

#4.5號키른 改替工事小考

尹 錫 鉉

〈東洋시멘트(株) 三陟工場〉

1. 서 언

현 국내 각 시멘트 공장은 시멘트 품질에 대한 국내 수요자 의식수준의 향상과 점차로 치열해지는 국내 수출경쟁력 강화로 인해 소비시장의 구축을 위해서는 더 우수한 품질과 보다 많은 생산량 확보가 불가피하게 되었다.

그 결과, 국내의 많은 시멘트 공장이 기 노후화된 기존 설비를 현대화시키려는 의지로 이미 개체공사를 완료하고, 공정효율 증진작업에 박차를 가하고 있다. 이 취지에 부합하여 동양시멘트(주)도 1942년에 설치되어 생산성 및 에너지 효율면이 지극히 비경제적인 기존 LEPOL TYPE 2기(구 #4,5)를 COMPUTER CONTROL SYSTEM을 갖춘 PREPOL-AS TYPE 2기로 시설 개체하였다.

이에 따른 효과로는 생산량 증대(개체전 기당 : 820 T/D→개체후 : 2,300 T/D), 에너지 절감

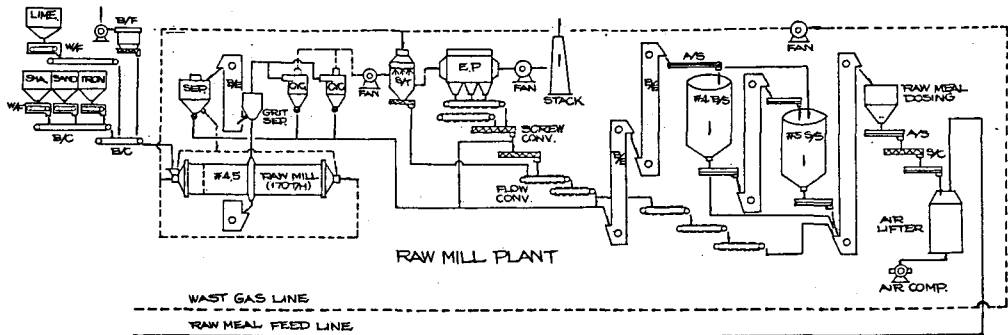
(개체전 : 1,050 Kcal/kg-cli → 770 Kcal/kg-cli) 및 품질 향상과 기타 인건비, 보수 자재비 절감 등을 들 수 있고 또한 현재 각 시멘트 공장에서 심각한 문제로 대두되고 있는 공해문제에도 대단히 큰 효과를 보았다.

본 소고에서는 약 2년(1983.12 ~ 1985.12)에 걸쳐 시설 개체 및 시운전을 성공적으로 끝마친 #4,5K의 개략적인 공사내용, 시운전시 대두되었던 제반 문제점과 그에 대한 해결방법, 그리고 향후 공정효율화작업의 추진방향에 대해 살펴보고자 한다.

