

雙龍洋灰 東海工場의 에너지 管理

具 容 會

〈雙龍洋灰 東海工場生産1部長〉

1. 서 언

시멘트산업은 에너지 비용이 제조원가의 큰 비중을 차지하는 에너지 다소비산업으로서, 꾸준한 공정개선과 기술혁신을 통한 에너지 절감은 원가절감 및 해외시장 경쟁력을 높이는 지름길이라 할 수 있다.

쌍용양회공업(주) 동해공장은 82년도에 에너지 절감을 위한 전사적인 노력을 기울여 cooler 폐열회수, cement mill 공정개선, 연료대체, 저질탄사용 등으로 많은 성과를 거두었다. 이 글에서는 cooler 폐열회수, cement mill 공정개선에 의한 에너지 절감 사례를 간략하게 서술하였다.

2. 공장 에너지 관리

1) 에너지 관리기구

체계적인 에너지 관리를 위해 당 공장에서는 에너지 관리기구를 조직 운영하고 있다(〈表-1〉 참조). 공장장을 위원장으로 하여 각 계층별로 공정관리, 열관리, 전력관리 및 설비관리에 주력하고 있으며 각 분야에서는 에너지관리 전문가가 활동하고 있다.

2) 에너지 관리업무 추진

에너지 관리위원회의 주요업무 내용을 보면

다음과 같다.

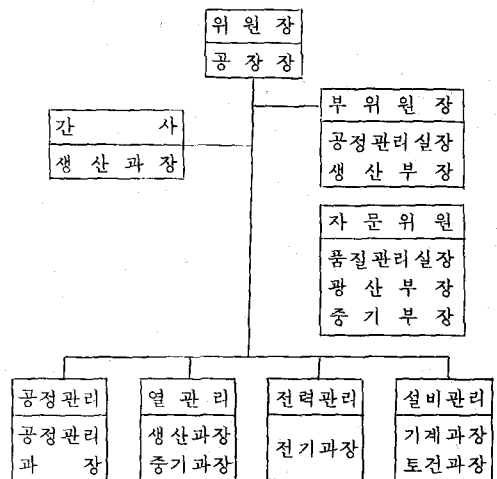
(1) 연간 기본운영계획 수립

열관리, 전력관리, 공정관리, 설비관리에 관한 기본관리항목(〈表-2〉 참조)에 대하여 연간 투자계획 및 관리목표를 설정 시행하고 있으며 시행과정에 있어서는 월별 시행계획과 기본운영계획을 바탕으로 별도로 수립 시행하고 있다.

(2) 에너지 관리실적 분석

월별, 분기별로 에너지 관리위원회를 개최하여 期間동안의 에너지 사용실적을 분석하고 부진한 사항에 대해서는 그 대책을 강구하여 당

〈表-1〉 에너지 관리기구



초 목표를 달성하도록 유도하고 있다.

(3) 기술수준 향상

기술수준을 향상시키기 위하여 충남 대덕의 중앙연구소를 중심으로 종합경영정보시스템(MIS)을 통한 기술정보 축적 및 활용을 모색하고 있을 뿐 아니라 全社的인 engineer task force team을 구성하여 各 工場의 공정을 검토 분석, 문제점을 파악하고 공정 개선 및 효율화를 위한 대책을 마련하고 있다. 또한 2개월 주기로 사내기술협의회를 개최하여 상호 기술교류에 힘쓰고 있다.

(4) T.Q.C 활동

T.Q.C 활동의 根幹인 Q.C.C. 활동을 통하여 현장 실무자들의 에너지 절감 의식고취에 노력하고 있으며 기능전개를 통한 目標, 관리 제도의 정착으로 에너지 절감에 큰 효과를 거두고 있다.

3) 에너지 사용설비 현황

당 공장의 연간 에너지 사용량은 연료가 석유 환산톤으로 65만톤 이상이며, 전력은 68만

부문별 기본관리항목

<表-2>

열 관리	전력관리	공정관리	설비관리
-열효율향상	-원단위관리	-공정연구	-설비개선
-heat loss 방지	-역률개선	-투자계획수립	-예방정비
-폐열이용	-peak치 및 peak time 관리	-process 자동화 검토	

Mwh 이상으로 막대한 에너지를 소비하고 있다

82년도 에너지 사용처별 사용실적을 살펴보면 B.C oil로 환산하여 boiler에서 74,570 kℓ로 전체에너지 소비량의 9%, kiln에서 618,770 kℓ로 70%, 전력이 185,790 kℓ로 21%를 차지하고 있다. 에너지 사용 설비현황은 <表-3>과 같다.

