

KOSHA GUIDE

D - 50 - 2012

파열판의 크기 산정 및 설치 등에 관한 기술지침

2012. 7.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 제안자 : 김 기 영
- 개정자 : 이 수 희

○ 제정 경과

- 2009년 9월 화학안전분야 제정위원회 심의
- 2009년 11월 총괄제정위원회 심의
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정,법규개정조항 반영)

○ 관련규격 및 자료

- ISO 4126-6
- API 521

○ 관련법규, 규칙, 고시 등

「산업안전보건법」 제27조 (기술상의 지침 및 작업환경의 표준)
「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제261조 (안전밸브 등의 설치)

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2012년 7월 18일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

파열판의 크기 산정 및 설치 등에 관한 기술지침

1. 목적

이 기준은 「산업안전보건법」 제27조 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제261조에 따라 화학설비 및 그 부속설비에 설치하는 파열판의 크기 산정 및 설치 등에 관한 기술기준을 정하는데 있다.

2. 적용범위

(1) 이 기준은 화학설비 및 그 부속설비(이하 “용기”라 한다)를 과압 및 과진공으로부터 보호하기 위하여 용기에 설치하는 파열판으로써 다음과 같이 설치되는 경우에 적용한다.

- (가) 파열판의 토출측이 직접 대기로 방출되는 경우
- (나) 파열판이 용기 노즐로부터 연결 배관지름의 8배 이내에 설치되는 경우
- (다) 파열판의 토출면적이 인입 배관면적의 50% 이상인 경우
- (라) 단상 흐름인 경우
- (마) 파열판 토출 측 배관의 길이가 토출배관 지름의 5배 이내인 경우
- (바) 파열판 인입 및 토출 측 배관의 공칭지름이 파열판의 공칭지름 이상인 경우

3. 정의

(1) 이 기준에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

- (가) “파열판(Rupture/bursting disc)”이란 입구측의 압력이 설정 압력에 도달하면 판이 파열하면서 유체가 분출하도록 용기 등에 설치된 얇은 판으로 된 안전장치를 말한다.

- (나) “파열압력(Bursting pressure)”이란 파열판이 파열시의 파열판 전·후단에 걸리는 차압을 말하며, 명판에 표시된 압력을 말한다.
- (다) “분출압력(Relieving pressure)”이란 압력설비로부터 파열판이 파열되어 분출되는 조건에서의 최대압력을 말한다.
- (라) “설계압력(Design pressure)”이란 용기 등의 최소 허용두께 또는 용기의 여러 부분의 물리적인 특성을 결정하기 위하여 설계 시에 사용하는 압력을 말한다.
- (마) “최고허용압력(Maximum allowable working pressure)”이란 용기의 제작에 사용한 재질의 두께(부식여유 제외)를 기준으로 산출된 용기 상부에서의 허용 가능한 최고 압력을 말한다.
- (바) “배압(Back pressure)”이란 배출물 처리설비 등으로부터 파열판의 토출에 걸리는 압력을 말한다.
- (사) “호칭압력(Pressure rating)”이란 플랜지의 압력등급을 나타내기 위하여 사용하는 수치를 말한다.
- (아). “임계흐름(Critical flow)”이란 파열판 토출 측에서의 유체 속도가 음속보다 큰 경우를 말하며, 임계흐름압력(P_{cf} , Critical flow pressure)이 배압 이상인 경우에 해당한다.
- (자). “아임계흐름(Subcritical flow)”이란 파열판 토출 측에서의 유체속도가 음속보다 작은 경우를 말하며, 임계흐름압력(P_{cf} , Critical flow pressure)이 배압 미만인 경우에 해당한다.
- (차). “배출용량(Relieving capacity)”이란 각각의 소요 분출량 중 가장 큰 소요 분출량을 말한다.
- (카). “성능허용오차(Performance tolerance)”란 파열압력의 최대 허용치와 파열압력의 최소 허용치와의 범위(<그림 1>참조)를 말한다.
- (타) “파열압력의 최대 허용치(Maximum limit of bursting pressure)”란 최대로 허용되는 파열판의 파열압력을 말한다.
- (파). “파열압력의 최소 허용치(Minimum limit of bursting pressure)”란 최소로 허용되는 파열판의 파열압력을 말한다.
- (하). “운전비(Operating ratio)”란 운전압력과 파열압력의 최소 허용치와의 비를 말한다.

