

연소 속도 및 엔진 형상에 따른 SI 엔진의 노킹 분석

오 세 철¹⁾ · 조 석 원¹⁾ · 신 우 재¹⁾ · 민 경 덕¹⁾ · 송 한 호^{*1)}

서울대학교 기계항공공학부¹⁾

Investigation on the Relationship between Burning Rate and Engine Geometry on Knock Characteristics of SI Engine

Sechul Oh¹⁾ · Seokwon Cho¹⁾ · Woojae Shin¹⁾ · Kyoungdoug Min¹⁾ · Han Ho Song^{*1)}

Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul National University¹⁾

Key words : SI engine, Knock, Flame propagation speed, Stroke-to-bore ratio, Tumble ratio, Efficiency

* Corresponding Author, E-mail: hhsong@snu.ac.kr

노킹 현상은 SI 엔진의 중-고부하 영역 효율 증대에 있어 필수적으로 해결해야 하는 과제이며, 관련 하여 지금까지 많은 연구가 진행되어왔다. 이러한 연구 결과들은 최근 들어 도입되고 있는 유동 강화 포트, 연료 특성 분석, 고압축비, 엔진 스트로크-보어 비 증대 등의 효율 상승 전략들과 밀접적으로 함께 진행되어왔다. 본 연구에서는 이 중 스트로크-보어 비 변경에 의해 발생하는 연소 속도 증대가 SI 엔진의 knock 특성에 어떠한 영향을 주는지를 실험적으로 검증하는 내용을 진행하였다. 실험에는 단기통 직분사 엔진이 사용되었으며 스트로크-보어 비 및 실린더 헤드 텀블비 (Tumble ratio)를 변경 하여 총 5종의 엔진 형상을 바꿔가며 연구가 진행되었으며, knock 과 관련있는 고부하 (자연흡기 WOT, 과급) 영역에서 실험 구동을 수행하였다. 이를 통해 SI 엔진의 스트로크-보어 비와 연소 속도가 knock 에 미치는 영향을 독립적으로 확인할 수 있도록 실험이 진행되었다. 동일 구동 조건에서 단일 사이클 별 연소상 및 knock 특성 분석 결과, 해당 압축비 (12:1) 및 회전 속도 (1500, 2000 RPM) 에서 가솔린 연료의 경우 화염 전파 속도가 빠른 사이클에서 더 강한 knock 이 측정되었으며, 이러한 경향은 빠른 화염 전파 속도가 유발하는 미연 영역 (unburned zone)의 온도 및 압력 상승 분이 연료의 자발화 지연 시간 (ignition delay) 를 감소시키는 정도보다 더 컸다는 점을 의미한다. 이와 같은 이유로 동일 knock 관별 기준 하에 화염 전파 속도가 빠를수록 오히려 knock에 의해 제한되는 연소상(Knock-limited CA50) 이 더 미뤄질 수 있으나, 시뮬레이션 결과 이러한 경향 아래에서도 여전히 화염 전파 속도가 빠른 경우의 gross work 이 더 많이 도출되는 것을 확인할 수 있었다. 화염 전파 속도 상승을 위해 스트로크-보어 비와 텀블비 변경이 독립적으로 적용한 전체 실험 결과, 스트로크-보어 비가 증가 할수록 unburned zone의 형상이 달라짐으로써 같은 연소 속도 증대 시에 더 큰 knock intensity 가 발 현되는 것이 실험적으로 확인되었다. 이러한 경향을 미연 영역의 특성 길이를 이용한 형상 계수로 표현하여 시뮬레이션에서 사용될 수 있는 새로운 knock intensity correlation을 수립하였으며, 전체 실험 결과에서 새롭게 제시된 correlation 이 기존의 knock intensity 관련 변수들보다 상관도가 더 높 음을 확인하였다. 이를 바탕으로 진행된 시뮬레이션 결과, 같은 비율로 화염 전파 속도를 올리더라도 스트로크-보어 비가 높은 사양에서 work 증가분이 적고 MBT에 해당되는 연소상보다 더 밀려진 위치에서 knock 제한이 걸리는 것을 확인하였다.