

原電稼動中検査超音波探傷検査要員에 대한 資格認定要件

이종포

Qualification Requirements of Ultrasonic Examination Personnel for Preservice/Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components

Jong Po Lee

초음파탐상검사는 그 검사결과가 여타 비파괴검사법에 비해 검사자, 검사장비, 절차서 등 검사 시스템에의 의존도가 높으며, 이중에서도 특히 검사자의 능력과 숙련도에 크게 좌우된다. 따라서 검사결과의 신뢰도를 높이기 위해서는 무엇보다도 검사자에 대해 엄격한 자격인정(Qualification)이 필요하다. 초음파탐상검사는 원자력 발전소 기기의 가동전중검사시 가장 많이 적용하는 체적검사법으로써, 결함검출 및 평가의 신뢰도를 확보하기 위하여 최근 관련 기술기준에서는 검사자에 대해 보다 엄격한 자격인정을 요구함과 아울러 초음파탐상검사 시스템(검사자, 장비, 절차서)에 대한 기량검증(Performance Demonstration)까지를 요구하고 있다. 위의 두 가지 요건을 성공적으로 충족시킬 수 있다면, 초음파탐상기술의 신뢰도는 크게 향상될 것이다. 본고에서는 최근 보다 강화된 원전 가동전중검사 초음파탐상검사 요원의 자격인정요건에 대해 자세히 알아봄으로써 관련 국내 기술기준의 제정과 앞으로 국내 원전 초음파탐상 검사요원에 대한 본 자격인정요건의 적용에 대비코자 하였다. 한편, "초음파탐상검사 시스템에 대한 기량검증 요건"은 초음파탐상 검사요원의 자격인정 요건과 밀접한 관계가 있으므로 다음에 별도로 기술코자 한다.

1. 용 어

현재 한국비파괴검사 학회에서 비파괴검

사에 관련된 용어를 제정중에 있으므로 사람에게 따라 달리 표현하여 혼돈할 수 있는 중요한 몇 가지 용어에 대해 먼저 언급한다.

- Qualification : 자격인정, 기량인정 등으로 사용하나 자격인정으로 표현함.
- Certification : 자격증 발급, 기량인정 등으로 사용하나 자격증발급으로 표현함.
- Performance Demonstration : 기량검증, 기량확인, 기량실증 등으로 표현할 수 있으나 기량검증으로 함.

자격인정을 실시해야 하며, 1984년판 이전의 SNT-TC-1A에 의거 발행된 자격증은 자격증 갱신 때까지는 유효하며, 자격갱신시에는 1984년판 SNT-TC-1A 및 ASME XI 추가요건을 적용해야 한다. 외부기관(Outside Agency)을 통해 자격인정을 받을 수 있으나 이 경우 Level I, Level II 및 Level III의 자격증은 고용주 책임하에 고용주가 발행해야 한다.

2. 원전 초음파탐상검사요원 자격인정

2.1. 적용 기술기준

현재 국내 원전의 가동전중검사 적용규격인 ASME Sec. XI의 1992년판을 기준으로 볼 때 초음파탐상 검사요원에 대한 자격인정 요건은 과거에는 대부분 SNT-TC-1A의 "Recommended Practice"를 적용하던 것과는 달리 SNT-TC-1A 적용은 일부에 지나지 않으며, 자체에 초음파탐상검사 요원 자격인정에 대한 요건을 마련하여, 전보다 훨씬 강화된 엄격한 자격인정을 요구하고 있다. 즉, 원전 가동전중검사 초음파탐상검사 요원의 자격인정에 적용되는 요건(1992년판 기준)은 IWA-2300, SNT-TC-1A(1984년판)와 Appendix 7이다. ASME XI에서는 초음파탐상검사요원에 대한 자격인정 요건과 더불어 초음파탐상검사 결함검출 및 결함크기 평가시에 초음파탐상검사 시스템에 대한 종합적 기량검증(Performance Demonstration)요건도 충족시키도록 요구하고 있는 바, 이는 다음 기술 보고에서 자세히 살펴보기로 하고 본고에서는 IWA-2300과 부록 7을 위주로 기술코자 한다. 단, SNT-TC-1A는 원전검사뿐만 아니라 일반비파괴 검사 요원에 대한 자격인정시에 널리 적용되고 있어 잘 알려져 있기 때문에 여기에서는 구체적으로 언급하지 않기로 한다.

