

# Ball Mill용 LV Classifier의 개념과 그 응용

D. Pandey

<L.V.Technology Public Co., Ltd. in Thailand>

1998년 Vertical Roller Mill용 고효율 Classifier를 개발하여 전세계 시멘트 공장의 획기적인 발전에 기여한 당사(LVT사)가, 2001년도 초부터 Ball Mill용 Classifier의 신규 설계를 시도하게 되었다.

그 개념과 특징은 새로운 기술을 도입한 매우 독특한 것이다.

- 즉, 1. Classifier의 하부로 부터 원료투입
2. Fluidized Bed (유동층) 도입
3. 신규공장에는 Bucket Elevator 불필요

이에 대한 상세 설명은 다음과 같다.

## 1. Classifier 하부로 부터 원료 투입

통상적인 Separator의 경우, 원료의 투입이 Separator의 상부에서 이루어지지만, 당사 Classifier의 경우 하부로 부터 원료투입이 이루어지고 원료는 하부에서 상부로 이동하게 된다.

그 이유는, Separator의 전면적에 걸쳐 균등한 원료의 분포를 이루게 하기 위함이다.

즉, 당사 Separator의 Rotor와 Guide Vane은 모든 면적에 동일한 Dust Load를 형성하게 하며, 따라서 통상적인 Separator와 비교하여 상대적으로 Dust Load를 크게 설계한다.

이러한 점이 새로운 개념의 고효율 Separator의 설계에 매우 독특하고도 중요한 요소이다.

## 2. 유동층(Fludized Bed) 도입

Separator 하부에는 유동층이 도입된다. 그 이유는, Separator의 내부에 투입되는 Hot Gas와 원료가 아주 짧은 거리에 걸쳐 최적으로 혼합되어서 Separator의 원통 Casing을 통과하게 하기 위함이다.

또한, Ball Mill 출구에서 발견되는 Separator Grit 즉, 강구 조각, 원료 덩어리 같은 것을 분쇄 공정에서 완전히 제거하기 위한 수단으로도 활용된다.

또 하나의 중요한 이유는, 비상운전시 원료가 채이는 문제를 해결할 수 있는데 이는 과도한 원료가 Separator하부에 투입될 때, 유동층 하부에 장착된 Aeration 을 활용하여 조정이 가능하다

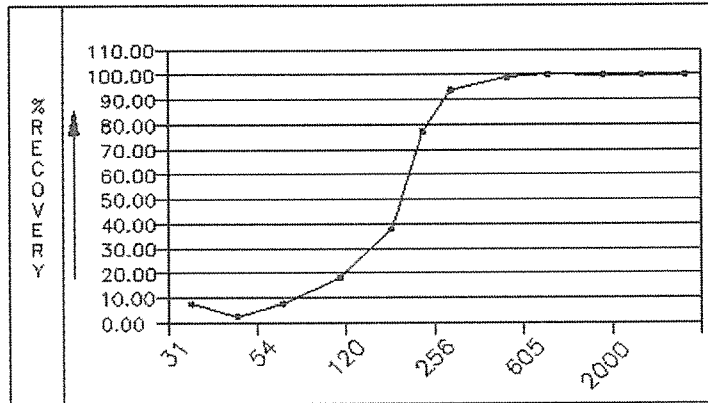
Mill 정지시 반드시 Separator하부에 쌓인 Dust 를 제거할 필요가 없는 것은, 당사에서 도입한 순환공정에 의하면, 유동층면 상부의 Gas 가 Dust를 Separator의 외부로 이송하는데 충분하기 때문이다.

유동층 Fan의 유량과 압력은 가능한 소용량이어야 한다.

### (주의)

Coal Mill 용 당사 Classifier는 Hot Gas가 Separator하부로 직접 투입되기 때문에 유동층을 설치할 필요가 없다.

또한, 원료 분쇄용 Air Swept Mill중에도 유동층을 설치하지 않는 경우가 있는데, Mill출구 Gas를 Separator 하부로 투입하기 때문이다.



