'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2024-원자력-원전-품목-1	
연구개발과제유형	원천기술형( ),	혁신제품형(○) 실증형( )
연계/해당여부	표준화연계(○) 경쟁형과제( ) 공기업협력( ) 초고난도과제( ) 복수형과제( ) 안전관리형과제 (○)	
품목명	초대형 PM-HIP 핵심 제조공정기술 개발 (TRL : [시작] 3단계 ~ [종료] 8단계)	

1. 지원필요성

○ 탄소중립 목표 달성 및 청정에너지원 증대 요구에 따라 SMR이 유력한 대안으로 떠오르고 있으며, 글로벌 시장 선점을 위한 경쟁 심화가 전망되며 우리나라도 혁신형 SMR 노형 기술개발을 수행 중임

- SMR은 일체형 모듈 설계로 고도의 제작 기술이 요구되며, 기존 상용 대형원전 대비 기자재의 크기는 더 커진 반면 짧은 제작 납기를 요구하고 있음.
- 미국/영국 등 SMR 설계를 선도하고 있는 주요 국가들은 제작분야에서도 경쟁우위 확보를 위해 PM-HIP 공정기술 개발을 정부 주도로 적극 지원하고 있으며, PM-HIP 공정 도입을 통해 기존 공정대비 제작기간을 80% 단축 기대

○ PM-HIP 제조 기술의 글로벌 SMR 시장에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 핵심 공정기술의 조기 확보가 필요하며, 대규모 투자가 동반되는 R&D 사업이므로 정부의 적극적인 지원이 필요함.

- PM-HIP(Powder Metallurgy-Hot Isostatic Pressing, 분말야금-고온등방 가압) 기술은 복잡 형상의 부품을 최종제품과 매우 근접한 형상(Near Net Shape)으로 한번에 제작 가능한 차세대 공정혁신 기술로 원자력산업 외 방산/화공/조선/우주/항공산업 등 국가 핵심 산업에 확대 적용 가능

2. 품목정의

○ (최종목표)

- 혁신형/수출형 SMR 주기기 제작를 위한 대형 PM-HIP 공정 기술 개발

○ (연구내용)

- 1단계(2024~2026년) : PM-HIP용 분말 제조기술 및 캡슐 제작 기술 개발

  * PM-HIP 전용 금속분말 제조기술 개발
    · 개발대상 강종 : SA508 Gr.3 Cl.2, XM-19 (2종)
    · PM-HIP 전용 금속분말 제작을 위한 합금 설계
    · 고청정 분말제작용 모합금 제조 기술 개발
    · 분말 제조, 특성 평가 및 관리 기술 개발
    · 분말 제조공정 기술 개발 및 분말 생산
  * 초대형 캡슐 설계, 제작 기술 개발
    · 제품 성형해석 기술 및 캡슐 모델링 기술 개발
    · 캡슐 설계를 위한 보조소프트웨어 개발
    · 금속 분말 filling 기술 개발
    · 프로토타입 PM-HIP 시험편 제작을 통한 설계 검증
  * 국내외 표준 기술 현황 조사 및 표준화 추진방안 수립

- 2단계(2027～2028년) : PM-HIP 제조공정 기술개발 및 표준화 추진
  * 초대형 PM-HIP 제조공정 기술개발
    · 개발대상 강종 : SA508 Gr.3 Cl.2, XM-19 (2종)
    · 최적 PM-HIP 공정 조건 도출
    · PM-HIP 후속공정(캡슐 제거, 후열처리, 비파괴 검사 등) 기술 개발
    · 직경 1.5m 크기(1/2 Scale)의 목업 (SMR 원자로용기 헤드류) 제작 및 평가
    · 생산품의 성능/물성 공인기관 시험 결과 취득
    · SMR 원자로압력용기 헤드 제작을 위한 size effect 검증
      : 일부 복잡 형상부에 대한 full size 크기 제작
  * SMR 주요부품 적용을 위한 표준화 추진
    · 표준화를 위한 데이터 패키지 생산
    · KEPIC/ASME Code Case (안) 개발 및 제안
      : 개발소재 2종(SA508 Gr.3 Cl.2와 XM-19) PM-HIP 제품의 원전 안전등급 압력경계기기 적용

