

# KEPIC 가이드

## 용접 (MQ)

김 안 섭

대한전기협회 전력기준처 기준개발실 부장

### 1. 제정배경

국내 원자력발전소와 화력발전소는 물론 중공업, 가스, 석유화학 등의 각종 대형 플랜트 산업에 적용되는 용접 기술기준은 거의 대부분 미국의 ASME B & PV Code 및 ASME B31 압력배관 Code에서 공통적으로 준용하고 있는 ASME Sec.IX이 사용되어 왔으며, 우리나라의 산업규격인 KS의 용접관련 기술기준에는 ASME Sec. IX과 동등한 수준의 기준이 제정되어 있지 않은 상태이다. 따라서 기기의 용접에 있어서 중요한 영향을 미치는 요소로서 용접 품질관리에 있어 필수적인 사항인 용접절차시방서 인정과 용접작업자 자격인정과 관련한 기술기준을 국내 대형 플랜트 산업분야에 일반화된 ASME Sec.IX을 참조하여 제정하고자 하였으며, ASME Sec.IX의 범위 중 Part QW는 용접인정 기술기준(KEPIC-MQW)으로, Part QB는 경납땜인정 기술기준(KEPIC-MQB)으로 분리하여 제정하였다.

### 2. 제정범위

용접 기술기준은 건조 기술기준에 따른 기기의 공급, 설치 등과 관련한 용접에 적용하며 기기의 용접에 있어 중요한 요소이고 필수적인 사항인 용접/경납땜 절차시방서 인정과 용접/경납땜 작업자 자격인정을 제정범위로 하였다(표 1 참조).

〈표 1〉 구 분

구 분	내 용
용접/경납땜 일반요건	건조 기술기준과의 관계, 용접자세/경납땜 방향, 시험자세, 용접/경납땜 용어 등
용접/경납땜 절차시방서 인정	용접/경납땜 절차시방서의 인정을 위한 인정시험 요건, 용접/경납땜 변수 등
용접/경납땜 작업자 자격 인정	용접/경납땜 작업자의 자격인정을 위한 인정시험 요건, 용접/경납땜 변수 등

또한 발전소의 압력기기가 대부분 용접구조이기 때문에 용접설계, 열처리, 추가의 인정시험요건 등 용접에 의한 기기별 제작 요건은 건조 기술기준의 범위에 포함하도

록 하고 용접 기술기준은 상기와 같은 범위의 공통적 요건을 제정하고자 하였다.

### 3. 제정방향

용접 기술기준(KEPIC-MQ)은 ASME Sec.IX, Part QW와 Part QB를 주참조기준으로 하고, 적용가능한 KS를 최대한 활용하기 위하여 ASME 와 비교 검토하였으나 KS 관련규격의 제정미흡 및 상호연계성 부족으로 인하여 시험방법에 대하여만 KS를 수용하였다. 용접 기술기준의 제정에 있어 채택한 기본 제정방향은 다음과 같다.

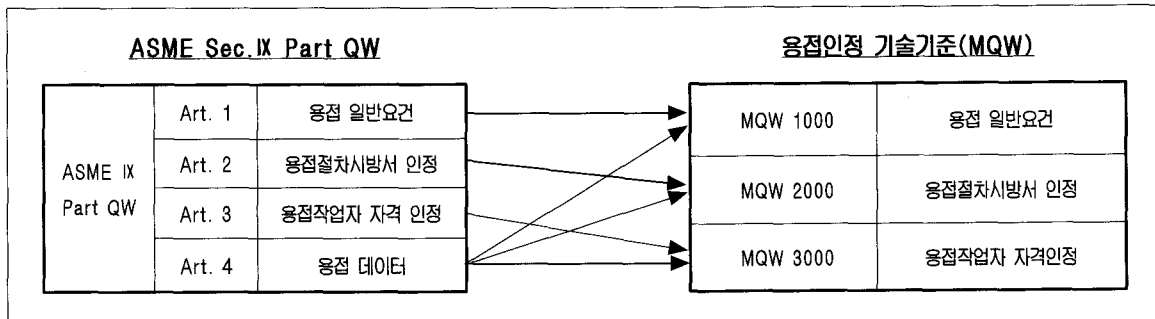
- ① 용접인정 기술기준의 구성체계는 ASME Sec.IX, Part QW를, 경납땜인정 기술기준은 ASME Sec.IX, Part QB를 따르되 사용자의 편의를 위하여 이용하기 쉽게 구성한다.
- ② 철강재료 및 비철재료는 재료 기술기준(KEPIC-MD) 범위에 포함되어 있는 재료의 종류가 한정되어 있기 때문에 건조 기술기준에 사용되는 다양한 재료의 종류에 대한 용접에 적용하는 것이 다소 미흡하다고 판단되어 ASME Sec.IX 상에 모재 구분(P-No)을 병용한다.
- ③ 용접재료는 용접재료 기술기준(KEPIC-MDW)상

