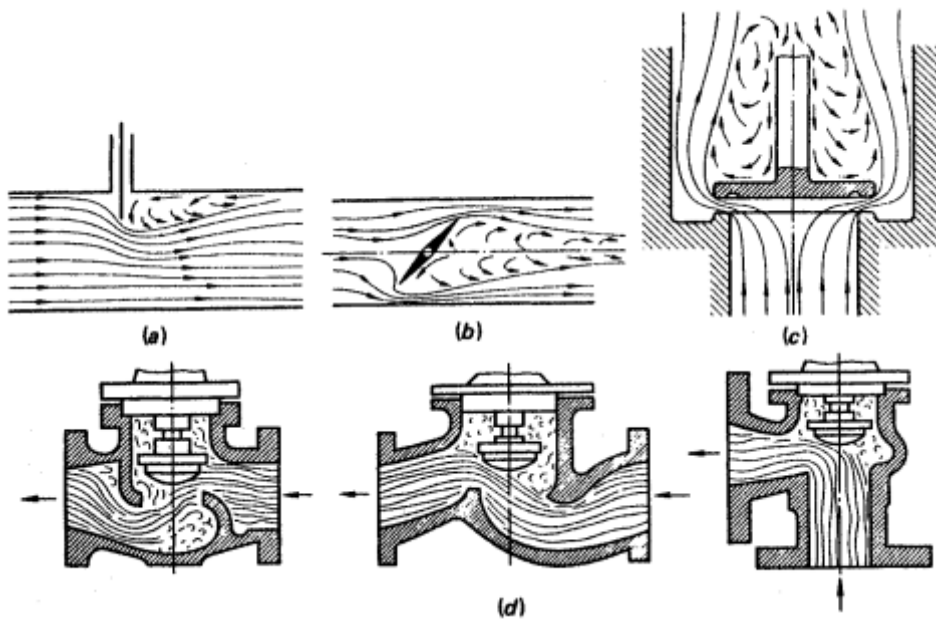


주 제 : 밸브 종류별 유체저항 특성

유체 흐름에 있어서 저항을 일으키는 요소들은 유체 흐름을 개폐하거나 조절하는 유체 흐름 내부의 기기 또는 부품의 형상이나, 유체 흐름에 단면적 변화로 인하여 유속의 가감속에 영향을 주는 모든 요소들이다. 물론 유체 흐름 내부 표면의 돌기나 거칠기도 이들 요소에 해당한다. 이를 유체의 저항계수  $\zeta$ 라고 한다. 밸브는 가장 대표적인 저항 요소로서, 밸브 내부의 유로 형상뿐만 아니라 밸브의 열림 개도에 따라 유체 저항이 달라진다. 예로서 글로브밸브 및 게이트밸브는 각각의 유로 저항이 밸브의 유로 단면적과는 비례하지 않으며, 따라서 각 밸브의 유로 직경이 변경되어도 기하학적인 유사성은 유지되지 않는다. 이는 각 밸브의 유로 형상이 다르고 때문이고, 유로 형상에 따라 이에 따르는 유로 저항도 달라진다. 글로브밸브와 같은 경우에는 같은 유로 형상을 갖는다 해도, 밸브의 크기에 따라 상사성을 갖지 못한다. 예로 글로브밸브인 경우 작은 사이즈 밸브가 상대적으로 큰 밸브에 비하여 큰 유로저항을 가진다. 아래 그림에서 보는 바와 같이 유체가 흐르면서 어떤 저항 요소를 만나면, 뒤끌림(Dragging)이 생기고, 이로 인하여 유체의 흐름 저항은 증가한다.



Flow pattern in throttling and control devices:

(a) Gate valve, (b) Butterfly valve, (c) Disk valve, and (d) Globe valves.

(Handbook of Hydraulic Resistance)

유체가 배관 시스템을 통하여 흐를 때, 유체 흐름에 저항하는 요소를 저항계수라고 하면, 유체 흐름에 대한 저항은 시스템 내에서 각각의 국부적 저항 요소인 밸브, 배관 피팅, 관로 유로 단면적의 급속한 변화 등의 총합이 배관 시스템의 압력 손실을 가져온다. 이를 식으로 표현하면,

$$\Delta P = \rho \frac{v^2}{2} \left( \frac{L_N}{D_N} f_N + \sum_j K_{Nj} + \sum_k K_{Nk} \right)$$

주 제 : 밸브 종류별 유체저항 특성

여기에서

$\rho$  = 유체의 밀도

$v$  = 유체 속도(평균속도)

