

# 원주가압형 극저온 버터플라이 밸브의 가압 길이에 따른 유동-구조 연성해석

† 광기석 · 한동섭\* · 한근조\*\*

† 동아대학교 대학원, \*동아대학교 BK21 총괄사업단, \*\*동아대학교 기계공학과 교수

## Fluid-Structural Analysis of Circumference Pressurization type Butterfly Valve according to Pressurization Distance

† Ki-Suk Kwak · Dong-Seop Han\* · Geun-jo Han\*\*

† Graduate school of Dong-A University, Busan 604-714, Korea

\*Institute of BK21, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

\*\*Division of Mechanical Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

**요약** : 최근 석유수급에 대한 불안함이 증가되고 있으며 그로 인해 천연가스의 개발과 사용범위가 확대되고 있다. 특히, 전 세계적으로 조선에서는 LNG 및 LPG와 같은 천연가스의 저장과 운반에 대한 발전이 급속도로 성장하고 있는 반면에, 국내에서는 극저온 부품 소재의 기술력 저하로 극저온 버터플라이 밸브와 같은 핵심부품을 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. LNG 및 LPG 등은 미래 핵심 천연연료로 많은 지지를 얻고 있고 사용빈도도 증가하고 있기 때문에 이와 관련된 기술이 발전되어야 함은 물론이고, 국내에서도 극저온 버터플라이 밸브 제작과 설계에 대한 핵심기술을 확보하여야 한다. 이러한 관점에서 본 논문에서는 극저온 환경 하에서 우수한 신뢰성과 안전성이 보장될 수 있는 원주가압형 극저온 버터플라이 밸브를 유동-구조 연성해석을 이용하여 밸브 가압 길이에 따른 강도 평가를 수행하였다.

**핵심용어** : 원주가압형 극저온 버터플라이 밸브, 유동-구조 연성해석, 밸브 가압 길이

**ABSTRACT** : Recently, development and using a range of natural gas is widening because anxiety of oil supply is increasing. Especially, around the world, development for Storage and transportation of natural gas is rapidly growing. On the other hand, in Korea because of technology loss for cryogenic part material, key component is rely on import. LNG and LPG are the future core of natural fuels. That are getting a lot of support and it have increased the frequency of use. So it should be associated with the development of technology. And key technology about design and manufacturing for cryogenic butterfly valve are secured. In this paper, we analyze the strength evaluation for circumference pressurization type cryogenic butterfly valve using the fluid-structure analysis.

**KEY WORDS** : circumference pressurization type cryogenic butterfly valve, fluid-structure analysis, valve pressurization distance.

### 1. 서 론

최근 LNG 및 LPG의 안전한 보관과 수송을 위한 극저온 부품 기술에 대한 관심이 증가하고 있다. 하지만 국내의 경우, 극저온 부품의 기술력 저하로 인해 핵심부품을 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. LNG 및 LPG 등은 미래의 핵심 청정연료이므로 이에 관련된 극저온 기술이 발전되어야 한다. 전 세계적으로 조선해양산업 부분의 우위를 점하고 있는 시점에서 극저온 버터플라이 밸브 등과 같은 핵심부품의 국산화는 시급하다. 이러한 이유로 국내 조선업계와 극저온 유체 취급업계에서는 우수한 성능을 갖는 극저온 버터플라이 개발의 국산화가 시급

한 과제로 인식되고 있다. 본 논문은 원주가압형 버터플라이 밸브의 디스크가 1mm 씩 최대 5mm 까지 이동하였을 때 각 모델의 해석 결과를 비교함으로써 최적의 이동거리를 분석하였다.

### 2. 가압길이에 따른 밸브의 유동해석

버터플라이 밸브의 유동해석을 위해 초기모델은 3D설계 전용 프로그램인 INVENTOR 10을 이용하였다. 그리고 유동해석은 ANSYS Workbench 10.0의 CFX를 용하였다. 설계변수는 원주가압형 버터플라이 밸브의 디스크가 가압되는 길이 즉, 1mm에서 5mm 까지 1mm 간격으로 가압되는 조건을 사용하였다.

내부 유체는  $-196^{\circ}\text{C}$ 의 LNG를 사용하였으며, 밸브 입구속도는 미국수도협회(AWWA)의 규정에 따라 4.5m/s 로 설정하였다. 그리고 LNG의 압입구가 버터플라이 밸브에서 충분히 먼 곳으로부터 오는 것으로 가정하였고, 유체는 배관 내부에서 동일한 속도로 이동하며, 유체의 출구속도는 대기압으로 설정하였다. 유동해석을 위한 유동장의 형상과 경계조건을 Fig. 1에 나타내었다. 유동장의 격자수는 19842개이다. 유동해석 후의 결과를 Table. 1에 정리하였다.