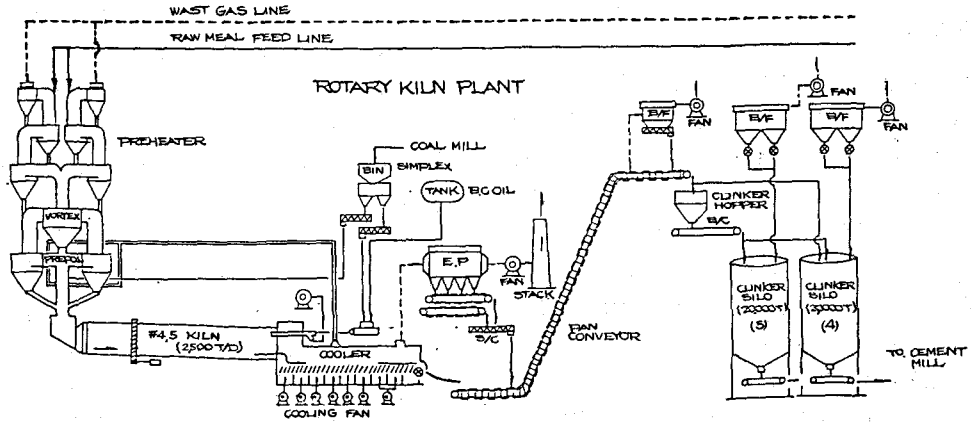
2. 공 사 개 요

1) PROCESS FLOW SHEET 및 주요시설 명세

#4,5K 개체 후, PROCESS FLOW-SHEET는 <그림 2-1, 2>와 같으며, 주요시설 명세는 <표 2-1>과 같다.



<그림 2-1> PROCESS FLOW-SHEET



< 그림 2-2 > PROCESS FLOW-SHEET

< 표 2-1 >

주요 기계 시설 명세

| EQUIPMENT | ITEM | SPEC |
|------------------|------------------------|---|
| 1. R/MILL | TYPE | Double Rotator |
| | DIMENSION | 4.40mφ × 14.25 mL |
| | CAPACITY | 170 T/H |
| | ROTATION SPEED | 15.4 RPM |
| | MAIN MOTOR | 3,150 kw × 1,200 RPM |
| 2. R/M E.P | CAPACITY | 330,000 Am ³ /H × 113°C |
| | DUST CONTENT (OUT LET) | 0.05 g/Nm ³ |
| 3. BLENDING SILO | TYPE | MULTI-FLOW |
| | CAPACITY | 11,500m ³ |
| | AERATION AREA | 103m ² |
| 4. KILN DOSING | TYPE | "POLDOS" System |
| | ACCURACY | ± 1 % |
| 5. PREHEATER | TYPE | DOPOL 2535 With PREPOL "AS" |
| 6. ROTARY KILN | DIMENSION | 4 mφ × 60 mL |
| | SLOPE | 3.5 % |
| | ROTATION SPEED | 3.5 RPM (MAX) |
| | MAIN MOTOR | 390 kw |
| 7. GRATE COOLER | No. OF DRIVES | 2 |
| | DIMENSION | 3.040 m ^W × 21.540 mL × 65.6m ² |
| 8. COOLER E.P | CAPACITY | 290,000Am ³ /H × 240°C |
| | DUST CONTENT | INLET : 5 ~ 25 g / Nm ³ |
| | | OUTLET : 0.05 g/Nm ³ |
| 9. COAL FIRING | TYPE | "SIMPLEX" SYSTEM |
| | CAPACITY | KILN : 10 T/H Pr/H : 8 T/H |

- PROCESS FLOW SHEET -

RAW MILL SYSTEM은 DOUBLE ROTATOR TYPE으로 MILL 1, 2실 LINER가 BOLTLESS TYPE이며 2실은 분급 LINER로 설치되어 있다. 사용원료는 석회석, SHALE, 철광석으로 각각의 WEIGH FEEDER에서 POLAB III에 의해 RATIO가 조성되고, MILL에 투입되는 일정량은 MILL SOUND와 BUCKET ELEVATOR 전류(kw)에 의해 자동 조절된다.

또한 MILL이 정지되었을시 SPRAY TOWER 및 E.P DUST는 FLOW CONVEYOR를 통해서 직접 원료 DOSING HOPPER로 공급된다.

SILO에서 BLENDING된 원료는 원료 DOSING HOPPER에서 일정한 LEVEL을 유지하기 위해 HOPPER LEVEL과 SILO 출구 DAMPER 사이에 CONTROL LOOP 되어 있다.

PREHEATER에 투입 원료는 AIR LIFTER에 의해서 수송되고 FEED 양은 AIR LIFTER BOTTOM 압력에 의해 조정된다.

