한국기계가공학회지, 제21권, 제3호, pp. 43～48(2022.03) ISSN 1598-6721(Print)
Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 21, No. 3, pp. 43~48(2022.03) ISSN 2288-0771(Online)

https://doi.org/10.14775/ksmpe.2022.21.03.043

자동차 주행풍과 브레이크 캘리퍼 위치에 따른 비산먼지 포집기의 특성연구

손병래*, 안준형**, 이영환***, 황영국**,#

*호남대학교 미래자동차공학부, **조선이공대학교 자동화시스템과, ***전남과학대학교 자동차과

A Study on the Evaluation of a Scattering Dust Collector in Vehicle-Induced Wind and Brake Caliper Locations

Byeong-Rea Son*, Jun-Hyung Ahn**, Young-Hwan Lee***, Young-Kug Hwang**,#

*Department of Automotive Engineering, Honam University.,

**Department of Automatic System, Chosun College of Science & Technology.,

***Department of Automobile, Chunnam Techno University

(Received 18 November 2021; received in revised form 21 December 2021; accepted 21 January 2022)

ABSTRACT

A scattering dust collector in automobile brake pads was investigated in this study. The dust scattering was measured by mounting a booth with a particle counter for both the vehicle-induced wind and brake caliper locations. In addition, the collection effect of the dust scattering was analyzed using the designed dust collector. The results of this study can be used to develop an advanced dust collector and the field test modes for dust scattering in an automotive brake system.

Keywords : Scattering Dust Collector(비산먼지 포집기), Brake Pads(브레이크 패드), Particle Counter(먼지 측정기), Caliper(캘리퍼)

1. 서 론

자동차는 일반적으로 고속 주행이 가능하여 운전자와 동승자의 안전을 위해 각종 시스템이 적용되어 있다. 이러한 안전 시스템 중에서 차량의 제동을 위한 브레이크 시스템은 가장 기본적이고 중요한 시스템이다. 브레이크 시스템은 운전자의 브레이크 페달 조작 시 캘리퍼 하우징 내의 피스톤이 유압에 의해 작동하고 디스크의 양 측면에 있는 마찰재인 브레이크 패드가 밀착 및 마찰력에 의해 디스크 회전이 멈춰짐에 따라 차량을 제동시킨다. 이때, 브레이크 패드와 디스크 사이에 발생하는 마찰에 의해 인체에 해로운 각종 비산먼지 및 마찰재의 성분인 이물질 등이 발생되어 인체에 흡입이 되면 호흡기질환의 원인이 되며, 공기를 오염시켜 동식물 및 주변 환경에 악영향을 미치고 있다[1-4]. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 최근 자동차 브레이

Corresponding Author : hyk@cst.ac.kr
Tel: +82-62-230-8294, Fax: +82-62-230-8291

Copyright © The Korean Society of Manufacturing Process Engineers. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 3.0 License (CC BY-NC 3.0 http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

크 패드의 마모에 의한 비산먼지 저감이나 포집을 할 수 있는 대책으로 플라즈마 대전을 통해 냉각 공기의 흐름을 제어하여 비산먼지를 포집하는 기술[5], 브레이크 다이나모미터를 이용한 비산먼지 포집 연구[6] 및 비산먼지 회수 하우징과 음압을 이용하여 수거하는 방법[7] 등 다양한 기술들이 연구되고 있다.

본 연구는 저자의 선행연구[8]에서 소개한 자체 제작된 비산먼지 포집기를 캘리퍼의 장착 위치와 차량의 주행 풍에 의한 포집 특성을 분석하였다.

2. 실험방법 및 분석

실제 차량에서 브레이크 패드의 마모에 의해 발생하는 비산먼지를 직접적으로 포집하기에는 차량의 주행조건, 브레이크 상태와 브레이크 패드의 온도에 따른 마찰계수 등 고려해야할 유해인자가 많다. 이에, 실내에 차량의 브레이크 시스템을 구비하여 비산먼지를 측정할 수 있는 시스템을 구성하였다. 측정 시스템에서는 100km/hr의 디스크 회전 속도와 1.0kg/cm^{2}의 브레이크 제동압력으로 제동되도록 하였고 제동 시간은 10sec로 100회 반복하여 패드의 마모에 의해 발생되는 비산먼지를 측정할 수 있도록 구성하였다.

