2600cc급 디젤 엔진 냉각수 유동해석

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

Coolant 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 엔진의 블록과 헤드에서의 냉각수 유동 특성을 분석하고자 하였다. 유동 해석 결과 1번 실린더를 거쳐 4번 실린더까지 유동이 원활하게 흐르는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 전체적인 냉각수 분배에 영향을 미쳐 엔진 설계 시 발생할 수 있는 3, 4번 실린더의 과열을 방지 할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 열전달 계수가 전체적으로 균일하게 분포되어 냉각수의 열전달 특성이 양호할 것으로 판단된다.

1. 서 론

최근에 출시되는 자동차 모델들은 엔진의 고성능, 고출력 및 경량화 추세로 인해 냉각풍 도입면적은 매우 축소되는 반면, 고속, 과부하 주행에 따른 발열량은 오히려 크게 증가되는 경향이 두드러지고 있다[1]. 이에 따라, 우수한 냉각 성능의 확보가 차량개발 단계에서 중요시되고 있다. 냉각수 유로는 엔진의 성능 및 부품의 내구성 확보를 위한 중요한 인자로써, 엔진의 출력과 운전조건을 고려한 최적의 냉각수 유로 설계는 엔진 성능 증대와 배기가스 저감을 위한 필수적인 엔진 개발의 단계이다[2]. 냉각수 유로의 설계가 잘못되는 경우 엔진에서 발생한 열은 냉각수로 충분히 전달되지 못하게 되어 엔진내부의 온도는 비정상적으로 상승하게 된다. 이는 결과적으로 연소의 불안정과 녹킹 등을 초래하여 엔진의 성능 및 내구성에 악영향을 미치게 된다[3].

냉각수 유로의 설계 개발은 시작 엔진 제작 및 엔진 시험을 수차례 반복하는 장기간 작업을 통하여 최종적으로 완료되게 된다. 이러한 장기간에 걸친 개발 기간을 단축시키기 위하여 CFD기술을 적용한 냉각수 유로 설계를 검토하고 최적화하는 일이 필수적인 개발 단계가 되어가고 있다[4].

본 연구에서는 시작 엔진 제작에 앞서 CFD기법을 이용하여 디젤 엔진의 블록과 헤드에서의 냉각수 유동 특성을 분석하였다.

2. 냉각수 코어 모델 및 해석 방법

본 연구에 사용된 엔진 모델은 2,600cc급 직렬 4기통 디젤엔진이다. 그림 1은 엔진의 냉각수 코어 모델을 보여주고 있다. 해석 모델의 구조는 출구부와 연결되는 상부의 실린더 헤드의 냉각수 코어, 입구부와 연결되는 하부의 실린더 블록 코어부로 구분되고, 그 사이에는 실린더 헤드부와 실린더 블록을 나누어 주는 가스켓 부가 존재한다. 본 모델에서는 냉각수 펌프를 제외한 코어 부분만을 해석의 대상으로 고려하였다.

