

# 예비분쇄공정 설비개선으로 생산효율 향상

배종기\* · 박상필 · 윤갑용 · 이종훈

<동양시멘트>

## I. 배경

에너지 다소비 산업인 시멘트 제조산업은 다양한 기술개발을 통한 설비 및 운전방법의 개선으로 생산성 향상은 물론 열 및 동력에너지 절감을 다각적으로 추진해 오고 있다.

특히 국내에서는 외환위기 이후 기존의 양적 성장개념에서 원가절감을 통한 수익구조 개선을 위한 질적 성장개념으로 급격히 방향이 전환됨으로써 에너지 절감에 대한 요구는 더욱 커지고 있다.

시멘트 산업의 수요감소로 인해 고효율 설비위주의 설비운영, 생산성 향상 및 운휴발생 최소화를 통한 에너지 원단위 절감 노력도 질적 성장개념의 한 축이라고 볼 수 있다.

당사도 생산성 향상, 열 및 에너지 절감을 위하여 많은 노력을 기울여 왔으며, 그 중에 시멘트밀의 공정개선을 통한 원단위 절감 및 설비가동효율 향상을 이룬 사례를 소개하고자 한다.

본 개선사례는 삼척공장에서 운영되고 있는 총 6기의 시멘트 분쇄공정 중 2,3,4호기 시멘트 분쇄공정의 원단위 절감 및 설비가동효율 향상을 위하여 실시한 공정개선 결과이다.

## II. 요약

2,3,4호 시멘트밀은 기존의 Tube Mill 단독의 시멘트 분쇄 밀에 예비분쇄기(이하 "Polycom", Polysius

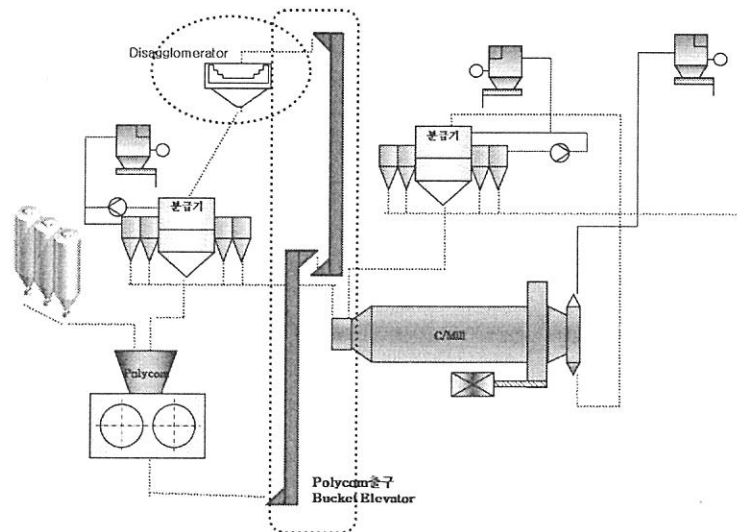


Fig. 1. 2,3,4호 시멘트밀 공정도

1992년 공급)를 설치,합리화하여 운영되고 있는 Combi grinding type의 시멘트밀 이다. 생산능력은 일 생산성 4,800T/D, Blaine 3,200cm<sup>2</sup>/g 품질로 설계되었다. 금번 공정개선 부문인 예비분쇄공정의 Polycom 출구 Bucket Elevator(이하 “B/E”) 및 Disagglomerator(이하 “DISA”)로 위치는 Fig.1과 같다.

Polycom 출구 B/E 및 DISA는 Polycom에서 분쇄된 원료를 분급기로 이송 및 cake 상태의 원료를 파쇄하는 설비이다. 상기 설비는 시멘트밀 공정에서 반드시 필요한 설비이나

- 잦은 고장에 따른 설비 가동을 저하
- 순환량 증가시 제한운전에 따른 생산효율저하를 일으키는 주된 설비로써 원단위 절감 및 설비 가동효율 향상을 위하여 개선이 불가피한 설비임

