

H-6

HEPA필터를 이용한 진공청소기의 집진필터효율 연구

A Study on the Filter Efficiency using High Efficiency Particulate Air Filter of a Vacuum Cleaner

윤창호¹, 이성화¹, 이재근², 김성찬², 현옥천², 김종관³, 김용권³, 조성욱³

¹엘지전자(주), ²부산대학교, ³제텍스(주)

1. 서론

최근 환경문제 대두와 함께 실외에 비해 2배 이상의 유해물질이 발생되고 있는 실내의 경우 알레르기, 호흡기 질환, 두통, 피로 등 각종 질병을 유발시키는 먼지로 인해서 안락한 휴식장소로서의 위치를 위협받고 있고, 그에 대응하는 실내공기 청정제품들이 많이 나오고 있는 현실이다. 그 중에 실내의 유해한 분진을 제거하기 위한 대표적인 가전제품인 진공청소기의 경우, 이러한 환경추세에 대응하는 고효율 집진성을 가진 제품들이 환경위생성 강화측면에서 개발되고 있다. 청소기의 집진필터로 사용되는 필터에 일반적으로 폴리에스터, 폴리우레탄 폼, 정전필터를 비롯하여 다양하다. 대부분의 필터에서 가장 잘 통과하는 입자직경(Most Particles Penetrating Sizes)이 0.3~0.5 μm 로써 이 크기 범위에서 필터효율이 가장 낮게 나타난다. 청소기의 배기필터를 통과하는 분진은 대부분 1 μm 이하의 미세한 분진이므로 이러한 미세 분진에 대한 효율이 배기필터의 성능을 나타낸다. 필터의 성능평가에서 주된 평가항목은 분진포집율, 압력손실 및 분진포집용량이고 평가방법으로 최종필터 무게변화와 공급된 분진의 무게사이의 비율로 나타내는 중량법과 공간의 내부를 변색시키는 분진에 대한 필터의 분진제거 능력을 측정하는 방법으로 비색법, 그리고 필터의 상하류에서 입자의 개수를 계측하여 효율을 계산하는 계수법이 있다.

본 연구의 목적은 진공청소기로부터 배출되는 미세한 먼지를 제거하기 위한 고성능 집진필터인 HEPA필터의 진공청소기 적용에 대한 연구를 통해 진공청소기의 집진성을 향상시키고자 한다. 단품시험으로 절곡 정전필터, 절곡미세 정전 미디움필터, 절곡미세 정전 HEPA필터, 그리고 절곡미세 유리섬유 HEPA필터에 대해 AFT(Automated Filter Tester)장치로 효율과 압력손실을 측정하였고 정전필터, 미디움필터, 그리고 HEPA필터를 청소기에 장착하여 계수법으로 효율을 측정하였다.

2. 실험장치 및 방법

그림 1은 제품시험에 사용할 청소기의 구조와 필터의 위치를 나타내었다. 흡입구로 들어간 공기는 종이필터를 거쳐서 모터(Motor)앞의 Pre Filter를 지난 후 마지막으로 배기필터까지 흡입한 분진을 여과한 다음 대기로 배출되는 구조로 되어있고, 본 연구에서는 배기필터로 고효율 HEPA필터를 장착하여 집진효율을 분석하였다. 그림 2는 제품과 광산란식 Particle Counter의 측정방법을 나타낸다. 본 장치는 내장된 펌프를 통해 공기중의 부유입자를 포함한 Sample을 흡입하고 그 공기는 가는 분류로 하여 그 흐름에 강한 광선을 조사한다. 입자에 의한 빛의 Tyndall현상에 의해 산란광을 발하며 입자의 크기에 의해 정해지는 산란광의 세기는 광전자 증배관의 전기량으로 변환된 입자수에 의해 입자크기별로 입자 수를 구할 수 있다

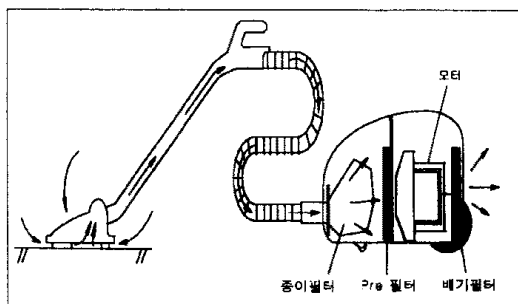


Fig. 1. Schematic diagram of a vacuum cleaner.

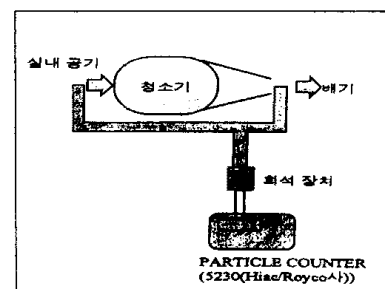


Fig. 2. Schematic diagram of the test method using a particle counter.

