KOSHA GUIDE
C - C - 90 - 2026

안전밸브 등의 배출용량 산정 및 설치 등에 관한 기술지원규정

2026. 1.

한국산업안전보건공단

기술지원규정은 산업안전보건기준에 관한 규칙 등 산업안전보건법령의 요구사항을 이행하는데 참고하거나 사업장 안전·보건 수준향상에 필요한 기술적 권고 규정임

기술지원규정의 개요

○ 개정자 : (사)고경력과학기술연우총연합회

○ 제・개정경과

- 1993년 10월 총괄기준제정위원회 심의
- 1996년 4월 총괄제정위원회 심의
- 2001년 11월 총괄제정위원회 심의
- 2007년 5월 총괄제정위원회 심의
- 2012년 7월 총괄제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
- 2013년 9월 총괄제정위원회 심의(개정)
- 2016년 6월 화학안전분야 제정위원회 심의(개정)
- 2017년 9월 화학안전분야 제정위원회 심의(개정)
- 2020년 10월 화학안전분야 제정위원회 심의(개정)
- 2025년 11월 화학안전분야 전문위원회 심의(개정)
- 2026년 1월 표준제정위원회 본위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료

- API STD 520, “Sizing, Selection and Installation of Pressure-relieving Devices”, Part Ⅰ- Sizing and Selection, 9th Ed, 2014
- API STD 520, “Sizing, Selection and Installation of Pressure-relieving Devices”, Part Ⅱ- Installation, 6th Ed, 2015
- API STD 521, “Pressure‐relieving and Depressuring Systems”, 7th EDITION, 2020
- NFPA30, “Flammable and Combustible Liquids Code”, 2018
- OSHA CFR 1910.106 - Applicability of 1910.106 to Chemical Plants
- ASME Section VIII, Division 1. 2019 Edition
- ISO 4126-3, “Safety devices for protection against excessive pressure Part 3: Safety valves and bursting disc safety”, 2006
- BS 6759 Part Ⅲ, “Safety valves. Specification for safety valves for process fluids”, 1984
- API STD 2510, “Design and Construction of LPG Installations”, 8th Ed, 2001

○ 관련법규・규칙・고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제261조(안전밸브 등의 설치)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제262조(파열판의 설치)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제264조(안전밸브등의 작동요건)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제265조(안전밸브등의 배출용량)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제266조(차단밸브의 설치 금지)
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제267조(배출물질의 처리)

○ 기술지원규정의 적용 및 문의

- 이 기술지원규정에 대한 의견 또는 문의는 산업안전포털 홈페이지(portal.kosha.or.kr)의 기술지원규정(KOSHA GUIDE) 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 규정 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2026년 1월 30일
제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

목 차

1. 목 적 ····· 1

2. 적용범위 ····· 1

3. 용어의 정의 ····· 1

4. 안전밸브 등의 설치와 용량 산정 관련 법적 필수사항 ····· 3

5. 안전밸브 등의 설치대상 및 설치기준 ····· 4

6. 소요 분출량 ····· 7

7. 안전밸브 등의 배출용량 ····· 24

8. 설치 및 배출물 처리 ····· 24

<부록 1> 안전밸브 등의 선정 흐름도 ····· 34

<부록 2> 안전밸브의 압력수준 관계 ····· 35

<부록 3> 주요 단열재의 열전도도 ····· 36

안전밸브 등의 배출용량 산정 및 설치 등에 관한 기술지원규정

1. 목적

이 규정은 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제261조(안전밸브 등의 설치), 제262조(파열판의 설치), 제264조(안전밸브등의 작동요건), 제265조(안전밸브등의 배출용량), 제266조(차단밸브의 설치 금지), 제267조(배출물질의 처리) 등의 규정에 의거 화학 설비 및 그 부속설비(이하 "용기 등"이라 한다)에 설치하는 안전밸브 또는 이에 대체할 수 있는 방호장치(이하 "안전밸브 등"이라 한다)의 설정압력, 배출용량 산출 및 설치 등에 필요한 사항을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 규정은 용기 등에 설치되는 안전밸브 및 파열판에 대하여 적용한다.

3. 정의

(1) 이 규정에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “안전밸브(Safety valve)”라 함은 밸브 입구쪽의 압력이 설정압력에 도달하면 자동적으로 스프링이 작동하면서 유체가 분출되고 일정압력 이하가 되면 정상 상태로 복원되는 밸브를 말한다.

(나) “파열판(Rupture disc)”이라 함은 “안전밸브에 대체할 수 있는 방호장치”로서, 판 입구측의 압력이 설정압력에 도달하면 판이 파열하면서 유체가 분출하도록 용기 등에 설치된 얇은 판을 말한다.

(다) “설정압력(Set pressure)”이라 함은 용기 등에 이상 과압이 형성되는 경우, 안전밸브가 작동되도록 설정한 안전밸브 입구측에서의 게이지 압력을 말한다.

(라) “소요 분출량(Required capacity)”이라 함은 발생 가능한 모든 압력상승 요인에 의하여 각각 분출될 수 있는 유체의 량을 말한다.

(마) “배출용량(Relieving capacity)”이라 함은 각각의 소요 분출량 중 가장 큰 소요 분출량을 말한다.

(바) “설계압력(Design pressure)”이라 함은 용기 등의 최소 허용두께 또는 용기의 여러 부분의 물리적인 특성을 결정하기 위하여 설계시에 사용 되는 압력을 말한다.

(사) “최고허용압력(Maximum allowable working pressure, MAWP)”이라 함은 용기의 제작에 사용된 재질의 두께(부식여유 제외)를 기준으로 하여 산출된 용기상부에서의 허용 가능한 최고의 압력을 말한다.

(아) “축적압력(Accumulated pressure)”이라 함은 안전밸브 등이 작동될 때 안전밸브에 의하여 축적되는 압력으로서 그 설비 내에서 순간적으로 허용될 수 있는 최대 압력을 말한다.

(자) “배압(Back pressure)”이라 함은 안전밸브 등의 토출측에 걸리는 압력을 말하는 것으로, 중첩배압과 누적배압의 합을 말한다.

(차) “시건조치”라 함은 차단밸브를 함부로 열고 닫을 수 없도록 경고조치하는 것을 말하며, 방법으로는 CSO(Car sealed open : 밸브가 열려 시건조치 된 상태), CSC(Car sealed close : 밸브가 닫혀 시건조치 된 상태)가 있다.

(카) “중첩배압(Superimposed back pressure)” 이라 함은 안전밸브가 작동하기 직전에 토출측에 걸리는 정압(Static pressure)을 말한다.

(타) “누적배압(Built-up back pressure)″ 이라 함은 안전밸브가 작동한 후에 유체방출로 인하여 발생하는 토출측에서의 압력증가량을 말한다.

(파) “분출시험압력(Cold differential test pressure)” 안전밸브 분출시험설비에서 적용되어야 하는 시험용 압력으로 안전밸브 실제 설치위치에서의 배압 또는 운전온도와 시험설비에서의 조건차이로 인한 영향이 반영된 것을 말한다.

(2) 그 밖에 이 규정에서 사용하는 용어의 정의는 이 규정에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 안전밸브 등의 설치와 용량 산정 관련 법적 필수사항

다음은 산업안전보건법령에 관한 사항으로써 반드시 준수하여야 한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제261조(안전밸브 등의 설치)

① 사업주는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 설비에 대해서는 과압에 따른 폭발을 방지하기 위하여 폭발 방지 성능과 규격을 갖춘 안전밸브 또는 파열판(이하 "안전밸브등"이라 한다)을 설치하여야 한다. 다만, 안전밸브등에 상응하는 방호장치를 설치한 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 압력용기(안지름이 150밀리미터 이하인 압력용기는 제외하며, 압력 용기 중 관형 열교환기의 경우에는 관의 파열로 인하여 상승한 압력이 압력용기의 최고사용압력을 초과할 우려가 있는 경우만 해당한다)
2. 정변위 압축기
3. 정변위 펌프(토출측에 차단밸브가 설치된 것만 해당한다)
4. 배관(2개 이상의 밸브에 의하여 차단되어 대기온도에서 액체의 열팽창에 의하여 파열될 우려가 있는 것으로 한정한다)
5. 그 밖의 화학설비 및 그 부속설비로서 해당 설비의 최고사용압력을 초과할 우려가 있는 것

② 제1항에 따라 안전밸브등을 설치하는 경우에는 다단형 압축기 또는 직렬로 접속된 공기압축기에 대해서는 각 단 또는 각 공기압축기별로 안전밸브등을 설치하여야 한다.

③ 제1항에 따라 설치된 안전밸브에 대해서는 다음 각 호의 구분에 따른 검사주기마다 국가교정기관에서 교정을 받은 압력계를 이용하여 설정압력에서 안전밸브가 적정하게 작동하는지를 검사한 후 납으로 봉인하여 사용하여야 한다. 다만, 공기나 질소취급용기 등에 설치된 안전밸브 중 안전밸브 자체에 부착된 레버 또는 고리를 통하여 수시로 안전밸브가 적정하게 작동하는지를 확인할 수 있는 경우에는 검사하지 아니할 수 있고 납으로 봉인하지 아니할 수 있다. <개정 2019. 12. 26., 2024. 6. 28.>

1. 화학공정 유체와 안전밸브의 디스크 또는 시트가 직접 접촉될 수 있도록 설치된 경우: 2년마다 1회 이상
2. 안전밸브 전단에 파열판이 설치된 경우: 3년마다 1회 이상
3. 영 제43조에 따른 공정안전보고서 제출 대상으로서 고용노동부장관이 실시하는 공정안전보고서 이행상태 평가결과가 우수한 사업장의 안전밸브의 경우: 4년마다 1회 이상

④ 제3항 각 호에 따른 검사주기에도 불구하고 안전밸브가 설치된 압력용기에 대하여 「고압가스 안전관리법」 제17조제2항에 따라 시장·군수 또는 구청장의 재검사를 받는 경우로서 압력용기의 재검사주기에 대하여 같은 법 시행규칙 별표22 제2호에 따라 산업통상자원부장관이 정하여 고시하는 기법에 따라 산정하여 그 적합성을 인정받은 경우에는 해당 안전밸브의 검사주기는 그 압력용기의 재검사주기에 따른다. <신설 2014. 9. 30.>

⑤ 사업주는 제3항에 따라 납으로 봉인된 안전밸브를 해체하거나 조정할 수 없도록 조치하여야 한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제262조(파열판의 설치)

사업주는 제261조제1항 각 호의 설비가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 파열판을 설치하여야 한다.