$L_N$  = 배관의 길이

$f_N$  = 배관의 저항계수

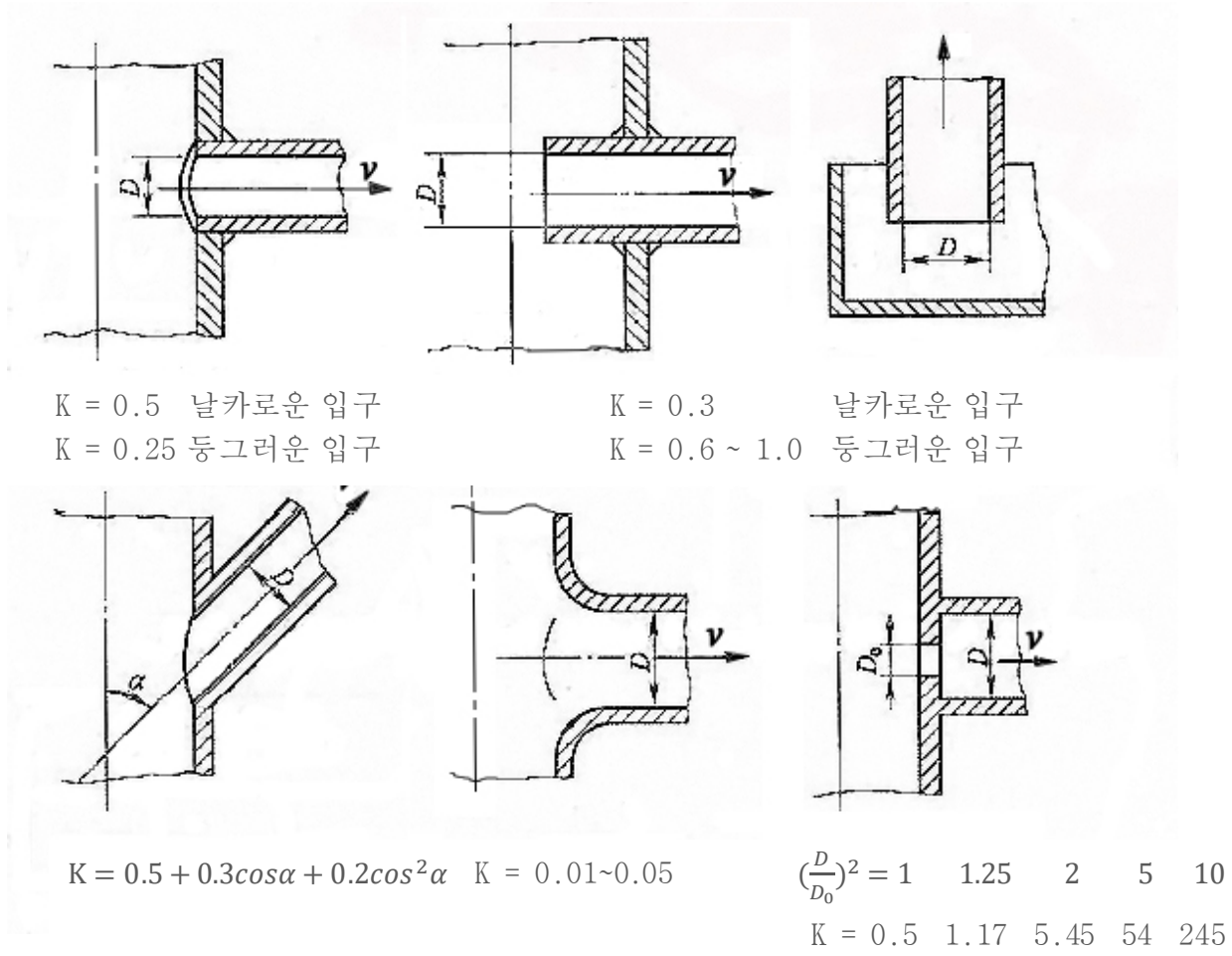
$K_{Nj}$  = 밸브를 통과하는 유체의 압력 손실계수

$$= \left( A \cdot \sqrt{\frac{2}{K_{Nj} \cdot \rho_v}} \right), \quad \rho_v \text{는 물의 밀도, 유량계수 } C_v \text{ 와 손실계수 } K \text{ 는 밀접한 관계이다.}$$

$K_{Nk}$  = 기타 배관피팅부를 통과하는 유체의 압력 손실계수

대부분의 배관에서의 저항계수는 0.025~0.04의 범위내에 있다고 보아도 무난하다.

