

#5 Kiln e-B/F 개조 결과

이 석 제

<쌍용양회 영월공장>

1. 개 요

2004년1월1일부터 환경부의 "대기배출 오염물질 관리방법"이 강화되어 TMS(Tele-Metering System) 장치의 설치가 의무화됨에 따라, 실시간으로 측정된 TMS Data가 규제기준을 초과할 경우 엄격한 제재를 받게 됨. 당사의 경우 Kiln배출 Gas용 집진기(Electro-static Precipitator)는 배출Gas 규제가 느슨한 시기 (200~300mg/Nm³)의 구식(90년 이전 Type)설비로 원료 Mill의 가동/정지시 규제치를 초과하고 있으며, 폐자원 확대 사용과 더불어 Dust의 전기 비저항치 변화에 의한 성능저하가 우려되므로 경영환경의 악화의 어려움에도 불구하고 집진기별 보완/교체 계획을 수립, 추진하게 됨.

1.1 환경법규 변화 및 행정처분

Table 1. 배출분진 규제변화 History

시 기	83년 9월~	87년 7월~	91년 8월~	95년 1월~	99년 1월~
농도 (mg/Nm ³)	500	300	200	100	50

Table 2. 대기배출 오염물질 관리방법 변경

항 목	기 준	현 재
측정방법	- 환경관리공단 측정 : 1회/6개월 - 자가측정 : 1회/주 (평균 Data)	- TMS Data(30분 평균치) 적용

Table 3. 대기배출 규제기준

구 분	Dust	NOx	SOx
규 제 치	50mg/Nm ³ 이하	350ppm 이하	500ppm 이하
부 과 금	770원/kg	부과금 없음	500원/kg

Table 4. 행정처분

구 분	세 부 내 용				
개 선 명 령	30분 평균치(50mg/Nm ³)가 일간 2회 이상 초과 30분 평균치가 1주간 7회, 1개월내 15회 이상 초과				
행 정 처 분	배출기준을 초과시 행정명령 <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>1차 위반: 개선명령</td> <td>2차 위반: 조업정지 10일,</td> </tr> <tr> <td>3차 위반: 조업정지 20일</td> <td>4차 위반: 허가취소</td> </tr> </table>	1차 위반: 개선명령	2차 위반: 조업정지 10일,	3차 위반: 조업정지 20일	4차 위반: 허가취소
1차 위반: 개선명령	2차 위반: 조업정지 10일,				
3차 위반: 조업정지 20일	4차 위반: 허가취소				

1.2 환경법규 변화에 따른 당사의 대응노력

대기배출 오염물질 관리방법에 따른 TMS 및 집진설비에 대한 적극적인 투자를 시행함.

Table 5. 년도별 환경 관련 설비투자 현황 (단위 : 억원)

구 분	'03	'04	'05/'06	계	비 고
TMS 설치	15	-	-	15	동해 8기, 영월 4기
E.P → B/F화	100	160	120	380	동해 6기, 영월 3기
요소투입설비 설치	11	-	-	11	동해 7기, 영월 3기
계	126	160	120	406	

2. 집진기 개조방안 검토

Table 6. 집진기 개조 Case별 특징비교 검토

항 목	1 안	2 안	3 안	4 안
개조방법	기존 E.P 보수 및 증설	B/F 신설	e-B/F 신설	기존 E.P 활용 & B/F 증설
개조내역	방전극 교체 & 1실 증설	전체 신설	전체 신설	E.P 1실 재활용 & e-B/F 증설
필요공간	4m 연장	2.7 m 연장	4m 연장	4m 연장
기존설비	전체 사용	Hopper 일부 사용	Hopper 일부 사용	기존 E.P 1실 사용
신뢰성	보통	우수	우수	우수
유지보수	최소	Bag 교체/2년	Bag 교체/3년	Bag 교체/3년
공사기간	1.5 개월	3 개월	3 개월	2.5 개월
IDF교체	×	○	○	○
동력비	小	大	中	中
투자비	小	大	大	中
장 점	최소 동력비 기존 IDF 사용 투자비 저렴	공정변화에 관계없이 집진효율 안정	집진효율 안정 동력비 절감	집진효율 안정 동력비 절감 투자비 저렴
단 점	집진효율 불안정	동력비 大	EP + B/F 동시 관리 필요	EP + B/F 동시 관리 필요
적용우선순위	D	C	B	A (채택)

