

電氣使用合理化事例

오 태 환

아세아시멘트공업(주)제천공장 공무부장

本稿는 우리協會에서 1987年 9月 서울과 大邱에서 실시한「에너지節約 技術 세미나」內容으로서, 本세미나에 參席치 못한 會員들을 위해 協會誌에 게재하는 것이다. 그리고 이 아세아 시멘트 공업(주)의 전기사용합리화 사례는 '87年度에 動力資源部長官賞을 受賞한 바 있다.
編輯者 註

1. 一般事項

가. 會社紹介

회사명 : 아세아 시멘트 공업주식회사

위 치

본사 : 서울특별시 중구 서소문동120-23

공장 : 충북 제원군 송학면 입속리289번지

제 품 : Portland Cement

생산량 : 연산 230만톤

종업원 : 700명

KS 획득사항 :

Portland Cement 1종(보통시멘트)'83.6.4

Portland Cement 2종(저열시멘트)'86.3.2

Portland Cement 3종(조강시멘트)'87.4.25

Portland Cement 5종(배황산염시멘트)
'87.4.25

나. 제천공장 受電設備

송전선로 7.5km 공동구간 6km(쌍용시멘트와
공동으로 운영)

단독구간 1.5km

Line Switch 170kV 1200A 4 Sets

G. C. B 170kV 1200A 2 Sets

Transformer 22/28MVA 3φ 154kVY/6.6
kVY/11kVY 1 Sets

10/12MVA 3φ 154kVY/3.3

kV 1 Sets

계약최대전력 : 32,000kW (수전설비로 계약)

2. 電力使用量 및 原單位실적

전력사용량 및 원단위실적은 표1과 같다

3. 電氣使用合理化의 必要性

주지하는 바와 같이 시멘트는 Energy(열 및 전기)를 많이 소요하는 제품이다.

때문에 당사에서는 열 Energy 비용을 줄이기 위하여 '81년 주연료로 B, C 유를 사용하던 것을 석탄으로 전환하여 현재는 100% 유연탄을 연료로 사용하고 있다.

시멘트 원가의 구성비는 대략

연료비 25%

전력비 20%

〈표 1〉

월 일	전력사용량 (kWh)	Peak치 (kW)	전 력 요 금 (원)	표 준 kWh/T	실 적 kWh/T
83년	167,018,896		8,408,580,731	114.57	113.74
84년	174,929,571		8,331,218,700	111.89	166.44
85년	168,422,794		7,720,158,724	114.62	117.24
86년 1월	7,292,139	21,759	337,695,757	112.14	140.21
2 "	8,213,129	20,573	368,871,574	"	126.63
3 "	12,853,793	25,130	557,340,757	"	113.37
4 "	15,592,753	27,815	694,824,004	"	112.67
5 "	16,403,255	27,648	731,703,809	"	111.14
6 "	13,946,039	27,411	626,566,657	"	114.73
7 "	15,782,819	27,743	704,831,563	"	110.42
8 "	15,233,807	27,572	649,285,341	"	109.83
9 "	14,215,595	27,727	661,910,646	"	112.47
10 "	15,306,250	27,892	684,569,734	"	110.09
11 "	13,788,874	28,061	637,409,840	"	112.17
12 "	106,285,224	25,710	452,305,399	"	119.21
계	158,913,677		7,107,315,081		113.92
87년 1월	6,629,868	17,475	311,774,406	111.96	131.16
2 "	7,984,463	22,119	355,819,450	"	120.30
3 "	14,796,210	27,483	645,818,994	"	112.88
4 "	16,186,675	27,735	719,506,550	"	128.24
5 "	16,847,728	27,727	667,418,253	"	107.80
6 "	14,083,095	27,773	696,024,858	"	112.15
상반기	76,528,139		3,396,362,511		112.63

원료비 10%

노무비 13%

보수자재 3%

경비 7%

기타 22%

로서 이중 저택비의 비중은 20%로서 석탄 및 전력의 Energy 비용이 45%에 달한다.

당사의 전력비는 연간 약 80억원이고 전력 사용량은 1억7000만kWh에 달한다. 즉 전기 Energy 비용이 너무 크기 때문에 전기사용 합리화는 당사에서는 상당히 중요한 과제로 등장하고 있다. 전기사용 합리화를 위한 당사의 실적을 열거하면

(1) 수전설비교체 : 66kV 수전에서 154kV 수전

효과 : 연간 6억원 절감

'84. 5월 준공

(2) Cement Mill에 Ceparator 설치

효과 : 생산성 10% 향상

전력원단위 10% 절감

(3) 석탄 Mill 개선 : 공정을 단순화하여 전력비 절감

(4) 2호 소성로 Lepol에서 Dopol로 개조

효과 : 일산 900톤에서 2000톤으로 증산
전력원단위 40kWh/T-cl'에서 32kWh/T-cl'로 감소('83년)

(5) Cement Mill에 Mill Com 설치

Mill의 소음을 측정하여 Mill 분쇄성 2% 향상 등을 들 수 있다.

