

시멘트原料 粉碎로서의

Loesche Mill의 特性 및 運轉結果

朴 豊 陽

〈現代시멘트(株) 丹陽工場〉

1. 서 론

일반적으로 시멘트 제조원가 중 energy 가 차지하는 몫은 대개 50-60%를 차지하고 있다. 그중에서도 전력이 차지하는 몫은 20% 전후가 되고 있는데 각 시멘트 회사들은 기존공정의 개발(전환), 신설기계의 대형화 및 신설 장치의 성 energy 화에 적극 관여하여 energy 원단위 절감을 위하여 노력을 계속해 왔고 앞으로도 과제로 남아있다.

현대시멘트(주)는 #1 kiln의 R.S.P. 화로 생산용량이 증가되어 원료밀을 설치해야 할 입장이었던 차에 원료분쇄용으로서 Loesche mill 을 설치 (82년말), 국내에서는 최초이자 단독으로 운영하고 있는 중이며 현재 만족할만한 성과를 거두고 있다.

이에 원료 분쇄용으로서의 Loesche mill이 갖는 특성을 수집하였고 당공장의 '84년도 실적에 의한 운전결과, 생산성, 보수유지, 원단위, 품질현황을 나름대로 분석하였으며 향후 관심있는 회사에 대해서는 자료가 되었으면 한다.

2. Loesche mill의 분쇄기능에 대하여

구 조

건조와 분쇄, 분급 및 제품의 공기반송이 동시에 되며 separator 를 내장한 폐회로 분쇄기이다.

분쇄는 <그림-1>에 표시된 것같이 회전하는 분

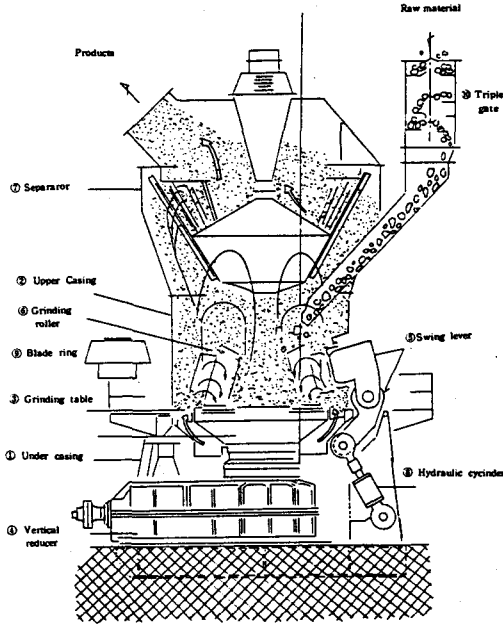
쇄 table 과 원료가 송입될 때에 가압이 시작하는 수 개의 roller 와의 사이에서 이루어진다.

주요부는 under casing (1), upper casing (2), grinding table (3)과 그것이 직결되어 있는 vertical type의 감속기(4) 및 swing lever (5)에 취부되어 있는 grinding roller (6)에서 이루어지며 본체의 상부에는 separator(7)를 구비하고 있다.

Grinding table 은 전동기로부터 vertical type의 감속기를 경유하여 회전되고 grinding roller는 하부 casing 내 설치되어 있는 hydraulic cylinder (8) 또는 spring에 의해 grinding table 상에 하향 압축되고 있다.

원료는 air seal 를 겸한 triple gate 를 경유, separator case로 관통하여 설치되어 있는 송입 chute 에서 정량공급되어 table 의 중심부근에 낙하하고 원심력으로 외주로 밀려나와 table과 roller 의 사이에 물려 분쇄된다. 건조와 분쇄물 반송용의 열풍은 mill로부터 뒤에 설치된 fan 에 의해 하부 duct 에서 table 외주의 blade ring 을 통과하여 분쇄 table 의 mill 내부에서 선회하는 기류로 되며 mill 내로 흡인된다. 외주에서 cover flow 되는 원료는 blade 로부터 열풍에 의해 불려 올라간다. 올라간 분쇄물은 상승기류를 타고 상부의 separator 로 보내어지고 rotor 의 회전에 의한 선회기류에 의해서 원심력을 주어 조분원료는 외주로 날려보내 table 상에 낙하하고 재 분쇄된다. 정분은 fan 에 의한 흡인력보다 원심력이 작기 때문에 배기가스와 함께 rotor 의 날개 사이를 통과하여 배기 duct 에 의해 집진기로 유도되어 포집된다.

