

한국 표준형 원자로 헤드 관통관 TOFD-UT Coverage 검사연구

임성진¹, 송종순^{2*}

¹한수원(주)한빛본부, 전라남도 영광군 홍농읍 홍농로 846

²조선대학교, 광주광역시 동구 필문대로 309번지

*stonebow@khnp.co.kr

1. 서론

한국 표준형 원자로 헤드 원자로헤드 관통관 결함을 확인하고자 수행되었던 TOFD(Time of Flight Diffraction) UT 검사기법을 인접 J-Groove 용접부까지 확장 가능함을 검증을 위해, 실제 원자로 헤드 관통관과 동일한 형상 및 제작공정을 적용한 모의 시험편에 초음파를 추사하고, 그에 따른 유효한 Coverage를 확인하고자 한다.

2. 본론

2.1 검사 장비

2.1.1 시험편 제원

시험편 모재(SA508)와 CEDM Nozzle(SB166), 용접재(52/152)는 한빛 3,4호기 원자로헤드 교체와 동일한 재질을 사용하였다.

2.1.2 시험편 형상

본 검사에 사용된 시험편은 매 15° 마다 1개의 평저공을 J-Weld 용접부내에 가공하여 총 14개의 평저공을 가공하였다. 이 중 9개의 평저공은 ASME Sec. V Art. V에 따라 3.2mm로 가공 되었으며, 5개의 평저공은 참조용으로 활용하기 위해 2.0mm로 가공하였다.



Fig. 1. Shape of Test sample.

2.1.3 검사 장비

검사 장비는 EPRI 로부터 결함 탐지 능력이 검증되고, 국내 원전의 PSI 및 ISI에 사용되는 IntraSpect System을 사용하여 UT 신호를 수집한다. 해당 장비는 UT 신호를 A Scan, B Scan, B' Scan, C Scan을 통하여 신호를 종합적으로 수집 가능한 장비이다.

2.2 검사방법

2.2.1 교정시험편(Calibration Block)

교정시험편은 검사할 시험편과 동일한 재료로 제작되었으며, 한빛 3호기 교체용 원자로헤드 관통관 PSI 검사 당시 사용된 교정시험편을 사용하였다. 교정을 위해 검사부의 표면과 동일한 상태의 검사용 교정시험편에 가공된 EDM Notch를 사용하였다.

2.2.2 검사 방법

Fig. 2에서 표시한 영역에 대한 초음파 신호의 검출 가능 영역을 검사하기 위하여 2개의 UT Channel을 사용한다. 각 Channel 에는 축 방향 및 원주 방향 주사가 가능한 진동자를 부착하여 초음파 신호의 유효한 Coverage 영역을 확인한다.

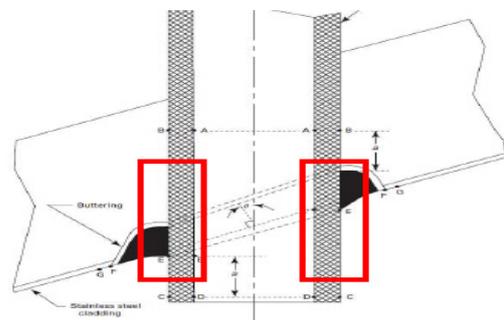


Fig. 2. Range of Scan.

2.3 검사 결과

2.3.1 0.625" Wall Type 탐촉자

0.625" Wall Type 탐촉자를 사용하여 원자로 헤드 관통관에 대한 TOFD-UT Coverage를 측정된 결과는 아래와 같다.

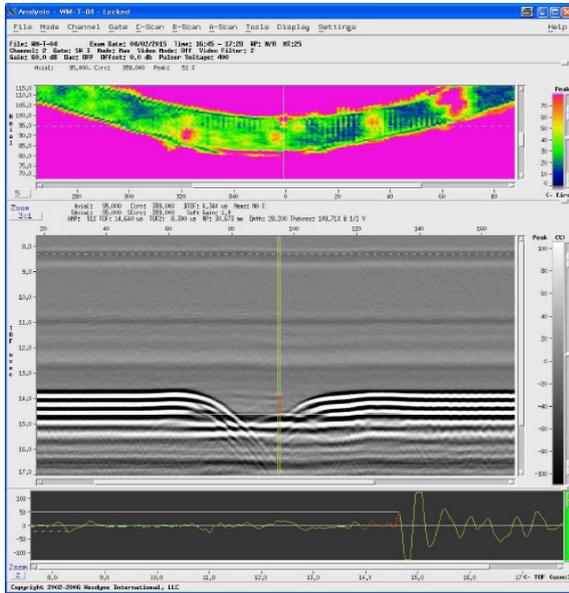


Fig. 3. Inspection Result.

