

# 동해 5호 C/M Cyclone Separator 설치 운전결과

서 중 백

<쌍용양회(주) 동해공장>

## 1. 추진배경

당공장 #5 Cement mill separator는 구형인 Turbo type으로 분급효율이 불량하고, 제품의 입도분포 불량에 의한 품질저하 및 미립자의 밀내 재순환을 유도하므로 많은 문제점이 발생되어 고효율 Cyclone separator type으로 개조, 시멘트 품질 향상과 밀 효율증대를 통한 생산능력을 향상시키고자 함.

## 2. 공사목적

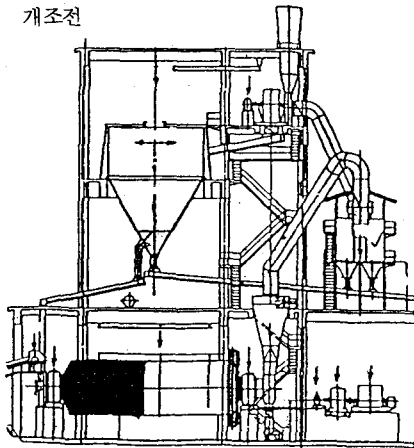
- 시멘트 품질향상을 통한 고객만족
- 시멘트 단위생산 증대 및 전력원단위 절감
- Bag filter 교체로 공해방지 및 bag 수명연장

## 3. 개선내용

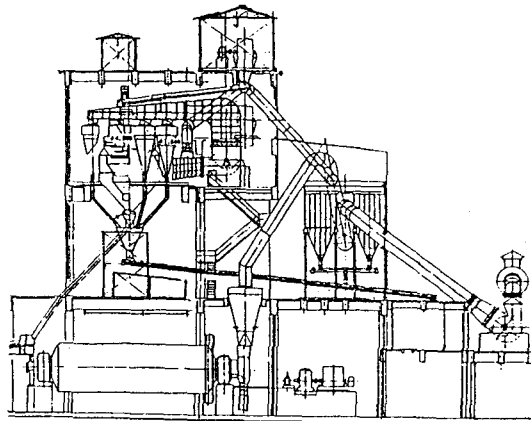
### 3-1 주요공사 및 작업내용

항 목	작 업 내 용	기 간		
Sep. 공사 내용	1) 제 작	Cyclone separator 제작	'92. 6. 1~ 7. 10	
	2) 설비철거	B/F, Sep., Duct	'92. 12. 20~12. 26	
	3) 설치	Sep. type변경 (turbo→cyclone)	'93. 1. 10~ 2. 8	
		B/F (IDF) 용량증대 (1,080→2,000m <sup>3</sup> /min)	'93. 1. 7~ 1. 21	
		FCF 설치 (2,900m <sup>3</sup> /min)	'93. 1. 17~ 1. 29	
Duct	DIA. 변경 (900~1,500mmφ)	'93. 1. 17~ 2. 10		
Mill	Girth gear	신품교체 (Pinion G. 포함)	'93. 1. 12~ 1. 22	
	Inlet trunnion	신품교체	'92. 12. 26~'93. 1. 11	
	Shell liner	전량교체 (1실)	'93. 1. 25~ 2. 6	
운전	No load	부하 및 진동 test	'93. 2. 6~ 2. 10	
Test	Load	1차	Steel ball 50% adding (44t/h)	'93. 2. 10~ 2. 13
		2차	Steel ball 80% adding (75t/h)	'93. 2. 13~ 2. 18
		3차	Steel ball 100% adding	'93. 2. 19~

