



압축수소가스용 복합재료 압력용기 제조의 시설 · 기술 · 검사 기준

Code for Facilities, Technology and Inspection for Manufacturing of
Composite Pressure Vessels for Compressed Hydrogen Gases

가스기술기준위원회 심의 · 의결 : 2023년 2월 17일

산업통상자원부 승인 : 2023년 3월 6일

가 스 기 술 기 준 위 원 회

위 원 장 최 병 학 : 강릉원주대학교 교수

부위원장 장 기 현 : 인하대학교 교수

당 연 직 황 윤 길 : 산업통상자원부 에너지안전과장
 광 채 식 : 한국가스안전공사 안전관리이사

고압가스분야 최 병 학 : 강릉원주대학교 교수
 송 성 진 : 성균관대학교 부총장
 이 범 석 : 경희대학교 교수
 윤 춘 석 : (주)한울이엔알 대표이사
 안 영 훈 : (주)한양 부사장

액화석유가스분야 안 형 환 : 한국교통대학교 교수
 권 혁 면 : 연세대학교 연구교수
 천 정 식 : (주)E1 전무
 강 경 수 : 한국에너지기술연구원 책임
 이 용 권 : (주)대연 부사장

도시가스분야 신 동 일 : 명지대학교 교수
 김 정 훈 : 한국기계전기전자시험연구원 수석
 정 인 철 : (주)에스코 이사
 장 기 현 : 인하대학교 교수

수소분야 이 광 원 : 호서대학교 교수
 정 호 영 : 전남대학교 교수
 강 인 용 : 에이치엔파워(주) 대표
 백 운 봉 : 한국표준과학연구원 책임

이 기준은 「고압가스 안전관리법」 제22조의2, 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」 제45조, 「도시가스사업법」 제17조의5 및 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」 제48조에 따라 가스기술기준위원회에서 정한 상세기준으로, 이 기준에 적합하면 동 법령의 해당 기준에 적합한 것으로 보도록 하고 있으므로 이 기준은 반드시 지켜야 합니다.

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 기준의 효력	1
1.3 다른 기준의 인정	1
1.3.1 신기술 제품 검사기준	1
1.3.2 외국 압력용기 제조등록기준	2
1.4 용어정의	2
1.5 기준의 준용(내용 없음)	5
2. 제조시설기준	5
2.1 제조설비	5
2.2 검사설비	5
3. 제조기술기준	6
3.1 설계	6
3.1.1 설계수명	6
3.1.2 시험압력 반복횟수	6
3.1.3 설계서류	6
3.2 재료	7
3.3 두께(내용 없음)	9
3.4 구조 및 치수	9
3.4.1 구조	9
3.4.2 치수	9
3.5 가공	10
3.5.1 재료의 절단	10
3.5.2 금속라이너 성형	10
3.5.3 플라스틱라이너 성형	11
3.5.4 보스부 등의 나사가공	11
3.5.5 전위차 부식방지	11
3.5.6 와인딩	11
3.5.7 자진처리 (Auto-frettage)	11

3.6 용접(내용 없음)	12
3.7 열처리	12
3.7.1 금속라이너 성형 후 열처리	12
3.7.2 수지의 열경화처리	12
3.8 성능 (내용 없음)	13
3.9 표시	13
3.9.1 제품표시	13
3.9.2 합격표시	13
4. 검사기준	14
4.1 검사종류	14
4.1.1 제조시설에 대한 검사	14
4.1.2 제품에 대한 검사	14
4.2 공정검사 대상 심사 (내용 없음)	15
4.3 검사항목	15
4.3.1 제조시설에 대한 검사	15
4.3.2 제품에 대한 검사	15
4.4 검사방법	16
4.4.1 제조시설에 대한 검사	16
4.4.2 제품에 대한 검사	16
4.5 그 밖의 검사기준	24
4.5.1 수입품 검사 (내용 없음)	24
4.5.2 검사일부 생략	24
4.5.3 불합격 제품 파기 방법	24

압축수소가스용 복합재료 압력용기 제조의 시설·기술·검사 기준 (Facility/Technical/Inspection Code for Manufacture of Composite Pressure Vessels for Compressed Hydrogen Gases)

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 기준은 「고압가스 안전관리법」(이하 “법”이라 한다) 제3조제5호에 따른 특정설비 중 내용적이 500 ℓ 이하인 압축수소가스용 복합재료 압력용기(이하 “압력용기”라 한다) 제조의 시설·기술·검사에 대하여 적용한다. <개정 19.6.14>

1.2 기준의 효력

1.2.1 이 기준은 법 제22조의2제2항에 따라 가스기술기준위원회의 심의·의결(안전번호 제2023-1호, 2023년 2월 17일)을 거쳐 산업통상자원부장관의 승인(산업통상자원부 공고 제2023-220호, 2023년 3월 6일)을 받은 것으로 법 제22조의2제1항에 따른 상세기준으로서의 효력을 가진다.

1.2.2 이 기준을 지키고 있는 경우에는 법 제22조의2제4항에 따라 「고압가스 안전관리법 시행규칙」(이하 “규칙”이라 한다) 별표 12에 적합한 것으로 본다.

1.3 다른 기준의 인정

1.3.1 신기술 제품 검사기준

1.3.1.1 규칙 별표 12 제4호나목에 따라 압력용기가 이 기준에 따른 검사기준에 적합하지 아니하나, 기술개발에 따른 새로운 압력용기로서 안전관리를 저해하지 아니한다고 산업통상자원부장관의 인정을 받는 경우에는 그 압력용기의 제조 및 검사방법을 그 압력용기에 한정하여 적용할 수 있다.

1.3.1.2 압력용기가 표 1.3.1.2에 따른 인정기준에 따라 해당 공인검사기관에서 검사를 받은 것에 대해서는 1.3.1.1에 따른 안전관리를 저해하지 아니한다고 산업통상자원부장관이 인정한 경우로 보아 검사특례 신청·심사 없이 해당 인정기준에 따라 검사를 실시할 수 있다.

표 1.3.1.2 외국 압력용기의 인정기준 및 공인검사기관

인정기준	공인검사기관
------	--------

ASME Sec. X	ASME에 등록된 AIA (Authorized Inspection Agency)
일본의 고압가스보안법	고압가스보안협회
산업통상자원부장관이 인정하는 기준	산업통상자원부장관이 인정하는 검사기관

1.3.2 외국 압력용기 제조등록기준

1.3.2.1 규칙 제9조의2제3항 단서에서 정한 “제조시설기준과 제조기술기준” 이란 표 1.3.1.2에 따른 외국 압력용기의 인정기준을 말한다.

1.3.2.2 「고압가스 안전관리법 시행령」 제5조의2제2항제2호에 따라 표 1.3.1.2의 인정기준으로 제조하고 해당 공인검사기관의 검사를 받은 것으로 한다.

1.4 용어정의

이 기준에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. 다만, 이 기준에서 정의하지 아니한 용어에 대하여는 규칙, 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법 시행규칙」 및 「도시가스사업법 시행규칙」에서 사용하는 용어와 같으며 그 밖의 용어는 한국산업표준에 따른다.

1.4.1 “내압부분” 이란 압력용기 중 인쪽 면에 0 Pa을 초과하는 압력을 유지하는 부분(수지함침 탄소 섬유층을 포함한다)과 압력으로 발생하는 하중을 유지하는 부분을 말한다. 다만, 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 내압부분으로 보지 아니한다.

- (1) 압력유지 목적이 아닌 것
- (2) 라이닝, 도금 등 내압 부재 이외의 것(전위차부식을 막기 위한 방식부를 포함한다)
- (3) 플라스틱라이너
- (4) 보호층

1.4.2 “동등재료” 란 다음 기준에 적합한 재료를 말한다.

- (1) 규격재료와 화학성분 및 기계적 성질이 동일하며 제조방법, 형상 또는 판두께의 범위가 다른 것
- (2) 규격재료와 화학성분 및 기계적 성질이 동일하며 해당 KS의 개정년도가 다른 것
- (3) 규격재료와 화학성분, 기계적 성질, 시험방법, 시료채취방법 및 재료의 성질이 매우 유사한 것

1.4.3 “설계온도” 란 압력용기를 사용할 수 있는 온도범위로 -40°C 이상, 85°C 이하를 말한다.

1.4.4 “설계압력” 이란 압력용기를 사용할 수 있는 최고압력으로 105 MPa 이하를 말한다. 다만, 부압은 제외한다.

1.4.5 “설계단계검사” 란 압력용기를 처음 제조수입 또는 중요 설계를 변경하는 경우 해당 압력용기의 안전성을 정밀하게 확인하기 위한 것으로서 설계단계에서 실시하는 검사를 말한다.

