

工學碩師學位 請求論文

국제규격 표준화에 따른 국내 압력용기
제작기준 표준화연구

The standardization study for construction of
pressure vessel in Korea according to International
standardization

2004年 2月

仁荷大學校 産業大學院
材料工學科
李 國 鎮

工學碩師學位 請求論文

국제규격 표준화에 따른 국내 압력용기
제작기준 표준화연구

The standardization study for construction of
pressure vessel in Korea according to International
standardization

2004年 2月

指導教授 韓 晶 煥

이 論文을 碩士學位論文으로 提出함

仁荷大學校 産業大學院

材料工學科

李 國 鎮

이 論文을 李國鎭의 碩士學位論文으로 認定함

2004年 2月

主番 _____

副番 _____

委員 _____

목 차

요 약	i
1. 서 문	1
1.1 연구범위 및 내용	2
2. 국내 압력용기 검사제도 및 기술기준 운영현황	2
2.1 검사제도 현황	3
2.2 고압가스안전관리법	3
2.3 에너지이용합리화법	4
2.4 전기사업법	4
2.5 산업안전보건법	5
2.6 각 검사기관의 기준 운영현황	6
2.7 한국산업규격	6
3. 각 법규별 검사방법	7
4. 외국의 압력용기 관련 법령 및 기술기준 운영현황	15
4.1 유럽(PED)	15
4.2 미국	16
4.3 일본	18
5. ISO/TC11의 국제표준 제정 동향	20
6. 국내 압력용기 검사기관의 제조 및 기술기준의 비교 분석	22
6.1 압력범위	22
6.2 재료	23
7. 국내 압력용기 검사제도 및 제작기준 표준화방안	32
7.1 제도 운영	32

7.2 허용응력표 개정	38
7.3 개정된 허용응력값의 적용예	43
7.4 KS 규격 정리 방안	46
7.5 개정 전·후 규격의 설계 예시	47
8. 국제 규격 등록 절차	49
8.1 2003년도 총회 이전	49
8.2 2003년도 총회 이후(예정)	49
9. 규격 개정과 향후 운영에 대한 관련업소의 의견	50
9.1 규격 제정	50
9.2 표준화된 규격의 운영	50
9.3 규격 운영 체계	50
10. 결 론	50
10.1 압력용기 관련규격 및 적용기준 단일화 추진	51
10.2 압력용기 관련규격 단일화 추진 절차	52
10.3 압력용기 관련 위원회 운영	52

요 약

압력용기는 내·외부의 압력원, 직·간접적인 열원 또는 이들의 조합에 의해서 발생하는 압력을 받는 용기로 정치식의 구조와 그 부착물 및 부속품의 통칭이다. 석유화학공단, 각종 발전소, 제철소 등에 사용되는 압력기는 각 국의 산업성장의 척도로 여겨왔으며, 아울러 국가간의 이익과 함께 발전하여 왔다. 최근 WTO(World Trade Organization) 체제의 출범으로 국가간의 기술전쟁이 심화되어 지난 95년 세계무역기구(WTO)는 국가간 무역에 있어 모든 규정과 절차를 국제표준에 준수하도록 하는 TBT(기술장벽에 관한 협정: Agreement on Technical Barriers to Trade)협정이 발효된 이후 국제표준화기구(ISO : International Organization for Standardization)의 보일러·압력용기에 대한 국제표준이 부각되기 시작하면서 미국, 일본과 유럽연합 주도로 국제표준제정을 위한 위원회 활동이 활발히 진행 중에 있다.

현재 ISO/TC11에서 제정 중에 있는 규격은 ISO/TS16528(보일러 및 압력용기 - 국제적 인정을 촉진하기 위한 기술기준 및 표준의 등록)이라는 기술시방서 성격의 한시적 규격으로서, 향후 기술적 요구사항을 추가하는 방향으로 개편하여 정식규격으로 개발할 예정으로 현재(2003년9월) 각국의 규격을 국제규격에 등록시키는 방법에 대하여 회원국의 의견을 검토 중에 있다.

국내에서도 2000년부터 정부의 국가안전관리종합대책에 의한 안전기준 표준화사업의 일환으로 압력용기기준 표준화를 시작하였다. 이를 국내에 빠르게 정착시키기 위해서는 단일화된 기술기준 및 검사제도를 조속히 개발하여 국내 산업의 기술자립과 경쟁력 확보를 위한 인프라의 역할을 제공하여야 할 것이다. 이 논문에서는 압력용기의 국제규격 표준화에 대한

국내 압력용기의 제작기준 표준화를 위하여 국내 압력용기 검사기관 기준, 국가표준(KS), ASME Code 및 유럽연합 등의 기술기준을 비교·분석하였으며, 향후 운영될 제도적인 절차 및 세부적인 기술기준을 국제규격 수준으로 개정할 수 있는 방법 및 절차를 제시하였다.

Abstract

Use of pressure vessels are worldwide spreaded in various field of industry. pressure vessels usually contain dangerous materials, such as high pressure gases etc. Most of the countries have their own the regulations, codes and standards for the construction of the pressure vessels. Under the WTO, every country will accept international standard for its own regulation, code and standard. Therefore international standardization become important for the import and export of the pressure vessels. ISO/TC 11 is developing TS 16528. According to the draft of TS 16528, ISO member country is subjected to will submit standard. Korea also will register our own the standard their of Korea for ISO TS 16528

In this study, the procedure and method for the development of detailed technical standard of pressure vessels for the register of ISO TS 16528 is introduced.

1. 서 론

압력용기는 내·외부의 압력원, 직·간접적인 열원 또는 이들의 조합에 의해서 발생하는 압력을 받는 용기로서 정치식의 구조, 그 부착물 및 부속품을 말하며 석유화학공단, 각종 발전소, 제철소 등에 주로 사용되는 대형 산업기기이다. 최근 WTO(World Trade Organization) 체제의 출범으로 각 국의 기술전쟁이 심화되고 자국의 기준을 국제표준으로 사용하기 위한 경쟁이 표면화되면서 미국과 유럽연합의 분쟁이 날로 커져가고 있는 추세이다.

지난 95년 세계무역기구(WTO)는 국가간 무역에 있어 모든 규정과 절차를 국제표준에 준수하도록 하는 TBT(기술장벽에 관한 협정: Agreement on Technical Barriers to Trade)협정이 발효된 이후 국제표준화기구(ISO : International Organization for Standardization)의 보일러·압력용기에 대한 국제표준이 부각되기 시작하면서 미국, 일본과 유럽연합 주도로 국제표준제정을 위한 위원회 활동이 활발히 진행 중에 있다.

유럽에서는 1997년 5월 유럽압력기기고시(PED : Pressure Equipment Directive)를 발표하고, 유럽표준화기구(CEN : European Committee for Standardization)를 통하여 압력용기에 대한 유럽표준을 제정하여 시행 중이며, 유럽연합에서 사용중인 PED를 국제표준으로 하여 국제사회의 기술우위를 독점하려하고 있다. 이러한 유럽의 활발한 움직임에 자극 받은 미국은 한국과 일본을 비롯한 ASME Code 사용국가의 동조를 얻어 ASME Code의 국제표준화와 ISO/TC11의 활성화에 노력하고 있다.

현재 ISO/TC11에서 제정 중에 있는 규격은 ISO/TS16528(보일러 및 압력용기 - 국제적 인정을 촉진하기 위한 기술기준 및 표준의 등록)이라는 기술시방서 성격의 한시적 규격으로서, 향후 기술적 요구사항을 추가하는 방향으로 개편하여 정식규격으로 개발할 예정으로 현재(2003년9월) 각국

의 규격을 국제규격에 등록시키는 방법에 대하여 회원국의 의견을 검토 중에 있다.

국제규격으로 등록된 국가규격은 제품규격이 개발되기 전까지만 한시적으로 사용하는 것이며, 향후에(등록된) 국가규격별 차이점 검토와 조화단체를 거쳐 단일국제(제품)규격을 제정하는 다단계 국제규격 제정 절차가 진행될 것으로 예상된다.

따라서 우리 나라도 압력용기에 대한 단일화된 기술기준 및 검사제도를 조속히 개발하여 국내 산업의 기술자립과 경쟁력 확보를 위한 인프라의 역할을 제공하여야 할 것이다. 이 논문에서는 압력용기의 국제규격 표준화에 대한 국내 압력용기의 설계압력, 사용용도, 사용장소 별로 각각 다른 기술기준을 적용하는 각 검사기관의 규정을 포함하여 국가표준(KS), ASME Code 및 유럽연합 등의 기술기준을 상호 비교·분석하여 국내 실정에 맞는 압력용기 제조 및 검사에 대한 표준안을 제시하고자 한다.

1.1 연구범위 및 내용

가. 국내 압력용기 제조 및 검사제도의 정비방안 조사

- 국내 압력용기관련 규제법령 및 미국, 일본, 유럽의 검사제도 분석

나. 국내 압력용기 기술기준 운영에 대한 분석

- 검사기관, 교육제도, 검사의 동질성 확보방안 분석

다. 압력용기 재료의 허용응력값 개정

- 안전율 조정(최소인장강도의 1/3.5 적용)

라. 국내 압력용기 제조 및 검사제도의 표준화방안 제시

2. 국내 압력용기 검사제도 및 기술기준 운영현황

국내의 압력용기 관련법령은 1972년 “고압가스안전관리법”이 최초로 제정되었으며, 이후 에너지이용합리화법, 전기사업법, 산업안전보건법 등의

4개 부처의 법령이 제정·운영되고 있다. 압력용기는 산업에 미치는 영향이 크고, 사고발생시 빈도에 관계없이 피해 또는 확산속도가 광범위하여 제조자 및 사용자의 책임과 권한을 중요시하고 있으며, 행정관청에서 직·간접적으로 안전확보를 위한 조치에 관여하는 것이 세계적인 추세이다. 국내 압력용기의 운영체제는 행정관청에서 직접규제하고 있으며 법령, 시행령 및 시행규칙 또는 관련고시와 해당검사기관의 지침에 의해 운영되고 있다.

2.1 검사제도 현황

현재 국내에서 제조·사용중인 압력용기 검사와 관련한 법령은 산업자원부에서 관장하는 고압가스안전관리법, 에너지이용합리화법, 전기사업법 그리고 노동부에서 관장하는 산업안전보건법으로 분리되어 있다.

2.2 고압가스안전관리법

고압가스안전관리법은 고압가스의 제조, 저장, 판매, 운반, 사용 및 기기의 제조, 수리, 검사 등을 규정하고 이로 인한 위해 방지와 공공의 안전확보를 목적으로 1973년 2월 7일 제정되었으며, 이후 1983년 전문개정을 통하여 최근 2002년 3월 25일자로 일부 개정되었다.

고압가스용 압력용기 검사제도는 일본의 고압가스취체법령을 모델로 하였으며, 제정 당시 일본의 법령이 미국의 제도를 모델로 한 것이어서 기준 자체는 자연스럽게 미국의 ASME Code와 유사하게 되었다. 고압가스안전관리법에 의한 압력용기는 액체 또는 기체상태의 고압가스를 내장한 것으로 주로 석유화학플랜트에 설치 사용 중인 기기이다. 압력용기 검사제도는 제조자에 대한 등록, 신규(제작)검사, 수입검사, 수리검사 및 사용중에 실시하는 재검사로 구분하고 있으며, 동법 제36조 및 동법 시행령 제25조에서 이러한 검사업무를 한국가스안전공사에 위탁하였다.

2.3 에너지이용합리화법

에너지이용합리화법은 1970년대 초 1차 석유파동과 관련하여 1974년 1월 4일 열관리법이 제정되었고 1979년 2차 석유파동 이후 1979년 12월 28일 현재의 에너지이용합리화법으로 개정되었으며, 에너지의 효율적인 사용과 에너지사용 기자재에 의한 위해 예방을 목적으로 하고 있으며, 에너지이용합리화법 제2조(정의)에서 열사용기자재를 산업자원부령으로 규정하고, 이에 의거한 산업자원부령은 열사용기자재관리규칙(산업자원부령 제110호, 2000. 9. 1 개정)으로서, 열사용기자재의 범위와 검사대상기기의 범위, 검사의 면제대상범위, 검사기준 및 검사에 관련한 전반적인 사항을 규정하고 있다. 압력용기 제조시설에 대한 허가 또는 등록규정은 없으나, 동법 제58조(검사대상기기의 검사)에서는 제조 및 검사대상기기 설치·증설(개조) 또는 개체, 설치장소를 변경하고자 하는 자는 시·도지사의 검사를 받아야 하며, 설치검사 및 설치장소 변경검사와 계속사용검사의 검사유효기간은 보일러는 1년, 압력용기는 2년으로 규정되어 있다.

2.4 전기사업법

전기사업법은 1973년 전기로 인한 위해로부터 국민의 생명과 재산을 보호하기 위하여 제정되었으며 2000년 전문이 개정되었다. 전기사업법의 적용을 받는 대상은 원자력법의 적용을 받는 전기설비를 제외한 발전소의 보일러, 터빈, 압력용기, 배관 및 액화가스용 연료연소설비 등이며, 동법 제67조에서 산업자원부장관은 전기설비의 안전관리를 위하여 필요한 기술기준을 정하여 고시하도록 규정하고 있다.

검사와 관련된 조항은 동법 제63조 사용전검사와 제65조 정기검사가 있다. 이러한 검사업무는 동법 제74조에 의하여 설립된 전기안전공사에서 수행하고 있다. 시행규칙 제31조에는 사용전검사의 대상·기준 및 절차 등이 규정되어 있으며, 용접부에 대한 사용전검사 대상에는 원자력법에

규정된 압력용기(전기사업법 제95조)를 제외한 사업용 발전보일러 및 압력용기, 액화가스 저장조 등을 규정하고 있고, 시행규칙 제32조에는 정기검사의 대상·기준 및 절차 등을 규정하고 있다.

