

수소 대형엔진에서 출력 상승의 제한요소와 해결방안

박 현 옥^{*1)}·이 준 순¹⁾·오 승 목^{1,2)}·이 용 규^{1,2)}·김 창 업¹⁾·강 건 용¹⁾

한국기계연구원 모빌리티동력연구실¹⁾·과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템²⁾

Limitations and Solutions of Increasing Power Output in Hydrogen Heavy-duty Engines

Hyunwook Park^{*1)} · Junsun Lee¹⁾ · Seungmook Oh^{1,2)} · Yonggyu Lee^{1,2)} · Changup Kim¹⁾ · Kernyong Kang¹⁾

Korea Institute of Machinery and Materials¹⁾, University of Science and Technology²⁾

Key words : Hydrogen(수소), Internal combustion engine(내연기관), Power output(출력), Backfire(역화), NOx emissions(질소산화물)

* 교신저자, E-mail: hwpark@kimm.re.kr

세계적으로 온실가스 감축의 목표 상향에 대한 공감대가 형성되면서, 기존 승용 차량에만 적용되었던 이산화탄소 규제가 상용 차량에도 확대되는 추세에 있다. 최근 유럽에서는 2019년에 도입한 상용 차량의 이산화탄소 규제를 대상으로, 세계적으로 가장 높은 수준의 이산화탄소 저감을 요구하는 수정안을 제시하였다. 이러한 상황에서 상용 차량의 강화되는 이산화탄소 규제에 가장 효과적으로 대응하는 방법은 무공해 차량(zero-emission vehicles)을 시장에 도입하는 것이다. 수소 엔진차는 유럽에서 인정하는 무공해 차량으로, 배터리 전기차와 수소 연료전지차 대비 저렴한 가격 및 높은 기술 성숙도로 단기간 내 상용차 시장 도입이 가능한 장점을 지니고 있다. 그러나 기존에 사용하고 있는 가솔린과 천연가스와는 달리, 수소를 적용한 엔진은 낮은 체적효율로 인해 엔진의 출력이 상대적으로 낮다. 또한 수소의 낮은 점화에너지는 엔진 부하 증가에 따라 역화 또는 조기점화를 유발하여 출력을 높이는데 한계가 있다. 따라서 본 연구는 수소 대형엔진에서 출력 상승의 제한요소를 판별하고, 이를 해결하기 위한 방안을 제시하였다. 엔진실험은 1.8 리터 대형 단기통 엔진에서 진행되었고, 압축비는 12:1을 채택하였다. 실제 엔진에서 터보차저에 의한 과급을 모사하기 위해 공기 압축기를 활용하였고, 수소 연료는 흡기포트로 공급되었다. 배기가스재순환(exhaust gas recirculation, EGR) 기술을 적용하기 위해 EGR 쿨러와 밸브를 설치하여, 배기가스 중 일부를 흡기포트로 공급하였다. 엔진속도는 베이스 엔진의 최고토크를 달성할 수 있는 1,200 rpm으로 선정하였고, 고정된 흡기압력에서 실험을 진행하였다. 공기과잉률은 0.2 간격으로 감소시켰고, EGR률은 최대 30%까지 적용하였다. 고정된 흡기압력에서 공기과잉률 감소에 따라 수소엔진 부하가 증가하였으나, 수소엔진의 출력 상승은 다음의 조건에 의해 제한되었다. 낮은 흡기압력에서는 공기과잉률 감소에 따라 역화가 발생하였고, 높은 흡기압력에서는 노킹 연소가 출력 상승의 제한요소로 작용하였다. EGR 적용을 통해 두 흡기압력 조건에서 역화 또는 노킹 연소 억제 가능하였으나, 최근의 제안되고 있는 배기규제를 감안하면 수소엔진 출력 상승을 위해 질소산화물 저감이 중요하며, 기존 디젤엔진과 같이 전용 후처리장치 개발은 필수적으로 판단된다.

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술기획평가원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 20018148 건설기계 상용차용 300kW 급 Zero-CO2 수소 연소 엔진 시스템 및 저장 공급계 개발)