

제어밸브 유량계수 C_v 와 선정 방법

기술사 답안에 필요한 핵심 원리와 선정 절차

핵심 결론 C_v 는 밸브의 호칭 크기가 아니라 특정 밸브와 개도에서의 유량 통과 능력이다. 공정조건으로 필요한 C_v 를 계산한 뒤, 제조사 자료에서 그 값을 적정 개도로 제공하는 밸브를 선정한다.

1 정의와 의미

C_v 는 제어밸브의 유량 통과 능력을 나타내는 계수이다. $C_v = 1$ 은 60°F 의 물이 밸브 전후 압력차 1 psi 에서 1분 동안 1 US gallon 흐르는 능력을 의미한다. 따라서 같은 압력강하에서는 C_v 가 클수록 더 많은 유량을 통과시킨다.

구분 필요 C_v 는 계산값이고, 정격 C_v 는 제조사가 시험하여 제시하는 제품값이다. 동일한 NPS라도 밸브 형식, 포트, 트림, 유량특성 및 개도에 따라 정격 C_v 가 달라진다.

2 이해를 위한 흐름 이야기

펌프가 액체를 배관으로 보내고, 중간의 제어밸브가 유량을 조절한다고 가정한다. 필요한 밸브 용량은 다음 세 조건으로 결정된다.

1. 요구 유량 Q : 많이 보내려면 더 큰 유량능력이 필요하다.
2. 유체 비중 SG : 무거운 유체일수록 같은 유량에 더 큰 C_v 가 필요하다.
3. 압력강하 ΔP : 밸브를 통과시키는 구동 에너지이며, 클수록 같은 유량에 필요한 C_v 는 작아진다.

이를 한 줄로 나타내면 다음과 같다.

공정조건 결정 $\rightarrow$ 필요 C_v 계산 $\rightarrow$ 제조사표 조회 $\rightarrow$ 밸브 크기·트림·개도 선정

3 액체의 핵심 수식

US 단위계에서 액체의 기본 관계는 다음과 같다.

$$Q = C_v \sqrt{\frac{\Delta P}{SG}} \quad (1)$$

필요한 C_v 를 구하도록 정리하면 다음과 같다.

$$C_v = Q \sqrt{\frac{SG}{\Delta P}} \quad (2)$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad (3)$$

Table 1: 기본식의 항목

기호	의미	대표 단위
Q	밸브를 통과해야 하는 액체 체적유량	gpm
SG	운전온도에서 액체의 비중, 물 기준	—
P_1	밸브 입구 압력	psi
P_2	밸브 출구 압력	psi
ΔP	밸브 전후 압력강하, $P_1 - P_2$	psi
C_v	요구 또는 정격 밸브 유량계수	계수

관계는 다음과 같다.

$$Q \uparrow \Rightarrow C_v \uparrow, \quad SG \uparrow \Rightarrow C_v \uparrow, \quad \Delta P \uparrow \Rightarrow C_v \downarrow$$

4 기술사 계산 예시

130회 4교시 6번 문제의 조건을 적용한다.

- 경유 유량: $Q = 300$ gpm
- 비중: $SG = 0.9$
- 밸브 압력강하: $\Delta P = 90$ psi

$$C_v = 300 \sqrt{\frac{0.9}{90}} \quad (4)$$

$$= 300 \sqrt{0.01} \quad (5)$$

$$= \boxed{30} \quad (6)$$

문제에서 제시된 표의 일부는 다음과 같다.

Table 2: 문제 제시 밸브 크기와 C_v

밸브 크기	제시 C_v	판단
1 inch	15	용량 부족
1.5 inch	35	필요 $C_v = 30$ 충족
2 inch	55	용량은 충족하나 과대 가능

따라서 문제 조건에서는 필요 $C_v = 30$ 을 초과하는 최소 크기인 **1.5 inch**, $C_v = 35$ 밸브를 선정한다. 다만 이 표는 문제에서 주어진 값이며, 실제 설계에서는 제조사·모델·트림·개도별 제품자료를 사용한다.

