북평공장 #1 Cement Mill Separator 개조

편우식 · 남양현 · 윤희동*
<쌍용양회 북평공장>

1. 서 론

북평공장 #1 Cement Mill의 Turbo Separator는 1979년에 도입, 설치 운용하고 있으나, Cyclone Separator가 설치된 타 호기(#3~6Mill)에 비해 분급성능이 불량하여 생산능률이 낮을 뿐만 아니라, 분말도 Control이 곤란하여 품질 산포가 발생하며, Cement 온도관리가 곤란하여 User가 요구하는 시멘트 온도 조건을 만족시키기 어려웠다.

이에 성능이 좋고 온도관리가 용이한Separator로 교체하여 수요자의 고품질 요구수준에 능동적으로 대처하고자 Separator 개조 공사를 실시하였다.

2. 주요 현황

2.1 Separator Type별 Spec'(Cyclone sep'로 개조한 #3, 4 C/M과 비교) <표 1>

구 분	#1 Mill	#3,4 Mill	비 고
설치년도	1979년	1980년	
Maker	Polysius	Polysius	
MillDimension	4.8mΦ×16.5mL	4.8mΦ×16.5mL	
Separator			■.#3,4C/M Separator 개조(Cyclone) -.#3C/M : '87.5 -.#4C/M : '90.1
Type	Turbo Sep'	Cyclone Sep'	
Body Dia'	6.5mΦ×2ea	5.6mΦ	
Cyclone	-	2.03mΦ×8ea	
Motor	200Kw×2ea(Main)	-	
	70Kw×2ea(D.C)	250kw(V.V.V.F)	
F.C.Fan	-	300Kw(4,500m3/min)	
BagFilter			■.#3,4C/M Separator 개조 시 B/F Cap' Up
Type	Air Pulse Type	Air Pulse Type	
여포면적	1,524m2	1,617m2	
I.D.F Cap'	1,785m3/min×	2,900m3/min×	
	450mmAq	450mmAq	
ACR	1.17m3/m2.min	1.79m3/m2.min	
BucketElevator			
Cap'	300T/H×2ea	300T/H×2ea	
Height	30.58mH	39.35mH	
Power	90Kw×2ea	90Kw×2ea	

2.2 Separator Type별 Mill 운전현황 비교 <표 2>

구분	Turbo Separator(a)	Cyclone Separator(b)			대 비 (b-a)
	#1 Mill	#3 Mill	#4 Mill	평균	
단위생산(T/H)	148	157	157	157	9
전력원단위(Kwh/T)	38.22	40.46	40.28	40.37	1.74
Blaine(㎠/g)	3264	3258	3251	3255	-14.5
+45㎛ 잔사	11.8	8.9	8.2	8.6	-3.6

※ '02~'04년 1종 보통 Cement 기준

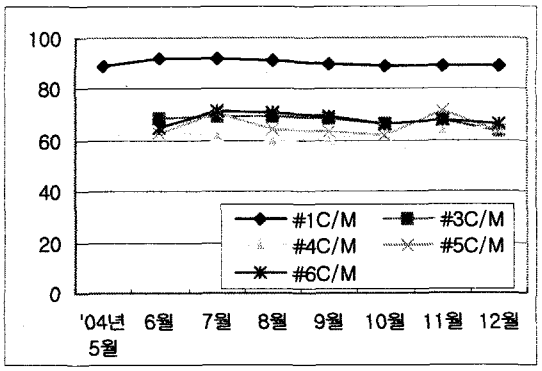
2.3 Separator Type별 생산 Cement 압축강도 <표 3>

구 분		분말도		압축강도(Kg/㎠)			
		Blaine(㎠/g)	+45㎛(%)	1ds	3ds	7ds	28ds
Turbo(a)	#1Mill	3272	11.6	82	217	307	381
Cyclone(b)	#3~6Mill	3261	8.5	83	221	314	392
대 비(b-a)		-11	-3.1	1	4	7	11

※ 04년 1종 보통 Cement 기준

2.4 Silo 입고 Cement 온도 현황

<그림 1>과 같이 '04년 5월부터 12월까지의 1종 보통 Cement 기준 Silo 입고 Cement 온도를 비교할 때 외부공기 유입장치 및 Cyclone Water Jacket 등의 냉각 장치가 있는 #3~6Mill에 비해 냉각장치가 없는 Turbo Separator가 설치된 #1 Mill의 Silo 입고 온도가 월등히 높아 당사의 관리기준과 User의 요구 조건에 만족하지 못하고 있는 것으로 나타나고 있다.