<Tromp Curve after modification into LV Classifier>

### 3. 신규공장에서 Bucket Elevator 불필요

Separator 하부에 원료를 투입하기 때문에 Mill출구에서의 Bucket Elevator 높이를 줄일 수 있고, 이는 신규 Separator로 개조시 Bucket Elevator의 높이를 감소시켜 동력비 및 기타 보수비용을 절감시킬 수 있다.

신규 공장의 경우, Mill 출구용 Bucket Elevator가 불필요하다.

Separator 하부 Casing을 Mill 출구의 위치까지 연장하여 Bucket Elevator 없이 Mill 출구의 원료가 Separator하부로 직접 투입된다.

Bucket Elevator가 없으면, Mill House의 건물은 매우 단순화되고 낮아질 수 있고, 당사 Classifier용 지붕과 간단한 구조만 필요로 하게 된다.

#### (주의)

당사의 "No Bucket Elevator Plant" System은 캐나다의 CEMCO CEMENT 사의 Cement Mill 과 미얀마의 Pozzolan Mill 에 이미 설치

#### Ball Mill용 LV Classifier의 개조 실적 (2005년 11월 현재)

Category of Ball Mill	No. of Sets	Modification or New	Apply of Fluidizing bed(FB)	Remarks
Raw Mill	15 sets (13%)	Modification	With and without FB	
Cement Mill	40 sets (42%)	Modification	With FB	Including slag
Coal Mill	38 sets (39%)	Modification	without FB	Coal & Pet-coke
Others * Fly ash * Lime * Pozzolane	3 sets 1 sets 2 sets (6%)	New plant Modification New plant	With FB	without Bucket Elevator
Grand total	99 sets (100%)			

하여 운전되고 있다.

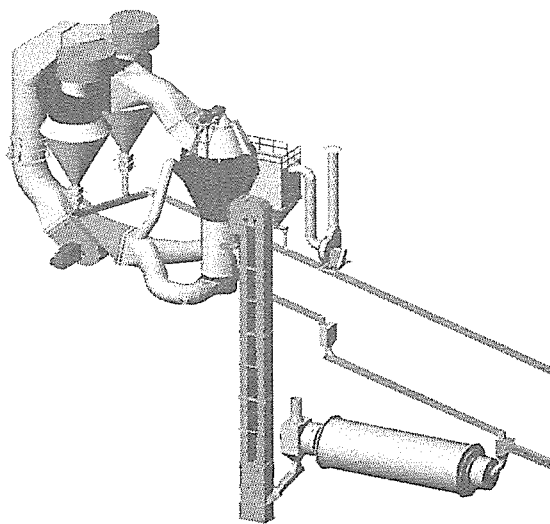
인디아에서 첫번째 Ball Mill용 LV Classifier가 현저한 성능증대의 효과가 나타난 후, 당사는 당사 Classifier를 모든 Ball Mill, 특히 Cement Mill에 적용하여 현재 약 100 기의 Ball Mill에 당사 Classifier를 공급하여 오고 있다.

**당사 Classifier는 3단계의 분급을 행한다.**

**1단계** 1차 분급은 Feeding point에서 이루어진다. 즉, 투입시 Grit와 조분은 떨어져서 Reject Air Slide를 통해서 Mill로 되돌아가고, 정분은 상승한다.

**2단계** 2차분급은 원료가 투입될 때 LV Pocket에서의 속도변화로 분급이 이루어진다. 원료를 적재한 Gas가 높은 속도로 LV Pocket에 유입되고, 이후 속도가 줄어들어서 2차 분급을 생성하게 된다. 1차분급과 2차분급은 자동으로 이루어지며, 어떠한 에너지를 필요로 하지 않는다.

**3단계** 3차분급은 Rotor(S형상)에서 속도의 변화로 이루어진다.



<Arrangement of LV Classifier and LV Cyclone for Ball Mill>

1차분급과 2차분급이 자동으로 이루어지기 때문에 Rotor에서 Dust Load가 적어진다.

이러한 효과로 인하여, 적은 전력소모량과 더 좋은 분급 효과를 가지고 온다.

