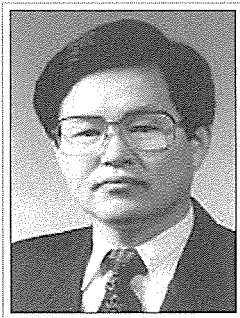


지르코늄합금 튜브 제조 공장 건설 및 향후 전망

김선두

한전원자력연료(주) 신규사업처장



현황 및 개발 필요성

1982년 11월 설립된 한전원자력연료(주)는 현재 경수로 연산 400톤, 중수로 연산 400톤의 핵연료 제조 시설 용량을 갖추고 설계 및 제조 기술을 완전 자립하여 국내 원자력발전소에 소요되는 핵연료를 100% 전량 공급하고 있다.

또한 1990년대 중반부터 핵연료 원가 절감 및 해외 의존도를 줄이기 위하여 핵연료 제조에 들어가는 부품의 국산화를 꾸준히 추진하여 지르코늄합금 튜브를 제외한 모든 부

품의 국산화를 이룩하였으며, 국산화된 부품을 해외에 수출하는 단계에까지 이르렀다.

그러나 경수로용 핵연료 집합체 재료비의 약 70%를 차지하는 지르코늄합금 튜브는 현재 전량 수입에 의존하고 있으며, 원자력 선진 10개국 중 원자력 발전량 기준 세계 6위인 우리나라만 유일하게 튜브 제조 기술을 보유하지 못하고 있었는데, 2009년부터 그 수요량이 급증하여 튜브 제조 공장 건설에 따른 경제성이 확보되어 튜브 국산화 필요성이 절실히 대두되었다.

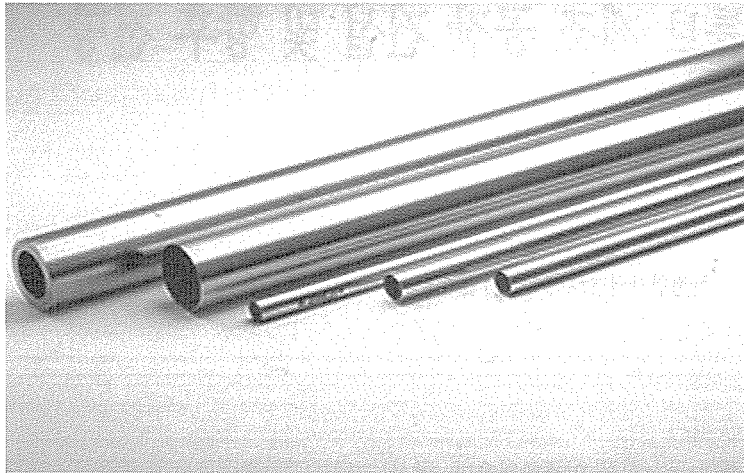
또한 핵심 부품인 튜브의 설계 및 평가 기술 분야의 해외 의존이 지속되고 있고, 원전 안전성 및 핵연료 건전성 확보를 위하여서도 튜브 성능에 대한 자체적 평가 기술 확보가 필요한 실정이었으므로, 본 사업을 통하여 소요 기술을 확보하고자 하였다.

사업 추진 경과

핵연료 피복관 지르코늄 튜브의 국산화는 산업자원부 전력 산업 연구 개발 사업의 중장기 연구 과제의 일환으로 한전원자력연료(주)가 튜브 제조 기술 개발 주관 기관으로 선정되어 2003년부터 2008년 말까지 국산화 개발 완료를 목표로 추진하고 있다.

개발 주체는 한전원자력연료(주)가 주관이 되어 국내외 산·학·연 공동 기술 개발 과제로 추진되고 있으며, 국내 기관으로는 한국원자력연구소, 창원특수강(주), 충남대, 경희대, 선문대, 성균관대, 한양대 등 7개 기관, 해외의 기술 공동 개발 협력사로서 웨스팅하우스가 본 사업에 참여하고 있다.

본 사업의 추진을 위해 1990년대부터 튜브 국산화 사업의 타당성을 검토해오던 중, 2003년도에 산·학·연 관련 전문가로 구성된



지르코늄합금 튜브



지르코늄합금 튜브 제조 공장 기공식. 핵연료 부품 100% 국산화의 전기가 마련되었다. 핵연료 재료 중 원가에서 차지하는 비중이 가장 큰 지르코늄합금 튜브를 국산화 하기 위한 지르코늄합금 튜브 제조 공장의 기공식이 2006년 2월 7일 대전 대덕연구 단지 인근 테크노밸리 단지내 공장부지에서 거행되었다.

