

DA3) 세라믹코팅 합성섬유 집진여과포의 내열성능 특성에 대한 실험적 연구

Experimental Study on Thermal Resistant Properties of Synthetic Fiber Dust Filters Coated by Ceramic Materials

박현설 · 김상도 · 최호경 · 임정환 · 박석주 · 박영욱
 한국에너지기술연구원 집진기술연구센터

1. 서 론

보일러, 소각로 등의 연소공정이나, 금속 용융과정 중에 발생하는 분진은 대부분 여과집진장치에 의해 처리된다. 이러한 연소, 금속용융 공정의 배가스는 매우 고온이기 때문에 공냉식이나 수냉식의 배가스 냉각장치를 거친 후 여과집진장치로 유입된다. 고온 배가스 냉각장치는 집진장치의 설치비를 가중시킬 뿐만 아니라 운전유지비의 상승을 초래한다. 따라서 고온에서도 집진성능을 유지할 수 있는 여과포의 개발이 요구되었고, 국외 유명 여과포 제조업체를 중심으로 고온적용 여과포 개발이 활발히 진행되어 왔다. 현재 사용중인 고온용 여과포는 대부분 유리섬유, 금속섬유, 그리고 세라믹계열 섬유 재질로 구성되어 있다. 금속섬유나 세라믹 섬유 집진필터는 매우 고온에 적용할 수 있는 장점이 있지만, 고가의 비용으로 인해 적용에 한계를 지니고 있으며, 유리섬유 집진필터는 낮은 집진성능 및 강도, 그리고 폐기시 발생하는 환경문제 등의 이유로 근래에는 점차로 합성섬유 여과포로 대체되고 있다.

현재 산업용 집진필터의 주류는 합성섬유 여과포이다. 합성섬유 여과포는 니들펠트(needle felt) 공법으로 제조되어 강도가 우수하며, 집진성능이 우수하고 가격이 저렴하여 국내의 대부분의 여과집진장치에 적용되고 있다. 그러나 합성섬유 여과포는 적용온도가 매우 낮아 고온 배가스 처리공정에 적용하기에는 많은 제약이 있다. 최근 들어 200 ℃ 이상의 조건에서 적용할 수 있는 재질이 개발되어 적용되고 있지만 최대적용 온도가 약 250 ℃ 정도이다. 표 1에 여과포의 재질에 따른 적용온도를 나타내었다. 본 연구에서는 이러한 합성섬유 여과포의 내열성을 향상시킬 목적으로 기존 여과포에 내열 물질을 코팅하여 내열실험을 수행하였다. 또한 내열 코팅 여과포의 여과성능 변화를 분석하여 내열코팅 합성섬유 여과포의 적용가능성을 살펴보았다.

Table 1. Fibers for high temperature dust filtration.

Fiber	Acronym or example	Max. temperature, ℃	
		Continuous	Surge
cotton		80	95
wool		95	110
polyamide	Nylon	95	120
polypropylene	PP	95	105
polyacrylonitrile	Dralon	130	140
polyester	Dacron	150	180
polyphenylene sulphide	Ryton	190	230
polyaramid	Nomex	200	240
polyimide	P84	240	260
polytetrafluoroethylene	Teflon	260	280
glass		280	300
Inconel 601	Bekinox	550	600
ceramic, metal oxides	Nextel	760	1200

2. 내열성능 실험

본 연구에서 내열성능 실험을 위해 사용한 여과포는 P84 섬유 여과포로서 현재 상용화되어 있는 합성 섬유 여과포 중에서 내열성능이 가장 우수하다는 평가를 받고 있다. 내열 코팅제로는 세라믹계열의 물질을 기본으로 사용하였으며, $Al(NO_3)_3 \cdot Na_2O \cdot 2SiO_2 + H_3BO_3$ 를 사용하기도 하였다. 코팅방법은 주로 함침법(dipping)을 이용하였으며, 분사법(spray coating)도 적용하여 코팅방법에 따른 내열특성을 살펴보았다. 내열 실험은 코팅된 여과포를 적당한 크기로 잘라 전기가열로(electric oven)에 내부에 넣어 각 온도에 따라 수 시간에서 10 일까지 노출시킨 후, 크기 및 무게변화를 살펴보고, 수축으로 인한 여과포의 압력손실 특성을 분석하였다. 노출온도는 P84 여과포의 최대 적용온도인 250 °C를 비롯하여, 280 °C와 300 °C를 사용하였다.

