



안전밸브 설치대상 및 작동시험 주기의 적정성 검토 및 개선방안 마련

OSHRI

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



연구보고서

안전밸브 설치대상 및 작동시험 주기의 적정성 검토 및 개선방안 마련

유병태·오남경·김동준·이상민

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 “안전벨브 설치대상 및 작동시험 주기의 적정성 검토 및 개선방안 마련” 연구의 최종 보고서로 제출합니다.

2022년 10월

연구진

연구기관 : 한국교통대학교 산학협력단

연구책임자 : 유병태 (부교수, 한국교통대학교 안전공학과)

연구원 : 오남경 (교수, 미)네브라스카대학교, 행정학과)

연구원 : 김동준 (부교수, 경일대학교 소방방재학과)

연구원 : 이상민 (조교수, 한국교통대학교 산학협력단)

연구보조원 : 남민서 (학사과정, 한국교통대학교 안전공학과)

요약문

- 연구기간 2022년 05월 ~ 2022년 10월
- 핵심 단어 산업재해, 안전밸브, 검사주기
- 연구과제명 안전밸브 설치대상 및 작동시험 주기의 적정성 검토 및 개선방안 마련

1. 연구배경

- 안전밸브는 각종 공정 장치(반응장치, 증류장치, 열 교환기, 가열로 등), 보일러, 저장탱크, 정변위 펌프 등에서 형성될 수 있는 과압으로부터 보호하기 위해 설치하는 압력방출장치 중 하나로서
- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제261조(안전밸브 등의 설치)에서 폭발 방지 성능과 규격을 갖춘 안전밸브의 설치 대상 및 작동시험 주기를 규정하고 있다.
- 최근, 아래와 같은 이유로 산업계를 중심으로 안전밸브의 설치 대상 및 작동 시험 주기에 대하여 현행 제도의 개선 필요성이 제기되고 있다.
 - 선진기술을 바탕으로 화학 공정 설비에 근원적 안전설계가 반영되어 사고예방 기능이 개선 및 강화되어 있어서 이러한 사항을 제도 개선에 반영 필요
 - 보호 설비 작동시험 주기와 다르게 안전밸브 자체 작동시험 주기의 적정성 검토가 이뤄져야 해서 잦은 탈착 및 재장착으로 인한 설비의 가동 중지, 잠재위험 상존
 - 타 법령 및 국외 기준과 유사한 작동시험 주기 체계 도입 필요

- 본 연구에서는 안전밸브 관련 국내·외 문헌 및 사고사례를 조사·분석하고 국내·외 관련 법령 및 기술기준의 비교분석과 산업현장에서의 안전밸브 운용실태, 설문조사를 실시하여 합리적인 제도 운용을 위한 방안을 제시하고자 하였다.

2. 주요 연구내용

1) 안전밸브 관련 국내·외 선행연구 및 문헌 분석

- 안전밸브 설치 및 작동시험 주기와 관련하여 국내·외 선행연구 자료, CBS 및 CCPS 등 국외 사고사례집, 그리고 안전보건공단 과거 중대재해 사례집 등을 조사하여 안전밸브 관련 사고원인을 분석하였다.

2) 안전밸브 관련 산업재해 발생 현황분석

- 최근 20여 년간 국내·외에서 발생한 중대산업사고를 중심으로 조사·분석하였으며 이중 안전밸브와 직·간접적으로 연계성이 있는 사고 발생 원인 및 문제점 등을 분석하였다.

3) 안전밸브 관련 국내·외 법령 및 기술기준 분석

- 국내의 경우, 산업안전보건법 및 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 안전밸브 관련 고시, KOSHA Guide를 분석하고 유사 법령인 고압가스안전관리법, 화학물질관리법, 전기안전법, 에너지이용합리화법 등을 중심으로 기술기준을 상호 비교·분석하였다.
- 국외의 경우, 일본, 미국, 영국 등을 중심으로 안전밸브 관련 법령 및 기술기준, 설치대상 및 검사주기 등을 조사 및 비교 분석하였다.

4) 안전밸브 설치대상 및 검사주기 관련 현행 규정의 적정성 검토

- 안전밸브 운용실태를 분석하기 위하여 업종과 규모를 고려하여 사업장을 방문하였으며, 추가적으로 이해관계자 의견수렴을 위하여 온·오프라인을 통해 설문조사를 실시하였다.

5) 현행 규정의 문제점 및 개선방안(법률 개정안 포함) 마련

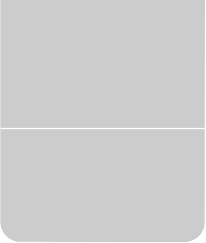
- 최종적으로 안전밸브 관련 국내·외 선행연구 및 문헌 고찰, 안전밸브 관련 산업재해 발생 현황분석, 국내·외 법령 및 기술기준 비교분석, 현장의 안전밸브 운용실태 등을 종합적으로 분석하여 합리적 개선방안을 제시하였다.

3. 연구 활용방안

- 본 연구에서 제시된 연구결과는 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제261조의 개정 시 기초 및 근거 자료로 활용할 수 있다고 판단되며, 일부 내용의 경우 추가연구를 수행하기 위한 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

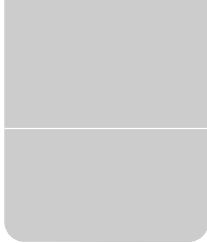
4. 연락처

- 연구책임자 : 한국교통대학교 안전공학과 교수 유병태
- 연구상대역 : 산업안전보건연구원 위험성연구부 연구위원 서동현
 - ☎ 042) 869.0332
 - E-mail seodh93@kosha.or.kr



목 차

I. 서론	3
1. 연구 목적 및 필요성	3
2. 연구 내용 및 방법	6
II. 선행연구 및 사고사례 분석	11
1. 선행연구	11
2. 국내·외 안전밸브 사고사례	17
3. 소론	32
III. 국내·외 안전밸브 법령 및 기술기준 분석	35
1. 국내 법규 및 기술기준	35
2. 국외 법규 및 기술기준	44
3. 소론	58



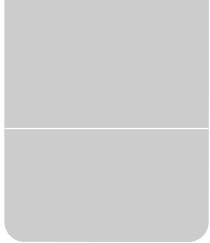
목 차

- IV. 안전밸브 운용현황 및 한계점 분석 65**
 - 1. 안전밸브 운용현황 분석 65
 - 2. 설문조사 78
 - 3. 소론 85

- V. 안전밸브 설치대상 및 검사주기 개선방안 89**
 - 1. 설치대상 및 검사주기 개선 적정성 검토 89
 - 2. 안전밸브 작동시험 주기 개선방안 99

- VI. 결 론 109**

- 참고문헌 111**



목 차

부록	119
-----------------	------------

1. 설문 조사지	119
-----------------	-----

표 목차

〈표 Ⅰ-1〉 안전밸브 설치 대상 및 작동시험 주기	4
〈표 Ⅰ-2〉 국내 정유 및 석유화학공장의 안전밸브 설치 현황	5
〈표 Ⅱ-1〉 국내 안전밸브 관련 사고현황	18
〈표 Ⅱ-2〉 국외 안전밸브 관련 사고현황	25
〈표 Ⅲ-1〉 증기용 분출압력의 허용차	37
〈표 Ⅲ-2〉 증기용 안전밸브의 분출강하	37
〈표 Ⅲ-3〉 안전밸브 안전인증대상기준	39
〈표 Ⅲ-4〉 연료전지발전설비에 대한 안전밸브 검사항목	42
〈표 Ⅲ-5〉 압력용기 계속사용검사 기준 (개방검사)	43
〈표 Ⅲ-6〉 노동안전위생법 시행령	45
〈표 Ⅲ-7〉 노동안전위생규칙 제276조	47
〈표 Ⅲ-8〉 NBIC의 안전밸브 설치 대상 및 작동시험 주기	51
〈표 Ⅲ-9〉 장비유형별 검사 간격 현황	55
〈표 Ⅲ-10〉 국내 안전밸브 설치 대상 및 검사주기 기준	58
〈표 Ⅲ-11〉 해외 국가별 안전밸브 설치 대상 및 검사주기 기준	60
〈표 Ⅳ-1〉 사업장별 안전밸브 설치개수 대비 이중(병렬) 설치 비율	66
〈표 Ⅳ-2〉 국내 정유 및 석유화학공장의 안전밸브 형태별 설치현황	67
〈표 Ⅳ-3〉 안전밸브 설치 비용	68
〈표 Ⅳ-4〉 안전밸브 병렬 설치 비용	69
〈표 Ⅳ-5〉 사업장별 정비·보수 현황	70
〈표 Ⅳ-6〉 안전밸브 검사결과 현황	76

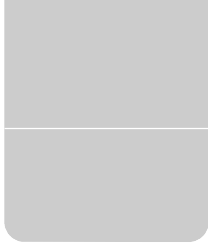


표 목차

〈표 IV-7〉 안전밸브 검사결과 현황	77
〈표 V-1〉 국내 안전밸브 설치 대상 기준	90
〈표 V-2〉 국외 안전밸브 설치 대상 기준	91
〈표 V-3〉 [제안 1] 개정 (안)	99
〈표 V-4〉 [제안 2] 개정 (안)	101
〈표 V-5〉 [제안 3(1)] PSM 이행상태 평가지표 개정(안)	102
〈표 V-6〉 [제안 3(2)] 자체감사 점검표 개정(안)	103
〈표 V-7〉 [제안 3(3)] PSM 비대상 사업장 대상 개정(안)	104

그림목차

[그림 I-1] 사고원인별 중대산업사고 발생현황	5
[그림 II-1] 안전밸브 사고유형	17
[그림 II-2] 반응폭주로 인한 폭발사고	21
[그림 II-3] 응축기를 통한 염화수소 누출사고	22
[그림 II-4] 페놀폼(PF) 단열재 안전밸브 사고 파손 사고	23
[그림 II-5] 촉매제품 폭발사고	24
[그림 II-6] 과압에 의한 압력용기 폭발사고	29
[그림 II-7] 반응폭주 및 증기운 폭발	30
[그림 II-8] 폭발사고 현장 사진	31
[그림 II-9] 국내·외 안전밸브 관련 주요 사고원인 분석 결과	32
[그림 III-1] 안전밸브 시험 및 정비보고서 양식	38
[그림 III-2] 일본 자주검사 체계	48
[그림 IV-1] 안전밸브 정비·보수 절차	72
[그림 IV-2] 안전밸브 시험결과 관리 현황	73
[그림 IV-3] 안전밸브 시험결과 점검표	73
[그림 IV-4] 안전밸브 시험결과표 상세내용	74
[그림 IV-5] 안전밸브 분해 사진	75
[그림 IV-6] 연료전지 내 안전밸브 설치모습	77
[그림 IV-7] 설문 응답자 인적 사항	79
[그림 IV-8] 상시 근로자 수	79
[그림 IV-9] 안전밸브 검사 운영 형태와 검사 신뢰도 응답 결과	80



그림목차

[그림 IV-10] 안전밸브 설치대상 개정 필요성 여부 응답 결과	81
[그림 IV-11] 안전밸브 점검 주기(1년, 2년, 4년) 개편 필요성 여부 응답 결과 ·	83
[그림 IV-12] 화학공정 유체와 직접 접촉된 경우(1년) 작동시험 주기 의견	84
[그림 V-1] 위험저감 방호계층	93
[그림 V-2] 공정 안전 제어체계	94
[그림 V-3] 공정안전 시스템 (유량)	95
[그림 V-4] 공정안전 시스템 설계 예시	96
[그림 V-5] 안전밸브 설치에 대한 사고 완화율	97
[그림 V-6] 병렬구조의 안전밸브 사고 완화율	98
[그림 V-7] 안전밸브 점검주기 관리 흐름도	101

I. 서론



I. 서론

1. 연구목적 및 필요성

압력방출장치(pressure relief device, PRD)는 설비를 사용하는 중에 이상상태가 발생하여 설비의 최고 사용압력보다 높은 압력이 형성될 경우 폭발이나 설비의 파손을 방지하기 위하여 설정한 최고 사용압력 이하에서 작동되도록 설치하는 안전장치를 말한다. 이러한 안전장치는 일반적으로 PSV(pressure safety valve) 또는 PRV(pressure relief valve)로 지칭하는 안전밸브와 파열판, 그리고 2개 이상의 밸브에 의해 차단될 수 있는 배관에 설치하는 열팽창밸브로 구분된다. 특히, 안전밸브(safety valve)는 밸브 입구쪽의 압력이 상승하여 미리 정해진 압력이 되었을 때 자동으로 작동하여 밸브 몸체가 열리고, 유체(증기 또는 가스)를 배출하여 압력이 소정의 값으로 강하하면 다시 밸브 몸체가 닫히는 기능을 가진 밸브이다(국가기술표준원, 2018). 즉, 내부 유압이나 증기압이 비상시나 비정상적인 작동상태 시에 설정치보다 상승하는 것을 막기 위해 설정 압력에서 열리게 되며, 또한 과도한 내부 진공상태도 방지하도록 설계되어 있다(김태옥 등, 2021).

현행 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 '안전보건기준'이라 한다) 제261조(안전밸브 등의 설치)에서는 압력용기, 정변위 압축기, 정변위 펌프, 배관 및 그 밖의 화학설비 및 부속설비의 과압에 따른 폭발을 방지하기 위하여 폭발 방지 성능과 규격을 갖춘 안전밸브의 설치대상 및 작동시험 주기를 규정하고 있다.

〈표 I-1〉 안전밸브 설치 대상 및 작동시험 주기

구분	산업안전보건법	
	산업안전보건기준에 관한 규칙 제116조	산업안전보건기준에 관한 규칙 제261조
근거 조문	산업안전보건기준에 관한 규칙 제116조	산업안전보건기준에 관한 규칙 제261조
설치 대상	보일러	압력용기, 정변위 압축기, 정변위 펌프, 배관, 그 밖의 화학설비 및 그 부속설비
작동시험 주기	매년 1회 이상, 4년마다 1회 이상 (공정안전보고서 이행상태평가 결과 P등급)	매년 1회 이상(화학공정 유체와 디스크/시트가 직접 접촉), 2년마다 1회 이상(안전밸브 전단에 파열판이 설치된 경우), 4년마다 1회 이상 (공정안전보고서 이행상태평가 결과 P등급)

업종과 사업장 규모, 생산공정 등에 따라 크게 차이가 있으나 2021년도 국내 정유 및 석유 화학공장 7개 사를 대상으로 안전밸브 유형별 설치 현황의 경우, 안전밸브가 단독으로 설치된 비율은 52.68%, 안전밸브가 병렬로 설치된 비율은 44.44%로 파악되었다 (최재욱, 2021).

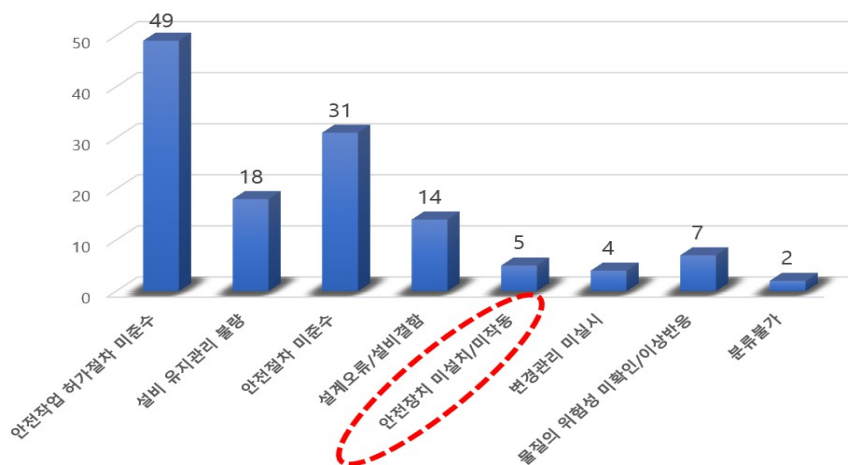
〈표 I-2〉처럼 국내 정유공장 및 석유 화학공장의 안전밸브 설치현황을 조사한 결과에 의하면, 안전밸브 단독 설치의 경우 61~68%이며 석유 화학공장의 경우 84%이다. 안전밸브를 병렬로 설치한 경우는 정유공장의 경우 3~39%, 석유 화학공장의 경우 15% 정도로 파악되었다(이영순 외, 2011).

앞선 두 연구 결과의 조사 대상이 동일하게 일치하지 않아 정확한 비교는 어렵지만, 안전밸브 단독 설치 비율이 61~68%에서 52.68%로 낮아졌으며 병렬 설치 비율도 3~39%, 15%에서 44.44%로 상당히 높아졌음을 알 수 있다. 이러한 결과는 보호 설비의 중단을 최소화하려는 방안이면서, 화학설비 안전성을 확보하기 위한 능동적 완화 장치로서 안전밸브가 적용되었다고 해석할 수 있다.

〈표 I-2〉 국내 정유 및 석유화학공장의 안전밸브 설치 현황

구분	정유공장	석유화학공장
안전밸브 단독 설치개수	61~87%	84%
안전밸브/RD의 직렬 설치개수	3~8%	1%
안전밸브 병렬설치	3~39%	15%

최근 13년간(1996~2008) 발생한 130건의 중대산업사고 현황을 살펴보면, 안전작업 허가절차 미준수 49건(37.7%), 안전절차 미준수 31건(23.8%), 설비 유지관리 불량 18건(13.8%), 설비 오류 및 설비결함 14건(10.8%), 물질의 위험성 미확인 및 이상반응 7건(5.4%) 순으로 발생한 것으로 분석되었으며 특히, 안전장치 미설치/미작동으로 인한 사고는 5건(3.8%) 발생한 것으로 발표하였다 (안전보건공단, 2009).



[그림 I-1] 사고원인별 중대산업사고 발생현황

정유·석유·화학 등의 사업장에서는 안전밸브의 작동 적정성을 검사하기 위해 단위공정 또는 보호 설비의 가동을 중단하고 안전밸브를 탈착하는 것으로 조사되었다. 반면 반도체·디스플레이 업종의 경우 가동 중인 상태에서 안전밸브 적정성 검사를 하는 것으로 조사되었다.

최근 정유·석유 화학, 반도체 산업을 중심으로 안전밸브의 설치 대상 및 작동시험 주기 조정에 대해 지속해서 요구하고 있다.

이러한 상황 속에서, 국내·외 관련 법령 및 기술기준, 안전밸브로 인한 사고사례를 분석하는 한편, 안전밸브 검사체계 및 운용실태를 정확하게 조사하여 안전밸브 설치 대상 및 작동시험 주기가 합리적으로 현장에서 시행될 수 있도록 체계적이고 현장 중심적인 연구가 필요하다.

2. 연구내용 및 방법

본 연구의 주요 연구내용 및 연구방법은 다음과 같다.

(1) 안전밸브 설치 대상 및 작동시험 주기 관련 국내·외 법령, 선행연구 분석

- 국내의 경우, 산업안전보건법 및 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 안전밸브 관련 고시, KOSHA Guide를 분석하고 유사 법령인 고압가스안전관리법, 화학물질관리법, 전기안전법, 에너지이용합리화법 등을 중심으로 기술기준을 상호 비교·분석하였다.
- 국외의 경우, 일본, 미국, 영국 등을 중심으로 안전밸브 관련 법령 및 기술기준, 설치대상 및 검사주기 등을 조사 및 비교·분석하였다.

(2) 안전밸브 관련 산업재해 사고원인 조사·분석

- 24년간 국내에서 발생한 중대산업사고와 미국 화학사고조사위원회

(CSB), 미국 화학공학회(CCPS)의 사고사례 및 국내외 저널 등을 조사하여 안전밸브와 직·간접적으로 연계성이 있는 사고사례를 분석하여 사고 원인 및 문제점을 분석하였다.

(3) 안전밸브 운용실태 분석을 통한 현행 규정의 적정성 검토

- 여수, 울산, 대산, 청주, 구미, 기흥, 익산 지역을 중심으로 정유, 석유·화학, 반도체, 제약, 연료전지 등 다양한 사업장을 방문하여 안전밸브 운용실태 조사하였다.
- 사업장뿐만 아니라 안전밸브 제작회사, 안전밸브 검사기관 등 이해관계자들에 대한 심층면담을 통하여 현행 규정의 적정성을 조사하였다.
- 사업장 방문의 한계를 보완하기 위하여 온라인 설문을 통하여 사업장 및 이해관계자들의 의견을 수렴하였다.

(4) 현행 규정의 한계점 및 개선방안(법률 개정안 포함) 마련

- 안전밸브 관련 국내외 선행연구 및 문헌 고찰, 안전밸브 관련 산업재해 발생 현황분석, 국내외 법령 및 기술기준 분석, 현장의 안전밸브 운용실태 분석을 통하여 안전을 담보하면서 현장에서 작동될 수 있는 합리적 개정안을 마련하였다.

Ⅱ. 선행연구 및 사고사례 분석



II. 선행연구 및 사고사례 분석

1. 선행연구

1) 제도적 관점에서의 선행연구

- (1) 정유 및 석유화학 사업장의 압력방출장치(PSV) 검사 주기의 합리적 개선 방안 연구 (김태옥 외, 2021)

정유 및 석유화학 사업장의 경우 정비·보수 주기가 최대 4년 또는 5년인 업종 특성에 비하여 안전밸브의 잦은 검사 주기는 설비의 안전성을 개선하는 측면도 있지만, 안전밸브 탈·부착 작업에 따른 작업 위험성이 상존하고 설비의 정지에 따른 운전 효율성 감소 등을 초래할 수 있어 다음과 같은 제도 개선 방안을 제시하였다.

- 내식성 재질을 사용하거나 도장 등의 부식 대책을 수립한 경우, 안전밸브 전단에 파열판을 설치한 경우 : 매 4년
- 사업장 자율안전관리 제도를 도입하여 공정 조건, 안전설비 설치 및 공정 안전관리 상태에 따라 검사 주기를 차등 적용 : 매 2~4년
- 자율안전관리 체계를 기반으로 위험기반검사를 실행하여 검사 주기가 4년 이상으로 결정될 경우 : 매 4년
- PSM 이행상태 평가 결과가 우수한 사업장의 경우 당초 P등급뿐만 아니라 성과지표의 큰 차이가 없는 S등급도 편입하여 적용 : 매 4년
- 안전보건규칙 제261조 3항 1호의 ‘화학공정 유체’를 ‘유체’로 개정하여 안전밸브 설치 대상을 ‘위험물질을 취급하는 화학설비’로 제한

(2) 화재·폭발 안전기준의 규제수준에 대한 합리적 조정 방안 (최재욱 외, 2021)

안전밸브의 검사 주기와 관련하여 사업장 의견 및 제도의 한계점을 바탕으로 다음과 같이 개선방안을 제시하였다.

- 설비 유지관리 기술이 발전하였기 때문에 1990년에 제정된 안전밸브 검사 주기를 유지하는 것은 현실적이지 못함
- 검사 과정 중 발생할 수 있는 사고 위험성을 낮추기 위하여 모든 정기작업 (예를 들어 안전밸브의 검사나 설비 검사 등)은 정기 보수기간에 맞춰 실시하는 것이 바람직함
- 안전밸브 검사 주기를 설치 형태, 검사관리 기술 능력, 사업장 안전관리 수준 평가 등을 통하여 검사 주기를 연장할 수 있도록 제도 개선 필요성을 제안

(3) 국내 정유·석유화학 사업장 압력방출장치(PSV) 검사주기의 합리적인 개선을 위한 연구 (이영순 외, 2011)

안전밸브의 검사 주기에 대한 개선방안을 다음과 같이 제안하였다.

- 일본의 경우 2년, 국내 다른 법률의 최소 유효기간(4년)을 규정하고 있어 안전보건규칙의 1년 주기를 2년으로 연장하는 방안 제시
- 일정 조건을 만족하는 경우 검사 주기 연장 제시
 - PSM 등급 우수사업장의 경우 : 매 6년
 - 안전밸브 검사 절차서 작성, 심사 및 준수한 경우 : 매 6년
- 사업장 자율안전관리를 통하여 검사 주기를 설정하고 자체 점검을 실시하는 경우 : 매 6년

(4) 산업재해 예방의 실효성 제고를 위한 사업장 안전관련 규제 합리화 과제 (한국경제연구원, 2016)

산업계 애로사항에 대한 개선방안을 다음 내용을 중심으로 제시하였다.

