

# 볼밸브의 개폐각도에 따른 유동특성 분석

안태원<sup>†</sup>·한근조\*·한동섭\*\*·이성욱\*\*

## A Study on the Characteristics of Flow in the Metal Touch Ball Valve according to the Opening degree

Tae-Won An, Geun-Jo Han, Dong-Seop Han, Seong-Wook Lee

**Key Words:** Ball valve(볼 밸브), Flow coefficient(유량계수), Computation Fluid Dynamics(전산유동해석).

### Abstract

Valves has been used widely in various industries. There are many purposes for valve usage in a piping system. One of them is to control the flow rate. For a design of ball valves, it is important to know the characteristics of flows inside a ball valve. In this study, the computation fluid dynamics were conducted to observe flow velocity, flow coefficient and pressure distribution using CFX 10 according to the valve angles and uniform incoming velocity.

### 1. 서 론

밸브는 다양한 산업공정에서 유체의 흐름과 유량을 제어하는 장치로 폭넓게 사용되고 있으며, 사용목적과 용도 및 제어형태에 따라 종류와 크기가 매우 다양하다. 그 중 볼 밸브(ball valve)는 크게 바디(body), 볼(ball) 및 스템(stem)등으로 구성되어져 있으며, 유로의 중앙에 구멍이 뚫린 볼이 위치하고 볼은 유로와 수직방향에 설치된 스템과 핸들에 의하여 회전됨으로써 유체의 흐름을 제어한다. 또한 유로의 접측면에는 볼소수지 등으로 만들어진 시트(seat)가 조립되어 볼과 바디사이의 기밀을 유지하고 있다.

볼밸브의 설계를 위해서는 볼 밸브 내부의 유동특성을 파악하는 것이 중요한데, 특히 밸브를 열 때 발생하는 압력손실과 관련이 있는 유량계수는 밸브의 크기와 배관 조직을 결정하는데 아주 중요한 요소이다.(Ogawa, 1995;Kimura, 1995) 볼 밸브는 밸브의 개폐각도에 따라 밸브 내부의 유동이 급격하게 변화되고 밸브가 일정부분 개방되었을 경우 볼과 바디 사이로 동시에 유체가 유입되어 심한 캐비테이션(Cavitation)이 발생할 수 있다(Chern, 2006). 따라서 본 연구에서는 밸브의 개폐각도에 따른 볼 밸브 내부의 유동현상 및 유속을 살펴보았으며, 그에 따른 외벽에서의 압력분포를 도출하였다.

그리고 그 결과를 실제 밸브를 설계하기 에 앞서 밸브의 열림 각도변화에 대한 압력분포를 보다 정확히 예측하여 실제 밸브의 설계에 적용하고자 한다.

### 2. 전산유동해석

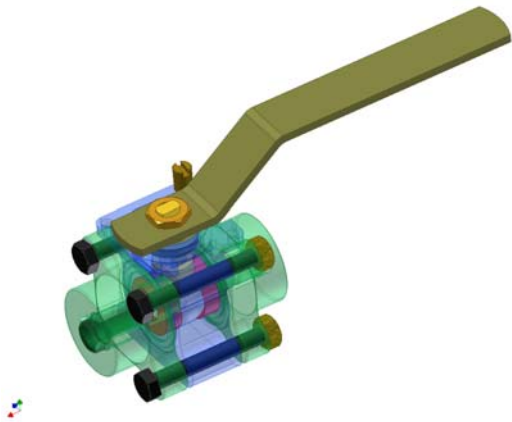
<sup>†</sup> 안태원, 동아대학교 대학원

E-mail : yjin10031003@nate.com

TEL : (51)200-6989 FAX : (051)200-7656

\* 동아대학교 기계공학과

\*\* 동아대학교 대학원 기계공학과



**Fig. 1** Shape of the Metal Touch Ball Valve

### 2.1 모델생성 및 하중조건

본 연구에서 사용된 밸브는 Metal Touch 방식 볼 밸브로서 기존 볼 밸브에 사용되는 연질 시트 대신 금속 재질의 시트를 사용하여 고온의 유체가 유입되더라도 시트가 녹는 현상이 발생하지 않아 누설을 방지할 수 있다.

Metal Touch식 볼 밸브는 Steam 제어용으로 최대 작동온도 및 압력은 315°C, 200psi이며, 시트 재질은 Polyetherketone이다. 볼 밸브는 밸브의 개폐각도에 따라 밸브 내부의 유동이 급격하게 변하게 되므로 그에 따른 각각의 유동장을 모델링하여 유동해석을 실시하였다.

