

시멘트工場の 屈曲形벨트콘베어와 廢熱發電의 應用

Application of the Curved Belt Conveyor and Waste Heat Recovery Power Plant of the Cement Plant

크링커 냉각기(Clinker Cooler)에서 생성되는 고온의 폐가스 일부를 폐열보일러에 보내 거기서 발생하는 고압과열증기(24atg)와 저압과열증기(2atg)는 증기터빈발전기에 공급, 발전하게 되며 한편으로 부터 수전한 전력과 함께 동력용으로 보충사용하는 일괄설비이다.



崔 富 男*
Choi, Boo Nam

1. 개요

국가 기간 산업의 하나인 시멘트 공장이 국내 처음으로 건설된지도 어언 60년, 국내 8 개사의 연간 시멘트 생산 규모도 5,970만 톤으로 국민 일인당 약 1.3톤의 소모량에 해당되니 세계적으로 손꼽을 수 있는 시멘트 왕국이라 할 수 있겠다.

그러나 규모면과 오랜 경험에 비추어 시멘트 제조 업계는 타 산업체 보다 다소 안정적 경영방식으로 보수적인 성향이 깊다고 볼 수 있다.

또한 시멘트 공장의 특성으로는 대규모의 장치 산업으로 초기 투자비가 과다 할 뿐 아니라 에너지 다소비 업종으로 전력비와 연료비가 제조 원가의 약30%~35%선을 점유하며 원료 및 제품의 수송비용도 큰 비중을 차지하고 있다.

필자는 강원도 옥계면에 소재한 한라시멘트(주) 옥계 공장의 증설 공사(1988.5~1991.7)에 P.M(Project Manager)으로 일산 5,500톤 소성로 2기(년산 약360만톤-크링커 기준)의 공사를

담당하여 엔지니어로서 새로운 기술에 도전, 제조 원가를 절감 할 수 있는 최첨단 시스템의 도입, 과감한 국산화 추진(총 시설 투자의 88% 달성) 등 세계 어디에 내 놓아도 손색이 없는 우수한 시멘트공장을 건설하였다.

이 공장의 지형 조건으로 광산지역과 본 공장은 약 5km, 본 공장과 향만 공장은 약 4.2km 거리에 있으며 시멘트 공장으로는 아주 이상적인 입지 조건이라 할 수 있다.

본 공장을 성공리에 건설하기 위해 세계적으로 명성이 있는 스위스의 홀더뱅크사와 기술협력 체제를 갖추어 국제 입찰, 수 차례의 기술 평가를 거쳐 최첨단의 단위별 설비를 선정 채용하였으며 그 중 본 공장과 향만 공장을 연결하는 세계에서 처음인 굴곡형 벨트콘베어(Curved belt conveyor)와 국내에서 유일하게 크링커 소성시에 발생하는 폐열을 회수하여 발전하므로 공장전체 전력 소모량의 약15%를 충당하는 폐열발전 설비를 다음과 같이 소개하여 앞으로 시멘트 플랜트 설

*산업기계기술사, 태서콘트롤(주) 대표이사.

기술 자료

계 업무에 조금이라도 참고가 되었으면 하는 바램이다.

아울러 국내에서 처음, 아니 세계에서 처음으로 시도 할 수 있게 많은 용기와 심적, 물적자원을 아끼지 않으신 회사 최고 경영자의 확고부동한 후원이 없었다면 하나의 공염불로 되었을 것임은 명확하다 하겠다.

세계에서 동일한 기능의 설비로는 처음인 굴곡형 벨트 콘베어와 국내에서 처음으로 시설한 폐열 발전 설비에 대한 개념을 설명하고자 한다.

2. 굴곡형 벨트콘베어(Overland curved belt conveyor)

2.1 본 공장과 항만 간 약 4.2km를 지형 여건상 최소 7개의 단위 벨트콘베어를 설치해야 할 것을 단 한 개의 장 벨트로 이음새 없이 양쪽 구동 방식을 채택하여 상부 벨트(Top belt)에는 공장에서 생산한 크linker를 항만으로 수송(850t/h)하고 역 방향인 하부벨트(Bottom belt)에는 항만에 입항된 유연탄(575t/h), 석고(250t/h) 등 부원료를 공장으로 동시에 수송하는 최첨단 설비이다.

