

가솔린엔진 인젝터의 분무특성

이상인*, 이성원*, 박성영**

*공주대학교 일반대학원 기계공학과

**공주대학교 기계자동차공학부

e-mail:sungyoung@kongju.ac.kr

Performance Characteristics for the Gasoline Engine Injector

Sang-In Lee*, Sung-Won Lee*, Sung-Young Park**

*Mechanical Engineering Dept., Graduate School, Kongju National University

**Div. of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University

요 약

본 연구는 자동차용 가솔린엔진에 장착되는 인젝터의 연료공급 특성에 대한 것으로, 가솔린 엔진의 전자제어식 포트 연료분사는 분무장치와 흡기포트의 최적화 및 분무특성이 우수해야 엔진의 성능 향상 및 배기가스 저감의 목적을 이룰 수 있다. 4홀과 12홀 인젝터의 장착각 변화와 포트 마스킹의 형상변화에 따른 벽유량을 측정·분석하였고, 분무가시화 실험을 통하여 분무성장과정과 분사각, 연료미립화 및 분무도달거리를 분석하였다. 벽류측정 실험을 통하여 벽류는 미립화정도와 흡기유동과 유속에 가장 큰 영향을 받는 것으로 판단되며, 12홀 인젝터 대비 4홀 인젝터는 분무압력에 따라 분무특성의 변화량이 크게 나타났다.

1. 서론

최근 들어 지구 온난화에 의한 CO₂등 각종 배기가스 규제와 연비 규제에 따른 친환경, 저연비 구현 기술과 저소음 및 운전안전성등 기본적인 성능에 대한 요구가 증가하고 있는 실정이다. 이러한 다양한 요구에 부응하기위하여 엔진에 대한 기술개발이 더욱 요구된다. 특히 연소 특성을 지배하는 연료의 공급특성 및 미립화는 승용차용 엔진의 대부분을 이루고 있는 가솔린 엔진에 있어 매우 중요한 성능인자이다. [1-2]

현재 대부분의 자동차용 엔진에는 전자제어식 포트 연료분사 기구를 사용하고 있다. 이는 미립화, 신뢰성 및 가격면에서 여러 장점을 가지고 있기 때문이다. 포트분사 가솔린 엔진의 연소는 분무장치에 의한 미립화 특성 및 포트 벽면에 wetting된 연료의 벽류에 큰 영향을 받는다. 또한 분무장치와 흡기포트의 최적화가 이루어져야 분사시스템이 최적의 성능을 발휘할 수 있다. 따라서 흡입되는 공기유동의

변동에 강건한 설계가 이루어져야하며, 분무의 거동 특성이 우수해야 엔진의 성능 향상 및 배기가스 저감의 목적을 이룰 수 있다. [3-5]

본 연구의 목적은 4홀 인젝터와 12홀 인젝터의 흡기포트내에 흡입되는 공기의 변동과 인젝터 장착각 및 포트 마스킹 형상변화에 따른 벽유량을 측정, 분석하고 분무가시화를 통하여 분무발달과정과 분무압력 변화에 따른 분사각, 연료미립화, 및 분무도달거리를 분석하고자 한다.

2. 실험 방법 및 장치

2.1 인젝터

본 연구에 사용된 인젝터는 가솔린 연료를 사용하는 MPI용 4홀 인젝터 및 12홀 인젝터로 그림 1과 같다. 4홀 인젝터는 분무홀이 인젝터 중앙에 2*2형태의 구조를 가지고 있으나 12홀 인젝터는 10개의 방사 형태의 분무홀과 중앙에 2개의 분무홀 구조로 이루어져있다.



4홀 인젝터

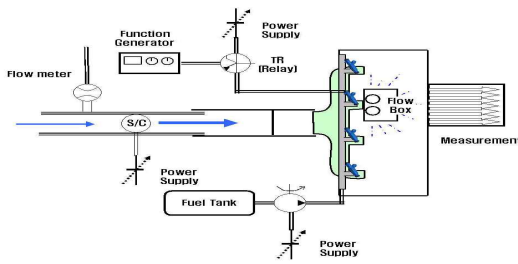


12홀 인젝터

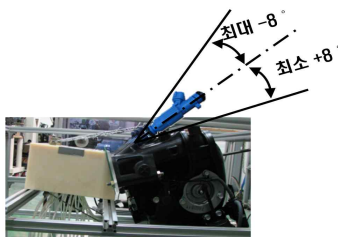
[그림 1] 인젝터 사진

2.2 벽류측정

벽유량은 인젝터의 분사각, 미립화정도, 흡기의 속도 및 마스크의 형상등에 많은 영향을 받는다. 각 인젝터의 흡기속도, 인젝터의 장착각과 마스크 형상에 따른 벽류를 측정하기 위해서 벽류 실험장치를 구성하였다. 벽류측정의 편의를 위하여 포트 실험용으로 제작된 플로우 박스를 흡기매니폴드에 장착하였으며, 벽류 측정을 위해 제작된 특수한 시트링을 장착하였다. 밸브시트링은 24개의 벽류 포집관을 장착될 수 있도록 홀이 가공되었다.



