

고기능성 Filter Media를 적용하여 시멘트 킬른/원료밀 공정에서의 배출농도 저감

Mr. Peter Harfmann

<MGF Gutsche & Co., GmbH-KG사, 독일>

1. 서 론

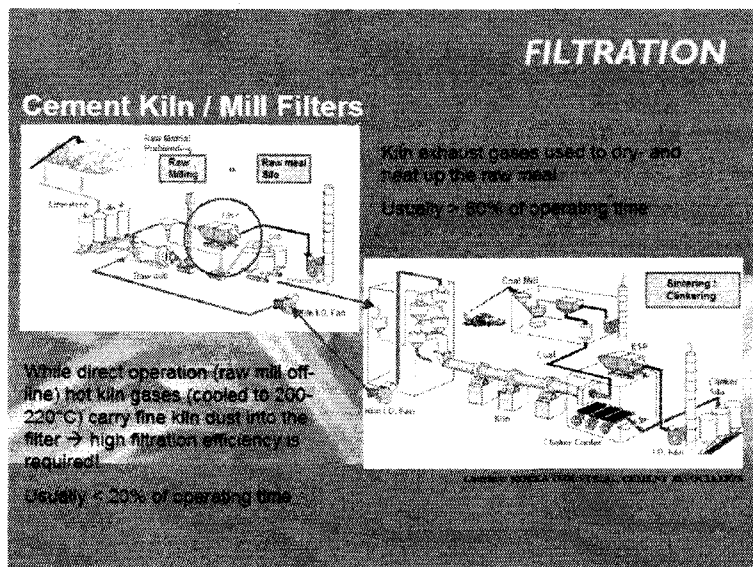
폐사는 본 자료를 통해 시멘트 원료밀/킬른 공정용 백필터를 중심으로, 고기능성, 맞춤형 Needlefelt 부직포의 이점에 대해 설명 드리고자 합니다.

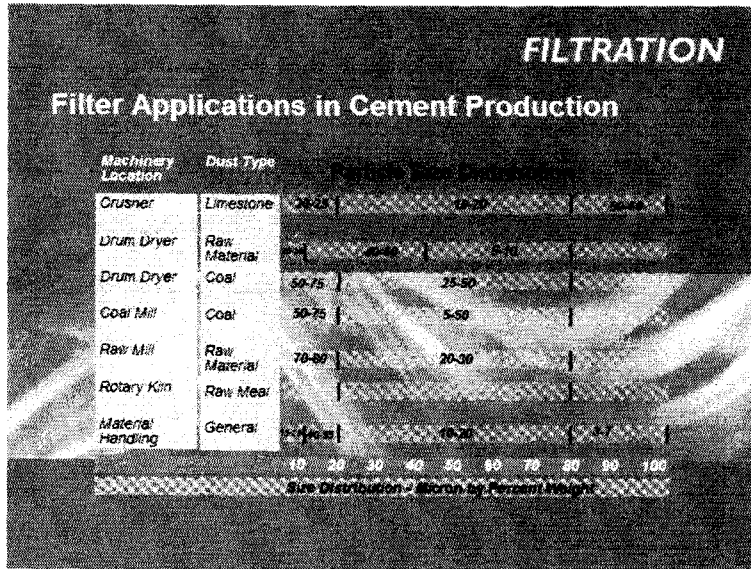
우선 대한민국은 전세계에서 전기집진기에서 백필터로 가장 빨리 전환(개조) 된 곳으로서, 이 부분에서 선구적인 표준이 되었습니다. 그러나 기타 국가들, 특히 유럽에서는 배출농도 규제를 상당히 강화 하였음에도 불구하고, 전기집진기에서 백필터로의 전환(개조)은 아직까지 보편화된 기술이 아닙니다.

2. 시멘트 킬른/원료밀용 집진설비

모든 시멘트 공정에서 사용되는 여러가지 집진설비 이외에, 원료밀과 킬른, 그리고 클링커쿨러용 집진설비는 대용량 집진설비 입에 틀림 없습니다. 그러나 이러한 집진설비에 있어 밀로부터의 고농도 분진량과 킬른 으로부터의 매우 미세한 분진의 유입, 그리고 170C 이상에서의 넓은 온도분포 및 유량의 과도한 변화 등은 집진설비의 정상적인 운전에 악영향을 끼칩니다.