2.5 산업안전보건법

산업안전보건법은 1981년 12월 31일 산업안전·보건에 관한 기준을 확립하고, 산업재해를 예방하고 쾌적한 작업환경을 조성함으로써 근로자의 안전과 보건을 유지·증진함을 목적으로 제정된 법률로 1990년 1월 3일 개정하여 위험기계·기구 및 설비 등에 대한 검사제도의 법적 근거를 마련하였다. 산업안전보건법 제34조(유해 또는 위험한 기계·기구 및 설비의 검사) 제1항에서 노동부장관은 유해 또는 위험한 기계·기구 및 설비의 안전성에 관한 제작기준과 안전기준을 정하도록 규정하고 있으며, 검사대상, 검사의 실시시기, 검사방법 및 수입 기계·기구 등에 대한 검사와 관련한 사항을 산업안전보건법 시행규칙에서 규정하고 있으며, 보일러 및 압력용기는 시행규칙 제58조(검사대상 기계·기구 등) 제1항에 규정하고 있으며, 검사의 실시시기에 따라 제작 전에 제작기준 및 안전기준의 준수여부를 확인하기 위한 설계검사, 설치를 완료한 때의 완성검사, 제작 중 또는 제작완료 후 출고 전에 실시하는 성능검사 및 최초 검사일 기준으로 매 2년마다(법 제49조의2에 의한 공정안전보고서를 제출하여 확인을 받은 압력용기는 4년) 실시하는 정기검사가 있다. 이러한 검사업무는 동법 제65조(권한의 위탁) 및 동법 시행령 제47조(행정권한의 위탁)에 의거하여 한국산업안전공단에 위탁하고 있다.

2.6 각 검사기관의 기준 운영 현황

여러 선진국의 경우 규제 법령은 주로 행정적 절차만을 규정하고 세부

적인 기술기준은 해당 민간단체의 규격 등을 동일하게 적용하도록 하고 있어, 규제법령은 상이하지만 통일된 기술기준을 적용하도록 단일화되어 있다. 그러나 국내의 경우 해당 부처의 규제법령에 따라 각기 다른 기술기준이 적용되고 있어 안전확보를 위한 규제에는 용이하나 기술개발에 따른 개정이 힘들어지고 있으며, 현재 국제적으로 진행중인 WTO/TBT 협정에 위반되고 있는 실정이다.

표 1 국내 압력용기 검사제도

법령 내용	고압가스 안전관리법	에너지이용 합리화법	전기사업법	산업안전 보건법
기술기준	고압가스안전관리 기준통합고시 제 15장	열사용기자재 관리규칙	발전용화력설 기술기준	설비 등의 검사규정
검사기관	한국가스안전공사	에너지관리공단	전기안전공사	한국산업안전공단
검사항목	용접 및 구조검사	용접 및 구조검사	용접검사	설계,용접,구조검사
적용대상	가연성, 독성, 액 화가스, 압축가 스를 포함하는 저장탱크 및 고 압가스 설비	산업용 보일러, 증기, 물을 포함 하는 압력용기	발전소의 보일러, 압력용기, 배관, 액화가스용 연료 연소설비 등	화학공정 유체취 급용기, 공기 저 장탱크 등

표 2 각 법규별 기술기준

구분	검사 및 기술 기준
고압가스 안전관리법	시행규칙 별표12 특정설비 제조의 시설기준 및 기술기준
	시행규칙 별표28 특정설비의 검사기준
	산자부고시 제2001-12호 고압가스안전관리기준 통합고시 제15장
에너지이용 합리화법	산자부고시 제99-85호 열사용 기자재 관리규칙
	산자부고시 제2000-14호 보일러 제조(용접 및 구조) 검사기준
	산자부고시 제2000-15호 보일러 설치검사등 기준
	산자부고시 제2000-16호 압력용기 제조(용접 및 구조) 검사기준
전기사업법	산자부고시 제96-118호 발전용 화력설비기술기준
	산자부고시 제96-119호 발전용 수력설비기술기준
	산자부고시 제96-120호 발전설비 용접기술기준
	전력산업기술기준(KEPIC)
산업안전 보건법	노동부고시 제98-43호 유해 또는 위험한 기계·기구 및 설비 등의 검사규정
	노동부고시 제97-34호 압력용기 제작기준·안전기준 및 검사기준
	노동부고시 제93-34호 보일러 제작기준·안전기준 및 검사기준

2.7 한국산업규격(KS)

산업표준화법에 의한 압력용기의 KS규격은 KS B 6733 압력용기(기반 규격)의 30종이 있다. 그러나 대부분 일본의 해당 JIS규격을 번역한 것이며, JIS의 압력용기 관련 규격은 ASME Code를 참고로 하였기 때문에 KS규격의 근본 또한 ASME Code라고 할 수 있다. KS B 6733은 1982년 제정되어 1995년 12월 폐지된 KS B 6231(압력용기의 구조)의 대체규격으로 압력용기의 구조에 관한 기반규격으로 규정하고 있다.

3. 각 법규별 검사방법

국내법의 적용을 받는 압력용기를 제작할 경우, 용도 및 압력에 따라

적용법률과 검사기관이 다르며, 검사기관별로 검사에 대한 세부규정이 상이하야 제작자가 많은 혼선을 일으키고 있다.

표4와 표5는 적용법률에서 요구하는 검사관련 서류와 검사신청 방법이 다. 표4와 표5와 같이 검사기관 선정과 검사신청서류 작성에 많은 시간을 소비하고 있어 개선이 시급하다.

표 3 압력용기 관련 KS규격

번호	규격 번호	규격 명	관련 JIS 규격
1	KS B 0076	압력용기의 구조 공통 용어	B 0190
2	KS B 6027	압력용기용 거울판	B 8247
3	KS B 6035	저압 가스탱크의 설계 기준	
4	KS B 6210	이음매 없는 강제 고압가스 용기	B 8241
5	KS B 6211	용접 강제 액화 석유가스 용기(재충전용)	
6	KS B 6217	소형 이음매 없는 강제 고압가스 용기	B 8230
7	KS B 6219	용접 강제 액화 플루오로 카본 용기	
8	KS B 6225	강제 석유 저장탱크의 구조(온 용접제)	B 8241
9	KS B 6230	다관 원통형 열교환기	B 8249
10	KS B 6235	다층 압력용기	B 8248
11	KS B 6250	재충전용 용접강재 가스실린더	
12	KS B 6251	액화석유가스용 이음매 없는 알루미늄합금용기(재충전용)	
13	KS B 6281	냉동용 압력 용기의 구조	B 8240
14	KS B 6712	압력용기용 덮개판	B 8275
15	KS B 6713	압력용기의 스테이에 의하여 지지하는 판	B 8276
16	KS B 6714	압력용기의 구멍 보강	B 8272
17	KS B 6715	압력용기의 볼트 쥘 플랜지	B 8273
18	KS B 6716	압력용기의 관 판	B 8274

표 3 압력용기 관련 KS규격(계속)

번호	규격번호	규격명	관련 JIS 규격
19	KS B 6723	압력용기의 신축 이음	B 8277
20	KS B 6724	압력용기의 재킷	B 8279
21	KS B 6725	새들지지의 수평 압력 용기	B 8278
22	KS B 6726	압력용기용 관찰창	B 8286
23	KS B 6727	비원형 몸체의 압력용기	B 8280
24	KS B 6728	압력용기의 응력해석 및 피로해석	B 8281
25	KS B 6729	압력용기의 용접이음의 기계시험	B 8282
26	KS B 6730	압력용기의 내압시험 및 누수시험	B 8283
27	KS B 6731	압력용기의 급속 개폐 뚜껑장치	B 8284
28	KS B 6732	압력용기의 용접 시공 방법의 확인시험	B 8285
29	KS B 6733	압력용기(기반규격)	B 8270
30	KS B 6734	압력용기의 몸체 및 경판	B 8271

표 4 검사신청서류

관련 법규		제출서류
고압가스안전관리법		검사신청서, 설계검토서, 설계도면, 강도계산서, 수수료
에너지이용 합리화법	용접검사	검사신청서, 설계도면, 용접부위도, 수수료
	구조검사	검사신청서, 강도계산서, 용접검사증, 설계도면, 수수료
전기사업법		검사신청서, 용접명세서, 수수료(검사신청시 납부)
산업안전 보건법	설계검사	외관계략도 및 치수도, 설계조건, 내용적계산, 방호장치사양서, 강도계산서, 명판도, RT 촬영매수, 제작관련도면, 설계검사 수수료
	성능검사	성능검사신청서, 설계검사합격증, 합격서류, 검사수수료

표 5 검사신청방법

검 사 기 관		신 청 방 법
한국가스 안전공사	신청서류	준비 후 재료검사에정 2주일 전 직접접수
	공정검사신청	3일전 서류신청(Fax 이용)한 후, 당일 오전 전화확인
에너지 관리공단	신청서류	준비 후 각인검사 2주일 전 직접접수
	공정검사신청	3일전 서류신청(Fax 이용)한 후, 당일 오전 전화확인
한국전기 안전공사	신청서류	-
	공정검사신청	해당검사 1주일 전, 주간단위로 Fax 신청 후, 해당 검사 시 직접 접수
한국산업 안전공단	신청서류	준비 후, 직접 접수
	공정검사신청	3일전 서류신청(Fax 이용)한 후, 당일 오전 전화확인

표 6 각 법에 따른 주요검사항목 비교

법령		고압가스 안전관리법	에너지이용 합리화법	전기사업법	산업안전 보건법
검사기관		가스안전공사	에너지관리공단	전기안전공사	산업안전공단
검 사 방 법	설계검토	○	○	-	○
	재료검사	○	○	○	○
	각인검사	○	○	○	○
	기계적시험	○	○	○	○
	비파괴시험	○	○	○	○
	열처리검사	○	○	○	○
	내압시험	○	○	○	○

