

KOSHA GUIDE

P - 48 - 2012

압축가스 실린더의 압력방출장치에 관한 기술지침

2012. 7.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 김 기 영

○ 개정자 : 한 우 섭

○ 제 · 개정 경과

- 2010년 10월 화학안전분야 제정위원회 심의(제정)
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)

○ 관련 규격 및 자료

- 미국 CGA S-1.1 “Pressure Device Standards Part 1 - Cylinders for Compressed Gases” 13th ed., 2007
- 미국 49 CFR 178 “Specifications for Packings”
- 캐나다 “Transportation for Dangerous Goods Regulations”, 2008
- 캐나다 표준규격 CSA B 339-08 “Cylinders, Spheres, and Tubes for the Transportation of Dangerous Goods”, 5th ed., 2008

○ 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

압축가스 실린더의 압력방출장치에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 압축가스 실린더를 과압으로부터 보호하기 위하여 설치하는 압력방출장치에 관한 기술적인 사항을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 다음의 각호에 해당하는 실린더에 설치하는 압력방출장치에 적용한다.

- (1) 물의 무게로 환산하여 450 kg 이하의 용량을 갖는 실린더
- (2) 물의 무게로 환산하여 450 kg를 초과하는 용량을 갖는 DOT-3AX 실린더, DOT-3AAX 실린더 및 DOT-3T 실린더
- (3) 초저온 액체를 저장하는 보온한 CTC/DOT-4L 실린더 및 TC-4LM 실린더

3. 용어의 정의

- (1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

- (가) “실린더 (Cylinder)”라 함은 설계압력이 절대압력으로 275 kPa 초과하는 원형의 단면적을 가지는 압력용기 말한다.
- (나) “DOT-3AX 실린더”라 함은 사용압력이 게이지 압력으로 3.45 MPa 이상이고 물의 무게로 환산하여 450 kg를 초과하는 용량을 갖는 이음매가 없이 강으로 만들어진 실린더(미국 49 CFR 178.36 참조)를 말한다.
- (다) “DOT-3AAX 실린더”라 함은 사용압력이 게이지 압력으로 3.45 MPa 이상이고 물의 무게로 환산하여 450 kg를 초과하는 용량을 갖는 이음매가 없이 강으로 만들어진 실린더(미국 49 CFR 178.37 참조)를 말한다.
- (라) “DOT-3T 실린더”라 함은 사용압력이 게이지 압력으로 12.4 MPa 이상이고 물의 무게로 환산하여 450 kg를 초과하는 용량을 갖는 이음매가 없이 강으로 만들어진 실린더(미국 49 CFR 178.45 참조) 실린더를 말한다.

- (마) “CTC/DOT-4L 실린더”라 함은 사용압력이 게이지 압력으로 275 kPa 이상 3.45 MPa 이하이고 물의 무게로 환산하여 450 kg 이하의 용량을 갖는 용융 용접한 보온 실린더(미국 49 CFR 178.57 참조)를 말한다.
- (바) “TC-4LM 실린더”라 함은 저온용 보온 실린더(캐나다 표준규격 CSA B339-08 제 21장 참조)를 말한다.
- (사) “튜브 (Tubes)”라 함은 실린더의 길이가 3.7 m를 초과하는 것을 말한다.
- (아) “트레일러 (Trailer)”라 함은 튜브를 수평으로 장착하고 도로위로 다닐 수 있도록 제작된 차량을 말한다.
- (자) “압력방출장치 (Pressure relief device)”라 함은 실린더 또는 튜브의 파열을 방지하기 위하여 정상적으로 충전된 실린더 또는 튜브가 미리 정해진 최대 압력 이상으로 올라가지 않도록 압력 및 온도에 의하여 압력을 배출하는 장치를 말한다.
- (차) “안전밸브 (Pressure relief valve)”라 함은 실린더 또는 튜브의 압력이 설정압력에 도달하면 자동으로 유체가 분출되고 일정압력 이하가 되면 정상 상태로 복원되어 내부 충전물을 더 이상 배출시키지 않는 압력방출장치를 말한다.
- (카) “파열판 (Rupture disc)”이라 함은 판 입구 측의 압력이 정해진 압력에 도달하면 판이 파열하면서 유체가 분출하도록 실린더 또는 튜브에 설치된 얇은 판으로 실린더 또는 튜브의 내부압력이 일정 압력이하로 떨어지더라도 충전물의 분출을 계속하도록 만들어진 압력방출장치를 말한다.
- (타) “가용전 플러그 안전장치 (Fusible plug device)”라 함은 정해진 온도 범위 내에서 용융금속으로 만들어진 플러그가 녹아 실린더 또는 튜브의 충전물을 배출하는 압력방출장치를 말한다.
- (파) “가용전 트리거 안전장치 (Fusible trigger device)”라 함은 용융금속이 녹거나 열에 의하여 활성화되도록 만들어진 트리거에 의하여 실린더 또는 튜브의 충전물을 배출하는 압력방출장치를 말한다.
- (하) “설정압력 (Set pressure)”이라 함은 실린더 또는 튜브에 이상 과압이 형성되는 경우, 안전밸브가 작동되도록 설정한 안전밸브의 입구 측에서의 게이지 압력을 말한다.
- (거) “공칭파열압력 (Rated burst pressure)”라 함은 16 °C와 71 °C 사이의 어느 특정 온도에서 파열판이 파열하도록 설계한 최대압력을 말한다.

- (너) “공칭흐름압력 (Flow rating pressure)”라 함은 용량을 정할 목적으로 압력방출장치
의 용량을 측정하는데 사용한 인입 측에서의 정압을 말한다.
- (더) “항복온도 (Yield temperature)”라 함은 가용전 플러그를 이 지침에 따라 시험하
는 경우에 충전물을 배출할 수 있도록 플러그의 지지대로부터 플러그가 빠질 수
있도록 용융금속이 충분히 물러지는 온도를 말한다.
- (리) “금속 하이드라이드 (Metal hydride)”라 함은 금속과 수소로 구성된 복합물을 말
한다.
- (머) “초저온 액체 (Cryogenic liquid)”라 함은 1 기압에서 끓는 점이 -90°C 미만인 액
체를 말한다.
- (버) “압축가스 (Compressed gas)”라 함은 실린더 또는 튜브 내에서의 가스압력이 20
 $^{\circ}\text{C}$ 에서 절대압력으로 최소한 280 kPa 이상인 가스를 말한다.
- (2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고
는 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전보건기준에
관한 규칙」에서 정하는 바에 의한다.