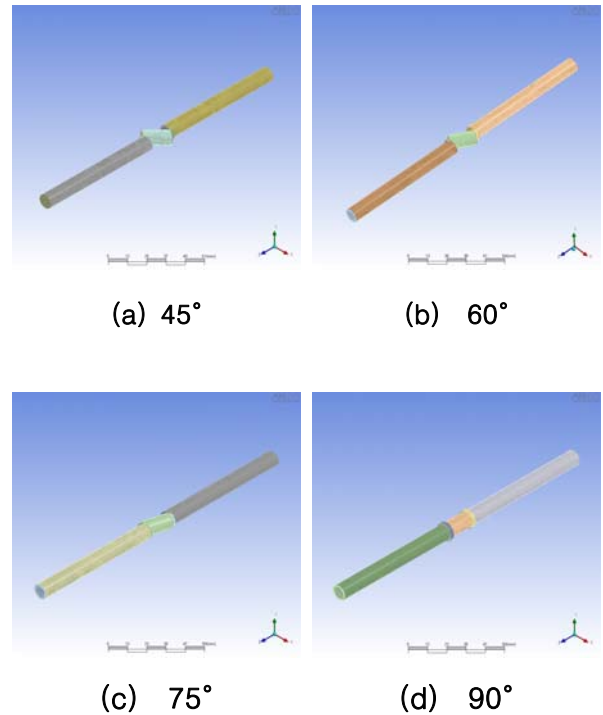
Fig 1에 개폐각도 90°에서의 형상을 나타내었으며, 설계프로그램으로는 INVENTOR 9.0을 사용하였다.

### 2.2 유동해석 조건

본 연구에서는 맥동현상으로 인한 영향을 최소화하기 위해 밸브 외부 배관을 유동해석 대상에 포함하여 유동해석을 실시하였다.

유동해석을 위하여 볼 밸브의 개폐각도 45°에서부터 90°까지 15°간격으로 각각의 유동장을 생성하였으며 Fig 2에 볼 개폐각도에 따른 격자계 형상을 나타내었다.(ANSYS CFX,2004)

경계조건으로는 입구측에 설계압인 213.35psi를, 출구측에는 대기압인 14.70psi를 적용하였다. 또한 배관 내에서의 유동은 레이놀즈수(Reynolds number) 4000을 넘는 난류 유동을 하므로 난류 유동에 대한 k-ε모델의 적용과 난류옵션(난류강도 5%)을 설정하여 유동해석을 수행하였다. 또한 난류 유동에 대한 마찰계수는 레이놀즈수와 상대조



**Fig. 2** Fluid Mesh for Computation Fluid Dynamic according to the opening degree

도에 의존하나 해석에서는 실제로 설치될 밸브와 연결되는 모든 관에 대하여 고려할 수 없기 때문에 벽면에는 No Slip조건(Smooth Wall)을 적용하였다. 내부 작동유체는 비점성 · 비압축성인 상온의 물을 사용하였다.

## 3. 전산유동해석 및 결과

### 3.1 개폐각도에 따른 압력분석

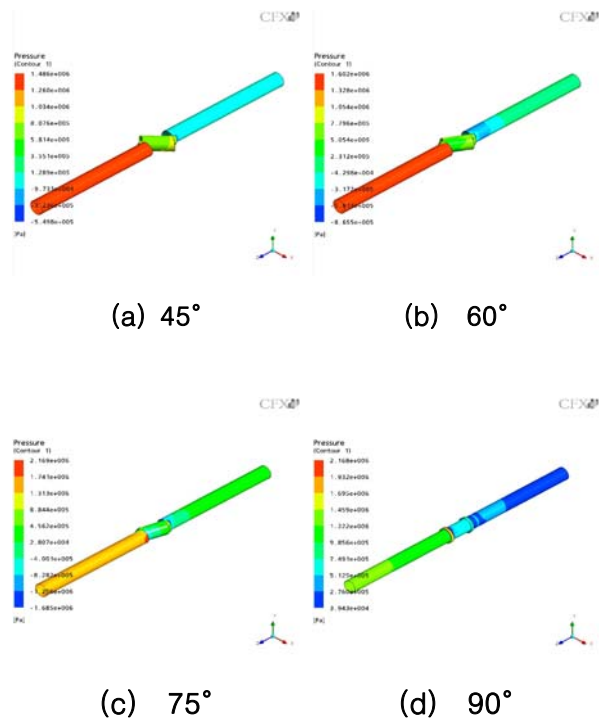
본 연구에서는 상용프로그램인 ANSYS CFX 10.0을 사용하여 밸브와 배관 내에서 이루어지는 복잡한 유동현상을 분석하였다.

