

SI 엔진의 유동 및 점화 시스템 개선을 통한 희박 연소 한계 확장에 관한 연구

이 승 일¹⁾ · 김 강 진¹⁾ · 박 인 상¹⁾ · 민 경 덕^{*1)}
· 우 수 형²⁾ · 곽 영 홍²⁾ · 이 종 혁²⁾ · 김 진 순²⁾
서울대학교 기계공학과¹⁾ · 현대자동차²⁾

Research on the Expansion of Lean Limit through Improvement of Flow and Ignition System in SI Engine

Seung-il Lee¹⁾ · Kangjin Kim¹⁾ · Insang Park¹⁾ · Kyoungdoug Min^{*1)}

· Soohyung Woo²⁾ · Younghong Kwak²⁾ · Jonghyeok Lee²⁾ · Jinsoon Kim²⁾

Seoul National University¹⁾, Hyundai Motor Company²⁾

Key words : Lean Combustion(희박 연소), Lean Limit(희박 연소 한계), Turbulence(난류), Ignition System(점화 시스템), Combustion Stability(연소안정성), Flame Propagation Speed(화염 전파 속도)

* 교신저자 성명, E-mail: kadmin@snu.ac.kr

지구 온난화를 유발하는 대표적 온실가스인 이산화탄소의 배출량을 줄이기 위하여 전세계적으로 자동차 연비 규제가 지속적으로 강화되고 있다. 전기 점화 엔진(Spark-Ignited Engine)은 낮은 연비의 단점을 보완하기 위하여 엔진 열효율 향상에 초점을 두어 다양한 연구와 기술 적용을 시도하고 있다. 엔진 열효율을 높이기 위한 가장 대표적인 방향은 노킹 발생을 저감하여 높은 압축비의 엔진 설계를 가능케하는 것으로, 유동 강화와 연소실 내부 온도 저감을 통해 노킹 발생을 억제하는 연구들이 진행되어 왔다. 희박 연소 전략은 이론 공연비가 아닌 희박 조건의 낮은 연소 온도를 활용하여 노킹을 억제할 수 있고 펌핑 손실과 열손실의 저감을 통해 열효율 개선이 가능하기에 최근 많은 관심을 받고 있다. 하지만 희박 조건에서는 화염 전파 속도가 급격히 낮아지기 때문에 초기 화염 형성에 문제를 야기하여 불안정한 연소로 인해 높은 연소 편차의 단점을 지니고 있다. 이러한 희박 연소의 문제점을 개선하기 위하여 연소실 내부 유동 강화와 고에너지 점화 시스템 개발과 같이 연소 안정성 향상을 위한 연구들이 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 48V 전동식 슈퍼차저가 장착된 가솔린 대상 엔진을 활용하여 희박 연소를 구현하고 유동 특성과 연소 특성 사이의 상관관계에 대한 연구를 진행하였다. 다양한 공연비 조건에서 연소 속도 변화를 분석하였으며, 엔진의 흡기 밸브 타이밍 변경에 따른 유동 특성 변화가 희박 연소 한계 지점의 확장에 미치는 영향을 확인하였다. 또한 흡기 포트부에 장착된 VCM(Variable Charge Motion) 장치로 인한 희박 연소 한계 지점의 확장 정도를 평가하였다. 유동 강화뿐만 아니라 다단 점화(Multi-ignition) 시스템을 도입하여 희박 조건의 불안정한 초기 화염 형성을 개선하였고 다단 점화로 인한 연소 안정성 확보와 추가적인 한계 확장을 연구하였다. 본 연구는 유동과 점화 에너지가 희박 조건의 연소 안정성에 미치는 영향에 대한 원천적인 연구로, 엔진 효율 증대를 목표로 하는 희박 연소 엔진의 기초 연구로서 의미를 지닌다.