

e-PTFE를 이용한 여과집진기 집진 효율 개선방안

이 환

<한국 도날드슨>

1. 서 론

집진과 관련하여 현재까지 수많은 종류의 집진기가 개발되어져 왔고 적용되는 기술 또한 다양하게 발전되어 왔다. 그러한 기술의 발전은 집진 효율이 주 목적이었으며, 그에 따른 생산성 향상, 원가절감, 환경오염 방지 등을 가능하게 해 주었다.

그 중 대표적으로 가장 효율적인 집진 방식중의 하나인 e-PTFE 방식에 대하여 알아보도록 하겠다.

2. e-PTFE 멤브레인 이란 ?

PTFE (polytetrafluoroethylene)는 1938년 미국의 한 화학회사 직원에 의하여 우연히 발견되었다. 이 물질은 소수성(hydrophobic), 내 화학성, 다공성(microporous)구조, 폭 넓은 온도 대응범위(-260℃ ~ +260℃) 등 다양한 특징을 갖고 있는 것으로 알려졌다.

이러한 특징에 따라 오늘날 PTFE 기술은 주방의 프라이팬부터 항공 우주산업까지 넓은 범위의 application에서 적용 및 활용되고 있다.

이러한 PTFE를 다양한 재질의 substrate와 라미네이트 한 후 여과 집진 방식의 하나인 백필터의 원자재로 사용하기 위하여 film형태로 만드는데 이를 e-PTFE 멤브레인이라고 한다.

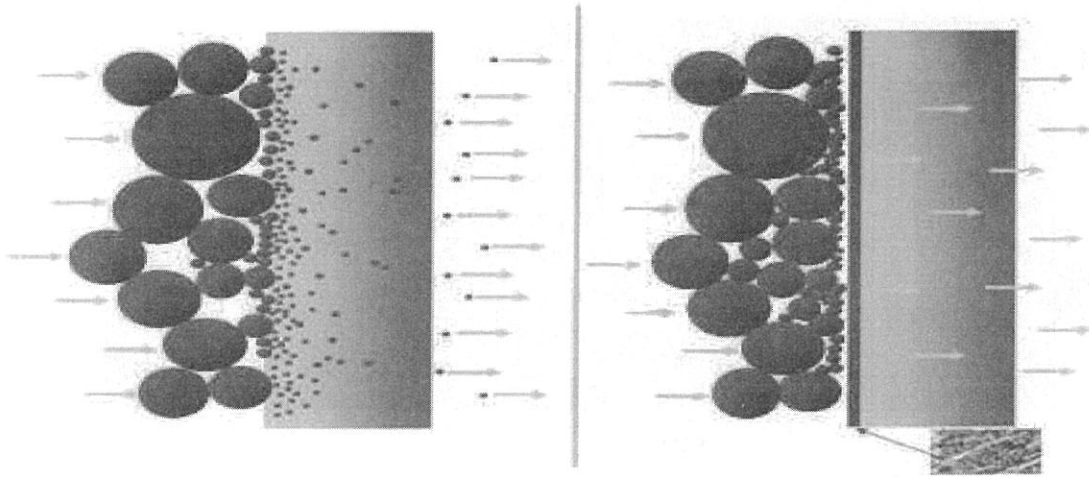
(e-PTFE 멤브레인 = expanded PTFE membrane)

PTFE 소재를 사용하였기 때문에 film자체는 PTFE 본래 고유의 물성은 유지하게 되며, 각 사용처의 온도조건, 화학성분, 수분조건, 집진기 종류 등 여러 조건에 따라 라미네이트 되어지는 substrate의 재질이 결정되어지는데 이 두 제품을 라미네이트 한 후 백필터를 제작하면 각 산업분야 application별 요구 조건에 맞는 성능을 갖추게 된다.

3. e-PTFE 멤브레인의 특징

그렇다면 구체적으로 e-PTFE가 어떠한 이유로 최적의 집진 효율을 낼 수 있는지 구조적인 특징을 파악해 보도록 하겠다.

e-PTFE 멤브레인의 특징을 이해하기 위하여 심층여과와 표면여과의 차이점에 대하여 이해해야 한다.