대부분의 다른 Separator에서는 Material Feed가 상부에서 이루어져서 Fixed Vane과 Rotor를 통과한다. 이러한 차이 때문에, 종래의 Separator는 1차분급만을 한다.

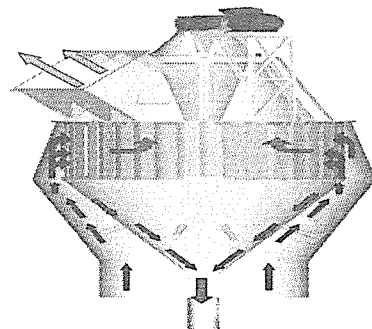
**당사 Classifier의 특징**

- 당사 Classifier의 특징은 Mill내의 Gas와 Material의 Flow를 개선하는데 있다.
- 즉, \* LV Pocket이라는 Guide Vane의 독특한 설계
- \* Rotor Blade의 독특한 설계
- \* Grit Funnel의 설계

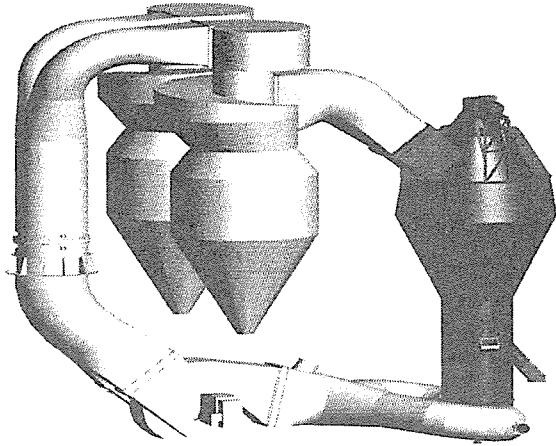
이러한 특징은 아래와 같은 이론적이고 실제적인 아이디어를 배경으로 하였다.

Gas Speed를 최적화함으로써 보다 많은 원료가 Classifier를 통과하도록 한다.

LV Pocket를 설치하여 정분이 Mill Table로 되돌아오는 것을 방지하고 Mill Body에서의 과도한 원료순환을 막는다. Separator 내부의 압력 손실을 감소시킴으로써, Mill Body내에서의 원료순환의 감소는 물론, 3단계 분급의 효과를 극대화시켰다.



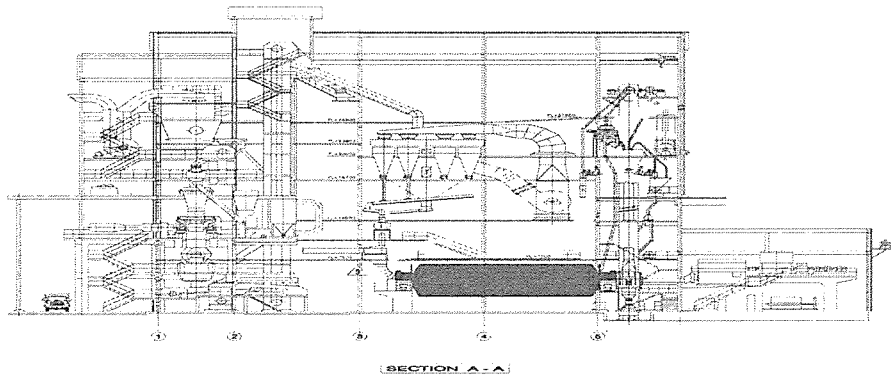
<L.V. CLASSIFIER FOR BALL MILL>



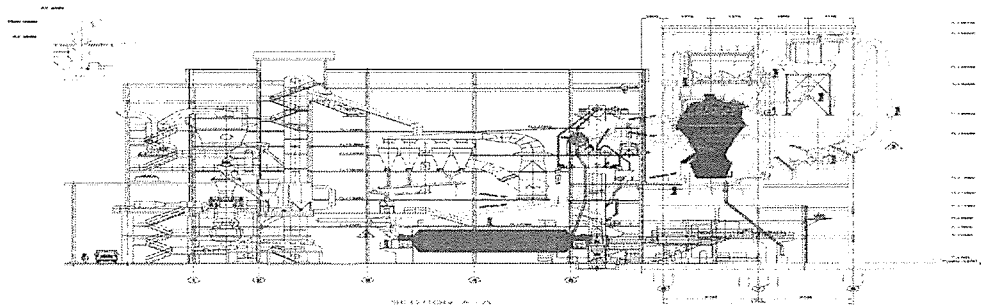
<Grinding Circuit for L.V. CLASSIFIER for Ball Mill>