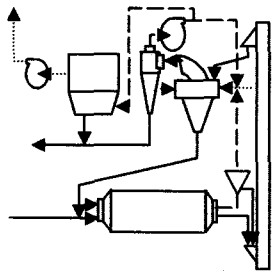
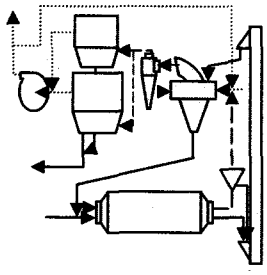
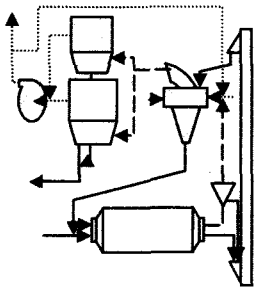
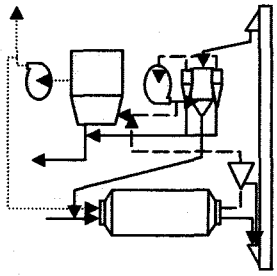
<그림 1> Mill별 Silo 입고 온도

3. Separator 개조 검토

3.1 각 Separator Type별 검토

<그림 2, 3, 4, 5>에 제시된 Type 별로 Cement Silo 입고 온도, 기존 구조물 내에서의 설치 가능성, 경제성 등을 기준으로 검토하였다.

기존 설치된 Cyclone Separator와의 설비 호환성을고려하여 설치를 검토 하였으나, 기존 구조물내에서의 설치가 곤란하고 경제성이 낮아, Cement Silo 입고 온도가 가장 낮고 경제성이 좋은 O-Sepa System B(Low Air Volume Type)를 설치하기로 결정하였다.

<그림 2> O-Sepa A <그림 3> O-Sepa B <그림 4> O-Sepa C <그림 5> O-Sepa D

<표 4> 각 Type별 Spec' 및 온도 검토 결과 (하절기 기준)

구 분	B/F 용량 (m^3/min)	Circulation Fan(m^3/min)	Mill 출구 Temp(℃)	Product Temp(℃)	경제성	비 고
System A	1,785	2,380	117	81	○	Low
System B	2,400	-	107	71	○	Air
System C	2,400	-	107	81	○	Volume
Cyclone	2,900	2,900	109	75	×	

4. 개조 실시

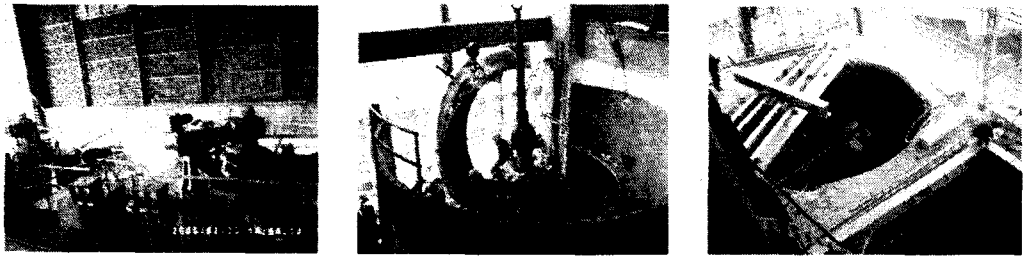
4.1 개조 전, 후 설비 비교 <표 5>

Bag Filter 설치 공간 부족으로 Low Air Volume Type을 적용하였고, Cyclone 및 Bag Filter 추가 설치에 의한 압손을 고려하여 IDF Pressure를 Cap' Up 시켰으며 Cement 온도 Down을 위해 Cyclone에 Water Jacket System을 적용하였다.