- 안전밸브 검사 강화를 시행하고 P등급 사업장뿐만 아니라 S등급 사업장인 경우도 4년마다 1회 검사체계 필요
- 압력용기에 설치된 안전밸브도 검사 주기를 최대 8년으로 연장하여 검사 주기를 일원화(고압가스 안전관리법 검사기준 준용) 필요
- 석유화학 공정의 가동중지 및 재가동 시 발생하는 안전사고의 위험성을 최소화하고 산업의 손실을 최소화하기 위해 대정비 주기에 적합하게 연장할 수 있도록 보완 조치 필요
- 안전밸브의 관리 수준은 PSM 등급과 직접적인 관계는 적으므로, 이미 철저하게 안전밸브를 관리하는 사업장의 부담이 있음

2) 기술적 관점에서의 선행연구

장유리 등(2017)은 안전밸브 검사 결과 자료 분석을 하여 직접 검사법을 이용한 방식에 한계점과 현행 직접 검사에 간접검사 방법을 추가·도입하여 검사 방식의 기능개선 필요성 제시하였다. 다만 추가방안으로 제시한 간접 검사 방식에 대해서는 구체적인 언급은 없었다.

김명철 등(2017)은 고압가스 사용시설의 안전밸브 설치유형별 위험을 분석하였으며 결과에 따라 위험성 평가(FTA) 결과, 저장용기에 부착된 기기의 자체 결함뿐만 아니라 운전자의 실수에 대한 사고 발생확률 또한 높은 것으로 나타났으며, 안전밸브 설치유형별 위험 요소는 근로자 조작 실수 → 안전밸브의 자체 결함 → 안전밸브 검사 및 보수 → 부품의 자체 결함 순으로 분석 결과를 제시하였다.

Julia 등(2009)은 약 9,300건의 안전밸브 검사결과를 3가지 유형으로 분류하여 안전밸브의 검사주기를 분석한 결과 평균 5.2년의 유효기간을 갖고 있으며 취급물질과 유형에 따라 유효기간을 4~5년으로 차등하여 규정할 수 있음을 제시하였다.

Alan Fitzpatrick(2009)은 보일러 및 스팀 발생 설비에서 안전밸브 검사 주기는 소규모 보일러 14개월, 석탄 연료를 사용하는 발전소(coal-fire power plant) 50개월(4년 이상) 적용을 제시하였다.

Thiago 등(2018)은 위험기반검사 방법을 통해 안전밸브 검사주기를 탄력적으로 적용하는 방법을 제안하였다. 즉, 위험기반검사를 실시하는 경우 부식이 없고 오염이 발생하지 않는 조건에서는 최대 10년까지 안전밸브 검사주기를 적용할 수 있음을 제시하였다.

Trotta 등(2018)의 연구 결과에 따르면 압력 릴리프 밸브 검사, 테스트 및 유지보수를 위한 정확한 간격은 기본적으로 미국 산업안전보건청(OSHA) 기준을 따르지만, 안전밸브에 대한 여러 차례 연속 테스트 결과를 바탕으로 검사 주기를 늘리거나 불안전성의 편차가 발생하는 경우 줄여야 함을 언급하였다.

Bragatto 등(2012)에 따르면 위험기반검사(RBI)는 많은 산업 분야에서 위험을 줄이고 안전 수준을 높이는 효과적인 방법으로 인식되고 있으며 RBI를 활용하여 비용 증가 없이 더 높은 안전 수준을 보장할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있으나 안전에 대한 관심이 낮은 사업장의 경우 오용 가능성이 높아 일부 국가들은 RBI를 활용한 검사 주기의 결정에 신중한 입장이다.

대표적으로 이탈리아의 경우 RBI를 대다수의 정유 공장, 주요 화학시설 및 발전소에 적용하였으나 중소기업에 대한 RBI의 적용은 오히려 성공적이지 않았는데 이는 중소 사업장의 제한된 예산으로는 RBI의 개발, 구현 및 유지 관리에 필요한 리소스가 부족하기 때문이다. 독일, 네덜란드, 프랑스, 포르투갈, 핀란드, 라트비아 등은 RBI 적용을 찬성하는 반면, 폴란드, 덴마크 그리스,

에스토니아, 스웨덴은 RBI에 회의적이다. 영국, 스페인, 노르웨이, 세르비아, 아일랜드, 이탈리아의 경우 중간적인 접근으로 여러 요구 사항이 충족되는 경우에만 RBI를 도입하고 있다.

Chien 등(2009)에 따르면 지난 10년 동안 대만 노동위원회 규정에 따르면 압력용기의 검사 간격은 가스공급(3년)을 제외하고 대부분 2년으로 규정하고 있으며 가압 시스템의 안전밸브는 관련 코드 및 관할기관의 요구 사항을 바탕으로 안전밸브가 정상적으로 작동할 수 있는지 확인하기 위한 테스트를 수행한다. 손상 메커니즘 평가를 포함한 경우 플랜트 운영자가 압력용기의 검사 주기를 2년 이상(현재 대만 규정에 따라 허용되는 가장 짧은 검사 간격)으로 연장할 수 있도록 허용했다. 다만, 안전밸브의 성능과 검사 주기를 평가하는데 체계적으로 적용할 수 있는 구체적인 규정이나 기준이 없기 때문에 특정 검사 및 유지 관리 전략은 장기간 안전밸브의 노후화 경향에 초점을 맞춰야 한다고 제시하고 있다.

Harris(2006)는 3년 동안 3,500개의 안전밸브 중 500개 이상의 사용된 밸브를 대상으로 테스트 기록을 수집하고 검토하였다. 기본적으로, 데이터의 수집 및 분석은 테스트 간격을 늘리고 비용을 줄이며 안전을 유지하는 것을 목표를 두었다. 또한, 사용 시간은 밸브 성능에 최소한의 영향을 미치는 것으로 나타났으며 시트 재질과 인입부의 크기는 안전밸브 성능에 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 결과적으로 이러한 통계학적 접근 방법을 바탕으로 안전밸브 검사 최적화 분석 모델을 제시하였다.

Okoh(2016)는 주요 화학사고 위험의 관점에서 안전밸브의 검사 주기 최적화를 연구하였다. 연구에 따르면, 많은 사업장에서는 안전밸브의 정상적인 재인증 간격으로 1~2년을 적용하는 경우가 많으며 노르웨이의 연안 석유 산업에서는 설비에 설치되어 있는 안전밸브에 대해 매년 고장을 모니터링하고 매년 보고한다. 2014년의 안전밸브 법적 기준에 미치지 못하는 경우는 평균 1.7%이었으며 다만, 개별 설비의 안전밸브에 대한 테스트 간격과 실패 비율 간의 가능한 상관관계를 설정하기가 쉽지 않음을 설명하였다. 해당 연구에서는

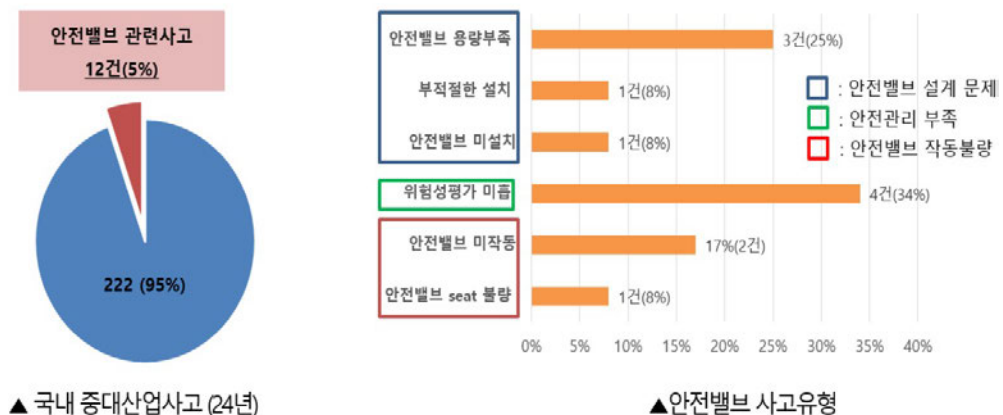
안전밸브 검사 결과를 바탕으로 안전밸브 재검사 간격 최적화를 위한 위험 모델링을 제시하였다.

2. 국내·외 안전밸브 사고사례

1) 국내 안전밸브 관련 사고 현황

1996년부터 2020년까지 발생한 227건의 중대산업사고를 분석하였다. 이중 안전밸브와 연관성이 있는 사고는 12건이었으며 이 중 1) 5건은 안전밸브 설계상의 문제로 분류할 수 있으며, 2) 4건은 안전관리 부족, 그리고 3) 안전밸브 작동불량 3건으로 분석되었다 (안전보건공단, 2022).

먼저, 1) 5건의 안전밸브 설계상 문제로는 안전밸브 미설치(1건), 부적절한 안전밸브 설치(1건), 설계용량 부족(3건)으로 분석되었다. 2) 4건의 안전관리 부족 원인으로는 위험성평가 미흡으로 안전밸브 작동 이후 배출물질이 안전하게 처리되지 못하였다. 3) 마지막으로 안전밸브 기능과 직접적으로 관련이 있는 사고 3건의 경우 안전밸브 미작동(2건), 시트불량(1건)이 발생한 것으로 분석되었다.



[그림 II-1] 안전밸브 사고유형

〈표 II-1〉 국내 안전밸브 관련 사고현황

번 번호	사고일자	지역	사망	부상	사고개요	사고원인
1	'96.06.04.	여수	0	0	P-XYLENE 공장에서 자일렌 column 상부에 설치된 파일롯형 안전밸브 고장, Seal 드럼에 응축된 자일렌이 누출되어 정전기 등으로 착화되어 화재	·안전밸브 Seat 불량 ·파일롯형 안전밸브 차단밸브를 열지 않아 Relief 밸브 3대 작동
2	'96.08.03.	여수	1	3	탄화수소가 함유된 폐수가 폐수처리장 반응기로 유입, 분해되면서 열분해 반응기 파열	·열분해 반응기에 부적절한 안전밸브 설치 ·니트로벤젠이 폐수에 혼입되어 폐수처리장으로 유입
3	'97.01.26.	수원	0	7	엔지니어링 플라스틱(PPS) 시험생산 중 반응기 내부 반응폭주로 인해 과압이 생성되어 파열판 플랜지 틈새로 가연성 증기가 누출되어 폭발	·안전밸브 용량 부족, 가열 및 냉각시스템 미흡 ·반응폭주 가능성에 대한 사전검토가 이루어지지 않음 ·반응억제제 주입설비 미설치, 미숙련운전
4	'00.08.24.	여수	7	18	저장용기에서 MEK-PO의 급격한 분해로 폭발	·외부화재를 고려한 안전밸브 미설치 ·변경관리 절차와 위험성 평가 부실 관리
5	'02.08.18.	수도권	3	12	Epoxy 접착제 반응기 공정에서 이상온도 상승으로 열분해 반응이 발생하여 폭발	·안전밸브의 용량 부족 ·제품의 열분해에 의한 화재·폭발
6	'03.10.17.	평택	3	5	열매보일러 운전 중 내부 압력이 비정상적으로 상승하였지만, 안전밸브가 작동하지 않아 용해조가 파열	·용해조의 안전밸브 미작동 ·무리한 공정운전 ·근로자의 숙련도 부족
7	'08.03.01.	김천	2	10	반응기에 1차 원료 투입 및 승온 후 반응열을 제	·경화된 수지에 의한 안전밸브 미작동

					어하기 위해 냉각수로 온도제어 중 반응폭주로 인해 압력을 견디지 못하고 폭발	·발열반응 시 냉각 실패 ·원료공급 비율 오류로 인한 반응폭주
8	'08.05.03.	여수	0	2	VCM 공장에서 응축기의 냉매 공급이 중단되어 정전된 후 가동 정지하는 과정에서 HCI Splitter Column의 안전밸브에서 배출된 염화수소가 대기로 누출	·안전밸브에서 배출된 염화수소가 스크러버 등을 통해 처리되지 않고 대기로 배출 ·정전에 의해 HCI Splitter Column의 내압이 상승하여 파열판 및 안전밸브가 작동하여 염화수소 배출
9	'10.12.20.	울산	3	4	정비작업을 마치고 가동 준비 중 배관에서 수소가 누출되면서 화재·폭발	·안전밸브 탈착한 노즐에 연결한 가배관 제거 중 화재·폭발 발생 ·부적절한 맹판 사용 및 체결상태 미흡 ·가스감지기 설치 위치 부적절 ·On/Off Valve를 닫힘 상태로 유지하는 조치 미 실시
10	'15.09.04.	청주	0	0	운전자의 투입 작업오류로 반응기 내에 미반응 물로 남아있는 포름알데히드의 증기압에 의해 과압이 발생하여 반응기 폭발	·폭주반응이 발생할 때 압력방출장치의 용량 부족 ·안전운전절차서 및 폭주반응 억제 대응 수단 미흡 ·회분식 반응기의 위험성평가 미흡
11	'16.06.04.	금산	0	1	불산 IBC에서 필터하우징을 거쳐 탱크로리로 이송작업 중 필터하우징 상부에 부착된 파열판의 파열로 불산이 배관을 통해 유출	·필터하우징의 파열판 파열로 불산 유출 ·위험성 평가 미흡

12	'20.05.19.	서산	1	2	이동식 용기 충전 중 과압으로 인해 안전밸브가 작동되면서 포장실 내로 분출된 내용물이 인화되어 화재 발생	<ul style="list-style-type: none"> ·안전밸브 토출부 미연결로 위험물질이 내부로 배출 ·이동식 용기와 플랜지 연결 부적정 ·충진 준비작업에 대한 체계적 관리·이행 미흡 ·위험물질 배출처리 조치 미흡 ·위험성평가 반영미흡
----	------------	----	---	---	--	--

다음은 중대산업사고 중 안전밸브와 관련이 있는 주요 사고를 중심으로 사고 개요, 발생원인 및 예방대책을 기술하였다(안전보건공단, 2018, 2020).

(1) 반응폭주로 인한 폭발사고

• 사고개요

- 2008년 3월 1일 김천 (주)OOO 유화부문 공장 BD-3 반응시설에서 근로자 2명이 폐놀수지계 푸란수지 제조를 위한 반응기를 포함한 반응시스템을 1차 원료 투입 이후 Steam을 투입하는 과정에서 Cooling Water를 이용하여 온도제어를 하다가 반응 폭주가 발생하고 반응시설의 Catcher Tank 및 Vacuum Tank가 폭주 압력을 견디지 못해 폭발하고 건물 붕괴와 화재가 발생하여 근로자 사망 및 부상 재해 발생

• 발생원인

- 발열반응 시 냉각 실패
- 원료 공급 비율 오류에 의한 반응폭주
- 경화된 수지에 의한 안전장치 미작동

- 재발방지대책
 - 반응기의 발열반응시 작업자의 실수예방
 - 반응폭주 발생 시 폭주 저지를 위한 반응기 내 물공급설비 개선
 - 원료투입 자동화설비 설치 등 공정 자동화



(a) 사고 발생 모습



(b) 사고 발생 반응기

[그림 II-2] 반응폭주로 인한 폭발사고

(2) 응축기를 통한 염화수소 누출사고

- 사고개요
 - 2008년 5월 3일 여수 oo(주) 사업장에서 근로자 2명이 입·출하 작업 감독과 BTX 탱크 지역을 순찰하던 중 VCM 공정에서 응축기의 냉매 공급이 중단되어 정전이 발생하였고, 가동 정지하는 과정에서 염화수소 Splitter Column에 설치된 안전밸브를 통해 배출된 사고
- 발생원인
 - 정전에 의한 냉동시스템 가동정지로 염화수소 Splitter column 내부 압력상승 및 냉매 공급 중단

- 염화수소 Splitter column 내부 압력 상승 시 스크리버로 긴급 방출할 수 있는 조절밸브가 계장용 공기의 공급 중단으로 차단
- 염화수소 Splitter column의 내압 상승으로 파열판 및 안전밸브가 작동하여 염화수소 방출
- 재발방지대책
 - 안전밸브의 토출 측을 스크리버에 연결하여 배출되는 염화수소 중화처리
 - HCl Splitter Column의 압력을 조절하는 조절밸브의 Failure Position을 FC(Fail Close)에서 FO(Fail Open)로 변경



(a) 안전밸브 설치 사진



(b) 안전밸브 내부 사진

[그림 II-3] 응축기를 통한 염화수소 누출사고

(3) 페놀폼(PF) 단열재 제조공장 안전밸브 파손 사고

- 사고개요
 - 2015년 9월 4일 충북 청주시 옥산 지방산업단지 내 00 옥산 공장에서 파라포름알데히드(분말) 등 페놀(액상)1급 발암물질을 수지 중합과정 중 반응기가 폭발해 공장 외벽이 크게 파손되는 등 피해 발생

● 발생원인

- 폭발반응이 발생할 때 압력방출장치 용량의 부족으로 압력을 해소하지 못하고 과압 발생
- 운전자의 판단 오류로 반응기에 투입하지 않은 촉매의 잔량을 순서에 맞지 않게 일시에 투입하여 반응기 내에 미반응물로 남아있는 포름알데히드의 증기압에 의해 과압 발생
- 안전운전절차서 및 폭발반응 억제 대응수단 미흡(관리적 요인)
- 회분식 반응기의 위험성평가 미흡

● 재발방지대책

- 자동화 운전(시퀀스 제어 등)을 통한 투입 순서오류 차단
- 압력방출장치 및 반응기의 용량 및 크기의 적절한 선정
- 폭발반응 억제 대응수단의 보강 및 철저한 위험성평가



(a) 반응기에 설치된 안전밸브



(b) 외벽 붕괴 사진

[그림 II-4] 페놀폼(PF) 단열재 안전밸브 사고 파손 사고

(4) 촉매제품 이동식 용기에 충전 작업 중 폭발사고

- 사고개요

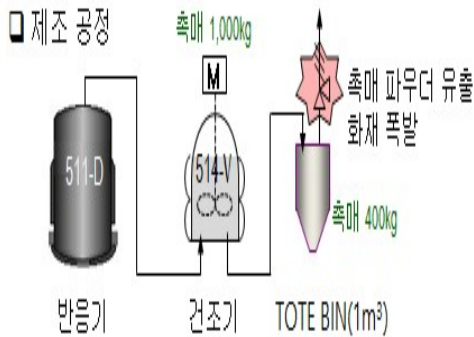
- 2020년 5월 충남 00사업장의 촉매연구개발센터에서 생산된 촉매제품을 이동식 용기(1m³, TOTE BIN)에 충전 작업 중 원인불명의 과압으로 안전밸브가 작동되어 포장실 내부로 배출되면서 폭발

- 발생원인

- 안전밸브 토출부 미연결 : 안전밸브 토출부가 연결되지 않아 위험물질이 포장실 내부로 직접 배출되어 2차 사고(폭발·화재)가 발생
- 이동식 용기와 플랜지 연결 부적정 : 이동식 용기로 촉매를 충전하는 작업 중 작업자가 플랜지 체결을 완료하지 못하였을 것으로 추정

- 재발방지대책

- 안전밸브 토출부를 안전한 장소로 연결
- 작업절차서를 통해 작업자가 안전하게 작업할 수 있도록 보완 및 교육



(a) 사고공정 개략도



(b) 사고 유사설비

[그림 II-5] 촉매제품 폭발사고

2) 국외 안전밸브 관련 사고 현황

미국 CSB, 해외자료 그리고 국내 연구자료 등을 조사하여 안전밸브 관련 사고를 조사하였다.

안전밸브 관련 사고 13건 중 안전밸브 후단에 차단밸브가 설치되어 발생한 사고가 1건, 안전밸브 벤트 노즐 파단 1건, 기능 실패 2건, 안전밸브 미설치 1건, 안전밸브로 위험물질이 방출되어 발생한 사고가 8건으로 조사되었다.

〈표 II-2〉 국외 안전밸브 관련 사고현황

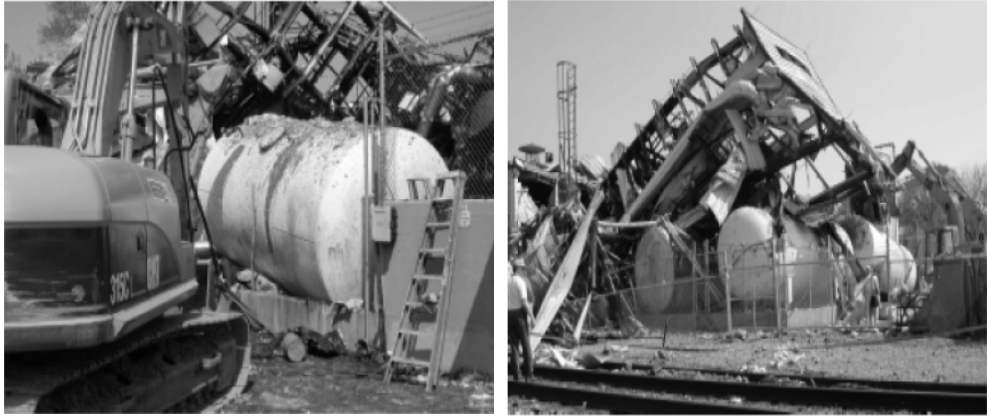
번호	사고일자	지역	사망	부상	사고개요	사고원인
1	'79.12.07.	일본 가나가 와현	0	0	탈황공정의 반응 생성물을 기액 분리기를 이용하여 기액 분리하는 공정 중 연기 발생	·안전밸브 출구 배관에 차단밸브가 있어 출구 직후의 흐름이 원활하지 않음으로 인한 채터링 현상 반복
2	'95.07.26.	일본 오가야 마현	0	0	증류탑의 펌프 하류의 압력 조절밸브가 full close 되어 안전밸브 작동, 토출에 의한 안전밸브 채터링에 의해 토출 노즐(3/4B)이 파단되어 탈황중유 분출	·안전밸브의 채터링 현상에 의해 벤트 노즐 파단 ·전자식 조절계의 배선을 협착상태로 체결하여 절연 피복 파괴
3	'99.07.05.	미국 루이지 애나주	0	29	정제소에서 발전소의 스위치 작동 오류로 정전이 발생. 파이프와 밸브가 막혀 압력용기 과압으로 인한 폭발	·릴리프 밸브의 차단(격리) ·릴리프 밸브 내부의 과도한 스케일링으로 인한 작동 실패 ·최대 허용 작동 압력을 초과하는 압력용기 사용

4	'03.04.11.	미국 캔타키 주 루이시빌	1	0	압력용기가 캐러멜 색소 용액의 과열로 발생한 과도한 압력에 의해 폭발	<ul style="list-style-type: none"> ·안전밸브 미설치로 탱크 압력 해소 불가 ·사고탱크에 대한 적절한 위험성 평가 시스템 부재 ·작업자의 작업안전절차 미준수 및 공정관리 부적절
5	'05.03.23.	미국 텍사스 주	15	170	탑정배관의 안전밸브에서 토출된 탄화수소가 지상에 액체 pool 생성, 소규모 폭발 발생 후 대규모 폭발 발생	<ul style="list-style-type: none"> ·탄화수소가 stack에서 토출되어 지상에 액체 pool 형성 ·3시간 가량 탑저유 제어밸브 폐쇄로 인한 splitter 탑 내의 level 상승 ·High level alarm 기능 상실 및 고장
6	'05.06.24.	미국 미주리 주	0	0	프로필렌 실린더의 내부 압력이 증가하여 실린더 내 릴리프 밸브가 열려 프로필렌이 방출되었고, 정전기에 의해 화재·폭발	<ul style="list-style-type: none"> ·안전밸브 작동압력을 상대적으로 낮게 설정 ·화재 발생으로 인근 실린더의 프로필렌 방출 및 화재
7	'05.08.07.	프랑스	0	8	안전밸브에서 가스상의 탄화수소가 방출되어 5분간 대기로 방출 및 확산	<ul style="list-style-type: none"> ·상압 증류탑의 압력 상승으로 안전밸브 개방 ·안전밸브를 통해 탄화수소 대기 방출
8	'06.01.31.	미국 노스캐롤 라이나 주	1	14	반응기 응축기의 냉각 용량을 초과하여 반응기 압력이 급격하게 증가하여 반응기 맨홀을 통해 솔벤트 증기가 누출. 외부 점화원에 인하여 폭발	<ul style="list-style-type: none"> ·맨홀 고정 불량으로 릴리프밸브 설정값 이하의 압력에서 솔벤트 누출 ·맨홀을 18개 클램프 중 4개의 클램프만 고정하는 관행

