

국산 중밀도 세라믹 필터를 적용한 집진시스템의 운전 특성

유상오, 정석우, 변용수, 전동환¹, 김기호², 김주평³
 고등기술연구원, ¹(주)세진환경, ²크린캐라모스(주), ³나노케미칼(주)
 (fdcsang@iae.re.kr*)

Operation Characteristics of Particulate Removal System Using Domestic Medium Density Ceramic Filter

Yoo Sang Oh, Chung Seok Woo, Yong Soo Byun, Jeon Dong Hwan¹, Kim Ki Ho², Kim Ju Pyeong³
 Institute for Advanced Engineering, ¹Sejin Environmen Co. Ltd.,
²Clean Keramos Co. Ltd., ³Nano Chemical Inc.
 (fdcsang@iae.re.kr*)

서론

전 세계적으로 화석연료를 이용한 에너지 소비량의 증가에 따라서, 자동차 엔진, 화력 발전소, 소각로 및 각종 산업체에서 발생하는 배기가스 배출량이 크게 증가하고 있다. 이들 배기가스에는 인체에 유해한 미세한 먼지가 발생하게 되어 환경오염 문제를 유발하고 있다. 본 연구에서는 다양한 공정에서 배출되는 미세분진을 제거하기 위하여 국산 중밀도 세라믹 필터를 사용하였는데 이 세라믹필터 제작 시 사용한 원료로 알루미나(Al₂O₃)를 필터 지지체로 사용하였고 SiC 분말을 필터 표면에 최종적으로 미세분진 입자를 제거하기 위한 코팅 물질로 적용하였으며 이러한 세라믹필터를 적용한 집진시스템을 설계, 제작한 후 운전특성 시험을 통해 집진시스템의 성능평가를 진행하였다.

실험장치 구성

본 연구에서는 국산 중밀도 세라믹 필터를 성능시험 하기위하여 Fig. 1과 같은 Pilot 급 집진시스템을 구성하였고 세라믹 필터를 적용한 시험 진행시 유인송풍기를 부에는 음압이 형성되고 미세분진 공급장치

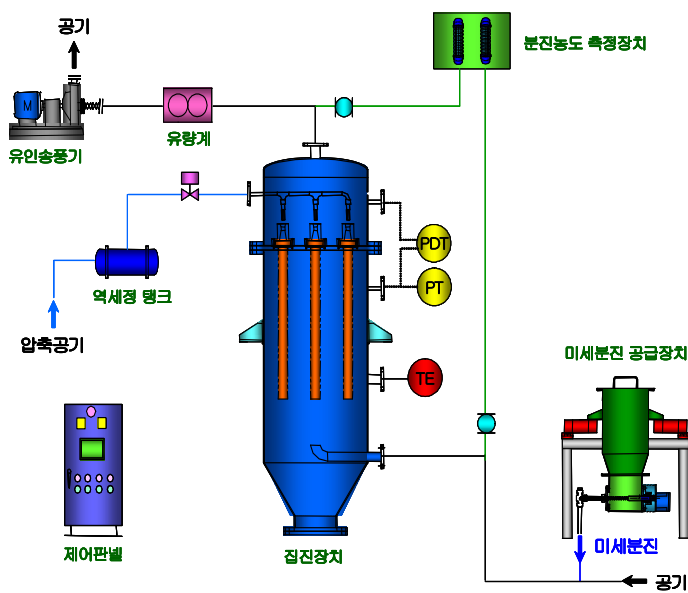


Fig. 1 Pilot급 집진시스템 구성도

에서 공급되는 분진은 공기와 함께 집진장치 하부로 유입되어 분진은 세라믹필터에서 여과되며 공기는 집진장치 상부에 빠져나가 유량계를 거친 후 대기 중으로 배출되도록 하였다. 그리고 집진필터의 상부에는 역세정 노즐을 설치하여 운전 중 일정시간 간격으로 3 kg/cm² 공기를 이용하여 필터 역세정이 진행되도록 구성하였고, 필터의 전후단에 차압 측정은 차압 트랜스미터를 설치하여 운전 중 차압변화를 관찰할 수 있도록 하였으며, 분진농도 측정장치는 집진장치 전후단 배관에 연계하여 세라믹 필터의 집진효율 측정이 가능하도록 구성하

였다.

