

압력용기의 안전

1. 정의

압력용기란 화학 공장의 탐류, 반응기, 열교환기, 저장용기 및 공기압축기의 공기 저장탱크로서 상용 압력이 $0.2(\text{kg}/\text{cm}^2)$ 이상이 되고, 사용압력(단위 : kg/cm^2)과 용기 내 용적(단위 : m^3)의 곱이 1 이상인 것을 말한다.

2. 압력용기의 구분

가. 산업안전보건법에 의한 분류

화학공정 유체 취급용기와 모든 사업장의 공기 및 질소저장탱크 등으로서 사용압력의 값(음의 압력을 포함)이 게이지압력으로 $0.2\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이상이 되고 사용압력과 용기내용적의 곱이 1 이상인 것, 즉, $0\text{kgf}/\text{cm}^2 \times 0\text{m}^3 \geq 1$ 에 만족한 것으로 다음과 같이 분류한다.

(1) 갑종 압력용기 : 화학공정 유체 취급 용기 및 설계압력이 게이지압력 $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ 를 초과하는 공기 및 질소저장 탱크를 말한다.

(2) 을종 압력용기 : 갑종 압력용기를 제외한 용기를 말한다.

나. 에너지이용합리화법상 구분

(1) 제1종 압력용기(KPI-0311)

최고 사용압력과 내용적의 곱한 수치가 $0.004\text{Mpa}(0.04\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 압력을 초과하는 것으로 다음과

같아야 한다.

① 증기, 기타 열매체를 받아들이거나 증기를 발생시켜 고체 또는 액체를 가열하는 기기로서 용기안의 압력이 대기압을 넘는 것.

② 용기안의 화학반응에 의하여 증기를 발생하는 용기로서 용기안의 압력이 대기압을 넘는 것.

③ 용기안의 액체 성분을 분리하기 위하여 해당 액체를 가열하거나 증기를 발생시키는 용기로서 용기안의 압력이 대기압을 넘는 것.

④ 용기안의 액체 온도가 대기압에서의 비점을 넘는 것.

(2) 제2종 압력용기(KPI-0312)

사용압력이 $0.2\text{Mpa}(2\text{kg}/\text{cm}^2)$ 을 초과하는 기체를 그 안에 보유한 용기로서 다음과 같은 것이어야 한다.

① 내용적이 0.04m^3 이상인 것.

② 동체의 안지름이 200mm 이상(증기히터의 경우 300mm 초과)이고, 그 길이가 $1,000\text{mm}$ 이상인 것.

다. 기능에 따른 분류

(1) 가열을 목적으로 하는 기기

열교환기, 온수가열기, 증자기, 염색기, 정련기,

셋팅기, 소독(살균)기, 가류기, 다단식취사기 등이 있다.

(2) 반응을 목적으로 하는 기기

가열, 교반을 하는 화학반응 기기인 반응기와 촉매 화학반응을 하는 반응탑이 있다.

(3) 성분분리를 목적으로 하는 기기

증발기, 증류탑, 추출기 등이 있다.

(4) 고온의 압력유체를 보유하는 기기

스팀어큐뮬레이터, 플래시탱크, 탈기기, 헤더 등이 있다.

라. 동체형상에 따른 분류

(1) 원통형용기 : 압력용기의 기본형으로서 가장 일반적으로 이용되고 있으며, 내부에 가열장치, 교반장치 등이 설치되어 있는 것도 있다. 또한, 재킷을 설치하기 위해 외통과 내통으로 되어 있는 이중형도 있다.

(2) 구형용기

내용물을 균일하게 혼합, 교반하기 위한 구형으로 회전식과 정지식이 있다.

(3) 각형(상자형)용기

내압에는 약한 형상이지만 내용물을 수용하는 용적이 낭비 없이 이용되기 때문에 낮은 압력의 소독(살균)기, 다단식취사기 등이 있다.

마. 기 타

전열방식에 따라 직접가열방식과 간접가열방식으로 분류되며, 순환방식에 의해 자연순환방식과 강제순환방식으로 구분된다.

또한 조작방법에 의해 배치식, 연속식, 반배치식으로 분류된다.

3. 압력용기의 검사

압력용기는 산업안전보건법 제34조 유해위험

기계·기구 및 설비 등의 검사에 의한 설계검사, 성능검사, 정기검사가 있으며, 법 제36조와 시행규칙 제73조와 관련한 자체검사를 받아야 한다.

