

Kiln 용량 증대 원리와 그 방안에 대한 기술

켄트 E. 엔슨

<L. V. Technology>

1. 서 언

LVT사는 시멘트 및 관련 산업에 설비 공급 및 기술을 제공하는 태국소재 엔지니어링 회사이다.

1998년도에 인도네시아에서 최초로 LM 41.4 Vertical Mill이 개조됨으로써 LVT사가 알려지게 되었다. 그 개조 결과는 확실한 것이어서 LVT사의 기술이 시멘트 산업내에서 더욱 광범위하게 알려지게 되는 계기가 되었고 1999년 6월에 동아시아 지역에서 적극적인 활동을 하기에 이르렀다.

1999년 연말에 FLS/FULLER사와 기술 협약을 체결하였고, 2001년 1월에는 FLSmidth에서 공급하는 모든 신규 Mill에 대하여 LV Classifier를 장착하는 것으로 확대하였다.

2000년에 LVT사는 새롭게 설계한 Cyclone을 개발하였는데 (명칭: LVC), 현재 15기 이상인 성공적으로 설치되어 있다. LVC Cyclone은 고효율의 Cyclone인데, 압손을 현저하게 감소시키고 따라서 ID Fan에서의 전력비 절감 효과를 가져올 수 있다. 이와 같은 압손의 감소효과는 Preheater에 설치할 경우 Kiln 용량을 증대시킬 수 있다.

오늘날, LVT사는 시멘트 공장내의 광범위한 개조공사를 수행하였으며, 현재까지 310개의 개조공사를 수주하였다. 그 개조 공사로 Ball Mill

개조공사, Vertical Mill 개조공사, Preheater와 Kiln 개조 및 Cooler Upgrade 등을 포함한다.

오늘 이 시간은 크렁카 생산 증대를 위한 Kiln System Preheater 개조를 통한 LVT사의 방법 및 기술을 중점적으로 설명코자 한다.

용량증대의 가장 중심적인 요소는 압손 감소 방법과 Calciner에서의 적절한 연소조건을 만드는 것이다.

LVT사의 기술은 기존 ID Fan을 재사용하면서, 감소된 압손이 Preheater의 Air-flow를 증가시킴으로써 크렁카 생산의 증대효과를 가져오는 것이다.

Kiln 용량증대 Project의 두 가지의 실제적인 예를 제시하겠는데, 개조 전후 운전 현황 및 개조시 필요한 정보들을 열거하였다.

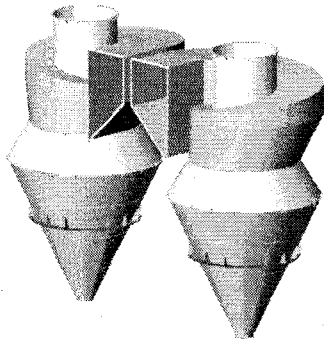
2. LV CYCLONE의 설계 개념

LV Cyclone의 구성은 <그림 1.>과 같다.

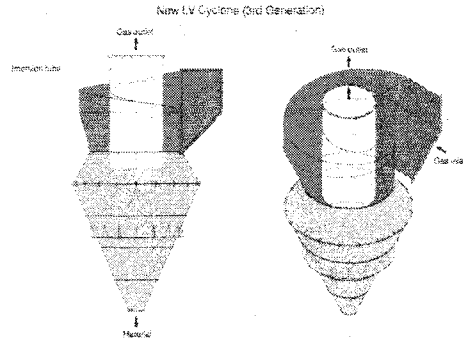
즉, 기존의 Cyclone과는 다르게 독특하게 설계된 것을 알수 있는데,

- a. Inlet 부분이 Cyclone의 몸체부분과 가능한 멀리 떨어지게 했다.
- b. 종래의 Cyclone 원통형 부분을, LV Cyclone에서는 반대방향의 원뿔 모양으로 대체했다.

LV Spiral Cyclone



LV Spiral Cyclone



<그림 1> LV Cyclone의 구성

- c. 상부는 Roof 가 하향하는 나선 모양으로 설계했다.
- d. Inner Tube 는 그 길이를 연장하여 설계했다.

현재까지 LVT사는 Mill과 Classifier의 De-dusting 용으로 80 set 이상의 LV Cyclone을 공급하였고, 최근에는 Preheater의 Top Cyclone에도 기존의 Cyclone을 개조하여 키른 용량증대 Project의 시운전을 완료하였다.

LV Cyclone의 개조효과는 설계와 취급 material에 따라 다소 차이가 있을수 있으나, Cyclone에서의 차압이 약 5 mbar 에서 8 mbar 이고, 집진 효율이 90 %에서 97 %까지를 기록하고 있다.

