

자동차용 냉각탱크 압력캡의 내부 유동에 관한 연구

진성원, 노홍균, 최한솔, 전유선*, 김진택**, 이회창***, 최영하****
*전북대학교 기계시스템공학부, **전주기전대학 글로벌산업인재과
e-mail:cobra9@hanmail.net

A Study on the Internal Flow of the Pressure Cap of a Cooling Tank for Automobiles

Seong-Won Jin*, Hong-Kyun Noh*, Han_Sol Choi*, Yu-Seon Jeon*, Jin-Taek Kim**,
Hoi-Chang Lee***, Young-Ha Choi****

*Dept. of Mechanical Engineering, Jeonbuk National University

**Dept. of Mechanical System Engineering, Jeonbuk National University

***Cosmo ENG Corporation

****Dept. of Global Industry, Jeonju Kijeon College

요약

본 논문에서는 자동차의 냉각탱크 압력캡의 내부 유동을 상용 소프트웨어를 통해 해석하였다. 자동차가 운행을 하면서 발생하는 냉각수의 온도 변화에 따라 변하는 압력에 대해 압력캡의 내부 유동에 대해 압력 변화와 유동에 대해 확인하였다. 기존의 내부 유동에 대해 개선된 유동을 확인하기 위하여 변경된 출구 조건에 대해 내부 압력 및 유동을 확인하였다. 본 연구를 통해 냉각탱크의 압력캡의 최적 설계에 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 보인다.

본 연구에서는 기존 압력캡의 유동 개선을 위해 개선된 압력캡 설계 형상에 대해 상용 소프트웨어를 활용하여 유동 특성을 해석하고, 결과를 통해 압력캡 형상 설계에 대해 제공하여 최적 설계의 기초 데이터로 활용하고자 한다.

1. 서론

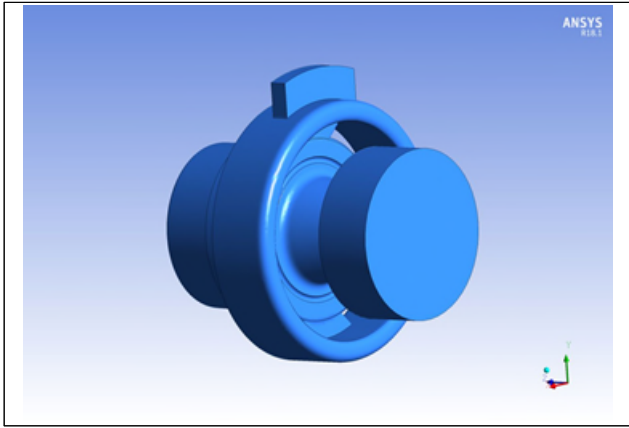
자동차용 냉각탱크의 상부에 설치되어 있는 압력캡은 탱크의 압력이 상승하면 외부로 냉각수의 흐름을 유도하고, 반대로 압력이 기준치 이하로 하강하면 외부 저장장치에서 탱크로 냉각수의 유입을 유도하는 장치이다. 압력캡의 내부 구조는 탱크의 압력과 연동하여 작동하기 위하여 스프링과 외부로의 유로가 복잡하게 설치되어 있다.

압력캡의 내부에 설치되어 있는 스프링에 의한 연구는 외부 하중에 의해 변형되는 변위에 대한 연구가 개별적으로 진행되고 있으나[1-2]. 이에 대해 변하는 내부 구조에 따라 유동 특성 분석은 자세하게 이루어지지 않고 있다. 자동차의 효율 향상을 위해 냉각수 유로에 대한 연구가 진행되었고[3], 하이브리드 및 전기 자동차에서 냉각 시스템의 냉각수 유동 특성과 냉각 성능에 대한 연구가 진행되었고[4], 연료전지 자동차의 냉각수 가열에 의한 유동 분석이 진행되었다[5]. 냉각수에 대한 밸브의 유동 특성 등에 대한 유동 해석은 연구되고 있으나 압력캡 내부에 대한 유동 특성은 연구가 진행되고 있지 않아 효율적인 냉각탱크의 관리를 위해 캡 내부의 유동 연구가 필요하다.