2.2 시스템 선정을 위한 사전 답사 실시(상부 벨트로만 운반하는 설비임)

㉞ 스위스의 NEUCHATEL CEMENT PLANT

공급사 : 프랑스의 REISA

사 양 : 650t/h수송(암석운반) 800mmW × 2,650mL

수평 최소 곡률 반경 : 600m

수직concave 반경 : 1,000m(최소)

㉞ 미국의 NATIONAL CEMENT PLANT

공급사 : 독일의 BEUMER사

사 양 : 800t/h수송(석회석 운반)

수평 최소 곡률 반경 : 900m

㉞ 스위스의 HOLDERANK CEMENT PLANT

공급사 : 독일의 BEUMER사

사 양 : 700t/h수송(석회석 운반)

800mmW × 860mL

수평 최소 곡률 반경 : 1,400m

2.3 설비계획시 고려할 점

㉞ 가능한 직선 거리로 최소한의 곡률 반경을 유지하며 민가, 공공 기관 등을 피할 것.

㉞ 옥계 공장의 경우 고속 도로와 철도 상부로 통과가 불가능하여 교량 하부로 통과하므로 장마철의 수위 상승, 수직 방향의 최소 곡률 반경 유지를 위해 설계에 어려움이 많아 수 차례의 설계 변경이 있었음.

㉞ 비산 분진이나 소음 발생을 막기 위한 공해 대책을 완벽하게 할 것.

㉞ 콘베어 설치를 위한 기초공사를 완벽히 하여 최대한 오차를 줄일 것.(Tolerance Din7168 middle)

㉞ 국도나 지방 도로를 통과 할시 관할 관청의 인허가 업무를 확인 할 것.

2.4 설비의 사양

㉞ Basic data

Description	specification	Remarks
Belt width	1,000mm	
Center distance	4,195m	
Height diff	-22.8m	
Belt speed	2.6m/sec	
Transportation	clinker 850t/h coal 575t/h Gypsum/slag 250t/h	Top belt Bottom belt
Drive power	3x132kw + 3x132kw	Both drive

㉞ 벨트의 수평, 수직방향 최소 곡률 반경

Description	Radius
Horizontal Curve 1	R=2,000m
Horizontal Curve 2	R=1,700m
Horizontal Curve 3	R=1,500m
Horizontal Curve 4	R=1,700m
Horizontal Curve 5	R=1,700m
Horizontal Curve 6	R=1,700m
Concave	1,500m
Convex	300m

㉔ 벨트의 사양(Steel cord conveyor belt)

Description	Specification
· Dimensions	
Belt width	1,000±5mm
Belt thickness	App.20.0mm
Belt weight	27.5kgf/m
· Physical properties	
ST-1250	1,000mmx(φ4.9mmx69pcs) x10mmx5mm
Steel cord tensile	Min 19.2KN/cord
Strength	1250N/mm
Dynamic modulus of elasticity	118,000N/mm
Static modulus of elasticity	105,000N/mm
idler troughing	35° Top belt 35° Bottom belt

2.5 공사 수행 및 투자비(<표 1>)

2.6 설비의 특성

- ㉔ 벨트콘베어의 시스템이 상, 하벨트의 Trough가 35°로 동일하며 일반형과 같다.
- ㉕ 일반형 콘베어 채택시 2Lines에 각 7개의 TRANSFER TOWERS가 필요하나 1Line으로 작은 공간을 차지하며 투자비가 약 30~40% 절감.
- ㉖ 전력비의 절감 효과가 약 30% 이상이 되며 운전