또 separator 의 rotor 는 가변변속 전동기를 사용하고 있으며 회전수를 자유로이 변경 가능토록하여 분쇄물의 제품입도를 임의로 선택할 수 있다.



〈그림 1〉 Loesche mill 의 구조

3. Loesche mill의 일반적인 특성에 대하여

Loesche mill 은 건조원료는 물론 습분을 함유한 원료라고해도 건조, 분쇄, 분급을 동시에 하는 기구를 갖는 vertical mill 로의 타의 mill 로서 타의 mill 에 대하여 다음과 같은 특징이 있다.

1) 습분이 많은 원료라도 건조분쇄가 가능하다.

시멘트 원료분쇄 설비의 경우 SP kiln 배가스 (330 - 350 °C) 를 사용하면 부착수분을 8 - 10 % 까지 건조분쇄 가능하며 조열로를 병행했을 경우에 원료의 handling 에 문제가 없다면 부착수분은 20 - 25 % 까지도 건조분쇄 가능하다.

Loesche mill 은 기류 건조를 행하기 때문에 열의 유효 이용이 가능하다.

2) 피상의 입도의 원료도 분쇄 가능하다.

분쇄원료의 입도는 작은 것은 물론 피상의 것이라도 분쇄가능하다. 분쇄가능한 원료 입도는 mill type 에 의해 다르지만 약 30 - 150 mm 정도의 원료입도 분쇄도 되고 능력에 지장이 없다.

3) 제품의 입도가 임의로 선택되며 광범위한 분쇄가 가능하다.

Loesche mill 은 압축 전단충격 작용에 의해 분쇄되며 separator 를 mill 내부에 구비하고 있으므로 제품입도는 separator rotor 의 회전수를 변경하는 것에 의해 임의로 선택할 수가 있다. 제품입도는 극미분에서 조분쇄까지 광범위하게 분쇄할 수가 있으며 또한 mill 내의 체류 시간이 짧아서 부화의 응답성이 뛰어나다.

4) 전력 원단위가 낮음

예를들면 시멘트 원료분쇄의 경우 Loesche mill 은 분쇄 plant 전체 (분쇄기, 분급, 배기 fan) 의 전력 원단위를 14 - 17 kwh / t 으로 분쇄할 수 있다.

한편, tube mill 의 경우 20 - 26 kwh / t 이므로 L/M 은 대폭적 전력의 절약이 가능하다.

5) 설치 면적이 좁다.

Tube mill 의 방식과 비교했을 경우에는 약 50 % 의 설치면적으로 건설 가능하므로 공장 부지 및 배치에 매우 유익하게 되며 건설비도 tube mill 의 약 70 % 로 가능하다.

6) 보수가 용이하다.

마모부품 (분쇄 roller) 은 자체에 부착되어 있는 유압기구에 의해 mill 외부로 쉽게 이동할 수가 있어 작업성이 좋고 보수하기가 쉽고 마모부분이 적어서 유지비가 적게 든다.

7) 소음이 낮다.

Tube mill 의 경우 통상 100 - 110 phone 의 소음이 되고 싸이렌서를 필요로 하지만 Loesche mill 의 경우 80 - 85 phone 정도이므로 건물의 범위뿐이며 별도의 싸이렌서를 필요로 하지 않음.

8) 대용량의 처리가 가능하다.

단일설비로서 표준처리량은 400 t/h 이며 (당 공장 # 4 kiln 용 원료밀) 대형화의 mill 로서 550 t/h 의 L/M 이 있다. 이와 같이 L/M 은 대용량 처리가 가능하다.

