

# Coriolis Coal Feeding System

K.Gruenewald  
<Schenck Process GmbH>

## 1. 서 론

시멘트, 생석회, 석고 생산 기업체는 질 좋은 제품을 생산하기 위해 정량공급장치의 사용은 필수적이다. 분체상태의 원료의 투입이 특히 이 분야에서는 중요하다. 정량공급장치는 고도의 정밀성, 안정성과 친환경성이 요구된다. 정량공급장치인 Multicor는 물리학적 Coriolis 힘에 기초하여 Schenck Process GmbH가 개발하였으며 위에서 언급된 고도의 정밀성, 안정성과 친환경성을 탁월하게 충족시킨다.

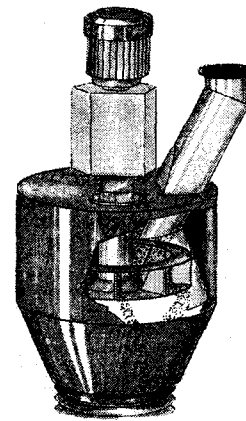
주된 적용분야는 Kiln Feed, Coal dust Feed 그리고 Cement Mill 또는 Mixer에 부원료 투입이며 Multicor는 출하장에서 계량출하설비로도 사용이 가능하다.

## 2. Coriolis 원리

Coriolis의 힘은 회전하는 wheel 위에서 움직이는 질량에 작용하는 물리적 힘이다.

이 물리적 법칙이 Coriolis Coal Feeding system Multicor-K의 토대를 이룬다. 분체상태의 원료는 정속으로 회전하는 wheel로 투입된다. 분체상태의 원료에 작용하는 Coriolis의 힘은 Multicor-K 내부에 설치된 Load cell에 의해서 정밀하게 측정되며 이 측정값은 비중과 입도의 변화에 관계없이 정확하게 투입된 질량값에 비례한다.

## 3. 계량장치의 우수성



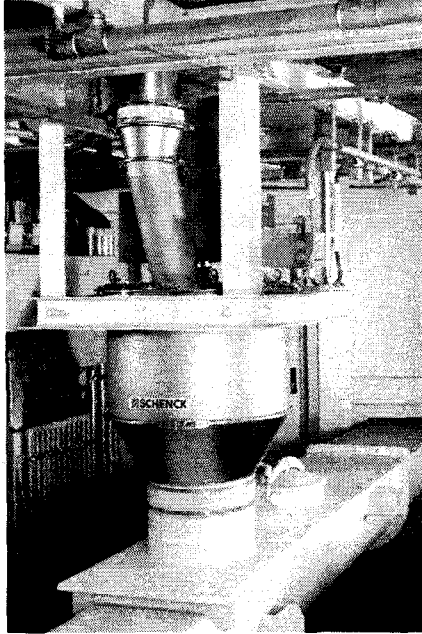
계량원리와 기계적 장치가 고도의 정밀성을 보장한다. 오직 Coriolis의 힘만을 측정한다. Coriolis의 작동원리는 장시간에 걸친 평균값이 아닌 초단위의 아주 짧은 계량기간을 사용할 수 있게 한다.

아래 열거된 사항들은 계량결과에 전혀 영향을 주지 못한다.

- 원심력
- 내부 마찰력
- 진동
- 먼지의 부착물
- 장비 또는 부품 위의 부착물
- 풍력

열악한 조건하에서도 계량의 우수성과 안정성은 1996년 중반에 독일의 물리학 기술중앙연구소에 의해서 검증이 되었다. Schenck Process GmbH의 Coriolis 원리를 적용한 정량공급장치

는 독일 무게와 계량 위원회의 수준 높은 요구 사항들을 만족시켰으며 계량 및 투입의 legal-for-trade 면허를 취득했다



#### 4. 투입장치

실제 운전경험은 명확히 구분된 역할이 대단히 우수한 투입결과를 입증하고 있음을 보여준다.