9	'06.04.10.	일본 오오사 까부	0	0	대기방출 배관이 녹 등에 의해 기능 상실하여 가스가 다량 방출, 자연 발화하여 화재 발생	<ul style="list-style-type: none"> ·안전밸브 대기방출 배관 부식 및 막힘 등 점검 미흡 ·원료 변경에 따른 압력 변동 확대 제어 실패로 인한 안전밸브 작동 ·운전압력 상승에 따른 불안정한 운전 지속
10	'06.09.07.	일본 보구시 마	0	0	밸브의 조작오류에 의해 반응기의 고온 내용물이 방출관으로 방출, 착화하여 화재 발생	<ul style="list-style-type: none"> ·안전밸브를 통해 고형물이 외부로 방출 및 착화 ·오조작 운전 시 온도조절밸브 정지 등에 대한 매뉴얼 미구축 ·방출관 설계 시 수지, 고형물 등의 방출 고려하지 않음
11	'06.09.12.	일본 기후현	0	1	정류탑 내압이 급속하게 상승하여 균열 발생, 수소가 분출하여 착화원에 의해 인화, 폭발 발생	<ul style="list-style-type: none"> ·안전밸브와 진공펌프의 배기능력을 상회하는 압력 발생 ·작업자의 조작 과정 중 촉매 혼입으로 인한 반응 폭주 발생
12	'07.03.06.	일본 치바현	0	0	수첨탈황공정 정류탑의 약취 발생, 정류탑 배관에 설치된 안전밸브 미작동	·안전밸브 배관의 내면 부식 검사대상 제외로 인한 부식 및 추적조사 미실시
13	'08.06.11.	미국 텍사스 주	1	6	열교환기 압력방출장치가 압력을 배출하지 못해 열교환기 과압으로 인한 파열로 암모니아 누출	<ul style="list-style-type: none"> ·파열판 교체 작업 중 격리밸브 폐쇄 ·배관 청소를 위해 압력조정밸브와 연결된 차단밸브 폐쇄

(2) 과압에 의한 압력용기 폭발사고(CSB, 2003)

- 사고개요
 - 2003년 4월 11일 금요일 2:10 분 경 켄터키주 루이스빌 소재 00공장에 있던 용기가 폭발. 1명 사망. 11.7 톤의 암모니아수가 방출되었고 주민 26명이 대피하였으며 폭발로 공장 서쪽 부분이 심하게 파손
- 발생원인
 - 사고 탱크에는 안전밸브가 설치되어 있지 않아 탱크 내부 압력 상승에 따른 압력 방출 장치의 부재
 - 사고탱크에 대한 적절한 위험성 평가 시스템 부재
 - 적절한 운전절차 및 교육 훈련 프로그램 미수립
- 재발방지대책
 - 압력용기를 관련 법규와 표준에 의거하여 설계, 제작, 운전하도록 하는 절차 수립
 - 신뢰성 있는 적절한 과다 압력 보호 장치를 설치
 - 신뢰성 있는 경보나 인터록 장치를 설치할 것
 - 시설변경 발생 시 철저한 검토를 거치도록 하는 프로그램 실시
 - 중대 산업 사고 가능성과 필요한 안전조치를 결정할 수 있는 위험 평가 절차를 수립
 - 작업지시서를 갱신하고 갱신한 내용을 운전원들에게 교육할 것



(a) 사고 암모니아수 저장탱크 (b) 붕괴된 분무 건조기 구조물

[그림 II-6] 과압에 의한 압력용기 폭발사고

(2) 반응폭주 및 증기운 폭발(CSB, 2006)

• 사고개요

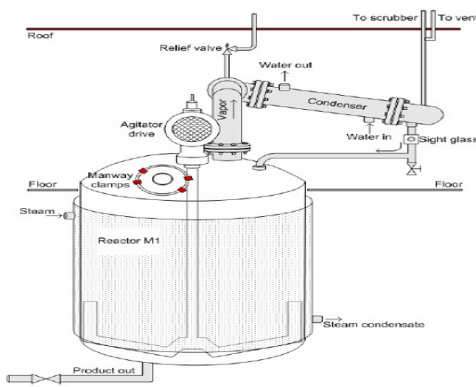
- 2006년 1월 31일 노스캐롤라이나주 00화학공정에서 표준 생산물량을 초과주문을 받아 무리하게 운전. 반응기의 에너지 방출 속도가 정상 운전 조건의 2배가 넘어 반응기 응축기의 냉각 용량을 초과. 반응기 압력은 급격하게 증가하였고 반응기 맨홀에서 솔벤트 증기가 새어 나왔으며 외부 점화원으로 인하여 폭발. 작업자 1명이 사망하였고 14명이 부상, 폭발로 인해 설비 및 주변 건물들의 피해 발생

• 발생원인

- 위험 인식에 대한 부족 및 공정 안전 정보에 대한 문서화 부족
- 제품 생산 방법 변경에 대한 관리 부족
- 작업자 교육·훈련 부족

- 재발방지대책

- 사고의 문제를 초기에 운영자에게 통보해주는 고압 경보체계 구축 필요
- 반응기 자켓으로 흐르는 자동 비상 냉각 체계 구축
- 원료 공급의 자동 중단
- 반응기의 자동 벤트, 원격 벤트 또는 안전한 장소에 반응물 배출 시스템 구축



(a) 사고 반응기



(b) 파손된 설비들

[그림 II-기] 반응폭주 및 증기운 폭발

(3) 과압으로 인한 열교환기 파열 및 암모니아 누출 사고(CSB, 2008)

- 사고개요

- 2008년 6월 11일 암모니아로 냉각이 이루어지는 열교환기와 릴리프 밸브 사이 격리밸브를 폐쇄하여 파열판 교체. 이후 격리밸브를 개방하지 않았고, 배관을 청소하기 위해 스팀 주입하여 액화 암모니아가 열교환기 내에서 가열되고 용기의 압력을 상승시킴

- 암모니아 열교환기에 설치된 압력방출장치가 압력을 배출하지 못해 열교환기 과압으로 인한 파열로 암모니아 누출
- 발생원인
 - 파열판 교체 후 격리 밸브 폐쇄, 배관 청소를 위해 압력 조정 밸브와 연결된 차단 밸브 폐쇄
 - 격리밸브 및 차단밸브 닫힘으로 인한 가압 발생
 - 열교환기 배관으로 스팀을 주입하였고, 이로 인해 액화 암모니아 가열로 인해 압력 상승, 지속된 가압으로 인한 파열 및 누출 발생
- 재발방지대책
 - 유지보수 담당자와 운영 담당자 간의 긴밀한 커뮤니케이션 환경 구축
 - 릴리프밸브 유지보수 이후 재 운전시 운전절차 준수 필요



(a) 사고 발생 열교환기 사진



(b) 사고 발생 사진

[그림 II-8] 폭발사고 현장 사진

3. 소론

국내의 경우 안전밸브 설치 대상 및 작동시험 주기에 관한 연구는 다른 분야에 비해 상대적으로 제한적으로 이뤄지고 있다. 산업계 및 관련 단체를 중심으로 규제 완화 필요성에 대한 제도적 관점 측면에서 연구가 진행되었으며 일부 기술적 측면의 연구가 진행되었으나 구체적인 방안에 대한 연구보다는 제도의 방향성에 관한 연구가 진행되었다.

외국의 경우 안전밸브 설치 형태 및 사업장의 PSM 등급에 따른 작동시험 주기를 규정하고 있는 국내와 다르게 안전밸브의 성능에 관한 신뢰성을 바탕으로 작동시험 주기 연장을 결정하기 위한 다양한 연구가 진행되었다. 특히, 신뢰성 확보방안으로 RBI가 활용되고 있다. 많은 연구가 RBI 적용을 통해 검사 빈도와 검사주기의 최적 조합을 결정하는 방법을 제안하고 있다. 동시에 기업의 규모에 따라 RBI의 적용 여부가 달라질 수 있다는 점을 함께 언급하고 있다.

국내·외에서 발생한 안전밸브 관련 사고원인 분석 결과 아래 그림처럼 기계적 원인과 안전관리 체계 미흡으로 분류할 수 있다.

사고를 예방하기 위해서는 현재 기계적인 결함에 중점이 맞춰져 있는 체계에서 해당 부분을 포함하고 위험성 평가, 작업 운전절차 등에 대한 안전관리 역량을 향상하는 방안을 추가적으로 보완할 필요가 있다고 판단된다.

① 설치 및 기계적 원인	② 안전관리 체계 미흡
<ol style="list-style-type: none"> 1. 안전밸브 미설치 2. 안전밸브 미작동(기능 상실) 3. 안전밸브 설계용량 부적정 4. 부적절한 설치(파열판→릴리프 밸브) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 위험성평가 시스템 부재 2. 안전밸브 배출관리 미흡 3. 작업운전절차 미준수 4. 변경관리에 따른 작업자 교육 미실시

[그림 II-9] 국내·외 안전밸브 관련 주요 사고원인 분석 결과

Ⅲ. 국내·외 안전밸브 법령 및 기술기준 분석



Ⅲ. 국내·외 안전밸브 법령 및 기술기준 분석

1. 국내 법규 및 기술기준

본 연구에서는 국내 법령 및 기술기준을 조사하여 안전밸브 설치대상 및 검사주기에 대한 규정을 조사·분석하였다. 산업안전보건법 및 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 안전밸브 관련 고시, KOSHA Guide를 분석하고 유사 법령인 「고압가스안전관리법」, 「화학물질관리법」, 「전기안전법」, 「에너지이용합리화법」 등을 중심으로 기술기준을 상호 비교·분석하였다.

1) 산업안전보건법

(1) 산업안전보건기준에 관한 규칙

사업주는 보일러의 안전한 가동을 위하여 보일러 규격에 맞는 압력방출장치를 1개 또는 2개 이상 설치하도록 제116조(압력방출장치)에서 규정하고 있다.

설치된 압력방출장치는 매년 1회 이상 「국가표준기본법」 제14조제3항에 따라 산업통상자원부장관의 지정을 받은 국가교정업무 전담기관에서 교정을 받은 압력계를 이용하여 설정압력에서 압력방출장치가 적정하게 작동하는지를 검사한다.

사업주는 과압에 따른 폭발을 방지하기 위하여 폭발 방지 성능과 규격을 갖춘 안전밸브 또는 파열판을 아래의 어느 하나에 해당하는 설비에 대하여 설치하도록 제261조(안전밸브 등의 설치)에서 규정하고 있다.

- ① 압력용기(안지름이 150밀리미터 이하인 압력용기는 제외, 압력 용기 중 관형 열교환기의 경우에는 관의 파열로 인하여 상승한 압력이 압력용

기의 최고사용압력을 초과할 우려가 있는 경우만 해당)

- ② 정변위 압축기
- ③ 정변위 펌프(토출측에 차단밸브가 설치된 것만 해당)
- 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

설치된 안전밸브에 대해서는 국가교정기관에서 교정을 받은 압력계를 이용하여 아래와 같이 주기적으로 검사를 실시하도록 규정하고 있다.

- ① 화학공정 유체와 안전밸브의 디스크 또는 시트가 직접 접촉될 수 있도록 설치된 경우: 매년 1회 이상
- ② 안전밸브 전단에 파열판이 설치된 경우: 2년마다 1회 이상
- ③ 공정안전보고서 제출 대상으로서 공정안전보고서 이행상태 평가결과가 우수한 사업장의 안전밸브의 경우: 4년마다 1회 이상

(2) 방호장치 안전인증 고시

안전밸브의 성능기준은 「방호장치 안전인증 고시」의 제8조 성능기준 및 시험방법에 따르며 성능기준은 [별표 3], 시험방법은 [별표 3의2]에서 각각 규정하고 있다.

안전밸브 분출압력의 허용차는 아래 표에서처럼 설정압력에 따른 허용차를 차등 규정하고 있다. 설정압력이 0.5 MPa 미만의 경우 허용차가 ± 0.015 MPa, 0.5 MPa 이상 2.0 MPa 미만인 경우 허용차가 설정압력의 $\pm 3\%$, 2.0 MPa 이상 10.0 MPa 미만의 경우 $\pm 2\%$, 10 MPa 이상의 경우 허용차는 설

정압력의 $\pm 15\%$ 미만으로 규정하고 있다.

〈표 Ⅲ-1〉 증기용 분출압력의 허용차

설정압력(MPa)	허용차
0.5 미만	± 0.015 MPa
0.5 이상 2.0 미만	± 100 분의 3
2.0 이상 10.0 미만	± 100 분의 2
10.0 이상	± 100 분의 1.5

증기용 안전밸브의 분출강하는 KOSHA Guide에서 아래 표와 같이 언급하고 있다. 다만 관류 보일러, 재열기, 배관 등에 사용하는 증기용 안전밸브의 분출압력이 0.3 MPa를 넘는 경우의 분출강하는 설정압력의 10% 이하로 할 수 있도록 규정하고 있다.

〈표 Ⅲ-2〉 증기용 안전밸브의 분출강하

분출압력(MPa)	분출강하
0.3 이하	0.03 MPa
0.3을 초과하는 것	설정압력의 10% 이하

안전인증대상과 관련하여, 압력용기 압력방출용 안전밸브 및 파열판의 경우 「안전인증·자율안전확인신고의 절차에 관한 고시」에 따라 설정압력 0.1 MPa 이상인 경우 안전인증대상에 포함된다.

또한 안전밸브 분출압력시험 방법에 대해서 KOSHA Guide 「안전밸브의

분출압력 및 시트기밀 시험에 관한 기술지침에 구체적인 시험방법과 시험결과에 대한 세부내역을 관리할 수 있도록 관련 양식을 제공하고 있다.

시험 및 정비보고서

[육안검사 및 정비실시 내역]				
정비, 점검대상	세 부 내 용			결 과
	정비내용	부분품교환		
몸체(body)				<input type="checkbox"/> 적합, <input type="checkbox"/> 부적합
본넷(bonnet)				<input type="checkbox"/> 적합, <input type="checkbox"/> 부적합
디스크(disc)				<input type="checkbox"/> 적합, <input type="checkbox"/> 부적합
노즐(nozzle)				<input type="checkbox"/> 적합, <input type="checkbox"/> 부적합
벨로즈(bellows)				<input type="checkbox"/> 적합, <input type="checkbox"/> 부적합
스텝(stem)				<input type="checkbox"/> 적합, <input type="checkbox"/> 부적합
고정나사 (compression screw)				<input type="checkbox"/> 적합, <input type="checkbox"/> 부적합
하부링(ring) 및 편				<input type="checkbox"/> 적합, <input type="checkbox"/> 부적합
상부링(ring) 및 편				<input type="checkbox"/> 적합, <input type="checkbox"/> 부적합
스프링(spring)				<input type="checkbox"/> 적합, <input type="checkbox"/> 부적합
가스켓(gasket)				<input type="checkbox"/> 적합, <input type="checkbox"/> 부적합
[분출압력시험]				
설정압력	① _____ MPa(gauge)		시험온도	_____ (°C)
시험유체	<input type="checkbox"/> 절소 <input type="checkbox"/> 공기 <input type="checkbox"/> 물 <input type="checkbox"/> 기타 (_____)			
분출 압력 시험	허용오차범위	± _____ MPa		노동부고시(제 _____ 호)
	시험 및 교정 결과	② 교정결과 ± _____ MPa(gauge)	③ 발생오차 [①-②] ± _____ MPa	오차율 [③/①] (%)
분출강하 (Blowdown)	④ _____ MPa, [④/①] _____ %			
	① 설정압력 기준 - 0.3 MPa(gauge) 이하 : 0.03 MPa(gauge) - 0.3 MPa(gauge) 초과 : 분출압력의 10 % 이하			
조립결과 확인, 봉인	봉 인 구 분			전용기구 및 납 사용
	분출압 조정캡 <input type="checkbox"/> 확인	분출차 조정캡 <input type="checkbox"/> 확인		
시험 및 승인자	시험자/일자		승인자/일자	
	/		/	

[그림 III-1] 안전밸브 시험 및 정비보고서 양식

(3) 안전인증·자율안전확인신고의 절차에 관한 고시

압력용기의 경우 「안전인증·자율안전확인신고의 절차에 관한 고시」에서 안전인증대상 적용범위를 화학공정 유체취급용기 또는 그 밖의 공정에 사용하는 용기(공기 또는 질소취급용기)로써 설계압력이 게이지 압력으로 0.2 MPa (2kgf/cm²)을 초과한 경우(다만, 용기의 길이 또는 압력에 상관 없이 안지름, 폭, 높이, 또는 단면 대각선 길이가 150 밀리미터(관(管)을 이용하는 경우 호칭지름 150A) 이하인 용기는 제외)로 규정하고 있다.

또한, 보일러 또는 압력용기 압력방출용 안전밸브 및 파열판의 경우 설정 압력이 0.1 MPa 이상인 경우 안전인증 대상이다.

〈표 Ⅲ-3〉 안전밸브 안전인증대상기준

구 분	세부 기준
안전인증 대상	· 설정압력이 0.1 MPa 이상인 것
안전인증 비대상	· 액체의 압력을 개방하는 용도로 사용하는 것 · 설정압력이 0.1 MPa미만인 것 · 압력조정에 사용하는 언로더에 속하는 것

유해하거나 위험한 기계·기구·설비로서 대통령령으로 정하는 것 즉, 안전검사대상기계의 경우 안전검사를 받도록 산업안전보건법에서 규정하고 있으며 그 중 압력용기의 경우 사업장에 설치가 끝난 날부터 3년 이내에 최초 안전검사를 실시하되, 그 이후부터 2년마다 안전검사를 받도록 규정하고 있다. 다만, 공정안전보고서를 제출하여 확인을 받은 압력용기는 4년마다 안전검사를 받을 수 있다.

2) 고압가스안전관리법

「고압가스 안전관리법 시행규칙」 제8조(고압가스제조 등의 시설기준과 기술기준 등)에 따라 고압가스설비에는 그 설비 안의 압력이 최고허용사용 압력을 초과하는 경우 즉시 그 압력을 최고허용사용압력 이하로 되돌릴 수 있는 안전밸브를 설치토록 규정하고 있으며 해당 시설에 따라 설치된 안전밸브의 작동시험 주기는 다음과 같이 규정하고 있다.

- ① 압축기의 최종단에 설치한 것은 1년에 1회 이상
- ② 그 밖의 안전밸브는 2년에 1회 이상

다만, 고압가스특정제조 시설에 설치된 안전밸브의 조정주기는 4년의 범위에서 연장할 수 있으며 압력용기에 설치된 안전밸브는 그 압력용기의 내부에 대한 재검사 주기의 범위에서 연장할 수 있다.

추가적으로, 「고압가스 안전관리법 시행규칙」 제39조(용기 등의 재검사)에 따라 용기 검사 시 안전밸브는 2년이 경과한 후 안전밸브가 장착된 저장탱크의 재검사 주기에 맞추어 검사를 실시할 수 있으며 압력용기의 경우 4년마다 재검사를 실시하며 산업통상자원부장관이 정하여 고시하는 기법에 따라 산정하여 그 적합성을 인정받는 경우 그 주기로 할 수 있다.

3) 화학물질관리법

「화학물질관리법 시행규칙」 제21조(취급시설의 배치·설치 및 관리 기준)에 따라 유해화학물질 취급시설(제조·저장)에는 과압에 따른 폭발을 방지하기 위하여 폭발 방지 성능과 규격을 갖춘 안전밸브 또는 파열판을 설치하도록 규정하고 있다. 기본적으로 안전보건규칙에 관한 규정을 준용하고 있으며, 차이점으로는 정변위 펌프의 경우 공압구동식 펌프에 한하여 추가적으로 제외하는 조항이 포함되어 있다. 작동시험 주기에 대해서는 별도로 규정하고 있지 않다.

- ① 압력용기(안지름이 150 mm 이하인 압력용기는 제외. 압력 용기 중 관형 열교환기의 경우에는 관의 파열로 인하여 상승한 압력이 압력용기의 최고 사용압력 또는 설계압력을 초과할 우려가 있는 경우만 해당)
- ② 정변위 압축기
- ③ 토출측에 차단밸브가 설치된 정변위 펌프(공압구동식 펌프로서, 펌프 설계 압력이 토출배관 설계압력을 초과하지 않는 경우 제외)
- ④ 배관(2개 이상의 밸브에 의하여 차단되어 대기온도에서 액체의 열팽창에 의하여 파열될 우려가 있는 것으로 한정한다.)
- ⑤ 그 밖의 저장설비 및 그 부속설비로서 해당 설비의 최고사용압력 또는 설계압력을 초과할 우려가 있는 것

4) 전기안전관리법 및 전기사업법

「전기안전관리법」 제18조에서는 전기설비의 안전성을 확보하기 위하여 검사 및 점검의 방법·절차 등에 대하여 전기설비 검사 및 점검의 방법·절차 등에 관한 고시에서 규정하고 있다. 이 중 사업용전기설비 검사의 경우, ① 사용 전 검사, ②정기검사로 구분하여 실시하고 있다.

정기검사 대상 및 시기는 「전기안전관리법 시행규칙」 [별표 4]에 구체화되어 있으며 1년에서 최대 4년 주기로 특히, ‘연료전지·전기설비 계통’의 경우 4년 주기로 정기검사가 이뤄지고 있다.

다만, 안전밸브에 대해 별도의 작동시험 주기를 규정하고 있지 않으며 해당 보호설비의 정기검사를 실시하면서 보호대상 설비에 설치되어 있는 안전밸브에 대한 검사가 함께 이뤄지고 있다.

안전밸브의 경우 수력설비 내 수차(펌프), 연료가스용 연료·연소설비, 보일러, 수차(펌프), 보일러, 석탄가스화설비, 연료전지발전설비와 관련하여

안전밸브 설치여부, 동작시험(분출·정지압력), 설치상태 및 분출압력, 누설 여부에 대한 세부검사를 실시하고 있으며 안전밸브 설치 도면, 안전밸브 시험 성적서 등 관련 자료를 수검 자료로 제시토록 규정하고 있다.

또한, 「전기사업법」 제67조 및 동법 시행령 제43조에 따른 「전기설비기술기준」에서 보일러, 압력용기, 배관 및 그 부속설비에는 과도한 압력이 발생할 우려가 있는 것에 대해서는 안전밸브를 설치하도록 규정하고 있으며 안전에 필요한 성능과 기술적 요건은 ‘한국전기설비규정’을 따르도록 규정하고 있다. 또한, 해당 규정에 의한 안전밸브의 표준은 ‘KS B 6216(증기용 및 가스용 스프링 안전밸브)’에 적합하도록 규정하고 있다.

<표 III-4> 연료전지발전설비에 대한 안전밸브 검사항목

검사항목	세부검사내용	수검자준비자료
안전밸브 설치 및 동작시험	<ul style="list-style-type: none"> · 안전밸브 설치상태 · 안전밸브 분출압력 · 안전밸브 누설 여부 	<ul style="list-style-type: none"> · 안전밸브 설치 도면 · 안전밸브시험 성적서

5) 에너지이용합리화법

「에너지이용합리화법」에 근거하여 「열사용기자재의 검사 및 검사면제에 관한 기준」에서 보일러, 압력용기에 안전밸브를 설치하도록 규정하고 있다.

또한, 시행규칙 제31조의8 [별표 3의 5]에 따라 계속 사용검사를 위해 보일러의 경우 1년, 압력용기의 경우 2년의 검사주기를 규정하고 있으며 시행규칙 제31조의22(검사에 필요한 조치 등)에 근거하여 압력용기의 계속 사용검사 기준에는 개방검사가 이뤄지며 이때 해당 압력용기에 설치되어 있는 안전밸브의 경우 분해·정비를 하도록 검사기준에 규정되어 있다.

다만, 「전기안전관리법」처럼 안전밸브 자체 검사를 위한 작동시험 주기를 별도로 규정하고 있지 않다.

〈표 Ⅲ-5〉 압력용기 계속사용검사 기준 (개방검사)

준비사항
<ul style="list-style-type: none"> · 내용물을 배출하고 충분히 냉각시킨다. · 내부를 환기시킨다. · 맨홀, 검사구멍 또는 청소구멍을 열어놓아야 한다. · 뚜껑을 열어놓아야 한다. · 안전밸브 및 방출밸브는 분해정비하여야 한다. · 압력계와 싸이폰관을 분해시켜 놓아야 한다. · 다른 부분과의 연락관은 차단시켜 놓아야 한다.

6) 위험물안전관리법

「위험물안전관리법 시행규칙」 제28조(제조소의 기준)에 따라 유해화학물질 위험물을 취급하는 제조소의 위험물을 가압하는 설비 또는 그 취급하는 위험물의 압력이 상승할 우려가 있는 설비에 안전밸브, 파괴판을 설치하도록 규정하고 있지만 작동시험 주기에 관해서는 별도로 규정하고 있지 않다.

2. 국외 법규 및 기술기준

본 연구에서 일본, 미국, 캐나다, 영국 등 주요 국가의 안전밸브 설치 대상 및 검사주기 관련 법령과 기술기준을 조사·분석하였다.