(a) 벽류측정 개략도



(b) 인젝터 장착각

[그림 2] 인젝터 장착각 변화

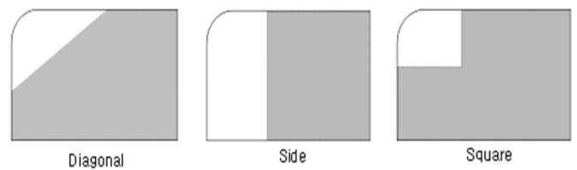
인젝터 장착각도별 벽유량 측정

인젝터 장착각의 변화에 따른 벽유량을 측정하기 위해서 그림 2와 같은 실험장치를 구성하였다. 인젝터 장착각의 변화에 따른 벽유량을 측정하기 위해 벽류측정리그에 $-8^{\circ} \sim +8^{\circ}$ 까지 2° 간격의 변화를 주

어 인젝터를 장착·실험하였으며 흡기포트의 진행방향과 인젝터의 장착각의 기울기가 작을수록 (+)각도로 정의 하였다.

마스킹 형상에 따른 벽유량 측정

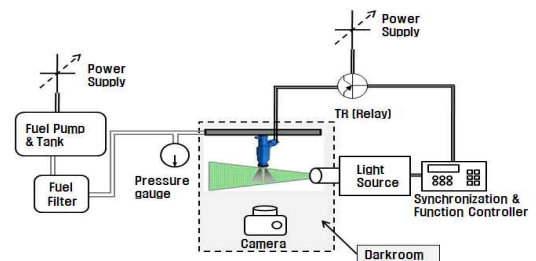
와류 발생을 위해 장착되는 마스크는 Cf와 유속에 변화를 주어 벽유량에 큰 영향을 준다. 마스크 형상에 따른 벽유량을 측정하기 위하여 그림3과 같은 Diagonal, Side 그리고 Square 형상의 마스크를 제작하여 장착하였고, 인젝터에서 분사되는 연료와 마스크가 직접 충돌하는 것을 피하기 위하여 인젝터 전단에 장착하였다.



[그림 3] 벽류측정용 마스크 형상

2.3 가시화 실험장치

각 인젝터의 분무압력에 따른 분무발달과정과 분사각 및 분무도달거리의 변화량을 측정하기 위해서 그림 4와 같은 가시화 실험장치를 구성하였다. 광원으로는 고전압에 의하여 충전한 에너지를 순간적으로 방출하여 빛을 발생시키는 장치를 사용하였으며, Nikon D90 카메라를 사용하여 촬영하였다. 촬영은 암실의 조건에서 분무기간 중 빛을 노출시켜 카메라의 조리개를 통하여 들어오는 영상을 취득하는 기법을 사용하였다. 각 인젝터의 분무발달과정을 확인하기 위하여 주 분무 방향으로 촬영하였으며, 0.5ms 간격으로 빛을 노출시켰다.



