

# Vertical Roller Mill에서의 분쇄조제 투입방식을 통한 시멘트 생산성 향상

Dr.Pietro Recchi · Dr.Matteo Magistr · Eng. Potito D'Arcangelo · Eng. Abderahmane Talantikite

<Research & Development Technical Assistance Group, Mapei S.p.A , Italy>

## 1. 서 론

시멘트 산업에서 분쇄 성능의 지속적인 향상과 관련 생산비용절감 요구는 전세계적으로 Vertical mill의 사용을 확산시키고 있다. 기존 Horizontal mill과 비교하여 Vertical mill을 통해 여러 상당한 이점들이 얻어지고 있다. 그럼에도 불구하고, "Ventilation"현상에서 기인하여, 기존 horizontal mill에서 시멘트 분쇄조제를 통해 얻어지는 효과만큼의 향상이 Vertical mill에서는 미비한 실정이다.

본 연구 자료에서는 Vertical mill에 사용되도록 개발된 시멘트 분쇄조제와, 더불어 혁신적인 Dosing technology를 통해서 얻어지는 효과에 대해 언급하고자 한다. 이 두 가지측면이 함축된 제안은 Vertical mill에서의 cement분쇄성능을 향상시키는 효율적인 새로운 솔루션으로 여겨지고 있다. 일반적으로 Vertical cement mill은 기존 Ball cement mill 대비 낮은 에너지 소비(시멘트 톤당 kWh기준)로 높은 생산성(t/h)을 내기 때문에 점점 보편화되고 있다.

Vertical cement mill에서 얻을 수 있는 이점은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- Ball mill에서 달성할 수 있는 생산성보다 더 많은 생산성을 얻을 수 있다. 예를 들어 Ball mill은 최대 180-200 t/h까지 생산량이 나오는 반면 Vertical mill의 경우 최대 300t/h 이상까지 생산량이 나올 수 있다.
- 에너지 소비량이 낮으므로 결과적으로 생산 비용감소 효과가 있다.

- Ball mill의 경우 제조업체에서 선 조립후 현장으로 수송해야 하므로 비용및 물류문제가 야기되지만, Vertical mill은 일반적으로 현장에서 직접 조립및 설치가 이루어진다. 이에 Ball mill경우에는 고려할 수 없었던 크기의 mill 설치가 가능해지면서 생산성 효과도 높아진다.
- Vertical mill은 Ball mill과 비교하여 부대설비의 필요성이 적다. 예를 들어, 각각 다른 시멘트종류 나 시멘트composition간의 이동이 현저히 짧거나 없기때문에 따로 이를 위한 Silo를 설치할 필요가 없다.
- 이외에도 Vertical mill은 수분함량이 높은 원료에도 덜 민감하다 (충분한 열 에너지원이 존재한다면) 그럼에도 불구하고, 기존 Ball mill과 비교시 Vertical mill은 단점도 가지고 있는데 다음과 같이 요약할 수 있다.
- 분말도를 높이려면 높은 압력의 Roller press가 필요하다
- 자체 분말도가 매우 높은 원료에 민감하다.
- Vertical mill의 진동 수준을 낮게 유지하려면, 분쇄 공정 중에 상당량의 물이 첨가되어야 한다. 이 점은 시멘트 온도에 영향을 미치게 된다. 따라서, 외부 열공급을 통해 출구 온도를 유지하여야 하므로 생산비용을 상승시킨다.