In depth filtration(left), particles penetrate the structure of the media and form a filter cake on the surface.

In surface filtration(right), particles are collected on the surface of the membrane.

위 그림 중 좌측은 심층여과의 구조를 나타내고 있다.

e-PTFE 멤브레인이 라미네이트 되어있지 않은 심층여과 방식의 경우, 분진 입자들이 바로 여과포 재질표면에 부딪치게 되는데 여과포 재질을 구성하고 있는 공간 구조보다 분진 입자의 크기가 작을 경우 내부로 침투하게 되며 또 외부로 방출되기도 한다.

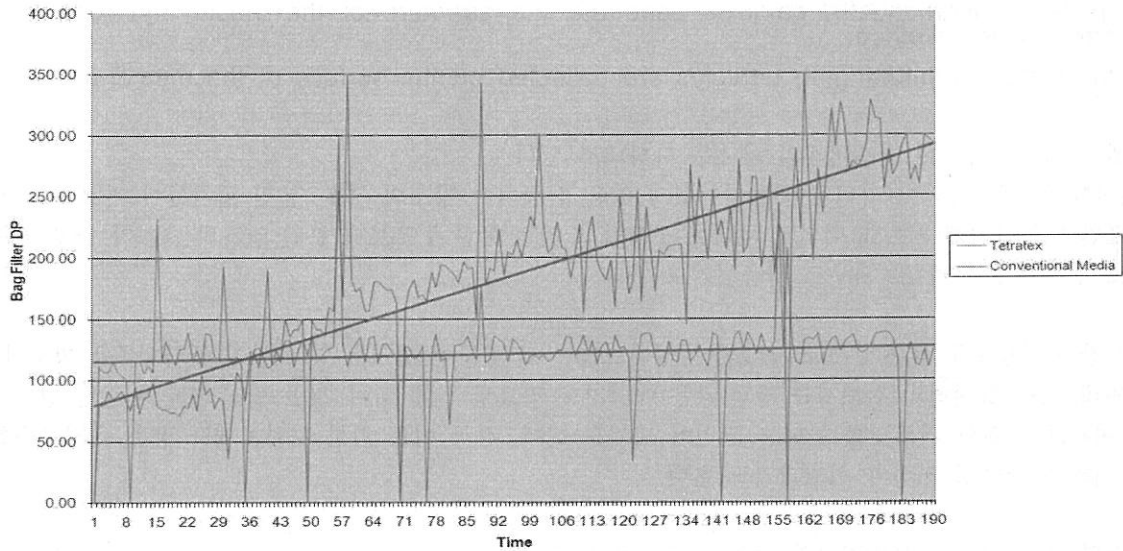
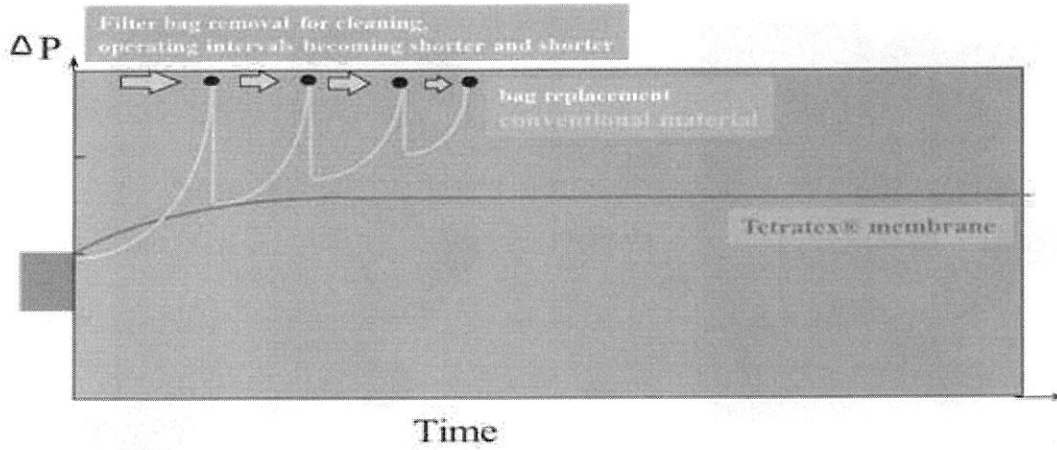
시간이 지날수록 표면에 dust cake가 형성되고 내부로 침투한 먼지들 역시 쌓여 공기흐름을 방해하기도 하는데, 이를 탈진하기 위해서는 점점 많은 에너지를 필요로 하게 되며, 잦은 탈진 횟수와 강한 탈진 압력은 여과포 재질의 피로도를 높이는 원인이 되기도 한다. 결국 이로 인한 차압문제는 잦은 유지보수를 야기 시키며 생산성 저하와 직결되기도 한다.