일반적으로 입구측에서 볼까지는 거의 유사한 압력분포를 보이며, 볼 구간을 지나면서 급격한 압력 하강현상이 발생되었다. 최대압력은 유량계수가 증가하는 개폐각도 75°에서부터 2.17Mpa이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 향후 계속되는 연구를 통하여 개폐각도와 최대압력 및 유량계수와의 관계를 살펴보아야 할 것이다.

개폐각도별 최대압력을 Table 1에, 개폐각도에 따른 압력분포를 Fig 3에 나타내었다.

**Table 1** Maximum pressure at the wall according to the opening degree

Open degree	45°	60°	70°	90°
Max. pressure[Mpa]	1.49	1.60	2.17	2.17

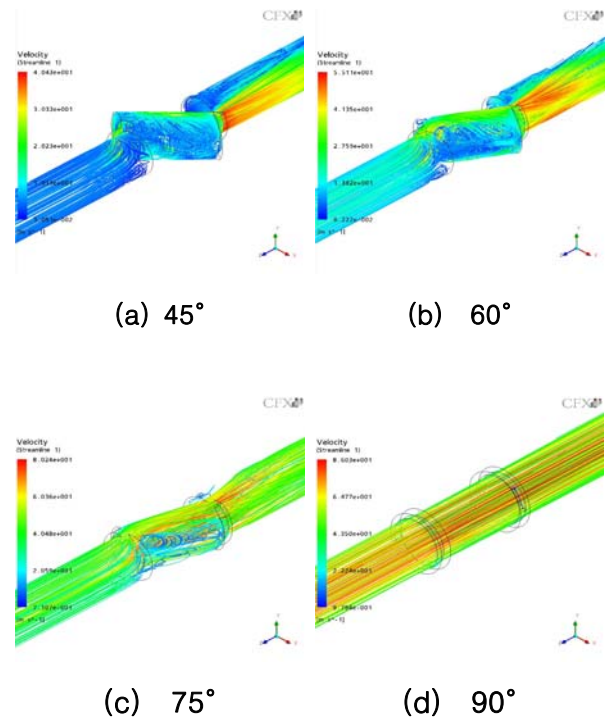


**Fig. 3** Pressure contours of the Metal Touch Ball Valve according to the opening degree

3.2 개폐각도에 따른 유속 및 유동현상 분석  
전산유동해석을 수행한 결과 개폐각도가 작을 경우 입구측에서 유입된 유체가 볼 구간의 절반 이상에서 큰 와류를 형성하는 것을 확인하였으며, 개폐각도가 점차 커질수록 와류구간이 감소한 유동을 보였다.

**Table 2** Maximum fluid velocity according to the opening degree

Open degree	45°	60°	70°	90°
Max. velocity[m/s]	40.4	55.1	80.2	86.0



**Fig. 4** Velocity contours of the Metal Touch Ball Valve according to the opening degree

최대유속은 개폐각도가 가장 큰 90°에서 발생하였으며 개폐각도별 최대 유속을 Table 2에 나타내었다.

Fig 4에 개폐각도에 따른 유속 및 유동현상을 비교하여 나타내었다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 ANSYS CFX 10.0을 사용하여 Metal Touch 볼 밸브내부의 유동특성을 볼 개폐각도에 따라 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- Metal Touch 방식의 볼 밸브의 경우 밸브의 열림 각도가 증가할수록 압력 및 유속이 증가 하였으며, 밸브의 개폐각도 90°에서 최대값이 나타났다.
- 현재 현장에서 사용되고 있는 모든 밸브에 동일하게 적용되고 있는 JWVA규격은 밸브의 형, 사용 환경, 크기 등에 따른 유동특성을 전혀 고려하고 있지 않아 비교에는 무리가 있었으며, 향후 계속되는 연구를 통하여 Metal Touch 볼 밸브 개폐각도와 유량계수 및 그에

따른 최대 압력과의 관계에 대한 연구의 필요성을 제시하였다.

- 본 연구를 통해서 얻어진 압력분포를 입구, 볼 밸브, 출구 3구간으로 구분하여 구조최적설계에 적용할 예정이며 차후 수행될 연구의 초석을 제공하였다.

## 후 기

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

## 참고문헌

- (1) Ogawa. K, Kimura. T, 1995, "Hydrodynamic of butterfly valve-prediction of torque characteristics", *ISA Transactions* 34, pp. 327-333
- (2) Kimura. T, and Tanaka, T(1995), "Hydrodynamic characteristics of a butterfly valve-prediction of pressure loss characteristics", *ISA Transactions* 34, pp. 319-326
- (3) M. J. Chern, C. C. Wang, C. H. Ma, 2006, "Performance test and flow visualization of ball valve", *ETA Science transactions*
- (4) ANSYS CFX 10.0 User's Manual, ANSYS, INC.