배관 피팅과 배관의 확관 또는 축소등의 경우 공학적으로 적용 가능한 압력 손실계수는 다음과 같다. 배관의 저항계수(Darcy-Weisback)  $f_N$ 는 본 보고서의 마지막에 있는 수정된 무디선도(Modified Moody Diagram)을 참조한다.



주 제 : 밸브 종류별 유체저항 특성

여기에서 각각의 배관, 배관 피팅 및 밸브에서의 손실계수 K의 총합은 다음의 식으로 계산한다. 직렬 배관시스템인 경우

$$K_{total} = K_1 + K_2 + K_3 \dots K_n$$

병렬 배관시스템인 경우에는

$$\frac{1}{\sqrt{K_{total}}} = \frac{1}{\sqrt{K_1}} + \frac{1}{\sqrt{K_2}} + \frac{1}{\sqrt{K_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{K_n}}$$

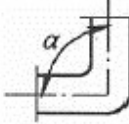

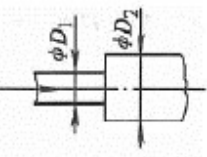
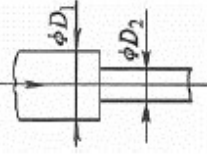
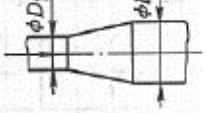
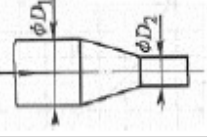
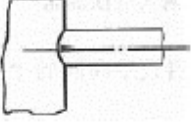
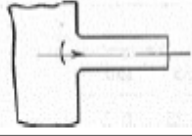
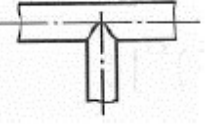
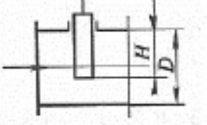
로 계산한다.

Crane사의 Technical Paper No. 410M “Flow of Fluids through Valves, Fittings and Pipe”에서는 배관시스템의 유체 흐름에 저항을 주고 있는 배관의 상태, 배관 피팅의 종류 별, 관말(管末)의 형상 및 밸브의 종류 및 형상별로 보다 구체적이고 세부적으로 각각에 대한 마찰계수와 손실계수의 계산방안을 제시하고 있다. 배관 시스템의 해석에 많은 도움이 될 자료로 추천한다.

그러나 이 책에서는 “I.E.Idelchic”의 “Handbook of Hydraulic Resistance, 4<sup>th</sup> Revised & Augmented Edition”을 중심으로 몇몇 글로브밸브와 게이트밸브, Y-형 글로브밸브 및 앵글 글로브밸브에 대한 손실계수를 계산하는 방법을 다음과 같이 보여준다. 다음의 표는 배관 시스템에 있어서 각 피팅과 밸브의 손실계수 K 값을 보여준다.

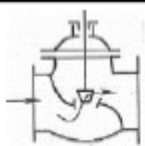
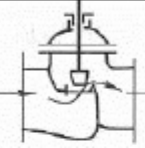
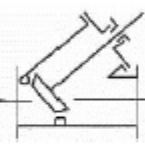
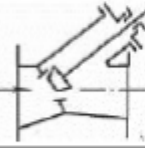
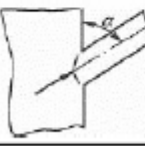
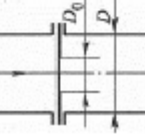
주 제 : 밸브 종류별 유체저항 특성