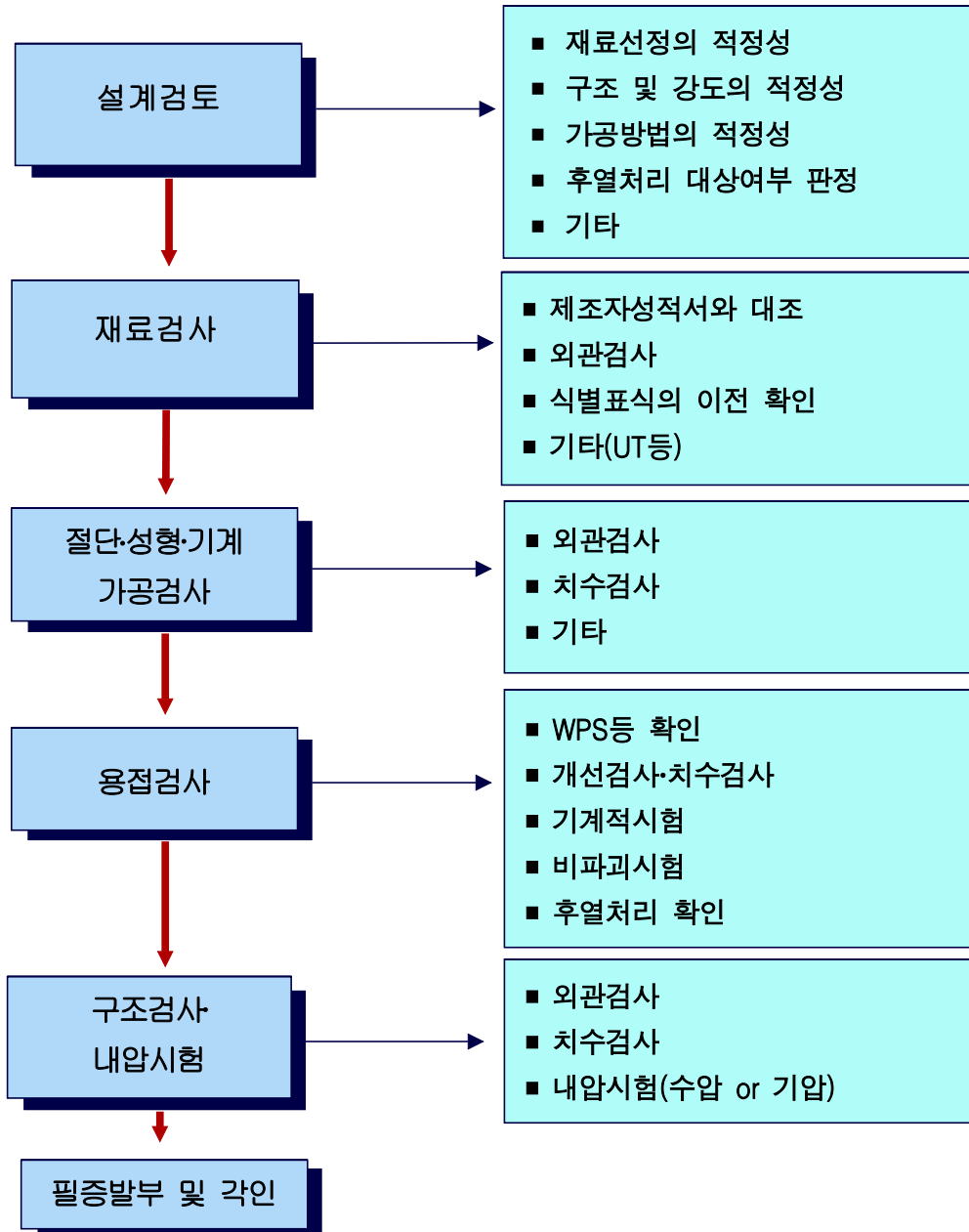


그림 1 고압가스안전관리법에 따른 제작 및 검사 절차

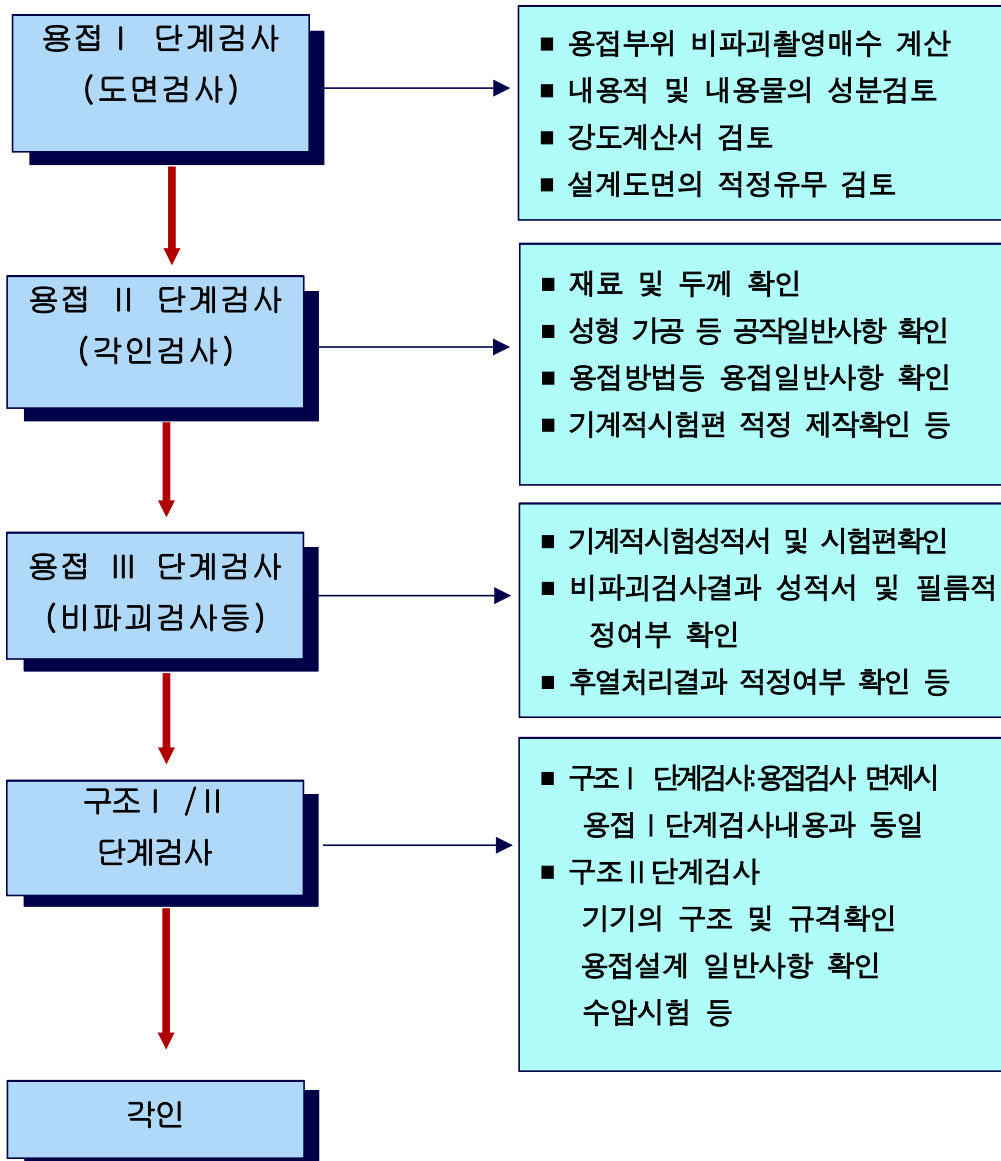


그림 2 에너지이용합리화법에 따른 제작 및 검사 절차

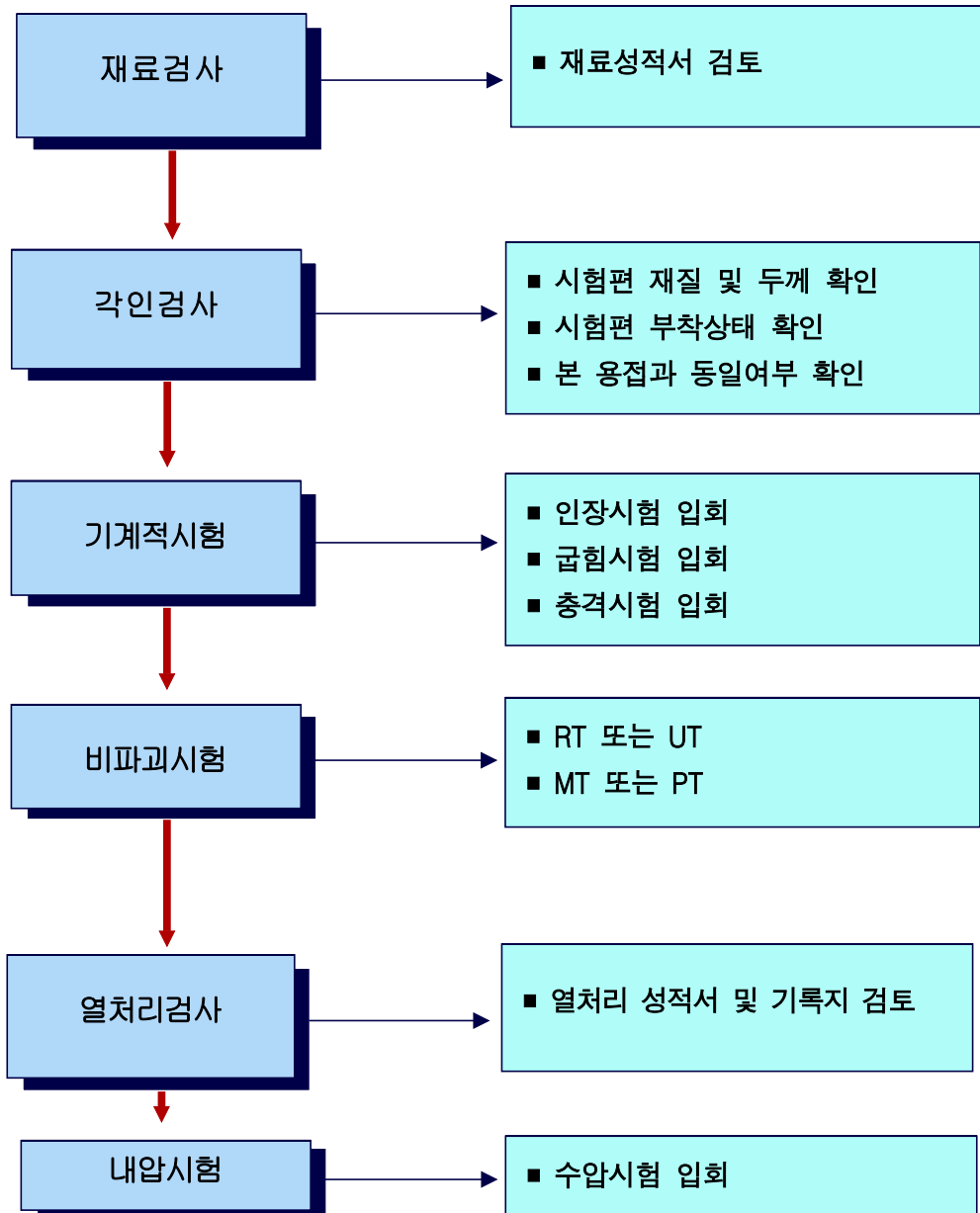


그림 3 전기사업법에 따른 제작 및 검사 절차

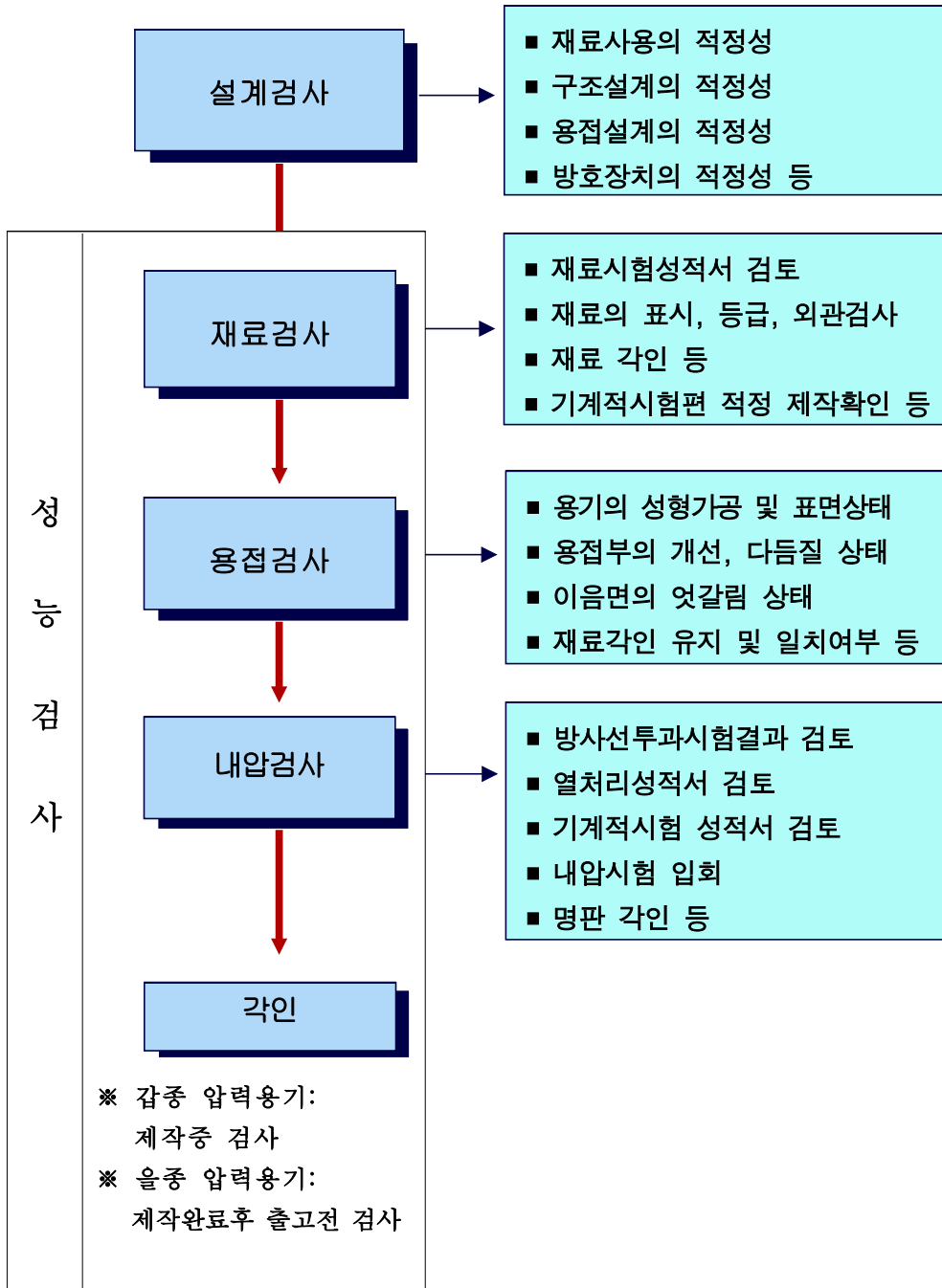


그림 4 산업안전보건법에 따른 제작 및 검사 절차

4. 외국의 압력용기 관련 법령 및 기술기준 운영현황

4.1 유 럽(PED)

1957년 영국, 프랑스, 독일을 비롯한 유럽 6개국은 미국의 경제력을 견제하고 유럽 국가의 경제단일화를 형성하기 위하여 사람, 자본, 서비스 및 상품의 자유이동에 관한 로마협약을 체결하였다. 상품을 제외한 나머지 항목의 자유이동에는 아무런 문제가 없었으나, 상품의 경우 각국의 기준이 상이하고 국제표준화기구(ISO)의 표준과의 부조화로 자유이동의 걸림돌이 되었다. 이에 대한 대책으로 1985년 5월에 기술 조화(調和)와 표준에 대한 새로운 시도(New Approach to Technical Harmonization and Standards)라는 협약에 합의하였고, 상품의 자유이동을 보장하는 법령으로서 “새로운 시도의 고시(New Approach Directive)” 를 제정하였다. 새로운 시도의 고시 중 압력기기에 관한 것이 압력기기고시(Pressure Equipment Directive 97/23/EC)로서 1997년 5월 29일 유럽 의회에서 채택되었다. 이 고시는 압력기기의 무역에 관한 기술장벽(TBT)의 제거를 목표로 EC가 발의한 New Approach의 골격하에 작성된 것으로, 압력기기 및 어셈블리의 설계, 제작 및 적합성 평가에 관한 공통 규정을 만들고 회원국의 국내법과 조화를 이루는 것을 목적으로 하고 있다. 즉, PED는 유럽연합에 대한 방법이고 이에 따라 유럽 각국은 압력기기 제작과 관련한 법을 개정하였다.

PED는 신규로 제작하는 압력기기에만 적용되는 고시로서, 1999년 11월 29일부로 시행되어 30개월의 경과기간을 두었으며, 30개월의 경과기간이 지난 2002년 5월 30일부터 유럽 공동체 내에서 PED의 적용은 완전한 강제 규정이 되었으며, 사용중검사 및 보수 등과 같은 사용중인 압력기기의 유지관리에 대해서는 기존의 국가별 규제가 적용되나, 신규로 제작되는 압력기기에 대한 회원국의 국가규제는 폐지되었다.

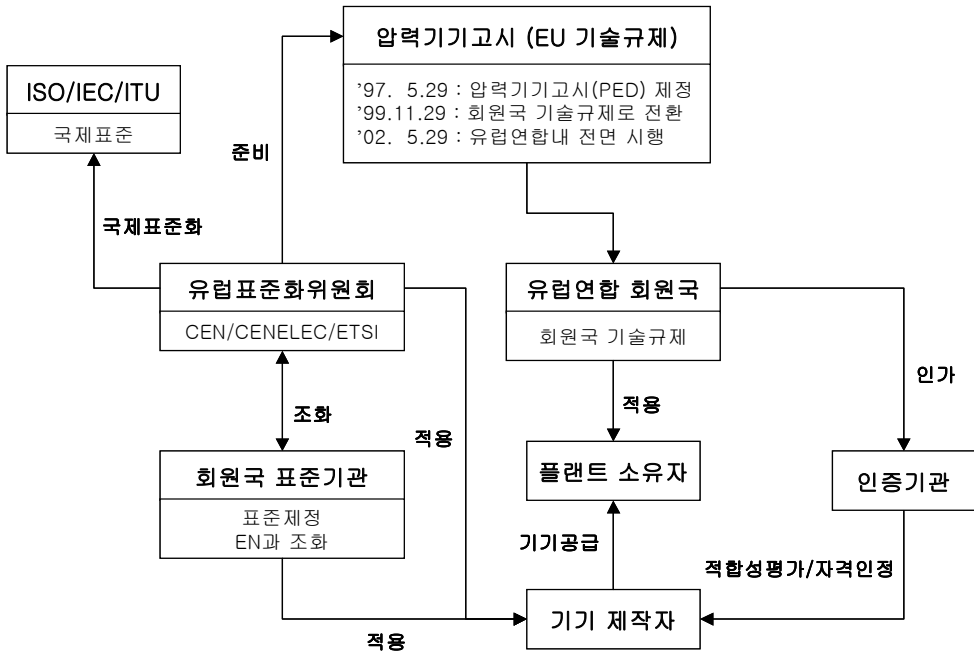


그림 5 유럽의 압력기기 검사제도 현황

4.2 미국

미국의 압력용기 규제 법령에는 DOT, OSHA Act 등의 연방법률이 있으나 DOT는 이동식용기에 대한 규제법률이고, OSHA Act에는 일반 압력용기의 검사에 관한 구체적인 규정이 없으며, 주로 Boiler & Pressure Vessel Act라고 하는 각 주의 법령에서 검사절차, 검사기관, 검사원 및 검사기준 등에 관하여 구체적으로 규정하고 있다.