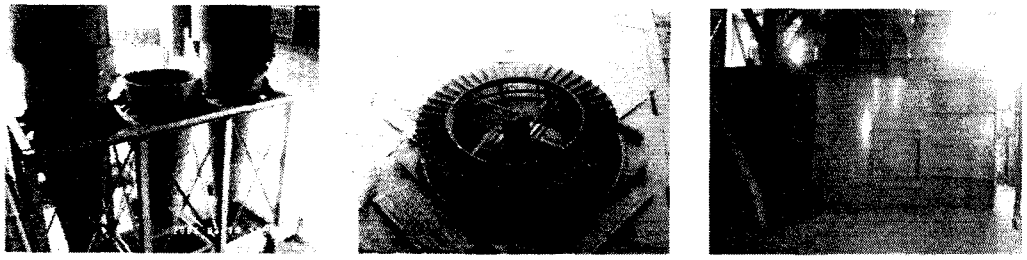
구 분		개조전	개조후	비 고
Separator	Type	Turbo	O-Sepa	·N-3000(Low Air)
	Diameter	6,500Φ×2ea	4,500Φ	
	Main Motor	200Kw×2ea	450Kw,VVVF	Max 1,185 rpm
	D.C Motor	70Kw×2ea	-	
	Cyclone	-	1,700Φ×6ea	Water Jacket
Bag Filter	Capacity	1,785m^3/min	2,400m^3/min	615m^3/min 신설
	I.D.Fan	1,785m^3/min	2,400m^3/min	
		450mmAq	1,000mmAq	Pressure Cap Up
Bucket	Capacity	300T/H×2ea	300T/H×2ea	
	Height	30.58mH	37.58mH	

4.2 주요 개조 내용

개조공사는 Cement 출하 물량을 고려하여 2005년 3월1일~31일에 실시하였으며(사전제작 기간 제외), 다음 <그림 6> <그림 7>에 주요 개조 내용을 나타내었다.

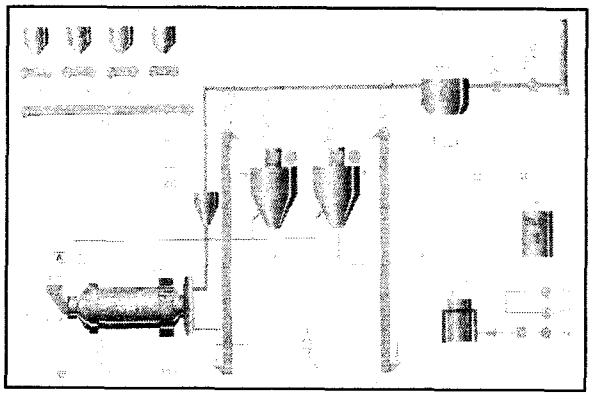


<그림 6> 주요 장비 철거

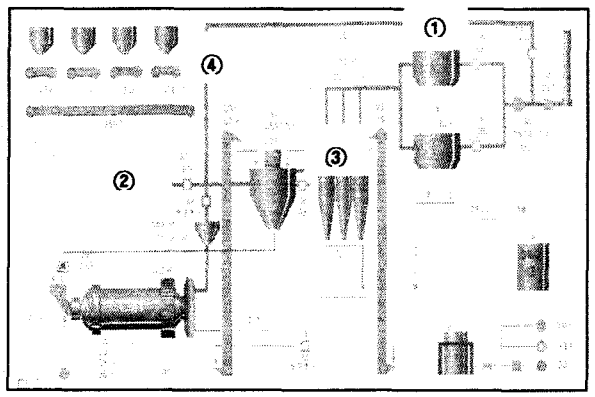


<그림 7> Cyclone 및 O-Sepa 설치

4.3 개조 전,후 공정도



<그림 8> 개조 전 공정도



<그림 9> 개조 후 공정도

<그림 9>과 같이 Air Volume 증대를 위해 Bag Filter 1기를 신설하였으며(①) Cement 온도 Down을 위해 1,2차 냉각공기를 적용하였고(②,③), 동절기 Mill 출구 Cement 온도상승을 위해 Bag Filter 배출 Hot Gas Circulation을 적용하였다(④).