1. 반응 폭주 등 급격한 압력 상승 우려가 있는 경우
2. 급성 독성물질의 누출로 인하여 주위의 작업환경을 오염시킬 우려가 있는 경우
3. 운전 중 안전밸브에 이상 물질이 누적되어 안전밸브가 작동되지 아니할 우려가 있는 경우

산업안전보건기준에 관한 규칙 제264조(안전밸브등의 작동요건)

사업주는 제261조제1항에 따라 설치한 안전밸브등이 안전밸브등을 통하여 보호하려는 설비의 최고사용압력 이하에서 작동되도록 하여야 한다. 다만, 안전밸브등이 2개 이상 설치된 경우에 1개는 최고사용압력의 1.05배(외부화재를 대비한 경우에는 1.1배) 이하에서 작동되도록 설치할 수 있다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제265조(안전밸브등의 배출용량)

사업주는 안전밸브등에 대하여 배출용량은 그 작동원인에 따라 각각의 소요분출량을 계산하여 가장 큰 수치를 해당 안전밸브등의 배출용량으로 하여야 한다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제266조(차단밸브의 설치 금지)

사업주는 안전밸브등의 전단·후단에 차단밸브를 설치해서는 아니 된다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 자물쇠형 또는 이에 준하는 형식의 차단밸브를 설치할 수 있다.

1. 인접한 화학설비 및 그 부속설비에 안전밸브등이 각각 설치되어 있고, 해당 화학설비 및 그 부속설비의 연결배관에 차단밸브가 없는 경우
2. 안전밸브등의 배출용량의 2분의 1 이상에 해당하는 용량의 자동압력조절밸브(구동용 동력원의 공급을 차단하는 경우 열리는 구조인 것으로 한정한다)와 안전밸브등이 병렬로 연결된 경우
3. 화학설비 및 그 부속설비에 안전밸브등이 복수방식으로 설치되어 있는 경우
4. 예비용 설비를 설치하고 각각의 설비에 안전밸브등이 설치되어 있는 경우
5. 열팽창에 의하여 상승된 압력을 낮추기 위한 목적으로 안전밸브가 설치된 경우
6. 하나의 플레어 스택(flare stack)에 둘 이상의 단위공정의 플레어 헤더(flare header)를 연결하여 사용하는 경우로서 각각의 단위공정의 플레어헤더에 설치된 차단밸브의 열림·닫힘 상태를 중앙제어실에서 알 수 있도록 조치한 경우

산업안전보건기준에 관한 규칙 제267조(배출물질의 처리)

사업주는 안전밸브등으로부터 배출되는 위험물은 연소·흡수·세정(洗淨)·포집(捕集) 또는 회수 등의 방법으로 처리하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 배출되는 위험물을 안전한 장소로 유도하여 외부로 직접 배출할 수 있다.

1. 배출물질을 연소·흡수·세정·포집 또는 회수 등의 방법으로 처리할 때에 파열판의 기능을 저해할 우려가 있는 경우
2. 배출물질을 연소처리할 때에 유해성가스를 발생시킬 우려가 있는 경우
3. 고압상태의 위험물이 대량으로 배출되어 연소·흡수·세정·포집 또는 회수 등의 방법으로 완전히 처리할 수 없는 경우
4. 공정설비가 있는 지역과 떨어진 인화성 가스 또는 인화성 액체 저장탱크에 안전밸브등이 설치될 때에 저장탱크에 냉각설비 또는 자동소화설비 등 안전상의 조치를 하였을 경우
5. 그 밖에 배출량이 적거나 배출 시 급격히 분산되어 재해의 우려가 없으며, 냉각설비 또는 자동소화설비를 설치하는 등 안전상의 조치를 하였을 경우

5. 안전밸브 등의 설치대상 및 설치기준

5.1 설치대상

(1) 안전밸브 등(안전밸브, 파열판 등 압력방출장치를 말한다)을 설치하여야 할 대상은 다음과 같다.

(가) 압력용기(다만, 안지름이 150 mm 이하인 압력용기는 제외한다. 관형 열교환기는

관(Tube)의 파열로 인한 압력상승이 동체의 설계압력 또는 최고허용압력을 초과할 우려가 있는 경우에 한한다)

(나) 정변위(Positive displacement) 압축기(다만, 다단 압축기인 경우에는 압축기의 각단에 설치한다)

(다) 정변위 펌프(토출측의 막힘으로 인한 압력상승이 관련기기의 설계 압력을 구조적으로 초과할 수 있도록 제작된 펌프류에 한한다)

(라) 배관(배관내의 액체가 2개 밸브 등에 의해 차단되어 대기온도에서 액체의 열팽창에 의하여 구조적으로 배관 파열이 우려되는 배관에 한한다)

(마) 기타 이상화학 반응, 밸브의 막힘 등의 이상상태로 인한 압력상승으로 당해 설비의 설계압력을 구조적으로 초과할 우려가 있는 용기 등에 설치한다.

(2) (1)의 규정에 의한 적용대상 용기 등을 연결하는 배관 사이에 체크밸브, 자동제어밸브, 수동제어밸브 등과 같은 차단밸브가 없는 경우에는 하나의 용기 등으로 간주하여 안전밸브 등을 설치할 수 있다.

(3) 안전밸브 등은 <부록 1> “안전밸브 등의 선정 흐름도”를 참조하여 선정한다.

5.2 파열판 설치기준

(1) 파열판을 설치하여야 하는 기준은 다음과 같다.

(가) 반응폭주 등 급격한 압력상승의 우려가 있는 경우.

(나) 독성물질의 누출로 인하여 주위 작업환경을 오염시킬 우려가 있는 경우. 다만, 안전밸브를 설치하고 후단에 배출물질을 처리할 수 있는 설비가 설치된 경우는 파열판을 설치하지 아니할 수 있다.

(다) 운전 중 안전밸브에 이상물질이 누적되어 안전밸브의 기능을 저하시킬 우려가 있는 경우(이 경우는 보호기기의 노즐에 파열판을 설치하여야 함)

(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 누출을 탐지할 수 있는 압력지시계 또는 경보장치를 설치하여야 하며, 세부적인 사항은 별도의 관련 기술규정을 따른다.

5.3 설정압력

(1) 안전밸브 등의 설정압력은 보호하려는 용기 등의 설계압력 또는 최고허용압력 이하이어야 한다.(<표 1> 및 <부록 2> 참조) 다만, 다음의 경우와 같이 배출용량이 커서 2 개 이상의 안전밸브 등을 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.

<표 1>안전밸브의 설정압력 및 축적압력

원 인	하나의 안전밸브 설치시		여러개의 안전밸브 설치시	
	설정압력	축적압력	설정압력	축적압력
화재시가 아닌 경우				
첫번째 밸브	100% 이하	110% 이하	100% 이하	116% 이하
나머지 밸브	-	-	105% 이하	116% 이하
화재시인 경우				
첫번째 밸브	100% 이하	121% 이하	100% 이하	121% 이하
나머지 밸브	-	-	110% 이하	121% 이하

주) 모든 수치는 설계압력 또는 최고허용압력에 대한 % 임.

(가) 화재가 아닌 다른 압력상승 요인에 대비하여 둘 이상의 안전밸브 등을 설치할 경우에는 하나의 안전밸브 등은 용기 등의 설계압력 또는 최고허용압력 이하로 설정하여야 하고 다른 것은 용기 등의 설계압력 또는 최고허용압력의 105% 이하에 설정할 수 있다.

(나) 화재에 대비하여 둘 이상의 안전밸브 등을 설치할 경우에는 하나의 안전밸브 등은 용기 등의 설계압력 또는 최고허용압력 이하로 설정하여야 하고 다른 것은 용기 등의 설계압력 또는 최고허용압력의 110% 이하로 설정할 수 있다.

(2) 5.2 (2)의 규정에 의하여 파열판과 안전밸브를 직렬로 설치하는 경우 안전밸브의 설정압력 및 파열판의 파열압력은 다음과 같이 한다.

(가) 안전밸브 전단에 파열판을 설치하는 경우 파열판의 파열압력은 안전밸브의 설정압력 이하에서 파열되도록 한다.

(3) 안전밸브 등의 설정압력은 실제 설치위치에서의 운전온도 또는 배압에 대한 영향이 반영된 것으로 분출시험설비에서는 다음 사항들을 고려하여 보정된 압력을

(가) 안전밸브의 실제 설치 위치에서의 운전온도가 110 ℃ 이상인 경우 또는 운전온도가 영하 60 ℃이하인 경우에는 온도 차이에 따른 분출시험압력을 보정하여야 한다.

(나) KOSHA GUIDE C-C-90-2026「안전밸브 등의 배출용량 산정 및 설치 등에 관한 기술지원규정」 에서 정의된 일반형 안전밸브는 설정압력과 중첩배압의 차이를 산출하여 분출시험압력을 보정하여야 한다.

5.4 축적압력

안전밸브의 축적압력은 다음과 같아야 한다(<표 1> 및 <부록 2> 참조)

(1) 설치 목적이 화재로부터의 보호가 아닌 경우

(가) 안전밸브를 1개 설치하는 경우에는 안전밸브의 축적압력은 설계압력 또는 최고허용압력의 110% 이하이어야 한다.

(나) 안전밸브를 2개 이상 설치하는 경우에는 안전밸브의 축적압력은 설계압력 또는 최고허용압력의 116% 이하로 하여야 한다.

.

(2) 설치 목적이 화재로부터의 보호인 경우에는 안전밸브의 수량에 관계없이 설계압력 또는 최고허용압력의 121% 이하이어야 한다.

6. 소요 분출량

과압발생 원인은 출구 차단, 냉각 또는 환류 중단, 흡수제 공급 중단, 비응축성 가스의 축적, 휘발성 물질 유입, 과충전, 자동제어밸브의 고장, 비정상적인 열 또는 증기유입, 내부폭발 또는 과도적 압력상승, 화학반응, 유압팽창, 외부화재, 열교환기 고장, 유틸리티 고장 등이며 원인별 압력방출 규정은 <표 2>과 같다.

<표 2> 과압 원인별 압력방출 규정

번호	과압 원인	절	액체 압력방출 규정*	증기 압력방출 규정*
1	출구 차단	6.1	최대 유입량	최대 유입량 + 생성량
2	냉각 또는 환류 중단	6.2	-	물질/에너지 수지 계산
	1) 응축기 냉각수 중단		-	증기 유입량 - 증기 유출량
	2) 탑정 환류 중단		-	증기 유입량 - 증기 유출량
	3) 측류 환류 중단		-	제거되는 열량 만큼에 의한 증발량
3	흡수제 공급 중단	6.3	-	정상적으로는 불필요
4	비응축성 가스의 축적	6.4	-	탑조류에서는 냉각 중단, 다른 용기에서는 출구 차단에 해당하는 증기량 배출
5	휘발성 물질 유입	6.5	-	압력방출장치 이외의 과압 보호책이 필요함
	1) 고온 오일에 물 유입		-	
	2) 고온 오일에 경질 탄화수소 유입		-	
6	과충전	6.6	최대 유입량	7
7	자동제어 실패	6.7	제어밸브의 위치, 개수, 고장모드에 따라 사례별로 계산	
	1) 인입 제어밸브		최대 유입량 - 정상 유출량	
	2) 출구 제어밸브		최대 유입량 - 정상 유출량	
	3) Fail-stationary 밸브		고장 시 보수적으로 완전 개방 또는 완전 폐쇄 가정	
8	비정상적인 열 또는 증기의 유입	6.8	-	-
	1) 비정상적인 열 입력		-	증기 발생량 - 정상 유출량
	2) 부주의한 밸브 개방		-	증기 유입량 - 정상 유출량
	3) 체크 밸브 고장		-	역류 상황 및 역류량 선정

<표 2> 과압 원인별 압력방출 규정(계속)

번호	과압 원인	절	액체 압력방출 규정*	증기 압력방출 규정*
9	내부 폭발 또는 과도한 압력 상승	6.9	압력방출장치는 응답속도가 느려 과압 보호 불가능하므로 과압 상황을 막는 다른 대책이 필요	
	1) 내부 폭발			
	2) 과도한 압력 상승			
10	화학반응	6.10	-	폭주반응에서 발생되는 증기/가스의 추정량이며, 2상 효과에 대한 고려가 필요
11	유압 팽창	6.11	온도 상승에 따른 부피 팽창량	-
12	화재	6.12	-	내부 유체의 종류에 따라 (2)식 또는 (7)식으로 산출
13	열교환기 고장	6.13		
	1) 다관형 열교환기		튜브 단면적의 두 배의 크기를 갖는 구멍을 통한 유체 유량	
	2) 이중관 열교환기		보통 불필요	
	3) 판형 열교환기		다관형 열교환기의 튜브 단면적에 해당하는 구멍을 통한 유체 유량	
14	유틸리티 고장	6.14	피해 범위 및 고장 수준에 따른 분석이 필요	

* 모든 압력방출량은 분출 조건에서 계산하며, 분출 압력이 운전 압력보다 높을 때는 압력방출 부하가 줄어들 수 있음.