3. 신개념 집진기술(Electrostatic Bag Filter : 예비 하전 B/F) 소개

3.1 개발후 적용 History 및 기본구조

Table 7. Application History

일 정	적 용 처	용 도
1999.07	특허 획득	KOREA COTTRELL社
2000.10	(주)중일	납(Pb) 회수 System
2001.03	아산 해군기지	소방설비용 방지설비
2003.04	쌍용양회공업(주) 영월공장	#5 K/N 집진설비용

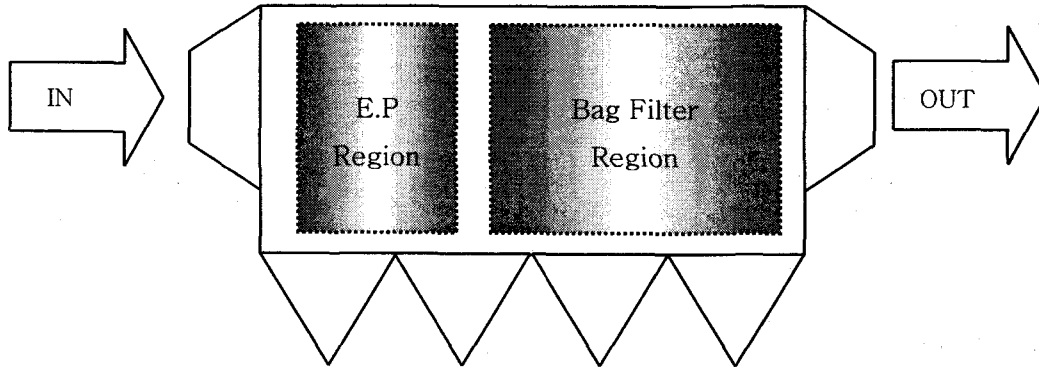


Fig. 1 e-B/F의 기본구조

3.2 기본원리

Filter Bag으로 Dust가 유입되기 전에 Dust에 전기적 하전을 주어 Dust에 정전기력을 발생시켜 Filter Bag 표면에 수지(Dendrite)상의 구조로 부착되게끔 유도함.

3.3 집진방식

하전된 포집 입자가 여과포의 극성로 인해 여과포와 같은 성질을 가지게 되고, 결과적으로 입자들이 기존의 포집된 입자들에 의해서도 포집이 되고 입자는 마치 수지형상으로 성장하면서 포집이 된다.

Table 8. Filter Bag 부착형태 비교

	하전되지 않은 입자의 부착	하전된 입자의 부착
부착 면적	<p>부부적 부착</p>	<p>전체적 부착</p>
부착 형태		

3.4 e-B/F 주요 특징

- 정전기력에 의한 Dendrite(수지) 구조의 분진층 형성
- 여과포內 미세입자 침투방지에 의한 Mesh Clogging 현상 감소
- 여과표면의 증가에 따른 마찰손실의 감소 → 압력손실의 저감
- 여과 속도 및 처리유량의 증가 (동일 설비 대비 기준)
- 탈진 주기의 연장에 따른 Filter Bag 수명 연장 → 운전비(동력비)의 절감

3.5 Pilot Model 실험

3.5.1 실험조건

Table 9. Condition of Pilot Model Test

실험 주관	유 량	A.C.R	예비하전
COTTRELL 社	23,510Am ³ /min	0.85m/min	39kV

3.5.2 실험측정 Data (COTTRELL 사)

