

KN-12 수송용기 용접부 누설시험평가

방경식 · 이주찬 · 서기석 · 장기환* · 이경복**
 한국원자력연구원 · 한국수력원자력* · 한진 KPS**
nksbang@kaeri.re.kr

KN-12 수송용기는 PWR 사용후연료 집합체 12다발을 습식 및 건식조건으로 수송할 수 있도록 설계되고, 두 개의 수송용기가 제작되어 2002년도에 KINS로부터 B(U)F형으로 인허가를 획득하였으며, 한국수력원자력(주) 고리 원자력발전소 1, 2호기의 사용후연료 저장 풀에 보관중인 사용후연료를 고리 원자력발전소 3, 4호기 사용후연료 저장 풀로 운반하여 저장하는데 사용되고 있다. 과학기술부고시 제2001-19호에서는 이러한 핵분열성물질 혹은 B형 운반용기에 대하여 매 5년마다 사용검사를 수행하도록 규정하고 있다[1]. 따라서, 과학기술부고시에서 규정하고 있는 요건 중 하나인 용접부위 비파괴검사에 대한 사용검사절차를 수립하고 KN-12 수송용기 격납체통의 구조 건전성 유지 여부를 확인하기 위하여 KINS 입회하에 고리 원자력발전소 2호기 제염 조에서 비파괴검사를 수행하였다.

KN-12 수송용기는 PWR 사용후연료 집합체를 12다발까지 습식(내부에 물 충전) 또는 건식(내부 건조 후 헬륨가스 충전)조건으로 수송할 수 있도록 설계된 운반용기로서, 핵분열성물질 운반물인 B(U)F형으로 승인되었다.

그림 1은 KN-12 수송용기의 개요도이다. 내부 핵연료 및 충격 완충체를 포함한 수송용기의 총 중량은 85톤이며, 빈 용기는 62톤으로 설계되었다. 충격 완충체를 포함한 용기의 총길이는 5.744 m이고 용기 본체의 외경은 1.942 m이다. 주요 재질은 구조재 및 감마선 차폐체로 탄소강을 사용하였고 중성자 차폐체로는 PE를 사용하였다. 설계기준 연료는 연소도 50,000 MWD/MTU, 초기농축도 5.0 wt.%를 기준으로 7년 냉각된 PWR 사용후연료 12다발의 최대 붕괴열은 12.6 kW, 최대방사능량은 1.39×10^{17} Bq이다.

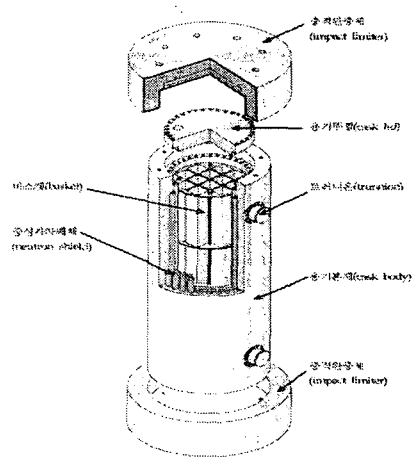


그림 1. KN-12 수송용기 개요도.

1. 검사방법

ASME Boiler & Pressure Vessel Code Section V의 "Nondestructive Examination" [2]에서는 비파괴검사방법에 대해 8가지¹⁾로 분류하고 있다. 일반적으로 용접부에 대한 비파괴검사는 RT, UT 및 PT를 사용하여 수행하고 있으며, 실제로 KN-12의 제작검사에서도 이들 방법으로 용접부 비파괴검사를 수행하였었다. 그러나, 현재 사용하고 KN-12의 용접부에 대한 비파괴검사를 RT, UT 또는 PT를 사용하여 수행하기 위해서는 KN-12 용접부 위에 덧 입혀져 있는 피복부위를 제거하여야만 한다. 따라서, KN-12 수송용기의 비파괴검사는 Leak Test로 수행되었다.