한편, 현대화된 설비는 복합방식으로 운전되며, 원료(Meal)의 예열 및 건조를 위해 킬른의 배기가스를 밀(Mill)로 유입시킵니다. 이러한 운전방식은 일정부분 에너지 소비를 절감할 수 있게 하였습니다. 또한 요즘 새로운 설비들은 99% 복합방식을 이용하여 비교적 낮은 온도 에서도 집진설비의 운전을 가능케 하였습니다. 반면 기





존 설비들은 80~90%정도만 이런 복합방식을 따르고 있습니다.

집진설비의 분진농도는 밀 타입에 따라 700g/Nm까지 올라갑니다. 밀이 Off-Line Mode로 전환되면 예열 사이클론으로 부터 공급된 300C이상의 킬른 가스가 냉각된 후, 필터백 재질의 기본 조건인 내열 한계치 260C에 맞추어져야 합니다. 아직까지 많은 설비들이 가스냉각탑 (GCT)을 이용하는데 이는 전기집진기로 유입되는 분진에 많은 전도성을 부여하기 위해서입니다. 또한 이는 수분함량이 20vol%까지도 올라갈 수 있음을 뜻합니다. 이 외의 시스템은 GCT 대신 외부공기 유입을 이용한 강제냉각을 이용하지만, 이러한 방식은 (집진설비의) 유량을 상당히 늘어나게 합니다.

3. 백필터 대 전기집진기의 장점 및 단점

3.1 전기집진기(ESP)

이 설비는 대부분의 시멘트 킬른-밀 공정에서 전세계적으로 사용되고 있습니다. 주요한 장점으로, 우선 260C 이상의 고온에서도 사용 가능하다는 점(Preheater에서 단기간의 순간 고온에 대하여도 별다른 손상이 없음), 그리고 낮은 차압

으로도 운전이 용이하다는 점 뿐만 아니라 오랜 기간 사용경험을 통해 매우 신뢰성 있는 설비라는 점을 들 수 있습니다.

단점으로는, 통상적인 배출농도가 20mg/Nm를 상회하여, 수분량 및 온도변화에 따라 가스 유량 및 분진 전도도(비저항값)가 달라질 경우 배출농도가 100mg 이상까지도 높아질 수도 있다는 것입니다. 또 신설 ESP의 투자비용이 상당히 많이 소요되어, 낮은 배출농도가 요구될 경우 투자비용도 이에 비례하여 증가한다는 단점이 있습니다.

그리고 ESP의 유지보수를 위해서는 킬른 역시 가동을 중지하여야 하며, 보조연료로써 폐타이어 등을 사용할 시에는 과량의 일산화탄소 발생에 따른 위험이 발생할 수도 있습니다. 따라서 CO의 과다 배출에 따른 폭발을 방지하기 위해 모든 전력공급을 차단시켜야 하는데 이 경우에 배출농도가 수십그램 수준까지 도달할 수도 있습니다.

3.2 백필터(Bag Filter)

우선 일반적인 보통설비에서도 20mg/Nm 이하의 배출농도를 달성할 수 있으며, 인입 분진 농도, 온도, 수분 또는 분진의 비저항값이 운전 에 영향을 주지 않습니다. 그리고 과다 CO량에

대한 폭발위험성이 없으므로 2차 연료의 사용이 백필터에 큰 문제를 야기하지 않습니다.

백필터는 운전조건의 변화에 매우 유연하므로, 킬른의 가동을 유지한 채로 Off-Line Mode로 전환하여 개별실(Compartment)을 부분점검 할 수도 있습니다. 또한 2차 연료를 과도하게 사용한다 하더라도 (이에 따른) 중금속 및 다이옥신 배출량을 요구기준에 맞출 수 있습니다.

이 설비의 단점으로는 필터재질의 내열온도에 따른 사용온도 제한 및 다소 높은 차압을 들 수 있습니다. 그리고 배기가스의 조성이 필터백의 수명에 영향을 준다는 단점이 있습니다.

3.3 2차연료의 사용

연료비의 지속적인 증가로 인해 대체연료나 2차 연료에 대한 필요성 또한 증가하고 있습니다. 또한 유럽은 재활용 사업부문에서 가파르게 성장하고 있는 시장이기도 합니다. 그리고 이미 클링커의 품질에 나쁜 영향을 주지 않는 범위내에서 질 나쁜 갈탄과 유사한 정도의 열량을 가진 모든 것들을 시멘트 킬른에 연료로 사용하고 있습니다.

