C - 11

모의 DUPIC 조사 연료봉 제조

(Fabrication of simulated DUPIC irradiation fuel rod)

이철용, 배기광, 박희성, 문제선, 강권호, 양명승
한국원자력 연구소

1. 서론

일반적으로 핵연료를 개발하기 위해서는 핵연료의 성능입증과 건전성을 평가하여야 하는데, 이를 위해 연구용 원자로에서 조사시험이 필수적이다. 조사 시험할 DUPIC 핵연료는 경수로 사용후 핵연료 가공하여 중수로에서 재사용하는 새로운 개념의 핵연료이다. DUPIC 핵연료 조사시험에서는 DUPIC 핵연료를 모사한 모의 DUPIC 핵연료를 연료봉 피복관에 삽입하고 봉단마개를 끼워 맞춘 후 용접하여 캡슐조사 시험할 예정이다. 이를 위해 조사 연료봉을 제조하기 위한 용접재료는 양호한 내식성의 특징을 갖는 크롬과 니켈이 함유된 오스테나이드계의 조직인 스테인레스 강을 사용하였는데, 특히 저탄소 성분를 함유한 STS 316L 재질을 사용하였다. 또한 용접 방법으로 회전치구가 일정속도로 회전하면서 연료봉을 용접하는 Orbital TIG 용접장비를 사용하였다. 따라서 본 연구에서는 조사 연료봉 제조를 위해 TIG 용접을 하였을 때 피복관의 용접 특성을 파악하고, 제조된 조사 연료봉의 건전성을 평가하고자 한다.

2. 조사 연료봉 제조

조사 연료봉은 연료봉 내에 space block, 스프링, 핵연료를 넣고, 1.2기압 He 가스 상태의 용접 챔버에서 STS 316L 재질의 피복관과 봉단마개를 TIG 아크용접을 하여 제조된다. 용접되는 1/2"(12.7mm) 피복관의 두께는 0.899mm로 기존 중수로 핵연료 Zircaloy-4 피복관 두께 0.415mm 보다 2배 이상 두껍다. 또한 피복관과 봉단마개가 끼워지는 부분은 5/100공차로 가공하며, 연료봉은 4레벨로 나누어 용접된다. 이때 TIG 자동용접기는 14ℓ/min의 Ar 차폐 가스 분위기 하에서 1레벨에서 70A의 아크전류로 제살 용접을 한다. 조사 연료봉의 건전성에 대한 시험으로 먼저 핵연료 대신 모의 시편을 사용하여 6개의 시험 연료봉을 제조하여 연료봉 He 가스 누출검사, 치수검사, 용접부위 조직검사, 용접부위 인장검사 및 연료봉내 He 성분 분석을 한다. 다음 연료봉의 건전성에 이상이 없으면 모의 DUPIC 조사 연료봉을 제조하여 치수검사 및 연료봉 He 가스 누출검사를 한다.

3. 조사 연료봉 제조결과

건전성 시험을 위해 제조된 연료봉의 용접부위 조직검사는 총 24부위에서 피복관 두께의 최소 130%에서 최대 204%로 모두 100% 이상으로 우수한 용접성을 보였다. 또한 He 가스 누출검사에서는 누출되는 연료봉이 없음을 확인하였으며, 인장시험에서 파괴부위는 모두 피복관에서 있어났다. 그리고 연료봉 치수 측정에서는 관련된 기준치를 모두 만족하였고, 연료봉내 He 가스함량은 평균 89%로 기준치 80% 이상이었다. 따라서 제조된 시험 연료봉의 건전성 확인 후에 실제로 조사시험을 위해 제조된 3개의 모의 DUPIC 조사 연료봉 또한 치수측정 및 He 가스 누출검사 하였으며, 결과는 기준값을 모두 만족하였다.

감사 본 연구는 과학기술부의 원자력연구 개발사업의 일환으로 수행되었음.