2600cc급 디젤 엔진 흡기포트 유동해석

김창수*, 박성영**
*공주대학교 일반대학원 기계공학과
**공주대학교 기계자동차공학부
e-mail:sungyoung@kongju.ac.kr

Intake Port Flow Simulation of 2600cc Level Diesel Engine

Chang-Su Kim*, Sung-Young Park**
*Mechanical Engineering Dept, Graduate School, Kongju National University
**Div. of Automotive & Mechanical Engineering, Kongju National University

요 약

본 논문에서는 시작엔진 제작에 앞서 CFD기법을 이용하여 디젤 엔진 흡기포트의 유동 특성을 분석하고자 하였다. 유동 해석 결과 높은 밸브리프트에서는 흡기포트 곡률 최적화로 인해 흡입 공기량이 극대화되었으며, 낮은 밸브리프트에서는 스월 Chamfer를 적용하여 스월유동이 강화된 것을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

엔진의 출력 및 토크에 직접적으로 영향을 주는 체적효율은 엔진의 흡입과정에서 공기를 얼마나 잘 흡입하는지를 나타내는 공기 흡입능력의 지표이다. 체적효율은 흡기포트 형상, 연소실 형상, 피스톤 헤드 및 흡기 밸브 형상에 의한 실린더 내 유동과 밀접한 관계를 가지고 있다. 흡기계 부품들의 형상 개선을 통한 엔진 성능의 향상은 엔진 설계 기술의 가장 기초적이고 효과적인 방법이다[1]. 디젤엔진에서 동력 및 배기성능은 실린더 내부로의 효율적 흡기능력과, 흡기의 유동특성이 압축말까지 유지되어 분사된 연료가 공기와 혼합되는 정도에 따라 좌우된다. 엔진의 동력과 배기성능을 좌우하는 흡입성능과 연소실 내 유동특성은 연소실내의 체적효율과 스월유동 특성으로 대표될 수 있으며, 이 두 요소는 연소실 형상, 피스톤 헤드, 흡기밸브 형상 및 흡기포트 형상 등에 의해 큰 영향을 받는다. 특히 흡기포트의 형상은 실린더 내 유동을 제어하여 혼합기의 형성뿐만 아니라 연소와 배기성능에 영향을 미치는 매우 중요한 성능인자이다[2]. 따라서 흡기포트 형상 최적화를 통한 엔진성능의 향상과 배출가스 저감은 엔진개발에 있어 초기에 고려되어야 하는 성능인자이다. 실제 엔진개발에서 흡기포트의 형상변경에 따른 유동특성을 분석하기는 매우 어려우며, 측정장비 및 형상변경된 실험대상물의 제작 등으로 인해 상당히 많은 시간적, 경제적 부담을 갖게 된다. 이에 비해, CFD 기술을 적용하면 다양한 형상의 설계 및 설계변경이 용이하고 형상변경에 따른 유동 특성 변화를 쉽고 빠르게 분석할 수 있다[3].

본 연구에서는 시작 엔진 제작에 앞서 CFD기법을 이용하여 디젤 엔진의 흡기포트 유동 특성을 분석하고자 하였다. 이러한 흡기포트의 성능특성은 시제작 엔진의 성능 개발에서 기초 데이터로 활용될 수 있을 것이다.

