

가스의 맥동효과를 고려한 예혼합 연소식 LNG엔진의 가스진입밸브의 기하학적 형상최적화에 관한 수치적 연구

정수진^{*1)} · 문성준¹⁾ · 서석판²⁾

한국자동차연구원¹⁾ · STX엔진(주)²⁾

Numerical Study on the Geometric Optimization of Gas Admission Valve of a Pre-chamber LNG Engine considering Gas Pulsating Effect

Soo-Jin Jeong^{*1)} · Seong-Joon Moon¹⁾ · Seok-Pan Seo²⁾

Korea Automotive Technology Institute¹⁾, STX Engine Co., Ltd.²⁾

Key words : Gas Admission Valve(GAV:가스진입밸브), Pulsating flow(맥동유동), Computational Fluid Dynamics(CFD:전산유체역학), Moving Plate(움직임 격판), Pressure Drop(압력강하), Moving Grid Technique(움직임 격자법)

* 정수진, E-mail: sjjeong@katech.re.kr

국제해사기구(IMO)는 2050년까지 전 세계 선박 온실가스 배출량을 2008년 대비 50% 이하로 줄일 것을 발표[2018.4], 향후 이를 위한 규제 강화는 중장기적 선박 수요에 결정적인 변수가 될 것으로 전망되고 있다. 그러므로 국내에서도 항만의 대기질개선을 위하여 LNG 추진선 등의 친환경 선박으로의 전환 정책을 추진하고 있다. 액화천연가스는 현재 시장에서 주목하고 있는 대체연료로서 CO₂ 저감율이 기존 MGO에 비하여 20%나 되는 친환경 연료이다. 이러한 천연가스 엔진의 가장 핵심기술은 정확한 공연비제어를 할 수 있는 가스공급장치이며 이를 가스진입밸브(GAV: Gas Admission Valve)라고 부른다. 이 장치는 아직까지 국산화에 성공하지 못하고 있으며 따라서 최근들어 일부 국내 엔진개발사들이 국산화에 박차를 가하고 있는 실정이다.²⁾ 가스진입밸브의 가장 큰 특징은 가운데 있는 움직임판이 5~9Hz의 주파수를 가지고 축방향 진동을 하며 가스를 흡기관으로 진입시키고 있다는 점이다. 이러한 진동은 압축성이 큰 천연가스의 경우 강한 압축파를 형성하며 이러한 압축파의 밸브 내 전파는 흡기관에 연결된 밸브출구에서의 가스유량의 진동을 야기하게 된다. 따라서 가스진입밸브의 최적설계를 위해서는 각 주요 부품의 형상이 이러한 맥동유동에 미치는 영향을 정확히 예측할 수 있어야 한다. 따라서 본 연구에서는 움직임격자법을 적용한 3차원 CFD 해석 모델을 개발하여 빠른 속도를 움직이는 움직임판으로 인한 압축파 거동을 예측할 수 있는 해석모델을 개발하여 압축파 거동이 가스진입밸브의 성능 및 유동특성에 미치는 영향과 핵심부품인 움직임격판(moving plate)의 기하학적 형상이 출구의 유량 및 유출가스의 압력변동에 미치는 효과를 분석하고 향후 최적설계를 위한 기초 데이터를 획득하였다.



Fig.1 Schematic Diagram of Main Components of GAV

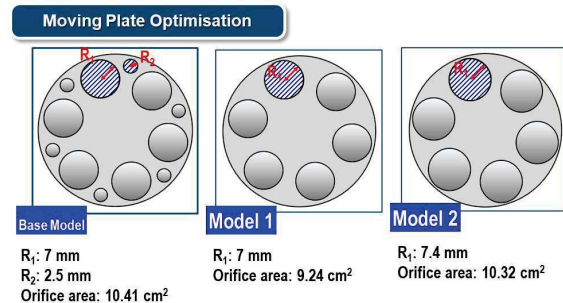


Fig.2 Geometric Optimization of Moving Metering Plates

Fig.1에는 GAV의 주요 부품 및 움직임판의 거동을 도식화하여 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이, 움직임판이 최대 0.6mm의 양정을 지니며 상하로 움직이며 주기적 맥동형태로 가스를 공급하고 공급된 가스는 움직임판에 있는 12개의 홀을 통하여 관으로 유출되어 흡기관으로 향하게 된다. Fig.2에는 움직임 격판의 오리피스 홀의 직경 및 형상을 3가지로 변경시켜가며 GAV 내부의 맥동유동특성을 분석하였다.