○ **개발위험 극복방안**
- 5년 내 핵심 기술을 상용화 수준까지 확보하기 위해서는, 요소 기술의 세분화 및 개발 우선 순위화가 필요하며, 실현 가능한 로드맵 수립, 체계적 실적 관리 체계 수립이 요구됨.
- 해외 기관과의 협업시 예상되는 지적재산권 등에 관련된 문제를 사전에 예상하여 대응 방안을 수립 필요

○ **안전관리 사항**
- 본 연구개발과제는 「안전관리형 연구개발과제」로 연구개발계획서 제출시 '연구개발과제별 안전관리계획'을 제출해야 함 (적정성을 검토하여 부적정시 지원 제외함)
- 목업 제작을 위한 고온·고압 환경에 대한 안전관리 필요

3. 지원기간/추진체계

○ **기간** : 57개월 이내(1단계 33개월, 2단계 24개월)
(1차년도 정부지원연구개발비: 20억원 내외, ○ **정부납부기술료 :** 징수
총 정부지원연구개발비 : 99.6억원 내외)

○ **주관연구개발기관** : 기업 (중소·중견 기업 참여)

○ **기타사항 :** PM-HIP 장비 구축 혹은 활용 방안을 사업계획서 제출시 제시 필요

'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2024-원자력-원전-품목-2	
연구개발과제유형	원천기술형( ),	혁신제품형(○) 실증형( )
연계/해당여부	표준화연계(○) 경쟁형과제( ) 공기업협력( ) 초고난도과제( ) 복수형과제( ) 안전관리형과제 (○)	
품목명	초대형 전자빔 용접(EBW) 기술 및 공정 개발 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 8단계)	

1. 지원필요성

○ SMR 개발을 위해서는 안전성뿐만 아니라 경제성 향상도 중요함. 경제성 확보를 위해서는 핵심기기인 일체형 원자로압력용기 설계, 제작 개선을 통한 비용 절감이 필수적이며, 이를 위해 운송/설치 용이성을 위한 경량화, 그리고 제작기간 단축을 위한 공정기술 개발이 필요

○ 제작 소요시간 단축(제작기간 80% 단축) 및 가동중검사 요건 간소화를 위한 EBW와 같이 새로운 용접기술이 필수적임

○ 기초기술 확보 및 대형장비 적용을 위한 대규모 투자가 필요한 분야로 개별 기업 또는 연구기관 단독으로 수행이 어려우며, 선진국의 경우 국가 주도 추진 중

○ 미국, 영국 등 선진국은 국가 주도 EBW 기술 개발을 완료하고 목업 제작 및 특성 평가 단계에 있어 국내도 제조기술 확보가 시급

2. 품목정의

○ 최종목표

- 표준형원전 및 차세대(SMR 및 4세대) 원전 적용을 위한 두께 250mm one-pass 전자빔용접 시스템구축 및 최적 공정 개발

○ 연구내용

- 초대형 EBW 시스템 개발
  * 175kV급 EBW 전자총 및 대용량 고전압 전원장치 도입
  * 표준형원전, SMR 및 4세대 원전 적용 가능한 EBW 시스템 구축
  * 실증용 목업 제작을 위한 국부진공 챔버 밀폐/차폐 설계 및 제작

- 초대형 EBW 공정기술 개발
  * 세계 최대 두께(250mm) one-pass 용접 조건 최적화
  * 빔모니터링 및 Seam tracking 기술 개발
  * 변형해석 Simulation 기반 공정 검토
  * 전자빔 용접부 품질에 미치는 용접변수(빔전류, 초점거리 등) 상관관계 분석
  * 이종소재(STS 클래딩된 SA508소재) one-pass 용접 가능성 및 특성 검토
  * 전자빔 용접종료부 결함방지를 위한 Slope-out 변수 최적화
  * 소재별 용접조건 최적화(STS, 저합금강, XM19, F6NM)
  * 1/2 Scale 목업(250mm두께) 시험 및 검증(저합금강, XM19)
  * 최적 후열처리 조건 개발