전문 조사 연구단에서 마침내 사업 타당성을 입증하여 튜브 제조 기술 개발 사업이 산업자원부 전력 산업 연구 개발 중장기 과제로 선정되어 2004년부터 본격적인 사업 추진을

하게 되었다.

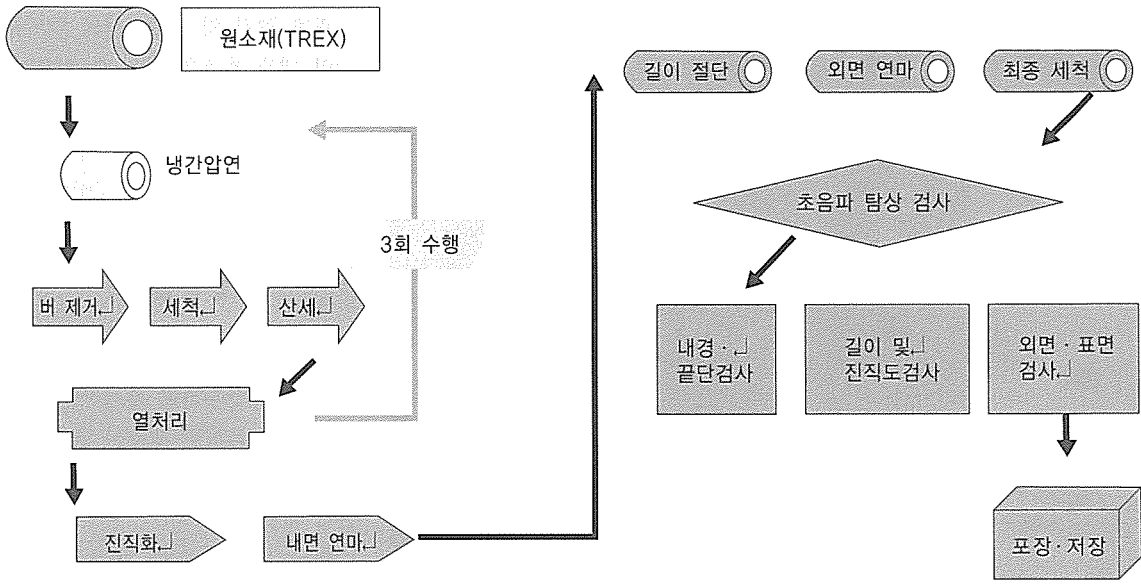
튜브 국산화 사업은 제조 기술을 개발하고, 개발 결과물을 활용, 사업화 함으로써 국산화를 완료하여 개발 효과를 극대화할 계획이다.

연구 개발 최종 목표는, 경수로용 지르코늄합금 튜브 제조 공정 기술 및 성능 평가 기술 개발 확보를 목표로 핵연료봉 평균 연소도를 현재 55,000에서 70,000MWD/MTU 이상의 연소 성능을 보유한 튜브 제조 기술을 개발하는 것으로 추진 된다.

추진 전략으로서는 첫째, 해외 협력사의 검증된 튜브 설계/제조 기반 기술을 참조 기술로 하여 해외 협력사와 공동 개발을 추진하고, 둘째, 국내 보유 설계 및 제조에 대한 기술과 시설을 최대한 활용하고, 셋째, 산·학·연 공동 및 위탁 연구로 추진하며, 넷째, 국내 산·학·연 보유 노의 실증 시험 및 기술, 품질 검사 시설 및 기술을 활용하며, 다섯째, 정부 주도 과제로 한국원자력연구소가 추진 중인 신합금 핵연료 피복관 개발 (HANA-합금)과 연계하여 추진중이다.

튜브 제조 공장 건설 및 운영 계획

핵연료 피복관, 지르코늄합금 튜브 제조 시설은 2009년 1월 준공을 목표로 2005년 12월 착공되었으며, 시설 용량은 연산 1,400km(튜브 길이 기준)로 국내에 운전 중인 원자력발전소는 물론 건설중인 신고리 1, 2호기, 신월성 1, 2 호기 및 계획중인 신고리 3, 4호기 수요를



