삼척공장 6,7호 Kiln Line의 설비개선

김용규, 정성남, 나영찬, 강문기*

<동양시멘트 삼척공장>

1. 개 요

에너지 비용이 제조 원가의 약 50%를 구성하고 있는 시멘트 산업은 국내 시멘트 업계의 총생산능력 대비 내수 규모가 1998년을 기점으로 크게 감소함에 따라 과거의 생산량 증대를 위한 설비 운영체계에서 최근에는 설비개선 및 자원의 재활용을 통한 원가절감 및 과감한 환경오염 방지시설 투자를 통한 친환경산업으로의 지속적인 전환 등을 요구하고 있다. 여기서는 삼척공장 6,7호 Kiln line의 설비개선을 통한 원가절감, 집진효율 개선 및 운전의 용이성 확보 사례를 소개코자 하였다.

6호 및 7호 Kiln line은 각각 '90, 93년에 프랑스 Polysius사에서 공급,설치된 설비로써 각각 1일 생산능력이 7,600 ton - clinker인 동일한 설비이다. 이 설비중 주요 개선 및 효과 내용은 다음과 같다.

① 6,7호 Kiln P/H 공정용 Air를 공급하는 175Hp Compressor의 고압 Head를 개조하고, Air by - pass line을 신설하여 주변 Compressor를 shut down 시킴으로써 전력비용 및 수선비용 절감

② Raw Mill E.P 1실 및 Precollector실의 Rapping System을 현재 chain 구동방식에서 air cylinder 구동 type으로 개조하여 cam tip 마모 및 구동 chain 절단으로 인한 배출 먼지 발생 방지

③ Cooler 전면부에 pusher를 설치하여 coating 제거시 manhole 개방에 따른 냉풍 유입으로 연와가 손상 되는 것을 방지하고, coating 제거시 안전사고 예방

2. 주요 설비 제원

설비명	Type	Specifications	Motor power (Kw)	비고
Raw Mill	V.R.M	6,100mm×2,900mm	4,250	560T/Hr
Preheater	A.S.(C/C)	6 - Stage×2 - String	1,700×2(IDF)	7,600T/D
Kiln	Rotary	Φ5.6m×87m_L	720×2	
Cooler	Grate	3 Stage, 4.86m_W×40.2m_L	450×2(IDF)	
Coal Mill	V.R.M	2,700mm×1,350mm	580	43T/Hr

3. 설비개선 사례

3.1. P/H 공정용 Air Line 개선

(1) 현상파악

가. Compressor 설치 및 구성

구분	모델명	Motor용량	토출압력 (Kg/㎠)	Air이론토출량 (㎥/min)	용 도	설치 대수
#6K P/H	J175DS	175HP	14	16.0	Air cannon Cyclone aeration	1
	J175DS	175HP	14	16.0	예비	1
	SC - 50	50HP	7	7.63	Precal simplex 제어용	1
	SC - 30	30HP	7	4.58	B/F 및 dosing 제어용	1
	NH - 10	10HP	7	1.27	Silo 제어용	2
#7K P/H	J175DS	175HP	14	16.0	Air cannon Cyclone aeration	1
	J175DS	175HP	14	16.0	예비	1
	J150DN	150HP	7	19.1	Precal simplex 제어용	1
	J75DN	75HP	7	9.8	B/F 및 dosing 제어용	1

나. 압축공기 사용량 현황

① 6호 Kiln P/H 압축공기 사용량

Compressor	사용처 및 용량	소요공기량 (㎥/min)	총소요 공기량 (㎥/min)
175Hp	Air Cannon : 0.06㎥/min×40기	2.4	18.6
	Cyclone Aeration : 0.5㎥/min×12기	6	
50Hp	Precal Simplex B/F 및 제어용	5	
30Hp	Poldos B/F 2기 및 Dosing B/F	2.2	
	Actuator, Air Cylinder	2	
10Hp	원료 Silo 제어용	1	

