

Turbo-Separator Air Flow 에 따른 분급효율 검토

鄭 京 洙

〈星信洋灰 丹陽工場〉

1. 서 언

본 data 는 당 공장 증설 C/M (규격 75 t/hr Blaine : 3,200 cm^3/g) 의 air sep' 내부 를 modification 하여 증산을 시도한 것으로 sep 내부 air flow 를 control 하여 sep 분급효율과 순환율을 단계적으로 비교 검토하여 최적 상태를 유지시키기 위하여 변경 시도한 내용을 기술하였으며 추후 이 부분에 대한 검토를 계속함으로써 분쇄효율을 향상시키는데 그 목적이 있으며 각 maker 에서는 기설된 sep' 능률을 본 data 이상의 좋은 방법으로 재 검토하여 분급효율 및 분쇄효율을 극대화시킬 수 있는 계기가 되기를 바란다.

2. 제 원

mill

대상 ; 성신 cement mill 7 호

설치 maker ; France Polysius

r. p. m ; 15.6

length ; 13.5 m

dia ; 4.0 m

motor ; 2 × 1,500 kw

충진율 (steel ball) ; 29 %

냉각방식 ; 1.2 실 water injection

separator

type ; D/SE - GO

dia ; 7 m

impeller fan ; 235 kw (1,800 r. p. m)

분산판 ; 20 ~ 80 kw (400 ~ 1,500 r. p. m)

3. Data 수집 및 검토사항

3.1 변경전 운전현황

3.1.1 sep' 내부 상태

guide vane 각도 : 25°

counter vane : 1 번(24 매)

3.1.2 data

일 자	t/hr	Blaine	sieve	순환율	분급효율	분쇄효율	비 고
79. 10. 1	68.1	2,702	2.6	380	17	70.78	
2	71.4	2,788	3.2	410	22	77.4	
3	70.8	2,823	1.3	420	18	78.1	
4	70.4	2,813	1.7	408	19	77.3	
5	70.6	2,757	3.4	387	21	75.4	
6	70.8	2,787	3.1	420	19	76.7	
7	70.8	2,786	3.3	390	20	76.8	
8	71	2,799	3.9	412	19	77.5	
9	70.7	2,851	1.9	380	20	79	
10	67.3	2,895	2.5	410	18	77	
11	69.8	2,897	3.2	405	19	80	
12	70.2	2,820	3.5	390	21	77.4	
13	70.4	2,865	3.2	420	20	79.3	
14	70.2	2,834	2.9	407	21	77.9	
15	68.9	2,843	3.7	401	18	76.8	
16	72.6	2,814	1.8	420	22	79.8	
17	71.9	2,745	3.5	390	20	76.4	
평 균	70.3	2,813	2.86	403	19.6	77.2	

3.1.3 검 토

순환율은 높은 편이나 분급효율은 낮다는 것을 알 수 있으며 생산량 및 Blaine 은 기준가에 미치지 못하여 분쇄효율 77%라는 저조한 생산실적을 보여주고 있음. 이는 순환율이 너무 높고 분급효율이 하락되어 내부 air flow 의 문제가 있는 것으로 판단됨. 따라서 air flow 를 control 하여 순환율을 낮추고 분급효율

을 상승시키기 위하여 다음 단계를 시도하였음.

3.2 1 단계 시험

3.2.1 sep' 내부 변경 상태

guide vane 각도 조정 : 25° - 65°

제어판 위치 : 1 번 (24 매)

3.2.2 data

일 자	t/hr	Blaine	sieve	순환율	분급효율	분쇄효율	비 고
10. 18	72	2,862	3.4	160	38	81	
19	72.5	2,871	2.4	180	39	82	
20	64.4	2,912	2.7	190	34	74	
21	70.4	2,903	2.5	150	37	80	
평 균	70.1	2,712	2.7	170	37	80.9	

3.2.3 검 토

guide vane 각도를 조정하여 내부 air flow 를 상승시킴으로 순환율이 저하되면서 분급효율이 증가되었음

3.3 2 단계 시험

3.3.1 sep' 내부 변경 상태

counter vane : 3 매 제거

guide vane : 각도 조정 (65° - 55°)

3.3.2 data

일 자	t/hr	Blaine	sieve	순환율	분급효율	분쇄효율	비 고
10. 23	71.8	2,824	0.9	250	38	79.3	
24	72.2	2,823	1.7	230	36	79.7	
25	70.2	2,819	2.7	220	40	77.3	
26	70.6	2,825	2.4	209	38	78	
27	71.4	2,820	3.2	320	39	78.7	
28	70.2	2,850	2.6	290	38	78.6	
29							
30	70.4	2,840	2.5	285	35	78.4	
31	70.5	2,890	3.5	280	38	80.5	
11. 1	71.3	2,820	2.9	320	36	78.6	