Case 1 ; Malaysia	Before modification	After modification
Production (tph)	180	201
Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	3300	3300
Reside on 90 mic.	5-8 %	0.5 %
Reside on 45 mic.	20-22 %	7 %
Power		
Cement Strength		
1 day	22	27
2 day	29	34
3 day	38	40
7 day	45	48
28 day	51	60
Water demand	29	29

<L.V. Result for Cement Ball Mill>  
Case1 ; MALAYSIA

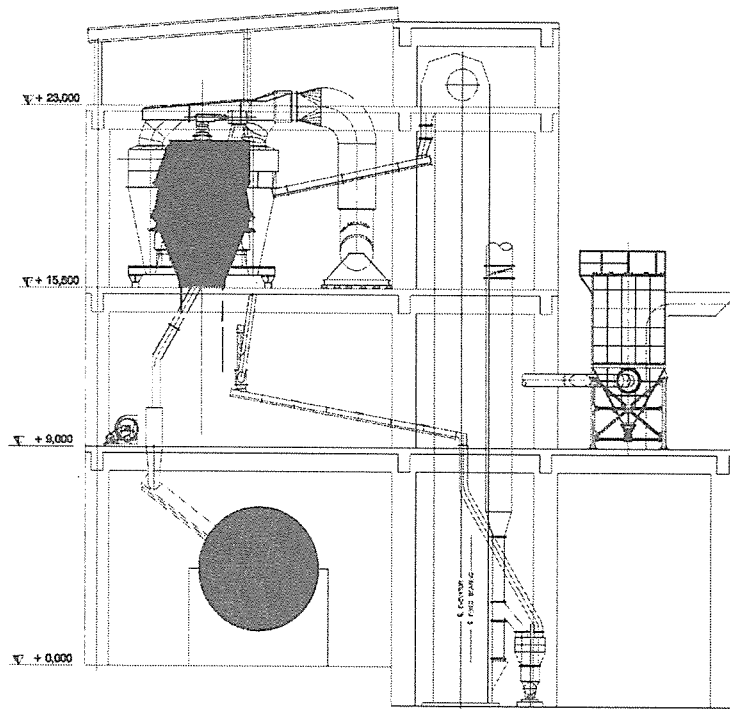


Before modification(Malaysia)

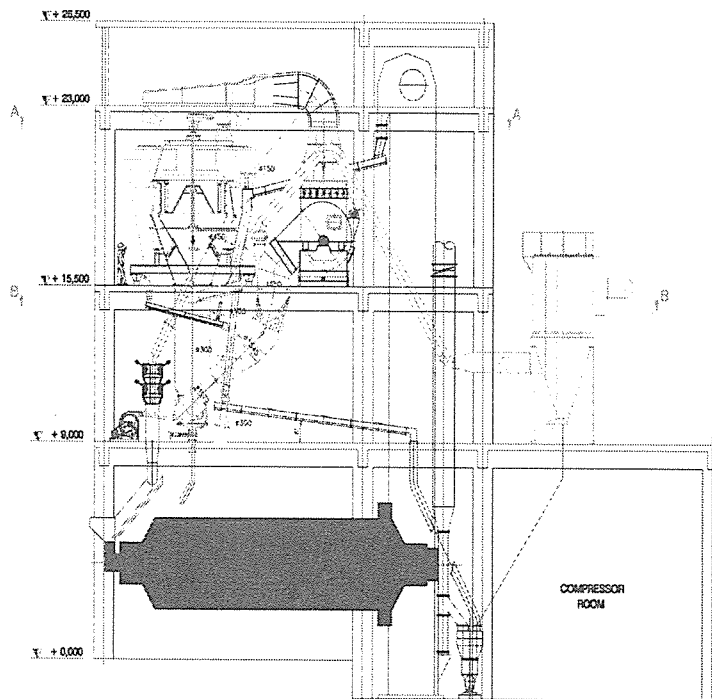


After New L.V. Classifier modification(Malaysia)