이어서 키른 PLANT를 살펴보면 PREHEATER는 PREPOL-AS 5단 CYCLONE으로 1단 원료 슈트의 원료 온도는 약 840 ~ 860°C가 된다. ROTARY 키른은 4mφ × 60mL 크기로 설치되었고, CLINKER COOLER는 모두 8실로 되어 있으며 7개의 냉각 FAN에 의해 크링카를 냉각(대기온도 + 65 ~ 70°C)시키며 COOLER 구동 SYSTEM은 HYDRAULIC TYPE이다. 또한 COOLER CLINKER BED 높이는 2실 압력에 의해 조정되어진다.

FIRING SYSTEM은 SCHENCK사 제작품인 SIMPLEX SYSTEM을 도입, 운전 중에 있다.

2) 공사 스케줄

4, 5K 개체 공사의 개략적인 스케줄을 살펴보면 1983년 12월 10일에 건설본부가 발족되고, # 4 KILN은 1984년 1월 7일, # 5 KILN은 동년 1월 10일에 운휴해서 개체공사를 착수하였다. 주요 공사내용을 보면 개체공사

후 석탄량 증가에 대비해서 100T/H 원료 MILL을 40T/H 석탄 MILL로 약 1개월에 걸쳐 개조하였고, 기존 # 4, 5 라인은 1월 중순부터 철거하기 시작, 4개월 반만에 마무리 되었으며, 설치 공사는 토건 공사를 필두로 4월 초부터 시작해서 약 16개월만에 100% 공정을 모두 끝마쳤다. 또한 각 기계의 No LOAD TEST는 설치된 기계순으로 85년 6월 초 기계를 모타와 분리, 연결 TEST하고 C.C.P에서 POLTAKT-PC를 통한 운전을 약 2개월에 걸쳐 마무리 되었으며 # 4 RAW MILL LOAD TEST는 석탄 라인 HOT GAS를 이용해서 85년 8월 13일 STEEL BALL 50%를 투입하고 LOAD TEST에 들어갔다. 또한 # 4K는 9월 1일, # 5K는 10월 1일에 각각 CLINKER 생산에 들어갔으며 # 4, 5K 공히 PERFORMANCE TEST는 12월 중순까지 모두 마쳤다. 위의 모든 사항을 간략하게 도표화하면 <표 2-2>와 같다.

3. COMPUTER CONTROL SYSTEM

4, 5 키른 LINE은 COMPUTER를 이용한 자동제어 SYSTEM을 갖추고 있으며, 여기에는 공정 관리용 POLCID-C와 공정 제어용 POLTAKT-PC, 그리고 X-RAY를 이용한 분석 및 제어용 POLAB-III로 구성되어 있다. 여기서는 CONTROL SYSTEM의 전반적인 구성 및 기능에 대해 살펴보기로 한다.

