

#5 Kiln 집진기 개조결과

김 창 원
 <쌍용양회 동해공장>

1. 개 요

'04년 1월 1일부터 "대기배출 오염물질 관리방법"이 강화되어 TMS(Tele-Metering System)설치가 의무화됨에 따라, 실시간으로 측정된 TMS Data가 규제기준을 초과할 경우 엄격한 제재를 받게 됨.

당사의 경우 Kiln배출 Gas용 집진기(Electrostatic Precipitator)는 구식('90년 이전 Type)설비로 원료 Mill의 가동/정지시 규제치를 초과하고 있으며, dust의 전기 비 저항치 변화에 의한 성능저하가 우려되므로 당사 영월공장에서 효과가 검증된 E-B/F형 집진기로의 보완/교체 계획을 수립 추진하였음.

1.1 환경법규 변화 및 행정처분

Table 1. 배출분진 규제변화 History

시 기	83년 9월~	87년 7월~	91년 8월~	95년 1월~	99년 1월~
농 도 (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 부과금 산정방식

구 분	Dust
개정 전	<input type="checkbox"/> 측정시 Data 15mg/Nm ³ 이하 시 면제 <input type="checkbox"/> 측정시 Data 15mg/Nm ³ 이상 시 - 50mg/Nm ³ 까지는 기본배출부과금 부과 - 50mg/Nm ³ 초과분에 대해 추가금 부과
개정 후	<input type="checkbox"/> 30분 Data 6개월 평균 15mg/Nm ³ 이하 시 면제 <input type="checkbox"/> 30분 Data 6개월 평균 15mg/Nm ³ 이상 시 전체 Data에 대하여 - 50mg/Nm ³ 까지는 기본배출부과금 부과 - 50mg/Nm ³ 초과분에 대해 추가금 부과

Table 4. 행정처분

구분	세부내용	
	행정규제 대상 배출농도	행정규제
개정 전	측정 시 50mg/Nm ³ 이상 (연 2회 측정)	1차 : 개선명령, 2차 : 개선명령 3차 : 조업정지 4차 : 허가취소 또는 폐쇄
개정 후	연속측정 30분 평균치 : 50mg/Nm ³ 이상(연속2회, 7회/주, 15회/월 이하)	1차 : 개선명령, 2차 : 조업정지 10일 3차 : 조업정지 20일 4차 : 허가취소 또는 폐쇄

1.2 설비현황 및 환경법규 변화에 따른 당사의 대응노력

Table 5. 쌍용양회 Kiln 설비현황

구분	호기	Type	능력	개조년도
동해공장	#1KILN	NSP	7,600	1992
	#2KILN	SP	3,050	
	#3KILN	SP	4,290	
	#4KILN	SP	4,516	
	#5KILN	SP	4,516	
	#6KILN	NSP	5,016	1997(Cooler)
	#7KILN	NSP	5,016	1998(Cooler)
	계			33,504
영월공장	#1KILN	SP	695	
	#2KILN	SP	695	
	#3KILN	NSP	2,998	1989
	#4KILN	SP	1,93	
	#5KILN	NSP	4,400	1990
	계			10,718
총계			44,222	

Table 6. 쌍용양회 Kiln Line 집진기 현황

(대기배출 오염물질 관리방법에 따른 TMS 및 집진설비에 대한 적극적인 투자를 시행함)

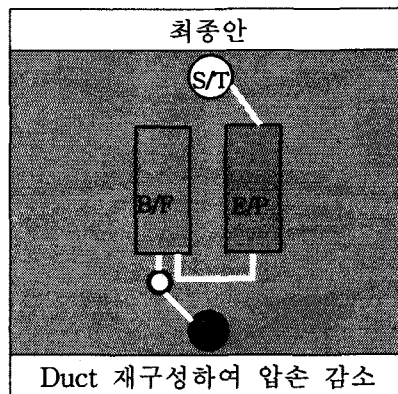
구분	호기	집진기TYPE	개조년도	비고
동해공장	#1KILN	B/F	1989	K-Line
		E.P	1992	C-line
	#2KILN	B/F	2003	
	#3KILN	B/F	1996	병렬 연결
	#4KILN	E.P	1994	
	#5KILN	EP+B/F	2004	직렬연결
	#6KILN	EP+B/F	2004	직렬연결
#7KILN	E.P	1994		