3. 에너지 절감 사례

1) 폐열보일러 설치

(1) 개 요

air quenching cooler로부터 발생하는 열량은 소성용 2차 공기 및 석탄건조용 열원으로 coal mill에 사용되고, 나머지 약 35%의 열량이 대기중에 방출되고 있으므로 이 폐열을 회수하여 보일러를 가동함으로써 B.C oil heating용 및 난방용 steam으로 사용되고 있다.

(2) 현상파악 및 분석

대상 cooler는 No.3 kiln grate plate type air quenching cooler로서 clinker 약 4,200 t/d를 1,350°C에서 약 100°C까지 냉각할 수 있다. cooler는 10실로 구성되어 cooling air fan 10대가 가동되고 있으며 최대 cooling air는 약 8,700 Nm³/min이다. cooler 내 gas 및 열흐름도는 <그림-1>과 같다.

이 데이터를 근거로 cooler heat balance를 작성하면 <表-4>와 같다.

cooler로부터 배gas 인출부위를 결정하기 위한 cooler 내 各室 온도 check결과는 <그림-2>

에너지 사용 설비현황

<表-3>

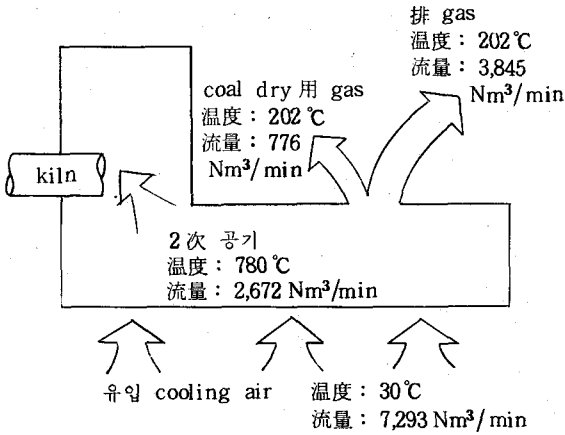
연		료		전 력	
열설비	형 식	능 력	에 너 지 源	부 문	용 량 (Kw)
kiln	rotary	2,900 t/d × 2	coal 및 B.C. oil	석회석채굴 및 파쇄	19,300
		4,200 t/d × 5		원료 및 석탄분쇄	77,250
boiler	수관식	10 t/h × 2	B. C. oil	소 성	48,300
		4 t/h × 2		clinker 분쇄	20,800
		3 t/h × 1		기 타	11,800
	연관식	6 t/h × 2	폐 열	계	177,450

와 같다. 또한 배gas 인출량을 결정기 위한 steam 소요량 파악 결과는 <表-5>와 같다.

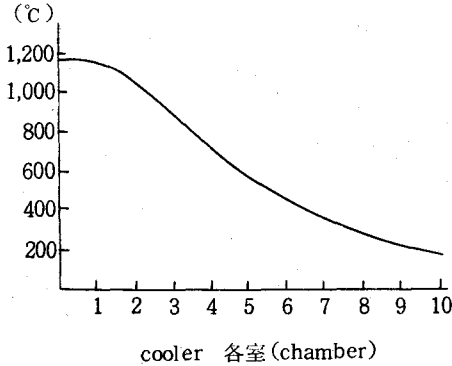
(3) 폐열보일러 추진내용

① 적정 인출 gas 량 검토

총 배gas 량 3,845Nm³/min이 모두 보일러에 투입될 경우 driving force가 작아 보일러가 대형



<그림-1> air 량 및 온도 check



<그림-2> cooler 各室温度 check

cooler heat balance

<表-4>

입 열 (10 ³ kcal / hr)			출 열 (10 ³ kcal / hr)		
clinker 지입열	65,591.6	93.2 %	2차 공기 회수열	41,268.9	58.6 %
cooling air 현열	4,778.3	6.8 %	배 gas 지거열	19,181.6	27.3 %
			크림 카 지거열	3,019.2	4.3 %
			석탄건조용 회수열	2,945.0	4.2 %
			방산열 및 기타	3,955.2	5.6 %
계	70,369.9	100 %	계	70,369.9	100 %

화되고 효율이 저하되어 비경제적이므로 공정에 영향을 미치지 않는 범위내에서 350°C 이상의 2,350 Nm³/min을 적정 인출 gas 량으로 결정하였다.

