

폐열회수발전소 설치에 의한 전력비 절감

정태준* · 천인배 · 조영일 · 신재홍 · 이근성

<동양시멘트 삼척공장>

I. 서 론

시멘트산업은 에너지 다소비 업종으로 생산원가에서 에너지 비용이 차지하는 역할이 매우 높으며, 그 중에 전력비 비중은 약 20~25% 차지하고 있다. 최근 유가 및 석탄가 인상에 의한 전력비 원가상승의 가능성이 높은 현재 시멘트 산업에서의 에너지 절감방안은 더욱 절실히 요구되고 있다.

에너지 절감을 위한 다각적인 검토를 통해 시멘트 반제품인 크링카를 생산하는 소성공정에서 사용되는 에너지의 약 20~30% 정도가 대기로 방출되는 폐열을 효율적 활용하기 위해서 폐열회수발전소 설치를 검토하여 설치 운영하고 있다. 이를 통해 별도의 연료원 없이 시멘트 제조공정에서 발생하는 고온의 배가스를 폐열회수 보일러의 열원으로 사용하여 고온·고압의 증기를 생산한 후 증기터빈 발전기에 공급하여 전기를 생산하는 시설을 운영함으로써 전력비 절감에 상당한 기여를 이룰 수 있었다.

II. 본 론

1. 폐열회수발전소 설치 추진 일정

- 1) 계획수립 : 2000. 7월 ~ 2002. 6월
- 2) 공사추진 : 2002. 7월 ~ 2004. 7월
- 3) 효과측정 및 검증 : 2004. 8월 ~

2. 기존 시스템의 현황 파악 및 분석

2-1 현황 파악

일반적으로 시멘트 제조공정은 1400℃의 고온 소성공정으로서 소성로에서 clinker 생성후 배가스의 흐름은 크게 두가지로 나누어 질수 있다. 하나는 예열기에서 탈탄산에 사용된 후 원료밀에서 원료 건조에 이용된 후 집진기를 거쳐 대기로 방출되고, 다른 하나는 cooler 에서 clinker 를 급냉시킨 후 집진기를 거쳐 대기로 방출된다. 당사의 경우 킬른에서 cooler 로 이송되는 크링카 온도는 약 1,300℃ 내외로, 이를 급냉시키기 위해서 냉풍을 공급하여 cooler 배가스로 대기 방출된다.

- 6, 7호 킬른: 각각 500,000 Nm³/hr 냉풍을 공급하여 냉각
- Cooler 배출가스 온도: 300~350℃ 대기 방출
- 열량: 0.316 kcal/Nm³ · K × 500,000 Nm³/hr × (325-20)℃ = 48,190,000 kcal/hr 대기방출 (킬른1기당)

폐열발전은 폐열이 발생하는 모든 분야에 적용가능하며 당사의 경우 시멘트 제조설비의 P/H 나 AQC (Air Quenching Cooler) 에서 배출되는 배가스 보유열을 회수, 보일러에서 고압증기를 생산함으로써 터빈을 구동, 전력을 생산하는 시스템으로, AQC 시스템이 가장 적합하다고 판단되었다.

2-2 현황 분석

Cooler 에서 배출되는 배가스 중 최소투자 최대효과를 얻기 위한 추기 온도, 풍량을 설정하여 기본설계 반영하였다.

- 평균 450 ℃, 300,000 Nm³/hr (Kiln 1기당)

온도는 배가스 계통 및 보일러의 재질상의 문제를 감안하였으며(500℃ 이상시 투자비의 급격한 증가) 풍량은 기존 IDF 활용 및 duct size 최소화를 위한 적정치를 선정하여 투자비를 절감하였다.