또한 주 법령에서는 ASME Code, API Code 등 민간단체의 규격을 기술기준으로 채택하고 있으며, 특히 ASME Code는 미국의 거의 모든 주에서 강제기준으로 채택하여 보일러 및 압력용기의 설계, 제작, 검사 등을 수행하고 있으며, ASME Code를 채택한 주에서는 보일러 및 압력용기 검사기준(National Board Inspection Code) 또한 주 법률로 채택하여 보일러 및 압력용기의 검사방법의 표준으로 삼고 있다. 검사기관은 보험

에 가입하지 않은 보일러 및 압력용기를 검사하는 각 주정부, 보험에 가입된 모든 보일러 및 압력용기를 검사하는 각 주정부로부터 승인을 받은 공인검사기관(Authorized Inspection Agency, AIA)과 자사가 사용하고 있는 보일러 및 압력용기를 검사하는 자체검사원을 확보한 기업의 자체검사기관(Owner/ User Inspection Agency) 3가지 형태가 있다.

검사원은 ASME를 법률에 채용한 미국 및 캐나다 행정관청의 압력용기관련 수석검사원들로 구성되어 있으며, 안전법령의 일부로써 ASME를 집행하고 있는 보일러 및 압력용기검사자위원회(National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors, NBBI)에서 검사원의 자격을 심사하여 자격을 부여하고, 주정부에서 인정한 자가 공인검사기관에 채용되었을 때 공인검사원(Authorized Inspector)으로서 검사업무를 수행한다.

미국의 보일러 및 압력용기의 검사제도에 대한 상기의 내용을 종합해 보면, 주정부의 규제제도로서 주정부법으로 ASME 기술기준을 채택하고, 주정부 자신이나 주정부에서 지정 또는 승인한 공인검사기관이 공인검사를 실시하게 하고 이때 공인검사자의 자격관리와 미국 전역에 일관되게 적용하기 위한 관리는 NB가 맡는 형식으로 되어 있다. 매우 복잡하게 되어 있는 것 같으나 대부분의 주정부가 공인검사기관을 활용하는 체도를 채택하고 있어 사업자의 입장에서는 공인검사기관하고만 주로 접촉하면 되므로 실제적 운영은 그다지 복잡하지 않다.

대체적인 형식은 내압기기의 공급업체는 반드시 ASME의 자격인정서를 획득해야 하고, 이 자격인정 심사에 공인검사기관이 필수적으로 참여하고, 제품의 생산과정에서 최종 내압시험까지를 공인검사기관이 검사를 수행한다.

표 7 미국 압력용기 규격(ASME Sec. VIII)의 구성

구 분	ASME Sec.VIII Div I	ASME Sec.VIII. Div II
적용범위	<ul style="list-style-type: none"> · 비화력 증기보일러 · 직접가열식 압력용기(I, IV는 제외) · 재킷이 부착된 가스용 증기술(3.5kgf/cm² 이하) 	<ul style="list-style-type: none"> · Division I Alternative Rule · 특정한 장소에 고정 설치된 것에 한정 · 규제기관의 승인에 따라 원양선 바지선 등의 압력용기에도 적용 가능 · 압력의 제한은 없음
허용응력	Su/3.5 or Sy/1.5중 작은 값 S : Allowable stress	Su/3 or Sy/1.5중 작은 값 Sm : Stress Intensity
설계방법	Design By Formula	Design by Analysis+Formula
강도이론	최대 주응력이론	최대 전단응력이론
최대허용압력	210kgf/cm ² (3000 psi)	제한 없음
최대설계온도	900 °C(1650 °F)	538 °C(1000 °F)
사용재료제한	없음	있음
비파괴검사	Full, Spot, None	Full
수압시험	1.3×MAWP×St/Sd	1.25×MAWP×Smt/Smd
기압시험	1.15×MAWP×St/Sd	1.15×MAWP×Smt/Smd
Certification by R.P.E	-	User's Design Specification에 따라 계산하고 Manufacture's Design Report를 RPE에게 Certification을 받아야 한다.

4.3 일 본

일본은 우리나라와 같이 분야별로 규제법령이 다르며, 각 법령에 따라 시행기관도 각각 달라 기술기준의 적용에 혼선이 있어 왔다. 법령에는 경제산업성이 관할하는 고압가스보안법, 전기사업법, 가스사업법이 있으며, 후생노동성이 관할하는 노동안전위생법이 있으며, 각 법규별로 성령

및 고시의 형태로 기술기준이 제정되어 있었다. 이 기술기준은 ASME Section VIII, Division 1을 토대로 하면서도 세부내용 및 표현이 각 법규마다 상당한 차이가 있으며, JIS B8279과도 부합되지 못하는 문제점이 있었다.

이후 1997년 긴급경제대책의 하나로 JIS와 강제법규의 기술기준과의 정합화, 중복검사의 배제가 논의되었으며, 관계기관이 협조하여 가능한 JIS와 강제법규의 기술기준 및 정부조달의 조달기준과 정합화를 시도하게 되었다. 통상산업성 공업기술원 기술표준부 기계규격과의 주관으로 1998년 압력용기전문위원회는 기술심의에 대한 상세한 검토를 위해 압력용기분과회를 설치하여 새로운 JIS규격(안) 작성작업에 들어갔으며, JIS B 8265 (압력용기의 구조-일반사항)란 이름으로 새로운 JIS(안)을 완성하였다. 그림6은 새롭게 제정된 JIS B 8265(압력용기의 구조-일반사)와 각 법률간의 관계를 나타낸 것이다.

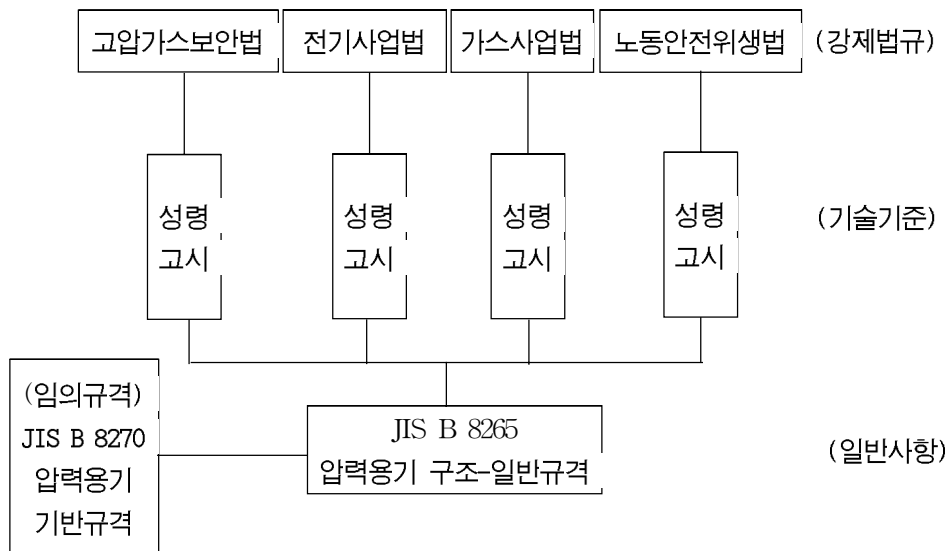


그림 6 일본내의 압력용기관련 각 법률과 JIS의 관계

6. ISO/TC11의 국제표준 제정 동향

ISO/TC11은 ISO 내에서 보일러 및 압력용기에 관한 국제표준(ISO Standard)의 제정을 관할하는 기술위원회이다. ISO/TC11은 첫째, 안전한 압력용기의 설계 및 제작, 둘째, 압력용기의 검사 및 시험방법 그리고 셋째, 사용되는 재질요건 등을 표준화하고, 이 분야의 국제적 협력을 추구하기 위하여 설립되었다.

ISO/TC11은 압력용기의 제품규격의 제정이 불가능함을 깨닫고, 규격의 제정방향을 제품·시험방법규격이 아니라 각국의 압력용기 규격을 조화시키고, 국제적으로 인정하자는 취지의 성능기반규격으로 선회하여 제정작업 중에 있다.

보일러 및 압력용기에 대한 국제표준의 초안은 유럽연합의 PED에 대처하기 위해 일본과 미국이 작성한 국제 압력기기 기술기준(IPEC, International Pressure Equipment Code)이었으나, 1997년 11월에 다시 가동된 ISO/TC 11 동경회의에서 다른 나라의 의견을 수렴하여 국제 압력기기 표준(IPES : International Pressure Equipment Standard)로 변경하였다. ISO/TC11 동경회의에서 국제표준을 작성하는 실무작업반으로 WG10(Working Group 10)이 조직되었고, 이후 WG10은 1년에 3~4회씩 회의를 개최하여 국제표준의 초안 제목을 “국제 압력기기 기술기준 및 표준에 대한 시방(Specification on International Pressure Equipment Codes and Standards, SIPECS)”으로 개정하였다가 1998년 7월 WG10 2차 회의와 TC11 2차 회의에서 압력기기 국제표준의 명칭을 “국제적으로 조화되는 기술기준 및 표준에 대한 시방(Specification for Internationally Harmonized Codes and Standards)”으로 명칭을 잠정적으로 확정하고, 약자는 SIPECS를 그대로 사용하기로 결정하였다. 이후 1999년 2월 버밍햄회의에서 작업초안 WD16528이 확정되었으며, 2000년 4월 시드니회의

에서 위원회초안 CD16528을 채택하여 국제표준안인 DIS16528 “보일러 및 압력용기 - 기술기준 및 표준의 국제 조화(Boilers and Pressure Vessels - International harmonization of codes and standards)”가 발행되었다. 2001년 2월 샌프란시스코 회의에서 DIS16528에 대한 투표결과가 정회원(P-Member) 54.4%의 찬성과 회원국 40.7%의 반대로 부결되었으며, 유럽은 성능기반규격(Performance Standard)이 아닌 통일된 제품규격이 제정되어야함을 다시 주장하였다. 성능규격과 제품규격의 타협안으로 조화(Harmonization) 개념을 인정(Recognition)으로 수정하는 것을 캐나다에서 제안하였고, 각 국의 코멘트 내용을 참고하여 회의 참석자들의 토론을 거쳐 DIS16528의 수정안 “보일러 및 압력용기 - 기술기준 및 표준의 국제 인정(Boilers and Pressure Vessels - International Recognition of Code and Standards)”이 나왔으며, 2001년 6월 스웨덴의 스톡홀름 회의에서 DIS16528.2의 제목을 “보일러 및 압력용기 - 국제적 인정을 촉진하기 위한 기술기준 및 표준의 등록(Boilers and Pressure Vessels - Registration of Codes and Standards to promote International Recognition)”으로 변경하였다.

ISO/TC11에서는 각국의 규격을 등록, 검토, 연구, 통일의 4단계 전략을 세우고 우선 등록규정을 ISO 규격화하고자 DIS16528.2를 제정한 것이다. DIS16528.2의 내용에는 적용범위, 재료, 설계, 제작, 검사 및 시험 등에 대한 요건이 포함된 기술기준 또는 표준의 기준, 적합성 평가 및 인증, 기술기준 또는 표준의 등록 절차 등이 있으며, 부속서에 각종 양식과 등록된 기술기준 및 표준에 대한 이의제기 흐름도를 포함하고 있다.

2001년 5월 10일부터 2001년 7월 10일까지 DIS16528.2에 대한 회원국의 투표결과 P회원국 2/3이상의 찬성을 얻었으나 직접 단일규격을 제정하고자하는 유럽세에 의해 P+O회원국의 25% 이상의 반대로 부결되었

다. 이후, TMB의 권유로 DIS16528.2를 TS16528로 전환하기 위하여 TFT를 구성 기술시방서격의 규격을 제정하고자 추진중에 있다. 이 기술시방서의 완성 정도에 따라 보일러 및 압력용기 분야의 국제규격 추진 정도가 결정될 것으로 보인다.

7. 국내 압력용기 검사기관의 제조 및 기술기준의 비교분석

국내 4개 법의 압력용기 관련기준을 항목별로 비교하고 KS B 6733 압력용기(기반규격) 및 ASME Sec.VIII Div.1과의 연관성에 대해서 조사하였다. 여기에서 4개법의 압력용기 기준은 고압가스안전관리법의 고압가스안전관리기준 통합고시 제15장, 에너지이용합리화법의 압력용기 제조(용접 및 구조) 검사기준, 전기사업법의 발전용 화력설비기술기준, 발전설비 용접기술기준(KEPIC 포함) 및 산업안전보건법의 압력용기 제작기준·안전기준 및 검사기준을 말한다.

7.1 압력범위

표8는 압력용기 제작시 각 법에서 명시한 압력범위를 나타낸 것으로서 국내법의 경우에는 사용압력의 하한치만을 규정하고 있으며, 산업안전보건법의 기술기준에서만 사용압력이 210kgf/cm²(21MPa)이상의 압력용기에 대해서는 더욱 견고한 구조로 설계되도록 기준을 상향하여 적용할 수 있다는 조항이 있다.

KS B 6733의 경우에는 일본의 JIS B 8270과 같이 설계압력에 따라 100MPa(1,000kgf/cm²) 미만의 제1종 용기, 30MPa(300kgf/cm²) 미만의 제2종 용기 및 1MPa(10kgf/cm²) 미만의 제3종 용기로 분류되어 있으며, 재료, 압력용기 표면의 다듬질, 나사의 정밀도 등에 대하여 특별히 기술적인 배려를 함으로써 100MPa(1,000kgf/cm²) 이상인 것에 적용할 수 있다는 조항이 있다. ASME Sec.VIII Div.1의 경우에는 설계압력이 3,000psi(210.9kgf/cm²) 이하의

압력용기에 적용된다고 명확히 설명하고 있고, 유럽 3개국의 압력용기 Code 인 BS 5500(영국), CODAP(프랑스) 및 AD-Merkblätter(독일)의 경우에는 압력범위에 대한 제한을 두지 않고 있다.

