

자동차 흡기 에어필터의 여재 및 성능에 관한 연구

안 병 찬, 오 명 도[†]

서울시립대학교 산업대학원, *서울시립대학교 기계정보공학과

A Study on the Filter Media and Performance of Intake Air Filter for Vehicular Engine

Byung-Chan An, Myung-Do Oh[†]

Graduate School of Mechanical Engineering, Seoul University, Seoul 130-743, Korea

*Department of Mechanical and Information Engineering, Seoul University, Seoul 130-743, Korea

(Received January 3, 2003; revision received October 30, 2003)

ABSTRACT: Since the vehicle is regarded as the third living space, the comfortable conditions are required in the passenger compartment. For this reason, customers are concerned about the filtering performances and the importance of filter media has been greatly placed. Therefore the dust holding capacity, the efficiency of these filter media (dry paper, wet paper, non-woven) and the configuration of air filter for vehicle were measured in this study. The following results were obtained on the basis of air filter test. It shows that the thickness and poresize of filter media should be lower for the higher efficiency. The measurement result shows that the performance of round shape filters are higher than the square shape filters. The dust holding capacity of the wet paper and the non-woven paper is higher than the dry paper. As a result, this research can provide an important design parameter and product guidance of the intake air filter for vehicular engine.

Key words: Filter media(여재), Dust holding capacity(분진포집량), Efficiency(집진효율), Air flow restriction(통기저항), Rated air flow(정격공기량)

기 호 설 명

A : 여과면적 [m^2]
 G : 단위면적당 분진포집량 [g/m^2]
 H : 설계분진포집량 [g]
 H_t : 측정분진포집량 [g]
 P : 통기저항 [$mmAq$]
 p_{in} : 에어크리너 입구측 정압 [$mmAq$]

p_{out} : 에어크리너 출구측 정압 [$mmAq$]
 Q : 엔진의 최대흡기량 [m^3]
 r : 분진농도 [g/m^3]

그리스 문자

η : 집진효율 [%]
 ρ : 공기의 밀도 [kg/m^3]

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-2210-2756; fax: +82-2-2248-5110

E-mail address: mdoh@uos.ac.kr

1. 서 론

우리의 삶을 건강하고 생산적인 방향으로 발전

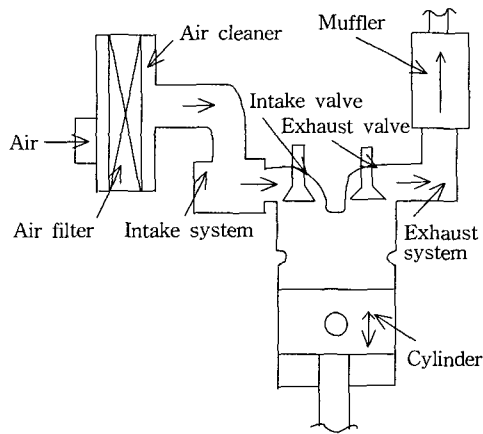


Fig. 1 Schematic view of intake and exhaust for engine.

시키기 위해서는 실내외를 막론하고 주생활공간에서 청정환경을 위한 IAQ(indoor air quality)가 매우 중요하게 되었으며 자동차에 있어서도 제3의 생활공간으로서 쾌적한 환경이 필수적인 요소가 되었다.⁽¹⁾

이러한 환경조성을 위한 모든 시스템은 공기를 청정케 하는 에어필터(air filter)를 장착하고 있으며, 특히 현재의 대표적 운송수단인 자동차(vehicle), 철도 동력차량은 Fig.1과 같이 엔진의 흡기시스템(intake system)에 에어크리너(air cleaner)를 부착하여 여러 가지 요구조건과 기능을 수행하고 있다. 엔진에 장착된 에어크리너의 주된 역할은 다음과 같다.⁽²⁾

(1) 엔진으로 흡입되는 공기 중에 포함된 유해한 분진과 같은 부유입자를 제거하고 청정한 공기를 엔진에 공급하므로 조기 마모를 방지하여 내구성을 향상시킨다.

(2) 엔진 흡기시스템 내의 흡기저항으로 인해 발생된 흡기 맥동음을 에어크리너의 형상, 용적을 국부적으로 변경, 공기의 유동을 제어함으로써 소음기를 형성 발생하는 흡기음을 줄여 주는 저소음 역할을 하고 정숙한 엔진운전을 가능케 하며 쾌적성과 상품성 향상에 영향을 주게 된다.