의 용접재료 종류를 기본으로 한다.

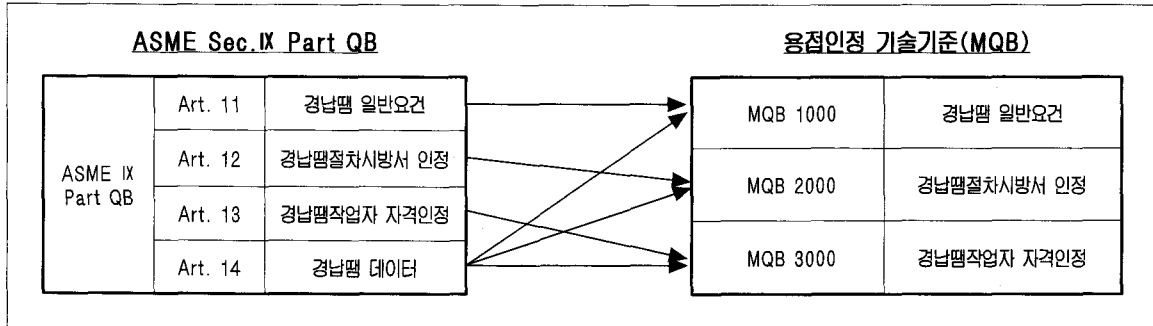
- ④ 시험(인장시험 및 굽힘시험)방법에 대하여만 ASME 규격에 대응하는 KS 규격이 있을 경우에는 KS 를 참조하여 KS 및 ASME 요건을 병용하였고 대응하는 KS 규격이 없을 경우에는 ASME 규정을 그대로 반영하였다.
- ⑤ 단위는 SI 단위의 국제화에 맞추어 SI 단위를 기본으로 하되, ASME 재료규격의 병용 측면 등을 고려하여 ft-lb 단위를 병기한다.

### 4. 구성체계

용접 기술기준의 주된 참조기준인 ASME Sec.IX은 용접/경납땜 일반요건, 용접/경납땜 절차시방서 인정, 용접/경납땜 작업자 자격인정 및 용접/경납땜 데이터로 구성되어 있고 기준 요건 사이의 상호 인용이 많은 관계로 기준의 이용에 있어 많은 불편이 따른다. 따라서 용접인정 기술기준의 제정에 있어서는 이와 같은 불편을 해소하고자 ASME Sec.IX의 용접/경납땜 절차시방서 인정과 용접/경납땜/작업자 자격인정과 관련한 용접/경납땜 데이터를 관련 요건에 모두 이관하여 용접/경납땜 일반요건, 용접/경납땜 절차시방서 인정 및 용접/경납땜 작업자 자격인정으로 구성하였다(그림 1, 2 참조).



〈그림 1〉 ASME Sec. IX과 용접인정 기술기준(MQW)의 구성체계 비교



〈그림 2〉 ASME Sec. IX과 경납땜인정 기술기준(MQB)의 구성체계 비교

## 5. 기술기준 주요내용

경납땜인정 기술기준(KEPIC-MQB)은 용접인정 기술기준(KEPIC-MQW)과 구성 및 내용이 유사하므로 여기서는 용접인정 기술기준 내용만을 기술하였다.

