

극저온용 글로브 밸브 설계를 위한 유량계수 측정 연구

권성용*, 김승찬*, 장석수**, 조기수**

*한국조선해양기자재연구원

**산동금속공업(주)

e-mail:ksy0322@komeri.re.kr,

A Study of Flow Coefficient measurement for Initial design of Cryogenics Smart Globe Valve

Seung-Chan Kim*, Seong-Yong Kwon*, Suk-Soo Jang**, Ki-Soo Cho*

*Busan Mieum Headquarters, Korea Marine Equipment Research Institute

**Sandong Metal Industry Co., LTD

요약

메탄(CH₄)이 주 성분인 천연가스는 조선산업의 대체에너지로 떠오르고 있다. 천연가스는 기본적으로 저장방법에 따라 LNG(Liquefied Natural Gas), CNG(Compressed Natural Gas), PNG(Pipe Natural Gas)세 가지로 분류된다. 대부분 천연가스를 수입하는 국가는 액화시켜 수입하고, 기화시켜 운송 또는 사용된다. 액화된 천연가스의 온도는 -161.5℃ 이하로 극저온(Cryogenics) 영역에 속한다. 이러한 극저온에서 사용하기 위한 밸브, 파이프, 저장장치는 기본적으로 높은 성능이 요구된다. 본 연구에서 사용된 밸브의 등급은 “KS 극저온용 글로브 밸브-설계 및 시험요건”에 맞춰 등급 300(최대압력5.2(750)MPa(psi))에 맞춰 수치해석의 경계조건에 적용하였다. 그리고 극저온 스마트 글로브 밸브의 초기 설계를 위한 참고 모델은 300mm 직경의 일반 글로브 밸브를 이용하여 구성하였다.

1. 서론

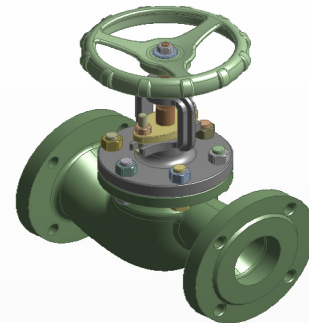
극저온 밸브는 일본, 미국, EU등 선진국들이 시장을 점유하고 있는 기계 부품 중 하나이다. 일반 산업용 밸브는 국내에서 개발, 제작이 가능하지만, 특수 목적의 밸브에 속하는 극저온 밸브는 대부분 수입을 하고 있는 실정이다. 업체는 Metso, Velan, Emerson, BTK, Samson, Sasakura, Tokyo-boeki 등으로 알려져 있다. 극저온 분야의 시장의 선도 및 기술 개발을 위해 밸브 자체의 성능 및 품질 향상으로 외산 제품과의 기술수준 향상이 필요한 상황이다.

2. 극저온 글로브 밸브

2.1 글로브 밸브 유동해석 과정 및 결과

[그림 1] 과 같이 글로브 밸브는 유로의 차단과 유량 조절에 사용되는 밸브이다. 일반적으로 디스크(Disk)가 상하로 움직이면서 유체의 흐름을 조절한다. 산업현장에서 가장 많이 사용되는 게이트 밸브에 비해 유량조절, 유로차단이 우수하다는 특징이 있다. 하지만 구조가 복잡하여 제조 단가가 높다는 단점이 있다.

하지만 글로브 밸브는 게이트 밸브에 비하여 이동 간격이 짧



[그림 1] 일반용 글로브 밸브

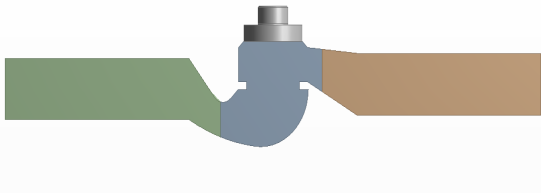
기 때문에 신속한 개폐가 가능하다. 글로브 몸체 형상에 따라 T형, Y형, Angle Type이 있다. Table1.은 일반적인 글로브 밸브 형상별 특징을 나타내었다.

[표 1] 글로브 밸브의 형상에 따른 특징

Shape	Features
T type	- Commonly used for general purposes. - The internal structure is complex.
Y type	- Y type is made to secure T type thermal expansion. - The flow direction is straight, reducing the resistance of the fluid
Angle type	- Angle type can control fine flow rate.

2.1.1 글로브 밸브 유동영역 및 격자

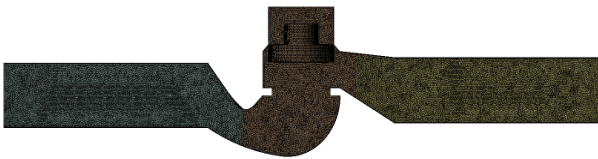
글로브 밸브의 유동해석을 위해 Fig.1.의 초기 모델을 유동영역을 [그림 2]와 같이 설정하였다.



