP 4단 SYSTEM과 비교해 보았다.

물론 설계에 따른 P/H에서의 온도분배, 열소비, 원료의 연소성 물질함량 등에도 차이는 있지만, 1개의 CYCLONE 추가 설치 역시 고려해야 한다.

그렇다해도 현 DATA를 통해서 볼 때, 열소비는 동형인 1호 KILN과 비교시 100 kcal/kg-cl 전력소비는 6.9KW/Ton-cl (1호 KILN: 28.5, 4호 KILN: 21.6) 정도의 절감효과를 보았다.

따라서 생산 및 ENERGY 면에서 4호 KILN의 효율이 기존 KILN보다 우수하다.