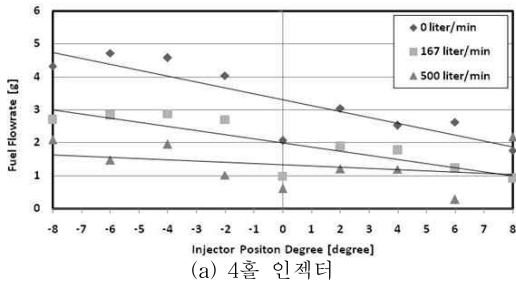
[그림 4] 분무 가시화 개략도

3. 결과 및 고찰

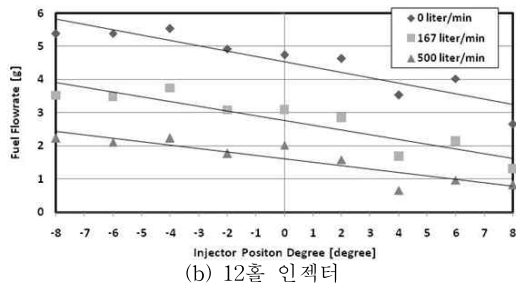
3.1 벽유량 측정 결과

인젝터 장착각도별 벽유량 측정 결과

인젝터 장착각은 흡기포트 벽면에 분사된 연료의 충돌면적 변화에 직접적인 영향을 주기 때문에 벽유량에 큰 영향을 미친다. 그림 5는 4홀과 12홀 인젝터의 장착각에 따른 벽유량 측정결과를 보여주고 있으며 전반적으로 인젝터 장착각이 증가할때 흡기의 주 유동과 연료가 유사한 각도로 분사되어 벽유량이 감소하는 것을 알 수 있다. 4홀 인젝터의 경우 장착각 0°에서 벽유량이 일시적으로 감소하는 것을 확인하였는데, 이는 인젝터의 장착각이 0°에서 인젝터 분사각과 흡기포트 러너의 간섭을 가장 적게 받아 충돌면적이 가장 적기 때문으로 판단되고, 0°로 장착된 12홀 인젝터는 분사초기부터 미립화된 입자가 간섭으로 인한 충돌면적의 변화보다 흡기속도의 영향을 더 받아 변화가 없는 것으로 사료된다.



(a) 4홀 인젝터



(b) 12홀 인젝터

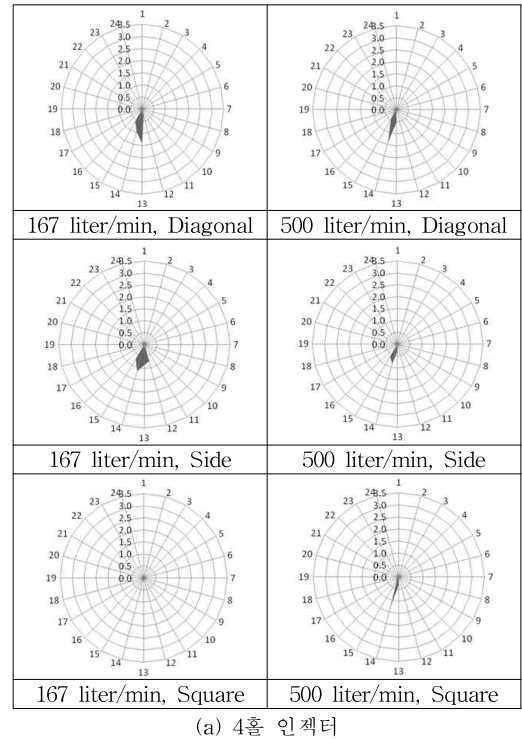
[그림 5] 인젝터 별 장착각 변화에 따른 벽유량 변화

마스킹 형상에 따른 벽유량 측정 결과

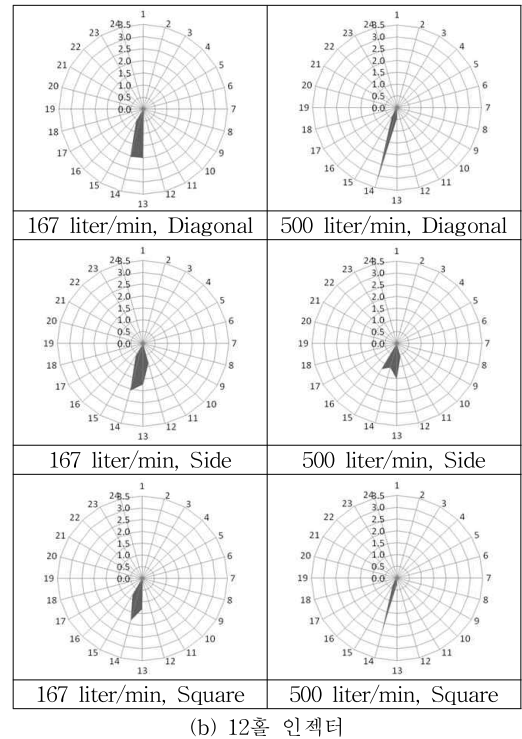
마스킹 형상에 따른 벽유량의 영향을 확인하기 위하여 Diagonal, Side, Square 형상의 마스킹을 제작, 장착하여 벽유량을 측정하였다.

그림 6은 마스킹 형상별, 흡기량별 벽유량을 보여주고 있다. 흡기가 0 liter/min의 경우는 마스킹 유무의 의미가 없으므로 실험에서 제외하였다. 전체적으로 흡기량이 많아지고, 마스킹의 스톱링 면적이 작아질수록 흡기속도가 증가하여 벽유량이 감소하는 것으로 나타났다. 대칭의 포트이기 때문에 마스킹을 반대로 장착하여 실험을 추가, 진행하였다. 이 경우

에는 14번홀에 편중되던 벽류가 13번홀로 이동되었지만 전체적으로 비슷한 경향과 벽유량을 나타내었다. 와류생성을 위해 장착된 마스킹은 벽유량감소에 긍정적인 방향으로 작용하지만 흡기의 Cf측면에서 보면 저항으로 작용할 것으로 판단된다.



