

Mill 內 粉碎進行 및 Sep' 分級效率考察

權 五 根

〈星信洋灰工業(株) 丹陽工場〉

1. 개 요

當社 시멘트 粉碎機는 設計容量이 51 T/H, 75 T/H (Blaine 3,200 cm²/g 기준)의 2種類로서 Polysius社에서 供給한 Tube Mill 이며 Separator 역시 同一社製의 Turbo-型으로 설치되었다.

그동안의 運轉實績을 살펴보면 生産量은 當初性能保證條件에 못미치는 低調한 運轉實績을 보였으며 品質 역시 만족할 만한 수준으로 運轉되지 못했다. 이러한 狀態에서 生産性 및 品質向上을 爲해 鋼球配烈檢討, 粉碎溫度調節, 運轉條件의 變更, 粉碎助劑 使用 등 여러가지 實驗 및 研究를 하였으나 별다른 效果를 거두지 못했다.

이러한 시점에서 1983년도 벨지움의 Maggoteaux社로부터 Boltless-Liner와 Flow Control Diaphragm를 導入 환경개선 및 約 10% 程度의 生産性 向上을 도모하였으나 시멘트 製品의 品質을 高級化 시킴으로 因해 Separator의 分級性能이 이에 따르지 못하여 Mill의 最大能力을 發揮하지 못하였으며 시멘트의 品質 역시 別다른 向上을 이루지 못했다. 그리하여 Se-

parator의 分級性能 低下로 因한 Mill 內의 과잉분쇄 (Over Grinding)를 없애고 品質의 高級化를 推進하기 위해 分級性能이 우수한 Cyclone Separator에 對하여 分級特性과 改替에 따른 經濟性을 檢討한 바 1984年 日本 Mitsubishi社製 Cyclone Separator로 全部(7基) 改替함과 同時에 적정 시멘트 溫度를 管理하기 위해 별도로 集塵機를 追加 設置하였으며 증전에 使用하던 기계식 Shaking Type과 Pocket 型的 Bag filter를 效率이 좋은 Air pulse型으로 改造하였다.

이밖에도 Mill의 balance를 最適狀態로 運轉하기 爲해서 컴퓨터 자동제어 System을 설치하고 磁鐵제거장치(magnetic separator)도 Mill 入口에 설치하여 Mill 內 원료와 공기의 흐름을 원활히 했다.

上記와 같은 시설개조 및 운전조건 개선으로 生産성 및 품질이 크게 向上되었다. 本文에서는 시설 개선 후의 Mill의 운전상태를 파악하기 爲하여 Mill 內 粉碎進行 狀態, 粉碎媒體(Ball)의 分布조사, 소형 Ball의 分쇄효율, Separator의 分級成績, 運轉特性 등에 대해서 考察한 結果를 記述하고자 한다.

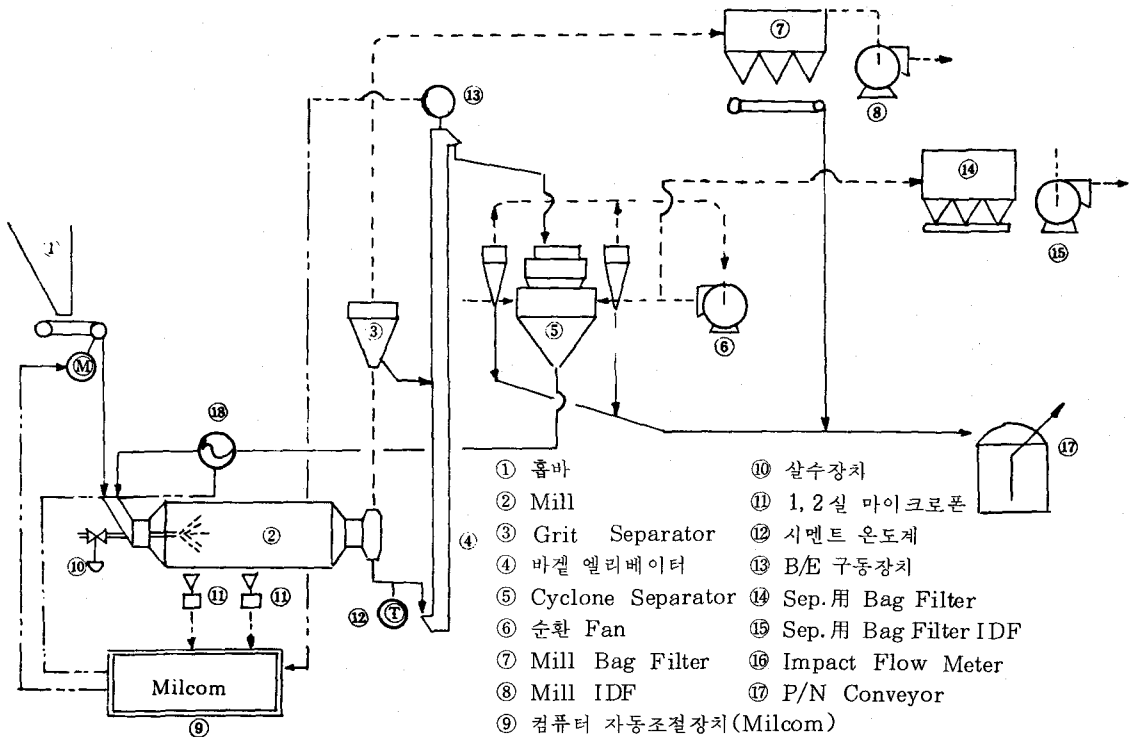
2. 主要設備의 仕様 및 공정도

주요 설비 사양

〈表-1〉

설비명	항목	기존 시멘트 밀	증설 시멘트 밀	비고
		4 基	3 基	
Mill	호칭 용량(설계 용량)	51 T/H	75 T/H	Blaine 3,200 cm ² /g
	Dimension	3.6φ × 12.5mL	4.0φ × 13.5 mL	
	Rotation Speed	15.8 rpm	15.6 rpm	