1) 일본

일본의 안전밸브에 관한 관련 규정은 「노동안전위생법」, 「소방법」, 「고압가스보안법」, 「석유콤비나트등 재해방지법」에 의해 규정되어 있다. 규정을 검토해 보면, 안전밸브에 대해서는 「석유콤비나트등재해방지법」과 「고압가스보안법」은 전반적으로 동일하다고 볼 수 있으며, 「소방법」은 「고압가스보안법」에 따르는 것을 인정하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 「노동안전위생법」과 「고압가스보안법」을 중심으로 조사하였다.

(1) 안전밸브 설치대상

가) 노동안전위생법

「노동안전위생법」은 사업주의 자율안전관리를 중요시하고 있어, 사업주가 법과 동등 이상의 안전을 증명할 경우, 안전이 확보되었다고 판단하고 있다. 많은 부분이 사업주의 자율성을 보장하고 있어, 안전밸브 점검 대상 및 점검 주기에 관하여 전반적으로 사업자의 자율을 인정하고 있다.

① 압력용기 정의

「노동안전위생법」 제37조 및 42조에 의해 압력용기는 특별히 위험한 기기로 정의되어 있으며, 지방자치단체장의 제작 허가를 의무화하고 있다.

아래 표와 같이 압력용기는 크게 제1종 압력용기, 제2종 압력용기, 소형용기로 구분하고 있으며 동법 시행령 제1조에서 정의하고 있다.

〈표 Ⅲ-6〉 노동안전위생법 시행령

<p>제1종 압력용기</p>	<p>아래와 같은 용기를 말한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 증기 그 외의 열매를 넣거나, 증기를 발생시켜 고체 또는 액체를 가열하는 기기로 용기 내의 압력이 대기압을 넘는 것 2. 용기 내에 화학반응, 원자핵 반응 그 외의 반응에 의해 증기가 발생하는 용기로 용기 내 압력이 대기압을 넘는 것. 3. 용기 내 액체의 성분을 분리하기 위하여, 해당 액체를 가열하거나 그 증기를 발생시키는 용기로 용기 내 압력이 대기압을 넘는 것 4. 용기 내의 액체의 온도가 대기압에서 끓는점을 넘는 것
<p>제2종 압력용기</p>	<p>게이지 압력 0.2 MPa 이상의 증기를 그 내부에 보유하는 용기로서 다음과 같은 용기를 말한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 내용적이 0.04 m³ 이상의 용기 2. 파이프 안지름이 200mm 이상으로 그 길이가 1,000 mm 이상의 용기
<p>소형 압력용기</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 게이지 압력 0.1 MPa 이하로 사용하는 용기로 내용적 0.2 m³ 이하의 것 또는 파이프 안지름이 500 mm 이하의 것으로 그 길이가 1,000 mm 이하의 것. 2. 사용하는 최고 게이지 압력을 MPa로 표시한 숫자와 내용적을 m³로 표현한 숫자의 곱이 0.02 이하의 용기

「노동안전위생법」의 하위법인 「보일러 및 압력용기 안전규칙」에서 안전대책(안전밸브를 포함)을 의무화하고 있으며 안전밸브 설치대상은 보일러, 제1종·제2종 압력용기, 소형용기로 규정하고 있다 (부록 1).

② 화학설비에 대한 안전밸브

압력용기는 아니지만, 화학반응에 의해 고압이 발생할 가능성 있는 화학설비의 용기에 대해서도 안전밸브를 의무화하고 있다.

「노동안전위생규칙」 제278조에 사업주는 이상 화학반응, 그 외의 이상 사태에 의해 내부의 기체 압력이 대기압을 초과할 가능성이 있는 용기에는 안전밸브 또는 이것을 대신하는 안전장치를 설치해야 한다. 다만, 내용적이 0.1 m³ 이하의 용기는 제외하도록 규정하고 있다.

나) 일반고압가스보안법

다음과 같이 「일반고압가스보안법」 제2조에 의해 고압가스를 포함하는 용기는 제6조에 따라 허용 압력 이하로 낮추는 안전장치를 설치하도록 의무화하고 있다.

- 상온에서 1 MPa 이상으로 압축된 가스
- 상온에서 0.2 MPa 이상인 압축 아세틸렌가스
- 상온에서 압력이 0.2 MPa 이상인 액화가스로 현재 그 압력이 0.2 MPa 이상인 것, 또는 0.2 MPa가 되는 온도가 35도 이하인 액화가스
- 35도에서 압력이 0 Pa을 넘는 액체가스 중에 액화시안화수소, 액화브롬메틸 또는 그외 액화가스로 법령에서 정한 것

(2) 안전밸브 점검 주기

안전밸브 점검 주기는 「노동안전위생법」 제45조에 따라 사업자는 정기적으로 자주 검사를 실시해야 하고 또 그 결과를 기록하여 보존해야 한다. 하위법령인 「노동안전위생규칙」 제276조에는 화학설비 및 그 부속설비에 대하여 2년마다 정기 자주 검사를 하도록 규정하고 있다. 자주 검사를 하여야 하는 항목 중 하나가 안전밸브 기능검사이며 자주 작동시험 주기에 따라 2년에 한 번 씩 개방하여 점검해야 한다(표 Ⅲ-7).

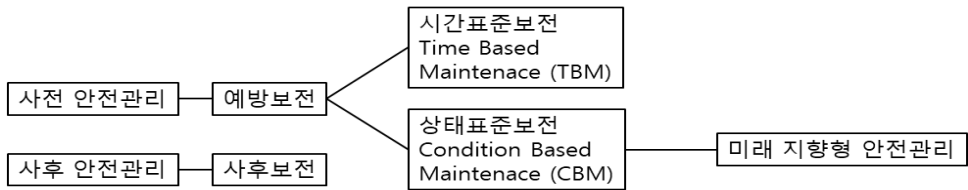
〈표 Ⅲ-7〉 노동안전위생규칙 제276조

상세조항
<p>① 사업자는 화학설비 및 그 부속설비에 대해서는 2년 이내에 한번 정기적으로 다음 사항에 대해 자주검사를 실시해야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 폭발 또는 화재의 원인이 될 우려가 있는 물건이 내부에 있는지 여부 2. 내면 및 외면의 현저한 손상, 변형 및 부식의 유무 3. 뚜껑 판, 플랜지, 밸브, 코크 등의 상태 4. 안전밸브, 긴급차단장치, 기타 안전장치 및 자동경보장치의 기능 5. 냉각장치, 가열장치, 교반장치, 압축장치, 계측장치 및 제어장치의 기능 6. 예비 동력원 기능 7. 각 호의 기재된 것 이외에 폭발 또는 화재를 방지하기 위해 특히 필요한 사항

「화학설비등 정기자주검사 지침」에 따라 안전밸브 검사방법으로 과거의 검사 데이터 등의 평가에 따라 수행하고, 이상이 있는 경우에는 독립시켜 분출 압력 및 분출 정지압력을 측정하고 밸브 개폐 시 누출 여부를 확인하도록 하고 있다.

최근에는 후생노동성이 사업장으로부터 여러 의견을 청취하여 검토한 결과, 2021년부터는 일정 조건을 만족할 때는 최대 12년까지 개방하지 않고 검사하는 경우를 인정하고 있다.

12년까지 늘어난 이유는 작동시험 주기에 대한 개념의 변화로 인한 것으로 추정된다. 작동시험 주기를 정기적으로 실시하는 시간표준보전(Time Based Maintenance, TBM)이 아니라, 설비의 상태에 따라 검사하는 상태표준보전(Condition Based Maintenance, CBM)의 개념에 따라 검사를 실시하는 것이다. 검사 대상의 상태에 대하여, 평상시 어떤 관리를 실시해 왔는가에 따라, 개방검사의 필요성이 달라진다는 것이다.



[그림 Ⅲ-2] 일본 자주검사 체계

「고압가스보안법」에 따라 고압가스설비의 안전장치에 관한 검사는 육안검사 및 스프링식 안전밸브 등 동작검사를 실시하는 작동검사로 구분된다.

- 육안검사 : 외관에 부식, 손상, 변형 및 그 외 이상이 없는 것을 1년에 1회 육안 확인
- 작동검사
 - 스프링식 안전밸브 등을 설치한 상태 또는 탈착한 상태로 작동검사용 기구 혹은 설비를 이용하여 동작검사 : 1년마다
 - 증기용 및 가스용 스프링 안전밸브의 경우 : 2년마다

2) 미국

미국의 경우 안전밸브에 관한 기술기준은 미국석유협회, 미국소방안전협회 등의 기술기준을 준용하고 있다.

미국의 경우 압력시스템과 관련하여 정부 수준의 규제가 존재하지 않고 주요 관리 및 검사에 대한 사항은 미국석유협회, 미국소방안전협회 등 민간 협회 기준에서 규정하고 있다.

(1) API (American Petroleum Institute)

API는 안전밸브 고장의 원인으로 부식, 이물질 끼임(plugging), 스프링 이상, 침전(fouling), 설치 오류 등을 언급하고 있으며 압력완화장치의 정기적인 검사를 통해 위와 같은 현상들이 설비에 미치는 영향을 최소화하고 해당 설비를 보호하기 위한 여러 가지 기준을 두고 있다.

압력완화장치의 검사는 예정된 검사의 안전하고 경제적인 빈도를 결정하기 위해 평가할 수 있는 데이터를 제공한다. 이 데이터는 안전밸브에 적용되는 다양한 작동 조건 및 환경에 따라 크게 다른데 검사는 작동이 만족스러울 때 덜 빈번하고 부식, 오염, 작동 장애 및 누출 문제가 발생할 때 더 빈번한 검사 및 테스트가 필요할 수 있다. 각 안전밸브에 대한 주기적인 테스트 결과와 서비스 경험을 반영하는 이러한 검사 이력은 안전하고 경제적인 검사 빈도를 설정하는 데 유용한 지침으로 작용한다.

또한, 작동 환경에 따라 이 간격은 압력 장치마다 다를 수 있는데 시간 간격은 적절한 시간에 검사 또는 테스트가 이루어지도록 확실하여야 하나 과거 테스트 기록에 의한 수정을 허용할 만큼 유연해야 한다. API 510, 520, 570, 576은 감압 장치에 감압 장치 검사 간격에 대해 다음을 명시하고 있다.

- ① 일반적인 프로세스 서비스의 경우 5년

② 깨끗하고(오염되지 않은) 비부식성 서비스에 대해 10년

장기간에 걸친 검사 또는 일관된 검사 결과를 제공하는 경우, 서비스에 변경이 없는 경우 검사 주기의 연장을 고려할 수 있다. 반대로, "팝업 테스트" 결과가 불규칙하거나 밸브 작동에 따른 보정값이 크게 다를 경우 검사 간격을 줄이거나 성능을 개선하기 위해 적절한 수정을 하도록 권고하고 있다.

한편 부식, 오염 및 기타 서비스 조건이 알려지지 않거나 어느 정도의 정확도로 예측할 수 없는 경우(새 공정에서 같이) 초기 검사는 작업이 안전하고 적절한 테스트 간격을 설정하기 시작한 후 가능한 한 빨리 수행되어야 한다.

API 521에서는 출구차단, 냉각 또는 환류 중단, 과충전, 자동제어밸브의 고장 등 과압 발생 원인에 대해 제시하고 있지만, 안전밸브 설치 대상에 대해서 구체적으로 제시하고 있지는 않다. 한편, API 576에서는 RBI를 통해 안전밸브의 고장 발생확률과 사고 피해 크기를 고려하여 작동시험 주기를 결정하는데 사용될 수 있음을 설명하고 있다.

RBI의 잠재적 이점에 대해 다음과 같이 규정하고 있다.

- ① 체계적이고 잘 개발된 기술 방법 및 도구
- ② 설비 과압을 보호하기 위해 중요한 문제를 해결하여 위험관리에 중점
- ③ 압력완화장치의 성능을 개선하기 위한 조직적인 접근방식
- ④ 운영 이력 및 검사 서비스 기록의 통합
- ⑤ 안전·보건·환경적 결과를 다루고 경제적 손실을 줄이기 위한 비용 효율적인 위험 완화 작업 식별

육안 검사는 압력 완화 장치를 둘러싼 유지 관리 및 작동 방식의 문제를 찾기 위한 것으로 선택한 간격은 이전의 검사 결과에 따라 상황에 따라 달라야 한다. 육안 검사를 위한 최대 간격은 5년으로 규정하고 있다.

(2) NBIC (National Fire Protection Association)

NBIC(National Board Inspection Code)에서는 API 576처럼 화학설비에 대한 수동 점검, 압력 테스트 및 서비스 간격(예방 유지보수), 안전밸브의 검사 및 테스트 빈도 등에 대한 지침을 제공한다.

NBIC에 따르면, 사업장 검사·정비의 정상적인 간격은 작동 경험과 시설의 환경에 따라 결정되며 부식 또는 오염 공정, 플랜트 운영에 중요한 시스템, 유해물질 방출을 유발하는 압력 시설 (화재 위험, 환경 피해, 독성), 진동, 설정 압력과 작동 압력 간의 낮은 차이, 누출 이력 등이 있는 경우 상대적으로 짧은 작동시험 주기를 제안하고 있다. 또한 안전밸브에 대한 사업장 검사 및 테스트 이력에 대한 데이터는 테스트 간격을 설정하는 요소로 매우 중요하다. 안전밸브에 대한 여러 차례의 연속 테스트를 통해 작동시험 주기 간격을 줄이거나 증가할 수 있어야 한다.

이러한 사항들을 기반으로 NBIC는 다양한 장비 유형에 대해 검사 대상과 주기에 대한 가이드라인을 제공한다. 증기 서비스의 안전밸브는 매년, 프로판 또는 냉매 서비스의 안전밸브는 5년이며 부식 또는 서비스 조건의 영향을 알 수 없는 경우 (예: 새로운 프로세스의 경우) 1년을 초과하지 않는 비교적 짧은 검사 간격을 설정해야 한다고 규정하고 있다.

〈표 Ⅲ-8〉 NBIC의 안전밸브 설치 대상 및 작동시험 주기

설치 대상	작동시험 주기
증기 서비스	매년
공기, 깨끗한 건조 가스	1회/3년
파열판이 있는 안전밸브	1회/5년
프로판, 냉매(Refrigerant)	1회/5년
새로운 프로세스	매년
기타	과거 검사 이력에 따라

(3) NFPA (National Fire Protection Association)

NFPA 58(액화석유가스(LPG)의 저장, 취급, 운송 및 사용)은 취급 용기에 과압 및 진공방지장치(pressure and vacuum relief devices)가 부착되어 5년이 초과하지 않는 주기로 교체하거나 시험하도록 명시하고 있으며, NFPA 59A(액화천연가스(LNG) 플랜트)에 적용되는 안전밸브는 적절한 설정 압력에서 밸브가 작동되는 것을 보증하기 위해 30개월을 초과하지 않는 주기로 적어도 매 2년 주기로 검사를 하도록 명시하고 있다. 또한 위험물질을 취급하는 용기의 모든 다른 안전밸브는 5년(최대 5년 3개월)을 초과하지 않는 주기로 검사하도록 명시하고 있다.

3) 영국

영국의 경우 일반 보건 및 안전 작업장 등에 따라 입력 시스템 안전규정 (Pressure Systems Safety Regulations 2000 (PSSR))을 제정하여 운영하고 있다. 이 규정의 목적은 입력 시스템 또는 구성 부품 중 하나의 고장으로 인해 저장된 에너지의 위험으로 인한 심각한 부상을 방지하는 것을 목표로 한다.

PSSR은 입력 시스템을 단단한 구조의 하나 이상의 압력용기, 관련 배관 및 보호 장치를 포함하는 시스템, 이동식 압력용기가 연결되거나 연결될 예정인 보호 장치가 있는 배관, 파이프라인 및 보호 장치 등으로 규정하고 있다. PSSR은 작동시험 주기의 결정에 있어 시스템의 안전한 작동에 영향을 미칠 수 있는 열화 또는 오작동을 조기에 식별할 수 있도록 충분한 검사가 수행되도록 하는 것이 중요하며 작동시험 주기 결정의 중요 목표로 설정하고 있다.

입력 시스템의 각 부분은 관련된 위험 정도에 따라 다른 간격으로 검사할 수 있다. 다만, 압력 보호 장치는 최소한 보호 장치가 설치된 설비와 같은 시간과 빈도로 검사해야 함을 규정하고 있다. 주기적인 검사에는 설비가

적절하게 작동하고 수리되었는지 또는 최근에 테스트한 장치로 교체되었는지 확인하는 것이 포함되어야 한다고 규정한다.

PSSR은 검사 사이의 적절한 간격을 결정하기 위해 다음을 포함한 모든 관련 요소를 고려해야 한다고 규정한다.

- 시스템의 안전 기록 및 이전 이력
- 특정 유형의 시스템에 대해 사용할 수 있는 모든 일반 정보
- 부식/침식 등으로 인한 현재 상태 (내부 및 외부)
- 예상되는 작동 조건 (특히 특별히 가혹한 작동 조건)
- 시스템에 사용된 유체의 품질
- 사용자/소유자의 조직에서 기술 감독, 운영, 유지 관리 및 검사의 표준
- 모든 On-stream 모니터링의 적용 가능성.

위의 모든 데이터를 기반으로 PSSR은 다음의 작동시험 주기를 제시하고 있다.

- ① 스팀 플랜트 : 일반적으로 14개월이나 작동 조건이 가혹한 곳에서는 더 빈번한 검사
- ② 스팀 발전소에 연결된 스팀 리시버 : 일반적으로 26~38개월 범위
- ③ 압축공기 시스템의 공기 리시버 : 일반적으로 24~48개월마다 검사를 하며, 부식이 최소화되고 안전 표준의 유지 관리가 높은 경우 72개월마다 검사

4) 캐나다

캐나다의 경우, 압력장치에 대한 관리 체계는 중앙정부가 아닌 주정부에서 관리하고 있으며 대표적으로 앨버타주의 경우 Alberta Boilers Safety Association (ABSA, 앨버타 보일러 안전 협회)에서 규정하고 있다. ABSA는 안전 코드법에 따라 앨버타의 압력 장비 안전 프로그램을 관리하고 법률에 명시된 대로 압력 장비 안전을 시행할 권한이 있다.

Pressure Relief Devices Requirements(PESR) Section 39: Pressure Relief Devices의 39(3)에 의하면 안전밸브는 정부가 인정하는 작동시험 주기로 관리되어야 하고 안전밸브의 서비스 주기(servicing intervals)는 ABSA AB-506을 따르도록 규정되어 있다(표 III-9). AB-506 요구사항과 API 510, API 572, API 570, API 574 및 NBIC의 해당 정보를 사용하여 보일러, 압력용기, 배관 및 PSV에 대한 적절한 작동시험 주기 및 서비스 주기를 결정하고 있다. 안전밸브의 작동시험 주기를 결정하는 기준에는 작동 시험 주기 등급 시스템을 사용하여 결정하는 방법과 RBI 평가를 통해 결정하는 방법 두 가지가 존재하며 사업체는 두 가지 중 하나의 기준에 따라 입력 시스템을 검사하여야 한다 (김태옥, 2021).

작동시험 주기에 대한 등급 시스템도 운영하고 있는데 장치의 유형 및 Grade (1, 2, 3)별로 최초 검사와 연속적인 검사 사이에 허용되는 최대 작동 시험 주기를 설정하게 되어 있다. 이때, Grade 1은 안전밸브를 설치한 후 최초의 서비스 주기에 적용하고, Grade 2는 Grade 1에서 문제없이 서비스하고 검사를 통해 Grade 2까지 안전하게 작동시험 주기를 늘릴 수 있음이 입증되면 적용하며 Grade 3은 Grade 1에서 문제없이 서비스하고 검사를 통해 Grade 2까지 안전하게 작동시험 주기를 늘릴 수 있음이 입증되면 적용한다.

이러한 다양한 기준들에 의해 결정된 안전밸브 작동시험 주기는 다음과 같다.

- ① Power boilers: 1~5년
- ② Heating boilers: 3~4년
- ③ Pressure vessels: 4~6년
- ④ Upstream pressure vessels: 3~6년
- ⑤ Pressure piping: 3~6년

〈표 Ⅲ-9〉 장비유형별 검사 간격 현황

장비 종류	최대 검사 간격 (년) 보일러 및 압력용기			최대 서비스 간격 (압력 밸브)		
	등급 1	등급 2	등급 3	등급 1	등급 2	등급 3
Power Boilers						
Pressure Plant H.P. Boilers	1	2	3	3	3	4
Thermal Generating Station Boilers	1	2	3	4	4	4
Waste Heat Boilers	2	3	4	2	3	4
Portable Boilers	1	1	1	1	1	2
Steam Generators - Heavy Oil Processing	1	3	3	2	3	3
Hot Water/Glycol Mixed Boilers	1	3	3	2	3	3
Thermal Liquid Heating Systems	2	4	6	2	3	4
Historical Boilers as Described in AB-534						
Heating Boilers						
Heating Boilers	2	3	4	3	3	4
Pressure Vessels						
Air receivers/Dryers	5	5	10	5	5	5
Misc. Vessels in Building Service-Expansion Tanks, Hydro Pneumatic	5	5	N/A	5	5	N/A

Potable Hot Water Storage Tanks	5	5	5	5	5	5
Boiler Blow Down Tanks	5	5	6			
Vessels with Quick Actuating or Quick Opening Closures	4	4	4	4	4	4
Refrigeration Vessels Group A 1	5	10	10	5	5	5
Refrigeration (Others including Ammonia)	5	5	10	5	5	6
Storage Vessels in non-corrosive service including ammonia storage vessels	5	10	10	5	5	5
LPG Plant Storage vessels	5	10	10	5	5	6
Vessels in Propane service within the scope of CAS B149.2	5	10	10	N/A	N/A	N/A
Cryogenic Vessels	5	10	10	5	5	6
Vessels in Cold Boxes	5	5	5	5	5	6
Natural Gas/H2 Automotive On Board Storage Vessels	Per CAS B51 Part 2					
Fired Proses Heaters, separately fired superheaters	3	4	6	3	4	6
Div2 Vessels and other items with a specified design life	4	5	10			
Unfired process vessels not otherwise listed in the table	4	5	10	3	5	6
Upstream Pressure Vessels (석유, 천연가스, 액화가스 등의 drilling, production, gathering, treatment와 관련한 압력용기)						
Well-head vessels	5	10	10	5	5	6
Fuel Gas Scrubbers	5	10	10	5	5	6
Indirect-fired line heaters	4	5	10	3	5	6
Treaters, FWKO's	4	5	6	3	5	6
Compressor Bottles in vibrating service	4	4	6	3	5	6
Upstream pressure vessels not listed above that are in sweet service	4	5	10	3	5	6

Refrigeration Vessels	5	10	10	5	5	6
Pressure Piping						
적절한 검사주기와 검사대상에 대한 사항은 API-570의 Piping code, API-574m NB-23에 정의된 항목들을 준용함	3	5	6			
RBIP(Risk-Based Inspection Program)에 기반한 검사 주기를 따르는 압력 장비들은 본 표의 등급 시스템을 따르지 않음				최대 RBI를 활용한 검사간격은 10년. directly fired power boilers와 heating boiler는 4년, 최대 압력 완화 밸브의 검사기간은 10년		

3. 소론

국내·외 안전밸브 법령 및 기술기준 분석 결과 안전밸브 설치대상 및 작동 시험 주기 검사는 관리목적, 취급물질, 설치유형, 보호설비 등에 따라 서로 다르게 적용되고 있음을 알 수 있다.

먼저, 국내의 경우 안전밸브 설치대상은 안전보건기준 제116조와 261조에서 대상을 구체화하고 있지만, 타 법률에서는 설치 대상을 안전보건기준만큼 구체화하고 있지 않은 것으로 조사되었다.

안전밸브 작동시험 주기의 경우, 안전보건기준 및 「고압가스안전관리법」에서는 안전밸브 설치유형에 따라 1년~2년 또는 2년으로 각각 규정하고 있지만, 「전기안전관리법」과 「에너지이용합리화법」은 별도의 규정 없이 보호 대상 시설의 작동시험 주기에 맞춰 검사를 시행토록 규정하고 있다. 「전기안전관리법」은 2년(가스터빈·보일러·열교환기 및 발전 계통) 혹은 4년(연료전지·전기설비 계통), 「에너지이용합리화법」에서는 2년 주기로 타 법률에서는 기본적으로 2년 이상으로 작동시험 주기를 규정하고 있다.