6.1 출구 차단(Closed outlets)

(1) 압력용기 등의 출구가 모두 차단되었을 때의 압력이 최고허용압력(MAWP)을 넘을 수 있으며 압력방출장치를 통한 배출이 필요하다. 소요분출량은 액체의 경우 최대 유입량, 스팀 또는 증기의 경우 최대 유입량과 분출 조건에서의 생성량을 합한 양이다.

(2) 분출량은 분출 조건에서 결정되므로 용기 압력 상승에 따라 유입량이 감소할 경우 소요 분출량도 상당히 줄어들 수 있다.

(3) 여러 개의 출구 쪽 밸브 중 하나가 차단되었을 경우 정상적으로 개방되어 있던 수동 또는 원격조작 밸브는 계속 작동하는 것으로 가정하는 것이 허용되나, 여러 밸브에 동시에 영향을 끼칠 수 있는 공통원인고장(예: 제어계, 전기설비 등)에 대한 검토가 필요하다.

(4) 정변위 펌프는 그 최대 용량을 소요분출량으로 정하지만, 원심 펌프의 경우 펌프 자체나 후단의 배관, 장치 등이 최대 폐쇄(Shut-in) 압력을 견디도록 설계된 경우 에는 압력방출 등의 보호가 필요하지 않다.

(5) 정변위 압축기는 그 최대 용량을 소요분출량으로 정한다. 다단 압축기의 경우 각 단 사이에 차단밸브가 없더라도 냉각 실패나 후단에 위치한 단의 고장에 대비하여 각 단 기준의 출구차단을 고려한 압력방출장치가 필요하다.

6.2 응축기로 유입되는 냉각수 또는 환류액의 공급 중단

(1) 공정 유체를 냉각 또는 응축하는 설비가 고장 나거나 증류공정에서 펌프 등의 고장으로 환류가 중단될 경우 소요분출량은 분출조건에서 시스템에 대한 물질 및 에너지 수지로 결정한다.

(2) 냉각 중단 시에 대한 상세한 수지 계산이 어려우면 다음과 같은 단순화된 기준으로 소요분출량을 산출한다.

(가) 완전 응축인 경우 응축기로 유입되는 총 증기 유량

(나) 부분 응축인 경우 유입 증기 유량에서 유출 증기 유량을 뺀 양

(다) 공냉식 냉각기의 팬(Fan)이 고장 난 경우 정상 냉각 용량의 70% ~ 80% 에 해당하는 양

(3) 환류액 공급 중단 시 환류 순환의 종류에 따라 다음을 고려하여 소요분출량을 산정한다.

(가) 탑정 순환(Overhead circuit)의 경우 응축기 범람(Flooding)을 야기하므로 완전 냉각 중단과 동등하게 취급하나 증기 조성의 변화를 감안함

(나) 펌프어라운드 순환(Pump around circuit)의 경우 제거되는 열량 만큼에 의한 증발량

(다) 측류 순환(Sidestream circuit)의 경우 제거되는 열량 만큼에 의한 증발량

6.3 흡수제 공급 중단

(1) 일반적으로 흡수탑에서 탄화수소 화합물을 흡수제로 처리할 때 흡수제 공급 중단에 따른 압력 방출은 필요하지 않다.

(2) 그러나 산성 가스 흡수탑에서 25% 이상의 증기 유량을 제거할 때 흡수제 공급이 중단되면 후단 장치에서 압력 상승을 야기할 수 있으므로 과압 해소가 필요할 수 있다. 이때, 소요분출량은 후단 장치, 배관, 계기 등의 특성을 고려하여 결정한다.

6.4 비응축성 가스의 축적

정상운전 상태에서 비응축성 가스는 공정흐름과 함께 유출되므로 축적되지 않으나, 증류탑에서 응축기를 블랭킷(Blanketing)할 정도로 축적되면 냉각 중단(§6.2)에 준하는 소요분출량이 필요하고 다른 용기에서는 출구 차단(§6.1)에 준하는 가스 배출이 필요하다.

6.5 휘발성 물질 유입

(1) 고온의 오일에 물이 유입되면 급격한 상변화로 인해 과압이 발생할 수 있으나 대부분의 경우 함수량을 알 수 없으므로 소요 분출량을 산출하는 인정된 방법은 없다.

(2) 물은 거의 순간적으로 증발할 뿐만 아니라 부피 팽창비가 너무 커서, 압력방출장치의 효용성이 의문시되므로, 적절한 설계, 시공 및 운전을 통해 다음과 같이 물 유입 가능성을 제거하는 방법이 최선이다.

(가) 물 체류를 최소화하기 위하여 대기(Stand-by) 중인 설비를 통해 고온오일 최소 순환 유지

(나) 물이 고일 수 있는 포켓 방지

(다) 스팀 응축 트랩 설치

(라) 응축 방지용 열보온(Heat tracing) 설치

(마) 고온 공정배관의 물 연결부에 2중 차단밸브 및 블리드(Bleed)밸브 설치

(바) 물이 오염된 공급 원료의 경우 열원을 차단하는 인터록 설치

(사) 점진적 온도상승을 허용하는 시운전 및 가동 절차

(3) 경질 탄화수소는 물보다는 부피 팽창비가 상대적으로 작지만 오일 등에 유입될 경우는 물과 같은 보호대책이 필요하다.

6.6 과충전

(1) 유입 유체 측 압력이 용기의 설계 압력을 초과할 수 있을 경우 최대 유입량을 소요 분출량으로 삼는 압력방출장치가 필요하다.

(2) 과충전에 대한 과압 보호책으로 관리 대책을 사용할 수 있다.

6.7 자동제어밸브의 고장

(1) 일반사항

(가) 용기 또는 시스템의 인입 배관 또는 출구 배관에서 사용되는 자동제어밸브는 전송신호나 구동 매체, 센서, 제어기 등의 다양한 요인에 의해 고장 날 수 있다.

(나) 제어밸브의 설치 위치, 개수 및 고장모드(Fail-Open, Fail-Close, Fail-Stationary)에 따라 각 과압 시나리오별로 소요분출량을 산정해야 한다.

(다) 정상운전 시의 최소 유량을 처리하는 제어밸브는 과압의 원인으로 간주되지 않을 수 있다.

(2) 인입 배관에 설치된 제어밸브 고장

(가) 하나의 인입 제어밸브가 완전 개방, 나머지 다른 밸브는 정상유량의 작동위치에 있다고 가정한 경우에는 최대 예상 유입량과 정상 유출량의 차이를 소요분출량으로 정한다.

(나) 최초 인입밸브를 열리게 한 동일한 고장으로 하나 또는 그 이상의 출구밸브가 닫히거나 여러 인입밸브가 개방된다면 최대 예상 유입량과 잔여 개방된 출구밸브의 정상유량과 차이를 소요분출량으로 정한다.

(다) 유량을 추가하기 위하여 바이패스 밸브를 개방 또는 부주의로 바이패스 밸브를 개방할 경우는 총 유량(제어밸브 완전개방 및 바이패스밸브 정상위치)을 압력방출 시나리오에 고려해야 한다.

(라) 고압 용기에서 액위손실이 발생한 경우에는 증기가 저압시스템으로 유입되는 것을 고려해야 한다. 유입증기부피가 저압시스템 부피보다 크거나 증기공급원이 무제한이면 심각한 과압이 빠르게 발생할 수 있다. 이 경우 액체제어밸브를 통한 전체증기흐름을 처리하기 위해 저압시스템의 릴리프장치 크기를 조정해야 할 수 있다. 그러나, 공정 시스템이 압력차가 상당하고 고압설비의 증기부피가 저압시스템 부피보다 적은 환경에서는 추가 압력은 경우에 따라 과압없이 흡수될 수 있다.

(3) 출구 배관에 설치된 제어밸브의 고장

(가) 단독으로 설치된 제어밸브가 고장 나거나 공통원인 등에 의해 여러 제어밸브가 동시에 닫힌 경우는 출구 차단(§5.1)에 해당되며, 이때의 소요분출량은 최대 유입량으로 정한다.

(나) 여러 제어밸브 중 하나의 밸브만 고장이 발생한 경우는 최대 유입량과 나머지 밸브의 정상작동으로 인한 유출량의 차이가 소요분출량이 된다.

(4) Fail-stationary 밸브의 고장

고장 시 최종 제어 위치에서 정지되는 밸브로서, 고장 시점에서의 위치를 정확히 예측할 수 없으므로 완전 개방 또는 완전 폐쇄를 가정하여 보수적으로 소요분출량을 정해야 한다.

6.8 비정상적인 열 또는 증기 유입

(1) 비정상적인 공정 열 입력

(가) 재비기 또는 다른 가열 장치에서 정상 설계값을 초과하는 열 입력에 따른 과압을 해소하기 위한 소요분출량은 최대 증기(비응축성 가스 포함) 발생량에서 정상적인 증기의 유출량을 뺀 값으로 산출한다.

(나) 열 입력량은 시스템 구성 성분의 거동을 고려하여 보수적으로 산정한다.

① 연료 제어밸브가 완전히 개방될 경우의 유량 적용

② 다관형 열교환기의 튜브는 오염이 없는 깨끗한 상태로 가정

③ 버너 등은 설계용량보다 초과된 용량(보통 125%)으로 적용

(2) 부주의로 인한 밸브 개방

(가) 고압설비 등과 보호 용기를 연결하는 배관 상에 밸브가 설치되고 부주의로 열릴 경우에는 완전하게 개방된 상태에서 유입될 수 있는 양을 배출할 수 있는 압력방출 설비가 필요하다.