### 가. MQW 1000 용접 일반요건

#### (1) 적용범위

용접인정 기술기준의 적용범위는 건조 기술기준에 따른 기기의 공급, 설치 등과 관련한 용접에 적용하며 용접 일반요건, 용접절차시방서 인정 및 용접작업자 자격인정을 규정하고 있다. 주 참조기준에서의 ASME B & PV Code와 ASME B31.1 압력배관 코드는 건조 기술기준으로 대체하였다.

#### (2) 공급자의 책임사항

건조 기술기준의 일반요건에서 규정하는 품질보증시스템 인증을 공급자의 의무사항으로 요구하고 또한 공급자가 용접절차시방서와 용접작업자의 인정, 인정기록의 유지 및 자료제출에 대한 포괄적 책임을 지도록 하고 있다. 다만, 인정시험의 수행은 외부기관을 이용할 수 있도록 허용하고 있다.

#### (3) 용접절차시방서의 인정

용접절차시방서에 대한 인정시험의 종류는 기계시험과 비파괴검사로 구분되며 기계시험에는 인장, 굽힘, 필릿용접, 충격, 스티드용접 시험 등이 있고 비파괴검사에는 육안, 방사선투과검사 및 침투탐상검사가 있다. 인정시험의 종류, 시험편 개수와 치수 등은 이음 종류(흡용접, 필릿용접, 스티드용접, 덧살붙임 용접 등), 모재 재질, 모재 두께, 제품 형태 등에 따라 결정된다.

#### (4) 용접법

용접인정 기술기준에서 사용하고 있는 용접법의 종류를 다음의 14가지로 구분하고 있다.

- 피복아크용접(SMAW : Shielded Metal Arc Welding)
- 가스메탈아크용접(GMAW : Gas Metal Arc Welding)
- 가스텅스텐아크용접(GTAW : Gas Tungsten Arc Welding)
- 서브머지드아크용접(SAW : Submerged Arc Welding)
- 일렉트로슬래그용접(ESW : Electro Slag Welding)
- 일렉트로가스용접(EGW : Electro Gas Welding)
- 플라즈마아크용접(PAW : Plasma Arc Welding)
- 산소가스용접(OFW : Oxyfuel Welding)
- 스티드용접(SW : Stud Welding)
- 저항용접(RW : Resistance Welding)

- 전자빔용접(EBW : Electron Beam Welding)
- 레이저빔용접(LBW : Laser Beam Welding)
- 관성연속구동마찰용접(DFW : Inertia and Continuous Drive Friction Welding)
- 표면경화 살붙임(Hard Surfacing)

용접절차시방서와 용접작업자의 인정에 있어 용접법에 따른 용접변수는 별도로 제시한 표의 요건을 사용하여 관리할 수 있다.

**(5) 용접자세**

용접자세는 용접부의 위치와 방향을 말하고 용접작업자가 용접부에 향하는 자세를 나타낸다. 용접자세는 축과 면을 중심으로 하여 경사각 및 회전각으로 구분하며 아래 보기, 수평, 위보기, 수직 및 경사 자세로 나눈다. 흡용접과 필릿용접에 있어 각 자세에 대한 경사각은 동일하나 회전각은 서로 다른 것이 있다.

**(6) 용접용어**

용접용어는 주로 주 참조기준에 따르되 KS와 대한용접학회의 용접용어사전을 참조하여 추가 및 보완하였다.

**(7) MQW 1000 항목별 참조 기술기준**

(표 2 참조)

**나. MQW 2000 용접절차시방서 인정**

**(1) 용접절차시방서의 작성 및 인정절차**

MQW 2000에서는 용접절차시방서(WPS : Welding Procedure Specification)의 작성 및 인정절차에 대한 상세 내용을 구체적으로 사용자가 이해하기 쉽도록 그 순서를 단계적으로 구분 규정하고 있다(그림 3 참조).