4. 電力節減 使用合理化 事例

가. 2號 Kiln Induced Draft Fan Impeller 交換

(1) 개요

Kiln(소성로)에서 연소된 공기는 Preheater를 통하여 배기되는데 2호 Kiln의 소성에 필요한 배기 Fan의 압력 및 풍량은 -820mmAq , $303,630\text{m}^3/\text{H}$ 인데 반하여 운전되고 있는 Fan의 용량은 풍압 -860mmAq , 풍량 $370,000\text{m}^3/\text{H}$ 로 과대하여 운전중 Damper를 무려 50%까지 Close시켜 운전하므로 Damper에서 전력손실을 가져오고 있다.

(2) 상황

Fan의 사양과 실측치를 비교하여 보면

항 목	단 위	SPEC	실측치
DAMPER	%		50
VOLUMETRIC FLOWRATE	m^3/H	370,000	303,630
	Nm^3/H	146,289	123,480
Temperature	OC	360	345
Pressure	Inlet mmAq	-860	-820
	Outlet mmAq	0	-130
Motor	kW	1,200	870

분석 :

① 풍량은 실측치가 Spec'의 82%로 운전되고 있다.

② 풍압은 Spec'에는 -860mmAq 이고 실측치는 Fan 전방 압력은 -820mmAq , 후방압력은 -130mmAq 이므로 실제 Fan의 정압은 -690mmAq 이다.

③ Damper는 50%로 Damper Loss가 발생됨. 즉, Fan의 적정 용량화가 필요하다.

(3) Fan의 적정용량화 방법

(가) 회전비 제어에 의한 사양 변경방법(VV VF) 회전

회전비 제어(Revolution Control) 방식은 풍량과 압력이 주기적으로 변화하는 Process에서는 효율적이나 KILN I.D.F와 같이 풍량이 일정하게 유지되는 경우에는 경제성이 없다.

(나) 적정용량 설정에 의한 Fan 교체

기존 Fan을 적정용량의 새로운 Fan의 Damper Loss에 의한 전력손실을 감소시킬 수 있을 것이다. 즉, 새로운 Fan으로 교환하기로 한다.

(4) Fan 仕様의 決定

Fan의 사양은 KILN 생산성에 미치는 영향이 크므로 두가지 안을 갖고 검토하였다.

항 목	단 위	현 재	교 체 안	
			제 1 안	제 2 안
풍 량	m^3/H	370,000	303,630	320,000
온 도	$^{\circ}\text{C}$	360	345	350
압 력	mmAq	860	690	720
전력소비	kW	870	682	754
전력절감	kWh	-	188	116

여기서 제 1안은 현재 운전되고 있는 Kiln 상태에 적합한 사양이고 제 2안은 5%의 여유를 본 사양이다.

Kiln의 생산성 공정의 영향을 고려하여 제 2안을 채택하여 교환하였다.

(5) Fan 交換前後 比較 (Impeller만 교환하였음)

항 목	단 위	개 조 전	개 조 후
Damper	%	50	60
풍 량	m^3/hr	307,000	294,400
	Nm^3/hr	126,800	122,600
Temperature	$^{\circ}\text{C}$	340	335
압 력	입 구 mmAq	750	750
	출 구 "	130	130
	Total "	620	620
소 비 전 력	kW	870	760

(가) 소비전력 절감

Fan을 적정용량으로 교체후 교체전과 동일조건(풍량, 온도, 압력등)으로 운전시 소비전력이 110kWh 정도 하락되는 양호한 실적을 나타냈다(기대예상치 : 116kWh).

(나) 적정용량 교체후 Damper 손실을 최대한 감소시키기 위해 Damper가 90% 이상 Open되기를 기대하였으나 실제 60% 정도밖에 Open할 수가 없는 것은 상기 Data를 참고하여 볼 때

Fan 교환시 Kiln의 Preheater의 Cyclone 일부를 개선하여 소요 풍량이 감소하였기 때문이다.

(6) 交換前後 經濟性 分析

교환전 동력 소비 870kW이고 교환 후는 760kW로 110kW의 동력소비가 감소하였다.