4. 압력방출장치의 종류 및 제한

4.1 종류

실린더용 압력방출장치는 <표 1>과 같이 구분한다.

4.2 제한

4.2.1 CG-1 형

이 형식은 실린더 내용물을 완전히 배출하도록 만들어진 압력에 의하여 작동하는 장
치로서 작동 후에는 내용물의 방출을 차단할 방법이 없다.

<표 1> 압력방출장치의 종류

구 분	항목 온도(T,℃)		명 세
	범 위	명목	
CG-1	-	-	파열판
CG-2	$69 \leq T < 77$	74	3.45 MPa(게이지 압) 이하인 실린더용 가용전 플러그 안전장치
CG-3	$98 \leq T < 107$	100	3.45 MPa(게이지 압) 이하인 실린더용 가용전 플러그 안전장치
CG-4	$69 \leq T < 77$	74	74 ℃의 용융합금 뒤판(backing)이 있는 파열판
CG-5	$98 \leq T < 107$	100	100 ℃의 용융합금 뒤판이 있는 파열판
CG-7	-	-	안전밸브
CG-8	-	-	파열판과 안전밸브를 직렬로 설치
CG-9	$98 \leq T < 107$	103	41.4 MPa(게이지 압) 이하인 실린더용 가용전 플러그
CG-10	-	-	압력방출장치에 사용압력이 90.3 MPa(게이지 압) 이하로 표기된 실린더용 가용전 트리거
CG-11	-	-	여러번 열렸다 닫힐 수 있도록 된 안전밸브
CG-12	-	-	일번적인 특성의 가용전 트리거 안전장치와 여러번 열렸다 닫힐 수 있도록 된 안전밸브를 혼합한 압력방출장치

4.2.2 CG-2 형 및 CG-3 형

- (1) 열에 의하여 작동하는 장치로 내부에 과압이 생겼을 때 용기를 보호할 수 없다.
- (2) 작동하게 되면 내용물을 완전히 배출하게 된다.
- (3) 실린더의 압력이 3.45 MPa 미만에서 사용한다.

4.2.3 CG-4 및 CG-5 형

- (1) 복합형 장치로 압력과 열에 의하여 작동한다.
- (2) 먼저 휴즈 금속이 녹기 전에는 과압이 발생하더라도 작동하지 않는다. 그러므로 휴즈 금속의 용융점 이하에서는 과압방지 기능을 할 수 없다.
- (3) 이 장치 또한 작동한 후에는 내용물의 배출을 억제할 방법이 없다.

4.2.4 CG-7 형

- (1) 이 장치의 설정압력을 결정하여 실린더의 최대 압력을 제한할 수 있다.
- (2) 이 장치의 설정압력보다 낮은 압력에서 열에 의하여 실린더가 파열하는 경우 실린더를 보호할 수 없다.
- (3) 이 장치는 실린더의 충전 압력이 3.45 MPa 이하인 경우에 사용할 수 있다.

4.2.5 CG-8 형

- (1) 이 장치는 압력에 의하여 작동한다.
- (2) 이 장치는 과압에 의하여 작동한 후에 스스로 압력이 떨어지면 다시 닫히므로 내용물의 누출을 억제할 수 있다.
- (3) 이 장치는 주위의 온도가 급격하게 올라 순간적인 압력 배출이 필요한 경우에 사용할 수 없다.
- (4) 화재에 노출된 경우에 실린더를 보호할 수 있도록 설계되어 있지 않다.

4.2.6 CG-9 형

- (1) 열에 의하여 작동하는 장치로 내부에 과압이 걸렸을 때 용기를 보호할 수 없다.
- (2) 작동하게 되면 내용물을 완전히 배출하게 된다.
- (3) 이 장치는 실린더의 충전 압력이 41.4 MPa 이하 까지 사용할 수 있다.

4.2.7 CG-10 형

- (1) 열에 의하여 작동하는 장치로 내부에 과압이 걸렸을 때 용기를 보호할 수 없다.
- (2) 작동하게 되면 내용물을 완전히 배출하게 된다.
- (3) 이 장치는 실린더의 충전 압력이 90.3 MPa 이하 까지 사용할 수 있다.
- (4) 이 장치의 설계상 사용기간은 20년 이상이다.

4.2.8 CG-11 형

- (1) 이 장치의 설정압력을 결정하여 실린더의 최대 압력을 제한할 수 있다.
- (2) 이 장치의 설정압력보다 낮은 압력에서 열에 의하여 실린더가 과열하는 경우 실린더를 보호할 수 없다.
- (3) 이 장치의 설계상 사용기간은 5년 이상이며 제조일로부터 10년 이하이다.

4.2.9 CG-12 형

- (1) 가용전 트리거에 의하여 작동되는 장치로 내용물을 완전히 배출시킨다.
- (2) 이 장치는 실린더의 충전 압력이 90.3 MPa 이하 까지 사용할 수 있다.

5. 압력방출장치의 적용요구사항

5.1 일반사항

5.1.1 적용 가스

가스분류 FTSC(Fire potential. Toxicity, State of gas and Corrosiveness) 코드는 <별표 1>과 같으며 가스별 적용 가능한 압력방출장치는 <별표 2>에 따른다.

5.1.2 설계, 재질 및 설치 위치

압력방출장치의 설계, 재질 및 설치 위치는 사용하는데 적합하여야 한다.

5.1.3 실린더/튜브의 양 끝단에 설치되는 압력방출장치

- (1) 실린더 또는 튜브의 양 끝단에 압력방출장치를 설치하는 경우, 각 압력방출장치의 배출용량의 합은 실린더/튜브에 필요한 용량 이상이어야 한다.
- (2) 각 압력방출장치의 용량은 실린더/튜브에 필요한 용량의 50 % 이상이어야 한다.

5.1.4 실린더/튜브의 한쪽 끝단에 설치되는 압력방출장치

- (1) 실린더/튜브의 한쪽 끝단에만 압력방출장치를 설치하는 경우에는 각 압력방출장치의 용량은 실린더/튜브에 필요한 용량 이상이어야 한다.
- (2) 이 조항은 CG-1 형 및 CG-7 형에만 적용한다.

5.1.5 CG-1 형 또는 CG-7 형과 CG-9을 병렬로 설치

- (1) CG-9 형은 CG-1 형 또는 CG-7 형과 병렬로 설치하여야 한다.
- (2) 이 경우에 각 압력방출장치의 용량은 CG-1 형 또는 CG-7 형에서 필요로 하는 용량을 만족하여야 한다.