1) POLCID-C

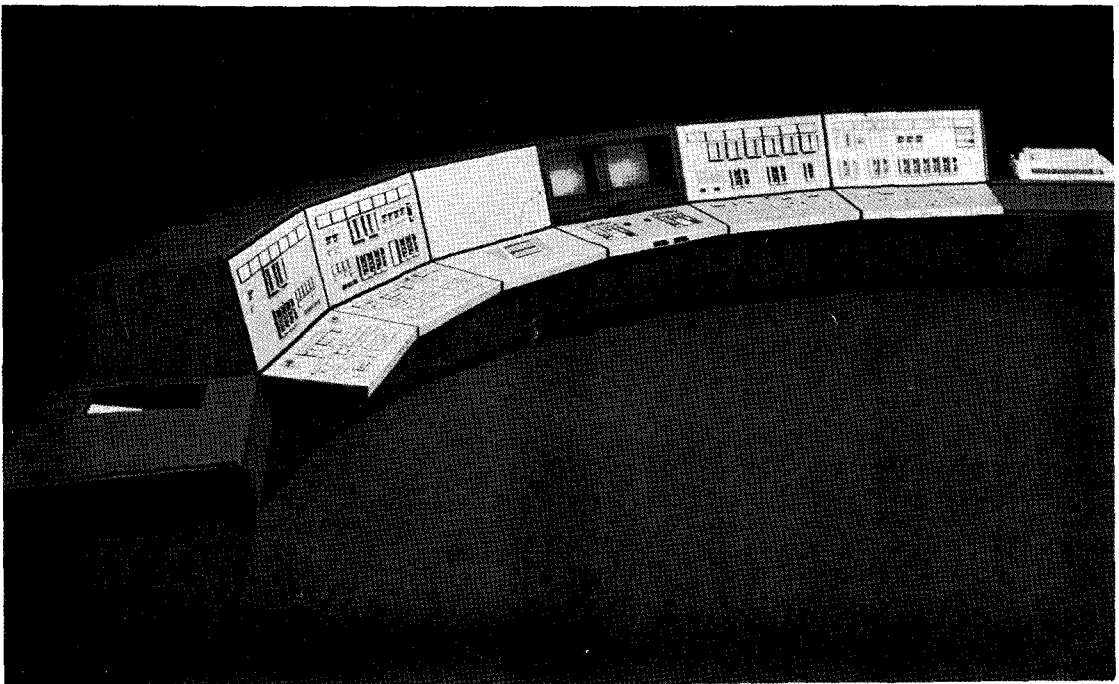
POLCID-C는 MAIN FIELD, BACK-UP FIELD, DOCUMENTATION FIELDO로 구성되어 있고, 이들의 부분별 구성 및 기능은 다음과 같다.

① MAIN FIELD; 칼라 T.V MONITOR와 KEY BOARD를 갖추고 있고 공정상태를 알 수 있는 공정흐름도 및 각종 측정자료가 나타나며, 고장 메시지에 대한 정보를 운전자에게 알린다. 또한 각 시간, 월일별 DATA 기록을 통제처리하고 운전경향을 모니터를 통해 신속히

4.5 K 改替공사 SCHEDULE

< 표 2-2 >

| 공 사 명 | '83 | '84 | | | | | | | | | | | | '85 | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 1. # 4 R/M을 석회밀 개조 | /// | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. # 4,5 K 철거 | | /// | /// | /// | /// | /// | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. # 4,5 K 설치 | | | | | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | /// | | | | | |
| 4. No. LOAD TEST (POLTAKT 운전포함) | | | | | | | | | | | | | | | | | | /// | /// | /// | | | | | | |
| 5. R/M LOAD TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | /// | /// | /// | /// | /// | /// |
| 6. #4 KILN LOAD TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | /// | /// | /// | /// | /// |
| 7. #5 KILN LOAD TEST | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | /// | /// |



