

Raw mill duct 개조로 전력절감

김동훈* · 이창현 · 박영수 · 강규병 · 이충기

<라파즈한라시멘트>

1. 서 론

시멘트 제조공정에서 관리되고 있는 주요 factor 중의 하나가 전력원단위이며 이는 시멘트 제조원가에도 많은 비중을 차지하고 있다. 그리고 최근의 에너지 비용의 상승에 따른 전력단가의 인상으로 인해 시멘트 제조원가에 대한 압박이 가중되고 있는 것이 시멘트 업계의 공통된 현실로 대두되고 있다.

당사는 전력원단위 절감을 위해 false air를 줄이거나 설비투자 및 개조를 실시하는 등의 많은 노력을 기울이고 있으며, 그 중 최근에 실시를 완료한 3호 Raw mill duct line 개조를 통한 전력원단위 절감 사례를 간략히 소개한다.

2. 본 론

2-1 배경

먼저 본 No.3 Raw mill duct line개조작업을 위해 검토되었던 다른 line의 공정 diagram을 간단히 살펴보면, Fig.1과 같이 나타낼 수 있다.

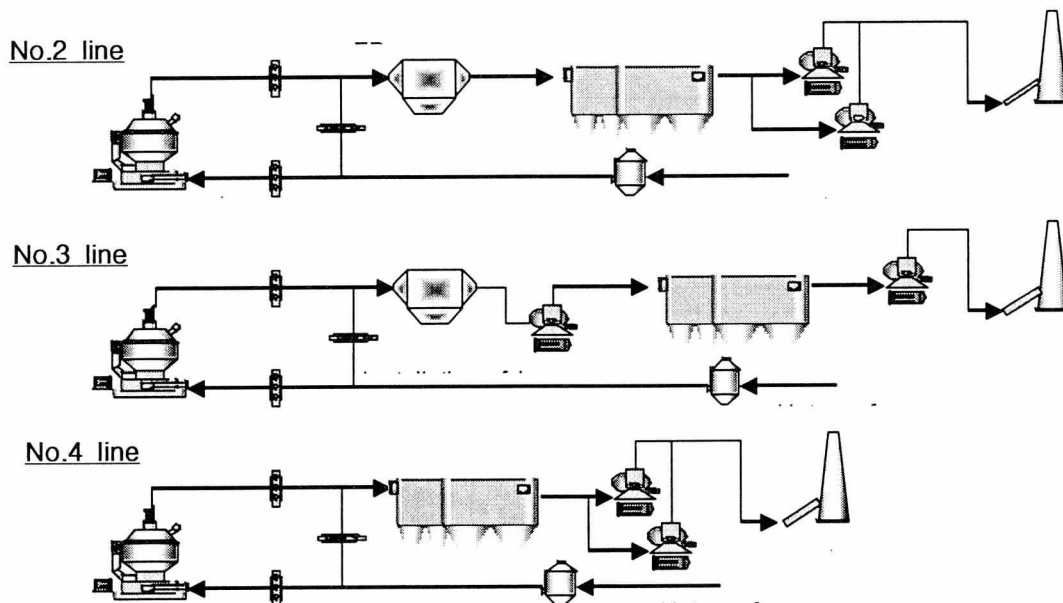


Fig. 1 Flow diagram

Fig.1에서와 같이 No.3 line은 전력원단위 절감을 위해 No.2 line과 같이 EP fan을 제거하고 대신 Bag House fan을 1기에서 2기로 운영할 계획이었으나 투자비용이 약14억원으로 과다하게 투입되고 개조를 위한 line의 운휴기간도 약50일로써 많은 기간이 요구되는 단점들이 있었다.

따라서 보다 적은 투자비용으로 개조공사 기간이 짧게 소요될 수 있는 새로운 투자방안이 필요하게 되었다

2-2 투자현황

3호 line의 Raw mill은 roller mill로써 생산성능은 450tph(dry base)이며 가동율은 74%이며 Raw mill이 운휴시에도 EP fan은 계속 가동해야 하는 system으로 설치되었다. 또한 EP fan은 Table.1에 표기한 것과 같이 fan용량이 3,700Kw로서 BH fan보다 큰 용량으로 설치 운영되고 있고 kiln의 대보수와 short 보수를 제외하고는 연속가동이 이루어져야 하는 상황이었다.

