

Internal Combustion 엔진 내부 유동의 LES 해석

박 찬 주¹⁾·김 도 균^{*2)}

홍익대학교 기계공학과¹⁾, 홍익대학교 기계시스템디자인공학과²⁾.

Large Eddy Simulation for in-cylinder flow of Internal Combustion Engines

Chanjoo Park¹⁾ · Dokyun Kim^{*2)}

Hongik University Mechanical Engineering¹⁾, Hongik University Mechanical System Design Engineering²⁾

Key words : Internal Combustion Engine(내연기관), Large Eddy Simulation(대와류 모사해석), Tumble Motion(텀블 모션), Cycle-to-Cycle Variation(사이클 편차)

교신저자, E-mail: dkkim@hongik.ac.kr

운송수단이 발생시키는 대기오염에 대한 심각성이 높아짐에 따라 이를 제재하기 위한 환경규제가 제정되었고 이는 전 세계 자동차 산업계에 큰 영향력을 미치고 있다. 지난 30년 동안 개정을 통해 점점 높아지는 규제를 만족시키기 위해 많은 연구가 이루어 졌으며 이를 통해 엔진 시스템은 계속해서 개선되었다. 엔진의 가동에 의해 발생하는 배기오염을 줄이고 연비를 높여 연료 사용량을 줄이기 위해서는 연소실의 내부 유동을 정확히 파악하고 최적화하는 과정이 필수적이다. 특히 연료 효율을 높이기 위해 개발된 린번 엔진의 경우 혼합기의 연료 비율을 낮추어 희박 연소를 발생시키며 cooling loss의 감소를 통해 fuel efficiency를 개선시킨다. 하지만 혼합기의 연료 비율이 낮아질 수록 연소 불안정성과 unburned hydrocarbon의 증가로 연소 속도가 떨어진다는 단점이 존재한다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 린번엔진은 Top Dead Center (TDC) 에서의 유동의 난류 강도를 높여야 하며 이는 텀블 유동 제어를 통해 해결할 수 있다. 텀블 유동을 나타내는 텀블비 (Tumble Ratio) 가 높을수록 점화 플러그 부근의 난류 강도가 높아지며 이를 통해 연소 속도를 개선시킬 수 있다. 텀블비가 높은 고텀블 유동의 경우 난류의 움직임을 정확하게 파악하는 것이 중요하다. Large Eddy Simulation (LES) 기법은 기존 연구에서 많이 사용된 Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) 보다 난류를 잘 모사하기 때문에 본 연구에서는 LES를 이용하였다.

Fig. 1과 같이 정확한 엔진 내부 유동 해석을 위해서는 피스톤과 흡기, 배기 밸브의 boundary layer를 정확하게 해석해야 하기 때문에, 움직이는 파츠의 boundary layer를 정확히 해석할 수 있는 Boundary Conforming Grid의 장점을 갖는 Moving Voronoi Grid를 사용하였다.

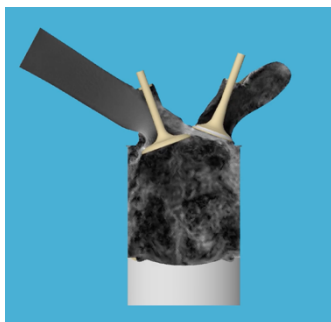


Figure. 1 Velocity Magnitude

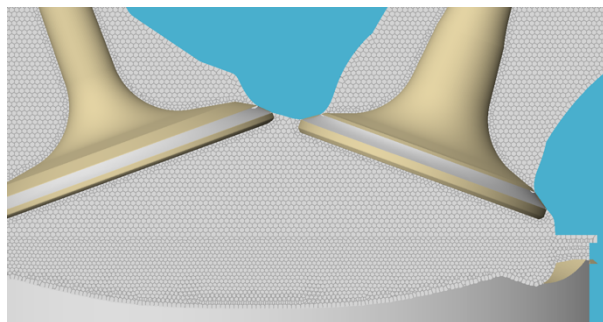


Figure. 2 Boundary Conforming Grid

본 연구에서는 Cascade Technologies 사의 LES 해석 툴을 사용하여 현대자동차의 GDI 엔진의 내부 유동을 분석하였다. 운전영역은 회전속도 5500 rpm이며 압축비 10.5 엔진 배기량 2500cc의 Lean Burn 엔진에 대해 해석을 진행하였다. Case1부터 Case3까지 총 3가지 Case 해석을 진행하였으며 각 Case의 차이점은 Table. 1에 정리하였다. 연소 직전의 점화 플러그 부근 유동 특성을 분석하기 위해 실린더 내부 온도와 압력 외에도 Tumble Ratio (Fig. 3), cycle-to-cycle variation, magnitude of phase averaged velocity (Fig. 4) 를 포함한 여러 데이터를 분석하고 비교하였다.

CASE	Speed	Cylinder Head	Cam
1	5500 rpm	양산 실린더 헤드	양산 캠
2	5500 rpm	양산 실린더 헤드	밀러 사이클 캠
3	5500 rpm	고텀블 헤드	밀러 사이클 캠

Table. 1 Engine Operating Condition

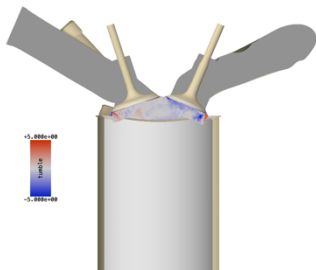


Figure. 3 Velocity Magnitude

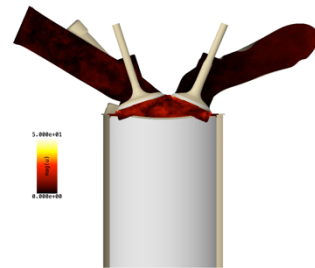


Figure. 4 Boundary Conforming Grid

후 기

본 연구는 현대자동차 현대NGV의 지원을 받아 연구한 과제입니다.