

KOSHA GUIDE

M - 109 - 2012

압력용기의 두께감소에 따른 위험성
평가에 관한 기술지침

2012. 6.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 한국산업안전보건공단 이광길

○ 개정자 : 안전연구실

○ 제 · 개정경과

- 1996년12월 기계안전분야 기준제정위원회 심의
- 1996년12월 총괄기준제정위원회 심의
- 2003년 6월 기계안전분야 기준제정위원회 심의
- 2003년 9월 총괄기준제정위원회 심의
- 2012년 4월 기계안전분야 기준제정위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료

- API 510 (Pressure vessel inspection code)
- ASME code section VIII Div.1 (Pressure vessels)
- 압력용기 제작기준 · 안전기준 및 검사기준
(노동부 고시 제2001-59호)
- NATIONAL BOARD INSPECTION code

○ 관련 법규 · 규칙 · 고시 등

- 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제1편 제5장 제35조(관리감독자의 유해·위험방지업무 등)

○ 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2012년 6 월 20 일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

압력용기의 두께 감소에 따른 위험성 평가에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제1편 제5장 제35조(관리감독자의 유해·위험방지업무 등)의 규정에 따라 압력용기의 사용에 따른 두께 감소로 인해 예상되는 위험성을 평가하여 사전에 위험 요인을 제거하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 기술지침은 탭조, 용기, 열교환기 등으로서 사용압력이 $1.96\text{N/cm}^2\text{G}(0.2\text{kgf/cm}^2\text{G})$ 이상이고 최고사용온도가 350°C 이하인 압력용기(이하 “용기”라 한다.)에 관하여 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “최고허용압력(Maximum allowable working pressure : MAWP)”이란 압력용기의 제작 두께(부식여유는 제외한다.)를 기준으로 하여 계산된 허용 가능한 최고의 압력을 말한다.

(나) “최소두께(Minimum thickness)”란 온도, 압력 및 모든 하중을 감안한 계산두께에 부식여유를 더한 두께를 말한다.

(다) “실제측정두께(Actual thickness)”란 두께를 구하고자 하는 해당 부위에 대하여 측정한 두께를 말한다.

(라) “요구두께(Required thickness)”란 해당 부위에 대한 계산두께를 말한다. 다만, 규정상 최소한의 두께가 정해진 경우에는 그 두께를 말한다.

- (2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙, 안전보건규칙 및 고용노동부 고시에서 정하는 바에 의한다.

4. 최고허용압력의 결정

사용중인 용기에 대한 최고허용압력은 노동부 고시 “압력용기 제작기준·안전기준 및 검사기준”(이하 “검사기준”이라 한다) 또는 미국기계학회 코드(ASME code section VIII Div.1) 최신판의 요구 조건에 따라 결정되어야 한다. 부식이 예상되는 조건에서 사용되는 압력용기의 두께는 실제측정두께에서 차기 검사일까지 예상되는 부식량(두께)의 2배를 빼서 구하여야 한다. 용기에 부가되는 하중의 허용은 ASME code section VIII Div.1의 요구조건에 따라야 한다.

5. 부식율의 결정

새로 제작되는 용기와 운전조건이 변하는 용기의 잔존 두께 및 부식율은 다음 각 항의 1에 따라 예측한다.

- (1) 부식율은 용기의 소유주 또는 사용자가 동일 또는 유사 조건에서 운전되는 용기로부터 수집한 데이터를 이용하여 산출한 부식율을 이용한다.
- (2) 동일 또는 유사 조건에서 운전되는 용기에 대한 데이터를 구할 수 없는 경우에는, 부식율은 유사 사용조건인 용기에 대한 소유주 또는 사용자의 경험이나 지식을 바탕으로 산출한다.
- (3) 상기의 어느 방법으로도 부식율을 예측할 수 없는 경우에는, 적절한 부식 감시기구를 사용하거나 비파괴시험에 의해 주기적으로 두께를 측정하여 가동 시간이 약 1,000시간 경과한 시점에서 부식율을 산출한다.
- (4) 부식율이 부적절하게 예측되었다는 것이 판명되는 경우에는, 실제 파악된 부식율을 바탕으로 예측된 부식율을 증가 또는 감소시켜야 한다.

6. 자율적 검사주기의 결정

(1) 용기의 내부 또는 가동중 검사의 최대 주기는 예상되는 잔존수명의 1/2 또는 10년을 초과할 수 없으며, 둘 중 짧은 것을 택한다. 다만, 잔존수명이 4년 이하로 예상되는 경우에는 잔존수명의 1/2을 검사주기로 정할 수 있으나 최대 2년을 초과할 수는 없다. 검사시에는 [별지 제1호] 서식을 활용할 수 있다.

(2) 용기의 수명이 부식에 의해 좌우되는 경우, 잔존수명은 식 (1)에 의해 잔존수명을 구한다. 다만, 잔존수명 계산시에는 잔존수명에 영향을 미치는 인자들이 매우 다양함으로 이러한 인자들을 반영하여야 한다.

$$\text{잔존수명(년)} = \frac{\text{실제측정두께} - \text{요구두께}}{\text{부식율(mm/년)}} \dots\dots\dots (1)$$

(3) 부식율이 0.025mm/년 이하인 용기의 내부검사는 운전중 검사로 대체할 수 있다. 다만, 이때에는 다음 각 항의 조건을 만족하면서 정기적으로 완전한 외부검사(비파괴시험 등에 의한 두께측정 포함)가 수행되었을 경우에 한한다.