플라스틱 부산물, 페타이어, 폐유, 용제, 염료, 제지 폐기물, 하수 슬러지, 폐목재, 쌀겨 및 식용유, 동물성 골분, 동물성 지방 등이 그 예에 해당합니다. 어떤 시멘트사는 특정 유해성 폐기물

을 이용하기도 합니다.

이러한 2차 연료의 연소(또는 소각)를 통해 총 필요열량의 60% 이상까지도 얻습니다.

그러나 많은 2차 연료 사용으로 인해 독성물질 및 중금속이 다량 발생할 경우, 소각시설에서의 자체규제치와 동일한 수준인 5mg/Nm 미만으로 시멘트 제조사들은 자체규제치를 설정, 이에 부합하는 시스템을 요구하기도 합니다. 또한 수은배출량을 줄이기 위해 백필터 전단에 분말활성탄(PAC) 분사설비를 자체적으로 갖춘 설비 사례 또한 찾아볼 수 있습니다만, 이는 법적 요구사항은 아닙니다. 따라서 고기능성 필터를 사용하지 않고서는 엄격한 배출농도 규제치 준수가 불가능하다고 할 수 있습니다.

3.4 시멘트 공정의 기타 집진설비

킬른/원료밀, 클링커 쿨러, 시멘트 밀 등의 주요 집진설비 이외에, 백여 개 이상의 중소형 백필터들이 선박 Unloader, 사일로, 1차 분쇄기, 석탄밀, 포장설비 등에 사용 중이며, 또한 유지관리를 필요로 하고 있습니다. 이는 맞춤형 필터백과 집진시스템만이 초미세에서 거친 입도분포를 가진 다양한 분진을 포집할 수 있기 때문입니다.


아래 표는 백필터의 여러 적용 사례를 보여주고 있습니다.

FILTRATION		
Filter Applications in Cement Production		
Dust Generating Point	Polymer	Dust Loading [g/m ³]
Ship unloading	PES Antafin®	10 - 2
Crushers	PES Antafin®	5 - 10
Hammer Mills	PES Antafin®	10 - 20
Raw Material Dryers	PAN or Aramide	40 - 100
Raw Material Rapid Dryers	PAN or Aramide	50 - 250
Raw Grinding Mills	PES Antafin®	30 - 500
Kiln Exhaust	P84 Polyimide (P84)	60 - 200
Klinker Cooler	Aramid or Polyimide	1 - 10
Coal Mills	PAN/PES Optiver®, antistatic PES or PAN	20 - 80
Cement Mills	PES Antafin® or Microver® or MPT	50 - 400
Vibrating Screens	PES	15 - 20
Bucket Elevators	PES	10 - 30
Belt Conveyors	PES	15 - 20
Silo Equipment	PES	5 - 15
Cement Packaging	PES	20 - 30

FILTRATION

**Fiber Blends -
The High Performance Solution**

- Finest dust and fluctuating operating conditions need tailor made filter media
- Golsche Optivel provides engineered efficiency through advanced selection of fibre blends



PES + PI	PAN + PI	PPS + PI	PTFE + PI
Cement and coal mill filters	Cement Kiln/Mill filters (low temp.)	Cement Kiln/Mill (medium temp.)	Cement bypass filters (high temp.)
High tenacity polyester fibres with multilobal P84 to increase filtration efficiency	High resistant acrylic fibres with multilobal P84 to maintain low dp	High quality PPS fibres with multilobal P84 to separate finest kiln dust	Highly inert PTFE fibres with multilobal P84 to contain 100% of chemical resistance and life efficiency

