

고효율 직접분사 가솔린 인젝터의 분무특성 연구

이상인*, 박성영**

*공주대학교 기계자동차공학부

**공주대학교 공과대학 생산기술연구소

sungyoung@kongju.ac.kr

Study on the Spray Characteristics for the GDI Injector

Sang-In Lee* and Sung-Young Park**

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

**Industrial Technology Research Institute, College of Engineering,

Kongju National University

요 약

본 연구는 직접 연료분사 가솔린 엔진에 장착되는 고압연료 인젝터의 연료공급 특성에 대한 것으로, 두 종류 GDI 인젝터의 분무가시화 실험을 수행하였고, 분무특성을 분석하였다. 가시화 실험을 통하여 인젝터 끝단·분사 초단부근 연료거동을 확인하였고, 인젝터의 특성인 도달거리와 관통력을 확인하였으며, 분위기 압력의 변화에 따른 분무특성을 고려하여 실험을 수행하였다. 두 인젝터 모두 분위기 압력이 증가함에 따라 도달거리와 분사각이 감소하였다. B type의 인젝터 보다 A type의 인젝터가 분위기 압력에 민감한 것으로 나타났다. 본 연구를 통하여 분위기 압력의 변화에 따른 분무거동의 변화를 확인 하였으며 직접 분사인젝터의 엔진적용을 위한 기초 분무 데이터를 확보하였다.

1. 서론

최근 주요 선진 각국에서 배기가스에 의한 지구 온난화가 더욱 가속화되고 있다는 연구가 다수 보고 되고 있다. 지구 온난화의 주요 원인인 CO₂와 NO_x는 자동차의 주 배기성분이기 때문에 필연적으로 자동차의 배기규제가 점차 심화되고 있는 실정이다[1]. 이러한 이유에서 자동차의 배기성분중 CO₂와 NO_x를 줄이고자하는 노력은 계속되어 왔고, 그 노력의 일환으로 엔진의 효율을 높여 CO₂를 감소 시키고, 적정 연소온도를 유지하여 NO_x를 줄이는 기술인 GDI(Gasoline Direct Injection)기술에 대한 연구가 활발히 진행 되어 왔다[1-2].

가솔린 직접분사는 연소실내에 연료를 직접 분사 하기 때문에 흡기매니폴드에 연료를 분사하는 MPI에 비해 엔진 응답성이 좋고, 효율적으로 적정량의 연료를 분사하며, 희박연소에서도 우수한 효과를 낸다. 또 직접 분사된 연료에 의해 연소실을 냉각시키는 효과도 있어 NO_x 저감에도 큰 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 이런 큰 장점에도 불구하고 최근에야 그 기술이 차량에 대중적으로 적용되고 있다. 이것은 GDI 엔진이 많은 문제를 안고 있었기 때문

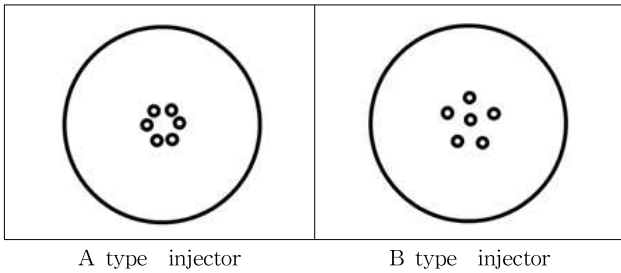
이다. 분사된 연료가 점화기를 wetting시켜 불연소가 발생하기도 하고, 노킹(Knocking)에 의한 출력저하, 공기와 연료의 혼합기의 불균형 등의 문제를 해결하지 못했기 때문이다. 많은 문제들이 해결되었지만 아직 해결되지 못한 문제들이 남아있다. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 옥탄가를 높이는 방법이 제시되었지만 옥탄가를 높이는 방법은 발암의심 물질인 벤젠계열의 첨가제를 넣거나 고가의 anti-knocking 첨가제를 첨가하여야 하기 때문에 배제되고 있는 실정이다. 그래서 최근에는 흡기계의 개선과 인젝터의 성능을 향상시키는 방향으로 전환되고 있다. 이에 따라 저연비에 친환경적인 GDI 인젝터의 연구가 중요하게 대두 되고 있다[3].