Coriolis 계량장비 + 조정이 가능한 투입장치  
= 정량공급장치

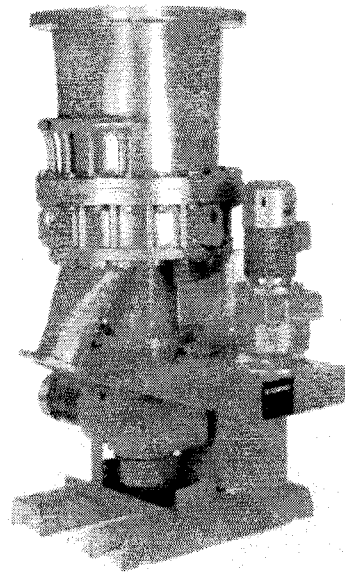
계량 및 투입장치의 분리는 각각의 요구사항에 의한 최적의 설계를 가능하게 했으며 절충의 필요를 제거하였다. 전체시스템의 개념은 요구되는 feed rate와 분체상태의 투입원료의 흐름의 특성과 다음에 열거된 사항에 좌우된다.

- Silo의 형상 및 크기
- 적절한 prefeeder의 선정에 의한 원료의 원활한 배출
- Coriolis 장비의 채택에 의한 정확한 계량

#### 5. Prefeeder

복잡한 흐름의 특성을 갖는 다양한 분체상태의 투입원료를 위한 적절한 prefeeder의 선정은 우수한 투입성을 얻기 위한 가장 중요한 요소이다. Coriolis 계량장치는 아주 다양한 prefeeder들과 함께 구성할 수 있다.

Schenck사의 horizontal startfeeders, feedscrews 또는 standard starfeeder들은 feed rate의 양이 상대적으로 적거나, 중간정도 일때 적당하여 flow gate는 feed rate의 양이 중간정도 또는 아주 클 때 적당하다



#### 6. Horizontal starfeeder Multicell

Agitator가 내장된 Schenck사의 Horizontal starfeeder인 Multicell의 장점은 아래와 같다.

- inlet의 직경이 700mm로 아주 크기 때문에 투입원료의 배출이 대단히 용이하다.
- 내장된 Agitator가 투입원료를 잘 혼합해 준다.
- 항상 starfeeder level이 일정하게 채워지므로 맥동현상 없는 투입원료의 배출이 가능하다.

통상적인 Silo 구조물에서는 원추형 부분의 공기배출이 필요 하지만 Multicell을 사용하는 경우에는 인위적인 공기배출이 필요없다. 이유는

inlet이 아주 크고 내장된 Agitator의 사용으로 공기배출이 원활하기 때문이다.

Multicell은 특별히 미분탄의 배출을 위해서 개발되었고 10bar의 압력에서 견딜 수 있도록 설계되었다. Multicell은 입구와 출구의 압력차가 1 bar에서도 사용 할 수 있도록 설계하여 pneumatic conveying pipe에 미분탄을 직접 투입할 수 있다. 특별히 마모성이 강한 미분탄과 fly ash를 사용할 때는 내부에 특수코팅을 하여 life time을 연장할 수 있다.

## 7. Coriolis 장치의 정밀도

Schenck사의 Coriolis 계량장치는 실제투입량의  $\pm 0.5\%$ 의 정밀도를 보장한다. 중력에 의해서 배출되는 Multicor-S의 경우는 계량 정밀도가 legal-for-trade로써 검증되었다. 투입정밀도는 비록 feed rate는 낮고 control range는 높은 경우의 총 정밀도일지라도 계량 정밀도와 연관되는 적절한 prefeeder와의 조화로운 구성에 의해서 얻어진다.

Feed constancy는 짧은 시간 (약 10초) 동안 실제 feed rate의 변화의 측정이다. 다른 정량공급장치를 제작하는 공급자들과는 다르게 Schenck는 feed constancy를 보장한다. Feed constancy는  $\pm 1\%$  within 10 sec 이상을 보장한다. 안정적인 kiln 조업을 위해서는 raw meal 과 미분탄의 투입시 높은 Feed constancy가 필요하다.

