

유한요소법을 이용한 초저온 파일럿 타입 밸브의 열전달 해석 기법에 관한 연구

A Study of Heat-Transfer for Cryogenic Pilot Type Valve by Finite Element Method

*김성진¹, 황동욱¹, #김철²

*S. J. Kim¹, #C. Kim(chulki@pusan.ac.kr)²

¹부산대학교 창의공학시스템 협동과정, ²부산대학교 기계기술연구원

Key words : Cryogenic(초저온), Valve(밸브), FEM

1. 서론

현재 국내 조선산업은 세계 시장 점유율 1위의 세계적 위상에도 불구하고 LNG선, LPG선, 해양구조물 등의 고부가가치 선박에 탑재되는 조선기자재의 국산화율은 극히 저조하여 대부분을 유럽, 일본 등지에서 수입에 의존하고 있는 실정이다. 따라서, 고부가가치 선박 중의 하나인 LNG 및 LNG-FPSO선에 대량으로 장착되는 초저온 고압용 밸브를 국산화 개발한다면 밸브 시장에서도 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 예상된다. 하지만, 국내의 경우 LNG선박 또는 여러 산업분야에서 사용되는 초저온, 고압 밸브와 관련하여 글로브 밸브, 버터플라이 밸브, 볼 밸브 등의 On-Off 밸브 및 유량제어밸브에 관한 연구는 다수 진행되나 있으나 압력제어밸브의 한 종류인 Safety Relief Valve에 관한 국내연구는 미흡한 실정이다.

LNG선박용 Safety Relief Valve는 고부가가치 밸브로써 초저온 LNG(액화천연가스) 저장탱크 및 배관과 연결되어 있어서 시스템의 압력이 설정압력 이상이 되었을 때 내부 유체를 방출하여 일정한 압력을 유지시켜주는 중요한 기능을 한다. 작동환경이 초저온 이므로 열하중에 대한 충분한 구조적 안정성을 가져야 하며, 민감한 스프링 설계를 통해 내부압력 변동에 신속히 동작할 수 있어야 한다.

본 연구에서는 고압 환경하에서 Safety Relief Valve를 유한요소해석 상용프로그램인 ANSYS Classic을 이용해 구조해석을 수행하여 초저온환경에서의 밸브가 열릴 때

Diaphragm의 변형형상과 구조적 안정성을 평가하는 것에 목적이 있다.

2. 밸브 열전달 해석

초저온용 밸브의 열전달 해석을 위한 3차원 유한요소 모델을 Fig. 1에 나타내었다. 정상상태 열전달 해석은 Ansys workbench 11.0을 이용하였으며, 해의 정확도와 해석시간의 단축을 위해 밸브 형상을 1/2로 단순화하여 해석을 수행하였다. 스프링의 경우 1/2 모델로 단순화가 불가능하기 때문에 열전달 해석에서 제외시켰다.

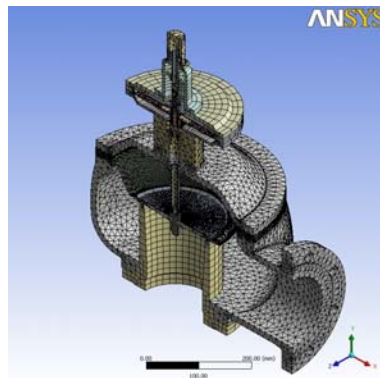


Fig. 1 Grid system of safety relief valve

재료 물성은 메인밸브 body, 파일럿밸브 cover와 메인밸브 cover의 경우 ASTM315 CF8M의 열전도 계수(Kxx)를 적

용하였고 Diaphragm은 Teflon소재중 하나인 FEP, 그 외의 부품은 -200°C 에서 30°C 까지 SUS316의 열전도 계수값(h)을 적용 하였다.

사용격자 계는 정렬격자와 비 정렬격자 모두를 사용하였으며 약 59만개의 노드 점을 생성하여 해석을 수행하였다. 특히 메인밸브의 Diaphragm과 접촉이 일어나는 영역에 대해서는 해의 정확도를 높이기 위해 격자를 더욱 조밀하게 생성하였다.

밸브가 닫혀있는 조건을 가정하여 초저온 액화LNG와 접촉하고 있는 면에 -162°C 의 온도조건을 부여하였고 대기와 접촉하는 밸브 외부면은 상온 25°C 를 적용하였으며 대류 열전달 계수는 대기와 접하는 부품의 외부에 일반적으로 사용되는 값인 $0.00001(\text{W}/\text{mm}^2\text{C})$ 을 적용하였다. 1/2 모델의 대칭면에는 Fig. 2와 같이 완전단열조건을 적용하였다.

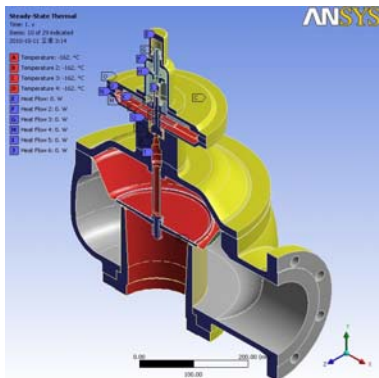


Fig. 2 Boundary conditions

3. 해석결과

Safety Relief Valve에 작용하는 내·외부의 온도차에 의한 정상상태에서의 밸브 온도 분포와 스프링 열/구조 연성해석시 적용될 온도경계조건을 확보하기 위해 열전달 해석을 수행하였다. Fig. 3은 열전달에 의한 온도

분포를 나타낸다. 초저온 LNG가 접하는 부분은 -162°C 를 나타내며 최상단에 위치한 cap에서는 약 -17.164°C 를 나타내었다.

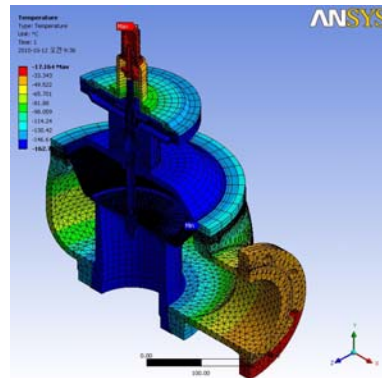


Fig. 3 Temperature distribution of valve assembly

4. 결론

이 결과를 바탕으로 온도 차이 및 내압에 의해 발생하는 응력을 예측하고, 스프링 해석에 적용될 상하부 시트의 평균온도를 얻어낸다, 그리고 다이어프램이 밸브 내부의 온도 차이에 의해 발생하는 응력에 대해 충분한 구조적 안전성을 확보하고 있음을 알아낼 수 있다.

후기

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2010년도 산학협력실 지원사업(NO.00036022)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

1. Jeong, H. S., Kim, Y. H., Cho, J. R., Kim, J. H., Kim, J. R., Park, J. H., 2007, "A Study on Structural Design fo Cryogenic Miniature Globe Valve using Finite Element Method," *Trans. of the JKSM*, Vol.31, No.4, pp.343~349.