

## 합성섬유 집진필터의 내열특성 향상 연구

박현설, 박석주, 김상도, 최호경, 임정환, 박영옥  
한국에너지기술연구원 대기청정기술연구센터

### Experimental Study on Thermal Resistant Characteristics of Fabric Filters

H. S. Park, S. J. Park, S. D. Kim, H. K. Choi, J. H. Lim, Y. O. Park  
Clean Air Technology Research Center, Korea Institute of Energy Research

#### 1. 서론

국내 대기오염물질 배출에 대한 규제는 단계적으로 강화되고 있으며, 2005년 이후에는 한층 강화된 배출허용기준치가 적용될 예정이다. 오염물질 배출시설을 보유한 각 산업체에서는 이러한 정부의 대기오염물질 규제 방안에 대처하기 위해 고효율의 오염물질 처리설비를 도입하여야 하며, 이에 따른 비용부담도 증가할 것이다. 따라서 저비용 고효율 오염물질 처리설비의 개발은 현재 대기오염물질제어 연구개발에 있어서 가장 중요한 핵심사항이다.

대기오염물질 중, 각종 산업공정을 통해 배출되는 분진은 전기집진기, 여과집진기, 싸이클론 등 다양한 집진기를 통해 처리되고 있다. 전기집진기는 집진효율은 95% 이상으로 매우 높으나, 설치비가 많이 소요되며 분진의 성상에 따라 효율이 저하될 수 있다. 이에 비해 여과집진기는 집진효율을 99%이상으로 안정적으로 유지할 수 있으나, 고온조건에서 사용할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 현재 합성섬유 여과포의 내열온도는 약 250 ℃정도이며 그 이상 온도조건에서의 배가스 처리를 위해서는 여과집진기 전단에 냉각장치를 설치하여 온도를 저하시키는 방법이 사용된다. 이러한 방법은 집진장치 설치비용을 증가시키고, 유지비를 상승시키는 요인이 된다. 이러한 몇 가지 문제점에도 불구하고 여과집진기술은 현재 국내외적으로 향후 예상되는 분진배출 허용기준에 대처할 수 있는 가장 효과적인 집진방법으로 인정되고 있으며, 따라서 고온조건에서 운전될 수 있는 집진필터는 비용절감과 환경 규제치 만족이라는 두 가지 조건을 충족시킬 수 있을 것이다. 이와 같은 이유로 외국에서는 막대한 연구비를 투자하여 고온용 집진필터에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있다[1~3].

현재 국내외적으로 적용되고 있는 고온용 집진필터는 세라믹 섬유필터, 세라믹 분말성형필터, 유리섬유 필터, 금속섬유 필터 등이 있으며 적용온도는 1200 ℃ 이상에서도 운전이 가능한 것으로 알려지고 있다. 합성섬유를 이용한 필터로는 Teflon 섬유 필터와 P84 섬유 필터가 현재까지는 가장 높은 내열성을 갖으나 적용온도는 250 ℃내외이다. Table 1에 현재 상용화되어있는 합성섬유 집진필터의 적용온도를 정리하였다.

본 연구는 집진필터 중에서 가격이 가장 저렴하고, 폭 넓은 응용범위를 가지고 있는 합성섬유 여과포의 내열성능 향상에 관한 것이다. 고온용 합성섬유 자체개발은 막대한 연구비가 소요되기 때문에 본 연구에서는 기존의 합성섬유 여과포에 내열물질을 코팅하는 방법으로 합성섬유 여과포의 내열성을 향상시키고자 하였다. 내열코팅은 주로 세라믹 계열의 물질을

용매에 희석하여 집진필터를 함침시킨 후 건조하는 방법을 사용하였으며, 내열성능 평가를 위해 고온 노출실험 후, 노출시간에 따른 수축율, 무게변화율, 공기투과도, 기공크기분포 그리고 집진효율을 측정하였다. 그리고 내열실험 결과를 바탕으로 내열코팅 합성섬유 집진필터의 적용 가능성을 살펴보았다.

Table 1. Fibers used for high temperature air filtration.