(나) 용기 출구 측 밸브가 열린 상태인 경우는 열린 밸브를 통해 유출될 수 있는 양을 유입되는 양으로부터 차감할 수 있다.

(다) 부주의로 인한 밸브 개방을 방지할 수 있는 관리적 대책이 실시되고 있으면 압력 방출설비를 설치하지 않을 수 있다.

(3) 체크밸브 고장

역류에 대한 상황은 3가지로 아래의 각 호와 같으며, 각 상황 별로 역류량 추정 기법이 제안되어 있지만, 소요분출량 산정을 위한 역류 상황 및 기법 선정은 사용자가 결정해야 한다.

(가) 완전 고장 : 완전 개방 상태에서의 고착 또는 내부품 소실로 인한 역류

(나) 심한 누설 : 밸브 시트 훼손 등으로 인한 상당한 역류

(다) 정상 누설 : 밸브 마모 등으로 인한 경미한 역류

6.9 내부 폭발 또는 과도한 압력 상승

(1) 내부 폭발

(가) 증기와 공기 혼합물의 점화로 일어나는 내부 폭발은 밀리초(Milliseconds) 단위 내의 응답이 요구되므로 응답속도가 느린 압력방출설비 대신 폭발방산 패널 등으로 과압을 해소해야 한다.

(나) 폭굉에 대해서는 폭발 릴리프/봉쇄/억제 시스템 사용이 불가능하므로 불활성가스 퍼지와 관리 대책으로 폭발 혼합물 형성을 방지해야 한다.

(2) 과도한 압력 상승

(가) 액체로 채워진 시스템에서 밸브의 급격한 폐쇄 등으로 인한 수격 작용에 따라 유압 충격파가 발생하고 시스템의 압력은 정상 운전압력보다 크게 상승할 수 있다. 이런 경우에는 밸브가 급격하게 폐쇄되지 않도록 그 속도를 제한하여 충격파를 방지해야 한다.

(나) 압축성 유체를 담고 있는 배관에서 발생하는 스팀해머 역시 밸브가 급격하게 폐쇄되지 않도록 하는 방법을 사용한다.

(다) 증기 기포가 차가운 응축수에 의해서 빠르게 파괴되면서 발생하는 응축수 유도 해머(Condensate-induced hammer)는 스팀 트랩, 드레인 등의 설계 및 운전을 통해 해머 현상이 일어나지 않도록 하여야 한다.

6.10 화학반응

(1) 반응기의 교반 또는 냉각 중단, 잘못된 반응물 주입, 화재 등의 공정 교란으로 인한 폭주반응(Runaway reaction)의 반응속도는 알려진 경우가 거의 없으므로 벤치 규모의 시험을 통해 다음과 같은 반응시스템의 특성을 파악한다.

(가) 완화계(Tempered system) : 대개 비응축성 가스가 발생하지 않는 액상 반응계로서 액체 비등에 의해 온도가 천천히 증가

(나) 가스계(Gassy system) : 액상 분해반응 또는 기상 반응에 의해 비응축성 가스가 발생하며 온도가 급격하게 증가

(다) 혼합계(Hybrid system): 부반응에 따른 온도 상승 속도가 액체 비등에 의해 완화되지만 비응축성 가스도 생성됨

(2) 압력방출장치를 사용하여 과압을 보호를 해야 하지만, 불가능한 경우에는 장치의 과도한 응력을 제어하기 위해 자동 차단 시스템, 압력감압(Depressuring) 등의 다른 방법을 적용한다.

6.11 액체부피 팽창(Hydraulic expansion)

(1) 액체로 채워진 배관 또는 용기가 주위로부터의 열전달, 화재, 태양열 복사, 가열 코일 등에 의해 가열될 때 온도 상승에 따른 액체 부피 증가로 인해 팽창이 일어나 파열 위험이 있다. 유입열량 산정 등 세부내용은 열팽창 안전밸브의 기술규정(D-31)을 참조한다.

(2) 과압 보호를 위한 액체의 소요분출량이 적으므로 열 릴리프(Thermal relief) 장치로는 주로 DN 20 × DN 25 (NPS 3/4 × NPS 1)를 사용하지만, 이보다 큰 릴리프 장치를 필요로 하는 큰 배관이나 용기의 경우 다음 식으로 소요분출량을 산정한다.

$$q = \frac{\alpha_v \phi}{1{,}000\, dc} \qquad (1)$$

여기서,

q = 부피 유량, ㎥/s

α_v = 부피팽창계수, 1/℃

ϕ = 총 열전달 속도, W(watts)

d = 비중 (물 15.6℃ 기준 1.00)

c = 유체의 비열, J/kg·K

6.12 화재(fire)

(1) 일반사항

(가) 저장탱크나 공정 장치 등의 용기가 화재에 노출되면 액체 내용물의 비등이나 분해 반응에 의한 증기 생성, 유체의 팽창 등에 의해 과압이 발생한다.

(나) 용기 벽면의 과열에 따른 재료 강도의 저하로 인해 압력방출장치의 설정압력 미만에서도 파열이 일어날 수 있다.

(다) 개방 액면화재(Open pool fire), 제한된 공간의 화재(Confined pool fire), 제트화재(Jet fire)의 3가지 화재의 유형에 대한 소요분출량 산정 및 보호방법이 다르다.

(2) 개방 액면화재(Open pool fire)

(가) 액체를 취급하는 용기 등에 대한 소요분출량

$$W = \frac{Q}{\lambda} \qquad (2)$$

여기서,

W = 소요분출량, kg/s

Q = 총 입열량, W(watts)

λ = 증발 잠열, J/kg

① 총 입열량(Q) 계산식

㉮ 적절한 소화설비 및 배유설비가 있는 경우

$$Q = 43,200FA_{ws}^{0.82} \quad (3)$$

㉯ 적절한 소화설비 및 배유설비가 없는 경우

$$Q = 70,900FA_{ws}^{0.82} \quad (4)$$

여기서,

F = 환경인자(Environmental factor)

A_{ws} = 내부 액체에 접촉하고 있는 용기 등의 벽 면적, ㎡

적절한 배유설비는 다음 조건을 충족하는 배유·배수 계획이 수립된 경우를 의미한다.

㉠ 방유제, 트렌치(Trenches) 등을 기준으로 화재관리구역(Fire zone)을 구분하고 화재발생지역에서의 인화성·가연성 물질의 최대 누출량과 소방용수 전량을 비위험구역으로 안전하게 이송할 수 있어야 한다.

㉡ 지면은 트렌치 등의 위치를 고려하여 최소 1:100이상의 경사가 유지될 수 있어야 하며 배유·배수되는 물질이 정체될 수 있는 웅덩이가 없어야 한다.

㉢ 중간저유지(Remote impoundment)를 설치한 경우에는 가장 가까운 공정설비와 최소 15 m 이상 이격되도록 설치해야하며 화재발생지역 밖에서 모든 제반설비가 조작이 가능해야 한다.

㉣ 저장탱크로 부터의 누출 확산을 차단하는 목적으로 방유제를 설치하는 경우에는 KOSHA GUIDE C-C-88-2026「방유제 설치에 관한 기술지원규정」에 적합해야 한다.

㉤ 최종 배유·배수 처리설비에서 인화성·가연성 물질의 증기가 체류할 수 있는 경우에는 KOSHA GUIDE C-C-93-2026「상압저장탱크의 형식선정 및 설계에 관한 기술지원규정」에 적합한 안전설비가 설치되어야한다.

② 환경인자(F) 값

㉮ 단열재의 전열계수를 기준으로 한 F값은 <표 3>에 수록되어 있다.

㉯ 단열재의 열전도도와 두께가 주어진 경우 식 (5)를 이용하여 F를 계산한다.

$$F = \frac{k(904 - T_f)}{66{,}570\,\delta_{\in s}} \qquad (5)$$

여기서,

k = 평균 온도(=(T_f + 904)/2)에서 단열재 열전도도, W/m·K
<부록 3> 참조

$\delta_{\in s}$ = 단열재의 두께, m

T_f = 용기 등에서 취급 및 저장하는 유체의 분출 시의 온도, ℃

<표 3> 환경인자

장치 유형		환경인자(F)
단열되지 않은 용기		1.0
용기에 설치된 단열재의 열전달 계수 [kcal/hr·㎡·℃]	19.5	0.3
	9.8	0.15
	4.9	0.075
	3.3	0.05
	2.4	0.0376
	2.0	0.03
	1.6	0.026
살수 설비를 갖춘 단열되지 않은 용기		1.0
감압 설비를 갖춘 용기		1.0
용기 등을 흙 등으로 덮은 용기		0.03
지표면 아래의 저장 용기		0.0

㉰ 복층 단열재의 경우 식 (6)을 이용하여 F를 계산한다.

$$F = \frac{(904 - T_f)}{66{,}570 \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\delta_{\in s,i}}{k_i} \right)} \qquad (6)$$

여기서,

k_i = i 번째 단열재 층의 열전도도, W/m·K <부록 3> 참조

$\delta_{\in s,i}$ = i 번째 단열재 층의 두께, m

단, 용기 등에 설치된 보온재는 화재가 진행되는 동안(최소 2시간 이상) 900℃에서도 효과적으로 열을 차단할 수 있어야 한다. 특히, 정상운전조건에서는 뛰어난 보온 특성을 갖지만 특별처리 및 사전시험을 거치지 않은 경우 260℃ 이하에서 녹거나, 증발하거나 손상될 수 있는 단열재를 사용하는 경우에는 주의하여야 한다. 아울러, 보온재는 최소 2시간 이상 동안 소화수의 높은 압력에 의해 용기 등에서 분리되어서는 안 되며 화염의 직접 접촉에 견딜 수 있어야 한다. 또한 보온재의 보호덮개도 소화수의 압력과 화염의 온도에 견딜 수 있어야 한다. 일반적으로 스테인레스강은 보온재의 덮개로 적합하지만 알루미늄은 그렇지 않다.

③ 내부 액체와 접촉하고 있는 용기 등의 벽 면적(A_{ws}) 계산

㉮ 화재 시에는 지표면으로부터 최소 7.6m 수직높이까지 화재의 영향을 받는 것으로 가정하여 용기 등의 내부액체 접촉면적(A_{ws})을 계산하여야 한다. 다만, 구형 용기의 경우 7.6m와 최대 수평지름까지의 높이 중 더 큰 수치를 적용하여 계산한다.

㉯ 환기가 제한적인 스커트 지지대로 보호되는 용기 헤드부위는 젖은 면적 계산에서 제외한다.

(나) 가스, 증기 및 초임계유체를 담은 용기에 대한 소요분출량

$$W = 0.2772 \sqrt{MP_1} \left[\frac{A(T_w - T_1)^{1.25}}{T_1^{1.1506}} \right] \qquad (7)$$

여기서,

W = 소요분출량, kg/h

M = 분자량

P_1 = 인입측 분출압력(Upstream relieving pressure), kPa(abs)

A = 화재 시 노출되는 용기 등의 면적, ㎡

T_w = 용기 등의 최대 벽면 온도, K (탄소강의 경우 866 K)

T_1 = 인입측 분출압력에서 가스 온도((P_1/P_n) x T_n), K

여기서,

Pn = 정상 운전압력, kPa(abs)

Tn = 정상 운전온도, K

① 식 (7)에서 용기는 단열되어 있지 않고, 그 벽 온도는 파열 응력 온도에 도달하지 않으며, 유체 온도는 일정하다고 가정한다. 위에서 언급한 기준을 충족하는 단열재 설치 시 압력방출량을 감소시킬 수 있다.