반면 우측 그림은 표면여과의 구조를 나타내고 있다.

이 경우 다공성 구조의 e-PTFE 멤브레인 자체가 1차 dust cake 역할을 해주면서 먼지가 내부로 침투하는 것을 막아주며 집진효율을 극대화하며, 분진의 특징에 따라 차이는 있겠지만 near zero emission을 실현한다. 또 시간이 흐름에 따라 멤브레인 표면에 형성된 dust cake는 PTFE 고유의 성질에(non-stick) 따라 쉽게 탈진 되므로 에너지 사용을 절감할 수 있다. 이러한 유지보수 과정은 여과포 재질 자체의 피로도를 줄여주며, 탈진 효율이 높기 때문에 시간이 지나도 일관된 공기 투과가 가능한데 이는 낮은 차압 효과를 실현하게 해 준다. 안정적인 차압 유지는 생산성 향상과 직결되기도 한다.

심층여과 방식과 표면여과 방식의 이해를 통하여 다음과 같은 증감 내역을 요약할 수 있다.

- 집진 효율(분진 혹은 원료), 생산성, Airflow 및 filter의 수명, 탈진효율은 증가
- 분진 배출, 차압(DP), 에너지 소비, bag교체 횟수 및 유지보수 비용은 감소



Indicative results of comparative bag filter pressure drop of Donaldson's e-PTFE material Tetratex versus conventional media

4. 적용 사례

e-PTFE 멤브레인을(표면여과) 사용하여 개선된 사례1 (도날드슨 내부 case 인용)

환경보호는 지구상에 직면한 가장 중요한 issue중의 하나가 되었다.

시멘트 업계 역시 경영의 기본적인 사항으로 성장과 더불어 환경보호를 강조하며 역량평가 일부를 환경 보호 성과에 두고 있다.

UAE의 한 시멘트 업체도 kiln과 alkali bypass application의 백필터를 위한 media 선정 시 집진효율 증대와 Kiln생산량의 최적화가 최대의 관심사였다.

제품선정에 앞서 최적의 성능을 보증하기 위하여 운전 데이터, 운전효율, 운전 내구성, 그리고 요구되어 지는 분진 배출 양 등 다양한 조건이 검토 되었다.

해당 plant는 첨단 생산기술을 이용하여 필터 요소들을 설계하였는데 이에 따라 뛰어난 airflow, 긴 수명 만족시키게 설계되었으며 그리고 요구되는 한계 분진 배출량 이하로 실현할 수 있도록 설계되었다.

DP관리 및 원활한 gas flow 운영을 하기 위하여 탈진 성능이 좋아야 하는데 해당 공장은 백필터에 dust가 쌓이면 pulse jet방식으로 주기적 탈진을 해 주며 그 결과 멤브레인 백필터 설치 후 각 요소들은 만족하는 수준을 지속적으로 유지하였다.