따라서 최적의 에어크리너 요구조건은 흡입공기 중의 입자 제거능력인 집진효율과 분진포집량(dust holding capacity)을 높여 엔진 실린더의 마모를 방지하고, 통기저항을 낮게 함으로써 엔진출력을 향상시켜, 흡기성능을 보장하는 것이다. 적정한 요구조건의 자료를 얻는 방안으로는 최근

에는 흡기 맥동음과 공기의 유동현상을 정량적으로 예측할 수 있는 수치해석적인 기법이 많이 개발되어 효율적이며 경제적으로 최적의 요구조건을 만족시키는 방법으로 활용되고 있다. 그러나 에어크리너의 직접적인 성능에 영향을 주는 에어필터는 그 종류가 다양하고 구성물질이 매우 복잡하므로 수학적 방법을 이용해서 요구조건을 충족시키기에는 상당한 어려움이 따르게 된다. 결국 최종 적용단계에서는 반복되는 시험과 분석에 의해 에어필터의 형상, 재료의 변경이 이루어져야 하므로 많은 비용과 시간이 소모된다.

최근에 자동차에 있어서는 엔진의 고효율화와 함께 원가와 품질개선을 위한 에어크리너의 흡기시스템 모듈화(module) 연구가 추진되고 있으며, 아울러 에어필터도 공용화, 고효율화를 목표로 외국의 경우는 상당한 개발이 진행되어 실용화가 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 자동차의 디젤 및 가솔린 엔진에 장착되는 에어크리너의 성능과 관련하여 에어필터의 제조형태별 성능과 현재 에어필터의 여재(filter media)로 가장 많이 사용되고 있는 부직포(non-woven)와 건식여지(dry paper), 습식여지(wet paper)의 여과성능인 집진효율과 분진포집 능력을 측정하고 여과면적비 등을 파악하여 비교분석 고찰하고자 한다.^(3,4)

2. 성능측정방법 및 장치

2.1 성능측정방법

엔진에 흡입될 수 있는 대기중의 부유입자들의 크기분포는 대개 0.002~100 μm 범위에 있고, 1 μm보다 큰 입자(coarse mode aerosols)들이 생성되는 주된 메카니즘은 기계적인 마모에 의한 것으로 알려져 있다.

이런 입자들은 윤활유(engine oil)를 오염시키고 내부 기계 요소를 순환하며 저항을 증대시키고 마모를 촉진시킨다.

에어크리너로 흡입되는 부유입자는 다공질의 물질로 구성된 에어필터의 여재 표면에서 이루어지는 표면여과, 여재 내부에서 이루어지는 내부여과, 그리고 체로치기(screening) 여과에 의해 분진을 포집하게 되고 일부는 통과하게 되는데 그 비율(%)을 집진효율로 나타낸다.

자동차의 여과성능 측정을 위한 시험용 분진의

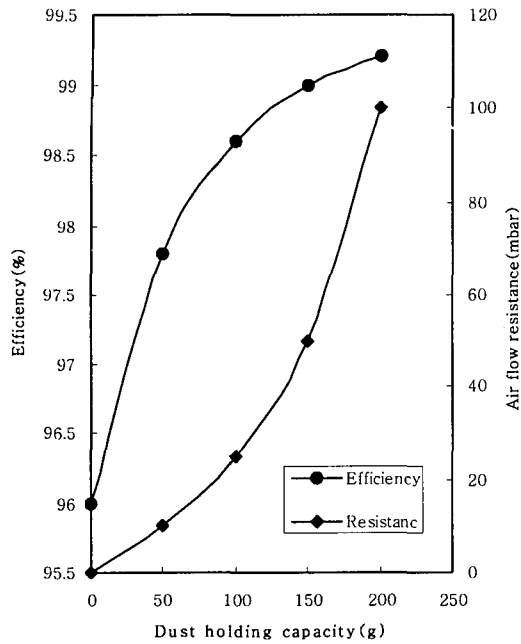


Fig. 2 Example of efficiency vs. dust holding capacity.

크기는 $2\sim 75\mu\text{m}$ 범위의 분진이다.⁽⁵⁾ 조건과 환경에 따라 다소 차이는 있지만 분진포집작용의 일반적 경향은 Fig. 2와 같이 분진의 공급량이 적은 경우 즉 시험초기에는 통기저항이 낮고, 누적 분진량이 증가할수록 통기저항은 증가하게 되며 누적집진효율도 증가한다.