<표 1> 공사수행 및 투자비

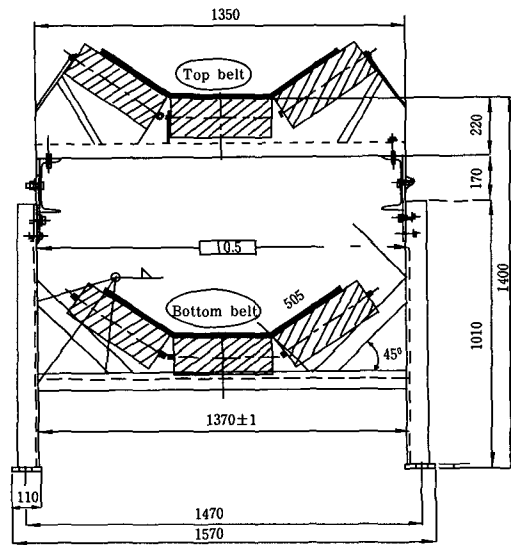
(1991년 기준)

구분	담당	물량(T)	투자비(백만)
기본 concept	스위스의 HOLDERBANK와 한라시멘트	-	
기본설계	독일의 BEUMER와 SIEMENS	-	30
토목·건축공사	한라건설	780	1,066
기계·전기공사	한라중공업	2,400	4,340
외자재(콘트롤 및 BELT)	BEUMER, SIEMENS와 YOKOHAMARUBBER	260	1,879
계		3,440	7,315

(주)상기 투자비에는 부지 매입비 및 인허가 관련 제비용은 제외.

비용 또한 약25%절감.

- ㉗ One span으로 수송되므로 운전이 정숙하며 분진 발생과 소음진동에 대한 문제가 없다.



<그림 1> 콘베어의 단면구조

3. 폐열 발전 설비(Waste heat recovery power plant)

3.1 크링커 냉각기(AQC)에서 발생하는 고

기술자료

온의 폐가스를 회수하여 발전하는 시스템이다.

소성로(Kiln)에서 소성된 크링커를 냉각시키기 위해 크링커 냉각기(AQC)의 바닥으로 강제 송풍된 공기가 열 교환후 배출하게 된다.

AQC의 전단부에서 인출되는 고온의 가스는 소성로에 연소를 위한 2차 공기로 사용되고, 후단부에서 인출된 약 350 °C의 고온 가스는 집진기를 거쳐 폐열 보일러에 열원으로 공급된다.

폐열 보일러에서 방출되는 가스는 전기 집진기(E.P)를 통해 대기로 나가며 보일러에서 발생된 고압 과열 증기(24atg)와 저압 과열 증기(2atg)는 증기 터빈에 공급되어 발전기를 작동 발전하여 한전으로부터 수전한 전력과 함께 동력용으로 사용하는 일괄설비이다.

3.2 시스템 선정을 위한 사전 답사 실시.

㉞ 일본의 미쯔비시 KANDA CEMENT PLANT

공장규모 : 년산600만톤(5 KILNS)

공급사 : MITSUBISHI(日)

발전량 : 23,000kw(전 공장 전력의 25% 충당)

㉟ 일본의 ASO TAGAWA CEMENT PLANT

공장규모 : 년산140만톤(1 KILN)

공급사 : 보일러-TAKUMA(日),

증기터빈-MITSUI(日),

발전기-安全製作所(日)

발전량 : 6,900kw

㊱ 스위스의 UNTERVAZ CEMENT PLANT

공장규모 : 년산80만톤(1 KILN)

공급사 : SIEMENS(獨)

발전량 : 1,250kw

3.3 설비계획시 고려할 점

시멘트 프로세스, Gas balance를 충분히 고려한 후, 폐가스에 함유된 분진으로 각 기기의 마

모성 등 시멘트 제조공정에 영향이 미치지 않게끔 종합 검토가 되어야한다.

3.4 설비의 사양

㉞ Basic data

용량 : 9,100kw(12,500KVA), 6.6KV 60Hz.

