

# 원전 용접기술 기준 개발 (Development of Welding Standard for Nuclear Power Plants)

나진수 (한국전력기술 기술기준표준화사업부)

## 1. 개 요

### 1.1 원전 기술기준의 정의

원자력발전소(원전)는 핵물질을 연료로 사용하는 관계로 안전성 확보가 최우선의 과제이며, 본래의 목적인 전력의 안정적, 경제적 생산을 위해 각종 설비 및 기기가 주어진 기능을 발휘할 수 있는 신뢰성을 가져야 한다. 이와 같은 원전의 안전성과 신뢰성 확보를 위해 각종 기술규정이 적용되는데, 그 종류로는 나라마다 사회제도 및 산업구조의 차이로 명확히 분류할 수는 없으나 정부기관이 제정한 안전기준과 원전사업자, 학술단체, 공업규격협회 등이 개발한 산업기준이 있다고 볼 수 있다.

일반적으로 안전기준은 법규제 목적의 기술적, 제도적 의무사항을 규정하고 있는 기준으로 볼 수 있으며 산업기준은 원전 고유용도로 개발된 기술기준과 일반산업분야의 분야별 특성에 맞게 개발되었으나 원전용으로 채택되고 있는 기술기준 또는 국가공업규격을 포함한다고 할 수 있다.

원전 기술기준은 이와 같은 안전기준과 산업기준 중 산업기준에 해당되며 법정의 안전기준 요건을 만족하고 보완하는 성격의 상세 기술규정으로 공업규격을 바탕으로 원전 설비 및 기기의 안전성, 신뢰성 및 품질확보를 위한 재료, 설계, 제조, 시공, 시험 및 검사 등 원전 전반에 관한 일련의 규정으로 정의할 수 있다.

### 1.2 우리나라의 원전 기술기준 적용현황

1970년대 초의 원전 초기 도입단계에서 우리나라는 국내 산업여건의 미성숙으로 외국 회사에 설계, 건설, 시운전을 일임하는 일괄발주방식(Turn-Key)을 채택하였다. 그후 경제성장으로 국내 산업체의 기술 및 제조능력이 향상됨에 따라 1970년대 후반부터 건설에 착수한 원전은 국내 기업의 참여폭이 점차 확대되어 원전 기술자립에 이바지하게 되었고 특히 1987년 착수한 영광3,4호기 건설사업부터는 국내 기업이 설계, 제작 등을 주도하게 되었다.

이와 같은 원전 개발 및 기술자립 추진과정에서 적용되었던 원전 기술기준은 극히 일부분에서 한국공업규격이 적용되기는 하였으나 미국, 프랑스, 캐나다 등 원전 기술 공급국의 기준을 그대로 준용하여 왔으며, 이로 인해 외국 기술기준과 국내 법체계 및 실정과의 마찰, 기술사항 해석 및 적용상의 분쟁 등 많은 문제가 야기되어 왔다.

이러한 배경하에서 우리 고유의 원전 기술기준 개발 필요성이 인정되어 1988년 원전 기술기준 개발을 위한 기초조사(1단계)를 실시하였고 1992년 1월부터 본격적인 개발(2단계)에 착수하게 되었다.

### 1.3 원전 기술기준 개발범위 (2단계)

원전 기술기준은 원전의 전분야를 대상으로 하여 개발하는 것이 궁극적 목표이겠으나 관련산업의 기술력이 뒷받침되어야 하므로 우리나라의 산업여건, 활용성을 감안하여 안전성, 신뢰성 확보에 우선한 단계적인 개발이 필요하다.

따라서 시급한 개발이 인정되는 원전 건설에 있어서의 기계, 전기, 토목구조 및 화재예방분야를 우선 개발하기로 결정하였다. 개발방향은 레벨I과 레벨II로 대별된다.

레벨I은 국내 기술여건이 완전히 성숙되지 않아 기술사항은 외국기준을 채택하고 편의를 위하여 번역을 하며 제도 및 절차는 국내 법체계 및 산업구조에 맞게 규정하는 것이며, 레벨II는 국내 기술여건이 미국, 프랑스, 일본 등 원전 기술자립국의 수준까지 성숙되어 제도, 절차뿐 아니라 기술사항까지 국내 실정에 맞도록 규정하는 것이다.

레벨I에는 주로 원전의 원자로 계통을 구성하는 안전성 관련기기로 분류되는 ASME Code Section III에 해당되며, 레벨II는 터빈/발전기 계통을 구성하는 기기들로 ASME Code Section VIII, Div.1을 버금가는 기술기준을 제정하는 것이다.

용접 기술기준은 상기의 레벨II에 해당하는 기술기준으로 압력용기, 저장탱크, 열교환기, 펌프, 밸브, 배관 등에 공통으로 적용되는 용접사항을 규정하게 된다.