Table 1. Process data for no.3 line

구 분	Existing Fan data			
	Design		Actual	
	EP fan	BH fan	EP fan	BH fan
Fan capacity (kW)	3,700	2,700	3,700	2,700
Gas volume (m3/hr)	924,000	1,200,000	875,864	1,147,554
Static pressure (mmAq)	-1,050	-450	-1,020	-368

이러한 문제를 해결하기 위하여 Raw mill 가동시에는 정상적으로 preheater hot gas가 Raw mill과 EP 그리고 Bag House를 통과하여 stack으로 배출되지만, Raw mill 운휴시에는 GCT(Gas Conditioning Tower)출구에서 Bag House inlet으로hot gas가 by-pass 되며 이때 EP하전과 EP fan가동은 중단될 수 있도록 duct와 damper를 신설하는 투자방안이 제기되어 이를 적용하게 되었다.
(Table 2. hot gas flow 참조)

Table 2. Hot gas flow

구 분	Hot gas flow
Raw mill 가동시	GCT → Raw mill → EP → Bag House → Stack
Raw mill 운휴시	GCT → Bag House → Stack

Duct와 damper의 신설은 kiln short보수 및 조업단축 기간을 이용하여 실시하였고 투입된 투자비용을 Table 3에 나타내었다.

Table 3. 공사기간 및 투자비용

공사기간	2007년 1월 18일 ~ 2월 22일
투자비용	470백만원

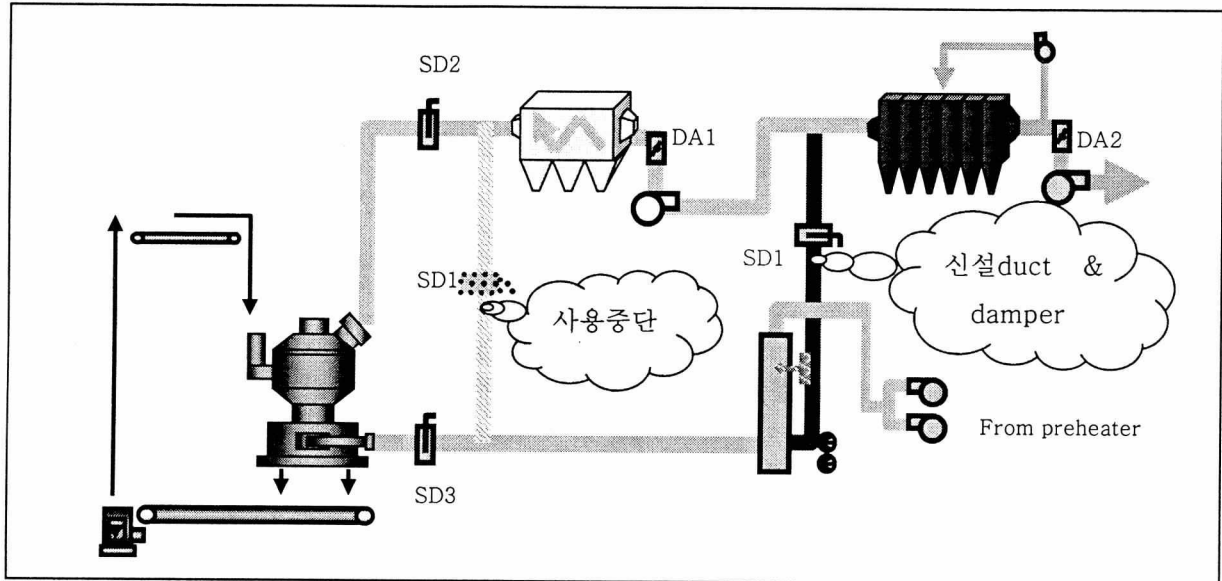


Fig. 2 Flow diagram

2-3 전력원단위 절감

본 투자의 가장 큰 목적은 전력원단위 절감이므로, duct line 개조전 1개월간의 Raw mill 운휴시 적산전력계에 나타난 EP fan 전력사용량(Table 4참조)을 개조후와 비교하여 실제 전력 절감량을 산출하였으며, 또한 Raw mill 운휴시 EP 하전을 중단하고 EP하부 일부 수송line도 가동을 중지함으로써 얻는 전력 절감량도 함께 계산하였다.

Table 4. Raw mill 운휴중 EP fan 전력(개조전, 2006년12월)

일자	EP fan			비 고
	운휴시간 (hrs)	전력사용량 (Kw)	평균 (Kwh)	
12/1	23	55,790	2,426	-기타 전력절감량 · EP 하전 : 150kWh · EP 하부 수송line : 9kWh
12/2	5	10,996	2,199	
12/6	13	31,584	2,430	
12/8	3	7,468	2,489	
12/10	5	11,956	2,391	
12/11	13	31,830	2,448	
12/14	7	16,924	2,418	
12/17	4	8,924	2,231	
12/18	5	12,356	2,471	
12/19	5	12,384	2,477	
12/20	1	2,364	2,364	
12/21	13	31,854	2,450	
12/23	1	2,430	2,430	
12/26	5	12,326	2,465	
12/27	12	28,392	2,366	
12/28	3	7,310	2,437	
12/29	3	7,280	2,427	
12/30	5	12,262	2,452	
월평균			2,416	