		Mill Motor	1,950kw×1,200 rpm	1,500kw×2基×1,200 rpm
Bag Filter	Mill 用	IDF Volume	50,000 m ³ /h	55,000 m ³ /h
		Pressure	418 mmAq	420 mm Aq
		Motor power	95kw × 1,800 rpm	125 kw × 1,800 rpm
		Filtering Area	671 m ²	1,320 m ²
	Sep. 用	IDF Volume	27,000 m ³ /h	49,800 m ³ /h
		Pressure	350 mmAq	350 mmAq
		Motor power	45 kw	75 kw
		Filtering Area	286 m ²	520.32 m ²
Bucket Elevator		Type	1.0×26mH×185 T/H	1.25 m × 34mH × 350 T/H
		Motor Power	37 kw × 1,200 rpm	75 kw × 1,200 rpm
Static Separator		Size	2.8 φ m	3.0m φ
Cyclone Separator	Separating Chamber Diameter		3.5 m φ	4.5 m φ
	Cyclone		1.75 m φ × 4 EA	1.6 m φ × 8 EA
	Motor Rating		100kw×900~450 rpm	160kw×900~450 rpm
	순환 Fan 용량		1,750 m ³ /min	2,900m ³ /min
	" Motor		140 kw × 1,200 rpm	240 kw × 1,200 rpm
Pneumex Conveyor		Capacity	60 T/H	90 T/H



<그림-1> 공 정 도

3. Mill 內 粉碎進行 狀態 및 鋼球分布 調査

3-1 Mill 內 粉碎進行 狀態 測定

Mill 內部 原料의 粒度分布狀態 調査는 2號 시멘트 밀을 대상으로 측정을 하였다. 實驗의 新

뢰도를 最大로 높이기 위해 밀의 운전 상태를 10시간 이상 정상으로 유지한 후 그대로 밀을 세워서 試料를 채취하였으며 채취한 시료의 粒度分析 data와 graph는 각각 <표-2>와 <그림-2>와 같다.

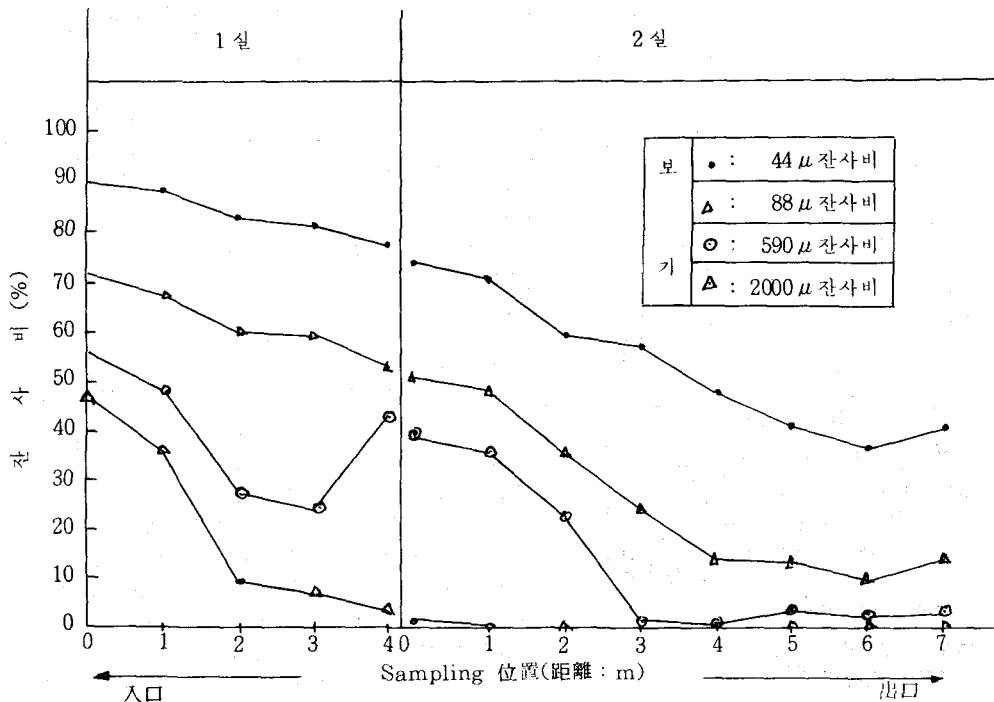
<그림-2>에서 보는 바와 같이 Mill 1 室에서

Mill 內部 시멘트의 粒度分布 측정 data

<表-2>

구 분 篩 徑 μ	1 실 (잔사 : %)					2 실 (잔사 : %)							
	* 측정 지점 (m)					* 측정 지점 (m)							
	0	0.94	1.88	2.82	3.77	0	0.99	1.98	2.97	3.95	4.94	5.93	6.92
2,830	44.4	32.7	7.5	5.2	2.0	0.6	0	0	0.2	0.2	0.2	0.7	0.2
2,000	47.0	35.9	9.7	7.1	3.10	1.0	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.8	0.2
1,410	49.1	38.7	12.2	9.1	3.4	1.1	0.2	0.2	0.4	0.4	0.2	0.8	0.2
1,190	-	-	12.3	9.2	4.0	1.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.2	0.8	0.2
590	56.1	48.5	27.2	24.0	42.4	38.8	35.4	22.5	1.5	0.6	5.6	4.2	5.7
125	-	-	52.7	52.4	46.1	43.3	39.7	26.2	14.6	1.5	8.9	6.1	9.6
88	71.8	68.7	60.0	59.5	53.1	50.7	48.0	35.3	24.1	14.0	13.7	9.6	14.0
74	75.8	72.1	66.6	65.7	58.9	56.0	52.6	41.3	30.3	19.5	19.4	13.7	18.6
63	79.8	78.5	71.3	72.0	65.4	62.8	58.7	47.5	39.6	25.6	24.2	18.5	25.2
44	90.0	88.6	82.9	81.6	77.5	73.9	70.5	59.5	57.4	47.3	41.2	36.0	41.1

참고 * 는 Mill 入口측에서부터의 거리임.



<그림-2> Mill 內부 시멘트의 粒度分布 그래프

는 88 μ , 44 μ Sieve 의 잔사 값이 Mill 의 길이 方向에 따라 변화폭이 적음을 알 수 있다. 그러나 2000 μ 잔사량은 눈에 띄게 급격히 감소하는 結果를 얻었다.