**(2) WPS 작성준비**

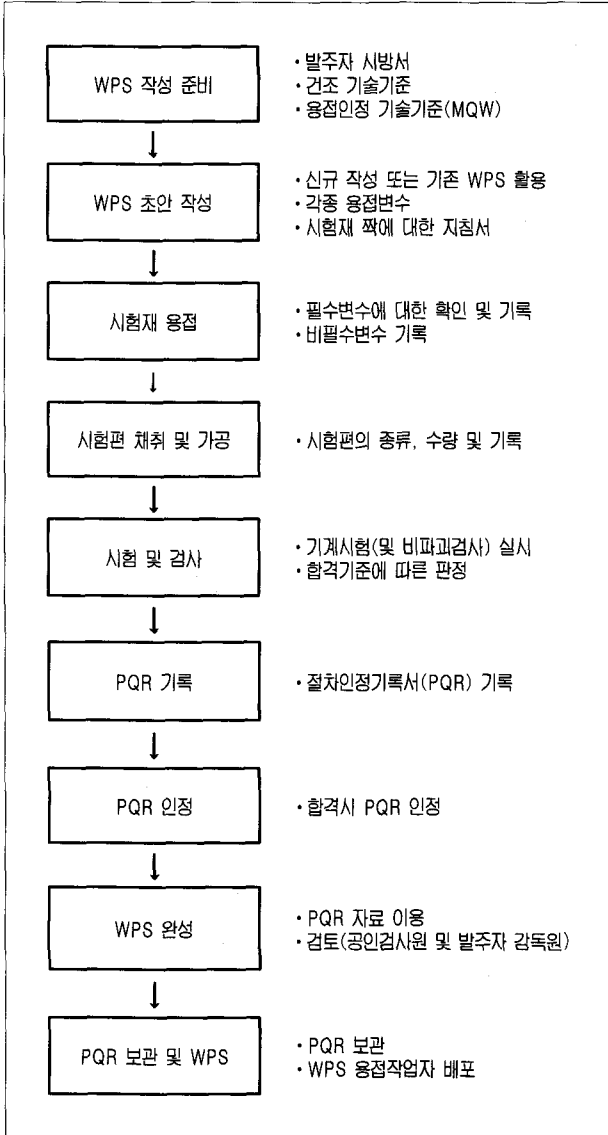
건조 기술기준에서 WPS의 인정에 대하여는 용접인정 기술기준(MQW)에 따르도록 규정하고, 있으나 관련 법규나 발주자 시방서 또는 건조 기술기준에 MQW 요건 이외에 추가 또는 변경 요건이 있을 경우에는 이러한 요건에도 만족하여야 한다. WPS를 인정하는 공급자는 품질보증 시스템에 용접요건의 관리 사항을 포함하고 있어야 한다.

**(3) WPS의 초안작성**

- 용접도면과 사용 용접법 및 이음의 종류, 모재 재질, 용접자세 등의 각종 용접변수를 주의 깊게 고려하고 뒷받침할 수 있는 기존 WPS 및 절차인정기록서(PQR : Procedure Qualification Report)의 이용 여부를 조사한다.

〈표 2〉 MQW 1000의 항목별 참조기술기준

기술기준 번호	기술기준 제목	기술기준 번호	기술기준 제목
MQW 1000	용접 일반요건	ASME IX Part QW	Art. I, II, III, IV, KEPIC, KS 용접용어사전
MQW 1100	일반사항	QW-100	General
MQW 1110	적용범위	QW-101	Scope
MQW 1200	공급자의 책임사항	QW-103	Responsibility
MQW 1300	용접절차시방서의 인정	QW-100.1	-
MQW 1400	용접작업자의 자격인정	QW-100.2	-
MQW 1500	용접법	QW-252~265	Welding Variables Procedure Specification(WPS)
MQW 1600	용접자세 및 시험자세	QW-110	Weld Orientation
MQW 1700	용접용어	QW-490	Definitions KS, 용접용어사전



〈그림 3〉 용접시방서의 작성 및 인정절차

○ 이용 가능한 WPS가 없을 경우에는 신규 WPS를 작성한다. WPS에는 필요한 모든 용접변수를 기록하고 시험재의 용접에서 WPS의 완성까지 이에 따른다. 이 경우에는 새로운 시험 및 새로운 PQR이 필요함을 의미한다.