## 2. 일반적 분쇄조제가 Vertical mill 생산성에 미치는 영향

일반적 분쇄 조제는 시멘트 원료 분쇄 시 발생하는 표면 정전기현상을 감소시킨다. 분쇄 조제는

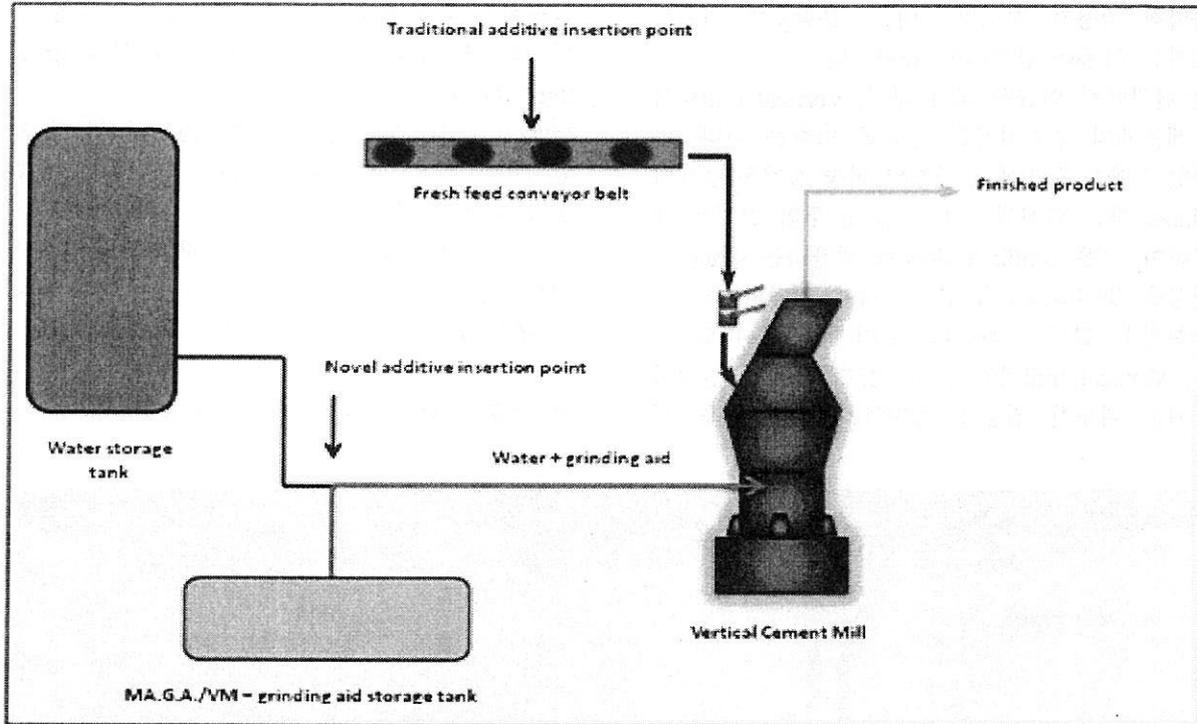


그림. 1 Mapei에서 제안하는 분쇄조제 투입방식

Ball mill뿐만 아니라 Vertical mill에도 사용되고 있으며, 분쇄 조제없이 달성하기 힘든 성능 향상 목표 (예를 들면, 분말도, 생산량, 압축강도)를 달성할 수 있는 효과를 제공한다.

이러한 분쇄 조제의 긍정적인 효과로 인해 근래 mill 제조업체에서 분쇄조제 투입 시스템을 미리 설치하고 있으며 최근에는 Vertical mill에도 적용하고 있다. 그럼에도 불구하고, 현장 사례에 따르면 Tube mill에 사용되는 기존 분쇄 조제를 Vertical mill에 도입하는 경우 효과가 미미하거나 비효율적이라는 점이 밝혀졌다.

Mapei Technical Assistance Group은 면밀한 연구 및 현장실험을 통해 이러한 현상의 차이는 일련의 원인들과 관련이 있다는 결론을 내렸는데, 모든 가능성중 가장 결정적인 원인은 Vertical mill의 "Ventilation"이다. 더 자세히 말하자면, Vertical mill의 ventilation이 기존 ball mill보다 강력하여, 결과적으로 분쇄 조제를 원료 컨베이어 벨트 혹은 시멘트mill 내부로 직접 투입할 때 "스트리핑 (stripping)" 현상이 발생하여 분쇄 공정에서 상당량의 분쇄 조제가 증발되므로 목표하는

분쇄효과를 얻을 수 없다. 더욱이, Vertical mill내 높은 ventilation으로 인해 기존 사용되어온 투입 방식에서는 분쇄 조제의 증발현상이 발생한다.

### 3. Mapei VM series Vertical mill용 분쇄 조제

시멘트 산업에서 급증하는 Vertical mill 사용뿐만 아니라, 위에서 언급된 Vertical mill에 사용된 기존 분쇄조제에서 야기된 문제를 고려하여, Mapei시멘트첨가제 기술연구소에서는 Vertical mill에 적합한 분쇄조제를 개발하였다.