(가) 취급하고 있는 내용물이 부식성이 없고 용기(부품)에 영향을 주지 않으며, 최소 5년마다 이를 추적관리 하고 있으나 용기에 영향이 없는 경우

(나) 정기적으로 실시하는 외부 검사시 문제점이 나타나지 않는 경우

(다) 용기의 운전온도가 모재의 크리프(Creep) 파괴온도 한계를 초과하지 않는 경우

예를 들면, 탄소강의 크리프 파괴 최소 온도는 370℃이다. 합금강의 최소 온도는 대부분 이 보다 높으며 화학성분에 의해 좌우됨으로 금속전문가의 자문을 받아야 한다.

(라) 불의의 오염으로부터 보호되어 용기가 오염될 우려가 없는 경우

7. 부식 및 최소두께의 평가

부식은 두께가 일정하게 감소하는 형태(전면 부식)나 혹은 점부식 형태(두께가 불규칙하게 감소)를 갖는다. 전면 부식은 육안으로 발견하기가 어려우므로 두께를 측정하여 확인하여야 한다. 용기의 어느 한 부분에 대한 실제측정두께와 최대 부식율은 다음 각 항의 1에 따라 결정할 수 있다.

- (1) 비파괴시험에 의하여 두께를 측정한다. 다만, 비파괴시험은 <표 1>의 허용 공차를 만족하여야 한다.

<표 1> 허용공차

두께(t)	허용공차
8mm 미만	0.10t
8mm 이상	0.8mm 또는 0.05t 중 큰 것

- (2) 측정부위에 개구부가 있는 경우에는 개구부를 이용하여 측정한다.
- (3) 비파괴시험으로 두께의 측정이 불가능한 경우에는 관통 홀을 뚫어 두께를 측정할 수 있다.
- (4) 부식 깊이는 부식이 되지 않은 용기의 표면을 기준으로 산정한다.
- (5) 용기의 설계시 적용한 용접효율을 반영하여 두께를 계산하여야 한다. 다만, 모재부의 계산두께 산출시에는 용접효율을 고려하지 않는다.
- (6) 점부식이 다음 각 호에 1에 해당되는 경우에는 점부식을 무시하고 두께를 구할 수 있다.
- (가) 점부식의 깊이가 용기의 최소두께에서 부식 여유를 제외한 두께의 1/2 이하인 경우
 - (나) 직경 20cm 원내에서 점부식의 면적이 45cm²를 초과하지 않는 경우
 - (다) 직경 20cm 원내에서 직선상에 있는 점부식 크기의 합이 5cm를 초과하지 않는

8. 두께 감소에 따른 위험성 평가

용기의 두께 감소에 따른 위험성 평가 절차는 다음과 같다.

- (1) 두께가 가장 많이 감소된 부위를 측정하여 실제측정두께를 구한다.
- (2) “검사기준” 제13조(동체) 및 제14조(경관, 관판 및 덮개판)에 따라 동체(Shell) 및 경관(Head)의 두께를 구한다.
- (3) 부식여유를 감안한 요구두께를 구한다.
- (4) 압력용기 제작시의 제작두께를 파악한다.
- (5) 제작두께와 실제측정두께의 차를 바탕으로 부식율을 결정한다.
- (6) 실제측정두께와 계산두께 또는 요구두께를 비교한다.
 - (가) 실제측정두께가 계산두께보다 얇은 경우, 용기가 사용되고 있는 압력조건을 견딜 수 있는지 여부를 판단하기 위하여 실제측정두께의 값을 이용하여 최고허용압력을 구하여 새로운 용기로 교체하거나 운전압력을 낮추는 등의 운전조건을 변경하여 안전하게 사용하여야 한다. 이때 내압을 받는 원통형 동체 및 경관의 최고허용압력은 “검사기준” 제13조(동체) 및 제14조(경관, 관판 및 덮개판)에 따라 계산한다.
 - (나) 실제측정두께가 계산두께와 최소두께 사이의 값을 갖는 경우, 즉 부식여유가 일부 감소된 경우에는 실제측정두께를 이용하여 부식율과 예상 잔존수명을 감안하여 최고사용압력을 구한다.

[별지 제1호 서식]

<압력용기 검사기록관련 서식의 예>

작성일자 :

소유자 :

양식번호 :

용기명 :

--- 개 요 ---

공정명 : _____

용기번호 : _____

위 치 : _____

검사처리번호 : _____

안지름 : _____

제조사 : _____

탄젠트길이/높이 : _____

제조번호 : _____

동체재질사양 : _____

제조일자 : _____

부속품재질 : _____

도면번호 : _____

동체 공칭두께 : _____

설계코드 : _____

경관 공칭두께 : _____

부식여유 : _____

설계온도 : _____

용접효율 : _____

최대허용압력 : _____

경관형태 : _____

최대수압 시험압력 : _____

이음형태 : _____

설계압력 : _____

플랜지 등급 : _____

안전밸브 설정압력 : _____

커플링 등급 : _____

내 용 물 : _____

특별조건 : _____

중량 : _____

스케치 혹은 위치 기재	두께 측정(mm)							
	위치번호	원래두께 (제작두께)	최소 요구두께	실제측정두께(측정 일자별)				
지적사항 (지적위치 기술)		방 법						
		검사자						

(주) 필요시 추가 항목 추가