KOSHA GUIDE
D - 50 - 2012

- (2) 그 밖에 용어의 뜻은 이 지침에서 규정하는 경우를 제외하고는 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전기준에 관한 규칙」에서 정하는 바에 따른다.

4. 파열판 크기의 산정

4.1 파열판 크기의 계산 시에 필요한 자료는 다음과 같다.

- (1) 분출용량
KOSHA GUIDE (안전밸브 설계 및 설치 등에 관한 지침) 또는 이와 같은 수준 이상의 기준에 따라 산출한다.
- (2) 분출압력
- (3) 분출온도
- (4) 취급유체의 특성
- (5) 취급유체의 비중 및 분자량

4.2 필요한 파열판 크기(분출면적)의 계산

4.2.1 압축성 유체

- (1) 임계흐름 여부 결정
 - (가) 임계흐름

KOSHA GUIDE
D - 50 - 2012

$$\frac{P_b}{P_o} \leq \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad \text{이면 임계흐름으로 간주}$$

여기서, P_b : 배압(bar abs)

P_o : 배출압력(bar abs)

k : 열용량계수

(나) 아임계흐름

$$\frac{P_b}{P_o} > \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad \text{이면 아임계흐름으로 간주}$$

(2) 파열판에서 흐름이 임계흐름(Critical flow)인 경우

(가) 가스 또는 증기

필요한 파열판의 크기(분출면적)는 식(1)을 이용하여 계산한다.

$$A_o = 3.469 \frac{W}{C_\alpha} \sqrt{\frac{v_o}{P_o}} = \frac{W}{C_\alpha P_o} \sqrt{\frac{T_o Z_o}{M}} \dots \dots \dots$$

..... (1)

여기서,

A_o : 파열판의 분출면적(mm²)

W : 분출용량(kg/h)

C : $3.948 \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{(k+1)/(k-1)}}$

k : 열용량계수

α : 분출계수(<표 1> 참조)

P_o : 분출압력(bar abs)

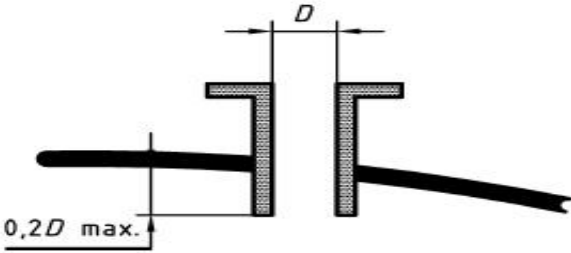

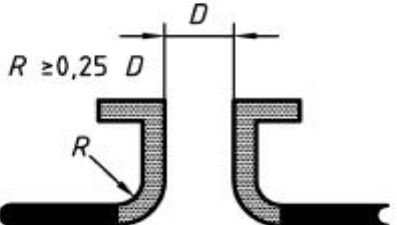
T_o : 분출온도(K)

v_o : 유체의 비체적(Specific volume, m³/kg)

Z_o : 분출온도 및 압력에서의 압축계수(<그림 2> 참조)

M : 유체의 분자량(kg/kmol)

<표 1> 분출계수

파열판 설치 노즐의 모양	분출계수(α)
	0.68
	0.73
	0.80

(나) 수증기

- ① 포화수증기(Dry saturated steam)또는 과열수증기(Superheated steam)의 경우에는 식(1)을 이용하여 계산한다.
- ② 습한 수증기의 경우에는 식(1)을 이용하여 계산하여 얻은 수치에 수증기의 건조도(Dryness)의 제곱근을 곱한 값으로 한다. 다만, 수증기의 건조도는 0.9 이상이어야 한다.