누적되는 분진량으로 인한 통기저항이 증가하여 일정 한계치에 도달하게 되면 에어필터는 수명한계가 된다. 이때 에어필터가 포집해야 할 분진의 양(g)은 다음과 같이 표현된다.

$$H = Q \times r \quad (1)$$

식(1)에서 H 는 엔진조건에 따라 목표치가 설계된 설계분진포집량(g)을 나타내고, Q 는 엔진의 최대흡기량(m^3), r 은 분진의 농도(g/m^3)을 의미한다. 그리고 엔진의 최대흡기량 Q 는 엔진의 시간당 흡기량(m^3/hr)과 에어필터의 목표표환주기(km)에 비례하고 최대운행속도(km/hr)에 반비례한다. 또한 여재종류별 단위면적당 분진포집량 $G(\text{g}/\text{m}^2)$ 와 필요여과면적 $A(\text{m}^2)$ 의 관계는 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$A = \frac{H}{G} \quad (2)$$

식(1)과 식(2)로부터 흡입되는 공기와 시험용 분진과의 혼합비인 분진농도 r 를 일정하게 한다면, 필요여과면적 A 은 각 여재의 단위면적당 분진포집량 G 에 반비례 변화되므로 이러한 여재의 분진포집 특성을 파악하는 것이 주요 관건이다.

따라서 본 연구에서는 현재 양산중이거나, 개발중인 자동차의 디젤 및 가솔린 엔진 흡기시스템에 장착되는 에어크리너의 에어필터 35종에 대하여 제조형식과 각각의 여재종류별 여과면적, 효율, 통기저항을 측정하여 단위면적당 분진포집량과 여과성능을 비교 분석하고자 하였다. 모든 시험데이터는 최소 5회 이상 측정된 결과를 평균하였고 성능측정방법은 다음과 같다.⁽⁶⁾

2.1.1 통기저항

공기의 흐름에 따라 에어크리너의 입구측의 전압에서 출구측의 전압의 차이를 통기저항(air flow resistance)이라 한다. 본 연구에서는 입구측 정압(p_{in})은 대기압과 같고, 출구측은 배관(piezometer tube) 내의 정압(p_{out})을 측정하였으며, 에어크리너의 입구와 출구의 동압 헤드차(ΔP)는 식(4)에 의해 계산한 후 보정하여 통기저항은 식(3)을 이용 산출하였다.

$$P = (p_{out} - p_{in}) - \Delta P \quad (3)$$

식(3)에서 ΔP , 즉 동압 헤드차는 다음 식(4)와 같다.

$$\Delta P = \frac{\rho v_2^2}{2} - \frac{\rho v_1^2}{2} \quad (4)$$

식(4)에서 v_2 는 에어크리너 출구측 배관 내의 공기속도(m/s), v_1 은 에어크리너 입구측에서의 공기속도(m/s)이다.

시험용 공기유량은 정격공기량(rated air flow)을 기준으로 20%, 40%, 60%, 80%, 100% 5단계의 등간격으로 설정하여 통기저항을 측정하였다.

2.1.2 집진효율

집진효율 시험의 종류는 초기, 중간, 수명집진

효율이 있으나, 본 시험에서는 초기와 수명집진 효율을 측정하였다. 수명집진효율(full life efficiency)은 시험 종료조건 즉 엔진의 조건에 따라 설정된 기준의 통기저항에 도달할 때 시험을 멈추고 식(5)에 의해 집진효율을 계산한다.

$$\eta(\%) = \frac{W - W_1}{W} \times 100 \quad (5)$$

식(5)에서 W 는 에어필터가 장착된 에어크리너에 공급된 분진량(g), W_1 은 에어필터를 통과하여 절대필터(absolute filter)에 포집된 통과분진량(g)을 나타낸다.

초기집진효율 시험은 시험정격공기량(m^3/min)의 6배의 수치가 시험용 분진의 양 20g보다 작을 때는 분진의 양이 20g 도달시 초기집진효율을 측정하고, 시험정격공기량의 6배의 수치가 시험용 분진의 양 20g보다 클 때는 큰 쪽의 수치로 시험 분진량을 정하여 초기집진효율을 측정하였다. 즉 시험정격공기량이 $3m^3/min$ 의 경우 6배의 수치는 18이 되므로 상기 W 가 20g이 되었을 때 초기집진효율을 측정하고, 시험정격공기량이 $5m^3/min$ 의 경우 6배의 수치가 30이 되므로 W 가 30g이 되었을 때 초기집진효율을 측정하였다.