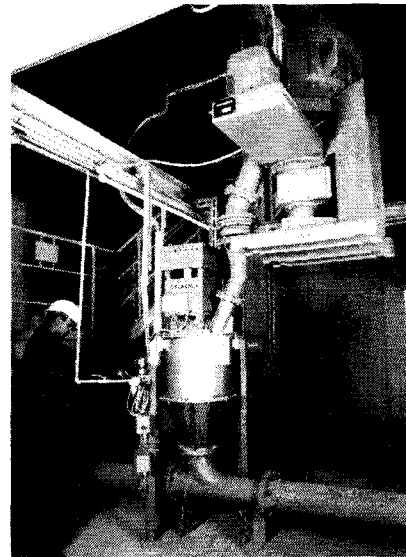
Coriolis 투입장치는 안정적인 kiln 조업에 이상적으로 적합하다. 계량값을 0.1초마다 측정하는 것이 아주 이상적이며 항상 일정하다. 이러한 기 때문에 조업에 요구되는 정확한 원료 투입이 가능하다. Control range는 1 대 40 이며 그 이상도 가능하며 Control range의 한계는 선택한 prefeeder에 의해서 정해진다. 정확한 계량 및 투입 정밀도는 시간당 투입량 0.5 ton 이상이면 얻을 수 있다.

## 8. 적 용

Coriolis 원리를 적용한 정량공급장치는 모든 종류의 dust, meal, granulate, cement, rawmeal,

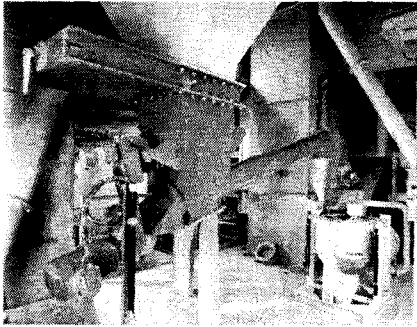
fly ash, filter dust, lime powder, hydrates, coal dusts, by-pass cement, slag meal, grits, silica meal 등에 적용할 수 있다. Feed rate 범위는 0.5 t/h에서 부터 300 t/h까지 이다.

투입원료를 배출장치로 투입하는 방법은 중력에 의한 자유 낙하 방식과 pneumatic conveyor line으로 투입하는 2가지 방법이 있다. 전세계에 약 500여개의 Coriolis 계량장치가 현재 운전중이다. Schenck사의 bulk material handling 연구소에서는 분체의 흐름을 연구하여 적용할 수 있는 분체형태의 투입원료의 수를 늘리기 위한 연구를 하고 있다. 실제적인 경험, 이론적인 노하우, 실물 test는 높은 기능적 안정성과 공장의 이용성을 위한 최적의 계량 및 투입장치를 알아 내도록 한다.



### 8.1 Fly ash의 투입(Feeding of Fly ash)

Fly ash를 투입하는 공장에서는 점토를 Fly ash로 완전히 대체 투입하고 있으며 Fly ash를 calciner로 투입하고 있다. Fly ash를 kiln에 직접 투입하기 위해서는 고도의 feed constancy가 요구된다. Schenck사의 Coriolis의 원리를 적용한 정량공급장치는 이런 고도의 feed constancy를 유지하며 1년이 넘는 운전기간내내 사용자를 만족시키고 있다.



Multicor fed by Feed Screw

### 8.2 생석회 수화물의 투입 (Feeding of line hydrate)

Waste gas에 포함된 SO<sub>2</sub> 성분을 줄이기 위하여 생석회 수화물은 Raw meal 상태로 투입한다. 생석회 수화물의 흐름의 특성이 변해도 feed screw는 생석회 수화물의 배출을 원활하게 한다.

### 8.3 Kiln 조업 (Kiln Operation)

수익성, 안정성과 친환경적 요소들이 Raw 투입과 미분탄 투입시 중요하게 고려되는 요소들이다. Schenck사의 개념도 역시 이들 중요한 요소들을 고려하였다.