(3) 파열판에서 흐름이 아임계흐름(Subcritical flow)인 경우 필요한 파열판의 크기(분출면적)는 식(2)을 이용하여 계산한다.

$$A_o = 3.469 \frac{W}{CK_{ba}} \sqrt{\frac{v_o}{P_o}} = \frac{W}{CK_{ba}P_o} \sqrt{\frac{P_o Z_o}{M}} \dots \dots \dots (2)$$

여기서,

A_o : 파열판의 분출면적(mm²)

W : 분출용량(kg/h)

C : $3.948 \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{(k+1)/(k-1)}}$

k : 열용량계수

α : 분출계수(<표 1>의 값에 (P_b/P_o)를 곱한 값)

P_o : 분출압력(bar abs)

T_o : 분출온도(K)

v_o : 유체의 비체적(Specific volume, m³/kg)

Z_o : 분출온도 및 압력에서의 압축계수(<그림 2> 참조)

M : 유체의 분자량(kg/kmol)

K_b : $\sqrt{\frac{\left(\frac{2k}{k-1} \right) \left(\left(\frac{P_b}{P_o} \right)^{2/k} - \left(\frac{P_b}{P_o} \right)^{(k+1)/k} \right)}{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{(k+1)/(k-1)}}$

P_b : 배압(bar abs)

4.2.2 비 압축성 유체인 경우

필요한 파열판의 크기(분출면적)는 식(3)을 이용하여 계산한다.

$$A_o = 0.621 \frac{W}{K_{va} \sqrt{\rho(P_o - P_b)}} \dots \dots \dots (3)$$

여기서,

A_o : 파열판의 분출면적(mm²)

KOSHA GUIDE
D - 50 - 2012

W : 분출용량(kg/h)

α : 분출계수(0.62)

K_v : 점도보정계수

(유체의 점도가 20 ℃의 물의 점도 이하인 경우 ; $K_v= 1$,

유체의 점도가 20 ℃의 물의 점도를 초과하는 경우; <그림 3>참조)

ρ : 유체의 비중(kg/m³)

P_o : 분출압력(bar abs)

P_b : 배압(bar abs)

<그림 3>에서 점도보정계수를 구하는데 필요한 레이놀드 수는 식(4)을 이용하여 구한다.

$$Re = 0.3134 \frac{W}{\mu \sqrt{A_o}} \dots\dots\dots$$

(4)

여기서,

Re : 레이놀드 수(Reynolds number)

μ : 유체의 점도(Pa·s)

4.3 파열판 플랜지 크기의 선정

파열판 플랜지는 앞에서 계산하여 얻은 필요한 파열판 분출면적보다 큰 면적을 갖는 크기로 선정한다. 또한, 파열판의 분출면적은 파열판 인입측 배관 면적의 50 % 이상, 100 % 이하로 한다.

5. 파열판 설치 배관의 크기, 재질 등

5.1 설치 배관의 크기

파열판의 인입측 및 토출측 배관의 크기는 파열판 플랜지의 공칭 지름 이상이어야 한다.

5.2 파열판의 재질

사용재질은 취급하는 유체에 대하여 내식성 및 내마모성이 있는 것으로 선정하여야 하며, 상세한 사항은 사용자 또는 제작자의 기준에 따른다.

5.3 파열판 지지용 플랜지의 최고사용압력

파열판 지지(Rupture disc holder)용 플랜지의 호칭압력 및 재질별 최고 사용압력은 KOSHA GUIDE (플랜지 및 가스켓 등의 접합부에 관한 기술지침) 또는 이와 같은 수준 이상의 기준에서 정하는 바에 따른다.

6. 파열판 설치기준

- (1) 파열판을 설치하여야 하는 기준은 안전보건규칙 제262조(파열판의 설치)에 따르며, 상세한 사항은 다음과 같다.
 - (가) 반응폭주 등 급격한 압력상승의 우려가 있는 경우
 - (나) 독성물질의 누출로 인하여 주위 작업환경을 오염시킬 우려가 있는 경우
 - (다) 운전 중 안전밸브에 물질이 점착되어 안전밸브의 기능을 저하시킬 우려가 있는 경우
 - (라) 유체의 부식성이 강하여 안전밸브 재질의 선정에 문제가 있는 경우
- (2) 반응기, 저장탱크 등과 같이 대량의 독성물질이 지속적으로 외부로 유출될 수 있는 구조로 된 경우에는 파열판과 안전밸브를 직렬로 설치하고, 파열판과 안전밸브 사이에는 경보장치를 설치하여야 한다.
- (3) 파열판을 안전밸브 전단에 설치하는 경우에는 파열판과 안전밸브의 사이에 필요하지 않는 압력이 형성되지 않는 구조로 한다.