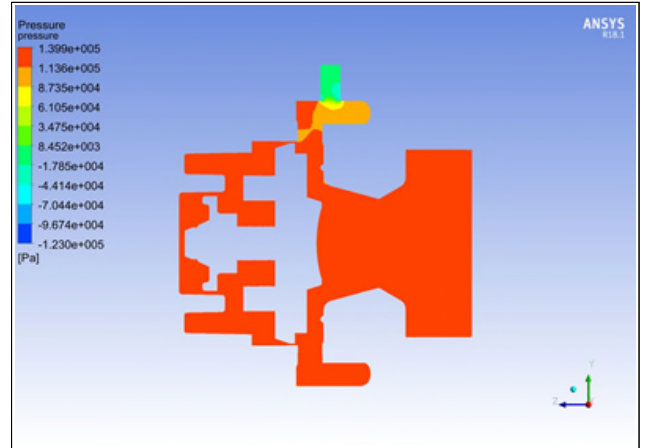
2. 압력캡 형상 설계

압력캡 형상의 내부 유동 영역을 그림 1에서 보여주고 있다. 그림에서 압력캡의 오른쪽은 탱크와 연결이 되어 있고, 탱크의 압력이 기준 압력 이상으로 상승하게 되면 압력캡 내부의 스프링에 의해 내부 유로가 형성하게 된다. 본 연구에서 작동하는 탱크의 압력은 140kPa로 설정하였고, 압력에 의한 스프링의 작동을 구조해석으로 계산하여 압력캡의 공간을 설정하였다. 탱크에서 압력에 의해 유입되는 냉각수는 반경방향으로 이동하여 외부로 방출하게 된다. 외부로의 방출을 원활하게 하기 위하여 방출구를 2개에서 4개로 확장하고, 이에 따른 내부 구조의 변화에 대해 유동의 특성을 파악할 필요가 있다. 또한 압력캡의 방출 효율을 높이기 위해 빠른 시간에 냉각수를 방출하기 위한 내부 구조에 대한 평가가 필요하다.

압력캡의 내부 유동 특성은 상용 소프트웨어 ANSYS의 FLUENT를 사용하였다.



[그림 1] 압력캡 내부 유동 영역 형상

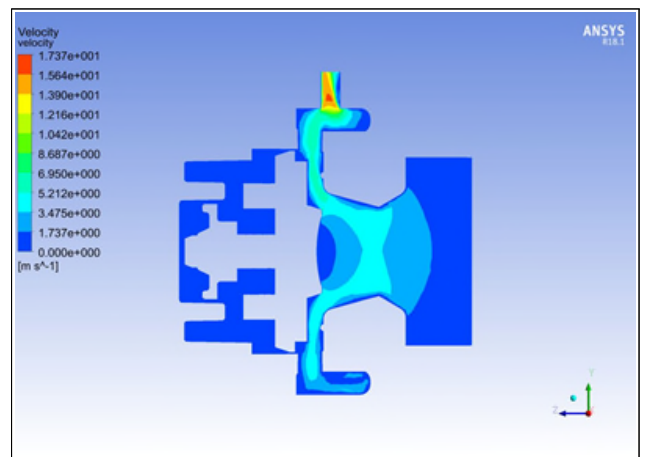


[그림 2] 압력캡 단면에서 압력 분포

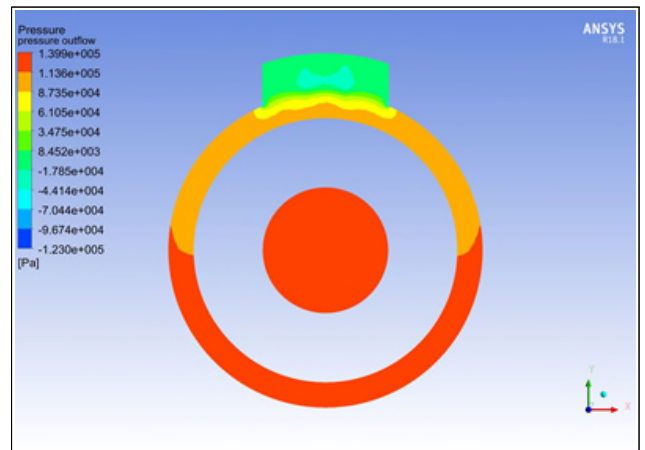
3. 결과 및 토의

압력캡 내부 유동을 해석하기 위해 해석 영역을 압력캡 내부 영역으로 설정하였다. 캡의 작동 압력은 140kPa로 설정하고 탱크의 압력이 설정 압력에 도달하면 탱크 내부의 냉각수가 압력캡을 통하여 외부의 저장장치로 흘러가게 된다.

