

관리번호	2024-패키지(함께달리기)- 금속재료-15		사업구분	■ 통합형 □ 병렬형 □ 일반형		
산업기술분류1	대분류	기계소재	중분류	금속재료	소분류	에너지소재기술
산업기술분류2	대분류	-	중분류	-	소분류	-
해당여부	<input type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 해외연계 <input checked="" type="checkbox"/> 특허연계 <input checked="" type="checkbox"/> 안전과제 <input type="checkbox"/> 경쟁형R&D <input type="checkbox"/> 복수형R&D <input checked="" type="checkbox"/> 대형통합형 <input type="checkbox"/> 보안과제					
과제명	총괄	항복강도 485MPa급 고압수소배관용 금속 강관 제조 및 현장 엔지니어링 기술 개발				
	1세부	항복강도 485MPa급 고압수소 전용 용접강관 제조기술 개발				
	2세부	중·장거리 고압수소배관용 485MPa급 고강도 심리스 강관 제조기술 개발				
	3세부	고압수소배관 시험평가, 표준화 및 현장 엔지니어링 기술 개발				
<b>1 개요 및 필요성</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>(개요)</b> 고압수소 전용배관으로 수요가 높은 것으로 예상되는 항복강도 485MPa급 물성을 타겟으로, 고압수소환경에서 내수소취성이 우수한 수소배관망 구축을 소재/강관개발부터 현장시공, 시험평가, 표준화, Test bed까지 통합적으로 연계된 All-in-One 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 항복강도 485MPa급 고압수소기체 전용 용접강관 제조기술 개발</li> <li>- 중·장거리 고압수소배관용 485MPa급 고강도 심리스 강관 제조기술 개발</li> <li>- 고압수소 전용배관 시험평가, 표준화 연구 및 연결부 내수소취성 향상 위한 현장 엔지니어링 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ <b>(필요성)</b> 고압수소배관용 소재/강관개발부터 현장시공, 평가, 실증까지 통합 연구로 안전한 국내 고압수소배관망 인프라 구축에 기여하고, 표준화 및 Test bed 검증을 통해 글로벌 고압수소배관 시장 주도 필요 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 일부 업체에서 수소배관 개발에 대한 단편적인 R&amp;D는 추진된 사례가 있으나, 고압수소배관용 소재/강관 제조기술부터 현장 배관 시공 엔지니어링, 시험평가, 표준화 및 Test bed 실증연구까지 수소배관 인프라 전반에 대한 통합적인 연구 개발은 개별 기업체에서 추진하기에는 어려움이 많음. 안전한 고압수소배관망의 신속한 구축을 위해서는 국가 차원의 전주기 R&amp;D 지원 필수</li> <li>- 고압수소환경 시험은 국내에서 진행이 불가하거나, 일부 특정 기관에서 가능한 시험으로 구성되어, 고압수소배관 연구에 병목이 발생하고, 해외시험기관에 의존하여 비용·납기측면에서 어려움이 많음. 이에 국내 수소시험평가 체계 확대 및 신속 평가 가능한 대체시험법 연구개발 필요</li> <li>- 고압수소배관망의 안전성에 직결되는 연결 용접부에 대한 내수소취성 향상 연구 사례는 거의 없어서, 기존 천연가스배관 시공과 유사하게 현장 용접공의 숙련도에 의존하여 연결용접부 품질편차 발생이 우려됨. 본 과제를 통해 연결부에 대한 내수소취성용 용접재료 개발 및 C-Seam 용접 최적화 기술, 비파괴검사 기술 개발 등 현장 엔지니어링 기술의 체계화 및 표준화 필요</li> </ul> </li> <li>○ <b>(기대효과)</b> 고압수소배관용 소재/강관 - 현장 시공사 - 시험평가/표준화 - 고객사 Test bed 실증까지 이어지는 전주기 서플라이 체인 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내·외 고압수소 배관망 구축뿐만 아니라, 내수소취성이 요구되는 오일/가스 수송용 파이프라인 용도로 활용 가능</li> <li>- 철강소재/강관 제조로부터 현장 시공, 시험평가/표준화, 실수요 고객까지 대·중·소 기업 상생형 가치사슬 구축 및 동반성장 가능</li> </ul> </li> </ul>						

## 2. 연구목표

○ 최종목표 : 항복강도 485MPa급 고압수소배관용 금속 강관 제조 및 현장 엔지니어링 기술 개발

(TRL : [시작] 3 단계 ~ [종료] 7 단계)

- 항복강도 485MPa급 고압수소기체 전용 용접강관 제조기술 개발
- 중장거리 고압수소배관용 485MPa급 고강도 심리스 강관 제조기술 개발
- 고압수소배관 시험평가, 표준화 및 현장 엔지니어링 기술 개발