- 1.4.6 “생산단계검사”란 설계단계검사에 합격한 같은 형식의 압력용기에 대하여 안전성을 확인하기 위한 것으로서 생산단계에서 실시하는 검사를 말한다.
- 1.4.7 “설계압력 반복횟수”란 압력 변동에 대응하는 사용 반복 횟수를 말한다. <개정 23. 3. 6.>
- 1.4.8 “폴랩(Full Wrapped)으로 감은 압력용기”란 라이너에 수지(樹脂)를 함침(含浸)한 연속섬유를 후프감기 및 헬리컬감기 등에 의해 감은 압력용기를 말한다.
- 1.4.9. “후프감기”란 필라멘트 와인딩 성형(수지를 함침한 연속섬유를 라이너에 감은 것을 말한다) 공정 중 라이너 몸통부 측에 거의 직각으로 섬유를 감는 방법을 말한다.
- 1.4.10 “헬리컬감기”란 필라멘트 와인딩 성형공정 중 라이너 몸통부 측에 나선형태로 섬유를 감는 방법으로서 후프감기 이외의 방법을 말한다.
- 1.4.11 “라이너”란 금속 또는 플라스틱을 이용하여 압력용기의 가장 안쪽 층을 구성하는 용기를 말한다.
- 1.4.12 “보스”란 압력용기에 배관, 막음 플러그 등을 장착하기 위한 금속재질의 연결부(개구측과 폐구측을 포함한다)를 말한다.
- 1.4.13 “수지함침 탄소섬유층”이란 수지함침 연속탄소섬유에 경화 처리한 적층을 말한다.
- 1.4.14 “수지함침 유리섬유층”이란 수지함침 연속유리섬유에 경화 처리한 적층을 말한다.
- 1.4.15 “보호층”이란 압력용기를 외부충격 등으로부터 보호하기 위해 압력용기 바깥면에 설치하는 층 또는 보호패드를 말한다.
- 1.4.16 “방식층”이란 금속라이너와 수지함침 탄소섬유층 사이의 전위차부식을 막기 위한 도막, 수지함침 유리섬유층 등을 말한다.
- 1.4.17 “금속라이너 압력용기”란 금속라이너를 섬유와 합성수지를 이용하여 폴랩(Full Wrapped)으로 감은 압력용기를 말한다.
- 1.4.18 “플라스틱라이너 압력용기” 플라스틱라이너를 섬유와 합성수지를 이용하여 폴랩(Full Wrapped)으로 감은 압력용기를 말한다.
- 1.4.19 “전체두께”란 금속라이너 압력용기의 경우에는 금속라이너, 수지함침 탄소섬유층, 보호층 및 방식층 각각의 공칭두께를 더한 두께를 말하며, 플라스틱라이너 압력용기의 경우에는 플라스틱라이너, 수지함침 탄소섬유층 및 보호층 각각의 공칭두께(보스부의 경우에는 보스의 공칭두께를 포함한다)를 더한 두께를 말한다.

1.4.20 “최소두께”란 금속라이너 압력용기일 경우에는 금속라이너와 수지함침 탄소섬유층 각각의 설계두께를 말하며, 플라스틱라이너 압력용기의 경우에는 수지함침 탄소섬유층과 보스부 각각의 설계두께를 말한다.

1.4.21 “응력비”란 설계온도에 있어서 탄소섬유의 인장강도를 설계온도 및 설계압력에서의 압력용기 수지함침 탄소섬유층의 탄소섬유에 발생하는 응력으로 나눈 값을 말한다.

1.4.22 “최소파열압력”이란 설계온도에서 압력용기가 갖추어야 할 최소파열압력으로서 다음의 것 중에서 큰 압력을 말한다.

- (1) 설계압력의 2.25배 이상의 압력
- (2) 압력용기의 최소두께를 이용하여 구한 수지함침 탄소섬유층의 탄소섬유 응력비가 2.25 이상이 되는 압력

1.4.23 “자긴처리(Auto-frettage)”란 금속라이너 압력용기를 제조 공정 중에 그 금속라이너의 항복점을 초과하는 압력을 가하여 영구 소성변형을 일으키는 것을 말한다.

1.4.24 “에르하르트식”이란 금속라이너 제조방법으로 압출에 의한 방법으로 성형한 것을 말한다.

1.4.25 “커팅식”이란 금속라이너 제조방법으로 드로잉 가공에 의한 방법으로 성형한 것을 말한다.

1.4.26 “만네스만식”이란 금속라이너 제조방법으로 이음매가 없는 관 양쪽 끝부분을 열가공(금속을 추가하지 않은 것에 한한다)으로 성형한 것을 말한다.

1.4.27 “축소형 압력용기(Subscale Pressure Vessel)”란 제조하고자 하는 압력용기와 같은 사양, 같은 지름, 같은 두께를 갖는 것으로서 압력용기의 길이를 축소한 압력용기를 말한다. 이 경우 축소한 압력용기의 길이와 지름의 비는 2:1 이상이어야 한다.

1.4.28 “배치”란 다음의 것을 말한다.

- (1) 금속라이너의 경우 “배치”는 동일한 설계, 동일한 재료, 동일한 제조공정, 동일한 제조장비, 열처리 시 동일한 분위기와 온도에서 연속적으로 제조된 금속라이너
- (2) 플라스틱라이너의 경우 “배치”는 동일한 설계, 동일한 재료, 동일한 제조공정, 동일한 제조장비로 연속적으로 제조된 플라스틱라이너
- (3) 복합재료 압력용기의 경우 “배치”는 동일한 설계, 동일한 재료, 동일한 제조공정, 동일한 자긴처리를 하여 연속적으로 제조된 복합재료 압력용기
- (4) 하나의 “배치”는 200개 이하로 한다.

1.4.29 “설계서”란 압력용기의 설계, 가공, 구조, 검사와 관련한 사양, 검사, 품질관리 등을 나타내는 서류(제조자가 작성한 서류에 한한다)로 다음의 것을 말한다.

- (1) 재료사양서

압력용기의 내압부분 및 비내압부분에 사용하는 재료의 모델명, 모델번호, 형상, 재료특성과 관련된 요구사항, 검사 및 시험과 관련된 요구사항, 품질관리와 관련된 요구사항, 제출서류 등의 요구사항을

제시하는 서류로서 압력용기 제조자가 작성하여 재료 제조업자에게 제시하는 것을 말한다.

(2) 구조도

압력용기의 내압부분 및 비내압부분의 재료, 형상, 치수, 구조 및 수량 등을 나타내는 도면(제조자가 작성한 도면에 한한다)을 말한다.

1.5 기준의 준용(내용 없음)

2. 제조시설기준

2.1 제조설비

압력용기를 제조하려는 자가 이 제조기술기준에 따라 압력용기를 제조하기 위하여 갖추어야 할 제조설비(제조하는 압력용기에 필요한 것에만 한정한다)는 다음과 같다. 다만, 규칙 제5조제2항제3호에 따른 기술검토 결과 해당 압력용기의 안전관리에 지장을 줄 우려가 없다고 인정하는 범위 내에서 해당 압력용기와 관련한 열처리 또는 도장을 전문으로 하는 전문업체의 설비를 이용하거나, 부품의 전문 생산업체로부터 해당 압력용기의 부품 등을 공급받아 사용하는 경우에는 그 설비를 갖추지 아니할 수 있으며 라이너를 이음매 없는 용기 제조업소로부터 공급받는 경우에는 (1)부터 (3)까지와 (5) 중 쇼트브라스팅설비는 갖추지 아니할 수 있다.

- (1) 단조설비 또는 성형설비
- (2) 금속라이너 접합설비(만네스만식으로 성형하는 것에 한한다)
- (3) 열처리로(노 안의 압력용기를 가열하는 각 부분의 온도차가 25K 이하가 되도록 한 구조의 것으로 한다) 및 그 노안의 온도를 측정하여 자동으로 기록하는 장치
- (4) 세척설비
- (5) 쇼트브라스팅 및 도장설비
- (6) 밸브 탈·부착기
- (7) 압력용기 내부건조설비
- (8) 필라멘트 와인딩 설비
- (9) 경화로
- (10) 백크링 가공설비
- (11) 그 밖에 제조에 필요한 설비 및 기구

2.2 검사설비

압력용기를 제조하려는 자가 이 기준의 제조기술기준에 따라 압력용기를 검사하기 위하여 갖추어야 할 검사설비(제조하는 압력용기에 필요한 것만을 말한다)는 다음과 같다. 다만, 설계단계검사에 필요한 검사 설비 중 외부업체의 설비를 이용하는 경우에는 그 설비를 갖추지 아니할 수 있다.

- (1) 내압시험설비

- (2) 기밀검사설비
- (3) 초음파두께측정기 · 나사케이지 · 버니어캘리퍼스 등 두께측정기
- (4) 내부조명설비
- (5) 만능재료시험기
- (6) 연화온도시험설비
- (7) 압력반복 가압시험설비
- (8) 파열시험설비
- (9) 표준이 되는 압력계
- (10) 표준이 되는 온도계
- (11) 그 밖에 특정설비검사에 필요한 설비 및 기구

3. 제조기술기준

3.1 설계

3.1.1 설계수명

압력용기의 설계수명은 최대 15년을 초과하지 않도록 한다.

3.1.2 시험압력 반복횟수

시험압력 반복횟수(N)는 4.4.2.1.6에 따른 피로시험 시험체의 개수에 따라 식(3.1)로 구한 횟수 이상으로 누출이 확인되기까지의 횟수로 한다.

$$\text{시험압력 반복횟수}(N) = K_n \times \text{설계압력 반복횟수} \dots (3.1)$$

여기에서, K_n : 피로 설계 여유도

표 3.1.2 피로검사 시험체 수에 따른 K_n 값

피로검사 시험체 수(n)	K_n
2	4
3	3.5
4	3
5	2.6

3.1.3 설계서류

압력용기 제조자는 다음의 서류를 작성하여 압력용기의 설계수명까지 보관하고 압력용기의 검사를 위해 검사기관의 요청이 있는 경우 이를 제출한다.