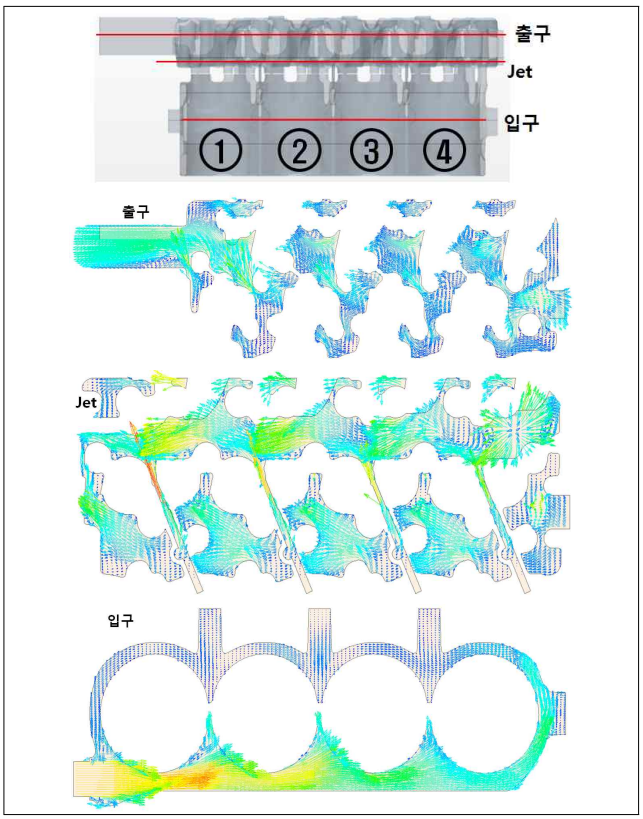
[그림 1] 냉각수 코어 격자 생성 모델

유동해석은 상용유동해석 소프트웨어(STAR-CCM+)를 사용하였으며, 약 150만개의 poly-hedral 격자로 구성하였다. 코어의 벽면에 벽법칙을 적용하기 위하여 벽면에 2개의 격자면을 추가로 삽입하여 해석을 수행하였다. 난류 모델은 Standard $k-\epsilon$모델을 사용하였으며, 냉각수 펌프를 포함하지 않는 평균 냉각수 체적 유량을 계산하여 입구 경계 조건으로 부여하였다. 또한, 초기 입구의 냉각수 온도는 358K으로 설정하여 해석을 수행하였다.

3. 해석 결과 및 고찰

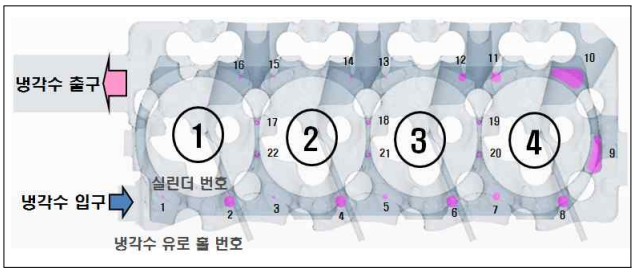
엔진의 냉각수는 엔진의 변형 및 내구성에 관련되는 중요한 인자이다. 특히 열이 집중되는 배기포트 주위와 연소실 상면의 냉각수 유동이 중요하다. 배기밸브 사이의 협소한 유로 부분의 냉각수 유량 및 속도 성분은 중요하게 고려되어야 한다.

그림 2는 입구, 출구 및 제트부분의 유동장을 보여주고 있다. 입구부와 연결되는 실린더 블록에서 1번 실린더를 거쳐 4번 실린더까지 유동이 원활하게 흐르는 것을 확인 할 수 있다. 출구부와 연결되는 실린더 헤드에서도 4번 실린더를 거쳐 1번 실린더까지 흐름이 균일하게 분포하는 것을 확인 할 수 있었다.



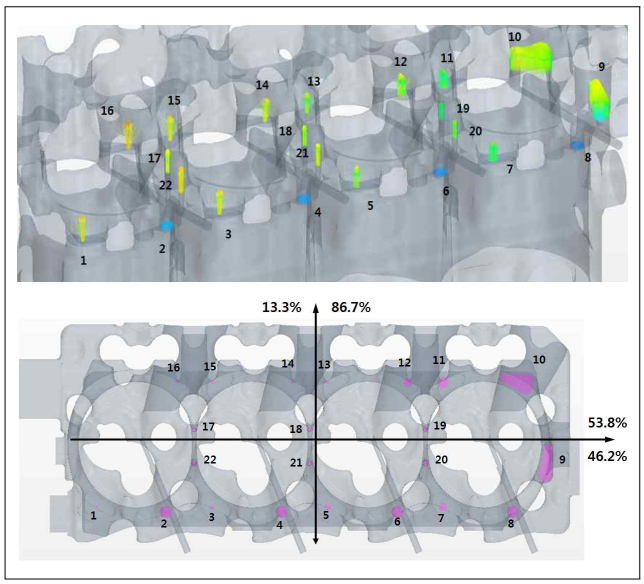
[그림 2] 유동 해석 결과

그림 3은 실린더 블록에서 실린더 헤드로 유입되는 가스켓 홀의 위치를 나타낸 것이다. 총 22개의 홀이 존재하며, 4번 실린더 냉각수 유로의 원활한 유동 흐름을 위해 9번과 10번 홀을 타 홀과 비교하여 3배 이상의 면적을 갖도록 설계하였다.