본 제품군은 기존 분쇄조제에 흔히 사용되는 "ethanolamine, 글라이콜, 무기염류 (inorganic salts)를 사용하며, 고분자 혼합물 및 농도 증강제 (thickening agent)가 일정량 포함되어 있다. 이 원료성분들의 저 휘발성으로, 본 제품군은 Vertical mill에 적용시 ventilation의 영향을 덜 받으며 분쇄 공정단계까지 변동없이 그대로 유지된다. 더욱이, 에탄올아민, 글라이콜, 무기염류의

화학적 작용과 강도 및 시멘트 분말도에 미치는 효과는 영향을 받지않고 유지된다.

앞 단락에서 언급한 바와 같이, Vertical mill에서 분쇄조제의 투입지점은 중요한 역할을 한다. 다양한 시멘트 공장에서 진행된 현장 실험을 통해서 Mapei 사는 혁신적인 분쇄 조제 투입 방식을 개발하여, 높은 ventilation때문에 발생하는 stripping 현상을 방지함으로써 분쇄조제가 최대의 효과를 발휘할수 있도록 하였다. 널리 알려진 바와 같이, Vertical mill에는 분쇄 원료의 bed를 안정화시키고 과도한 진동을 방지하기 위해 지속적인

물분사가 요구된다. 이 작업에 필요한 물은 일 반 탱크에 저장된 후, 연결파이프를 통해 grinding table에 직접 분사된다.

Mapei사에서 제안하는 방법은 Mill 분쇄공정 전 단계에서 분쇄조제를 물 파이프에 연결한다. 이후 물과 함께 분쇄 조제가 유입되어 롤러밀으로 바로 투입되므로 분쇄 조제는 분쇄과정에서 효과적으로 역할을 할수 있다. 그림 1 ~ 3에서 자세한 투입 방법을 알아볼 수 있다.

