

접선유입 방식 여과집진기의 내통형상 변화에 따른 집진특성 연구

최호경*, 박석주*, 임정환*, 김상도*, 박현설*, 박영옥*

A Study on the Filtration Characteristics of Baghouse with Tangential Inlet Depending on the Shape of Inner Tube

H. K. Choi, S. J. Park, J. H. Lim, S. D. Kim, H. S. Park, Y. O. Park

Key Words: Dust Collection(집진), Filter(필터), Tangential Inlet(접선유입), Inner Tube(내통), Dust Loading(먼지부하)

Abstract

A new type baghouse with tangential inlet and inner tube was developed and its performances were evaluated. Experiments with variable shapes of inner tube were performed to suggest an optimum shape of inner tube which might decrease the dust loading onto bag filter surface and the amount of reentrained particles by internal gas flow. The dust loading was lower when inner tubes parallel to outer casing exist. When an inner tube covering around the lower portion of bag filters was used, the dust particles detached from the filter surface by cleaning process were reentrained by internal recirculating gas flow.

1. 서 론

여과집진장치는 산업체에서 배출되는 입자상 오염물질을 포집 제거하는 장치의 하나로서 기후 조건이나 작업공정에 관계 없이 성능이 안정적이며 높은 집진효율 유지가 가능하여 미국이나 유럽 등지에서는 여과집진장치의 사용을 적극 장려하고 있다. 또한 최근에는 필터 제조기술의 발전으로 단일 여과집진장치로 먼지입자 외에 가스상 유해물질도 동시에 처리할 수 있어 여과집진장치의 수요는 더욱 증가할 전망이다.

그러나, 여과집진장치는 필터 자체 및 필터 표면에 부착된 먼지층에 의한 압력손실로 인한 운전 동력비 상승과 필터 교체 등으로 인한 유지 및 보수비 등의 경제적 부담이 커지는 단점이 있다.^(1,2)

이러한 단점을 극복하기 위한 방법으로 필터에 가해지는 먼지부하 즉, 먼지의 양을 저감시킬 수 있는 다양한 먼지부하 예비저감장치를 적용하기

위한 연구가 진행되어 왔다.

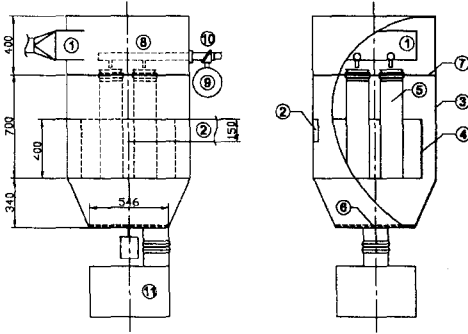
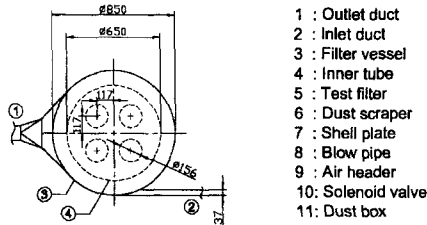
독일의 Turbofilter 사에서는 여과집진장치 전단에 사이클론을 일체형으로 조합한 집진장치를 개발하였으며, Felix 등은 필터 전단에 코로나 방전에 의한 먼지하전장치를 일체형으로 조합하여 필터로 유입되는 먼지부하를 줄이기 위한 연구를 수행한 바 있다.^(3,4)

필터 표면에 도달하는 먼지의 양, 즉 먼지부하를 낮출 경우 필터에 형성되는 먼지층에 의한 압력손실의 상승을 억제시킬 수 있고, 먼지층의 제거를 위한 탈진주기를 감소시킬 수 있다. 또한, 탈진조작 감소에 의한 필터의 수명 연장으로 집진장치의 유지 및 보수비용을 절감할 수 있다.

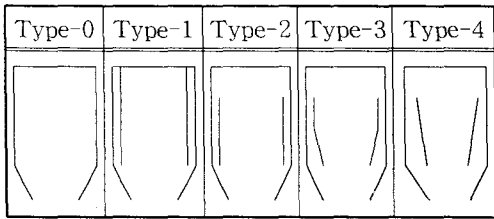
본 연구에서는 필터로 유입되는 먼지의 부하량을 줄이고 효율적인 집진조작을 위해 여과집진장치 내부에 내통(inner tube)을 설치한 형태의 접선유입방식 여과집진장치를 개발하고자 하였다.