3.1.3.1 기본사양 서류

압력용기 제조자는 다음의 기본정보를 사용자에게 제공한다.

- (1) 압력용기 제조자의 상호와 주소
- (2) 지름(mm), 길이(mm), 부피(L), 중량(kg), 밸브나사산 종류 등 <개정 19.6.14>
- (3) 압력용기의 설계수명
- (4) 압력용기의 시험압력 반복횟수
- (5) 설계압력
- (6) 보호코팅 등 필요한 항목
- (7) 압력용기의 안전한 사용 및 검사를 위해 필요한 정보

3.1.3.2 설계도면

압력용기의 설계도면에는 다음 내용을 포함한다.

- (1) 제목, 일련번호, 날짜, 개정번호 등
- (2) 압력용기의 형식(금속라이너 압력용기, 플라스틱라이너 압력용기)
- (3) 완성된 압력용기의 최소 두께, 형상 및 개구부를 포함한 허용 오차를 포함한 치수
- (4) 압력용기의 실제 중량, 부피와 허용오차
- (5) 금속라이너 재료에 대한 사양, 규격에서 요구하는 기계적 성질 및 화학성분 조성
- (6) 자진처리(Auto-fretting)압력 범위, 내압시험압력, 외부 보호코팅 세부사항 등
- (7) 사용가스명
- (8) <삭 제> (19.6.14)

3.1.3.3 응력 분석 보고서

응력분석 보고서에는 계산된 응력을 요약된 표 형태로 나타낸다.

3.2 재료

압력용기의 재료는 그 압력용기의 안전성을 확보하기 위하여 다음 기준에 적합한 것으로 한다.

3.2.1 압력용기의 재료는 표면에 사용상 유해한 손상, 타격 흔적, 부식 등 결함이 없는 것으로 한다.

3.2.2 압력용기의 재료는 수소가스에 의한 침식이나 화학적 반응을 일으키지 아니하는 것으로 한다.

3.2.3 압력용기의 내압부분에는 다음 기준에 따른 규격에 적합한 재료(이하 "규격재료"라 한다) 또는 동등재료를 사용한다.

3.2.3.1 압력용기의 금속라이너에 사용하는 재료는 알루미늄합금으로 다음 중 어느 하나의 재료를 사용한다. 이 경우 사용하는 알루미늄합금은 납 및 비스무트의 함유량이 각각 0.01% 이하인 재료를 사용한다.

- (1) KS D 6701(알루미늄 및 알루미늄 합금의 판 및 띠)의 A6061P
- (2) KS D 6761(이음매 없는 알루미늄 및 알루미늄 합금관)의 A6061TE, A6061TES, A6061TD 및 A6061TDS
- (3) KS D 6763(알루미늄 및 알루미늄 합금의 봉 및 선)의 A6061BE 및 A6061BD
- (4) SPS-KFCA-D6770-5022(알루미늄 및 알루미늄 합금의 단조품)의 A6061FD 및 A6061FH <개정

20.9.4>

3.2.3.2 플라스틱라이너 압력용기의 보스부에 사용하는 재료는 스테인리스강 또는 알루미늄합금으로 다음 중 어느 하나의 재료를 선택한다. 다만, 니켈 당량은 식(3.2)로 계산하여 표 3.2.3.3 니켈 당량 요구 값 이상인 재료를 사용한다.

- (1) 스테인리스강은 다음에 적합한 재료를 사용한다.
 (1-1) KS D 3698(냉간압연 스테인리스강판 및 강대)의 STS 316L
 (1-2) KS D 3705(열간압연 스테인리스강판 및 강대)의 STS 316L
 (1-3) KS D 3706(스테인리스 강봉)의 STS 316L
 (1-4) KS D 4115(압력용기용 스테인리스강 단강품)의 STS F316L

$$\text{니켈 당량(질량\%)} = 12.6 \times C + 0.35 \times Si + 1.05 \times Mn + Ni + 0.65 \times Cr + 0.98 \times Mo \cdots (3.2)$$

여기에서, C는 탄소, Si는 규소, Mn은 망간, Ni은 니켈, Cr은 크롬, Mo는 몰리브덴으로 각 원소의 질량분율(질량%)을 나타낸다.

표 3.2.3.3 니켈 당량 요구 값

재료의 최저사용온도	-40 ℃ 이상 -10 ℃ 미만	-10 ℃ 이상 20 ℃ 미만	20 ℃ 이상 85 ℃ 이하
니켈 당량 요구값	28.5	27.4	26.3

(2) 알루미늄합금은 다음에 적합한 재료를 사용한다. 다만, 사용하는 알루미늄합금은 납 및 비스무트의 함유량이 각각 0.01% 이하인 재료를 사용한다.

- (2-1) KS D 6701(알루미늄 및 알루미늄 합금의 판 및 띠)의 A6061P-T6
 (2-2) KS D 6763(알루미늄 및 알루미늄 합금의 봉 및 선)의 A6061BE-T6 및 A6061BDS-T6
 (2-3) SPS-KFCA-D6770-5022(알루미늄 및 알루미늄 합금의 단조품)의 A6061FD-T6 및 A6061FH-T6 <개정 20.9.4>

3.2.4 압력용기의 비내압부분에 사용하는 플라스틱라이너는 다음의 기준에 적합한 재료를 사용한다.

- (1) 열가소성 플라스틱으로 한다.
 (2) 연화온도는 90 ℃ 이상으로 한다. 이 경우 측정방법은 KS MISO 306[플라스틱-열가소성 플라스틱-비카드 연화온도(VST)의 측정]에 따른다.
 (3) 용융온도는 100 ℃ 이상으로 한다.
 (4) 수소에 의한 열화, 손상 등이 발생하지 않는 재료를 사용한다.

3.2.5 압력용기의 섬유재료는 다음 기준에 적합한 재료를 사용한다.

3.2.5.1 구조강화 필라멘트 재료로서 다음 기준에 적합한 재료를 사용한다. 이 경우 금속라이너 압력용기에는 갈바너 부식을 방지하기 위하여 절연코팅 등의 적절한 조치를 한다.

- (1) KS MISO 472(플라스틱-용어)에서 정하는 탄소섬유로서 KS L 2522(탄소섬유 직물 시험방법) 또는 ASTM D 4018(Standard Test Methods for Properties of Continuous Filament Carbon

and Graphite Fiber Tows)에서 정하는 시험방법으로 구한 인장강도, 파단변형율, 종탄성계수가 재료사양서가 규정하고 있는 요구값을 충족하는 재료를 사용한다. 다만, 최소인장강도는 3500 N/mm² 이상, 최소 파단변형율은 1% 이상으로 한다.

(2) 수지 접착성을 향상시키기 위한 탄소섬유 표면처리는 재료사양서에 따른다.

3.2.5.2 용기의 탄소섬유는 2.25 이상의 섬유 응력비를 갖는 것을 사용한다.

3.2.6 압력용기의 탄소섬유에 함침하는 수지는 다음 기준에 적합한 재료를 사용한다.

(1) 수지는 에폭시수지 또는 변성 에폭시수지로 한다.

(2) 수지는 재료사양서에서 규정하는 특성이 명확한 재료를 사용한다.

3.3 두께(내용 없음)

3.4 구조 및 치수

압력용기의 구조 및 치수는 그 압력용기의 안전성·편리성 및 작동성을 확보하기 위하여 다음 기준에 적합한 것으로 한다.

3.4.1 구조

압력용기의 금속라이너 또는 플라스틱라이너의 구조는 다음의 기준과 압력용기 제조자의 설계사양에 따른다.

3.4.1.1 동체 진원도

압력용기의 라이너 동체와 동체의 수지함침 탄소섬유층 진원도는 동체 축에 수직인 단면에서 최대 바깥지름과 최소 바깥지름의 차는 각각 그 단면 기준바깥지름의 10분의 1이하가 되도록 한다. 다만, 수지함침 탄소섬유층 외측에 보호층이 있는 경우에는 보호층의 기준바깥지름으로 한다.

3.4.1.2 경판 형상

압력용기의 라이너 경판 형상은 경판에 감는 섬유층의 박리, 미끄러짐 등이 발생하지 않는 형상으로 하고 압력용기 제조자의 설계사양에 따른다.

3.4.2 치수

압력용기 제조자는 다음의 기준에 따라 두께 및 치수를 측정하고 그 측정값이 압력용기 제조자가 정한 설계 허용공차 범위 내에 있는지를 확인한다.

3.4.2.1 압력용기 제조자는 모든 압력용기 보스부의 나사 치수를 플러그게이지(Plug-gauge) 등으로 측정한다.

3.4.2.2 압력용기 제조자는 모든 금속라이너 및 플라스틱라이너에 대하여 초음파 두께측정기, 치수측정기

등을 이용하여 두께 및 치수를 측정한다. 이 경우 위치에 따라 다른 두께를 가지는 경판 형상일 경우에는 동일한 간격으로 구분한 다수의 점에서 두께를 측정한다.