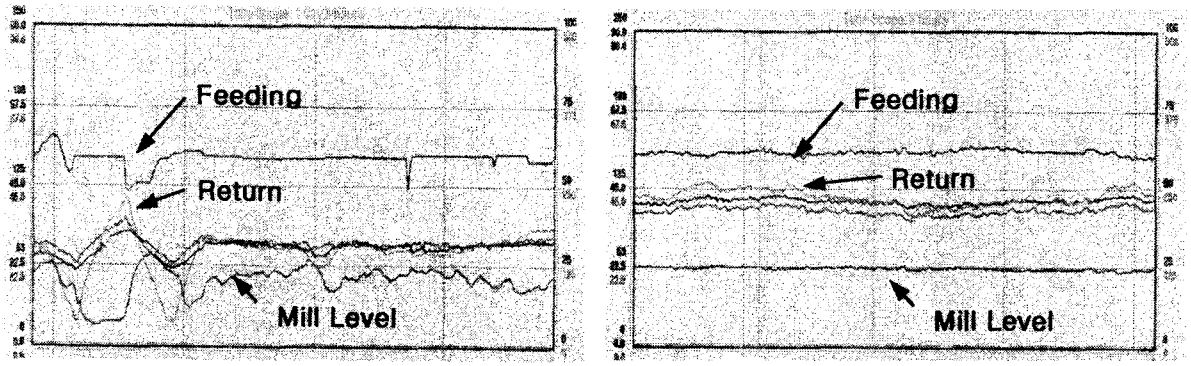
5. 개조 전,후 실적

5.1 생산 및 품질 실적 비교 <표 6>

개조 후 생산 및 품질 실적을 비교한 결과 Cement 온도 등에서 뚜렷한 효과를 나타내었으며, Clinker 입도 변화 및 분쇄불량 등에 의한 Mill 공정 불안정 개선에도 어느 정도 기여한 것으로 나타났으며, 단위 생산 및 전력원단위가 다소 향상된 양상을 보이나 비교기간이 짧아 차후 지속적인 비교가 필요하다.

구 분	#3Mill(Cyc')	#1 Mill		대 비 (b-a)	비 고
		개조전(a)	개조후(b)		
단위생산(T/H)	157	147	154	5	
전력원단위(Kwh/T)	39.9	38.57	37.61	-0.96	
Blaine(㎠/g)	3266	3266	3346	80	
+45㎛ 잔사(%)	9.5	11	9.8	-1.2	
Silo 입고 온도	72.4	88.8	69.3	-19.5	

※ 개조전 Data는 '05년 1~2월 누계치이고, 개조후는 Guarantee Test 결과임.
※ #3 Mill은 #1 Mill 보다 강구 투입량이 많아 전력원단위가 높음.

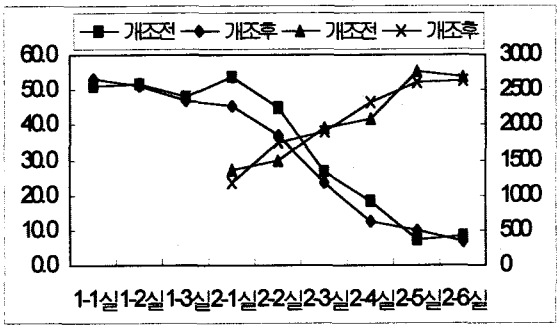


<그림 10> 개조 전,후 Mill 운전 Trend

5.2 Mill 내부 분쇄 진전 상태 <표 7>

구 분		개조전					개조후				
Sample위치		+5mm	+3mm	+88㎛	+45㎛	Blaine	+5mm	+3mm	+88㎛	+45㎛	Blaine
1실	1	4.6	7.1	51	79.1		7.5	10.4	53.2	66.7	
	2	10	13.2	51.7	80		5.3	8.9	51.3	69.2	
	3	0.9	1.4	47.8	79.2				46.7	66.3	
2실	1	0.1		53.6	88	1346			45.5	65.1	1180
	2			44.6	80.4	1498			36.8	57.1	1760
	3			26.6	64.6	1950			23.7	44.9	1900
	4			18.2	53.8	2078			12.4	33.1	2310
	5			7.5	31.1	1757			9.7	27.3	2600
	6			8.3	31.9	2694			7	22	2630