이를 위해 실험용 여과집진장치를 제작하고 다양한 형태의 내통에 대한 집진성능 실험을 수행하였으며, 선행 수치모사 결과와 비교하여 결과를 분석하고 최적 내통 형상을 제안하였다.

* 한국에너지기술연구원 집진기술연구센터



(a) schematic diagram



(b) inner tube

Fig. 1 Tangential inlet type dust collector

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

Fig. 1에 본 연구에서 개발된 접선유입방식 여과집진장치 및 실험에 사용된 다양한 형식의 내통 형상을 나타내었다. 원심력에 의한 먼지부하 예비저감 효과를 얻기 위해 먼지는 집진장치 중간에 설치된 유입구를 통해 장치의 접선방향으로 유입된다.

장치의 외벽 및 내통은 먼지 입자와의 마찰 및 마모에 의한 침식에 견딜 수 있도록 스테인레스 재질을 사용하여 제작하였다.

여과집진장치에는 $156\phi \times 700L$ 규격의 필터 4본이 장착된다. 이 경우의 총 여과면적은 $0.137m^2$

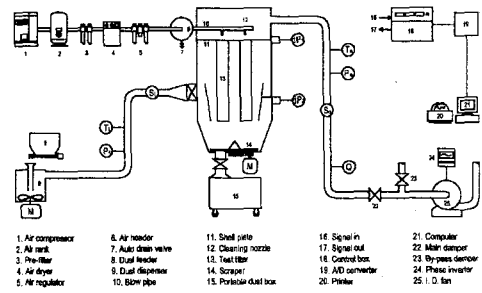


Fig. 2 Experimental setup

이다.

필터에 부착된 먼지층의 제거작업인 탈진은 고압 공기의 순간적인 분사 충격에 의해 먼지를 떨어내는 충격기류 탈진(pulse jet cleaning)방식을 사용한다.

원심력 및 탈진조작에 의해 중력침강되어 집진장치 하부에 모아진 먼지입자들은 집진장치 내부 바닥의 스크래퍼(scraper)에 의해 먼지 저장조로 분리 처리된다.

Fig.2 에 전체적인 실험장치의 공정 구성을 나타내었다. 실험장치는 크게 집진장치 본체, 먼지 공급 및 분산부, 처리기체 흡입부, 탈진용 압축공기 공급부, 그리고 데이터 측정 및 처리부로 구성된다.

실험용 필터로는 표면에 다공질 박막이 코팅된 필터(L-MEMFIL™)를 사용하였다.

실험용 먼지로는 화력발전소의 미분탄 연소 보일러에서 발생되는 비산재(flyash)를 사용하였다. 먼지의 주성분은 SiO_2 및 Al_2O_3 이며, 비중은 2.22, 질량기준 중위 지름(mass median diameter)은 $7.25\mu m$ 이다.

집진장치 입구와 출구에서의 먼지 농도 및 입도 측정에는 APS(Model 3320, TSI Inc.)를 사용하였다.

2.2 실험방법

실험은 여과속도 및 유입 먼지농도를 고정시킨 상태에서 내통의 형상을 변화시켜 가면서 이에 따른 집진장치의 압력손실 및 집진효율 등의 집진 성능을 구하는 것이다. 아울러 선행 연구자의 수치모사 결과와 비교 평가하여 집진장치 성능 변화 인자를 분석하였다.

실험에는 총 4개의 각기 다른 형상의 내통을

Table 1 Test conditions

Test dust	flyash
Filtration velocity	2.0m/min
Inlet dust concentration	7 g/m ³
Temperature	ambient
Test filter	L-MEMFIL ^{1M}
Cleaning onset (Pressure drop of filter)	100mmH ₂ O
Cleaning air pressure	4kgf/cm ²
Cleaning duration	50msec

사용하며, 내통이 없는 경우를 포함하여 총 5개의 변수에 대해 실험을 수행하였다.

상세한 실험 조건을 Table 1에 나타내었다.

