

特輯 : 용접규격 · 품질 · 안정성

전력산업에서 용접기술 규격의 개발현황

나 진 수*

Development of Welding Codes and Standards for Power Industry

J. S. Nah*

1. 개 요

1960년대 이후 경제개발계획에 따른 중화학공업 입국정책에 따라 발전, 석유화학, 철강, 조선 등의 기간산업은 급속히 성장하였다. 이와같은 공업화 과정에서 산업여건이 성숙되지 못하였던 우리나라는 외국의 기술과 자본을 도입하게 되었고, 설비의 설계, 건설과 관계되는 기술기준 또한 기술공급국의 기준을 그대로 적용하였다.

따라서 제도, 문화, 언어의 차이로 인한 외국 기술기준 적용상의 마찰과 분쟁이 계속되어 왔고, 경제적인 손실도 감수해야 했다. 전력산업분야에서는 이와같은 문제점을 해소하고 실질적인 기술자립과 앞으로 전력산업 기술의 수출확대를 위한 기반조성을 목표로 하여 한국전력공사의 주도하에 한국전력기술(주)가 주체가 되어 1987년 전력산업 기술기준 개발을 위한 1단계 사업으로 기초 조사를 실시하였으며, 1992년 1월부터는 2단계 사업으로 기계, 전기, 토목구조, 화재예방 등 활용도 우선 분야에 대한 본격적인 기술기준 개발사업을 수행하고 있다.

전력산업 용접기술기준은 2단계 사업의 기계분야에 포함되어 개발이 진행되고 있으며, 발전소 기계기계의 용접에 필수적인 용접인정, 용접재료, 용

접설계, 제작 및 설치에 대한 기술기준을 제정하고 있다.

현재 진행중인 기술기준 개발 2단계 사업은 1995년 6월에 마무리될 예정이며, 개발된 기술기준의 개정관리와 전력산업에 필요한 부족 분야의 기술기준 개발을 위해 기술기준 전담 상설기구를 설립하여 기술기준 관련업무를 지속적으로 추진할 계획이다.

이 글에서는 전력산업의 국내·외 용접기술기준 적용현황을 살펴보고 전력산업 용접기술기준의 개발현황과 향후 계획을 소개하고자 한다.

2. 용접기술기준의 적용현황

2.1 우리나라의 용접기술기준

2.1.1 법규상의 기술기준

발전설비의 설계, 건설과 관계되는 법규로는 전기사업법, 원자력법, 고압가스안전관리법, 소방법, 건축법 등이 있으나 용접에 대한 규정을 담고있는 것은 전기사업법과 원자력법이라 할 수 있다.

전기사업법상의 용접기술기준으로는 전기공작물 용접기술기준령 및 고시가 있고, 원자력법상으로는 과기처고시 83-5호 원자로시설의 위치, 구조 및

* 정회원, 한국전력기술(주) 품질기술부

표 1 법규상의 용접기술기준 현황

법 규	기술기준명·고시	내 용	비 고
전기사업법	전기공작물 용접기술기준령 (동력자원부령 제1호)	◦ 화력발전설비(보일러 등, 압력 용기 등)의 용접, 시험 및 검사에 대한 기술적 요건 규정	◦ 1974년 일본전기사업법상의 관계 규정을 참조하여 제정
	전기공작물 용접기술기준령 고시 (상공부 고시 제10508호)	◦ 강용접부의 방사선투과 검사 요건	
원자력법	원자로시설의 위치, 구조 및 설비에 관한 기술기준 (과기처고시 83-5)	◦ 미국의 기술기준을 준용 하거나 기술공급국의 기술기준을 승인 받아 적용할 수 있도록 규정	

설비에 관한 기술기준이 있다(표 1 참조).

이와같은 법규상의 용접기술기준은 기술발달에 따른 후속 개정조치가 이루어지지 않아 내용이 미흡하고, 실제 발전소 건설에 이용한 기술기준과 기술요건상의 차이가 존재하여 유사규정의 이중 적용과 요건차이에 따른 마찰이 발생하였고, 또한 외국 기술기준을 그대로 준용함에 따른 어려움이 존재하고 있다.