Note. 2006년12월중 Raw mill 운휴시간대에 사용된 EP fan 전력사용량

1) 개조전/후 전력사용량 비교

구 분		Before (2006.12월)	After (2007.4월)	차이	
EP fan	R/M run	(kW/h)	3,636	3,586	0
	R/M stop	(kW/h)	2,416	0	-2,416
Average		(kW/day)	79,653	64,577	-15,077
EP 하전		(kW/day)	3,600	2,664	-936
EP 하부 수송line		(kW/day)	216	160	-56
Total saving power		(kW/day)	-16,069 (-5,479 MW/year)		
전력원단위 절감		(kWh/t-ce')	-0.78		

Note. 1) R/M 가동시간 : 18.4 hrs/day

2) B/H fan 가동시간 : 341day/year

3) 2007년 가동계획 : R/M 74.0% 가동, R/M 26.0% 운휴

EP fan 전력 절감량은 개조전 Raw mill 운휴시에도 EP fan이 가동되면서 발생하는 평균 전력사용량을 개조후 가동되지 않음으로 인한 전력 절감량으로 산출하였고, Raw mill 가동중 발생하는 전력사용량의 개조전/후 차이는 생산성능에 의한 차이로 무시하였다.

그 이외에 Raw mill 가동 중단시 EP 하전중단과 EP하부 수송line의 가동중지는 CCR operator에 의해 중단되며 이로 인한 전력절감량은 가동시 평균 전력사용량의 26%를 전력 절감량으로 산출하였다.

2) 전력사용량 감소에 따른 전력비 절감액

구 분	전력절감량 (Kw/day)	전력절감액 (mil.krw/year)	비 고
EP fan	-15,077	-283	전력단가 : 55.11krw/Kw (2007년 전력단가 실적)
EP 하전	-936	-18	
EP하부 수송line	-56	-1	
Total	-16,069	-302	

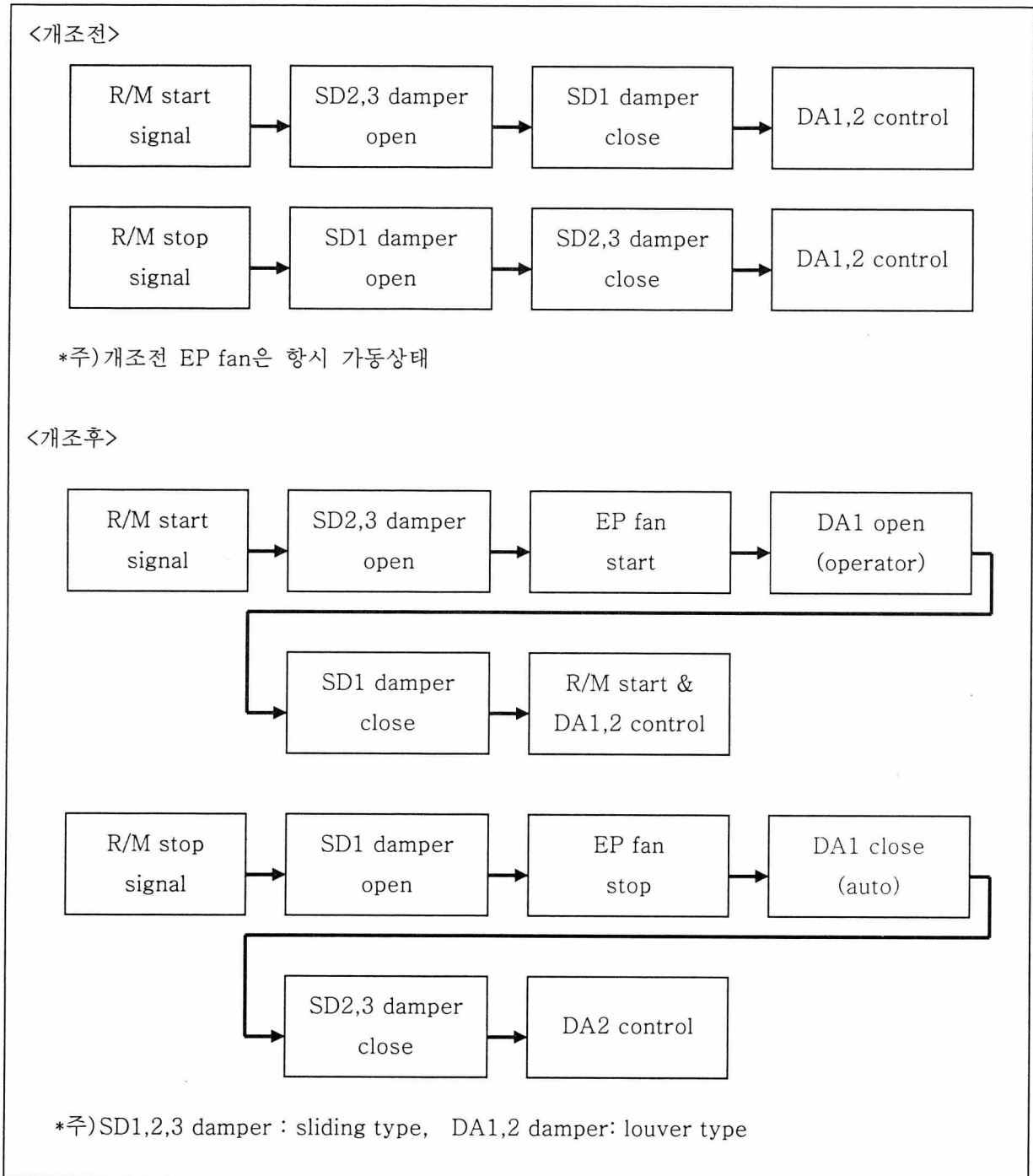
전력사용량 절감금액은 연간 약3억원이 절감되며 투자비용은 4.7억원으로, 투자비용에 비해 상당한 전력비 절감을 이룰 수 있었다.

