

LPG 충전노즐에서 메탈시일의 최적설계

한주현, 이병관, 강현준, 김청균
홍익대학교 기계.시스템디자인공학과

Optimized design of the metal seal in LPG filling unit

Joo Hyun Han, Byung Kwan Lee, Hyun Joon Kang, Chung Kyun Kim
Department of Mechanical and System Design Engineering, Hongik University

초 록

우리나라는 자동차로 인한 대기오염 비중이 대도시의 경우는 80%이상을 차지하고 있으며 경유자동차 보유비율이 29%로 선진국 보다 월등히 높아 입자상물질과 질소산화물이 대기오염의 주원인으로 작용하고 있다. LPG연료는 휘발유와 비교하여 분자구조상 탄소가 적기 때문에 탄화수소 및 이산화탄소의 배출량과 경유에서 배출되는 입자상물질, 질소산화물의 배출량이 적어 청정연료로 평가받고 있다. 특히 경유사용 자동차에 비해 매연의 경우 95%이상의 저감이 가능하다는 큰 장점을 가지고 있어 대체 연료로서 가장 적당한 것으로 사료된다.

또한 1997년 외환 위기 이후 상대적으로 연료비가 저렴하고 세금이 적은 LPG차량의 보급이 꾸준히 증가하고 있다. 이와 같은 LPG차량의 폭발적인 증가는 그 동안 택시, 소형 승합차, 장애인 승용차 등으로 제한되었던 규제를 풀어 RV차량까지 LPG 사용을 허용함으로써 비롯되었다고 할 수 있다.

본 연구는 LPG 충전노즐인 퀵커플링에 대한 접촉거동을 고찰해 보고자 한다. LPG 충전노즐은 연료인 LPG를 전용차량에 주입하기 위한 장치로서 가스주입 시 차량에 직접 체결되어지는 장치이므로 안정성과 동시에 밀봉성이 매우 중요한 장치이다. 따라서 충전노즐은 LPG의 가스압을 충분히 견딜 수 있는 강도와 외부로의 누출을 방지하기 위한 실링, 주입시 안정성을 위해 차량의 주입구와의 확실한 체결이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 충전노즐의 안정성을 알아보기 위해 압력에 따른 영향을 알아보고 우수한 접촉거동과 밀봉성을 확보할 수 있는 형상의 충전노즐을 설계해 보도록 하였다.

유한요소해석은 편리성과 신속성을 위해서 2차원 축대칭 모델로 정의하였으며 모든 요소들은 축대칭 4각요소(Axisymmetric quadrilateral element)를 사용하였다. 또한 모델링과 해석은 각각 상용프로그램 MSC/MENTAT과 MSC/MARC를 사용하였다.

해석조건으로는 LPG의 일반 주입압력인 18kgf/cm^2 의 압력과 최대로 작용할 때의 압력인

27kgf/cm²를 포함하여 그 이상의 압력인 35kgf/cm²까지의 압력에서도 해석해 보았으며, 체크밸브부가 닫힌 상황에 대해서 해석을 수행하였다. 따라서 충전노즐의 개폐부에서 누설방지를 위해 장치되어 있는 스프링의 가압력 7.2MPa 또한 고려하였다.

본 논문의 주요목적인 최적설계는 충전노즐의 밀봉에 있어서 가장 중요한 부분인 가스출입구, 즉 체크밸브형태의 개폐부의 형상을 변화시켜 수행하였으며, 최적설계법은 다구찌법을 이용하여 가스압에 대한 안정성, 밀봉성, 접촉거동특성을 점검하였다. 다구찌법은 실험과 설계의 최적조건을 결정하는 기준을 특성치의 산포로 정하는데 특성치의 산포가 가장 적은 실험조건을 최적조건으로 결정하며, 특성치의 산포는 SN값에 의해 알 수 있다. 응력, 변형량과 같이 특성치 값이 작으면 좋은 경우의 SN값을 사용하는 망소특성을 적용하였으며, 접촉수직응력과 같이 클수록 좋은 밀봉성능을 나타내는 특성치는 망소특성을 적용하였다. 또한 SN값을 사용하여 설계 파라미터들이 최적설계에 미치는 영향을 간이분석법을 통하여 분석하였고, 각 파라미터들이 특성값에 미치는 기여율을 계산하였다.