배관시스템에 있어서 피팅과 밸브 형태에 따른 손실계수-1

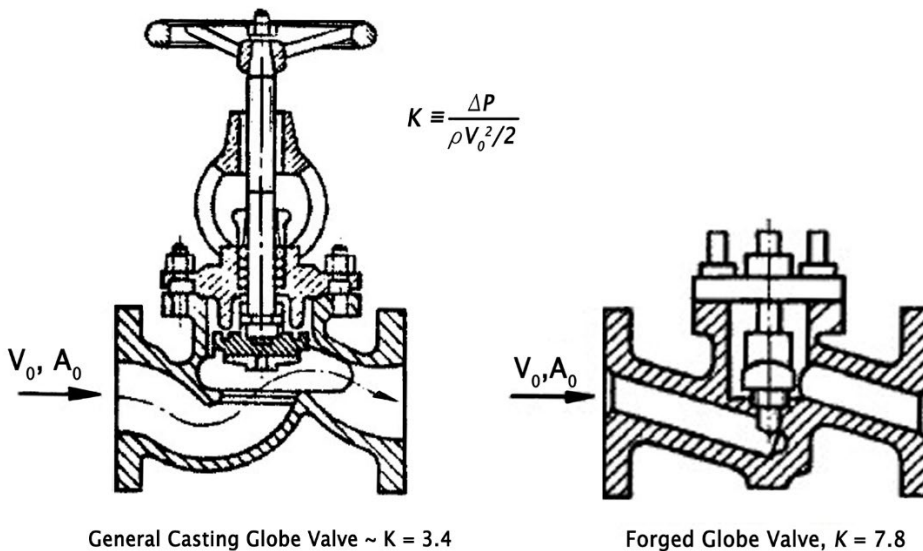
NO	Fitting/Valve Type	Description	K Values, Resistance Factor										
			$\alpha$	90°	120°	135°	150°						
1		엘보우 Elbow	$\alpha$	90°	120°	135°	150°						
			K	1.1	0.65	0.25	0.2						
2		밴드 Long Radius Bend	$K = \left[ 0.13 + 0.16 \left( \frac{D}{R} \right)^{3.5} \right] \frac{\alpha}{90}, \quad \{R = 3D, K \approx 0.14\}$										
3		급속확대관 Sudden Enlarged	$K = \left( 1 - \frac{D_1^2}{D_2^2} \right)^2$										
			$\left( \frac{D_1^2}{D_2^2} \right)^2 =$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
			K =	1	0.81	0.64	0.49	0.36	0.25	0.16	0.09	0.04	0.01
4		급속수축관 Sudden Contracted	$K = 0.5 \left( 1 - \frac{D_2^2}{D_1^2} \right)^2$										
			$\left( \frac{D_2^2}{D_1^2} \right)^2 =$	0.01	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
			K =	0.5	0.405	0.32	0.24	0.18	0.12	0.08	0.045	0.02	0.005
6		점진적확대관 Conical Diffuser	$K = f \left( 1 - \frac{D_1^2}{D_2^2} \right)^2$										
			$K = 0.05 \sim 0.2$										
6		점진적수축관 Conical Contracted	$K = 0.06 \sim 0.005$										
7		날카로운 분지관 Sharp Edge Branch	$K = 0.5$										
8		둥그러운 분지관 Rounded Edge Branch	$K = 0.06 \sim 0.25$										
9		티 Tee	$K = 2$										
10		평행판 게이트밸브 Parallel Slide Gate Valve	$\frac{H}{D} =$	$\frac{0}{8} = 0$	$\frac{1}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{6}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{8}{8} = 1$	
			K =	0.05	0.07	0.26	0.81	2.06	6.52	17.0	97.8	$\infty$	

주 제 : 밸브 종류별 유체저항 특성

배관시스템에 있어서 피팅과 밸브 형태에 따른 손실계수-2

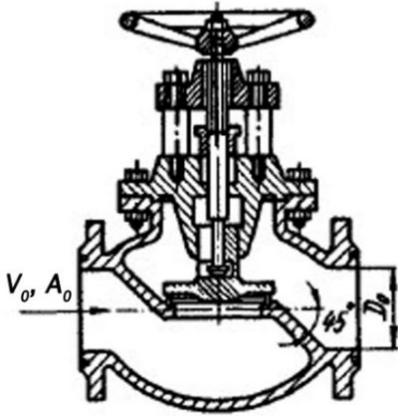
NO	Fitting/Valve Type	Description	K Values, Resistance Factor										
11		글로브밸브 Straight Reduced Globe Valve (Full Open)	$K = 2.9 \sim 6.0$										
12		글로브밸브 Straight Full Port Globe Valve (Full Open)	$K = 2.0 \sim 2.7$										
13		Y-글로브밸브 Full Port Y- Globe Valve (Full Open)	$K = 1.4 \sim 2.5$										
14		Y-글로브밸브 Reduced Port Y-Globe Valve (Full Open)	$K = 0.44 \sim 0.8$										
15		Y-형 분기관 Y-Type Mitered Branch	$K = 0.5 + 0.3 \cos \alpha + 0.2 \cos^2 \alpha$										
16		오리피스 Orifice	$(\frac{D_0}{D})^2 =$	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
			$K =$	0	0.06	0.29	0.79	1.8	3.77	8.16	18.2	61.2	243