2.1.2 한국산업규격(KS)

용접에 관련된 한국산업규격으로는 KS B 6231 “압력용기의 구조”, KS B 0885 “용접기술검정에 있어서의 시험방법 및 합격기준” 등 용접기술검정에 대한 규격과 KS D 시리즈중 용접재료 규격을 비롯하여 용접부 시험, 검사, 용접시공, 용접안전 등에 대한 150 여종의 규격이 제정되어 있으나 전력산업분야에서는 주로 외국기술기준을 적용한 관

계로 거의 이용되지 못하였다.

2.2 외국의 용접기술기준

발전소 건설에 있어서는 미국, 캐나다, 프랑스, 일본 등 다양한 기술공급국의 용접기술기준이 적용되었으며, 이중에서도 미국의 ASME, AWS, API 등 민간단체가 제정한 기술기준이 주로 적용되었다(표 2 참조).

캐나다의 용접기술기준은 가압중수로형 원자력 발전소의 건설과 관련하여 적용하게 되었다. 캐나다의 경우 CSA 규격으로 CSA N285.0 “General Requirements for Pressure Retaining Systems and Components in CANDU Nuclear Power Plants” 등의 CSA N285 시리즈와 CSA B51 “Boiler, Pressure Vessel, and Pressure Piping Code” 등이 제정되어 있으나 주요 기술적 사항은 미국의 ASME B&PV Code를 준용하고 있어 용접과 관련한 기술기준은

표 2 용접관련 주요 미국 기술기준 적용현황

발행기관	기술 기준	제 목	비 고
ASME	B&PV Code Section III	Nuclear Power Plant Components	기기 제작관련 용접요건(용접절차/용접사 인정 특수요건, 열처리, 용접보수 등)
	B&PV Code Section I	Power Boilers	
	B&PV Code Section VIII	Pressure Vessels	
	B 31.1	Power Piping	용접/경납땜 절차 및 기능인정
	B&PV Code Section IX	Welding and Brazing Qualifications	
	B&PV Code Section II Part C	Welding Rods, Electrodes & Filler Metals	
AWS	AWS D1.1	Structural Welding Code-Steel	강구조물, 박판용접
	AWS D1.3	Structural Welding Code-Sheet Steel	
API	API 620	Design and Construction of Large Welded Low Pressure Storage Tanks	저장탱크의 제작중 용접요건
	API 650	Welded Steel Tanks for Oil Storage	

미국의 기술기준을 적용하고 있다고 할 수 있다.

프랑스의 기술기준은 울진 원자력발전소 1,2호기의 건설과 관련하여 프랑스의 기술을 도입하면서 프랑스 전력공사의 주도 하에 미국의 기술기준을 자국실정에 맞게 보완 발전시킨 RCC-M “Design and Construction Rules for Mechanical Components of PWR Nuclear Islands”와 RRC-EV “Production and Inspection Rules for the Steam-Water System”이 적용된바 있다. 용접기술기준은 RCC-M과 RRC-EV의 Section IV-Welding에 규정되어 있으며, 용접절차 및 용접사 인정, 기기 제작용접, 용접재료 인정, 용접공장 인정에 대한 요건을 포함하고 있는 것이 특징이다.

일본의 용접관련 기술기준은 일본 전기사업법 체계에 규정된 원자력 및 화력발전 기기의 제작 용접요건인 “전기공작물 용접에 대한 기술기준을 정한 성령”과 용접절차 및 용접사 인정요건인 “용접방법의 인가에 대하여”가 있으며, 일본 공업규격협회에서 발행한 JIS Z 시리즈상의 용접관련 규격이 있다. 우리나라의 화력발전소 건설에는 이중 JIS Z 시리즈 용접규격이 일부 적용되었다.

3. 용접기술기준의 개발현황

3.1 개발방향 및 범위

기술기준 개발 2단계 사업 기간중에 개발되는 용접기술기준은 기계분야 기술기준 개발 범위에 포함된다. 기계분야 기술기준은 발전소의 전력생산과 직결되는 기계기기 기술기준의 개발을 범위로 하며, 표 3과 같이 원자력기계, 일반기계, 가동중검사, 재료, 용접, 시험 및 검사로 구분되어 있다.

용접기술기준은 기계기기의 용접에 필수적인 용접인정, 용접재료, 용접설계, 제작 및 설치에 대한 요건을 그 범위로 하며, 이중 용접설계, 제작 및 설치기준은 각 기기별 기술기준에 포함하고 용접인정과 용접재료기술기준은 별도로 구분되어 있다.