② 이 가정을 적용하기 곤란한 경우 동적 모델링을 통해 소요분출량을 산출하는 방법을 적용할 수 있다.

(3) 제한된 공간의 액면화재

(가) 구조물 내부 또는 둑으로 둘러싸인 지역에서 화재 발생 시 밀폐로 인한 예열 및 재복사 때문에 일반적으로 개방 공간에서의 화재보다 더 높은 화염 온도와 더 큰 열플럭스를 보이지만, 화재의 유형(환기지배 또는 연료지배) 및 규모에 따라 그 효과가 달라진다.

① 환기(Ventilation-controlled)에 의한 화재의 경우 가용 공기량이 열방출 속도를 지배하여 화재 규모가 제한적이다.

② 연료(Fuel-controlled)에 의한 화재의 경우 연료량이 열방출 속도를 지배하며 화재 규모에 따라

㉮ 중소 규모 화재 시 밀폐효과가 중간 수준이라 개방 액면화재와 비슷한 거동을 보이므로 식 (2) ~ (4)으로 열입력량 및 소요분출량을 계산한다.

㉯ 대규모 화재의 경우 식 (3), (4)는 열입력량을 과소평가하게 되므로 더 엄밀한 방법을 사용할 필요가 있다.

(나) 용기가 그 높이에 상당하는 둑이나 벽으로 둘러싸인 부분적인 밀폐 상태에서의 화재 시 식 (2) ~ (4)에서 $A_{ws}^{0.82}$ 대신 A_{ws}를 사용하여 열입력량 및 소요분출량을 계산한다.

(다) 액면화재의 유형과 규모는 사용자가 결정해야 한다.

(4) 제트화재

(가) 제트화재는 용기 표면을 국소적으로 과열시켜 용기 내부 압력이 압력방출장치의 설정압력에 도달하기 전에 금속 벽을 파열시킬 수 있으므로 통상적인 압력방출장치는 효과적인 보호 수단이 될 수 없다.

(나) 그렇기 때문에 압력방출장치를 대신하여 화재 누출원의 격리, 감압시스템, 외부 단열 등의 관리 및 완화책 등을 고려하여야 한다.

6.13 열교환기 고장

(1) 다관형(Shell-and-tube) 열교환기

(가) 내부 고장은 핀홀(Pinhole)에서 완전 튜브파열에 이르는 다양한 양상을 띨 수 있는데, 보호책 선정(시나리오 압력이상으로 저압측 설계압력를 선정하거나 압력방출장치 설치)을 위한 설계기준을 결정하기 위해서는 튜브 진동, 재질, 피로(Fatigue) 등을 포함한 상세한 역학적 분석이 필요하다.

(나) 정상상태 접근법에 의한 소요분출량 결정

① 튜브 파손은 하나의 튜브에서 급격한 파손

② 튜브 파손은 튜브시트 뒷면에서 발생한 것으로 가정

③ 고압유체는 튜브시트에 남아 있는 튜브 스터브와 튜브의 다른 긴 단면을 통해 흐르는 것으로 가정

④ 튜브 스터브 유량과 긴 배관 유량 합산

(다) (나) 방법 대신에 두 개의 오리피스로 단순화 된 가정을 사용하여 소요분출량 산정할 수 있다. 이는 (나)의 긴 개방튜브 및 튜브 스터브보다 더 큰 릴리프 유량을 생성하기 때문임.

(라) 동적 접근법은 전체 구멍 튜브파열보다 더 작은 설계기준이 적절하다는 것을 결정하기 위해서 상세한 분석이 요구된다.

(마) 파열된 튜브 개구부를 통과하는 유량을 계산할 때 플래싱(Flashing)되지 않는 액체는 비압축성 흐름식, 증기 또는 가스는 압축성 흐름식을 각각 사용하며, 압력 강하에 따라 플래싱이 일어나는 경우에는 균일평형모델(Homogeneous equilibrium model, HEM)을 사용한 2상 흐름식을 사용한다.

(바) 열교환기 양측 사이의 설계압력 차가 7,000 kPa 이상, 특히 저압 측에 액체가 가득 차있고 고압 측에 파열을 통한 플래싱 가스 또는 유체가 포함된 경우에는 동적 접근법을 사용하는 것이 필요하다.

(2) 이중관(Double-pipe) 열교환기

(가) 내관으로 Schedule pipe를 쓸 경우 다른 배관 이상의 파열 가능성이 없으므로 압력 방출장치를 설치할 필요가 없다.

(나) 내관으로 Gauge tube를 쓸 경우 용접 고장 등이 발생할 수 있으므로 특정 사례별로 공학적 판단이 필요하다.

(3) 판형(Plate-and-frame) 열교환기

(가) 내부의 판 보다는 외부가스켓의 누출 가능성이 더 높으나, 부식 등에 의해 내부판에서 누출이 발생하고 그러한 압력이 저압측의 최대허용압력(MAWP)을 초과할 수 있는 경우에는 저압 측에 압력방출장치를 설치한다.

(나) 다관형 열교환기에서 단일 튜브 파열에 해당하는 구멍 크기(예 : 직경 6.4 ~ 25.4 mm)를 갖는 누출공을 가정하여 계산한 유량을 소요분출량으로 정한다.

6.14 유틸리티 고장

(1) 유틸리티 고장 시 피해 범위(공장 전체 또는 국소 장치) 및 고장 수준(완전 상실 또는 부분 상실)을 면밀히 분석하여 소요분출량을 결정해야 한다.

(2) <표 4>는 각 유틸리티 별로 고장 시 영향을 받을 수 있는 장치들의 부분적인 목록을 나타낸 것이다.

<표 4> 유틸리티 고장 시 영향을 받는 장치

유틸리티	영향을 받는 장치
전력	냉각수/냉매, 보일러 공급수, 급냉수, 환류액 등을 순환시키는 펌프
	공냉식 열교환기, 냉각탑, 연소용 공기를 공급하는 팬(Fans)
	공정 증기, 계기용 공기, 진공, 냉동을 위한 압축기
	계장
	모터 구동 밸브
냉각수/냉매	공정 또는 유틸리티 설비의 응축기
	공정 유체, 윤활유, 밀봉 오일용 냉각기
	회전 또는 왕복 장치의 재킷
게기용 공기	전송기, 제어기
	공정 조절 밸브
	경보 및 차단 시스템
스팀	펌프, 압축기, 송풍기, 연소공기 팬, 발전기 용 터빈 구동기
	왕복 펌프
	직접 주입 스팀을 사용하는 장치
	이젝터
스팀/열매	열교환기(예: 리보일러)
연료	보일러
	재가열기(리보일러)
	펌프 또는 발전기 용 엔진 구동기
	압축기
	가스 터빈
불활성가스	밀봉(seals)
	촉매 반응기
	계기, 장치의 퍼지

6.15 화재시의 영향범위

(1) 화재시에는 최소한 지표면으로부터 수직 높이 7.6 m까지 화재의 영향을 받는 것으로 가정하여 용기 등의 내부액체 접촉면적(5.12절의 A_w)을 계산하여야 한다. 다만, 타원형 또는 구형 용기인 경우에는 지표면으로부터 최대 수평 직경까지의 높이 또는 7.6 m 이내의 높이 중 큰 수치를 적용하여 용기 등의 내부액체 접촉면적(5.12절의 A_w)을 계산하여야 한다.

(2) 화재시에는 점화원 중심으로부터 230 ㎡ ~ 460 ㎡이내의 면적이 화재의 영향을 받는 것으로 간주하여 소요 분출량을 계산하여야 한다.

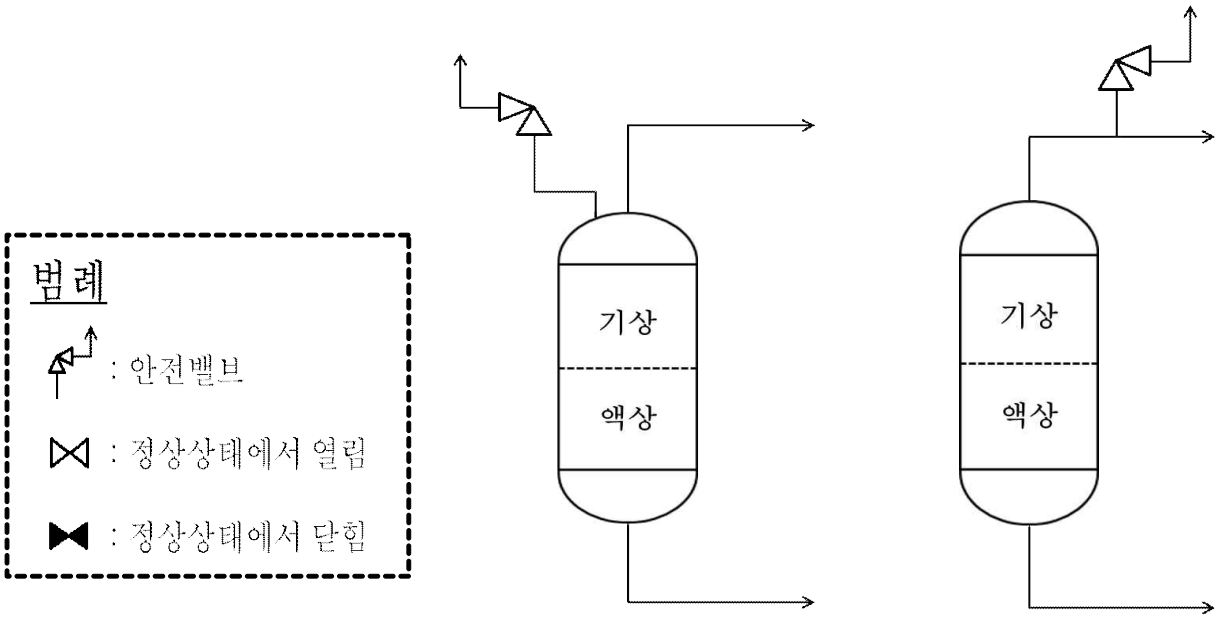
7. 안전밸브 등의 배출용량

안전밸브 등의 배출용량은 5장에서 산출한 각각의 소요 분출량 중에서 가장 큰 수치를 당해 안전밸브 등의 배출용량으로 하여야 한다.