지르코늄합금 튜브 제조 공정 흐름도



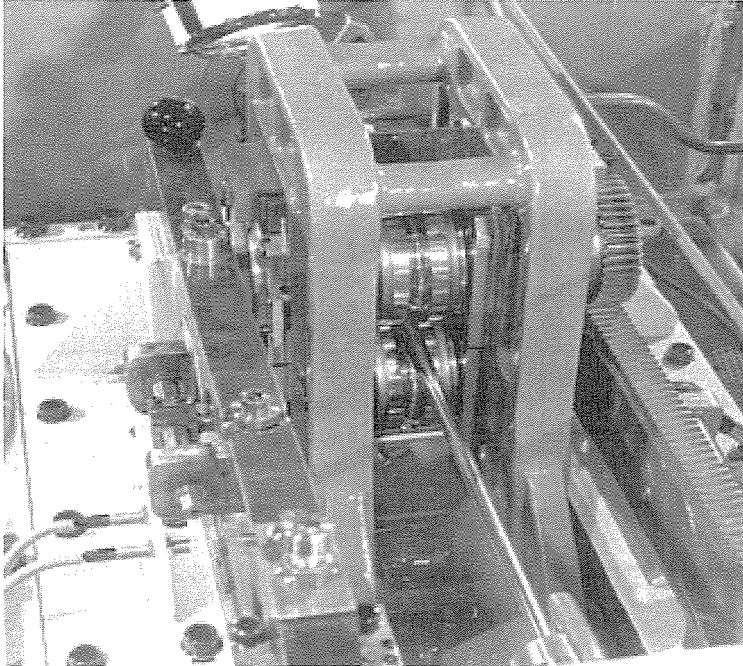
지르코늄합금 튜브 공장 조감도

처리 공정을 3회 반복함으로써 최종 제품인 피복관을 제조하게 되는데, 가장 중요한 공정인 냉간압연 (Pilgering) 공정은 한 쌍의 다이 (Tapered grooved dies)와 맨드릴 (Tapered mandrel)을 사용하여 정밀한 치수의 튜브를 생산할 수 있는 공정이다.

이렇게 성형된 튜브는 후속 공정인 진직화, 길이 절단, 내외면 연마 등을 거쳐 최종 제품으로 완성되며, 이와 같은 제조 공정과 더불어 재료 성분 검사, 기계적 특성 검사, 수화물 형성 및 내부식성 검사, 표면 조도 측정, 치수의 정확성 검사, 초음파를 이용한 결함 조사 등의 품질

충족할 수 있으며, 일부 물량을 해외에 수출할 계획으로 이미 수출 계약을 체결한 바 있다.

지르코늄합금 튜브 제조는 수입된 중간 제품인 TREX를 냉간압연 (Pilgering), 산세(pickling) 및 열



냉간압연(필거링) 장비

관리 공정이 수반된다.

이를 위하여, 본 튜브 공장에 많은 기자재를 설치하여야 하는데, 주요 장비인 필거링 장비 등 30종 46점의 주요 장비와 220여종의 부수 기자재가 설치될 예정이다.

공장 건설은 2006년도 1년간에 걸쳐 건물 공사를 2006년 말까지 완공하고, 2007년도에는 장비 설치 및 시운전이 주로 이루어질 계획이며, 최종 공정 자격 인증 시험 등을 2008년에 완료하여 2009년 1월부터는 상업용 지르코늄합금 튜브를 양산할 수 있도록 하는 계획으로 있다.

이를 위하여, 2004년 말부터 해외 협력 업체와 공동으로 건물 설계 기본 자료를 작성하였고, 2005년에 건물/유틸리티에 대한 기본 및 상세 설계를 완료하였다.

공장 건설 부지는 대덕 테크노밸리내 2단계 지역으로서 5,000평 부지를 확보하였으며, 시설 연면적은 약 5,055평으로 설계되었다.

이 공장이 완공되면 약 100명의 인력이 근무하면서 튜브 제조를 위한 중간 제품인 트렉스(TREX)를 수입하여 최종 튜브 제품을 생산할 수 있게 됨으로써 세계에서 10번째로 핵연료용 지르코늄합금 튜브 제

조국이 되는 것이다.

또한 연간 약 200억원의 튜브류 수입 대체 효과를 얻을 수 있으며, 핵연료 피복관의 국산화로 고연소도 핵연료 개발 등 기술 개발에 박차를 가할 수 있게 될 수 있을 것이다.

향후 전망

2009년 초부터 본 튜브 공장 상업 가동을 착수하여 세계적인 우수한 품질의 튜브로 제조된 핵연료를 국내 경수로용 원자력발전소에 공급할 예정이다.

튜브 재질은 우선, 기존 핵연료에 사용되고 있는 지르칼로이-4 및 ZirloTM 가 될 것이지만, 추후에는 한국원자력연구소에서 정부 과제로 개발되고 있는 HANA-합금 등 타 합금 튜브 제조에 대한 기술도 개발하여 튜브 제조 기술의 다변화를 계획하고 있다.

이에 따라 우리 회사는 핵연료 전 부품을 국산화한 데 이어 2015년까지 핵연료 및 원자노심 설계 분야의 원천 기술을 확보하고 고유 모델의 핵연료를 개발하기 위하여 Green vision 2015 계획을 수립하여 추진 중이며, 동 계획이 달성될 경우 세계 일류의 핵연료 전문 회사로 발돋움하게 될 것이다. ☺