일반 주조 및 단조 글로브밸브의 손실계수



주 제 : 밸브 종류별 유체저항 특성

전형적인 주강제 글로브밸브의 손실계수



$$K \equiv \frac{\Delta p}{\rho V_0^2 / 2} = f(D_0), \text{ see the table, or according to the formula}$$

$$K = \sum_{i=0}^{n_1} a_i D_0^i \quad (D_0, \text{ in mm});$$

at  $D_0 < 0.08 \text{ m}$

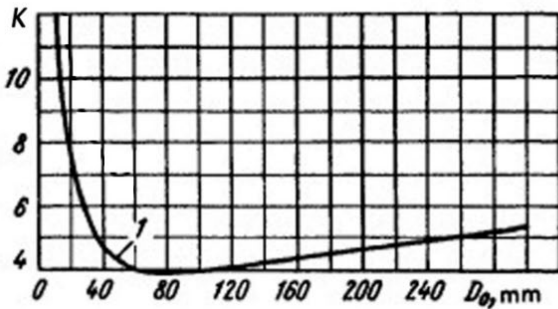
$$\begin{aligned} a_0 &= 17.73; & a_1 &= -685.26; \\ a_2 &= 11634.4; & a_3 &= -65479.34; \\ n_1 &= 3; \end{aligned}$$

at  $D_0 \geq 0.08 \text{ m}$

$$\begin{aligned} a_0 &= 3.2; & a_1 &= 8.67; \\ a_2 &= -6.06, & n_1 &= 2. \end{aligned}$$

1. Dividing walls at angle 45° (curve 1)

$D_0, \text{ mm}$	13	20	40	80	100	150	200	250	300	350
$K$	10.8	8.00	4.90	4.00	4.10	4.40	4.70	5.10	5.40	5.50



If two globe valves are installed successively, then the overall resistance coefficient is

$$K_{1+2} = 0.5 (K_1 + K_2) (2 - \beta),$$

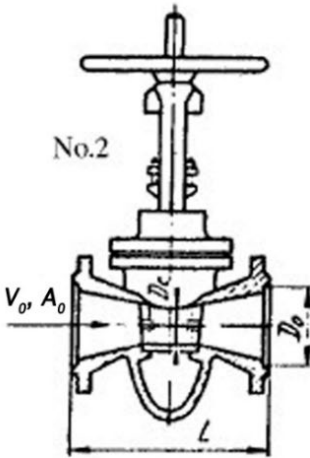
where  $K_1$  is determined as  $K$  of the first globe valve,  $K_2$  as  $K$  of the second;

$$\beta = 4.2 \times 10^{-5} \left( \frac{l_{\text{con}}}{D_0} \right)^2 - 5 \times 10^{-3} \frac{l_{\text{con}}}{D_0} + 0.15$$

( $l_{\text{con}}$  is the distance between two stopping devices).

주 제 : 밸브 종류별 유체저항 특성

축소 포트경을 가진 (Reduced Port) 게이트 밸브의 손실계수



2. Symmetrical transition. \*\* Complete opening.

$$K \equiv \frac{\Delta p}{\rho V_c^2 / 2},$$

where  $w_c$  is the velocity in the narrow section of the gate valve.

$$K = 7 \tan \phi [1 - (h/D_0)^2]^2 / (h/D_0)^4, \quad (1)$$

at  $Re < 10^4$

$$K_{Re} = K + 530K^{1.25} / Re,$$

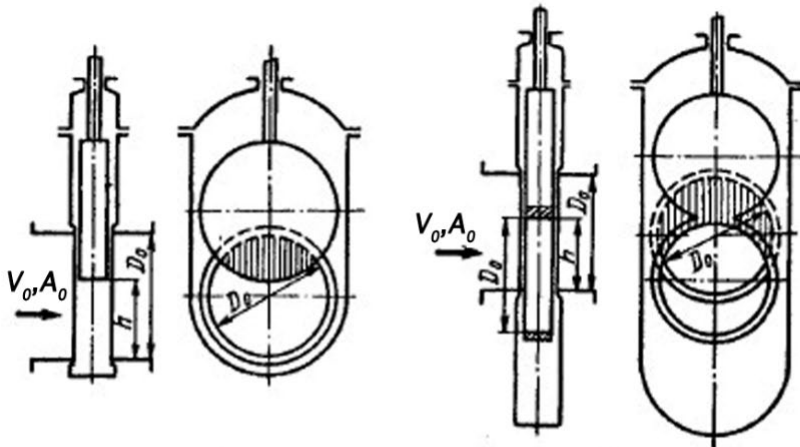
where  $\kappa$  is determined from formula (1).