(a) 4홀 인젝터



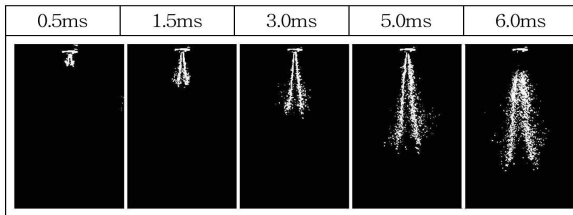
(b) 12홀 인젝터

[그림 6] 인젝터별 마스킹형상에 따른 벽유량 [g]

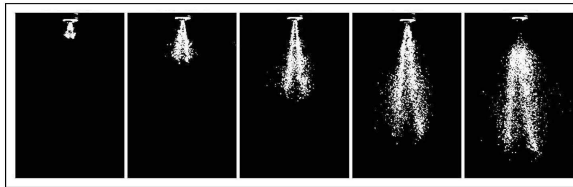
3.2 분무 가시화

분무 가시화

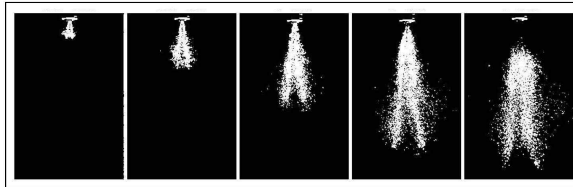
그림 7은 4홀과 12홀 인젝터의 분무압력별 분무 발달과정 가시화 사진이다. 인젝터의 주 분무방향에서 정지 상태의 대기로 분출되는 연료는 항력의 영향을 받아 분무선단을 따라 분열되며, 분무시간이 경과함에 따라 연료의 미립화가 활발히 이루어진다. 또한 분무압력이 증가함에 따라 미립화가 활발히 진행되며, 좀 더 빠르게 분무가 진행함을 볼 수 있다. 4홀 인젝터 대비 12홀 인젝터에서 분무되는 연료의 분열이 분무초기부터 더 빨리 일어나서 미립화가 활발히 진행함을 볼 수 있다.



