

하부적하용 API 밸브 오링의 해석을 통한 기밀 특성 연구 A Study on the Sealing Characteristics of API Valve O-ring for Bottom Loading

*박대규¹, 조순옥¹, 조경철¹ 이재원², 장세철³, 곽경민³, 이종형³,

*D. K. Park(dkpark@kotmi.re.kr)¹, S.O.Jo¹, K.C.Cho¹, J.W.Lee², S.C.Jang³, K.M.Kwak³, J.H.Lee³

¹한국섬유기계연구소, ²영남대학교, ³(주)대정밸브

Key words : Bottom Loading, API Valve, O-ring, Contact Pressure

1. 서론

탱크로리로부터 주유소등의 유류저장탱크에 액체유류를 이송하는 과정에서 발생하는 휘발성 유기화합물(Volatile organic compounds, VOCs)로 인해 최근 환경오염에 대한 문제가 대두되어지고 있으며, 이는 인체에도 유해한 영향을 끼치고 있다. 국내에서는 1995년 대기환경보전법을 개정하여 유류를 이송하는 과정에서 발생하는 휘발성유기화합물을 탱크로리회수할 수 있는 장치를 설치하도록 규정하고 있다.

API 밸브는 유류저장탱크로부터 연결되는 호스의 커플러와 서로 짝이 되어 접속되는 연결 밸브로써, 유류저장탱크와 탱크로리를 서로 연결하고 차단해 주는 기능부품이다. API 밸브의 유류의 이송에 따라 수시로 API 밸브를 개폐해야 하는데, API 밸브 기밀 불량으로 인한 유류의 누출, 유류의 유속 및 와류에 의한 밸브 오링 이탈, 유류 접촉에 따른 화학적 소재 변형 등으로 인해 API 밸브 기밀성에 문제가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 API 밸브의 오링 이탈을 방지하고 접촉폭 및 접촉압력을 높일 수 있는 오링 장착부 설계를 통해 API 밸브의 기밀성 특성을 확인하였다.

2. API 밸브 오링 장착부 설계

밸브나 구조용기의 기체 또는 액체의 누출을 차단하기 위해 개발된 대표적인 밀봉제품은 탄성중합체 고무로 제작한 오링을 예로 들 수 있다. 오링이 밸브 구동축의 내경측 또는 외경측에 삽입될 수 있도록 원주방향을 따라 홈(groove)을 형성하고, 오링을 조립한 다음 이 오링을 커버로 덮어서 압축 밀봉작용을 하도록 설계되어 진다.

API 밸브에 로드부(rod part)에 삽입되어지는 오링은 원형의 절단면 형상을 갖고 있으며, 가압에 의해 시트부(seat part)와 접촉 되면서 홈의 빈 공간으로 밀려나서 탄성 압착되고, 그 반발력에 의해 기밀성을 확보하게 된다. 본 연구에서는 그 반발력을 접촉압력을 통해 확인하였으며, 이를 위해 Fig. 2와 같이 model-1 유한요소모델을 생성 하였다. 본 연구에서는 API 밸브에 오링이 삽입되어진 상태에서 로드부와 시트부에 최대 압착이 가해졌을 때의 유한요소해석을 통해 오링과 시트부 및 로드부의 접촉면 상에서의 접촉압력을 확인하였다.