4. 당공장 Loesche mill 의 실적비교 (84 년도)

1) 생산성 비교

구 분 \ 공정별	# 3 T / M	# 4 L / M	비 고
생산실적 (ton)	990,987	910,711	
가동시간 (hr)	6,963.35	6,811.15	
t/h	142.3	133.7	

2) Energy consumption

구 분 \ 공 정 별	# 3 T / M	# 4 L / M	비 고
전력 사용량 (kwh)	24,517,730	16,921,300	
전력 원단위 (kwh/t - cem')	35.47	26.64	차이 : 8.83 KWH / T - Cem'
방카씨유 사용량 (ℓ)	262,897	0	
방카씨유 원단위 (ℓ/t - raw')	0.27	0	

금액 환산 : 전기 : $(35.47 - 26.64) \text{ kwh/t} - \text{cem}' \times 910,711 \text{ ton} - R' \div 1.55 \text{ (factor)}$
 $\times 48 \text{ 원/kwh} = 2 \text{ 억 } 4,900 \text{ 만원/년}$

B. C. Oil : $0.27 \text{ ℓ/t} - R' \times 168 \text{ 원/ℓ} \times 910,711 \text{ ton} - R' = 4,130 \text{ 만원/년}$

3) Maintenance (대보수)

(1) 원자재 투입

자 재 명	# 3 T / M 투입비용	# 4 L / M 투입비용	비 고
감 속 기	3,900,000		
Liner	9,024,056	8,382,800	
Type		10,216,000	
B. R. G	1,538,400	1,426,000	
Chain sprocket 류	17,491,000	289,000	
Ring		5,418,400	
Belt 류	642,500	905,500	
철 재 류	2,239,000	6,123,790	
기 타	1,838,000	750,000	
강 구	49,536,800		
계	85,309,756	39,511,490	
원 단 위	86.1 원/톤 원료	43.4 원/톤 원료	

금액 환산 : $(86.1 - 43.4) \text{ 원/ t} - R' \times 910,711 \text{ ton} - R' = 3,888 \text{ 만원}$

(2) 인원투입 (대보수시)

구 분	# 3 T / M	# 4 L / M	비 고
기 간	15일	19일	# 3 R / M의 경우 중간보수 (년 3 - 4회 ; 1회 3-5일), # 4 L / M의 경우 중간보수(년 1 - 2회 ; 1회 1 - 2일)
투 입 인 원	110인	226인	
투입원단위 (인/ 만톤)	1.11	2.48	

※ 금액환산 : (2.48 - 1.11 인 / 만톤 × 91.07 × 15,000 원 / 인 = 189 만원

※ 총 금액환산 : 2억 4900 만원 + 4130 만원 + 3888 만원 - 189 만원 = 3억 2729 만원

4) # 3 T / M , # 4 L / M 의 주요 구동부

구 분 비 명	# 3 T / M				# 4 L / M				비 고
	HP	R.P.M	정격 Amp	부하 Amp	HP	R.P.M	정격 Amp	부하 Amp	
main motor	4000	720	559	500	1474	1183	180	160	
B E	100 / 100	1770 / 1775	124 / 125	55 / 50	195.3	5279	227	28	
A SEP'	400	506	68	59	67	1190	115	60	
dust collector	50 / 150	18 / 1800	60 / 173	52 / 55					
D-46 F.C.C	40	1770	61.2	18					
total belt	10.1	1740	20.1		5	1735			
Ex. fan					1260	1195	158	120	
Ep. fan					509.4	1183	69	52	
3 단 gate					40	1170	50	40	
roller oil pump	# 1				24.8	1175	33	12	
" "	# 2				24.8	1175	33	19	
" "	# 3				20.1	1170	26.5	23	
기 타	33.34	15710	72.69		133.65	43635	220.5	55	
계	4883.44				3754.07				

