

원료 조합의 자동 제어

尹 賢 輔

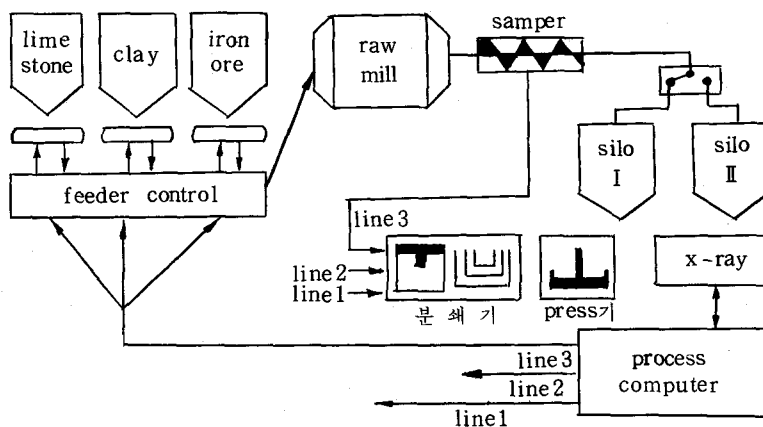
〈韓一시멘트 丹陽工場〉

1. 서 언

kiln에 들어가는 원료의 화학조성은 clinker 품질 및 kiln의 안전운전에 큰 영향을 미치므로 이것을 관리하는 것은 cement 제품의 품질향상과 생산성향상을 위해서는 중요한 항목의 하나이다. cement 원료는 천연자원으로 화학조성의 변동을 피할 수 없으나 이것을 목표조합지표(예 : $LSF = 94 \pm 0.5$, $SM = 2.4 \pm 0.1$, $IM = 1.4 \pm 0.1$)의 허용범위내로 유지시키기 위해서 지금까지의 수동원료조정 방법에서 한단계 발전시켜 원료조합을 computer를 이용하여 자동 제어함으로써 공정의 안정화와 품질의 변동폭이 줄어서 품질향상을 할 수 있었다.

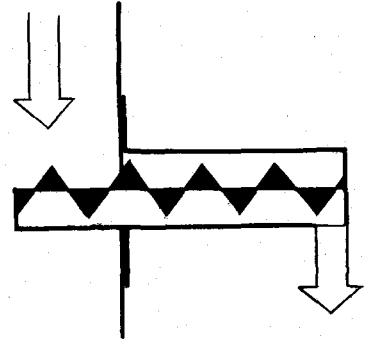
'84년 3월부터 가동중인 computer에 의한 원료조정에 대하여 당공장의 기본적인 현황을 소개하고자 한다.

2. 원료 자동조합 배치도



3. 장치의 구성

- 1) automatic sampler : air slide 끝 chute 에서 screw-conveyer 에 의한 연속 인출방식
- 2) mixer (혼합기) : 30 분 동안 연속 sampling한 시료를 capsule 에 넣기 전에 대표 sample 이 되도록 시료를 혼합하는 혼합기 (용량 : 40 l)
- 3) pneumatic dispatcher (공기압식전송장치) : 압축공기에 의한 시료수송으로 capsule 이 수송 pipe 내를 왕래하며 sampler 에서 채취된 200 g 시료가 시료분쇄기에 투입됨.
- 4) sample mill (시료미분쇄기) : 분석을 정확히 하기 위해 3 분 동안 원료 37 g 과 Alcohol 22 cc 를 혼합하여 분쇄한다.
- 5) sample presser : 시료를 6 ton 으로 가압하여 tablet (정제)로 만든 후 X-ray 로 보내준다.
- 6) 형광 X-ray analyser (ARL 74,000 ; Swiss 제품) : 원료, cement, clinker, 점토, 성분의 7 원소 (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , K_2O)의 농도 분석.
- 7) computer system : (DEC ; PDP 11/23 美)
 word length : 16 bite
 storage : 64k words



4. 각 장치의 비교 시험

1) 수동과 자동 sampler 의 비교

성분		횟수	1	2	3	4	5	평균
SiO_2	수동		14.09	14.12	14.26	14.89	14.23	14.318
	자동		13.97	14.06	14.16	14.98	14.39	14.312
	차이		0.12	0.06	0.10	0.09	0.16	0.006
Al_2O_3	수동		3.02	2.79	2.71	2.82	2.80	2.828
	자동		3.00	2.79	2.83	3.04	2.86	2.904
	차이		0.02	0	0.12	0.22	0.06	0.076
Fe_2O_3	수동		2.81	2.95	3.10	3.16	2.95	2.994
	자동		2.90	3.02	3.08	3.24	3.11	3.070
	차이		0.09	0.07	0.02	0.08	0.16	0.086