표 8 압력범위

구 분	압 력 범 위
고압가스안전관리법	<ul style="list-style-type: none"> · 35 ℃에서의 압력 또는 설계압력 · 액체가스 2kg/cm² 이상 · 압축가스 10kg/cm² 이상 · 내용적을 곱한 수치가 0.04 이상인 용기
에너지이용합리화법	<ul style="list-style-type: none"> · 1종 압력용기 :최고사용압력(kg/cm²)과 내용적(m³)을 곱한 수치가 0.04를 초과하는 증기발생용기 · 2종 압력용기 : 최고사용압력이 2kg/cm²를 초과하며, 내용적이 0.04 이상인 기체보유용기
전기사업법	<ul style="list-style-type: none"> · 100 ℃ 이상, 20 kg/cm² 이상 물사용 용기 또는 관 · 0 kg/cm² 이상 액화가스용 용기 또는 관 · 상기 이외의 10 kg/cm² 이상 관
산업안전보건법	<ul style="list-style-type: none"> · 사용압력의 값이 게이지 압력으로 0.2 kgf/cm² 이상 · 사용압력(kg/cm²)과 용기 내용적(m³)의 곱이 1 이상인 압력용기
KS B 6733	<ul style="list-style-type: none"> · 제1종 용기 : 1000 kgf/cm² 미만 · 제2종 용기 : 300 kgf/cm² 미만 · 제2종 용기 : 10 kgf/cm² 미만
ASME Sec.VIII Div.1	<ul style="list-style-type: none"> · 210 kgf/cm² 이하

7.2 재 료

국내 4개 법에 따른 압력용기 제조기술기준의 사용재료를 표9에 요약 비교하였으며, 각 기술기준이 유사하다는 것을 알 수 있다.

가. 허용재료

허용재료는 KS규격재료를 인용하고 있으며, 동등 이상의 재료라는 표현에서 ASTM 및 ASME 등의 재료 또한 사용할 수 있도록 규정하고 있으며, 사용제한 재료에 대한 내용은 대부분 유사하다.

나. 최대허용응력

각 기술기준은 설계온도에 따른 허용응력값이 주어져 있으며, 허용인장응력값은 철강재료 및 비철금속재료의 경우, 상온 및 설계온도에서 최소인장강도의 $\frac{1}{3}$, 항복강도의 $\frac{5}{8}$ 를 적용하고 있으며, 기타 재료의 경우에는 KS B 6733을 따르도록 규정하고 있다.

KS B 6733에서도 용기의 등급에 따른 각 재료의 허용인장응력표를 수록하고 있으며, 부속서1에 기본허용응력의 설정기준을 규정하고 있고, 2종 및 3종용기의 경우에는 각 법에 의한 기술기준에서와 같이 상온 및 설계온도에서 최소인장강도의 $\frac{1}{3}$, 항복강도의 $\frac{5}{8}$ 를 적용하고 있다. 그러나 KS B 6733의 경우에는 허용응력의 규정이 재료요건에 포함되어 있지 않고, 설계요건에 포함되어 있다.

ASME Sec.VIII의 경우에는, 1989년도 판까지는 허용응력표가 ASME Sec.VIII에 주어져 있었으나, 1992년도 판부터는 Sec.II의 Part D에 모든 용도에 따른 각종 재료의 허용응력표를 합쳐 놓았기 때문에 ASME Sec.VIII에는 허용응력표가 없으며, 98년판까지는 최소인장강도의 $\frac{1}{3}$ 을 적용하였으나, 2000년판에서는 $1/3.5$ 를 적용하여 안전계수를 낮추었으며, 허용응력기준을 설계요건에서 규정하고 있다.

허용압축응력은 각 법의 기술기준에서 동일하게 허용인장응력값을 적용하고 있으며, 고압가스안전관리법과 KS B 6733에서는 특정 계산식의 값을 초과하지 못하도록 규정하고 있다. 허용전단응력도 전기사업법에서만 허용인장응력의 85%를 규정하고 있으나, 나머지 3개의 법과 KS B 6733에서는 80%로 규정하고 있다. 허용굽힘응력 또한 기술기준이 유사하며, 허용굽힘응력의 경우에는 고압가스안전관리법과 에너지이용합리화 법에는 항복강도의 50%와 허용인장응력 중 큰 값을 따르도록 규정하고 있으며, 전기사업법의 기술기준에는 규정이 없으나, 규정이 없는 경우에

는 전력산업기술기준(KEPIC)을 따르도록 규정하고 있기 때문에 KEPIC MG에서는 최대 일차 멤브레인응력과 두께방향의 일차 굽힘응력의 합이 재료에 대한 최대 허용응력의 1.5배보다 큰 응력을 발생시키지 않아야 한다고 규정하고 있으며, 산업안전보건법에서는 KS B 6733을 따르도록 규정하고 있고, KS B6733에서는 KEPIC MG의 내용과 같으나, creep 영역의 설계 온도에서는 기본허용응력과 같은 값으로 한다고 규정하고 있다.

표 9 기술기준 비교-재료

구 분	허용재료	재료	허용인장응력
고압가스안전관리법	KS 80종 및 동등 이상의 재료	규정됨	최소인장강도의 1/4
에너지이용합리화법	KS 규격 및 동등 이상의 재료	규정됨	최소인장강도의 1/4 (creep 영역을 규정)
전기사업법	KS 36종 및 동등 이상의 재료	규정됨	최소인장강도의 1/4
산업안전보건법	KS 59종 및 동등 이상의 재료	규정됨	KS B 6733 최소인장강도의 1/4

표 9 기술기준 비교-재료(계속)

구 분	허용압축응력	허용전단응력	허용굽힘응력	재료검사
고압가스안전관리법	허용인장 응력 적용	허용인장 응력의 80 %	항복강도의 50 %와	UT 및 외관검사 등
에너지이용합리화법			허용인장응력 중 큰 값	없음
전기사업법			없음	없음
산업안전보건법			KS B 6733	없음

다. 재료검사

고압가스안전관리법에서는 재료 종류에 따라 특정 두께이상의 경우에는 초음파탐상시험을 하도록 규정하고 있으나, 나머지 3개의 법에는 규정이 없으며, KS B 6733에서는 1종용기의 경우에는 강재의 종류에 따라 재료의 비파괴시험을 규정하고 있으며, 2종 및 3종 용기의 경우에는 적용 재료규격을 따르나 설계조건이나 사용자의 요구가 있을 때에는 필요한 비파괴시험을 추가할 수 있다고 규정하고 있다.

라. 설 계

설계에 대한 국내 모든 기준은 ASME Sec.VIII이 거의 유사하다. 설계 일반에는 하중조건, 부식여유 및 최소두께 규정 등이 있으며, KS B 6733에서도 설계일반요건을 규정하고 있다. 하중요건의 경우에는 각 법의 기술기준 중 산업안전보건법에만 KS B 6733과 동일하게 규정하고 있으며, ASME Sec.VIII 및 KEPIC MG에서도 거의 동일하다. 부식여유에 대해서는 각 법에서 공통적으로 탄소강 및 저합금 강재에 대해 1mm로 규정하고 있으며, 전기사업법에는 부식여유에 대한 규정이 없으나, KEPIC MG에서는 부식여유를 주는 방법에 대한 요건이 있고, KS B 6733에서는 각 법과 동일하게 1mm의 부식여유를 규정하고 있다. 그러나 ASME Sec.VIII에서는 설계공식에서 사용하는 치수는 모두 부식여유를 포함하지 않은 것임을 규정하고 있다. 최소두께에 대해서는 고합금강 및 비철의 경우, 각 법에서 공통적으로 1.5mm로 규정하고 있으나, 탄소강 및 저합금강의 경우에는 2.5mm와 3mm로 0.5mm정도의 차이를 보이고 있으며, 부식여유를 제외한 값이다. KS B 6733에서는 압력용기의 등급 및 재질에 따라 다르게 규정하고 있으나, 제1종 용기의 경우 탄소강 및 저합금강은 6mm, 고합금강 및 비철금속은 3mm, 제2종 및 제3종 용기의 경우 탄소강 및 저합금강은 2.5mm, 고장력강은 6mm, 그 외에는 1.6mm로 규정하고 있으며,

ASME Sec.VIII에서는 모든 재료에 대해 1.6mm로 규정하고 있다.

설계공식에는 두께를 구하는 공식과 최대허용사용압력을 구하는 공식이 있으며, 고압가스안전관리법, 에너지이용합리화법 및 전기사업법에서는 압력을 받는 형태 및 압력용기 부분(동체 및 경관 등)의 모양 등에 대해 두께를 구하는 공식만이 주어지고, 산업안전보건법에서는 두께를 구하는 공식과 최대허용사용압력을 구하는 공식 모두가 주어지고 있다.

표 10 기술기준 비교표-설계

구분	고압가스 안전관리법	에너지 이용합리화법	전기 사업법	산업안전 보건법
하중조건	없음	없음	없음	수두압, 지진압, 풍하중 등 규정
부식여유	1mm	1mm	없음	1mm
최소두께	2.5mm	2.5mm	3mm	3mm
동체	ASME Sec.VIII과 동일	ASME Sec.VIII과 동일	ASME Sec.VIII과 동일	ASME Sec.VIII과 동일
경관	ASME Sec.VIII과 동일	ASME Sec.VIII과 동일	ASME Sec.VIII과 동일	ASME Sec.VIII과 동일

두께를 구하는 공식을 환산하면, 압력을 구하는 공식으로 바꿀 수 있기 때문에 두 공식 중 하나의 공식만 주어지더라도 아무런 문제가 없으며, 각 법의 두께를 구하는 공식은 동일하다. 국내 관련규격은 KS B 6734 (압력용기의 몸체 및 경관)에 설계공식이 주어지고 있다. ASME Sec.VIII에서도 압력을 받는 형태 및 압력용기 부분의 모양에 따라 두께를 구하는 공식 및 최대허용사용압력을 구하는 공식이 주어지고 있으며, 외관상으로는 각 법의 설계공식과 다르게 보이나 실제로는 동일하다. 부식여유를 제외한 내압을 받는 원통형 동체의 두께를 구하는 공식을 예를 들어보면,

$$t = \frac{PD_i}{200 \sigma_a \eta - 1.2P} \quad (\text{국내 4개법의 두께를 구하는 공식})$$

여기에서, t : 동관의 최소두께 (mm),

P : 설계압력 (kg/cm²),

D_i : 동체의 안지름 (mm),

σ_a : 설계온도에서 재료의 허용응력 (kg/mm²),

η : 이음효율

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} \quad (\text{ASME Sec.VIII의 두께를 구하는 공식})$$

여기에서, t : 셸의 최소요구두께, in.

P : 내부설계압력, psi

R : 고려중인 셸의 내반경, in.

S : 최대허용응력치, psi

E : 이음효율

각 법의 공식에서는 길이의 단위를 mm, 압력의 단위를 kg/cm², 응력의 단위를 kg/mm²를 사용하였으나, ASME Sec.VIII에서는 길이의 단위를 in., 압력과 응력을 동일하게 psi 단위를 사용하였으며, 각 법의 경우에는 동체의 안지름을 기준으로 하였고, ASME Sec.VIII에서는 동체의 반지름을 기준으로 하였기 때문에 계수들이 달라 보일 뿐이다. 표10의 내압을 받는 용기의 동체 중에는 고압가스안전관리법에서만 층성동체를 규정하고 있는데 층성동체란 multi-layered shell을 의미하며 다층동체로도 표현된다. 다층 압력용기에 대한 KS 규격은 KS B 6235(다층 압력용기)로 별도의 규격이 발행되어 있으며, ASME Sec.VIII에서도 Subsection C의 ULW에

다층 압력용기에 대한 요건이 있다. 또한 전기사업법의 기술기준에는 내압을 받는 용기에 대해서만 규정하고, 외압을 받는 용기에 대해서는 규정하고 있지 않으나, KEPIC MG에서는 외압을 받는 경우를 설계규정 일반에 포함하고 있다.

마. 제 작

KS B 6733의 제작에 관한 규정에는 재료의 확인, 구멍가공 요건, 절단 및 성형 등의 요건, 동체 및 경판의 진원도 및 공차요건, 용접사의 자격요건, 용접시공방법, 용접후열처리에 관한 요건, 기계적시험 등을 대부분 간략하게 규정하고 있다.

1) 성형 및 가공

재료의 절단 방법으로 각 법과 KS B 6733 및 ASME Sec.VIII에서 공통적으로 기계적 절단 방법과 열절단(가스절단) 방법을 허용하고 있으며, 열절단을 한 경우에는 열영향부를 제거하도록 규정하고 있고, 응력집중부 혹은 노출된 끝면에 대해서는 가장자리를 모따기 하거나 둥글게 하도록 규정하고 있다.

에너지이용합리화법 및 산업안전보건법에서는 동체 및 경판의 성형시 재료를 부당하게 손상을 시키지 않도록 성형할 것만 요구하고 있으나, 고압가스안전관리법, KEPIC MG, KS B 6733 및 ASME Sec.VIII에서는 재료의 손상을 방지하기 위한 금속조직의 최대 연신율의 상한치를 규정하고 있으며, 최대 연신율을 계산하는 공식을 제시하고 있고, 성형 후 열처리에 관한 사항도 포함하고 있다.

뚫은 구멍을 용접하지 않는 구멍의 가공에 대해서 전기사업법을 제외한 각 법에서는 두께 8mm이상의 재료는 타출에 의한 구멍을 뚫지 못하도록 규정하고 있으나, KS B 6733에서는 타출에 의한 구멍가공에 대한 요건이 없으며, 나사붙이 스테이용 구멍의 가공에 대해 드릴

로 구멍을 뚫도록 규정하고 있고, ASME Sec.VIII 및 KEPIC MG에서는 타출에 의한 구멍의 가공에 대한 규정이 없다.

동체의 진원도에 대해서는 각 법, KEPIC MG, KS B 6733 및 ASME Sec.VIII에서 모두 동일하게 규정하고 있으며, 내압을 받는 경우 최대와 최소내경의 차이가 공칭직경의 1%이하가 되도록 규정하고 있고, 외압을 받는 경우에는 진원도 측정 한계를 최대허용편차에 대한 도표의 e값 이하가 되도록 규정하고 있다. 경판의 제작공차는 규정된 모양의 게이지(template)를 사용하여 측정하도록 규정하고 있다.