3 T / M

$$4883 \times 0.75 \times 0.8 = 2,930 \text{ kwh}$$

$$2,930 \text{ kwh} \div 142.3 \text{ t/h} = 20.59 \text{ kwh/t - raw}$$

4 L / M

$$3,754 \times 0.75 \times 0.8 = 2,252 \text{ kwh}$$

$$2,252 \text{ kwh} \div 133.7 \text{ t/h} = 16.85 \text{ kwh/t - raw}$$

5) 품 질 현 황

구 분 공정별	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	LSF	S.M	I.M	# 170 sieve	비 고 (관리기준)
# 3 T/M	21.69	4.82	3.73	65.24	3.63	94.76	2.54	1.29	16.91	15 % 이하
# 4 L/M	21.79	4.88	3.66	65.68	3.66	94.98	2.55	1.33	11.39	12 % 이하

6) 기 타

(1) 당사 년도별 원료 원단위 비교

단위 : kwh/t - cem'

연 도 별	'81	'82	'83	'84	비 고
원 단 위	44.49	38.61	36.63	34.74	

※ 81년도 원료밀 수송라인 개조 Phenumic type × Chain flow conveyor type

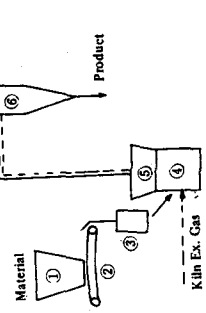
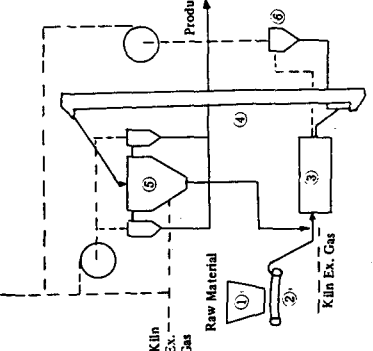
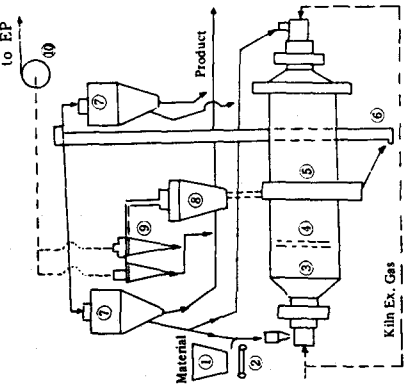
※ 83년도 #4 L/M 설치운영(총원료 분쇄량중 약 40% 해당)

(2) 각사 원단위 비교('84년도)

단위 : kwh/t - cem'

사 별	현 대	한 일	성 신	쌍 용	아 세 아	L/M(현대)
원 단 위	34.74	35.84	29.54	38.52	30.97	26.64

5. Tube mill, Loesche mill, Double rotator mill 의 비교

Description	Loesche mill	Tube mill	Double rotator mill
<p>1) flow sheet</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ① Hopper ② Belt Conveyor ③ Triple Gate ④ Loesche Mill ⑤ Separator ⑥ E. P. ⑦ Exhaust Fan 	 <ul style="list-style-type: none"> ① Hopper ② Belt Conveyor ③ Tube mill ④ B/E ⑤ A/SEP ⑥ PRE-D/C ⑦ Circulation Fan 	 <ul style="list-style-type: none"> ① Hopper ② Belt Conveyor ③ Drying Chamber ④ Grinding Chamber (1실) ⑤ Grinding Chamber (2실) ⑥ B/E ⑦ A/SEP ⑧ Grid/Sep' ⑨ Cyclone ⑩ I-D. Fan.
<p>2) 분쇄 system (1) 분쇄 system</p>	<p>Separator 를 내장한 폐회로 분쇄 system으로 vertical roller mill 이다.</p>	<p>분리된 separator 를 갖는 폐회로 mill 이다.</p>	<p>분리된 separator 를 갖는 폐회로 mill 이다.</p>