〈표 Ⅲ-10〉 국내 안전밸브 설치 대상 및 검사주기 기준

구분	산업안전보건법		고압가스 안전관리법	화학물질 관리법	에너지이용 합리화법	위험물안전 관리법
근거 조문	산업안전보건기준에 관한 규칙제16조	산업안전보건기준에 관한 규칙 제261조	고압가스안전관리법 시행규칙제8조(별표 4)	유해화학물질 취급시설(제조, 저장)	에너지이용합리화법 시행규칙 제31조의8 [별표 3의 5]	위험물안전관리법 시행규칙(별표 4 Ⅷ 제4호)
설치 대상	보일러	압력용기, 정변위 압축기,	고압가스 제조시설	압력용기, 정변위 압축기,	열사용기자재(압력용기,	위험물을 가압하는 설비 또는

		정변위 펌프, 배관, 그 밖의 화학설비 및 그 부속설비		정변위 펌프, 배관, 그 밖의 화학설비 및 그 부속설비	보일러)	그 취급하는 위험물의 압력이 상승할 우려가 있는 설비
작동 시험 주기	매년 1회 이상, 4년마다 1회 이상 (공정안전보고서 이행상태평가 결과 P등급)	매년 1회 이상 2년마다 1회 이상(안전밸브 전단에 파열판이 설치된 경우), 4년마다 1회 이상(공정안전보고서 이행상태평가 결과 P등급)	매년 1회 이상 (압축기 최종단에 설치된 경우), 2년마다 1회 이상(그 밖의 안전밸브), 4년 범위에서 연장 가능(고압가 스탁정제조허가시설에 설치된 안전밸브)	-	2년(압력 용기), 1년(보일러)	-

일본은 사업주의 자율안전관리를 중요시하고 있어, 사업주가 법과 동등 이상의 안전을 증명할 경우, 안전이 확보되었다고 판단하고 있다. 많은 부분이 사업주의 자율성을 보장하고 있어, 안전밸브에 관한 사항과 점검 대상 및 점검 주기에 관한 부분도 사업주의 자율을 일정부분 인정되고 있다.

검사방법으로는 과거의 검사 데이터 등의 평가에 따라 수행하고, 이상이 있는 경우에는 독립시켜 분출압력 및 분출 정지압력의 측정 및 밸브 개폐시 누출 여부를 확인한다. 최근 들어 작동시험 주기에 대한 개념의 변화가 발생하고 있다. 작동시험 주기를 정기적으로 실시하는 시간표준보전이 아니라, 설비의 상태에 따라 검사하는 상태표준보전의 개념으로 검사가 실시되고 있다. 즉, 검사 대상의 상태나 어떤 관리가 시행되었는지에 대한 검사 차별화에 따라 운용되고 있다.

미국, 영국, 캐나다의 경우, 유사한 시스템을 적용하고 있다. 안전밸브의 설치 대상 및 작동시험 주기를 일괄적으로 규정하지 않고, 취급하는 위험물질의 종류와 운전 조건 등에 따라 다르게 적용된다. 안전밸브 작동 검사를 통하여 정상적인 상태의 경우, 검사주기를 연장하는 반면, 부식, 오염, 작동장애 및 누출 문제가 발생할 때 검사주기를 보다 빈번하게 실시하고 있다. 또한, RBI를 통해 안전밸브의 고장발생 확률과 사고 피해 크기를 고려하는 경우 검사주기를 최대 10년까지 인정하고 있다.

〈표 III-11〉 해외 국가별 안전밸브 설치 대상 및 검사주기 기준

구분	관련법령/기준	설치 및 검사 대상	검사 주기	비고
일본	노동안전위생법, 고압가스보안법	보일러, 압력용기, 화학설비	2년	자율안전관리
미국	API RP 510, 570, 576	일반적인 프로세스 설비	5년	RBI 결과 따라 조절 가능
		비부식성 설비	10년	RBI 결과 따라 조절 가능
	NBIC(National Board Inspection Code) Part 2	프로판 또는 냉매 설비	5년	
		파열판이 있는 안전밸브	5년	
		기타	-	검사이력에 따라 설정
	NFPA 58	액화석유가스(LPG) 취급 냉동용기	5년	
	NFPA 59A	액화천연가스(LNG) 취급 설비	2년	3개월을 초과하지 않는 기간
위험물질 취급용기		5년	5년 3개월을 초과하지 않는 기간	

영국	Pressure Systems Safety Regulations 2000 (PSSR)	스팀 플랜트	14개월	가혹한 조건에서 단축 가능
		스팀 리시버	26-38개월	
		압축공기 시스템의 공기 리시버	24-48개월	안전유지관리 수준이 높은 경우 72개월
캐나다	Pressure Relief Devices Requirements (PESR)	파워 보일러	1~5년	등급에 따라 연장 가능 (1등급→2등급→3등급)
		히팅 보일러	3~4년	
		압력 용기	4~6년	
		Upstream 압력 용기	3~6년	
		압력 배관	3~6년	

IV. 안전밸브 운용현황 및 한계점 분석



IV. 안전밸브 운용현황 및 한계점 분석

1. 안전밸브 운용현황 분석

안전밸브 운용 실태를 파악하기 위하여 여수, 울산, 대산, 청주, 구미, 기흥, 익산 지역을 중심으로 정유, 석유·화학, 반도체, 제약, 연료전지 등 다양한 사업장을 방문하여 안전밸브 운용실태를 조사하였다.

1) 안전밸브 설치 및 정기보수 현황

(1) 안전밸브 설치현황

안전밸브의 경우 「안전인증·자율안전확인신고의 절차에 관한 고시」에 따라 설정압력 0.1 MPa 이상이면 안전인증 대상에 해당하기 때문에 한국산업 안전보건공단 인증을 받아야 한다.

방문사업장 모두 안전인증 제품을 사용하는 것으로 조사되었으며, 일부의 경우 압력용기뿐만 아니라 대기압 이상의 설비에도 해당 설비를 보호하기 위한 목적으로 안전밸브를 설치·운영하고 있는 것으로 조사되었다.

일부 사업장에서는 안전밸브를 법적 기준 이외에 추가로 설치하여 운영하는 것으로 조사되었다. 안전밸브를 추가로 설치하는 이유는 기존 안전밸브 고장에 따른 보호 설비의 가동중단 문제, 안전밸브 자체 문제로 인하여 교체가 필요하거나 일시적인 안전밸브 점검이 필요한 경우 원활한 유지·보수를 위하여 안전밸브를 병렬로 설치하는 것으로 조사되었다.

다만, 안전밸브를 추가로 설치하는 경우는 기업의 규모, 업종, 취급물질 및 공정특성에 따라 많은 차이가 나타나는 것으로 조사되었다. 아래 표는

안전밸브를 병렬로 설치한 현황이다. 앞서 언급한 것처럼 조사 대상 65개 사업장의 취급물질, 취급조건 등이 서로 달라 표준화할 수 없지만 3,000개의 안전밸브 모두를 이중(병렬)으로 설치한 사업장부터 500개의 안전밸브를 단독으로 사용하고 있는 사업장까지 다양한 실정이다.

조사대상 65개 사업장의 안전밸브 이중설치 현황의 평균은 7% 수준으로 나타났다.

〈표 IV-1〉 사업장별 안전밸브 설치개수 대비 이중(병렬) 설치 비율

사업장	안전밸브 설치개수	이중설치 비율 (%)	사업장	안전밸브 설치개수	이중설치 비율 (%)	사업장	안전밸브 설치개수	이중설치 비율 (%)
1	10	0	23	135	0	45	778	0
2	10	2	24	146	0	46	860	33
3	30	0	25	166	0	47	877	45
4	30	26	26	170	0	48	970	15
5	35	0	27	175	10	49	1000	40
6	35	10	28	189	0	50	1000	50
7	35	35	29	200	3	51	1108	10
8	38	5	30	200	10	52	1463	1
9	48	0	31	237	44	53	1575	20
10	50	0	32	250	0	54	1800	60
11	54	2	33	251	0	55	2000	99
12	60	0	34	290	90	56	2,700	90
13	62	5	35	300	0	57	3,000	100
14	75	3	36	306	6.5	58	3,400	95
15	78	10	37	320	30	59	5,000	35
16	93	0	38	340	10	60	5,070	92
17	100	0	39	389	10	61	8,500	45
18	100	20	40	500	0	62	8,500	46
19	105	0	41	627	5	63	8,700	46
20	110	0	42	630	6	64	10,000	5

21	111	0	43	700	50	65	11,300	80
22	132	5	44	710	40		-	-

국내 정유공장, 석유·화학공장, 반도체 및 발전소 등 사업장 대부분에 설치된 안전밸브의 종류는 일반형(릴리프 밸브 포함), 벨로우즈형 및 파일럿 작동형의 3가지 형태로 구분된다.

아래 표는 2021년 현재 국내 6개 사의 정유 및 석유화학 공장에 설치된 안전밸브의 종류를 나타낸 것으로 정유공장에 설치된 안전밸브는 일반형이 66.64%, 벨로우즈형이 32.1%, 그리고 파일럿 작동형이 1.26%로 파악되었다. 또한 석유화학 공장의 경우는 일반형이 82.84%, 벨로우즈형이 16.63%, 파일럿 작동형이 0.53%로 파악되었다. 전체적으로는 일반형이 52.18%, 벨로우즈형이 17.09%, 파일럿 작동형이 0.63%로 파악되었다(김태욱 등, 2021).

〈표 IV-2〉 국내 정유 및 석유화학공장의 안전밸브 형태별 설치현황

사업장	구분	계	안전밸브 형태			
			일반형	벨로우즈형	파일럿 작동형	
정유 공장	A	수량	6,922	4,364	2488	70
		%	100	63.05	35.94	1.01
	B	수량	3,570	2,628	880	62
		%	100	73.61	24.65	1.74
	소계	수량	10,492	6,992	3368	132
		%	100	66.64	32.10	1.26
석유 화학 공장	C	수량	3,167	2,589	567	11
		%	100	81.75	17.90	0.35
	D	수량	769	678	91	0
		%	100	88.17	11.83	0
	E	수량	4,562	3,696	842	24

		%	100	81.02	18.46	0.53
	F	수량	17,72	1,545	208	19
		%	100	87.19	11.74	1.07
	소계	수량	10,270	8,508	1708	54
		%	100	82.84	16.63	0.53

(2) 안전밸브 설치 비용

안전밸브 설치에 따른 비용은 안전밸브 용량, 크기 등에 따라 다르고, 설치 위치에 따라 큰 차이가 발생하는 것으로 조사되었다. 특히, 고소작업이 필요한 경우 비계와 크레인 등의 추가 비용이 발생하게 된다(표 IV-3)(표 IV-3).

〈표 IV-3〉 안전밸브 설치 비용

(단위: 만원)

사업장	구분 치수 (인치)	PSV 단독		파열판+PSV	
		전체비용 (PSV, 비계, 크레인 등)	PSV 자체 비용	전체비용 (PSV, 비계, 크레인 등)	파열판+PSV 자체 비용
A	1	315	250	402	289
	2	430	250	576	350
	3	645	300	849	510
	4	960	450	1,219	767
	5	1,890	700	2,261	1,583
	6	2,520	1,500	3,006	2,102
B	2	3,830	830	4,330	930
	4	6,400	1,400	7,100	1,600
	8	18,200	3,200	20,000	3,500
C	1.5	550	150	710	300
	6	1,710	800	2,360	1,400

	8	2,130	1,000	3,000	1,800
	10	2,640	1,200	3,730	2,200
	D	2	1,500	150	1800
	4	2,500	300	3000	600
	6	4,000	700	4,500	1,000

〈표 IV-4〉 안전밸브 병렬 설치 비용

(단위: 만원)

사 업 장	구분	PSV 단독		PSV 복수 (이중화)	
	치수 (인치)	전체비용 (PSV, 비계, 크레인 등)	PSV 자체 비용	전체비용 (PSV, 비계, 크레인 등)	PSV 자체 비용
A	2	3,830	830	4,330	930
	4	6,400	1,400	7,100	1,600
	8	18,200	3,200	20,000	3,500
B	1.5	550	150	810	300
	6	1,710	800	2,900	1,600
	8	2,130	1,000	3,650	2,000
	10	2,640	1,200	4,490	2,400
C	2	1,500	150	2,500	300
	4	2,500	300	3,500	600
	6	4,000	700	5,500	1,400

(3) 정비·보수 현황

안전밸브의 작동시험 주기는 사업장에서 정기적으로 실시하는 정기·보수의 점검 또는 검사와 직접적 관련이 있다. 현장조사를 통하여 표 IV-4 처럼 6개 사업장에 대한 단위 공장별 정기적 정비·보수 기간을 조사하였다.

위험물질을 취급하는 공정 특성상 취급환경 및 공정 조건 등에 따라 화학 설비의 정비·보수기간이 상이하며 동일 사업장 내에서도 단위 공장별로 정비·보수 기간을 달리하고 있는 것으로 조사되었다.

이처럼 정기적 정비·보수는 화학설비 중심으로 이뤄지고 있으며 해당 설비에 설치되어 있는 안전밸브에 대한 작동시험 주기와 밀접한 연관성이 있어 많은 사업장에서는 정기 정비·보수 기간에 맞춰 안전밸브 검사도 함께 진행되기를 원하고 있다. 하지만 현행 규정상 안전밸브의 설치유형 또는 공정안전보고서 이행상태평가 결과에 따라 작동시험 주기가 다르게 적용되기 때문에 이들의 작동시험 주기가 일치하지 않는 경우가 발생한다.

정유, 석유화학, 반도체 및 의료정밀·의약품 업종의 정비·보수 기간은 최소 1년부터 최대 4년까지 차이가 발생하고 있다 (표 IV-5).

화학설비의 정기보수 과정에서 안전밸브의 탈·부착이 진행되며, 이와 별개로 안전밸브 정기 점검을 위해 화학설비의 가동중단 이후 안전밸브 탈·부착이 이뤄지고 있어서, 앞서 언급한 것처럼 일부 사업장의 경우 안전밸브를 추가로 병렬로 설치하고 있다.

〈표 IV-5〉 사업장별 정비·보수 현황

사업장	단위공장	정기보수기간(년)
1	A-1	1
	A-2	1

2	B-1	4
	B-2	2
	B-3	4
	B-4	4
3	C-1	1.5
	C-2	1.5
	C-3	1
4	D-1	4
	D-2	4
	D-3	4
5	E-1	2
	E-2	2
6	F-1	3
	F-2	3
	F-3	3
	F-4	3
	F-5	3
	F-6	1
	F-7	3
	F-8	4
	F-9	4
	F-10	4

안전밸브 점검 및 검사는 일반적으로 사업장 지침 및 매뉴얼에 따라 진행되고 있다. 아래 그림은 안전밸브의 정기적 정비보수 절차를 보여주고 있다.

안전밸브의 정기 정비 보수는 “점검 및 검사가 필요한 안전밸브를 화학설비 또는 부속설비에서 탈착 → 육안검사 → 분출시험(1차) → 분해·점검·정비 → 분출시험(2차) → 밀폐성 시험 → PSV 재장착 순으로 진행이 된다. 고소작업을 위한 경우는 비계설치 → Blind 설치 → 크레인 → 줄걸이 → 해체 → 인양 → 상차 및 이동”의 절차를 통해 실시하고 있다.

분출압력(Opening Pressure; Popping Pressure)은 안전밸브 입구 측의 압력이 증가되어 안전밸브가 완전히 개방되며 내부의 유체를 분출할 때의 입구 측에서의 압력을 말한다.



[그림 IV-1] 안전밸브 정비·보수 절차

사업장에서 실시하고 있는 안전밸브 검사 결과에서 분출시험(1차)을 충족하지 못하는 주요 원인으로서는 취급물질의 점도에 따른 영향, 스프링의 문제, 노즐과 디스크에 이물질 및 손상 등이 주요 원인으로 조사되었다.

이렇게 안전밸브를 보호설비에서 탈착하여 그 성능 및 작동성능을 확인하기 위하여 분해·정비를 실시하기 전 분출압력 및 정지압력에 대한 성능을 검사한다. 아래 그림은 안전밸브 시험 결과 관리 현황, 세부 점검 결과 점검표, 분

해 사진 예시를 보여주고 있다 (그림 IV-2~5).

NO	기기번호 (Tag NO)	노즐크기 (mm)		내용물	재질		시험결과													
		입구	출구		몸체	Trim	설정 압력	압력시험 (MPag)					누수시험(MPag)				종합판정			
								정밀공차 (압력범위)	최초 작동압력	3회 작동후	입력 조정	조정후 (압력)	판정	속정압력 (정지압력이하)	시험결과	조치내용				
1	PSV-1011	50	80	GAS	FC 200	SUS 304	0.180	±0.015 (0.165~0.195)	0.193	0.180	-	-	합격	0.162 누수없을것	합격	-	합격			
2	PSV-1013	50	80	GAS	FC 200	SUS 304	0.170	±0.015 (0.155~0.185)	0.173	0.170	-	-	합격	0.153 누수없을것	합격	-	합격			
3	PSV-1014	25	40	Water	FC 200	SUS 304	0.30	±0.015 (0.285~0.315)	최초 0.80 Mpa 작동불가 분해하여 확인결과: 이물질에 의해 디스크&가이드 고착			불합격	0.270 누수없을것	불합격 0.80 Mpa 작동불가로 확인불가	분해,수리조치 이물질 제거 및 디스크&스트래핑	합격				
4	PSV-1016	40	65	GAS	FC 200	SUS 304	0.180	±0.015 (0.165~0.195)	0.350	0.180	-	-	합격	0.162 누수없을것	합격	-	합격			
5	PSV-1021	40	50	GAS	FC 200	SUS 304	0.180	±0.015 (0.165~0.195)	0.195	0.180	-	-	합격	0.162 누수없을것	합격	-	합격			
6	PSV-1023	20	20	Water	FC 200	SUS 304	0.30	±0.015 (0.285~0.315)	최초 0.50 Mpa 작동불가 분해하여 확인결과: 이물질에 의해 디스크&가이드 고착			불합격	0.270 누수없을것	불합격 0.50 Mpa 작동불가로 확인불가	분해,수리조치 이물질 제거 및 디스크&스트래핑	합격				
7	PSV-1031	40	50	GAS	FC 200	SUS 304	0.180	±0.015 (0.165~0.195)	0.188	0.180	-	-	합격	0.162 누수없을것	합격	-	합격			
8	PSV-1033	20	20	GAS	FC 200	SUS 304	0.30	±0.015 (0.285~0.315)	최초 0.50 Mpa 작동불가 분해하여 확인결과: 이물질에 의해 디스크&가이드 고착			불합격	0.270 누수없을것	불합격 0.50 Mpa 작동불가로 확인불가	분해,수리조치 이물질 제거 및 디스크&스트래핑	합격				
9	PSV-1041	50	80	GAS	FC 200	SUS 304	0.190	±0.015 (0.175~0.205)	0.190	-	-	-	합격	0.171 누수없을것	합격	-	합격			
10	PSV-1043	50	80	GAS	FC 200	SUS 304	0.180	±0.015 (0.165~0.195)	0.180	-	-	-	합격	0.162 누수없을것	합격	-	합격			

[그림 IV-2] 안전밸브 시험결과 관리 현황

1. 설비번호 :
 2. 설비구분 : SAFETY VALVE
 3. 설치장소 :
 4. 설비등급 :
 5. 설비위치 :
 6. 검사일자 : 2022. 4.

		결재					
		검사	양호	불량			
		판정	C	X			
구분	검사항목	수리검사	신설	검사 세부 항목	검사 기준	검사 판정	조치내용
취외	취외검사	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	안전조치 및 보온 취외	양호	0	부위 점검 취외
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VALVE LEAK 은유 여부	양호	0	
분해	부식 검사	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	BODY 부식여부	합격이것	0	Lapping 취외 Lapping 취외
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ROMNET 부식여부		0	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DISC 부식여부		X	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NOZZLE 부식여부		X	
조립	LEAK 검사	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SOLT 체결상태	양호	0	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Test Reprt TOE 거북	LEAK가 없을것	0	
취부	설치 검사	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	도색 상태	양호	0	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GASKET 조립상태 검사	양호	0	
기타	기타 Report	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	LINE 취부 (방향) 상태	양호	0	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	BODY 체결검사	양호	X	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Test Reprt 제출	제출	0	

종합의견 :
 • 부위 취외 점검시 가능 상의 양호 ✓
 • 검사 후 Rest (1.863 Mpa) ✓

[그림 IV-3] 안전밸브 시험결과 점검표

안전밸브 설치대상 및 작동시험 주기의 적정성 검토 및 개선방안 마련

관련법규	한국산업안전보건법		점검 구분 : <input checked="" type="checkbox"/> T/A <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Passing <input type="checkbox"/> 신규			
TAG NO.	PSV-4892B	CLIENT			Plant	
Set Pressure	0.077 Mpa	Maker	-		TEMP	℃
OPE Pressure	0.068 Mpa	Model No.	-		TYPE	Conventional
DES Pressure	0.147 Mpa	Serial No.	-		FLUID	AIR
Back Pressure	0 Mpa	Size	10" X 150#	12" X 150#	적용규격	고용노동부고시
C.D.T.P	0.077 Mpa	Location	-			
외관 검사			분해 검사			
항목	특기사항	판정	항목	특기사항	판정	
파트유무	양호	양호	이물	BODY,NOZZLE 이물	불량	
도장	양호	양호	부식	양호	양호	
이물	BODY,NOZZLE 이물	불량	마모	양호	양호	
부식	양호	양호	균형	DISC,NOZZLE LAPPING	불량	
봉인	양호	양호	파손	양호	양호	
N/PLATE	양호	양호	Bellows 상태		-	
압력 검사				검사 정보		
검사 항목	Pre-Popping		Popping		검사 일자	
	Mpa	판정	Mpa	판정	사용 유체	Nitrogen
작동압력	0.099	불합격	0.076	합격	검사 부서	
정지압력	0.087	불합격	0.069	합격	검사 임회	
Back Leak			0		검사자	
Seat Leak	0.069		0.069	합격		
고용노동부고시 : 0.077 MPa, SP ±0.015 허용값(0.062~0.092), BD : 2.5% ~ 10% 허용값(0.074~0.066)						
특이사항 :						
<p>→ Time</p> <p>종합판정 : 합격 (◆) 불량격 () 기타 ()</p>						

[그림 IV-4] 안전밸브 시험결과표 상세내용

ITEM No	PSV-6311A	TYPE	Conventional	
Maker	CROSBY	SIZE	8" X 300#	10" X 150#
 <p>PSV-6311A</p>		 <p>PSV-6311A</p>		
<p>입고</p>		<p>분해</p>		
 <p>PSV-6311A</p>		 <p>PSV-6311A</p>		
<p>DISC LAPPING 전</p>		<p>NOZZLE LAPPING 전</p>		
 <p>PSV-6311A</p>		 <p>PSV-6311A</p>		
<p>DISC LAPPING 후</p>		<p>NOZZLE LAPPING 후</p>		
 <p>TAG NO: 6311A SET P: 1.863 MPa</p>		 <p>PSV-6311A</p>		
<p>POPPING TEST</p>		<p>출고</p>		

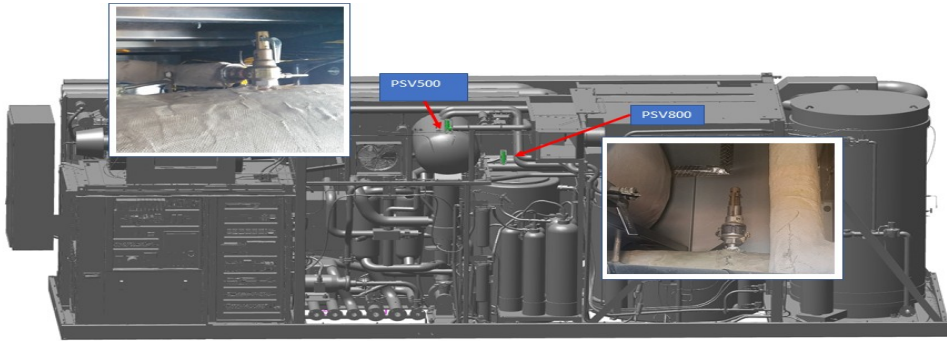
[그림 IV-5] 안전밸브 분해 사진

아래 표는 5개 사업장의 10개 단위 공장을 대상으로 조사한 안전밸브 검사 결과 현황이다. 앞서 언급한 것처럼, 분출시험 (1차) 이후 정비·보수 작업을 실시하고 이후 추가 분출시험 (2차)을 실시하여 법적 기준을 충족하는 체계로 안전밸브 점검 및 검사가 이뤄진다.