3.4.2.3 압력용기의 수지함침 탄소섬유층 및 보호층의 두께는 제조확인검사의 피로검사에서 사용한 압력용기의 동체 및 경판을 절단기 등으로 절단하여 해당 단면의 수지함침 탄소섬유층과 보호층 각각의 두께를 치수측정기 등으로 측정한다.

3.4.2.4 절단된 단면의 두께측정은 동체일 경우에는 동일한 간격으로 구분한 4개 지점에 대하여 측정하고 경판일 경우에는 직각으로 교차하는 2개의 단면으로 절단하여 원주방향의 동일한 간격에서 4개 지점에 대하여 측정한다.

3.5 가공

3.5.1 재료의 절단

금속라이너, 보스부 등의 재료 절단은 기계적인 방법 또는 열적인 방법으로 실시한다. 다만, 열적인 방법으로 절단한 경우 슬러그, 유해 변질부, 열경화부 등은 기계적인 방법으로 제거한다.

3.5.2 금속라이너 성형

금속라이너 압력용기의 금속라이너 성형은 다음 기준에 따라 실시한다.

3.5.2.1 금속라이너 성형은 냉간가공을 원칙으로 한다. 다만, 열간가공으로 성형할 경우에는 용체화 열처리온도 이하의 온도에서 실시한다.

3.5.2.2 금속라이너는 스피닝가공, 에르하르트식, 커핑식, 만네스만식 등의 적절한 방법을 사용하여 일체(동체 및 경판에 접합이 없는 것을 말한다)로 성형한다.

3.5.2.3 3.5.2.2에 따른 성형 후 압력용기 제조자는 전수의 금속라이너 경판 바깥면에 대하여 다음 기준에 따라 침투탐상검사를 실시한다.

- (1) 침투탐상검사는 KS B 0816(침투 탐상 시험방법 및 침투 지시 모양의 분류)에 따라 실시한다.
- (2) 침투탐상검사의 판정기준은 다음에 따른다.
 - (2-1) 균열에 의한 결함지시가 없을 것
 - (2-2) 선모양 결함지시의 최대길이는 4 mm 이하일 것
 - (2-3) 원형모양 결함지시의 긴지름은 4 mm 이하일 것
 - (2-4) 면적이 2500 mm²인 시험범위 내에 그 최대길이나 최대지름이 4 mm 이하인 선모양 또는 원형모양 결함지시가 다수 있는 경우에는 결함지시의 종류, 결함지시의 최대길이 또는 최대지름에 따라 표 3.5.2.3에 따른 총점수가 12 이하일 것

표 3.5.2.3 결함지시 종류 및 치수에 따른 점수

침투탐상지시모양의 종류	결함지시의 최대길이 또는 긴지름이	결함지시의 최대길이 또는
--------------	--------------------	---------------

	2mm 이하인 것	간지름이 4mm 이하인 것
선모양	3	6
원형모양	1	2

(2-5) 성형이 완료된 금속라이너 경판의 안쪽면은 내시경으로 확인하여 유해한 구김 등의 결함이 없을 것

3.5.3 플라스틱라이너 성형

플라스틱라이너 압력용기의 플라스틱라이너 성형은 다음 기준에 따라 실시한다.

3.5.3.1 플라스틱라이너 성형은 사출성형, 블로우성형, 회전성형, 압출성형 등의 성형방법을 이용하여 적절하게 실시한다.

3.5.3.2 플라스틱라이너의 동체를 용착으로 접합할 때는 다음 기준에 따라 실시한다.

- (1) 용착방법은 레이저, 초음파 또는 열을 사용한 용착 중에서 한 가지 방법을 사용한다.
- (2) 용착은 플라스틱라이너 재료의 종류, 플라스틱라이너의 두께 등에 따라 압력용기 제조자가 정한 용착방법 및 용착조건(주파수, 용착온도, 용착속도 등을 말한다)에 따른다.
- (3) 용착방법 및 용착조건은 설계서 또는 구조도에 명시한다.

3.5.4 보스부 등의 나사기공

금속라이너 압력용기 및 플라스틱라이너 압력용기의 보스부 나사기공은 다음 기준에 따라 실시한다.

- (1) 나사는 평행나사일 것
- (2) 나사산은 깨끗이 절삭되고 균열, 박리 등의 유해한 결함이 없을 것

3.5.5 전위차 부식방지

금속라이너 압력용기에서 금속라이너와 수지함침 탄소섬유층 사이에 전위차 부식을 방지하기 위한 방식층을 설치하는 등 적절한 전위차 부식방지조치를 한다.

3.5.6 와인딩

압력용기의 수지함침 탄소섬유층 및 수지함침 유리섬유층 와인딩은 다음 기준에 따라 실시한다.

3.5.6.1 수지함침 탄소섬유층일 경우 와인딩의 층수는 3층 이상으로 한다.

3.5.6.2 와인딩은 다음의 사항에 대하여 압력용기 제조자가 정한 기준에 따른다.

- (1) 와인딩 패턴(감는 각도, 층수, 후프감기 또는 헬리컬감기 등)
- (2) 와인딩 작업 시 섬유에 작용하는 장력
- (3) 와인딩 속도
- (4) (1)부터 (3)까지의 사항은 설계서 또는 구조도에 명시한다.

3.5.7 자진처리 (Auto-frettage)

금속라이너 압력용기에서 금속라이너의 자진처리는 다음 기준에 따라 실시한다.

3.5.7.1 자긴처리는 내압시험압력 이상의 압력으로 물 등의 유체를 이용하여 실시한다.

3.5.7.2 자긴처리는 압력을 제거 후 금속라이너에 재항복(再降伏)을 일으키지 않는 압력으로 한다.

3.5.7.3 자긴처리는 금속라이너 두께 등의 치수형상에 따라 압력용기 제조자가 규정한 자긴처리압력, 유지시간 등의 조건에 따라 실시한다.

3.5.7.4 자긴처리 조건은 설계서 또는 구조도에 명시한다.

3.6 용접(내용 없음)

3.7 열처리

3.7.1 금속라이너 성형 후 열처리

금속라이너 성형 후 열처리는 다음 기준에 따라 실시한다.

3.7.1.1 열처리는 KS D 0004(알루미늄, 마그네슘 및 그 합금의 질별 기호)에 따른 분류 중 T6(용체화 처리 후 시효경화 처리한 것) 재료에 대하여 실시한다. 이 경우 열처리 온도 및 유지시간은 금속라이너 두께 및 치수형상에 따라 적절하게 실시한다.

3.7.1.2 열처리방법은 다음 기준에 따라 실시한다.

- (1) 열처리는 금속라이너 전체를 한 번에 열처리로에 넣어 실시한다.
- (2) 열처리 온도는 열처리로에 설치된 열전대로 측정한다.
- (3) 승온속도, 강온속도 및 임의의 2점 사이의 최대 온도차, 열처리로 장입조건 등 열처리방법과 관련된 내용은 제조자가 정한 방법에 따라 실시한다.

3.7.1.3 열처리방법과 관련된 내용은 설계서 또는 구조도에 명시한다.

3.7.2 수지의 열경화처리

압력용기 와인딩 후 수지를 경화시키기 위한 열경화처리는 다음 기준에 따라 실시한다.

3.7.2.1 수지의 열경화처리 온도는 섬유 및 금속라이너의 재료특성(조직, 결정입자, 기계적 성질 등) 또는 플라스틱라이너에 영향을 주지 않는 온도로 한다.

3.7.2.2 열경화처리는 수지 전 표면이 균일하게 가열되도록 압력용기의 내·외부에 대하여 실시한다. 이 경우 부분적인 열경화처리는 실시하지 아니한다.

3.7.23 열경화처리는 수지함침 탄소섬유층 두께 등의 치수형상에 대하여 압력용기 제조자가 정한 가열방법, 가열온도, 유지시간 등의 열경화처리 조건에 따라 실시한다.

3.7.24 압력용기 제조자는 수지의 재료특성에 따라 수지가 적절하게 경화되었음을 나타내는 압입경도를 설정하고 ASTM D 2583(Standard Test Methods for Indentation Hardness of Rigid Plastics by Means of a Barcol Impressor)에 따른 압입경도시험에 만족하여야 한다.

3.7.25 3.7.2.3의 열경화처리 조건 및 3.7.2.4의 압입경도는 설계서 또는 구조도에 명시한다.

3.8 성능(내용 없음)

3.9 표시

3.9.1 제품표시

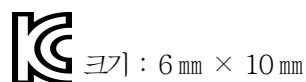
규칙 별표 24 제4호에 따라 압력용기 제조자·수입자는 금속박판 또는 특수인쇄용지에 다음 사항을 각인 또는 인쇄(글씨 크기는 세로 8 mm 이상, 가로 6 mm 이상일 것)하여 이를 그 압력용기의 보기 쉬운 곳에 부착한 후 투명한 수지로 감싸 쉽게 떼어낼 수 없도록 한다.

- (1) 제조자의 명칭 또는 약호
- (2) 사용하는 가스의 명칭
- (3) 제조번호 및 제조연월
- (4) 사용재료명(라이너 재료명)
- (5) 내용적(기호: V, 단위: L)
- (6) 설계압력(기호: DP, 단위: MPa)
- (7) 설계온도(기호: DT, 단위: °C) <개정 19.6.14>
- (8) 검사기관의 명칭 또는 약호 <개정 19.6.14>
- (9) 내압검사에 합격한 연월 <개정 19.6.14>
- (10) 사용연한 표시 <개정 19.6.14>

3.9.2 합력표시

규칙 별표 25 제1호에 따라 검사에 합격한 압력용기에는 아래와 같이 “K” 자의 각인을 하거나 알루미늄 박판에 각인한 것을 용기 몸통부의 외면에 떨어지지 아니하도록 부착한다.