개조전



개조후

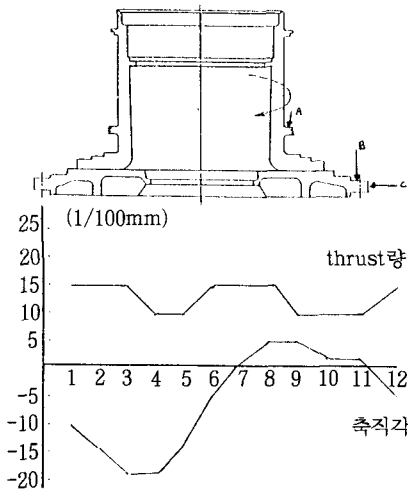


3-2 Cyclone Sep. 개조 전후 설비현황

항 목		개 조 전	개 조 후
Mill (Poly-sius)	Dimension	4.2mφ×13.5mL	
	rpm	15.0rpm	
	Motor power	2×1,950KW	
	Degine 용량		
Sepa-rator	Type	turbo	cyclone
	Sep. DIA	8.0mφ	4.5mφ
	Cyclone	-	8×1.64mφ
	Sep. 구동모터	110/130KW (D. C)	160KW (V. V. V. F)
	F. C. fan 용량	-	2,900m <sup>3</sup> /min
Bag filter	처리대상 Dust	mill 통풍 + 분쇄계	mill 통풍+Sep. 배기+분쇄계
	청정방식	역송식 (Vibrating)	Pulse jet
	Filtering area	896m <sup>2</sup>	1,090m <sup>2</sup>
	I. D. FAN 용량	1,080m <sup>3</sup> /min×380mmAq×150KW	2,000m <sup>3</sup> /min×400mmAq×200KW
	부대설비	Vibrating motor 0.1KW	5.5m <sup>3</sup> /min×7Kg/cm <sup>2</sup> ×40KW
Bucket	용 량	400t/h	400t/h
Ele-vator	높 이	27m	27+6.25m 연장
	모 터	65KW	65KW
냉 각 설 비	-		Cyl. water jacket sys. + 냉풍

4. Inlet trunnion 교체공사

4-1 Thrust centering 측정; point별 thrust 량과 축직각방향의 변화량 측정 (Dial gauge 사용)



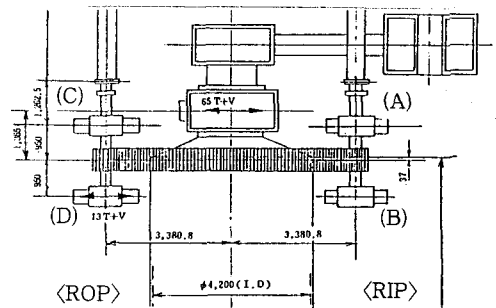
4-2 교체결과

- 일본 Ube사 Supervisor의견 : thrust 량 1.0mm, 축방향 0.5mm 이내면 centering 양호
- 측정결과 thrust 량 0.2mm, 축방향 0.2mm 이내로 측정결과 만족시킴.

5. Girth gear 및 Pinion gear 교체공사

5-1 교체공사

Spray system manufacture	Dimension
Interval spray time	3 sec spray 55 sec pause
Number of nozzles	4×2
Type of lubricant	CSG-0
Consumption of lub.	7Kg/day
Type of pinion	Double pinion (WIDTH 700)



5-2 교체결과

bed의 진동완화를 목적으로 bed에 epoxy 보강 작업을 하였으며, 교체후 전체적인 진동상태는 양호함. No 1, 2 pinion의 horizontal 방향으로 진동치가 높게 나타나고 있으나(1.4~2.2cm/sec) 이는 치접측면의 상대적 진동결과로 사료됨. 온도분포는 No1 pinion의 온도가 60°C로 높은 원인은 dust 등의 유입에 의한 치면 마찰과 계절적 요인이 가미되어 있음.

6. Cyclone Sep. Type 선정배정

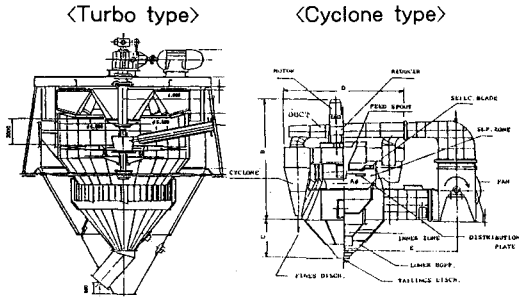
6-2 Cyclone Sep. 설치 타당성 검토

6-1 Separator 개조 필요성

6-2-1 Cyclone Sep. 설치배경

6-1-1 분급장치의 구조 및 특징

1) 동해 #4,5 C/M의 운전현황 및 당사 Sep. 개조결과 공히 Cyclone type이



- 밀효율이 높고, 품질향상 등이 월등하며
- 특히 대고객 경영만족 차원에서 개조가 필연적임.