8. 설치 및 배출물 처리

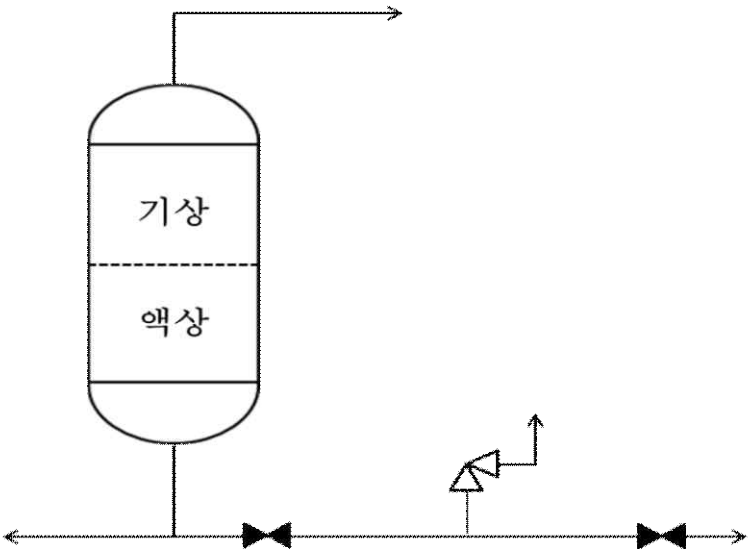
8.1 설치위치

(1) 안전밸브 등은 보호대상 용기 등의 상부 기상/증기 공간 또는 기상/증기 공간에 연결된 배관에 설치하여야 한다(<그림 1> 참조)



<그림 1> 안전밸브 등의 설치위치

(2) 열팽창용 안전밸브는 동일공간에 기상부위가 없고 액상만 존재하며, 정상운전 중 유체가 차단되는 경우에 한해 적용한다. 다만, 차단된 상태에서 일광 등에 의해 내부 액체의 부피팽창으로 설비의 파손이 우려되는 경우에 설치하여야 한다. (<그림 2> 참조)

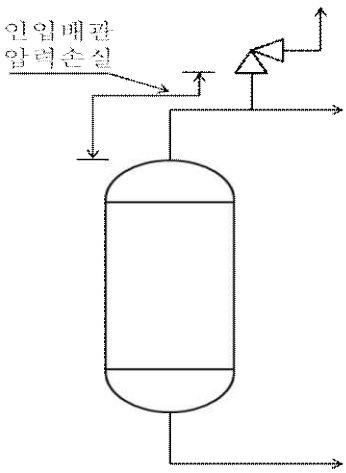


<그림 2> 열팽창 안전밸브의 설치 위치

8.2 설치방법

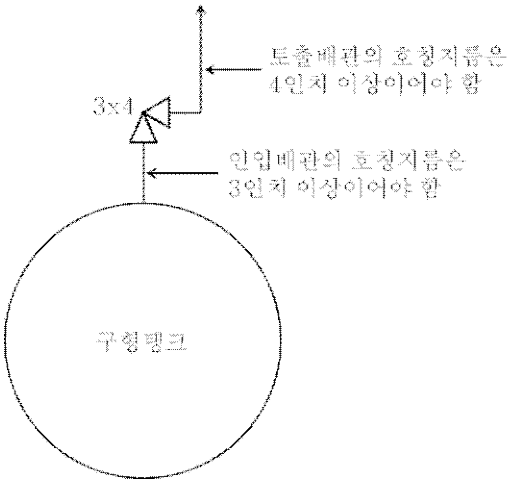
안전밸브 등의 설치방법은 다음과 같다.

(1) 설치대상 용기 등에서 안전밸브 등의 인입 플랜지까지의 인입배관 내에서의 압력손실은 설정 압력의 3% 이하이어야 한다. 다만, 후단 배관의 자유로운 배출 등을 위하여 안전밸브의 위치를 보호기기 보다 높이 이격시켜 설치할 경우는 안전밸브 전단의 배관직경을 크게 하여 압력손실을 줄일 수 있다(<그림 3> 참조)



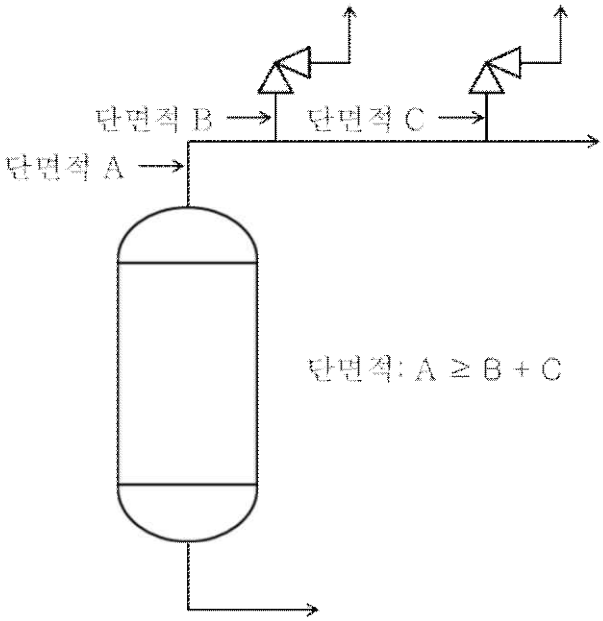
<그림 3> 안전밸브 등의
인입배관 압력손실

(2) 안전밸브 등의 인입배관과 토출배관의 호칭지름은 안전밸브 등의 인입플랜지와 토출플랜지의 호칭치수와 같거나 그 이상이어야 한다(<그림 4> 참조)



<그림 4> 안전밸브 등의 인입 및
토출배관 호칭지름

(3) 2개 이상의 안전밸브 등이 하나의 연결부위에 설치되어 필요한 분출량을 배출하도록 된 경우에 연결배관의 내부 단면적은 각 안전밸브 등의 인입단면적 합계와 같거나 그 이상이어야 한다. 다만, 예비로 설치된 안전밸브 등에는 이를 적용하지 아니한다 (<그림 5> 참조)



<그림 5> 2개 이상의 안전밸브 등이
설치된 경우 연결배관의 내부단면적

(4) 안전밸브의 토출배관에 걸리는 배압은 안전밸브 설정압력의 10% 이하가 되도록 하며, 배압의 영향을 받지 않도록 제작된 벨로우즈형(밸런스형) 안전밸브를 사용하는 경우에는 설정압력의 50% 이내로 한다. 다만, 벨로우즈형 안전밸브 제작자가 배압 허용한도를 명시한 경우에는 이에 따른다.

(5) 안전밸브의 토출배관은 안전밸브로부터 토출된 유체(액상이나 증기상태로 배출되는 유체)가 배관 내에 정체되지 않도록 설치하여야 한다.

(6) 안전밸브의 토출배관을 옥외에 설치하는 경우에는 빗물 등이 들어가지 않도록 토출배관에 배압의 영향을 받지 않도록 설계된 캡 등을 설치하거나, 토출배관 하부에 빗물 등이 고이지 않도록 구멍(직경 5 mm 정도)을 내는 등의 조치를 하여야 한다.

(7) 안전밸브는 자체 하중, 안전밸브 전·후단 배관의 하중, 안전밸브 토출시의 충격 및 외부 충격 등에 견딜 수 있도록 설치하되 필요시 지지대를 설치하여야 한다.

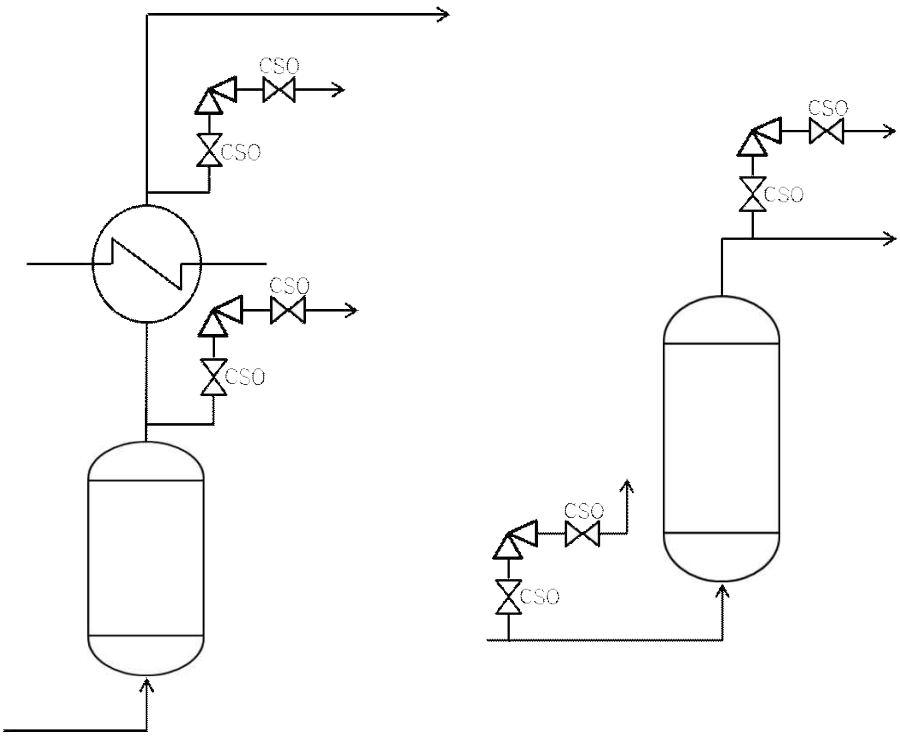
(8) 점도가 높거나 응고되기 쉬운 물질 또는 결빙에 의하여 안전밸브 등의 막힘이 있을 수 있는 경우에는, 안전밸브 등과 그 인입배관 및 토출배관에 이를 방지하기 위해 가열·단열 등 적절한 조치를 하여야 한다.

(9) 파열판과 안전밸브가 직렬로 설치되는 경우에는 파열판과 안전밸브 사이에 파열판의 파열 또는 누출을 탐지할 수 있는 압력지시계 또는 경보장치를 설치하여야 한다.

8.3 차단밸브 설치

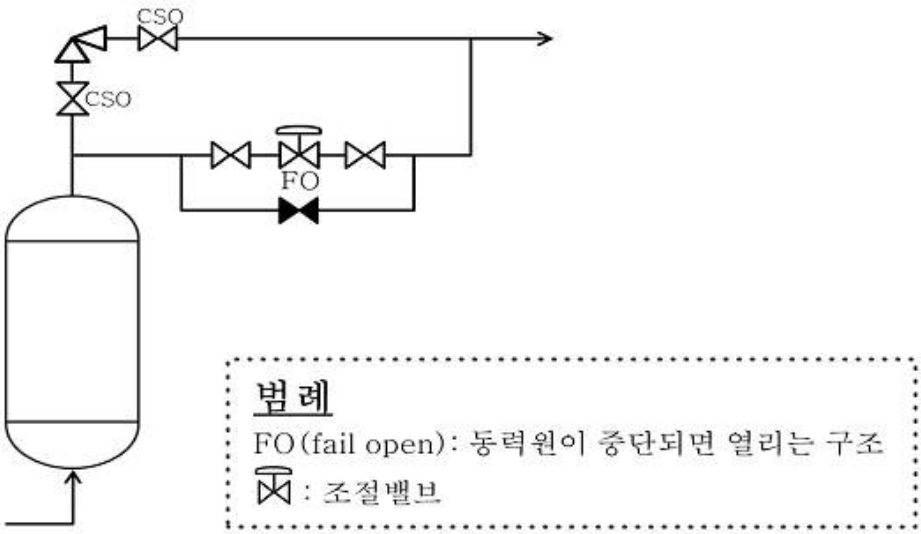
다음 각 호에서 규정한 경우에 한하여 안전밸브 등의 전·후단에 차단밸브 설치가 가능하며, 열림과 담힘 상태 표시와 (7)항부터 (10)항까지의 밸브 관리기준을 준수하여야 한다.