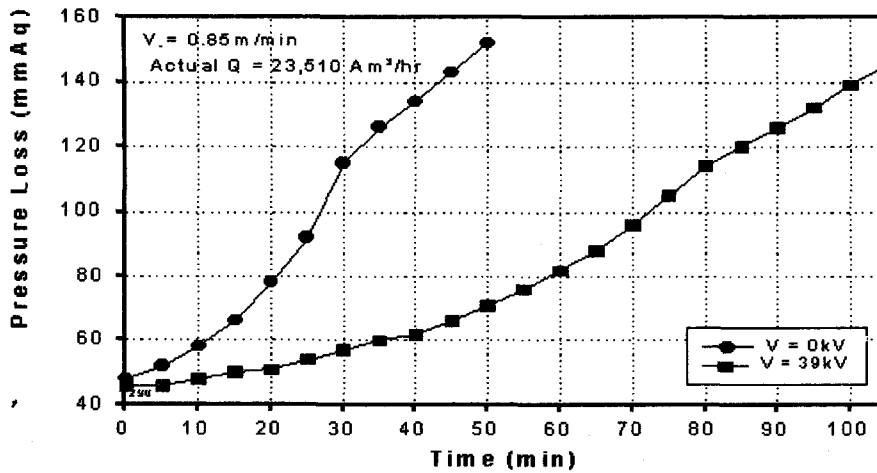


Fig. 2 Pressure Loss (mmAq)

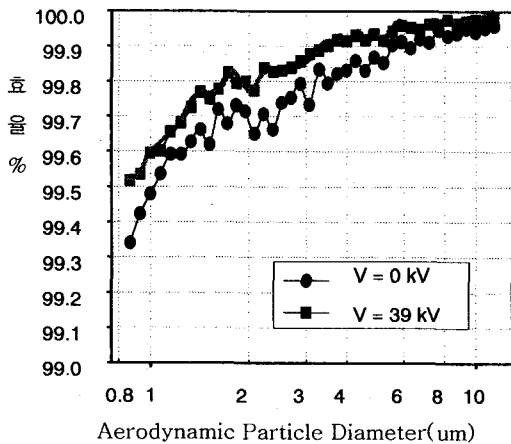


Fig. 3 입자 Size별 포집효율

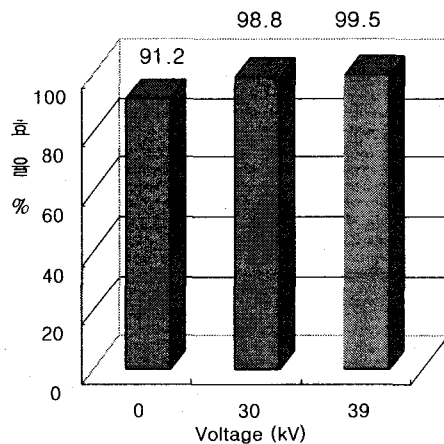


Fig. 4 중량 포집효율

3.5.3 Pilot 실험 결과 요약 (Table 10)

대상 항목	실험 결과
압력손실 감소	8~27%
Pulsing 회수 감소	~50%
집진효율 증가	~9%
Energy 절감	> 20%

4. e-B/F 설치공사 (쌍용 Cement 영월공장 #5 Kiln)

4.1 기존 E.P 사양

Table 11. 기존 K-5 E.P Specification

항 목	규 격	비 고
Maker	M.H.I (1972년)	
Dimension	18.2Mw×18.38mL×12.25mH	
집진 유효면적	14,818 m ² (Chamber 수 : 3실)	
IDF	6,055 Nm ³ /min, 1040mmAq, 1950kw (6,600V)	
가동유량	5,517 Nm ³ /min	
입구농도	1,100 g/Nm ³ -dry	

4.2 개조 e-B/F 사양 및 운전조건

Table 12. 설계 e-B/F Specification

항 목	기존 E.P	후단 Bag Filter
Type	66Kv, 1700mA	Off-Line Air Pulse Jet
Flow Rate (m ³ /min)	-	Max. 11,340
Filter 면적 (m ²)	4,939	8,563 (Gross)
Air Cross Ratio(m ³ /min /m ²)	50	1.32 (Gross)
입구농도 (g/Nm ³ -dry)	1,100	100 (Design)
출구농도 (g/Nm ³ -dry)	-	10 이하
B/F IDF	-	14,068 m ³ /min, 1,100mmAq
Filter Bag (TETRA TEX)	Quality	-
	Dimension(mm)	-
	내열온도	-
	보증수명	-
		Fiber-glass+PTFE Membrane
		D156×L5,200 (3,360매)
		Max. 250 °C
		3 년