5 실제 설계에서의 보정

기술사 답안에서는 기본식을 중심으로 쓰고, 실제 설계에서는 다음 보정을 추가한다고 설명한다.

$$C_v = \frac{Q}{N_1 F_P} \sqrt{\frac{SG}{\Delta P_{\text{sizing}}}} \quad (7)$$

Table 3: 실제 사이징 보정 항목

항목	의미
N_1	유량·압력 단위계에 따른 수치상수. gpm과 psi를 사용하면 기본식에서는 1이다.
F_P	밸브에 직접 연결된 리듀서·엘보·티 등의 압력손실을 반영하는 배관 형상계수이다. 부속품 영향이 없으면 1이다.
F_L	액체 압력회복계수이다. 밸브 형상과 개도에 따라 달라지며 막힘유동·캐비테이션 판단에 사용한다.
ΔP_{sizing}	실제 압력강하와 막힘유동 한계 중 사이징에 사용할 유효 압력강하이다.

압력강하가 커져 밸브 내부 압력이 증기압까지 낮아지면 막힘유동이 발생할 수 있다. 이 경우 실제 압력강하 전체를 사용하지 않고 다음과 같이 제한한다.

$$\Delta P_{\text{sizing}} = \min(\Delta P, \Delta P_{\text{choked}}) \quad (8)$$

6 반복 산정의 의미

처음에는 최종 밸브와 개도를 모르므로 후보 밸브의 C_v 와 F_L 을 가정한다. 계산 후 필요 C_v 에 해당하는 실제 개도와 계수를 다시 조회하여 재계산한다.

후보 밸브 가정 → 제품자료의 C_v, F_L 조회 → F_P 와 막힘유동 검토 → 필요 C_v 재계산 → 해당 개도의 C_v, F_L 재조회 → 계산값과 선정값이 가까울 때 종료

C_v 와 F_L 은 같은 밸브와 같은 개도에 대응하는 조합으로 사용해야 한다. 밸브 크기 또는 개도가 바뀌면 두 값을 함께 갱신한다.

7 과소·과대 선정의 영향

Table 4: C_v 선정 오류와 부작용

구분	원인 및 운전상태	주요 부작용
과소 선정	정격 C_v 가 필요 C_v 보다 작음	최대 유량 부족, 상류압력 상승, 큰 압력 강하, 캐비테이션·플래싱 위험 증가
과대 선정	정격 C_v 가 필요값보다 지나치게 큼	낮은 개도 집중, 밸브 이득 증가, 헤팅·불안정, 시트 부근 고유속, 비용 증가

따라서 최대 유량만 통과시키는 밸브가 아니라 다음 세 운전점을 함께 검토해야 한다.

- 최소 유량: 낮은 유량을 안정적으로 제어할 수 있는가
- 정상 유량: 적정 개도에서 운전하는가
- 최대 유량: 요구 최대 유량을 충분히 통과시키는가

8 답안용 결론

C_v 는 밸브의 유량 통과 능력이며, 액체의 기본 산정식은

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

이다. 공정조건으로 필요 C_v 를 계산한 후 제조사 자료에서 밸브 크기, 트림 및 개도를 선정한다. 실제 설계에서는 F_P , F_L , 막힘유동, 캐비테이션, 점도와 최소·정상·최대 운전조건을 검토하고, 선정 개도의 계수와 계산값이 일치하도록 반복한다.

참고문헌

1. Emerson, *Control Valve Handbook*, Sixth Edition, Chapter 5: Control Valve Sizing, 2023.
2. Phillip L. Skousen, *Valve Handbook*, Third Edition, McGraw-Hill, Chapters 2 and 7, 2004.
3. 이대원, “valve coefficient”, now0930 일지, 130회 4교시 6번 문제 및 작성 답안, <https://now0930.pe.kr/wordpress/valve-coefficient/>.