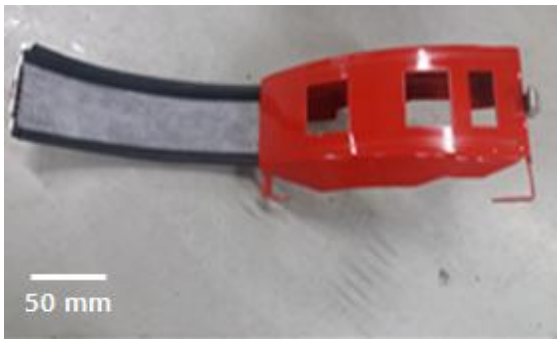
또한, 비산먼지의 경우 온도와 습도에 영향을 받을 수 있으므로 이러한 영향인자를 해소하기 위해 부스 내부의 온도를 25℃±2℃, 습도를 50%로 일정하게 유지할 수 있도록 하였다[8].

2.1 비산먼지 포집기 및 장착 방법

자동차 브레이크 패드를 감싸고 있는 캘리퍼에 쉽게 장착이 가능한 자체 개발된 비산먼지 포집기를 Fig. 1(a, b)에 나타내었다. 포집기는 캘리퍼의 냉각 배출구를 고려하여 냉각 배출에 용이한 구조이며, Fig. 1(c)에 보이는 바와 같이 포집기 내에 지름 10㎛ 이하의 비산먼지를 여과할 수 있는 필터를 장착하였다.

브레이크 캘리퍼는 차량마다 요구하는 최소 제동마력에 따라 브레이크 시스템의 사양이 다르고 패키징 과정에서 서스펜션과 스티어링 시스템의 간섭과 영향 등의 여러 이유에 따라 차량의 브레이크 캘리퍼의 위치가 결정된다. 따라서 브레이크 시스템을 차량의 전방과 후방 방향으로 나누었을 때, 디스크를 중심으로 전방에 위치하면 전치형, 후방에 위치하면 후치형이라 구분할 수 있다. 이에 따라, Fig. 2는 디스크의 장착 위치에 따라 포집기를 장착하여, 전치형 포집기(Fig. 2a)와 후치형 포집기(Fig. 2b)로 구분하였다.

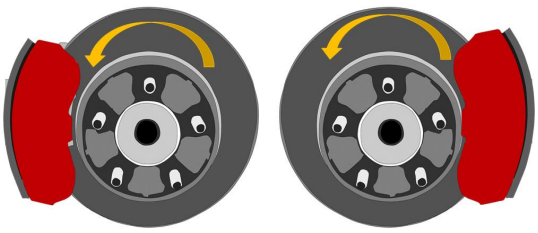
(a) Our scattering dust collector



(b) Dust collector with a micro filter

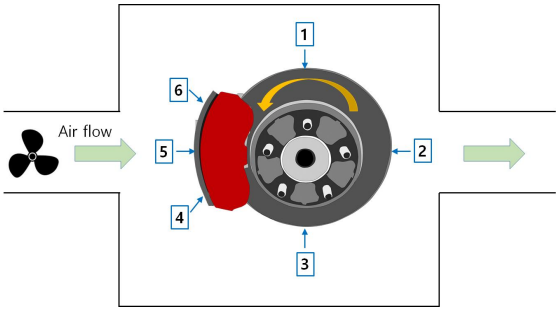
(c) Micro filter

Fig. 1 Scattering dust collector

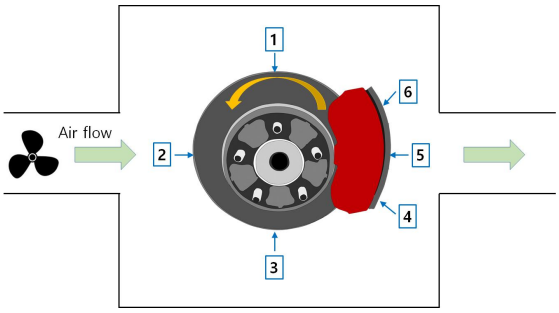


(a) Forward caliper mode (b) Rearward caliper mode

Fig. 2 Measuring modes of scattering dust collector according to brake caliper location