2.2. 일반 요건(IWA-2300 요건)

초음파 탐상검사 요원은 SNT-TC-1A(1984) 및 ASME XI의 추가 요건에 따라 준비된 "자격 인정 규정"(Written Practice)에 따라

2.3. 기본요건

- (1) 자격인정은 사용기법, 절차서 및 장비에 근거해야 한다.
- (2) 초음파 탐상검사 요원에 대한 훈련, 자격인정 및 자격증 발행시는 부록 VII의 요건(3.0 에서 자세히 기술함)을 준수해야 한다.
- (3) 검사요원은 시험에 의거 자격인정을 받아야 하며, SNT-TC-1A에 따라 자격증을 발행해야 한다.
- (4) Level I 및 Level II는 매 3년마다, Level III는 매 5년마다 자격 인정 시험을 통해 자격증을 갱신해야 한다.

2.4. 자격인정 시험

(1) 시력검사

한쪽 눈의 나안 또는 교정시력이 근거리 시력표 인증요건을 충족시키는 Jaeger표와 같은 근거리 시력표상의 단어를 읽거나 문자를 확인하여 Snellen 20/25 이상의 시력임을 매년 입증해야 한다. 또는 이와 동등한 근거리 시력 측정도 가능하다. 아울러 초음파탐상검사시 사용하는 색을 구분하고 색들간의 명암을 구별할 수 있음을 매년 입증해

Table 1. 근거리 시력검사 거리 및 문자 높이

검사거리(인치)	최대 소문자 높이(인치)
12	0.022
13	0.024
14	0.025
15	0.027
16	0.029

야 한다. 근거리 시력표의 문자는 최소사용 전에 한번은 Optical comparator(10X) 또는 다른 계기로 측정하여 소문자 높이 크기가 다음 Table 1의 요건을 충족시키는지 확인해야 한다. 측정결과를 문서화하여 검사표와 함께 추적이 가능토록 해야한다.

(2) Level III 요원

Level III비파괴검사 요원의 기술 자격인정은 필기 및 실기 시험을 통해 결정해야 한다. 필기 시험은 SNT-TC-1A에 규정된 기본, 검사법 및 전문분야 지식을 다루며, 실기시험은 Level II실기시험을 쳐야 한다.

- ① 기본 및 검사법 시험은 SNT-TC-1A를 따르며, 현재 ASNT Level III자격증을 소지한 경우는 기본 및 검사법 시험요건을 충족한 것으로 본다.
- ② 전문분야 시험은 SNT-TC-1A를 따라야 하며, ASME Sec. XI 의 합격기준, 인용규격 및 표준을 비롯한 ASME XI의 요건을 다루어야 한다.
- ③ Level III 비파괴검사 요원은 필기 검사법 및 필기 전문분야 시험과 실기시험을 통해 자격증 갱신을 해야 한다. 단, 다음의 조건들을 충족하는 경우에는 필기 검사법 및 필기 전문시험만으로 자격증 갱신이 가능하다.
- ㉠ Level III후보자가 전에 모든 필기시험 및 실기시험을 통해 자격증을 발급받았거나, 자격증을 갱신한 경우
- ㉡ Level III후보자가 고용주의 자격 인정 규정에 정한 업무 중단(계속 업무에 종사하지 못함) 때문에 자격증 갱신을 하지 않는 경우
- ㉢ Level III후보자가 새 고용주로 부터 자격증을 발급받지 않는 경우

(3) Level I 및 Level II 요원

Level I 및 Level II요원의 기술 자격인정은 필기 일반시험, 필기 전문시험 및 실기시험을 통해 결정해야 한다. 실기시험은 Level III가 관리해야 한다. 실기시험에는 사용장비의 보정 및 작동과 시험결과의 기록이 포함되어야 하며, 적어도 1개 이상의 초음파탐상검사 절차서에 대해 1개 이상의 선

정된 시험편 또는 기기를 사용하여야 한다. Level II 실기시험에는 지시의 평가가 역시 포함되어야 한다.

(4) 시험 준비, 시행 및 채점

시험은 고용주, ASNT, 또는 외부기관에서 준비하고 시행할 수 있다. 그러나, 자격인정 프로그램의 적절성과 비파괴검사자 자격증 발급에 대한 책임은 고용주에게 있다. 자격증 발급을 위한 합격 점수는 각 시험당 80% 이상 되어야 한다.

(5) Level I 의 책임

Level I 요원은 특정 셋업, 교정 및 검사를 수행할 때와 데이터를 기록할 때 서면 절차서를 사용해야 한다. 이들 업무는 Level II 또는 Level III의 지도하에 수행해야 한다. Level I 검사자는 비파괴검사 결과를 평가하거나 합격시킬 수 없다.

(6) Level III의 학력

Level III후보자의 학력은 고졸 또는 이와 동등해야 한다.

