

# Y형 세대별 정유량 밸브 개발에서의 CFD의 활용

권우철\* · 이병휘\*\*

## CFD for Y-type Constant Flowrate Valve Design

U-Cheol Kwon\*, Byeong-Huee Lee\*\*

**Key Words** : Constant flowrate control valve(정유량밸브), CFD(전산유체역학), Flowrate(유량), Turbulence(난류), Hydrodynamic noise(유동소음)

### ABSTRACT

Numerical analysis of the three dimensional turbulent flow field in a complex valve shape is carried out to confirm the flow field whether the designed valve shape is good or not. The simulation of the incompressible flow in a constant flowrate control valve is performed by using the commercial code, FLUENT/UNS 6.0. The results of flow field show the designed valve has some problems, therefore these will be good data for new valve design.

### 1. 서론

현재 산업현장에서는 유량을 효과적으로 제어하기 위해서 여러 종류의 자동제어 밸브들이 사용되고 있다. 그 중 세대별 정유량 밸브는 현행 지역·중앙 난방지구의 아파트에서 세대별로 균등한 난방수가 공급될 수 있도록 하는 밸브이다. 이와 같은 세대별 정유량 조절 밸브는 현재 다이어프램(diaphragm)방식과 카트리지(cartridge)방식이 상용화 되어 사용되고 있으며, 전자의 방식은 다이어프램 상하부의 압력 균형을 맞추는 방식으로 유량을 제어하고, 후자의 방법은 밸브 전·후의 압력차의 변동에 따라 카트리지의 개구 면적이 자동으로 조절되어 유량을 제어하는 방식이다.

기존의 정유량 밸브는 자동적으로 제어 세대 내에 공급되는 난방수 유량을 조절하여 선택된 온도를 유지하기 위해 온도조절밸브 및 여과기(strainer)와 함께 설치하였으나 설치위치가 대개 썩크대 하부 등 제한된 공간에 설치되는 관계로 유효 공간 확보의 어려움이

있고 유지 및 관리가 불편할뿐더러 밸브 연결부위가 많은 관계로 연결부속이 많고 연결부위의 누수 등의 하자의 발생요인이 많았다.

이와 같은 단점을 극복하기 위하여 Y형 여과기와 카트리지방식의 정유량 밸브를 일체화 시킨 밸브를 개발하였으며, 온도조절기 또한 주문자의 요구에 따라 정유량 밸브에 탈부착이 가능한 형태로 설계 개발 하였다.

기존의 각각의 밸브들이 하나의 밸브로 일체화시킴으로 인해 발생하는 밸브 소음 및 유량 정밀도 저하 등을 개선하기 위하여 종래의 경험적인 방법과 더불어 반복적인 수치해석적인 방법을 통하여 속도장, 난류장, 압력장 등을 구하여 밸브 설계에 이용하였다.

현재까지의 연구결과 아직 입구영역에서 약간의 문제점이 발생하고 있으나, 이와 같이 CFD를 이용한 유동장 해석을 통하여 개발한 밸브는 기존의 밸브보다 유량정밀도를 설정유량 대비  $\pm 5.0\%$ 에서  $\pm 2.0\%$ 로 향상시켰으며 시작품등의 비용이 절감되는 경제적 효과도 가져왔다.

\* 한양대학교 대학원 기계공학과

\*\* 산업자원부 기술표준원

E-mail : chuls21@yahoo.co.kr

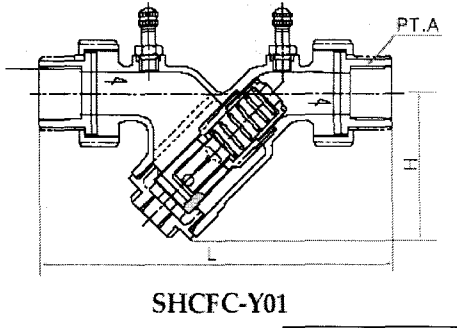


Fig. 1. Schematic diagram of the valve

## 2. 수치해석

본 연구에서 해석 하고자 하는 밸브의 개략도는 Fig. 1. 과 같다. 밸브 직경은 20mm, 길이(L)는 160mm, 높이(H)는 70mm이다.