이와 같은 집진효율 시험에 있어서 누설을 방지하고 완전한 기밀을 유지하는 것이 문제가 될 수 있고, 시험실 내의 환경 및 측정과정의 정확성에 따라 측정치의 변화가 있을 수 있으므로 시험의 유효성을 검증하였는데, 다음 식(6)과 같이 시험 전후의 총공급분진량과 포집분진량을 측정 분진량의 증감 δ 로 판단하였다.

$$\delta = \frac{W_2 + W_3}{W_t} \quad (6)$$

식(6)에서 W_t 는 에어필터가 장착된 에어크리너에 공급된 총분진량(g)을 의미하며 공급분진량을 알기 위해 분진공급장치(dust feeder)의 시험 전후 질량차를 측정하였고, W_2 는 에어필터 및 에어크리너 내에 포집된 분진량(g)을 나타내는데 시험 전후의 에어필터가 장착된 에어크리너의 질량차를 측정하였다. W_3 은 절대필터가 포집한 분진의 양(g)으로 시험 전후의 절대필터 질량차를 측

정하였으며, 분진의 증감 δ 의 계산치가 0.98~1.02의 범위 내에 있을 때 시험을 유효로 하였다.

2.1.3 분진포집량

실제 측정된 측정분진포집량 $H_i(g)$ 은 통기저항 증가가 지정된 값에 도달하였을 때의 에어크리너가 포집한 분진의 양(g)을 말하는데 측정방법은 초기집진효율 및 수명집진효율 측정점에서의 시험 전후의 공급분진량(g)과 통과분진량(g)을 측정하여 식(7)에 의해 산출하였다.

$$H_i = W_i - W_o \quad (7)$$

식(7)에서 공급분진량 $W_i(g)$ 은 초기집진효율 측정점의 분진공급장치의 시험 전후 질량차와 수명집진효율 측정점의 분진공급장치의 시험 전후 질량차의 합을 측정하였으며, 통과분진량 $W_o(g)$ 은 초기집진효율 측정점의 절대필터 시험 전후 질량차와 수명집진효율 측정점의 절대필터 시험 전후 질량차의 합으로 계산하였다.

2.2 성능측정장치

본 연구에 사용되어진 성능측정장치는 JIS D 1612에 정하여진 자동차용 에어크리너 성능시험을 위하여 제작되어진 장치이며 개략도는 Fig. 3과 같다.

장치의 구성은 분진을 공급하는 더스트 인젝터, 시험용 에어크리너의 입구와 시험장치를 연결하는 입구부, 그리고 시험용 에어크리너의 출구와 시험장치를 연결하는 출구부가 있고, 에어크리너의 입출구압력을 측정하는 차압계, 통과분

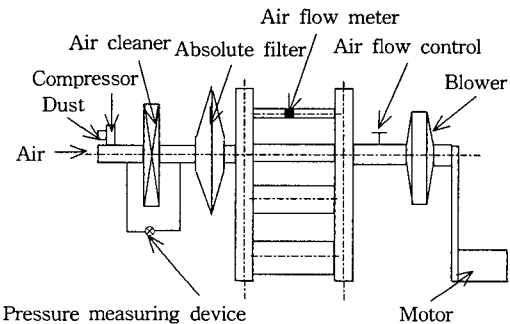


Fig. 3 Schematic diagram of the test apparatus.

진을 포집하는 절대필터가 있으며, 흡입공기량을 나타내는 유량계와 유량조절밸브가 있다. 또한 흡입공기를 발생시키는 배기송풍기(blower)와 전동기가 시험장치에 부착되어 있으며 부속설비로는 분진공급장치에 압축공기를 보내주는 공기압축기가 있다. 또한 질량을 측정하는 정밀 천평이 있다.

이러한 시험장치의 측정정도는 공기량의 경우 설정치 또는 지시치의 $\pm 2\%$, 압력측정치는 ± 0.25 mbar, 온도의 측정 정도는 $\pm 0.5^\circ\text{C}$, 질량의 측정 정도는 $\pm 1\%$, 상대습도는 $\pm 2\%$, 기압은 ± 3 mbar 이다.

분진공급장치는 입자 지름을 바꾸지 않고 고른 분포상태로 규정된 분진혼합비($1\text{g}/\text{m}^3$)를 유지할 수 있고 연속적으로 공급할 수 있게 JIS D 1612 에 제시된 형상과 치수를 동일하게 제작되었으며 압축공기압은 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 하였다. 시험용 입자는 자동차 회사와의 협정에 의해 JIS Z 8901의 8종과 ISO Fine dust⁽⁷⁾를 사용하였다.

에어크리너의 입출구 연결관도 에어크리너의 종류에 따라 각각의 입구 단면적과 동일하게 만들었으며, 분진투입구는 공급되는 분진이 입구 연결관의 밖으로 누설되지 않는 범위 내에서 입구 연결관으로부터 가능한 멀리 간격을 둘 수 있게 하였다.