9,900kw(max)

폐가스 : 566,000m³/hr at 370°C

736,000m³/w at 562°C (max)

㉟ 증기 보일러(Steam boiler)

수량 : 2대

형식 : Forced circulation Water tube type. (High press. WHB+Low press. WHB)

증발량 : 고압증기 17,500kg/Hr 24kg/cm²g at 335°C

저압증기 9,500kg/Hr 2kg/cm²g at 133°C

공급사 : 일본의 TAKUMA BOILER

㊱ 증기 터빈(Steam turbine)

수량 : 1대

형식 : Single cylinder mixed pressure condensing type

속도 : 4,000rpm

공급사 : 일본의 SHIN NIPPON CO.

㊲ 발전기(Generator)

수량 : 1대

형식 : 3ph AC synchronous generator, Horizontal shaft cylindrical rotor revolving field totally enclosed type.

출력 : 9,100kw(12,500KVA)

속도 : 1,800rpm

Power factor : 0.8(Lagging)

공급사 : 일본의 SHINKO ELECTRIC

㊳ 냉각탑(Cooling tower)

수 량 : 1대
 형 식 : Cross flow and open type
 용 량 : 3,700m³/Hr
 공급사 : 한라중공업

3.6 설비의 특성

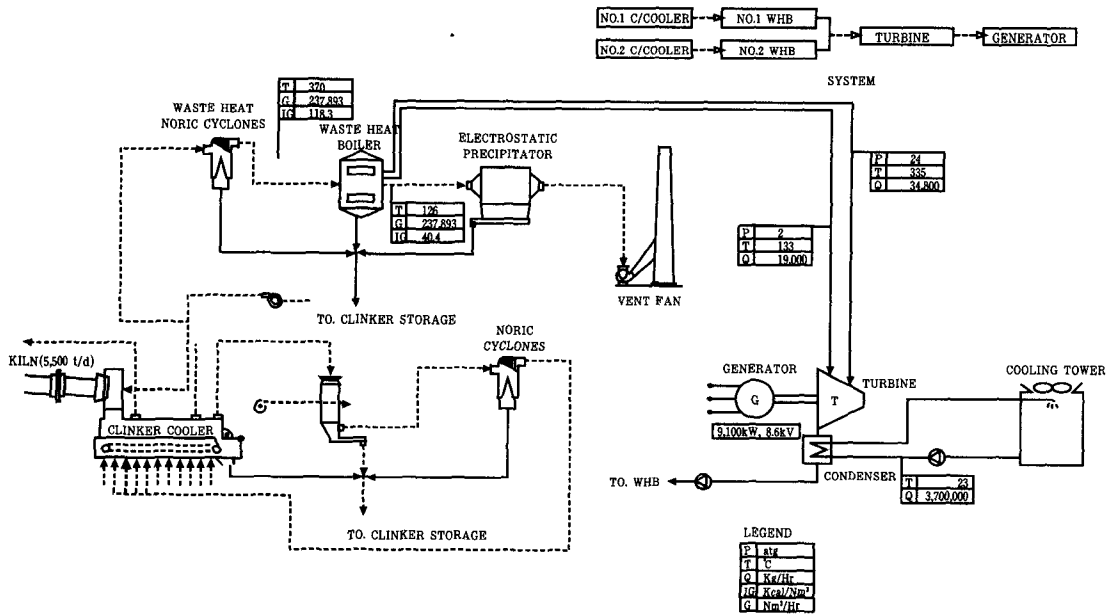
- ㉞ 에너지 다소비 업종에 전력비절감 효과
- ㉟ 자본 회수 기간(Payback period) : 약4.5년

3.5 공사수행 및 투자비

구분	담당	용량(T)	투자비(백만원)
기안업체	미국의 FULLER와 일본의 TAKUMA	-	
건축공사비	한라건설 (설치포함)	-	800
기계전기공사	TAKUMA와 현대건설	1,089	6,470
계		1,089	7,270

이상의 내용은 1991년 1월 21일 인도 뉴델리에서 개최된 Third NCB 국제 시멘트 세미나에서 발표된 사항이며 폐열발전의 흐름도는 다음과 같다.

(원고 접수일 1998. 3. 6)



HEAT/MATERIAL FLOW DIAGRAM