구분	호기	집진기TYPE	개조년도	비고
영월공장	#2KILN	E-B/F	2004	
	#3KILN	E-B/F	2004	
	#4KILN	B/F	1996	
	#5KILN	E-B/F	2003	

2. 집진기 개조방안 검토

Table 7 집진기 개조 Case별 특징비교 검토

1 안	2 안	3 안
초기투자비 과다	집진성능불량 가능	공간제약, 비용대비 효율저하
4 안	5 안	6 안
공간제약	압손증가	투자비 과다



■ 당사 영월공장에 기 설치하여 개조효과를 나타내고 있는 E-B/F 의 집진원리를 응용하여, B/F 설치 비용의 감소, Pulsing 회수 감소, 집진효율 증가 등 에너지 절감을 위해, 최종안인 E.P + B/F의 직렬Line 구성을 채택하였으며, IDF 구동방식을 Damper Control 방식에서 R.P.M Control방식으로 변경하였음.

■ 참조 : 예비하전 B/F(Electrostatic Bag Filter) 소개

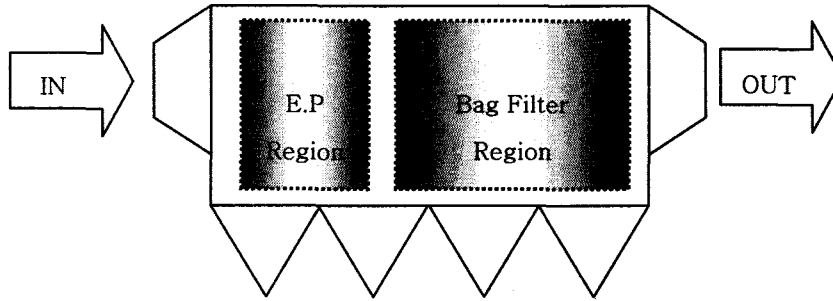


Fig. 1 e-B/F 기본구조

<기본원리>

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

<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

구분	하전되지 않은 입자의 부착	하전된 입자의 부착
부착 면적		
부착 형태		

<e-B/F의 주요특징>

- 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 (동일설비 대비)
- 탈진 주기의 연장에 따른 Filter Bag 수명 연장 → 운전비(동력비)의 절감

<Pilot 실험결과 요약>

구분	압력손실 감소	Pulsing횟수감소	집진효율증가	Energy 절감
실험결과	8~27%	~ 50%	~ 9%	> 20%

<e-B/F 설치공사 결과(쌍용 Cement 영월공장 #5 Kiln)>

Table 10. Raw Mill & e-B/F 운전현황 개조전후 비교표

구분		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 (+88umR)		12.1	12.9	0.8	-
R/M S/T	입구온도(℃)	265	265	0	-
	차압 (mmAq)	540	660	120	-
	출구온도(℃)	290	300	10	-
	출구압력 (mmAq)	-5	-20	↓15	-
기존E.P or e-B/F	입구온도(℃)	85~90	100	-	-
	IDF Damp' Open(%)	100%	60~65%	↓35~40	-
	Total 차압(mmAq)	100	140	-	-
	Cham' 차압(mmAq)	-	90~100	-	-
	출구농도 (mg/Nm ³)	70~80	5~9	↓61~71	-

Table 11. 운전조건별 Dust Load 측정결과

운전조건			Dust Load 및 집진효율									
			EP (g/Nm ³ , %)				B/F(mg/Nm ³ , %)				유량 Nm ³ /min	압력 mmAq
			입구	출구	차이	효율	출구	차이	효율			
R/M	I	EP(O)	859	18	18%	97.9	6.9	22%	99.9	8,782	148	
가동	II	EP(x)	847	22		97.4	8.9		99.9	8,905	174	
R/M	III	EP(O)	60	12	20%	80.0	5.5	7%	99.9	4,865	108	
정지	IV	EP(x)	58	15		74.1	5.9		99.9	5,016	120	