- ① : MAIN FIELD ② : BACK-UP FIELD
- ③ : DOCUMENTATION FIELD

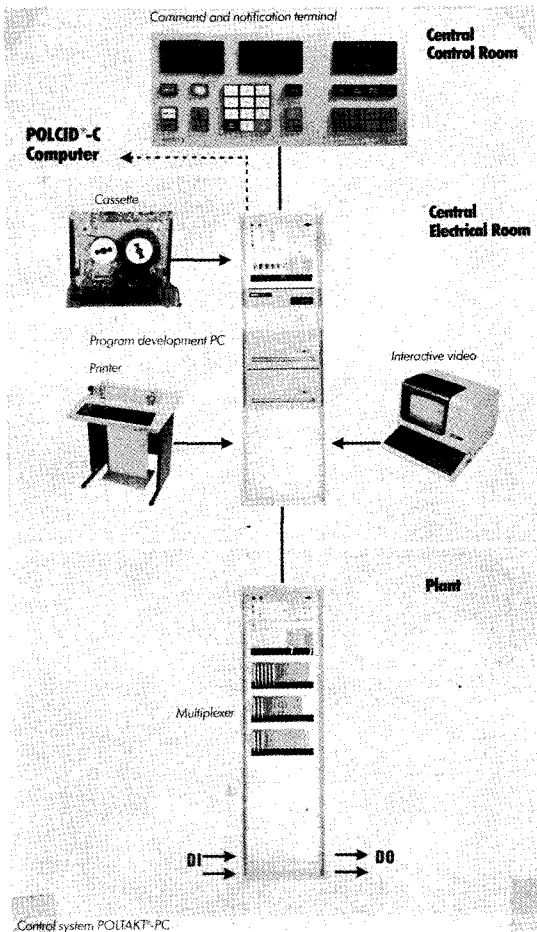
< 그림 3-1 > POLCID®-C

POLYSIUS - Computer - Integrated - Desk - Color

운전자에게 알려주며, 전반적인 GROUP의 ON/OFF를 통한 공정개입이 가능하다.

② BACK-UP FIELD; 전광판, RECORDER, CONTROLLER, INDICATOR 및 각종 전류계, 전압계, 전력계로 구성되어 있고, 각종 측정자료의 연속적인 기록 및 전류, 전압, 전력을 통한 공정상태 파악이 가능하며 또한 전반적 공정개입 및 조정기능을 갖추고 있다.

③ DOCUMENTATION FIELD; PRINTER와 HARD COPY기로 구성되어 고장 메시지 및 운전자료를 출력시켜 장기 데이터 보관이 가능하고, T.V 모니터 내용을 복사하는 기능을 가지고 있다.