5.1.6 CG-11 형 및 CG-12 형

CG-11 형 또는 CG-12 형을 설치하는 경우, 압력방출장치의 용량은 여러 개의 CG-11 형 또는 여러 개의 CG-12 형을 직렬로 설치하였을 때의 용량 이상이어야 한다.

5.2 CG-1 형 파열판

압축가스용 실린더에 압력방출장치로 파열판을 설치하는 경우 16 ℃와 71 ℃ 사이의 특정 온도에서 시험한 파열판의 공칭파열압력은 파열판을 설치한 실린더의 최소요구 시험압력을 초과하여서는 아니 된다.

5.3 CG-7 형 안전밸브

5.3.1 공칭흐름압력

안전밸브의 공칭흐름압력은 최대사용압력이 절대압력으로 3.45 MPa 이하인 실린더의 최소시험압력과 같아야 한다.

5.3.2 설정압력

안전밸브는 실린더의 최소시험압력의 75 % 이상 100 % 이하에서 열리기 시작하여야 한다.

5.4 CG-2 형, CG-3 및 CG-9 형 가용전 플러그 및 CG-10 형 가용전 트리거

5.4.1 CG-2 형 및 CG-3 형

CG-2 형 및 CG-3 형은 사용압력이 3.45 MPa 이하인 실린더에 사용한다. 그러나 충전물의 압력이 절대압력으로 20 °C에서 3.45 MPa를 초과할 수 없도록 조치가 된 경우에는 보다 높은 압력에서 사용할 수 있다.

5.4.2 CG-9 형

CG-9 형은 사용압력이 41.4 MPa 이하인 실린더에 사용한다.

5.4.3 CG-10 형

- (1) CG-10형은 이 장치의 외부로 내부 부품이 튀어나오는 것을 허용하지 않는다.
- (2) CG-10 형은 실린더의 노출온도가 -40 °C 이상 82 °C 이한인 경우에만 사용할 수 있다.
- (3) CG-10 형은 실린더의 사용압력이 90.3 MPa 이하인 경우에 사용한다.

5.5 CG-8 형 파열판/안전밸브

- (1) CG-8 형은 보조용 과압보호장치로 하나 이상의 파열판/가용전 플러그 장치를 병렬로 설치하여야 한다.
- (2) CG-8 형의 용량은 이 지침 6.5항에 따르며, 설정압력은 다음의 수치보다 커야 한다.
 - (가) 16 °C에서 파열판의 공칭파열압력

- (나) 안전밸브의 설정압력(실린더의 시험압력의 75 % 이상이어야 함)
- (3) 설정압력은 실린더의 시험압력을 초과하여서는 안 된다.
- (4) CG-8 형 압력방출장치의 토출측은 트레일러의 운전 캐비닛 내부로 연결되거나 사람에게 충격을 가하지 않도록 조치하여야 한다.
- (5) CG-8 형 압력방출장치의 파열판 일부는 16 ℃에서의 실린더 시험압력의 75 % 내지 100 % 사이의 공칭파열압력을 가져야 한다.

5.6 압력방출장치의 배관

- (1) 압력방출장치의 토출/인입 측의 배관은 배출용량이 감소되지 않도록 설치하여야 한다.
- (2) 배관은 압력방출장치의 기능을 저하시키지 않고 정상적으로 배출물을 처리하고 압력이 배관 내에 축적되지 않도록 설치하여야 한다.
- (3) 압력방출장치의 전/후단에는 차단밸브를 설치하여서는 아니 된다.

5.7 튜브용 압력방출장치에 대한 특수고려 사항

- (1) 모든 튜브 트레일러에는 위로 향하고 있는 밴트관을 설치하여야 하며 압력방출장치는 튜브의 전단에 설치하여야 한다.
- (2) 모든 튜브 트레일러에는 압력방출장치를 설치하여야 하며, 이 장치는 내부 압력방출장치이거나 다음과 같은 외부 구조물로 보호되어야 한다.
 - (가) 압력방출장치가 누설하지 않고 트레일러의 총중량의 2배의 충격하중에서 견딜 것
 - (나) 사용된 재료의 실제 인장강도에 기초한 최소한 3의 안전계수가 어느 한 방향으로 작용하는 트레일러 총중량의 2배의 충격하중에서 견딜 것
 - (다) 튜브의 기계적 완벽성을 저해하지 않을 것
 - (라) 튜브에 구멍 낼 위험을 일으키지 않을 것
 - (마) 트레일러에서 튜브가 전위되는 경우에도 튜브는 안전할 것

6. 압력방출장치의 설계 및 설치 요구사항

6.1 일반사항

- (1) 압력방출장치의 설계, 재질 및 설치위치는 사용하고자 하는 목적에 적합하여야 한다.
- (2) 압력방출장치의 설계 및 적용 시에는 작동될 때 예측되는 기대 효과를 고려하여야 한다.
- (3) 인화성 액화가스용 실린더에 압력방출장치를 설치하는 경우에는 기체와 직접 접촉할 수 있도록 설치하여야 한다.

6.2 압력방출장치의 재질, 설계 및 제작

- (1) 압력방출장치의 설계, 재질선정 및 제작은 작동시에 환경적 영향을 최소화할 수 있도록 하여야 한다.
- (2) CG-8 형인 경우에는 사용기간이 지났거나 어떤 조건에서는 최초의 배출을 시작하는 압력이 달라져 그 성능이 저하될 수 있다.
- (3) 장기간 그 성능을 유지하기 위하여 압력밸브장치는 정기적으로 점검·보수하여야 한다.

6.3 CG-4 형 및 CG-5 형

- (1) 파열판과 가용전 플러그가 조합된 압력방출장치인 경우에는 용융금속은 파열판의 토출측에 있어야 한다.
- (2) 누설을 방지하기 위하여 사용하는 가스킷을 대신하여 용융금속을 사용하여서는 아니 된다.
- (3) 용융금속의 최고온도범위에서 급속히 변형되지 않는 재질로 된 가스킷을 사용하여야 한다.

