

동적 유동 해석을 통한 파일럿 타입 안전밸브의 Disc 거동 예측 연구

Prediction of the Disc of Pilot operated Safety Valve with Dynamics Model

*강상훈¹, #박영철², 최정주³, 송학관², 박지현²

*S. H. Kang¹, #Y. C. Park(parkyc@dau.ac.kr)², J. J. Choi³, H. G. Song², J. H. Park²

¹동아대학교 기계공학과, ²동아대학교, ³동아대학교 고기능성밸브기술지원센터

Key words : Safety Valve, Pilot operated relief valve, disc

1. 서론

압력 안전밸브(Pressure relief Safety valve)는 유독성 및 인화성 액체 저장탱크, 액화가스 저장탱크 등에 설치되어 탱크의 내부압력을 일정하게 유지시키기 위하여 사용된다. 저장탱크 주위의 환경변화로 인해 탱크 내부의 가스를 탱크 밖으로 안전하게 배출하여 내부압력을 저장탱크의 작동압력 이하로 유지시키는 기능을 수행하며, 유체 저장탱크에서 발생 가능한 위험으로부터 설비와 인명을 보호할 목적으로 사용되는 밸브를 의미한다. 이와 같은 목적으로 현재는 스프링식 안전밸브(spring loaded relief valve)와 중량식 안전밸브(weight loaded relief valve)가 널리 사용되고 있다. 하지만 이러한 밸브는 설정압력 이하에서 가스가 누출되고, 밸브가 열리는 경우에도 설정압력에 가까운 압력에서 밸브 디스크의 햄머링(hammering)이 발생되는 구조적 문제가 있어 위험이 상존하고 있다. 이에 반해 파일럿 작동식 압력밸브(Pilot operated pressure relief valve)는 설정압력에 대한 개폐가 신속하고, 설정 압력에 도달하기 전의 기밀유지성능이 기존의 안전밸브에 비해 우수하고, 디스크 떨림 및 햄머링의 발생 가능성이 적다. 따라서 위에 언급된 기존 안전밸브의 문제점을 해결 할 수 있으며, 가스누출에 따른 위험으로부터 설비를 안전하게 보호하고, 경제적 손실 및 환경오염 문제도 방지할 수 있다. 위와 같은 장점을 가지고 있는 파일럿 작동식 안전밸브에 대하여 범용 프로그램인 ANSYS 12.1를 사용하여 동적 유동해석을 수행하였다. 이를 통해 Main Valve의 유동 흐름을 파악하고, 흐름에 따른 Main Valve 내의 디스크 거동을 예측하였다.

2. Main Valve 유동 흐름 예측

파일럿 작동식 압력밸브에서 Main Valve의 디스크의 거동을 예측하기 위하여 우선적으로 3차원 모델링을 시행하였다. 이때, 원 모델에 대한 1/50으로 축소된 단순화 모델을 이용하여 유동해석을 수행하였다.

입구로는 20[bar]의 압력을 Opening 조건으로 가하며, 출구로는 0[bar]로 주어 압력에 의하여 밖으로 배출되게 하였다. 1/50으로 축소된 모델은 원형 모델로 구성되어 대칭 조건을 주었다. 그리고 디스크가 거동되는 부분에는

$$F_{total} = F_{flow} - F_{disc} \quad (1)$$

식 (1)은 힘 디스크가 거동되는 기본 구성식을 나타낸 것으로 다음과 같이 전개가 된다.

$$F_{flow.open} = \frac{\pi}{4} d_{disc.open}^2 \times P_{inlet} \quad (2)$$

$$F_{flow.close} = \frac{\pi}{4} d_{disc.close}^2 \times P_{inlet} \quad (3)$$

전개된 식(2)와 식(3)을 식(1)에 대입하면 아래와 같은 디스크 거동에 관한 식이 된다.

$$d_{discNew} = (F_{flow} - m_{disc} \cdot g - P_p \cdot A_{discIn} + \left(\frac{m_{disc} \cdot v_{discOld}}{dt} + m_{disc} \cdot \frac{d_{discOld}}{dt} \right)) / (m_{disc} / dt) \quad (4)$$

변환된 식(4)를 이용하여 CEL(Cfd Expression Language)로 변환하고, 다음에 나와 있는 Fig. 1과

같이 Disc의 거동 조건으로 사용하였다.

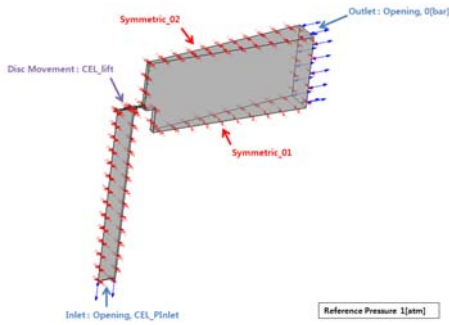


Fig. 1 1/50 모델 경계조건

3. Main Valve 유동 해석 결과

Table 1 유동 해석 결과 비교

	원 모델	1/50 축소 모델	오차
Node	100992	17622	82.55%
Element	336673	8535	94.77%
출구압력[Pa]	101886	100896	1.27%
Disc압력[MPa]	1.48	1.46	1.46%
Disc가받는힘[N]	694.15	682.96	1.61%
TotalCPUTime[s]	10260	1318	87.15%

축소된 모델을 원 모델과 비교하였을 때, 결과의 차이가 거의 없다는 결과가 나타났다. 이는 축소화된 모델의 해석적 타당성을 알 수 있고 격자의 수가 줄어든 만큼 해석의 속도도 향상되어 해석 시간의 소요를 줄이는 효과를 얻었다.

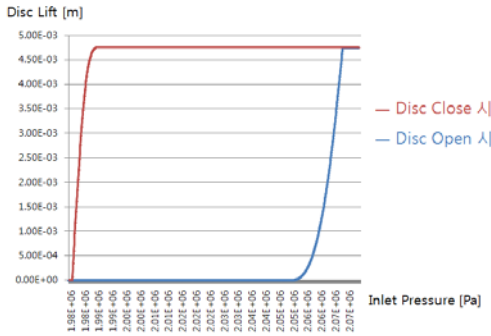


Fig. 2 Disc의 Lift-압력 선도

동적유동해석 결과, Fig. 2에서와 같은 입구측 유입 압력에 따른 디스크의 거동을 예측하였고,

예측 결과 0.55%의 Blowdown을 가지고 0.83%의 Accumulation을 가지는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

파일럿 작동식 안전밸브에 대한 동적 유동해석을 수행하였으며, Main Valve 내의 디스크 거동을 예측하였다. 이 데이터는 밸브 설계에 대한 타당성을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 알 수 있게 되었다.

후기

본 연구는 산업핵심과제인 해양 플랜트용 파일럿 타입 압력 방출의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Dasgupta K, Karmakar R, "Modelling and dynamics of single-stage pressure relief valve with directional damping", Simulation modelling practice & theory v.10 no. 1/2, pp.51 - 67, 2002
2. 윤소남, 최영호, 함영복 "파일럿 구동용 압력 제어밸브의 특성 해석," 한국정밀공학회 2002년도 춘계학술대회 논문집 2002 Oct. 01, pp.725 - 728, 2002.
3. 김승우, 안경관, 양순용 "파일럿형 압력 릴리프 밸브의 최적설계", 한국정밀공학회 2003년도 춘계학술대회 논문집 2003 June 01, pp.1006 - 1011, 2003.