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

Table 12. e-B/F 설계 및 실제 운전조건 비교표

구분	풍량 (Am 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	

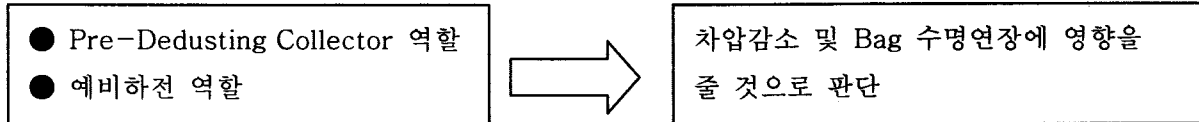
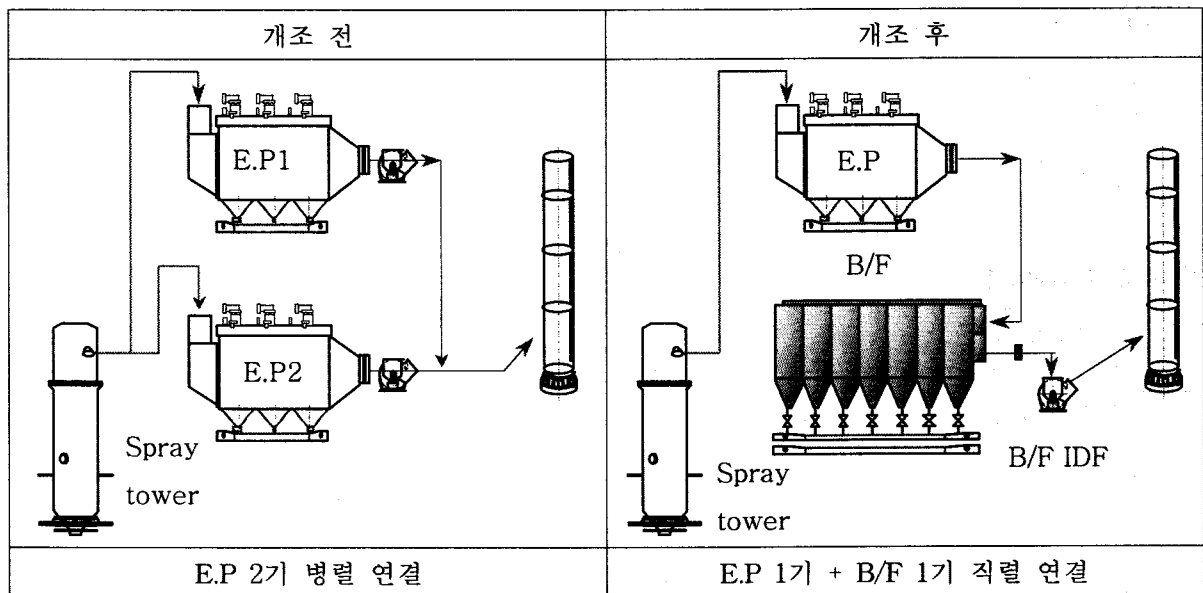


Fig. 6 e-B/F 내에서의 E.P 역할

3. 공사개요

3.1 개조방안



3.2 설비 Spec' 비교

항목	단위	개조전	개조 후	차이
Gas Flow	Nm ³ /min	4,916 × 2	9,740 × 1	↓ 92
Gas Temp'	℃	120	150	↑ 30
Out Dust량	mg/Nm ³	100	10	↓ 90
IDF Vol'	Am ³ /min	9,867 × 2	15,700 × 1	↓ 4,034
IDF Power	Kw	650 × 2	1,450 × 1	↑ 150
IDF 회전수	RPM	700	890	↑ 190

항목	단위	개조 전	개조 후	차이
IDF 극수	Pole	10	8	
설치년도		1979	2004	
Maker		ELEX	한라산업개발 (주)	
IDF Maker		서원풍력기계 (주)	서원풍력기계 (주)	
Filter bag (BHA,CTC)	Quality		Glass Membeane, PTFE	
	Dimension		Φ156*6,000L	
	내열온도		200℃ 3 hr 이하	
	보증수명		수명 4년	

4. B/F 설치공사 결과

4-1 운전조건

1) B/F 운전조건

구분	설계				현재	비고
	최적조건	운전조건	H1	H2		
온도 (℃)	150	150~180	200 alarm	220 냉풍Open	170	120℃이하 금지 200℃이상 3hrs 이상금지
차압 (mmAq)	<130	130~140	220 교체준비	240 교체필요	95	

2) 주요 Interlock

Test 항목	Test 내용 및 기준설정
B/F 출구압력	-450 mmAq에서 10 Sec Delay후 All Emergency Stop
냉풍 Damper	B/F 입구온도: 220℃ 이상시 Damper Open
B/F IDF Trip	B/F IDF Trip시 K/L IDF Trip 및 냉풍 Damper Open
B/F IDF Brg' 온도	90℃ 이상시 B/F 및 K/L IDF Trip, 냉풍 Damper Open