### III. 개조내용 및 효과

#### 1. DISA 대체설비 설치

- 1) DISA는 2기의 고용량 motor(132kW\*2기)에 의해 회전하는 rotor 내부의 분배원판에서 3방향으로 원료를 배출, 분산시켜 rotor 외벽 casing에 설치된 충격판에 의해 원료를 파쇄하는 설비로써 Polycom에서 압착, 분쇄된 cake 상태의 원료를 파쇄하여 분급기에서의 분급효율을 높이는 역할을 함

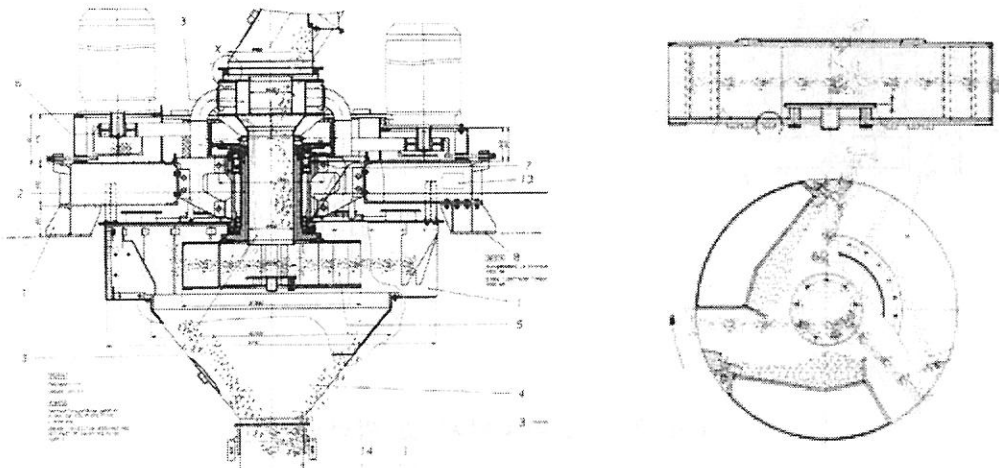


Fig. 2. DISA 원료 파쇄과정

- 2) 그러나 DISA는 잦은 설비고장으로 인해 운휴발생 증가, 생산효율 저하 및 전력원단위 상승의 원인이 됨(Table. 1)

- v belt 절단
- 철물, 코팅걸림에 의한 막힘
- DISA motor bearing 온도 상승 및 파손
- 충격바 마모에 의한 파쇄효율 저하 및 수선비용 상승

Table. 1. 2,3,4호 시멘트밀 DISA 미가동 직전 3개년 운휴실적

구 분	운 휴 횟 수(회/년)			
	2호 시멘트밀	3호 시멘트밀	4호 시멘트밀	계
전 체	97회	116회	91회	304회
DISA운휴 (비 율)	11회 (11%)	17회 (15%)	12회 (13%)	40회 (13%)

- 3) 설비고장을 감소, 생산효율 향상 및 전력원단위 감소를 위하여 기존의 cake 파쇄설비인 DISA 가동을 중지하고 대체설비인 Fig. 3과 같이 Impact Crusher(이하 "I/C")를 분급기 입구슈트에 설치함을 개조 당시(2001년) DISA는 그대로 두고 I/C를 DISA 하부에 설치, 운전하였으며, (DISA 분배판 바닥을 절개후 원료가 통과 되도록 함) 이후 B/E 통합공사시(2007~2008년) DISA를 철거함
- 4) DISA 가동시, 미가동시 및 I/C 가동시 cake 파쇄효율을 알아보기 위하여 cake 파쇄기 입출구(cake 파쇄기 입구 및 분급기 입구) 시료를 sample 입도분포를 측정하였다.  
DISA 가동시와 가동중단후 DISA 입구 및 분급기 입구에서의 입도분포를 보면(Fig. 4) DISA의 cake 파쇄효과를 보여주고 있으며, 또한 DISA의 대체설비인 I/C 가동시에도 DISA 가동시와 유사한 효과를 나타내고 있음이 확인 되었다.