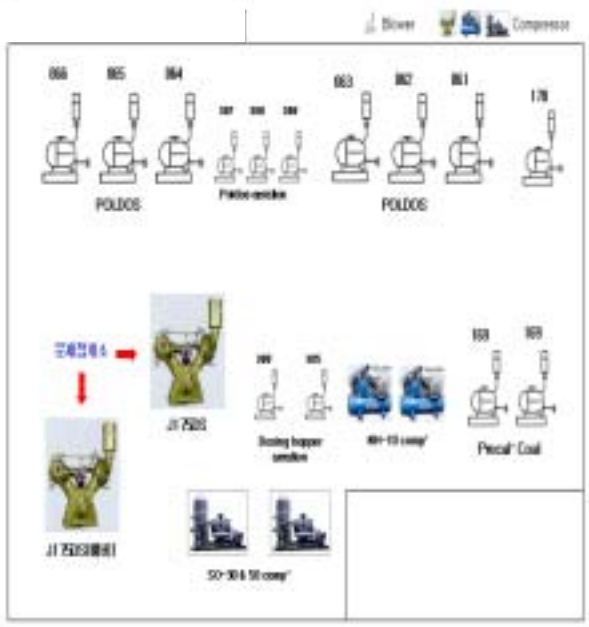
② 7호 Kiln P/H 압축공기 사용량

Comprssor	사용처 및 용량	소요공기량 (㎥/min)	총소요 공기량 (㎥/min)
175Hp	Air Cannon : 0.06㎥/min×40기	2.4	17.6
	Cyclone Aeration : 0.5㎥/min×12기	6	
150Hp	Precal Simplex B/F 및 제어용	5	
75Hp	Poldos B/F 2기 및 Dosing B/F	2.2	
	Actuator, Air Cylinder	2	

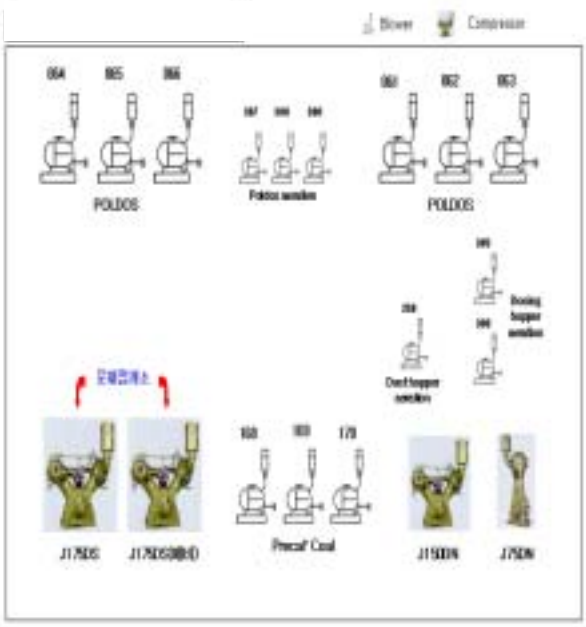
다. 문제점 및 개선방안

문 제 점	개 선 방 안
* 175Hp compressor 토출압력 : 14Kg/㎠ 1) 용도 : air cannon 및 chute aeration용 2) 실제사용압력 : 7Kg/㎠	* 175Hp 고압 Head를 사용압력에 부합하는 사양으로 개조
* 175Hp compressor의 잦은 trouble 발생 - 고압 2차 압축공기 발생시 부품 파손	* 고압측 air 압력을 사용압력에 맞게 7Kg/㎠로 낮춤.
* Compressor 압축공기 Line의 호환성 결여 - 설비와 compressor의 1대1 설치로 comp' 운휴시 air 공급 중단	* 기존의 receiver tank를 이용하여 by - pass line 신설

① 6,7Kiln P/H 하부 Compressor room lay - out



- 6호 Kiln P/H



- 7호 Kiln P/H

② 175Hp compressor 주요 overhaul 이력 (1998년부터)

Line	기 간	Overhaul 내역
#7K	1998. 04. 14 04. 24	Compressor 전체 교환/수리
#7K	1998. 05. 07	고압측 Head 교환
#6K	1998. 09. 25 11. 01	Compressor 전체 교환/수리
#6K	1999. 09. 17 09. 21	Compressor 전체 교환/수리
#6K	1999. 11. 12	저압측 Head 교환
#6K	2000. 05. 04	고압측 Head 교환
#6K	2000. 10. 20 10. 30	Compressor 전체 교환/수리
* Valve 및 Air cooler등의 교환은 생략함.		

