



원전 증기발생기 전열관

국산화 개발 및 향후 전망

박찬현

한전원자력연료(주) 신규사업단 신소재사업실 실장



서울대 기계공학과 졸업

현대WIA

LG전선

한전원자력연료(1986 -)

전열관 국산화 개발의 중요성

경수로형 원전의 주요 설비 중 하나인 증기발생기(Steam Generator)는 내부에 U-bend 형태의 수많은 전열관(Heat Transfer Tube)이 설치된 구조를 가진 일종의 열교환기로서 원자로의 1차측 고온의 고압수가 전열관 내부를 순환하면서 증기발생기 내부의 2차측 냉각수를 가열시켜 증기를 만들고 이 증기가 터빈을 돌려 발전을 시키는 기능을 가지고 있다.

현재 증기발생기는 원자로형에 따라 적게는 8,000개에서 많게는 13,000개에 이르는 전열관이 설치되는데 아직 국내에는 전열관 제조 기술이 확립되지 않아 증기발생기 조립사인 두산중공업에서 이들 전량을 해외사로부터 수입하여 증기발생기를 조립·제작하여 국내 원전에 공급하고 있을 뿐 아니라 해외로도 수출하고 있는 실정이다. 이로 인해 증기발생기 공급 가격의 약 1/3 이상을 차지하고 있는 핵심 부품인 전열관은 해외 전열관 공급 업체에 종속되어 있어서 국산화 공급이 시급한 실정이다.

세계적으로 경수로용 증기발생기 전열관을 생산하는 회사는 프랑스의 벨리녹스(Valinox), 일본의 NSSMC(구 Sumitomo Metal), 스웨덴의 샌드빅(Sandvik) 등 3개 회사가 주를 이루고 있다.

불과 몇 년 전까지만 해도 상기 3개사의 연간 총생산 능력은 약 4,400km로서, 연간 약 10,000km의 수요를 충족하기엔 턱없이 부족하였으나 근래에 들어서는 전열관 제조 시설을 각 사별로 증설하여 현재에는 수요 및 공급이 거의 비슷한 수준에 이르고 있다.

일본 후쿠시마 사태로 인해 원전 선진국의 입장은 보수적으로 바뀌고 있는 있으나 신흥국의 원전 시장은 계속 확대될 것으로 전망된다. 2013년 9월 WNA 자료에 따르면 2030년까지 약 490기의 원전이 추가 건설될 것으로 전망하고 있으며 이 중에서 경수로형 원전이 대부분을



원전 증기발생기용 전열관. 증기발생기 공급 가격의 약 1/3 이상을 차지하고 있는 핵심 부품인 전열관은 해외 전열관 공급 업체에 종속되어 있어서 국산화 공급이 시급한 실정이다.

차지하고 있기 때문에 경수로형 전열관의 수요는 꾸준히 증가할 것으로 기대된다.

그러나 원전 증기발생기 전열관은 기술 이전 및 기술 협력을 기피하는 전략 상품으로서 상기 3개사가 전 세계 전열관 시장을 거의 독점하고 있어 고가의 전열관 수입이 불가피하며 이는 원전 수출에도 막대한 영향을 미칠 것으로 예상된다.

한전원자력연료(주) 주관으로 연구 개발 착수

이에 따라 정부 및 원전 산업계가 한마음 한뜻으로 증기발생기 전열관 국산화 목표 전략을 수립하여 2011년 국가에너지기술개발과제 중 상용화 과제로 '원전 증기발생기 전열관 국산화 개발' 과제를 선정하였다.

과제 주관 기관으로는 증기발생기 전열관 제조 기술과 유사한 핵연료 피복관 제조 기술을 보유하고 있는

한전원자력연료(주)가 맡고 두산중공업(주), 포스코특수강(주), 비에이치아이(주), 일진제강(주) 및 대학교 4곳을 참여 기관으로 하여 2017년 하반기 상용화 생산을 목표로 본 연구 개발을 착수하게 되었다.

한전원자력연료(주)는 2008년도 지르코늄합금 핵연료 피복관(연료봉) 국산화개발을 성공적으로 완료함으로써 고정밀 무게목 강관(Seamless Tube) 제조 기술 우수성을 이미 입증받은 바 있다.

핵연료 피복관은 핵연료 부품 재료비의 70%를 차지하는 핵심 부품으로서 피복관 제조 및 성능 평가 기술을 국산화하고 2009년부터 국내 원자력발전소 소요 전량을 공급하고 있으며 원자력 선진국인 미국의 웨스팅하우스(WEC)에도 국산 튜브를 수출하고 있다.