이와같은 용접기술기준의 개발은 표 3의 개발구분에서 보인바와 같이 Level I 과 Level II로 구분된다. 즉, 원자력기계분야의 용접기준은 ASME Section III를 번안하고, 일반기계, 용접인정 및 용접재료기준은 외국 기술기준과 KS 등을 참조하여 우리 실정에 맞게 제정하고 있다.

3.2 개발방법

3.2.1 초안작성

용접기술기준의 초안은 한국전력기술(주)가 담당하였으며, 그림 1의 업무흐름도에 따라 작성하였다.

3.2.2 검토 및 승인

작성된 용접기술기준 초안은 관련 산업계 및 연구기관의 검토와 산·학·연 전문가로 구성된 위원회의 검토와 심의를 거쳐 승인되며, 그 절차는 그림 2와 같다.

3.3 용접기술기준의 구성 및 참조기술기준

3.3.1 용접인정 기술기준

용접인정 기술기준은 원전의 터빈/발전기계통과 화력발전설비에 관련된 기기(일반기계라고 함)에 적용하는 것을 기본 방침으로 하여 ASME Section IX Part QW를 주참조기준으로 하고, KS 용접관련 규격의 채택 가능한 사항을 최대한 반영하였다. 구성에 있어서는 ASME Section IX Part QW 상의 용접데이터 관련사항을 용접절차 및 용접사 인정기준의 관련조항에 이관하여 기술기준 사용자의 편의를 도모하였다.(표 4 참조)

3.3.2 용접재료 기술기준

용접재료 기술기준의 개발에 있어서는 발전소 일반 기계기기의 제작 및 설치에 사용된 실적이 있는 용접재료의 사용현황을 조사한 결과 대부분 미국용접학회(AWS) 용접재료 규격에 따르고 있다는 점과 사용실적이 있는 AWS 용접재료와 대응하는 KS 용접재료 규격이 약 50% 정도라는 점을 감안하여 AWS 용접재료 규격을 주참조 기준으로 하였으나 기술기준 간의 상관관계 유지와 기술기준의 개정관리를 고려하여 ASME Section II Part C '92년판을 기본으로 하였다.

구성에 있어서는 AWS A5.XX 시리즈의 각 규격

표 3 기계분야 기술기준의 구성 및 참조기준

구 분	분류 기호	제 목	참조 기술기준	개발구분
KPC-MN 원자력기계	MNA	일반요건	ASME Sec. III Div.1 NCA	Level II
	MNB	1등급 기기	ASME Sec. III Div.1 NB	Level I
	MNC	2등급 기기	ASME Sec. III Div.1 NC	
	MND	3등급 기기	ASME Sec. III Div.1 ND	
	MNE	급속격납용기	ASME Sec. III Div.1 NE	
	MNF	기기지지물	ASME Sec. III Div.1 NF	
	MNG	노심지지물	ASME Sec. III Div.1 NG	
KPC-MG 일반기계	MGA	일반요건	KS A 9000, ASME III NCA	Level II
	MGB	압력용기	KS B 6231, ASME Sec. VIII Div.1	
	MGC	열교환기	KS B 6230, HEI, TEMA	
	MGD	저장탱크	KS B 6225, API 650	
	MGE	배관 및 부품	ASME B31.1, KS	
	MGF	펌프	API 610, HI, KS	
	MGG	밸브	KS B 2304, 2306, ASME/ANSI B16.34, B16.10	
	MGH	복수기	HEI	
KPC-MD 재 료	MDF	철강재료	KS, ASME Sec. II Part A	Level II
	MDN	비철급속재료	KS, ASME Sec. II Part B	
	MDW	용접재료	KS, ASME Sec. II Part C	
	MDP	재료의 허용응력표	KS B 6231, JIS B 8270, ASME Sec. II Part D	
KPC-ME 시험 및 검사	MEN	비파괴검사	ASME Sec. V, KS	Level II
KPC-MQ 용 접	MQW	용접인정	ASME Sec. IX Part QW, KS	Level II
KPC-MI 가동중검사	MIA	일반요건	ASME Sec. XI Div.1 IWA	Level II
	MIB	1등급 기기	ASME Sec. XI Div.1 IWB	Level I
	MIC	2등급 기기	ASME Sec. XI Div.1 IWC	
	MID	3등급 기기	ASME Sec. XI Div.1 IWD	
	MIE	급속격납용기 및 급속라이너	ASME Sec. XI Div.1 IWE	
	MIF	기기지지물	ASME Sec. XI Div.1 IWF	
	MIG	콘크리트 격납용기	ASME Sec. XI Div.1 IWG	

비고 1. Level I : 기술적사항은 외국 기술기준을 번안하고, 제도 및 절차 관련사항은 국내법규 및 산업구조에 맞게 제정.