○ 역할 및 기능

- 세부 과제별 종합관리 및 사업추진 방향 조정
- 연구개발을 통해 획득된 유무형의 성과물 관리, 사업화 전략 수립
- 전문가 초청강연 및 전시회 개최
- 사업성과(실적) 관리 및 보고, 총괄 등

## 3. 지원기간/예산/추진체계

○ 개발기간 : 54개월 이내 (1차년도 : 6개월 이내, 2~5차년도 : 각 12개월)

- 1단계 : 30개월 이내, 2단계 : 24개월 이내

○ 정부연구개발비 : 총 정부연구개발비 180억원 이내 (1차년도 : 20.5억원 이내)

- 총괄주관연구개발비 : 총 정부출연금 0.9억원 이내 (1차년도 : 0.1억원 이내)

○ 주관기관 : 기업

○ 기술료 징수여부 : 비징수

○ 기타사항 : 안전과제 (3세부)

○ 기타사항2 : 산업부-과기부-중기부 부처협업(함께달리기)으로 통합공고되는 과제로, 타부처 과제와 연구성과를 공유하고 지속적으로 협력하여야 함

관리번호	2024-패키지(함께달리기)- 금속재료-15-01		사업구분	소재부품패키지형		
산업기술분류1	대분류	기계·소재	중분류	금속재료	소분류	구조재료
산업기술분류2	대분류		중분류		소분류	
총괄과제명	항복강도 485MPa급 고압수소배관용 금속 강관 제조 및 현장 엔지니어링 기술 개발					
세부과제명	(1세부) 항복강도 485MPa급 고압수소 전용 용접강관 제조기술 개발					
<b>1. 개요 및 필요성</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>(개요)</b> 국내 수소배관망 구축 확대 및 안전성 향상을 위해 <b>내수소취성</b> 우수한 항복강도 485MPa(X70)급 철강소재 및 용접강관 제조기술 개발</li> <li>○ <b>(필요성)</b> 국내에서 항복강도 350MPa급 수소배관 개발관련 R&amp;D 추진사례는 일부 있었으나, 향후 수소배관망 확대 및 수소 수송압력 증가에 대비하기 위하여 <b>내수소취성</b>이 우수한 항복강도 485MPa급 고강도 열연/후판소재 및 용접강관에 대한 제조기술 개발 필요 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 수소 시범도시에 사용된 수소배관은 대부분 도시 내부에 짧은 구간의 이송용도로써 실제 사용압력이 20bar 수준으로 낮아 <b>내수소취성</b>이 크게 요구되지 않는 항복강도 350MPa(API X52)급의 ERW 용접강관이 사용되었고, 배관 외경도 <math>\phi</math>219 수준의 소구경 강관을 적용된 바 있음</li> <li>- 그러나 향후 전국 규모의 수소배관 인프라망이 구축되면 수소 수송압력이 100bar 까지 증가할 것으로 예상되며, 결국 항복강도 485MPa급의 고강도와 높은 <b>내수소취성</b> 저항성능 요구가 예상되고, 배관 사이즈도 SAW 강관 범위인 최대 <math>\phi</math>914 mm (36인치) 까지 확대될 것으로 전망되기 때문에, 본 과제를 통한 고압수소배관용 소재 및 용접강관 개발이 필요함</li> <li>- 또한 본 과제를 통해 개발될 고압수소배관의 상용화를 위해서는 현장 배관 연결 시공/검사 기술, 시험평가 및 표준화 연구, 고객사 Test bed 실증까지 전주기 기술개발 연계가 병행되어야 하며, 이를 개별 업체/기관이 추진하는 것은 현실적으로 불가능하기 때문에, 고압수소배관 인프라 전반에 대한 통합적인 연구개발이 신속하고 효율적으로 추진될 수 있도록 정부 차원의 R&amp;D 지원이 필수적임</li> </ul> </li> <li>○ <b>(기대효과)</b> 향후 고압수소배관 인프라 구축에 필수적인 고강도 및 <b>내수소취성</b> 보증 용접강관을 고객의 니즈에 맞게 소경~대경까지 다양한 크기로 공급 가능 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소재/강관-현장시공-시험평가/표준화-고객사 Test bed 실증까지 연계하여 고압수소 배관 Supply Value Chain 체계화에 기여</li> <li>- <b>내수소취성</b>이 요구되는 오일/가스 수송용 파이프라인 용도로 활용</li> </ul> </li> </ul>						
<b>2. 연구목표</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>최종목표</b> : 항복강도 485MPa급 고압수소 전용 용접강관 제조기술 개발 (TRL : [시작] 3 단계 ~ [종료] 7 단계) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열연 <b>내수소취성</b> 확보 위한 미세조직 구현 및 고강도 후물 권취기술 개발</li> <li>- 후판 균일 미세조직 구현을 위한 제조 조건 도출 및 양산화 적용</li> <li>- ERW 용접강관의 <b>내수소취성</b> 저항성능 향상 조관기술 개발 (외경 <math>\phi</math>610 mm 이하) : Roll forming, ERW 용접, PSA 열처리 및 NDT 검사 기술 등</li> <li>- SAW 용접강관의 <b>내수소취성</b> 저항성능 향상 조관기술 개발 (외경 <math>\phi</math>610 mm 이상) : Press forming, SAW 용접, 교정, NDT 검사 기술 등</li> </ul> </li> </ul>						