3. 공사추진 경위

3-1 공사 진행일정

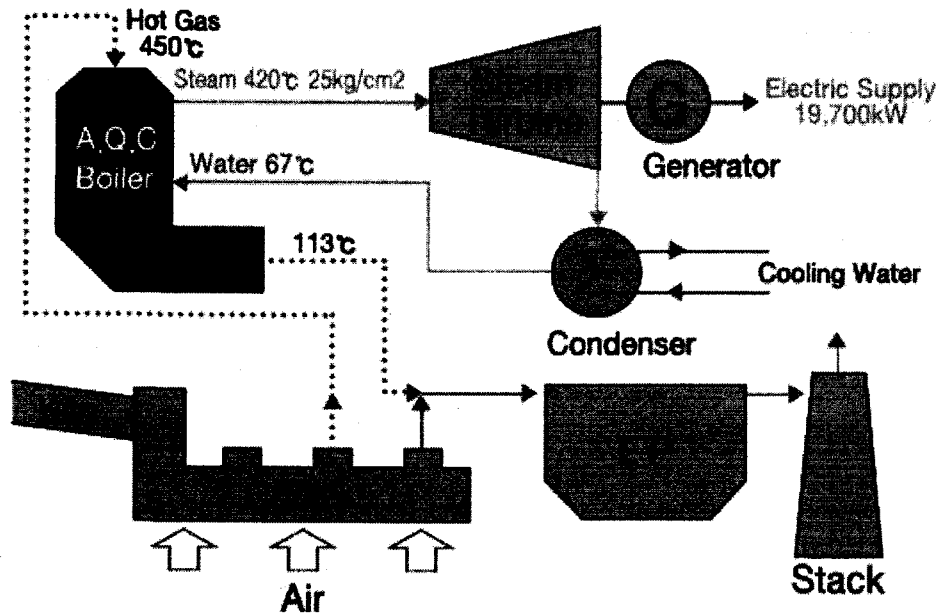
진행일정	내 용	비 고
'02. 7/3	폐열회수발전소 공사계약	
'02. 7/3 ~ '03. 11/30	기본설계 및 기자재 구매, 제작	
'03. 3/24	대우엔지니어링 현장사무소 개설	
'03. 4/28	토목공사 착수	
'03. 6/16	기계, 전기공사 착수	
'03. 8/19 ~ '03. 8/29	폐열회수보일러 Module 설치	
'03. 10/27 ~ '03. 11/19	Steam Turbine 및 Generator 설치	
'03. 12/28 ~ '04. 1/12	#6K Hot gas 추기 Duct 연결	
'04. 1/4 ~ '04. 2/18	#7K Hot gas 추기 Duct 연결	
'04. 2/9 ~ '04. 4/14	배관라인 Hydro Test & Flushing, 단독기기 단동테스트	
'04. 4/15 ~ '04. 4/28	Boiler tube 및 Steam 배관라인 세관	
'04. 5/1 ~ '04. 5/2	Turbine & Generator Interlock Test	
'04. 5/2 ~ '04. 5/15	#6, 7K Boiler Operation & T/G Bypass Operation	
'04. 5/15 ~ '04. 5/16	#6K Boiler 가동 T/G 무부하 및 부하 Test	
'04. 6/15 ~ '04. 7/17	#7K Boiler 단독운전으로 1차 신뢰성 운전	
'04. 7/18 ~ '04. 7/25	#6, 7K Boiler 운전으로 100% 부하시험 및 2차 신뢰성 운전	
'04. 7/26 ~ '04. 7/27	성능시험	
'04. 8/2	준공	

3-2 폐열발전설비 구성 및 설치개요

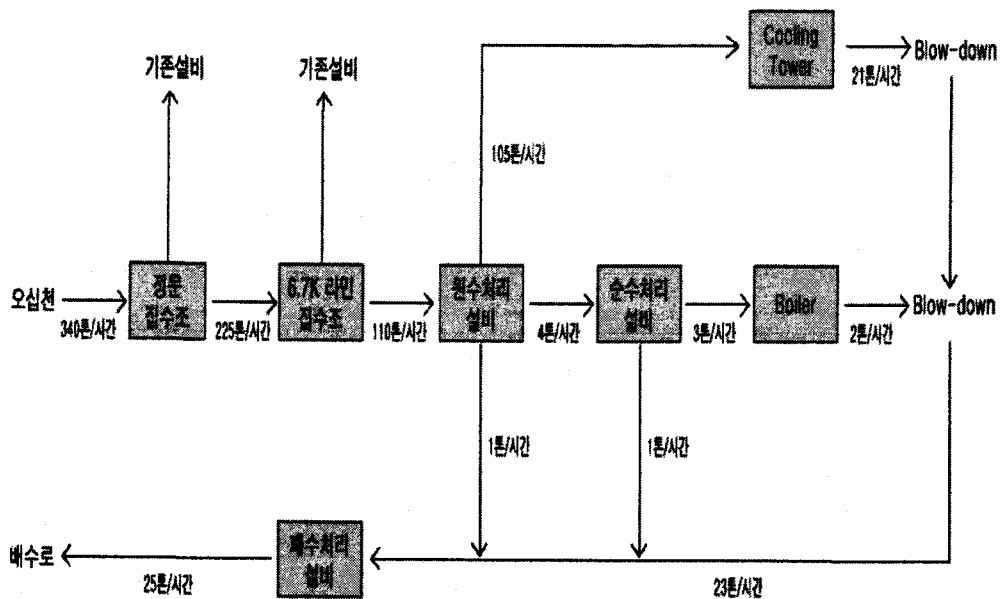
폐열회수발전소는 삼척공장 #6, 7호 킬른 grate cooler 에서 추기된 고온의 폐가스를 열원으로 하는 폐열회수보일러를 각 grate cooler 별로 설치하여 증기를 발생시켜 1 대의 증기터빈발전기에 공급하는 2+1 (2 폐열회수보일러+1 증기터빈발전기) 형식으로 구성하였다.