○ 그대로 또는 일부 변경하여 이용가능한 WPS가 있을 경우에는 기존 WPS를 활용하여도 된다. WPS를 신규로 작성한다고 해서 반드시 신규 PQR이 필요한 것은 아니다. 단일 또는 여러 개의 PQR이 신규 WPS를 뒷받침할 수 있을 경우, 재인정하지 않고도 신규 WPS를 작성할 수 있다. 기존 WPS 및 PQR의 필수 변수의 특정값이 허용범위안에 있을 경우에는 기존 WPS 및 PQR을 그대로 사용하여도 된다. 필수 변수의 특정값이 허용범위를 벗어나는 경우에는 신규 WPS 및 PQR을 작성한다.

○ WPS는 시험재의 제작 및 용접작업자에게 유용한 작업 지침서가 되므로 필수변수 이외에 비필수 변수도 전부 기록하는 것이 바람직하다.

○ 충격 요건, 용접후열처리 요건 등 및 MQW에는 규정되지 않았거나 비필수 변수인 사항이 발주자 시방서 또는 건조 기술기준에서는 필수요건일 경우가 있으므로 WPS 작성시에는 발주자 시방서 및 건조 기술기준의 용접요건을 주의 깊게 검토한다.

**(4) 시험재 용접**

○ WPS 인정을 위한 시험재의 용접은 반드시 공급자가 직영하여야 하며 공급자의 가장 우수한 용접작업자가 시행하도록 한다. 비필수 변수를 규정할 경우, 용접작업자의 의견은 상당히 중요한 역할을 한다. 또한, WPS 인정시에 용접작업자 자격인정을 동시에 병행하여도 된다.

○ 시험재의 용접은 WPS 내용에 따라 실시하여야 하고 필수변수는 시험재의 용접중에 반드시 확인하고 그 결과는 PQR에 기록하여야 한다. 비필수 변수도 용접중에 확인하여 그 결과를 기록하는 것이 바람직하다. 비필수 변수의 경우에도 실제 용접시의 문제점 분석이나 나중에 작성될 WPS의 참조에 중요한 역할을 하게 된다.

- 시험재의 용접을 완료한 후 용접후열처리(PWHT) 요건을 검토한다.

**(5) 시험편 채취 및 가공**

각종 시험편의 종류, 수량 및 치수는 용접인정 기술기준의 요건에 적합하여야 하며, 시험편의 채취 및 가공은 공급자가 하도급하여도 되나 공급자가 책임을 진다.

**(6) 시험 및 검사**

- 인장시험, 굽힘시험 등의 시험 검사는 규정된 방법에 따라 실시하여야 한다.
- 시험 검사 결과는 규정된 합격기준에 따라 판정을 행한다.
- 인장시험의 경우, 시험편 번호, 폭, 두께, 면적, 하중 및 응력 등 이외에 파단 형상 및 위치도 기록하고 굽힘시험의 결과는 보통 합격 또는 불합격으로 표시하며 충격시험 등 및 기타시험의 경우에는 양식에 따라 기록한다.
- 시험 검사는 공급자가 하도급하여도 되나 공급자가 책임을 진다.

**(7) PQR 기록**

시험재의 용접시 확인된 내용 및 시험 검사 조건과 결과는 실제의 내용 그대로 정확하게 PQR에 기록하여야 한다.

**(8) PQR 인정**

시험 검사 결과가 합격기준에 적합한 경우에는 공급자가 인정한다. PQR은 용접인정 기술기준에서 허용하는 편집상의 수정이나 개정 이외에는 개정해서는 안된다.

**(9) WPS 완성**

PQR이 완료되면 PQR 자료에 근거한 모든 필수변수 및 비필수 변수를 WPS에 기록하여 WPS를 완성한다.

WPS 완성시에는 WPS를 넓은 범위의 일반용으로 작성할 것인지 또는 좁은 범위의 특정용으로 작성할 것인지를 결정하여 적절하게 작성하는 것이 바람직하다.

**(10) PQR 보관 및 WPS 배포**

완성된 PQR은 참조용으로 보관하며 용접작업자에게 배포할 필요는 없고 WPS는 용접작업자에게 배포한다.

**(11) 기타사항**

시험재의 용접과 시험 검사시의 입회, WPS 및 PQR의 검토는 관련 법규, 발주자 시방서, 건조 기술기준, MQW 요건 또는 발주자 감독원 및 공인 검사원의 결정에 따른다.