- (1) 검사합격기호



- (2) 검사기관의 명칭 또는 부호

4. 검사기준

4.1 검사종류

압력용기의 검사는 제조시설에 대한 검사와 제품에 대한 검사로 구분한다.

4.1.1 제조시설에 대한 검사

제조시설에 대한 검사는 압력용기를 제조하고자 하는 자가 압력용기 제조시설의 설치공사 또는 변경공사를 완공한 때에 실시한다.

4.1.2 제품에 대한 검사

압력용기에 대한 검사는 이 기준의 제조기술기준과 검사기준에의 적합여부에 대하여 설계단계검사와 생산단계검사를 실시한다.

4.1.2.1 설계단계검사

4.1.2.1.1 규칙 별표 12 제3호에 따라 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 설계단계검사를 받는다.

- (1) 압력용기 제조자가 그 업소에서 일정형식의 압력용기를 처음 제조하는 경우
- (2) 압력용기 수입자가 그 업소에서 일정형식의 압력용기를 처음 수입하는 경우

4.1.2.1.2 규칙 별표 12 제3호에 따라 표 4.1.2.1에 따른 변경사항이 있는 경우에는 변경 설계단계검사를 받는다.

표 4.1.2.1.2 신규 제조 및 설계 변경 제조에 따른 검사항목

검사항목	신규 제조	변경사항													
		길이 (1)	경관 형상	지름		라이너재료		라이너 두께	섬유 재료 또는 섬유 제조 자 (2)	설계압력		복합 재료 두께 또는 패턴	개 구 부	수지 재료 (3)	나 사 산
				≤ 20% (1)	> 20% ≤ 50%	금속	플라 스틱			≤ 20% (1)	> 20% ≤ 60% (2)				
재료검사	B					M	P	B	B						
파열검사	B	B	B	B	B	M	P	M	B	B	B	B	B	B	
피로검사	B	B	B	B	B	M	P	B	B	B	B	B	P (4)		
환경검사	B					M	P		B					B	
결함검사	B				B	M	P		B					B	
온도크리프 검사(5)	B					M						B (6)			
가스투과성 검사	P							P							
보스토크	P												P		P

검사												(7)		
수소가스 반복검사	P						P							
<p>[비고]</p> <p>1. 라이너에 종류에 따른 기호 B : 플라스틱라이너 압력용기와 금속라이너 압력용기 모두에 필요한 검사항목을 말한다. P : 플라스틱라이너 압력용기에 필요한 검사항목을 말한다. M : 금속라이너 압력용기에 필요한 검사항목을 말한다.</p> <p>2. 압력용기 변경사항별 적용 검사항목 (1) 이 검사는 한 개의 압력용기로 할 수 있음 (2) 동일한 공칭 원재료를 사용하여 제조한 섬유로서 동일한 제조공정·물리적 구조·공칭 물성이 같으며, 평균 인장강도와 연신율 값과 설계단계검사에서 합격한 용기에 사용된 섬유의 인장강도와 연신율 값과의 차이가 ±5% 내에 있는 경우 실시 (3) 수지재료는 동일하지 않으나 신규 설계단계검사를 받은 압력용기의 수지 및 경화제와 화학적으로 동등한 재료 (4) 라이너와 개구부의 접촉부 형상이 변경되는 경우에 실시 (5) 온도크리프검사 후 기밀검사와 파열검사를 실시 (6) 와인딩 패턴 변경 시에는 실시하지 않음 (7) 라이너·개구부·복합재간의 접촉부 형상이 변경되는 경우에 실시</p>														

4.1.2.2 생산단계검사

압력용기에 대하여 4.4.2.2에 따라 생산단계검사를 실시한다.

4.2 공정검사 대상 심사 (내용 없음)

4.3 검사항목

4.3.1 제조시설에 대한 검사

압력용기 제조자가 제조설비 및 검사설비를 갖추었는지 확인하기 위한 제조시설의 검사 항목은 다음과 같다.

- (1) 2.1에 따른 제조설비 구비 여부
- (2) 2.2에 따른 검사설비 구비 여부

4.3.2 제품에 대한 검사

압력용기가 제조기술기준에 적합하게 제조되었는지 확인하기 위한 검사항목은 다음과 같다.

4.3.2.1 설계단계검사

제조기술기준에의 적합 여부에 대하여 실시하는 설계단계검사의 검사항목은 다음과 같다.

- (1) 4.4.2.1.2에 따른 외관검사
- (2) 4.4.2.1.3에 따른 치수검사
- (3) 4.4.2.1.4에 따른 재료검사
- (4) 4.4.2.1.5에 따른 파열검사
- (5) 4.4.2.1.6에 따른 피로검사
- (6) 4.4.2.1.7에 따른 환경검사

- (7) 4.4.2.1.8에 따른 결함검사
- (8) 4.4.2.1.9에 따른 온도크리프검사
- (9) 4.4.2.1.10에 따른 가스투과성검사
- (10) 4.4.2.1.11에 따른 보스토크검사
- (11) 4.4.2.1.12에 따른 수소가스반복검사

4.3.2.2 생산단계검사

제조기술기준에의 적합여부에 대하여 실시하는 생산단계검사의 검사항목은 다음과 같다.

관련조항	생산단계검사 항목	금속라이너 압력용기	플라스틱라이너 압력용기
4.4.2.2.1	제조기술기준 준수여부 확인	○	○
4.4.2.2.2	제조확인검사	○	○
4.4.2.2.3	치수검사	○	○
4.4.2.2.4	재료검사	○	○
4.4.2.2.5	파열검사	○	○
4.4.2.2.6	피로검사	○	○
4.4.2.2.7	내압검사	○	○
4.4.2.2.8	기밀검사		○

4.4 검사방법

4.4.1 제조시설에 대한 검사

제조시설에 대한 검사는 2.1 및 2.2에 따른 제조설비 및 검사설비를 갖추었는지를 확인하여 필요한 설비를 모두 갖춘 경우 합격한 것으로 한다.

4.4.2 제품에 대한 검사

압력용기 신규검사는 이 기준에 따른 제조기술기준에의 적합 여부에 대하여 설계단계검사와 생산단계검사로 구분하여 실시한다.

4.4.2.1 설계단계검사

설계단계검사는 압력용기가 이 기준에 따른 제조기술기준에 적합한지 여부를 판정하기 위하여 다음의 검사방법으로 실시한다.

4.4.2.1.1 시료 확인

설계단계검사에 사용하는 압력용기(이하 “시험체” 라 한다)는 다음과 같이 한다.

- (1) 설계단계검사의 검사항목에 따라 동일사양의 압력용기 또는 축소형 압력용기로 한다.
- (2) 검사원은 압력용기가 설계 요구조건에 적합한지 여부를 확인한다.

4.4.2.1.2 외관검사

외관검사는 압력용기 전수에 대하여 육안으로 압력용기 내·외부 표면을 확인하여 사용상 지장이 있는 흠, 패임, 균열 등과 제조공정 중에 발생한 잔류물(부스러기, 수지 등)이 없는 경우 적합으로 한다.

4.4.2.1.3 치수검사

치수검사는 압력용기 전수에 대하여 압력용기의 실제 치수와 제조자가 정한 치수를 비교하여 일치하는 경우 적합으로 한다.

4.4.2.1.4 재료검사

재료검사는 임의로 채취한 압력용기에 대하여 다음 기준에 따라 실시한다.

(1) 플라스틱라이너의 용착부 인장시험

플라스틱라이너에 용착부가 있는 경우에는 다음 기준에 따라 플라스틱라이너 용착부에 대하여 인장시험을 실시한다.

(1-1) 시험방법

(1-1-1) 시험방법은 KS MISO 527-1(플라스틱-인장성의 측정-제1부 : 통칙), KS MISO 527-2(플라스틱-인장성의 측정-제2부 : 성형 및 압출 플라스틱의 시험조건) 또는 ASTM D 638(Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastics)에서 정하는 시험편을 이용하여 시험한다.

(1-1-2) 시험편은 중앙부분에 용착부가 있도록 채취한다. 해당 용착부의 용착온도, 시간, 접합력 등의 용착조건은 플라스틱라이너 성형에 사용하는 용착조건과 동일하여야 하며, 용착부 응력을 제거하기 위해 플라스틱라이너에 열처리를 하는 경우에는 시험편의 용착부에도 동일하게 열처리를 한다.

(1-1-3) 시험은 -50°C 이하, 상온, 설계온도 이상(설계온도가 57°C 미만일 경우에는 57°C 이상으로 한다)의 각 온도에서 각 5개의 시험편에 대하여 KS MISO 527-1, KS MISO 527-2 또는 ASTM D 638에 따라 실시한다.

(1-1-4) 시험 결과 시험편의 폭이 넓은 부분에서 파단되었을 경우에는 그 시험결과는 무효처리하고 동일한 조건의 시험편을 이용하여 재시험을 실시한다.