(1) 인접한 용기 등에 안전밸브 등이 이중으로 설치되어 있는 경우(<그림 6> 참조) 단, 두 안전밸브 사이 연결배관에 차단밸브가 없어야 하며, 안전밸브 배출용량이 두 인접 설비의 배출용량을 충족하는 경우



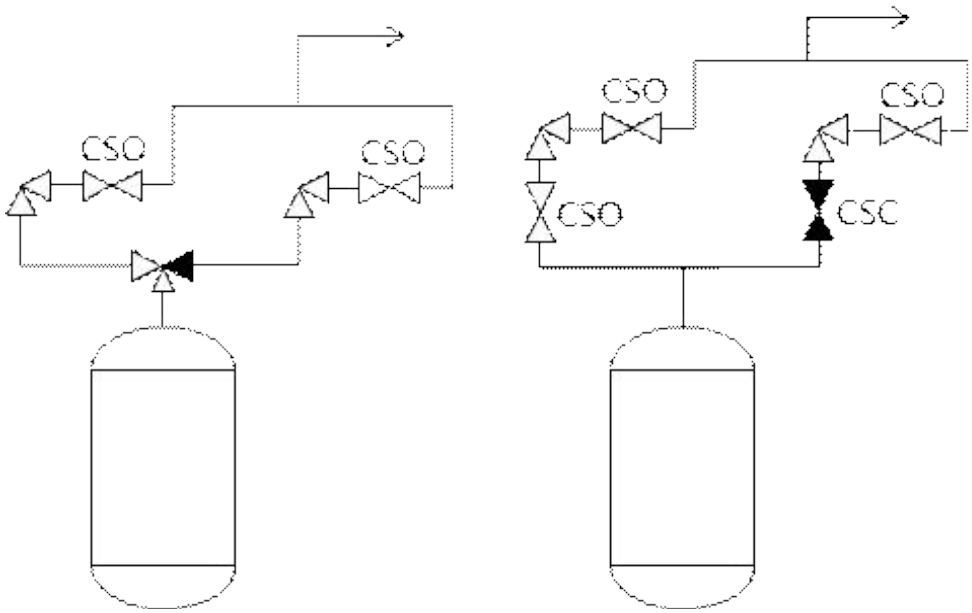
<그림 6> 인접한 용기 등에 안전밸브 등이 이중으로 설치되어 있는 경우

(2) 안전밸브 등의 배출용량의 50% 이상에 해당하는 용량의 자동압력제어밸브(단, 구동용 동력의 공급 차단시 열리는 구조인 것에 한함)와 안전밸브 등이 병렬로 연결된 경우 (<그림 7> 참조)



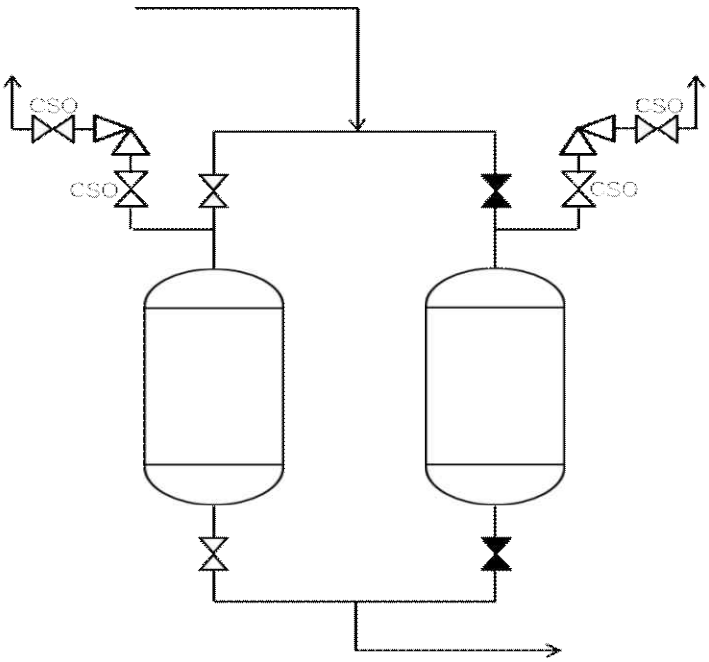
<그림 7> 안전밸브 등의 배출용량의 50% 이상에 해당하는 용량의 자동압력제어밸브와 안전밸브 등이 병렬로 연결된 경우

(3) 복수방식으로 안전밸브 등이 설치된 경우(<그림 8> 참조)



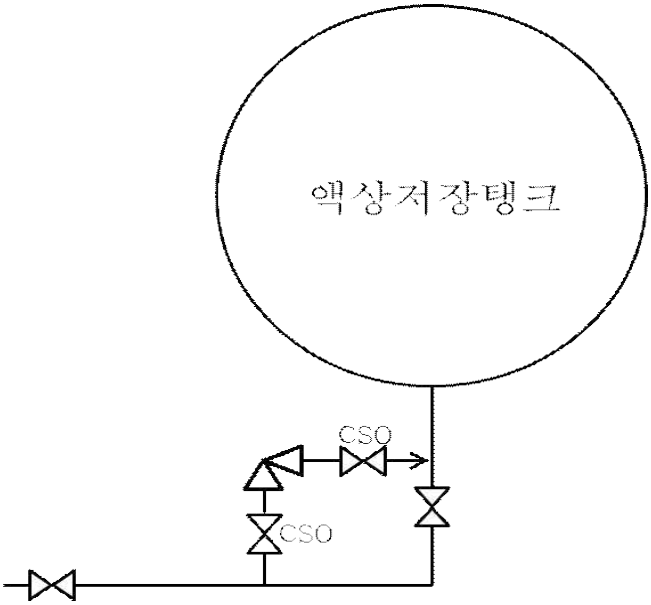
<그림 8> 복수방식으로 안전밸브 등이 설치된 경우

(4) 예비용 용기 등이 설치되고 각각의 용기에 안전밸브 등이 설치된 경우(<그림 9> 참조)



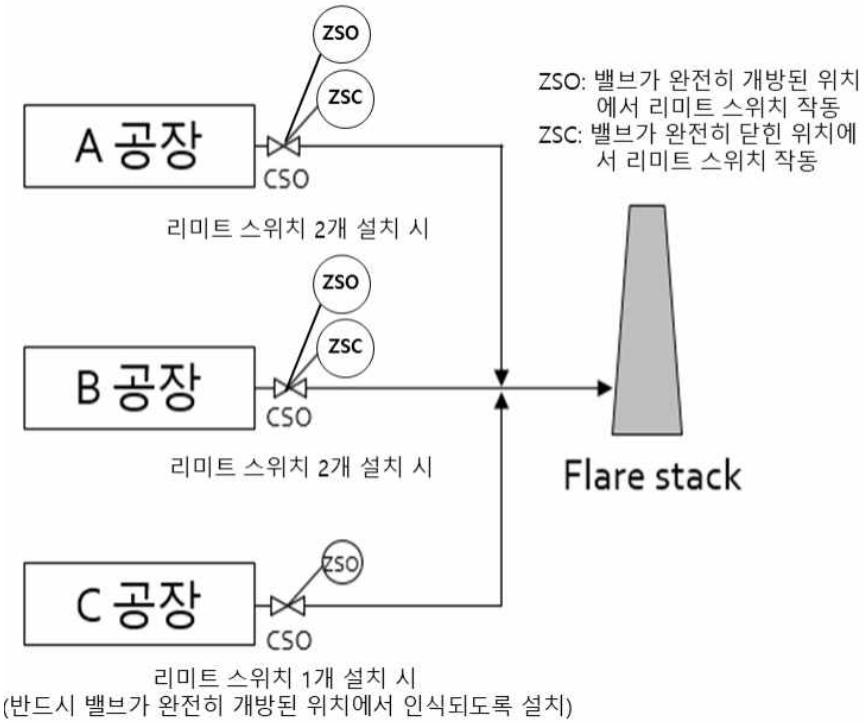
<그림 9> 예비용 용기 등이 설치되고 각각의
용기에 안전밸브 등이 설치된 경우

(5) 열팽창에 의한 압력상승을 방출하기 위한 안전밸브의 경우(<그림 10> 참조)



<그림 10> 열팽창에 의한 압력상승을
방출하기 위한 안전밸브의 경우

(6) 하나의 플레어스택(Flare stack)에 둘 이상 단위공정의 플레어헤더(Flare header)를 연결하여 사용하는 경우로서 각각의 단위공정 플레어헤더에 설치된 차단밸브의 열림·닫힘 상태를 중앙제어실에서 알 수 있도록 조치한 경우(<그림 11> 참조)



<그림 11> 하나의 플레어스택에 둘 이상 단위공정의
플레어헤더를 연결하여 사용하는 경우

(7) 안전밸브 등 전·후단에 차단밸브를 설치하는 경우에는 유지보수 수행 전 안전한 감압(진공) 및 안전밸브 등과 토출측 차단밸브 사이 압력형성을 방지할 수 있도록 안전밸브 등과 차단밸브 사이에 압력을 방출할 수 있는 밸브(Bleed valve)를 설치하여야 하며, 전·후단 차단밸브의 개방 및 폐쇄 순서 등 적절한 절차를 마련하여야 한다.

(8) (3)항 안전밸브 등의 전·후단에 차단밸브를 복수 설치하는 경우에는 일반적으로 예비상태 안전밸브의 전단은 차단, 후단은 개방한다. 단, 토출측이 유체노출로 손상 우려가 있으면 예비상태 안전밸브의 후단 차단밸브는 닫아야 하며, 차단이 곤란한 경우 퍼지 또는 파열판을 설치할 수 있다.

(9) (3)항의 3방향 밸브를 설치한 경우에는 방향전환에 따른 토출측 차단밸브로 인해 격리가 발생되지 않도록 하고 활성화된 안전밸브 등이 확인 가능하여야 한다.

(10) 안전밸브 전·후단에 설치된 차단밸브는 적절한 위치에서 잠금 상태로 유지되도록 권한을 갖은 사람만 해지할 수 있도록 자물쇠형 또는 이에 준하는 밸브, 비점화 재질 등으로 잠금 조치하여 적절하게 관리되어야 한다.

8.4 배출물질의 처리

안전밸브 등으로부터 배출되는 위험물질은 연소, 흡수, 세정, 포집 또는 회수 등의 방법으로 처리하여야 한다.

(1) 연소 후 배출

인화성가스나 인화성액체의 증기는 플레어시스템에서 소각 후 대기에 배출되도록 한다.

(2) 흡수에 의한 처리

기체상태의 배출물을 액체에 용해시켜 처리하는 방법이다.