6.4 비액화가스용 압력방출장치의 용량

6.4.1 안전밸브

용량은 식 (1)을 이용하여 산정한다.

$$Q_a = k_1 P W_c \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

여기서,

기 호	명 칭	SI 단위계	FPS 단위계
Q_a	용량	m ³ /min	ft ³ /min
k_1	상수	1.395×10^{-5}	1.54×10^{-3}
P	흐름명칭압력	kPa(절대압)	psia
W_c	실린더 물용량	kg(≥ 5.7)	lb(≥ 12.5)

6.4.2 안전밸브 이외의 압력방지장치

용량은 식 (2)를 이용하여 산정한다.

$$Q_a = k_2 W_c \dots\dots\dots \text{식 (2)}$$

여기서,

기 호	명 칭	SI단위계	FPS 단위계
Q_a	용량	m ³ /min	ft ³ /min
k_2	상수	9.60×10^{-3}	0.154
W_c	실린더 물용량	kg(≥ 11.3)	lb(≥ 25)

6.5 액화가스용 압력방출장치의 용량

6.5.1 안전밸브

용량은 식 (1)을 이용하여 산정한 값의 2배로 한다.

6.5.2 안전밸브 이외의 압력방출장치

용량은 식 (3)을 이용하여 산정한다.

$$A_o = k_3 A_{co} / \sqrt{P_s} \dots\dots\dots \text{식 (3)}$$

여기서,

기 호	명 칭	SI 단위계	FPS 단위계
A_o	오리피스 면적	mm^2	in^2
k_3	상 수	43.53	2.39×10^{-3}
A_{co}	실린더 외부면적	m^2	ft^2
P_s	설정압력	kPa(게이지압)	psig

6.6 보온한 CTC/DOT-4L 및 TC-4LM 실린더용 압력방출장치의 용량

<별표 2>에 열거된 초저온 액체 충전용 보온한 CTC/DOT-4L 및 TC-4LM 실린더용 압력방출장치의 용량은 다음에 따른다.

6.6.1 650 ℃에서도 보온재가 완전하게 남아 잇는 경우

$$Q_a = G_i U A^{0.82} \dots\dots\dots \text{식 (4)}$$

여기서,

기호	명 칭	SI 단위계	FPS 단위계
Q_a	용 량	m^3/h	ft^3/min
G_i	가스상수(<별표-1>참조)	-	-
U	보온재의 총괄전열계수	$\text{kJ}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$\text{Btu}/(\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F})$
A	실린더 외부면적	m^2	ft^2

주) 총괄전열계수는 포화 실린더 충전가스 또는 공기 중에서 큰 값을 사용하며, 또한 38 ℃에서의 값을 사용한다(6.6.2 항에 적용하는 경우는 제외)

6.6.2 650 ℃에서 보온재가 파손되는 경우

이 경우에는 다음 중 하나를 이용하여 용량을 산정한다.

(1) 보온이 안 된 것으로 간주

$$Q_a = G_u A^{0.82} \dots\dots\dots \text{식 (5)}$$

여기서,

기 호	명 칭	SI 단위계	FPS 단위계
Q_a	용 량	m ³ /h	ft ³ /min
G_u	가스상수(<별표-1>참조)	-	-
A	실린더 외부면적	m ²	ft ²

(2) 총괄전열계수 이용

640 ℃의 외부시험환경에서 총괄전열계수를 결정한다. 용량은 식 (4)를 이용하여 산정한다.

(3) 보온 시스템

(가) 보온 시스템에 자켓이 포함된 경우에는 보온이 되어 있지 않은 것으로 간주하여 640 ℃의 외부시험환경에서 총괄전열계수를 결정한다.

(나) 총괄전열계수는 자켓과 실린더 사이의 공간에서의 포화 실린더 충전가스 또는 공기 중에서 큰 값으로 한다.

(다) 용량은 식 (4)를 이용하여 산정한다.

6.6.3 진공 보온된 경우

공칭 사용 압력이 100 kPa 미만인 진공 보온된 CTC/DOT-4L 및 TC-4LM 실린더로써 압력조정밸브가 설치되고, 그 설정압력이 공칭 사용 압력의 125 % 이하인 경우 이 압력조정밸브의 용량은 다음 식을 이용하여 산정한다.

$$Q_a = BG_iUA \quad \dots\dots\dots \text{식 (6)}$$

여기서,

기 호	명 칭	SI 단위계	FPS 단위계
Q_a	용 량	m ³ /h	ft ³ /min
B	계 수	$\frac{0.382(154.4 - T)}{(649 - T)}$	$\frac{(130 - T)}{4(1200 - T)}$
G_i	가스상수(<별표-3>참조)	-	-
U	보온재의 총괄전열계수	kJ/(h·m ² ·℃)	Btu/(h·ft ² ·°F)
A	실린더 외부면적	m ²	ft ²

6.7 아세틸렌 실린더

- (1) 아세틸렌 실린더에 설치되는 경우에는 용량을 결정하기 위하여 화재시험을 실시하여야 한다.
- (2) 자세한 사항은 미국 압축가스협회의 코드 C-12를 참조한다.

6.8 CG-10 형 압력방출장치

CG-10 형 압력방출밸브인 경우에는 6.6 항에 따른다.

7. 압력방출장치의 유지보수 및 교체

7.1 일반

7.1.1 실린더 및 압력방출장치의 보호

- (1) 압축가스 실린더의 취급 및 보관 시에는 손상이 가지 않도록 주의하여야 한다.
- (2) 압력방출장치의 기능이 방해받지 않도록 압력방출장치의 막힘, 도장 상태 등을 확인하여야 한다.
- (3) 교육을 받은 사람이 압력방출장치를 취급·관리하여야 한다.
- (4) 압력방출장치를 보수하는 경우에는 원 제조자의 부품을 사용하여야 한다.

7.1.2 산업용 모터 연료에의 적용

- (1) 산업용 모터 연료에 사용하는 경우에는 압력방출장치 및 그 토출 측 배관은 내부가 막히지 않도록 필요한 조치를 하여야 한다.
- (2) 이러한 조치로 인하여 운전압력 및 배출량에 지장을 받지 않아야 한다.

7.1.3 압력방출장치의 보수

- (1) 7항에 적합하지 않은 신품의 압력방출장치는 이 지침에서 요구하는 바에 따라 제조

자가 보수하고 재시험을 받아야 한다.

- (2) CG-2 형, CG-7 형, CG-8 형, CG-9 형, CG-10 형, CG-11 형 및 CG-12 형은 내부 청소를 제외하고는 수리를 하여서는 아니 된다.

7.2 실린더 충전 시의 확인

충전을 하기 위하여 실린더가 입고될 때마다 부식상태, 손상여부, 이물질의 존재여부, 외부의 부품의 막힘 상태, 누설여부, 용융금속의 변형 등을 확인하여야 한다.