본고에서는 원전 기계기기분야에 적용되는 미국, 캐나다, 프랑스, 일본과 국내 용접관련 기술기준 현황, 그리고 2단계에서 개발되는 원전 용접기술기준의 개발 기본방침 및 주요내용에 대해 기술하고자 한다.

## 2. 외국의 원전 용접기술기준 현황

우리나라에 원전기술을 공급한 미국, 캐나다, 프랑스와 법체계가 유사한 일본의 원전 용접 기술기준은 개발 및 운영체계에 있어 차이는 있으나 내용에 있어서는 공통적으로 용접절차(용접시공방법) 및 용접사 기량 인정, 용접재료, 기기등급 또는 기기특성별 제작중 용접에 대한 요건을 취급하고 있다.

이와 같은 외국의 용접 기술기준 개발배경을 살펴보면 원전기술의 중주국인 미국의 관련기술기준을 캐나다도 준용하고 프랑스 및 일본은 이들 국가의 용접에 관련된 기술기준을 자국의 공업 규격에 입각하여 제정하고 있는 실정이다.

### 2.1 미 국

미국의 기술기준 개발체제는 민간학술단체, 협회가 중심이 된 자발적 개발체제 (Voluntary System)이며, 원전 기계기기분야에는 ASME (미국기계학회), API (미국석유학회), HEI (미국열교환기학회), HI (미국수력학회), AWS (미국용접학회) 등에서 제정된 다양한 기술 기준이 적용되고 있다. 이 중 대표적 기술기준은 ASME 코드로서 용접과 관련된 사항을 정리하면 표1과 같다.

표1. 용접에 관련된 ASME 코드 및 내용

기 준 번 호	기 준 명	내 용
ASME Sec.III Div.1	Nuclear Power Plant Components	원자로 계통을 구성하는 안전성 관련기기의 기기등급별 제작관련 용접요건 (용접절차 인정 특수요건, 열처리, 용접보수 등)
ASME Sec.VIII Div.1	Pressure Vessel	터빈/발전기 계통을 구성하는 압력용기, 배관 및 관련부품의 제작관련 용접요건
ASME B31.1	Power Piping	
ASME Sec.IX QW	Welding Qualification	기계기기분야에 공통으로 적용되는 용접절차 및 용접사 기량 인정요건
ASME Sec.II Part C	Welding Rods, Electrodes & Filler Metals	용접재료 (AWS 용접재료규격 채택)

ASME 코드 외의 원전 기계기분분야에 적용되는 타기관 발행 주요기술기준의 용접관련내용은 표 2와 같다.

표2. 용접관련 주요기술기준(ASME 코드 제외) 및 내용

기준번호	기 준 명	내 용
API 620	Design and Construction of Large Welded, Low Pressure Storage Tanks	저장탱크에 대한 설계, 제작기준으로 제작중 용접요건은 규정하고 있으나 용접인정에 대한 사항은 ASME IX 준용
API 650	Welded Steel Tanks for Oil Storage	
HEI	Standard for Power Plant Heat Exchangers and Others	열교환기, 펌프에 대한 설계, 제작기준으로 용접은 발주자와 공급자의 계약 사항으로 규정하고 있거나 ASME III Div.1, ASME VIII Div.1 및 ASME IX 을 인용
HI	Hydraulic Institute Standards for Centrifugal, Rotary & Reciprocating Pumps	

## 2.2 캐나다

캐나다의 원전 기술기준은 캐나다 규격협회(CSA)가 주도하여 자체적으로 개발하거나 미국의 기술기준을 캐나다 실정에 맞게 개편하여 제정하고 있다. 원전 기계기기에 적용되는 CSA 규격은 CSA N285 시리즈와 CSA B51 등이 있으나, 주요 기술적 사항은 미국의 ASME 코드를 준용하고 있다. 용접 기술기준 또한 ASME III, VIII 등의 제작중 용접요건과 ASME IX의 용접 절차 및 용접사 기량 인정요건을 적용하고 있으며 용접재료는 AWS (ASME II Part C) 및 CSA W 48 시리즈가 이용되고 있다.

## 2.3 프랑스

프랑스는 미국으로 부터 원전 기술을 도입하면서 미국의 기술기준을 준용하였으나 그 후 원전 건설경험을 토대로 원전사업자인 프랑스 전력공사(EDF)의 주도하에 미국의 기술기준을 보완 발전시켜 프랑스형 원전 기술기준인 RCC(원자로계통)와 RRC(터빈/발전기계통) 코드를 개발하였다.