가. 검사종류별 시기 및 대상

(1) 설계검사 : 제작전 제작기준 및 안전기준의 준수여부를 확인하는 검사이다.

(2) 성능검사 : 을중 압력용기는 출고전 성능검사를 실시하나, 갑종 압력용기의 경우는 제작중에 성능검사를 실시한다.

(3) 정기검사 : 2kgf/cm² 이상의 압력용기는 2년마다 1회 정기검사를 실시하고, 검사주기 만료일 전 15일까지 재검사를 신청하여야 한다.

압력용기의 검사 면제 대상

- 안전인증을 받은 기계·기구(설계·성능검사)
- 국가간 상호인정협정을 체결한 상대국의 공인검사기관 또는 안전인증기관에서 검사를 받은 기계·기구 및 설비(설계·성능검사)
- 외국의 공인검사기관 또는 안전인증기관에서 검사를 받은 기계·기구 및 설비로서 노동부장관이 정하는 제작기준과 동등 또는 그 이상인 경우(당해 검사항목 면제)
- 노동부 지정검사기관에 위탁하여 자체검사를 받은 기계·기구 및 설비(정기검사)
- 에너지이용합리화법, 고압가스안전관리법, 전기사업법, 소방법, 광산보안법 및 항만법에 의하여 안전성 검사를 받은 기계·기구 및 설비(설계·성능·정기검사)

(4) 자체검사 : 최대사용압력이 0.2kg/cm²·G 이상으로 내용적(m³)과 최대사용압력의 곱이 0.04 이상인 것 중 화학설비에 해당하지 아니한 압력용기로 6개월에 1회 이상의 자체검사를 받는다.

4. 압력용기 재해 현황

“중예 04-02 One Page 기술자료”에 의하면 1996년부터 2004년 5월까지 압력용기 사고 46건을 분석한 결과 폭발·파열이 총 27건으로 59%를 나타내어 가장 많은 사고 유형으로 나타나고 있다.

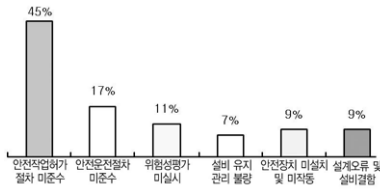
다음은 화재가 26%이고, 누설·질식이 15%로

압력용기에서 폭발·파열, 화재, 누설·질식에 의한 사고가 많이 발생하는 특징을 보이고 있다.

이 밖에 압력용기별로는 탱크가 26%로 가장 많고, 안전작업허가절차를 지키지 않음으로 인해 발생하는 사고도 45%를 차지하였다.



〈그림 1〉 압력용기별 사고 현황



〈그림 2〉 사고 원인별 현황

5. 압력용기 재해 유형 및 대책

압력용기에 대한 재해 유형은 에너지이용합리화법에 의한 1종, 2종 압력용기로 구분한 재해 유형 및 대책이다.

가. 제1종 압력용기

제1종 압력용기에는 소독기, 반응기, 축열기 등이 있고, 증기를 발생시키는 압력용기로 원통형 다관식, 재킷 부착형 등으로 본체의 파열, 누설된 위험물이 화기에 접촉되어 일어나는 폭발 등이 많다.

(1) 재해 유형

- ① 본체 파열 : 안전밸브의 기능 불량으로 내부 압력의 과다한 상승과 덮개판의 체결 불량에 의한 것.
- ② 폭발 : 반응기 등에서 이상 반응이 일어나 급

격히 압력이 상승하기도 하고 덮개판 또는 연결부의 체결 불량, 개스킷의 파손에 의해 인화성의 위험물이 누설되어 인화 폭발하는 것.

(2) 재해방지 대책

- ① 취급에 있어서는 위험물의 종류에 따라 면허를 가진 자나 소정의 기능 교육을 받은 자를 작업책임자로 선임하여 작업의 지휘를 해야 한다.
- ② 제1종 압력용기를 취급하는 자에게는 용기의 위험성, 작업표준 등을 교육하여 관련 재해 방지에 노력해야 한다.

나. 제2종 압력용기

제2종 압력용기는 압축공기 저장조, 가스탱크 등 압력기체를 보유하는 원통형 용기로 파열 및 폭발 등의 재해가 많다.