### 2.1. 지배 방정식

난류유동장 내의 유체유동은 다음과 같은 연속방정식, 운동량방정식 그리고 난류모델방정식의 지배를 받는다.

연속방정식(continuity equation):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = 0 \quad (1)$$

운동량방정식(Reynolds-averaged Navier-Stokes equation):

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j u_i) = & - \frac{\partial P}{\partial x_i} + \\ & \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \mu \left( \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) \delta_{ij} \right] + \rho f_i \end{aligned} \quad (2)$$

Navier-Stokes 방정식을 시간 평균한 방정식인 RANS 방정식은 레이놀즈 응력이라고 하는  $-\rho \overline{u'_i u'_j}$ 의 미지항을 추가적으로 포함하게 된다. 이 RANS 방정식을 종결(closure)시키기 위해 모델링이 필요하다. 본 연구에서는 공학해석에서 일반적으로 가정 널리 사용되고 있는 표준 k-ε 난류모델을 사용하였다. 이 모델은 속도와 길이 척도를 추정하기 위하여 난류운동에너지

와 소산율의 수송을 지배하는 다음과 같은 k와 ε에 관한 두 개의 미분방정식을 도입한다.(7)

표준 k-ε 난류모델(standard k-ε turbulence model):

$$\frac{\partial k}{\partial t} + u_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \epsilon + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \nu + \frac{\nu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \quad (3)$$

$$\frac{\partial \epsilon}{\partial t} + u_j \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} = C_{\epsilon_1} \frac{\epsilon}{k} \tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - C_{\epsilon_2} \frac{\epsilon^2}{k} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \nu + \frac{\nu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right]$$

(4)

여기서 와 점성 계수(kinematic eddy viscosity,  $\nu_t$ )는 다음과 같이 정의되고,

$$\nu_t = \frac{C_\mu k^2}{\epsilon} \quad (5)$$

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 유동해석 결과

속도장, 압력장, 난류장 등을 구하여 밸브 설계에 활용하였다. 유로 환경을 개선하여 밸브 성능의 향상을 가져왔으나, 현재 입구영역에서 유동장은 향후 개선하여야 할 필요가 있는 것으로 판단된다.

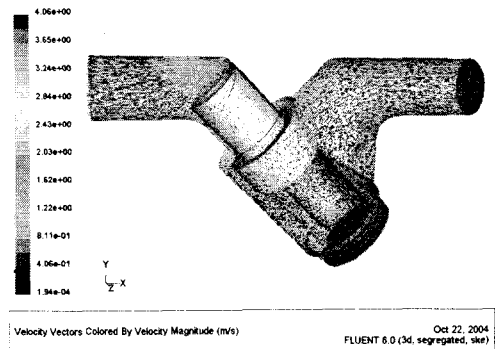


Fig. 2. Velocity vectors colored by velocity magnitude(m/s)

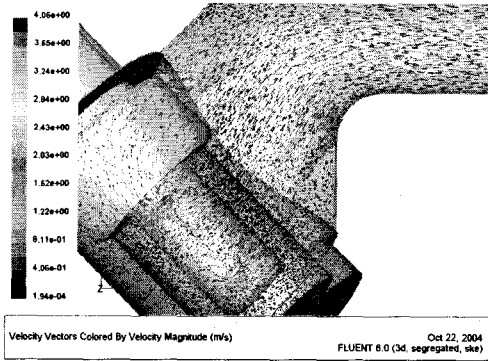


Fig. 3. Velocity vectors at inlet zone(m/s)

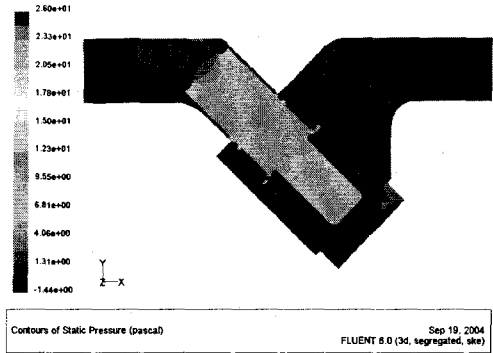


Fig. 7. Contours of static pressure(Pa)