4 시멘트 심포지움

2	70.3	2,870	2.8	340	37	79.5	
3	70.8	2,790	3.3	324	36	76.9	
4	70.5	2,880	3.5	351	42	80.1	
5	71.2	2,780	3.8	332	40	77	
6	71.7	2,812	2.8	328	39	78.7	
7	65.3	2,973	0.7	430	32	77.2	
8	68.9	2,942	0.9	413	34	80.7	
9	68.3	2,952	1.2	408	31	80.4	
10	68.7	2,947	1.1	405	32	80.7	
11	67	2,978	0.8	409	30	79.9	
12	67	2,947	1.2	407	31	78.7	
13	64.3	2,923	1.3	412	33	74.6	
14	67.5	2,987	1.5	398	30	80.9	
15	67.5	2,001	1.3	400	31	81.5	
16	66.1	7,908	2.3	417	34	76.2	
17	64.5	3,014	1.2	394	33	79.4	
18	68.5	2,984	1.3	384	37	81.9	
19	62.5	3,088	1.4	387	38	78.8	
20	67.6	2,968	1.2	397	36	80.2	
평 균	68.8	2,901	2.0	348	35	80	

3.3.3 검 토

guide vane 각도를 줄였으나 blade 3매를 제거 하였으므로 상승 기류의 양은 적어졌지만 제어판을 통과하는 air 량이 증가 되었음. 따라서 제 1 단계 시험 결과는 별다른 차이를 발견할 수 없으나 순환율은 상승되었음. 이는 guide vane 보다 counter vane 에서 air flow가 민감한 반응을 나타내는 것으로 추적됨

3.4 3 단계 시험

3.4.1 sep' 내부 변경 상태

guide vane 36 매 제거 (총 72 매)

guide vane 각도 조정 : (55° - 65°)

guide vane (총장 790 mm)의 하단부를 하부 275 mm 높이까지 3.2 ϕ 철판으로 차단

3.4.2 data

월 일	t/hr	Blaine	sieve	순환율	분급효율	분쇄효율	비 고
80. 1. 26	72.9	2,857	2.6	382	32	81	
27	69.6	2,815	2.4	360	30	76.6	
28	64.0	2,962	2.1	350	31	75.8	
평 균	68.8	2,878	2.3	364	31	78.1	

3.4.3 검 토

guide vane 36매 제거로 air flow가 상당히 증가 되었으나 분급효율에서는 오히려 하락된 추세를 나타냄. 이는 증가된 상승기류의 입자를 제어판에서 분리 능력 한계차를 2 단계 시험보다 더욱 벗어나며 공기 흐름이 불균일 한 것으로 추적됨

3.5 4 단계 시험

3.5.1 sep' 내부 변경 상태

sep' 내통 하단부 100 mm 절단

3.5.2 data

월 일	t/hr	Blaine	sieve	순환율	분급효율	분쇄효율	비 고
1. 29	68.5	2,921	1.4	320	45.2	79.4	
30	70.6	2,905	2.3	340	44.9	81	
31	70.3	2,908	2.2	330	45.6	81	
평 균	69.8	2,911	2.0	330	45.2	80.5	

3.5.3 검 토

내부 air flow 량이 증가 되었으나 별다른 진전이 없음.

3.6 5 단계 시험

3.6.1 sep' 내부 변경 상태

sep' 내통 하단부 100 mm 추가 절단

guide vane 각도 : 65°

6 시멘트 심포지움

3.6.2 data

월 일	t / hr	Blaine	sieve	순환율	분급효율	분쇄효율	비 고
2. 2	71.6	2,905	2.6	340	43.9	82.3	
3	70.5	2,930	2.3	320	42.8	82.1	
4	71.2	2,924	2.1	335	43.2	82.7	
평 균	71.1	2,920	2.3	337	43.3	82.4	

3.6.3 검 토

내통 100 mm 더 절단하여 air flow량을 증가시켰으나 만족할 만한 분쇄효율을 얻지 못했고 모든 data 가 4 단계 시험때와 대등함.

3.7 6단계 시험

3.7.1 sep' 내부 변경 상태

sep' counter vane 위치변경 (1 번—4 번)

sep' guide vane : 각도 조정 (65°—40°)

3.7.2 data

월 일	t / hr	Blaine	sieve	순환율	분급효율	분쇄효율	비 고
2. 5	72.5	2,732	2.5	450	32	76.5	
6	70.5	2,890	2.7	430	31	74.4	
7	71.8	2,748	2.9	440	29	76.4	
8	70.6	2,850	2.5	420	28	79	
9	68.7	2,984	1.8	400	30	82	
평 균	70.8	2,841	2.5	428	30	78.9	

3.7.3 검 토

제어판 위치를 1 번에서 4 번으로 변경하고 제어판 speed 도 640 r.p.m 에서 1,000 r.p.m 으로 높였으나 Blaine control이 안되고 생산량을 증가시키면 Blaine 이 저하되는 상태가 되어 이는 제어판의 예민한 기능을 상실한 상태이며 상승기류가 불균일하여 제어판으로는 Blaine을 조정하기 어려움.