Table 13. 운전조건

e-B/F 입구농도	100 ~ 120 ℃
e-B/F 전체차압	170 mmAq

Table 14. 온도상승에 대한 조치방법

온도	조치내용	비고
> 240	S/T Water Pump 가동	R/M 가동시 Mill 內 Spray
> 250	B/F 냉풍 Damper Open	Cooling Damper 2 Set (B/F Inlet)
> 260	B/F IDF Stop (Kiln Stop)	-

4.3 공사 중점 추진 사항

4.3.1 공사기간 단축방안

- Design Review (12회)를 통한 최적 설치방안 수립
- Shut Down 전 Hopper 와 Casing 을 일체형으로 사전 조립
- 설비구조물 보강방안의 검토 및 토목공사 사전 시행

Table 15. Kiln Shut Down 기간 (공사기간 단축효과)

계 획		공 사 기 간		단 축
철거 10일	총 40일	철거 10일	총 35일	총 5일
설치 30일		설치 25일		

4.3.2 공사비용 절감

Table 16. 교체공사 비용 (단위 : 백만원)

항 목	기 계	전 기	토 건	계
B/F 구매,설치	1,730	-	-	1,730
Local 공사	942	710	424	2,076
합 계	2,672	710	424	3,806

Table 17. 공사비용 절감효과 (단위 : 백만원)

예 산	공 사 비	차 이	절 감 사유
4,500	3,806	674	◎B/F → e-B/F 개조 - 중량, 면적, Bag 수량 감소 - 철거비용 감소 (1실 미철거)

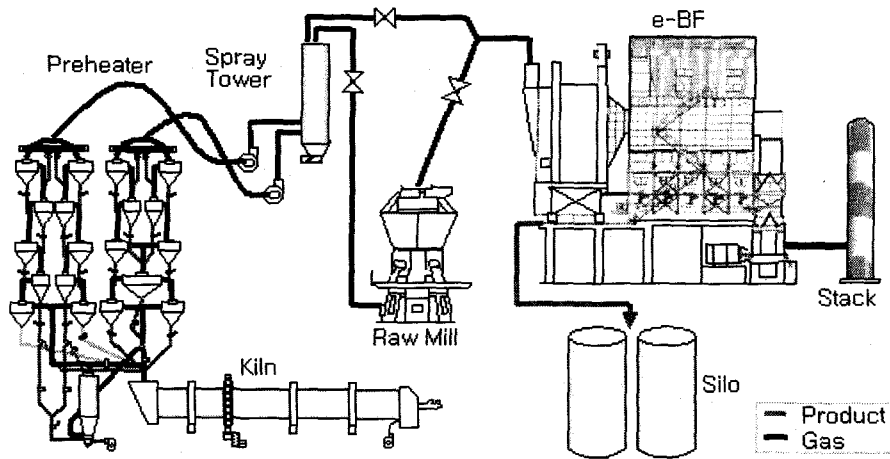


Fig. 5 공사 후 설비 Lay Out

5. e-B/F 설치후 공정 Data Check

Table 18. Kiln 운전현황 개조전후 비교표

		개 조 전	개 조 후	대 비	비 고
원료투입량 (T/H)	K-Line	120	125	5	▲ 4.2%
	C-Line	160	165	5	▲ 3.1%
Coal 사용량	K-Line	6.7	6.9	0.2	▲ 2.9%
	C-Line	11	10.3	-0.7	▼ 6.4%
Recycle 자원 사용량 (T/H)		1.5	2.0	0.5	▲ 33.3%
Tire 투입량 (kg/t-clinker)		7.9	9.0	1.1	▲ 13.9%
Main Motor Amp'		700	700	-	-
CO (%)	K-Line	0.15	0.06	-0.09	-
	C-Line	0.06	0.06	-	-
K/N IDF Damp' 개도 (%)		65	65	0	-
		48	55	7	-