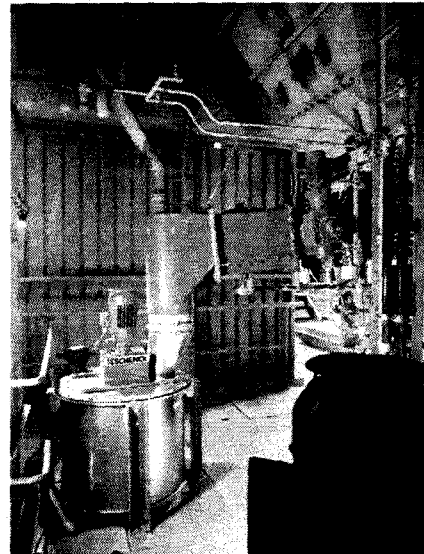
"Coriolis 계량장비+속도조절이 가능한 prefeeder = 우수한 투입성능"을 확인해준다.

### 8.4 Raw meal 투입(Feeding of raw meal)

Raw meal 투입의 정밀도는 질 높은 clinker의 품질을 보장하며 보다 더 정확한 energy 효율의 계산을 가능하게 한다.

### 8.5 미분탄 투입 (Feeding of Coal dust)

경제적인 kiln 조업과 질 높은 clinker의 생산은 일정한 kiln 내부 온도의유지, excess air의 최소화 이들의 결과로 인한 kiln 투입구의 산소 요구량의 최소화를 통해서 얻어진다.



Multicor fed by Flow Gate

Kiln에 미분탄 투입시는 SO<sub>2</sub>, Nox 와 Co등 유해성분이 기준을 초과하여 발생치 않도록 맥동현상없이 미분탄을 투입해야 한다. 맥동현상없이 미분탄을 투입한다는 것은 아주 높은 수준의 feed constancy를 유지해야 한다는 것을 의미한다.

Coriolis 계량장치인 Multicor-K와 horizontal starfeeder인 Multicell은 맥동현상 없이 미분탄을 투입하는 최상의 조화이다.



Multicor fed by Multicell

- Multicell은 미분탄 투입시 발생할수 있는 맥동현상을 방지해주고 저장 Silo의 원추형 부분의 별도의 공기배출 장치를 필요치 않는다.

Coriolis 계량 장치인 Multicor-K는 미분탄을 맥동현상 없이 안정된 상태로 투입해 준다. Multicor-K는 빠르고, 정확한 계량을 하며 안정성을 확보하며 외부의 방해요소에는 아주 강한 특성이 있다. 계량주기는 약 0.1의 최적의 단위로 feed rate range 전구간에서 일정하다.

- Control performance

Multicell에 의한 맥동현상 없는 배출과 Multicor-K에 의한 짧고 일정한 계량주기는 우수한 Feed constancy와 설정값대로 어김없이 투입하는 우수한 성능을 보여준다. Schenck사의 이러한 개념은 공장주들의 공장운영방식에 맞추어 다양한 설비의 적용을 가능하게 한다. 일반적으로 다른 공급자들은 계약시 약속한 계량정밀도를 맞추기 위해서 저장 silo와 계량 투입장치 사이에 추가적인 weight bin을 설치하지만 coriolis 계량 투입 장치를 설치 할 경우에는 전혀 필요치 않다.

추가적으로 서로 다른 종류의 미분탄을 여러대의 계량투입 장치들을 이용하여 하나의 conveying pipe 에 공급하는 것은 그림(c)와 같이 coriolis 계량 투입 장치만이 할 수 있는 아주 독특한 투입 방법이다.

미리 선택된 미분탄들은 conveying pipe 안에서 서로 혼합 될 수 있다.

ENCI cement 공장에서는 이 방법을 이용하여 서로 다른 미분탄을 혼합해서 사용한다.

Petrol coke, flexi coke 들은 2대의 계량 투입 장치를 통해서 conveying pipe에 투입된다.

### 9. Schenck사의 장점

- conveying pipe의 크기를최적화 할 수 있다.
- 미분탄을 수송하기 위해 필요한 blower와 pipe 와 필요한 공기의 양을 줄일 수 있다.
- silo 내부에서 발생하는 혼합된 미분의 분리 현상을 피할 수 있다.

다른 제작사에서 만든 투입 설비는 schenck의 coriolis 투입설비를 2대 사용하는 경우와 비교하면 2대의 blower 와 2개의 서로 다른 conveying pipe 및 2배의 Air가 필요하다.