(1-1-5) 시험 후 육안으로 파단위치 및 파단면의 파단형태를 관찰하여 기록한다.

(1-2) 적합기준

플라스틱라이너 용착부 인장시험은 (1-1-3)의 각 온도에서 시험편이 용착부 이외의 폭이 좁은 평행한 부분 또는 용착부에서 파단되고 파단형태가 연성을 나타내는 경우에 적합으로 한다.

(2) 수지 전단강도검사

(2-1) 시험방법

(2-1-1) 시험에 사용하는 시험편 개수는 5개로 하며 24시간 물에 끓인 것을 사용한다.

(2-1-2) 시험편의 형상, 치수 및 시험방법은 KS MISO 14130(섬유 강화 플라스틱 복합 재료-단봉법에 의한 겉보기 층간 전단 강도의 측정)에 따라 실시한다.

(2-2) 적합기준

측정된 복합체의 최소 수지전단강도가 13.8MPa 이상인 경우 적합으로 한다.

(3) 나사부의 정적강도(Static Strength) 검사

나사부는 설계압력 및 설계온도에서 KHKS 1222(나사구조 강도 설계지침)와 기타 적절한 방법으로 정적강도 평가를 실시하여 나사부에서 발생하는 응력이 KHKS 1222와 기타 적절한 방법에서 정하는 허용한계 값 이하가 되는 경우 적합으로 한다.

4.4.2.1.5 파열검사

파열검사의 시험체는 동일사양의 압력용기 3개를 이용하여 다음 기준에 따라 실시한다.

(1) 시험방법

(1-1) 시험은 상용온도에서 시험체에 기상부가 남지 않도록 물 등의 유체를 채운 후 서서히 압력을 가하여 시험체가 파열될 때 까지 승압한다.

(1-2) 파열검사는 설계온도에서 실시한다.

(1-3) 최소파열압력의 80%를 초과하여 가압하는 때의 승압속도는 매초 0.35 MPa 이하로 한다.

(1-4) 파열압력은 압력계 등을 통해 육안으로 확인하고 기록한다.

(2) 적합기준

압력용기의 실제 파열압력이 최소 파열압력 이상이고 압력용기 제조자의 설계서에 명시된 응력비 요건을 만족하는 경우 적합으로 한다.

4.4.2.1.6 피로검사

피로검사의 시험체는 동일사양의 압력용기를 사용하여 다음 기준에 따라 실시한다.

(1) 시험방법

(1-1) 시험에 사용하는 시험체 개수는 표 3.1.2에 따른 피로검사 시험체 수로 한다.

(1-2) 시험은 시험체에 물 등의 유체를 채운 후 설계압력의 10% 이하부터 설계압력 이상의 압력범위까지 매분 10회 이하로 압력을 가한다.

(1-3) 피로검사의 시험압력 반복횟수(N)는 3.2.1 식(3.1)에 따라 계산된 횟수 이상으로서 누출이 발생되기까지의 횟수로 한다. 이 경우 최대 반복횟수는 시험압력 반복횟수(N)의 2배를 넘지 않아야 한다.

(1-4) 시험은 상용온도에서 실시한다.

(1-5) 시험 중에는 압력범위, 시험압력 반복횟수 및 시험체의 외부 표면온도를 측정기구 등으로 연속 측정하고 기록한다.

(1-6) 시험 중에는 파열 또는 누출이 없어야 한다.

(2) 적합기준

피로검사는 다음 기준을 모두 만족하는 경우 적합으로 한다.

(2-1) 시험압력 반복횟수(N)에서 파열 및 누출이 없어야 한다.

(2-2) 시험압력 반복횟수의 2배의 횟수 또는 누출이 발생하는 횟수 중 짧은 횟수까지 시험을 실시하여 파열(누출은 허용한다)이 없어야 한다.

4.4.2.1.7 환경검사

환경검사의 시험체는 동일사양의 압력용기 또는 축소형 압력용기를 사용하여 다음 기준에 따라 실시한다.

(1) 시험방법

(1-1) 시험에 사용하는 시험체 개수는 1개로 한다.

(1-2) 시험은 상용온도에서 실시한다.

(1-3) 시험체 표면에 직경 100mm의 원을 시험체의 긴 방향의 동일선상을 따라 중복되지 않도록 6개 영역을 선정한다.

(1-4) (1-3)에서 규정한 6개 영역에 (1-5)의 진자식 충격을 각 1회 가한다.

(1-5) 진자식 충격시험방법은 다음과 같다.

(1-5-1) 진자식 충격시험에 사용하는 시험기는 다음과 같다.

- (1-5-1-1) 충격체는 강철을 이용한 피라미드형(바닥면은 정사각형, 측면은 정삼각형)으로 시험체에 충격을 가하는 꼭지점과 각 변은 반경 3mm의 둥근 모양을 가지는 것으로 한다.
- (1-5-1-2) 진자의 충격 중심은 피라미드형 충격체의 중심과 일치하고 진자의 중심과 회전축 거리는 1 m로 한다.
- (1-5-1-3) 진자의 전체질량은 15 kg으로 한다.
- (1-5-2) 충격 시의 진자에너지는 30 N·m 이상으로 한다.
- (1-5-3) 진자로 충격을 주는 동안 시험체는 양쪽 끝부분의 보스 또는 고정 지그를 사용하여 고정한다.
- (1-5-4) 진자에 의한 충격은 내압을 가하지 않는 상태에서 실시한다.
- (1-6) 시험용액은 다음의 6가지 용액으로 한다.
- (1-6-1) 황산(용적비 19% 용액)
- (1-6-2) 수산화나트륨(중량비 25% 용액)
- (1-6-3) 메탄올 5%와 가솔린 95%의 혼합액(ASTM D 4814에 적합한 M5 연료 5/95%)
- (1-6-4) 질산암모늄(중량비 28% 용액)
- (1-6-5) 메탄올 수용액(용적비 50% 용액)
- (1-6-6) 염화나트륨(중량비 5% 용액)
- (1-7) (1-3)에서 규정한 6개 영역에 직경이 90 mm 이상 100 mm 이하이고 두께가 약 0.5 mm인 유리솜을 놓는다.
- (1-8) (1-6)에서 규정한 6가지 시험용액을 (1-7)의 유리솜에 1종류씩 균일하게 젖도록 하여야 하며 시험 중에 시험용액의 농도가 변하지 않도록 유지한다.
- (1-9) 시험체에 시험용액을 채운 후 설계압력의 10% 이하부터 설계압력 이상의 압력범위까지 매초 2.75 MPa 이하의 승압속도로 3 000회 압력 반복을 가한다.
- (1-10) 3 000회의 압력 반복을 한 후 시험체를 단계적으로 설계압력의 1.25배의 압력까지 가압하여 시험용액에 노출된 상태에서 48시간 동안 유지한다.
- (1-11) 시험 중에는 압력범위, 압력반복횟수 및 승압속도를 측정기구 등을 통해 연속 측정하고 기록한다.
- (1-12) 시험 중에는 육안 등으로 시험체에 누출 및 파열이 발생하지 않는지 확인한다.
- (2) 적합기준
- 환경검사는 설계압력의 1.25배의 압력으로 가압시험을 실시하여 시험체에 누출 및 파열이 발생하지 않았을 경우 적합으로 한다.

4.4.2.1.8 결함검사

결함검사의 시험체는 동일사양의 압력용기 또는 축소형 압력용기를 사용하여 다음 기준에 따라 실시한다.

- (1) 시험방법
- (1-1) 시험에 사용하는 시험체 개수는 2개로 한다.
- (1-2) 한 개의 압력용기 동체부 중간에 세로로 결함을 만든다. 이 결함은 크기는 두께 1 mm인 칼날을 이용하여 최소 1.27 mm의 깊이 및 복합재 두께의 5배에 해당하는 길이(최소 1.27 mm 깊이의 결함을 생성하는 시점에서 종점까지의 거리를 말한다)로 만든다.
- (1-3) 다른 한 개의 압력용기에는 (1-2)의 결함으로부터 원주 방향의 약 120도에 같은 크기의 결함을 가로로 만든다.
- (1-4) 압력용기 한 개는 4.4.2.1.5에 따른 파열검사를 실시한다.
- (1-5) 또 다른 한 개의 압력용기는 4.4.2.1.6에 따른 피로검사를 실시한다.
- (2) 적합기준

결함검사는 다음 기준을 모두 만족하는 경우 적합으로 한다.

(2-1) 한 개의 압력용기는 파열압력이 설계압력의 2배 이상이어야 한다.

(2-2) 다른 한 개의 압력용기는 설계압력에서 누출 없이 최소 1 000회를 견뎌야 한다. 만일 1 000회 후 누출로 인하여 압력용기에 결함이 생긴 경우에는 적합으로 한다. 다만, 시험 중 발생한 결함이 파열로 인한 것일 경우에는 부적합으로 한다.

4.4.2.1.9 온도크리프검사(Temperature Creep Test)

온도크리프검사의 시험체는 동일사양의 압력용기 또는 축소형 압력용기를 사용하여 다음 기준에 따라 실시한다.

(1) 시험방법

(1-1) 시험에 사용하는 시험체 개수는 2개로 한다.