본 연구의 목적은 두 종류 GDI 인젝터의 분위기 압력의 변화에 따른 도달거리와 분사각을 분석하여 두 인젝터의 성능을 확인하고, 이를 통하여 가솔린 직접 분사 인젝터의 엔진적용을 위한 기초 분무 데이터를 확보하는데 있다.

2. 본론

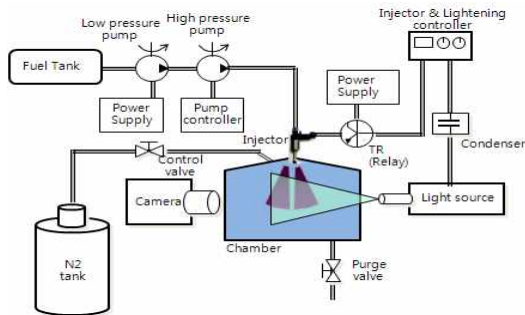
2.1. 실험 장치 및 방법

본 연구에 사용된 인젝터는 가솔린 연료를 사용하는 솔레노이드 타입의 GDI 인젝터로 A type과 B type의 두 사양이다. A type과 B type의 인젝터는 각각 60V, 80V의 전압과 10A의 동일 전류로 구동된다. A type 인젝터는 hexagon 형태의 연료분사구로 구성되어 있으며, B type 인젝터는 pentagon 형태의 연료분사구와 중앙의 단홀 연료분사구로 구성되어 두 인젝터 모두 6홀의 분사구를 갖는다.



[그림 1] 인젝터

GDI 인젝터 가시화실험을 위하여 그림 1와 같은 장치를 구성하였다. 연소실(Chamber)를 기준으로 정면에는 카메라를 설치하였고, 후면에는 광원을 설치하였으며 엔진내부와 유사한 조건을 주기 위하여 질소탱크와 연소실을 연결하여 압력을 공급하였다. GDI 인젝터에 높은 연료압력을 공급하기 위하여 저압펌프로 고압펌프에 연료를 공급하였고 고압펌프로 100 bar의 일정 연료압을 공급하였다. 100 bar의 압력을 일정하게 유지하기 위하여 고압펌프 제어기를 사용하였고, 고압펌프와 연료라인은 가솔린용 고압펌프와 디젤용 커먼레일을 사용하였다. 실험의 편의를 위하여 광원에 광섬유재질의 케이블을 장착하여 광원의 위치를 조절하였고, 광원의 집중도를 높이기 위하여 광케이블 끝단에 반볼록렌즈를 장착하였다.



[그림 1] 장치 개요도

가시화 실험은 암실조건에서 카메라의 조리개를 열어 놓은 상태로 짧은 시간의 광원을 주어 피사된 분무 영상을 취득하는 방법을 택하였다. 엔진 내부

와 유사한 조건을 만들어 주기 위해 특별히 제작된 정적 연소기의 4면으로 석영재질의 창을 설치하였고, 카메라와 광원을 설치하여 가시화실험을 진행하였다. 그리고 실엔진의 압축비 조건을 모사하기 위하여 질소가스를 연소실내로 주입하여 6 bar와 10 bar의 분위기 압력을 조성하여 실험을 수행하였다.