(a) Forward caliper mode



(b) Rearward caliper mode

Fig. 3 Brake dust measuring system according to measurement location and vehicle-induced wind

2.2 비산먼지 포집

차량의 주행 시 전치형 포집기와 후치형 포집기의 포집 특성을 분석하기 위해 실험 측정 부스 내에 포집기를 장착 후 포집기로부터 60 mm 거리에서 브레이크 디스크를 중심으로 6개소의 위치를 선정하였고 먼지 측정기(FLUKE 사, 985)를 이용하여 측정하였다.

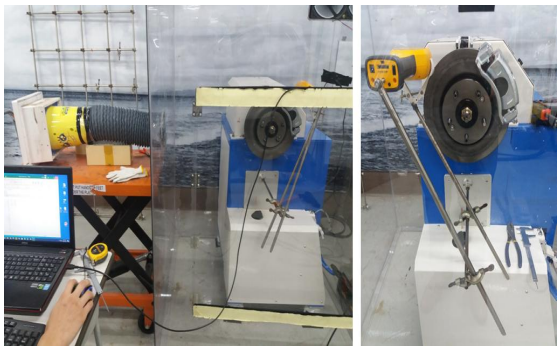


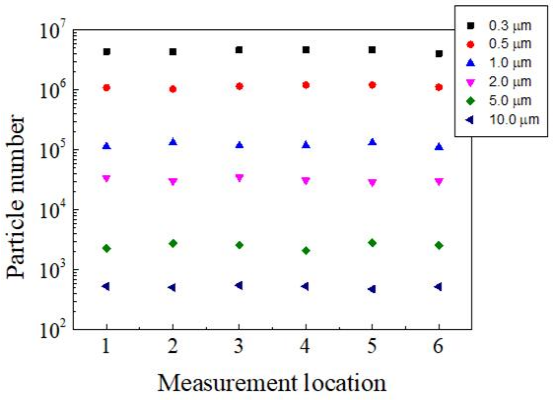
Fig. 4 Brake dust measuring system with a particle counter

각 위치별 측정과 비산먼지의 크기별(0.3㎛, 0.5㎛, 1.0㎛, 2.0㎛, 5.0㎛, 10.0㎛) 측정은 4 회를 반복적으로 측정한 후 평균값으로 나타내었다.

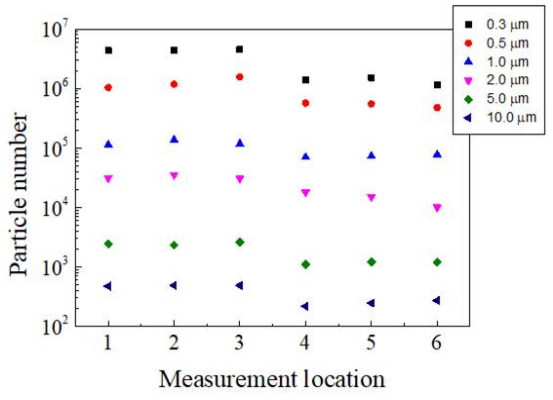
주행 풍의 조건을 위해 실험부스에 11m/s의 풍속을 가했으며, 풍속 조건에 의한 전치형 포집(Fig. 3a)과 후치형 포집 방법(Fig. 3b)을 각각 나타내었으며, Fig. 4는 측정 시스템을 보여준다.