ANSI N14.5[3]와 국제규격인 ISO 12807[4]에서는 방사성물질 운반용기의 Leak Test에 대한 방법 및 절차를 기술하고 있다. 따라서, KN-12 수송용기의 용접부위에 대한 Leak Test는 이들 규격에서 규정하고 있는 방법 중 Tracer Gas Test(Sniffer Technique)방법을 적용하였다. Leak Test를 수행하기 위한 가스는 순도 99.999%의 헬륨을 사용하였으며, 헬륨누설검사 장비는 Alcatel

1) RT(Radio-graphic Examination), UT(Ultrasonic Examination), MT(Magnetic Particle Examination), PT(Liquid Penetrant Examination), VT(Visual Examination), LT(Leak Testing), ET(Electromagnetic: Eddy Current), AE (Acoustic Emission Examination)

사의 모델 ASM-122D인 Helium Mass Spectrometer를 사용하였다.

2. 검사절차

KN-12 수송용기 용접부위에 대한 비파괴검사는 다음과 같이 수행되었다.

- 수송용기 내부를 그림 2와 같이 진공시킨다.
- KN-12 수송용기 내부의 압력이 1 kgf/cm²(계기압)에 도달할 때까지 그림 3과 같은 Regulator를 조정하여 헬륨을 채운다.
- 내부의 압력이 안정화 되면 그 상태를 15분 이상 유지한다.
- 헬륨누설검사 장비의 Sniffer를 사용하여 그림 4와 같이 KN-12 수송용기 주변 대기 중의 헬륨 back-ground 측정한다.
- Sniffer Probe의 끝단을 측정하고자 하는 위치로부터 3 mm 이하로 붙이고, Sniffer Probe의 이동속도를 2 cm/s 이하로 그림 5와 같이 용접부위의 누설량을 측정한다.

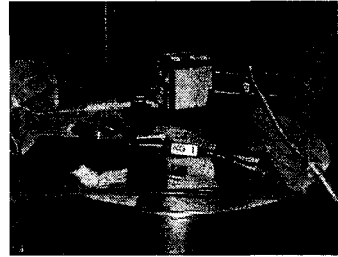


그림 2. 용기 진공 배기건조.

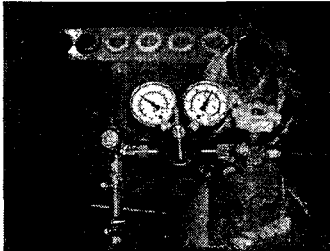


그림 3. 헬륨 Regulator.



그림 4. BKG 측정.

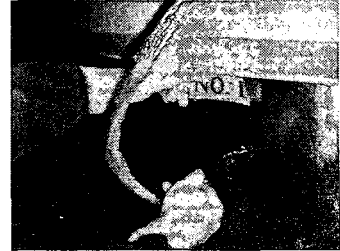


그림 5. 용접 부 Leak Test.

3. 검사결과및평가

ANSI N14.5 A.5.8항 및 ISO 12807 A.4.3항에서 규정하고 있는 Tracer Gas Test(Sniffer Technique) 방법에 따라 Alcatel사의 모델 ASM-122D인 Helium Mass Spectrometer를 사용하여 2006년 12월 27일 고리 2호기 제염조에서 수행한 KN-12 No.1 수송용기 용접부위에 대한 누설시험에서 시험장소인 제염조의 back-ground는 8.1×10^{-6} std · cm³/s로 측정되었으며, 용접부위 역시 back-ground로 측정되었다. 따라서, KN-12 No.1 수송용기의 용접부의 구조적 건전성은 유지되는 것으로 판단된다.

2006년 12월 21일 고리 2호기 제염조에서 수행한 KN-12 No.2 수송용기 용접부위에 대한 누설시험에서 시험장소인 제염조의 back-ground는 7.6×10^{-6} std · cm³/s로 측정되었으며, 용접부위 역시 KN-12 No.1 수송용기와 마찬가지로 back-ground로 측정되었다. 따라서, KN-12 No.2 수송용기의 용접부의 구조적 건전성 역시 유지되는 것으로 판단된다.

감사의 글 : 본 연구는 한진 KPS의 수탁사업의 일환으로 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 과학기술부고시 제2001-19호, “방사성물질 운반용기의 제작검사 및 사용검사에 관한 규정”, 과학기술부, 2001.
2. ASME Boiler & Pressure Vessel Code Section V, Nondestructive Examination, 1998.
3. ANSI N14.5, Leakage Tests on Packages for Shipment for Radioactive Materials, 1997.
4. ISO 12807, Safe Transport of Radioactive Materials-Leakage Testing on Packages, 1996