2. 흡기포트 모델 및 해석 방법

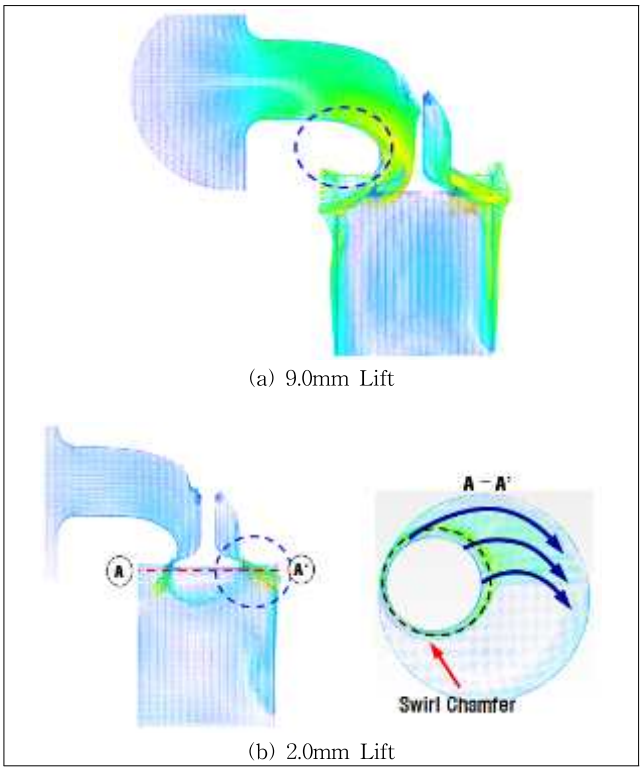
본 연구에 사용된 엔진 모델은 2,600cc급 직렬 4기통 디젤엔진이다. 그림 1은 엔진의 흡기포트 모델을 보여주고 있다. 해석의 용이성을 위해 흡기포트의 입구 및 출구부를 별도로 모델링을 하였다.

유동해석은 상용유동해석 소프트웨어(STAR-CCM+)를 사용하였으며[4], 약 150만개의 직육면체 격자를 구성하였다. 흡기포트의 벽면에 벽법칙을 적용하기 위하여 벽면에 4개의 격자층을 추가로 삽입하여 해석을 수행하였다. 난류 모델은 표준

[그림 1] 흡기포트 격자 생성 모델

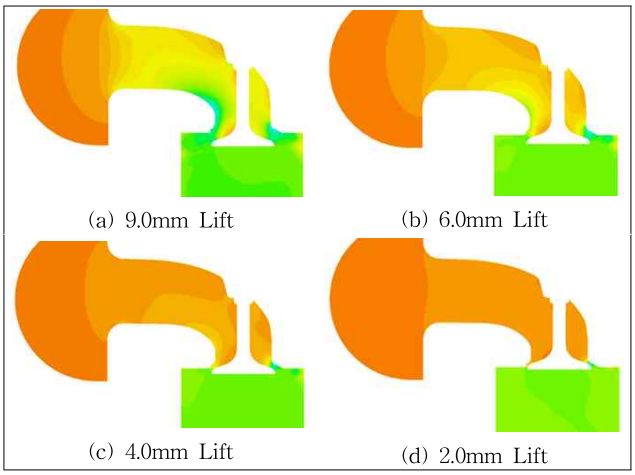
3. 해석 결과

엔진의 흡기포트는 엔진의 연소와 배기성능에 관련되는 중요한 인자이다. 특히 체적효율과 스월유동은 엔진의 연소와 배기성능 및 혼합기 형성을 좌우하는 매우 중요한 설계인자이다. 그림 2는 높은 밸브리프트와 낮은 밸브리프트의 연소실내 공기유동의 속도 성분을 나타낸 것이다. 먼저 높은 밸브리프트인 밸브리프트 9mm를 보면 흡기포트 곡률 최적화로 인해 흡입공기량이 극대화된 것을 확인할 수 있다. 낮은 밸브리프트인 밸브리프트 2mm를 보면 스월 Chamfer 적용을 통해 스월유동이 강화된 것을 확인할 수 있다.



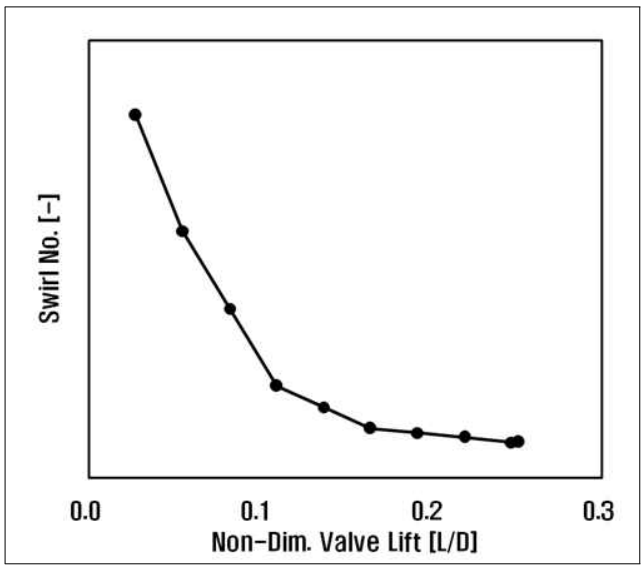
[그림 2] 유동 해석 결과

그림 3은 흡기포트 리프트별 압력분포를 나타낸 것이다. 흡기포트 하면의 곡률 최적화로 인해서 높은 밸브리프트에서 낮은 밸브리프트까지 급격한 변화없이 압력구배가 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다.



