

파일럿 작동식 안전밸브의 CAE 응용

CAE application of Pilot Type Safety Valve

*정지훈¹, #박영철¹, 송학관¹, 정지훈¹

*J. H. Jung¹, #Y. C. Park(parkyc67@dau.ac.kr)¹, X. G. Song¹, J. H. Jung¹

¹동아대학교 기계공학과

Key words : Pilot , Safety , relief , valve , CFD

1. 서론

유독성, 인화성 액체 저장탱크 내부의 압력은 탱크에 포함된 모든 설비가 정상적으로 작동하는 경우에도 계속 변동을 하며, 주위에 화재 등의 긴급 상황이 발생하면 내부의 압력은 급격하게 변동하여 탱크 폭발 등의 위험이 발생한다. 정상적으로 작동되는 탱크 시스템은 탱크에 액체를 공급하거나 탱크로부터 액체를 배출하는 경우 내부압력이 변동되고, 탱크가 태양의 복사열등 주위로부터 열을 받거나 한랭한 주위로 열을 빼앗기는 경우 열의 영향으로 내부압력이 변동한다. 액체를 탱크에 주입하면 탱크상부의 기체(유증기)가 압축되어 압력이 상승하고, 액체를 배출 할 때는 내부에 진공이 발생한다. 탱크가 열을 받는 경우 액체의 증발 등에 의해 압력이 상승하고, 열을 빼앗기는 경우는 기체의 응축 등에 의해 내부의 압력이 떨어지게 된다. 탱크 시스템에는 위와 같은 정상적인 압력 변동 외에 다음과 같은 요인들에 이 급격한 압력변동이 발생할 수 있다. 즉 탱크주위에 화재발생, 탱크에 연결된 펌프 등의 장비고장, 장비를 구동하기 위한 전력의 공급중단, 유체 레벨조절장치의 결함, 탱크에 연결된 조절밸브의 고장, 탱크와 관련된 열 교환 장치의 결함 및 탱크 내부의 화학반응 발생 등이 압력변동에 영향을 미친다.

안전밸브는 위와 같은 이유로 변동되는 탱크 내부의 압력을 탱크의 작동압력으로 유지되도록 함으로서 화재 및 폭발의 위험을 방지하기 위하여 사용된다. 현재 가장 널리 사용되는 있는 스프링을 이용한 안전밸브와 중량을 이용한 안전밸브, 그리고 본 연구의 목표인 파일럿 작동식 안전밸브 등이 있다. 파일럿 작동식 안전밸브의 장점은 일반 스프링 및 중량을 사용하는 안전밸브에 비해 고압에서

작동이 용이하며, 미세한 차압에도 반응이 정확하여 작동시점을 파악하는데 우수하다. 일반적으로 정확도를 요구하는 플랜트 산업 및 발전소 등에서 사용된다.

2. Pilot Valve의 해석

2.1 Pilot Valve의 작동원리

파일럿 작동식 안전밸브는 Fig1 과 같이 주 밸브와 파일럿밸브로 크게 구성되어 있다. 주 밸브로 유입되는 유체는 일정압력 하에서는 개방이 되지 않는 상태를 유지한다. 이때, 유입되는 유체 중 일부가 관을 통하여 파일럿 밸브로 유입하여 주 밸브의 디스크 상부의 공간에 유입되어 디스크를 누르는 힘을 발생하게 된다.

일정압력 이상이 되면, 파일럿 밸브는 유체의 유입을 중지하게 되고, 디스크 상부로 유입되었던 유체는 대기로 방출되어, 주 밸브의 디스크가 개방이 가능하도록 하여 유체를 대기로 방출시킨다. 대기로 방출되는 유체는 서서히 압력이 줄어 일정압력 이하로 떨어지게 되면, 파일럿 밸브는 디스크 상부로 유체를 유입시켜 주 밸브의 디스크를 닫히게 한다.