(4) 파열판을 안전밸브 후단에 설치하는 경우에는 다음과 같이 설치한다.

(가) 파열판과 토출배관은 안전밸브의 성능에 영향을 주지 않도록 설치.

(나) 안전밸브와 파열판의 사이에는 필요하지 않은 압력이 형성되지 않는 구조로 설치

(다) 파열시의 온도에서 파열판의 파열압력의 최대 허용치와 토출측에 걸리는 압력의 합은 다음 수치를 초과하지 않도록 설치

① 안전밸브의 배압 제한치

② 안전밸브와 파열판 사이 배관의 설계압력

③ 관련 기준에서 허용하는 압력

(5) 파열판과 파열판을 직렬로 설치하는 경우에는 다음과 같이 설치한다.

(가) 두 파열판 사이는 파열판의 기능을 발휘할 수 있도록 충분한 간격을 유지

(나) 파열판과 파열판 사이에는 필요하지 않은 압력이 형성되지 않는 구조로 설치

7. 파열판의 성능허용오차

(1) 파열판의 성능허용오차에 영향을 주는 인자는 다음과 같다.

(가) 파열판의 형태

(나) 파열판의 재질

(다) 제조 방법

(2) 파열판의 형태 별 성능허용오차는 <표 2>와 같다.

8. 파열압력의 최대 허용치 및 최소 허용치

8.1 파열압력의 최대 허용치

파열압력의 최대 허용치는 설계압력 또는 최고허용압력의 110 %를 초과하지 않도록 한다.

8.2 파열압력의 최소 허용치

파열압력의 최소 허용치는 <표 2>의 최대 운전비 이하가 되도록 결정한다.

