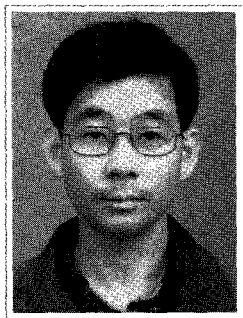


두산중공업(주) 원자력공장 RVI과

한국 표준형 원자로 내부 구조물(RVI) 제작 국산화

김 병 기

두산중공업(주) 원자력공장 RVI과 과장



두산중공업 원자력공장 RVI과는 지난 1994년 4월에 RVI Task Force Team으로 구성되어 약 7년여에 걸쳐 원자로 내부 구조물 국산화 개발 사업을 추진하여 왔다.

그 동안 월성 4호기 Calandria (중수로형 원자로) 국산화 및 영광 6호기 원자로 내부 구조물 제작 국

산화를 성공적으로 수행하였고, 올린 6호기 원자로 내부 구조물을 제작중에 있다.

1996년에 성공적으로 국산화하여 출하된 월성 4호기 Calandria (중수로형 원자로) 제작시 압력 용기에 부착되는 노즐 119개의 용접 방법을 개선하여 약 6천만원의 원가 절감을 달성하였으며, 전사 및 전국 분임조 발표 대회에서 「중수로형 원자로 제작 방법 개선」이라는 개선 사례를 발표하여 금상을 수상하기도 하였다.

또한 1997년에는 국산화한 영광 6호기 원자로 내부 구조물(RVI) 제작시 710개의 튜브와 튜브 시트 확산 및 용접 방법을 개선하여 약 8천만원의 원가 절감 및 전사 품질분임조 발표 대회에서 「UGS 작업 방법 개선으로 공수 절감」이라는 개선

사례를 발표하여 은상을 수상하기도 하였다.

오늘이 있기까지 어려운 여건 속에서도 소재 입고에서부터 제작·설계·품질 관리·출하에까지 따과 인내로 열심히 노력해주신 RVI과 원 및 관련 부서원들에게 진심으로 감사함을 드리며, 또한 7년 앞을 내다 보는 혜안과 일관된 믿음으로 연수 과정에서부터 지도해 주셨던 원자력PG장님, 원자력생산총괄님, 제관생산기술부장님, 공장장님께 감사드리며, 국산화에 전폭적인 지지와 성원을 해주신 한수원 창원주재원실 및 기술 자문자에게도 감사드립니다.

지금까지 축적된 제작 기술과 경험을 더욱 발전시켜 후속 호기인 KEDO 원전 및 신고리·신월성 프로젝트의 납기 단축을 위해 원자로



영광 6호기 원자로 내부 구조물 최초 국산화 성공 기념 행사

내부 구조물 제조 Cycle Time 30% 단축을 목표로 혁신적인 활동을 추진중에 있다.

본고에서 한국 표준형 원전 내부 구조물 제작 국산화 과정을 소개하고자 한다.

원자로 내부 구조물

RVI는 Reactor Vessel Internals의 약자로 원자력발전소의 핵심 설비인 원자로(Reactor Vessel) 안에서 핵연료를 안내하고 지지하는 '원자로 내부 구조물'이다.

원자로 내부 구조물은 크게 두 부분으로 나누어진다. 상부 구조물은

제어봉 안내 구조물과 상부 구조물 용기, 튜브 다발로 이루어져 있으며, 177개의 핵연료 다발을 위에서 잡아주는 역할을 한다.

하부 구조물은 핵연료 지지 용기와 일체형으로 되어 있는데, 핵연료 지지 용기는 하부 구조물이나 핵연료 안내 구조물과 용접으로 조립되어 핵연료를 1차로 보호하고 원자로 안으로 들어온 냉각수가 핵연료 사이를 일정하게 통과하도록 안내 역할을 하게 된다.

핵연료의 위아래에 있는 이 구조물들을 통칭하여 원자로 내부 구조물이라고 부른다.

제작 국산화 추진 경위

원자로 내부 구조물의 본격적인 제작에 앞서 설계·제작·품질 등 총16명의 엔지니어를 미국 Westinghouse-CE사에 파견해 기술 연수를 실시하였으며, 지난 1994년부터 약 2년간에 걸쳐 Mock-Up Test를 수행하였다.

Mock-Up Test는 모두 15개의 소분야로 나뉘어 진행되었으며, 본 제품을 제작하면서 발생할 수 있는 문제점을 사전에 점검하고, 용적수 측 데이터를 확인하여 제품을 착오 없이 제작하기 위한 준비 과정이다.