따라서 1 실은 粗立이 선택적으로 粉碎가 이루어지는 것으로 사료된다. 한편 2室은 88 μ , 44 μ 篩의 잔사량은 Mill 出口 쪽으로 가면서 감소되고 있음을 보여주고 있어 이는 2실에서는 有效한 粉碎가 이루어지고 있음을 알 수 있다. 그러나 2000 μ 篩 잔사량은 2실 入口와 出口의 차이가 없는 것으로 보아 粉碎進行이 상당히 지연되고 있음을 알 수 있다. 이는 小徑 Ball 에 의한 효과라 사료된다.

3-2 Steel ball 分布調查 및 小徑 Ball 의 粉碎效率 考察

(1) Steel ball 의 分布調查

Maggotteaux 社의 Boltless 分級 Liner 로 내장된 2실의 Steel ball 分級狀態를 調查한 結果 <表-3>과 같은 分布로 나타났다.

여기서 確實하게 나타나는 것은 Mill 入口에서 出口까지 大徑(60mm ϕ)에서 小徑(17mm ϕ) 順으로 일정하게 분포가 되어 있어 아주 양호한 상태임을 알 수 있다.

規格別 鋼球充塡量은 Maggotteaux 社에서 추천한대로 配烈했으며 충전현황은 <별첨>과 같다.

(2) 小徑 Ball 의 粉碎效率

a. 適正 Ball 徑의 산출

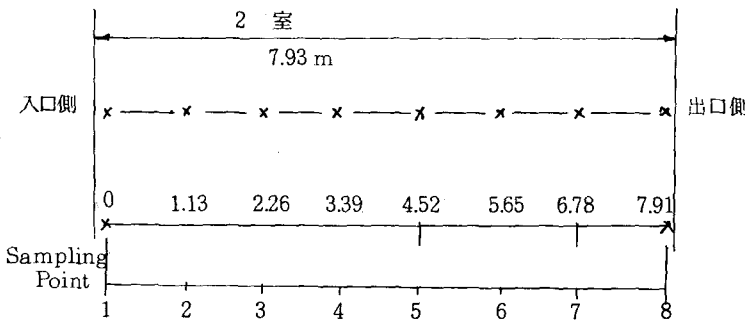
理論과 經驗을 基準으로 유도된 "Bond"의 산출식을 利用 最大 Ball 徑을 구해 보면,

$$B = 36\sqrt{F'} \cdot \sqrt[3]{\frac{S_G \cdot W_i}{\%C \cdot \sqrt{D}}}$$

<表-3> 2실 Ball 의 Size 別 分布測定

(Sampling 의 位置)

측정일시 : 1985. 7. 24
대 상 빌 : No. 2 C/H 2실



Ball 의 Size 別 分布表

單位 : 重量比(%)

Sampling Point size	1 (0)	2 (1.13)	3 (2.26)	4 (3.39)	5 (4.52)	6 (5.65)	7 (6.78)	8 (7.91)
60 ϕ	61.4	47.3	4.3	0	0	0	0	0
50 ϕ	38.3	45.3	11.8	0	0	0	0	0
30 ϕ	0.002	5.8	36.4	23.3	6.4	4.2	0.4	0
25 ϕ	0	1.6	32.2	37.9	25.9	19.7	4.1	1.9
20 ϕ	0	0	8.5	18.2	25.3	28.3	22.1	17.5
17 ϕ	0	0	6.8	20.5	42.3	47.8	73.4	80.6
平均 Ball 重量 (8/個)	568	382	64.36	40.22	28.99	27.07	22.17	21.37

<별첨>

구 분	강구규격	투 입 량 (TON)
1 실	90 ϕ	24
	80 ϕ	16
	70 ϕ	10
	계	50
2 실	60 ϕ	15
	50 ϕ	10
	30 ϕ	8
	25 ϕ	10
	20 ϕ	17
	17 ϕ	44
	계	104

※ 참고 Data

Sampling 일시 : 1985. 7. 24

Ball size	Sampling point	1	2	3	4	5	6	7	8	計
	項目	0	1.130 m	2.260 m	3.390 m	4.520 m	5.650 m	6.780 m	7.910 m	
60 φ	중량 (kg)	49.2	38.3	35.0	0	0	0	0	0	122.5
	수량 (EA)	68	51	5	0	0	0	0	0	124.0
50 φ	중량 (kg)	30.7	36.7	9.6	0	0	0	0	0	77.0
	수량 (EA)	71	92	25	0	0	0	0	0	188
30 φ	중량 (kg)	0.2	4.7	29.6	19.8	5.2	3.7	0.3	0	63.5
	수량 (EA)	2	45	301	200	52	37	3	0	640
25 φ	중량 (kg)	0	1.3	26.2	32.2	21.0	17.2	3.4	1.5	102.8
	수량 (EA)	0	21	440	540	352	288	60	25	1,726
20 φ	중량 (kg)	0	0	6.9	15.4	20.5	24.8	18.3	13.6	99.5
	수량 (EA)	0	0	210	481	641	775	572	425	3,104
17 φ	중량 (kg)	0	0	5.55	17.4	34.3	41.8	60.7	62.6	222.35
	수량 (EA)	0	0	283	887	1,749	2,132	3,095	3,185	11,331
계	중량 (kg)	80.1	81.0	81.35	84.8	81.0	87.5	82.7	77.7	656.15
	수량 (EA)	141	212	1,264	2,108	2,794	3,232	3,730	3,635	17,116

Ball Size	신품중량(kg/EA)	측정치 중량(kg/EA)	비 고
60 φ	0.864	0.987	* 70 φ Steel Ball 마모분 혼합됨.
50 φ	0.500	0.409	* 50 φ 다량 마모되었음.
30 φ	0.108	0.099	
25 φ	0.063	0.059	
20 φ	0.032	0.032	
17 φ	0.020	0.0196	

여기서 B: 최대 Ball 徑 (mmφ)
 F': 원료의 80% 통과 입경 (mm)
 S_G: 원료의 比重量 (g/cm³)
 W_i: Bond의 일 指數 (kwh/t)
 %C: 입계 회전수에 대한 회전비(%)
 D: Mill 徑 (mφ)