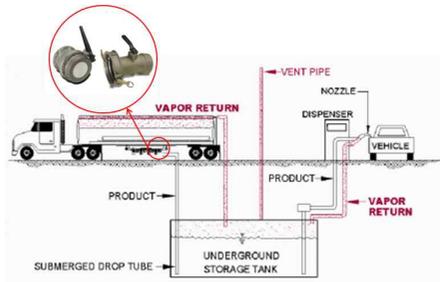


Fig. 1 API valve for bottom loading

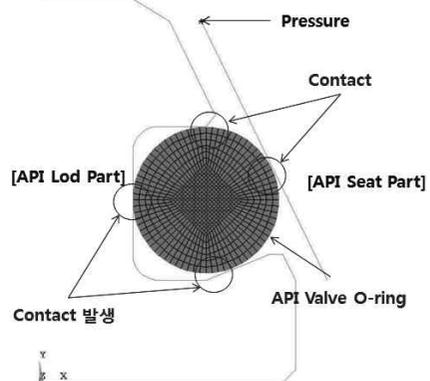


Fig. 2 Finite element model

3. 유한요소해석

Fig. 3에서는 오링이 홈에 삽입된 상태에서 로드부와 시트부와 접촉하는 시점인 최대 압착력을 가하였을 때의 변형 형상 및 접촉압력분포를 나타내고 있다. 압착력을 점차적으로 높여감에 따라 오링 소재는 홈의 비어있는 공간을 향해 퍼져나가는 돌출현상이 발생하고 있으며 최대로 압착되었을 때 홈의 내부 형상에 따라 오링의 단면 형상도 변경됨을 확인할 수 있었다. 오링과 시트부 사이에 발생하는 접촉압력분포를 살펴보면, 오링과 시트부, 오링과 로드부 여러곳에서 접촉현상이 나타나고 있으며, 최대 접촉압력은 오링과 로드부 접촉분포 중심에서 발생하며 0.19MPa 이다.

API 밸브 기밀에 있어서 가장 중요한 접촉 부위는 오링과 로드부 사이의 접촉이며, 접촉폭이 넓고, 접촉압력이 클수록 기밀성은 높다. 그리고 압착력에 의해 발생하는 오링의 변형 형상은 오링의 작동 손상 및 내구성과 연관되어 지므로 변형시 대칭 형상을 유지하는 것이 구조적으로 안정적일 것이다. 따라서 본 연구에서는 압착시 오링의 변형이 대칭 형상이 되도록 오링을 삽입하는 홈의 설계를 변경하여 model-2를 생성하고 유한요소해석을 수행하였으며, 이때 변형 형상 및 접촉압력분포는 Fig. 4와 같으며 최대 접촉압력은 오링과 로드부 접촉분포 중심에서 발생하며 0.21MPa 이다.

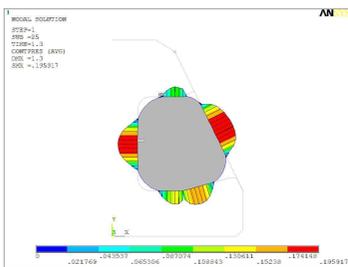


Fig. 3 Contact pressure of model-1

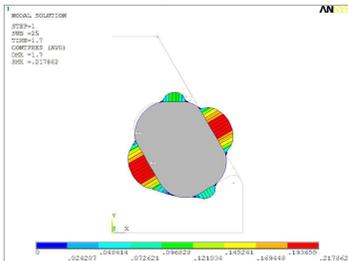


Fig. 4 Contact pressure of model-2

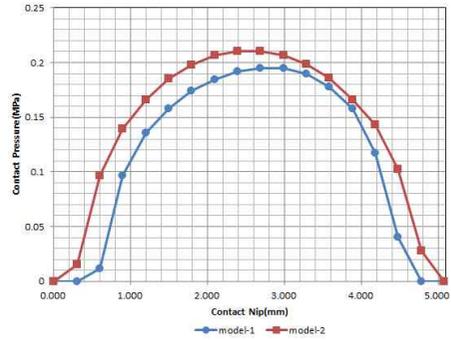


Fig. 5 Contact pressure distribution in seal surface according to the change of groove design

기존 홈 형상인 model-1과 개선 홈 형상인 model-2의 유한요소해석에 따른 오링과 시트부 사이에 발생하는 접촉압력 분포를 비교하면, Fig. 5와 같으며, model-1에 비해 model-2가 접촉압력 폭이 넓고 접촉압력도 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 하부적하용 API 밸브 오링의 유한요소해석을 통해 접촉압력과 기밀성 특성에 대해 논의하였다. 시트부 홈의 형상을 변경함으로써 홈 내에서 발생하는 오링 변형 형상의 구조적인 안정성을 도출하였고, 접촉압력값 및 접촉폭을 높여 기밀성을 향상시킬 수 있었다.

후기

본 연구 결과는 2011년 중소기업청 제조현장녹색화기술개발사업의 기술개발 결과이다.

참고문헌

1. 김청균, "다접오링의 밀봉특성 해석에 관한 연구," 한국가스학회, 제16권, 5호, 55-57, 2012.
2. 박성한, 김재훈, 김원훈, "압축 및 내압을 받는 고무 오링의 기밀 성능 평가," 한국정밀공학회, 제26권, 2호, 86-93, 2009.
3. 김청균, 김도현, "접촉식 밀봉 링의 변형거동 안정성에 관한 유한요소해석," 한국가스학회, 제16권, 5호, 47-51, 2012.