$D_0$ , mm	300	300	200	250
$D_c/D_0$	0.67	0.67	0.75	0.80
$L/D_0$	2.50	1.68	1.33	1.50
$K$ (without a guide pipe)	0.30	0.36	0.19	0.16
$K$ (with a guid pipe)	0.25	0.28	0.18	0.15

\*\*Values of  $K$  of the gate valve with symmetrical transition allow for the contraction and subsequent expansion losses.

주제 : 밸브 종류별 유체저항 특성

평행판 디스크를 가진 게이트밸브(Parallel Slide Gate Valve)의 손실계수



(a) General Parallel Slide Gate Valve (b) General Parallel Slide Conduit Gate Valve

1. Gate valve in the system:

$$K \equiv \frac{\Delta p}{\rho V_0^2 / 2}$$

see the curves  $K = f(h/D_0)$  or determine from the formula

$$K = \exp \left[ 2.3 \sum_{i=0}^6 a_i (h/D_0)^i \right]$$

where at  $0.1 \leq h/D_0 \leq 1$

$$a_0 = 3.2; \quad a_1 = -7.3;$$

$$a_2 = -44.8; \quad a_3 = 337.7;$$

$$a_4 = -967.6; \quad a_5 = 1405;$$

$$a_6 = -1023; \quad a_7 = 295.3.$$

2. Exit gate valve (tentatively)

$$K_{tot} \equiv \frac{\Delta p}{\rho V_0^2 / 2} = K + 1$$

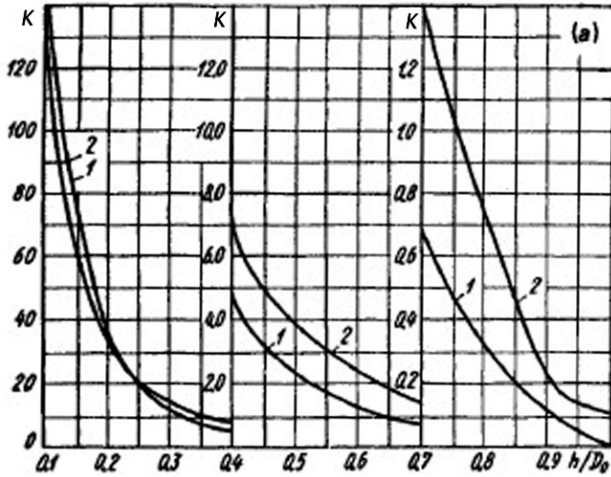
Values of K

Position of the gate valve	$h/D_0$										
	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.0
With a recess for the valve disk (graph a)											
In the system (the gate valve is followed by a straight tube), curve 1	200	77.0	33.0	11.0	4.70	2.35	1.23	0.67	0.31	0.11	0.05
Position of the gate	$h/D_0$										
	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.0
Terminal (gate valve at the exit), curve 2	200	64.0	36.0	14.2	7.10	3.85	2.30	1.40	0.75	0.21	0.11
With a hollow ring on the valve (graph b)											
In the system, curve 1	400	-	43.0	12.8	5.30	2.48	1.19	0.51	0.22	0.08	0.03
Terminal, curve 2	3900	-	260	70.0	22.0	87.0	4.00	1.85	0.78	0.15	0

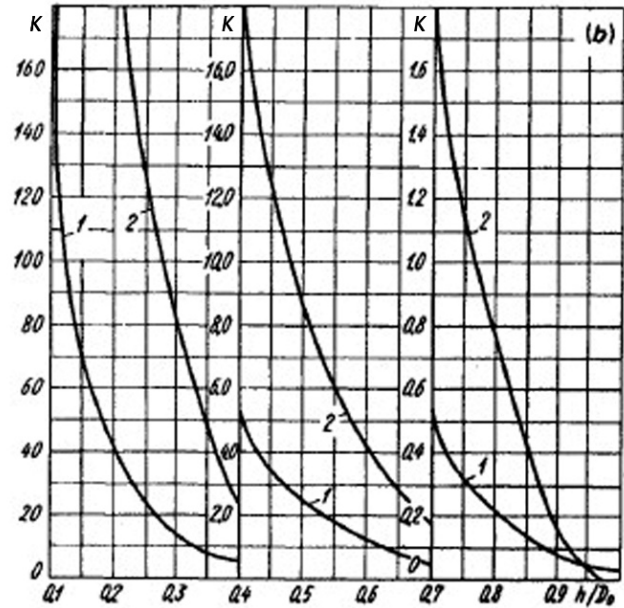
(다음 페이지의 그래프를 참조)