본 논문에 설명된 솔루션(즉, Mapei VM series

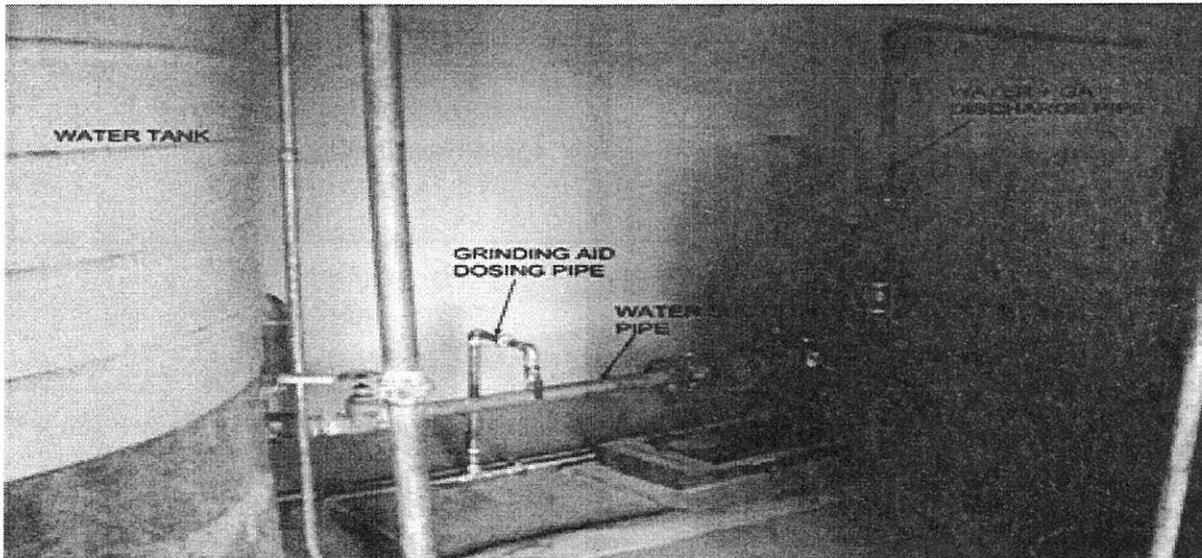


그림. 2 분쇄조제 파이프 설치 의 예

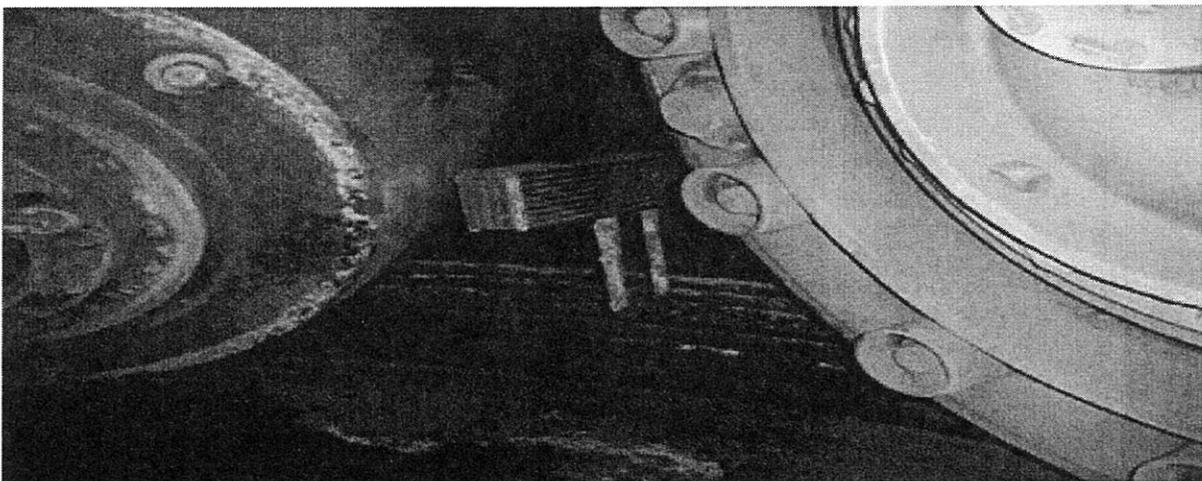


그림. 3 Water injection을 이용하여 Roller press 아래 분쇄조제 투입

제품과 새로운 투입방식의 결합)의 효과를 증명하기 위해, 2010년 4월 중동지역의 주요 시멘트 회사와 협업으로 진행된 현장 실험 결과를 다음과 같이 보고한다.

#### 4. Case Study : Mapei사 MA.G.A /VM12 적용 사례

해당 적용 사례의 현장 실험 조건은 다음과 같다.

Mill 조건 및 특성:

- Model: LM 56 3+3 C/S with installed power of 5.300 kW
- Absorbed power: 3.500 kW
- Ventilation: 680.000 m<sup>3</sup>/h-DP 50 mbar
- Water injection: 2,1%
- Roller pressure: 75 bar

유럽 표준 DIN EN 197-1 에 의해, CEM I형

Table. 1 실험 결과

시멘트 생산 조건				
Parameter:	Blank: "A"	컨베이어벨트에 투입된 일반 분쇄조제: "B"	Grinding table에 투입된 일반 분쇄조제: "C"	Grinding table에 투입된 MA.G.A./ VM 12: "D"
원료투입량 (t/h):	173	175	190	200
분쇄조제투입량 (g/t):	-	250	250	250
총에너지소비량 (kWh/t):	32.0	30.1	29.5	28.1
평균 vibration (mm/sec):	2-4	2-4	2-4	2-4
시멘트 품질 결과				
분말도 (cm <sup>2</sup> /g):	3,487	3,500	3,507	3,546
45μm 잔사(%):	8.0	7.9	7.8	6.4
압축강도 2 일 (MPa):	25.4	25.6	26.6	28.0
압축강도 7일 (MPa):	37.0	38.1	38.7	39.2
압축강도 28일 (MPa):	46.1	46.3	47.6	50.7

시멘트 (92% 클링커, 4% 석고, 4% 석회석)는 4 가지 다른 조건하에 생산되었다.

- A. Blank (분쇄조제 비사용)
- B. 기존 분쇄조제이며 기존 컨베이어벨트에 투입하는 조건
- C. 기존 분쇄조제이며 grinding table에 직접 투입하는 조건 (마페이에서 제안한 투입 방식)
- D. Mapei VM 제품이며 grinding table에 직접 투입하는 조건

당사 제품 MA.G.A/ VM 12은 분쇄 조제이면서 강도 발현을 제공하는 시멘트 첨가제이다. 참고로, 당사에서는 Vertical mill에 적용가능한 분쇄조제, 기능성 조제, 유동성개선제, 6가크롬 저감제등은 이미 개발, 상용화되어 있다. 시멘트 품질에 대한 data는 Table 1에 나타나있다.

