

1F2) 신개념 하이브리드 집진장치 개발을 위한 연구 A Study for A New Type Hybrid Particulate Collector

최호걸·박석주·정순관·임정환·김상도·박현실·박영옥
 한국에너지기술연구원 대기청정기술연구센터

1. 서론

본 연구에서는 전기집진 기술과 여과집진 기술의 조합에 의한 먼지입자의 포집성능 상승효과를 최대한 높일 수 있는 먼지부하 저감형 하이브리드 집진장치(Hi-Filter)를 개발하기 위한 연구의 일환으로 장치의 스케일 업에 따른 성능 변화 특성과 운전 조건을 결정하기 위해 파일럿 규모의 실험장치를 설계 및 제작하고, 운전 조건에 따른 성능 변화를 고찰하였다.

2. 파일럿 규모 Hi-Filter

수치모사 결과와 실험실 규모 Hi-Filter에서의 실험 결과를 바탕으로 설계한 파일럿 규모 Hi-Filter의 기본 구조를 그림 1에 나타내었다. 집진장치의 유입구를 통해 집진챔버로 유입된 먼지 입자는 방전극과 집진극 사이에 형성되는 하전 영역으로 유입된다. 하전 영역에 유입된 먼지는 코로나 방전에 의해 하전되고 정전기적 인력과 함진가스의 흐름에 의해 집진극 쪽으로 이동한다. 집진극에서 함진가스는 집진극 사이의 유로를 통과하여 집진필터 쪽으로 이동하게 되는데 집진극의 구조상 함진가스의 흐름 방향이 직각 이상으로 급격히 꺾이게 되며, 이때 함진가스중 대부분의 먼지는 정전기적 인력과 관성에 의해 함진가스의 유선을 따라 가지 못하고 벗어나 집진극에 부딪혀 포집되도록 하였다. 집진극에 포집되지 않은 나머지 먼지 입자는 집진필터에 도달하여 포집된다.

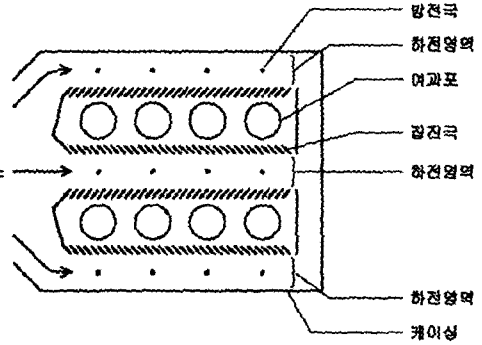
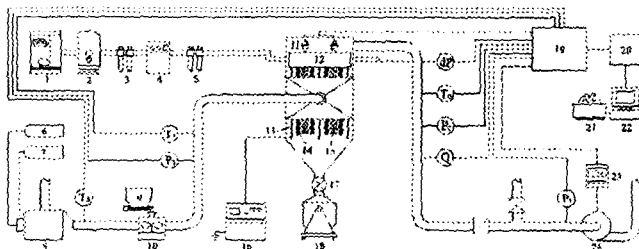


Fig. 1 Basic concept of Hi-Filter.

Hi-Filter는 탈진조작에 의해 집진필터로부터 떨어진 먼지입자의 상당수가 집진극에 포집되므로 집진필터로 재부착되는 먼지의 양이 줄어들도록 하여 탈진효율을 높이며, 집진필터의 잔류압력손실을 낮추고, 탈진 회수를 줄여 기존의 여과집진장치에 비해 집진필터의 수명을 한층 연장시키는 것을 기대할 수 있다. 또한, Hi-Filter는 여과집진부와 전기집진부를 조합함에 있어서 방전극과 집진필터의 사이에 집진극을 위치시킴으로써 집진필터가 방전극에서의 고전압 방전 스파크에 의해 손상되는 것을 근본적으로 방지할 수 있도록 하였다(최호걸, 2002).



- | | | | |
|--------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 : Air compressor | 7 : LP gas | 13 : Discharge electrode | 19 : Main control box |
| 2 : Air tank | 8 : Hot gas generator | 14 : Collecting plate | 20 : A/D converter |
| 3 : Pre-filter | 9 : Test dust feeder | 15 : Bag filter | 21 : Printer |
| 4 : Air dryer | 10 : Dust disperser | 16 : High voltage generator | 22 : Computer |
| 5 : Final filter | 11 : Solenoid valve | 17 : Rotary valve | 23 : Phase inverter |
| 6 : Fuel oil | 12 : Cleaning air header | 18 : Portable dust box | 24 : Exhaust fan |

Fig. 2 Schematic diagram of experimental setup.

파일럿 규모 Hi-Filter의 용량은 1800m³/hr이고, 지름 156mm, 길이 1,500mm 규격의 집진필터가 8본(여과면적 : 5.88m²) 설치되며, 집진필터의 탈진은 충격기류 탈진방식을 채택하였다. 그림 2에 파일럿 규모 Hi-Filter의 성능 평가를 위한 실험 장치의 구성도를 나타내었다.