[그림 2] GDI 인젝터 가시화 실험 장치

3. 결과 및 고찰

3.1. 분무 가시화





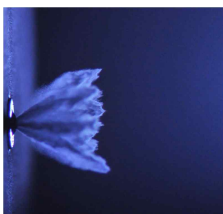
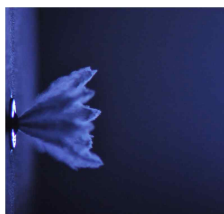
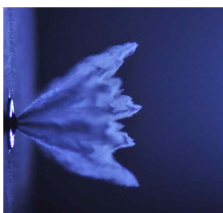

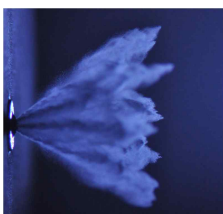
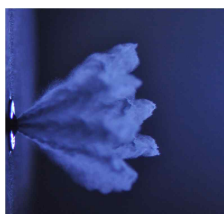


두 인젝터의 분위기 압력에 따른 분무특성을 파악하기 위하여 질소로 가압된 연소실에 연료를 분사하였다. 그림 3는 A type과 B type 인젝터의 6 bar와 10 bar의 분위기압을 조성하여 분무가시화를 진행하여 얻은 결과이다. 가시적으로 분석한 결과 A type과 B type 인젝터 모두 분위기 압력이 증가할수록 도달거리가 짧아지고, 분무각도가 미소하게 증가하는 경향을 나타내었다.

3.2. 도달거리와 분사각

두 인젝터의 분무특성을 정량적으로 분석하기 위하여 분무연료의 도달거리와 분사각을 측정하였다. 분무 도달거리는 인젝터의 관통력을 나타내는 중요한 척도이기 때문에 우수한 혼합성능을 보여야 하는 GDI 인젝터에서 특히 중요하다. 그림 4는 두 인젝터의 분위기 압력 변화에 따른 도달거리 비교를 위하여 도시한 선도이다. 앞서 언급한 바와 같이 두 인젝터 모두 10 bar의 분위기 압력에서의 도달거리보다 6 bar의 분위기 압력에서의 도달거리가 평균 약 8% 더 긴 것으로 분석되었다. 이것은 10 bar의 분위기압력에서 공기의 밀도와 압력이 더 높아 도달거리가 짧아진 것으로 판단된다.







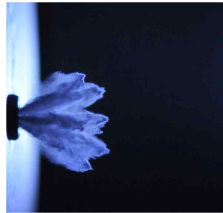
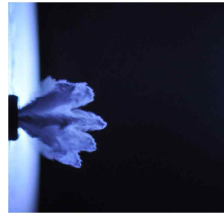
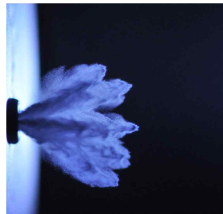
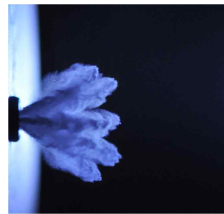
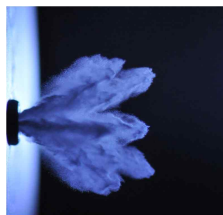
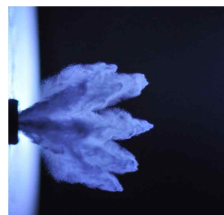
연료공급압력 : 100 bar