성분	횟수	1	2	3	4	5	평균
		CaO	수 동	41.84	42.26	41.92	
자 동	41.83		42.26	42.15	41.51	41.90	41.93
차 이	0.01		0	0.23	0.10	0.22	0.02
LSF	수 동	93.33	94.41	92.88	87.94	93.50	92.41
	자 동	93.74	94.69	93.65	87.12	91.70	92.18
	차 이	0.41	0.28	0.23	0.82	1.80	0.23
SM	수 동	2.42	2.46	2.45	2.39	2.48	2.440
	자 동	2.36	2.42	2.39	2.49	2.41	2.414
	차 이	0.06	0.04	0.06	0.10	0.07	0.026

2) X-ray 자체 오차 측정

(습도: 65% H₂O ± 5% 온도: 22 ± 1°C)

성분 횟수	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	LSF	SM	IM	비 고	
	1	14.16	3.36	2.70	41.13	90.68	2.34	1.24	22 °C
2	14.16	3.36	2.70	41.17	90.76	2.34	1.24	22.5 °C	63 %
3	14.18	3.37	2.70	41.16	90.62	2.34	1.25	23 °C	66 %
4	14.18	3.37	2.71	41.18	90.62	2.33	1.25	24 °C	63 %
5	14.17	3.30	2.71	41.18	90.83	2.36	1.22	24.5 °C	57 %
S	0.01	0.03	0.005	0.02	0.09	0.01	0.01		

3) 화학분석치와 X-ray 분석치 비교

성분 횟수	L S F			S M			I M		
	화 학	X-ray	차 이	화 학	X-ray	차 이	화 학	X-ray	차 이
1	96.57	97.0	0.13	2.57	2.61	0.04	1.43	1.34	0.09
2	91.77	91.20	0.57	2.41	2.44	0.03	1.55	1.54	0.01
3	95.45	95.3	0.15	2.41	2.40	0.01	1.29	1.28	0.01
4	95.15	95.20	0.05	2.38	2.40	0.01	1.33	1.25	0.08
5	92.61	95.90	0.29	2.30	2.31	0.01	1.41	1.37	0.04

$$\bar{x} = 0.05$$

$$\bar{x} = 0.016$$

$$\bar{x} = 0.046$$

4) 분쇄시간에 따른 분말도의 영향

구분 시간	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	LSF	SM	IM	44 μ 잔사	비 고
1 분	13.77	3.67	2.20	41.91	1.62	94.60	2.34	1.67	1.3	5개의 평균치
2 분	14.02	3.58	2.20	41.81	1.62	93.30	2.42	1.63	0.92	"
3 분	14.07	3.58	2.20	41.75	1.60	92.64	2.44	1.63	0.46	"
4 분	14.11	3.53	2.22	41.69	1.61	92.47	2.46	1.60	0.33	"
5 분	13.85	3.49	2.22	41.70	1.62	93.53	2.43	1.57	0.29	"
R	0.34	0.18	0.02	0.22	0.02	2.13	0.12	0.10	1.01	"

5. 자동제어의 input data

1) 석회석, 점토, 철광석의 화학성분

구분 성분	석회석	점 토	철광석
SiO ₂	8.79	59.04	20.29
Al ₂ O ₃	1.20	18.08	7.77
Fe ₂ O ₃	0.69	8.66	52.53
CaO	47.36	1.12	3.97
MgO	1.75	1.88	0.84
humidity	2	18	10

2) 각 원료계수의 set point

LSF = 94 SM = 2.4 IM = 1.4

3) weigh feeder의 한계값

Line 1 : 130 t/h Line 2 : 135 t/h Line 3 : 300 t/h

4) 각 계수 조정의 우선순위

석회석, 점토, 철광석(fly ash)의 원료사용시는 3종계수(LSF, SM, IM)을 모두 만족시킬 수 없으므로 program으로 그 우선순위를 LSF, SM순으로 결정하여 준다.