(1) 재해유형

- ① 파열 : 내부의 압력상승이 과다한 경우나 부식에 의해 현저한 판두께 감소로 파열 됨.
- ② 폭발 : 가연성 기체의 누출에 의한 용기 내에 정제된 기름 성분이 폭발 됨.

(2) 재해예방 대책

- ① 구조상 안전한 것을 설치함은 물론이고, 사용 중에는 안전밸브의 기능 유지, 재킷식 간접 가열의 것은 드레인 배출, 6개월에 1회 이상 자체검사 실시 및 이상 부위의 보수 등에 유의하여야 한다.
- ② 제2종 압력용기를 취급하는 자에게는 우선 그 용기의 위험성과 작업표준을 교육하고, 관련 재해의 방지에 노력하여야 한다.

6. 안전기준

가. 작업시작전 점검사항

- (1) 압력용기의 외관상태를 점검한다.

- ① 용접 이음부, 노즐부, 맨홀 및 점검구 등에 누설 흔적은 없는가?
- ② 지지대, 플랜지 등에 심한 손상, 변형 또는 깨짐이 없는가?
- ③ 덮개판 및 플랜지 체결부의 체결상태는 양호한가(가스켓 포함)?
- ④ 지지대가 외력에 의한 손상이 없는가?
- ⑤ 내·외면의 부식상태가 심하지 않은가?
- ⑥ 용접 이음부의 상태는 양호한가?
- (2) 드레인 밸브의 조작 및 배수상태를 점검한다.
- (3) 압력방출 장치 기능을 점검한다.
- (4) 언로드밸브의 기능을 점검한다.
- (5) 안전밸브의 상태를 점검한다.
- ① 안전밸브의 현저한 손상, 부식, 마모는 없는가?
- ② 설정 압력에서 안전하게 작동하는가?
- ③ 누출은 없는가?
- ④ 뚜껑을 씌우고 확실히 봉인하였는가?
- (6) 윤활유 상태를 점검한다.
- (7) 회전부 덮개 또는 울의 상태를 점검한다.
- (8) 기타 연결부위의 이상유무를 점검한다.

나. 압력용기의 방호장치

- (1) 안전밸브
- (2) 파열판
- (3) 긴급방출 밸브
- (4) 자동적으로 압력상승 작용을 정지시키는 장치
- (5) 압력용기 주위의 온도 및 압력 경보장치

다. 액면계

- (1) 액체를 넣은 압력용기는 액면계를 부착시켜야 한다.
- (2) 가연성, 치사적물질의 액체용의 액면계 등근 유리관 이외의 액면계로써 반사식, 또는 투사식

유리 액면계, 플로우트식 액면계 또는 차압식 액면계 등을 사용하여야 한다.

- (3) 자동식 또는 수동식 기능을 갖는 스톱밸브를 부착하여야 한다.
- (4) 현저한 손상 및 누설이 없어야 하며, 정확도는 1.5% 이내이어야 한다.

라. 압력방출 장치의 설치 기준

- (1) 다단형 압축기 또는 직렬로 접속된 공기 압축기에는 과압방지 압력방출 장치를 각 단마다 설치한다.
- (2) 압력 방출 장치가 압력 용기의 최고 사용 압력 이전에 작동되도록 설정한다.
- (3) 압력 방출 장치를 설치한 후에는 1일 1회 이상 작동 시험을 하는 등 성능이 유지될 수 있도록 항상 점검·보수를 한다.
- (4) 압력 방출 장치는 1년에 1회 이상 표준 압력 계를 이용하여 토출압력을 시험한 후 납으로 봉인하여 사용한다. 단, 공정안전관리 이행 수준 평가 결과가 우수한 사업장의 경우는 압력방출장치에 대해 4년에 1회 이상 토출압력을 시험한다.
- (5) 운전자가 토출압력을 임의로 조정하기 위하여 납으로 봉인된 압력방출장치를 해체하거나 조정할 수 없도록 조치한다.

마. 압력용기의 이름판 표시 사항

- (1) 최고사용압력(kg/cm² · G)
- (2) 설계온도(℃)
- (3) 동체, 경판의 재질, 규격, 명칭, 기기번호
- (4) 비파괴검사의 종류(RT, UT, MT, PT) 및 길이, 부분검사의 구별
- (5) 용접후 열처리
- (6) 제조회사명
- (7) 제조연월일 