Preheater 개조 Project에서, 이러한 Cyclone의 설계는 5단 Preheater 의 Kiln에서는 1단 및 2단 Cyclone에, 4단 Preheater의 Kiln에서는 1단 Cyclone에 적용이 가능하다. 또한 5단 Preheater의 Kiln에서 Top Cyclone에는 Tower Load를 줄이기 위해서 내화물 축로가 필요하다.

LVT사는 용량증대를 위해서 LV Cyclone을 설치하는 Preheater의 경우에, 기존 Cyclone의 하부 Cone을 가능한 한 많은 부분을 재사용하는 방안을 항상 고려하고 있다.

LV Cyclone의 Inlet 와 상부의 설계 개념은 1단이나 2단보다 더 낮은 Cyclone으로도 사용할 수 있다. 이 경우, Cyclone의 몸체부분은 기존과 같이 원통형 모양이 된다.

3. 기타 CYCLONE의 개조 기술의 응용

LVT사의 기술은 중간 Stage Cyclone의 효율에 큰 영향이 없이 압손을 감소시키기 위해서 개조가 가능하다.

이러한 기술은 Cyclone의 Roof를 들어 올리거나 Cyclone의 중심 방향으로 늘림으로 인해서 Cyclone의 Inlet 면적을 증가시킴으로써 가능하다. 필요하다면, Riser를 확대하게 된다.

이 모든 경우에, 적절한 최소한의 Gas 속도가 유지되어야 한다.

하단 Cyclone의 경우, 고효율의 Cyclone이 무엇보다도 중요한데, 이는 Kiln System에서의 열원단위에 영향을 미치기 때문이다. 그러므로, 하단 Cyclone에서의 압손은 효율성의 대가로 떨어져서는 안 된다.

하단 Cyclone의 효율은 Dip Tube를 설치함으로써 증가시킬 수가 있으나, 이 경우 압손을 증

가시킨다는 단점이 있다. 그 대안책으로써, Cyclone의 Inlet를 삼각형 모양으로 절단하게 되는데 이 경우 Cyclone의 효율을 증대시킬 수 있다. 압손이 증가되지만, Dip Tube를 설치할 때 만큼 보다는 훨씬 적은 양이다.

4. LV CALCINER 기술

Calciner 연료를 적절하게 연소한다는 근본적인 문제는 연료의 잔사 관리 및 체류시간에 대한 문제이나, 연료와 연소공기의 혼합에 대한 문제는 연소를 촉진시키는 공정에 대한 문제이다.

신형의 Calciner를 장착하고 있는 Preheater의 경우에, 체류시간은 적절하게 선택할 수 있다. 용량증대 Project의 경우, Calciner 용적은 적절한 체류시간을 주기 위해서 가끔 증대시키지만 그렇지 않은 경우도 있다.

어떤 경우든지, 연료와 연소공기의 혼합은 가장 절대적인 중요성을 가진 부분이다.

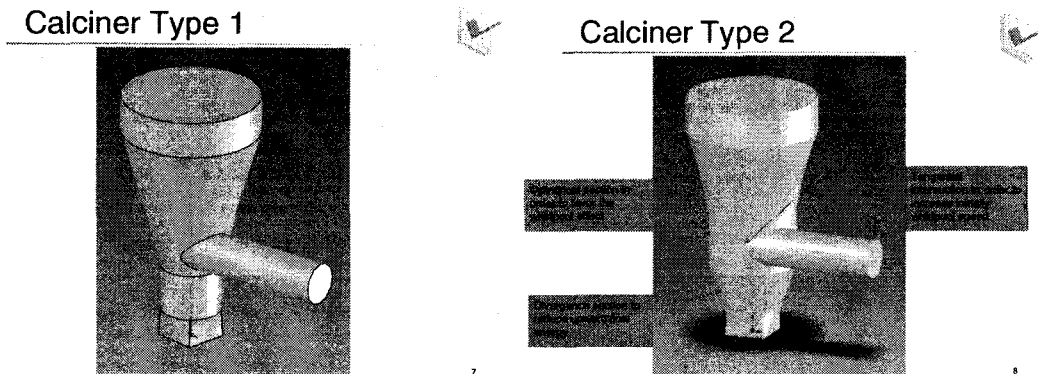
이러한 사실 때문에 LVT사에서는 Calciner에 혼합실(Mixing Chamber)을 개발하게 되었고 기존의 In-Line Calciner에 장착할 수가 있다.