2) 용 접

용접에 관한 사항은 용접절차서, 용접사, 용접재료 등과 같은 용접에 의한 제작요건과 용접부의 기계적시험 및 용접 후열처리로 크게 구분할 수 있다. ASME, KEPIC MG 및 KS B 6733에서는 용접절차서 인증시험과 용접사 자격인정 사항에 대하여 각각 Sec.IX, MQW 및 KS B 6732(압력용기의 용접시공방법의 확인시험)을 인용하고 있으며, 용접에 의한 제작요건, 기계적시험, 용접 후열처리 등에 대한 요건과 인용 규격에 추가한 충격시험요건과 같은 요건을 규정하고 있다. 모재구분은 ASME Sec.VIII과 동일하게 화학적조성에 따라 분류되는 P-No.와 금속학적 특성에 따른 Gr.-No.로 구분하고 있다. 용접재료에 대해 각 법 및 KS B 6733에서는 KS D 7004(연강용 피복 아아크 용접봉) 등의 해당 KS 규격을 인용하고 있으며, ASME Code에서는 용접재료를 Sec.II Part C에서 SFA No.를 부여하여 분류하고 있고, KEPIC MG는 MDW에서 ASME와 동일하게 분류하고 있다. 모재 및 용접재료에 대해 각 법 및 KS B 6733, KEPIC MG, ASME Sec.VIII에서 분류번호의 표현만 다를 뿐 실제 요구되는 기계적 성질, 화학적 조성 등은 동일하므로 상호간의 차이가 없다. 용접절차서에 대해

서는 고압가스안전관리법에서는 용접절차서에 포함되어야 할 용접조건들을 열거하여 규정하고 있으며, 에너지이용합리화법에서는 KS B 6732를 따르도록 규정하고 있고, 산업안전보건법에서는 시공법 시험에 의해서 확인된 방법에 따라 용접시공요령서를 작성하도록 규정하고 있다. KS B 6733에서는 KS B 6732에 따라 시공시험을 하고 확인을 하여야 한다고 규정하고 있으며, KS B 6732의 내용을 살펴보면 용접방법, 모재의 종류 및 두께, 용접재료, 용접 후열처리 등에 대한 용접시공방법의 구분, 시험재의 제작, 시험편 및 시험방법에 대한 확인시험에 대해 규정하고 있으며, 모재 및 용접재료의 구분을 부표로 나타내고 있으며, 용접시공방법의 확인시험에 대한 평가기준과 특수모양 등의 확인시험방법을 부속서에서 설명하고 있다. ASME Sec.VIII에서는 압력부품과 관련한 용접에 사용하는 용접절차시방서는 ASME Sec.IX의 요건에 따라서 인정된 것이어야 한다고 규정하고 있으며, KEPIC MG에서도 ASME와 동일한 체계로 MQW에 따라 인정된 것을 요구하고 있다. 용접사와 관련하여 고압가스안전관리법에서는 용접절차서 확인과 용접부 기계적시험을 통하여 규정하고, 에너지이용합리화법과 산업안전보건법에서는 자격이 있는 용접사이어야 한다고 규정하고 있으나, 용접사 자격인정과 관련한 세부적인 사항에 대해서는 규정하고 있지 않다. KS B 6733에서는 KS B 0513(용접 기술 검정에 있어서의 시험 방법 및 그 판정 기준)등의 KS에 따른 기술검정 또는 동등 이상의 기술검정에 합격하고 그 기량에 대하여 자격이 있는 자이어야 한다고 규정하고 있다. ASME Sec.VIII에서는 용접사는 Sec.IX에 따라야 한다고 규정하고 있으며, 용기 공급자가 용접사를 어떻게 관리하여야 하는가에 대한 요건들도 규정하고 있다. KEPIC MG에서는 ASME Sec.VIII과 동일한 체계로 규정하고 있다. ASME Sec.VIII에서

는 인장시험과 굽힘시험에 대한 사항을 Sec.IX에서 규정하고 있으며, 충격시험에 대한 사항만을 Sec.VIII에서 규정하고 있고, 충격시험이 요구되는 재료를 명확히 규정하고 있는 KS B 6733과는 달리 충격시험 차트를 이용하여 재료의 충격시험 대상을 판단하도록 규정하고 있다. 용접부의 충격시험은 재료가 충격시험이 요구되는 경우, 충격시험이 면제된 모재를 이음하는 경우에는 용가재의 충격시험 온도에 따라 최저 설계금속온도가 $-20^{\circ}\text{F}(-29^{\circ}\text{C})$ 미만 및 $-55^{\circ}\text{F}(-48^{\circ}\text{C})$ 미만이 경우에 실시하도록 규정하고 있다. 합격기준 또한 도표로 제시하고 있다.

용접 후열처리에 대해 각 법에서는 후열처리 대상(면제조건 포함), 가열방법, 유지온도 및 시간, 대체조건 등을 규정하고 있으며, 이들은 KS B 6733 및 ASME Sec.VIII에서 해당되는 부분만을 발취하여 온 것으로, 기술적 요건들은 모두 ASME Sec.VIII과 동일하다.

8. 국내 압력용기 검사제도 및 제작기준 표준화방안

8.1 제도 운영

압력용기의 검사제도는 1800년대말 서구 각국에서 자주 발생하는 보일러 및 압력용기 사고로 많은 인명피해를 경험한 후에 정착되기 시작하였으며, 국내의 경우도 1972년 대연각호텔의 LP가스 폭발·화재 사고를 계기로 1970년대 후반부터 검사제도가 확립되었다.

미국, 독일 등 여러 나라는 검사제도 초기에 압력용기의 설계/제작 기술 기준과 이것을 적용할 엄격한 제3자 검사기관의 필요성을 인식하게 되었으며, 이 엄격한 제3자 검사기관의 대표적인 것이 미국의 Hartford와 독일의 TÜV이다. 초기에는 이러한 검사기관의 검사를 전제조건으로 보험사들의 보험금 지급이 이루어지게 하는 등으로 대형인명사고에 대한 보험기능 문제와 결부되어 발전되었으나, 이후 이러한 제3자 검사기관의 검사 활동을 양국 모두가 국가의 규제기능인 법정검사로 인정하여 줌으로써 규

제기능과 제3자 검사기능을 함께 가지게 되었다.

그러나 우리나라는 대형 플랜트 역사가 짧아 미국이나 독일처럼 자연 발생한 압력용기에 대한 검사기관은 없으며, 미국이나 독일과 같은 보험기능과 규제기능을 동시에 만족하는 제도를 갖지 못하고 오직 규제기능을 위하여 정부의 각 소관부서가 별도 운영하고 있다. 따라서 소관부서에 따라 적용 기술기준도 다르고, 검사자의 자격관리나 검사의 정도 또는 검사에 대한 절차와 방법이 모두 달라 국가적으로 일관성 확보를 위한 대대적인 조정이 필요한 실정이다. 즉, 미국이나 독일이 서로 다른 소관부서나 소관법률에도 불구하고 압력용기의 검사에 대한 기술적요건이나 검사자의 능력 등을 균질하게 하고자하는 노력을 기울였던 것처럼 우리나라도 그러한 노력이 필요한 시점이다.

가. 검사제도의 동질화 방안

미국은 압력용기 기술기준으로 미국과 캐나다에서 통용되는 민간규격인 ASME Code를 채택하고 있으며, 유럽연합은 회원국 각자 규격을 사용하다가 현재 회원국 모두가 사용할 공통규격을 제정하였다. 일본은 우리나라와 유사한 상태이나 JIS B 8265(각 법의 공통사항), JIS 8266(210 kg/cm² 초과)으로 재정비하고 있다.

반면, 우리나라의 압력용기 기술기준은 그림7에 나타낸 바와 같이, 4개의 규제법규에서 ASME Code 등을 참조한 개별적인 기술기준을 제정·운영하고 있으며, 서구 여러 나라에 비해 그 체계가 복잡하게 되어 있어, 같은 종류의 압력용기를 제작할 때에도 그림8에 나타낸 바와 같이 각 사용처별 규제법령에 따라 서로 다른 기술기준을 적용하고 있다. 또한 기술기준이 법령적인 성격이 강해 제조자 및 사용자의 강제기준으로 안전을 확보할 수 있는 규제력은 강하지만 개정이 용이하지 않아 국제기준 부합화에 많은 문제점이 노출되고 있다.

이러한 문제점에 대한 해결방안으로 업계 및 검사기관 등의 많은 전문가들은, 각 법령에서는 되도록 행정적인 절차만을 규정하고 기술기준은 국제적으로 인정받을 수 있는 새로운 기준을 만들거나, KS 규격을 ASME, ISO 또는 AD-Merkblätter 등 국제규격에 상응하는 고유의 압력용기 기준이 되도록 정비하여, 이 새로운 기준을 각 법령에서 공통적으로 채택하는 방법의 표준화방안을 주장한바 있다.

그림9는 검사제도의 동질화 방안을 나타낸 것으로, 가능한 법령은 현행 체계를 유지하되 행정적인 절차만 규정하고, 각 법에서 공통적으로 채택할 수 있는 통합기술기준을 제정하여, 현재 각 법에 따른 4개의 검사기관을 인증기관(공인검사기관)으로 채택·운영하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 향후 관련법 개정을 통하여 4개 검사기관의 검사영역을 정확히 구분하여야 할 것이다.

나. 검사의 동질성 확보 방안

국내 각 법률상에는 압력용기 검사자의 자격을 별도로 규정하고 있지는 않지만, 각 검사기관에서는 각각 내부규정을 정하여 유자격자에 한해 검사업무를 실시할 수 있도록 하고 있다.

그러나 각 검사기관에 따라 검사절차와 검사내용 및 기술적 요건이 달라 검사자의 자질과 동질성이 유지되지 못하고 있으며, 이에 따라 검사를 수행하는 방법론도 검사기관이나 검사자에 따라 다르게 적용되고 있는 실정이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 검사자의 교육훈련 및 자격관리를 통합 운영할 수 있는 별도의 전문기구(기술위원회)를 운영하여 검사자의 동질성을 확보하고, 규제 검사자 뿐만 아니라 시공, 제작, 보수 현장의 감독자, 품질검사자들에게도 동일한 교육 훈련을 받은 자를 검사자로 자격부여를 한다면 압력용기 검사의 실질적인 기대효과를 높일 수 있을 것으로 판단된다.



그림 7 현행 국내 압력용기 규제법규 및 기술기준

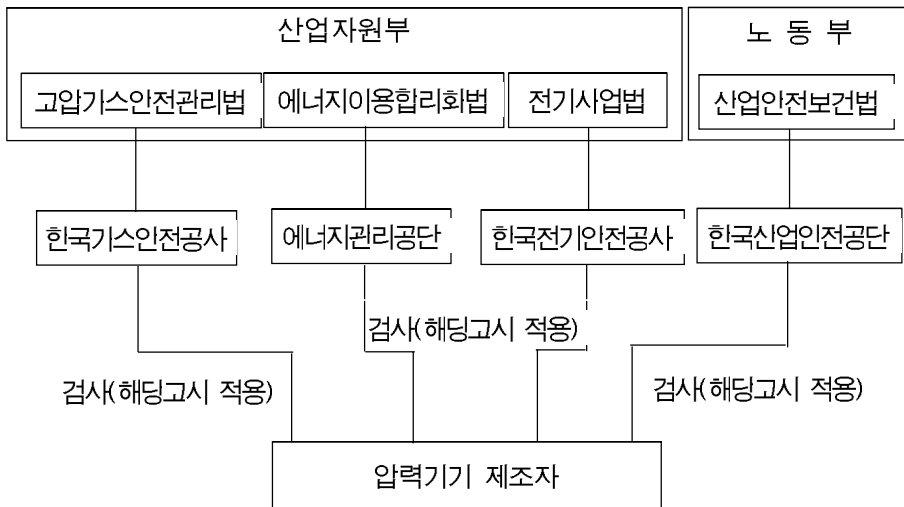


그림 8 현행 국내 압력용기 규제법규 및 검사기관

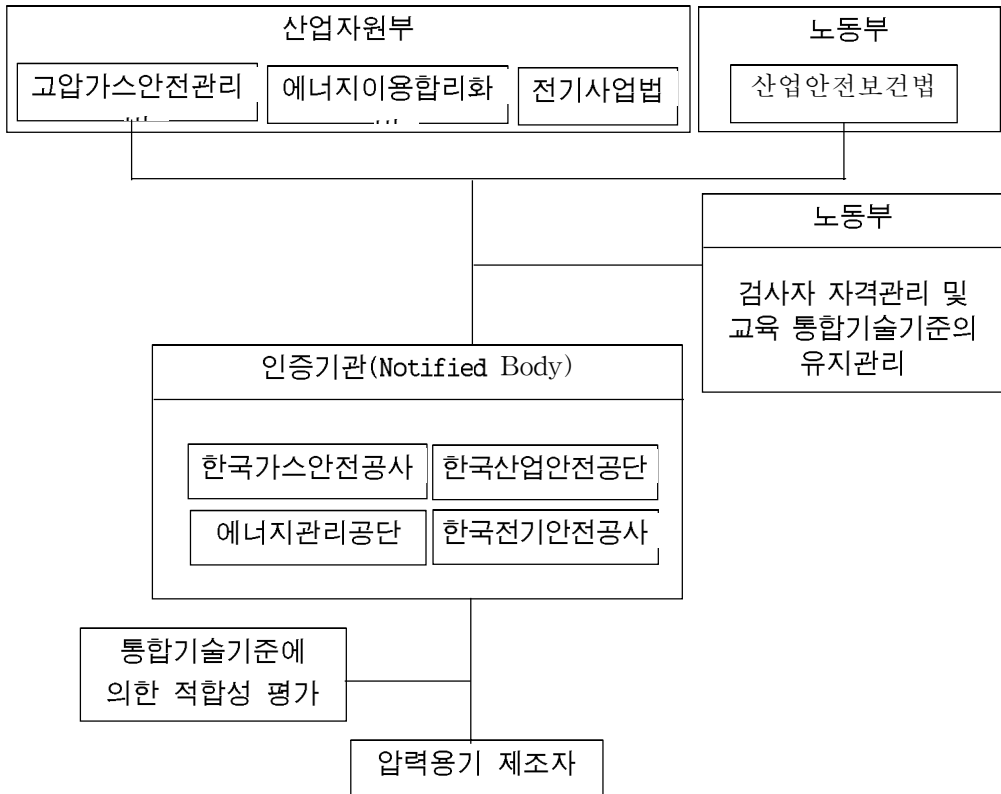


그림 9 검사제도의 동질화 방안

다. 기술적 요건

압력용기의 제작에 관한 기술적 요건을 규정하고 있는 국내의 기술기준에는 관련 4개 법에서 별도의 고시로 제정하여 운용하고 있는 개별 기술기준들과 한국산업규격(KS) 및 대한전기협회(KEA)에서 제정한 전력산업 기술기준(KEPIC Code)이 있다.

고시로 운용하고 있는 기술기준은 대부분 ASME Code등을 참조하여 제정한 것이고, KS B 6733(압력용기 기반기격) 시리즈 등의 한국산업규격도 ASME Code를 참조하여 작성한 일본의 JIS규격을 KS규격화한 것으로 KS규격의 근본 바탕 또한 ASME Code이다.