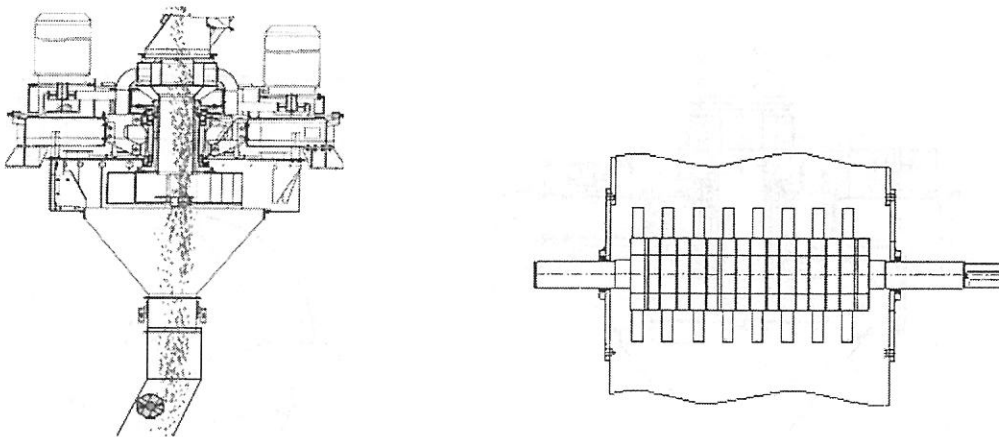
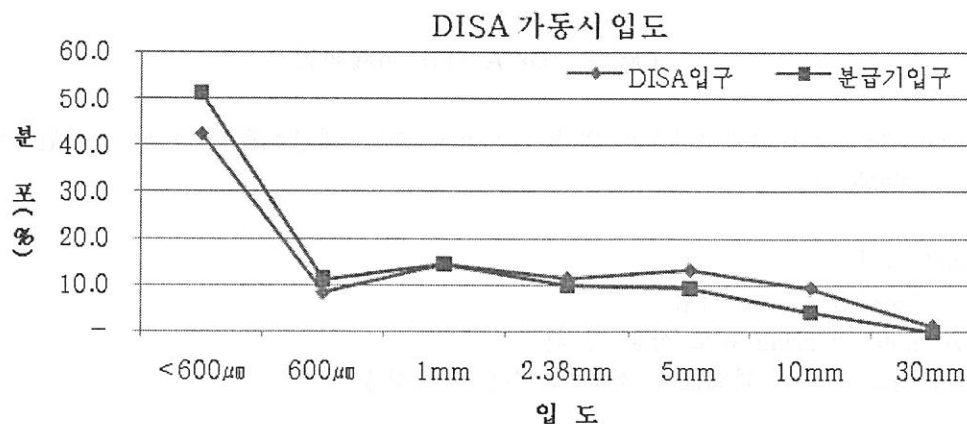