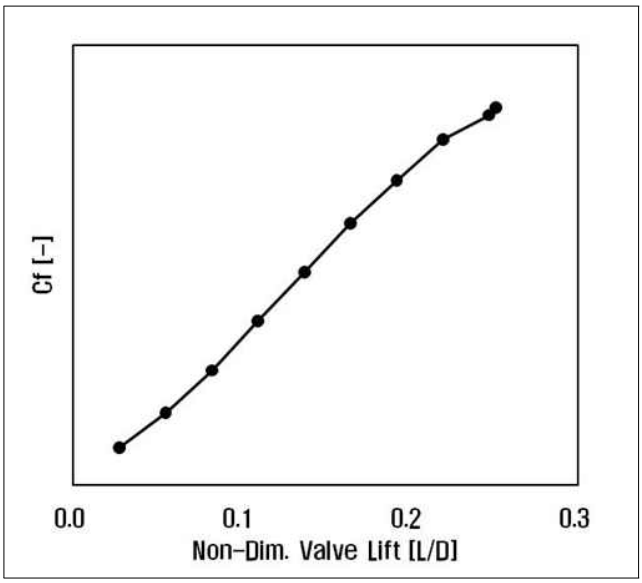
[그림 3] 리프트별 압력분포

그림 4는 리프트별 스월 수를 그래프화한 것이다. 스월 Chamfer 적용을 통해 낮은 밸브리프트에서의 스월유동을 강화하였다.



[그림 4] 리프트별 Swirl No.

그림 5는 리프트별 유량계수값을 그래프화한 것이다. 완성차업체에서 사용하는 자동차의 표준밸브프로파일(SVP, Standard Valve Profile)을 기준으로 계산된 평균 유량계수 값은 0.40 였으며, 전체적인 유량계수 값이 양호한 것으로 판단된다.



[그림 5] 리프트별 유량계수

4. 결 론

본 논문에서는 시작엔진 제작에 앞서 CFD 기법을 이용하여 디젤 엔진의 흡기포트 유동 특성을 분석하고자 하였다. 유동 해석 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 높은 밸브릩프트에서는 흡기포트 곡률 최적화로 인해 흡입 공기량이 극대화되었으며, 낮은 밸브리프트에서는 스월 Chamfer를 적용하여 스월유동이 강화된 것을 확인할 수 있었다.
2. 흡기포트 하면의 곡률 최적화로 인해 전 영역에서 압력의 급격한 변화없이 부드럽게 압력구배가 형성되는 것을 확인 할 수 있었다.
3. 유량계수와 스월수를 해석적으로 계산하였으며, 계산된 결과는 양호한 것으로 판단된다.

향후 실험을 통하여 해석결과를 보정하고, 좀더 정밀한 해석 모델을 확보할 예정이다.

참고문헌

[1] 이상진, 김성철, 김득상, 엄인용, 조용석, “흡기포트 및 밸브 형상에 따른 정상 유동 특성”, 대한기계학회 추계학술대회 논문집, pp. 252-258, 2001.
[2] 이충혁, 이준호, 김득상, 조용석, “해석적 기법을 이용한 흡기포트 형상에 따른 유량계수와 스월유동 특성에 대한 상관성 분석”, 한국자동차공학회 춘계학술대회논문집, pp. 184-190, 2005.
[3] 이상인, 박성영, “수치해석적 접근을 통한 불꽃점화 엔진의 냉각수 유동특성 개선,” 한국산학기술학회 논문지, 제10권, 제12호, pp.3553-3558, 2009.
[4] CD-adapco, "STAR-CCM+ V6.04.014 USER GUIDE", 2011.