(3) 흡착에 의한 처리

기체나 액체상태의 배출물을 고체상태의 물질에 부착시켜 처리하는 방법이다.

(4) 포집에 의한 처리

배출물을 적정한 형태의 용기 등에 모아서 처리하는 방법이다. 배출물질의 양이 소량인 경우에 적용이 가능하다.

(5) 회수에 의한 처리

배출물질과 동일한 물질을 취급하는 설비로 수거하는 방법이며, 배출물질의 양과 안전밸브의 배압이 고려되어야 한다.

(6) 중화처리

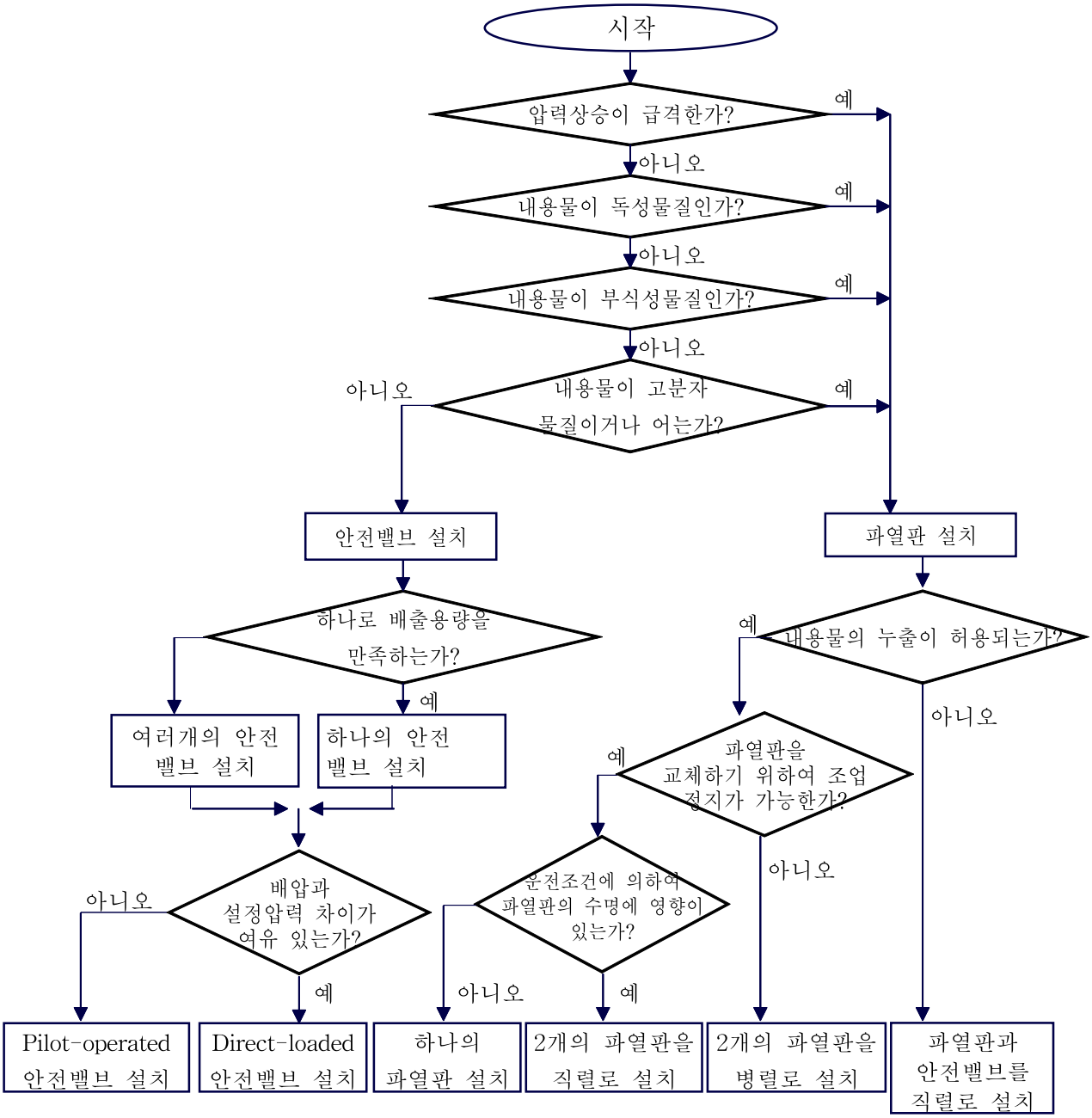
산과 알칼리는 알칼리와 산으로 중성화하고, 독성물질은 무독화 하는 처리방법이다.

(7) 기타

안전밸브에서 순간적으로 배출되는 물질을 환경처리설비(RTO, RCO 등)에 연결하여 처리할 경우 화재나 폭발의 위험이 있으므로 연결에 앞서 위험성평가가 이루어져야 한다.

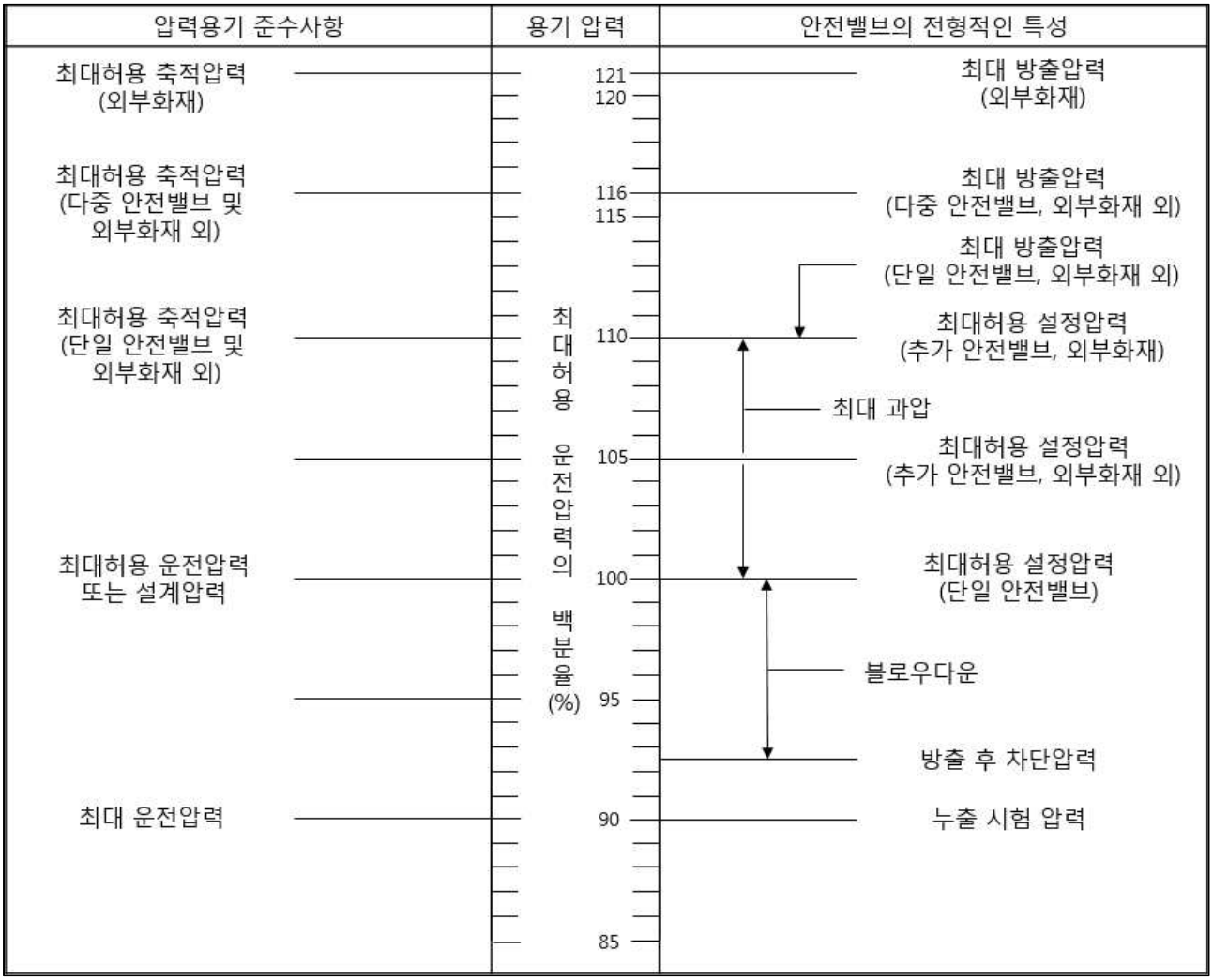
<부록 1>

안전밸브 등의 선정 흐름도



<부록 2>

안전밸브의 압력수준 관계



<부록 3>

주요 단열재의 열전도도

단열재의 평균온도 (℃)	주요 단열재에 대한 열전도도(W/m·K)						
	칼슘 실리카 Ⅰ형	칼슘 실리카 Ⅱ형	광물섬유 메쉬담요 /블록[a]	유리섬유 Ⅰ형 Gr2	성형확장 펄라이트 블록	경량 시멘트[b]	중량 시멘트[b]
-18	-			0.045		0.519	1.760
38	-		0.039	0.053		0.519	1.731
93	0.065	0.078	0.049	0.063	0.079	0.519	1.702
149	0.072	0.084	0.063	0.075	0.087	0.519	1.673
204	0.079	0.088	0.079	0.091	0.095	0.519	1.659
260	0.087	0.092	0.101		0.107	0.519	1.630
315	0.095	0.097	0.128		0.115	0.519	1.615
371	0.102	0.101	0.163		0.127	0.519	1.587
427		0.105				0.519	1.572
482		0.108				0.519	1.543
538		0.111				0.519	1.514
593						0.519	1.486
649						0.519	1.471
최고사용 온도[d]	649	927	649	[c]	[c]	870	1090

a 용융 상태에서 섬유 형태로 가공된 암석, 슬래그 또는 유리를 포함.
표에 표시된 열전도율은 지시된 최고 사용 온도에 적합한 다양한 형태의 단열재에 대한 가장 높은 값
b 경량 및 중량시멘트 재료의 열전도율은 개략적인 값
c 최고 사용 온도가 ASTM C552 [22] 및 ASTM C610 [25]에 제시되지 않음
d 더 높은 최고 온도를 가진 다른 등급의 단열재가 있을 수 있다.

기술지원규정 개정 이력

□ 개정일 : 2026. 1. 30.

○ 개정자 : (사)고경력과학기술연우총연합회

○ 개정사유 : API 521 7th EDITION 내용 반영 등 최신화

○ 주요 개정내용

- 국문 명칭(기술지침→기술지원규정) 개정
- 항목4(안전밸브 등의 설치 및 용량 산정 관련 법적 필수사항) 추가
- 기술규정 내 계산식 단위가 참고규격인 API 521(Pressure-relieving and Depressuring Systems) 단위(SI 단위)와 일치하지 않아 활용에 혼선이 있어 일치화 필요
- 외부화재에 의한 내부액체 접촉하고 있는 용기 등의 벽 면적 계산표 반영
- 일부 용어 수정