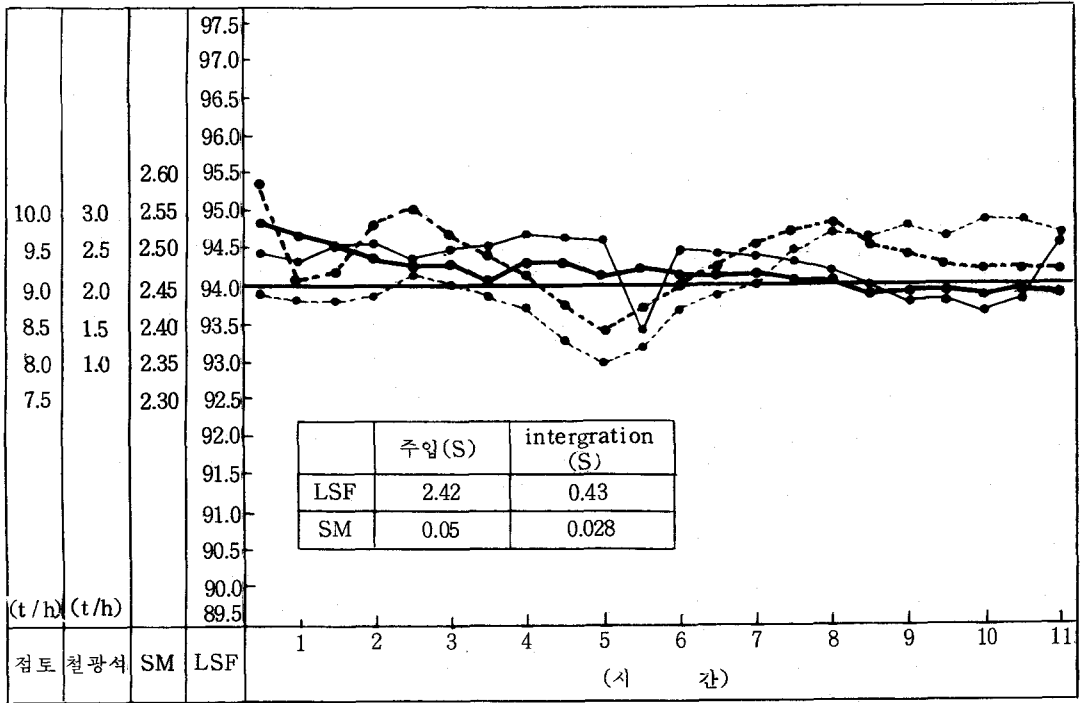
6. 원료조합방법

1) 관리목표 설정(LSF, SM, IM)

2) raw mill outlet에서 30분 동안 연속 sampling하여 mixer 기에서 혼합한

- 다.
- 3) sample mill에 도착한 시료를 3분 동안 분쇄(Alcohol 혼합)후 press 에서 6 Φ 압력으로 정제화시켜서 X-ray기에서 분석을 실시한다.
 - 4) sample 이 출발하여 분석제산후 현장에 feed back까지 소요시간 17분.
 - 5) 30분마다 분석하여 계수설정치(LSF=94, SM=2.4)에 맞게 raw mill 의 weigh-feeder 속도를 변경하여 silo 의 1 batch가 목표치에 도달되도록 한다.
 - 6) 1 batch에 대해 blending 후 분석치가 조정 range 내에 들었을 때 B.S에서 S.S로 인출.

● 자동제어의 예



7. 자동제어 전후의 차이 비교

● 표준편차의 비교

구분 \ Line 별		Line 1		Line 2		Line 3	
		수동	자동	수동	자동	수동	자동
batch 수		333	98	165	78	187	73
L S F	주 입 sample	12.28	2.90	9.28	2.61	8.51	2.52
	Feed- meal	1.41	1.15	1.36	0.82	1.47	0.92

8. 결 언

- 1) 경험에 의한 수동원료 조정보다 computer 에 의하여 원료조정하므로 보다 더 균 일한 원료와 공정의 안정화가 이루어졌다.
- 2) 시료 채취를 연속 sampling하므로 대표 시료를 얻을 수 있다.
- 3) computer 가 정확히 분석한 data를 계산하여 관리하므로 재혼합이 없어짐.
- 4) 인력이 자동제어가 수동의 반으로 운전하고 있음.
- 5) 주원료의 품위변화, hopper 내부와 weigh-feeder 에 이상(차단)이 적어야 자동 제어가 가능.
- 6) 자동화에 따른 maintenance 와 spare parts 확보에 어려움.