② 배 gas 적정 인출부위 검토

cooler 1실에서 4실은 소성용 2차 공기 영역이며, 8실에서 10실은 온도 약 200°C로 driving force가 작아 보일러用 gas로 적정치 못하다. 그러나 cooler 5실에서 7실은 500°C ~ 350°C로 driving force가 크며 기타 공정에 영향을 미치지 않으므로 이 영역이 적정한 인출부위라는 결론을 얻었다.

③ steam 생산량 검토

cooler 5 ~ 7실에서 약 2,350 Nm³/min의 air가 갖는 열량은 17,900 × 10³ kcal/hr로서 이 열량에 상당한 steam은 다음과 같다.

$$\text{steam 생산량} = \frac{17,900 \times 10^3 \text{ kcal/hr} \times 0.55}{(659.5 - 16.04) \text{ kcal/kg}} \times \frac{1}{1,000} = 13.9 \text{ t/hr}$$

※ 계산기준 : boiler 효율 55 %
상용 압력 7 kg/cm²
급수 온도 16°C

④ 폐열보일러 설계조건 및 공정도

gas 투입량 2,350 Nm³/min에 대하여 전열면적은 약 2,400 m²로 보일러는 대형화되므로 2기로 나누어 설치하고 steam 발생량은 kiln상태 변화를 고려하여 12 ton/hr로 하였다(<表-6> 참조). 이렇게 하여 설계된 폐열 보일러의 공정도를 보면 <그림-3>과 같다.

공장 steam 소요량

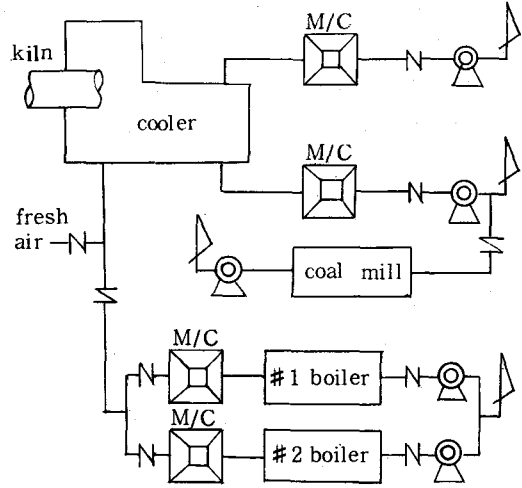
<表-5>

steam 사용처	동절기(t/hr)	하절기(t/hr)
B.C. oil handling	1.6	0.5
난 방	6.0	-
육 계 실	1.5	0.1
계	9.0	0.6

보일러 설계조건

<表-6>

전 열 면 적	1,206m ² × 2
상 용 압 령	7 kg/cm ²
gas 投 入 量	1,175 Nm ³ /min × 2
증 발 량	6 ton/hr × 2
보일러入口 gas 온도	370 ± 20 °C
보일러出口 gas 온도	200 °C



<그림-3> 폐열보일러 공정도

cement mill 문제점 및 해결방안

<表-7>

문 제 점	해 결 방 안	예 상 효 과
① ball 배열의 부적합	<ul style="list-style-type: none"> liner 재질개선 1실 대형 ball 및 2실 소형 ball 사용량 증대 	<ul style="list-style-type: none"> 전력원단위 감소 생산능력 향상 품질 향상
② ball 자동배열 불량	<ul style="list-style-type: none"> 2실 liner 형태개조 	
③ 1실 피분쇄물 level 구배발생	<ul style="list-style-type: none"> flow control diaphragm 설치 	

(4) 效果 검토

보일러에 cooler 폐열을 利用함으로써 cooler 폐열 이용도는 약 25%가 상승하였으며, 연간 B.C. oil 약 2,780kl를 절감하는 성과를 거두었다. 또한 83년 12월부터는 1.5km 거리의 아파트에도 폐열보일러의 잉여 steam을 사용할 수 있도록 현재 배관 공사중에 있으며 이 공사가 완료되면 연간 B.C. oil 약 3,400kl의 절감이 예상되고 있다.

