

밸브 계수(Cv)와 밸브 고유 특성

1. Cv의 정의

밸브 계수(Cv)는 밸브가 특정 압력 강하에서 얼마만큼의 유량을 통과시키는지를 나타내는 경험적 계수입니다.

- 미국 단위계 기준: 물(60°F, SG=1)에서 $\Delta P = 1$ psi일 때 1 GPM이 흐르면 $C_v=1$. - SI 단위계에서는 K_v 로 정의되며, $\Delta P = 1$ bar에서 1 m³/h가 흐르면 $K_v=1$.

즉, C_v 와 K_v 는 단위계만 다를 뿐, 모두 밸브의 유체 저항 특성을 나타내는 지표입니다.

2. Cv와 베르누이 방정식

베르누이 방정식은 압력 강하와 속도 증가의 관계를 보여줍니다.

$$\frac{1}{2}v^2 + \frac{P}{\rho} + gz = \text{constant}$$

밸브나 오리피스에서는 위치에너지 변화(gz)를 무시할 수 있으므로, 압력 강하 ΔP 가 속도 증가로 변환됩니다.

$$v \sim \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

따라서 유량은

$$Q = A \cdot v \sim A \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

여기서 A 는 유로 단면적이며, 실제 밸브에서는 손실을 반영하기 위해 경험적 계수 k 를 도입합니다.

$$Q = k \cdot \sqrt{\Delta P}$$

미국 단위계에서는 이를 표준화하여 Cv로 정의합니다.

$$Q = C_v \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{SG}}$$

3. 밸브 고유 특성 (Inherent Flow Characteristic)

밸브마다 개도(opening)에 따른 Cv 변화 곡선이 다릅니다.

특성	설명	적용 예시
Linear	밸브 개도와 Cv가 비례적으로 증가 개도가 커질수록 Cv 증가율이 커짐 초기에 Cv가 급격히 증가, 이후 거의 일정	Globe valve
Equal Percentage (EQ%)		제어용 Control valve
Quick Opening		On-off 밸브, Ball valve

Cv 곡선은 밸브의 설계 의도와 구조적 특성을 반영합니다.

4. 설치 후 특성 (Installed Flow Characteristic)

실제 배관에 설치되면 배관 손실, 압력 회복, 캐비테이션, 플래싱 등의 영향으로 Cv 곡선이 달라집니다. 따라서 고유 특성과 설치 특성을 구분해야 하며, 제어 시스템 설계 시 이를 고려해야 합니다.

5. Cv와 구조적 의미

- Cv가 크다 → 밸브 내부 유로가 넓거나 저항이 적다. - Cv가 작다 → 밸브 내부 유로가 좁거나 저항이 크다.

결국 Cv는 밸브의 오리피스 크기, 플러그 형상, 시트 구조가 압력 강하를 얼마나 유발하는지를 보여주는 지표입니다.

6. 요약

- Cv는 단순한 유량-압력 관계식의 계수가 아니라, 밸브 고유 특성을 반영하는 실험적 지표.

- 밸브의 구조, 개도 특성, 설치 조건에 따라 Cv 곡선이 달라지며, 이를 통해 밸브의 제어 성능과 압력 손실 특성을 판단할 수 있음.
- Cv를 이해하는 것은 밸브 선택과 제어 시스템 설계의 핵심 기준.

—

참고 문헌 및 자료

- Skousen, Guy. *Valve Handbook, 3rd Edition*. McGraw-Hill.
- 블로그 자료:
 - https://m.blog.naver.com/shine_sp/223057726172
 - https://m.blog.naver.com/tech_house/220599100597
 - <https://m.blog.naver.com/binhur/222208486011>
- 기타: 압력 제어 밸브 관련 기술 블로그 (<https://3dplife.tistory.com/entry/...>)