3. 결과

3.1 압력손실

Fig. 3에 내통형상 변화에 따른 집진장치의 압력손실 변화경향을 나타내었다. 그림에서 type-1 및 2의 경우 내통이 없는 형식인 type-0에 비해 압력손실의 상승률이 낮고 탈진 간격이 연장됨을 알 수 있다. 반면 type-3 및 4는 내통에 의한 압력손실 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

Type-1과 2의 경우를 서로 비교해 보면 먼지가 투입되면서 실험이 시작된 직후부터 첫 번째 탈진시기까지의 시간은 type-2의 경우가 긴데 비

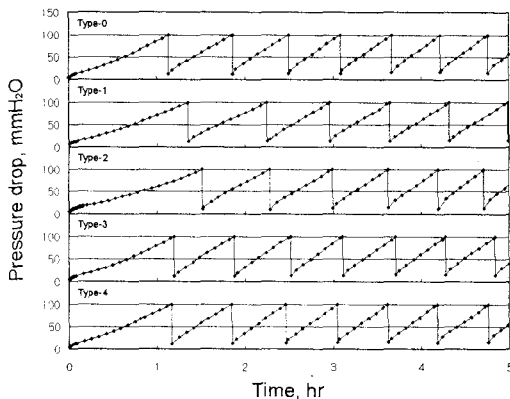


Fig. 3 Pressure drop of filter

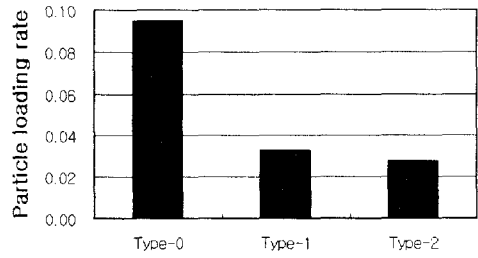


Fig. 4 Particle loading rate

해 이후의 탈진 간격은 type-1의 경우가 다소 길게 나타난다.

Type-1 및 2의 이러한 압력손실 특성은 Fig. 4 및 Fig. 5의 수치모사 결과를 통해 해석할 수 있다.

Fig. 4는 type-0, 1 및 2 형식의 내통 형상에 따른 먼지부하율 변화를 나타내는 것이다. 여기서, 먼지 부하율이란 집진장치의 유입구를 통하여 유입된 먼지 입자들 중 집진장치 내의 벽면에 부착되지 않고 필터 표면까지 도달하는 입자들의 비율을 의미한다.

그림에서 내통이 존재할 경우가 그렇지 않을 경우에 비해 먼지부하율이 작게 나타난다. 이것은 유입구를 통해 유입된 먼지입자들의 필터 방향으로 직접적인 확산이 내통에 의해 차단되기 때문이다. 또한, type-1과 2를 비교해 보면 필터의 중간 부분만을 둘러싼 형태의 type-2 내통이 type-1에 비해 먼지부하율이 적게 나타나는데 이것은 내통의 아래쪽으로부터 유입된 유동이 내통의 위쪽으로 유입된 유동과 집진장치 중간 부분에서 마주치면서 필터 상부 영역으로의 상승이 저지되고 다시 하강하면서 필터 상부 영역으로의 입자 전달이 감소하기 때문이다.

그러나 충격기류에 의한 탈진조작에 의해 먼지가 필터에서 떨어지게 되면 type-1의 경우 Fig. 5의 속도양상에 나타난 바와 같이 집진장치의 수

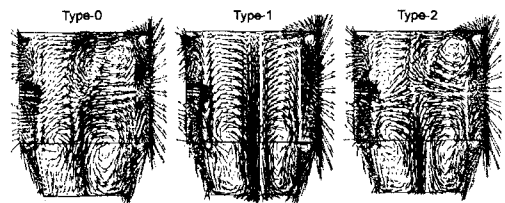


Fig. 5 Velocity vector profile

직 축을 중심으로 필터 길이방향으로의 전 영역에 걸쳐 하강기류가 존재하게 되어 떨어진 먼지가 쉽게 침강하여 제거될 수 있지만, type-2의 경우는 필터 상부영역에 존재하는 재순환류로 인해 탈진조작에 의해 떨어진 먼지가 침강하지 못하고 부유하다가 다시 필터에 포집되면서 Fig. 3에서 나타난 바와 같이 탈진 간격이 내통이 없는 경우와 비슷한 양상을 나타낸다. 따라서, 탈진조작이 없을 경우 type-2 형식의 내통이 필터로 유입되는 먼지 부하량이 적어 압력손실 측면에서 유리하지만 탈진조작이 수반될 경우 먼지의 재유입 현상으로 인해 type-1 형식의 내통이 보다 효율적일 수 있음을 알 수 있다.