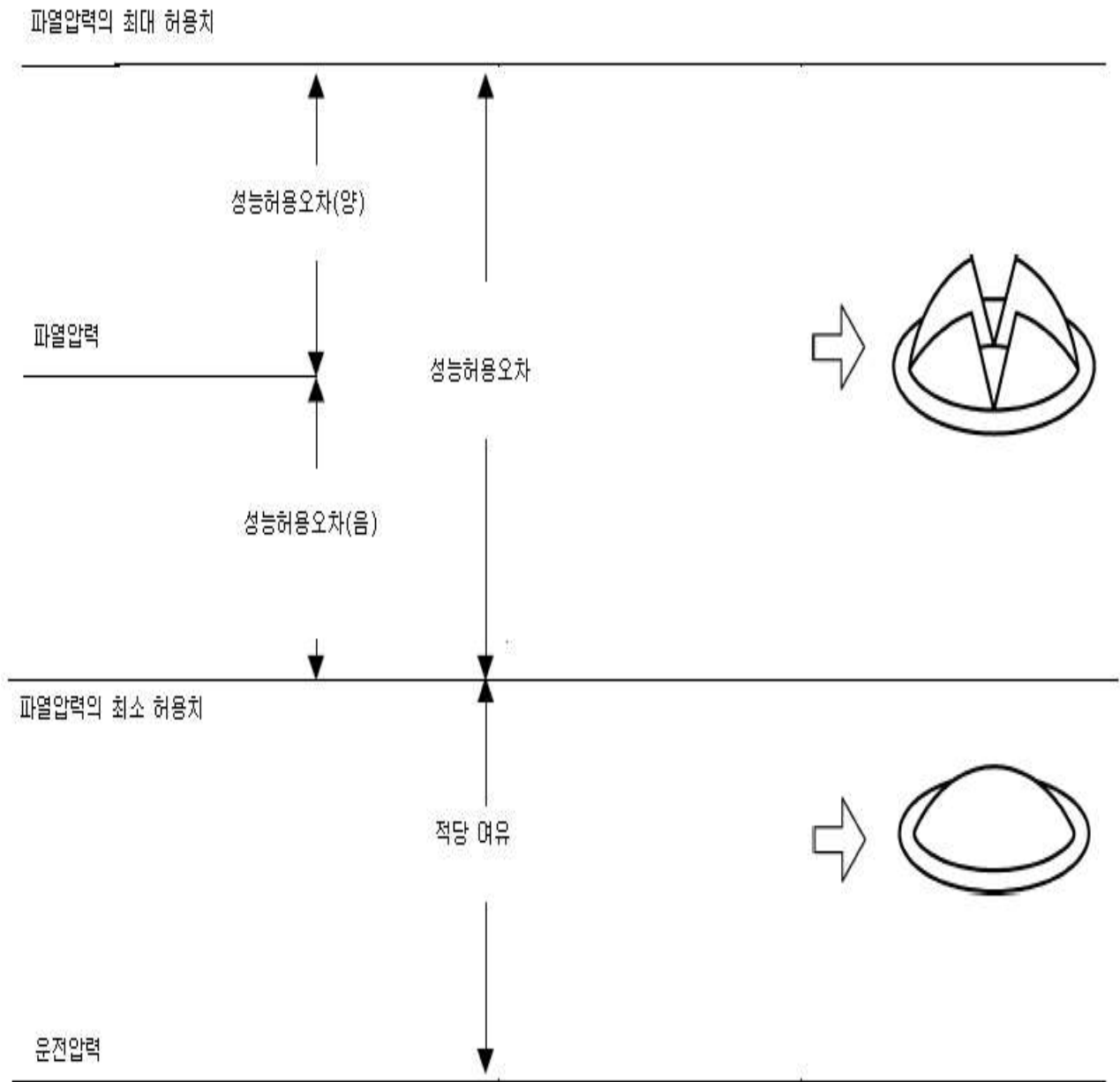
<표 2> 파열판의 성능허용오차 및 최대 운전비

파열판의 형태	파열압력 (P_s , barg)	성능허용오차	최대 운전비
일반 단순 돔형(Conventional simple domed), 일반 스로트 돔형(Conventional slotted domed) 및 일반 칼자국낸 단순 돔형(Conventional scored simple domed)	$P_s < 0.5$	$\pm 50 \%$	0.8
	$0.5 \leq P_s < 1.5$	$\pm 30 \% \sim \pm 15 \%$	
	$1.5 \leq P_s$	$\pm 10 \%$	
칼날이 있는 일반 단순 돔형(Conventional simple domed with knife blades)	$P_s < 2.0$	$\pm 0.1 \text{ bar}$	0.7
	$2.0 \leq P_s$	$\pm 5 \%$	
칼자국낸 역 돔형(Reverse domed scored)	$P_s < 3$	$\pm 0.15 \text{ bar}$	0.9
	$3 \leq P_s$	$\pm 5 \%$	
홈이 있도록 설계된 역 돔형(Reverse domed having slip or tear-away design)	$P_s < 1$	$\pm 15 \%$	0.9
	$1 \leq P_s < 2$	$\pm 10 \%$	
	$2 \leq P_s$	$\pm 5 \%$	
칼날이 있는 역 돔형(Reverse domed with knife blades)	$P_s < 1$	$\pm 0.15 \text{ bar}$	0.9
	$1 \leq P_s < 3$	$\pm 15 \%$	
	$3 \leq P_s$	$\pm 5 \%$	
전단 기능 역 돔형(Reverse domed that functions by shearing)	$P_s < 3$	$\pm 0.15 \text{ bar}$	0.9
	$3 \leq P_s$	$\pm 5 \%$	
혼합/다층 구조 역 돔형(Reverse domed composite or multilayered)	$P_s < 0.5$	$\pm 15 \%$	0.9
	$0.5 \leq P_s < 3$	$\pm 10 \%$	
	$3 \leq P_s$	$\pm 5 \%$	
그래파이트로 된 부품 교체형, 그래파이트 모노블록형 (Graphite replaceable element, graphite monobloc)	$P_s < 0.5$	$\pm 25 \% \text{ 이하}$	0.8
	$0.5 \leq P_s$	$\pm 10 \%$	
스로트 선이 있는 평판형(Flat slotted lined)	$P_s < 0.5$	$\pm 50 \%$	0.5
	$0.5 \leq P_s < 1.5$	$\pm 30 \% \sim \pm 15 \%$	
	$1.5 \leq P_s$	$\pm 10 \%$	