Fiber	Acronym or example	Max. temperature, °C	
		Continuous	Surge
polypropylene	PP	95	105
polyester	Dacron	150	180
polyaramid	Nomex	200	240
polyimide	P84	240	260
polytetrafluoroethylene	Teflon	260	280

## 2. 실험방법

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

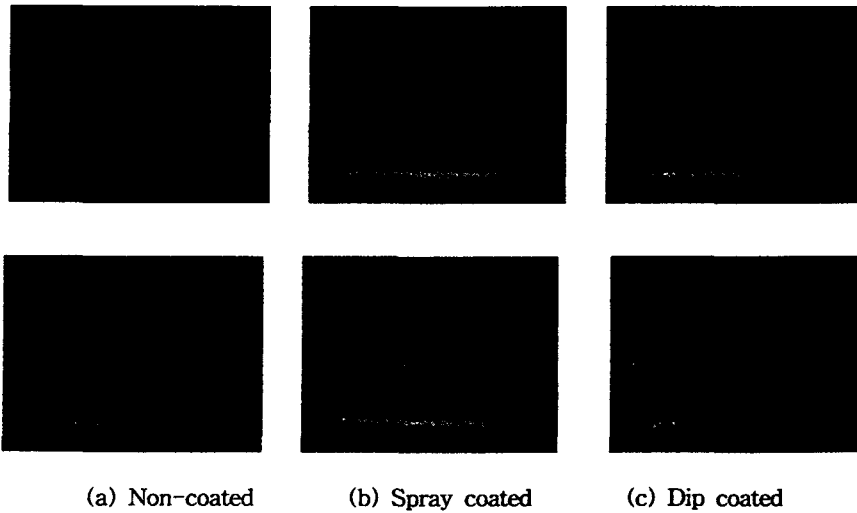
## 3. 실험결과

[그림 1]은 노출온도가 280 °C일 때, 노출 시간과 내열코팅 조건에 따른 P84 여과포의 변형모습을 나타낸 것이다. [그림 1]의 (a)는 내열 코팅처리하지 않은 여과포이고, (b)는 여과포의 한 면에 대해서 분사방법으로 코팅한 여과포이며, (c)는 함침법으로 코팅한 여과포를 나타낸다. 사용된 내열 코팅제는 세라믹 계열의 물질로서 메탄올에 희석시켜 코팅액을 제조한 후 사용하였다.

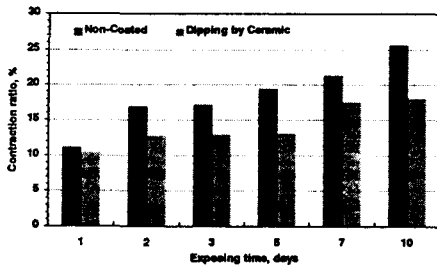
[그림 2]는 노출 온도 280 °C에서 최장 노출시간을 10일로 하여 노출후의 수축율을 측정 한 것이다. 수축률은 고온 노출 전후에 실험 여과포의 면적을 측정하여 면적 감소율을 백분율로 나타내었다. 노출온도에 따라 수축률의 차이가 매우 컸으며, 노출 시간에 따라 점점 수축률이 증가하는 추세를 보였다. 또한 세라믹 물질로 함침에 의해 코팅된 여과포가 코팅처리하지 않은 여과포에 비해 수축율이 약 30 %가량 감소함을 알 수 있다.

[그림 3]은 [그림 2]에서와 동일한 조건의 실험 후, 여과포의 공기투과도를 측정 한 결과이다. 고온조건에 노출된 여과포는 수축이 진행되면서 여과포 내부의 기공이 감소하고 따라서 공기투과도가 감소하게 된다. 코팅여부에 따른 공기투과도의 변화경향을 살펴보면 고온 노출초기에는 코팅된 여과포의 공기투과도가 낮으나, 시간이 지남에 따라 두 여과포 사이의

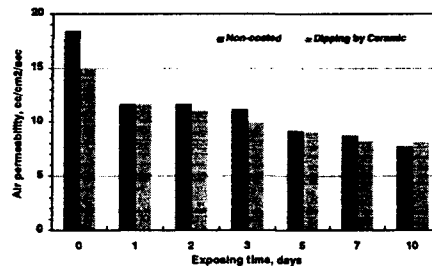
차이가 감소하고 10일 후에는 오히려 코팅 여과포의 공기투과도가 높게 유지됨을 알 수 있다. 즉, 코팅으로 인해 여과포의 기공율이 낮아지기 때문에 초기 공기투과도는 코팅되지 않은 여과포에 비해 낮게 나타나지만, 노출시간이 경과함에 따라 코팅되지 않은 여과포의 수축이 빠르게 진행되기 때문에 고온 노출시간이 10일을 경과한 후에는 오히려 코팅된 여과포의 공기투과도가 높아진다.