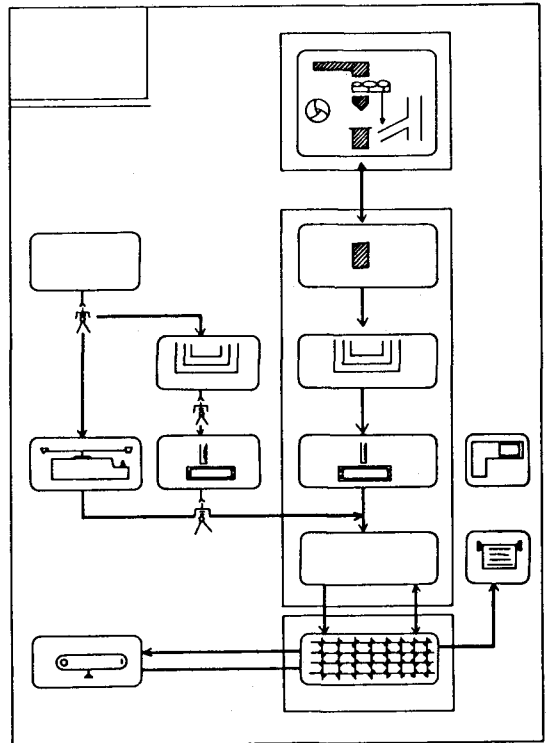
<그림 3-2> POLTAKT-PC

2) POLTAKT - PC

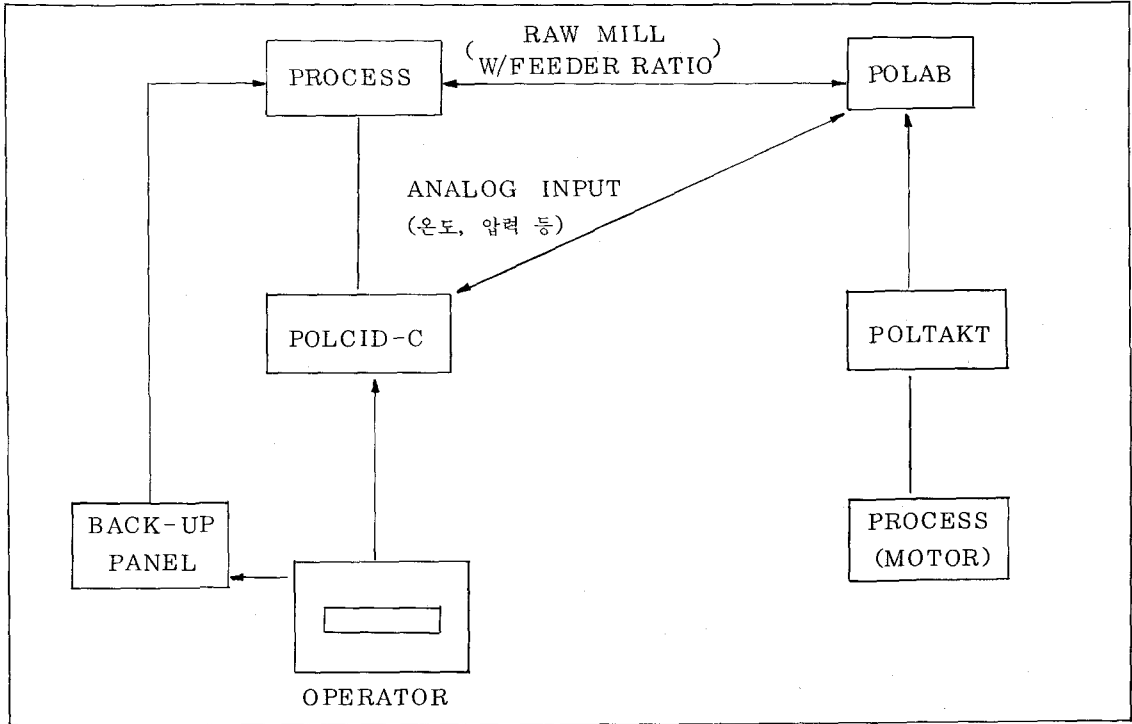
POLCID-C 고장시 수동 MODE로 운전할 수 있는 BACK-UP KEY BOARD와, POLCID-C와 BACK-UP KEY BOARD로부터의 운전명령과 각 라인의 운전상황을 종합하여 구동 UNIT에 적절한 운전상황을 출력시키는 POLTAKT-PC, 그리고 운전상태를 주기적으로 감시하여 PC에 보고하는 I/O MULTIPLEXER로 구성되어 있고, 단위 PLANT PROCESS 구동 UNIT의 SEQUENCE 제어(Start/Stop) 및 감시기능을 갖고 있다.

3) POLAB III

이 SYSTEM은 SAMPLING 및 DISPATCH SYSTEM, RECEIVING 및 PREPARATION SYSTEM, X-RAY, 그리고(PDP11/23) COMPUTER로 구성되어 있고 원료성분의 조성을 위한 각 원료 WEIGH FEEDER RATIO 조정



<그림 3-3> POLAB III SYSTEM의 구성



< 그림 3-4 > POLCID-C, POLTAKT-PC 및 POLAB III 연결도

및 수동 샘플의 분석을 X-RAY를 통해 할 수 있는 기능이 있다.

이와같은 3가지 COMPUTER CONTROL SYSTEM의 상호관계를 살펴보면 각 공정은 <그림 3-4>와 같다.

4 시 운 전

1) 현 황

4.5K 시운전은 1985년 6월 중순 POL-TAKT No-LOAD TEST를 시작, 1985년 12월 31일 PERFORMANCE TEST까지 6개월만에 성공적으로 끝마쳤으며 그 내용을 간단히 요약하면 <표 4-1>과 같다.

2) 시운전시 문제점 및 조치사항

시운전시 문제점에 대해 간단히 살펴보면 먼저 전기적인 문제점으로 각종 SENSOR들의 오동작 및 POLTAKT-PC의 작은 운휴였다. 이것의 원인으로는 다량의 I.C사용, 외부의 NOISE 및 DUST 유입 등을 들 수 있고, 기계적인 문제점으로는 원료밀의 경우 MAIN 감속기 2단 PINION 치차(齒車)의 PITTING으로 그 원인은 2단 PINION의 표면 열처리 두께가 불충분했고, 부적합한 윤활유를 사용한 것으로 평가되었다. 또한 시운전시 가장 큰 운전상의 문제점으로는 석탄공급계량장치인 SIMPLEX의 탄공급조정 불균일로 석탄 불완전연소로 인한 잦은