○ 개발목표

성능지표		단위	달성목표	국내최고수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)
1	항복강도	MPa	Min. 485	Min. 360	Min. 485 (일본/JFE)
2	저온 충격인성(CVN)	J	Min. 27 (@-45℃)	27 (@-10℃)	27 (@-45℃) (일본/JFE)
3	수소/일반 노치인장강도비율	%	Min. 80	미보증	Min. 80 (일본/JFE)
4	수소환경 파괴인성(강재, 용접강관)	MPa√m	Min. 65	미보증	Min. 55 (일본/JFE)

3. 지원기간/예산/추진체계

- 개발기간 : 54개월 (1차년도 : 6개월 이내, 2~5차년도 : 각 12개월)  
- 1단계 : 30개월 이내, 2단계 : 24개월 이내
- 정부연구개발비 : 총 정부연구개발비 75.6억 원 이내 (1차년도 : 8.4억 원 이내)
- 주관기관 : 기업
- 기술료 징수여부 : 징수
- 기타사항 : 해당없음

관리번호	2024-패키지(함께달리기)- 금속재료-15-02		사업구분	소재부품패키지형		
산업기술분류1	대분류	기계·소재	중분류	금속재료	소분류	구조재료
산업기술분류2	대분류		중분류		소분류	
총괄과제명	항복강도 485MPa급 고압수소배관용 금속 강관 제조 및 현장 엔지니어링 기술 개발					
세부과제명	(2세부) 중·장거리 고압수소배관용 485MPa급 고강도 심리스 강관 제조기술 개발					
1. 개요 및 필요성	<p>○ (개요) 2050년 탄소중립 목표 달성을 위한 중장기 감축 목표로 2030년까지 18년 대비 온실가스 40% 감축을 위한 목표로 이행계획 중 하나인 대체 에너지원으로 수소공급확대 및 수소 활용 생태계 강화에 일환으로 수소 경제의 가치사슬 구축을 위한 효율적인 수소 생산과 안전한 중·장거리 수소 배관망 구축을 위한 고압수소 배관 개발 및 신뢰성 검증이 수반되어야 함</p> <p>○ (필요성)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수소 활용 기술 및 산업은 기존 화석에너지 기반 시스템에 비교하여 경제성이 취약하여 자체로 시장을 확대하지 못하는 상태이므로, 현재 에너지 및 환경문제에 대응하여 자생력을 갖출 때까지는 정부 주도로 정책적인 지원이 필요함</li> <li>* 2019년 정부는 수소경제 활성화 로드맵을 발표하고, 장기적으로 수소 생산·저장·이송·사용에 이르는 인프라 구축예정(수소배관망 운송압력 : 20bar → 100bar 상향 추진)</li> <li>* 2040년까지 수소전기차 620만대, 충전소 1,200개, 수소생산 연간 약 526만톤 수준으로 예측</li> <li>- 국내 수소산업 핵심기술 개발은 주로 수소 활용 분야에 집중되어 수소 저장·이송 분야의 소재 부품 기술 개발은 미흡한 상태로서, 수소를 용도에 맞게 저장하고 이송하는데 활용되는 수소 취화 저항성이 우수한 금속 소재 개발 및 이를 활용한 심리스 고압수소배관 개발이 필요</li> </ul> <p>○ (기대효과)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- API 5L X65/X70 심리스 강관의 경우 전량 수입에 의존 중으로, 본 과제를 통한 고강도 심리스 고압수소배관 개발 및 국산화 가능</li> <li>- 수소 기술 개발 로드맵에 따르면 세계 최고수준의 기술력을 확보하여 수소경제 선도국으로 도약하는 것을 비전으로 삼고, 기존 계획들과의 정합성을 고려하여 수소 ①생산, ②저장·운송, ③활용(수송수단), ④활용(발전·산업), ⑤안전·환경·인프라 각 분야의 기술개발 목표를 설정하고 있으며, 이 중 수소 저장·운송에 있어 중·장거리 수소배관망 (운송압력 : 20 → 100bar 상향 추진) 소재 및 심리스 고압수소배관 제조 기술 개발을 통해 우리나라가 강점이 있는 수소차와 연료전지를 양대 축으로 수소경제를 선도할 수 있는 산업생태계 구축에 기여</li> <li>- 또한 수소배관을 이용하는 것은 수소를 이송하는 방법 중에서 가장 효율적인 방법이며 동시에 높지 않은 압력에서 대규모로 수소를 효율적으로 저장할 수 있는 방법이지만, 현재 매우 높은 건설비용과 안전 문제가 가장 중요한 기술적 이슈이며 이에 대한 대응을 위한 내수소취성 고강도 소재 및 강관 개발을 통해 안정성 및 비용 절감 등 사회적 이슈 해소에 기여</li> </ul>					