Fig. 2는 집진시스템 전경사진과 국산 중밀도 세라믹 필터 모습이며 세라믹필터의 성능시험을 위하여 집진장치로 미세분진을 공급하는 미세분진 공급장치 사진이다. 미세분진 공급장치는 스크류피더 방식으로 제작하였는데, 공급하고자 하는 분진의 종류에 따라 공급량을 정량공급을 inverter에 의해 제어되도록 구성하였으며 공급장치의 무게를 3점식 로드셀을 이용하여 미세분진의 공급량을 확인할 수 있도록 구성하였다.



Fig. 2 Pilot급 집진장치 및 주변 기기 모습

실험방법 및 결과

Pilot급 집진시스템을 적용한 세라믹필터의 성능평가 시험에서는 $\phi 60 \times L500$ mm의 세라믹필터 9개를 장착한 경우와 세라믹 필터 6개를 장착하여 2회 성능시험을 하였다. 정상운전 중 설치된 세라믹필터 3개씩을 30초 간격으로 공기를 이용한 역세정을 진행하면서 필터의 통과 유량, 세라믹필터 전후단 차압, 미세분진 공급량 등을 20분 간격으로 측정하며 시험을 진행하였다. 그리고 Fig. 3과 같이 시험에서는 일차적으로 미세분진으로 미분탄을 사용하였는데 시험에 사용된 미분탄 입자의 입도분포는 부피평균이 $55.510 \mu\text{m}$ 이고 면적평균 $13.842 \mu\text{m}$ 이며 $7.512 \mu\text{m}$ 이하의 입자가 10%, $47.688 \mu\text{m}$ 이하의 입자가 50% 정도 분포하는 것으로 확인되었다. 다음으로는 미세분진으로 평균 입도 크기가 미분탄에 비해 훨씬 작은 활성카본을 적용하였는데 입도분석 결과, 시험에 사용된 미분탄 입자의 입도분포는 Fig. 4에 나타내었듯이 부피평균이 $12.307 \mu\text{m}$ 이고 면적평균 $4.116 \mu\text{m}$ 이며 $1.931 \mu\text{m}$ 이하의 입자가 10%, $6.506 \mu\text{m}$ 이하의 입자가 50% 정도 분포하는 것으로 확인되었다.

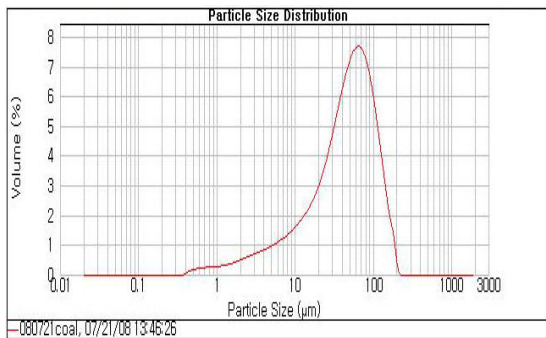


Fig. 3 미분탄의 입도분포 분석 결과

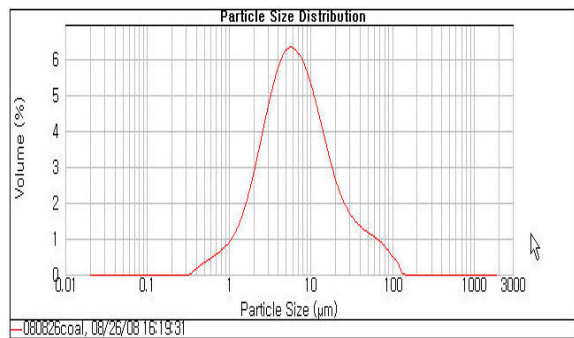
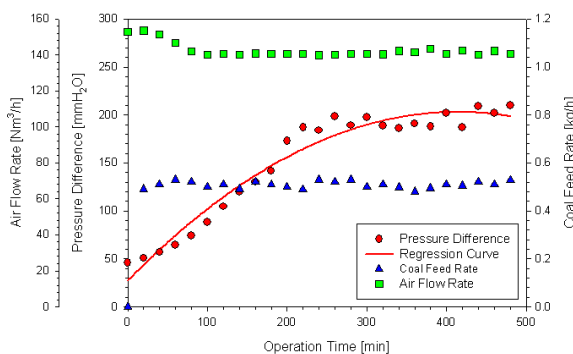