본 폐열회수발전소는 폐열회수보일러를 중심으로 폐열회수보일러에서 발생된 증기를 스팀터빈에 공급하여 전기를 생산하도록 하는 발전계통과 폐열회수보일러에 hot gas를 공급하고 이를 대기로 배출하는 hot gas 계통으로 크게 나눌 수 있다.

발전계통은 grate cooler 의 폐열을 공급받아 증기를 생산하는 폐열회수보일러, 폐열회수보일러에서 발생된 증기를 이용하여 전기를 생산하는 증기터빈발전기, 증기터빈에서 일을 하고 팽창된 증기를 응축시키는 복수기, 복수기에서 팽창된 응축수를 다시 폐열회수보일러로 유입시키는 복/급수계통, 복수기 및 발전소 각 기기의 냉각기에 냉각수를 공급하기 위한 냉각수 계통, 냉각탑 및 급수를 생산 발전계통에 공급하는 순수처리, 발전소내에서 발생하는 오폐수를 처리하는 폐수처리 계통으로 구성하였다.



<Fig. 1-1> 폐열회수발전소 기본공정도



<Fig. 1-2> 폐열회수발전소 수처리 계통도

Hot gas 계통은 폐열을 회수하여 증기를 발생시키는 폐열회수보일러, 폐열회수보일러에 유입되는 hot gas 에 함유된 dust 의 적정량 유지를 위한 사이클론, 폐열회수보일러/사이클론 설치에 따른 풍압 손실 보안을 위한 duct 및 관련 부속설비 등으로 구성된다.

<Table. 1> 폐열회수발전소 주요 구성 설비

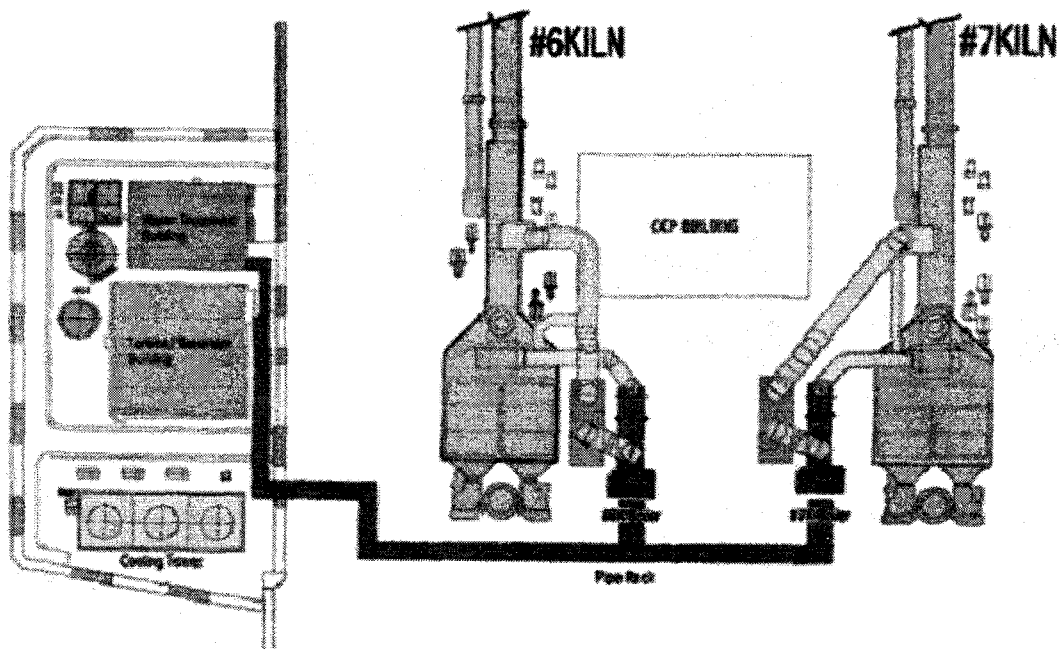
주설비 및 부속설비	유틸리티 설비
1) 폐열회수 보일러 및 부속설비	1) 냉각수 계통
2) 증기 터빈 및 부속설비	2) 압축공기 계통
3) 증기 계통	3) 약품주입 및 시료채취 계통
4) 급수 및 복수 계통	4) 수처리 및 폐수처리 계통
5) Hot gas 계통	5) 기존설비와 연계 계통