두가지 다른 형태의 LV Calciner 혼합실을 <그림 2>에 보여주고 있는데, 혼합공정이 발생되는 것을 평가하기 위해서 Kiln의 Exhaust Gas와 Tertiary Air의 혼합 장면을 컴퓨터 시뮬레이션으로 검증하여 보았다.

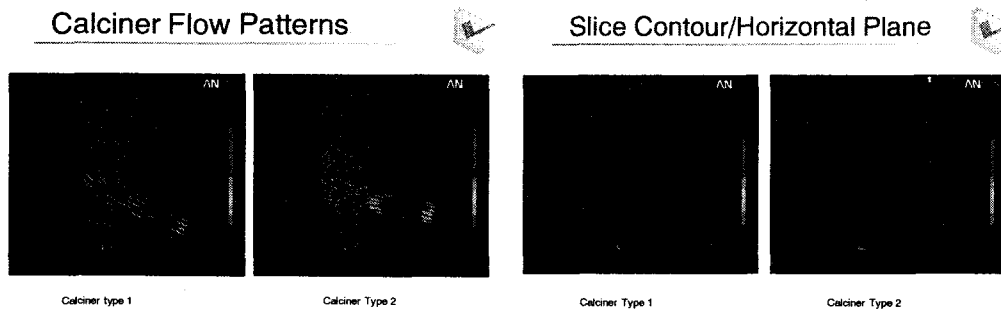
가장 중요한 시뮬레이션 결과는 <그림 3>에서 볼 수가 있다.

LV Calciner 혼합실의 설계와 여타 공급업체의 가장 큰 차이점은 다음과 같다.

1. Tertiary Air Duct가 Gas-Flow의 면적을 확



<그림 2> LV Calciner 혼합실



<그림 3> 시뮬레이션 결과

대함이 없이 즉, Full Velocity로 Calciner내에 유입하게 된다.

2. Tertiary Air 가 혼합실에 접선 방향으로 유입하게 된다.

LV Calciner의 혼합실에 대한 효과는 Kiln Exhaust Gas와 Tertiary Air의 보다 더 좋은 혼합효과인데, 이는 똑같은 Calciner내 체류시간(용적)이라도 Calciner 연료가 훨씬 증가된 연소온도에 기인한 것이다.

이러한 기술은 특별히, Calciner 의 용적이 원하는 대로 증가되지 않는 Kiln의 용량증대 Project에서는 상당히 중요한 효과를 가져온다.

가장 좋은 결과는, 수평 Swirl로 설계되었고, Tertiary Air가 Calciner의 원통부분에 유입되는 Calciner Type 2에 나타나 있다.

그러므로 오늘날, Calciner 에 혼합실을 장착하는 설계는 LVT사의 설계 기준이 되었다. Kiln 용량증대와 신설 Calciner에 공히 적용된다.

Calciner의 연료 연소 공정을 확신시키는 혼합실과 함께 또한 Calciner Outlet(출구)이 혼합을 증대시키고 이로 인해 완전 연소를 지향하게끔 설계되었다.

Outlet 는 두가지 설계 개념을 도입하고 있는데, 하나는 Goose-Neck을 따라서 속도를 증가

시키기 위해서 작은 구조로 되어 있고, 또 하나는 하단 Cyclone에 Down draft Inlet 구조로 되어 있다.

Gas 속도와 방향을 바꾸는 것은 모두 혼합실에서 할 수 있다.

5. KILN 용량 증대를 위한 개조의 두가지 사례

<그림 4>에 이란의 개조결과 및 개조도면을 나타냈다. 이란의 경우 FLS Kiln System을 개조하여 용량증대의 결과를 볼 수 있다.

용량은 기존 ID Fan의 개조없이 2,400 t/d에서 2,800 t/d 로 400 t/d 증가 하였다.

<그림 5>에 베트남의 개조결과 및 개조도면을 나타냈다. 베트남의 경우 기존 RSP Preheater의 Top Cyclone을 개조하여 용량을 증대하였다.

Top Cyclone에서의 차압은 7 mbar로 낮아졌으며, ID Fan의 전력비가 200 - 250 Kw 절감되거나, 용량이 150 - 200 t/d 증대되었다.

최종 개조 결과는 ID Fan 의 교체 없이 4,300 t/d에서 4,800 t/d로 증가되었다.

두가지의 사례를 통해서 볼 때, Top Cyclone에서의 차압이 현격하게 감소하기 때문에 동일 ID Fan으로 Kiln System을 통과하는 Air-flow를 더 많이 생산할 수 있게 된다.