전열관은 일부 제조 공정(열처리 및 U-bending)을 제외한 대부분의 제조 공정이 핵연료 피복관 제조 공정과 유사하다. 즉, 핵연료 피복관과 증기발생기 전열

관의 제조 공정은 핵심 기술이라고 할 수 있는 필거링 공정, 내외면 연마, 세척 등 많은 공정이 유사한 특징이 있어 핵연료 피복관 제조 기술 개발을 통하여 구축된 경험 및 기술을 보유하고 있는 한전원자력연료(주)에서는 전열관 국산화 성공에 큰 자신감을 가지고 있다.

전열관 개발

전열관 국산화 개발은 총 2단계(1단계: 2011.07.~2014.06, 2단계: 2014.07~2017.06.)로 구성된다. 1단계는 ‘Alloy 690 전열관 제조를 위한 공정별 요소 기술과 고품질화 기술 개발’을 목표로 하고 있으며 ‘전열관 제조의 상용화를 위한 연속 공정과 성능 평가 및 고품질화를 위한 기술 개발’을 2단계 목표로 설정하여 추진 중에 있다.

1단계의 각 공정별 요소 기술 개발에는 기존에 보유하고 있는 장비와 시설이 활용되며, 2단계에서는 상용화 생산을 위한 장비와 설비를 신규로 구축하여 시제품을 생산할 계획이다.

과제 1단계에서는 상용 Alloy 690TT 전열관의 제조에 필요한 제조 기본 기술 개발, 전열관 제조 및 검사를 위한 공정별 요소 기술 개발 등 기본 기술 개발을 수행하며, 국내의 보유 시설을 활용하여 전열관 개발 시험 제품을 제조하고, 과제 2단계에서는 기본 기술 개발을 토대로 최적의 상용화 기술을 개발하여 논산 제2일반산업단지 내 전열관 부지에 건물 건설 및 상용 제조 설비를 구축하여 상용화 공급을 위한 시제품을 제작하는 것이 목표이다.

전열관 상용화 계획

한전원자력연료(주)는 전열관 국산화 사업을 위해 2010년 12월 논산 제2일반산업단지에 100,000m²의 부지를 이미 구입하였으며 이 중 약 26,000m²은 전열관 상용화 시설로 활용하고 나머지 부지는 핵연료 피복관 증설 부지 등으로 활용할 예정으로서 현재 부지 정리 및 토질 조사까지 마친 상태다.

이번 사업이 완료되면 국내 전열관 수요 전망을 안정적·경제적으로 공급할 수 있게 되어 연간 약 600억원

의 수입 대체 효과와 해외 수출을 통해 연평균 약 2000억원 이상의 매출을 거둘 수 있을 것으로 보인다. 또한 상용화 시설 활용을 통해 스마트 원자로 등 각종 신규 개발 원전용 증기발생기 전열관 생산으로 매출 증대가 기대되며 150여 명의 고용 창출 효과도 있을 것으로 전망하고 있다.

결어

국내에 원자력 발전과 관련된 기술이 도입된 이후 우리나라는 지속적으로 관련 기술을 개발하여 원전 기술의 국산화를 이루어왔다. 그 결과, 대부분의 원전 기술은 국산화되었으며, 원전 증기발생기 전열관을 비롯한 몇 가지 기술만 국산화되지 않은 상태다.

전열관은 국산화되지 않은 몇 가지 원전 부품 중 하나이고 그 중 규모가 가장 크다는 점에서 전열관 국산화 연구 개발 추진은 커다란 의의를 갖는다. 본 사업의 전열관이 사용되기 위해서는 요구하는 품질을 확보하여야 함은 물론 개발 이후 즉시 사용될 수 있도록 다양한 방면에서 품질 검증 절차를 거쳐야 한다.

그러나 이는 한전원자력연료(주)의 노력만으로는 부족할 수 있어 올해 5월 대전 인터시티호텔에서 한국수력원자력(주), 두산중공업(주) 관계자가 참석한 가운데 원자력발전소 증기발생기 전열관의 성공적인 국산화를 위한 상호협력협약(MOU)을 체결하였다. 전열관 수요자인 한국수력원자력과 두산중공업이 원자력발전소 건설에 투입할 수 있는 전열관의 성능이나 품질 수준 등에 대한 구체적인 요건과 이를 달성하기 위한 과정 및 검증 절차를 제시하고 이를 한전원자력연료와 공동으로 관리하기로 하였다.

이와 같은 노력으로 전열관 국산화에 성공할 경우, 증기발생기 전열관의 국내 안정적 공급은 물론 모든 원전 주기에 대한 국산화 및 국내 공급 능력이 확보되어 고유 모델인 APR1400의 국제 시장에서의 경쟁력은 물론 증기발생기 설계/제작의 통합 기술 체계 구축을 통한 증기발생기 일괄 공급 국가로의 국제적 위상을 제고하여 세계 원전 선진국 대열에 당당히 서게 되는 날이 머지않아 올 것으로 믿어 의심치 않는다. 🍊