시험중 에어필터를 통과한 분진을 포집하는 절대필터는 여러 층의 유리섬유로 만들어져 있으며 직경 $0.8\sim 1.3\mu\text{m}$ 의 섬유를 열경화성 수지로 처리한 두께는 13 mm, 비중 약 0.01, 흡수성은 온도 50°C , 습도 95%의 대기 중에 96시간 방치하여 질량변화가 1% 이내인 필터를 사용하였다.

모든 시험장치의 제작, 설치와 시험방법, 그에 따른 측정은 원칙적으로 앞의 JIS 규정사항에 따라 행하였다.

3. 측정결과 및 고찰

본 시험용 필터의 성능측정에 사용된 여재는 건식여지 2종, 부직포 2종, 습식여지 1종이며, 에어필터의 제조형상으로 구분하면 사각형 필터와 원형 에어필터이다.

또한 여재의 접착방법에 의한 구분은 수지접합형과 철판접합형으로 분류하였으며, 여재의 종류, 제조형상, 여재의 접착방법에 의한 각각의 성능을 측정하였다.

정격공기량(m^3/min), 통기저항(mmAq), 집진효율(%)은 엔진의 종류 및 배기량에 따라 기본적으로 정해진 조건이므로 이와 같은 조건을 만족시키기 위해 양산 또는 개발제품에 적용된 사양을 기준으로 여과면적과 여재의 물성을 변화시켜 시험하였다.

가솔린엔진보다는 디젤엔진 장착용 에어크리너의 통기저항 규제치가 높았으며, 적용되는 차량의 종류, 흡기시스템, 에어크리너 및 에어필터의 형상과 구조에 의해 통기저항값은 정격공기량의 증감과는 다소 차이가 있었다. 이것은 흡기소음의 저감을 위해 통기저항의 규제를 강화함에 따른 사양의 고급화와 에어필터 및 에어크리너의 제조방식 변화에 의한 결과로 보여진다.

또한 여과면적과 정격공기량의 비율이 일정하지 못한 것은 엔진조건의 차이, 에어필터의 교환주기와 설계, 제조상의 문제점이 반영된 결과로 판단된다. 각 여재의 집진효율에 대하여 Fig. 4는 공급분진량을 정격공기량의 6배의 수치에 따라 초기값의 양을 정하여 초기집진효율(primary)을 측정하였고, 수명집진효율(full)은 주어진 조건의 종료조건에 도달하였을 때 효율을 나타낸다.

Fig. 4의 측정에 사용된 건식여지로 만들어진 에어필터는 수지접합형 에어필터인데, 주로 가솔린엔진에 적용되고 있다. 건식여지 1은 통기저항이 평균 218 mmAq의 규제범위 내에서 시험하였고, 여재의 물리적 성질은 두께 0.66 mm, 기공크기는 최대 $87.2\mu\text{m}$, 평균 $73.5\mu\text{m}$ 이다. 또 건식여

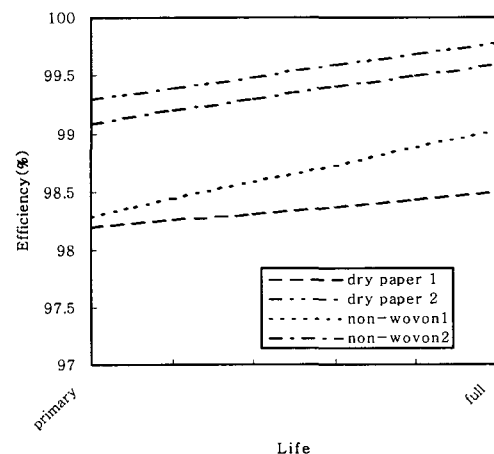


Fig. 4 Collection efficiency of four types of filter media.

지 2는 통기저항이 평균 57.6 mmAq로 건식여지 1에 비해 통기저항은 0.27배이며, 두께 78%, 기공은 최대 64%의 비율이다.

건식여지 2가 통기저항의 규제치가 낮으면서도 상대적으로 집진효율은 고효율을 나타내고, 흡입공기가 여재를 통과하는 여과유속(m/min) 즉 [정격공기량(m³/min) / 여과면적(m²)]은 기공이 큰 건식여지 1이 6.2 m/min으로 1.8배 빠른 속도로 측정되었다.