<L.V. Result for Cement Ball Mill>  
Case2 ; KOREA



Before modification(KOREA)



After New L.V. Classifier modification(KOREA)

Cement Mill No.1

Case 2 : Korea	Before	Obtained	Change %
Output, dry base(t/h)	65	75.69	17 %
Product size % 45 $\mu$	9-12	8.9	18 %
Product size % 90 $\mu$	None	0.2	
Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	3,400	3,400	
Power consumption (kWh/t)	43.0	37.5	15 %

Cement Mill No.2

Case 2 : Korea	Before	Obtained	Change %
Output, dry base(t/h)	65	75.69	17 %
Product size % 45 $\mu$	9-12	8.9	18 %
Product size % 90 $\mu$	None	0.2	
Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	3,400	3,400	
Power consumption (kWh/t)	43.0	37.5	15 %

### Classifier 개조공사의 전형적인 방법

전형적인 Mill 의 개조공사는 기존의 Mill에 장착되어 있는 Classifier를 고효율의 당사 Classifier로 개조하는 것을 말한다.

투입용 Bin으로 부터 원료가 투입되어 Conveyor를 통해 Ball Mill 까지 도달하며 이 과정에서 건조실로 부터 약간의 건조가 일어나고 1실과 2실에서 분쇄가 일어난다.

Mill출구를 통과한 원료는 Bucket Elevator나 Air-slide를 통해 당사 Classifier로 도달하고, 정분은 Cyclone이나 Bag Filter로 포집되며, 조분은 Air-slide에 의해 Mill 입구로 다시 되돌아간다.

이러한 분급 System은 분급 공정중 별도의 Bag Filter에 의해서 minus 압력을 유지한다.

### 장 점

생산량 증대, 전력비 감소, Classifier의 고효율화, 시멘트 강도의 상승, 입도분포의 증대, 제품의 선호 입도 선택

### 단 점

투자비의 과다, Mill의 장기간의 정지, 장시간의 투자회수기간, 생산성 또는 품질의 모험성

이러한 단점 때문에 당사는 다음을 고려하게 되었다.

가장 기본적인 사항은 Reject(배석)에서부터 더 많은 양의 Fine(정분)을 분급하여 제품화한다 “이것이 당사 기술의 근본 목표이다 ”

당사의 새로운 System은 **DPS System** 이라고 불린다. 즉,

### “Differential particle separation system”

Reject(배석)으로 부터 Fine(정분)을 제품화하는, 확실한 분급 System 이다.

이러한 개조공사에서는 기존 Classifier에 병행하여 소형의 고효율 당사 Classifier를 장착한다. 이러한 System을 DPS(Differential particle Separation System)이라고 불리운다.

기존 System은 변동이 없으며, 기존 System의 Reject(배석)을 소형 당사 Classifier에 투입하게 된다. 당사 Classifier의 제품은 Cyclone에 포집되며 기존 수송장치를 통해서 제품 Silo 에 저장하게 된다.

소형의 소효율 당사 Classifier의 Reject(배석)은 기존의 방법으로 Mill 로 되돌아가게 된다.