(2) 개선내용

* 175Hp compressor 고압 Head 개조
  - 초기 설계의 검토 및 변경
  - ➢ 저압측 Head : 14½"는 변경없이 재사용
  - ➢ 고압측 Head : 사용압력 5 7Kg/㎠에 맞게 7" → 9¼"로 변경 설치
  - ➢ 변 경 근 거 : compressor 공급 업체 manual 참조

* 고압측 Head 개조전 · 후 사양 비교
  - ➢ Oil pump pressure setting : 3Kg/㎠
  - ➢ Discharge air pressure setting : 7Kg/㎠
  - ➢ Loading & unloading setting : 5Kg/㎠
  - ➢ 7Kg/㎠에서 unloading후 5Kg/㎠ loading

구 분	개 조 전	개 조 후
Model	J 175 DS	J 175 DN
Motor	132Kw	132Kw
토출압력	14Kg/㎠	7Kg/㎠
토출유량	16㎥/min	24㎥/min
Cylinder Size	14½" * 7"	14½" * 9¼"

* By - pass air line 설치
  - 6호 Kiln P/H line
    → 기존 50Hp & 30Hp comp' 토출 line에 175Hp comp' receiver tank부터 50A Pipe 연결
  - 7호 Kiln P/h line
    → 기존 150Hp & 75Hp comp' 토출 line에 175Hp comp' 토출 line 부터 150A Pipe 연결

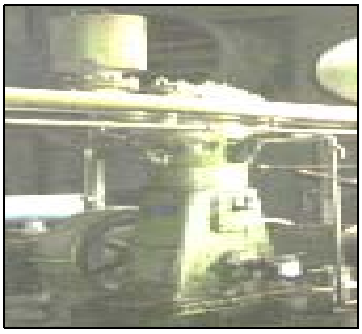
* 175Hp compressor 고압 Head 개조			
			
개조전 : 175Hp compressor 7” 고압 Head		개조후 : 175Hp compressor 9¼” 고압 Head	
* 각 Compressor By - pass line 설치			
			
6호 P/H By - Pass line 설치		7호 P/H By - Pass line 설치	

(3) 개선효과

가. 유형효과

① 주변 Compressor 운휴 및 전력비 절감

➢ 175Hp Compressor 토출유량 증가 (150% ↑)에 따른 주변 Compressor 가동중지

6K 설비 운휴			
	* 30Hp compressor	* 50Hp compressor	* 10Hp compressor 2기
7K 설비 운휴			
	* 75Hp compressor	* 150Hp compressor	

나. 무형효과

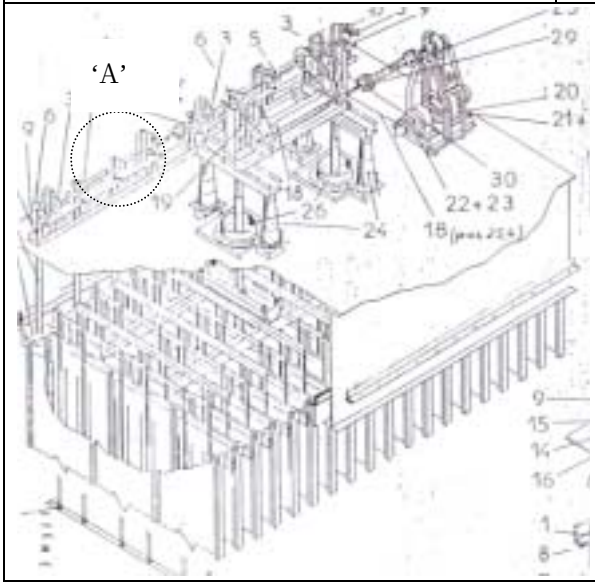
- 압축공기 공급 line 안정화로 Kiln 생산성 안정 : air 압력 min에 의한 kiln shut - down 방지
- 최적 운전으로 설비 보호

3.2. Raw Mill E.P Rapping System 개조

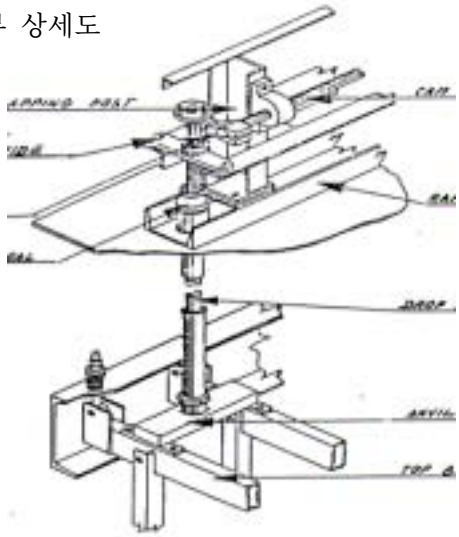
(1) 현상파악

가. 원료 Mill E.P 사양 (Lodge Cottrell type)