2. Level II : 기술적 사항과 제도 및 절차에 관한 사항을 국내실정에 맞게 제정.

을 용접재료 기술기준의 구성단위로 하고, 각 용접재료 기술기준의 서술방식은 기준 사용자의 편의를 위해 KS 용접재료 규격의 서술방식을 참조하였다.

3.3.3 용접설계, 제작 및 설치 기술기준

원자력기계 기술기준은 ASME Section III Division 1을 번안하여 개발하고 있다. 따라서 원자력기계의 용접설계, 제작 및 설치에 관한 기술기준의 내용과 구성체계는 ASME를 따르고 있다. 일반기계 기

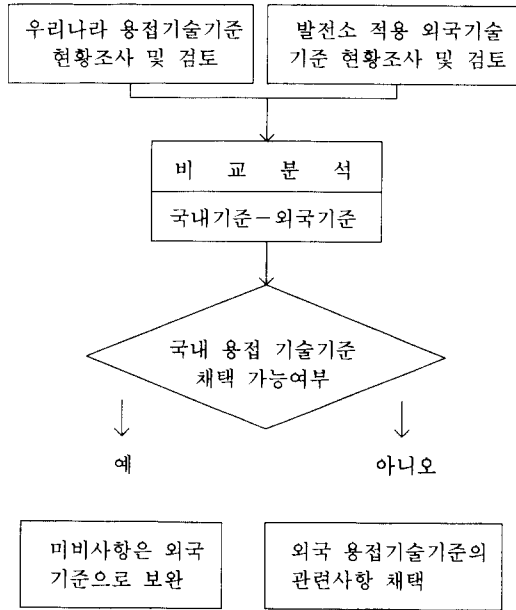


그림 1 용접기술기준 초안작성 업무흐름도

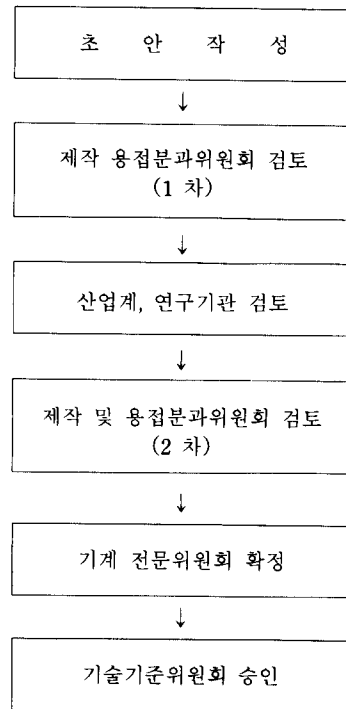


그림 2 용접기술기준의 검토 및 승인절차

표 4 용접인정 기술기준의 구성 및 참조기준

기 준 번 호	참 조 기 준	주 요 내 용
MQW 1000 용접일반요건	<ul style="list-style-type: none"> ASME Section IX Part QW Article I 및 IV KS B 6231 부속서 3 KS B 6885 용접용어사전(용접학회) KS B 0106 	<ul style="list-style-type: none"> 용접절차시방서(WPS) 인정, 용접사 자격 인정(WPQ), 용접재료인정 등의 기준에 공통으로 적용되는 용접법, 시험종류, 용접용어
MQW 2000 용접절차시방서 인정	<ul style="list-style-type: none"> ASME Section IX Part QW Article II IV KS B 6231 부속서 3 	<ul style="list-style-type: none"> 용접절차시방서의 작성 인정시험의 종류, 시험편 제조, 시험절차 및 합격기준 용접변수, 모재의 구분, 용접재료의 구분 등
MQW 3000 용접사의 자격인정	<ul style="list-style-type: none"> ASME Section IX Part QW Article III 및 IV KS B 6231 부속서 3 	<ul style="list-style-type: none"> 용접사 자격인정시험의 종류, 시험절차, 합격기준 용접사 및 자동용접사 자격인정 용접변수
MQW 4000 용접재료의 인정	<ul style="list-style-type: none"> AWS A5, 01 RRC-EV Section IV 	<ul style="list-style-type: none"> 용접재료의 인정시험요건

