

압력용기

| 안전협회 검사팀 |

1. 압력용기

가. 압력용기의 종류

(1) 압력용기의 분류

① 산업안전보건법에 의한 분류

- 갑종 용기 : 화학공정 유체취급 용기와 설계 압력이 게이지압력으로 10.0kgf/cm²(1MPa)를 초과하는 공기저장탱크
- 을종 용기 : 갑종 용기를 제외한 용기

(2) 압력범위, 온도범위에 따른 분류

- ① 진공용기 : 게이지압력 0kgf/cm² 이하의 감압 하에서 사용되고 있는 용기
- ② 상압용기 : 게이지압력 0.2kgf/cm² 미만의 대기압에 가까운 압력으로 사용하는 용기
- ③ 고압용기 : 일반적으로 게이지압력 10.0kgf/cm² 이상의 압력으로 사용하는 용기

(3) 용도에 따른 분류

저조(Storage Tank), 홀더(Gas Holder), 수조(Receiver), 서지탱크(Surge Tanker), 분리조(Separator), 혼합조(Mixing Tank), 희석조(Dilution Tank), 용해조(Melting Tank), 반응조(Reactor), 증류탑(Distillation Tower) 등

2. 법에서 규제하고 있는 사항(관련 법 조항)

가. 검사

- (1) 산업안전보건법 제34조(유해 또는 위험한 기계·기구 및 설비 등의 검사)
- (2) 산업안전보건법 시행규칙 제58조(검사대상 기계·기구 등) 제4호

- 압력용기[사용압력이 게이지압력 매제품미터 당 0.2킬로그램 이상으로서 사용압력과 내용적의 곱이 1이상인 것에 한한다]

(3) 산업안전보건법 시행규칙 제58조의 2(검사의 실시시기등)

- ① 설계검사 : 제작전 기준의 준수여부
- ② 완성검사 : 설치를 완료한 때
- ③ 성능검사 : 제작 중 또는 제작완료 후 출고전
- ④ 정기검사 : 최초 검사일 기준으로 매 2년마다(공정안전보고서를 제출하여 확인을 받은 용기는 4년) 1회

(4) 산업안전보건법 시행규칙 제58조의 3(검사방법)

- ① 설계검사 : 제조형식별
- ② 완성검사 : 당해 기계·기구 및 설비별(규격품이 동일한 완성품의 경우에는 설계 및 성능검사로 대체 가능)
- ③ 성능검사 : 제조형식별(압력용기는 기기별로 실시 가능) 다만, 사용장소에서 제작·조립하여 설치하는 경우에는 설계 및 완성검사로 대체
- ④ 정기검사 : 당해 기계·기구 및 설비별
- (5) 노동부 고시 제2001-59호(압력용기 제작기준·안전기준 및 검사기준)

나. 방호조치

- (1) 산업안전보건법 제33조(유해·위험기계·기구 등의 방호조치 등)
- (2) 산업안전보건법시행령 제27조(방호조치를

하여야 할 유해 또는 위험 기계·기구 등) 별표7 제9호

(3) 산업안전보건법시행규칙 제46조(방호조치) 제6호 : 영 별표7 제9호의 규정에 의한 압력용기에는 압력방출장치

(4) 산업안전보건법시행규칙 제57조의 2(제작 기준 및 안전기준)

(5) 산업안전기준에관한규칙 제9장 제2절 압력용기

- 제86조(사용의 제한)
- 제88조(압력방출장치의 설치등)
- 제89조(최고사용압력의 표시등)
- 제91조(자체검사)

3. 검사방법

가. 용기의 제원 확인

- (1) 도면, 이름판 등을 참고하여 확인
- (2) 확인사항 : 최고허용압력, 설계온도, 동체 및 경판의 재질, 적용규격, 기기명, 기기번호, 비파괴검사의 종류(RT, UT, MT, PT) 및 전길이, 부분 방사선투과시험의 구분, 용접 후 열처리, 제조자의 이름, 제조년월 등

나. 용기의 크기 측정

(1) 동체의 길이 측정 : 동체의 길이는 T.L (Tangent Line)까지의 거리를 측정하여야 하며, T.L은 W.L(Welding Line)에서 3t(최소 20mm~최대 38mm) 지점임



(O)



(X)

(2) 동체의 외경 측정

(3) 경판의 높이 측정

경판의 상부에서 T.L까지의 길이를 측정

(4) 용기의 두께 측정

① 두께 측정시 측정표면의 준비

측정정밀도는 탐촉자의 접촉 조건에 따라 크게 영향을 받으므로 측정 할 재료의 표면이 거칠거나 녹 혹은 코팅이 되어 있으며 와이 어브러시 등으로 표면이 100 μ 가 되도록 함