<표 7>과 <그림 11>에 개조 전,후 Mill 내부 분쇄 진전상태를 비교한 결과 2실 입구측 +88㎛ 잔사가 다소감소하였으며, Blaine의 변화는 없었다.

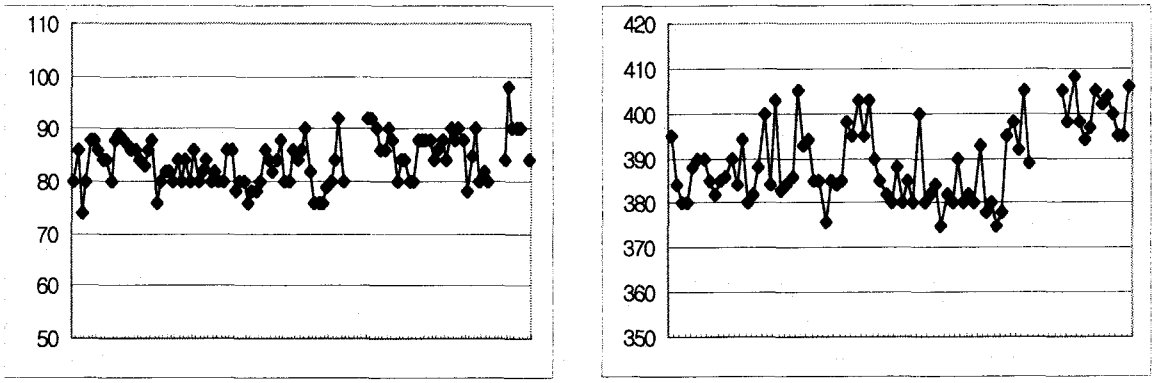


<그림 11> 구간별 +88㎛ 및 Blaine 변화

5.3 Cement Mortar 물리특성 비교<표 8>

구 분	분말도		응결시간		압축강도(kg/㎠)			
	Blaine	+45㎛	초결(min)	종결(Hr)	1ds	3ds	7ds	28ds
#3Mill(Cyclone)	3281	9	251	6:54	84	221	314	394
#1Mill(개조전)	3284	12	262	7:06	83	217	312	388
#1Mill(개조후)	3288	10.1	255	6:58	85	224	317	396

개조 후 4월 한달간 생산된 1종 보통 Cement의 Mortar 물리 특성을 Separator Type별로 비교한 결과, <표 8>에 나타난 바와 같이 개조전 대비 압축강도에서 다소 향상되었으며, 개조 전,후 1일, 28일 강도의 변화 추이를 비교한 결과를 <그림 12>에 나타내었다.

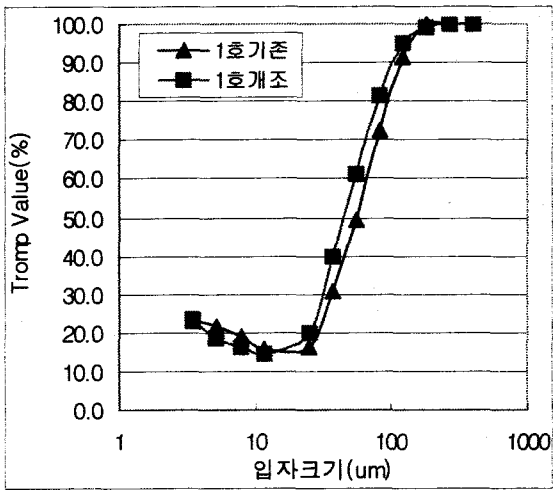


<그림 12> 개조 전, 후 1일, 28일 압축강도 비교

5.4 분급기 분급특성 비교 <표 9>

<표 9> 및 <그림 13>에 나타난 특성을 비교하여 볼 때 조립분할율, Terra Index 측면에서 기존 Turbo Separator 보다 개선되었으며, 분급효율이 향상된 것으로 나타났다.