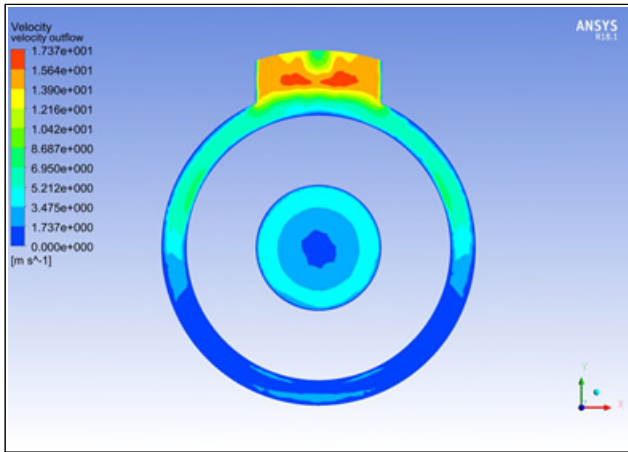
그림 2는 압력캡 내부 유동 형상의 단면에서 압력 분포를 보여주고 있다. 내부의 유로 부분에서는 균일한 압력 분포를 형성하고 있으나, 출구 부분에서 압력이 변하고 있음을 보이고 있다. 압력캡 단면에서 속도 분포를 그림 3에서 보여주고 있다. 유동이 형성되는 부분과 정체되는 부분에 대한 경계가 형성되고 출구에서 빠른 유속으로 방출되고 있음을 보이고 있다. 출구로 방출되기 전에 방사형으로 형성된 4개의 통로에서의 유동은 출구의 방향에 의해 영향을 받고 있으며, 이에 대한 속도 분포를 그림 5에서 보여주고 있다. 출구와 연결된 통로에서는 원활한 유동 형태를 보이지만, 반대쪽 통로에서는 유동을 제한하는 압력에 의해 원활한 유동 형성이 안되고 있음을 보이고 있다. 이러한 이유로 압력캡 내부의 유동에도 균일한 분포를 보이지 않고, 출구 영역에 치우치는 분포를 보이고 있다. 출구에서의 유량은 0.2684kg/s이고 내부 유동 형상에 의해 불균일한 분포로 방출되고 있다.



[그림 3] 압력캡 단면에서 속도 분포



[그림 4] 압력캡 출구 단면에서 압력 분포



[그림 5] 압력캡 출구 단면에서 속도 분포

후 기

본 논문은 중소벤처기업부에서 지원하는 2020년도 지역특화산업육성+[R&D]-지역스타기업육성(과제번호 : s2906860)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

- [1] 양철호, 한문식, “베어링 캡 유한 요소 해석 설계 방법”, 한국자동차공학회논문집, 제 17권 1호, pp. 80-86, 1월, 2009년.
- [2] 조영욱, 백범열, 임학송, “가압식 RESERVOIR TANK 최적화 구조 설계”, 한국자동차공학회추계학술대회, pp. 904-905, 11월, 2016년.
- [3] 송재우, 정상원 김상덕, “자동차 효율 향상을 위한 저차압 냉각수 유로 및 유량제어 모듈에 관한 연구”, 한국산학기술학회학술대회, pp. 160-161, 11월, 2014년.
- [4] 오현중, 박성진, “하이브리드/전기 자동차 배터리 냉각 시스템의 냉각판 내 냉각수 유동 패턴이 냉각 특성에 미치는 영향”, 한국자동차공학회추계학술대회, pp. 1268-1269, 11월, 2013년.
- [5] 이준영, 허영석, 배서정, “연료전지 차량용 냉각수 온도 제어 밸브의 유동 특성에 관한 해석적 연구”, 한국자동차공학회추계학술대회, pp. 1099-1105, 11월, 2018년.