주제 : 밸브 종류별 유체저항 특성

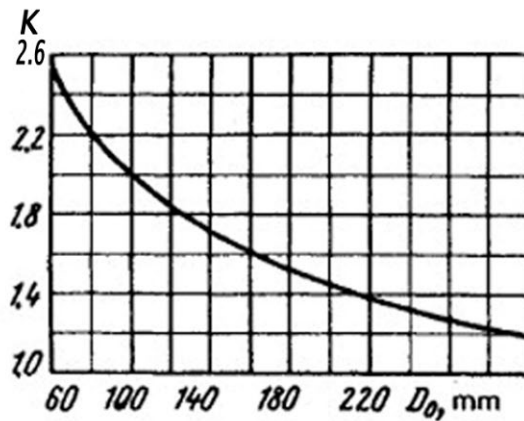
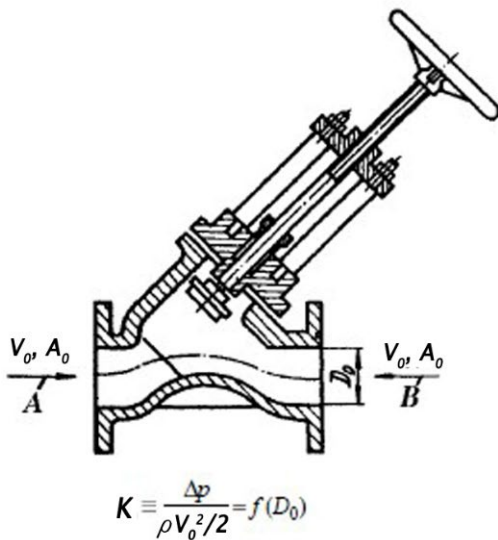


(a) General Parallel Slide Gate Valve



(b) General Parallel Slide Conduit Gate Valve

Y-글로브밸브(30% 축소된 유로 포트를 가진)의 손실계수



With a 30% contracted section of the seat (along arrow A)

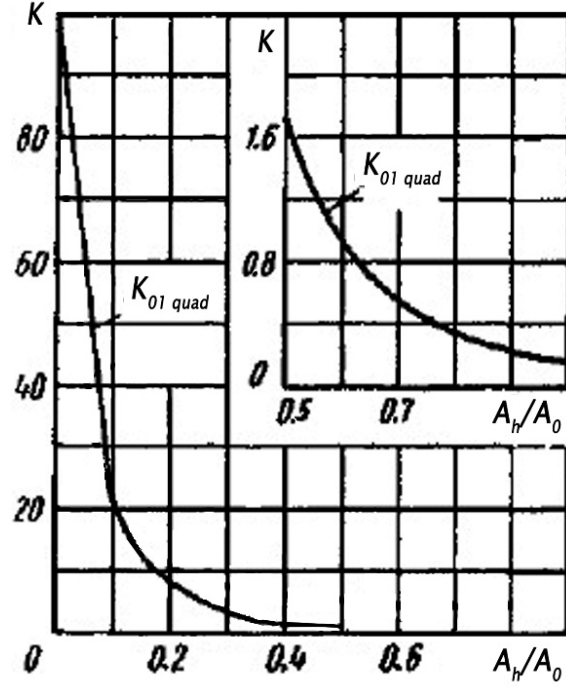
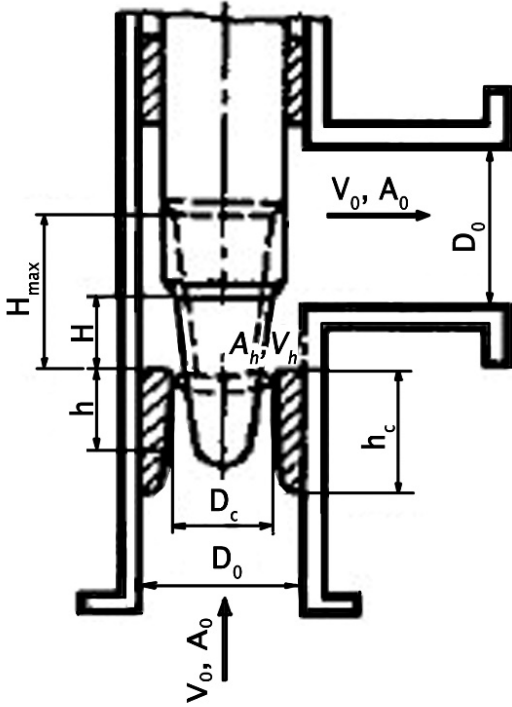
$D_0$ , mm	60	80	100	150	200	250	300	350
K	2.70	2.40	2.20	1.86	1.65	1.50	1.40	1.30