〈표 IV-6〉 안전밸브 검사결과 현황

구분	단위 공장	정기보 수기간 (년)	안전밸브 검사주기 (년)	안전밸브 개수	1차 기준 미충족 비율(%)	2차 기준 충족 비율(%)	미충족 원인
A사	A-1	4	4	145	11	100	공정 운전 물질 점도에 따른 영향
	A-2	4	4	72	4	100	
	A-3	3	4	124	7	100	
	A-4	3	4	78	4	100	
	A-5	2	4	43	12	100	
B사	B-1	4	4	341	6	100	Nozzle/Di sc 이물질
	B-2	4	4	342	8	100	
C사	C-1	2	2	156	22	100	Spring 열화
D사	D-1	2	2	71	19	100	Nozzle/Di sc 이물질
E사	E-1	1	1	12	25	100	Nozzle/Di sc 이물질

추가적으로 정유 및 석유화학 등 전통적인 화학설비뿐만 아니라 최근 이슈가 되고 있는 연료전지 발전설비에 대한 안전밸브 설치현황을 함께 조사하였다. 기본적으로 연료전지 내부에 스팀 및 냉각수 계통에 안전밸브가 설치되어 있으며 해당 안전밸브는 「산업안전보건법」뿐만 아니라 「전기안전관리법」에 따라 정기적인 검사를 받도록 규정되어 있다 (그림 IV-9).



[그림 IV-6] 연료전지 내 안전밸브 설치모습 (A기업 제공)

특히, 「전기안전관리법」 및 동법 시행규칙 제8조에서 연료전지·전기설비 계통의 정기검사를 4년 이내로 규정하고 있으며 해당설비에 포함되어 있는 연료전지 발전설비의 경우 해당설비에 대한 정기검사 시 안전밸브 설치 및 작동을 검사하고 있다.

세부검사 내용으로 안전밸브 설치상태, 안전밸브 분출압력, 안전밸브 누설 여부에 관한 항목이 포함되어 있으며 해당 검사내용은 「산업안전보건기준에관한규칙」의 검사항목을 모두 포함하고 있는 것으로 조사되었다 (표 IV-7).

〈표 IV-7〉 안전밸브 검사결과 현황

검사 항목	세부 검사 내용	수검자 준비자료
안전밸브 설치 및 동작 시험	<ul style="list-style-type: none"> · 안전밸브 설치상태 · 안전밸브 분출압력 · 안전밸브 누설 여부 	<ul style="list-style-type: none"> · 안전밸브 설치 도면 · 안전밸브시험 성적서

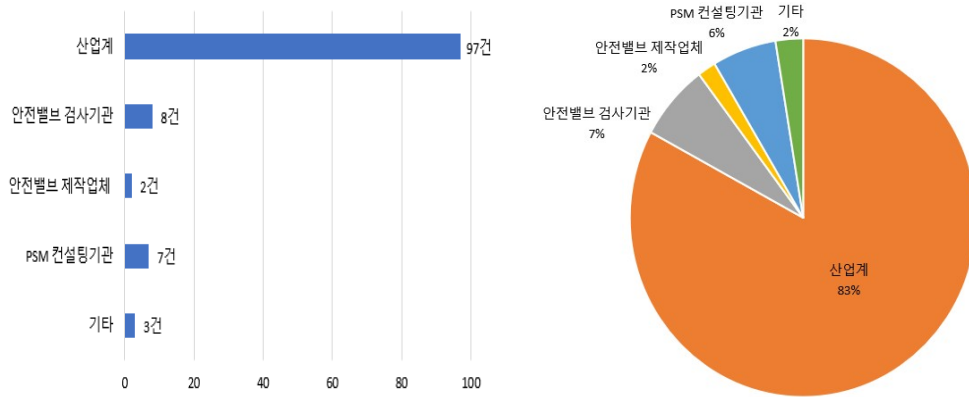
2. 설문조사

본 연구에서는 안전밸브 설치대상 및 작동시험 주기에 대한 운용실태를 파악하기 위하여 설문을 진행하였다. 사업장 방문의 한계를 보완하기 위하여 현장 방문과 온라인 설문을 병행하였으며, 사업장뿐만 아니라 안전밸브 제작 회사, 안전밸브 검사기관 등 이해관계자들에 대한 의견수렴을 통하여 현행 규정의 적정성을 조사하였다.

구체적으로, 안전밸브 설치대상 확대 및 축소의 필요성, 안전밸브 점검 주기의 적정성에 대한 문항을 구성하여 설문 대상자의 의견을 분석하였다 (부록 2 참조).

1) 응답 업종 및 경력 사항

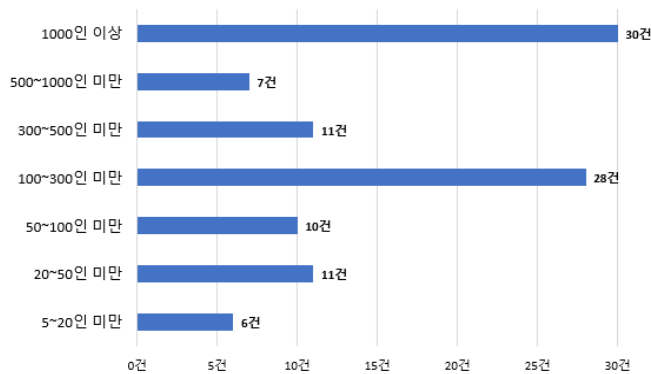
총 117건의 설문 응답 중 산업계 83%(97건), 안전밸브 검사기관 7%(8건), PSM 컨설팅기관 6%(7건), 안전밸브 제작업체 2%(2건), 기타 3%(3건) 비율을 차지하였다. 업종별 설문 참여 현황을 살펴보면, 석유화학 업종 54%(56건), 기타 업종 27%(28건), 반도체 업종 13%(13건), 정유업종 3%(3건), 의료정밀·의약품 업종 3%(3건)이다. 설문 응답자의 근무 경력은 10년 이상 61%(71건), 10년 미만 22%(26건), 5년 미만 9%(10건), 3년 미만 6%(7건), 1년 미만이 2%(2건)인 것으로 나타났다.



[그림 IV-7] 설문 응답자 인적 사항

2) 응답 기업의 상시 근로자 수

응답 기업의 상시 근로자 수를 분석한 결과, 전체 117건 중 1,000인 이상인 기업이 29%(30건)로 가장 높은 비율을 차지하였다. 다음으로는 100~300인 미만 27%(28건), 300~500인 미만 11%(11건), 20~50인 미만 11%(11건), 50~100인 미만 10%(10건), 500~1,000인 미만 7%(7건), 5~20인 미만 6%(6건) 순으로 나타났다.

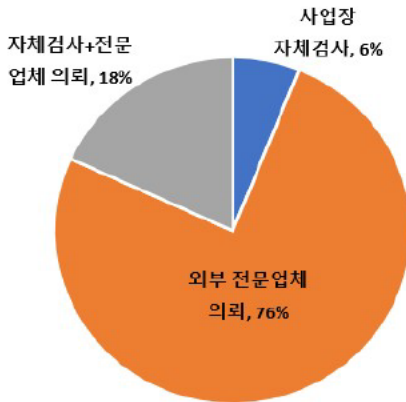


[그림 IV-8] 상시 근로자 수

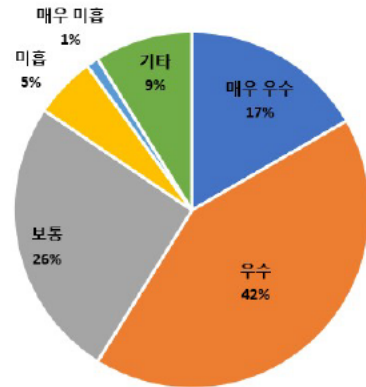
3) 안전밸브 검사 운영 체계 및 유지 관리 수준

안전밸브를 검사하는 운영 체계를 조사한 결과, 외부 전문업체에 의뢰하여 검사를 하는 사업장이 76%(76건)로 가장 높은 비율을 차지하였다. 반면, 사업장 자체검사와 전문업체 의뢰를 병행하는 사업장은 18%(19건), 사업장 자체에서 검사를 하는 곳은 6%(6건)로 나타났다.

추가적으로 주기적인 안전밸브 검사에 대한 적정성 및 신뢰도에 대한 의견에 대해서는 사업장 자체검사 신뢰도는 42%(38건), 외부 전문업체 검사 신뢰도는 63%(61건)로 자체보다는 전문업체에 안전밸브 검사를 의뢰하는 것이 높게 나타났다. 즉, 해당 부분에 대해서는 전문인력과 장비를 갖추고 있는 안전밸브 검사업체의 전문성을 보다 신뢰하고 있다고 판단할 수 있다.



(a) 안전밸브 검사 운영 체계



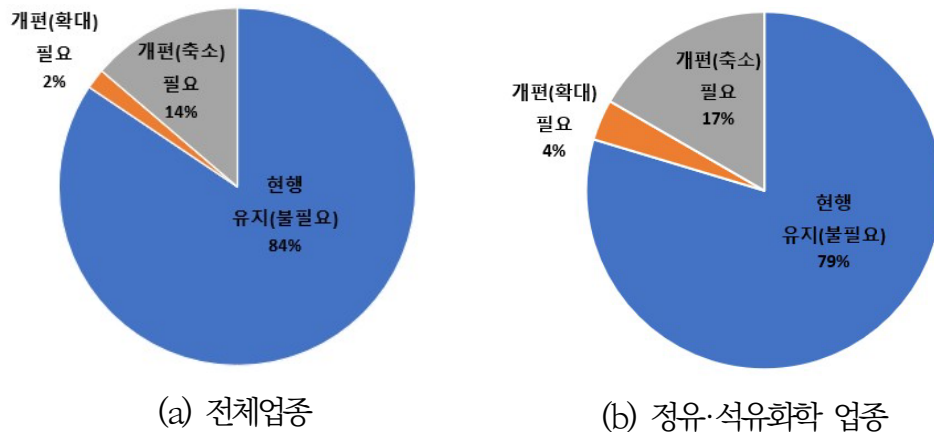
(b) 안전밸브 유지 관리 수준

[그림 IV-9] 안전밸브 검사 운영 형태와 검사 신뢰도 응답 결과

4) 안전밸브 설치대상 개편 필요성 여부

안전밸브 설치대상 개편 필요성에 대한 의견을 조사한 결과, 전체 응답 117건 중 84%(92건)가 현행을 유지하는 것이 적정하다고 응답하였다. 2%(2건)의 응답자가 설치대상 확대가 필요하다고 응답하였으며, 14%(9건)의 응답자가 설치대상 축소가 필요하다고 응답하였다. 설치 대상 축소 의견으로는 정 변위펌프의 경우 설계 시 비압축성 유체 등의 경우 제외, 비가연성물질 취급 시설(물, 스팀, 에어 등) 제외가 추가 의견으로 제시되었다. 또한 안전밸브 분출시험을 통해 안전성이 확보되는 경우, 안전밸브 설치대상을 축소할 필요가 있다는 의견이 제시되었다. 무응답은 4건이다.

정유 및 석유화학업종의 경우 전체 54건 중 79%(43건)가 현행 유지(개정 불필요)하는 것이 적합하다고 응답하였다. 4%(2건)의 응답자가 설치대상 개편(확대)이 필요하다고 응답하였으며, 17%(9건)의 응답자가 개편(축소)이 필요하다고 응답하였다.



[그림 IV-10] 안전밸브 설치대상 개정 필요성 여부 응답 결과

5) 현행 안전밸브 점검 주기(1년, 2년, 4년) 개편 필요성 여부

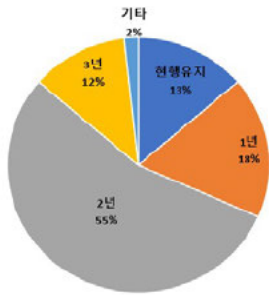
안전밸브 점검 주기 개편 필요성에 대한 의견은 전반적으로 점검 주기 연장에 대한 의견이 높은 비율을 차지하였다.

현행 1년의 점검 주기의 적정성에 관한 질문에 대해 전체 응답 117건 중 55%(64건)가 1년 주기를 2년 주기로 연장할 필요성이 있다고 응답하였다. 현행유지 31%(37건), 3년 연장 12%(14건), 기타 2%(2건)를 차지하였다. 기타 의견으로는 점진적 연장, 4년 이상 연장 등의 추가 의견이 제시되었다.

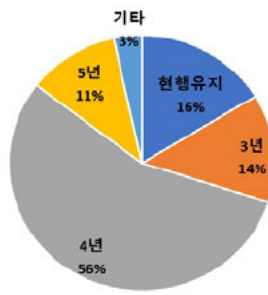
“안전밸브 전단에 파열판이 설치되면 현행 안전밸브 점검 주기를 개편할 필요성이 있는가?”에 대한 질문에 대하여 전체 응답 117건 중 65건이 2년 주기를 4년 주기로 연장할 필요성이 있다고 응답하였다. 현행 유지가 19건, 3년 연장 16건, 5년 연장 13건, 기타 2건 순으로 나타났다. 기타 의견으로는 점진적 연장, 6년 이상 연장 등의 추가 의견이 제시되었다.

“공정안전보고서 이행상태 우수사업장의 경우 현행 안전밸브 점검 주기를 개편할 필요성이 있는가?”에 대한 질문에 대하여 전체 응답 117건 중 51%(60건)가 현행을 유지하는 것이 적정하다고 응답하였다. 6년 연장 31%(36건), 5년 연장 7%(8건), 8년 연장 6%(7건), 기타 5%(6건)를 차지하였다. 기타 의견으로는 등급과 무관하게 점검 주기를 동일하게 하는 방안, 9년 이상 연장 등의 추가 의견이 제시되었다.

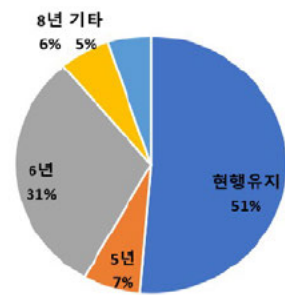
정유·석유화학업종의 경우 전체 58건의 응답 중 38%(22건)가 현행 1년 주기를 2년으로 연장하는 것이 필요하다고 응답하였다. 공정안전보고서 이행상태 우수사업장의 경우에는 현행 점검 주기를 유지하는 것이 적정하다는 의견이 59%(34건)를 차지하였다.



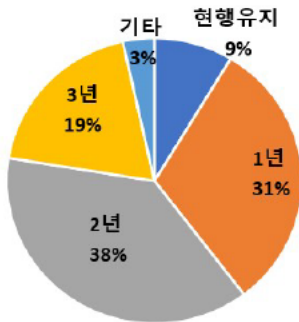
(a) 1년주기(전체업종)



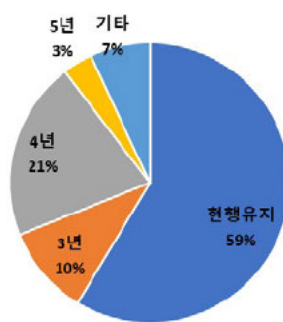
(b) 2년 주기(전체업종)



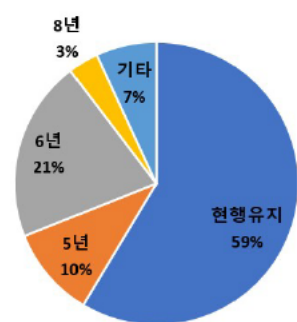
(c) 4년 주기(전체업종)



(d) 1년주기
(정유·석유화학업종)



(e) 2년주기
(정유·석유화학업종)



(f) 4년주기
(정유·석유화학업종)

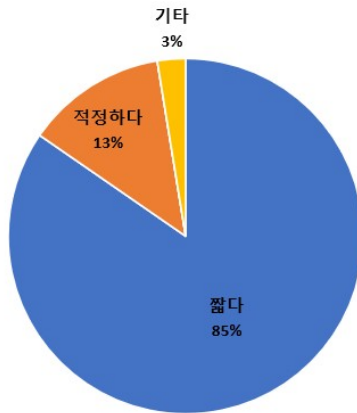
[그림 IV-11] 안전밸브 점검 주기(1년, 2년, 4년) 개편 필요성 여부 응답 결과

6) 화학공정 유체와 직접 접촉된 경우(1년) 작동시험 주기의 적정성

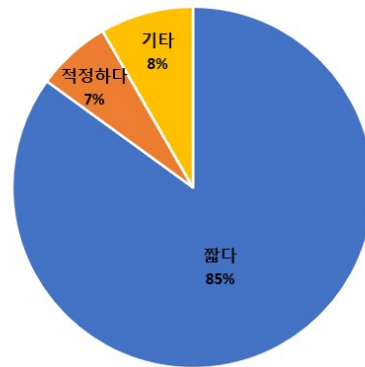
산업계에서 안전밸브 작동시험 주기 대상이 가장 많은 1년 주기를 대상으로 ‘화학공정 유체와 직접 접촉된 안전밸브 점검 주기의 적정성’에 대한 의견을 분석한 결과, 전체 117건의 응답 중 85%(99건)가 현재의 작동시험 주기는 짧다고 응답하였다.

또한, 안전밸브 점검 주기의 적정한 기간에 대해서는 전체 응답 117건 중 55%(64건)가 1년 주기를 2년 주기로 연장할 필요성이 있다고 응답하였으며 현행유지 31%(37건), 3년 연장 12%(14건), 기타 2%(2건)를 차지하였다. 기타 의견으로는 점진적 연장, 4년 이상 연장 등의 추가 의견이 제시되었다.

정유·석유화학업종의 경우 전체 응답 58건 중 88%(51건)가 1년의 작동시험 주기는 짧다고 응답하였다. 기타 의견으로는 ‘작동시험 주기는 적정하나 화학공정 유체 중 부식·독성이 낮은 것에 대한 작동시험 주기가 연장되는 방안’에 대한 추가 의견이 제시되었다.



(a) 전체업종



(b) 정유·석유화학 업종

[그림 IV-12] 화학공정 유체와 직접 접촉된 경우(1년) 작동시험 주기 의견

3. 소론

안전밸브 운용실태를 파악하기 위하여 여수, 울산, 대산, 청주, 구미, 기흥, 익산 지역을 중심으로 정유, 석유·화학, 반도체, 제약, 연료전지 등 다양한 사업장을 방문하여 안전밸브 운용실태 조사하였다.

방문사업장 모두 안전인증 제품을 사용하는 것으로 조사되었으며, 많은 기업이 안전밸브를 병렬로 추가 설치하여 운용하는 것으로 조사되었으며 추가 설치현황 및 설비비용 등은 기업의 규모, 업종, 취급물질 및 공정특성에 따라 많은 차이가 나타나는 것으로 조사되었다.

정유, 석유화학, 반도체 및 의료정밀·의약품 업종의 정비·보수 기간은 최소 1년부터 최대 4년까지 동일 사업장 내에서도 단위 공장별로 차이가 발생하는 것으로 조사되었다.

또한, 설문조사를 통하여 안전밸브 설치대상 및 작동시험 주기의 적정성을 조사한 결과 설치대상의 경우 전체 응답 117건 중 84%(92건)가 현행을 유지하는 것이 적정하다고 응답하였다. 반면, 안전밸브 작동시험 주기의 경우 현재의 작동시험 주기가 짧다고 응답하였으며, 특히, 검사 대상이 가장 많은 1년 주기의 경우 전체 117건의 응답 중 85%(99건)가 개편 필요성 의견을 제시하였다.

앞서 산업계 애로사항으로 언급한 것처럼, 최근 화학설비의 설계단계에 서부터 근원적 안전설계를 구축하고 있는 사례가 많은 것으로 사업장 현장 방문을 통하여 확인하였다. 이러한 화학설비에 설치되어 있는 안전밸브의 작동시험 주기에 대한 연계성 또한 충분한 조사·분석을 통하여 필요시 제도 개선에 반영할 필요가 있을 것으로 판단된다.

V. 안전밸브 설치대상 및 작동시험 주기 개선방안



V. 안전밸브 설치대상 및 작동시험 주기 개선방안

1. 안전밸브 설치대상 및 검사 주기 개선 적정성 검토

본 연구에서는 안전보건규칙 제261조(안전밸브 등의 설치)에서 규정하고 있는 안전밸브 설치대상 및 안전밸브 검사주기에 대한 적정성을 검토하고 이를 바탕으로 합리적 개선방안을 제안하였다.

이를 위하여 국내·외 법령 및 기술기준을 조사·분석하였으며, 정유, 석유화학, 반도체, 연료전지, 발전소 등 현장방문을 통한 안전밸브 운용실태를 조사하였다. 추가로 설문조사를 실시하여 다양한 이해관계자들의 의견수렴을 통하여 시사점을 도출하였다.

1) 안전밸브 설치대상 적정성

안전보건규칙 제261조(안전밸브 등의 설치) 제1항에 따라 안전밸브 설치대상을 아래와 같이 규정하고 있다.

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

반면 국내 타 법령 기준을 살펴보면, 모든 법령에서 보일러 및 압력용기에 대해 안전밸브를 설치토록 규정하고 있으며, 위험물질을 취급하는 화학설비 및 그 부속설비의 과압 형성에 따른 사고를 사전에 방지하기 위하여 안전밸브를 설치하도록 규정하고 있다 (표 V-1).

일본의 경우, 보일러, 압력용기 그리고 화학설비에 안전밸브를 설치하도록 규정하고 있으며, 미국, 영국, 캐나다의 경우 국내처럼 안전밸브의 설치대상을 구체적으로 규정하지 않고, 취급하는 위험물질의 다양한 작동 조건 및 환경에 따라 설치 대상을 규정하고 있다.

국내 중대산업사고 227건 중 안전밸브와 관련된 사고는 12건으로 그 중 안전밸브를 설치하지 않은 경우가 1건이며 나머지는 작동불량, 용량부족, 위험성평가 미흡 등이 11건으로 조사되어 안전밸브 설치대상의 축소·확대보다는 안전관리 수준을 높이는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

한편, 사업장 의견수렴을 위하여 실시한 설문조사 결과에 따르면, 안전밸브 설치대상의 개정 필요성에 대한 전체 응답자 중 84%가 현행 규정을 유지하는 것이 적정하다고 응답하였다.

결론적으로 국내·외 유사 관련 법률 및 기술기준을 비교·분석하고 사업장 방문을 통한 안전밸브 운용실태 조사·분석과 산업계 및 이해관계자의 의견을 종합해볼 때 현재의 안전밸브 설치대상을 유지하는 것이 타당하다고 판단하였다.

〈표 V-1〉 국내 안전밸브 설치 대상 기준

구분	산업안전보건법		고압가스 안전관리법	화학물질 관리법	에너지이용 합리화법	위험물안 전관리법
근거	산업안전 보건기준 에 관한 규칙	산업안전 보건기준 에 관한 규칙	고압가스안 전관리법 시행규칙제 8조(별표 4)	유해화학 물질 취급시설 고시	에너지이용 합리화법 시행규칙제 31조의9	위험물안전 관리법 시행규칙 (별표 4 Ⅷ)

	제116조	제261조		(제조, 저장, 보관)		제4호)
설치 대상	보일러	압력용기, 정변위 압축기, 정변위 펌프, 배관, 그 밖의 화학설비 및 그 부속설비	고압가스 제조시설	압력용기, 정변위 압축기, 정변위 펌프, 배관, 그 밖의 화학설비 및 그 부속설비	열사용 기자재 (보일러, 압력용기)	위험물을 가압하는 설비 또는 그 취급하는 위험물의 압력이 상승할 우려가 있는 설비

〈표 V-2〉 국외 안전밸브 설치 대상 기준

구분	관련법령/기준	설치 대상
일본	노동안전위생법, 고압가스보안법	보일러, 압력용기, 화학설비
미국	API RP 510, 570, 576	일반적인 프로세스 설비 비부식성 설비
	NBIC(National Board Inspection Code) Part 2	프로판 또는 냉매 설비
	NFPA 58	액화석유가스(LPG) 취급 냉동용기
	NFPA 59A	액화천연가스 (LNG) 취급 설비 위험물질 취급용기
영국	Pressure Systems Safety Regulations 2000 (PSSR)	스팀 플랜트 스팀 리시버 압축공기 시스템의 공기 리시버
캐나다	Pressure Relief Devices Requirements (PESR)	파워 보일러 히팅 보일러 압력 용기 Upstream 압력 용기 압력 배관

2) 안전밸브 작동시험 주기 적정성

안전밸브 작동시험 주기 적정성 판단을 위하여 첫째, 국내·외 작동시험 주기 관련 규정, 둘째 제도의 실효성을 판단하기 위한 현장 운용실태 및 이해관계자 설문 결과 마지막으로 국내·외 화학설비에 도입되고 있는 근원적 공정 안전 설계를 중심으로 분석하였다.