술기준의 경우에는 표 3에서와 같이 ASME, API, HEI 등 여러기관에서 발행한 기준을 참조하고 있

고, 이러한 참조기준은 각기 고유한 구성상의 특 징을 가지고 있다. 따라서 일반기계 기술기준의 제

정에 있어서는 각 기기별 기술기준 구성체계의 일관성을 도모하기 위해 ASME Section III, Subsection ND를 기본 모델로 하여 표 5와 같이 구성체계를 설정하였다.

표 5 일반기계 기술기준의 기본 구성체계

기술기준번호	제 목
MGX 1000	일반요건
MGX 2000	재료
MGX 3000	설계
MGX 4000	제작 및 설치
MGX 5000	비파괴검사
MGX 6000	압력시험
MGX 7000	과압보호
MGX 8000	표시

일반기계 기술기준의 용접설계, 제작 및 설치에 대한 요건은 표 5와 같은 구성체계에 입각하여 용접설계는 MGX 3000 “설계”에 포함하고, 용접 제작 및 설치에 대한 사항은 MGX 4000 “제작 및 설치”에 규정하였다.

4. 향후 기술기준 개발계획

기술기준은 개발뿐 아니라 지속적인 제 개정관리가 무엇보다도 중요한 사항이다. 따라서 2단계 사업을 통해 개발된 기술기준의 개정관리와 전력 산업에 필요한 기술기준의 추가 개발을 위해 기술 기준 전담 상설기구가 설립될 예정이며, 이 기구에서 전력산업 기술기준을 지속적으로 제정, 개정, 유지관리할 계획이다.

앞으로 용접기술기준은 경납땜, 강구조물 용접,

기기별 용접설계, 제작 및 설치에 대한 기술기준을 기계 또는 토목구조분야에 포함하여 개발할 계획이며, 그 범위는 표 6과 같다.

5. 결 언

전력산업은 규모가 방대한 기술집약적 산업으로 다양하고 광범위한 기술기준들이 적용되고 있으며, 이러한 기술기준들은 발전소 고유 용도의 것을 제외하고는 상당부분이 석유화학, 가스, 철강 등 중공업분야에서도 이용되고 있다. 따라서 기술기준의 개발이 공동의 이익과 편의를 추구하고 나아가 공공의 안전확보에 기여한다는 것이 근본 목적임을 감안할 때 전력산업 기술기준의 개발에 대한 여러 산업분야의 관심과 참여가 이루어져야 할 것이다.

외국의 경우 기술기준이 국가 산업규격이나 학협회 등에서 제정한 단체규격에 근간을 두고 있으나 우리나라의 경우 활용 가능한 단체규격이 거의 없고, 규격은 있어도 제·개정 관리가 미흡하여 채택이 불가능하여 기술기준 개발과정에서 많은 어려움이 있었다. 예를들면 보일러 및 압력용기에 대한 선도적인 기술기준인 미국의 ASME Boiler and Pressure Vessel Code의 경우 재료, 설계, 시험, 검사, 용접 등에 관한 기술적 요건을 규정함에 있어 ASTM, ANSI, ASNT, AWS 등 단체에서 제정한 규격을 특성에 맞게 보완하거나 인용, 채택하고 있는 점이다. 따라서 우리의 제도와 산업여건에 맞는 기술기준을 개발하여 기술자립과 기술수출의 토대를 마련하기 위해서는 선진국의 규격과 ISO, IEC 등 국제규격의 동향을 감안한 단체규격의 제정과 개정관리에 대해 관련 단체에서 보다 많은 관심을 갖고 활발한 활동을 펼쳐야 할 것이다.

표 6 용접기술기준의 3단계 개발범위

분 야	기술기준명	참 조 기 준	비 고
기 계	보일러	ASME B&PV Code Section I	기기용접 설계, 제작 및 설치
	공조설비	ASME AG-1	
	터빈발전기	RRC-TA	
토목구조	경납땜 인정	ASME B&PV Code Section IX Part QB	경납땜 절차 경납땜공 인정
	강구조물 용접	AWS D1.1, D1.3	강구조물 용접설계 제작, 설치, 시험