With full seat section

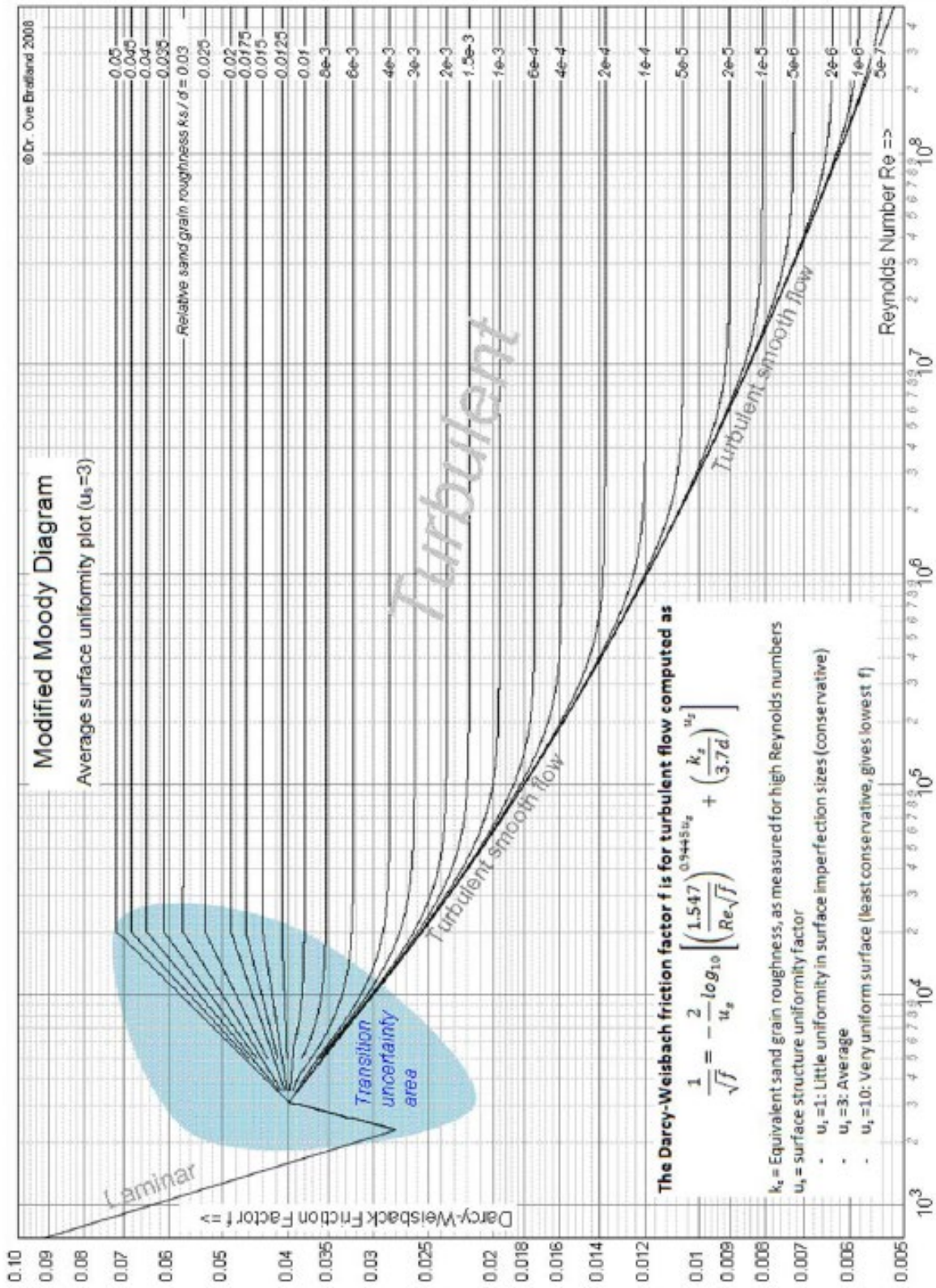
$D_0$ , mm	(inches)	K (flow along arrow A)	K (flow along arrow B)
25	(1)	1.80	1.70
32	(1¼)	2.00	1.60
40	(1½)	1.70	1.60

주 제 : 밸브 종류별 유체저항 특성

앵글 글로브밸브의 개도에 따른 손실계수



주제 : 밸브 종류별 유체저항 특성



Modified Moody Diagram(average surface uniformity)