(7) 한정 자격증

한정 자격증은 허용 된다. 단, 한정 또는 제한 사항을 자격 인정 규정에 명시하고 개인의 자격증 기록에 기록해야 한다. 한 가지 이상의 업무로 구성되는 검사중 한 업무만 수행하는 요원 또는 한정된 범위의 검사를 수행하는 요원에 대한 필수 훈련 및 경력 요건은 SNT-TC-1A 또는 부록 VII(3.0의 내용)의 요건보다 작아도 된다.

3. ASME XI, 부록 VII의 UT요원 자격 인정 요건

3.1. 개요 및 범위

본 부록은 고용주가 자격증을 준비하는 데 있어 비파괴검사를 수행하는 초음파 비파괴검사 요원에 대한 훈련 및 자격인정 요건을 규정한다. 요원은 상기한 2.0(IWA-2300)에 따라 본 부록의 수정내용 대로 자격인정을 받아야 한다.

3.2. 자격인정 등급

3.2.1. 일반요건

- (1) 훈련생, Level I, Level II, Level III 및 비파괴검사 강사 등 5가지 등급이 있어야 한다.
- (2) 훈련생, Level I, Level II 및 Level III에 관련된 기술 및 책임은 SNT-TC-1A내용과 동일하다.
- (3) 비파괴검사 강사는 과정 개요를 개발하고 서면 과정 개요에 따라 교실 및 실습 강의 프로그램을 제공할 책임이 있다. 비파괴검사 강사는 강의할 비파괴검사법을 숙지해야하며 검사법의 이론, 기술 및 실기측면을 효과적으로 전달할 수 있어야 한다.

3.3. 자격 인정 규정

3.3.1 일반요건

훈련, 시험 또는 자격인정 업무를 수행하는 조직은 이를 관리하고 실시하기 위한 자격 인정 규정을 제정해야 한다.

- (1) 경력 : 자격 인정 규정에는 아래 3.4.1.에 따라 각 자격인정 등급에 대한 경력요건 및 특수 비파괴검사 응용에 요구되는 추가경력을 명시해야 한다.
- (2) 훈련 : 자격인정 규정에 다음사항을 명시해야 한다.
 - ① 각 자격인정 등급에 대해 아래 3.4.2.에 따른 교실 및 실습훈련 요건
 - ② 특수 비파괴검사 응용에 요구되는 추가훈련
 - ③ 강의시간 수를 비롯한 각 자격인정 등급에 대한 과정 개요
- (3) 매년훈련 : 자격 인정 규정에 각 자격인정 등급에 대한 시험요건을 명시해야 하며, 매년 훈련은 3.4.2. (4)에 따라야 한다.
- (4) 시험 : 자격 인정 규정에 각 자격인정 등급에 대한 시험요건을 명시해야 하며, 시험요건은 3.4.3.에 따라야 한다.

3.3.2. 책임

자격인정 규정에 시험실시 또는 요원 자

격 인정 계획을 시행하는 요원에 대한 책임, 의무 및 자격 인정 요건을 명시해야 한다. 자격 인정규정에 비파괴검사 강사, Level III 요원 혹은 교실 또는 실습훈련을 제공하는 기타 개인에 대한 책임사항을 명시해야 한다.

3.3.3. 외부기관의 이용

- (1) 외부기관이란 비파괴검사 Level III 또는 비파괴검사 강사 용역을 제공하며, 외부 기관을 고용하는 조직이 자기 요원들의 자격인정을 의뢰하는 조직 또는 개인을 말한다. 외부기관을 고용하는 조직의 자격 인정규정에는 외부기관이 본 부록의 해당요건을 충족시킴을 보증하기 위한 요건을 명시해야 한다.
- (2) 각 외부기관은 기관의 자격인정기록으로 유지해야 하는 문서들을 명시하는 자격 인정규정을 유지해야한다. 본 문서에는 자격인정시험, 후보자 성명 및 자격등급, 전체 과정 점수, 자격인정 시험 점수와 같은 정보가 포함되어야 한다.

3.3.4. 비밀

자격인정자료(예;시험문제, 답안지 및 시험편)의 비밀을 보증하기 위한 규정이 자격인정 규정에 포함되어야 한다. 그러한 자격인정 자료에 대한 접근은 제한돼야 하며, 자격인정 시험은 안전 파일에 보관해야 한다.

3.3.5. 훈련과정 자료 비치

훈련과정 자료는 사용자 조직 및 관할기관이 검토 또는 감사할 수 있도록 비치해야 한다. 훈련과정 자료는 정상적으로 적용되는 복사권 법률 이외의 비밀요건의 대상이 되지 않아야 한다.