7.3 압력방출장치의 주기적인 교체

7.3.1 CG-7 형

- (1) 산업용 모터의 연료 시스템에 사용되는 경우

산업용 모터의 연료 시스템에 사용되는 CG-7 형 안전밸브는 신품 또는 제조일로부터 10년이 초과하지 않고 사용하지 않은 것으로 교체되거나 그 안전밸브가 설치되어 있는 실린더의 재 승인된 기간 내에 교체하여야 한다.

- (2) 산업용 모터의 연료시스템 이외에 사용되는 경우

(가) 산업용 모터의 연료시스템 이외에 사용되는 CG-7 형 안전밸브는 제조일로부터 10년 이내 교체 또는 재승인 받아야 한다.

(나) 재 승인된 것은 매 5년마다 시험받아야 한다.

7.3.2 CG-8 형

CG-8 형 안전밸브의 부품은 7.3.1호에 따라 교체 또는 재 승인하여야 한다.

7.3.3 CG-11 형 및 CG-12 형

CG-11 형 및 CG-12 형은 제조일로부터 10년을 초과하여 사용하여서는 아니 된다.

<별표 1>

가스 분류 FTSC 코드

첫째자리수				화재가능성
0				불활성
1				산화성
2				20 ℃ 및 1 기압하에서 가연성
3				자연발화성
4				고 산화성
5				분해 또는 중합한 후 가연성
둘째자리수				독성
	0			산소가 19.5 %으로 단순호흡 가능
	1			5000 < LC50(ppm)
	2			200 < LC50(ppm) ≤ 5000
	3			LC50(ppm) ≤ 200
셋째자리수				21 ℃ 실린더에서의 가스의 상태 주1)
		0		비초저온 액화가스(압력이 3450 kPa 이하 ^{주2)})-가스상태로 나옴
		1		비초저온 액화가스(압력이 3450 kPa 초과)-가스상태로 나옴
		2		액화가스-액체상태로 나옴 ^{주3)}
		3		용해/흡수 가스
		4		비액화 가스-초저온가스 상태로 나옴(압력이 3450 kPa 미만)
		5		유럽에서만 사용
		6		비액화 가스(압력이 3450 kPa 이상, 20680 kPa 이하)
		7		비액화 가스(압력이 20680 kPa 초과, 68950 kPa 이하)
		8		-240 ℃ 이상인 초저온 가스-액체상태로 나옴
		9		-240 ℃ 미만인 초저온 가스-액체상태로 나옴
넷째자리수				부식성
			0	부식성이 없음
			1	비할로젠 산(Nonhalogen acid) 생성
			2	기본
			3	할로젠 산 생성

주) 1. 냉동가스의 온도는 항상 -90 ℃ 미만 임.

2. 54 ℃ 실린더에서의 압력이 4140 kPa 이상인 경우에는 1로 간주

3. 액체상태로 취출하기 위한 별도의 토출관 필요

<별표 2>

가스별 사용 가능한 과압방지장치

냉동 액체													
FTSC 코드	LC ₅₀ (ppm)	가스 명칭	CG-1	CG-2	CG-3	CG-4	CG-5	CG-7	CG-8	CG-9	CG-10	CG-11	CG-12
0180		알곤	G										
0190		헬륨	G										
2190		수소	G										
0180		네온	G										
0180		질소	G										
4080		산소	G										
가 스													
5130		아세틸렌			F								
2200		아크릴로니트릴	요구사항 없음										
1060		공기	A		B	B	B	A			B		
2100		알렌		M				A					
2102	7,338	무수 암모니아		B		Y							
0303	30	5불화 안티몬	실린더에 충전 금지										
0160		알곤	A			B	B	A			B		
2300	20	아르신	실린더에 충전 금지										
0303	20	5불화 아르신	실린더에 충전 금지										
0203	2,541	3염화 붕소*		T		B/C							
0263	806	3불화 붕소				T	T						
4303	50	5불화 브롬*	실린더에 충전 금지										
4303	180	3불화 브롬*	실린더에 충전 금지										
0203	260	부로모 아세톤*				T							
0100		할론 1211(R12B1)*	T					T					

<별표 2>

가스별 사용 가능한 과압방지장치(계속)

FTSC 코드	LC ₅₀ (ppm)	가스명칭	CG-1	CG-2	CG-3	CG-4	CG-5	CG-7	CG-8	CG-9	CG-10	CG-11	CG-12
0100		할론 1011*	요구사항 없음										
0100		HBFC 22B1	A					A					
3100		R113B1	C					A					
0100		할론 1301(R13B1)	A					A					
5100	220,000	1.3 부타디엔						A					
2100		노말 부탄			M			A					
2100		1 부텐						A					
2100		2 부텐						A					
0100		이산화 탄소	A					A		W			
		이산화 탄소/질산화물(액체)	A										
		이산화 탄소/질산화물(가스)	A			B	B	A					
2200		이황화 탄소	요구사항 없음										
2260	3,760	일산화 탄소				J	J						
0213	360	불화 카보닐				T							
2201	1,700	황화 카보닐		B		B/C							
4203	293	염소		H		C/Z/T							
4303	122	5불화 염소	실린더에 충전 금지										
4203	299	3불화 염소				T							
2100		염화 이불화 에탄(R142b)		M	M			A					
0100		염화 이불화 메탄(R22)	A	M	M			A					
0100		R502	A	M	M			A					
2100		염화 불화 메탄(R31)						A					
0100		RC317	A					A					

<별표 2>

가스별 사용 가능한 과압방지장치(계속)

FTSC 코드	LC ₅₀ (ppm)	가스명칭	CG-1	CG-2	CG-3	CG-4	CG-5	CG-7	CG-8	CG-9	CG-10	CG-11	CG-12
0100		R115	A					A					
0100		R124	A					A					
0100		R133a	A					A					
5200	200	R113	C					A					
0100		염화 삼불화 메탄(R13)	A			P							
2200	350	시아노전				T							
0303	80	시아노전 염소	실린더에 충전 금지										
2100		시클로 부탄		M				A					
2100	220,000	시클로 프로판	A	M				A					
2160		중수소	N			J	J						
0213	3,120	염화 중수소				B							
0203	1,100	불화 중수소	요구사항 없음										
2301	2	셀렌화 중수소	실린더에 충전 금지										
2201	710	황화 중수소		B		B/C							
5360	80	디보란	실린더에 충전 금지										
1100	27,000	이브로모 이불화 에탄*	요구사항 없음										
0100	27,000	할론 1202(R12B2)*	요구사항 없음										
0100		할론 2402(R114B2)*	I					I					
0100		1,2 이염화 이불화 에틸렌*	요구사항 없음										
0100		이염화 이불화 메탄(R12)	A	M	M			A					
0100		R500	A	M	M			A					
0200		1,2 이염화에틸렌(R1130)*	요구사항 없음										
0100		이염화 불화 메탄(R21)*	T					T					