Description	Loesche mill	Tube mill	Double rotator mill
(2) 물질과 gas의 흐름	1. 원료는 belt conveyor에 의해 정량이 되어 hopper에 저장되며 tri-ple gate에서 공기를 차단하며 mill에 공급된다. 2. 원료는 kiln의 폐 gas에 의해 mill에서 건조되며 roller와 table에 의해 분쇄되어지고 exhaust fan에 의해 발생된 공기의 흐름을 타서 separator에서 분급되어진다. 3. 조분은 separator에서 등급별로 구분되어 mill로 떨어져 재분쇄된다. 4. 정분은 gas 함께 separator를 통과하여 cyclone에서 1차로 포집되며 여분은 E.P로 가게 된다.	1. 원료를 hopper로부터 belt conveyor를 통하여 정량되며 mill로 투입된다. 2. mill이나 separator에서 건조된 원료는 mill에서 rough하게 분쇄되어져 배출구로부터 B/E를 통하여 separator에서 등급별로 분류되어진다. 3. 조분은 다시 mill에 투입되어 재분쇄된다. 4. 정분은 separator에서 silo로 보내어지고 여분은 exhaust gas로 함께 E.P로 가게 된다.	1. 원료는 hopper로부터 belt conveyor를 통하여 정량되며 mill로 투입된다. 2. 이렇게 공급된 원료는 drying chamber에서 건조되어지고 1실(첫번째 grinding chamber)에서 분쇄되어진다. 3. 1실에서 조분된 원료는 central delivery port로부터 B/E를 통하여 air sep'에서 등급별로 분류되어진다. 4. 이때 조분은 2실이나 1실로 가게되며 재분쇄 후 B/E를 통하여 separator에서 분류된다. 5. 냉공기와 혼합된 kiln의 exhaust gas의 일부분이 2실로 공급되어지며 1, 2실의 gas는 IDF에 의해 모여서 분출되어지며 exhaust gas는 grid separator, cyclone, IDF을 통해 E.P로 가게된다. Grinding ball과 mill shell liner 사이에서 1. 충격에 의한 분쇄 2. 마찰에 의한 분쇄
(3) 분쇄원리	Grinding roller와 grinding table 사이에서 1. 압축에 의한 분쇄 2. 비틀림에 의한 분쇄 3. 충격에 의한 분쇄	Grinding ball과 mill shell liner 사이에서 1. 충격에 의한 분쇄 2. 마찰에 의한 분쇄	Tube mill과 대동소이 하다.
(4) 원료의 수분량	Kiln 폐 가스나 hot gas를 사용하면	수분함량이 증가될 수록 mill의 분쇄	Tube mill과 대동소이 하다.

Description	Loesche mill	Tube mill	Double rotator mill
	<p>건조·분쇄가 가능하다. Air flow drying system 이기 때문에 높은 열전도 효율을 갖는다. 시멘트 원료의 경우 320 - 350℃의 kiln exhaust gas를 사용하면 8 - 10%의 수분함량을 갖는 원료로 건조될 수 있고 조열하여 사용하면 그 이상까지도 가능하다. 낮은 size로부터 최대 50 - 150 mm size의 원료라도 분쇄 가능하다.</p>	<p>능력이 감소한다. 만약 3%를 넘으면 건조기가 별도로 필요하게 되며 시멘트의 경우 점토건조기는 필수적이며 필요에 따라 석회석건조기가 필요하고 건조기설치에 드는 비용과 공간, 많은 동력 손실 등 불이익한 점이 많다. 분쇄물의 입자크기는 30 - 50mm를 넘지않아야 한다. 즉 mill에 투입되기전에 1차조쇄(crusher에서 crushing)를 필수적으로 요하게 된다. 입자의 크기는 mill의 생산능력에 막대한 영향을 준다. 장치의 구성배치가 mill의 separator, air slide, B/E 등 때문에 복잡하다.</p>	<p>Tube mill 과 대동소이하다. 장치의 구성배치가 separator, air slide, B/E 등 tube mill 보다도 복잡하다. 100 % 400 t/h : 비교불가</p>
(5) 원료입자	<p>50 %</p>	<p>100 %</p>	<p>90 t/h의 경우 : 총비용 : ? 원단위 : 4732 원/ t - raw-year (166 %)</p>
(6) 장치 가) 장치 나) 장치면적 다) 건설비 (시멘트 원료의 경우)	<p>Separator 를 내장하고 있어 간단하다. 400 t/h, L/M의 경우 총건설비 : 6,881,221,000 원 원단위 : 17,203,000 원/ t - hr : 2173 원/ t - raw-year 90 t/h, L/M의 경우 : 총비용 : 2,024,537,000 원 원단위 : 22,495,000 원/ t - hr 2839 원/ t - raw-year (142 % - 166 %)</p>	<p>장치의 구성배치가 mill의 separator, air slide, B/E 등 때문에 복잡하다. 400 t/h : 비교불가</p>	<p>90 t/h의 경우 : 총비용 : ? 원단위 : 4056 - 4732 원/ t - raw-year (100 %)</p>