자동차 에어크리너에 많이 사용되는 여재인 부직포의 경우는 일반적인 공조용, 병원용, 공장용(bag-filter)과는 달리 얇은 3층 구조로 접합되어 있다. 공기가 흐르는 방향에서 1층에서는 엔진으로 흡입되는 이물질자 중 큰 입자, 2층에서는 중간크기 입자, 3층에서는 미세입자를 포집하는 내부 여과방식과 체로치기 여과방식에 의해 분진을 포집하게 된다.

부직포 2는 통기저항 규제치가 평균 318 mmAq이며, 두께 2.67 mm, 기공크기는 최대 112 μm으로 부직포 1과 비교하여 통기저항은 1.5배, 두께 96%, 기공 최대값의 82%의 비율이다. 여기서 부직포 2를 사용한 에어필터는 디젤엔진 장착용이고 부직포 1을 사용한 에어필터는 디젤 및 가솔린엔진에 장착되는 에어필터이다. 앞에서 언급하였듯이 가솔린엔진보다는 디젤엔진 장착용 에어크리너의 통기저항 규제치가 높은 관계로 부직포 2의 평균 통기저항이 증가된 조건으로 측정되었으나 건식여지와 마찬가지로 기공이 작은 부직포 2가 고효율 집진성능을 나타내고 있다. 여과유속은 기공이 큰 부직포 1이 15.4 m/min으로 1.1배 높게 측정되었다. 이와 같은 측정결과로 여재의 집진효율을 증가시키고자 할 때 여재의 두께를 얇게 하더라도 기공의 크기를 작게 할수록 고효율의 여과성능을 나타냄을 알 수 있었다. 또한 식(1)과 식(2)에서와 같이 엔진 흡입공기량이 증가하면 필요 여과면적은 커져야 한다. 그러나 차량의 경량화 및 원가절감을 위해서는 에어필터의 여과면적과 에어크리너의 크기를 감소시킬 필요성이 있고, 이를 위해서는 식(2)에서와 같이 단위면적당 분진포집량이 많은 고효율의 여재가 요구된다. 따라서 이러한 분진포집량을 증가시키면서, 또한 에어크리너의 통기저항 규제치를 충족할 수 있는 범위 내에서 같은 종류 여재의 경우에도 기공의 크기와 집진효율과는 밀접한 관계가 있음을

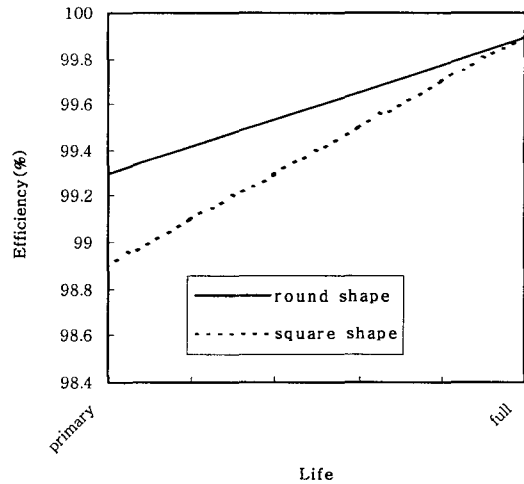


Fig. 5 Collection efficiency of round shape filters vs. square shape filters.

알 수 있다.

Fig. 5는 현재 제조되고 있는 에어필터를 2개의 형태로 구분하여 성능 측정결과를 비교하였다. 크게 원형 및 사각형 에어필터로 구분되는데 각각 4종류(형상별 제조방식은 동일하며, 정격공기량 여과면적 통기저항 등 측정조건은 엔진사양에 따름)에 적용된 가솔린 및 디젤엔진의 용도로 사용되는 동일 건식여지에 대한 여과성능 측정결과이다. 이러한 형태의 에어필터는 대체적으로 배기량이 작은 낮은 정격공기량의 엔진에 사용되고 있으며, 특히 원형 에어필터는 엔진에 공급되는 공기와 연료의 혼합방식에 따라 주로 기화기가 장착된 가솔린엔진과 디젤엔진의 에어크리너에 사용되고 있다.

근래에 와서는 에어필터의 제조방식이 생산의 복잡성과 경제성을 고려, 산과 산의 끝단을 에폭시와 철판으로 접합하는 End plate형보다는 절곡된 여재의 산과 산을 용융 플라스틱으로 접합하는 수지접합형 에어필터가 주로 개발 생산되고 있다. 그러나 Fig. 5에서는 형태에 따른 에어필터의 여과성능 비교를 위하여 현재 양산되고 있는 End plate형의 에어필터 성능을 측정한 결과이다. 사용된 여재는 건식여지로 두께 0.34 mm, 기공크기는 최대 57.8 μm, 평균 52.4 μm으로 동일한 여재를 사용하였으나, Fig. 5와 같이 특히 초기 집진효율이 원형 에어필터가 높게 나타났다. 또 면적당 분진포집량도 원형의 에어필터가 330 g/m²

으로 사각형 에어필터보다 1.7배 높게 측정되었다.