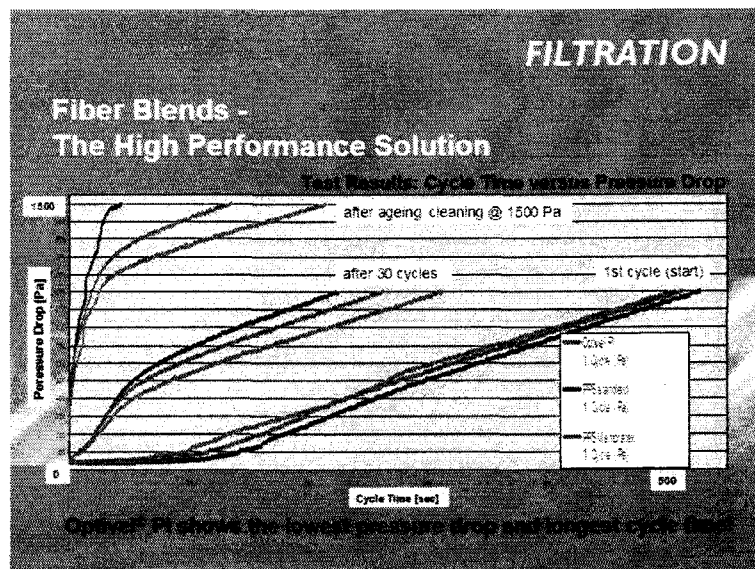
4. P84[®] 섬유 혼방구조를 이용한 시멘트 공정에서의 탁월한 성능

맞춤형 필터들은 매우 미세한 분진 및 유동적인 운전조건 하에서 필요합니다. 특히 2차 연료의 사용량이 늘어나면서, 고효율 필터에 대한 수요가 점점 증가하고 있습니다. 더 나아가 킬른공정 등과 같이 고농도의 분진, 산성물질, 그리고 고온 등의 열악한 환경에서도 장기간 제 성능을 발휘하며, 수 mg/Nm 이하 수준의 우수

한 집진효율을 가진 필터미디어가 필요하게 되었습니다.

다음은 맞춤형태로 디자인된 고기능성 필터미디어에 대한 설명입니다.

이 고기능성 필터미디어는 폴리에스터와 같은 저온용을 비롯하여 내화확성/내열성이 매우 뛰어난 PTFE재질까지 모든 재질에 걸친 고효율 맞춤형 필터미디어를 뜻하며, Inspec Fiber사의 이형단면 Polyimide 섬유인 P84가 혼방되어 있습니다.



도 260C 에 달하는 뛰어난 내열성을 제공하고 있습니다. 또한 한국 내 백필터 시스템의 상당수가 P84 재질을 사용하고 있다는 사실은 이 재질의 우수한 성능에 따른 경험을 입증하는 것이라 할 수 있겠습니다.

스위스에서 두번째 설치사례를 살펴보겠습니다. 이곳은 처음 아크릴재질 필터백(PAN)이 설치되었던 곳입니다.

그러나 분진의 특성 및 가혹한 운전조건으로 인해 눈막힘 현상이 빨리 진행되어 필터백의 교체가 불가피한 상황이었습니다.

이에 당사는 이 공정에 최적화 된 맞춤형 혼방구조 필터재질을 추천하였으며, 이 재질은 집진효율을 증가시키기 위하여 이형단면 P84 섬유와 일반 아크릴섬유(PAN)가 혼방된 타입이었습니다.

이 설치사례는 성공적인 선택이었으며, 현재까지 아무런 문제없이 사용 중에 있습니다.

6. 시멘트 공정의 경향 - 결론

지속적인 연료비의 증가로 인해 2차 연료의 사용 또한 지속적으로 이루어지고 있습니다.

유럽에서는 킬른에 사용되는 2차 연료의 비율이 열량 기준으로 60%를 초과하는 경우도 찾아볼 수 있습니다.

이는 수은, 카드뮴 등의 중금속이 배기가스(또는 분진)로 유입되는 양 또한 비례하여 증가하고 있음을 의미합니다. 이러한 유해성 물질의 저감을 위한 유일한 방법은 고성능 백필터 시스템을 사용하는 것입니다.

물론 분진을 제외하고는 필터백만으로 가스상 유해물 및 중금속 등의 유해성 물질을 저감할 수 있는 것은 아닙니다만, 현대의 반응식 백필터에서 요구되는 부가기능과 더불어 낮은 배출농도 및 적정차압 유지를 위해서는 고기능성 필터가 필수적이라 할 수 있겠습니다.

당사의 혼방구조 필터미디어처럼 P84 이형단면섬유 또는 기타 초극세사 섬유를 조합한 고기능성 필터미디어를 사용하여 5mg/Nm 이하의 낮은 배출농도를 달성 가능토록 할 수 있습니다.