3-3 폐열회수발전설비의 보완

- ① Cooler 배가스 중 보일러 튜브 마모의 원인이 되는 dust를 제거하기 위하여 보일러 전단에 dust collector 설치하였다.
- ② Cooler 배가스 중 일부 (70,000 Nm³/hr × 2, 260℃) 를 coal mill 건조용으로 공급해 왔으나 폐열회수발전소의 설치로 EP 배가스 온도가 저하되기에, 이를 보완하기 위해 고압 스팀중 일부 (6.4 ton/hr, 420℃) 를 추가하여 coal mill 건조용 E.P 배가스 온도 상승 목적으로 공급하였다.

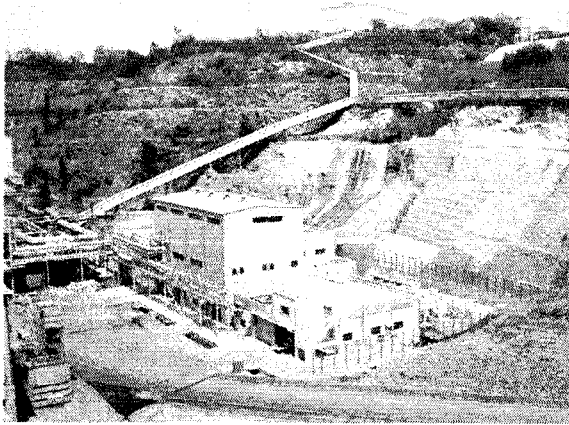
4. 폐열발전회수발전소의 설치

폐열회수발전설비의 배치도, 사진 등 공사내용을 아래에 나타내었다.