측정조건은 원형 에어필터의 통기저항이 평균 188.8mmAq로 사각형 에어필터보다 1.2배 증가되었는데, 이는 부직포 2의 경우와 같이 적용된 엔진사양에 따라 원형 에어필터가 높은 통기저항 조건이 되었다. 또 원형 에어필터가 사각형 에어필터에 비교하여 엔진 흡입공기량이 평균 4.3m³/min으로 1.2배 증가된 반면 오히려 여과면적은 평균 1.01m²으로 1.3배 작았다. 이와 같이 엔진 흡입공기량이 더 많으면서 상대적으로 작은 여과면적의 원형 에어필터가 Fig. 5에서처럼 고효율을 보이게 된 것은 절곡된 산 끝의 간격이 원주의 내측은 좁고 외측은 넓은 형상적인 측면이 고효율을 나타낼 수 있는 하나의 요인이 된 것으로 판단된다.

Fig. 6은 건식여지 2종류를 5개 차종의 에어필터에 적용하고, 부직포 2종류를 14개 차종, 그리고 습식여지 1종류를 1개 차종에 적용된 에어필터에 대하여 성능측정한 각각의 평균 데이터를 활용 에어필터의 교환주기 즉 차량의 주행거리(km)와 여과면적(m²)과의 관계를 나타낸 결과이다. 에어필터 교환주기가 동일한 경우 건식여지가 가장 큰 여과면적이 필요하고 부직포가 가장 작은 여과면적이 요구됨을 알 수 있다. 또한 앞의 5종의 각 여재에 대한 단위면적당 분진포집능력과 체적당 분진포집능력은 Fig. 7과 같으며, 특히 건식여지 1과 습식여지는 물리적 성질이 동일한 여재로 단지 습식여지는 오일(oil)에 함침을 하여 사용하였다.

Fig. 7에서 단위면적당 분진포집량은 건식여재 보다는 부직포가 4배 정도 큼을 알 수 있고, 단

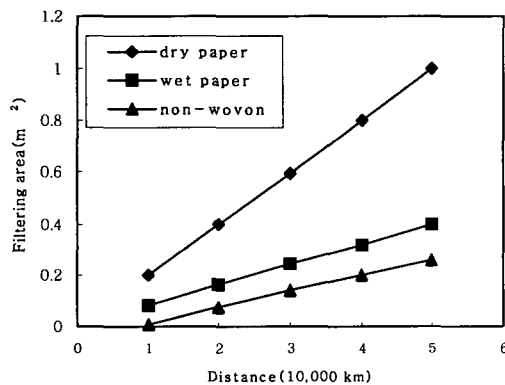


Fig. 6 Filtering area distribution of three types of filter media.

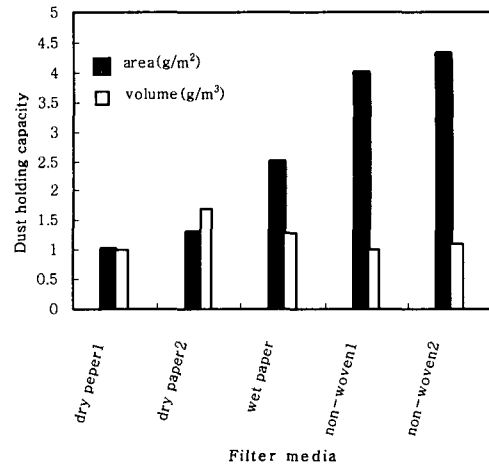


Fig. 7 Dust holding capacity of five types of filter media.

위체적당 분진포집량은 건식여지 2가 가장 높고, 습식여지, 부직포 2의 순으로 나타났다. 그리고 건식여지의 경우는 1과 2를 비교해 보면 두께가 얇고 기공크기가 작은 건식여지 2가 단위체적당 분진포집량이 170%로 커짐을 알 수 있고, 부직포의 경우는 기공의 변화가 단위체적당 분진포집량에 미치는 영향이 그리 크지 않음을 알 수 있다.