Description	Loesche mill	Tube mill	Double rotator mill
<p>라) 전력소비량</p> <p>마) 소음</p> <p>바) 설치면적</p> <p>사) 보수유지</p> <p>아) Mill의 responsiveness 반응</p> <p>자) Mill의 start</p>	<p>14 - 17 kwh / t-raw</p> <p>80 - 85 phone</p> <p>(silencer 가 필요치 않음)</p> <p>50 %</p> <p>Grinding roller 와 같이 마모가 쉬운 부분은 hydraulic cylinder 나 sp-ring에 의해 mill외부에서 쉽게 교환될 수가 있어 작업성이 좋고 보수유지가 쉽다.</p> <p>원료가 mill내부에 머무는 기간이 매우 짧아서 변화에 대한 반응이 높아서 자동조절이 용의하다.</p> <p>Mill을 start 할 때에 heavy torque 를 필요치 않는다. 왜냐하면 mill의 table grinding roller 와 접촉되어 있지 않는 상태에서 가동되기 때문이다.</p>	<p>20 - 26 kwh / t-raw</p> <p>100 - 110 phone</p> <p>(silencer 가 필요함)</p> <p>100 %</p> <p>Ball의 선정 liner의 교환은 man-hole을 통해서 해야하며 따라서 작업성이 좋지않고 교환을 할 때에 많은 시간을 요하게 되며 많은 장치 때문에 보수유지에 어려움을 갖게 한다.</p> <p>원료의 순환비가 높아서 변화에 대한 반응이 낮아지므로 조절에 필요한 시간이 길다.</p> <p>Main bearing의 마찰과 ball을 틀어 올려야 하기 때문에 mill을 start 할 때에는 heavy torque를 필요로 하게 된다.</p>	<p>23.0 - 26 kwh / t-raw</p> <p>100 - 100 phone</p> <p>(silencer 가 필요함)</p> <p>100 %</p> <p>tube mill 과 동일</p> <p>tube mill 과 동일</p> <p>tube mill 과 동일</p>

6. 결 론

이상에서와 같이 국내 기존 시멘트공장에서 원료분쇄용 mill로서의 tube mill이나 double rotator mill에 비하여 Losesche mill이 갖는 유익한 점이 한두 가지가 아니라 생각한다.

따라서 당공장에서 #4 kiln 증설 (현재 진행중임 : 140 만톤/년 용량)에 원료분쇄 mill로서는 대형의 400 t/h Losesche mill과 중형의 90 t/h Losesche mill을 설치중에 있으며(기존 원료밀은 cement mill로 쉽사리 전환 사용토록 하며) 이로 인하여 원료분야에서의 전력원단위는 35.47 kwh/t-cem'에서 25.00 kwh/t-cem'

정도로 약 10 kwh/t-cem'이 절감될 것으로 예상되며, 또한 기존 원료밀 system에서 stoker를 사용 B.C.oil을 사용토록 되었던 것을 사용하지 않게 되어 연료 원단위 면에서도 기여를 하게 될 것이며 또한 당공장의 여건상 공장부지를 확장하는데의 문제점을 다소 줄일 수가 있으나 날로 심각해져 가는 공해문제에 대처해 나갈 수 있게 되었다.

앞으로도 Losesche mill이 갖는 특성을 이용하여 cement mill에서도 적용하면 더욱 큰 전력절감이 예상되나 cement mill의 공정상 제품의 품질상 아직 실용단계까지는 몇가지 문제점을 해결해야 되는 것으로 나타나 있으며 머지않아 실용화될 것으로 기대가 되고 있다.