2) #5 C/M의 Sep. 성능이 neck로 성수기 첨가 재사용 제한에 따른 출하물량 저하의 문제가 있을 뿐만 아니라 고품질 시멘트 생산이 불가능함.

3) #5 C/M의 Bag filter 성능이 크게 떨어져 분진 공해문제가 심각함. 타사의 Sep. 개조비용이 당사보다 우위에 있어 향후 시멘트 품질정정시 당사에 불리한 여건으로 작용할 수 있으므로 고효율 Cyclone Sep. 로 개조가 필수적임.

구분	Trubo separator	Cyclone separator
구조	외통과 내통으로 구성 정분은 내통, 조분은 외 통에서 포집	Sep. 본체에외에 별도의 Cycl. 및 순환 fan 부착. 정분은 Cycl. 조분은 본 체에서 포집
특성	분급을 위한 풍량이 적고 정분이 Guide vane을 통해 재순환되므로 분급 성능이 불량 - 제품 입도분포가 넓음 - 정분의 밀 재투입에 의해 밀효율 저하(특 히 고분말도 제품 생 산시 현저히 능률 저 하).	순환 fan이 부착되어 분 급을 위한 풍량이 충분하 고 Cycl. 부착으로 정 분 재순환이 적어 분급 양호 - 제품입도 분포가 좋음 - 밀 재투입되는 정분량 이 적어 밀효율 양호

6-2-2 유형별 Separator 특성비교

1) Sep. type별 성능비교 : 최근 분급효율 증대, 콤팩트화 등의 개선을 목적으로 시멘트 밀에 적용가 능한 중세립용 대량 처리 분급기로써 T형 Sep. O-SEPA, SEPAX, SD STURTEVENT, LAROX 등이 있으며 이들중 O-SEPA와 SEPAX가 다소 우수한 것으로 알려짐.

Sep. 성능	symbol	ONODA-Sep.	SEPAX	LAROX
Circulation number	C	2.7	2.0	1.3
Separator 효율	V (%)	74	71	33
Energy. by 20% R.	A (%)	31	27	9
Tromp : Cut size	X (μm)	27	36	66
Tromp : Sharpness	K	0.32	0.58	0.36

6-1-2 개조전 동해 #4,5 C/M 운전현황

주) O-SEPA와 북평 #5 C/M과의 분급성능 비교시 유사한 수준으로 판명

구분	#4 C/M	#5 C/M
Mill dimension (Polysius)	4.2mφ×13.5mL	좌 동
Sep. type	cyclone ('89.4)	turbo
Mill volume당 생산량(t/m³)	0.637	0.588
조분 blaine (cm²/g)	700	1,500
44μ 잔사 (%)	9	14~16
28일 강도 (Kg/cm²)	384	372
시멘트 온도(°C), Product	55~60	100~110
Bag filter typ (ΔP)	Pulse air, 150	Vibrating, 310

2) Cyclone Sep. 선정 : 당사 여건으로 보아 제 작설치가 가능하며 투자비에서 유리하고 분급성능이 우수하여 기존 Bag filter 설치공간의 활용과 효과적인 시멘트 냉각설비(Cyclone water jacket system)의 적용이 가능한 Cyclone형 Sep. 의 설치가 타당함.