4-2 개조 전,후 DATA 비교

1) E.P & B/F 운전현황

구분		전 (’03.4~6)	후 (’04.3~6)	대비	’05.6
7-1 E.P	mA	1실	469	↓ 426	2
		2실	255	↓ 195	16
		3실	1,503	↓ 1,278	113
		4실		47	↑ 47

구분			전 (’03.4~6)	후 (’04.3~6)	대비	’05.6
7-1 E.P	kV	1실	39	34	↓5	1
		2실	58	66	↑7	74
		3실	33	29	↓4	38
		4실	0	68	↑68	73
7-2E.P vs B/F	입구온도 (°C)		126	159	↑33	152
	입구압력 (mmAq)		-55	-75	↓20	-96
	출구압력 (mmAq)		-120	-170	↓50	-213
	Spray 량 (%)		83	69	↓14	69

2) B/F IDF(VVVF) 운전현황

구분	Spec'	운전data			
		'04.3~6		예상	
		운전data	Spec'대비	운전data	Spec'대비
온도 (°C)	150	160~170	-		
압력(mmAq)	-400	-200	50%	-350	88%
풍량(m³/min)	15,700	12,900	82%	13,899	89%
개도 (%)	100	100	-	←	-
속도 (RPM)	Max. 890	680	76%	720	81%
동력 (Kw)	1,450	550	38%	815	92%
IDF 효율			40%		70%

5. B/F 설치공사 효과

5-1 집진효율 대폭증대

운전조건	E.P			B/F			B/F유량	비고
	입구	출구	효율	입구	출구	효율		
R/M가동	31,047	439	99%	437	4.7	99%	10,183	
R/M정지	28,540	711	98%	711	5.3	99%	11,544	
평균	29,793	575	98%	575	5.0	99%	10,863	
집진비율	98%			2%			집진효율	99.98%

5-2 배출농도 감소로 TSP관리 강화

구분	전	후	대비	감소율
정상공정시 평균	79 mg/Nm³	5~10 mg/Nm³	↓74 mg/Nm³	94%
공정이상시 평균	104 mg/Nm³		↓99 mg/Nm³	95%
30분평균 초과회수	844 회 ('03.6~7월)	ZERO	↓844회	100%

5-3 금액효과

▣ TOTAL 절감금액 : 796.8백만원/년 (투자금액 : 5,087백만원)

1) 배출농도 기준치 초과 Zero화로 배출부과금 절감 : 543백만원

구분	기본부과금 (15 mg/Nm ³ 초과)	초과부과금 (15 mg/Nm ³ 초과)	절감금액 (백만원/년)	비고
초과횟수(회)	6272	2154	543	조업정지방지
부과금(백만원)	41	502		

2) S/Tower 적분감소 : 45백만원

적분횟수		적분청소 인		절감금액 (백만원/년)	비고
교체 전	교체 후	적분 제거비	Dust 처리비		
28	8	13.2	32	45.2	

3) IDF 신설(VVVF)에 따른 전력원단위 감소 : 209백만원

구분	교체 전 (damper onrol)	교체 후 (RPM control)	차이	절감금액 (백만원/년)	비고
Amp'	91	43	↓48	△204	
소요전력(kwh)	885	418	↓467		

4) 무형효과 : 행정처분에 의한 조업정지 위험 제거

5.4 공사기간 단축실적

- 공사시행전 당사 영월공장 및 동해공장 생산1팀 견학실시로 최적 설치방안 수립
- Hopper & Manifold 가조립용 Support 설치로 조립공정 단축
- Duct 설치 Simulation 실시를 통한 조립공정 단축

Table 16. Kiln Shut Down 기간 (공사기간 단축효과)

계 획	공 사 기 간	단 축
총 50일	총 45.3일	4.7일

5.5 공사비용 절감

Table 17. 공사비용 절감효과 (단위 : 백만원)

예 산	공 사 비	차 이	절 감 사 유
5,570	5,087	△482	

6. 결 론

기존 전기집진기를 활용한 E.P + B/F 개조설치는 신뢰성 및 경제성 측면을 고려 시,

- 교체공사 기간 단축 및 공사비용 절감
- E-B/F와 같은 하전입자에 의한 압력손실 감소로 운전비용 및 유지보수비용 절감
- 일반 B/F 대비 우수한 집진효율 실현 등 우수한 효과를 보여주고 있어 기존 E.P에 대한 E.P. + B/F 개조는 효과적이라 판단됨.