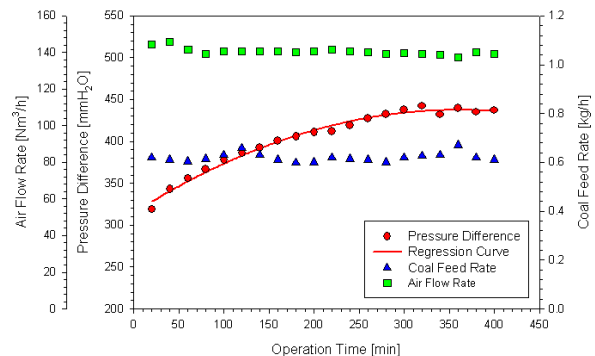
Fig. 4 활성카본의 입도분포 분석 결과

Fig. 5에서 (a)는 세라믹 필터 9개를 pilot급 집진시스템에 적용했을 경우의 성능평가 시험 결과를 나타낸 것으로 세라믹 필터 9개를 장착한 경우는 깨끗한 상태의 초기 세라믹 필터를 사용한 결과인데, 이 결과에 의하면 8시간의 정상운전 시간 동안 미세분진인 미분탄은 0.5~0.55 kg/h 조건으로 공급되었고 필터를 통과하는 공기유량은 140~145 Nm³/h 정도를 유지되었음을 알 수 있다. 그리고 이러한 조건에서 초기 미분탄을 공급하지 않는 무부하 상태에서는 세라믹필터 전후단 차압이 50 mmH₂O 정도이었으나 미분탄이 공급되기 시작함에 따라 필터 표면에 미분탄이 달라붙기 시작하면서 차압이 증가하여 200 mmH₂O까지 일정한 기울기를 가지고 계속 증가하다가 다시 200 mmH₂O에 도달한 이후로는 그 상태에서 큰 변화없이 유지됨을 확인할 수 있었다.

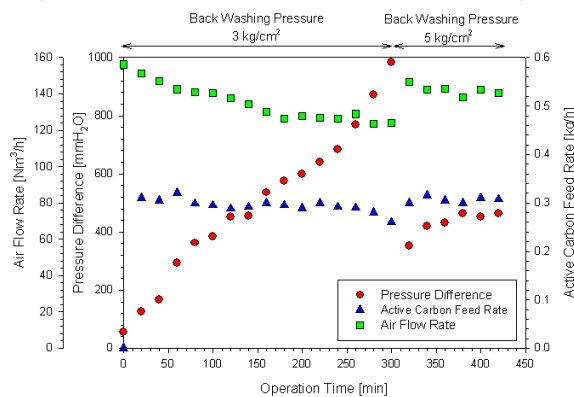
Fig. 5에서 (b)는 세라믹 필터를 6개 적용한 경우는 미분탄을 0.6 kg/h 정도의 조건으로 공급하는 상태에서 진행하였는데, 이 결과에 의하면 약 7시간의 정상운전 시간 동안 필터를 통과하는 공기유량은 140~145 Nm³/h 정도로 Fig. 5에서 (a)시험과 거의 유사하였으나, 세라믹필터의 전후단 차압은 운전초기 300 mmH₂O 정도부터 430 mmH₂O 정도까지 지속적으로 증가하다가 이 부근에서 큰 변화 없이 유지됨을 확인할 수 있었다. 이러한 현상은 필터의 개수를 3개 감소시킴으로써 동일한 유량에 대해 여과면적 감소하였기 때문에 발생한 것으로 평가된다.



(a) 필터 9개, 미분탄 공급



(b) 필터 6개, 미분탄 공급



(c) 필터 9개, 활성카본 공급

Fig. 5 세라믹 필터의 차압 변화

활성카본을 대상으로 진행한 세라믹필터의 성능시험 결과는 Fig. 5 (c)에 나타내었는데, 이 결과에 의하면 7시간의 정상운전 시간 동안 미세분진인 활성카본의 공급량은 0.3 kg/h 정도의 조건으로 공급되었고 필터를 통과하는 공기유량은 초기에는 140 Nm³/h 정도를 유지하다가 차압이 증가하면서 120 Nm³/h 정도까지 감소하는 경향을 나타내었다.