< Specifications for U.A.E bag filters >

| | Bypass filter | Kiln/Raw&Coal mill |
|--------------------------------|---|---|
| Gas volume | 29,500Am ³ /hr | 413,370Am ³ /hr |
| Dust loading | <56g/Nm ³ | <60g/Nm ³ |
| Gas temperature | 200~230℃ | 200~240℃ |
| ACR | 0.7~0.88m ³ /m ² /min | 0.78~1.1m ³ /m ² /min |
| Bag size | 165*4500 | 165*7000 |
| No. of bags | 300 | 1800 |
| Filter cloth Area (total) | 700m ² | 6531m ² |
| Cleaning | Pulse Jet | Pulse Jet |
| Bag support cages | stainless steel | Carbon steel |
| Warranted particulate emission | <20mg/Nm ³ | <20mg/Nm ³ |
| Filter media employed | Ultra high efficiency +fiberglass | Ultra high efficiency +fiberglass |

e-PTFE 멤브레인을(표면여과) 사용하여 개선된 사례2 (도날드슨 내부 case 인용)

심층여과 방식의 백필터를 사용하는 시멘트 공장에 있어서 분진방출, 낮은 생산성 그리고 짧은 백필터 수명은 해결해야 할 공통된 문제점이다. 베이징의 한 시멘트 회사 역시 앞서 언급한 세 가지 문제점을 갖고 있었다.

이 집진기는 fiberglass재질의 심층여과 방식 백필터를 사용하고 있었는데 12개월 정도의 짧은 수명과 높은 분진 방출이 문제 되고 있었고 동시에 생산량을 1,200TPD에서 1,500TPD로 높여야 하는 상황에 직면해 있었다.

많은 검토 끝에 해당 기업에서는 표면 여과방식인 e-PTFE멤브레인이 적용된 내산성 fiberglass를 채택하기로 결정 하였다.

기존의 심층여과 방식의 백필터 경우 airflow가 증가하거나 미세입자가 백필터 안으로 침투하면 효율적인 탈진이 이루어지지 않게 되고 이는 공기 투과 저하 결과를 일으키므로 DP문제에서 자유롭지 못하였다. 그 결과 잦은 탈진관리를 해주어야 했으며 생산성 저하, 유지비용 상승 및 백필터 수명 감소로 연결되었다.

표면여과 방식의 e-PTFE 멤브레인 제품으로 교체작업을 한 결과 백필터의 길이는 12m에서 10m로 짧아졌으며 높은 airflow는 생산성 향상과 연결되었고 DP도 100mmwg에서 130mmwg 범위에서 일정한 수준으로 관리 되었다. ACR도 0.41m/min에서 0.67m/min으로 개선되었다. 분진방출 역시 20mg/Nm³ 미만으로 관리 되었으며 백필터의 수명 역시 증가함을 확인 할 수 있었다.

< Specifications for Beijing filter s>

| Application | Cement Kiln | Dust type | Cement |
|-----------------------------|---|----------------------------|----------------------------|
| Product code | high efficiency acid resistant + fiberglass | Baghouse type | Reverse air |
| Bag Dia | 300(Dia)*10,000mm(L) | No, of bags | 1.152ea |
| temperature | 260℃ | Dust load | 80~200g/Nm ³ |
| Before Gas Vol | 300,000Am ³ /hr | After Gas Vol | 400,000Am ³ /hr |
| Before particulate emission | >20mg/Nm ³ | After particulate emission | <20mg/Nm ³ |
| Before ACR | 0.41m/min | After ACR | 0.67m/min |
| DP | 100~130mmwg | Bag life | about 5years |

5. 결 론

이상에서 살펴본 바와 같이 표면여과 방식인 e-PTFE 멤브레인을 이용한 여과 집진 방식은 경제적인 측면과 환경적인 측면 등 다양한 방면에서 각 plant의 요구사항을 만족시킬 수 있다.

향후 환경문제는 인류가 반드시 풀어야할 숙제이며 이에 따라 환경규제는 강화 될 것으로 예상된다. 또 이와 동시에 각 기업에서는 지속성장 가능한 발전을 위해서 생산성 향상 및 비용 절감 등에 포커스를 맞추지 않을 수 없다. 어찌 보면 상반된 관계처럼 보이는 이 요건들을 만족시키는데 e-PTFE 멤브레인을 사용한 여과 집진 방법은 가장 적절한 해답이 될 수 있을 것으로 보인다.