3. 실험 결과

그림 1~그림 3은 노출온도와 노출 시간에 따른 내열 코팅 P84 여과포의 수축률을 나타낸 것이다. 수축률은 고온 노출 전후에 실험 여과포의 면적을 측정하여 면적 감소율을 백분율로 나타낸 것이다. 노출 온도에 따라 수축률의 차이가 매우 컸으며, 노출 시간에 따라 점점 수축률이 증가하는 추세를 보였다. 또한 세라믹 물질로 함침에 의해 코팅한 여과포의 내열성이 다른 종류의 코팅제와 방법에 비해 크게 향상된 것을 알 수 있었다. 고온조건에 노출된 여과포는 수축이 진행되면서 여과포 내부의 기공이 감소하고 따라서 공기투과도가 변하게 된다. 그림 4는 함침에 의해 세라믹으로 코팅된 여과포와 코팅되지 않은 여과포를 280 °C에 노출시켰을 경우, 노출시간에 따른 공기투과도의 변화 특성을 보여주고 있다. 초기에는 코팅된 여과포의 공기투과도가 낮으나, 시간이 지남에 따라 두 여과포 사이의 차이가 감소하고 10일 후에는 오히려 코팅 여과포의 공기투과도가 높게 유지됨을 알 수 있다.

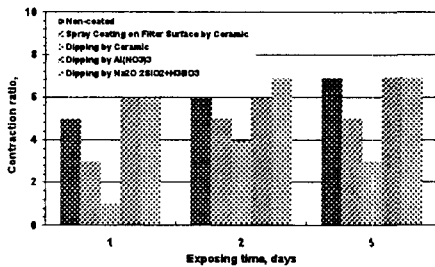


Fig. 1. Contraction ratio of coated filter media exposed to 250 °C.

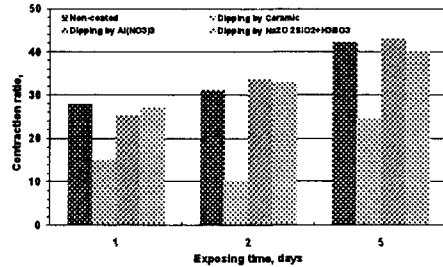


Fig. 2. Contraction ratio of coated filter media exposed to 300 °C.

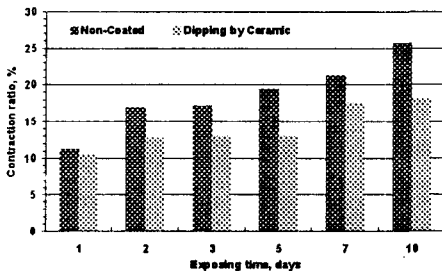


Fig. 3. Contraction ratio of coated filter media exposed to 280 °C.

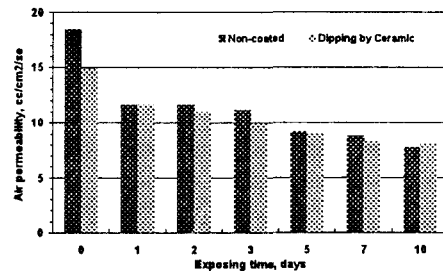


Fig. 4. Comparison of air permeability of coated filter media exposed to 280 °C.

4. 결 론

이상과 같이 본 연구에서는 내열물질을 코팅한 합성섬유 여과포의 내열성능 실험을 수행하였다. 함침법을 이용하여 P84 여과포에 내열물질을 코팅한 경우 고온조건에서 장시간 노출시 외적변형이 가장 적었으며, 공기투과도의 감소율도 저하되는 것을 알 수 있었다. 본 연구 결과를 통해 내열 코팅에 의해 기존의 합성섬유 여과포의 내열성능을 개선할 수 있다는 가능성을 확인하였다.