3.4. 자격 인정 요건

3.4.1. 경력

- (1) 초음파 탐상검사 최초 자격증 : 초음파탐상검사 최초 자격증에 필요한 경력요건은 Table 2와 같다. 본 부록에서 사용되는 바와 같이 경력은 해당 비파괴검사 등급에 대해 3.2.절에 설

명 또는 인용된 기술활동의 수행을 의미한다.

(2) Level III요원에 대한 경력 선택 : Level III자격인정에 대해 Table 2에 명시된 3가지 경력 선택은 다음과 같다.

- ① 선택 1 : 공인 4년제 공학 또는 과학 대학(교)를 졸업하고 공학사 또는 과학사 학위를 취득한 후 초음파탐상검사법의 비파괴검사 Level II에 상당하는 임무에 2년간의 비파괴검사 경력을 가짐. 2년 경력중 최소한 1년은 원자력 응용분야 경력이어야 하며, 이 1년간의 경력에는 실제 검사 수행 및 실제 검사결과의 평가업무가 포함되어야 한다.

Table 2. 초음파탐상검사법의 최초자격증에 필요한 경력(시간)

훈련생	Level I	Level II	Level III
필요없음	250	800	4200/2100(선택1)
			6300/4200(선택2)
			8400/4200(선택3)

주 : ㉠ Level II자격을 위한 경력은 Level I에서의 시간임. Level I에서의 경력시간 없이 Level II자격을 바로 취득코자 할 때에는 Level I 및 Level II에 필요한 총 경력시간을 적용해야 한다.

㉡ Level III에 대한 선택(예, 선택1 : 4200/2100)을 활용할 때, 첫번째 숫자는 필요한 총 경력을 나타내며, 두번째 숫자는 원자력 응용분야의 총 경력을 나타낸다.

㉢ SNT-TC-1A의 동시 경력 취득규정은 적용하지 않는다.

- ② 선택 2 : 대학(교) 또는 기술학교에서 최소한 총 2년간 공학 또는 과학교육을 이수하고 초음파탐상 검사법의 비파괴검사 Level II에 상당하는 임무에 3년간의 비파괴검사 경력을 가짐. 3년 경력중 최소한 2년은 원자력 응용분야 경력이어야 하며, 이 2년간의 경력에는 실제 검사수행 및 실제 검사결과의 평

가업무가 포함되어야 한다.

- ③ 선택 3 : 고등학교 졸업 또는 이와 동등한 학력을 갖추고 Level II에 상당하는 임무에 4년간의 경력을 가짐. 4년 경력중 최소한 2년은 원자력 응용 분야 경력이어야 하며, 이 2년간의 경력에는 실제 검사수행 및 실제 검사결과의 평가업무가 포함되어야 한다.

(3) 경력기록

- ① 각 자격 등급의 최초 자격증에 대한 경력을 입증하기위해 고용주가 유지하는 기록에는 수행업무, 검사법 수행 시간 수 및 자격등급이 포함되어야 한다.

② 현재의 고용주가 문서화한 경력을 본 부록에 따라 Level III 승인 조건으로 자격증 발행시 사용할 수 있다.

③ 전 직장에서의 경력은 서류상으로 뒷받침할 수 있을 경우 경력으로 인정할 수 있다. 서류는 전 직장 고용주로부터 얻은 경력기록양식의 복사본 혹은 인정받고자 하는 초음파탐상검사법 경력의 형태 및 범위를 증명하는 전 고용주 간부중 책임담당자가 서명날인한 서면진술서도 가능하다. Level III는 서류를 검토하고 이전의 경력이 현재 고용주의 자격 인정 규정에 부합되는 지를 판단할 책임이 있다.

(4) 비파괴검사 강사 자격 인정

비파괴검사 강사로 자격 인정을 받고자 하는 후보자는 ASME Sec. XI, IWA-2300의 Level III 기본 및 검사법 시험요건을 만족시켜야 하며, 다음 요건중 하나를 충족시켜야 한다.

- ① 후보자는 주, 지방관서, 또는 연방기관 발행 현직교사 또는 직업훈련 강사자격증을 소지하고 있어야 한다.
- ② 후보자는 최소 40시간의 훈련기법 및 교수기법 강의를 이수하여야 한다.

3.4.2. 훈 련

(1) 계획, 시설 및 자료

- ① 요원은 보충서 1에 기술한 훈련 프로그램(4.절 참조)을 성공적으로 이수해야 한다.
- ② 훈련은 비파괴검사 강사가 실시해야 한다. 단, 비파괴검사 강사가 지정한 사람이 수행할 수 있는 부분은 예외이다.
- ③ 교실 및 실습교실을 갖추어야 한다.
- ④ 훈련과정 자료를 준비하여 피훈련자에게 제공해야 한다.