**(12) MQW 2000 항목별 참조 기술기준**

(표 3 참조)

**다. MQW 3000 용접작업자 자격인정**

**(1) 용접작업자 자격인정 절차**

MQW 3000에서는 용접작업자 자격인정(WPQ : Welder Performance Qualification)에 대한 상세 내용을 구체적으로 잘 규정하고 있으며 그 절차를 단계적으로 구분하여 설명하면 그림 4와 같다.

**(2) 인정된 WPS**

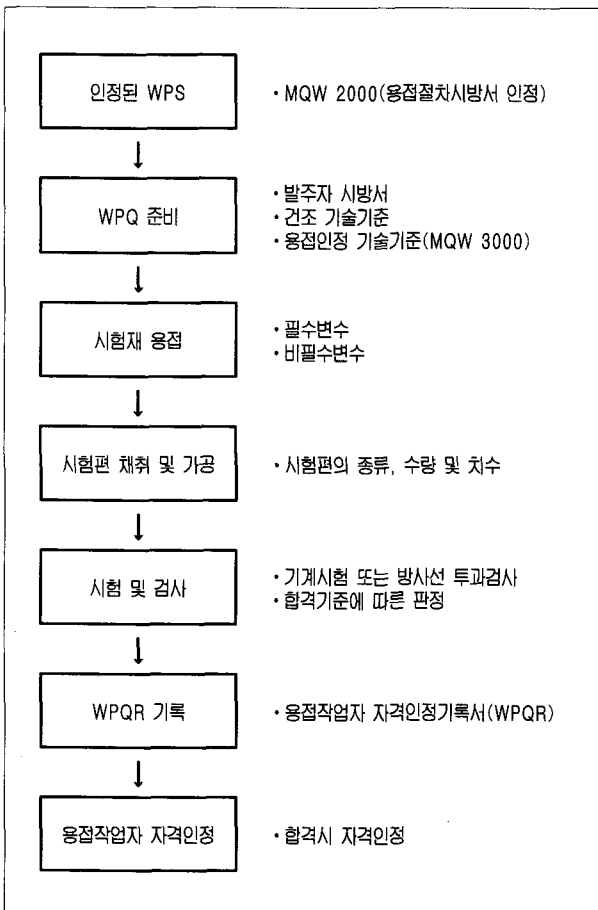
MQW 2000에 따라 인정된 WPS는 용접작업자 자격인정의 지침서가 된다.

**(3) WPQ 준비**

- 건조 기술기준에서 용접작업자 자격인정(WPQ)에 대해서는 MQW 3000에 따르도록 규정하고 있으나 관련 법규나 발주자 시방서 또는 건조 기술기준에서 MQW 3000 요건 이외에 추가 또는 변경 요건이 있을 경우에는 이러한 요건에도 만족하여야 한다.

〈표 3〉 MQW 2000 항목별 참조기술기준

기술기준 번호	기술기준 제목	기술기준 번호	기술기준 제목
MQW 2000	용접절차시방서 인정	ASME IX Part QW	Art. I, II, IV : KEPIC : KS ASME SA 370 : ASTM E208
MQW 2100	일반사항	QW-200	General
MQW 2200	공급자의 책임사항	QW-201	Manufacturer's or Contractor's Responsibility
MQW 2300	모재의 구분 및 용접 재료의 구분	QW-420 QW-430	P-numbers F-numbers
MQW 2400	기계시험의 시험편, 시험절차 및 합격기준	QW-150~QW-190	Tension Tests-other Tests and Examinations
MQW 2500	기타 검사 및 시험	QW-195 QW-196 QW-196	Liquid Penetrant Examination Resistance Weld Testing
MQW 2600	용접절차시방서 인정시험의 종류	QW-202	Type of Tests Required
MQW 2700	시험재의 준비	QW-210	Preparation of Test Coupon
MQW 2800	용접절차시방서의 용접 변수	QW-250 QW-140	Welding Variables Variables



〈그림 4〉 용접사 자격인정 순서

- 용접작업자 자격인정기록서(WPQR)의 사용 양식은 부록 A의 MQW-3에 추천하는 양식과 반드시 동일해야 할 필요는 없다. 양식은 사용 용접법에 필요한 필수 및 비필수 변수를 전부 기록할 수 있도록 작성된 적절한 것이어도 된다.
- MQW 2000에 따라 인정된 WPS의 인정시험시에 용접시험재의 용접을 수행하고 그 결과가 합격된 용접작업자는 동일한 용접법 및 MQW 3000에 규정된 필수변수의 제한범위 내에서는 자격인정된 것으로 한다.
- 사용 용접법, 용접자세 등의 WPQ에 대한 필수변수를 주의깊게 고려하고 인정되는 두께범위, 지름 및 자세에 대해서도 사전에 파악한다.