A AI 인식용 JSON

아래 JSON은 본문의 핵심 개념, 수식, 변수, 절차와 오류 관정을 기계가 안정적으로 읽도록 구조화한 것이다. Overleaf 프로젝트에 cv_ai_metadata.json 파일을 함께 업로드하면 다음 명령으로 표시된다.

```
\lstinputlisting[language=json]{cv_ai_metadata.json}
```

```
1 {
2   "schema_version": "1.0",
3   "topic_id": "control_valve_flow_coefficient_cv_liquid_sizing_selection",
4   "title_ko": "제어밸브 유량계수와 Cv 액체밸브산정 ",
5   "title_en": "Control Valve Flow Coefficient Cv and Liquid Valve Sizing",
6   "document_purpose": "산업계측제어기술사 답안용핵심실명과 AI 검색평가용 구조화데이터 ",
7   "scope": {
8     "included": [
9       "Cv 정의와물리적의미 ",
10      "액체 기본사이징식 ",
11      "변수와 단위설명 ",
12      "기술사 계산예시 ",
13      "제조사 Cv 표를이용한밸브선정 ",
14      "FP, FL, choked 의flow 최소보정개념 ",
15      "선정값과 계산값의반복산정 ",
16      "과소과대 선정부작용 ",
17      "최소정상최대 운전점검토 "
18    ],
19    "excluded_or_simplified": [
20      "기체증기 상세사이징식 ",
21      "점성 유동 Reynolds 보정식의상세전개 ",
22      "배관 형상계수의 FP 상세손실계수계산 ",
23      "액체 막힘유동한계식의전체전개 ",
24      "특정 제조사제품의상세선정 "
25    ]
26  },
27  "core_definition": {
28    "term": "Cv",
29    "aliases": [
30      "valve coefficient",
31      "flow coefficient",
32      "밸브 유량계수",
33      "유량계수"
34    ],
35    "definition_ko": "60의°F 물이밸브전후압력차 1 에서psi 분1 동안통과하는 US gallon 수로정
36      의되는밸브유량능력계수 ",
37    "interpretation": "가Cv 클수록동일한압력강하에서더많은유량을통과시킨다 .",
38    "not_equal_to": [
39      "밸브 호칭크기 ",
40      "밸브 개도율",
41      "배관 직경",
42      "무조건적인 최대유량 "
43    ]
44  },
45  "equations": [
46    {
47      "id": "liquid_flow_basic",
48      "latex": "Q=C_v\\sqrt{\\frac{\\Delta P}{SG}}",
49      "meaning": "비압축성 액체의기본유량관계 ",
50      "conditions": [
51        "US 단위계",
52        "는Q gpm",
53        "압력은 psi",
54        "정상 난류유동 ",
55        "막힘유동과 직접연결부속품의영향이무시가능한경우 "
56      ]
57    }
58  ]
59 }
```

```

57 {
58   "id": "required_cv_basic",
59   "latex": "C_v=Q\\sqrt{\\frac{SG}{\\Delta P}}",
60   "meaning": "공정조건에서 필요한 Cv 계산식"
61 },
62 {
63   "id": "pressure_drop",
64   "latex": "\\Delta P=P_1-P_2",
65   "meaning": "밸브 전후실제압력강하 "
66 },
67 {
68   "id": "required_cv_corrected",
69   "latex": "C_v=\\frac{Q}{N_1F_P}\\sqrt{\\frac{SG}{\\Delta P_{sizing}}}",
70   "meaning": "배관 부속품과유효압력강하를반영한액체 Cv 식"
71 },
72 {
73   "id": "sizing_pressure_drop",
74   "latex": "\\Delta P_{sizing}=\\min(\\Delta P,\\Delta P_{choked})",
75   "meaning": "실제 압력강하와막힘유동한계중작은값을사이징에사용 "
76 }
77 ],
78 "variables": {
79   "Q": {
80     "name_ko": "요구 액체체적유량 ",
81     "typical_unit": "gpm",
82     "effect_on_cv": "가Q 증가하면필요한가 Cv 비례하여증가한다 ."
83   },
84   "SG": {
85     "name_ko": "운전온도에서의 액체비중 ",
86     "typical_unit": "dimensionless",
87     "effect_on_cv": "가SG 증가하면필요한가 Cv 제공근비율로증가한다 ."
88   },
89   "P1": {
90     "name_ko": "밸브 입구압력 ",
91     "typical_unit": "psi"
92   },
93   "P2": {
94     "name_ko": "밸브 출구압력 ",
95     "typical_unit": "psi"
96   },
97   "delta_P": {
98     "name_ko": "밸브 전후압력강하 ",
99     "typical_unit": "psi",
100    "effect_on_cv": "압력강하가 증가하면동일유량에필요한는 Cv 감소한다."
101  },
102  "N1": {
103    "name_ko": "단위계 수치상수",
104    "note": "를Q gpm, 압력으로 psi 사용하는기본식에서는 1"
105  },
106  "FP": {
107    "name_ko": "배관 형상계수",
108    "meaning": "밸브에 직접연결된리듀서 , 엘보, 티등의압력손실보정 ",
109    "default_without_attached_fittings": 1.0
110  },
111  "FL": {
112    "name_ko": "액체 압력회복계수",
113    "meaning": "밸브 내부압력회복과막힘유동캐비테이션 특성",
114    "source": "제조사 제품자료또는시험자료 ",
115    "matching_rule": "와Cv 동일밸브및동일개도에대응하는을 FL 사용한다."
116  }
117 },
118 "sizing_story": [
119   {
120     "step": 1,
121     "action": "공정조건을 정한다.",
122     "inputs": ["Q", "P1", "P2", "SG"],