과학기술 발전시켜 복지국가 이룩하자

시운전 SCHEDULE

〈표 4-1〉

| 구 분 | | LINE | 4 호 | 5 호 |
|-----------|---------------------------|------|---------------------|---------------------|
| 시 운 전 기 간 | | | '85. 6. 20 ~ 12. 18 | '85. 8. 10 ~ 12. 31 |
| 1 | 전기 TEST | | 6. 20 ~ 8. 28 | 6. 25 ~ 9. 30 |
| 2 | RAW MILL LOAD TEST | | 8. 13 ~ 10. 31 | 10. 21 ~ 12. 31 |
| 3 | HEAT-UP | | 8. 20 ~ 8. 31 | 9. 19 ~ 9. 30 |
| 4 | KILN 운전개시 (CLINKER 생산) | | 9. 1 | 10. 1 |
| 5 | PERFORMANCE TEST | | 9. 1 ~ 12. 18 | 10. 1 ~ 12. 31 |

키른 운휴와 RAW/MILL E.P 차단을 초래함으로써 공해문제까지 야기시켰다. 이것의 원인으로는 미분탄 내의 부착수분 과다와 미분탄내에 함유된 공기를 충분히 DEAERATION시키지 못한 데 있었으며 이를 해결키 위해 DEAERATION 효과를 올려주고, 저장 HOPPER, 계량 HOPPER 표면을 보온함으로써 응축수 방지를 꾀하였다.

5. 공정 효율화

이상과 같이 시운전시 발생하였던 전기적, 기계적, 운전상의 모든 제반 문제점을 해결하고 12월말경 PERFORMANCE TEST를 마친 후 1986년 초부터 현재까지는 공정효율화 작업에 박차를 가하고 있다.

시운전시 GUARANTEE PERFORMANCE TEST시의 열량원단위는 825 kcal/kg-cli였으나, 현재는 약 770 kcal/kg-cli이며 크링카 생산량은 2,450 TON 수준에서 현재는 약 2,650 TON을 유지하고 있다.

공정 개선후의 PROCESS BALANCE 및

HEAT BALANCE

〈표 5-1〉

1) INPUT

- 연료의 연소열 : 779.00 kcal/kg-cli
- 연료의 흡 열 : 0.92 "
- 원료의 흡 열 : 16.56 "
- 공기의 흡 열 : -5.33 "