(2) 훈련과정 내용 및 기간

- ① 훈련과정 내용은 보충서 1에 따라야 한다.
- ② 최초훈련 시간은 Table 3에 규정한 대로 해야 한다.

Table 3. 최초 훈련시간(교실/실습)

Level I	Level II	Level III
40/40	40/40	40/40

주 : ㉠ Level I을 거치지 않고 Level II 자격을 바로 취득코자 할 경우 Level I 및 Level II에 필요한 총 훈련시간을 적용해야 한다.

㉡ Level I 또는 Level II를 거치지 않고 Level III자격을 바로 취득코자 할 경우, Level I, Level II 및 III에 필요한 총 훈련시간을 적용해야 한다.

㉢ 보충서 1(4.절 참고)의 4.9.에 수록된 주제를 다루는 산업 또는 교육훈련 과정을 이수하면 Level III요원에 필요한 훈련을 이수한 것으로 볼 수 있다.

㉣ 보충서1의 각 주제에 할애할 강의 시간은 비파괴검사 강사가 결정해야 한다.

(3) 최초 훈련 효과에 대한 평가

- ① 자격증 발급을 위한 자격인정 시험(3.4.3.)을 각 훈련 끝에 실시하지 않을 경우, 최종과정 시험을 보게해야 한다. 훈련시간에 대한 학점을 얻기

위해서는 성적이 70%이상 되어야 한다.

- ② 개인이 최종 과정시험에 불합격했을 때는 재시험 전에 추가훈련을 받아야 한다. 추가 훈련은 개인이 보인 취약한 부분에 대해 실시하고 비파괴검사 강사는 이를 문서화해야 한다.

(4) 매년 훈련

신규 개발, 재료과괴 모드 및 고용주가 결정한 여타 관련 기술 주제에 대한 지식을 부여하기 위해 매년 추가훈련을 실시해야 한다. 본 훈련은 연간 최소한 10시간을 실시해야 한다. 참석 및 훈련시 다루었던 주제들 기록 유지해야 한다.

3.4.3. 시험

Level I, Level II 및 Level III 후보자는 시험을 보기 위해서는 상기 3.4.2.의 훈련 요건을 성공적으로 이수해야 한다.

(1) 시험문제 및 시험편

- ① 자격인정시험의 일부로 실시하는 각 필기시험에 대해 시험당 최소요구 문제수의 2배수 이상을 “문제은행”에 비치해야 한다. 각 자격인정 시험은 임의 선정과정을 통해 문제은행에서 뽑아야 한다.

- ② UT기량검증(즉, 부록 VIII)용으로 준비된 시험편을 사용하지 않으면서 자격인정 시험으로 실시하는 각 실기시험을 위해서 적어도 5개의 결함이 내재된 “시험편 은행”을 비치해야 한다. 시험편 은행에 있는 결함은 IWB-3500의 기준을 초과하지 않는 결함을 모의하거나 실제 결함 혹은 양자를 혼합 한 것이어야 한다. 각 실기시험용 시험편세트는 임의선정과정을 통해 시험편 은행에서 뽑아야 한다. 시험편 세트에는 시험편의 1/3 이하만이 검출에 요구되는 결함을 내재하도록 하기위해 시험편 세트에 건전한 시험편을 포함시켜야 한다. 시험편은 결함시험편 및 건전 시험편을 확인할 수 없도록 결함위

치가 보이지 않게 가려야 한다.

(2) Level I 및 Level II 자격인정 시험

① Level I 및 Level II 일반시험

일반시험은 최소 40문항의 책을 참고하지 않는 필기시험으로써, 본 초음파탐상법(UT)에 관련된 기술원리를 다루어야 한다.

② Level I 및 Level II 전문시험

① 전문시험은 최소 40문항의 필기시험이라야 하며, 그래프, 표, 사양서, 절차서 및 규격과 같은 필요한 자료는 제공해야 한다.

② 전문 시험문제중 40%에서 60%는 ASME XI에 관한 것이어야 하며, 나머지 문제는 UT법에 적용되는 절차서 및 사양서에 관한 것이어야 한다.

③ Level I 및 Level II 실기 시험

① 후보자는 발전소 기기검사용으로 준비된 적절한 대비시험편 및 서면 UT절차서를 사용하는 해당 초음파탐상검사에 익숙하고 이를 수행할 수 있음을 Level III가 만족할 수 있도록 입증해 보여야 한다.

② 실기시험에는 3.4.3. (1) ②에 부합되는 시험편 세트에 대한 검사가 포함되어야 한다. 대안으로 부록 VIII에 따른 UT기량검증을 성공적으로 끝내면 이를 실기시험으로 대신할 수 있다.