3.8 7단계 시험

3.8.1 sep' 내부 변경 상태

counter vane 위치 변경 (4 번—2 번)

guide vane 40°

3.8.1 sep' 내부 변경 상태

counter vane 위치 변경 (4번-2번)

guide vane 40°

3.8.2 data

월 일	t/hr	Blaine	sieve	순환율	분급효율	분쇄효율	비 고
2. 10	67.2	2,972	2.1	390	28	79.9	
11	68.3	2,980	2.2	385	26	81.5	
12	67.7	2,965	2.4	370	29	80.2	
평 균	67.7	2,972	2.2	382	28	80.5	

3.8.3 검토

sep' 제어판 speed 를 700-750 r.p.m 으로 운전결과 mill이 full 되면서 B/E amp 상승으로 원료 투입량을 감소시켜야 하며 sep' 자체의 분급 능력 이상으로 정상적인 분리가 되지 못하며 Blaine하락 및 분급효율 저하를 나타냄.

따라서 정상적인 B/E amp 를 유지하며 분급효율 상승을 위해서는 생산량을 감소시켜야 함.

3.9 8 단계 시험

3.9.1 sep' 내부 변경 상태

- guide vane 하부 275 mm 높이까지 부착한 철판 제거
- guide vane: 각도 조정 (40°→30°)

3.9.2 data

월 일	t/hr	Blaine	sieve	순 환 율	분급효율	분쇄효율	비 고
2. 13	65	3,027	1.2	5.60	17.4	79.5	
14	64.8	3,090	0.9	6.20	18.0	81.7	
평 균	64.9	3,059	1.05	5.90	17.7	80.6	

3.9.3 검토

7 단계까지 시험결과를 검토하여 본바 air flow가 일정치 못하다는 것을 알 수 있으며 이는 상승기류의 하락에서 그 원인을 찾을 수가 있으며, 이에 따라 guide vane 하부 275 mm 부착한 철판을 제거하고 guide vane 각도를 조정함으로써 air flow 량을 증가시켰음. 결과는 순환율이 증가되면서 분급효율이 저하됨.

3.10 9 단계 시험

3.10.1 sep' 내부 변경 상태

- guide vane 36 매 재부착
- guide vane: 각도 조정 (30° → 40°)

3.10.2 data

월 일	t / hr	Blaine	sieve	순환율	분급효율	분쇄효율	비 고
2. 15	64	2,957	1.8	380	31	75.6	

3.10.3 검 토

8 단계 시험결과 air flow 량이 증가되었기 때문에 air 량을 control 하기 위하여 제거했던 guide vane 36 매를 부착하였으며 이에 따라 순환율이 저하되면서 분급효율이 향상되었으나 생산량 과 Blaine 이 저하됨.

3.11 10 단계 시험

3.11.1 sep' 내부 변경 상태

- guide vane: 각도 조정 (40° → 70°)

3.11.2 data

월 일	t / hr	Blaine	sieve	순환율	분급효율	분쇄효율	비 고
2. 16	73.1	2,852	2.5	320	48	81.9	

3.11.3 검 토

sep' guide vane 각도를 늘려 sep' 내부의 공기순환량을 증가시켜 분급효율이 증가하고 생산량도 증가했으나 Blaine 이 저하됨.

3.12 11 단계 시험

3.12.1 sep' 내부 변경 상태

guide vane: 각도 조정 (70° → 65°)

3.12.2 data

월 일	t / hr	Blaine	sieve	순환율	분급효율	분쇄효율	비 고
2. 17	73.8	2,767	3.2	330	43	79.2	

3.12.3 검 토

분급효율 증가와 더불어 생산량과 Blaine이 상승되리라 예상했으나 오히려 분급효율이 저하됨. speed r.p.m 을 800 에서 900 으로 증가시켜도 Blaine이 저하

됨 이는 air flow 량이 과다한 것으로 판단됨.