그리고 이번 시험에서의 특이한 사항은 활성카본의 경우 입자 크기가 매우 작기 때문에 운전 중 세라믹필터의 기공에 입자들이 침투하면서 운전 초기부터 필터 전후단 차압이 지속적으로 증가하여 1,000 mmH₂O 정도까지 증가하였으나, 5시간을 경과하는 시점에서 역세정 압력을 기존의 3 kg/cm²에서 5 kg/cm² 조건으로 증가시킴에 따라 역세정이 보다 원활히 진행되면서 차압이 다시 떨어졌다가 400 mmH₂O 부근에서 큰 변화 없이 유지됨을 확인함으로써 평균 입자의 크기가 작은 분진을 대상으로 운전이 진행될 경우에 대한 운전조건을 확립할 수 있었다. 세라믹필터의 집진효율 확인을 위하여 이러한 조건에서 세라믹필터 전후단에서 각각 2회씩 실시한 분진농도 측정시험 결과, Fig. 5 (a)의 세라믹필터 전단의 경우 평균 분진농도가 3,915 mg/m³ 이었는데 세라믹필터 후단에서는 5 mg/m³

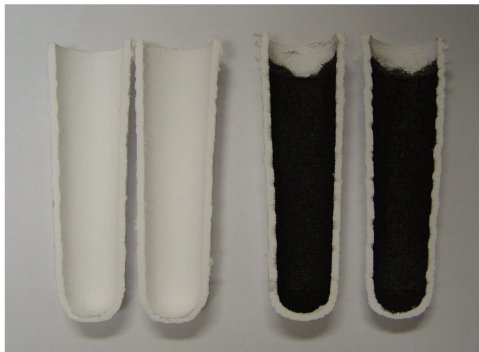


Fig. 6 집진필터 전후 여과지 모습

정도로 분진이 거의 측정되지 않았고 집진효율은 99.87%로 측정되었다. Fig. 5 (b) 시험에서의 분진농도 측정시험 결과 세라믹 필터 전단에서는 평균 분진농도가 725 mg/m³ 이었는데 세라믹필터 후단에서는 2.5 mg/m³ 이었으며 집진효율은 99.66%로 측정되었다. 활성카본을 공급한 [그림5] (c)의 경우 세라믹 필터 전단에서는 평균 분진농도가 1,198 mg/m³ 이었는데 세라믹 필터 후단에서는 5 mg/m³로 측정됨으로써 세라믹 필터의 집진효율은 99.58%로 측정되었다. Fig. 6은 세라믹필터 전후단의 배관에서 각각 채취한 분진농도 측정시험 후 여과지 필터의 모습을 나타낸 것이다.

결론

pilot급 집진시스템 설계/제작 및 개발된 중밀도 세라믹필터를 적용한 미세분진 제거 성능평가 시험에서는 60×L500 mm의 세라믹필터 9개를 설치한 상태에서 미세분진 제거 성능평가 시험을 진행하였는데, 성능평가 시험을 위하여 유인송풍기, 차압 트랜스미터, 분진농도 측정장치, 역세정장치, 미세분진 공급장치, 유량계 등으로 시스템을 구성하였다. 그리고 이렇게 구성된 pilot급 집진시스템을 이용하여 중밀도 세라믹필터의 성능시험을 진행한 결과, 미분탄을 대상으로 했을 때는 미분탄 공급량 0.5~0.55 kg/h, 필터를 통과하는 공기유량 140~145 Nm³/h 조건에서 필터 전후단 차압이 200 mmH₂O 정도 형성됨을 확인할 수 있었다. 또한, 세라믹필터의 집진효율 확인을 위하여 실시한 분진농도 측정결과 세라믹필터 전단의 경우 평균 분진농도가 3,915 mg/m³ 이었는데 세라믹필터 후단에서는 5 mg/m³ 정도로 분진이 거의 측정되지 않음으로써 세라믹필터의 집진효율은 99.87%로 측정되었다. 이외에도 세라믹필터를 6개 설치하였을 경우에 대한 성능평가 시험과 미세분진으로 미분탄 대신 입자의 크기가 5~10 μm 정도로 매우 작은 활성카본을 대상으로 추가적으로 진행함으로써 pilot급 집진시스템에 대한 운전조건 및 운전기술을 확립할 수 있었다. 향후 60×L1,000 mm의 세라믹 필터를 집진시스템에 적용하여 시험할 예정이다.

참고문헌

1. 최종인, “축매 담지 세라믹 필터를 이용한 먼지/유해가스 동시처리”, 아주대학교 대학원, 2002
2. 강석호, 안희관, 류필조, “집진기술의 이론과 응용”, 영남대학교 출판부, 2004

감사

본 연구는 중소기업청 기술연구회지원사업에서 지원하는 “VOCs와 미세분진의 동시제거를 위한 상용급 하이브리드 필터시스템 개발” 과제의 일환으로 수행하였습니다. 지원에 감사드립니다.