<별표 2>

가스별 사용 가능한 과압방지장치(계속)

FTSC 코드	LC ₅₀ (ppm)	가스명칭	CG-1	CG-2	CG-3	CG-4	CG-5	CG-7	CG-8	CG-9	CG-10	CG-11	CG-12
0100		RC316*	요구사항 없음										
2100		이염화 메탄	요구사항 없음										
2203	314	이염화 실란*				T							
0100		R114a*	T	M	M			T					
0100		이염화 사불화 에탄(R114)*	T	M	M			T					
0100		R123*	요구사항 없음										
3300	10	디에틸 아연*	실린더에 충전 금지										
2100		1,1 이불화 에탄(R152a)		M	M			A					
2110		1,1 이불화 에틸렌(R1132a)	A			B							
2102		무수 디메틸 아민*	요구사항 없음										
2100		디메틸 에테르						A					
2100	5,000 이상	디메틸 실란*	요구사항 없음										
2100		2,2 디메틸 프로판*						T					
0303	2	디포스겐	실린더에 충전 금지										
2110		에탄	E										
2100		에틸 아세틸렌*		T				T					
2100		염화 에틸*		T				T					
0303	36	에틸 이염화 아르신	실린더에 충전 금지										
2160		에틸렌	E										
5200	2,920	산화 에틸렌*	미국 49 CFR 173.323 참조										
2100		에틸 에테르*						T					
2100		불화 에틸				T							
2100		에틸 멀캡탄	요구사항 없음										

<별표 2>

가스별 사용 가능한 과압방지장치(계속)

FTSC 코드	LC ₅₀ (ppm)	가스명칭	CG-1	CG-2	CG-3	CG-4	CG-5	CG-7	CG-8	CG-9	CG-10	CG-11	CG-12
4243	185	불소	실린더에 충전 금지										
2200	622	게르마늄				T							
0203		4불화 게르마늄	실린더에 충전 금지										
0160		헬륨	A			B	B	A			B	A	
		헬륨/산소 혼합물	A			B	B	A					
2300	10	7불화 브리코 니트릴	실린더에 충전 금지										
0100		6불화 프로판	A					A					
0203	470	6불화 아세톤		T		T							
2100	5,000 이상	6불화 시크로부텐				T							
0100		6불화 에탄(R116)	A			B							
0100		6불화 프로필렌(R1216)	A					A					
2160		수소	N			J	J	N			J	N	
2130		급속함금에 함침된 수소	K							K	L	L	L
0203	2,860	브롬화 수소				B							
0213	3,120	염화 수소				B			Q				
5301	140	시아나화 수소	실린더에 충전 금지										
0203	1,276	불화 수소*	요구사항 없음										
0203	2,860	요드화 수소				B							
2301	2	셀렌화 수소	실린더에 충전 금지										
2201	712	황화 수소		T		T							
4303	120	5불화 요오드*	실린더에 충전 금지										
0203		요오드화 메탄	요구사항 없음										
2100		이소 부탄						A					

<별표 2>

가스별 사용 가능한 과압방지장치(계속)

FTSC 코드	LC ₅₀ (ppm)	가스명칭	CG-1	CG-2	CG-3	CG-4	CG-5	CG-7	CG-8	CG-9	CG-10	CG-11	CG-12
2100		이소 부틸렌						A					
0160		크립톤	A			B	B	A			B		
0303		디클로로 2-염화비닐 아르신	실린더에 충전 금지										
2160		메탄	N			J	J	N			J		
2100		메틸 아세틸렌		M				A					
0200	850	메틸 브롬*	요구사항 없음										
2100		3-메틸 1-부텐*						T					
2100	8,300	염화 메틸						A					
0303		메틸 디클로로 아르신	실린더에 충전 금지										
2300		이황화 메틸	요구사항 없음										
2203		브롬화 메틸렌*	요구사항 없음										
2110		불화 메틸				B							
2110		불화 메틸렌(R32)	A					A					
2100		메틸 포름산염*	요구사항 없음										
0303		요오드화 메틸*	요구사항 없음										
2201	1,350	메틸 멀캡탄	요구사항 없음										
2100	5,000 이상	메틸 실란				B							
2100		황화 메틸	요구사항 없음										
2102		모노에틸 아민*	요구사항 없음										
2102		무수 모노에틸 아민	요구사항 없음										
0303	4	저자 가스	실린더에 충전 금지										
2160		천연가스	N			J	J	N		X	J		
0160		네온	A			B	B	A			B		

<별표 2>

가스별 사용 가능한 과압방지장치(계속)

FTSC 코드	LC ₅₀ (ppm)	가스명칭	CG-1	CG-2	CG-3	CG-4	CG-5	CG-7	CG-8	CG-9	CG-10	CG-11	CG-12
2300	20	니켈 카보닐*	실린더에 충전 금지										
4361	115	질산 산화물	실린더에 충전 금지										
0160		질소	A		B	B	B	A			B		
4301	115	이산화 질소*	실린더에 충전 금지										
4301		사산화 질소*	실린더에 충전 금지										
4160	6.700	삼불화 질소				T	T						
4301	115	삼산화 질소	실린더에 충전 금지										
0303	35	염화 니트로실	요구사항 없음										
0303		불화 니트로실	실린더에 충전 금지										
4110		질소 산화물	A										
0303		불화 니트릴	실린더에 충전 금지										
0100		팔불화 시이크로부탄(RC318)	A					A					
0200		팔불화 시이크로펜텐(C5F8)*	요구사항 없음										
0100		팔불화 프로판(R218)	A					A					
4060		산소	A			B	B	A					
4343	2.6	이불화 산소	실린더에 충전 금지										
4330	9	R13에 용해된 오존	실린더에 충전 금지										
3300	10	오봉소(펜타 보란)*	실린더에 충전 금지										
0100		오불화 에탄(HFC-125)	A	M	M			A					
2300	10	오불화 프로피오니트릴	실린더에 충전 금지										
4203	770	과염화 불소				T							
2200		과불화 부타디엔				B							
0100		과불화 부탄*		T				T					