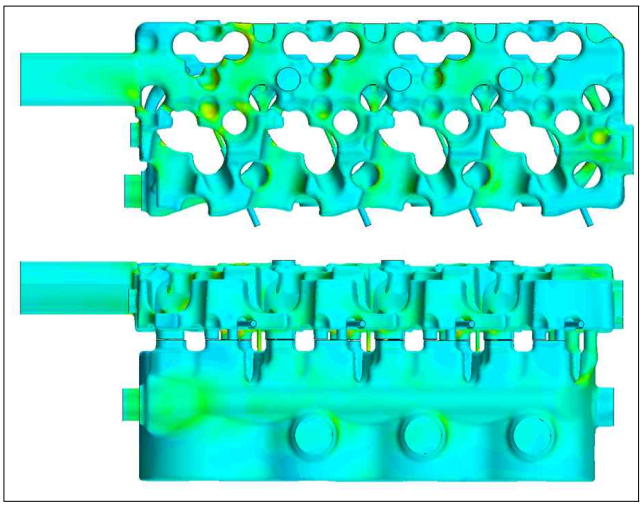
[그림 3] 가스켓 냉각수 유로의 위치

그림 4는 가스켓 냉각수 유로별 유량 분포를 보여주고 있다. 실린더부의 가로축을 기준으로 상하의 유량이 거의 균일하게 분포하는 것을 확인할 수 있다. 1, 2번 실리더 대비 3, 4번 실린더로 유입되는 냉각수의 양이 80% 이상으로 전체적인 냉각수 분배가 원활하여 엔진 설계 시 발생할 수 있는 3, 4번 실린더의 과열을 방지할 수 있을 것으로 사료된다.



[그림 4] 가스켓 냉각수 유로별 유량 분포

그림 5는 냉각수 코어의 열전달 계수 분포를 보여주고 있다. 열전달 계수가 높은 부분이 없이 전체적으로 균일하게 분포되어 냉각수의 열전달 특성이 양호할 것으로 사료된다.



[그림 5] 냉각수 코어의 열전달 계수 분포

4. 결 론

본 논문에서는 시작엔진 제작에 앞서 CFD기법을 이용하여 디젤 엔진의 블록과 헤드에서의 냉각수 유동 특성을 분석하고자 하였다. 유동 해석 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 유동장을 분석하여 1번 실린더를 거쳐 4번 실린더까지 유동이 원활하게 흐르는 것을 확인 할 수 있었다.
2. 전체적인 냉각수 분배가 원활하여 엔진 설계시 발생할 수 있는 3, 4번 실린더의 과열을 방지할 수 있을 것으로 판단된다.
3. 열전달 계수가 전체적으로 균일하게 분포되어 냉각수의 열전달 특성이 양호할 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] 신창훈, 이승희, 박원규, 장기룡, “엔진 냉각시스템 성능해석에 관한 연구”, 한국자동차공학회 논문집, 제14권, 제2호, pp. 39-48, 1996.

[2] 김성수, “가솔린 기관의 시동조건에 따른 HC의 배출특성,” Transactions of KSAE, Vol. 12, No. 3, 2004.

[3] 백경욱, 이병훈, 이상호, 조남효, “대형디젤엔진에서의 냉각수 요동해석”, 한국자동차공학회 추계학술대회 논문집, pp. 270-274, 1999.

[4] 이상인, 박성영, “수치해석적 접근을 통한 불꽃점화 엔진의 냉각수 유동특성 개선,” 한국산학기술학회 논문지, 제10권, 제12호, pp.3553-3558, 2009.