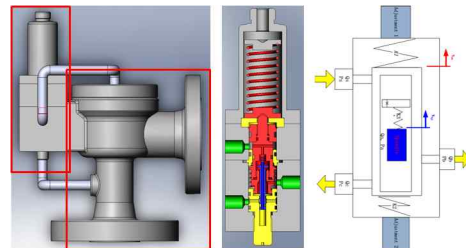


Fig. 1 Pilot Type Safety Valve 구성도

2.2 해석 방법

파일럿 작동식 안전밸브는 주 밸브와 파일럿 밸브로 구성되어 있으며, 형상이 복잡하여 두 부분을 각각 계산한다. 먼저 Fig2 와 같이 설정압력에서 작동하여 압력과 디스크의 변위는 선형적으로 움직이고 Blowdown 5% 이내로 작동한다는 가정 하에 주 밸브의 디스크 변위에 따른 유동해석을 이용하여 디스크에 받는 힘을 계산하여 디스크의 개폐 가능성의 유무를 판단한다. 그리고 파일럿 밸브는 1차원으로만 움직인다는 가정 하에 내부의 움직이는 부품들의 면에 걸리는 힘과 내부 용적에 따른 압력을 이용하여 진행한다.

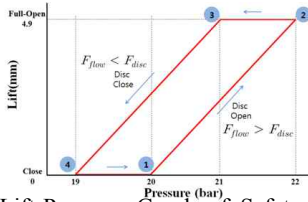


Fig. 2 Lift-Pressure Graph of Safety Valve

3. 결과

안전밸브의 주 밸브는 유체가 입구 측에서부터 유입되어 디스크까지 서서히 압력이 증가하다가 일정압력에서 개방되기 시작한다. 이 때 디스크 면에 받는 힘은 디스크 상부에서 누르는 힘보다 커야한다. 그러므로 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$F_{total} = F_{flow} - F_{disc} > 0$$

여기서 F_{flow} 는 CFD를 통하여 산출할 수 있으며, F_{disc} 는 파일럿 밸브의 작동에 의해 산출된다.

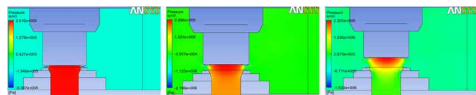


Fig.3 CFD of Main Valve

파일럿 밸브의 작동을 계산하기 위해서는 3가지 부분을 파악하여야 한다. 우선 파일럿 밸브 내부의 각 부분의 용적을 계산하고, 움직일 때의 각 부분의 변화량을 함수화하여야 한다. 그리고 유체가 흐르는 공간에서 1차원 단방향으로 힘을 받는 위치들을 설정하여 그 부분에 받는 힘을 구해야 한다. 면적에 대한 압력으로 구하는 방법과 CFD를 이용하여 구하는 방법이 있으며, 두 방법에 대한 계산 값은 차이가 있다. 마지막으로 파일럿 밸브의 작동 성능을 향상시키기 위해 스프링을 선정하여 포함한다.

3가지 부분을 하나의 함수로 변환하여 주 밸브에 입력하여 성능을 평가 할 수 있다.

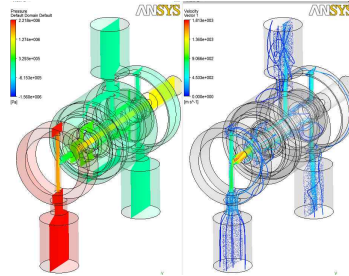


Fig. 5 CFD of Pilot Valve

4. 결론

파일럿 작동식 안전밸브의 유동해석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 파일럿 작동식 안전밸브를 계산하는 방법 중 하나로 CFD를 제시하였다.
2. 차후 파일럿 밸브의 함수화를 통하여 파일럿 밸브 작동의 정확성과 각 기능간의 최적화가 이루어져야 할 것이다.

후기

본 연구는 지식경제부 지정 산업핵심기술개발사업의 지원으로 수행 되었음.

참고문헌

1. Marc Hellemans , " The Safety Relief Valve Handbook" ,ICHEME,110-122,2009
2. Philip L. Skousen,"밸브 HANDBOOK SE", Mc Graw Hill,NewYork, .134~141,2005.