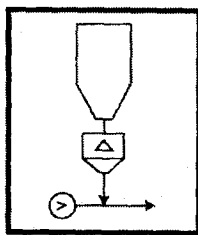
이런점들 때문에 수송 Air량이 많이 필요하고 미분탄 적재 능력의 저하로 인하여 결과적으로 burner의 효율을 저하 시킨다.

만약, (그림 a) 처럼 여러 개의 burner가 하나의 공통 저장 silo에서 미분탄을 공급받는다면 silo outlet은 Agitator가 내장된 직경 1800mm의 설비를 적용한다.

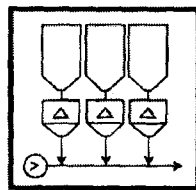
이 같은 경우 1개의 공통 저장 silo 에서 최대 4대의 계량 투입 설비(Multicell + Multicor-K) 를 설치 할 수 있다.

주요 cement 생산회사들은 그들의 Rotary Kiln들에 coriolis 계량 투입 장치를 적용하고 있다.

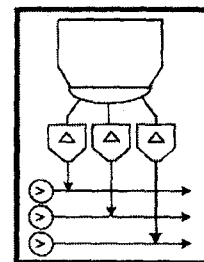
현재까지 설치된 Coriolis 계량 투입 장치의 feed rate는 3 t/h에서 30 t/h 이며 이 장치의 최대 투입 feed rate는 50 t/h 이다.



(a) Feeding directly from the presilo



(b) Multiple feeding from a common presilo



(c) Several feedings into a common conveying

## 10. Kiln 최적화 (Kiln optimization)

점점 더 많은 Rotary Kiln들이 효율적인 운전 장치들에 의해서 최적화 되고 있다.

유입 Air, raw meal 그리고 미분탄의 투입량들 gas 분석과 온도 및 압력의 측정값에 의해서 조절된다.

아래 요구 사항들이 계량 투입 장치를 설치할 때 반드시 지켜져야 한다.

- 아주 높은 정도의 feed castaway
- 계량 값의 재현성
- 정밀한 응답성으로 인한 미세 변화에 대한 정확한 계량 투입의 실행

Example) 미분탄의 feed rate가 15 t/h 인 경우 45 kg/h의 변화는 process 상 요구되는 양의 0.3%에 해당된다.

Coriolis 계량 투입장치는 항상 언급된 요구 사항을 만족 시킨다.

미분탄의 맥동현상이 없는 투입은 Burner의 효율을 증가 시키며 다음 사항들도 중요하다.

- 맥동현상이 없는 blower의 사용
- Pneumatic conveying pipe size의 최적화

\* Schenck사는 silo에서 부터 계량 투입 장치와 수송과 burner 의 연결부 까지 모두 해결해 준다.

- 친환경성(Environmental acceptability)  
Coriolis 계량 투입 장치를 개발하는 동안 환경보호를 위한 규제들은 전 세계적으로 더욱 더 강화 되었으며 이러한 점들을 고려하여 개발하였다.

- 완전 밀폐형 설계이므로 먼지 비산을 피할 수 있다
- 아주 정밀한 feed constancy에 기초한 조업을 함으로써 유해 성분의 배출을 줄인다.
- kiln 운전의 최적화를 통해서 energy를 절약한다.

## 11. 전 망 (Prospects)

현재 Schenck Process GmbH 는 feed rate가 300 t/h 초과하는 최대 500 t/h 특히 Raw meal 투입을 위한 Coriolis 계량 투입 장치를 개발중이다.

## 12. 정 리

계량 기술, bulk material handling, 조업기술과 engineering에 탁월한 능력은 갖고 있는 Schenck Process GmbH는 효율성이 높고, 정밀도가 우수한 Coriolis 계량 투입장치를 개발했다.

Coriolis 계량 투입 장치는 전세계적으로 500대 이상이 설치운전 중이며 뛰어난 성능을 인정받고 있다.

모든 생산 현장에 적용되는 다양한 적용 사례는 뛰어난 성능으로 인한 빠른 투자비용의 회수를 가능하게 한다.