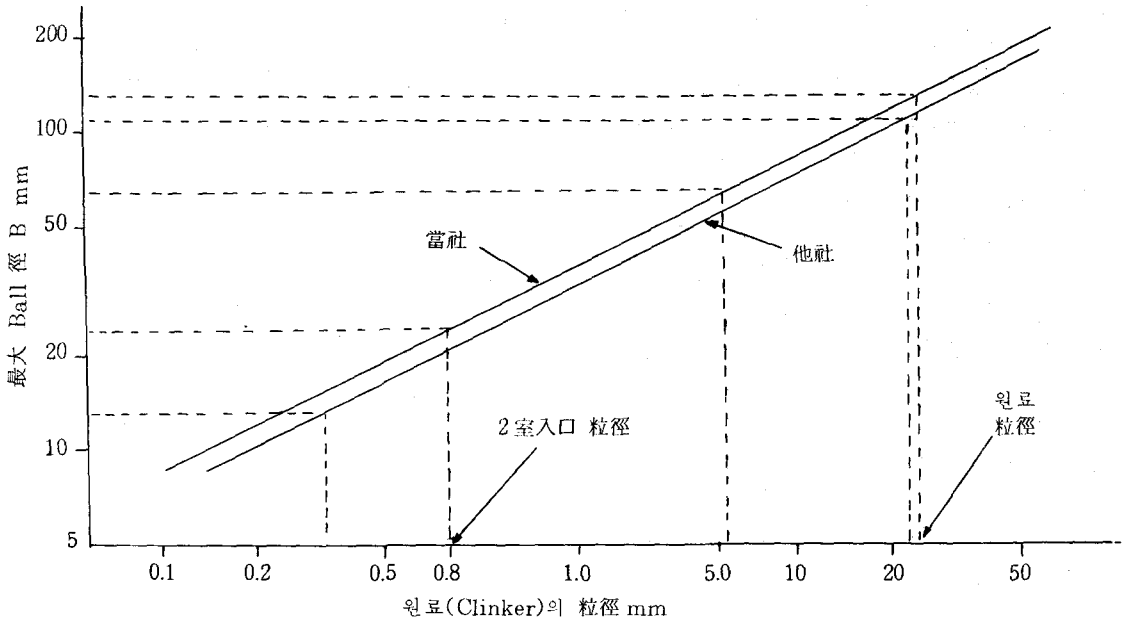
$$\begin{aligned} \therefore B &= 36 \times \sqrt{F'} \times \sqrt[3]{\frac{3.1 \times 16.16}{68.88 \times \sqrt{3.4}}} \\ &= 26.4 \times \sqrt{F'} \\ &= 26.4 \times \sqrt{24.77} \\ &= 131.39 \text{ mm}\phi \end{aligned}$$

當工場 2號 C/M에 대하여 아래 data를 上記 式에 代入하여 계산하면,

F': 24.77 mm
 S_G: 3.1 g/cm³
 W_i: 16.16 kwh/t
 %C: 68.88 %
 D: 3.4 mφ

위 관계를 <그림 - 3>에 나타냈다. 그림을 관찰해 보면 1실의 최대 Ball 徑은 투입되는 원료(Clinker)의 粒徑을 고려하여 정해지고 2실의 경우는 Mill이 적정 운전되었을 때 2실 入口 粒徑을 기준으로 하여 적정 Ball 徑이 결정됨을 알 수 있다.

적정 最大 Ball 徑



<그림-3> 원료 粒徑과 最大 Ball 徑과의 關係(Bond의 산출식)

1 실 : 131 mm ϕ

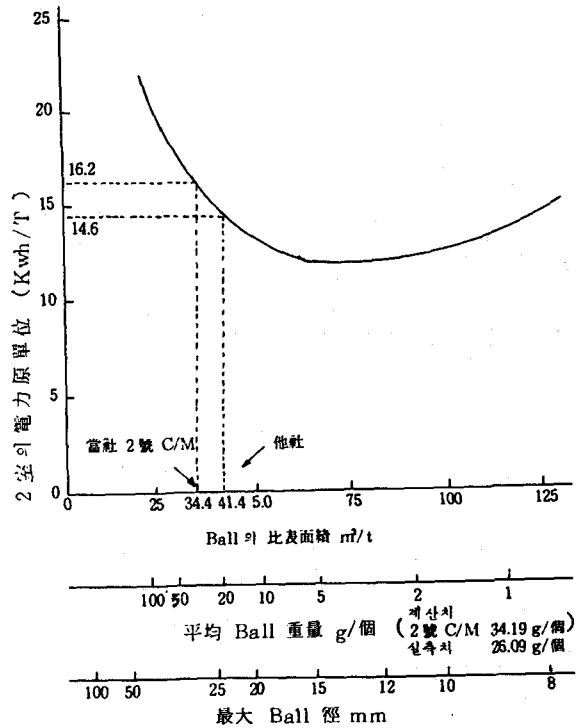
2 실 : 24 mm ϕ

上記의 Ball 徑을 보면 1 실의 Ball은 大徑化와 2室의 Ball은 小徑化가 요망된다. 그러나 1 실의 實際 使用하는 Ball 徑은 90 mm ϕ 로서 이는 Liner의 破損等을 고려한 것으로 보며 이와 반대로 2실의 最大 Ball은 60mm ϕ 로서 이는 2실 入口측의 grit를 효과적으로 粉碎하기 위한 것과 또한 Maggotteaux社에서 設計한 目板(screen liner)의 Slot 間격이 6mm이므로 2실로 넘어가는 6mm의 粒徑에 對備한 것으로 사료된다.

b. Ball 徑과 粉碎效果

2室의 Ball 徑에 對하여 Cleeman*은 2.2m ϕ 의 Mill을 使用하여 Ball 徑의 影響을 調査하고 ball의 比表面積과 動力原單位와의 關係를 그래프(<그림-4>)로 表示했다. Mill 本體의 動力原單位는 2실 動力原單位에 1실의 動力原單位(13kwh/t)를 합하면 된다.