단품실험은 정전필터와 절곡 극세 정전필터(Medium급, HEPA급) 및 절곡극세 유리섬유(HEPA급) 등 4가지 필터에 대해 JIS J8901 규격의 AFT 시험장치로서 NaCl 0.2 μm 입자기준으로 유속은 5 cm/sec 이다. 제품실험은 대상필터를 청소기 배기필터 위치, 프리필터 위치 및 배기필터와 프리필터에 동시에 동일필터를 위치시키는 등의 방법으로 입자추적기로 청소기 흡입구와 배기구에서 입자수를 측정하여 입자크기별 (0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.0 μm) 집진효율을 계산하였다. 실험분진은 대기분진을 이용하였고, 청소기 흡입력 최강과 약의 두 단계로 나누어 측정하였다.

3. 실험결과

그림 3, 4는 4가지 필터에 대한 단품실험결과로서 효율과 압력손실을 나타내었다. 효율은 절곡미세 정전 HEPA급 필터(3)가 99.74%로 가장 높은 효율은 나타내었고 절곡미세 유리섬유 HEPA급 필터(4)는 99.56%, 절곡미세 정전 미디움급 필터(2)는 98.51%, 절곡 정전필터(1)는 73.5%로 측정되었다. 압력손실은 절곡미세 유리섬유 HEPA급 필터가 가장 높게 나타났고, 절곡 정전필터와 절곡미세 정전 미디움급 필터는 시간이 지날수록 압력손실이 계속 증가하지만 절곡미세 유리섬유 HEPA급 필터는 압력손실이 거의 일정하게 나타난다. 그림 5, 6, 7, 8은 제품실험결과로서 3종류의 필터로서 장착방법을 달리하여 계수법에 의한 효율측정 결과를 나타내었다.

4. 결론

진공청소기에 HEPA필터를 사용하여 실내 미세분진 제거에 대한 성능평가결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 고효율 필터의 효율을 측정하기 위한 계수법 측정방법의 성능평가 기법을 확립하였다.
- 2) 집진필터의 효율측정은 단품과 제품상태를 포함하여 계수법으로 하였으며, 단품상태 실험분진은 평균 직경 0.2 μm 인 에어로졸 14종 분진을 사용하였다.
- 3) 청소기의 집진필터로 사용되는 필터에 있어서 절곡극세정전 HEPA급 필터가 포집효율 99.74%, 압력 손실 1.5 mmAq로 가장 우수하였다.
- 4) 청소기 제품상태의 계수법 측정에 의한 집진효율은 HEPA필터 설치위치에 따른 차이는 없고, 다중필터 장착구조가 가장 우수한 것으로 나타났으며, 유속이 증가함에 따라 미세분진의 포집효율이 저하됨을 알 수 있다.

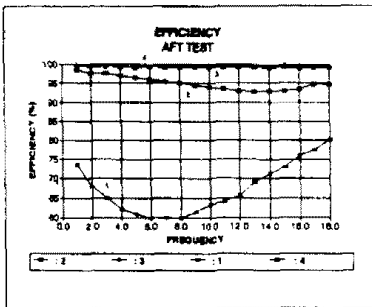


Fig. 3. Filter efficiency measurements.

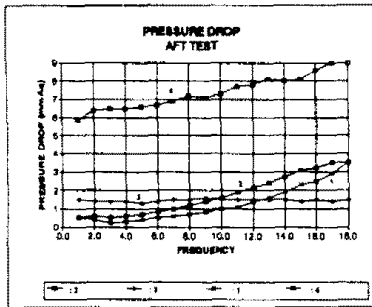


Fig. 4. Pressure drop across filters.

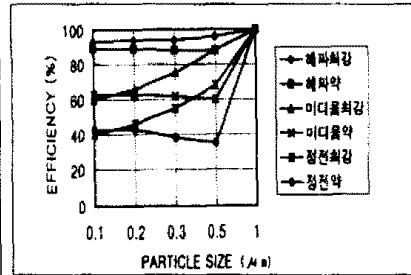


Fig. 5. Measurement of filter efficiency on exhaust side.

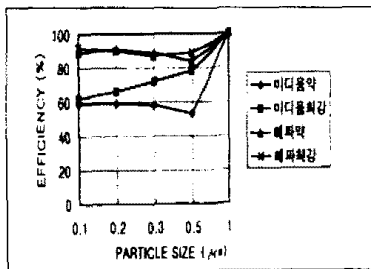


Fig. 6. Measurement of filter efficiency on dust collecting side.

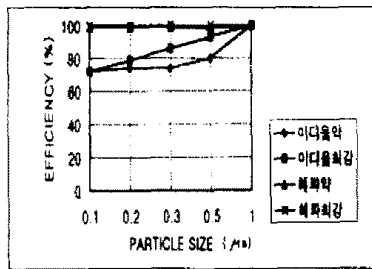


Fig. 7. Measurement of filter efficiency on exhaust and dust collecting side.

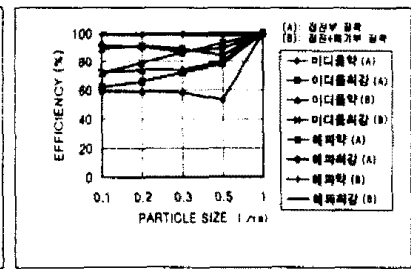


Fig. 8. Efficiency of a vacuum cleaner.