2.3 비산먼지 포집결과 분석

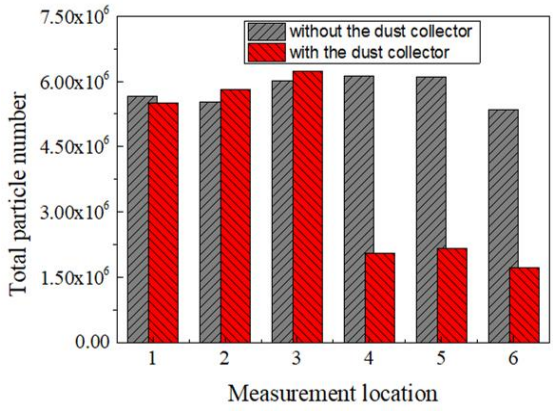
Fig. 5는 실험 부스 내에서 풍속에 의한 전치형 캘리퍼에 포집기의 장착 전(Fig. 5a)과 장착 후(Fig. 5b)의 비산먼지의 측정 결과를 나타내었다. 또한, Fig. 5c는 각 측정 위치에서 측정된 비산먼지 크기별 측정량을 전체 합산하여 포집기 장착 유무에 따른 변화를 보여준다. Fig. 6은 후치형에 대한 포집 결과를 Fig. 5와 같이 나타내었다. 측정 결과를 토대로 비교 분석하면 전치형에서는 포집기 장착 전 비산먼지의 분산 형태가 풍속의 조건에서도 비교적 고르게 비산됨을 알 수 있었지만, 포집기가 장착된 4 ~ 6번 위치에서는 약 60% 이상의 비산먼지가 감소되었음을 알 수 있었다. 특히, 앞선 선행연구[7]에서 풍속 조건이 없을 시에는 부스 내의 위치별 비산된 먼지가 포집기의 장착에 따라 전체적으로 감소가 되었으며 포집기 위치에서는 더욱 감소됨을 알 수 있었는데, 풍속 조건에서는 풍속에 의해 비산먼지 일부가 이미 부스 외부로 유출되고 있어 부스 내의 디스크 주변은 일정한 비산형태를 나타냄을 알 수 있었다.



(a) Without the dust collector

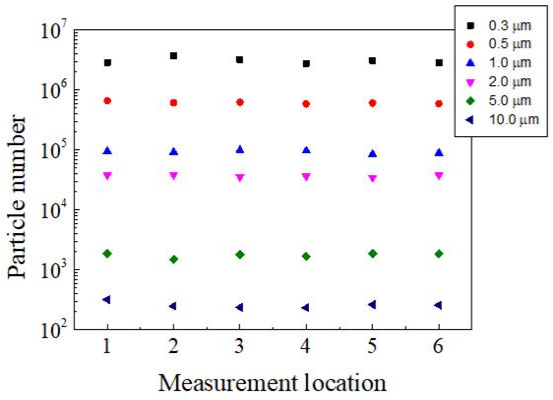


(b) With the dust collector

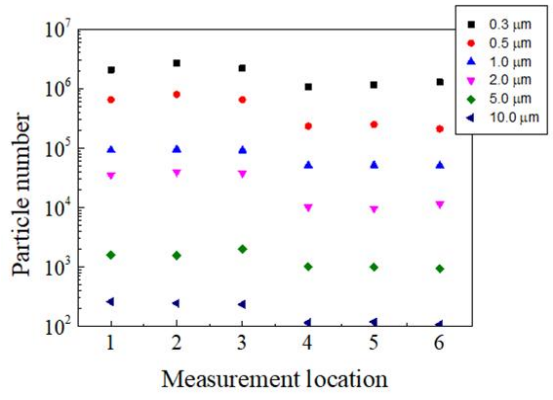


(C) Comparison of total particle number without and with the dust collector

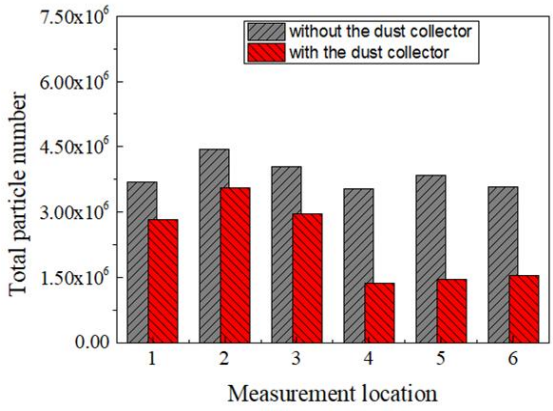
Fig. 5 Measuring mode of forward caliper according to 60 mm measuring distance