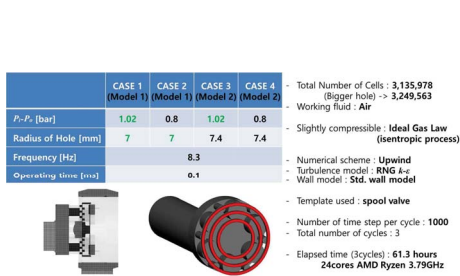


Fig.3 Numerical details

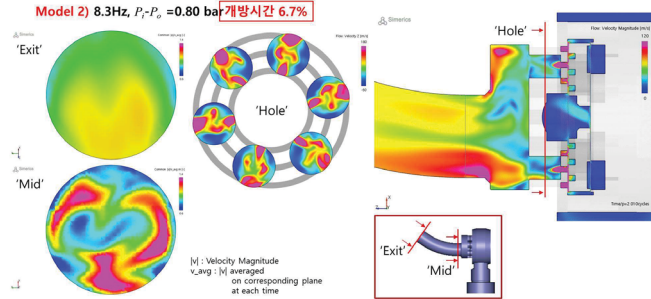


Fig.4 Pulsating Flow Characteristics of Model 2

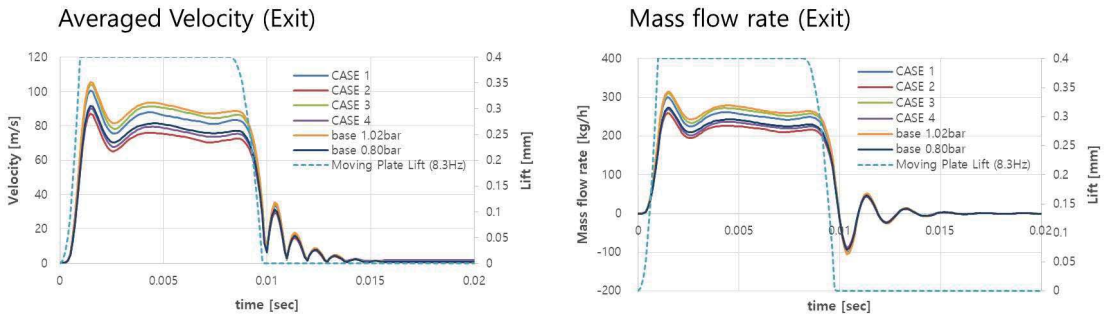


Fig.5 Temporal Variation of Gas Velocity(Left) and Mass Flow Rate(Right) at Outlet Face

Fig.3에 수치적인 조건과 각 경우에 대한 경계조건을 나타내었고, Fig.4에 모델2의 full lift에서의 중앙단면에서의 속도장과 배출관의 중앙 및 출구면에서의 속도 균일도를 나타내었다. Fig.5는 출구에서의 속도 및 유량변동을 나타내었다. 움직임격판의 진동에 따라 압축과가 형성되어 거동하므로 인하여 발생하는 유량변동을 확인할 수 있다. 단순히 오리피스의 단면적을 유지하는 것보다, base model과 동일한 ‘유효 유로 면적’이 유지되도록 오리피스 크기를 결정하는 게 필요함을 확인할 수 있었다.

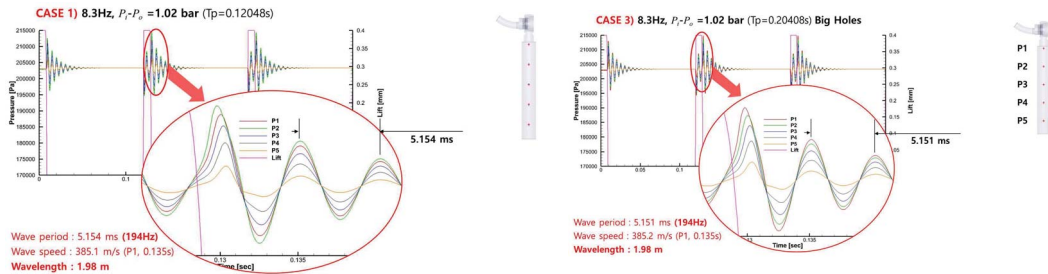


Fig.6 Transient Pressure Pulsation in Inlet Pipe for Case 1 and Case 2

Acknowledgement

이 논문은 산업통상자원부 주관 “소재부품기술개발사업(소재부품패키지형, 20004900)”의 일환으로 수행 되었으며, 관계자분들께 진심으로 감사드립니다.