(가) 연간 동력 절감량

연간 330일 가동하는 조건으로 계산하면
 $110kW \times 24시간 \times 330일 = 871,200kWh$

(나) 연간 절감 비용 (전력단가 46원으로 계산)

$871,200kWh \times 46원 / kWh = 40,075,200원$

(다) 투자 회수 기간

Impeller 구입비용 58,500,000원

$58,500,000원 \div 40,075,200원 / 연 = 1년 6개월$

나. 2號 Kiln A. Q. C 排氣 Fan의 개조

(1) 概要

A.Q.C 배기 Fan은 당초 Fan 전방에 Dust 포집용으로 Multiclone이 설치되어 있었다. 그러나 Multiclone의 Dust 포집능력은 90% 정도 밖에 안되어 환경법의 강화로 1984년 Multiclone을 철거하고 집진 효율이 좋은 전기집진기(E.P)를 설치하였다.

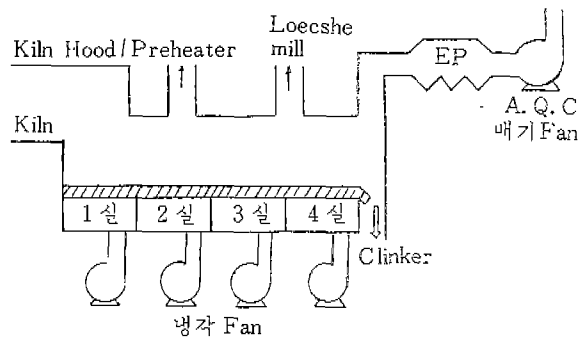
Multiclone이 설치되어 있을 때는 배기 Fan의 사양은 적당하였으나 전기집진기를 설치 후에는 전기집진기의 압력 손실이 Multiclone보다 상당히 적기때문에 이에 따른 배기 Fan의 동력이 크게 줄었으나 공정변화에 따른 Fan의 부적당한 사양으로 동력 Loss가 많이 발생하고 있었다.

이에 Fan의 교환을 결정하고 풍량 조절방법도 Fan의 속도를 조절하는 방법을 채택하였다.

(2) A. Q. C의 運轉狀況

A. Q. C (Air Quenching Cooler)는 소성로에서 소성된 Clinker를 냉각시키는 곳으로 A. Q. C에서 Clinker를 냉각시키는 때는 공기를 사용하고 있다. Clinker를 냉각시킨 공기는 상당한 고열로, 이 공기는 Kiln으로 보내 연소 2차공기로 쓰이고 예열실(Preheater)로 보내지고 석탄 분쇄기(Loeche Mill)로 보내 석탄 건조에 사용되고 있다. 여분의 공기는 배기하게 된다.

따라서 석탄 분쇄기의 가동 여부에 따라 배기 Fan에서 처리하는 풍량은 상당히 변화하게 된다. 또 배기 Fan의 배기량에 따라 Kiln Hood의 압력변화를 갖게 된다.



(3) Fan 仕樣의 決定

항 목	단 위	Spec'	Multiclone 설치시	E. P 설치시	
				L/M 2대가동	L/M 2대정지
Damper	%	100	100	75	100
풍 량	m ³ /hr	233,00	175,416	188,637	215,300
	Nm ³ /hr	147,464	82,200	107,753	118,992
온 도	℃	150	300	204	220
압 력	입구	mmAq	-200	-170	-20
	출구	"	-	+10	+10
소요전력	kW	220	148	102	109

항 목	단 위	현 재		개조안
		Spec'	실측치	
제 어 방 법		Damper	Damper	Speed
Impeller	Type	Air Foil Double Suction		좌 등
	직 경	mm	1,250	1490
Damper	%	100	100	100
풍 량	m ³ /hr	233,000	215,300	220,000
온 도	℃	150	220	220
압 력	입 구	mmAq	-200	-40
	출 구	"	-	+10
Motor	회 전 수	RPM	1180	750
	소요전력	kW	220	109

교환할 Fan의 사양은 현재 Damper 100%

Open 상태를 기준으로 결정하였다.

(4) 風量制御方法의 검토

풍량제어 방법으로서는

(가) Fan 입구 Damper에 의한 제어

(나) Fan의 Speed에 의한 제어

가 있는데 Damper에 의한 방법은 Damper에서 압력손실을 유발하며 동력손실을 유발하는데 반하여 Speed 조절에 의한 방법은 동력손실이 거의 없다.

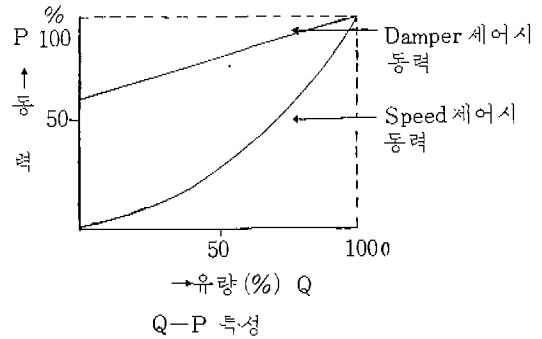
Fan의 풍량 및 풍압은

$$Q_2 = Q_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right) \quad Q : \text{풍량}$$

$$P_2 = P_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \quad P : \text{풍압}$$

$$S_2 = S_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3 \quad S : \text{동력}$$

풍량은 회전수에 비례하고 압력은 자승에, 동력은 3승에 비례한다.