3. 13 12 단계 시험

3. 13. 1 sep'내부변경 상태

- distribution disc 에 제어용 blade 6 매 제작 부착
- sep guide vane: 각도 조정 (65° → 55°)

3. 13. 2 data

월 일	t/hr	Blaine	sieve	순환율	분급효율	분쇄효율	비 고
2. 12	74.8	2896	2.4	220	56	86	
13	75.4	2870	2.6	180	59	85.2	
14	75	2875	2.5	190	56	85	
15	76.2	2920	1.8	230	57	88	
16	75.6	2870	2.2	225	59	85.5	
17	74.5	2875	2.2	217	58	84.4	
18	77.1	2935	1.7	198	56	90	
19	76.3	2920	1.9	185	59	88.4	
20	75.7	2878	2.1	200	58	85.9	
평 균	75.6	2882	2.2	205	57.6	86	

3. 13. 3 검토

air flow control 을 다각적인 방법으로 시도했으나 팔목할만한 효과가 나타나지 않아 원인을 규명하여 본바 sep' 내통하단부 200mm 절단에 기인된 것이라 판단 되었다. 이에 분산판에 제어용 blade 6매를 제작 부착하여 air flow 를 control 함으로써 분급효율 57%까지 향상시킬 수 있었으며 현재에 이르고 있다

4. graph 상의 data 고찰

첫째 : 생산량과 Blaine은 거의 반비례하여 나타나고 있으나 이는 엄격히 Blaine 25~30 차이와 생산량 1톤에 관계되는 지수 graph 이다.

둘째 : 각 분쇄 능력의 곡선에서 각 공장의 Blaine과 생산량이 허용되는 범위에서 조정하여 무리한 원단위 상승을 막는데 보탬이 되리라 사료됩니다. 즉 Blaine이 허용되는 시멘트 강도에 맞춰 생산량을 극대화시킬 수 있다는 것이다.

셋째 : 위 group 상에 유도되는 식을 각 공장마다 어느 정도는 오차가 있다 할지라도 일반적으로 통용될 수 있는 식으로 판단되어 본 data 에 적용을 시켰으며 이를 각 공장별로 재확인 시험하는 것도 흥미있는 data 유도라 하겠다.

네째 : 결론적으로 본 data 에서 유도된 제 13 단계까지 modification 을 검토하여 본 바 팔목할 만한 결과를 산출하지는 못했지만 지금까지 시험결과를 토대로 자신감을 갖고 시도함으로써 분쇄효율 향상을 위해 노력할 것이다.

각 공장 실무에 종사하시는 기술자 여러분은 앞에서 설명한 data 확인 및 알맞는 Blaine에 생산능률 극대화를 꾀할 수 있는 계기가 되기를 바란다.

5. 추후 시도 계획

앞에서 sep' 내부를 단계적으로 변화시켜 시도해 오는 동안에 우리는 그 때마다 미소하지만 생산능률이 달라지는 것을 발견할 수가 있습니다. 이는 앞으로 분급효율을 개선하는데 그 가능성이 있다고 생각되며 당 공장에서는 sep' 내부 guide vane 개폐도와 상하 부분의 단계적 변경을 재시도하여 여기에서 흐르는 air flow를 제어판에서 분리시키는데 가장 적당한 air flow condition 을 찾아 연구를 계속할 것이며 제어판의 가감 및 분산판에서 air flow control 을 병행시도함으로써 생산능률을 극대화할 수 있는 방법을 모색하여 원단위 절감을 위해 정진할 것이다.

6. 결 론

당 공장에서 분쇄능률상의 가장 요인이 짙은 sep' 를 중점적으로 파악하여 순환율과 분급효율의 상관 관계와 이들 data가 분쇄효율에 어떠한 결과로 나타나는가를 추적한 데에 본 data의 목적이 있으며, 이에 따라 금번 data 수집기간 중 몇가지를 당 공장 나름대로 결론지어 보면

첫째 : 순환율과 분급효율과의 상관관계가 sep'에 가장 이상적인 값일 때 순환율은 적정 수치를 정하기 어려우며 data에서 보는 바와 같이 순환율 상승시 분급효율이 저하되는 반비례 성질을 나타내며 순환율 200% 범위에 머무를 때 본 data에서는 분급효율 및 분쇄효율에 가장 이상적인 값을 제시하여 주고 있으며

둘째 : 분급효율이 너무 낮고 순환율이 높을시 sep'내 air flow에 의한 분리능력에 이상이 발생되었다고 생각되며 이에 따른 요인을 제거하기 위하여 변경 내지는 조성이 필요하고

셋째 : 분급효율이 높고 순환율이 너무 낮을시 분리 능력에 여분이 있는 것으로 원료 투입을 증가시켜도 가능하다고 생각되며

네째 : 따라서 각 maker에서는 기 설치된 sep' air flow control 을 위하여 blade 변경 내지는 D.C motor r.p.m으로 조정하고 있으나 차후 guide vane 개폐, sep' 내통의 modification 및 분산판 개조등을 시도하여 air flow에 요인이 될 수

있는 부분을 재검토하여 능률의 극대화를 이룩하기 바라며 특히 순환율과 분급효율의 상관관계를 연구하여 보다 개선된 data 가 산출되어 지기를 빈다.

