

EB4) 표면여과용 집진필터의 성능특성

Performance Evaluation of Membrane Applied Fabric Filter for Surface Filtration

최호경 · 박석주 · 임정환 · 김상도 · 박현실 · 박영옥
 한국에너지기술연구소 집진기술연구센터

1. 서론

본 연구에서는 선진국에서 개발되어 상용화되고 있는 표면여과용 다공질 표면층 접합 집진필터를 대상으로 제조기술 조사, 성능 평가 및 비교 분석을 하였으며, 이를 통해 고효율 표면여과용 집진필터 개발을 위한 기반 기술을 축적하고 추후 연구개발 방향을 수립하고자 하였다.

2. 선진 기술 개발 동향

지금까지 집진공정에 적용되는 필터는 일반적으로 내부여과(depth filtration) 방식의 것이 사용되어 왔다. 이러한 내부여과방식 필터의 경우 미세먼지 입자의 필터 내부 침투로 인한 압력손실의 증가, 집진효율의 감소, 필터 수명의 단축 등의 문제점이 심각하기 때문에 현재 선진국에서는 대부분 일반 필터에 다공질 표면층을 접합시켜 미세먼지 입자의 필터 침투를 막는 표면여과(surface filtration) 방식을 이용하여 집진 및 탈진효율의 향상, 그리고 여과포의 수명 연장 등을 꾀하고 있다. 현재 주로 사용되는 다공질 표면층은 제조 및 접합방식에 따라 그림 1과 같이 구분할 수 있다.

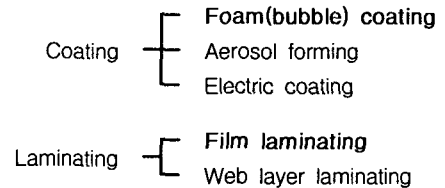


Fig. 1 Classification of surface layers

(T. C. Dickenson, 1997; Tai-Shung Chung, et al., 1999)

3. 선진국 제품의 성능 평가 및 비교

선진국 제품의 평가에서는 다양한 종류의 표면층 접합 필터에 대한 구조분석, 기초물성 측정, 집진성능 실험 및 성능비교가 수행되었으며, 본 연구에서는 이 중 대표적인 세 가지 종류의 제품에 대한 평가 결과를 비교 분석하였다. 그림 2에 이들 필터 표면의 표면 구조를 나타내었다.

이들 필터에 대한 내마모성능 실험(ASTM D-3884, 1000회/1000g)결과 A, B의 경우 표면의 다공질 구조가 완전히 파괴되어 지지층 섬유가 드러나는 상태이며, C의 경우는 표면층의 상당한 파손이 있으나 일부 다공질 구조가 남아 있는 것을 확인할 수 있었다.

필터의 집진성능 실험은 flat sheet filter test unit에서 수행하였다. 그림 3에 실험장치 주요 부분의 개략을



a) A-type : nonwoven+PTFE film laminating thickness(mm) : 1.85 permeability($\text{cm}^2/\text{cm}^2/\text{sec}$) : 2.44	b) B-type : woven+PTFE film laminating thickness(mm) : 0.96 permeability($\text{cm}^2/\text{cm}^2/\text{sec}$) : 2.50	c) C-type : nonwoven+Acryl foam coating thickness(mm) : 1.58 permeability($\text{cm}^2/\text{cm}^2/\text{sec}$) : 7.77
---	--	---

Fig. 2 SEM micrographs of tested filter surfaces and their physical properties

나타내었다. 실험장치의 여과면적은 0.09m²이며, 실험용 먼지로는 flyash(MMD=5.16 μ m)를 사용하였다. 실험은 입구 먼지농도를 1g/m³으로 고정시킨 상태에서 여과속도 변화에 따른 필터의 집진성능 변화를 측정하는 것이다.

그림 4에 필터의 실험결과 얻어진 필터의 총괄 집진효율을 나타내었다. 세 가지 필터 모두 여과속도가 증가함에 따라 집진 효율이 감소하지만 C-type의 경우 표면층의 3차원 구조로 인해 집진효율의 감소율이 크지 않음을 알 수 있다.