Cleeman의 實驗 結果에 2號 시멘트 Mill과 他社 Mill(2號와 同一)의 ball 比表面積을 산출하여 그래프에 plot한 결과 2실의 動力原單



<그림-4> Ball 比表面積과 2室 電力原單位와의 關係(Cleeman의 實驗)

位는 當社 2號 Mill의 경우 16.2kwh/t, 他社 Mill의 경우 14.6kwh/t으로 나타났다.

단, 2號 Mill의 경우 2실 入出에서의 25 μ 잔사 %가 cleeman의 실험조건과는 다르기 때문에 動力原單位는 정확하다고 볼 수 없지만 原單位 比較에 參考가 된다.

또한 원단위 감소를 위해서는 Ball의 比表面積을 늘리는 것이 바람직 하지만 小徑 ball을 사용하는 경우 2실에서는 1mm보다 큰 粒徑은 粉碎가 지연되므로 50~60mm ϕ 의 ball을 사용한 것으로 생각된다. 이는 表面積 上昇보다

는 分쇄효율 向上을 고려한 것으로 推定된다.

4. Separator 分級成績 比較

4-1 粒度分析

Turbo Separator와 Cyclone Separator의 分級特性을 比較해보기 위해 6號 시멘트 Mill (Turbo sep. 付)과 2號 시멘트 Mill (Cyclone sep. 付)을 對象으로 粒度分析 한 data는 <表-5, 6>과 같다.

4-2 部分分級效率 (Tromp 配分率) 比較

6號 시멘트 Mill 粒度分析 Data (Turbo - Sep. 付)

<表-5>

試料	통과분 %													
	10 μ	15 μ	20 μ	25 μ	30 μ	35 μ	40 μ	45 μ	50 μ	55 μ	60 μ	70 μ	125 μ	150 μ
Sep. 入粉	22.4	28.2	34.7	40.4	45.7	50.9	55.2	58.8	62.0	65.4	68.3	74.3	76.8	82.4
" 粗粉	18.9	23.3	26.9	30.3	35.0	40.2	44.5	47.8	51.4	55.1	58.8	65.4	76.8	82.4
" 精粉	34.2	47.2	59.0	67.8	75.4	80.7	85.7	87.5	89.9	91.4	93.0	95.7	98.4	99.1
E/F 精粉	25.7	36.0	45.6	54.6	63.3	71.9	78.5	84.2	86.3	88.7	91.1	95.4	99.7	99.9
製品	32.7	46.1	57.5	66.9	74.6	81.0	85.3	86.0	90.5	92.2	93.8	96.3	98.7	99.3

2號 시멘트 Mill 粒度分析 Data (Cyclone Sep. 付)

<表-6>

試料	Blaine (cm ³ /g)	殘渣 (%)										비고
		10	20	32	45	53	63	75	90	106	125	
Cyclone Sep. 入粉	1,939	98.82	82.00	49.06	35.83	26.10	20.55	17.95	11.60	9.75	6.46	
Cyclone Sep. 粗粉	694	98.20	94.27	82.56	59.67	50.23	39.37	33.34	22.51	19.41	12.25	
Cyclone Sep. 精粉	3,182	98.70	71.62	13.18	4.54	2.45	1.57	1.06	0.04	0	0	
Grit Sep. 粗粉	1,729	97.85	85.16	52.99	34.52	25.60	19.41	14.63	9.26	7.35	4.27	
E/F (Sep. 用) 精粉	7,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E/F (Mill 用) 精粉	2,689	97.63	76.4	23.1	10.06	6.54	3.82	2.12	0.08	0.05	0.02	
(P/N) 製品	3,151	97.82	74.92	15.14	5.55	3.13	2.82	1.15	0.03	0.02	0.01	

6號 C/M Sieve Test 및 粗粉의 分配率 計算表

<表-7>

粒度 區分 μ	Sep.入粉 殘渣 %	Sep. 粗 粉				Sep. 精 粉				計算入粉 重 量 (R)+(P)	粗粉의 分配率 $\frac{R}{F} \times 100$
		殘渣 %	重量 %	$\frac{R}{F} = \frac{(f)-(P)}{(r)-(p)}$ = 入	入粉重量 對 % (入) $\times \Delta r$ mean	殘渣 %	重量 %	$\frac{P}{F} = 1 - \text{入}$	對入粉 重量 % (1-入) $\times \Delta P$ mean		
	(f)	(r)	(Δr)	(λ)	(R)	(P)	(ΔP)	1-入mean	(P)	F	
10	77.6	81.1	18.9	0.7712	13.76	658	34.2	0.272	9.30	23.06	59.82
15	71.8	76.7	4.4	0.7949	3.20	52.8	13.0		3.53	6.73	47.54
20	65.3	73.1	3.6	0.7570	2.62	41.0	11.8		3.20	5.82	45.01
25	59.6	69.7	3.4	0.7306	2.47	32.2	8.8		2.39	4.86	50.82
30	44.3	65.0	4.7	0.4876	3.42	24.6	7.6		2.06	5.48	62.40
35	49.1	59.8	5.2	0.7358	3.78	19.3	5.3		1.44	5.22	72.41
40	44.8	55.5	4.3	0.7409	3.13	14.3	5.0		1.36	4.49	69.71
45	41.2	52.2	3.3	0.7229	2.40	12.5	1.8		0.48	2.88	83.33
50	38.0	48.6	3.6	0.7246	2.62	10.1	2.4		0.65	3.27	80.12
55	34.6	44.9	3.7	0.7162	2.69	8.6	1.5		0.40	3.09	87.05
60	31.7	41.2	3.7	0.7222	2.69	7.0	1.6		0.43	3.12	86.21
70	25.7	34.6	6.6	0.7062	4.80	4.3	2.7		0.73	5.53	86.79
125	16.9	23.2	11.4	-	8.30	1.6	1.6		0.43	8.73	95.07
150	13.4	17.6	5.6	-	4.07	0.9	0.7		0.19	4.26	95.53