Fig. 3. I/C 설치위치 및 외형도



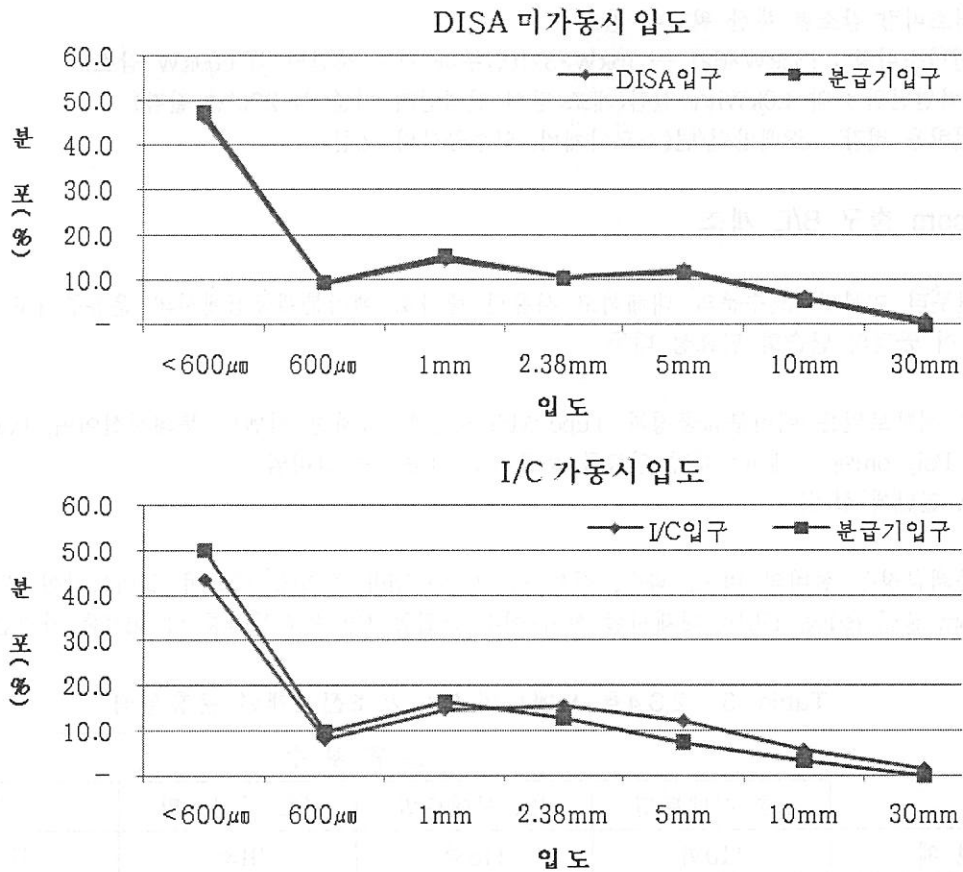


Fig. 4. cake 파쇄기 입출구에서의 입도분포

5) Table 2는 DISA 가동시와 I/C 가동시 동일 품질조건에서 전력원단위 실적을 나타내고 보여 주고 있다.

Table. 2. DISA Vs I/C 설비별 전력원단위 실적비교

설비명	전력원단위(kWh/t cement)		
	DISA 가동시	I/C 가동시	차이
2호 시멘트밀	32.6	31.4	1.2
3호 시멘트밀	31.9	30.9	1.0
4호 시멘트밀	33.0	32.1	0.9

상기 data는 DISA 대체설치 운전 전후 1개월간 24hr 운전시 실적자료이며, DISA 대체설치 운전으로 동일한 품질조건(분말도)에서 전력원단위가 약 1.0kWh/t 감소하여 전력원단위 절감효과가 크게 나타나는 효과를 보였다.

5) 개선효과

- 운휴 감소 및 공정안정
  - 약 13%(약 13~14회/년) 비중을 차지하던 DISA로 인한 운휴를 대체설비 설치로 거의 발생하지 않음
  - 생산 loss 감소 및 공정안정

- 전력소비량 감소를 통한 원단위 감소
  - 전력소비량 : 132kW×6기 → 15kW×3기(실부하 기준 시간당 약 609kW 감소)
  - 전력원단위 : 약 1.0kWh/t 절감(개조 당시 전력단가 기준 약 2억/년 절감)
- 수선비용 절감 : 68백만원/년(소모자재비, 외주공사비 포함)

## 2. Polycom 출구 B/E 개조

- 1) 2000년부터 미분말, 高수분의 대체석고 사용량 증가로 예비분쇄공정에서의 운휴증가로 생산효율이 저하되어 공정의 단순화 필요성 대두
- 2) 2,3,4호 시멘트밀은 예비분쇄공정과 Tube Mill 공정이 합쳐진 시멘트 분쇄시설이며, Polycom 출구 B/E는 Polycom에서 예비분쇄된 원료를 분급기로 이송하는 설비임.  
(DISA 전단에 설치)
- 3) 예비분쇄공정은 설비의 마모, 파손, 적분 등 Tube Mill 공정에 비하여 설비고장이 많으며, 특히, Polycom 출구 B/E는 DISA 대체시설 설치 이후 단위공정당 운휴실적중 약 36%를 차지함.(Table. 3)

Table. 3. 2,3,4호 시멘트밀 B/E 개조전 3개년 운휴실적

구 분	운 휴 횟 수			
	2호 시멘트밀	3호 시멘트밀	4호 시멘트밀	계
전 체	110회	115회	91회	316회
B/E운휴 (비 율)	42회 (38%)	40회 (35%)	31회 (34%)	113회 (36%)

또한 대체석고의 사용량 증가에 따른 B/E 입출部에서의 막힘현상, 비산분진에 의해 생산효율을 저하시키는 주된 설비였음.