보여지는 바와 같이, 기존 투입지점(컨베이어벨트위)에 투입된 기존 분쇄조제에서는 시멘트 생산성과 품질 향상이 거의 또는 전혀 발현되지 않은 것으로 나타났다. 롤러에 직접적으로 물과 함께 동일 투입량을 분사한 기존 분쇄 조제사례

에서는 어느 정도의 변화를 볼 수 있으므로 이는 새로운 투입방식의 효력이 증명되었음을 나타낸다. MA.G.A /VM 12은 생산성뿐만 아니라 시멘트 품질도 크게 향상시키는 것으로 나타났다. 위 4가지 다른 조건하에 시행된 비교실험 결과는 그림 4에 나타났다.

### 5. 결 론

Mapei 사가 제안하는 혁신적인 분쇄조제 투입방식과 MA.G.A/VM 제품이 결합된 솔루션은 전 세계 시멘트회사들이 기존 시멘트 첨가제사용시 경험한 기술적 어려움을 바탕으로 개발되었으며 이미 많은 현장 실험을 통해 증명되었다. 압축강도증진, 분말도/생산량 증가 등의 측면에서, 결과적으로 Mapei의 솔루션은 기존 ball mill에서 사용되는 기존 시멘트첨가제대비 필적 할 만 하다고 할 수 있다.

Dr.Pietro Recchi, Dr.Matteo Magistri,  
Eng. Potito D'Arcangelo, Eng. Abderahmane Talantikite

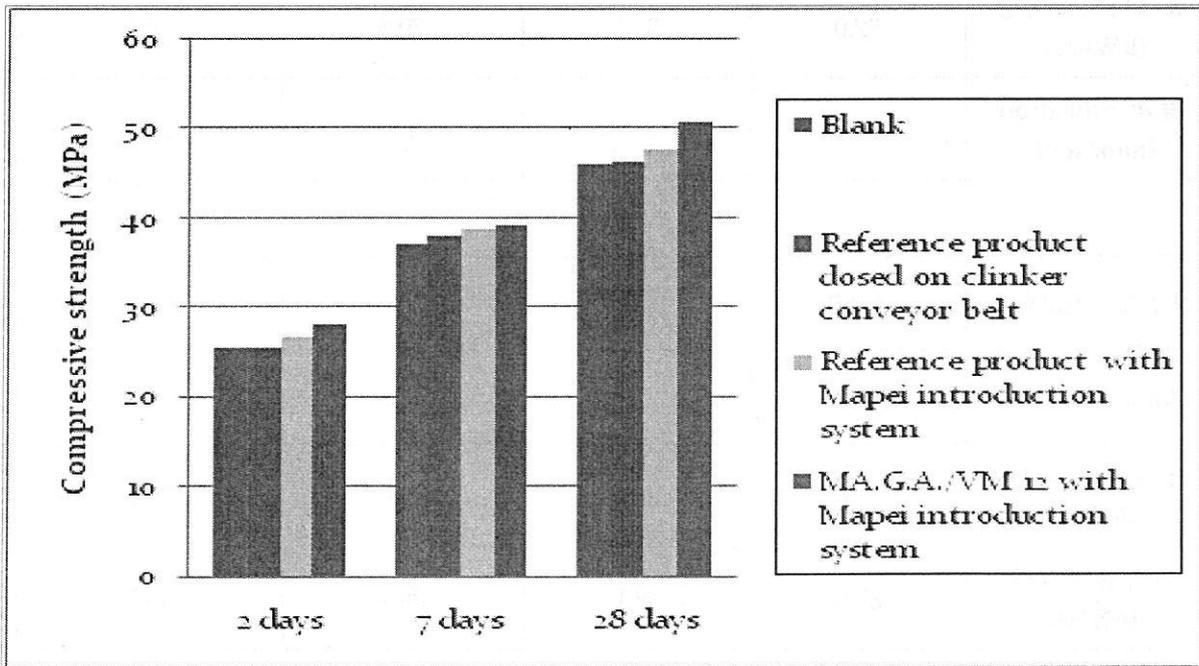


그림. 4 네 가지 조건하에서의 압축 강도비교