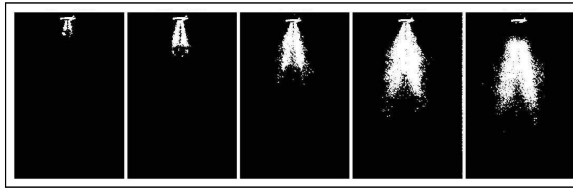
4홀 2bar



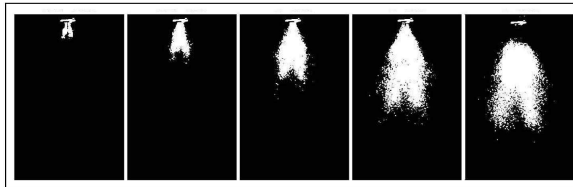
4홀 3bar



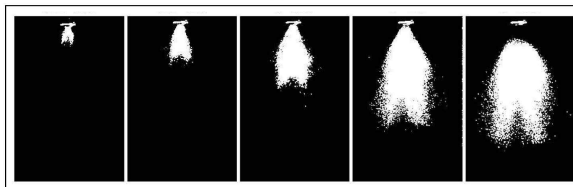
(a) 4홀 4bar



12홀 2bar



12홀 3bar

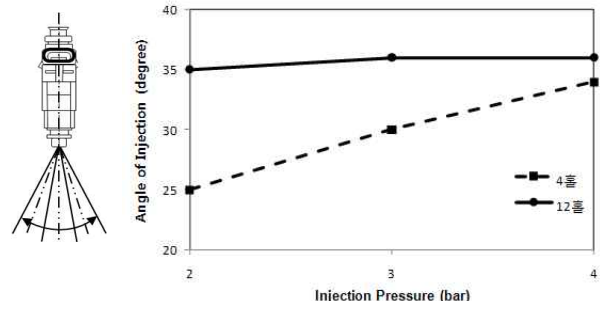


(b) 12홀 4bar

[그림 7] 분무압력별 분무 가시화 사진

분사각

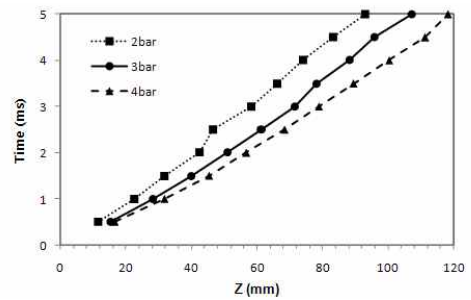
그림 8은 분무압력별 각 인젝터의 분사각 비교결과를 보여주고 있다. 4홀 인젝터는 분무압력에 의해 분사각이 증가하였으나 12홀 인젝터는 분무압력에 의한 영향을 적게 받는 것을 볼 수 있다. 이는 4홀 인젝터는 인젝터 중앙에 위치한 4개의 분무홀에 의하여 연료가 분사되기 때문에 12홀 인젝터에 대비하여 분무압력에 의하여 분무특성이 크게 달라지는 것으로 사료된다.



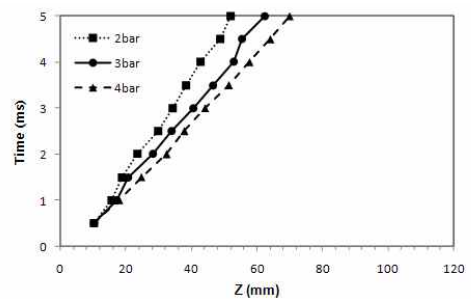
[그림 8] 분무압력별 분사각

분무 도달거리

그림 9는 분무 도달시간과 분무 축 방향의 거리를 연료분무압력별로 보여 주고 있다. 분무압력이 커짐에 따라 분무도달시간이 빠르게 나타나고 있으며, 도달거리가 분사시간에 따라 선형적으로 증가함을 볼 수 있다. 분무초기영역에서는 12홀 인젝터는 분무도달거리 변화량이 미미하였으나 4홀 인젝터는 차이를 보이고 있으며, 분무압력에 따라 최대 분무도달거리의 변화량이 큰 것을 볼 수 있다.



(a) 4홀



(b) 12홀

[그림 9] 분무 도달거리

4. 결론

본 연구를 통하여 인젝터 장착각과 마스크 효과에 의한 벽유량 및 분무 가시화실험을 통하여 다음과 같은 결론 및 효과를 얻을 수 있었다.

- 1) 벽류측정 실험을 통해 확인한 결과 벽유량은 흡기 유동과 유속에 큰 영향을 받는 것으로 판단된다.
 - 인젝터 장착각 변화를 통해 흡기유동과 유사한 각도로 연료가 분사될 때 벽유량은 감소하였다.
 - 마스크의 경우 스로틀링 면적이 감소하여 유속이 증가할때 벽유량 감소에 효과를 보였지만 흡기의 Cf측면에서는 저항으로 작용할 것으로 판단된다.
- 2) 분무압력 변화를 통해 분사각, 분무도달거리, 연료의 미립화 변화특성을 분석하였으며, 12홀 인젝터가 압력 변화에 대한 미립화의 강건성 측면에서 우수한 분무특성을 보였다.
 - 4홀 인젝터는 분무압력이 증가함에 따라 분사각, 분무도달거리가 증가하는 특성을 보였다.
 - 12홀 인젝터는 전 분무압력에서 연료의 미립화가 활발히 일어났으며 분무압력에 의한 분사각과 분무도달거리의 변화량은 미소하였다.

후기

본 연구는 지식경제부의 산업기술개발사업의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 윤면근, 이재성, 류정인 “6 hole 가솔린 인젝터의 분무특성에 관한 실험적 연구”, 한국자동차공학회 2001년도 춘계학술대회 논문집, pp. 3-9, 2001.
- [2] 윤면근, 이재성, 김진구, 류정인 “Air-Shrouded 2-hole 가솔린 인젝터의 질량분포특성” 한국자동차공학회 1999년도 추계학술대회 논문집, pp 28-33, 1999.
- [3] 김봉규, 이기형, 이창식, 강건용 “가솔린 엔진 흡기 포트내의 연료거동 및 벽류생성 가시화 방법에 관한 연구”. 한국자동차공학회 1997년도 춘계학술대회 논문집, pp 47-52, 1997.
- [4] 이기형, 이창식, 김봉규 “MPI인젝터 분무 특성에 따른 벽류 생성 및 분포에 관한 연구”, 한국자동차 공학회 1996년도 춘계학술대회 논문집, pp 361-367, 1996.

- [5] 이기형, “전자제어식 가솔린 엔진의 연료거동 특성에 관한 연구”, KOSEF 961-1005-039-2, 1998.
- [6] 이상인, 이성원, 박성영 “하이브리드 자동차용 가솔린엔진 연료공급 특성연구”, 한국산학기술학회 2009년도 춘계학술발표논문집, pp.539-542, 2009