[그림. 1] 280 °C에 노출된 실험용 여과포의 노출시간에 따른 변형 모습 : 1일 후(상), 5일 후(하)

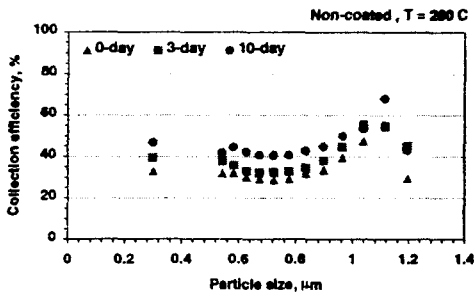


[그림 2] 내열 코팅 유무 및 노출시간에 따른 여과포의 수축율 변화 (온도 조건: 280 °C)

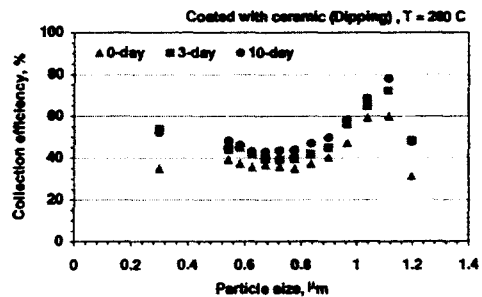


[그림 3] 내열 코팅 유무 및 노출시간에 따른 여과포의 공기 투과도 변화 (온도 조건: 280 °C)

[그림 4]와 [그림 5]는 각각 코팅하지 않은 여과포와 세라믹 함침된 여과포의 고온 노출시간에 따른 집진효율의 변화를 보여주고 있다. 노출온도는 280 ℃이며, 고온에 노출되지 않은 여과포(0-day)와 노출시간이 각각 3일, 10일 경우에 대해 집진효율을 측정하여 나타내었다. 노출시간에 따라 기공크기가 줄어들기 때문에 집진효율이 증가하였으며, 세라믹 코팅한 여과포의 집진효율이 코팅되지 않은 여과포에 비해 높게 나타났다. 또한 코팅되지 않은 여과포의 경우 노출시간 별 집진효율의 차이가 코팅된 여과포의 경우보다 큰 폭으로 나타났으며, 이는 코팅되지 않은 여과포의 노출시간에 따른 수축률 변화가 코팅된 여과포에 비해 크기 때문이다.



[그림 4] 코팅되지 않은 여과포의 노출시간에 따른 집진효율 특성 (온도 조건: 280 ℃)



[그림 5] 내열코팅 여과포의 노출시간에 따른 집진효율 특성 (온도 조건: 280 ℃)

#### 4. 결론

이상과 같이 본 연구에서는 내열물질을 코팅한 합성섬유 집진필터의 내열성능 실험을 수행하였다. 함침법을 이용하여 여과포에 내열물질을 코팅한 경우 고온조건에서 장시간 노출 시 외적변형이 가장 적었으며, 공기투과도의 감소율도 저하되었고, 집진효율은 상대적으로 증가하는 것을 알 수 있었다. 본 연구 결과를 통해 내열물질 코팅에 의해 기존의 합성섬유 집진필터의 내열성능을 약 30% 이상 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

#### 5. 참고문헌

1. Bergmann, L. "Market Potential for Hot-Gas Media Filtration Worldwide, Hot-Gas Filtration (250~1,000℃)", Filter Media Consulting Inc., P.O.Box 2189, Lagrange, Georgia 30241-2189, USA., pp.15-18, 1993.
2. S.C. Mitchell, "Hot Gas Particulate Filtration", IEACR/95, IEA Coal Research, London, UK, 88p., 1997.
3. F. Pethick, "Metal Fiber Filters for Hot-Gas Dust Collection", Technical Report, Memtech America Corporation, 8p. 1997.