Table 19. Raw Mill & e-B/F 운전현황 개조전후 비교표

		개 조 전	개 조 후	대 비	비 고
원료 투입량 (T/H)		300	306	6	▲2.0%
전력 원단위 (kwh/t)		19.98	22.17	2.19	▲11.0%
원료 잔사 (+88µmR)		12.1	12.9	0.8	-
R/M	입구온도 (°C)	265	265	0	-
	차압 (mmAq)	540	660	120	-
S/T	출구온도 (°C)	290	300	10	-
	출구압력 (mmAq)	-5	-20	-15	-
기존 E.P or e-B/F	입구온도 (°C)	85~90	100	-	-
	IDF Damp' Open(%)	100%	60~65%	-30 ~ -40	-
	Total 차압(mmAq)	100	140	-	-
	Cham' 차압(mmAq)	-	90~100	-	-
출구농도 (mg/Nm ³)		70~80	5~9	-60 ~ -71	-

Table 20. 운전조건별 Dust Load 측정결과

운전조건			Dust Load 및 집진효율									
			EP (g/Nm ³ , %)				B/F (g/Nm ³ , %)				유량 (Nm ³ /min)	압력 mmAq
			입구	출구	차이	효율	출구	차이	효율			
R/M 가동	I	EP(O)	859	18	18%	97.9	6.9	22%	99.9	8782	148	
	II	EP(x)	947	22		97.4	8.9		99.9	8905	174	
R/M 정지	III	EP(O)	60	12	20%	80.0	5.5	7%	99.9	4865	108	
	IV	EP(x)	58	15		74.1	5.9		99.9	5016	120	

※ EP (O) : EP 가동, EP (x) : EP 정지, B/F 는 상시 가동 상태

Table 21. e-B/F 설계 및 실제 운전조건 비교표

	풍량 (A ³ /min)	A.C.R (m ³ /min/m ²)	출구농도 (mg/Nm ³)	출구차압 (mmAq)	비 고
설계조건	14,068	1.32	10	150	
운전 Data	9,346	0.85	5~9	140~150	

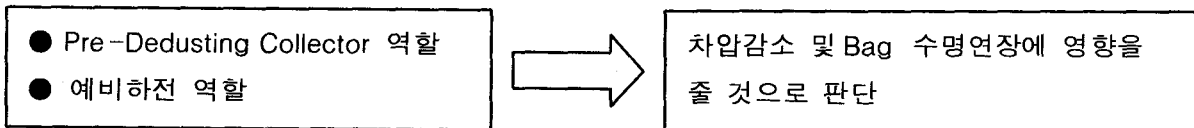


Fig. 6 e-B/F 內에서의 E.P 역할

6. 집진기 개조 효과

Table 22. Raw Mill 부문 개조전후 비교표

	개 조 전	개 조 후	대 비	금액효과
단위생산 (t/h)	300	306	▲ 6	▲ 170 상승 (백만원/년)
전력원단위(kwh/t)	19.98	22.17	▲ 2.19	

Table 23. KilnI 부문 개조전후 비교표

	개 조 전	개 조 후	대 비	금액효과
단위생산 (t/d)	4,051	4,085	▲ 34	▽ 152 절감 (백만원/년)
전력원단위(kwh/t)	714	708	▲ 6	

Table 24. 종합적인 효과 파악 결과

비 용 측 면	공 정 영 향	집 진 기 보수비용	Filter 교체비용	TMS 보수비용	배 출 부과금	합 계
	▲ 18	▽ 22	▲ 79	▲ 100	▽ 130	▲ 45
기 타	행정처분에 의한 조업정지 위험 제거 및 향후 Recycle 자원 확대사용 가능					

7. 결 론

기존 전기집진기를 활용한 e-B/F 개조설치는 신뢰성 및 경제성 측면을 고려서,

- 교체공사 기간 단축 및 공사비용 절감
- 하전입자에 의한 압력손실 감소로 운전비용 및 유지보수비용 절감
- 일반 B/F 대비 우수한 집진효율 실현 등의

우수한 효과를 보여주고 있어 기존 E.P에 대한 e-B/F 개조는 효과적이라 판단됨.