Fan의 Q-P 특성곡선을 보면 Damper 제어는 Speed 제어보다 동력이 많이 소요됨을 알 수 있다.

제어방법을 Speed 제어로 결정하고 그 방법은 유품품으로 있는 D.C 85kW Motor를 사용하고 제어는 Thyristor Leonard 방식을 채용하였다.

(5) Fan 交換前後 比較

항 목	단 위	Lo-Mill 정제시		Lo-Mill 가동시		
		개조전	개조후	개조전	개조후	
EP-IDG	Damp'	%	100	-	55	-
	회전후	rpm	-	750	-	438
	온 도	℃	220	225	204	200
	압 력	mmAq	20	22	20	15
	풍 량	m ³ /h	215,300	221,500	130,100	131,400
	"	Nm ³ /h	119,000	121,200	74,200	75,700
IDF-Motor	회전수	rpm	1,172	1,200	1,172	700
	Amp'	Amp'	22.5/45.3	115/210	20.5/45.3	60/210
	전 력	kWh	109	47	100	24
	증 감	"	-	62	-	76

동력절감은 Loecshe Mill 가동시 76kW, Loecshe Mill 정제시 62kW로 평균 69kW 감소하였다.

(6) 效果 파악

연간 전력 절감량 69kW × 24시간 × 330일 =

546,480kWh

연간선력비 절감액 546,480kWh × 46원/kWh = 25,238,080원

투자회수기간

Fan 구입비 26,622,000원

회수기간 26,622,000원 ÷ 25,138,080원 / 연 = 1년 1개월

다. 2호 소성로 전기 집진기 排氣 Fan Impeller 절단

(1) Fan Impeller 절단

2호 소성로에는 2대의 전기 집진기와 2대의 배기 Fan이 있다. 본 소성로는 '82년도에 소성방법을 Lepol 방식으로 시설을 교체하였는데 Lepol 방식으로 운전시는 배기 Fan의 용량이 적정하였으나 Dopol 방식으로 운전후에는 Fan의 용량이 여유를 갖게 되었다. 즉 Fan에서 동력소비가 과다하므로 Fan의 적정화가 요구되었다. Fan의 용량 적정화 방식으로 Fan을 와전

히 바꾸는 방법이 있으나 우선 Fan의 Impeller를 절단하여 적정화를 시도하였다.

(2) Impeller 직경의 風量, 風壓의 관계

$$Q_2 = Q_1 \times \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$$

$$P_2 = P_1 \times \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$$

$$S_2 = S_1 \times \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^5$$

Q : 풍량 P : 풍압 S : 동력 D : Impeller의 외경

동력은 Impeller의 외경에 5승에 비례하는 것을 이용하였다.

Impeller 절단량은 70mm 절단하였다.

(3) Impeller 절단후 비교

항 목	단 위	Spec'	실 측 치		비 고	
			Imp' 절단전	Imp' 절단후		
Impeller 외경	mm		1660	1590		
M-02	Damp'	%	100	100		
	온 도	℃	150	100	102	
	압 력	-mmAq	150	225	163	32 ↓
	풍 량	m ³ /h	251,040	137,688	126,075	11,613 ↓
	전 류	A		30	25	
	Power		220	144	120	24 ↓
효 율	%		58.6	46.6		

Impeller 절단후 동력소비가 24kW 감소하였고 2대를 시행하였으므로 48kW가 감소하였다. 풍량이 감소한 것은 풍압이 감소한 데 따른 Leak Air가 감소한데에 기인된다.

(4) 效 果

연간 질감 전력량

$$48kW \times 24시간 \times 330일 = 380,160kWh$$

연간 전력비 절감액

$$380,160kWh \times 46원 / kWh = 17,487,360원$$

5. 向後計劃

앞에서 몇가지 전력절감 사례를 예시하였다. 앞으로 당사에서는 계속 전력소비 억제를 위하여 노력할 계획으로 있다.

(1) 3호 소성로 배기 Fan 교체

(2) 2호 소성로 배기 Fan Motor 교체

(3) Raw Mill Cyclone 배기 Fan 교체

(4) 시멘트 밀 M-G Set를 S.C.R 전원장치로 교환

(5) Air Lifter를 Bucket Elevator로 교환

(6) 각종 변입기 교체

등을 계획하고 추진중에 있다.