② 접촉 중간 코딩

표면이 양호한 상태가 되었을 때 재료의 측정을 위하여 표면에 커플런트(Couplant) 또는 기계오일을 바르며, 표면이 거칠거나 수직표면을 측정할 때는 점도가 높은 글리세린, 그리스 등을 사용할 수 있음

③ 측정

한번에 한점에서 측정을 하고 두번째는 프로브를 90도 돌려 측정을 하며, 여러 점에서 측정을 한 때에는 가장 작은 값을 측정값으로 함

4. 측정결과에 대한 계산

가. 압력용기의 내용적 계산

(1) 계산식 1

$$V = V_1 = (\text{동체}) + V_2 = (\text{경판})$$

$$V = \frac{\pi D^2 L}{4} + \frac{\pi d_i^3 \times 2}{24}$$

(2) 계산식 2

① 10% head : $0.09897 \times D^3 \times 2$

$$V = \frac{\pi D^2 L}{4} + 2$$

② 1% head : $0.131 \times D^3 \times 2$

③ 6% head : $0.06684 \times D^3 \times 2$

④ 온반구형 head : $0.1311 \times D^3 \times 2$

V=압력용기의 내용적

D=동체의 안지름

Di=경판의 안지름

기준 대상	안지름 기준	바깥지름 기준
판의 계산두께 (mm)	$t = \frac{PDi}{200\sigma a \eta - 1.2P}$	$t = \frac{PDo}{200\sigma a \eta + 0.8P}$
최고허용압력 (kgf/cm ²)(MPa)	$Pa = \frac{200\sigma a \eta - (t - \alpha)}{D \pm 1.2(ta - \alpha)}$	$Pa = \frac{200\sigma a \eta - (ta - \alpha)}{D \pm 0.8(ta - \alpha)}$

L=동체 높이(하 탄젠트라인에서 상 탄젠트라인)

나. 두께 계산

(1) 동체

① 원통형 동체

- t : 판의 최소 두께(mm)
- ta : 판의 실제 두께(mm)
- P : 설계압력(kgf/cm²)
- Pa : 최고허용압력(kgf/cm²)
- Di : 원통형 동체의 부식 후의 안지름(mm)
- Do : 원통형 동체의 부식 후의 바깥지름(mm)
- σa : 재료의 허용인장응력
(kgf/mm², SS41(SS400) : 10.2)
- η : 길이 이음의 용접이용 효율
- α : 부식여유(mm)

*부식여유 : 탄소강 및 저합금강의 부식 여유는 1 mm이상으로 함. 다만, 스테인레스강 및 내식성 재료는 0으로 할 수 있음

(2) 경판

① 반타원체 경판으로 보강을 요하는 구멍이 없는 것

- 판의 최소 두께

$$t = \frac{PDK}{200\sigma a \eta - 0.2P} + \alpha$$

- 최고 허용압력

$$Pa = \frac{200\sigma a \eta (ta - \alpha)}{DK + 0.2(ta - \alpha)}$$

- t : 판의 최소 두께(mm), ta : 경판의 실제 두께(mm)
- P : 설계압력(kgf/cm²), Pa : 최고허용압력(kgf/cm²)
- D : 부식 후 경판의 안쪽면에서 켄 타원의 긴 지름(mm)

K : 반 타원체 형상계수 (2:1 → 1, 10% → 1.54)

$$K = 1.6 \left[2 + (2.1h) \right]^{0.2}$$

h : 부식후 경판의 안쪽면에서 켄 타원의 짧은 지름의 1/2(mm)

σa : 재료의 허용인장응력(kgf/mm², SS41(SS400) : 10.2)

η : 경판의 용접이용 효율

α : 부식여유(mm)

② 접시형, 온반구형 경판으로 보강을 요하는 구멍이 없는 것

- 판의 최소 두께

$$t = \frac{PRW}{200\sigma a \eta - 0.2P} + 2$$

- 최고 허용압력

$$Pa = \frac{200\sigma a \eta (ta - \alpha)}{RW + 0.2(ta - \alpha)}$$

t : 판의 최소 두께(mm)

ta : 경판의 실제 두께(mm)

P : 설계압력(kgf/cm²)

Pa : 최고허용압력(kgf/cm²)

D : 부식 후의 경판 중앙부 안쪽 반지름(mm)

$$W = 1.4 \left[3 + \frac{r}{\sigma} \right]^{0.2}$$

r : 접시형 경판 구석 둥근부분의 부식후의 안쪽 반지름(mm)

σa : 재료의 허용인장응력(kgf/mm², SS41(SS400) : 10.2)

η : 경판의 용접이용 효율

α : 부식여유(mm) 