③ 종파 및 횡파 기술을 사용하여 후보자의 기량을 평가하기 위하여 최소 10개의 주요 점검항목이 포함된 평가보고서를 사용해야 한다. 다음의 점검항목들이 포함되어야 한다.

- ㉠ 주사기법
- ㉡ 장비설치 및 교정
- ㉢ 탐촉자 선정
- ㉣ 데이터 기록(Level I 및 II)
- ㉤ 비파괴검사 보고서(Level II) 및
- ㉥ 기록 기준에 따른 평가

④ 시험편 및 대비시험편에 대한 설명,

사용절차서, 평가보고서와 후보자가 준비한 검사보고서를 자격기록의 일부로 보관 해야한다.

(3) Level III 자격인정 시험

① Level III의 기본 및 검사법 시험은 SNT-TC-1A에 따라야 한다.

② Level III 전문시험은 최소 30문항의 필기시험으로 해야 한다. 문항의 40%에서 60%는 ASME XI의 UT검사, 평가 및 합격기준에 관한 것이어야 한다. 그래프, 표, 사양서, 절차서 및 규격과 같은 필요한 자료는 제공해야 한다.

③ 최초 Level III 자격 후보자는 3.4.3. (2) ③ 의 Level II 규정에 따라 실기시험도 이수해야 한다.

④ Level III 비파괴검사 요원은 필기 검사법 및 필기 전문분야 시험과 실기 시험을 통해 자격증 갱신을 해야 한다. 단, 다음의 조건들을 충족하는 경우에는 필기 검사법 및 필기 전문 시험만으로 자격증 갱신이 가능하다.

① Level III 후보자가 전에 모든 필기시험 및 실기시험을 통해 자격증을 발급받았거나, 자격증을 갱신한 경우.

② Level III 후보자가 고용주의 자격 인정 규정에 정한 업무 중단(계속 업무에 종사하지 못함) 때문에 자격증 갱신을 하지 않는 경우

③ Level III 후보자가 새 고용주로 부터 자격증을 발급받지 않는 경우

(4) 시험관리

① Level I 및 Level II 의 일반, 전문 및 실기시험 :

일반, 전문 및 실기시험은 Level III가 승인, 관리 및 채점해야 한다. 후보자는 훈련용으로 사용되지 않은 시험편으로 ASME Sec. XI요건에 따른 절차서, 기술 및 장비를 사용하여 실기시험을 쳐야 한다.

② Level III 기본, 검사법, 전문 및 실기

시험

- ㉠ Level III 기본 및 검사법 시험은 외부기관에서 실시하고 채점해야 한다.
- ㉡ 전문 및 실기시험은 외부기관 또는 고용주가 고용한 Level III가 승인, 관리하고 채점해야 한다.

(5) 시험 채점

- ① 각 시험의 합격점수는 80%이상이어야 한다. 외부기관에서 시험을 채점할 때는 실제 점수가 기록되어 제공되지 않는 한 합격된 후보자의 시험에 대해 점수를 80%로 간주해야 한다.
- ② 실기시험은 시험편세트 내에 있는 기지상태(Known conditions)의 80%를 시험에 적용가능한 바 대로 정확히 검출, 위치파악, 판독, 평가 또는 기록하지 못하면 후보자가 시험에 떨어지도록 채점해야 한다. 뿐만 아니라 최대 판단잘못(False Call)을 10%로 부가해야 한다.(즉, 결함없는 시험편의 10%이하를 결함이 있는 것으로 보고해야 한다.)

(6) 재시험

- ① 자격인정시험에 떨어진 개인은 Level III가 결정한 추가훈련을 받아야 한다. 본 결정은 개인이 합격 점수를 얻지 못한 주제 또는 과목을 기준해야 한다.
- ② 재시험문제는 임의 선정과정을 통해 뽑거나 또는 시험문제에 최소한 30%의 다른 문제 또는 문구를 달리는 문제가 포함되어야 한다. 실기시험편 세트는 불합격한 후보자가 가장 최근의 실기시험동안 사용한 결함들과 최소한 50%가 다른 결함이 들어 있어야 한다.
- ③ 개인은 연속 12개월 기간내에 2번을 초과하여 재시험을 볼 수 없다.

3.4.4. 업무 중단

연속 12개월 기간동안 자격증 등급에 관련된 임무를 수행하지 않은 요원은 업무를

중단한 것으로 간주해야 하며, 비파괴검사업무를 맡기기 전에 숙련도를 계속 유지하는지 보증하기위해 실기시험(Level I 및 Level II요원) 또는 전문시험(Level III요원)을 성공적으로 완수해야 한다. 본 시험의 결과를 개인의 자격증 기록 일부로 문서화하고 보관해야 한다.