압력용기 제조에 관한 기술적 요건의 동질화를 위한 새로운 통합기술기준의 제정 방안으로 현재 KS 규격으로 제정되어 있는 KS B 6733 시리즈와 ASME Sec.VIII Division 1(2001년도판)을 주요 참조 기술기준으로 국내 기준을 표준화 하고자 하며, 표준화된 기술기준의 유지관리 및 유권해석 등을 위한 유지관리시스템 관리제도가 뒷받침되어야 할 것이다.

라. 압력용기 일반규격(안)의 구성

통합기술기준은 그림10와 같이 압력용기와 보일러 기준으로 양분하고 공통적으로 적용되는 용접인정, 비파괴시험 규격으로 구성한다.

현재 압력용기에 관한 KS규격은 하나의 기반규격과 설계에 관한 12개의 공통기술규격 및 제작 및 시험에 관한 3개의 공통기술규격으로 구성되어 있어 제·개정이 이루어질 경우, 상호 보완적으로 반영되지 못하는 문제점이 있다. 따라서 금번 규격은 기반규격(KS B 6733)에 설계에 관한 12종 및 용접시공방법의 확인시험(KS B 6732)을 제외한 제작 및 시험에 관한 공통기술규격을 포함시켜 단일의 통합 기술기준으로 개발하고, 용접과 비파괴시험은 별도의 규격으로 개발하고, 비파괴시험에 대한 합격기준은 ASME Code의 방법을 도입코자 한다.

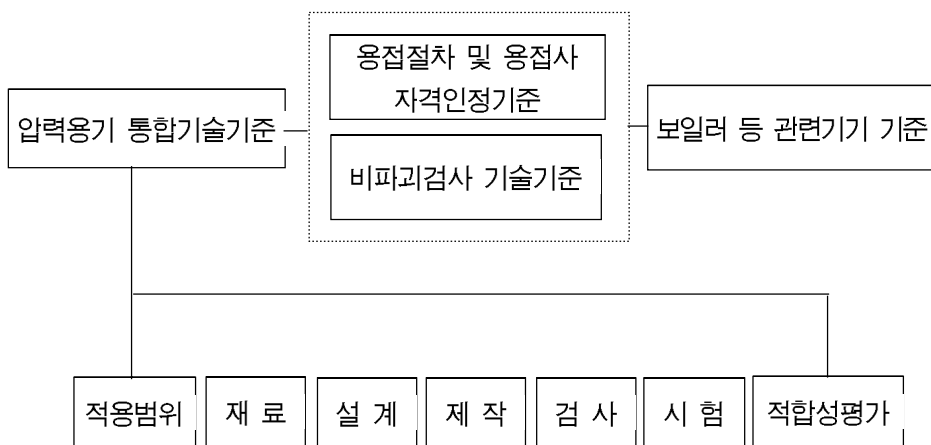


그림 10 국내 압력용기 제조기술기준의 동질화 방안

마. 표준화된 기술기준의 유지관리 시스템

압력용기 관련규격은 해당 산업의 운영주체(제조자, 규제기관, 사용자 등)의 합의, 요구사항의 반영, 기술의 발전 및 사회체제의 변화, 국제적 추세 등에 따라 끊임없이 변화하고, 유지·발전시킬 수 있는 유지관리 시스템 구축이 필요하다.

ASME의 경우, 보일러·압력용기 위원회에서 매 3년마다 Code의 개정판을 발간하고, 개정판을 발간하지 않는 해에는 개별적인 Section에 대한 추가나 개정을 포함하는 추록을 발간하며, Code의 기술 해석에 관한 개별 문의에 대해 서면으로 회신하며, 반년 단위로 해설서를 발간하고 있다.

우리나라의 경우, KS 규격의 제·개정은 규격을 제정한 날로부터 5년마다 산업표준심의회에 회부하여 필요하다고 인정될 때 개정할 수 있으며, 국제표준의 제정 또는 개정이나 산업기술의 향상 등으로 특별히 필요하다고 인정할 때에는 5년이내라도 개정할 수 있도록 하고 있다. 즉 규격의 제·개정 절차는 수립되어 있으나, 기술적인 면의 분쟁이 발생할 경우의 질의에 대한 회신 체계나 적용사례의 발간 등과 같은 제·개정 이외의 운영체계는 다소 부족하다 할 수 있다.

향후 운영하고자 하는 압력용기 단일기준이 기존과 같이 각 검사기관별로 질의에 대한 회신이 이루어질 경우 규격단일화의 의미가 크게 상실되고 수출입에 대한 문제의 소지가 있어, 단일화된 기술기준을 적절하게 운용하기 위해서는 그림9에 나타낸 바와 같이 ASME의 보일러·압력용기 위원회와 동일한 전담기구(기술위원회)의 운영이 반드시 필요하다 할 수 있다.

8.2 허용응력표 개정

가. 목 적

압력용기 규격의 허용응력값 안전을 개정에 대한 필요성 확인을 위해

관련업체 총17개업체(제조업체 11개소, 사용업체 6개업체)를 대상으로 설문문을 실시하였으며, 주요 내용으로는 업계의 외국규격에 대한 선호도와 개정 정도를 조사함.

나. 응답자 현황

압력용기 제조업체 11개소 중 9개소, 사용업체 6개소 중 4개소이며, 전체응답율은 76 %임

다. 설문내용 분석

- 압력용기 제작에 사용되는 KS 규격재료의 허용응력값의 안전율을 조정할 필요성이 있다고 생각하십니까?

응답 내용	업체 구분		응답 업소수(%)
	제조업체	사용업체	
필요성이 있다	7 (77)	3 (75)	10 (90)
필요성이 없다.	2 (23)	1 (25)	3 (10)
계	9	4	13 (100)

- 만일 허용응력값의 안전율 조정이 필요하다면 바람직한 추진방향은?

응답 내용	업체 구분		응답 업소수(%)
	제조업체	사용업체	
허용응력값의 안전율 하향조정(안전율 4.0 미만)	7 (77)	2 (50)	9 (69)
허용응력값의 안전율 상향조정(안전율 4.0 이상)	2 (23)	1 (25)	3 (23)
조정할 필요없음	0	1 (25)	1 (8)
계	9	4	13 (100)

- 만일 허용응력값의 안전을 하향조정(안전율 4.0 미만)이 필요하다면, 그 이유는? 복수응답가능.

응답 내용	업체 구분		응답 업소수(%)
	제조업체	사용업체	
기술력의 발전	2 (22)	2 (50)	4 (31)
비용의 절감으로 인한 대외경쟁력의 제고	7 (78)	1 (25)	8 (62)
제작기간의 감소	1 (11)	0	1 (7)
기타	0	무응답 1	1 (7)
계	9	4	13 (100)

- 허용응력값의 안전을 하향조정(안전율 4.0 미만)을 해야 한다면, 어느 규격을 참고하는 것이 좋습니까?

응답 내용	업체 구분		응답 업소수(%)
	제조업체	사용업체	
ASME	9 (100)	2 (50)	11 (84)
PED	0	0	0
기타	0	무응답 2 (50)	2 (26)
계	9	4	13 (100)

- 위의 규격을 선택한 이유는 무엇입니까?

제시 의견	구분
ASME의 기술인력이 연구 실험을 통한 결과로 신뢰성이 있음	제조
KS 재료를 사용해서 제작을 할 경우 ASME Code와 KS 규격을 동시에 적용해야 하므로 번거롭다.	제조
수출품의 경우 대부분 ASME Code를 적용한다.	사용
대부분의 국내 업체들이 ASME Code를 적용하고 있고, 국가간 상호인증에 따른 혼선방지.	사용

- 기타 허용응력값의 조정과 관련한 의견을 주시면 참고하겠습니다.

제시 의견	업체구분
국제규격 수준으로 현실화 시켜야 한다.	사용업체
조속히 개정 요망	사용업체
허용응력 개정에 따른 수압시험압력 고려	제조업체
좀 더 객관적이고 이해하기 쉽게	제조업체

라. 설문 결론

- 설문조사를 실시한 결과 설문에 응한 국내 압력용기 관련업체 13개소 중 10개업소(90 %)가 허용응력값의 안전을 하향조정을 강력히 원하고 있으며(사유 : 제작비용 절감에 의한 대외경쟁력 제고와 기술발전 및 제작 기간 단축)
- 허용응력값의 안전을 하향조정을 실시할 경우 ASME Code와 동일한 최소인장강도의 1/3.5을 요구하고 있음(사유 : 가장 체계적인 규격으로 가장 많이 사용되고 있으며 수출입이 자유로울 것임)
- 아울러, 금번 압력용기 허용응력값 안전을 하향조정 작업이 조속한 시일내 추진 마무리하여 줄 것을 희망하고 있는 것으로 나타남.

마. 허용응력표 개정 내용

허용응력값의 안전을 개정에 대한 기준은 ASME Sec. II Part D를 기준으로 하였으며, 이에 따라 KS B 6733의 허용응력표중 부표 2.1(철강재료의 기본허용응력)과 부표 2.2(비철금속재료의 기본허용응력)의 안전을 하향조정하고, 그 밖의 허용응력은 ASME Sec. II Part D 미개정으로 인하여 금번 개정에서 제외함.

1) 철강재료 및 비철금속재료

구 분	개정 내용		비 고
	개정전	개정후	
허용응력값 산정기준	○ 상온에서의 규정 최소인장강도의 1/4	○ 상온에서의 규정 최소인장강도의 1/3.5	조정
	○ 설계온도에서의 인장강도의 1/4	○ 설계온도에서의 인장강도의 1/3.5	조정
	○ 상온에서의 규정 최소항복점 또는 0.2% 내구력의 1/1.5	○ 상온에서의 규정 최소항복점 또는 0.2% 내구력의 1/1.5	미조정
	○ 설계온도에서의 항복점 또는 0.2% 내구력의 1/1.5 또는 0.9	○ 설계온도에서의 항복점 또는 0.2% 내구력의 1/1.5 또는 0.9	미조정

2) 철강재료 및 비철금속재료의 용접관

구 분	개정 내용		비 고
	개정전	개정후	
허용응력값 산정기준	○ 상온에서의 규정 최소인장강도의 0.85/4	○ 상온에서의 규정 최소인장강도의 0.85/3.5	조정
	○ 설계온도에서의 인장강도의 0.85/4	○ 설계온도에서의 인장강도의 0.85/3.5	조정
	○ 상온에서의 규정 최소인장강도 또는 0.2% 내구력의 0.85/1.5	○ 상온에서의 규정 최소인장강도 또는 0.2% 내구력의 0.85/1.5	미조정
	○ 설계온도에서의 항복점 또는 내구력의 0.85/1.5 또는 0.85×0.9	○ 설계온도에서의 항복점 또는 내구력의 0.85/1.5 또는 0.85×0.9	미조정

바. 허용응력표 개정 결과

- 1) 압력용기 제조에 대한 허용응력값의 안전을 하향조정으로 국내 압력용기 제조에 대한 기술력 향상을 기대할 수 있으며,
- 2) 현재 추진중인 국내 압력용기 단일규격의 조기 적용 가능함.
- 3) 국내 압력용기 제조기술에 대한 허용응력을 선진국의 수준으로 개정

함으로서 미국, 유럽 등에 대한 기술 대응력 강화와 수출에 대한 경쟁력 확보를 기대할 수 있으며,

- 4) 국내 규격표준화를 통한 생산성 향상 및 소비자의 신뢰성을 향상할 수 있을 것으로 판단함
- 5) 『압력용기 설계·제작 및 시험방법 표준화』 공포 이전 현재 사용중인 KS B 6733(압력용기 기반기격)의 개정(사용) 가능함. 단, 최소두께 감소에 따른 내압시험압력에 대한 개정이 수반되어야 함.

8.3 개정된 허용응력값의 적용예

가. 설계 계산

제품명	반응기(REACTOR)	
설계조건	재질	KS D 3521 SPPV235
	설계압력	0.69 MPa
	설계온도	-25 ℃
	동체의 안지름	2100 mm
	허용응력값	100(114)
	용접이음매 효율	1.0

1) 개정 전의 설계

○ 동판 설계

$$t = \frac{P D_i}{2 \sigma_a \eta - 1.2P}$$

t = 동판의 최소두께 (mm)

P = 설계압력 (MPa)

D_i = 동체의 안지름 (mm)

σ_a = 설계온도에서 재료의 허용응력(N/mm²)

η = 용접이음매효율

$$t = \frac{0.69 \times 2100}{(2 \times 100 \times 1) - (1.2 \times 0.69)} = 7.275 \text{ mm}$$

○ 반타원형 경판 설계

$$t = \frac{PDK}{2 \sigma_a \eta - 0.2P}$$

t = 동판의 최소두께 (mm)

P = 설계압력 (MPa)

K = 경판의 형상에 따라 정해진 계수

D = 부식여유를 뺀 경판 타원체 내면의 긴지름 (mm)

σ_a = 설계온도에서 재료의 허용응력(N/mm²)

η = 용접이음매효율

$$t = \frac{0.69 \times 2100 \times 1}{(2 \times 100 \times 1) - (0.2 \times 0.69)} = 7.250 \text{ mm}$$

2) 개정 후의 설계

○ 동판의 설계

$$t = \frac{0.69 \times 2100}{(2 \times 114 \times 1) - (1.2 \times 0.69)} = 6.378 \text{ mm}$$

- 타원형 경판 설계

$$t = \frac{0.69 \times 2100 \times 1}{(2 \times 114 \times 1) - (0.2 \times 0.69)} = 6.359 \text{ mm}$$

3) 개정 전·후에 대한 최소두께값 비교표

구분	개정전	개정후	편 차
허용응력값	100	114	14
동 판	7.275	6.378	0.897
경 판	7.250	6.359	0.891

나. 결과 분석

- KS D 3521 SPPV235 재료의 개정전(규정 최소인장강도 1/4)과 개정 후(규정 최소인장강도의 1/3.5)를 비교한 결과 동판 및 경판이 각각 0.897 mm와 0.891 mm가 감소하였으며,
- 기술력 향상과 수출에 대한 경쟁력 확보 이외에도 제조업체의 경제적인 측면에 미치는 효과가 클 것으로 판단됨
- 동등재질과의 관계 : KS D 3521 SPPV235와 동등재질인 A516-60의 허용응력값은 114로 금번 개정판과 동일함으로 설계조건이 동일함, 하지만 근본적으로 국내와 외국의 재질을 비교함에 있어 동등재질의 인장강도값 편차에 의한 최소두께값은 약간의 차이가 발생할 수 있음

8.3 KS 규격 정리 방안

현행 KS 규격

기반 규격
KS B 6733 [☆]

제품 규격
KS B 6230
KS B 6235 [☆] KS B 6281 [☆]

설계 규격
KS B 6725 KS B 6726
KS B 6728
KS B 6712 [☆] KS B 6713 [☆]
KS B 6714 [☆] KS B 6715 [☆]
KS B 6716 [☆] KS B 6723 [☆]
KS B 6724 [☆] KS B 6727 [☆]
KS B 6721 [☆] KS B 6734 [☆]

시험 규격
KS B 6729
KS B 6730 [☆] KS B 6732 [☆]

기타 규격
KS B 0076 KS B 6027

향후 KS 규격

일반 규격
KS B 0000 [♠] (표준안)

제품 규격
KS B 6230

설계 규격
KS B 6725 KS B 6726
KS B 6728

시험 규격
KS B 6729

기타 규격
KS B 0076 KS B 6027

재료 규격
SA-6 등 220개 [♠]

인용 규격
ASME B1.1 등 31개 [♠]

☆ : 폐기해야 할 규격

♠ : 제정해야 할 규격

8.4 개정 전·후 규격의 설계 예시

가. 국내 압력용기 제조업소의 규격 적용 사례

압력용기 제조업체는 각 검사기관의 규정을 기본적으로 적용하고 있으며 수출품에 대하여는 사용자의 요구에 따라 대부분 별도 기준을 적용하고 있다. 사용자의 요구에 따라 검사기관의 규정과 ASME의 Code를 동시에 적용하는 경우도 있으며, 이는 그 동안 KS 규격이 주기적으로 개정되지 못하였다는 것과 KS 규격이 인정을 받지 못하였다는 것을 반증하는 결과로 해석된다. 국내에서 가장 보편적으로 사용되는 압력용기를 예를 들어 개정전과 개정후의 설계를 비교하였다.