(a) Without the dust collector



(b) With the dust collector



(c) Comparison of total particle number without and with the dust collector

Fig. 6 Measuring mode of rearward caliper according to 60 mm measuring distance

(a) Forward caliper mode

(b) Rearward caliper mode

Fig. 7 Filtering result of scattering dust collector

이와 반대로 후치형의 포집 결과를 나타낸 Fig. 6에서는 포집기 장착 유무에 따라 전치형과 마찬가지로 50% 이상의 비산먼지가 감소되었음을 알 수 있었는데 전치형과는 다르게 포집기 전의 비산먼지가 위치별에 따라 많이 감소되어 있음을 확인할 수 있었다. 이는 풍속의 방향과 캘리퍼의 장착 위치가 후치형임을 감안하면 패드 마모 시 비산먼지가 대기 중에 비산되기 전 풍속의 방향으로 인해 포집기 필터에 대부분 먼저 포집되었음을 나타내며, Fig. 7에서와 같이 전치형과 후치형 각각의 포집기 필터링 결과를 통해 확연한 차이가 나타냄을 알 수 있었다.

3. 결 론

본 연구에서는 자체 제작한 비산먼지 포집기를 이용하여 풍속과 브레이크 캘리퍼의 장착 위치별로 포집기의 특성을 분석하였고, 결과는 다음과 같다.

1. 전치형 포집기는 비산먼지의 측정 위치 대비 포집기의 유무에 따라 약 60% 이상의 비산먼지를 포집할 수 있었지만, 포집기가 풍속의 방향과 마주하고 있어 대기 중으로 비산되는 먼지의 양이 후치형에 비해 많음을 알 수 있었다.
2. 후치형 포집기는 전치형과 마찬가지로 비산먼지 측정 위치 대비 포집기에 따라 약 50% 이상을 포집하였고 풍속의 방향에 포집이 위치하고 있어 대기 중에 비산되는 먼지의 양은 전체적으로 감소되었음을 확인하였다.
3. 본 연구에서 사용한 자제 제작된 포집기는 전치형과 후치형의 장착 위치와 풍속의 방향에 따라 포집의 차이가 발생함을 알 수 있었고, 실제 차량에 장착 시에는 타이어와 휠 그리고 휠하우스 등의 영향에 따른 풍속의 변화를 고려한다면 더욱 진보된 비산먼지 포집 연구가 가능할 것으로 여겨진다. 이에 따라, 향후 실제 차량의 조건을 적용하여 진보된 포집기 제작 연구를 진행하고 포집 특성을 분석할 예정이다.

REFERENCES

1. Hong, S., Jung, D., and Sunwoo, M., "A Control Strategy of Fuel Injection Quantity and Commonrail Pressure to Reduce Particulate Matter Emissions in a Transient State of Diesel Engines," Transactions of KSAE, Vol. 23, No. 6, pp. 623-632, 2015.
2. Jung, S. P., Lee, P. G., "Analysis of PM10 Level Fine Dust Content Rate According to Braking Conditions of an Automotive Disc Brake System," Transactions of KSAE, Vol. 28, No. 7, pp. 445-452, 2020.
3. Lee, S. H., "Characterization of Non-exhaust Particulate Matters(PM) Generated from Tire and Brake," KSAE Auto Journal, Vol. 39, No. 8, pp. 34-38, 2017.
4. Han, D. Y., Lee, Y. L., “Variation of Collection Efficiency with Turbulence Model in a Mini Cyclone for Collecting Automobile Brake Fine Dust,” Journal of the Korean Society of

Manufacturing Process Engineers, Vol. 20, No. 3, pp. 47-52, 2021.
5. Shin, H. S., Lee, J. Y., and Kim, Y. G., "Apparatus for Collecting Wear Dust Friction Materials in Disk Brake", Patent 10-2020-0057858, 2020.
6. Jung, S. P. and Park, H. B., "Analysis of Influence Parameters for Brake System`s Performance during High Speed Braking", Transactions of KSAE, Vol. 25, No. 2, pp. 196-201, 2018.
7. Park, J. R., Kim, H. J., "Dust Collecting Apparatus for Brake Disc", Patent 10-2112358, 2020.
8. Son, B. R., "A Study on the Characteristics of Scattering Dust Generated from Automobile Brake Pads," Transactions of KSAE, Vol. 29, No. 2, pp. 165-172, 2020.