2-4 개조후 interlock과 공정 sequence

Duct line 개조후 변경된interlock과 운전 sequence에 대해 살펴보면, 먼저 개조전에는 모든 interlock에 EP fan이 포함되어 운전되었으나 개조후 이를 Bag House fan으로 수정하였다. 이는 duct line 개조후 EP fan이 운휴 및 보수시 마다 수시로 중지되어야 하기 때문이었다. 세부적인 개조전/후의 interlock 관계와 공정 sequence를 Fig.3에 나타내었다.

(Fig.2 Flow diagram의SD & DA damper위치 참조)

Table 4. R/M interlock과 sequence



Duct line 개조후 초기에는 CCR operator가 변화된 공정에 적응하는데 어려움이 있었다. 즉 개조전에는 Raw mill 가동시와 운휴시에 operator가 단지 EP출구 damper인 DA1과 Bag House 출구damper인 DA2를 조정하여 GCT inlet 압력과 Raw mill 출구압력을 정상으로 유지하도록 하였으나, 개조후에는 hot gas 흐름이 GCT하부에서 Raw mill 가동시와 운휴시 반대로 흐름(Fig.2 참조)으로 인해 압력변화가 급속히 변하게 되어 DA1,2 damper조정을 통해 쉽게 line을 정상상태로 유지하는 것이 어려웠다.

그래서 DA1 damper를 일부 자동운전으로 전환하고 모든 operator의 교육과 훈련을 통해 이를 극복할 수 있었다.

3. 결 론

전력원단위 절감을 위해 no.3 Raw mill duct line 개조를 수행한 결과 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) No.3 line의 duct line 개조는 4억7천만원의 투자비용을 통해 개조전과 비교하여 전력원단위를 0.78kWh/t-ce' 감소시킬 수 있었으며, 이는 전력비를 연간 약3억원을 절감하는 효과를 가져왔다.
- 2) 대부분의 시멘트 업체에서 전력원단위 절감을 위해 투자되고 있는 대형fan을 damper control 에서 speed control로 전환하거나, 분체 이송을 위해 blower에서 bucket elevator로 대체하는데 소요되는 비용과 비교하여 적은 투자비용으로 더 많은 절감효과를 가져 올 수 있었다.
- 3) 향후 전력단가 상승이 예상됨으로 인해 전력비 절감액은 현재보다 증가할 것으로 판단된다.

4. 계 획

- 1) No.3 line의 추가적인 전력원단위 절감을 위해 검토하고 있는 사항은 현재 damper control type인 Bag House fan을 inverter type으로의 개조를 검토하고 있으며, MPS(Micro-Pulse System)을 EP에 설치 예정이다.
- 2) 그리고 No.3 line의 EP 내부작업 및 EP fan 보수사항 발생을 대비하여 기 사용되었던 SD1 damper 를 부분 보수하여 EP fan outlet 부위에 설치 예정이다.

< 참 고 문 헌 >

1. International Cement Review "The cement plant operation handbook"
2. Lafarge "Vade Mecum - Cement Process Engineering"
3. Lafarge "Best Practice"