주) 1. 성능허용오차의 % 수치는 파열압력의 %임

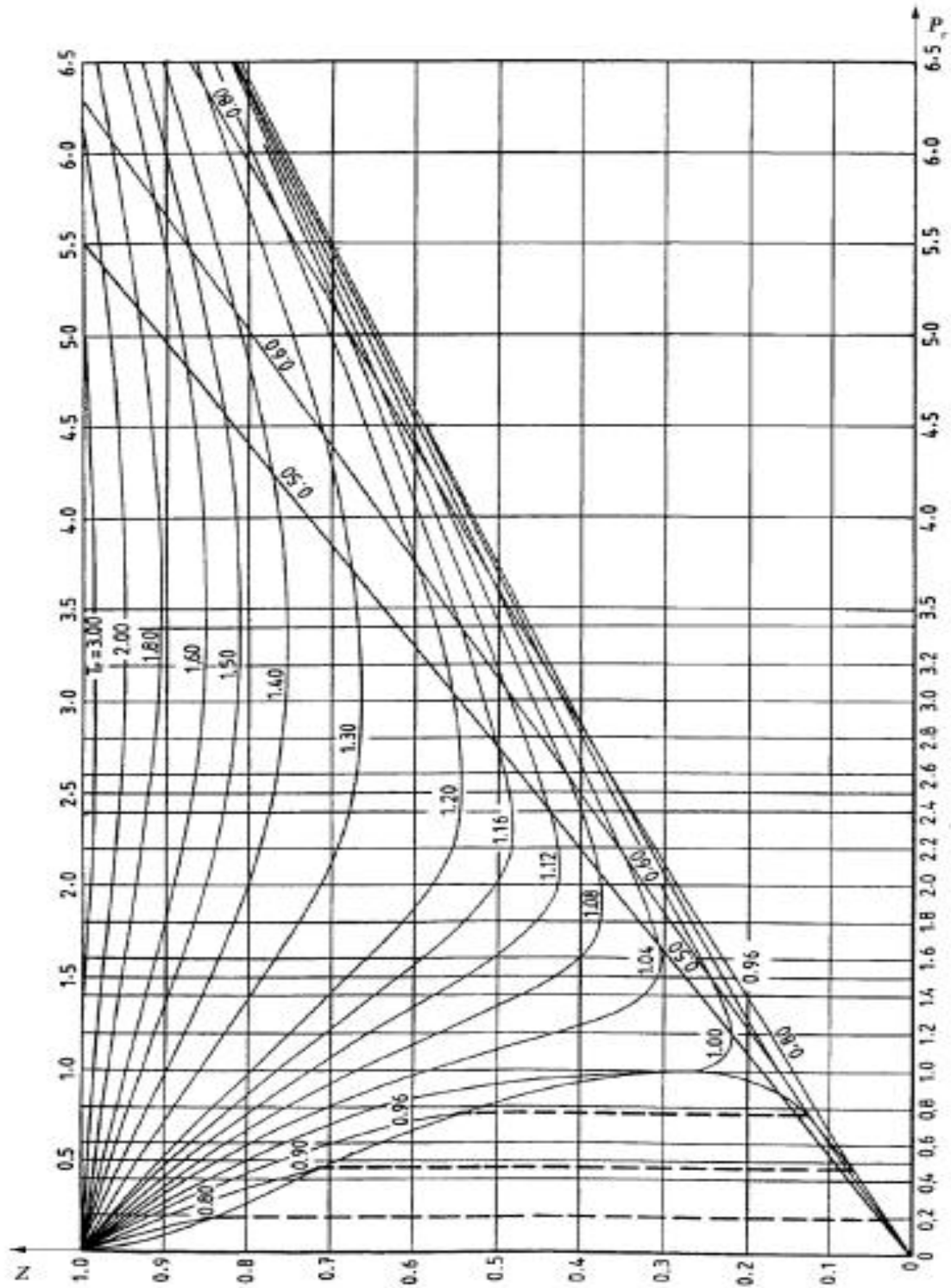
2. 일반 단순 돔형의 최대 운전비는 0.7임

3. 운전비 = (운전압력 - 배압)/파열압력의 최소 허용치 (단위는 bar abs 임)