3.5. 자격인정기록

3.5.1. 자격증 발급전 기록

자격증 발급 또는 자격증 갱신 전에 개인의 기록에는 다음사항이 포함되어야 한다.

- ① 개인의 성명
- ② 자격 인정등급
- ③ 전공 및 경력
- ④ 훈련시간, 참석 날짜 및 훈련기관을 비롯한 훈련이수 증명서
- ⑤ 매년 보충훈련 기록
- ⑥ 시력검사 결과
- ⑦ 현재의 자격인정 시험결과 : 실제시험을 추적 가능토록 해야 함
- ⑧ 각 자격인정 시험 점수

3.5.2. 자격증 기록

3.5.1.요건의 기록에 덧붙여 자격증이 부여된 개인의 기록에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

- (1) 현재의 자격 부여 날짜 및 자격 만료 일자
- (2) 자격증 부여 고용주 대표자 성명 및 서명
- (3) 숙련도 보유 증거(3.4.4.)

3.5.3. 기록유지

자격인정 기록은 고용주가 유지해야 한다. 뿐만아니라 훈련 및 자격인정 업무를 수행한 대외기관은 3.3.3.에 규정된 자격인정 기록을 유지해야 한다.

3.6. 공인 원자력 가동중검사자(Inspector)

검사요원의 자격인정 및 자격증이 본 부록에 부합되는 지를 확인하는 것은 Inspector의 임무이다.

**4. 보충서 1-초음파탐상검사법에 대한
최초 훈련과정의 최소 내용**

4.1. 음의 기본적인 성질

- (1) 주파수, 속도 및 파장
- (2) 초음파 진동의 정의
- (3) 초음파 진동의 일반적 응용

4.2. 파의 전파 원리

- (1) 진동모드
- (2) 음향 임피던스
- (3) 반사
- (4) 굴절 및 모드 변화
- (5) 회절, 확산 및 감쇄
- (6) 프레스넬 및 프라운호퍼 영향

4.3. 초음파 발생

- (1) 압전 특성 및 진동자 형태
- (2) 초음파 탐촉자 제작
- (3) 탐촉자 특성
 - ① 여러가지 진동자의 변환 효율
 - ② 주파수와 진동자 두께와의 관계
 - ③ 댐핑 및 분해능
 - ④ 빔 강도 특성
 - ⑤ 퍼짐
- (4) 탐촉자에 대한 주의 사항

4.4. 초음파탐상검사 기술

- (1) 접촉 검사
 - ① 수직빔
 - ② 사각빔
 - ③ 표면파
 - ④ 램파
 - ⑤ 투과법
- (2) 수침검사
 - ① 수직빔
 - ② 사각빔
 - ③ 투과법
- (3) 기타 수침법
 - ① 특수장치를 사용한 검사법
- (4) 공진 검사법
- (5) 기하학적 지시, 결함지시 및 지시 구별 방법

- (6) 결함 크기평가

4.5. 초음파 탐상검사 장비

- (1) 기본 펄스 에코 계기 개요
 - ① 시간베이스 회로
 - ② 펄스 회로
 - ③ A주사 디스플레이 회로
- (2) 특수 계기
 - ① B주사 디스플레이
 - ② C주사 디스플레이
 - ③ 모니터 및 기록 장치
- (3) 주사 장비
 - ① 조종장치
 - ② 브리지
 - ③ 특수 주사장치

4.6. 특수장비 조작

- ① 일반 조작 특성
- ② 회로 기능 블록 다이어그램
- ③ 외부 조작의 목적 및 제어
- ④ 장비 및 대비시험편에 대한 주의

4.7. 특수검사 절차서

- (1) 검사파라미터의 선정
 - ① 주파수
 - ② 탐촉자의 크기 및 형태
 - ③ 물거리(수침검사)
 - ④ 주사속도 및 주사 증분
- (2) 검사 표준
 - ① 초음파 표준시험편
 - ② 검사감도 조정
- (3) 결과 판독
 - ① 합격 기준
 - ② 결함으로부터 나온 응답과 초음파 표준으로부터 나온 응답과의 비교
 - ③ 불연속부의 평가길이
 - ④ 불연속 위치
 - ⑤ 영역
- (4) 검사기록
 - ① 데이터 양식
 - ② 그림(결함 위치)
 - ③ 식별 스탬프 및 자격증
- (5) 장비 성능 변화

4.8. 검사결과에 영향을 미치는 변수

- (1) 계기성능 변화
- (2) 탐촉자 성능변화
- (3) 검사품의 변화
 - ① 입사면의 상태
 - ② 검사체 크기 및 형상
 - ③ 금속학적 구조
- (4) 결함변화
 - ① 크기 및 형상
 - ② 입사점으로 부터 떨어진 거리
 - ③ 입사면에 대한 방향
 - ④ 결함 형태 및 반사특성