구 분		1 호		대 비
		개조전(a)	개조후(b)	b-a
Blaine (㎠/g)	입분	2235	1794	-441
	정분	3165	3241	76
	조분	1242	962	-280
+45㎛ (%)	입분	30.1	37.5	7.4
	정분	11	9.6	-1.4
	조분	53.5	59.2	5.7
순환율		1.79	2.2	0.41
조립분할율(%)		16	14	-2
분리입경(D50)		57	46	-11
Terra Index		28	23	-5



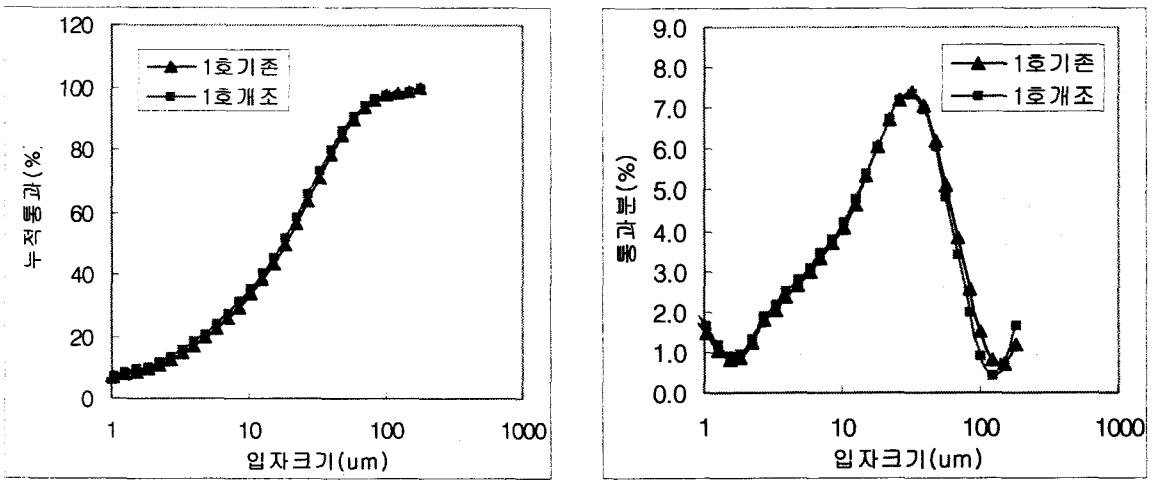
<그림 11> 개조 전,후 Tromp Curve 비교

※ 상기 Data는 4, 5월 중 채취한 7개의 Sample의 평균 Data임.

5.5 제품 입도 특성 비교 <표 10>

구 분		1 호	
		개조전	개조후
Blaine(㎠/g)		3200	3300
+45㎛ 잔사		10.2	9.5
R-R 지수	1~7.8㎛	1.413	1.434
	7.8~83.3㎛	0.988	1.072
	1~83.3㎛	1.085	1.132

<표 10>은 5월 중 채취한 1종 보통 Cement 제품을 입도 분석한 Data이며, R-R 지수를 비교할 때 개조 후가 Sharp한 경향을 나타내며, 제품의 입도가 다소 향상되었다.



<그림 12> 개조 전, 후 1일, 28일 압축강도 비교

6. 결 론

#1 Mill Separator 개조 후 기존 Turbo Separator와의 Data를 비교한 결과 Cement Mortar 강도, 분급특성 및 제품 입도특성에서 향상되었으며, 특히 Cement 제품 온도 Down에 탁월한 효과가 나타났다. 원단위 측면에서도 다소 개선된 경향이있으나 최적 운전조건 산출이 필요하며 하절기 Cement 제품 온도 및 동절기 Mill 출구 온도 유지에 대한 검증이 필요하다.