

시멘트 제조공정별 FILTER BAGS의 실제적용 사례

Ernst Rohner
<BWF Envirotec, Germany>

1. 서 론

1000kg의 시멘트를 생산하기 위해서는, 약 2.600~2.800kg의 원료를 준비해야 되고 취급하게 된다. 이 제조공정중에 6,000~12,000m³의 함진가스가 Belt Conveyors, Mills, Clinker coolers 와 Kilns에서 발생하고 130~280kg의 분진이 함유된 배기가스를 포집 하여야만 한다. 공해 방지뿐만 아니라, 각 공정별로 제품을 회수하기 위해 여러대의 집진기를 설치하여야만 한다. 이들 포집 문제에 관하여, 당사는 이들 특별한 목적에 맞는 설계와 낮은 배출농도로 적절히 사용할 수 있는 효과적이고 경제적인 여과매개체(포)를 제공하고 있다.

2. 시멘트 제조공정별 집진기

2 - 1. Dust Collectors in Cement Plants

일반적으로 시멘트 생산공정에는 세가지 종류의 여과매개체(포)를 사용하고 있다.

- Cement Mill, Silos 나 포장등 낮은 온도에서 사용하는 여과매개체(포)
- Coal Grinding 에 사용하는 정전기방지용 여과매개체 (포)
- Cement Kiln 과 Clinker Cooler 등 고온에 사용하는 여과매개체(포)

Dust Collectors in cement Plants

Application	Temperature (°C)	Quality
Cement Mill	80	Polyester
Silo	30	PE/PE 554 CS 17
Packing Station	30	PE/PE 551 cementsurf
Coal Grinding	100	Acrylic/Polyester DT-PE/DT_PE 551 coalsurf DT-PE/DT_PE 551 as coalsurf
Clinker Cooler	180	Aramide NO/NO 551 cementsurf
Raw Meal Mill/ Cement Kiln	160 - 180	Polyimide PI/GP 551 CS 29

상기 여과 매개체(포)들은 모두 탈진 성능과 내용연수 즉 여과포의 수명을 높이기 위해 특수한 화학처리를 하고 있다.

다음은 각 생산 공정별로 가장 적절한 여과매개체(포)를 선정하는 기준을 상세히 설명하고 저한다.

2 -2. Cement Mill Dust Collectors

Cement mill
High dust load
Abrasive dust
Agglomerating dust
Temperature up to 80 °C
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Polyester needlefelt ✓ Multifilament scrim ✓ Glazed surface ✓ Oil and water repellent ✓ fibre impregnation
needlona - PE/PE 554 cs17

Cement Mill 집진기는 Grinding Mill과 Separator 로부터 상당히 높은 함진 농도 Gas 가 유입된다. 그렇기 때문에 합리적인 A/C ratio 는 0.8~1.0 m/min. 을 추천한다. 그렇더라도 적절한 수준의 (차압)을 유지하기 위해서는 탈진을 자주해야 한다. 이런 구성 때문에 마모성이 큰 분진들은, 기계적으로 여과매개체(포)에 Stress (변형)를 주게 된다. 이와 같은 난해한 공정조건에는 하기와 같은 여과매개체(포)가 요구된다.

- 물리적으로 강한 섬유, 즉 Polyester와 같은 섬유로 제조할 것
- 치밀한 multifilament의 기포로 보완할 것.
- 치밀한 needle punching으로 기공 (pore)을 조밀하게 할 것

2-3 Silo & Packing Station Dust Collectors

Silo & Packing Station
Abrasive
Dry dust
Ambient temperature
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Polyester needlefelt ✓ Multifilament scrim ✓ Singed surface ✓ Silicone oil fibre treatment
Needlona - PE/PE 551 cementsurf

Cement Mill에서 설명된 대부분의 문제는 Silo와 Packing Plant Dust Collectors에 서도 역시 마찬가지 이다. 분진농도는 높고, 분진성상은 마모성이어서 내용연수를 (수명을) 높이기 위해서는 multifilament 의 polyester 기포로 된 물리적으로 강한 여과매개체(포)가 전체 조건이다. 그러나 Cement Mill에 비해서는 분진은 오히려 건조하기 때문에 분진끼리의 응집력은 떨어진다.

이렇기 때문에 Singeing(모소)가공을 하여 (차압)을 낮추어 탈진 Cycle을 길게 운전할 수 있는 장점을 부여한다. 분진이 건조하기 때문에 발유나 발수가공은 필요치 않고, 대신 Silicon oil 로 침지가공을 한다. 이로 인해 마모성의 분진에 마찰을 감소시키게 되고, 부직포의 수명을 연장할 수 있다.