4.9. Level III에 대한 추가 훈련

- (1) 원자력 발전소 설계, 제작, 기능 및 계통 운전
- (2) 재료, 금속 가공, 제작기술, 파손기구 및 파괴역학 기술
- (3) 가동중검사시 주로 사용되는 비파괴 검사법에 대한 복습
- (4) 비파괴검사 요원 자격인정 및 자격증 발급 실무의 관리 및 강의 기법
- (5) 규격, 표준 및 규제요건
- (6) 절차서 준비

5. 강화된 UT요원 자격인정 요건 요약

지금까지 살펴본 바와 같이, 기존의 원전 가동중검사 초음파탐상 검사요원에 대한 자격인정 요건에 비해 보다 강화된 자격인정 요건을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 지금까지는 자격인정에 관한 사항을 SNT-TC-1A의 "Recommended Practice"를 기본으로 하였기 때문에 강제 사항은 아니었으나, 극히 일부 SNT-TC-1A를 사용하는 부분을 제외하면 신규요건은 꼭 준수해야 하는 강제요건이다.
- (2) 자격 등급에 비파괴검사 강사를 추가 하고, 비파괴검사 강사자의 임무, 자격요건을 명시하였으며, 훈련은 비파괴검사 강사가 기본적으로 하도록 하였다.

- (3) 훈련 요건을 강화하였다. 즉, 학력과 자격등급에 관계 없이 공히 교실 및 실습훈련시간을 각각 40시간씩을 하도록 요구하고 있으며, 훈련내용 개요를 명시하였다. 또한, 매년 10시간씩의 추가 훈련을 받도록 요구하고 있다.
- (4) 경력 요건을 기존의 개월 수에서 시간 수로 바꾸었으며, 특히 총 경력중에서 원자력 응용분야 경력을 일정 이상 요구(50%이상)하고 있다. SNT-TC-1A에 있는 동시경력 취득은 허용하지 않는다.
- (5) Level III 자격인정 요건에 훈련 뿐만 아니라 실기시험 요건을 추가하였으며, 기본 및 검사법 시험은 외부기관 (Outside Agency)에서 보도록 요구함. 또한 시험을 통해 자격증 갱신을 하도록 함.(단, 기본 시험은 면제되고 특별한 조건의 경우에는 실기시험도 면제됨)
- (6) 실기시험 요건을 구체적으로 명시함. 시험편 갯 수, 건전 시험편과 결함 시험편 비율, 결함 크기, 최대 허용 판단잘못(False Call)%, 실기시험 채점 기준 및 방법 등을 명시함.
- (7) 전문(Specific)시험과 관련하여 시험문제는 40%에서 60%를 ASME XI에 관한 것을 출제하도록 요구하고 있다.
- (8) 연속 12개월간 자격증 등급에 관련된 임무를 수행하지 않으면 Level I 및 Level II 는 실기시험을, Level III는 전문 분야 시험을 보도록 함.
- (9) 재시험 기회를 제한하고, 시험에 불합격한 요원은 추가훈련을 받도록 함. 재시험 문제에 대한 요건을 설정함.

6. 결 어

초음파탐상 검사 결과는 검사요원, 사용 검사장비 및 검사 절차서에 크게 좌우되므로 검사 신뢰도를 높이고 초음파탐상 검사

를 효과적으로 적용하기 위해서는 검사요원에 대한 엄격한 자격인정이 필요하다. 특히 안전성을 생명으로 하는 원전의 경우, 그 중요성은 아무리 강조하여도 지나치지 않을 것이다. 현재 국내 원전 가동전중검사 적용 규격인 ASME XI의 최근판(1992)에서 요구하고 있는 초음파 탐상검사 요원에 대한 자격인정 요건을 살펴봄으로써 국내 기술기준 제정과 국내 초음파 탐상검사 검사요원의 자격인정에 참고가 되었으면 한다. 아울러

국내 원전 안전성과 초음파탐상 검사의 신뢰도 제고를 위하여 초음파탐상 검사요원 자격인정 뿐만 아니라 초음파탐상검사 시스템에 대한 기량검증(Performance Demonstration)요건의 적용이 불가피함을 직시할 때 이에 대한 대비가 미리 이루어져야 할 것이다. 즉, 자격 인정 및 기량검증 요건을 충족시키기 위해서는 상당한 준비기간이 소요됨을 감안하여 되도록 빨리 이에 대한 준비를 시작하여야 할 것으로 사료된다.