2.3.2 1.0" Wall Type 탐촉자

현재 국내형 원자력 발전소의 가동중 검사에 사용되는 1.0" Wall Type 탐촉자를 사용하여 원자로 헤드 관통관에 대한 TOFD-UT Coverage를 측정된 결과는 아래와 같다.

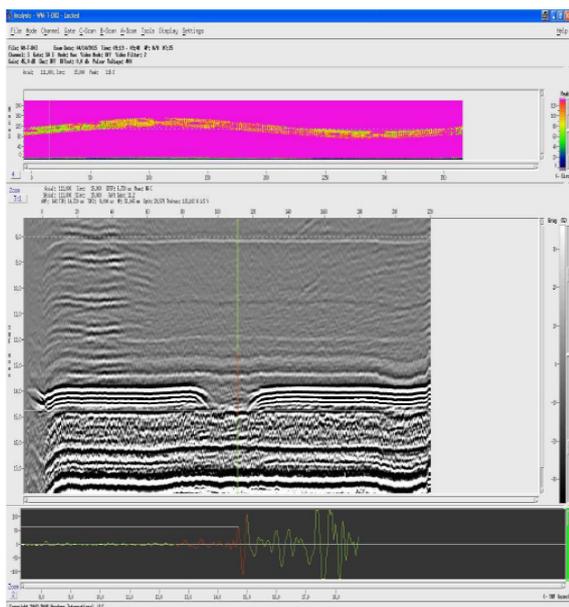


Fig. 4. Inspection Result.

3. 결론

금번 한국 표준형 원자로헤드 관통관 TOFD-UT의 초음파 Coverage 검증은 실제 원자로 헤드 관통관과 동일한 형상 및 제작 기법을 가진 시험으로 수행되었다. 모의 시험편 내 위치한 평저공의 신호 검출 및 깊이 측정 가능성을 검사한 결과 원자로 헤드 관통관 외벽 기준 대비 0.4 inch 까지 추가 가공된 평저공의 신호를 탐촉자(CH3)를 통해 확인할 수 있었으나, 0.625" Wall type의 TOFD 탐촉자로 수행된 검사(CH1,CH2)에서는 평저공의 신호를 검출할 수 없음을 확인하였다. 그리고 국내형 원전의 헤드 관통관 검사에 최적화된 1.0" Wall type의 탐촉자를 사용하여 CH2, CH4에 대한 검증을 수행한 결과 0.1, 0.3 inch 구간에서 3.2mm의 평저공 검출신호와 0.1, 0.2 inch 구간에서 2.0mm의 평저공을 확인함으로써 한국 표준형 원자로 헤드 관통관 검사 및 인접 용접부(J-Grove)에 대한 검사 영역을 검증할 수 있었다.

4. 참고문헌

- [1] 운영기술지침서, 한빛 2발전소.
- [2] C.H. Lee, D.Y. Kang, M.K. Jeon, K.H. Kang and G.I Park, "Zr Electrorefining Process for the Treatment of Cladding Hull Wastes from Used Nuclear Fuel", Proc. of Asian Nuclear Prospects 2014, 89-91, KRS, Jeju-island (2014).
- [3] 이종열, 김현아, 이민수, 김건영, 최희주, "사용후 핵연료봉 밀집을 고려한 심지층처분 개념 분석", 방사성폐기물학회지, 12(4), 287-297 (2014).
- [4] 윤병식, 김용식, 이희종, 이영호, "위상배열 초음파 기법을 이용한 TOFD 검사에 관한 연구", 한국비파괴검사학회, 304-310(2005).
- [5] 정태훈, 김한중, "원자로헤드 관통관 결함의 검출 정확성 연구", 한국공작기계학회, 216-227(2005).
- [6] 김중직, 전종권, 김진택, "모의 시험편에 대한 TOFD와 방사선투과시험의 비교", 한국비파괴검사학회, 64-69(2008).