Result from Kiln Upgrade, Shahroud

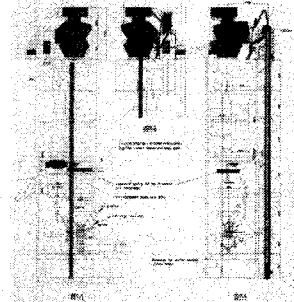
THE MODIFICATIONS:

- Remove refractory in top stage (insulation outside)
- Enlarge inlet area to bottom stage cyclone
- Central pipe installed in bottom stage cyclone
- Increase height of calciner and modify tert. air inlet to calciner
- Change position of calciner gas burners

	Before	After
Production (tpd)	2400	2800
Heat cons. (kcal/kg)	750	740
Dp preheater (mbar)	52	38
CO preheater out (%)	0.30	0.10 - 0.15

Further modifications: Kiln speed up from 3.0 - 4.2 rpm, new fixed grate cooler inlet.

Preheater Modifications at Shahroud Cement



<그림 4> 이란의 개조결과 및 개조도면

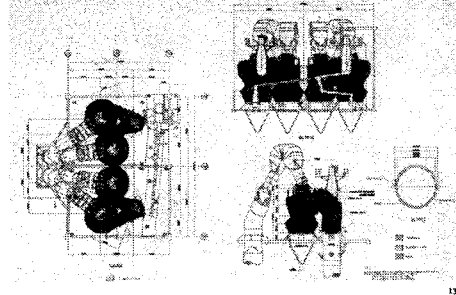
Result from Kiln Upgrade, Chinfon Haiphong

THE MODIFICATIONS:

- Additional EP filter fan (in parallel to existing)
- Fixed cooler inlet
- New classifier for Raw mill (production up 17 %)
- New classifier for Coal mill (production + reduced fineness)
- Decrease top stage pressure loss from 19.5 mbar to 7 mbar (Reduced ID-fan kWh/t by ~ 11% ~ 200-250 KW)

	Before	After step 1	After new LV top cyclones
Production (tpd)	4300	4650	4650 (4800)
Heat cons. (kcal/kg)	815	800	800
Op. pressure (mbar)	68	76	54

Change of Top Cyclones At Chinfon Haiphong



<그림 5> 베트남의 개조결과 및 개조도면

이런의 개조 사례의 경우, Calciner 에서의 천연 Gas 연소효과를 증대시키기 위해서 Calciner 를 또한 개조하였다. 이러한 것은 Calciner에서의 Gas 연소위치를 변경함으로써 Calciner 로 유입하는 Tertiary air의 Inlet 속도를 증가시킬 수 있었다.

6. NOx 저감 장치 원리 및 기술

LV Calciner의 설계중 혼합실의 개념을 NOx 저감 장치의 Project 에도 도입할 수가 있다.

Kiln 과 Calciner 사이에 환원지대를 조성함으로써, Kiln System에서 운전비용이 추가되는 일이 없이 NOx량을 상당량 저감할 수가 있다.

환원지대의 원리는, 현재 Kiln과 Tertiary Gas 입구사이에 투입하던 연료를, 위치를 조정하여 Tertiary Gas의 입구 상부와 Calciner의 하부사이에 연료를 투입하는 것이다. 이러한 방법으로 Kiln에서 생성된 NOx를 환원지대에서 저감할 수 있다.

환원지대에서의 온도는 Material Dividing Gate를 설치함으로써 조정하게 되며, 그 Gate는 원료흐름을 2단 Cyclone에서 Tertiary Air Duct 나 Riser Duct 로 분리하는 역할을 한다.

NOx 저감을 도입함으로써 상당량의 CO Gas 가 발생하는데, 이러한 이유 때문에 Calciner내에서의 연료의 완벽한 연소를 보장하기 위해서라도 최적의 혼합 System이 중요시되며 또한 강력히 요구된다.

7. 결론

Vertical Roller Mill의 Classifier에 대한 고유한 설계 개념과 아울러, 오늘날 LVT사는 Ball Mill Classifier, 저압손의 고효율 Cyclone, Calciner 개조의 새로운 개념 등 NOx 저감을 포함한 시멘트 공장의 생산 공정 개선 및 절감 방안에 대한 고객의 기대에 부응하고자 지속적으로 노력하고자 한다.

Vertical Roller Mill을 개조함으로써 널리 알려진 전문 회사로 출발하여, 이제는 LVT사가 설비개조 및 단위 시멘트 공장의 용량증대에 대한 세계적인 주요 Engineering 회사의 하나로써 성장하게 되었다.