기계기기 기술기준은 원자로 계통 기기에 대한 RCC-M과 터빈/발전기 계통의 기기에 적용되는 RRC-EV가 대표적인 기준이다. 용접 기술기준은 이들의 Section IV에 각 분야별 특성에 따라 구분하여 규정하고 있으며, 용접절차 및 용접사 기량 인정, 제작중 용접에 대한 요건 외에 용접재료 인정 및 승인, 용접 제작공장의 인정에 대한 요건이 포함된 것이 특징이다. 용접재료는 프랑스 공업규격인 NF A 시리즈와 AWS 용접재료규격을 사용한다.

## 2.4 일 본

미국으로 부터 원전기술을 도입한 일본도 원전 기계기기 기술기준은 미국 ASME 코드를 기초로 하여 자국실정에 맞게 개발하였다. 일본의 원전 기술기준은 그 내용과 성격에 따라 기술기준, 기술규정 및 기술지침으로 구분된다고 할 수 있다. 기술기준은 전기사업법을 근간으로 통산성이 주관하여 제정한 법령의 성령 및 고시로서 안전성 확보를 목적으로 하는 강제성 기준이며, 기술규정 및 기술지침은 민간단체인 일본전기협회 및 화력·원자력발전기술협회에서 발행하는 것으로서 기술기준의 내용을 구체적으로 표현하여 보완하거나 신기술을 반영한 민간 자주 기준이다. 통산성에서 제정한 용접관련 기술기준으로서는 ASME III와 VIII을 기초로 발전용 원자력 기기 (1,2,3,4종 용기, 1,3,4,5종 관, 보조보일러 및 부속설비) 및 화력기기(보일러, 열교환기 등, 액화가스용 연료연소설비)의 제작중 용접요건을 규정한 "전기공작물 용접에 관한 기술기준을 정한 성령"과 ASME IX을 기초로 용접절차 및 용접사 기량 인정요건을 규정한 "용접방법의 인가에 대하여"가 있다.

또한 기술규정으로서는 일본전기협회에서 발행한 화력발전기기의 용접 전반에 대한 상세규정인 "화력발전설비의 용접규정"이 있으며, 용접재료는 JIS 및 AWS 용접재료규격이 채택되고 있다.

### 3. 국내 기술기준 현황

#### 3.1 관계법규상의 기술기준

원전 건설과 관계되는 국내 법규상의 기술기준으로는 원자력법에 관계되는 과기처고시와 전기사업법에 관계되는 동자부 기술기준령 및 고시가 있다.

과기처 고시는 원자력법과 동시행령 및 시행규칙상의 행정적, 기술적 조항에 대한 세부규정을 규정한 것으로 원전 건설에 관계되는 대표적인 것으로는 원자로 시설의 위치 구조 및 설비에 관한 기술기준이 있으나 기술사항은 미국기준을 준용토록 규정하고 있을 뿐이다.

동자부 기술기준령 및 고시는 전기사업법, 동시행령 및 시행규칙을 세부적으로 규정한 것으로 일본의 체계와 유사하나 국내 발전소 건설에는 거의 적용되고 있지 않는 상태이다. 용접에 관계되는 동자부 기술기준령 및 고시로는 전기공작물 용접기술기준령과 고시가 있으나 발전용 화력기기를 대상으로 하고 있어 원자력 기기는 제외되어 있으며, 용접사 인정에 대한 기준은 없고 기술변천에 따른 개정조치가 없어 내용이 미흡한 실정이다.

#### 3.2 한국공업규격 (KS)

용접에 관련된 한국공업규격은 KS B 0885 (용접기술검정에 있어서의 시험방법 및 합격기준) 및 KS B 6231 부속서 3 (용접시공방법의 확인시험방법)과 KS D 시리즈중 용접재료규격이 있으나 원전 건설분야에서는 주로 외국의 기술기준을 준용한 관계로 거의 이용되지 못하였다. KS B 0885와 KS B 6231 부속서 3의 특징은 표3과 같다.

표3. KS B 0885 및 KS B 6231 부속3의 주요내용

규격번호	내 용
KS B 0885	용접절차 인정에 대한 일반규정이나 가스 및 아아크 용접방법에 국한
KS B 6231 부속서 3	보일러 및 압력용기에 대한 용접시공방법 즉, 용접절차에 대한 확인시험규정, 용접사 기량 인정에 대한 사항은 명시되어 있으나 구체적 인정시험방법은 누락

#### 4. 원전 용접 기술기준의 개발방향

##### 4.1 개발 기본방침

용접 기술기준은 전술한 바와 같이 일반 기계기기분야에 포함되는 압력용기, 저장탱크, 배관 및 부품, 펌프, 밸브 등의 기기에 적용하는 것을 기본원칙으로 하여 외국의 원전 용접 기술기준에 공통적으로 포함된 용접절차 인정, 용접사 기량 인정, 용접재료 및 제작중 용접분야를 개발범위로 하였다. 구성에 있어서는 각종 기계기기에 공통적으로 적용할 수 있는 용접절차 인정, 용접사 기량 인정, 용접재료분야와 기기특성별 제작중 용접분야로 구분하고 제작중 용접분야는 각 기기의 제작기준에 포함시켜 개발할 방침이며 내용에 있어서는 기존의 국내 용접 기술기준인 전기공작물 용접 기술기준령과 한국공업규격의 용접규격중 원전에 적용가능한 사항은 우선 채택하고 미비사항은 외국 기술기준의 관련사항을 검토하여 보완할 계획이다.