<별표 2>

가스별 사용 가능한 과압방지장치(계속)

FTSC 코드	LC ₅₀ (ppm)	가스명칭	CG-1	CG-2	CG-3	CG-4	CG-5	CG-7	CG-8	CG-9	CG-10	CG-11	CG-12
0100	12,000	과불화 2-부텐*		T									
0303	5	염화 페닐카빌아민	실린더에 충전 금지										
0303	5	포스겐	실린더에 충전 금지										
3310	20	포스핀	실린더에 충전 금지										
0203	255	오불화 인				T							
0203	425	삼불화 인				B							
2100		프로판			M			A					
2100		프로필렌				AA		A	A				
3160	19,000	실란				D							
0203	750	사염화 규소*	요구사항 없음										
0263	450	사불화 규소				T	T						
5300	20	스티빈(Stibine)	실린더에 충전 금지										
0201	2,520	이산화 황		B		C							
0100		육불화 황	A			B	B	A					
0303	40	사불화 황	실린더에 충전 금지										
0200	3,020	황산 불화염		B									
0100		사염화 메탄	요구사항 없음										
0100		1,1,1,2 사불화메탄(R134a)	A	M	M			A					
5100		사불화 에틸렌(R1114)	A			B							
4340	100	사불화 히드라진	실린더에 충전 금지										
0160		사불화 메탄(R-14)	A			B	B	A					
2200		사메틸 납*				T							
0100		삼염화 불화 메탄(R11)*	요구사항 없음										

<별표 2>

가스별 사용 가능한 과압방지장치(계속)

FTSC 코드	LC ₅₀ (ppm)	가스명칭	CG-1	CG-2	CG-3	CG-4	CG-5	CG-7	CG-8	CG-9	CG-10	CG-11	CG-12
0100		삼염화 에틸렌	요구사항 없음										
2203	1,040	삼염화 실란*	요구사항 없음										
0100		R113a*	요구사항 없음										
0100		R113*	요구사항 없음										
3300	10	삼에틸 알루미늄	실린더에 충전 금지										
3200	1,400	삼에틸 붕소				T							
2200	500	삼불화 아세토니트릴				T							
0203	208	삼불화 아세틸 염화물	실린더에 충전 금지										
2100		1,1,1삼불화 에탄(R143a)		M				A					
0110		삼불화 메탄(HFC-23)	A			B							
4363		삼불화 메틸 하이포 형석	실린더에 충전 금지										
0200		삼불화 메틸 요오드				B							
2102	7,000	트리메틸 아민*	요구사항 없음										
2100	5,000 이상	트리메틸 실란*	요구사항 없음										
3300	20	트리메틸 스티빈	실린더에 충전 금지										
0203	213	육불화 텅스텐*	요구사항 없음										
0303		육불화 우라늄*	실린더에 충전 금지										
5100	5,000 이상	브롬화 비닐*		T				T					
5100	5,000 이상	염화 비닐		B				A					
5100	5,000 이상	불화 비닐				B							
5100	5,000 이상	비닐 메틸 에테르		B				A					
0160		제논	A			B		A			B		
* 비압축가스													

주석) 1. 가스명칭의 설명

할론 1211(R12B1)	: Bromochlorodifluoromethane
할론 1011	: Bromochloromethane
HBFC 22B1	: Bromodifluoromethane
R113B1	: Bromotrifluoroethylene
할론 1301(R13B1)	: Bromotrifluoromethane
R502	: Chlorodifluoromethane/Chloropentafluoroethane (Mixture)
RC317	: Chloroheptafluorocyclobutane
R115	: Chloropentafluoroethane
R124	: 1-Chloro-1,2,2,2-Tetrafluoroethane
R133a	: 1-Chloro-2,2,2-Trifluoroethane
R1113	: Chlorotrifluoroethylene
할론 1202(R12B2)	: Dibromodifluoromethane
할론 2402(R114B2)	: 1,2 Diboromotetrafluoroethane
R500	: Dichlorodifluoromethane/Difluoroethane Mixture
RC316	: 1,2 Dichlorohexafluorocyclobutane
R114a	: 1,1 Dichlorotetrafluoroethane
R123	: 2,2 Dichloro-1,1,1-Trifluoroethane
R113a	: 1,1,1 Trichlorotrifluoroethane
R113	: 1,1,2 Trichlorotrifluoroethane

2. 표에 상용된 영자의 정의

- A : 길이에 상관없이 실린더 및 튜브의 한쪽 끝단에만 과압방지장치를 설치 함.
- B : 실린더인 경우에는 한쪽 끝단에만, 튜브인 경우에는 양 끝단에 과압방지장치를 설치 함.
- C : 시험압력이 20,680 kPa 이상인 실린더 및 튜브에 설치하고 한쪽 끝단에만 설치 함. 또한 파열판의 파열압력은 최소한 실린더의 최소시험압력의 75% 이상여야 함.
- D : 튜브인 경우에는 양 끝단에 설치, 공칭용량이 50 L 초과 그리고/또는 충전압력이 20 ℃에서 8.6 MPa 이상인 실린더는 한쪽 끝단에 설치.
공칭용량이 50 L 이하 또는 충전압력이 20 ℃에서 8.6 MPa 미만인 실린더에는 과압방지장치가 필요 없음.
- E : 길이에 상관없이 실린더 및 튜브의 한쪽 끝단에만 과압방지장치를 설치 함.
가스가 실린더, 튜브 또는 사람 쪽으로 방출되는 것을 방지하기 위하여 토출구는 위로 향하여야 하며 토출에 방해를 주지 않도록 설치하여야 함.
- F : 특수 사이즈의 실린더에 설치하는 과압방지장치의 수량 및 위치는 화재시험결과에 적합하여야 함. 실린더의 형태, 충전재 및 과압방지장치의 수량을 변경하는 경우에는 승인 받아야 함. 화재시험은 미국압축가스협회(CGA C-12)에서 규정하는 방법에 따라야 함.
- G : 길이에 상관없이 오직 실린더에만 적용하고 한쪽 끝단에만 설치 함. 미국 법규(49 CFR 173.316(b))에서 규정하는 압력조정장치를 설치할 수 있음. 진공보온한 경우에는 이

조정장치는 104 kPa 미만의 각인된 사용압력의 1.25배 이하의 실린더 압력에 설정하고 크기를 결정하여야 함. 보온 자켓에는 172 kPa 미만에서 작동하고 실린더의 물용량으로 0.171 mm³/kg 이상인 최소 단면적을 가지는 압력으로 작동되는 장치를 설치하여야 함.