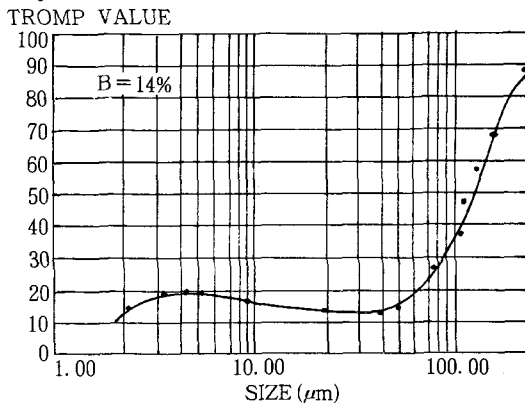
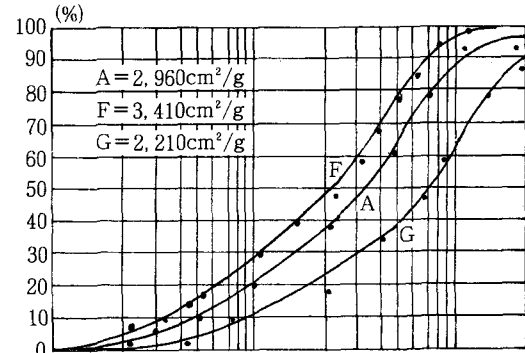
생산성 증대	전력원단위 감소	비 고
10%	3%	blaine 3,150cm²/g

7. 개조전 분쇄현황

7-1 운전현황

항 목	Data
밀 출구 온도(°C)	130~140
밀 유속(m/sec)	1.15~1.30
Bag filter ΔP(mmAq)	310
44μ(%)	14~16
밀 출분 blaine (cm <sup>2</sup> /g)	2,400~2,600
Sep. 조분 blaine	1,500
순환율 U(C.L)	1.35~1.55
조립분할율 β(%)	14
Cut off size D50	64

7-2 Separator 분급성능 곡선



7-3 Separator 분급상태

7-3-1 Separator 분급성능 불량

1) 밀출분의 blaine이 2,400~2,600cm<sup>2</sup>/g로 밀

내 Fine grinding을 발생, 입자들의 응집현상에 의한 Ball coating 형성 및 밀 체류시간 증가 초래 등 문제점이 발생

2) 조립분할율이 14%로 높은 편이며, Sep.의 순환율이 매우 낮아 밀내 회수분중 정분의 다량 함유로 인한 overgrinding으로 밀 출구 온도가 높음. (140°C)

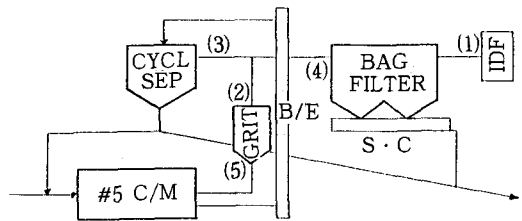
7-3-2 Bag filter의 효율저하

1) 기계식 청정방식(Mechanic, Vibrating type)으로 동작부의 trouble 발생이 많으며 유량의 변화가 심함.

2) B/F 압손이(ΔP) 310mmAq로 매우 높아 bag 수명이 평균 2~3개월 정도임.

8. Cyclone Sep. 교체후 시운전 결과

8-1 측정 Lay-out



8-2 Air balance

측정 Point	정 압 (mmAq)	동 압 (mmAq)	온 도 (°C)	실유량 (m <sup>3</sup> /min)	표준유량 (Nm <sup>3</sup> /min)	유 속 (m/sec)
I.D.FAN 전(1)	446	21	63	1,961	1,524	21.0
GRIT Sep. 후(2)	275	14	94	984	712.5	14.5
Sep. 배기(3)	280	40	56	1,093	882.4	23.2
Dedusting (4)	320	23	65	839	656.7	17.8
밀 출구(5)	194	40	94	2,174	1,586.8	24.4

구 분	Damper 개도
Sep. 배기	40%
FCF	100%
IDF	100%
Grit	40%

$$\text{유속}(V) = 0.857 \times (2 \times 9.8 \times P) / r$$

$$\text{유량}(Q) = 3.14 / (4 \times D^2) \times V \quad \text{밀내 유속} = 3.87 \text{m/sec}$$

8-3 Bag filter 자기측정

(측정일시 : '93. 2. 27)

구 분	Data	비 고
B/F 압손, ΔP(mmAq)	80 (56)	교체전 B/F 차압 : 310mmAq
포집먼지량(mg)	1.35	
수분량(%)	7.0	
흡인가스량(ℓ)	136.12	

8-4 분쇄계 입도분포 (Ball charging 대비)