- 원자로용기 EBW 적용을 위한 표준화 추진
  * 표준화를 위한 데이터 패키지 생산 (예열삭제, 중성자조사시험)
  * KEPIC/ ASME Code Case (안) 개발 및 제안

○ **개발위험 극복방안**
- 200mm 이상 두께 전자빔 용접을 위한 고전압 전원/전자총 장비 국내업체 부재로, 해외 선진 장비 업체 협력을 통한 시스템 개발과 독자 공정기술 개발 추진
- 제품 적용을 위해 인허가 시험이 필수이며, 개발 기간을 고려하여 현실성 있는 시험 일정, 인허가 절차 수립이 필요함
- EBW는 진공챔버에서 공정이 이루어지는 대형 설비이며, 초고용량의 전원을 사용하고 방사선이 발생하므로 방사선 차폐 설계가 필요함

○ **안전관리 사항**
- 본 연구개발과제는 「안전관리형 연구개발과제」로 연구개발계획서 제출시 '연구개발과제별 안전관리계획'을 제출해야 함 (적정성을 검토하여 부적정시 지원 제외함)
- 전자빔 용접시 고전압/고전류의 전기 위험과 X-선 발생에 의한 작업자 피폭에 대한 안전관리 필요

3. 지원기간/추진체계

○ **기간** : 45개월 이내
(1차년도 정부지원연구개발비: 12억원 내외, ○ **정부납부기술료 : 징수**
총 정부지원연구개발비 : 73.4억원 내외)

○ **주관연구개발기관** : 기업 주관 (중소·중견기업 참여)

○ **기타사항 : 해당없음**

'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2024-원자력-원전-품목-4	
연구개발과제유형	원천기술형( ),	혁신제품형(○) 실증형(○)
연계/해당여부	표준화연계( ) 경쟁형과제( ) 공기업협력( ) 초고난도과제( ) 복수형과제( ) 안전관리형과제(○)	
품목명	현장적용을 위한 원전 대형기기 인양설비 보조기기 개발 및 실증시험 (TRL : [시작] 6단계 ~ [종료] 7단계)	

1. 지원필요성

○ (기술성) 원전 계속운전을 위한 증기발생기 등 대형기기 교체 및 해체원전의 대형기기 철거를 위해서는 협소한 원자로 건물내에서 해당기기의 인양, 이동, 하역, 견인 리깅, Fulling 등의 공정이 필요하나 해당 공정을 수행하기 위한 구동기기의 국내에서 관련 기술개발 실적이 없어 해외 독점기업의 장비에 의존하고 있어 국내 기술개발 시급

○ (경제성) 가동원전의 증기발생기등 대형기기의 교체 및 해체원전의 대형기기 취급에 적용되는 등 경제적 효용성이 매우 크며 이에 따른 외화 절감효과 기대

○ (정책성) 수요가 큰 증기발생기 등 대형기기 인양설비 기술개발을 통한 원전생태계 활성화 및 중소기업기술 개발능력 향상

2. 품목정의

○ 최종목표

- 대형기기 인양 하역 보조기기 시제품 개발 및 개발 품목의 실증시험체계 구축

○ 연구내용

- 600톤 규모의 대형기기를 원자로건물 내 반입 및 반출 가능한 견인장치 개발
- 600톤 규모의 대형기기를 건물외부에서 인양, 스윙, 하역할 수 있는 초대형 리깅장치 개발
- 600톤 규모의 대형기기를 건물 내부 및 외부로 반입과 반출을 위한 Fulling System
- 원전 환경에 적합한 실증시험설비 구축
- 실증시험 및 공인인증기관 시험 2종 시행

○ 개발위험 극복방안

- 개발된 기술의 현장적용을 위해서는 정량적 목표에 대한 정확도를 포함한 절차의 적정성 및 품질보증 체계를 수립하여 성능검증 단계에서 적용
- 기술개발 및 검증 과정에서 2중 안전장치 개발 및 사전 검증을 통한 안전성확보
- 국내/국제 특허 등 고유 지식재산권 확보 전략 필요