- B/E bucket 및 chain 파손
  - 낙구슈트 적분
  - 구동 motor & reducer 고장
  - bucket 상하부 wheel 파손
  - B/E 내부순환량(역송량) 과다에 의한 motor 부하상승 및 분진발생 (제한운전 → 생산성 감소)
- 4) 설비고장을 감소, 생산효율 향상 및 전력원단위 감소를 위하여 2기의 B/E(21.8m×2기)를 37m 높이 1기로 통합하고, chain 1m당 bucket 취부수량을 1.34EA에서 2EA 부착할 수 있도록 chain 규격 및 재질을 변경하여 용량증대 및 B/E내 원료이송 과정중 역송에 의한 부하상승을 줄이는 효과를 꾀하고자 하였다.  
통합 B/E는 1기의 motor로 각각 구동하는 single 구동방식에서 개선후 2기의 motor로 구동하는 twin 구동방식으로 설치함(Table. 4)

Table. 4. Polycom 출구 B/E 개조전후 비교

구 분		개 조 전	개 조 후
B/E	Motor(kW)	110(2기) Single 구동방식	110(2기) Twin 구동방식
	높 이(m)	1,2단: 각 21.8	37
	용 량(t/hr)	600	750
	속 도(m/min)	84.4	84.4
Chain	파단강도(kgf)	106,000	155,000
	최대장력(kgf)	8,198	18,283
Bucket	취부간격(mm)	750	500
	수 량(EA)	132	158

주) B/E 통합공사 시행시기 : 3호 시멘트밀(07년 7월), 2호 시멘트밀(08년 3월), 4호 시멘트밀(08년 4월)

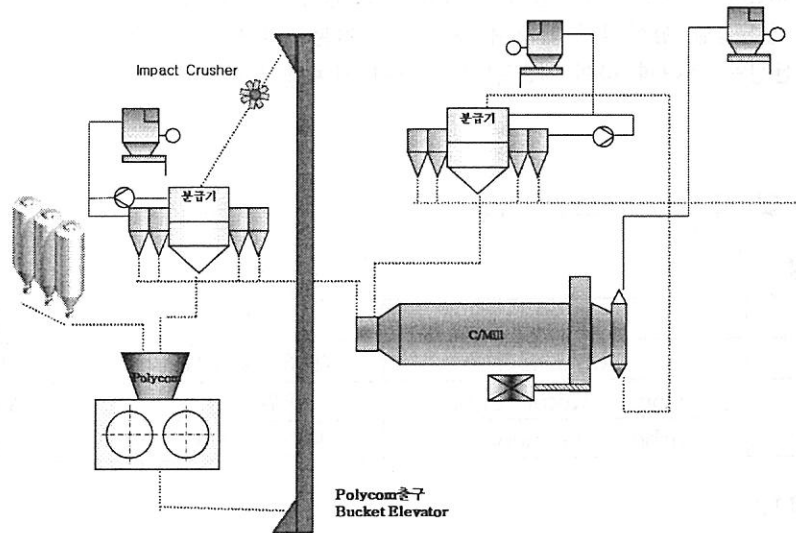


Fig. 5. Polycom 출구 B/E 통합 공사후 공정도

6) 개선효과

- 운휴 감소 및 공정안정
  - 약 36%(약 37~38회/년) 비중을 차지하던 Polycom 출구 B/E로 인한 운휴를 통합 개조로 전체 운휴 횟수 중 약 15%, 10회/년으로 줄여 가동을 증가와 공정안정을 꾀할 수 있었음
- 전력소비량 감소를 통한 원단위 감소(단위 설비당 기준)
  - 전력소비량 : B/E 1기당 110kW 1기(총 2기) single type
    - 동일 motor 사용 twin type이나 운전부하를 감소하여 전력소비량을 감소 (motor 운전부하 140→115Amp') (실부하 기준 설비당 약 38kWh 감소)
  - 전력원단위 : 약 0.2kWh/t 절감(개조 당시 전력단가 기준 약 3천5백만원/년 절감)
- 수선비용 절감 : 단위 설비당 21백만원/년(소모자재비, 외주공사비 포함)