또한 여재의 물성이 같은 습식여지가 건식여지

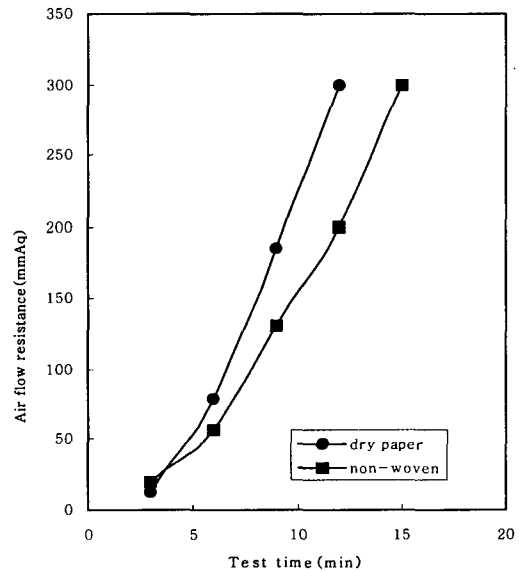


Fig. 8 Air flow restriction vs. test time of two types of filter media.

1보다는 단위면적당 분진포집률이 130%, 단위체적당 분진포집률은 250% 향상됨을 알 수 있다.

습식여지의 집진효율은 초기 98.2%, 수명 98.7%로 건식여지 1과 유사하였다. 결과적으로 식(2)에서와 같이 흡입공기와 분진의 혼합비인 분진농도를 일정하게 유지한다면 각 여재별 단위면적당 분진포집량은 부직포 > 습식여지 > 건식여지 순으로 부직포가 동일 여과면적에서 가장 많은 분진을 포집할 수 있음을 알 수 있다.

단위체적당 분진포집능력은 여재의 종류보다는 여지의 물리적 성질인 두께, 기공크기 등과 엔진에 흡입되는 공기의 흐름방향에서 에어필터의 분진이 포집되는 형식, 즉 표면여과, 내부여과, 체로치기 여과방식에 의해 차이가 있고 습식여지가 가장 높은 단위체적당 분진포집량을 보이고 있는데 이것은 여재의 표면과 그 표면오일의 내부로 분진이 포집되는 여과방식이 상당부분 영향을 준 것으로 판단된다.

Fig. 8은 건식여지와 부직포의 경우 동일시험조건에서 통기저항의 증가특성을 시험한 것이다. 동일한 통기저항 규제치에 이르는 시점이 건식여지 1과 부직포 1의 경우 부직포가 약 2분 길었다. 에어필터의 초기집진효율과 수명집진효율이 엔진의 기준조건에 만족되는 범위 내에서 통기저항의 규제치에 건식여지보다는 부직포의 도달시간이 길어진다. 이것은 같은 여과면적에서 부직포 에어필터가 건식여지 에어필터보다 에어필터 수명이 더 길고, 따라서 에어필터 교환주기가 길다는 것을 의미한다.

4. 결 론

이상의 자동차 흡기 에어필터에 대한 성능측정과 분석결과를 종합하면 다음과 같다.

(1) 동일한 시험조건에서는 여재의 두께보다는 기공크기가 작을수록 높은 효율을 나타내었다.

(2) 원형 에어필터가 사각형 에어필터보다 단위면적당 분진포집량과 초기집진효율이 높음을 알

수 있었다.

(3) 엔진의 흡입공기와 분진의 혼합비인 분진농도를 일정하게 유지할 때 단위면적당 분진포집량을 각 여재별로 비교하면 부직포 > 습식여지 > 건식여지 순으로 측정되었다.

(4) 집진효율이 엔진의 기준조건에 만족될 때 통기저항 규제치까지의 필터수명은 건식여지보다 부직포의 수명이 길게 나타났다.

참고문헌

1. Oh, M. D., 1990, Contamination control and air cleaning system for indoor air quality, Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 19, No. 6, pp. 342-351.
2. Korea National Railroad, 1992, Maintenance Guide Book for Saemaul Diesel Hydraulic Train, pp. 36/2-44/2.
3. Oh, M. D. and Myung, H. K., 1992, The future practice of contamination control, Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 6, pp. 514-528.
4. Kim, K. Y., 1992, Airborne particulate measurements, Korean Journal of Air Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 5, pp. 392-401.
5. Japan Industrial Standards Committee, 1995, Test Powders and Test Particles (JIS Z 8901), pp. 1-10.
6. Japan Industrial Standards Committee, 1989, Test Method of Air Cleaners for Automobiles (JIS D 1612), pp. 1-58.
7. International Organization for Standardization, 1988, Inlet Air Cleaning Equipment for Internal Combustion Engines and Compressors—Performance Testing.