(1-2) 시험체에 물 등의 유체를 채운 후 85℃ 이상 및 상대습도 50% 미만에서 가압장치를 사용하여 단계적으로 설계압력의 1.25배 이상의 압력까지 가압한 후 그 상태에서 2 000시간 동안 유지한다.

(1-3) 시험 중에는 시험온도, 상대습도 및 가압압력을 온도계, 습도계, 압력계 등으로 연속 측정하고 기록한다.

(1-4) (1-2)를 유지한 후 다음 기준에 따라 기밀시험을 실시한다.

(1-4-1) 기밀시험은 상용온도에서 실시한다.

(1-4-2) 기밀시험은 공기, 질소 등의 기체를 사용하여 설계압력의 10분의 1씩 단계적으로 설계압력까지 가압한다.

(1-4-3) 육안 및 발포액 등을 통해 누출 등의 이상이 없는지 확인한다.

(1-5) (1-4-3)을 확인한 후 4.4.2.1.5에 따라 파열검사를 실시한다. 다만, 파열검사의 시험온도는 상용온도로 한다.

(2) 적합기준

온도크리프검사는 다음 기준을 만족하는 경우 적합으로 한다.

(2-1) 기밀시험에서 누출 등의 이상이 없어야 한다.

(2-2) 파열검사에서의 파열압력은 최소파열압력 이상이어야 한다.

4.4.2.1.10 가스투과성검사

가스투과성검사의 시험체는 동일사양의 플라스틱라이너 압력용기를 사용하여 다음 기준에 따라 실시한다.

(1) 시험방법

(1-1) 시험에 사용하는 시험체 개수는 1개로 한다.

(1-2) 시험체가 회전하지 않도록 고정하고 토크렌치 등을 사용하여 보스부의 나사형상에 적합한 나사 밸브, 플러그 등을 압력용기 제조자가 설계서 또는 구조도에서 정한 최대 조임토크의 200% 이상으로 체결한다.

(1-3) 시험체를 상온에서 밀폐용기 또는 밀폐실 안의 정해진 곳에 두고 시험체에 건조한 상태의 청정한 수소가스 또는 5%수소/95%질소 혼합가스를 주입하여 설계압력의 10분의 1씩 단계적으로 설계압력까지 가압한 후 단위시간 당 투과량이 거의 일정해진 때부터 최소 500시간 동안 가스 투과량을 측정한다.

(1-4) 질량 분석계를 이용한 측정, 가스농도 측정, 가스감지를 통한 측정 등으로 가스투과에 따른 수소가스 누출량을 측정하여 기록한다.

(2) 적합기준

가스투과성검사는 단위시간 당 가스투과량 측정값이 수소가스일 경우에는 5 cm³/L/h 이하, 혼합가스일

경우에는 0.15 cm³/L/h 이하일 경우 적합으로 한다.

4.4.2.1.11 보스토크검사(Boss Torque Test)

보스토크검사의 시험체는 동일사양의 플라스틱라이너 압력용기를 사용하여 다음 기준에 따라 실시한다.

(1) 시험방법

(1-1) 시험에 사용하는 시험체 개수는 1개로 한다.

(1-2) 시험체가 회전하지 않도록 고정하고 토크렌치 등을 이용하여 보스부 나사형상에 적합한 나사 밸브 플러그 등을 압력용기 제조자가 설계서 또는 구조도에서 정한 최대 조임토크의 150% 이상으로 체결한다.

(1-3) 밸브, 플러그 등을 제거한 후 보스부의 나사부와 보스에 유해한 흠집 등이 없는지 외관검사를 실시하고 치수측정기로 치수를 측정하여 나사의 치수 허용공차 및 설계서 또는 구조도에 있는 보스부의 제작공차를 초과하는 변형이 없는지 확인한다.

(1-4) (1-2)에 따라 밸브, 플러그 등을 다시 체결한 후 (1-5)에 따른 누출검사 또는 4.4.2.1.10에 따른 가스투과성검사 중 한 가지 검사를 실시한다.

(1-5) 누출검사는 다음에 따른다.

(1-5-1) 누출시험은 상용온도에서 실시한다.

(1-5-2) 시험체에 건조한 상태의 청정한 공기 또는 질소 등의 불활성가스를 주입하고 설계압력의 10분의 1씩 단계적으로 설계압력까지 가압하여 2시간 이상 유지한다.

(1-5-3) 설계압력을 유지한 상태에서 보스부에 발포액을 도포하여 10분 이상 누출을 확인하고 1분당 발포수를 기록한다.

(1-5-4) 누출검사 결과 발포수가 2분당 1포 이하이어야 한다.

(2) 적합기준

누출검사 또는 가스투과성검사 결과가 해당 기준을 만족하는 경우에는 적합으로 한다.

4.4.2.1.12 수소가스 반복검사

수소가스 반복검사의 시험체는 동일사양의 플라스틱라이너 압력용기 또는 축소형 압력용기(내용적이 100L 이상인 경우에 한한다)를 사용하여 다음 기준에 따라 실시한다.

(1) 시험방법

(1-1) 시험에 사용하는 시험체 개수는 1개로 한다.

(1-2) 시험은 시험체에 수소가스를 채운 후 가압장치를 사용하여 2 MPa 이하부터 설계압력 이상의 압력범위를 매 시간 1회 이상의 비율로 1000회 이상 가압한다.

(1-3) 수소가스반복검사 중에는 압력범위 및 압력반복횟수를 측정기구 등으로 연속 측정하고 기록한다.

(1-4) 수소가스반복검사 종료 후 기밀검사를 실시한다. 기밀검사는 시험체를 건조시킨 후 밀폐용기 또는 밀폐실 안의 정해진 곳에 두고 수소가스로 설계압력 이상의 압력으로 가압하여 1분 이상 유지한 후 검지기 등으로 밀폐용기 또는 밀폐실 안의 가스농도를 측정한다.

(1-5) 수소가스반복검사 및 기밀검사는 상용온도에서 실시한다.

(1-6) 시험 완료 후 시험체를 절단기 등으로 절단하여 라이너 및 라이너와 보스 결합부를 육안으로 확인한다.

(2) 적합기준

수소가스반복검사는 다음 기준을 모두 만족하는 경우 적합으로 한다.

(2-1) 기밀검사서에서 시험체에 누출이 생기지 않고 밀폐용기나 밀폐실 안의 수소가스의 농도가 5 cm³/L/h

이하이어야 한다.

(2-2) 시험체 절단 후의 육안검사에서 시험체의 라이너 및 라이너와 보스 결합부에 피로균열, 수지박리, 봉인재료 열화, 정전기 방전에 의한 손상 및 열화가 없어야 한다.

4.4.2.2 생산단계검사

압력용기가 검사항목별 제조기술기준에 적합한지 여부를 판정하기 위한 생산단계검사방법은 다음과 같다.

4.4.2.2.1 제조기술기준 준수여부 확인

압력용기가 3.1부터 3.9까지의 제조기술기준에 적합하게 제조되었는지 여부를 제조자의 자체검사 성적서 또는 제조된 압력용기를 통해 확인한다.

4.4.2.2.2 제조확인검사

제조확인검사는 파열검사와 피로검사로 하며 동일사양으로 제조된 압력용기 200개를 1개의 로트로 하고 그 중에서 가장 먼저 제조한 압력용기에 대하여 실시한다. 다만, 1개의 로트를 제조하는데 1년이 넘을 경우에는 1년이 넘는 시점에서 다시 제조확인시험을 실시한다.

(1) 파열검사

1개의 압력용기에 4.4.2.1.5에 따라 파열검사를 실시한다.

(2) 피로검사

1개의 압력용기에 4.4.2.1.6에 따라 피로검사를 실시한다.

4.4.2.2.3 치수검사

배치에서 임의로 선택한 압력용기 3개에 대하여 제조자가 정한 치수에 적합한지 여부를 확인한다.

4.4.2.2.4 재료검사

(1) 금속라이너 상온 기계적시험

금속라이너 압력용기의 금속라이너 상온 기계적시험은 다음과 같다.

(1-1) 시험방법

(1-1-1) 시험편은 동일한 로트 재료에서 동일한 형상으로 성형된 금속라이너에서 채취한 것으로서 금속라이너와 동일한 열처리로에서 열처리할 때마다 1개의 시험편을 채취한다.

(1-1-2) 시험편은 동일한 열처리로에서 동시에 실시한다. 이 경우 열처리방법은 3.7에 따라 실시한다.

(1-1-3) 인장시험 및 굽힘시험의 시험편은 금속라이너 축에 평행하게 채취하며 시험 종류, 시편 종류, 채취하는 위치, 채취방향은 해당 재료규격에 따른다.

(1-1-4) 시험은 상온에서 실시한다.

(1-2) 적합기준

(1-2-1) 인장시험 결과 얻어진 인장강도, 항복점 또는 0.2% 내력이 압력용기 제조자가 설계서 및 구조도에 명시한 상온에서 보증하는 값 이상인 경우 적합으로 한다.

(1-2-2) 굽힘시험 결과 시험편을 180도로 구부린 때에 힘을 가한 측면의 반대쪽 측면의 표면에 3 mm 이상의 금이 생기지 아니한 것을 적합으로 한다.

(2) 금속라이너 설계온도 기계적시험

금속라이너 압력용기의 금속라이너에 사용하는 재료의 설계온도 기계적시험은 다음과 같다.

