

소형 디젤 엔진에서 250 MPa 고압 분사 적용에 따른 연소 과정

배 충 식^{*1)} · 조 원 규¹⁾ · 강 승 우¹⁾ · 김 영 호²⁾

한국과학기술원 기계공학과¹⁾ · 현대자동차 선행디젤엔진개발팀²⁾

Combustion Process with High Injection Pressure of 250 MPa in a Light Duty Diesel Engine

Choongsik Bae^{*1)} · Wonkyu Cho¹⁾ · Seungwoo Kang¹⁾ · Youngho Kim²⁾

Korea Advanced Institute of Science and Technology¹⁾, Hyundai Motor Company²⁾

Key words : Light duty diesel engine(소형 디젤 엔진), High injection pressure(고압분사), Single-cylinder engine(단기통 엔진), Nitrogen oxide(질소 산화물), Particulate matter(입자상 물질)

* Corresponding Author, E-mail: csbae@kaist.ac.kr

디젤 엔진은 일반적으로 높은 열효율과 토크 특성으로 승용차시장에서 널리 사용되고 있다. 하지만, 상대적으로 높은 질소 산화물(NOx; Nitrogen oxide)과 입자상 물질(PM; particulate matter)을 배출하는 단점을 가지고 있다. 따라서 점점 엄격해지는 배기 규제를 만족시키기 위해서 NOx와 PM을 동시에 저감할 수 있는 다양한 기술이 개발되고 있다. 특히, 디젤 엔진 분사기 개발 업체들에서는 더 높은 분사 압력으로 연료를 분사할 수 있는 연료분사 시스템을 지속적으로 개발하고 있다. 최근 20년간 디젤 엔진의 최대 연료 분사 압력은 지속적으로 높아졌고, 현재 대형 디젤 엔진에서는 300 MPa, 소형 디젤 엔진에서는 250 MPa까지 연료를 분사할 수 있는 시스템이 개발되었다. 대형 디젤 엔진 분야에서는 높은 분사 압력에 따른 영향에 대한 연구가 활발하게 진행되었으나, 소형 디젤 엔진 분야에서는 상대적으로 분사기가 작아 노즐 가공이 힘들고 분사 제어도 힘들기 때문에 분사 압력에 따른 영향에 대한 연구가 부족한 실정이다.

본 연구에서는 소형 디젤 엔진에서의 성능 및 배기 특성을 살펴보면서 200 MPa 이상의 고압 분사의 연소 과정을 파악하고 실제 엔진 적용의 타당성을 평가하였다. 또한, 200 MPa 이상의 고압 분사 적용에 따른 분무 특성이 엔진 연소 과정에 미치는 영향도 함께 파악하였다.

본 연구에서 디젤 엔진은 실험 목적에 맞게 개조된 0.41 단기통 엔진을 사용하였다. 250 MPa까지 분사 압력이 증가함에 따라 NOx와 PM의 상반 관계는 지속적으로 개선이 되었으나, 160 MPa 이상에서는 개선 효과가 둔화되었다. 이와 같은 배기 개선 효과는 분사 압력이 증가함에 따라 연소가 시작되기 전에 더 균질한 혼합기를 짧은 시간 내에 형성된 결과였다. NOx와 도시 연료 소모율(ISFC; indicated specific fuel consumption)은 분사 압력이 증가함에 따라 250 MPa까지 지속적으로 개선되었다. 이와 같은 결과는 분사 압력이 증가함에 따라 연료 분사 기간과 연소를 위한 혼합기 형성 시간이 짧아짐으로 인해 연소 기간이 짧아졌기 때문이다. 연소 기간이 짧아지면 연비를 위한 최적 연료 분사 시기에 연료의 분사가 용이하며, 정압 연소에 비하여 효율이 더 높은 정적 연소의 비중이 확대되면서 연비가 개선되었다. 따라서, NOx와 PM의 상반 관계와 NOx와 ISFC의 상반 관계를 모두 고려하였을 때, 소형 디젤 엔진에서 200 MPa 이상의 초고압 분사는 연비와 배기를 모두 개선할 수 있는 가능성을 가지고 있는 것으로 판단된다. 하지만, 급격한 연소로 인하여 높은 연소 소음이 나타났으며, 높은 분사 압력을 형성하기 위하여 고압 펌프의 소비 동력은 소폭 증가하는 단점을 가진다.