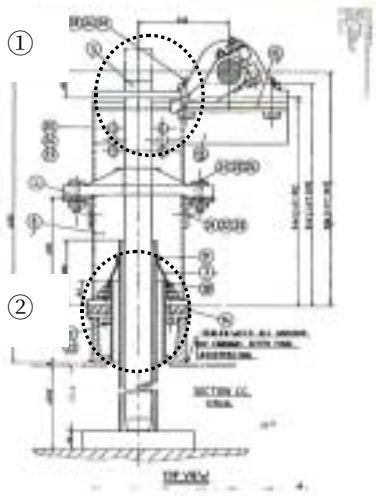
설 비 명	수 량	용량 및 규격
설 비 용 량	1	950,000 ㎥/H
Precollector Rapping Geared Motor	1	0.15Kw * 2.17RPM
Collector Rapping Gear (rph)	4	12rph,6rph,3rph,1rph
I.D.Fan	1	1,050,000 ㎥/H * 850mmAq
Motor	1	3,500Kw * 1180RPM



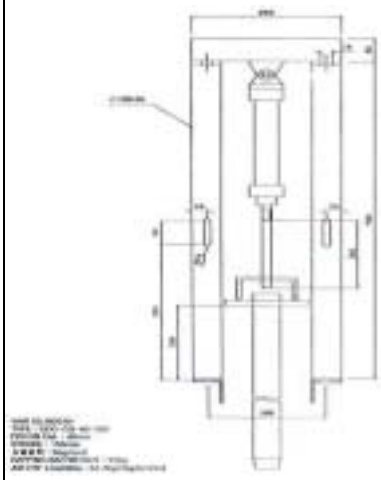
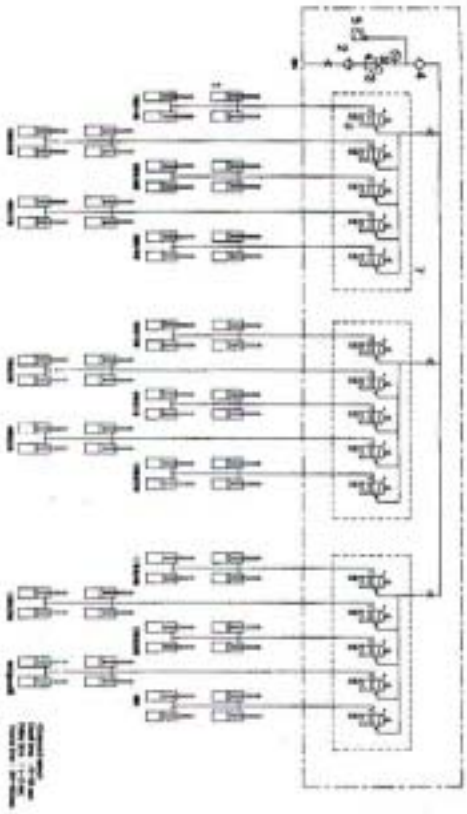
'A'부 상세도



나. 운전시 문제점 및 개선방안

문 제 점		개 선 방 안
	① 기계적 Trouble 발생 * Chain 탈락으로 인한 Rapping error 발생 * Cam tip 마모 및 rapping bar 파손 ② Rapping 효율 저하 * Cam tip 마모 및 rapping bar Guide 마찰로 타격력 감소	- Rapping 구동방법 변경 및 개조 - 기존 Cam에 의한 100mm stroke를 조정하여 타격력 향상

(2) 개선내용

	① Rapping 구동방법 변경 - 기존 Chain & Cam 구동방식 → Air cylinder type으로 개조 - Stroke 조정으로 타격력 강화 : 기존 100mm stroke → 150mm stroke로 조정
	② Air 공급용 Unit 구성 - Air cylinder : 52ea (5Kg/㎠, 150mm stroke) - Air filter : 1ea - Air regulator : 1ea - Air lubricator : 1ea - Pressure switch : 1ea - Solenoid valve : 15ea - Mainfold Block : 3ea - Control box : 1set - 급속배기 valve : 52ea 

(3) 개선효과

- 집진효율 향상 : Air cylinder 사용 및 stroke 증대로 정확한 타격력 유지
- 기계마모로 인한 효율 저하 방지 : Cam tip 및 chain 제거
- Rapping control 가능 : Cylinder 공급 air의 순서 및 time 조정이 가능하여 효과적인 Dust 제거로 환경오염원 배출 방지.