2) cement mill 공정개선

(1) 개요

ball mill에 있어서의 분쇄 작용은 1실에서

의 대형 steel ball에 의한 충격분쇄 (impact crushing)와 2실에서의 소형 steel ball에 의한 마찰 분쇄라 할 수 있으며, 또한 분쇄 효율에 미치는 주요인자로는 대체로 steel ball의 배열과 liner의 형태라 할 수 있다. 당 공장에서는 steel ball의 배열을 변경하고 liner의 형태를 개조함으로써 단위 생산 증대 및 전력원단위 감소의 효과를 얻을 수 있었다.

(2) 현상 파악

1실에서의 충격 분쇄 효과를 높이기 위하여 대형 ball의 사용이 불가피하나 liner 재질 문제로 대형 ball의 다량 사용이 불가능하였으며 2실內 ball 자동배열 효과가 좋지 않아 mill

내 분쇄 진전 상태가 좋지 않았다. 또한 1실 및 2실 출구의 피분쇄물의 level 구배 및 mounting 현상으로 분쇄 효율 저하의 주요 요인이 되어 왔다. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 liner 재질 및 형태 개조, ball 배열 변경 그리고 flow control diaphragm 을 설치함으로써 1, 2실의 분쇄 효율을 향상시켰다. 상기 내용을 요약하면 <表-7>과 같다.

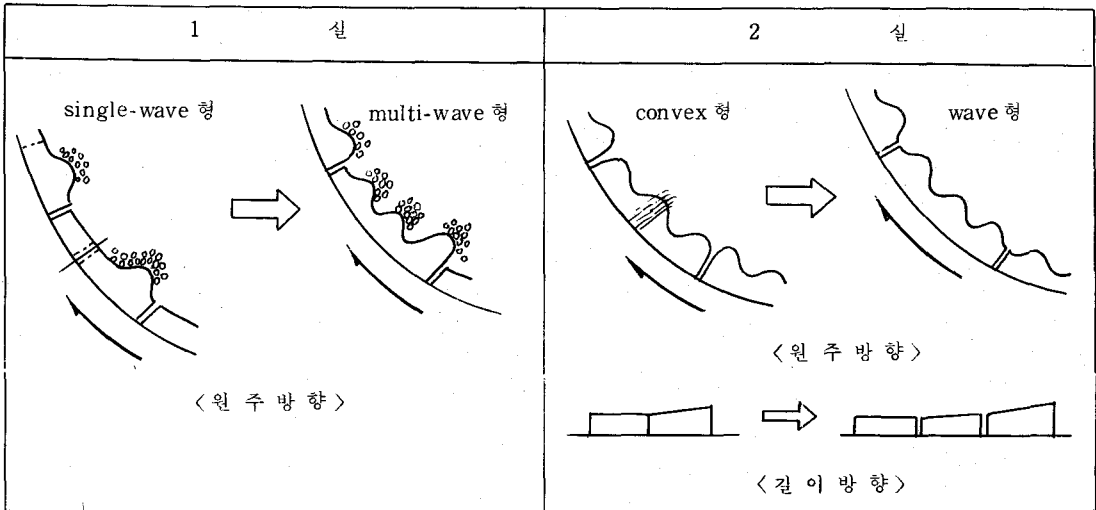
(3) 개조 내용

① liner 개조

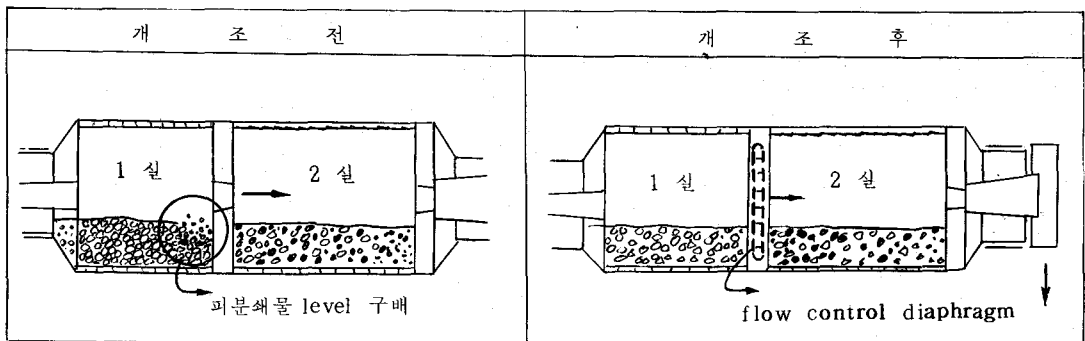
중전의 high-Mn liner는 재질이 취약하여 80% 이상 ball은 사용할 수 없었으며 liner