(1) 국내·외 안전밸브 작동시험 주기 규정 현황

국내 타 법령을 살펴보면, 「고압가스안전관리법」에서는 안전밸브 작동시험 주기를 2년으로 규정하고 있으며, 「전기안전관리법」과 「에너지이용합리화법」은 별도의 규정 없이 보호 대상 시설의 검사 주기에 맞춰 검사를 시행토록 규정하고 있다. 「전기안전관리법」은 2년 혹은 4년, 「에너지이용합리화법」에서는 2년 주기로 타 법률에서는 기본적으로 2년 이상으로 검사 주기를 규정하고 있다.

외국의 경우를 살펴보면, 일본은 2년마다 정기자주검사를 규정하고 있으며 미국, 영국, 캐나다 등의 경우 큰 틀의 작동시험 주기를 2년부터 최대 10년까지 안전밸브 신뢰성 등을 고려하여 사업장의 취급환경에 따라 관리하고 있다.

(2) 안전밸브 작동시험 주기 현장 운용실태 및 이해관계자 설문조사 결과

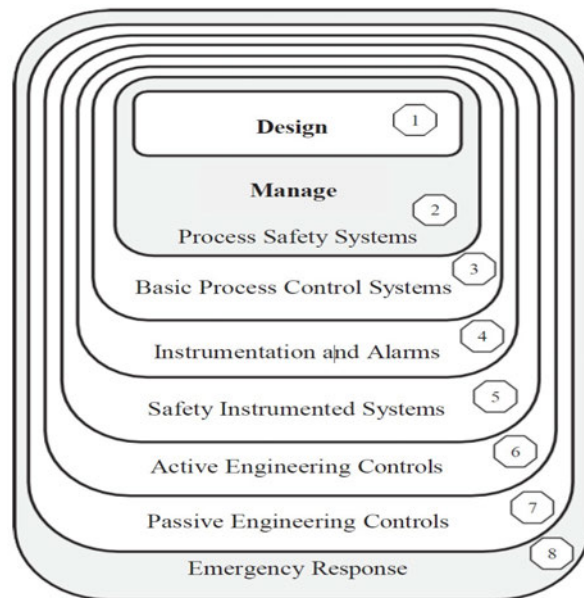
제도 실효성 및 운용현황 분석 결과 많은 사업장의 경우 화학설비의 정기·보수기간과 안전밸브 작동시험 주기를 다르게 규정하고 있어 이 부분에 대한 개정 필요성 요구가 크게 나타났다. 검사 주기 적정성에 대한 이해관계자 설문조사 결과, 전체 응답 117건 중 55%(64건)가 1년 주기를 2년 주기로, 55%(65건)가 2년 주기를 4년 주기로, 마지막으로 31%(36건)가 4년 주기

를 6년으로 작동시험 주기 연장 의견을 제시하였다.

(3) 안전성을 확보하기 위한 근원적 공정안전 체계 구축

화학설비 안전에 관한 기술 발전으로 많은 사업장이 화학설비 및 그 부속설비의 안전을 강화하기 위하여 최고사용압력을 초과하지 않도록 근원적 화학공정 안전설계를 갖추고 있다. 물론 이러한 안전설계를 통해 사고를 제로화할 수는 없지만, 위험을 상당히 저감할 수 있는 방안으로 산업계에서는 이러한 부분들이 안전밸브 설치대상 및 작동시험 주기에 반영될 수 있도록 제도 개선 필요성을 언급하고 있다.

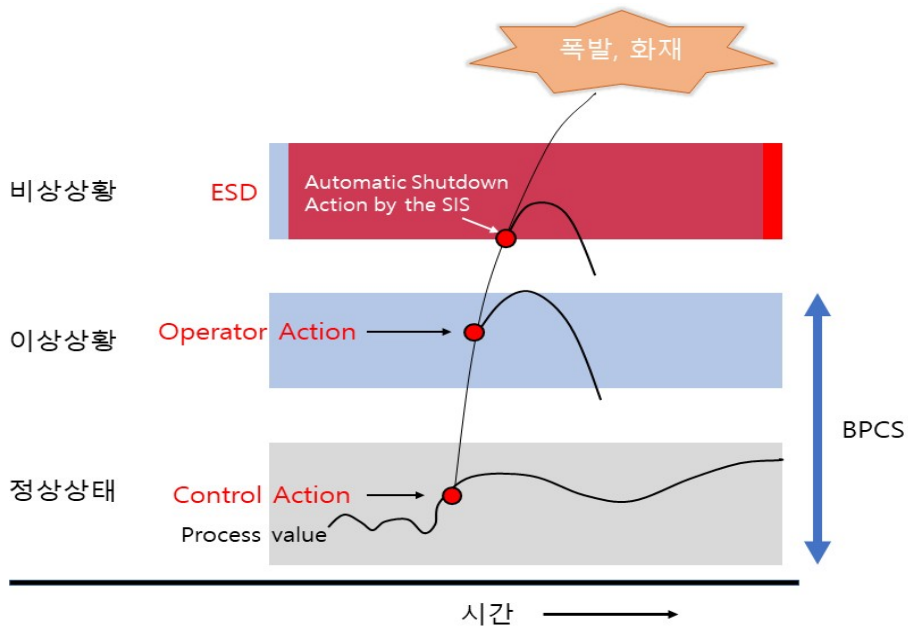
공정안전 시스템은 심각한 사고 및 부상을 예방하기 위하여 아래 그림과 같이 위험감소 방법으로 방호계층 체계를 갖추고 있다.



[그림 V-1] 위험저감 방호계층

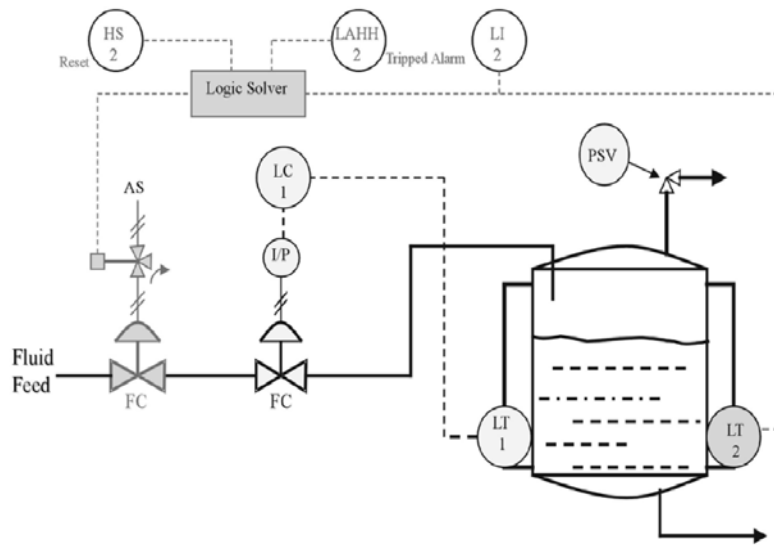
특히, ① 설계단계에서 공정의 안전한 작동을 보장하고, 공정 제어 및 모니터링 체계를 구축, ③ 기본공정제어시스템에서 안전한 작업(예방, 감지)에 사용되는 기본 프로세스 제어 시스템, ⑤ 안전계장 시스템(SIS)에서 특정 프로세스 편차에 응답하고 중지하도록 매우 안정적인 시스템 설계, ⑥ 능동적 제어장치에서 압력완화장치(안전밸브 포함), 스프링클러 시스템 등 능동적 제어시스템이 구축되어 있다.

기본적으로, 기본공정제어 시스템(Basic Process Control System, BPCS)의 경우, 공정에서 나온 입력신호에 대응하는 시스템으로서 출력신호를 발생시켜 공정이 원하는 형태로 운전되도록 하면서 정상적인 생산범위 내에서 운전되도록 제어하는 것이다. 만일, 정상상태에서 비정상 상태로 발전이 되는 경우, 아래 그림처럼 공정 위험을 식별, 평가하여 신속하고 적절하게 위험을 관리하는 체계를 공정 안전 시스템이라 한다(그림 IV-7).



[그림 V-2] 공정안전 제어체계

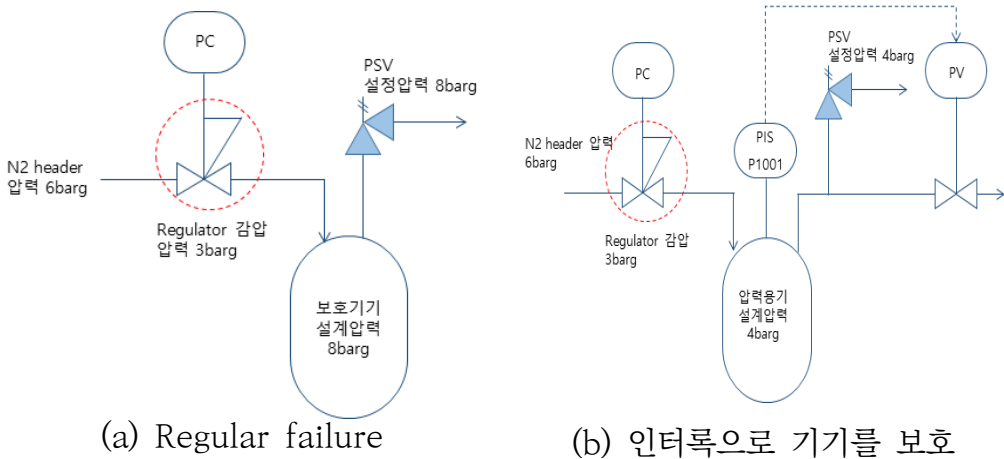
다음의 그림은 화학설비 안전성 확보를 위한 공정 안전 시스템 설계의 예시를 보여주고 있다(IDC, 2022). 기본적으로 탱크 내부의 수위를 조절하기 위한 수위 조절 제어시스템을 기본적으로 갖추고 있으며, 해당 제어시스템의 작동이 실패하여 그 기능을 적절하게 수행하지 못할 경우를 대비하여 유량을 조절하는 자동 유량조절 시스템이 위험 저감 수단으로 설계되어 있다. 추가로 사고를 예방하기 위하여 대표적인 능동적 제어장치인 안전밸브가 탱크 상부에 설치되어 있다.



[그림 V-3] 공정안전 시스템 (유량)

앞서 설명한 공정안전 체계 구축 사례 중 하나가 공정운전 압력이 설계압력을 초과하지 않도록 설계를 갖추는 것이다.

- (a)의 경우, N₂는 공급압력은 6 barg이고 레귤레이터에서 3 barg로 감압 되어 공급되며 압력용기의 설계압력은 8 barg, 안전밸브의 작동 압력은 8 barg로 설계되어 있다. 레귤레이터의 고장으로 감압 없이 압력용기에 공급되어 과압이 형성될 수 있으나 해당기기의 설계압력이 8 barg이기 때문에 8 barg 이상으로 압력이 상승하지 않도록 설계되어 있다.
- (b)의 경우, N₂ 공급라인의 압력은 6 barg이고 레귤레이터에서 3 barg로 감압 되어 공급되며 만약 레귤레이터 고장으로 6 barg가 감압 없이 보호기기로 공급되어 과압이 형성될 수 있으나, 인터록에 의해 과압 형성 시 밸브가 개방되어 과압을 해소할 수 있도록 설계되어 있다.



[그림 V-4] 공정안전 시스템 설계 예시

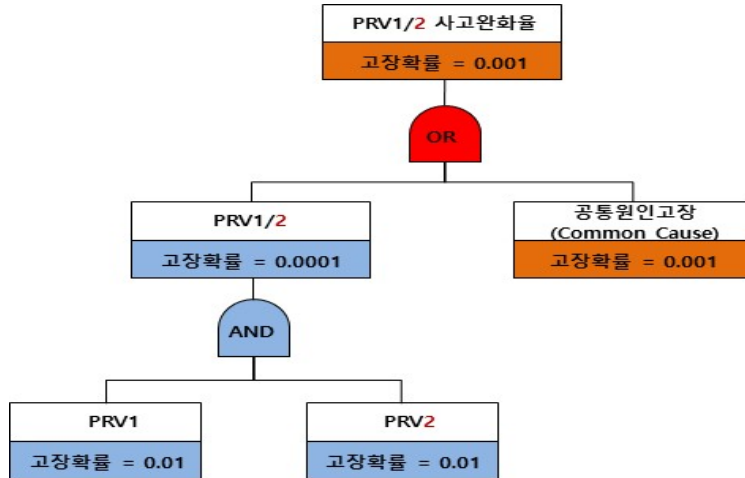
(4) 안전밸브 추가 설치를 통한 안전성 확보 방안

사업장의 정비·보수 기간은 최소 1년부터 최대 4년 간격으로 이뤄진다. 정기적 정비·보수 기간과 안전밸브 작동시험 주기가 일치하지 않을 경우, 또는 일시적 점검을 위해 설비의 가동을 중단해야 하므로 이를 개선하기 위하여 일부 사업장의 경우, 안전밸브를 법적 기준 이외에 추가로 설치하여 운영하고 있다. 이러한 경우 외국에서는 사고완화율이 높아질 수 있는 기술로 인정되고 있다.

- 하나의 안전밸브에 대한 사고 완화율이 1×10^{-2} 이며(CCPS, 2001) 안전밸브를 병렬로 적용하는 경우 사고 완화율은 1×10^{-3} 을 적용할 수 있다 (Renato, 2021) (그림 V-2, 그림 V-3).
- 또한, API 520에서도 공정상 유체로부터 안전밸브를 보호하기 위하여 파열판을 설치할 수 있다고 명시하고 있으며 이를 통해 안전밸브로 인입되는 유체의 대기배출방지, 부식예방, 밸브의 보호, 밸브 정비작업을 감소시킬 수 있는 효과가 있다고 언급하고 있다.

IPL	Comments <i>Assuming an adequate design basis and inspection/maintenance procedures</i>	PFD from Literature and Industry	PFD Used in This Book (For screening)
Relief valve	Prevents system exceeding specified overpressure. Effectiveness of this device is sensitive to service and experience.	$1 \times 10^{-1} - 1 \times 10^{-5}$	1×10^{-2}
Rupture disc	Prevents system exceeding specified overpressure. Effectiveness can be very sensitive to service and experience	$1 \times 10^{-1} - 1 \times 10^{-5}$	1×10^{-2}
Basic Process Control System	Can be credited as an IPL if not associated with the initiating event being considered (see also Chapter 11). (See IEC 61508 (IEC, 1998) and IEC 61511 (IEC, 2001) for additional discussion.)	$1 \times 10^{-1} - 1 \times 10^{-2}$ ($>1 \times 10^{-1}$ allowed by IEC)	1×10^{-1}
Safety Instrumented Functions (Interlocks)	See IEC 61508 (IEC, 1998) and IEC 61511 (IEC, 2001) for life cycle requirements and additional discussion		

[그림 V-5] 안전밸브 설치에 대한 사고 완화율



[그림 V-6] 병렬구조 안전밸브의 사고 완화율

국내·외 관련 기준 및 기술 수준 그리고 안전밸브 운용실태 및 근본적 안전 설계 기술 등을 종합적으로 분석해보았을 때, 현행 안전밸브 작동시험 주기에 대한 개선이 필요한 것으로 판단된다.

2. 안전밸브 작동시험 주기 개선방안

본 연구에서는 안전밸브 작동시험 주기에 대한 아래와 같이 작동시험 주기에 대한 3가지 개선방안을 제안하였다.

(제안 1) 현행 안전밸브 검사주기 연장 방안

국내·외 안전밸브 작동시험 주기는 최소 2년부터 최대 10주기로 규정하고 있고, 화학설비에는 근원적 안전설계가 도입되어 운영되고 있다. 또한, 안전성을 확보하기 위하여 안전밸브를 복수로 설치하거나 파열판을 추가 설치하여 사고 완화율을 줄일 수 있어서 이러한 부분을 충분히 고려한 개정안을 아래와 같이 제안한다.

〈표 V-3〉 [제안 1] 개정 (안)

현행	개정(안)
제261조(안전밸브 등의 설치) ①~② (생략)	제261조(안전밸브 등의 설치) ①~② (현행과 같음)
③(생략) 1. 화학공정 유체와 안전밸브의 디스크 또는 시트가 직접 접촉될 수 있도록 설치된 경우: <u>매년 1회 이상</u>	③(현행과 같음) 1. 화학공정 유체와 안전밸브의 디스크 또는 시트가 직접 접촉될 수 있도록 설치된 경우: <u>2년마다 1회 이상</u>
2. 안전밸브 전단에 파열판이 설치된 경우 : <u>2년마다 1회 이상</u>	2. 안전밸브 전단에 파열판이 설치된 경우 또는 <u>안전밸브를 여러 개 설치한 경우(분출용량 이상의 경우에 한함) : 3년마다 1회 이상</u>
3. (생략)	3. (현행과 같음)
④- ⑤ (생략)	④- ⑤(현행과 같음)

(제안 2) 안전밸브별로 작동시험 주기를 관리할 수 있는 체계 마련

- 외국의 경우, 안전밸브 작동시험 주기를 과거 검사자료, 설비의 신뢰성, 위험기반평가 등을 활용하여 점검 주기를 결정하고 있다. 특히, 일본, 미국, 영국 등에서 안전밸브에 관련한 검사 및 검사자료를 바탕으로 자율 안전관리 체계를 도입·운영하기 위해서는 정확한 데이터를 확보하는 것이 무엇보다 중요한 요소로 작용된다.
- 국내의 경우, 안전밸브 설치유형 및 공정안전보고서 이행상태 평가 결과에 따라 1년, 2년 또는 4년 주기로 안전밸브의 탈·부착이 이뤄지고 있어서, 안전밸브 검사 결과에 대한 안전밸브의 안전성 또는 신뢰성을 담보할 수 있는 데이터 관리가 부재한 상태이다.
- 안전 측면에서, 잦은 주기의 탈·부착이 안전밸브 신뢰성을 확보하는 방안이라는 의견도 있지만, 정확한 안전밸브 신뢰성 데이터를 바탕으로 최적의 작동시험 주기를 마련하는 것이 더 합리적이라 판단된다.
- 이를 위하여 본 연구에서는 안전밸브 점검주기의 신뢰성을 확보하는 방안을 제시하였다. 즉, 현재의 일괄적인 안전밸브 검사체계를 벗어나 안전밸브별로 안전검사를 진행하는 방식이다. 안전밸브는 취급공정 조건, 설치위치, 취급물질이 상이하기 때문이다.
 - 안전밸브별로 희망하는 주기만큼 검사를 실시하고 그 결과가 현행 규정의 성능기준을 충족했을 경우, 이후 해당 주기로 검사를 실시하는 방안이다. 다만, 최대 주기를 현재의 기준을 고려하여 4년으로 제한한다. 또한, 그 결과가 성능 기준을 충족하지 못하는 경우, 현행 주기를 따라야 한다 (그림 V-4).
 - 이를 위해서 사업장 ‘안전밸브 정기보수 지침’을 마련하고 해당 지침에 점검 주기를 명시하여야 한다.

공정	정기보수 기간(년)	PSV tag	유체	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년
A	2	A-1	Product	OK	OK	2년주기		(미충족)	OK	OK	2년주기	OK
		A-2	Product	Fail	OK	OK	2년주기		(충족)	2년주기	(충족)	2년주기
B	2	B-2	Steam	OK	Fail	OK	OK	2년주기	Fail	OK	OK	(충족)
		B-3	Cooling water	OK	OK	2년주기		(미충족)	Fail	Fail	OK	OK
C	4	C-1	질소	OK	OK	OK	OK	4년주기				검사 (충족)
		C-2	Product	Fail	Fail	OK	OK	OK	OK	4년주기		
		C-3	Product	Fail	OK	Fail	OK	OK	OK	OK	4년주기	

[그림 V-7] 안전밸브 점검주기 관리 흐름도

<표 V-4> [제안 2] 개정 (안)

현행	개정(안)
제261조(안전밸브 등의 설치) ①~④ (생략)	제261조(안전밸브 등의 설치) ①~④ (현행과 같음)
<신 설>	⑤ 제3항 각 호, 제4항에 따른 검사주기에도 불구하고 사업장에서 정기보수 기간 만큼의 분해정비 없이 분출시험을 실시하고 그 결과가 성능기준에 적합한 경우, 검사주기는 사업장의 정기보수 기간을 따를 수 있다.
⑤ (생략)	⑥ (현행과 같음)

(제안 3) 안전밸브의 평가 및 점검 지표 개정 방안

안전밸브 작동시험 검사주기 연장에 따라 다소 완화될 수 있는 사항을 보완하기 위하여 (1) 안전밸브 평가지표를 개선하고 (2) PSM 대상사업장 중심에서 PSM 비대상 사업장의 안전밸브 자체검사 기능을 개선하는 방안을 제안하고자 한다.

(1) 안전밸브 평가지표 개선 방안

- 「공정안전보고서의 제출·심사·확인 및 이행상태평가 등에 관한 규정」에 근거하여 현장확인 이행상태평가 시 안전밸브 평가지표가 별도로 구분 되어 있지 않고 다른 항목들과 동일한 항목으로 운영되고 있다.
- 일부 사업장의 경우, 안전관리 지침, 안전밸브 검사에 따른 수리 및 불합격 사유 등에 대한 관리가 필요한 것으로 조사되었다.
- 따라서, 사업장 스스로 안전밸브에 관한 관리지침 제·개정, 검사이력, 불합격 사유 등 안전밸브 이력관리를 체계적으로 관리할 수 있도록 「공정안전보고서의 제출·심사·확인 및 이행상태평가 등에 관한 규정」과 「공정안전보고서 확인지침」의 「별지 6」 공정안전보고서 자체감사 점검표」를 개선하는 방안을 제안한다.

〈표 V-5〉 [제안 3(1)] PSM 이행상태 평가지표 개정(안)

현행	개정(안)
안전밸브, 파열판, 긴급차단밸브, 방폭형전기기계기구, 가스누출감지기(경보기), 방유제, 내화설비 등의 관리상태는 양호한가?	긴급차단밸브, 방폭형전기기계기구, 가스누출감지기(경보기), 방유제, 내화설비 등의 관리상태는 양호한가?
〈신설〉	안전밸브(안전밸브, 파열판) 관리지침을 수립 적절하게 관리(제·개정)하고 있는가?

<p>안전밸브, 파열판, 긴급차단밸브, 방폭형전기기계기구, 가스누출감지기(경보기), 방유제, 내화설비 등은 주기적으로 점검, 교정 등을 하는가?</p>	<p>긴급차단밸브, 방폭형전기기계기구, 가스누출감지기(경보기), 방유제, 내화설비 등은 주기적으로 점검, 교정 등을 하는가?</p>
<p>〈신설〉</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 안전밸브(안전밸브, 파열판)를 관리지침에 맞춰 주기적 검사 및 점검·교정 등을 하는가? · 안전밸브 검사이력 및 불합격 사유 등에 대한 이력관리가 적절하게 이뤄지는가?

〈표 V-6〉 [제안 3(2)] 자체감사 점검표 개정(안)

<p>현행</p>	<p>개정(안)</p>
<p>라. 안전밸브 및 파열판 명세</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 안전밸브의 노즐크기, 배출연결부위 및 설정압력의 일치 및 식별번호 부착여부 ② 제작자 공급자료 확보여부 ③ 안전밸브의 방출시험 실시여부 	<p>라. 안전밸브 및 파열판 명세</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 안전밸브의 노즐크기, 배출연결부위 및 설정압력의 일치 및 식별번호 부착여부 ② 제작자 공급자료 확보여부 ③ 안전밸브의 방출시험 실시여부
<p>〈신설〉</p>	<ul style="list-style-type: none"> ④ 안전밸브(안전밸브, 파열판) 관리지침 수립 여부 ⑤ 안전밸브 검사이력 및 불합격 사유 등에 대한 이력관리여부
<ul style="list-style-type: none"> ④ 안전밸브 및 파열판 전·후단 배관의 차단밸브 적정관리 여부 ⑤ 안전밸브와 파열판 사이에 압력계 등 설치여부 	<ul style="list-style-type: none"> ⑥ 안전밸브 및 파열판 전·후단 배관의 차단밸브 적정관리 여부 ⑦ 안전밸브와 파열판 사이에 압력계 등 설치여부

(2) PSM 비대상 사업장에 대한 안전밸브 관리기준 개선 방안

- 앞서 제안한 사항들은, 기본적으로 PSM 대상 사업장에 한정된다는 한계점이 발생한다. 이러한 부분을 보완하기 위하여 PSM 비대상 사업장의 안전밸브 운용에 대한 자체 관리 또한 필요할 것이다.
- 따라서, 「안전검사 고시(고용노동부고시 제2020-43호)」의 「[별표 4] 압력용기의 검사기준」 세부항목을 개정함으로써 앞서 언급한 한계점을 개선할 수 있을 것이다.
- 다만, 관리기준이 새롭게 추가됨에 따라 PSM 비대상 사업장에서 어려움을 느낄 수도 있어 충분한 공감대를 형성한 이후 진행할 수도 있을 것으로 판단된다.