H ; 목(Neck)을 제외한 실린더의 길이가 1,400 mm 이상인 경우에는 양끝단에 과압방지장치를 설치하여야 함. 보통 염소용 실린더의 길이는 1,400 mm 미만임.

J ; 실린더인 경우에는 한쪽 끝단에 설치 함. 튜브인 경우에는 양끝단에 설치 하하며 각 장치는 가스가 실린더, 튜브 또는 사람 쪽으로 방출되는 것을 방지하기 위하여 토출구는 위로 향하여야 하며 토출에 방해를 주지 않도록 설치하여야 함.

K ; 지름이 115 mm 미만이고 켄체 길이가 305 mm 미만인 실린더에만 적용.

L ; 특별히 규정하지 않은 경우에는 CG-10 과 CG-11을 병렬로 설치하여야 함.

M ; CG-7과 함께 사용 함.(5.3.1 참조)

N ; 튜브의 한쪽 끝단에만 설치 함. 가스가 실린더, 튜브 또는 사람 쪽으로 방출되는 것을 방지하기 위하여 토출구는 위로 향하여야 하며 토출에 방해를 주지 않도록 설치하여야 함.

P ; 튜브에만 사용하며 양 끝단에 설치 함.

Q ; CG-8과 함께 병렬로 설치가 허용 됨. 길이와 관계없이 실린더의 한쪽 끝단에만 허용 됨.

R ; 가용전 프러그 장치는 실린더의 최고사용압력이 최대 41.4 MPa 이하인 경우에 사용. 실린더인 경우에는 한쪽 끝단에 튜브인 경우에는 양 끝단에 설치 함.

T ; 규정에는 과압방지장치가 필요하지 않음. 과압방지장치를 임의로 설치하는 경우에 적용 함.

W ; CG-1과 병렬로 사용 함.(5.1.5 참조)

X ; 실린더의 최고사용압력이 최대 41.4 MPa 이하인 경우에 CG-7과 병렬로 설치(5.1.5 참조)

Y ; 실린더의 용량이 454 kg인 실린더에만 허용 됨. 목을 제외한 실린더의 길이가 1,650 mm인 경우에는 양 끝단에 설치하여야 함. 길이가 짧은 실린더의 경우에는 최소시험압력이 20,880 kPa 이상인 실린더에 허용하며 한쪽 끝단에 설치. 파열판의 파열압력은 최소한 실린더의 최소시험압력의 75% 이상이어야 함.

Z ; 목을 제외한 길이가 1,400 mm 이상인 실린더에는 CG-4의 설치는 허용하지 않음.

AA ; 시험압력이 2,070 kPa 이상인 실린더에 사용 가능. 목을 제외한 길이가 1,650 mm 이상인 실린더는 양 끝단에 설치하여야 함.

<별표-3> CTC/DOT-4L 및 TC-4LM 실린더용 파열판의 공칭 파열압을 위한 G_i 및 G_u 값

충진물	SI 단위계			FPS 단위계		
	압력 ^{주1}	G_i 값	G_u 값	압력 ^{주1}	G_i 값	G_u 값
초저온 액체 알곤	690	5.95	704	100	10.2	59.0
	1,380	6.88	823	200	11.8	69.0
	2,070	8.05	978	300	13.8	82.0
	2,760	10.44	1,288	400	17.9	108.0
초저온 액체 헬륨	1,380	30.62	—	200	52.5	—
초저온 액체 수소	345	5.02	546	50	8.6	45.8
	690	6.18	668	100	10.6	56.0
초저온 액체 네온	690	9.92	1,097	100	17.0	92.0
	1,380	12.13	1,352	200	20.8	113.4
	2,070	16.33	1,824	300	28.0	153.0
초저온 액체 질소	690	5.95	704	100	10.2	59.0
	1,380	6.88	823	200	11.8	69.0
	2,070	8.05	978	300	13.8	82.0
	2,760	10.44	1,288	400	17.9	108.0
초저온 액체 산소	690	5.95	704	100	10.2	59.0
	1,380	6.88	823	200	11.8	69.0
	2,070	8.05	978	300	13.8	82.0
	2,760	10.44	1,288	400	17.9	108.0

주) 1. 공칭파열압력 또는 명목흐름압력(SI 단위계는 kPa(절대압), FPS 단위계는 psig)을 말한다.

2. 표에서 보여주는 압력보다 작은 경우에는 보간법에 의하여 구한다.

3. 표에서 보여주는 압력보다 큰 경우에는 다음 식에 의하여 계산한다.

(가) SI 단위계

$$G_u = \frac{23.58 \times 10^6}{\lambda C} \sqrt{\frac{Z(T+273)}{M}}$$

$$G_i = \frac{241(649 - T)}{\lambda C} \sqrt{\frac{Z(T+373)}{M}}$$

여기서,

λ = 흐름조건에서의 잠열(kJ/kg)

C = 충전물의 비열비(k)에 따른 상수(알 수 없는 경우에는 315 적용)

k	C	k	C	k	C
1.00	315	1.26	343	1.52	366
1.02	318	1.28	345	1.54	368
1.04	320	1.30	347	1.56	369
1.06	322	1.32	349	1.58	371
1.08	324	1.34	351	1.60	372
1.10	327	1.36	352	1.62	374
1.12	329	1.38	354	1.64	376
1.14	331	1.40	356	1.66	377
1.16	333	1.42	358	1.68	379
1.18	335	1.44	359	1.70	380
1.20	337	1.46	361	2.00	400
1.22	339	1.48	363	2.20	412
1.24	341	1.50	364	2.50	428

T = 흐름조건에서의 가스 온도(℃)

Z = 압축계수

M = 가스의 분자량

(나) FPS 단위계

$$G_u = \frac{6.3 \times 10^5}{\lambda C} \sqrt{\frac{Z(T+460)}{M}} ,$$

$$G_i = \frac{73.4(1200 - T)}{\lambda C} \sqrt{\frac{Z(T+460)}{M}}$$

여기서,

λ = 흐름조건에서의 증발잠열(Btu/lb)

C = 충전물의 비열비(k)에 따른 상수(SI 단위계와 같음)

T = 흐름조건에서의 가스 온도(°F)

Z = 압축계수

M = 가스의 분자량