3.2 집진효율

Fig. 6에 내통 형상별 부분집진효율 변화를 나타내었다. 부분집진효율은 각 입경별로 산출한 유입 먼지량에 대한 포집 먼지량의 비로 정의되며, 본 연구에서는 실험시작 후 5시간 전후의 질량 기준 부분집진효율을 산출하였다.

그림에서 필터 자체의 성능이 우수하여 내통 형상별로 큰 차이는 나타나지 않지만, 탈진 직전의 경우는 필터뿐만 아니라 필터 표면에 형성된 먼지층에 의해서도 먼지 포집이 이루어지므로 입자 크기와 상관없이 고르게 높은 효율이 나타남을 확인할 수 있다. 그러나 탈진 직후 측정된 결과를 보면 탈진에 의해 필터 표면의 먼지층이 제거되고, 필터 내부로 침투하여 잔류하던 먼지입자들이 고압 공기의 분사에 의한 탈진 충격에 의해 필터를 통과하여 장치 밖으로 배출되면서 집진효율이 급격히 떨어진다. 이러한 먼지의 필터 통과현상은 1 μ m 미만의 미세 먼지입자에서 두드

러지게 나타남을 알 수 있다.

부분집진효율을 각 내통 형상별로 비교해 보면 먼지부하량이 가장 많은 type-0의 경우가 탈진 직후 가장 많은 먼지를 배출하며, 먼지부하가 비교적 낮은 type-1의 경우가 가장 높은 포집효율을 나타내는 것을 알 수 있다.

Type-2 형태의 내통의 경우 먼지 부하량은 가장 낮지만 탈진 직후의 먼지 재유입 현상으로 인해 탈진 직후의 먼지 포집효율이 type-1에 비해 낮게 나타나는 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 필터로 유입되는 먼지 부하량을 줄이기 위해 고안된 집선유입방식 여과집진장치에서 최적의 내통 형상을 설계하기 위해 내통 형상별 집진실험 및 선행 수치모사 결과와의 비교 분석을 수행하였다.

집선유입방식 여과집진장치에 내통을 설치한 경우 먼지입자의 직접적인 필터 유입이 차단되어 필터로의 먼지 부하량이 줄어들며, 이에 따라 필터의 압력손실 및 집진 특성이 향상된다.

내통은 집진장치 외벽과 평행한 형태의 것이 우수한 성능을 나타낸다. 특히, 필터의 전 영역을 둘러싼 형태의 내통을 설치한 경우는 필터에 유입되는 먼지부하량 저감과 탈진 먼지의 제거 측면에 효과가 큰 것으로 나타났다.

참고문헌

- (1) Ogawa A., 1984, "Separation of Particles from Air and Gases", CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- (2) McIlvaine R. W., 1995, "Fabric Filter Market Rises, Replacing Precipitators," Environment Solutions, pp. 21, November.
- (3) Turbofilter GmbH, 1998, Entstaubungstechnik, Postfach 103728 D04300 Essen 1.
- (4) Felix L. G. and McCain J. D., 1979, "Aptron Electrostatically Augmented Fabric Filter Evaluation", U. S. EPA, Research Triangle Park, NC, EPA-600/7-79-070(NTIS PB294716).

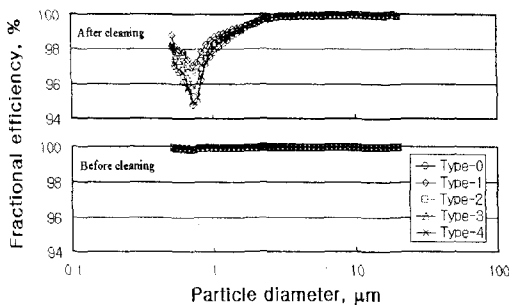


Fig. 6 Fractional dust collection efficiency