入 mean = 0.7284

計 98

2號 C/M Sieve (篩分)試驗 및 分配率 計算表

<表-8>

粒度 區分 μ	Sep.入粉 殘渣 %	Sep. 粗 粉				Sep. 精 粉				計算入粉 重 量 % (R) + (P)	粗粉의 分配率 % $\frac{(R)}{(F)} \times 100$
		殘渣 %	重量 %	$\frac{R}{F} = \frac{(f)-(p)}{(r)-(p)}$ = 入	入粉重量 對 % (入) $\times (\Delta r)$ mean	殘渣 %	重量 %	$\frac{P}{F} = 1 - \text{入}$	對入物 重量 % (1-入) \times mean(Δp)		
	(f)	(r)	(Δr)	(λ)	(R)	(P)	(ΔP)	(1- λ)mean	(P)	F	
10	98.32	98.20	1.8		0.93	98.70	1.3		0.62	1.55	60.0
20	82.00	94.27	3.93		2.04	71.62	27.08		12.99	15.03	13.57
32	49.06	82.56	11.71	$\frac{49.06-13.18}{82.56-13.18}$ = 0.5171	6.08	13.18	58.44		28.05	34.13	17.81
45	35.83	59.67	22.89	0.5675	11.89	4.54	8.64		4.14	16.03	74.19
53	26.10	50.23	9.14	0.4949	4.90	2.45	2.09	0.480	1.00	5.90	83.05
63	20.55	39.37	10.86	0.5021	5.64	1.57	0.88		0.42	6.06	93.06
75	17.95	33.34	6.03	0.5232	3.13	1.06	0.51		0.24	3.37	92.87
90	11.60	22.51	10.83	0.5144	5.62	0.04	1.02		0.48	6.10	92.13
106	9.75	19.41	3.1		1.61	0				1.61	100.00
125	6.46	12.25	7.16		3.72	0				3.72	100.00
		計 97.75		(入) = 0.5198 mean		計 99.96					

4-3 Separator의 分級成績 比較

(1) 各 Separator의 分級成績表

〈表-9〉

項 目	號 別	2號 시멘트 밀	6號 시멘트 밀	제일 시멘트 밀(日)
Separator의 種類 및 製 作 社		3.5mφ Cyclone- Sep. (MHI 製)	6.0mφ Turbo- Sep. (Polysius)	4.5mφ Cyclone- Sep. (MHI)
循環率(C·L) % (63μ 기준)		100.8	375	131
粗粉率(入) %		51.9	72.8	56.7
分割率(β) %		13	46	23
平衡粒度(dM) μ		33	14	25
分離粒度(dp) μ		43	36	34
Newton 效率(Y _N) % (at dM)		68	37.8	48
Terra 指數(Ep) μ		5	15.5	16
不完全度(I)		0.0116	0.431	0.471

(2) 比 較

上記 〈表-9〉의 分級成績에 대해서 項目別로 比較해 보면 다음과 같다.

a. Newton의 효율

Newton의 효율은 精粉의 回收率에서 粗粉의 回收率을 뺀 값으로 分級機가 理想分級을 行하는 重量比로 나타내며 理想分級の 경우 $y_N=100\%$ 分級이 안 되는 경우 $y_N=0\%$ 이다. 平衡粒도를 기준으로 했을 때 2號 시멘트 밀은 68%로서 Turbo Separator (6號) 37.8%에 比하면 Newton의 효율이 양호함을 알 수 있다.

b. Tromp 配分率(粗粉側)

Tromp 配分率 曲線은 各 粒子徑이 粗粉側에 配分되는 比率 또는 確率로서 理想分級일 경우 어떤 粒子徑에서 수직 형태를 이루지만 실제 현상에서는 그렇지 않다. 當社 2號 Cyclone Separator와 6號 Turbo Separator의 Tromp 配分率 曲線을 比較해 보면 2號의 경우 양호한 分級 結果를 보여주고 있다. 이는 Turbo-Separator보다 Cyclone Separator가 分級 性能이 우수함을 나타내고 있다.

c. 分離粒度(dp)

分離粒도는 Tromp 配分率이 50%가 되는 粒子徑으로 이는 粗粒과 微粒이 各各 50%씩 配

分되는 粒子徑이다. 2號 Cyclone Separator의 경우 分離粒度(dp)는 43μ으로 다른 Separator에 比해 粒도가 크게 나타났다.

d. 平衡粒度(dM)

分級の 結果 이 粒徑을 境界로 해서 粗粒이 精粉側으로 들어가 있는 量과 微粒이 粗粉側에 들어간 量이 같은 粒徑이다. 2號의 경우 33μ, 6號의 경우 14μ이다.

e. 分割率(β)

入粉이 分級이 되지 않고 粗粉側으로 混合되어 들어간 原料의 比率로서 分할률이 크면 分級 性能이 좋지 않다. 2號의 경우 粗粒側 分割率은 13% 精粉側은 거의 0에 가깝다.

Turbo-Separator는 粗粒側 分割率이 45%로 分할이 많이 일어났음을 알 수 있다.

f. Terra指數(Ep)와 不完全度(I)

Terra指數(Ep)는 分級の 精度를 나타내는 數值로서 $Ep = \frac{1}{2}(D_{75} - D_{25})$ 로 表示하며 不完全度(I) = $\frac{Ep}{D_{50}}$ 로 表示하는데 이 數值가 작으면 작을수록 分級の 精度가 良好함을 意味한다. Cyclone Separator의 不完全度(I)는 0.3~0.4로 설계되어 있는데 本 分級成績 data에서 는 이보다 작게 나왔다.

