

## 수소 전기점화 내연기관에서 스파크 플러그 사양이

## 연소 특성에 미치는 영향 분석

김 정 호<sup>1)</sup> · 김 기 연<sup>2)</sup> · 이 승 현<sup>1)</sup> · 구 준 모<sup>2)</sup> · 김 정 기<sup>3)</sup> · 이 정 우<sup>2)</sup> · 명 차 리<sup>1)</sup> · 민 경 덕<sup>\*1)</sup>서울대학교 기계공학부<sup>1)</sup> · 충남대학교 자율운항시스템공학과<sup>2)</sup> · 충남대학교 선박해양공학과<sup>3)</sup>Analysis of the Effects of Spark Plug Specifications on Combustion Characteristics  
in a Hydrogen Spark-Ignition EngineJeongho Kim<sup>1)</sup> · Kiyeon Kim<sup>2)</sup> · Seunghyun Lee<sup>1)</sup> · Junmo Koo<sup>2)</sup> · Junggi Kim<sup>3)</sup> · Jeongwoo Lee<sup>2)</sup>· Cha-Lee Myung<sup>1)</sup> · Kyoungdoug Min<sup>\*1)</sup>Department of Mechanical Engineering, Seoul National University<sup>1)</sup>,Department of Autonomous Vehicle System Engineering, Chungnam National University<sup>2)</sup>,Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Chungnam National University<sup>2)</sup>**Key words** : Hydrogen(수소), Spark-ignition(전기점화), Heat range(열가), Electrode gap(전극 간극), Ignition coil dwell duration(점화 코일 충전 시간), Lean combustion(희박 연소)

교신저자, E-mail: kadmin@snu.ac.kr

전 세계적으로 탄소중립 실현을 위한 규제가 강화되고 있다. 우리나라는 2030 국가온실가스감축목표(NDC)에 따라 2018년 대비 35%의 온실가스를 감축해야 하며, 특히 수송부문에서는 37.8%의 감축이 요구된다. 이러한 상황에서 기존 내연기관의 탄소 배출을 저감하기 위한 대체연료 적용이 중요한 과제로 부상하고 있으며, 수소는 연료 자체에 탄소를 포함하지 않고 기존 내연기관 플랫폼을 활용할 수 있어 유력한 대안으로 주목받는다. 수소 전기점화(SI) 엔진은 넓은 가연한계와 빠른 화염 전파속도를 바탕으로 희박 연소를 통해 높은 열효율과 낮은 NOx 배출을 동시에 달성할 수 있지만, 희박 연소 조건에서의 점화 안정성이 저하될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 단기통 수소 직분 전기점화(SI) 엔진을 대상으로, 스파크 플러그의 열가(7, 8번)와 전극 간극(0.8 mm, 1.1 mm), 그리고 점화 코일 충전 시간이 연소 특성에 미치는 영향을 실험적으로 분석하였다. 실험은 압축비 12의 500cc급 단기통 수소 직분 전기점화 엔진의 1500rpm, 자연 흡기 조건에서 수행되었으며, 점화 용 스파크 플러그는 실린더 헤드 중앙, 수소 인젝터는 흡기포트 아래쪽에 장착되었다.

공기과잉률이 낮은 농후 조건에서는 열형 플러그(열가 7)의 NOx(질소산화물) 배출이 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 높은 전극 온도로 인한 실린더 내 국부 고온 영역 형성에 의한 것으로 보인다. 반면, 공기과잉률이 높은 희박 조건에서는 냉형 플러그(열가 8)의 열효율이 다소 감소하고 CoV(IMEP, 연소안정성)가 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 낮은 전극 온도로 인한 점화 에너지 부족에 의한 것으로 보인다. 또한, 전극 간극이 짧은 경우(0.8 mm) 안정적인 초기 화염 커널 형성으로 인해 열효율이 다소 증가하였으며 상대적으로 희박한 조건까지 연소가 가능하였다. 반면, 전극 간극이 긴 경우(1.1mm) 일부 사이클에서 점화 실패(Misfire)가 발생하였고, 이로 인해 CoV(IMEP)가 증가하여 연소 안정성이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 추가적으로, 동일 조건에서 점화 코일 충전 시간을 변화시키며 연소 특성을 평가한 결과, 충전 시간을 증가시킬수록 실화율이 감소하고 연소 지속시간이 단축되어 CoV(IMEP)가 낮아지는 경향을 보였으며, 이에 따라 열효율이 향상되는 한편 연소 온도 상승으로 인해 NOx 배출이 소폭 증가하는 경향도 확인할 수 있었다.

이러한 실험 결과는 수소 SI 엔진의 점화계 설계에서 열가·간극·점화 코일 충전 시간을 통합적으로 최적화하여 희박 조건에서도 안정적인 연소를 확보하고, 고효율 운전 영역을 확장하는 데 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원(P0023684, 산업혁신인재성장지원 사업)과 한국산업기술평가관리원(NO. 20018473, 무탄소 수소연료 기반 직접분사식 수소엔진 원천기술 개발), 한국연구재단 우수신진연구(NO. 2710082861, 탄소중립 연료 기반 선박의 선상 연료 생산/개질 및 xH<sub>2</sub>/수소 융합 연소 엔진 통합 시스템의 에너지 효율 분석 연구), 한국연구재단 미래유망융합기술 파이오니어(도전형)(NO. 2710085240, 플라스마 활용 촉매 및 고효율 H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 저장 기술 기반 on-board 개질기 및 H<sub>2</sub>/e-fuel 혼소 엔진 통합 시스템 개발)의 지원을 받아 진행된 연구이며 이에 감사의 뜻을 표합니다.