2-4 Coal Grinding Dust Collectors

높은 분진 농도와 마모성 분진에는 물리적으로 강한 여과매개체(포)를 필요로 하게 된다. 그러나 이 공정에는 온도 80 - 110 °C로 Vol. % 로 8 -15 % 범위의 높은 수분을 함유한 Gas 가 집진기에 인입된다. 이와 같은 조건에서는

Coal Grinding

High dust load
Abrasive dust
Humidity, hydrolysis
Temperature of approx. 100 °C
Dust explosion

- ✓ Acrylic is resistant to hydrolysis
- ✓ Polyester offers high mechanical strength
- ✓ Singed surface
- ✓ Metal fibre blend in fibre web and scrim
- ✓ Silicon oil fibre impregnation

Needlona DT-PE/DT-PE 551 as coalsurf

Polyester 섬유는 심한 가수분해로 분해되어 실제 공정조건에 따라 Bag의 수명은 6 -12 개월 이내로 매우 짧다. 당사에서는 그 해결책으로 부직포에 polyester와 homo polymer acrylic 과 같은 가수분해에 강한 기포를 혼합하여 사용하고 있다. 상기 폴리에스터와 아크릴은 혼합하여 사용한 여과매개체(포)는 약 18-24 개월 이상 성공적으로 사용할 수 있음이 입증되었다.

화학적인 견지에서 가수분해의 영향을 받지 않은 100% acrylic 여과매개체(포)를 사용하는 것을 고려해야 하겠지만 경험에 의할 것 같으면 (높은 분진농도, 마모성 분진, 빈번한 탈진)과 같은 기계적인 견지에서 acrylic 섬유는 너무 약하여 6 -12 개월 내에 파괴됨이 입증되었다.

더욱 중요한 문제는 분진 조성이 “폭발성 인가 아닌가” 이다.

현실적으로 당사로서는 max.10⁶ ohm 저항치로 대전부하를 제한하기 위해 부직포의 기포내에 전도성 금속섬유를 지닌 대전 방진용 여과매개체(포)를 사용 할 것을 강력히 추천하고 있다. (소금, Carbon 등)의 화학적인 값싼 대전가공처리와 Carbon 사료 처리한 것은 온도나 분진에 노출되지 않는 한 좋은 결과를 보일 수 있으나, 영구적이 지는 못하고, 분진에 노출에 의한

위험이 증가하고 시간이 지남에 따라 대전 전도성을 잃게 된다.

2 - 5 Clinker Cooler Dust Collectors

Clinker Cooler

Abrasive dust
Ambient air, low humidity
Temperature of approx. 180 °C

- ✓ High mechanical strength
- ✓ High continuous (180 °C) and peak (220 °C) temperature
- ✓ Singed surface
- ✓ Silicone oil fibre impregnation

Needlona - NO/NO 551 cementsurf

고온 Gas 이나 다행이 Gas중에 낮은 수분율로 인해 (Nomex, Conex, Metamax...) 등의 m-aramide 섬유를 사용 할 수가 있다. 이들 섬유의 특별한 특징은 그들의 우수한 물리적인 강도로서 마모성 분진에도 쉽게 견딜 수 있기 때문이다.

가장 효과적인 섬유표면을 모소가공을 함으로써 탈진 주기 사이의 가긴 Cycle을 이룰 수 있다. 발수 등 특수한 가공을 하지 않아도 건조한 분진은 탈진시 쉽게 떨어진다. 부차적인 섬유의 침지 가공대신, "Cementsurf" 가공으로 분진과 섬유 사이의 마찰을 감소시켜, 수명을 연장할 수 있다. 만일 Gas 온도를 대기 온도로 120°C 까지 낮출 수 있으면 본 공정에 Polyester 성공적으로 사용할 수 있다.

2 - 6 Cement Kiln Dust Collectors

마모성 분진, 고온 Gas 그리고 침해성 있는 Gas 조성들은 적절한 여과매개체(포)를 선정하는데 고려되어야 할 중요한 것이다. 과거에는 단

Cement Kiln

Abrasive dust
High continuous and peak temperature
Aggressive gas composition

However ESP incorporate the following

- ✓ Emissions below 10mg/Nm³ are difficult to achieve
- ✓ Emissions peak when process conditions vary
 - raw meal mill start up or shutdown
 - CO shutdown
- ✓ No co-incineration of hazardous waste

- 혹은 CO Gas 수준의 초과로 ESP(전기집진기) 가동을 중지해야만 할때,
- 유해물 소각시, 활성탄에 의한 흡수가 효과적이지 못하였을때.
- 온도 및 원료조성에 따라 분진고유의 전기저항특성이 변화할 때, 대처가 불가능하다.