영광 6호기 본제품은 지난 1995년 11월부터 본격적인 제작에 들어가 2000년 8월 말에 영광 원자력 발전소 건설 현장으로 출하되어 현재 설치 작업이 진행중이다.

원자로 내부 구조물 제작 특성

원자로 내부 구조물은 스테인리스강으로 만들어지며, 이 강은 용접시 변형이 심하게 일어나기 때문에 제작 치수가 까다롭지 않은 곳에만 주로 사용해 왔다.

원자로 내부 구조물은 직경이 4m나 되고, 중량이 198톤, 전체 높이가 12m 정도 되는 대형 구조물이지만 제작 조립 공차가 0.12mm밖에 안되는 정밀 제품이다.



이런 고난도의 용접이나 정밀한 측정 작업이 요구되어 그 동안 미국 Westinghouse-CE에서 수입에 의존해왔다.

주요 국산화 개발 내용

1. 기술 전수사인 Westinghouse-CE에 튜브 확관 기술 역수출

UGS 튜브 확관 방법 개선은 기술 전수사인 Westinghouse-CE사에서 높은 평가를 받아 기술을 역수출하는 성과를 거두었다.

2. 국내 성형 업체 개발

제작 경험이 없는 초기 작업임에도 불구하고, 발생될 수 있는 문제점을 사전에 Mock-Up을 통해 철저히 파악 및 분석하여 C&W 판넬 및 CEA 튜브 성형은 국내 성형 업체를 개발하여 기술 지도를 통하여 국산화하였으며, 1호기당 약 2억원의 수입 대체 효과 및 국내 성형 업체 기술 능력 향상에 크게 기여하였다.

3. 확관 롤러 국내 업체 개발

미국 INDRESCO사에서 자체 모델로 등록되어 구매시 로열티가 추가되어 고가로 전량 수입에만 의존하던 UGS 튜브 확관 롤러를 국내 업체를 개발해 국산화에 성공함으로써 1호기당 약 2천만원의 수입 대체 효과를 거두었다.

국산화 개발 성과

1. 원전 제작 국산화 100% 달성

원자로 내부 구조물은 원자력발전소 핵심 설비 중 하나이지만 설계에서부터 제작·설치까지 모든 단계에서 요구되는 기술들이 매우 까다로워서 그 동안 미국이나 프랑스 등 일부 선진 업체에서만 제작할 수 있었고, 그래서 국산화도 가장 늦게 수행되었다.

이에 따라 우리 나라도 선형 호기인 영광 3·4호기 및 올진 3·4호기는 미국의 Westinghouse-CE에 의존해 왔다.

이번에 원자로 내부 구조물을 제작 국산화함으로써 우리 회사는 원자력발전소 주기기 전품목을 자체 제작할 수 있는 기술력을 보유하게 되었다는 데 큰 의의가 있다.

2. 원전 기자재 제작 해외 수출 기반 마련

원자력발전소 주기기 전품목을 자체 제작할 수 있는 기술을 보유함으로써 향후 원전 주요 설비를 일괄 수출할 수 있는 기반을 마련하게 되었다.

3. 기술 전수사보다 우수한 품질 실적 달성

공정별 제작 단계에서 예상 문제점을 사전에 예방 및 작업자 교육을

통해 불일치 사항이 기술 전수사인 Westinghouse-CE 대비 약 40% 이하의 우수한 품질 실적을 달성하였다.

4. 경제적 효과

경제적 측면에서는 원자로 내부 구조물 제작 국산화로 수입 대체 효과가 발생해 향후 제작될 KEDO 원전 2호기, 신고리 1·2호기, 신월성 1·2호기에서는 더욱 높은 부가가치를 창출할 수 있으리라 기대된다.

향후 전망

제작 국산화한 영광 6호기와 함께 현재 올진 6호기 원자로 내부 구조물이 제작이 현재 약 60%의 공정 진행을 보이고 있으며, 2002년 11월 말을 목표로 남기로 순조롭게 진행되고 있다.

올진 6호기에서 특기할만한 것은 제작뿐만 아니라 설계까지 완전 기술 자립을 위해서 팀을 조직해 설계 업무를 수행하고 있다.

북한 경수로인 KEDO의 원자로 내부 구조물 설계와 제작 공급 계약이 완료되었으며 금년 7월부터 제작에 들어갈 계획이다.

신고리 1·2호기도 11월경 계약 예정이며, 신월성 1·2호기도 계약을 추진중에 있어 앞으로도 우리 회사가 원전 제작 분야에서 큰 역할을 수행하리라 기대된다. ☞