##### 4.2 주요내용 및 참고기준

항 목		참고기준	내 용	비 고
대분류	소분류			
용접 일반사항	1) 적용범위	전기공작물 용접 기술기준령 KS B 6231	원전 일반 기계기기의 용접절차 및 용접사 기량 인정에 적용	
	2) 책임사항	ASME IX QW	제작자, 검사자 등의 책임	
	3) 용접자세 및 시험자세	KS B 0885 ASME IX QW	만, 관의 흠 및 필렛자세 등	KS 규정없는 사항 보완
	4) 인정시험의 종류와 목적	용접기술기준령 KS B 0885 KS B 6231 부속서3 ASME IX QW	시험, 검사의 종류와 목적	
	5) 기계시험	상 동	인장, 굽힘, 충격, 필렛, 시험 등의 시험편 제작시험방법, 합격기준 등	국내규정없는 사항 보완 또는 차이 조정
	6) 비파괴검사	용접 기술기준령 KS B 6231 부속서3 ASME IX QW	방사선 부과검사, 침투탐상 검사방법 및 합격기준	

항 목		참고기준	내 용	비 고
대분류	소 분 류			
	7) 용어	용접학회 용어집 KS B 0106, ASME IX QW	용접용어의 정의	
용접절차 인정	1) 일반사항	KS B 0885, KS B 6231 부속서3 ASME IX QW	용접절차서의 정의 등	
	2) 확인사항 ○ 용접방법 ○ 모재 ○ 용접재료 ○ 기타사항	용접 기술기준령 KS B 6231 부속서3 ASME IX QW	용접절차 인정을 위한 확인사항 규정 (용접방법, 모재, 이음, 예열, 후열, 가스, 전류 자세 등)	국내 적용현황 을 조사하여 그 범위내에서 국내 규정과 ASME 등 외국기준과의 차이 조정
	3) 인정시험	용접 기술기준령 KS B 6231 부속서3 ASME IX QW	시험종류, 시험법 합격기준	
용접사 기량인정	1) 일반사항	일본"화력발전 설비의 용접규정 (JEAC 3707) ASME IX QW	정의, 책임사항	국내관련규정이 없음.
	2) 수동용접사 기량인정 확인사항 및 인정시험	상 동	수동용접사 기량 인정을 위한 확인사항 (용접법 자세, 시험재 등) 및 인정 시험방법(시험종류, 시험편, 합격기준 등)	
	3) 자동용접사 기량인정 확인사항 및 인정시험	상 동	자동용접사 기량 인정을 위한 확인사항 및 인정 시험방법	
용접재료	-	KS B 6231 부속서3 KS D 시리즈 ASME II Part C	발전용으로 사용되는 용접 재료 포함. KS 기준, ASME 등 외국기준 보완	
제작중 용접	-	일반 기계기기 분야 원전 기술 기준의 참고기준 (ASME VIII Div.1, API, ASME B31.1, HI, HEI 등)	압력용기, 배관, 저장탱크, 열교환기, 펌프, 밸브 등 일반 기계기기분야의 기기 특성별 제작중 용접요건 (용접절차인정, 추가요건, 열처리, 용접보수 등)	관련기기 기술 기준내용에 포함

## 5. 맺음말

우리나라는 최근의 전력난을 해소하고 에너지의 안정적 공급을 위해 1992년부터 2006년까지 18기의 원전을 추가 건설할 계획이다. 이와 같은 원전 건설계획을 차질없이 수행하고 실질적인 원전 기술자립을 위해서는 관계법규, 원전 기술기준 및 산업 여건이 뒷받침 되어야 한다. 원전 기술기준 개발은 이 중 한 분야의 역할을 담당하게 된다고 할 수 있으나 법규와의 상관관계 및 원전 산업분야에 미치는 영향을 고려할 때 현재 일부 보완이 필요한 관계법규의 정비와 주요 기술 미자립 원전 설비 및 기기의 국산화 확대에도 크게 이바지 하게 될 것이다. 따라서 원전 기술기준의 내실있는 개발은 물론 향후 이의 효과적 운영 및 발전을 위해서는 산.학.연 및 정부기관의 적극적인 참여와 지원이 필요하다.