일반적으로 필터의 집진효율과 압력손실 특성이 종합된 평가 지수로서 필터 성능지수(performance of filter)를 사용한다. 필터 성능지수는 다음과 같이 정의된다(Toshiaki Ishino, et al., 2000).

$$PF = -\frac{\log(\text{Penetration}[\%]/100)}{\text{Pressure drop}[\text{mmH}_2\text{O}]} \times 100$$

그림 5에 필터의 성능지수를 나타내었다. A-type의 경우 집진효율이 높음에도 표면층의 구조가 불완전하여 여과속도가 커짐에 따라 압력손실의 차가 커 성능지수가 낮게 나타나며, B-type의 경우는 표면층의 구조는 균일한 반면 직조형 지지층의 2차원적인 구조로 인해 집진효율이 상대적으로 낮아 성능지수가 전반적으로 낮게 나타난다. 반면 C-type의 경우는 공극이 상대적으로 커 미세 입자에 대한 효율은 떨어지지만 전반적으로 집진효율도 높고 압력손실도 비교적 낮아 성능지수가 높게 나타남을 알 수 있다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 여과속도가 높거나 마모성 먼지를 사용할 경우 foam coating 형태 표면층의 필터가 선택적으로 적용되어야 할 것으로 판단된다. 반면, foam의 재질로 사용된 Acryl은 사용가능 온도가 최대 150 $^{\circ}$ C 정도로 낮으므로 필터의 내열특성, 분리특성, 표면층 자체의 최적 구조 및 내마모 특성 등에 대한 추후 연구가 계속되어야 할 것이다.

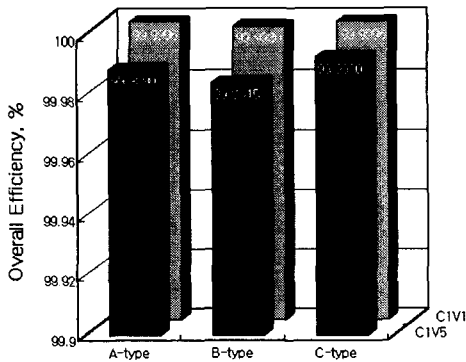


Fig. 4 Overall collection efficiency

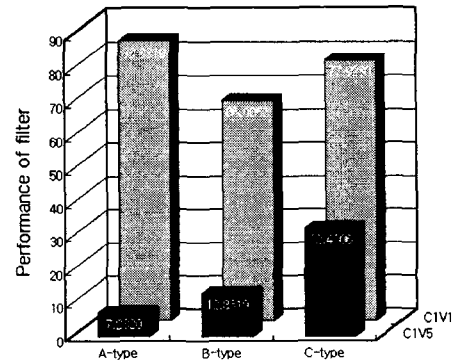


Fig. 5 Performance of filter value

참고 문헌

- T. C. Dickenson(1997) ; Filters and Filtration Handbook
- Tai-Shung Chung, et al.(1999) ; Fabrication of Multi-layer Composite Hollow Fiber Membranes for Gas Separation, Journal of Membrane Science 152, 211-225
- Toshiaki Ishino, et al.(2000) ; Poreuse Polytetrafluoroethylene Membrane, Process for Producing the Same, Sheet-Form Polytetrafluoroethylene Molding, and Air Filter Medium, US patent 6,030,428

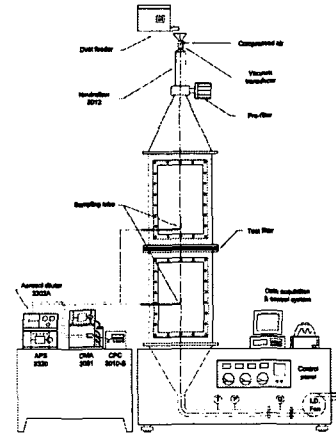


Fig. 3 Main part of flat sheet type filter test unit