[그림 2] 글로브 밸브의 유동영역

일반적으로 글로브 밸브의 유량은 디스크의 상하 높이 위치에 따라 변하게 된다. 유동해석을 위해 [그림 2]에 나타난 회색 부분이 디스크이며 이를 불리안(Boolean)연산을 통해 유동영역을 구성하였다. 전체 디스크 개도 높이는 0.192m이며, 0.0128m 간격으로 유동해석을 수행하였다.

격자수는 평균적으로 40만개이지만, [그림 3]과 같이 디스크가 글로브 밸브 몸체에 포함되는 영역부터는 50만개로 격자를 생성 하였다.



[그림 3] 일반 글로브 밸브 유동영역 격자

2.1.2 글로브 밸브 유량계수 도출

밸브의 유량계수 측정을 위한 수식은 미국 규격 협회(ANSI)의 기준인 Eq. (1)과 같다. 1.167은 SI 단위환산을 위한 보정 상수 값이다.

$$C_v = 1.167 \cdot Q \cdot \sqrt{\frac{G}{\Delta P}} \quad (1)$$

Q : 유량 [m^3/h]

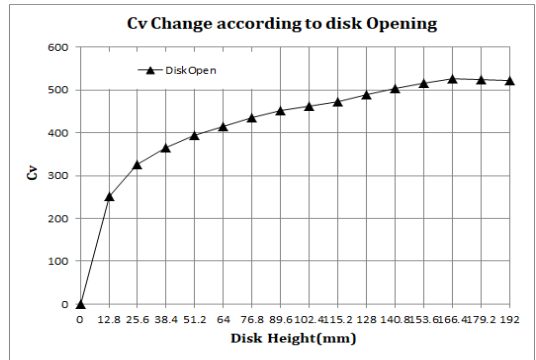
G : 비중[물 : 1]

ΔP : 차압 [kgf/cm^2]

3. 극저온 글로브 밸브 해석 결과

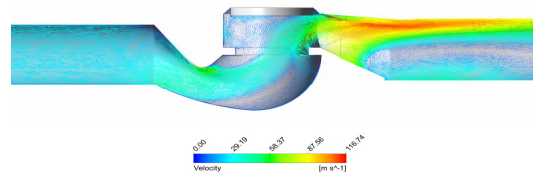
[그림 4]는 글로브 밸브 개도에 따른 유량계수 값을 나타낸 것이다. 유량계수를 계산하기 위해 압력은 입·출구의 전압(Total Pressure)을 측정하였으며, 유량은 출구 유량을 이용하여 계산하였다.

디스크 개도에 따른 유량변화는 밸브의 초기 설계에 반영될 것이다. 유량의 변화는 [그림 5]와 같이 디스크가 출구 직경과 유사한 위치에 도달하였을 때부터 일정하게 나타났다.

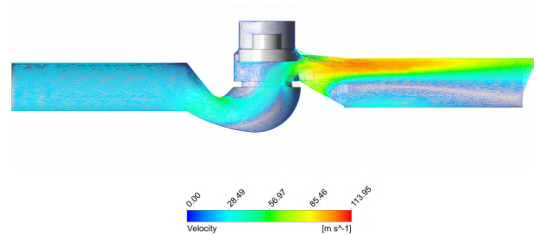


[그림 4] 글로브 밸브 개도에 따른 유량계수 변화

[그림 6]은 디스크가 글로브 밸브 몸체에 포함되는 순간 나타난 결과이며, 이때의 압력 손실이 크며 디스크에도 무리가 갈 것으로 판단된다.



[그림 5] 글로브 밸브 개도에 따른 유량계수 변화



[그림 6] 글로브 밸브 개도에 따른 유량계수 변화

후 기

본 연구는 2020년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행된 연구임(NO.20008661, 친환경 LNG 연료 운반선 Loading & Unloading을 위한 극저온 스마트 밸브 개발)

참고문헌

- [1] 최지원, 박순형, “정밀 제어 글로브 밸브의 유동해석 및 실험적 연구,” 한국산화기술학회 논문지, 제 17권, 제7호, pp.734-739, 2016.
- [2] 김정훈 “8인치 극저온 글로브 밸브의 유량계수 특성에 관한연구,”부경대학교산업대학원, 공학석사논문, 2018.
- [3] KS 극저온용 글로브 밸브-설계 및 시험요건 KS V ISO 18139:2017