연료공급압력 : 100 bar

측정 시간	6 bar	10 bar
0 μ s		
80 μ s		
160 μ s		
240 μ s		
320 μ s		
400 μ s		

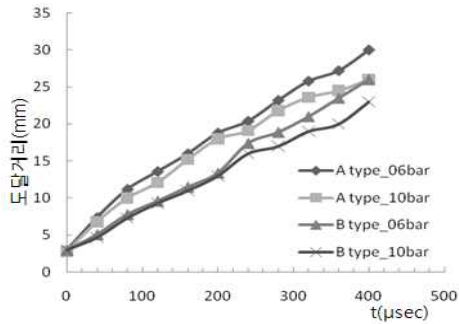
(a) A type injector

[그림 3] 가시화 실험 결과

측정 시간	6 bar	10 bar
0 μ s		
80 μ s		
160 μ s		
240 μ s		
320 μ s		
400 μ s		

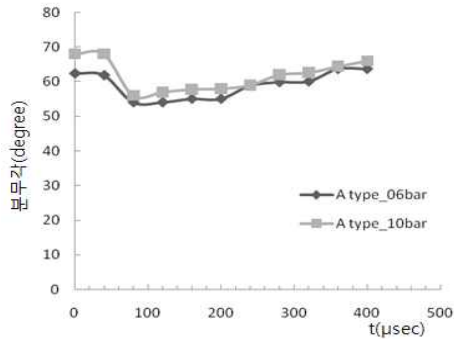
(b) B type injector

[그림 3] 가시화 실험 결과

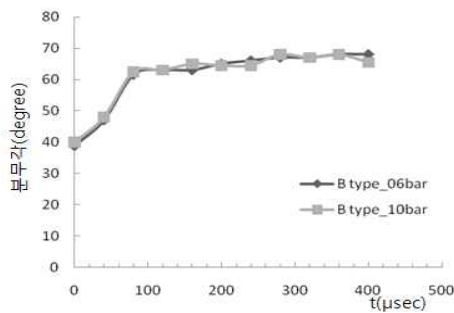


[그림 4] 분위기 압력 변화에 따른 분무 도달거리

본 연구에서 분석되지 않았지만 차후 진행될 가시화 실험인 농도 분석 실험을 위하여 분무각 실험을 진행하였다. 분무각의 영향으로 너무 농후한 혼합기가 점화기 부근으로 진행된다면 연료에 의한 wetting이 발생할 수 있기 때문이다. 그림 5는 두 인젝터의 분위기 압력변화에 따른 분무각의 변화를 측정하여 도시한 선도이다.



A type injector



B type injector

[그림 5] 분위기 압력 변화에 따른 분사각

분무초기 두 인젝터에서 분무된 연료가 상반된 경향을 보이는데 이것은 두 인젝터의 특성으로 인한 결과로 사료된다. 분무가 진행될수록 두 인젝터 모두 거의 일정한 각도로 분무가 성장하였고, 6 bar와 10 bar의 분위기 압력에서 B type 인젝터의 분사각

은 거의 차이를 보이지 않은 반면 A type 인젝터는 6 bar의 분위기 압력에서 평균 약 4%정도 더 큰 것을 확인하였다.

4. 결론

본 연구를 통하여 분위기 압력의 변화에 따른 GDI 인젝터의 분무거동 변화를 분석하였으며 엔진적용을 위한 기초 분무 데이터를 확보하였다. 두 GDI 인젝터 분무 가시화 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 분무 가시화 실험 결과 분위기 압이 높을수록 관통력의 척도인 도달거리가 짧아지는 것을 알 수 있었다. A type 인젝터의 경우 10 bar보다 6 bar의 분위기 압력에서 도달거리가 평균 약 8% 더 긴 것으로 나타났다.
- 2) 분무각은 분무 초기를 지나 분무가 발달함에 따라 미소하게 증가하였고, 분위기 압력의 증가에 따라 미소하게 감소하는 것을 알 수 있었다. 두 인젝터의 분무각은 분무가 발달하면서 미소하게 증가하였지만 큰 차이를 보이지 않았다. B type 인젝터의 분무각보다 A type 인젝터의 분무각이 분위기 압력에 민감하여 6 bar의 분위기 압력에서 평균 약 4% 더 큰 것으로 나타났다.

추후 실차량 모사를 위하여 피스톤 장착효과 실험을 진행할 예정이며, 점화기 부근의 혼합기 농도 측정 그리고 분무입경 측정 실험을 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] 이창식, 최수천, 김민규, “직분식 가솔린 기관 고압 인젝터의 연료 무화 특성”, 한국자동차공학회 논문집, 제 7권, 제 8호, pp. 1-6. 1999
- [2] 이기형, 이창식, 이창희, 류재덕, 배재일, “직분식 가솔린 인젝터의 분사 조건에 따른 분무 특성 분석”, 한국자동차공학회논문집 제9권, 제5호, pp.89-95, 2003.
- [3] 이성원, 이상인, 박성영, “가솔린엔진 인젝터의 벽류 및 분무특성에 관한 실험적 연구”, 산학기술학회 논문지, 제11권, 제3호, pp. 815-820, 3월, 2010.