Polyimide 섬유 "P84" 는 조업자를 위해 많은 적용 경험을 통하여 ESP(전기집진기)를 Bag House용 섬유여과매개체(포)로 대체 하게 되었다. 당사의 가장 오래되었고, 가장 성공적인 설치는 다음에 기술하였다.

2-6-1 Case History

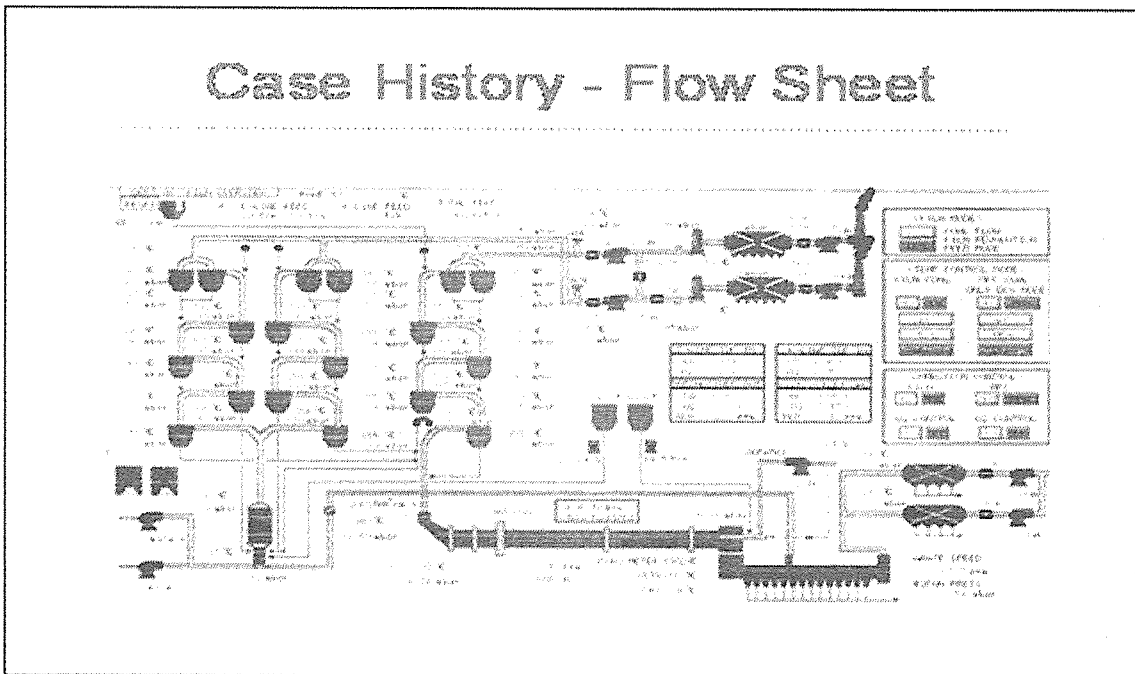
1998년 4월, 세계에서 2번째로 큰 Cement Rotary Kiln이 성신양회에서 가동하였다.

Kiln은 그 길이가 거대하여 94m나 되고, 일산 9,100 Tons 의 Clinker를 생산할 수 있게 설계 되었다. 이 목적을 위해 "C-line "과 "K-line"이라는 2개의 예열기로 구성되어있다. 고온 Gas 는 예열 탑에서 350℃ 로 배출된다.

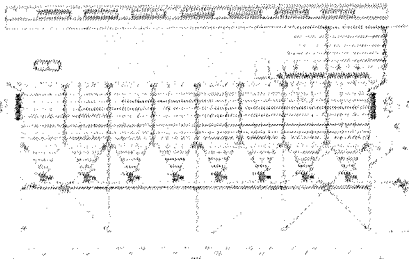
직접 가동에 있어서는 각 line 은 첫째 공기로 냉각시키고, 그리고 나서 WetSpray 로160 ℃ 까

지 전기집진기(EP)만 이들 난해한 조건을 취급할 수 있었다. 그러나 ESP(전기집진기)는 운전 중 아래와 같은 단점들이 있다.