```

```

123     "reason": "필요 유량과사용가능한밸브압력강하를확정한다 .",
124   },
125   {
126     "step": 2,
127     "action": "압력강하를 계산한다.",
128     "equation_id": "pressure_drop"
129   },
130   {
131     "step": 3,
132     "action": "필요 를Cv 계산한다.",
133     "equation_id": "required_cv_basic"
134   },
135   {
136     "step": 4,
137     "action": "제조사 Cv 표에서후보밸브 , 트림및개도를선정한다 .",
138     "selection_rule": "필요 를Cv 적정개도에서제공하는제품을선택한다 ."
139   },
140   {
141     "step": 5,
142     "action": "FP, FL, 막힘유동및캐비테이션을검토한다 ."
143   },
144   {
145     "step": 6,
146     "action": "선정 개도의와 Cv 로FL 다시계산한다 .",
147     "termination_rule": "계산된 필요와 Cv 반복에사용한가 Cv 충분히가까우면종료한다 ."
148   },
149   {
150     "step": 7,
151     "action": "최소, 정상, 최대유량조건에서제어성과용량을검증한다 ."
152   }
153 ],
154 "worked_example": {
155   "source_context": "회130 산업계측제어기술사교시 4 번6",
156   "inputs": {
157     "Q_gpm": 300,
158     "SG": 0.9,
159     "delta_P_psi": 90
160   },
161   "calculation": "Cv = 300 * sqrt(0.9 / 90) = 30",
162   "required_cv": 30,
163   "problem_table_excerpt": [
164     {"valve_size_inch": 1.0, "rated_cv": 15, "judgment": "insufficient"},
165     {"valve_size_inch": 1.5, "rated_cv": 35, "judgment": "selected"},
166     {"valve_size_inch": 2.0, "rated_cv": 55, "judgment": "capacity sufficient but
potentially oversized"}
167   ],
168   "selected_valve_size_inch": 1.5,
169   "selection_reason": "문제에서 제시한표에서필요 Cv 을30 초과하는최소정격가 Cv 이기35 때
문",
170   "limitation": "문제 제시표의값이며모든 1.5 inch 밸브의보편적가 Cv 아니다."
171 },
172 "iteration": {
173   "required": true,
174   "why": "와FP 은FL 밸브크기 , 트림, Cv 및개도에영향을받으며계산된에 Cv 따라후보개도가바뀔
수있기때문 ",
175   "loop": [
176     "후보 밸브크기와개도가정 ",
177     "제품자료에서 대응와 Cv FL 조회",
178     "와FP choked flow 검토",
179     "필요 Cv 계산",
180     "계산 에Cv 대응하는새개도확인 ",
181     "새 개도의와 Cv 로FL 재계산"
182   ],
183   "convergence_condition": "새 계산와 Cv 이전반복에사용한가 Cv 충분히가까움 ",
184   "matching_constraint": "와Cv 은FL 반드시같은밸브와같은개도의값이어야한다 ."
185 },
186 "operating_points": [