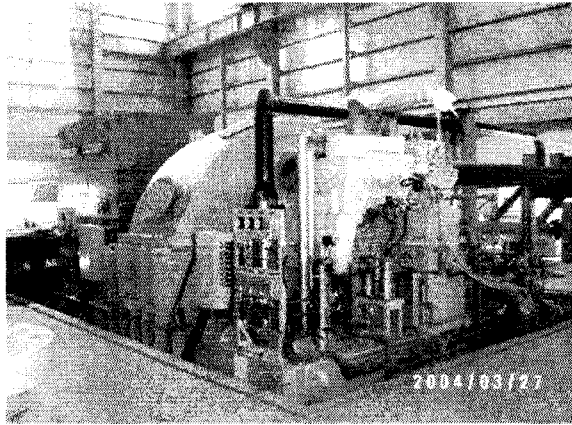


<Fig. 2> 폐열회수발전설비 배치도

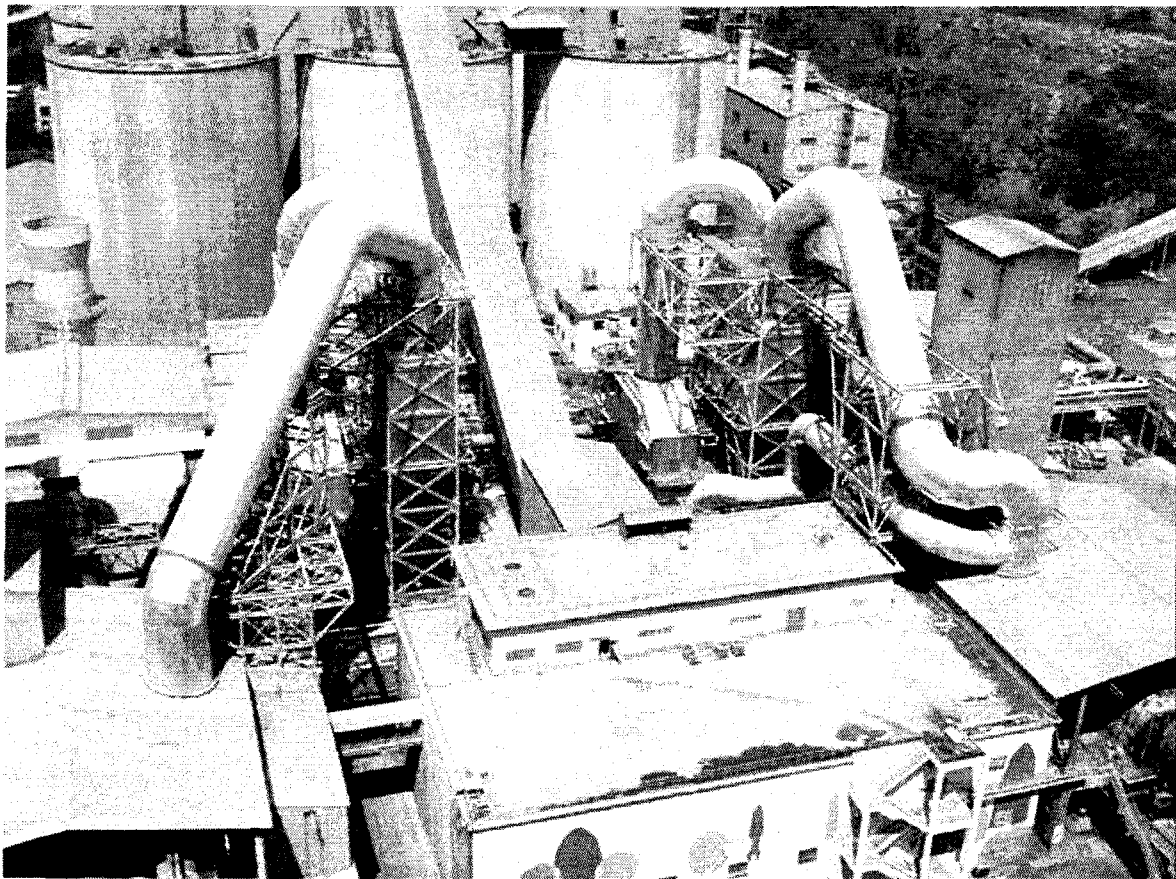
구 분	내 용	비 고
대상 Kiln	#6, 7호 Kiln	추기부: Cooler 중간부
배가스 조건	450℃, 300,000Nm ³ /hr	Kiln 1기당
공사업체	대우엔지니어링	주기기: 일본가와사키중공업



<Fig. 3> 발전소 지역 전경



<Fig. 4> Generator/Turbine



<Fig. 5> 보일러 지역 전경

5. 폐열회수발전소의 운전현황

발전용량	순생산전력	14.08Mw (발전량 15.03Mw - 자체소비 0.95Mw)
	총생산전력	117,200Mwh/년 (14.08Mw × 24h × 330day)
	전력대체율	삼척공장 전력소비량의 12.2%
투자비	총 투자비	약 229억
	투자효과	약 45억/년 (전력비절감 약55억 - 운영비용 약10억)

주) 효과 산출 기간은 Kiln 보수가 없고, 공정이 안정된 2005. 4. 20 ~ 5. 20 적용함.

III. 결 론

폐열회수발전은 별도의 천연자원의 소비 없이 시멘트 제조과정중 대기로 방출되는 폐열을 이용하여 전력을 생산하는 환경친화적인 발전설비이다. 폐열발전의 안정적인 운전 및 발전효율의 극대화를 위해서는 안정적인 열원공급, 수질관리, 운전기술 향상 등이 있다. 이중 시멘트 공정의 운전특수성을 감안할 때 열원을 안정적으로 일정하게 공급하는 것은 한계가 있다. 따라서 kiln 운전상태가 발전효율에 직접적으로 영향을 주는 만큼 kiln 운전을 안정화시켜 발전효율을 향상시키는 것이 향후 해결해야할 중점 과제이다.