- 배출농도 10 mg/Nm³ 이하는 흔히 많은 전기 집진기에서도 가능하다.
- 그렇다 해도 (원료 Mill 의 가동시) 분진 입구 농도의 변화시 배출 peaks가 생길수 있거나,



Case History - Filter drawing



- ◆ **Fabric Filter:** 2
- ◆ **Chambers:** 2 x 16
- ◆ **Filter bags:** 2 x 16 x 252
- ◆ **Filter area:** 2 x 8890 m²
- ◆ **Clearing:** pulse jet
- ◆ off-line
- ◆ time-controlled
- ◆ 24 s / chamber

지 냉각시켜, Fabric Filter로 유입된다. 혼합가동에 있어서는, Gas 는 첫째로 Fabric Filter 전단계에 있는 Raw Mill 통과하여 원료의 건조에 폐열을 이용한다.

장착 16 Chambers로 구성되어있다.

총 4032 Filter Bags 은 집진기 1대에 설치되어 있고, 각각의 여과 면적은 8.890 로 총 17.784 m²로 구성되어있다.

2-6-2 Filter Drawing

C- line 과 K-line의 각 line은 한 대의 집진기로 포집한후 배출한다.

각각의 Fabric Filter는 252 Filter Bags 을

2-6-3 Process Conditions

본 Project는 규모 면에서 뿐만 아니라 Process Conditions에 도전한다는 면에서 기술적인 관점에서 대단히 흥미로운 것으로 고려되었다.

Case History - Process Conditions

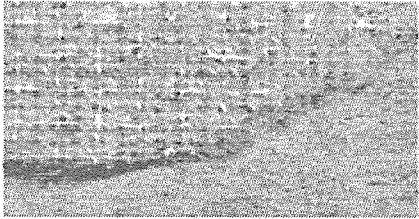
- ◆ **Filter area** 17.784 m²
- ◆ **a/c ratio** 1,24 m/min
- ◆ **Gas volume** 747.045 Nm³/h
- ◆ **Dust load** 80 – 110 g/m³
- ◆ **Temperature** 160°C (280°C)
- ◆ **H₂O** 17,3 % Vol.
- ◆ **O₂** 2,3 %Vol.
- ◆ **NO_x** 450 ppm
- ◆ **SO_x** 20 ppm



Case History – Filter Medium Selection

- ✓ Scrim made from P84
- ✓ reinforced by PTFE threads
- ✓ Web made from P84 fibres
- ✓ Chemical finish CS29

needlon® - PIGP
551 CS29



초기 가동부터, 공격적인 Gas조성과 연속적인 고온으로 섬유여과매개체(포)에 중대한 화학적인 침해를 야기하였음이 분명하였다. 두 가지 중요한 반응을 고려했어야 하였다.

첫째는 섬유 Polymer에 수증기에 의한 침해 즉 일반적으로 가수분해라는 화학적 침해였다. 예측하기 어려웠던 두 번째 반응은 섬유 Polymer의 산화였다. 이 반응은 산화 Gas의 존재로 특히 NO₂, 이는 매우 반응적이라고 알려져 있다.

NO₂는 1300 - 1400°C 고온에서 질소화합물이 분해할 때 연료나, 원료 그리고 공기산화에 의해서 이루어진다.

2-6-4 Filter Medium Selection

선정된 Polymer P84 섬유는 온도가 140°C를 넘었을 때 가수분해가 시작되 문제가 되었다.

일반적으로 수분함량이 증가하거나, 온도상승 시에는 더욱 심하다.

이 영향을 방지하기 위해 여과매개체(포)는 화학침지 처리를 하였다.

특히 NO₂ 형태에 의한 산화로서 섬유 Polymer의 노화는 상당량의 Scrim(기포)를 보강해야 하기 때문에 이 문제는 추가적인 PTFE 사로 보완하였다.

PTFE는 화학적으로 100%견디고 산화에도 영향이 없다.

고온용이며 기술한 특별한 조건에 부합되는 여과매개체(포)를 당사 에서 설계하여 생산하였다.

3. Summary

- P84 filter medium, produced by BWF, is successfully installed in over 250,000 m² of filter area for cement kiln dedusting.
- In the meantime BWF gained a long experience in this special application.
- The first installation of filter bags for cement kiln dust collectors dates back to 1997

Filter bags의 내용연수는 올바른 섬유의 선정과 그에 따른 Scrim (기포)과 화학처리에 의해 결정된다. 원료의 적용에 의한 여러 가지의 온도와 Gas 조성에 따른 여과매개체(포)를 이용하는 것은 가능하다. 그간 당사는 전세계의 Cement Kilns의 탈진용으로 P-84 여과매개체(포) 250,000m² 이상을 공급하였다. 현재까지는 큰 문제점 없이 순조롭게 가동되고 있다.