3.3 Cooler Coating 제거기 (Pusher) 설치

(1) 현상파악

가. Cooler 주요 설비 제원

설 비 명	규 격	수 량
Cooler	195.3㎡ 4,864mm_W × 40,170mm_L, 13실	1
I.D.F	12,500㎥/min * 150mmAq, 450Kw, 12p	2
Hydraulic Drive	Pump (Cylinder)	3 (6)
Clinker crusher	Φ1,450 × 4,914mm	1

나. 설비이력

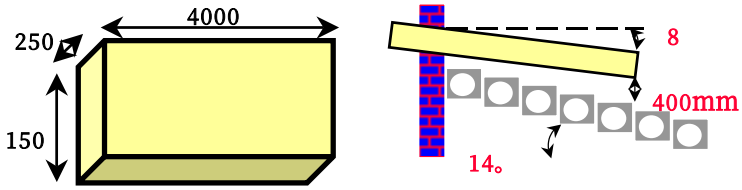
1실 Static grate type 개조	개 조 배 경
* 6K : 1990. 가동시(Grate Plate Type)→1996. 1실 개조 * 7K : 1993. 가동시(Grate Plate Type)→1997. 1실 개조	* 국부과열 방지 (Clinker입도 불균일) * Grate Plate 탈락방지 및 Cooler 열회수율 증대

다. Static cooler 문제점 및 개선방안

문 제 점	개 선 방 안
* Cooler 전면부 coating 누적으로 공정 불안정 * Coating 제거시 대맨홀 개방에 따른 냉풍 유입으로 coating 탈부착 심화 → 연와 손상 * 안전사고 발생 위험 내재	* Cooler 전면부에 coating을 제거할 수 있는 pusher를 설치.

(2) Pusher 설치

가. 설계 및 제원

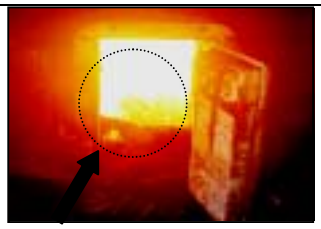
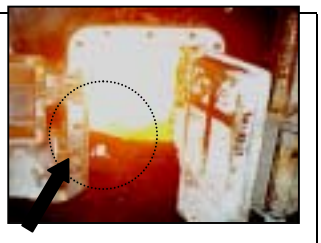
설치 item	설계 및 제원
Pusher Dimension 및 위치,각도	
Hydraulic cylinder	* 전진시 : 50ton 이상 →Piston경:180mm 이상 * 후진시 : 20ton 이상 →Rod경:150mm 이하 * F = P×A = 50.9ton (200Kg/㎠×(18㎝)^2×π/4) 

Pump	* 작동압력 : 200Kg/㎠ * 왕복시간 : 30초 이내 * Pump 사양 Q = 200 ℓ/min Type = Vane pump	
Hydraulic Unit	* 방향제어 valve * Stroke 제어:Proximity Switch * 압력제어 : Relief valve * 속도제어 : Throttle valve	

나. Pusher 시운전

구 분	6호 line	7호 line
설 치 기 간	2000.07.10 18	2000. 08. 01 10
시 운 전	2000. 07. 20	2000. 08 .12
작 동 시 간	전후진 13 초	전후진 13 초
작 동 압 력	100Kg/㎠	100Kg/㎠
Cylinder stroke	1,600mm	1,600mm

(3) 개선효과

* 유형효과 - Kiln내 냉풍 유입방지로 출구 연와 탈락 방지	 
* 무형효과 - Coating 제거를 위한 안전사고 발생 예방	

4. 결 과

6,7호 Kiln line에서의 설비개선 1) P/H 공정용 Air line 을 개조함으로써 전력비 및 수선비용을 절감하였고, 2) R/M E.P rapping system 개조로 배출 먼지 발생을 억제하였으며, 3) Static cooler coating 제거기(Pusher)를 설치하여 연와 손상방지 및 안전사고 예방의 좋은 결과를 도출하였다.