일 자		2월12일 (ball 50%)		2월26일 (ball 100%)		3월27일 (ball 100%)	
		44μR	blaine	44μR	blaine	44μR	blaine
입 도 분 포	Sep. 입분	38.1	1,700	32.3	2,240	50.5	1,600
	Sep. 정분	9.8	2,810	14.9	2,630	16.6	2,400
	Sep. 조분	68.6	950	82.7	760	90.9	630
	B/F 포집	7.6	3,820	12.6	3,170	5.0	4,410
	Product	8.5	3,110	12.0	3,360	9.3	3,280
	밀 출구	40.4	1,600	29.0	2,240	55.0	1,710
	순환율 C.L	1.93		1.25		1.96	

M A T E R I A L (t/h)	Feeding (M)	60	100	107
	B/F 포집비	9.10	15.5	17.0
	정분량(F)	50.9	84.5	90.0
	입분량(A)	98.3	105.6	176.4
	조분량(G)	47.4	21.1	86.4
	Sep. 효율	75.6	90.0	75.9

8-5 Sep. 입자크기 분포 및 분급특성치

입자크기 (μm)	입분 (a)	정분 (f)	조분 (g)	순환율 (U)	효율 (η)	Tromp치 (t)
1.0	2.1	3.9	0.5	2.13	87.4	11.0
1.5	2.6	5.2	0.6	2.30	87.0	6.9
2.0	4.2	7.8	1.0	2.13	87.4	12.9
3.0	4.4	8.8	1.1	2.33	85.7	8.8
4.0	5.6	10.6	1.2	2.14	88.6	5.1
6.0	7.8	15.6	1.5	2.24	89.4	5.5
8.0	10.4	19.9	1.7	2.09	91.5	4.3
12.0	12.8	26.9	1.9	2.29	91.6	2.7
16.0	16.8	33.7	2.2	2.16	93.0	4.1
24.0	21.7	47.7	2.4	2.35	93.7	1.4
32.0	29.5	58.9	3.5	2.13	93.7	8.6
48.0	49.8	85.1	9.3	1.87	91.3	17.6
64.0	55.4	88.2	16.6	1.85	86.3	69.4
96.0	75.7	100.0	41.2	1.70	77.5	66.8
128.0	87.5	100.0	70.2	1.72	66.3	100.0
192.0	91.6	100.0	79.8	1.71	68.8	100.0
Σ	477.9	712.3	234.7	1.96	75.9	

※ Vf = F/A × 100

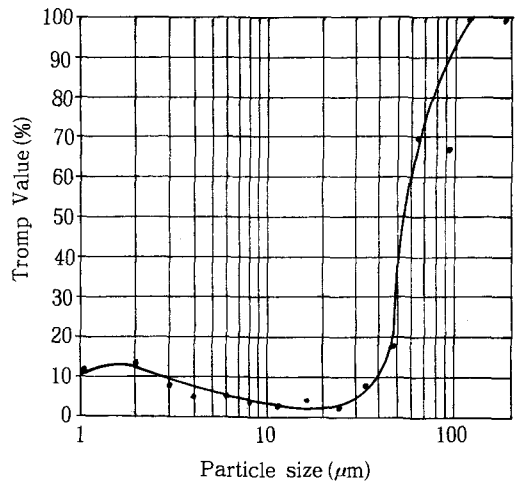
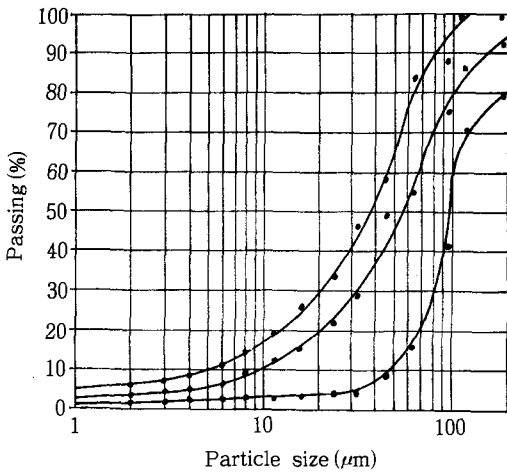
= (Σa - Σg) / (Σf - Σg) × 100 = 50.9%