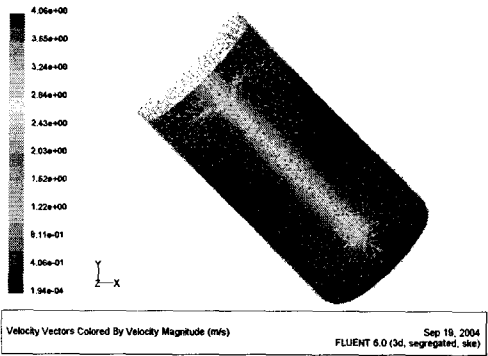


Fig. 4. Velocity vectors at cartridge

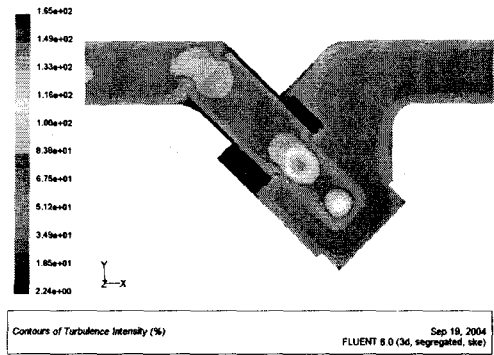


Fig. 8. Contours of turbulence intensity(%)

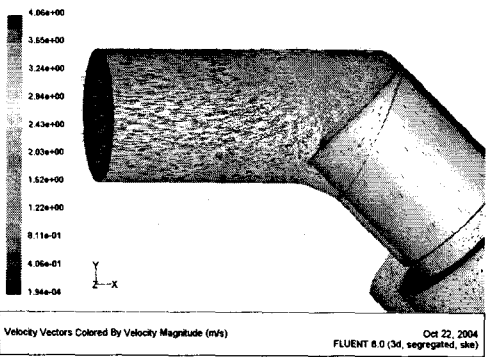


Fig. 6. Velocity vectors at outlet

#### 4. 실험 결과

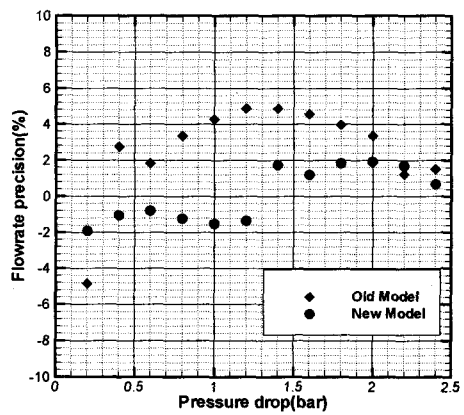


Fig. 9. Experimental results

Fig. 9는 유동 해석 전 최초 설계된 밸브와 유동해석 후 개선된 밸브의 성능 시험 결과이다. 밸브 크기는 20A, 설정유량은 6.0LPM으로 하여 시험하였다.

설정유량대비 유량정밀도가 현저히 향상하였음을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 연구는 스트레이너 기능을 포함하는 세대별 정유량 밸브 내부의 유동장을 상용 프로그램인 FLUENT/UNS6.0을 이용하여 해석하였으며, 밸브의 제작 설계시 이와 같은 유동장 해석을 수행함으로써 시제품 제작 비용 절감 및 밸브 유동장 개선을 통해 밸브의 실제 성능 향상에 기여함을 알 수 있었다.

향후 공동현상(cavitation)등을 고려한 좀 더 심도깊은 해석이 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- (1) 윤준용, 변성준, 양재모, 이도형, 2001, “고차압 제어용 글로브 밸브 트립 내부의 3차원 유동장 해석”, 유체기계저널 제4권 제3호, pp.14-20.
- (2) 윤준용, 이승준, 김은식, 2004, “공동 현상 방지를 위한 버터플라이 밸브의 유동장 해석”, 유체기계저널, 제7권 제1호, pp.9-16.
- (3) 고기창 편, “Control Valve Handbook”, 한국본산(주)