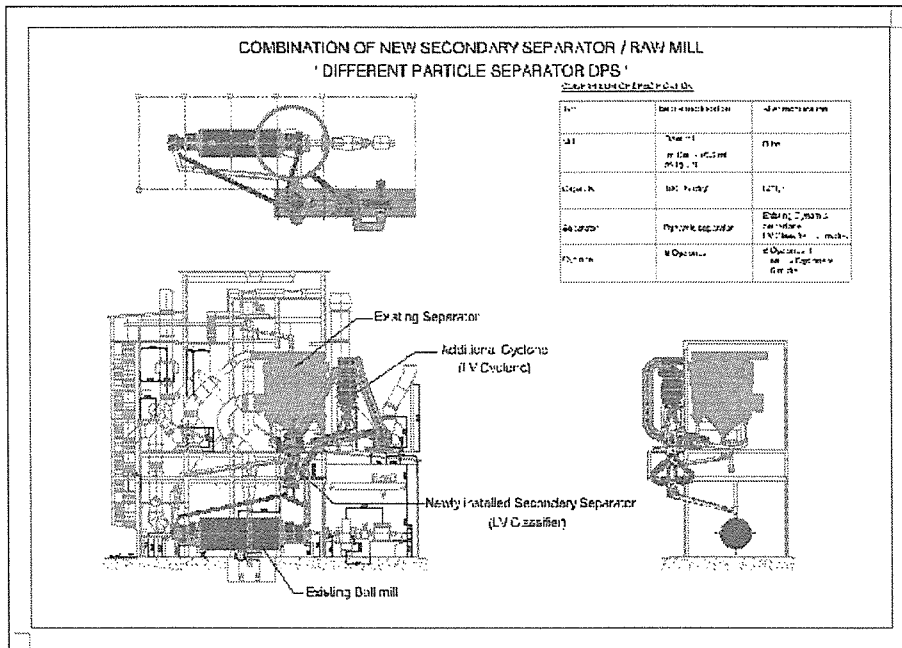
이러한 System에는 기존 설비에는 전혀 변화가 없으며, 새로운 Classifier System 만이 순수하게 독립적으로 설치하게 된다.

**장 점**

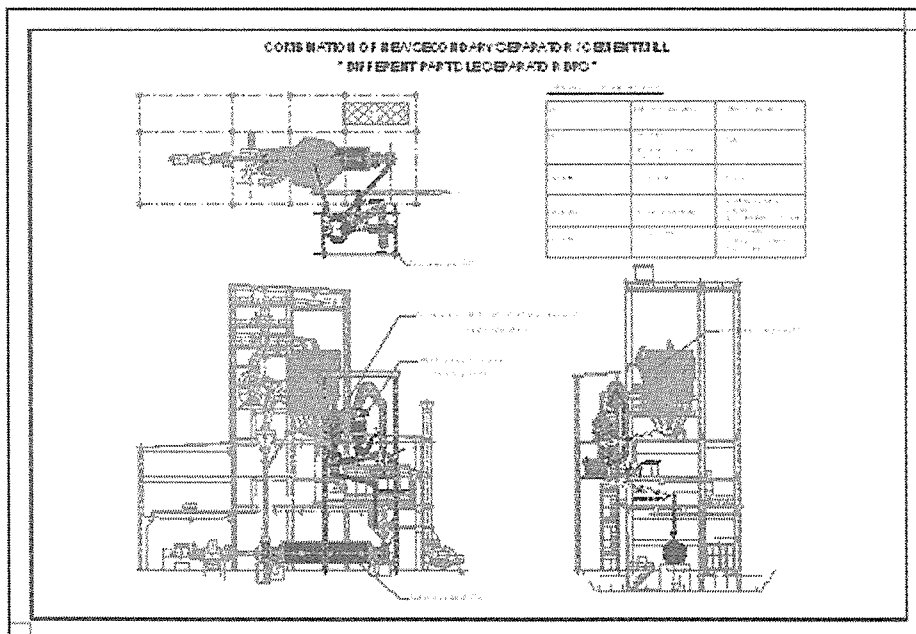
생산량 증대, 용이한 운전방법, 전력비의 감소, 협소한 공간 활용, Classifier의 고효율화, 제품 (Cement)의 고강도화, 입도분포의 증대

**부가적인 장점(전형적인 방법에서의 단점)**

투자비의 최소화, 설비의 정지기간 최단화 ('NO STOPPAGE TIME'), 생산 및 제품의 모험성 제거, 단기간의 아주 짧은 투자회수 기간



<Raw Mill with DPS System (Syria)>



<Cement Mill with DPS System (Syria)>