

배관용 틸팅디스크 체크밸브의 손실저항 절감에 관한 연구

김정환⁺·박재현⁺⁺·이현식⁺⁺⁺·남시환⁺⁺⁺⁺·황성홍⁺⁺⁺⁺⁺

Study on Loss Reduction for Tilting Disk Check Valve Installed in Piping System

J. H. Kim⁺, J. H. Park⁺⁺, H. S. Lee⁺⁺⁺, S. H. Nam⁺⁺⁺⁺ and S. H. Hwang⁺⁺⁺⁺⁺

Abstract : In generally, under the influence of over-pressure drop, serious problems such as cavitation, choked flow, flashing and vibration has been coming around the tilting disk check valve. A PIV experiment to examine the cause of energy loss has been performed and the improvement configuration of valve seat based on this visualization results is proposed. In the visualization results, flows in the piping system became instability under the influence of the shape of boss. This unstable flows induces sudden pressure drop in the piping system. So, we change the configuration of boss as a streamlined design to be stabilized the flows. A pressure measurement has been performed to know that the influence of the configuration change. In result, the rate of pressure loss reduction is about 22% at the position of No. 2 and 24.2% at the position of No. 6 in comparison with pre-improved shape.

Key words : Tilting disk check valve(틸팅디스크 체크 밸브), PIV(입자영상유속계), Pressure drop(압력강하)

1. 서론

밸브에 의하여 생성된 압력강하는 마찰손실을 통하여 에너지를 흡수하기 때문에 이상적인 압력강하의 상황에서는 전체의 흐름이 과도한 속도증가 없이 보다 적은 에너지를 흡수하면서 밸브본체를 지나가게 하여야 한다. 그러나, 대부분의 산업체에 적용되는 밸브시스템에서는 필요이상으로 밸브를 지나가는 유동의 압력손실이 크게 발생하게 되며, 이는 국부적으로 급격한 압력강하에 의한 캐비테이션(cavitation), flashing, choked flow, 진동 같은 많은 문제를 일으킨다.⁽¹⁾⁽²⁾ 이러한 문제들은 본체와 trim에 파식(erosion) 또는 캐비테이션 손상, 밸브 시트의 파손 또는 성능약화, 부착된 계기의 고정 문제, 배관파괴, 또는 작업자에게 청각 손실 등 많은 직접적인 결과들을 초래할 수 있다.

2. PIV 실험

본 연구에서는 PIV 시스템을 이용해서 유동가시화 실험을 행하였다. 실제밸브는 틸팅디스크 밸브의 구조상 흐름방향으로 8°의 각도를 가지고 기울어져있다. 모형 밸브는 원활한 유동가시화를 목적으로 견고한 투명아크릴을 이용하여 60mm로 정밀하게 축소 제작되었으며, 배관의 내경은 60mm로 제작되었다. 광원으로 100mJ Nd-Yag Dual Pulsed 레이저를 이용하였으며, 영상입력장치로써 1K×1K의 공간해상도를 가지는 CCD 카메라를 이용하였다. 추적입자로서 추종성 및 표면반사율이 우수한 직경 100µm의 PVC 구형입자를 선택하였다.

실험배관내의 흐름은 좌측에서 우측으로 흐르며, 레이놀즈수는 1.38×10^4 이다. 밸브의 개폐제어는 수동으로 15°의 간격으로 제어가 가능하며, 순환수펌프에 의하여 작동수가 공급되도록 하였다. 그리고 유량은 우측에 위치한 부자식 유량계에 의하여 목측으로 측정하였다. 시간평균을 위한 랜덤데이터의 수는 500 프레임으로 충분한 량의 데이터를 이용하여 신뢰성을 확보하였다. 처리 소프트웨어로써 계조치 상호상관법을 채택한 IIT사의 CACTUS 3.1을 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 밸브의 전방에 1개, 후방에 6개의 압력공을 밸브의 직경과 동일한 간격으로 배치하여 벽면압력을 측정하였다. 일정한 유량상태에서 밸브 전방에서의 압력 측정값을 기준으로 밸브 후방에서 측정된 6개소의 압력값을 뺀 데이터를 이용하여 Fig. 1에 그래프로 나타내었다. 압력 측정결과 어느 위치에서나 2번의 압력공 위치(밸브 후방으로 두번째 계측 지점에서 가장 낮은 값을 나타내고 있음으로써 밸브 물체에 의한 속도증가가 가장 크게 발생하는 교축부를 의미한다. 교축부를 지나서는 서서히 압력이 회복하는 특성을 보이고 있으며, 6번의 위치에서 대부분의 압력이 회복된 특성을 나타내고 있다. 실제 밸브의 운전상태에서의 밸브 압력손실 저감의 효과를 판단하는 것이 중요한 부분이므로, 밸브의 개도가 완전 열림 상태에서의 압력분포에 대한 결과만 나타내었다.

Fig. 1의 1번 위치에서는 개선 전·후의 압력차이가 22%, 2

+ 김정환(한국조선기자재연구원 연구개발팀), E-mail: jhkim@komeri.re.kr, Tel: 051)405-6880

++ 박재현, 한국조선기자재연구원 연구개발팀

+++ 이현식, 한국조선기자재연구원 전략사업기획단

++++ 남시환, (주)법한금속 기술연구소

+++++ 황성홍, (주)법한금속 기술연구소

번 위치에서는 12.2%의 차이를 보이고 있다. 또한 압력의 회복이 대부분 이루어졌다고 판단되는 위치인 6번 지점에서는 24.2%의 차이를 보이고 있다. 즉, 밸브의 완전열림 상태에서 밸브 형상개선을 통한 압력손실저감 효과가 계측 위치마다 각각 다른 값을 가지나, 6의 위치를 기준을 약 20%이상 손실 압력 감소효과를 가져온다고 판단된다.