○ 안전관리 사항

- 본 연구개발과제는「안전관리형 연구개발과제」로 연구개발계획서 제출 시 '연구개발과제별 안전관리계획'을 제출해야 함 (적정성을 검토하여 부적정시 지원 제외함)
- 산업안전보건법 제84조에 의거 유해·위험기계는 대통령령으로 정하는 것을 제조하는 경우 안전인증기준 적합여부를 고용노동부장관이 실시하는 안전인증을 통해 확인해야 함
- 중량물 취급 및 600톤 부하시험 수반 연구개발과제로 안전관리계획서 제출 필요

3. 지원기간/추진체계	

○ **기간** : 21개월 이내
(1차년도 정부지원연구개발비 : 6.9억원 내외, ○ **정부납부기술료** : 징수
총 정부지원연구개발비 : 16억원 이내)

○ **주관연구개발기관** : 중소·중견기업 (연구계 또는 학계 참여 필수)

○ **기타사항 :**
- 개발되는 장비의 활용을 위해 발전사업자 또는 주기기 교체사업자의 수요기업 참여 필요 (사업화 관련 수요기관의 참여)

'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2024-원자력-원전-품목-5	
연구개발과제유형	원천기술형( ),	혁신제품형(○) 실증형( )
연계/해당여부	표준화연계( ) 경쟁형과제( ) 공기업협력( ) 초고난도과제( ) 복수형과제( ) 안전관리형과제 ( )	
품목명	원전용 초내열함금 대형 4축 자유단조 장치 및 공정 개발 (TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 7단계)	

1. 지원필요성

○ 신한울 3, 4호기 건설 재개, 2030년 운영허가 만료 원전 10기의 계속운전 정비를 위한 초내열합금 부품의 수요기 증가될 것으로 전망되는 반면, 원소재는 수입에 의존하고 있음

- 고온 열크랙 및 고강도 특성을 갖는 원전용 난성형 단조 소재를 2-Die 기반 자유단조 방식으로 생산하는데 있어서, 품질 및 원가 문제가 있음

- 초내열합금 및 특수강 용 외산 대형 반경단조기는 고가장비(약 350억 원)인 반면, 최대 가공 가능 치수(450 mm)가 작아, 가공 범위가 넓은 저가 단조 장치가 필요함

- 해외에서 원전용 단조 소재 수입 시 높은 제작 단가, 납기 지연 및 후속 공정 처리 등의 문제로 원소재의 단조 기술이 확보되어야 함

○ 국내 원전용 소재 생산 기술력 확보 및 원전산업 제조 경쟁력 향상을 위한 저가/고성능의 단조 장치 개발 및 소재 생산 공정 혁신

2. 품목정의

○ (최종목표)

- 범용 자유단조기를 활용한 스마트 대형 4축 자유단조 시스템 개발과 개발 단조 시스템 활용한 원전용 저비용/고품질 원전 단조 부품 생산
  * 개발 단조 시스템 : 원재료 직경: 500mm 이상, 온도제어: 1000-1200°C, 단조시간 감소율: 40% 이상
  * 개발 대상 제품: CRDM/CEDM 노즐, ICI노즐 등 초내열합금(Inconel 690) 단조품

○ (연구내용)

- 대형 4축 자유단조용 다이세트 및 작동 기구 설계 기술 개발
- 다이세트 부품과 금형의 수명 평가 및 고장 감지 시스템 개발
- 소재 균일 온도 제어를 위한 온도 제어 시스템 개발
- 4축 자유단조 시스템 활용 원전용 단조품 및 제품의 개발
- 개발장치를 활용한 원전용 초내열합금 단조품의 품질 검증 (Code 적용성 확보)

○ **개발위험 극복방안**

- 금형회사-자유단조회사 및 원전부품회사와 긴밀한 협력을 통하여 장치의 범용성 확보
- 요소기술의 원전 및 첨단 부품 목적의 응용 확산을 통한 개발 기술의 파급효과 극대화

3. 지원기간/추진체계

○ **기간** : 33개월 이내
(1차년도 정부지원연구개발비: 7.6억원 내외, ○ **정부납부기술료 : 징수**
총 정부지원연구개발비 : 27억원 이내

○ **주관연구개발기관** : 중소·중견기업

○ **기타사항 :** 연구 수행 단계에서 수요기업과의 협력 추진 필요