5. Cyclone Separator의 運轉特性 實驗

<表 - 10>

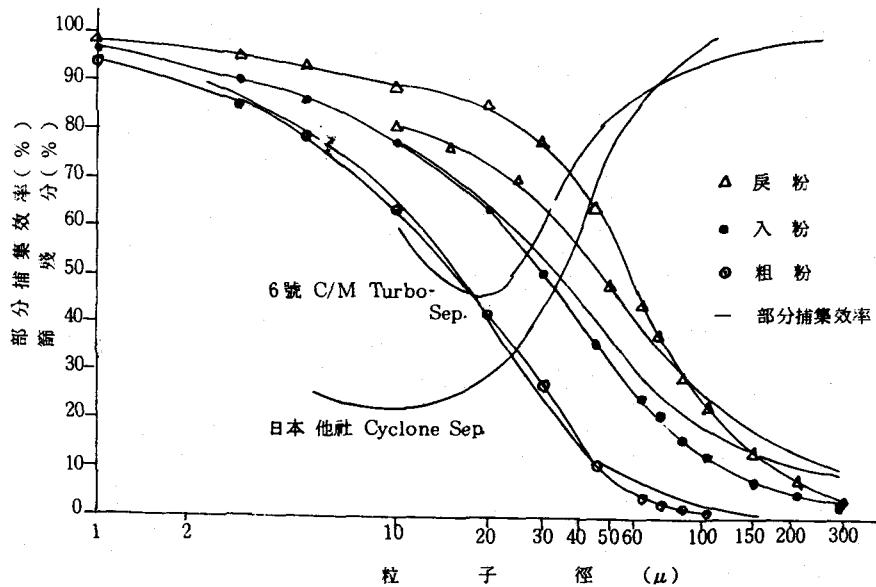
Cyclone Separator의 特性 실험표

Separator의 運轉條件		比 動 力 消 費							粉碎量	Blaine
순 환 담 파	Blade 회전수	Separator			B/F	Mill	P/N	計		
		Blade	순 환 Fan	計						
%	rpm	kw/t	kw/t	kw/t	kw/t	kw/t	kw/t	kw/t	t/h	cm ² /g
70	145	2.1	2.4	4.5	1.3	42.6	2.8	51.2	67.6	3,840
	136	1.8	2.2	4.0	1.1	39.0	2.6	46.7	73.7	3,674
	132	1.7	2.1	3.8	1.1	36.7	2.4	44.1	78.3	3,581
	128	1.6	2.0	3.6	1.0	35.4	2.3	42.3	81.1	3,301
	124	1.4	1.9	3.3	1.0	34.1	2.3	40.8	84.1	3,074
80	141	1.7	2.2	3.9	1.1	36.5	2.4	43.9	79.4	3,443
	136	1.6	2.1	3.7	1.0	35.5	2.3	42.5	81.4	3,328
	132	1.5	2.0	3.5	1.0	34.5	2.3	41.3	83.8	3,197
90	145	1.8	2.2	4.0	1.1	36.1	2.4	43.6	80.1	3,366
	141	1.7	2.1	3.8	1.0	35.4	2.3	42.5	81.7	3,330
	136	1.6	2.0	3.6	1.0	34.4	2.3	41.3	84.1	3,197
	132	1.4	2.0	3.4	0.9	32.0	2.1	38.4	90.6	3,105
	128	1.3	2.0	3.3	0.9	31.0	2.1	37.3	93.6	2,994
100	145	1.6	2.1	3.7	1.0	32.9	2.2	39.8	88.1	3,197
	141	1.5	2.1	3.6	0.9	32.3	2.2	39.0	89.6	3,135

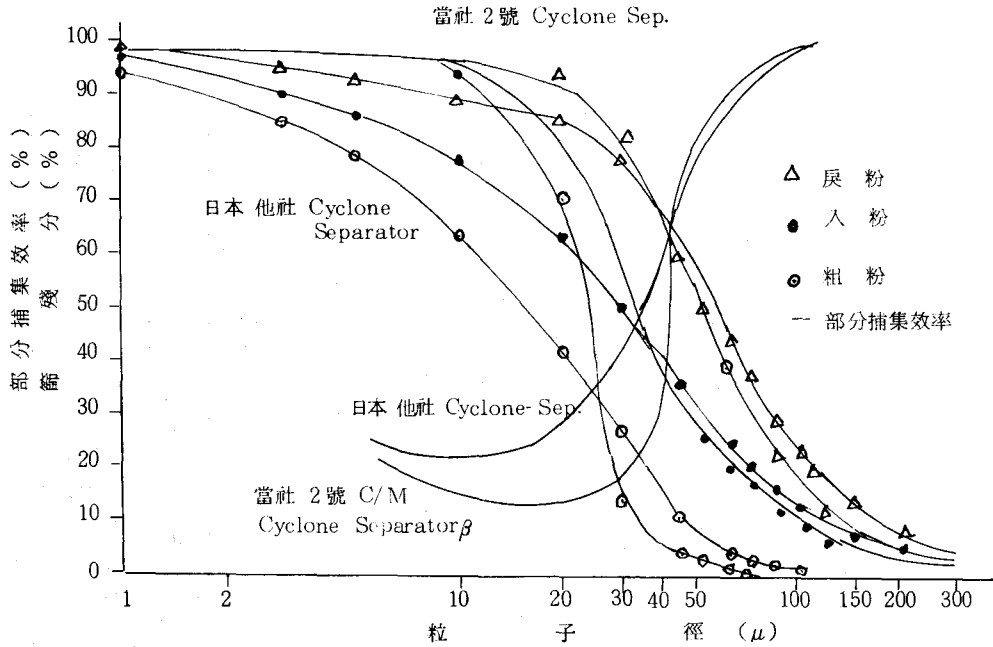
* 성신 증설 C/M (5호) Data (85. 11. 21 ~ 11. 23)

Cyclone Sep. (Dia. 4.5mφ, Blade 50매. 구동동력 160kw. 순환 Fan 240kw×2,900cm³/min)

* 단 1호 K/L Fresh Clinker 투입. B/E Power 52.8kwh로 일정하게 유지.