```

```

187 {
188   "name": "minimum_flow",
189   "purpose": "낮은 유량에서안정적제어와   rangeability 확인"
190 },
191 {
192   "name": "normal_flow",
193   "purpose": "정상 운전점이적정개도에위치하는지확인   "
194 },
195 {
196   "name": "maximum_flow",
197   "purpose": "최대   요구유량과압력조건충족확인   "
198 }
199 ],
200 "selection_errors": {
201   "undersized": {
202     "condition": "rated Cv < required Cv",
203     "effects": [
204       "최대 유량부족 ",
205       "상류 압력상승 ",
206       "밸브 압력강하증가 ",
207       "캐비테이션 또는플래싱위험증가   ",
208       "생산량 제한"
209     ]
210   },
211   "oversized": {
212     "condition": "rated Cv is excessively larger than required Cv",
213     "effects": [
214       "정상 운전이낮은개도에집중   ",
215       "밸브 이득증가 ",
216       "헌팅과 제어불안정 ",
217       "시트 부근고유속과트림손상가능   ",
218       "구매 및설치비증가   "
219     ]
220   }
221 },
222 "accepted_claims": [
223   "는Cv 밸브의유량통과능력이다   .",
224   "필요 와Cv 정격을 Cv 구분해야한다 .",
225   "동일 라도NPS 트림과개도에따라가   Cv 달라진다.",
226   "액체 기본식은  $C_v = Q \sqrt{SG / \Delta P}$ 이다.",
227   "실제 선정은제조사 Cv 및 FL 자료와운전범위를함께검토한다   .",
228   "와Cv 은FL 같은밸브및같은개도의대응값을사용한다   ."
229 ],
230 "rejected_claims": [
231   "는Cv 밸브직경이다 .",
232   "1.5 inch 밸브의는 Cv 항상이다 35.",
233   "가장 큰밸브를선택할수록제어가좋아진다   .",
234   "압력강하를 무한히높이면유량도무한히증가한다   .",
235   "액체 기본식을기체와증기에그대로적용할수있다   .",
236   "와Cv 은FL 서로다른개도의값을혼합해도된다   ."
237 ],
238 "exam_answer_outline": [
239   "정의: Cv의=1 표준조건과유량능력설명   ",
240   "기본식:  $C_v = Q \sqrt{SG / \Delta P}$ ",
241   "변수: Q, SG, P1, P2, deltaP 설명",
242   "계산: 공정조건으로필요   Cv 산출",
243   "선정: 제조사표에서밸브크기   , 트림, 개도선정   ",
244   "보정: FP, FL, choked flow, cavitation 언급",
245   "검증: 최소정상최대   유량과과소과대   선정문제   ",
246   "결론: 용량과제어성을동시에만족하도록반복선정   "
247 ],
248 "routing_keywords": [
249   "Cv",
250   "valve coefficient",
251   "flow coefficient",
252   "control valve sizing",

```

```

253     "liquid valve sizing",
254     "specific gravity",
255     "pressure drop",
256     "FP",
257     "FL",
258     "choked flow",
259     "cavitation",
260     "oversizing",
261     "undersizing"
262 ],
263 "sources": [
264     {
265         "type": "book",
266         "title": "Control Valve Handbook",
267         "edition": "Sixth Edition",
268         "publisher_or_author": "Emerson",
269         "relevant_sections": ["Chapter 5", "5.8 Sizing Valves for Liquids"]
270     },
271     {
272         "type": "book",
273         "title": "Valve Handbook",
274         "edition": "Third Edition",
275         "author": "Phillip L. Skousen",
276         "relevant_sections": ["2.1 Valve Coefficients", "7.3 Body Sizing of Liquid-Service Control Valves"]
277     },
278     {
279         "type": "web_page",
280         "title": "valve coefficient",
281         "url": "https://now0930.pe.kr/wordpress/valve-coefficient/",
282         "relevant_content": "회130 교시4 번6 문제, 문제제시 Cv 표, 작성답안 "
283     }
284 ]
285 }

```