수명도 짧았으나 high Cr liner (Cr 함량 13%)로 교체함으로써 80~90% 이상의 대형 ball을 다량 사용하게 되고 원래의 형태를 장기간 유지할 수 있어 분쇄 효율이 향상되었다. 그리고 1실 liner는 ball의 lifting 효과를 증대시켜 ball 충격력을 강화시키기 위하여 single-wave 형에서 multi-wave 형으로 변경하였고 2실 liner는 ball 자동배열 효과를 증대시켜 마찰 분쇄 효율을 높이기 위해 convex형에서 wave 형으로 변경하였다 (<그림-4> 참조).

또한 중전의 liner는 각각 bolt로 체결하였으나 개조 liner는 밀착식 아치형으로 liner를 체결함으로써 bolt 절단으로 인한 mill 운휴 문제가 해결되어 가동률이 향상되었고 단위 생산량



<그림-4> liner 개조 내용



<그림-5> flow control diaphragm 설치전후 피분쇄물 level현상

전력절감 및 생산량 증대效果

<表-8>

項目 mill	생 산 능 력 (t/hr)			전 력 원 단 위 (Kwh / t)		
	개 선 전	개 선 후	증 가 율	개 선 전	개 선 후	절 감 량
# 2 C/M	87	94	8.0 %	42.29	38.98	3.31
# 3 "	87	96	10.3 %	42.91	39.55	3.36
# 4 "	85	98	15.3 %	47.43	40.02	7.41
# 5 "	85	95	11.8 %	47.90	41.40	6.50
계	344	383	11.3 %	45.13	39.98	5.15

향상에 기여하게 되었다.

② ball 배열 변경

변경전 1실은 80% ball을 29%밖에 사용할 수 없었으나 liner 재질 개선으로 80%~90% ball을 82%까지 사용 가능하게 되었고 2실은 60%~30% ball을 사용하였으나 liner 형태를 개조함으로써 30%~17% ball을 80%까지 사용할 수 있게 되어 1실의 충격분쇄 효과가 증대되고 2실에서는 마찰분쇄 효과를 높일 수 있도록 하였다.

③ flow control diaphragm 설치

앞에서 이미 언급한 것처럼 mill 내의 피분쇄물 mounting 현상 및 level 구배 발생 억제를 위하여 피분쇄물의 flow를 조절할 수 있는 flow control diaphragm을 설치한 결과 좋은 효과를 얻을 수 있었다(<그림-5> 참조).

(4) 效果 파악

cement mill 공정개선 효과는 <表-8> <表-9>에 표시되어 있는 것처럼 평균 11.3%의

cement mill 공정개선 경제성

<表-9>

項目 mill	개조시기	투자비 (천 원)	전력절감 (Mwh/Y)
# 2 C/M	1982. 10	210,000	2,145
# 3 "	1982. 9	"	2,177
# 4 "	1982. 7	240,000	4,802
# 5 "	1981. 4	"	4,212
계		900,000	13,336

단위 생산 증대 效果와 5.2%의 전력 절감 효과를 얻었으며 당 공장의 개선 결과를 바탕으로 全工場 cement mill에 이와같은 방법을 확대 실시하여 많은 효과를 얻고 있다.

4. 결 론

끝으로 당 공장 82년도 주요 에너지 절감 사례를 요약하면 <表-10>과 같이 폐열을 회수 이용함으로써 연간 B.C.oil 약 2,780kl, 그리고 공정개선을 통하여 연간 전력 약 13,340 Mwh의 절감 효과를 보았다. ♣

<表-10>

주요 개선 내용별 절감효과

區 分	개 선 내 용	에너지종류	투자액(천원)	연간절감량
연료절감	폐열보일러 설치	B. C 油	920,500	2,780 kl/Y
전력절감	cement mill 공정개선	전 력	900,000	13,336 Mwh/Y