따라서, 본 연구에서 제안된 밸브 형상변경에 의한 압력손실 저감 효과는 PIV에 의한 유동특성 해석과 더불어 정량적으로도 충분한 효과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

손실계수는 손실 수두 값을 밸브의 유입속도로 무차원화한 값이며, 밸브를 비롯한 배관손실을 나타내는 대표적인 값이다. Fig. 2에 밸브가 완전열림시 손실계수 값을 그래프로 비교하여 나타내었다.

압력계측 위치 6번 지점에서의 손실계수 감소효과는 24.2%임을 알 수 있고, 이는 앞서 언급한 6번 위치에서의 압력 감소율과 동일한 값이다. 본 실험은 모형실험이므로 실제의 대형밸브에서의 손실계수 측정결과와 당연한 차이를 나타낼 것이라고 판단된다. 손실계수의 측정값이 엄밀하게 동일한 조건 하에서 측정된 값이 아닌 경우 그 측정값들은 변화가 있을 수 있음을 염두에 두어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 손실계수의 절대적인 값을 평가하기보다는 밸브의 형상개선에 따른 상대적인 손실계수의 감소효과에 보다 중점을 두고 고찰을 하여야 할 필요성이 있다. 이와 같은 관점에서 본 연구에서 제안하는 밸브 시트 형상개선의 효과는 우수한 성과를 제시하고 있음을 알 수 있으며, 향후, 실제 밸브의 제작을 통해 그 효과를 입증할 필요성이 있다고 판단된다.

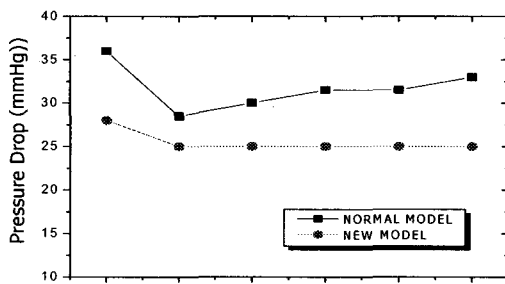


Fig. 1 Comparison of pressure drop rate

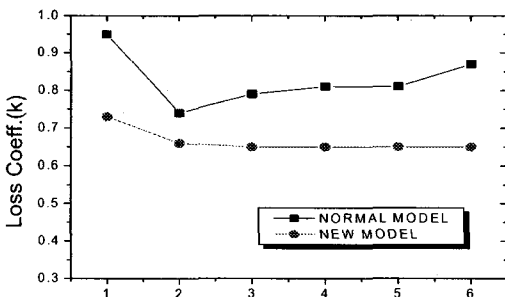


Fig. 2 Comparison of loss coefficient

손실계수는 손실 수두 값을 밸브의 유입속도로 무차원화한 값이며, 밸브를 비롯한 배관손실을 나타내는 대표적인 값이다.

3. 결 과

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 속도벡터 분포에서는 형상개선 후의 후류의 크기가 감소함을 알 수 있으며, 보스부의 형상을 유선형으로 개선함으로써 유동박리 현상을 억제하여 후류의 발달을 감소시키는 효과를 얻을 수 있다.
- 2) 속도프로파일의 비교에서는 형상개선 후의 시간평균 V 방향속도 값이 개선전에 비하여 작게 나타남으로써 밸브에 의한 유동교란이 감소하여, 박리영역의 축소, 방출후류의 감쇄, 이에 따른 손실저감의 효과를 알 수 있다. 또한, 운동량결손의 감소에 대한 영향으로 개선 후 형상 후방으로 U 방향속도성분이 증가함을 알 수 있다.
- 3) 운동에너지 분포는 유동장의 국소유량과 상관관계를 가지며, 중앙단면에서는 밸브 형상 개선 후에 밸브 상하면에서의 운동에너지가 크게 분포함으로써 통과하는 유량이 증가하여 밸브 물체의 저항이 작아짐을 알 수 있다.
- 4) 압력계측결과에서는 밸브의 완전 전개상태에서 밸브 직후 위치에서 22%, 2번 위치에서 12.2%, 압력이 대부분 회복되었다고 판단되는 6번의 위치에서는 24.2%의 압력손실 감소 효과를 얻었다. 또한 손실계수의 감소효과는 압력손실의 감소효과와 동일하게 나타난다.

참고문헌

- (1) J. W. Hutchison, 1984, "ISA Handbook of Control Valves," Instrument Society of America.
- (2) Roger C. Baker, 1995, "An Introductory Guide to Valve Selection," Mechanical Engineering Publications Limited, London, pp. 24-30.
- (3) Bill Fitzgerald, 1995, "Control Valves for the Chemical Process Industries," McGraw-Hill.
- (4) G. H. Pearson, 1979, "Valve Design," Mechanical Engineering Publications Limited, London.
- (5) D. R. Airey, 1990, "Valve and Actuators Applications and Developments, Independent Technical Conference, Kempston.