나. 개정 전 규격의 설계 예(1998년 기준)

1) ITEM No. 1

구 분	재 질	사용두께	설계두께	이음효율	허용응력
경관-1	SA-516 Gr 70	29.00	23.52	1.0	1206
동관-1	SA-516 Gr 70	29.00	23.66	1.0	1206
동관-2	SA-516 Gr 70	29.00	23.66	1.0	1206
동관-3	SA-516 Gr 70	29.00	23.66	1.0	1206
동관-4	SA-516 Gr 70	29.00	23.66	1.0	1206
동관-5	SA-516 Gr 70	29.00	23.66	1.0	1206
동관-6	SA-516 Gr 70	32.00	23.66	1.0	1206
경관-2	SA-516 Gr 70	38.00	23.52	1.0	1206

2) ITEM No. 2

구 분	재 질	사용두께	설계두께	이음효율	허용응력
상부경관	SA-516 Gr 70	8.50	5.33	1.0	1206
상부경관 직선부위	SA-516 Gr 70	10.00	5.35	1.0	1206
동관	SA-516 Gr 70	10.00	6.06	0.85	1206
하부경관 직선부위	SA-516 Gr 70	10.00	5.39	1.0	1206
하부경관	SA-516 Gr 70	8.50	5.41	1.0	1206

다. 개정 후 규격의 설계 예

1) ITEM No. 1

구 분	재 질	사용두께	설계두께	이음효율	허용응력
경관-1	SA-516 Gr 70	29.00	20.95	1.0	1378
동관-1	SA-516 Gr 70	29.00	21.06	1.0	1378
동관-2	SA-516 Gr 70	29.00	21.06	1.0	1378
동관-3	SA-516 Gr 70	29.00	21.06	1.0	1378
동관-4	SA-516 Gr 70	29.00	21.06	1.0	1378
동관-5	SA-516 Gr 70	29.00	21.06	1.0	1378
동관-6	SA-516 Gr 70	32.00	21.06	1.0	1378
경관-2	SA-516 Gr 70	38.00	20.95	1.0	1378

2) ITEM No. 2

구 분	재 질	사용두께	설계두께	이음효율	허용응력
상부경관	SA-516 Gr 70	8.50	4.86	1.0	1378
상부경관 직선부위	SA-516 Gr 70	10.00	4.88	1.0	1378
동관	SA-516 Gr 70	10.00	5.50	0.85	1378
하부경관 직선부위	SA-516 Gr 70	10.00	4.92	1.0	1378
하부경관	SA-516 Gr 70	8.50	4.93	1.0	1378

라. 개정 전·후 규격의 설계 비교

1) ITEM No. 1

구 분	사용두께	허용응력		설계두께		두께 편차
		개정전	개정후	개정전	개정후	
경관-1	29.00	1206	1378	23.52	20.95	2.57
동관-1	29.00	1206	1378	23.66	21.06	2.6
동관-2	29.00	1206	1378	23.66	21.06	2.6
동관-3	29.00	1206	1378	23.66	21.06	2.6
동관-4	29.00	1206	1378	23.66	21.06	2.6
동관-5	29.00	1206	1378	23.66	21.06	2.6
동관-6	32.00	1206	1378	23.66	21.06	2.6
경관-2	38.00	1206	1378	23.52	20.95	2.57

2) ITEM No. 2

구 분	사용두께	허용응력		설계두께		사용두께
		개정전	개정후	개정전	개정후	
상부경관	8.50	1206	1378	5.33	4.86	0.47
상부경관 직선부위	10.00	1206	1378	5.35	4.88	0.47
동관	10.00	1206	1378	6.06	5.50	0.56
하부경관 직선부위	10.00	1206	1378	5.39	4.92	0.47
하부경관	8.50	1206	1378	5.41	4.93	0.48

마. 허용응력표 개정에 따른 파급 효과

압력용기 설계시 사용되는 허용응력값에 대한 안전율을 ASME Code(2002년 판)와 동일하게 개정함으로써 제조업체의 원자재 절감효과와 그에 따른 제작기간 단축, 자유로운 수출입 등의 부가적인 효과를 누릴 수 있을 것으로 판단됨

9. 국제규격 등록 절차

9.1 2003년도 총회이전

DIS 16528 작성 ⇒ 각 국의 표준화된 규격 제정 ⇒ ISO에 등록 ⇒ 승인 ⇒ 국제규격으로 사용

9.2 2003년도 총회 이후(예정)

DIS 16528 작성 ⇒ ISO에 제출 ⇒ ISO의 수정요구 ⇒ ISO 수정요구 안 동의 및 수정 ⇒ 각 국의 표준화된 규격 제정 ⇒ 국제규격으로 사용

10. 규격 개정과 향후 운영에 대한 관련업소의 의견

10.1 규격 제정

압력용기에 대한 국내규격 표준화와 국제규격 표준화에 대한 국내 관련 업체의 대부분은 앞서 서술한바와 같이,
첫째, 국내에서 적용하기 용이한 규격을 선정하여 규격화
둘째, 조속한 시일내에 마무리
셋째, 국내 검사기관의 단일화된 검사기준 운영 등을 주장하고 있으며, 이를 위해 선진 외국의 기술기준 및 검사기술의 적절한 도입과 관련 규정 개정을 요구하고 있다.

10.2 표준화된 규격의 운영

압력용기에 대한 국내 규격이 단일화되어 국가 규격으로 제정되고, 국제규격으로 등록하여 사용하게 되면,
가. 국내규격의 개정과 질의 답변에 대한 단일화된 운영
나. 공인검사기관의 운영과 공인검사원의 교육
다. 국제규격 운영과 변화에 대한 대응 등의 업무를 원활히 진행할 수 있는 제도적 기준 마련을 원하는 것으로 나타났다.

10.3 규격 운영 체계

표준화된 압력용기 규격을 국내·외에 적용함에 있어 국제규격과의 일치성을 유지하고, 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 전문화된 조직 운영이 필요

11 결 론

압력용기 제조와 관련한 우리나라의 검사제도 및 기술기준은 단일 제도 및 기준으로 운영하고 있는 북미나 유럽국가와는 달리 대상기기별로 규제법령도

다르고, 검사기관도 다르다. 즉, 압력용기에 관련된 고압가스안전관리법령, 에너지이용합리화법령, 전기사업법령 및 산업안전보건법령 등 4개의 법령과 관련 고시로 운영하고 있어, 설계자, 제조자 및 사용자가 기준을 적용하는 과정에서 혼선을 초래하는 등 여러 가지 문제점이 노출되고 있다. 더욱이 국가간 무역에서 기술장벽을 제거하기 위해 하나의 국가에 하나의 기술기준을 채택토록 한 국제 표준화 요구에도 일치되지 않고 있기 때문에 압력용기 관련 법령 및 기술기준의 정비가 시급히 요구되고 있었다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 먼저 압력용기 관련 기술기준을 국제수준으로 표준화하였고, 표준화된 압력용기 관련 규격은 국제규격과의 상호인정이나 국가간 기술장벽 해소에 기여할 수 있을 것이다. 아울러, 국내의 제조자나 사용자에게 대해서도 통일된 기술기준을 적용하여 법령이나 기준적용 차이로 인해 발생하는 시간과 비용을 절감하여 기술규제 완화효과가 있고, 이는 기술력 향상과 더불어 관련분야의 대외 경쟁력 증가로 이어질 수 있다. 또한, 동일한 기술기준 적용을 통해 검사기관들의 검사기술 개발 검사원의 질적 향상 등 선의의 경쟁을 통해 안전관리 수준을 제고할 수도 있을 것이다.

그러나, 기술기준은 신기술개발과 효율적인 관리체제를 적기에 반영할 수 있어야 하기 때문에 기술기준의 제정보다 이를 지속적으로 개선하고, 유지·관리하는 것이 중요하다. 따라서, 이번에 마련된 압력용기에 관한 규격을 지속적으로 유지·관리할 수 있는 체계가 정립되어야 할 것으로 판단된다.

11.1 압력용기 관련규격 및 적용기준 단일화 추진

국내 압력용기 관련 규격은 기술개발이나 품질관리기법개선 사항을 적기에 반영하지 못하여 압력용기 제조자나 사용자는 물론 검사기관에서도 기술지도에 활용하기 곤란하였으며, 압력용기 관련 4개 법령에서 정한 기술기준을 각각의 검사기관에서 별도로 적용하여 제조자 및 사용자의 혼선과 불편을 초래하였고, 검사기술 개발에도 적극적이지 못하였다. 따라서,

금번 보고서에서 제시한 단일화된 기술기준을 KS 규격으로 제정하고, 검사기준으로 단일화하여 이러한 불편과 혼선을 해소하고, 산업 현장에서 적극 활용하도록 추진할 예정이다.

11.2 압력용기 관련규격 단일화 추진 절차

압력용기 관련규격 단일화는 KS규격 제정만으로는 성취할 수 없다. 왜냐하면 압력용기는 앞서 언급한 바와 같이 4개의 개별법령 및 관련 고시로 운영하고 있기 때문이며, 현재는 KS규격을 압력용기 제조 및 검사기준으로 강제적으로 적용할 수 없는 것이 현실이다. 따라서, KS규격을 단일규격으로 적용하기 위해서는 관련법령의 개정이 불가피하다. 그 방법은 압력용기 관련 4개법령 및 고시 등에서 운영중인 압력용기 관련 기준을 폐지하고, 4개 법령에서 KS규격을 압력용기 제조 및 검사기준으로 채택하여야 한다. 또한 각 법에서 운영하고 있는 제도 또한 서로 상이한 부분이 있기 때문에 이에 대한 통일도 요구된다.

11.3 압력용기관련 위원회 운영

단일화된 압력용기 관련 규격을 적용하여 압력용기를 제조, 검사하거나, 규격 적용과정에서 제조자와 사용자, 제조자와 검사기관 사이에 이견이 있을 수 있고, 기술개발에 따른 개정 필요성이 항상 대두되게 된다. 즉, 기술기준은 물이 흘러가듯 자연스럽게 개정이 되어야 하고, 기술기준에 대한 기술적인 해석을 자문할 수 있는 전문가그룹을 설치하여 규격 시행 과정에서 나타날 수 있는 분쟁을 해소하고, 새로운 기술기준의 조기 정착 및 합리적인 운영을 도모하여야 할 것이다. 또한 국제규격에 대한 동향 파악과 꾸준한 연구를 통하여 제조 및 검사기술의 선진화를 이룰 수 있는 기반조성이 반드시 필요할 것으로 판단되며, 미국 등 선진국처럼 제조자, 사용자, 검사기관 및 정부가 참여하는 상설기구로 운영되어야 할 것이다.

감사의 글

항상 바쁘신 중에도 전공지식이 부족한 저에게 많은 관심과 지도를 아끼지 않으신 한정환 교수님과 부족함이 많은 저의 논문을 심사하여 주신 유병돈 교수님, 김목순 교수님께 고개 숙여 감사 드립니다.

짧지 않은 2년여 동안 학업을 같이한 학우들과 동기인 오종성 중령에게도 감사 드립니다. 나이 사십에 학업을 지속할 수 있도록 많은 배려를 해주신 한국가스안전공사 특히 우리 제품연구실 직원여러분께 감사 드리며, 이 논문이 잉태해서 태동하기까지 많은 도움을 주신 기술표준원의 박정우 연구관님, 업무적으로 학문적으로 많은 도움을 주신 지덕림 부장님께도 감사드립니다.

오랜 시간 학업을 같이 하고 무사히 마무리 할 수 있도록 이끌어 주신 춘승이형, 남규형, 병권이형 감사와 더불어 축하합니다.

대학원을 등록하고 벌써 두 번째 낙엽이 지고 있습니다. 다른 인생을 살아온 듯한 느낌, 숫하게 뒤돌아 가고픈 역경의 나날을 이 가을 지는 낙엽과 함께 보내야겠습니다.

뒤늦게 공부를 시작한 저에게 적지 않은 격려를 해주신 장인 장모님 그리고 시골에 계신 어머니를 비롯한 가족에게도 감사 드립니다.

밤에만 학교를 다니는 아빠를 이해하지 못하고 투덜거리던 나의 사랑스런 두 아들 승협이, 동엽이 그리고 정신적으로 경제적으로 묵묵히 나의 지주가 되어준 이 세상에서 하나밖에 없는 사랑스런 아내 영지에게 이 논문을 통해 무한한 감사를 전하고 싶습니다.

마지막으로 저의 결혼식을 못보고 저 세상으로 가신 아버지께 이 논문을 정성스레 바치고 싶습니다.