3. 파일럿 규모 Hi-Filter의 성능평가

그림 3은 파일럿 규모 Hi-Filter의 전기집진부(ESP)에 고전압을 인가하지 않았을 경우(ESP off)와 인가한 경우(ESP on)의 집진필터의 압력손실 변화 특성을 나타낸 것이다. 전기집진부에 고전압을 인가하지 않은 경우에는 실험 초반부터 압력손실이 급격하게 상승하여 약 2분이 경과하면 운전 불능 상태로 된다. 반면 전기집진부에 고전압을 인가하면 탈진 간격이 현저하게 연장되고 잔류압력 손실 또한 낮아짐을 알 수 있다. 최초 탈진개시까지의 시간은 전기집진부에 고전압을 인가하지 않은 경우가 2분인 반면, 고전압을 인가한 경우는 29분으로 탈진간격이 15배 가량 증가하게 된다. 이것은 전기집진부에 고전압을 인가하게 되면 유입된 먼지의 대부분이 집진극에 포집되고, 집진필터로 유입되어 포집되는 먼지의 양은 매우 적어지기 때문이다.

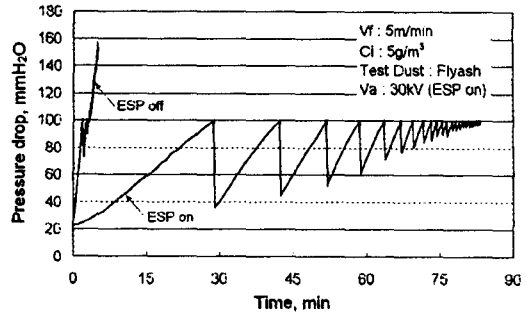
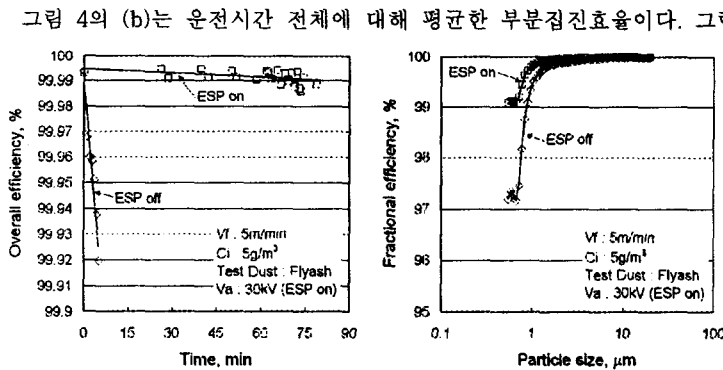


Fig. 3 Pressure drop of Hi-Filter.

그림 4는 전기집진부에 고전압을 인가하지 않은 경우와 인가한 경우의 집진효율 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 (a)는 운전시간 경과에 따른 총괄집진효율 변화를 나타낸 것으로서, 전기집진부에 고전압을 인가하지 않은 경우에는 초반부터 효율이 급격히 떨어짐을 알 수 있다. 이것은 그림 3에 나타난 바와 같이 집진필터에서의 압력손실이 급격히 상승하면서 고압공기에 의한 탈진이 연속적으로 수행되고, 이에 따라 집진필터의 직조구조가 변하면서 많은 양의 먼지들이 집진필터를 통과하여 배출되기 때문이다. 반면, 고전압을 인가한 경우는 총괄집진효율이 시간이 지남에 따라 서서히 감소하는 경향이 나타나긴 하지만, 전체적으로 99.99% 가량의 높은 값을 유지하는 것을 알 수 있다.

그림 4의 (b)는 운전시간 전체에 대해 평균한 부분집진효율이다. 그림에서 전기집진부에 고전압을 인가한 경우는 그렇지 않은 경우에 비해 효율이 높게 나타나며, 특히 1 μ m 미만의 미세먼지에 대한 포집효율 상승 그 효과가 두드러짐을 알 수 있다. 또한, 전기집진부에 고전압을 인가한 조건에서도 실험 결과 집진필터의 손상이 전혀 발견되지 않은 것으로 미루어 Hi-Filter는 고전압 방전에 의한 집진필터의 손상을 효과적으로 방지할 수 있음을 알 수 있다.



(a) Overall efficiency

(b) Fractional efficiency (time average)

Fig. 4 Dust collection efficiency of Hi-Filter.

4. 결론

파일럿 규모의 Hi-Filter는 집진필터의 탈진간격을 획기적으로 연장시키며, 집진효율도 상당히 향상시킬 수 있었다. 이러한 집진효율의 향상은 1 μ m 미만의 먼지입자 영역에서 특히 두드러졌다. 또한, 파일럿 규모의 Hi-Filter 고전압 방전에 의한 집진필터의 손상을 근본적으로 방지할 수 있는 구조임을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

최호경 (2002) 먼지부하 저감형 하이브리드 집진장치의 먼지 포집특성, 화학공학의 이론과 응용, 8권 1호