(2-1) 시험방법

(2-1-1) 시험편 채취 및 시험편 열처리는 (1-1-1), (1-1-2)에 따라 실시한다.

(2-1-2) 시험편의 채취 위치, 채취방향은 (1-1-3)에 따른다.

(2-1-3) 시험은 설계온도에서 실시하며, 시험의 종류는 고온인장시험으로 하고 시험방법은 설계서 또는 구조도에 명시한다.

(2-2) 적합기준

시험결과 얻어진 항복점 또는 0.2% 내력 값이 압력용기 제조자가 설계서 및 구조도에 명시한 상온에서 보증하는 값 이상인 경우 적합으로 한다.

(3) 플라스틱라이너 인장시험

배치에서 임의로 선택한 압력용기 1개에 대하여 플라스틱라이너의 인장·항복강도와 최대 연신율은 KS M ISO 527-2를 따라 -40℃에서 실시하여 제조자가 제시한 값 범위 내에 있는 경우 적합으로 한다.

4.4.2.2.5 파열검사

배치에서 임의로 선택한 1개의 압력용기에 대하여 4.4.2.1.5에 따라 파열검사를 실시한다. 다만, 해당 배치에 대하여 4.4.2.2에 따른 제조확인검사를 실시한 경우에는 파열검사를 제외한다.

4.4.2.2.6 피로검사

배치에서 임의로 선택한 1개의 압력용기에 대하여 다음 기준에 따라 실시한다. 다만, 해당 배치에 대하여 4.4.2.2에 따른 제조확인검사를 실시한 경우에는 피로검사를 제외한다.

(1) 시험방법

(1-1) 금속라이너 압력용기의 경우에는 4.4.2.1.6에 따라 피로검사를 실시한다.

(1-2) 플라스틱라이너 압력용기의 경우에는 다음 기준에 따라 피로검사를 실시한다.

(1-2-1) 4.4.2.1.11에 따라 보스토크검사를 실시한다.

(1-2-2) (1-2-1)에 따른 보스토크검사를 실시한 압력용기에 대하여 4.4.2.1.6에 따라 피로검사를 실시한다.

(1-2-3) (1-2-2)에 따른 피로검사를 실시한 압력용기에 대하여 4.4.2.2.8에 따라 기밀검사를 실시한다.

(2) 적합기준

(2-1) 금속라이너 압력용기가 4.4.2.1.6(2)를 만족하는 경우 적합으로 한다.

(2-2) 플라스틱라이너 압력용기가 4.4.2.1.11(2), 4.4.2.1.6(2) 및 4.4.2.2.8(2)를 모두 만족하는 경우 적합으로 한다.

4.4.2.2.7 내압검사

압력용기 전수에 대하여 다음 기준에 따라 내압검사를 실시한다.

(1) 시험방법

(1-1) 물 등의 유체를 사용하여 설계압력의 1.5배 이상의 압력으로 내압검사를 실시한다.

(1-2) 내압검사는 시험압력까지 승압하여 일정시간 방치한 후 시험압력에서 국부적인 부풀음, 늘어남 또는 누출이 없는지 육안으로 확인한다. 다만, 시험장치의 고장 등으로 시험압력을 유지하지 못한 경우에는 0.7MPa 증가시킨 압력으로 재시험을 실시할 수 있다. 이 경우 재시험은 두 번을 초과할 수 없다.

(2) 적합기준

내압검사 결과 압력용기에 국부적인 부풀음, 늘어남, 누출이 없는 경우 적합으로 한다.

4.4.2.2.8 기밀검사

플라스틱라이너 압력용기 전수에 대하여 다음 기준에 따라 기밀검사를 실시한다.

(1) 시험방법

(1-1) 건조한 상태의 청정한 공기 또는 질소 등의 불활성가스를 사용하여 설계압력 이상의 압력으로 기밀검사를 실시한다.

(1-3) 기밀검사는 시험압력까지 승압하여 일정시간 방치한 후 발포액을 사용하여 누출이 없는지 육안으로 확인한다.

(2) 적합기준

기밀검사 결과 누출이 없는 경우 적합으로 한다.

4.4.2.3 합부판정

압력용기가 4.3.2.1 및 4.3.2.2의 검사에 모두 적합한 경우 합격한 것으로 한다.

4.5 그 밖의 검사기준**4.5.1 수입품 검사(내용 없음)****4.5.2 검사일부 생략****4.5.2.1 외국압력용기 제조등록 제품**

법 제5조의2제1항에 따라 외국 압력용기의 제조등록을 한 자가 제조한 압력용기에 대하여 표 1. 3.1.2에 따른 공인검사기관에서 발행한 합격증빙서류를 제출하는 경우 규칙 제38조제4항제1호에 따라 그 압력용기의 검사를 생략할 수 있는 검사항목은 다음과 같다.

- (1) 제조확인검사
- (2) 재료검사
- (3) 파열검사
- (4) 피로검사
- (5) 내압검사: 다만, 내압검사일로부터 3년 이상 경과 시 검사 실시
- (6) 기밀검사: 다만, 기밀검사일로부터 3년 이상 경과 시 검사 실시
- (7) 보스토크검사

4.5.3 불합격 제품 파기 방법

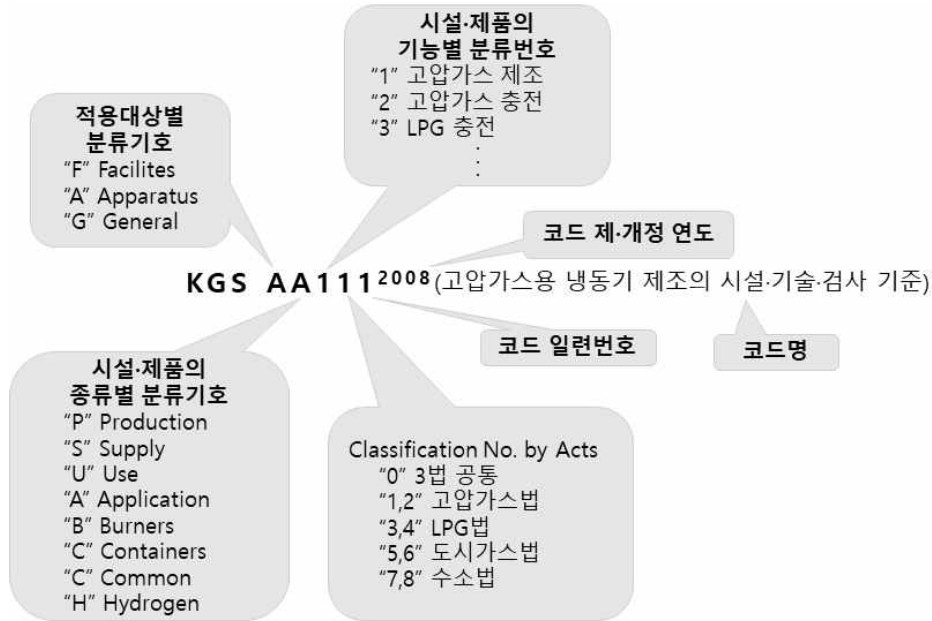
규칙 별표 23제1호에 따라 검사에 불합격된 압력용기는 다음 기준에 따라 파기한다.

4.5.3.1 불합격된 압력용기에 대해서는 절단 등의 방법으로 파기하여 원형으로 복원할 수 없도록 한다.

4.5.3.2 파기하는 때에는 검사 장소에서 검사원 입회하에 압력용기 제조자가 실시하게 한다.

KGS Code 기호 및 일련번호 체계

KGS(Korea Gas Safety) Code는 가스관계법령에서 정한 시설·기술·검사 등의 기술적인 사항을 상세기준으로 정하여 코드화한 것으로 가스기술기준위원회에서 심의·의결하고 산업통상자원부에서 승인한 가스안전 분야의 기술기준입니다.



분야 및 기호		종류 및 첫째 자리 번호		분야 및 기호		종류 및 첫째 자리 번호		
제품 (A) (Apparatus)	기구(A) (Appliances)	냉동장치류	1	시설 (F) (Facilities)	제조·충전 (P) (Production)	고압가스 제조시설	1	
		배관장치류	2			고압가스 충전시설	2	
		밸브류	3			LP가스 충전시설	3	
		압력조정장치류	4			도시가스 도매 제조시설	4	
		호스류	5			도시가스 일반 제조시설	5	
		경보차단장치류	6			도시가스 충전시설	6	
		기타 기구류	9			고압가스 판매시설	1	
		연소기 (B) (Burners)	보일러류			1	판매·공급 (S) (Supply)	LP가스 판매시설
	히터류		2		LP가스 집단공급시설	3		
	레인지류		3		도시가스 도매 공급시설	4		
	기타 연소기류		9		도시가스 일반 공급시설	5		
	용기(C) (Containers)	탱크류	1		저장·사용 (U) (Use)	고압가스 저장시설	1	
		실린더류	2			고압가스 사용시설	2	
		캔류	3			LP가스 저장시설	3	
		복합재료 용기류	4			LP가스 사용시설	4	
		기타 용기류	9			도시가스 사용시설	5	
	수소 (H) (Hydrogen)	수소추출기류	1			일반 (G) (General)	공통 (C) (Common)	수소 연료 사용시설
		수전해장치류	2		기본사항			1
		연료전지	3		공통사항		2	