Fig. 1 Fluid field and boundary condition of valve

Table. 1 Pressure and Velocity of valve

	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm
velocity(m/s)	78.61	69.98	64.56	64.12	63.24
Pressure(kPa)	1729	1369	1140	1138	1105

Table 1에서 확인할 수 있듯이 가압길이가 1mm와 2mm일 때는 속도와 압력이 급격하게 감소하지만 3mm 이상일 때는 모두 비슷한 값을 보임을 확인할 수 있다.

### 3. 가압길이에 따른 밸브의 유동-구조 연성해석

가압길이에 따른 밸브 내 유체의 거동이 실제 원주가압형 버터플라이 밸브의 구조에 어떤 영향을 미치는지를 유동-구조 연성해석을 통해 분석하였다. 유동-구조 연성해석을 수행하기 위해 앞서 수행하였던 유동해석 결과를 구조해석의 힙 경계조건으로 적용시켰고, 완전 고정되는 부분인 버터플라이밸브 바디 부분 바깥 면의 변위를 완전 구속시켰다. 유동-구조 연성해석을 수행하기 위한 유한요소 모델의 요소 수는 83,825개이다. 유동-구조 연성해석을 수행하기 위한 유한요소 모델과 경계조건을 Fig 2에 나타내었다. 유동-구조 연성해석 후의 결과를 Table. 2에 정리하였고 Graph. 1에 나타내었다.



Fig. 2 Finite element model and boundary condition of valve

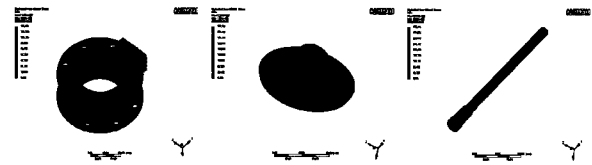
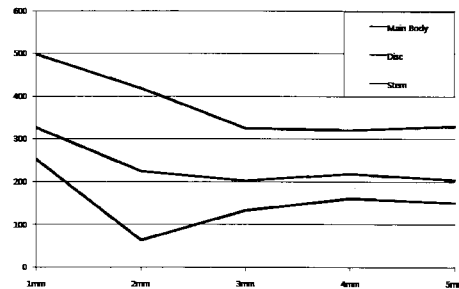


Fig. 3 Max Equivalent Stress

Table. 2 Max Equivalent Stress of steem, body and disc

	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm
Body	254	63.4	132.7	161.2	151.8
Disc	327.1	255	202.4	218.4	203.7
Steem	499	419	326	321	330



Graph. 1 Result of Max Equivalent Stress

Graph. 1에서 확인할 수 있듯이 가압길이가 1mm와 2mm일 때는 각 부품별로 최대상당응력이 급격하게 감소하지만 3mm 이상일 때는 비슷한 값을 보임을 확인할 수 있다.

### 4. 결론

실제 밸브는 항상 동적인 영향을 받기 때문에 유동해석의 결과를 반영한 구조해석이 필요하다. 또한 본 논문은 원주가압형 버터플라이 밸브의 디스크가 1mm 씩 최대 5mm 까지 이동하였을 때 각 모델의 해석 결과를 비교함으로써 최적의 이동거리를 분석하는 것이 주된 목적이다. 유동해석의 결과 가압길이가 3mm 이상일 때는 속도와 압력이 비슷한 값을 가진다. 이는 가압길이가 3mm 이상일 때는 밸브 바디와 디스크 사이의 틈이 유체의 흐름에 미치는 영향의 차이가 거의 없음을 나타내는 것이다. 유동-구조 연성해석의 결과도 마찬가지로 가압길이가 3mm 이상일 때 최대상당응력이 비슷한 값을 가짐을 확인하였다. 그러므로 원주가압형 버터플라이 밸브의 가압길이를 3mm로 하여 디스크를 회전시키는 것이 현재 사용하고 있는 모델보다 효율적이다.

### 참고 문헌

- [1] park, Y. C.(1999). "A Optimization of Butterfly Valve using the Characteristic Function", The Korea Society of ocean Engineering.. 99. pp. 149~154.