〈표 V-7〉 [제안 3(3)] PSM 비대상 사업장 대상 개정(안)

현행	개정(안)
1.~5. (생략)	1.~5. (현행과 같음)
6. 압력방출장치 가. 압력방출장치는법 제34조에 따른 안전인증품으로 현저한 손상, 부식, 마모가 없고, 유체의 누출이 없을 것 나. 설정압력은 설계압력 또는 최대허용 사용압력을 초과해서는 아니 되며, 작동압력은 설정압력치의 ±5퍼센트 이내이고, 봉인상태가 양호할 것 다. 표시판에 설정압력 등의 식별이 가능해야 하며 부착이 견고할 것	6. 압력방출장치 가. 압력방출장치는 법 제34조에 따른 안전인증품으로 현저한 손상, 부식, 마모가 없고, 유체의 누출이 없을 것 나. 설정압력은 설계압력 또는 최대허용 사용압력을 초과해서는 아니 되며, 작동압력은 설정압력치의 ±5퍼센트 이내이고, 봉인상태가 양호할 것 다. 표시판에 설정압력 등의 식별이 가능해야 하며 부착이 견고할 것
〈신설〉	라. 압력방출장치(안전밸브, 파열판등) 관리지침을 수립하고 관리할 것 마. 압력방출장치를 관리지침에 맞춰

	<p>주기적 검사 및 점검·교정 할 것 바. 압력방출장치검사이력 및 불합격 사유 등에 대한 이력관리를 할 것</p>
<p>7.~11.(생략)</p>	<p>7.~11.(현행과 같음)</p>

VI. 결 론



VI. 결론

- 본 연구는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제261조(안전밸브 등의 설치)에서 규정하고 있는 압력용기 등 화학설비의 과압에 따른 폭발을 방지하기 위하여 폭발 방지 성능과 규격을 갖춘 안전밸브의 설치 대상 및 검사 주기를 규정하고 있다. 해당 규정의 적정성을 검토하고 이를 바탕으로 합리적 개선방안을 마련하고자 하였다.
- 이를 위하여 국내·외 법령 및 기술기준을 조사·분석하였으며, 정유, 석유화학, 반도체 등 다양한 업종의 현장방문을 통하여 안전밸브 운용실태를 조사하였다. 한정된 사업장 방문의 한계를 보완하기 위하여 온-오프라인을 통하여 설문조사를 병행하였으며 다양한 이해관계자들의 의견수렴을 통하여 시사점을 도출하였다.
- 국외 안전밸브 관련기준으로 일본은 2년마다 정기자주검사를 규정하고 있으며 최근에는 검사주기를 정기적으로 실시하는 시간표준보전이 아니라, 설비의 상태에 따라 검사하는 상태표준보전의 검사를 실시하고 있다. 미국, 영국, 캐나다 등의 경우 화학설비에 따라 최대 10년까지 작동시험 주기로 관리하고 있다.
- 최근 24년간 국내에서 발생한 227건의 중대산업사고 중 안전밸브와 관련된 사고는 12건으로 전체 사고 중 5.28%를 차지하였으며 이 중 4건은 위험성평가 미흡, 3건은 안전밸브 용량부족, 안전밸브 미설치 및 미작동 각 1건 순으로 나타났다. 사고 분석결과, 설비의 결함 및 안전밸브 미설치 등의 설비원인과 위험성평가 부재, 작업안전절차 미준수 등의 안전관리 체계의 부재의 원인이 주요 원인으로 분석되었다.
- 안전밸브 설치대상 및 검사주기에 대한 설문조사 결과 설치대상의 경우 현행유지 의견이 가장 높았으나 작동시험 주기의 경우 업종별 차이가 있지만,

전반적으로 주기 연장의 필요성이 높게 나타났다.

- 본 연구에서는 국내·외 유사 관련 법률 및 기술기준을 비교·분석하고 사업장 방문을 통한 안전밸브 운용실태 조사·분석과 산업계 및 이해관계자의 의견을 종합적으로 고려하여 (1) 안전밸브 설치대상을 유지하는 것이 타당하다고 판단하였으며 반면 (2) 안전밸브 작동시험 주기의 경우 개선이 필요한 것으로 판단하였다.

- 안전밸브 작동시험 주기의 개선을 위하여 아래와 같이 3가지 합리화 방안을 제시하였다.

(제안 1) 현행 안전밸브 검사 주기 연장 방안

- 현행 1년 주기를 2년으로 연장
- 안전밸브를 여러 개 설치하거나 파열판을 추가 설치하는 경우 3년 주기

(제안 2) 안전밸브별로 작동시험 주기를 관리할 수 있는 체계 마련

- 안전밸브 작동시험 주기를 안전밸브별로 각각 실시하고 신뢰성이 검증 되었을 때 해당 기간만큼 주기 설정 방안

(제안 3) 안전밸브의 평가 및 점검 지표 개정 방안

- 안전밸브 작동시험 검사주기 연장에 따라 다소 완화될 수 있는 관리를 보완하기 위하여 PSM 이행상태 및 자체점검 지표, PSM 비대상 사업장의 안전밸브 자체검사 관리 기능개선

- 추가적으로, 이 연구에서 제시한 개선방안이 정책 개편을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 국가기술표준원, KS B 6216(1998), 증기용 및 가스용 스프링 안전, 2018.
- 김태옥 외, 정유 및 석유화학 사업장의 압력방출장치(PSV) 검사주기의 합리적 개선방안 연구. 2021.
- 최재욱 외, 화재·폭발 안전기준의 규제수준에 대한 합리적 조정 방안. 2021.
- 이영순 외, 국내 정유·석유화학 사업장 압력방출장치(PSV) 검사주기의 합리적인 개선을 위한 연구. 서울과학기술대학교. 2011.
- 장유리 외, 안전밸브 성능점검 자료 분석을 통한 운전 중 점검방법 도입의 필요성 고찰. 한국가스안전공사. 2017.
- 김명철 외, 고압가스 사용시설 내 안전밸브 설치유형별 리스크 분석. 한국교통대학교. 2017.
- 한국산업안전보건공단, 2008년도 중대산업사고 사례집, 2009.
- 한국산업안전보건공단, 유기촉매 누출로 인한 화재·폭발 사고사례, 2020.
- 한국산업안전보건공단, 페놀폼(PF) 단열재 제조공장, 2018.
- 고용노동부, 2020년도 산업재해 현황분석, 2020.
- 고용노동부, 2019년도 산업재해 현황분석, 2019.
- 고용노동부, 2018년도 산업재해 현황분석, 2018.
- 한국경제연구원, 산업재해 예방의 실효성 제고를 위한 사업장 안전관련 규제 합리화 과제. 2016.

- Julia, V. B. and William, M. G., “Analysis of Pressure Relief Valve Proof Test Data”, *Process Safety Progress*, 28(1), 24-29, 2009.
- Thiago, T., Charles, K., and Nancy, F., “Pressure Relief Valve Inspection Interval”, *Process Safety Progress*, 37(1), 37-41, 2018.
- AB-506, *Inspection & Servicing Requirements In-Service Pressure Equipment*, 3rd Ed., 2020.
- ABSA AB-506, *Inspection & Servicing Requirements for In-Service Pressure Equipment*, Edition 3, Revision 0, 2020.
- Alan, F., “Testing safety valves”, *Plant Engineer*, March/April, 32-33, 2009.
- Alberta Regulation 49/2006, *Pressure Equipment Safety Regulation*, 2006.
- API RP 510, *Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration*, 10th Ed., American Petroleum Institute, (2014) includes Addendum 1 dated May 2017 and Addendum 2 dated March 2018.
- API RP 570, *Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems*, 4th Ed., American Petroleum Institute, 2016.
- API RP 576, *Inspection of Pressure-Relieving Devices*, 4th Ed., American Petroleum Institute, 2017.
- API Publication 581, *Risk-Based Inspection - Basic Resource Document*, 1st Ed., American Petroleum Institute, 2000.

- API RP 581, Risk-Based Inspection Methodology, 2nd Ed., American Petroleum Institute, 2008.
- API RP 581, Risk-Based Inspection Methodology, 3rd Ed., American Petroleum Institute, 2016.
- API STD 521, Pressure-relieving and Depressuring systems, American petroleum institute, 2020.
- Bragatto, P., Delle Site, C., & Faragnoli, A “Opportunities and threats of risk based inspections: The new Italian legislation on pressure equipment inspection. Chemical Engineering”(26), 2012.
- Okoh, P., Haugen, S., & Vinnem, J. E. “Optimization of recertification intervals for PSV based on major accident risk”. Journal of loss prevention in the process industries, 44, 150-157, 2016.
- Chien, C. H., Chen, C. H., & Chao, Y. J. “A strategy for the risk-based inspection of pressure safety valves”. Reliability Engineering & System Safety, 94(4), 810-818, 2009.
- Harris, S. P. “Extending pressure relief valve inspection intervals by using statistical analysis of proof test data”. In ASME Pressure Vessels and Piping Conference (Vol. 47586, pp. 211-219, 2006.
- CSB, Catastrophic Vessel Failure, 2003.
- CSB, Runaway Chemical Reaction and Vapor Cloud Explosion, 2006
- CSB, Heat exchanger rupture and ammonia release in Houston, 2008.

Paul G., Harry C., Safety Instrumented System: Design, Analysis, and Justification, ISA, 2006.

CCPS, Guidelines for Safe Automation of Chemical Process, 1993.

CCPS, Layer of Protection Analysis : Simplified Process Risk Assessment, 2001.

Elsevier, Process Safety Calculations, 2021.

IDC Technologies, Overview of Safety Instrumented Systems, 2022.

<https://www.mpofcinci.com/blog/testing-pressure-relief-valves>

Abstract

Examining the appropriateness of the safety valve installation target and operation test cycle and recommending an improvement plan

Objectives : This study aimed at developing a policy alternative for determining reasonable installation targets and test cycles of safety valves to comply with requirements stipulated in Article 261 (Installation of safety valves) of the Industrial Safety and Health Standards. The results of this study were organized in this report to develop a rational improvement plan regarding the determination of the installation targets and test cycles. The implementation of this plan will prevent explosions caused by the overpressure of chemical facilities.

Method : To this end, this study extensively reviewed domestic and foreign laws and technical standards and visited various facilities in oil refining, petrochemicals, and semiconductors industries to investigate the operation status of safety valves. To corroborate the findings from site visits, this study conducted online and offline surveys. The results

of the laws review, site visits, and survey were tabulated to extract meaningful implications for building a reasonable policy alternative to improve regulations for safety valves installation and test cycle.

Results : This study reviewed overseas safety valve-related standards and found that Japan stipulates periodic self-inspection every two years. Also, in the case of the United States, United Kingdom, Canada, etc., depending on the chemical facility, the operation test cycle can be adjusted for up to 10 years.

Of the 227 serious industrial accidents that occurred in Korea over the past 24 years, 12 were safety valve-related accidents accounting for 5.28% of the total accidents. As a result of the accident analysis, the causes of accidents include equipment defects, safety valves not being installed, and the absence of a safety management system such as missing risk assessment and non-compliance with work operation procedures.

As a result of the survey on the safety valve installation target and inspection cycle, the opinion of maintaining the current status was the highest for the installation target, but the operation test cycle differed by industry, but overall the need for an extension of the cycle was high.

Conclusion : In this study, we compared and analyzed domestic and foreign laws and technical standards for the comprehensive consideration of an optimum implementation of safety valve installation and test cycles. This study also surveyed facility managers in multiple industries to understand their perception of the safety valve operation

status and their expectations of policy change for their routines in managing safety valves. According to the survey, industries and stakeholders wanted to 1) maintain safety valve installation targets and 2) improve the safety valve operation test cycle.

In meeting their expectations, this study suggested the following three rationalization methods.

(Proposal 1) Extending the current safety valve inspection cycle

Extend the current one-year cycle to two years

When installing multiple safety valves or installing additional rupture disks, the test cycle can extend to every 3 years

(Proposal 2) Building a system to manage the operation test cycle by different safety valve

This study suggested a method to set the cycle for each safety valve depending on operation conditions and if there is a way to verify the reliability, the test cycle can be extended appropriately.

(Proposal 3) Revision plan for safety valve evaluation and inspection index

This study suggested each industry revise its plan for managing safety valves. That plan should include PSM implementation status,

self-inspection indicators, and safety valve self-inspection management functions at worksites. This revised plan can be used to justify the extension of test cycles and supplement possible risks caused by the extension of the safety valve operation test inspection cycle

In addition, it is expected that the improvement measures presented in this study can be used as basic data for policy change for the safer management of safety valves.

Key words : Industrial accidents, Pressure Relieving Devices, Inspection Interval, Safety valves

부록 : 설문 조사지

<안전밸브 설치 대상 및 검사주기 개선 필요성 조사를 위한 설문>

안녕하십니까? 바쁘신 와중에도 설문에 응해주신 여러분께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

저희는 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원의 산업안전분야 위탁연구용역 중 “안전밸브 설치대상 및 작동시험 주기의 적정성 검토 및 개선방안 마련” 을 수행하고 있습니다.

이와 관련하여 실효성있는 연구성과 도출을 위하여 이해관계자 여러분들의 소중한 의견을 수렴하여 합리적인 개선방안을 도출하고자 합니다.

<산업안전보건기준에 관한 규칙 제261조(안전밸브 등의 설치)>

□ 안전밸브 설치대상

- 1) 압력용기, 2) 정변위 압축기, 3) 정변위 펌프, 4) 배관
- 5) 그 밖의 화학설비 및 그 부속설비

□ 검사주기

- 1) 화학공정 유체와 직접 접촉의 경우: 매년 1회 이상
- 2) 안전밸브 전단에 파열판이 설치된 경우: 2년마다 1회 이상
- 3) 공정안전보고서 이행상태 우수한 사업장의 경우: 4년마다 1회 이상
- 4) 산업통상자원부장관이 정하여 고시하는 기법에 따라 그 적합성을 인정받은 경우

응답내용은 통계목적 외에는 사용되지 않습니다. 모든 정보는 익명으로 처리되고, 개인 및 소속 조직에 대한 어떠한 정보도 외부에 공개되지 않으며, 이로 인한 어떤 불이익도 없음을 약속드립니다.

2022년 5월

연구책임자 : 한국교통대학교 안전공학과 유병태 교수

연락처 : ██████████

주소 : ██████████

I - 공통	응답자 기본 정보
1. 현재 근무하고 계신 분야는 다음 중 어디에 해당되십니까? ()	
① 산업계	② 안전밸브 검사기관
③ 정부(공공)기관	④ PSM 컨설팅기관
⑤ 기타()	
2. 근무 경력은 어떻게 되십니까? ()	
① 1년 미만	② 3년 미만
③ 5년 미만	④ 10년 미만
⑤ 10년 이상	

III-공통	안전밸브 관련 질의 사항
4. 안전밸브 검사를 통해 설비의 안전이 충분히 확보된다고 생각하십니까? ()	
① 매우 도움이 된다.	② 도움이 된다.
③ 별로 도움이 되지 않는다.	④ 전혀 도움이 되지 않는다.
5. 현행 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에 따르면 아래와 같이 안전밸브 설치 대상을 5가지로 규정하고 있습니다. 해당 규정의 적정성(개편)에 대하여 의견을 부탁드립니다.	
㉠압력용기, ㉡정변위 압축기, ㉢정변위 펌프, ㉣배관, ㉤그 밖의 화학설비 및 부속설비	
5-1. 안전밸브 설치 대상의 개정(확대 또는 축소)이 필요하다고 생각하십니까? ()	
- 개정이 필요한 경우 대상 및 이유도 함께 작성하여 주시기 바랍니다.	

의견	개편 대상 및 이유 등
① 현행 유지 (불필요)	- 현행 수준이 적정하다고 판단됨
② 개편(확대) 필요	- 확대 대상설비 : - 확대 이유 : - 관련 타(국내·외) 법령(기술)기준 :
③ 개편(축소) 필요	· 축소 대상설비 : · 축소 이유 : · 관련 타(국내·외) 법령(기술)기준 :

6. 현행 규정의 안전밸브 점검주기 적정성에 대하여 의견을 부탁드립니다.

현행 설치대상	현행	의견		
6-1. 화학공정 유체와 직접 접촉되도록 설치된 경우	1년		① 현행유지 ③ 2년 ⑤ 기타()	② 1년 ④ 3년
6-2. 안전밸브 전단에 파열관이 설치된 경우	2년		① 현행유지 ③ 4년 ⑤ 기타()	② 3년 ④ 5년
6-3. 공정안전보고서 이행 상태 우수사업장 (P등급)	4년		① 현행유지 ③ 6년 ⑤ 기타()	② 5년 ④ 8년

7. (6번에서 점검주기 연장 선택한 경우) 검사주기를 연장했을 경우, 안전밸브의 안전성/신뢰성을 우려하는 목소리가 있습니다. 이러한 우려에 대해 안전밸브의 안전성을 대체할 수 있는 방안은 어떤 것이 있다고 생각하시는 구체적으로 예시를 들어 주시기 바랍니다.

의견 :

8. 안전밸브 검사방법 중 직접 탈착을 하지 않고 안전밸브가 설치되어 있는 상태에서 검사하는 방법(간접검사 방법)를 실시하고 있습니까? ()

① 해당 없음

② 간접검사 실시 (유해물질 취급공정, 일부 안전밸브에 적용하는 경우 포함)

③ 간접검사 실시 (Utility 라인만 해당)

8-1. 만약, 위와 같은 방식으로 검사를 진행하지 않는다면 귀사에서는 특히 popping test(안전밸브 분출압력 시험)를 할 때 어떤 방식으로 검사를 진행하
는지요? ()

9. 안전밸브 검사주기 중 많은 부분을 차지하고 있는 ‘6-1. 화학공정 유체와 직접
접촉되도록 설치된 경우’는 1년마다 검사를 실시해야 하는데, 해당 주기에 대
해 어떻게 생각하십니까? ()

① 적정하다

② 1년의 검사주기는 짧다. (선정 이유 작성 요청)
- 검사주기가 짧다고 생각하는 이유 :

③ 1년의 검사주기가 길다. (선정 이유 작성 요청)
- 검사주기가 길다고 생각하는 이유 :

④ 기타 :

10. 안전보건규칙의 안전밸브 검사주기와 타 법률(고압가스안전관리법 등)에서
규정하고 있는 안전밸브 검사주기와 동일하게 기준을 적용(개편 및 운용)할
필요가 있다고 생각하십니까? ()

① 불필요 (현행 유지)

② 필요(개편) (필요 이유 작성 요청)
- 개편 이유 :

③ 기타 :

II-사업장 종사자	사업장 종사자에 한한 질의 사항
3. 사업장 종사자에 한하여 아래 설문을 부탁드립니다. 3-1. 현재 사업장에 근무하고 계시다면 해당 사업장의 상시근로자 수는? ()	

- ① 5인 미만
- ② 5~20인 미만
- ③ 20~50인 미만
- ④ 50~100인 미만
- ⑤ 100~300인 미만
- ⑥ 300~500인 미만
- ⑦ 500~1000인 미만
- ⑧ 1000인 이상

3-2. 현재 근무하시는 사업장 업종은? ()

- ① 정유업종
- ② 석유·화학 업종
- ③ 반도체 업종
- ④ 디스플레이업종
- ⑤ 표면처리/염색/도료업종
- ⑥ 의료정밀·의약품
- ⑦ 기타 ()

3-3. 공정안전보고서 등급평가 수준은 현재, 이전단계로 각각 어디에 해당십니까? ()

구분	현재	이전 등급수준
① P		
② S		
③ M+		
④ M-		
⑤ PSM 대상사업장 아님		

3-4. 현재 사업장에서 실시하고 있는 안전밸브 검사 운영 형태는? ()

- ① 사업장 자체에서 검사
- ② 외부 전문업체에 의뢰
- ③ 사업장 자체검사 + 외부 전문업체 의뢰 병행

3-4-1 만약 외부 전문업체에 의뢰 하거나 협업을 한다면 업체명을 기입 해 주십시오.
()

3-4-2. 사업장 자체, 안전밸브 검사 신뢰도는 어느 정도의 수준이라고 생각 하십니까? ()

- ① 매우 우수
- ② 우수
- ③ 보통
- ④ 미흡
- ⑤ 매우 미흡
- ⑥ 기타 ()

3-4-3. 외부 전문업체, 안전밸브 검사 신뢰도는 어느 정도의 수준이라고 생각 하십니까? ()

① 매우 우수 ② 우수
 ③ 보통 ④ 미흡
 ⑤ 매우 미흡 ⑥ 기타 ()

3-5. 사업장 내 안전밸브 설치개수가 몇 개 인니까? ()개

3-5-1. 복수(병렬)방식*으로 설치되어 있는 안전밸브는 대략 전체 몇 %입니까? ()%
 * 보호대상시설에 2개의 안전밸브가 설치(삼방밸브 형태)되어 있는 경우

IV-공통	안전밸브 안전관리 관련 사항
	<p>11. 현재 사업장의 안전밸브 설치·유지 관리 수준은 어느 정도라고 생각하십니까? ()</p> <p>① 매우 우수 ② 우수 ③ 보통 ④ 미흡 ⑤ 매우 미흡</p> <p>12. 외국의 경우 안전밸브 설치대상, 검사주기 및 유지·관리 등에 관하여 사업장 자율안전관리 체계로 운용되고 있습니다. 현 시점에서, 우리나라도 외국처럼 사업장 자율안전관리 체계로 개편할 수 있다고 생각하십니까? ()</p> <p>① 아직은 불가능 ② 현 시점에서는 다소 빠르다고 생각 ③ 일부사항에 대해 적용 가능 (예: ④ 즉시 적용 가능</p> <p>13. 안전밸브 검사를 위하여 안전밸브 탈착, 재가동 등의 과정에서 발생할 수 있는 사고 발생 위험성이 어느 정도라고 생각하십니까? ()</p> <p>① 대단히 높음 ② 다소 높음 ③ 보통 ④ 안전장비, 작업 절차 등을 준수한다면 큰 문제 없 ⑤ 높지 않음</p> <p>14. 현재 귀사의 사업장에서 토출압력 시험 외에 안전밸브에 대한 적정 성능 유지를 위하여 수행하고 있는 것이 있다면 구체적인 내용이 무엇인지요?(사업장 자체 또는 외부 위탁기관을 통하여 수행하는 내용 모두를 포함하여 작성)</p>

15. 마지막으로, 해당 설문지에 없는 안전밸브 설치대상 및 검사주기와 관련하여 의견이 있으시다면 자유롭게 작성 부탁드립니다.

- 안전밸브 관련 설문에 관심을 가져 주셔서 진심으로 감사 드리며, 귀하의 소중한 의견은 제도 개선에 반영토록 노력하겠습니다 -

연구진

연구기관 : 한국교통대학교 산학협력단

연구책임자 : 유병태 (부교수, 한국교통대학교 안전공학과)

연구원 : 오남경 (교수, 미네브라스카대학교, 행정학과)

연구원 : 김동준 (부교수, 경일대학교 소방방재학과)

연구원 : 이상민 (조교수, 한국교통대학교 산학협력단)

연구보조원 : 남민서 (학사과정, 한국교통대학교 안전공학과)

연구상대역 : 서동현 (연구위원, 위험성연구부)

연구기간

2022. 05. 04. ~ 2022. 10. 31.

본 연구는 산업안전보건연구원의 2022년도 위탁연구 용역사업에 의한 것임

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며,
우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

**안전벨브 설치대상 및 작동시험 주기의 적정성 검토 및 개선방안마련
(2022-산업안전보건연구원-667)**

발 행 일 : 2022년 10월 31일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 김은아

연구책임자 : 한국교통대학교 안전공학과 부교수 유병태

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : 042-869-0332

팩 스 : 042-869-9003

Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>

I S B N : 979-11-92138-98-5

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체

안전밸브 설치대상 및 작동시험 주기의 적정성 검토 및 개선방안 마련

표지

인스퍼에코 222g(인쇄용지)

내지

네오스타 미색 80g(인쇄용지)
저탄소제품 708kg CO² eq./ton

환경보호를 위해
저탄소용지(친환경용지)를
사용하였습니다.