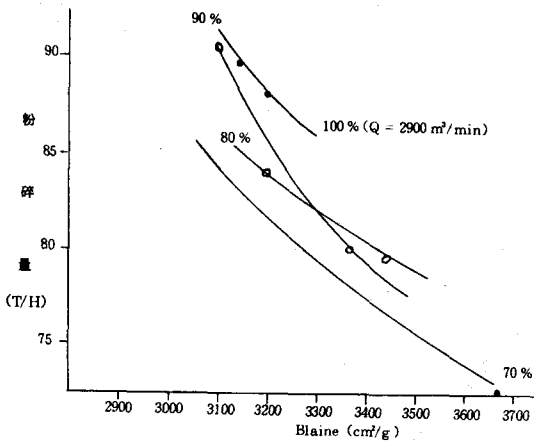


<그림 - 5> Separator 粒度分布 및 部分捕集效率 比較



〈그림-6〉 Cyclone Separator 粒度分布 및 部分捕集效率 比較

(1) 比表面積(Blaine)과 粉碎量



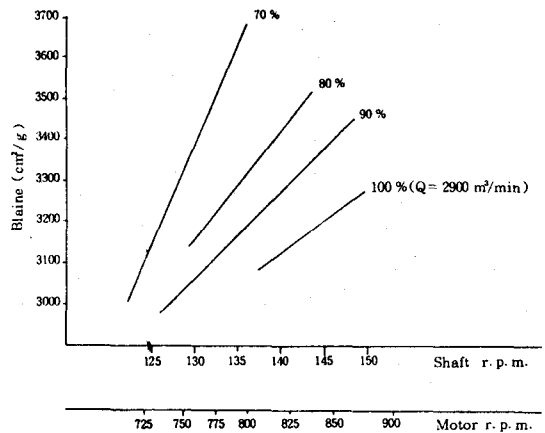
〈그림-7〉 粉碎量과 比表面積과의 관계

Blaine이 증가할수록 粉碎量은 저하되고 순환풍량이 많은면 분쇄량이 증가한다.

또한 순환풍량이 적을수록 Blaine의 변화에 따라 분쇄량이 급격히 감소함을 알 수 있다.

특히 순환풍량이 70%일 때 Blaine 3500 이상 분쇄시 분쇄량이 급격히 떨어짐을 알 수 있다.

(2) Blade 回轉數와 比表面積(Blaine)

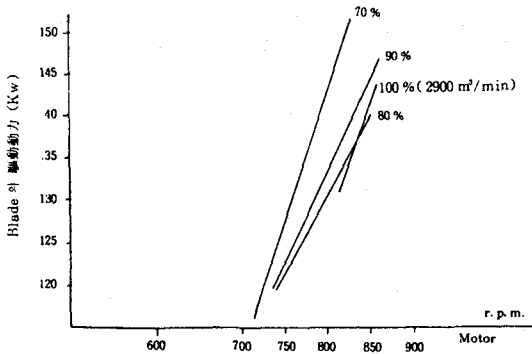


〈그림-8〉 Blade 回轉數와 比表面積과의 關係

上記 Graph에서 보면 Separator 순환풍량이 일정한 경우 Blaine은 Blade 回轉數에 비례하며 이 직선의 기울기는 순환풍량이 적을수록 큰 것을 알 수 있다.

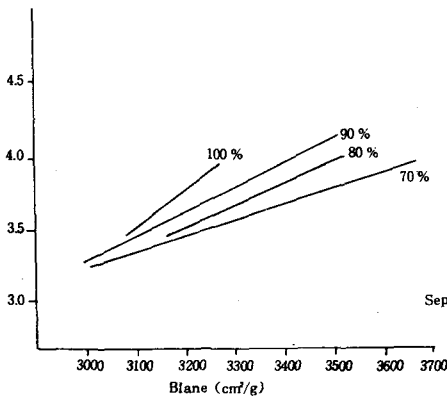
즉 순환풍량이 적을수록 Blade 회전수에 Blaine의 변화폭이 큰 것을 의미한다.

(3) 動力消費의 比較



〈그림-9〉 Blade 回轉數와 驅動力

상기 Graph에서 보는 바와 같이 Blade 驅動力 역시 Blade 回轉數 증가에 따라 급격히 증가함을 알 수 있다.



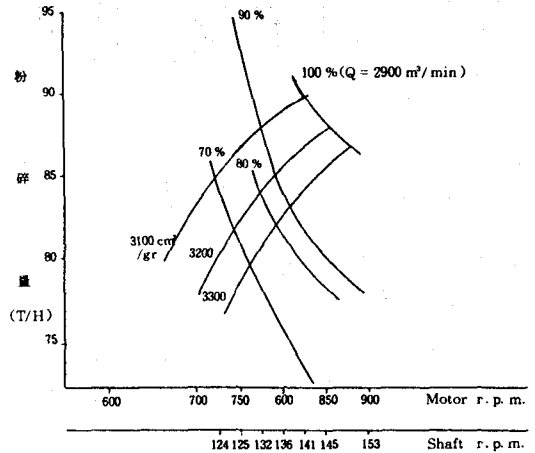
〈그림-10〉 Sep 動力消費와 Blaine (cm²/gr)

순환 fan을 포함한 Sep의 동력소비 역시 순환풍량이 많은쪽이 비동력소비가 증가하며 또한 같은 풍량이라도 비표면적 증가에 따라 비동력소비가 증가함을 알 수 있다.

지금까지 Graph를 통한 내용을 종합해 보면 상기 Graph와 같은 Cyclone Sep의 운전 특성을 알 수 있다.

즉 순환풍량을 늘일수록, Blade 회전수를 줄일수록 분쇄량이 증가하며 또한 이런 점에서 비동력소비 역시 줄어들 것이 예상된다.

(4) Cyclone Sep 運轉特性



〈그림-11〉 Cyclone Sep의 運轉特性

따라서 이 Cyclone Sep는 제품의 고급화를 이루는데 큰 역할을 할 것이라 사료된다.

6. 結 論

1) Mill의 粉碎進行 狀態 및 Ball의 分布, Ball徑의 檢討 結果 粉碎效率 向上과 電力原單位 節減을 爲해서는 小徑 鋼球使用 比率을 높여 Ball의 比表面積을 늘려 주는 것이 바람직 할 것으로 사료되나 1실에서 2실로 들어가는 碎料의 粒度를 적절히 조정하여 粉碎進行을 지연 시키지 않도록 해야 될 것으로 판단된다.

2) Turbo Separator와 Cyclone Separator의 分級成績을 比較해 본 결과 閉回路(closed circuit) 粉碎方式에서 Separator의 機種에 따라 單位生産量, 電力原單位, 製品의 品質 등에 큰 영향을 주고 있음을 확인하였다.

3) Cyclone Separator의 運轉特性은 製品의 control 범위가 넓기 때문에 多樣한 種類의 시멘트를 생산할 수 있을 것으로 보며 분급 精度가 매우 우수하기 때문에 특히 높은 粉末度에서 입도 분포 범위가 좁은 製品을 생산할 수 있어 시멘트의 경우 비표면적이 낮더라도 좋은 강도를 얻을 것으로 사료된다.