TOTAL : 791.15 kcal/kg-cli

2) OUTPUT

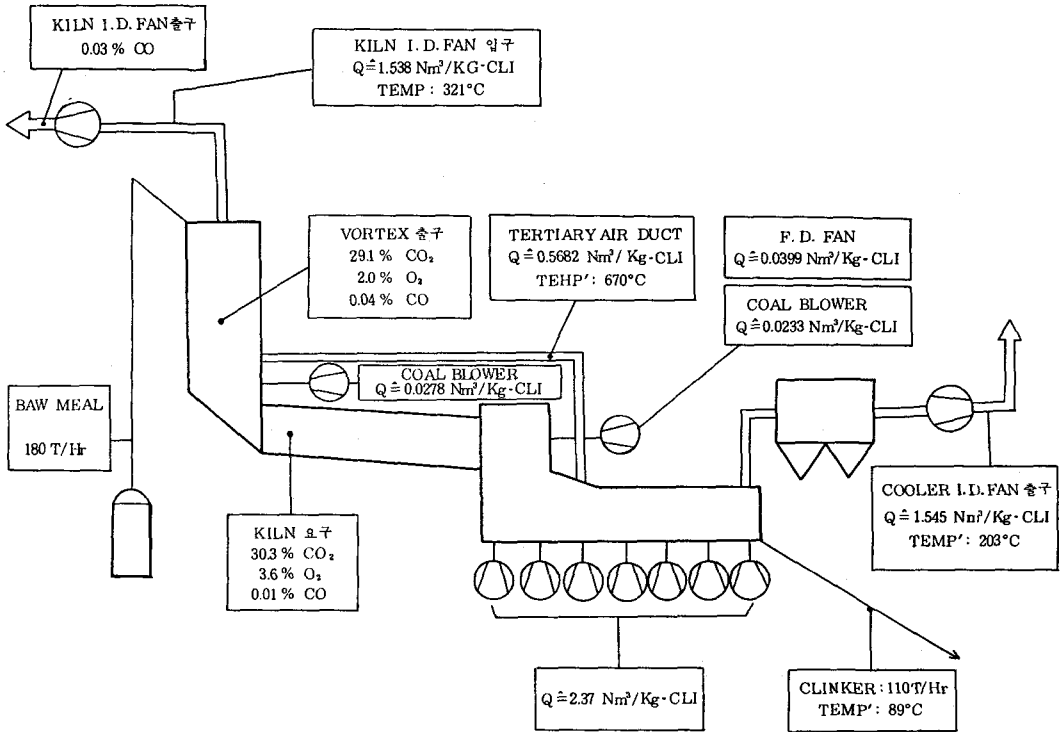
- CLINKER 소성용열 : 422.90 kcal/kg-cli
- 원료부착수분 증발열 : 1.92 "
- P/H 배가스 흡열 : 153.54 "
- CLINKER 흡열 : 15.10 "
- COOLER 배가스 : 88.52 "
- 복사 및 기타 열손실 : 109.17 "

TOTAL : 791.15 kcal/kg-cli

HEAT BALANCE를 살펴보면 각각 〈그림 5-1〉, 〈표 5-1〉과 같다.

향후, 보다 낮은 원단위 및 크링카 품질향상을 위해서 채택한 공정효율화 방안은 다음과 같

내가아닌 에 너 지 선진조국 앞당긴다



다.

첫째, 원료 밀부분에서 원료 212 μm 잔사 0.5 ~ 1.5 %을 계속 유지하고 KILN 내에서의 크링카 품질과의 상관관계를 면밀히 검토한 후 전력원단위 및 에너지 원단위의 최적정선을 구한다. 이때 원료밀의 조정변수로는 AIR BALANCE 적정화 STEEL BALL 배열 검토, AIR SEPARATOR 효율증진 등을 들 수 있다.

또한, 키른내에 투입되는 요입원료성분의 균일화를 위해 POLAB III를 더욱 심층 연구하며, BLENDING 효율을 향상시킨다. 두번째로 키른 부분에서는 PREHEATER 효율을 증대시키기 위해 원료 분산판의 각도를 변경시키고, PRE-CALCINER BURNER 개조 및 원료 CHUTE FLAP DAMPER의 위치를 적절히 선정해 설치하는 것 등이다. 또한 MAIN BURNER에서의 FLAME을 최대한 짧게하여 운전하고, 키른내부 약 30 ~ 40 MT (키른 출구로부터)사이의 RING 형성을 방지하기 위해 ALKALI 및

SO₃에 대한 COATING 형성 MECHANISH 연구를 계속해 나가는 것 등을 들 수 있다.

6. 결론 및 소감

4, 5 키른 개체공사의 시설개체 및 시운전은 상당히 짧은 기간내에 소기의 목적을 달성한 것으로 보고 있다.

생산량면에서는 계약치인 2,300 T/D를 초과, 2,650 T/D 를 현재 유지중이며, 열량원단위는 현재 770 kcal/kg-cli 수준을 유지하고 있는 품질면에서도 거의 안정선에 들어온 것으로 보고 있다.

그러나, 동양시멘트(주)는 보다 튼튼한 경쟁력을 갖기 위해서 현재까지 운전경험을 토대로 향후 여러가지 지혜를 모아 크링카 품질을 다중화 및 고급화하고 생산량은 2,700 T/D, 열량원단위는 7,000 kcal/kg-cli 목표로 계속 증진할 것이다.