(4) 시험재 용접

- 용접작업자 자격인정을 위한 시험재의 용접은 반드시 공급자가 직영해야 하며 용접 중 공급자의 감독자가 관리 감독하여야 한다.
- 규정된 시험재를 제작할 것인지 또는 제품 용접부를 사용할 것인지를 미리 결정하고 시험을 기계시험으로 할 것인지 또는 방사선투과검사로 할 것인지도 미리 결정한다.

- 시험재의 용접은 인정된 WPS 내용에 따라 실시해야 하고 모재, 용접자세 등의 필수변수는 실제 그대로 기록하여야 한다.
- 시험재의 용접 중 공급자의 감독자는 용접작업자의 기량이 부족할 경우에는 언제라도 용접을 중단시킬 수 있다.
- 인정된 WPS에 예열이나 용접후열처리가 규정되어 있더라도 관련 법규, 발주자 시방서 또는 건조 기술기준에서 별도로 요구하지 않을 경우에는 예열 또는 용접후 열처리를 생략하여도 된다.

**(5) 시험편 채취 및 가공**

시험편의 종류, 채취 위치, 수량 및 치수는 용접인정 기술기준의 요건에 적합하여야 하며, 시험편의 채취 및 가공은 하도급하여도 되나 공급자의 책임사항이다.

**(6) 시험 및 검사**

- 굽힘시험, 필릿용접시험, 방사선투과검사 등의 시험 검사는 규정된 방법에 따라 실시하여야 한다.
- 시험 검사 결과는 규정된 합격기준에 따라 판정을 행한다.
- 시험 검사는 공급자가 하도급하여도 되나 공급자의

책임사항이다.

**(7) WPQR 기록**

시험재의 용접시에 확인된 내용과 시험 검사 조건 및 결과는 실제의 내용 그대로 정확하게 WPQR에 기록하여야 하며, 시험 검사 결과는 양식에 명시된 대로 기록하되 특정값 또는 합격, 불합격 등으로 표시한다.

**(8) 용접작업자 자격인정**

시험 검사 결과가 합격기준에 적합한 경우에는 공급자가 인정(일자기록 및 서명)한다. 자격 인정된 용접작업자는 용접작업자 식별기호를 부여하며 제품 용접작업을 실시할 수 있다. 시험 검사 결과가 불합격된 경우에는 재시험을 실시할 수 있다.

**(9) 기타사항**

시험재의 용접과 시험 검사시의 입회, WPQR의 검토는 관련 법규, 발주자 시방서, 건조 기술기준, MQW 요건 또는 발주자 감독원 및 공인 검사원의 결정에 따른다.

**(10) MQW 3000 항목별 참조기술기준**

(표 4 참조)

〈표 4〉 MQW 3000 항목별 참조기술기준

기술기준 번호	기술기준 제목	기술기준 번호	기술기준 제목
MQW 3000	용접작업자 자격인정	ASME IX PART QW	Art. I, III, IV KEPIC-MEN
MQW 3100	일반사항	QW-300	General
MQW 3200	자격인정시험	QW-301	Tests
MQW 3300	인정시험재	QW-310	Qualification Test Coupons
MQW 3400	재시험 및 인정갱신	QW-320	Retests and Renewal of Qualification
MQW 3500	용접사의 용접변수	QW-350	Welding Variables for Welders
MQW 3600	자동용접사의 용접변수	QW-360	Welding Variables for Welding Operators
MQW 3700	특수용접법	QW-380	Special Processes
부록 A	용접 양식-임의요건	Appendix B	Nonmandatory Welding and Brazing Forms
부록 B	P-번호 목록	Appendix D	Nonmandatory P-numbers Listing