Vg = 100 - Vf = 49.1%

U = 100 / Vf = 1.96

η = (Σa - Σg) / (Σf - Σg) × Σf / Σa × 100 = 75.9%

8-6 분급성능 곡선



8-7 Sep. 개조 전후 분급성능 결과

구 분	분 급 성 능	
	개 조 전	개 조 후
• Blaine (cm <sup>2</sup> /g)		
입분	2,450 (32.3)	1,600 (50.5)
정분	2,730 (15.4)	2,400 (16.6)
조분	1,500 (82.7)	630 (90.9)
• 순환율 C.L(U)	1.35	1.96
• 조립분환율(β)	14≥	2
• Cut off size, D50	64	57
• Terra index, Ep	17	14

주) ( ) : 44μ 잔사

8-8 개조 전후 분쇄계 온도변화

(단위 : °C)

시 료 명	개 조 전	개 조 후	효 과
밀 출분	130~140	80~90	▼ 50
Sep. 입분	130	80~90	▼ 50
Sep. 정분	110~120	53~62	▼ 57~58
Sep. 조분	120~130	55~65	▼ 65
Product	100~110	55~60	▼ 45~50
Cyclone 급수		21	
Cyclone 배수		32	

8-9 시운전중 문제점 및 대책실시 결과

- 문 제 점 : 순환율이 1.25%로 매우 낮게 운전됨. ('93.2.26)
- 원인분석 : Sep. 배기 damper의 개도가 상대적으로 높고 C/K의 입도가 전체의 약 60% under size로 밀의 분쇄능력 저하로 판단됨.
- 대책실시
  - Sep.의 배기 damper 변화에 따른 Sep. 입도변화와 운전조건 실험
  - #3K/L의 단독 사용
- 결 과 : 밀내의 통풍증가에 의한 밀 출분 blaine 1,700~1,800cm<sup>2</sup>/g로 운전(Sep. 배기 damper 40% → 30% down, C.L 상승 : 1.25 → 1.96)

9. 총 합

9-1 개조 전후 운전실적

항 목	개조전	개조후	효 과
단위생산(t/h)	97	104	▲ 7
전력원단위(kwh/t)	40.53	38.17	▼ 2.36
44μ 잔사(%)	14.4	9.6	▼ 4.8
밀출구 온도(°C)	140	90	▼ 50
밀내 유속(m/sec)	1.15~1.30	3.87	▲ 2.72~2.57
B/F 압손(mmAq)	310	80	▼ 230
Sep. 조분 blaine (cm <sup>2</sup> /g)	1,500	570	▼ 930
순환율 C.L	1.35~1.55	1.96	▲ 0.61~0.41
조립분환율(%)	14	2	▼ 12
Cut off size D50, (%)	64	57	▼ 7
28일 강도(Kg/cm <sup>2</sup> )	369	389	▲ 20

9-2 결과 종합

- 1) 조립분환율이 1~2(%) , Terra index (EP) 17~14μm로 Sep. 분급성능이 우수한 것으로 나타남.
- 2) 초기 시운전시 Sep.의 입분 blaine이 높고 Sep.의 적정순환율이 2~2.5 이하인 C.L=1.25로 매우 낮게 운전되어(연구소 1차 분석 자료 '93.2.28) 밀 출분 blaine을 1,700~1,800cm<sup>2</sup>/g으로 현재 운전중임. (현 C.L=1.9~2.1 수준임)
- 3) B/F를 구형인 기계식 청정방식(역송식 Vibrating type)에서 Pulse jet type으로 개조하여 B/F 압손이 310mmAq ⇒ 80mmAq로 감소, 밀 통풍량 증가와 B/F 수명연장 효과를 보이고 있음.
- 4) 밀출분의 관리로 인한 밀내 과분쇄 방지의 효과로 밀 출구온도가 140 ⇒ 90°C 수준으로 감소됨.

9-3 향후 추진계획

- 1) Sep. 최적 운전조건에 관한 실험계획을 추진하여 밀 및 Sep. 운전 최적화로 분쇄능력을 증대코자 함. (1인 1테마 선정 현장실험 추진중)
- 2) 기존 #3,4 C/M의 Sep. 분급성능을 비교검토하여 Sep. 운전 manual화 추진