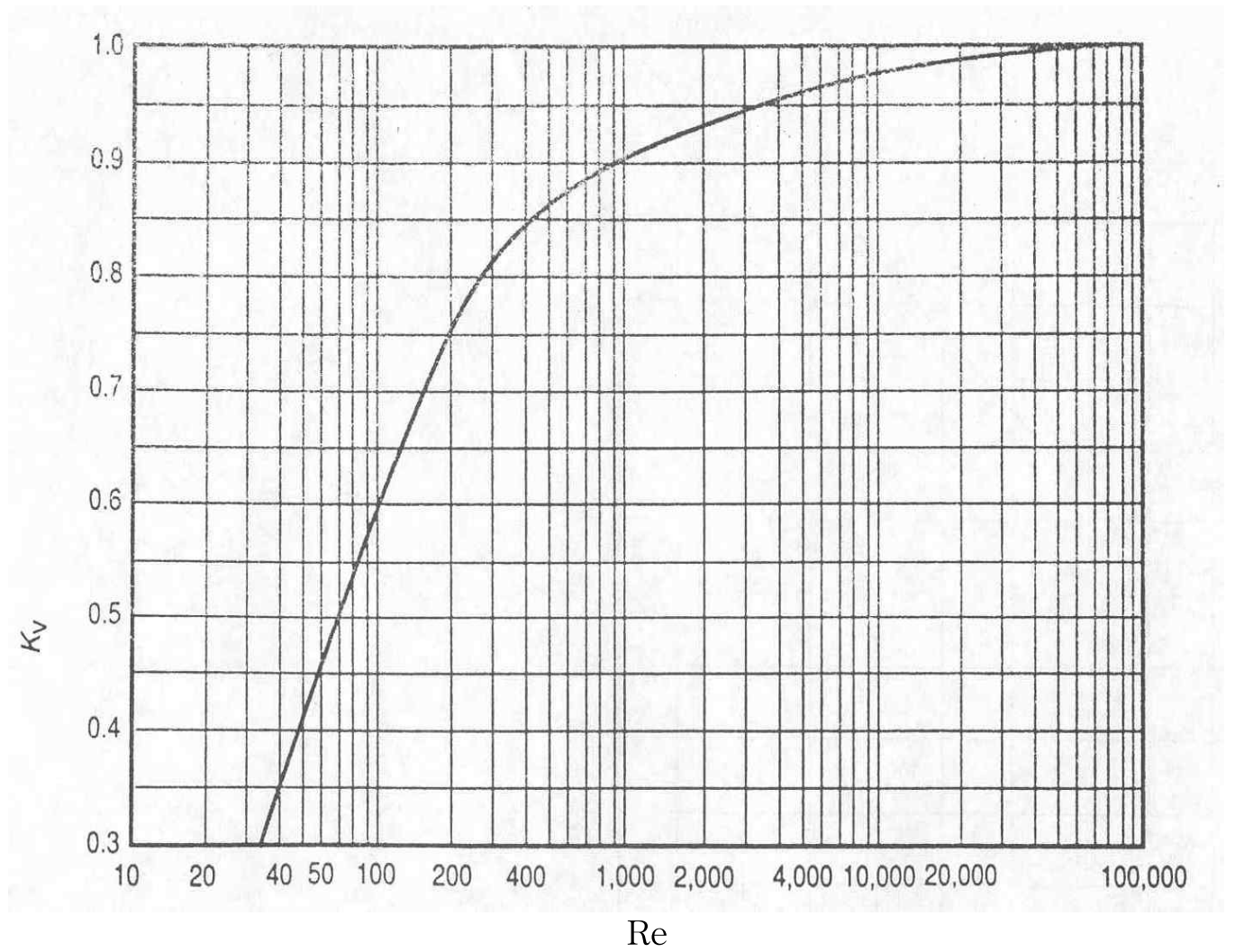


<그림 1> 파열판의 파열압력 관계 차트

주) 1. 파열압력의 최대 허용치는 보호하고자 하는 용기의 설계압력 또는 최대허용압력의 110 %를 초과하여서는 아니 된다.



〈그림 2〉 압축계수



<그림 3> 점도 보정계수