## 2. 연구목표

○ 최종목표 : 중·장거리 고압수소배관용 485 MPa급 심리스 강관 제조 기술 개발  
(TRL : [시작] 3 단계 ~ [종료] 7 단계)

- 항복강도 485MPa급 합금 설계를 통한 고압 수소 이송 환경에서 적용 가능한 심리스 강관용 소재 개발
- 만네스만 천공법을 활용한 길이 12 m 이상, 외경 8인치급 심리스 강관 제조 기술 개발
- 내수소취성 특성 확보를 위한 양산 열처리 최적화 기술 개발
- 수소 노출 환경에서 적합한 소재 수명 저하를 방지하기 위한 내수소취성 확보 가능한 강관 개발

### ○ 개발목표

성능지표		단위	달성목표	국내 최고수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)
1	항복강도	MPa	485~635	-	485~635 (일본/NSSMC)
2	인장강도	MPa	570~760	-	570~760 (일본/NSSMC)
3	항복비	-	Max. 0.93	-	Max. 0.93 (일본/NSSMC)
4	저온충격강도(CVN) (API 5L 기준)	J	Min. 40 (@-45℃)	-	Min. 27 (@0℃) (일본/NSSMC)
5	항복강도 (SSRT 조건 <sup>1)</sup> )	MPa	Min. 485	-	-
6	수소/일반 수소취성특성평가 (RNTS or RRA <sup>2)</sup> by SSRT)	%	Min. 80	-	-

1) SSRT: Slow Strain Rate Test, ASTM G129-21 기준

2) RNTS: Relative Notched Tensile Strength, RRA: Relative Reduction of Area

## 3. 지원기간/예산/추진체계

- 개발기간 : 54개월 (1차년도 : 6개월 이내, 2~5차년도 : 각 12개월)
  - 1단계 : 30개월 이내, 2단계 : 24개월 이내
- 정부연구개발비 : 총 정부연구개발비 68억 원 이내 (1차년도 : 8억 원 이내)
- 주관기관 : 중소·중견기업
- 기술료 징수여부 : 징수
- 기타사항 : 해당없음

관리번호	2024-패키지(함께달리기)- 금속재료-15-03		사업구분	소재부품패키지형		
산업기술분류1	대분류	기계-소재	중분류	금속재료	소분류	구조재료
산업기술분류2	대분류	-	중분류	-	소분류	-
총괄과제명	향북강도 485MPa급 고압수소배관용 금속 강관 제조 및 현장 엔지니어링 기술 개발					
세부과제명	(3세부) 고압수소배관 시험평가, 표준화 및 현장 엔지니어링 기술 개발					
1. 개요 및 필요성	<p>○ (개요) 고압수소배관 연결부 내수소취성 현장 엔지니어링 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수소경제 활성화를 위해서는 대량으로 생산된 수소를 효율적으로 장거리 운송하기 위한 대구경 용접 배관 개발 및 신뢰성 검사, 현장 엔지니어링 기술 개발이 시급함</li> </ul> <p>○ (필요성) 수소배관망 배관시공의 경우 현장 용접공의 숙련도에 의존하며, 연결부에 대한 내수소취성 성능검증 및 특성 향상에 대한 연구개발 사례 부재로, 이에 대한 현장 엔지니어링 기술의 체계화 및 표준화 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 우리나라는 2030년 이후 수소 수요 증가에 대응해 전국을 연결하는 수소 주배관 건설이 목표이므로, 고압 및 고농도 수소 기체를 대용량으로 장거리 운반하기 위해서는 수소취성 저항성이 높은 X70급 이상의 고강도 저탄소 라인파이프 강재 및 대구경 강관 제조 기술 개발 필요</li> <li>- 현재 수소 생산지와 소비지를 연결하는 장거리용 대구경 파이프라인 소재의 경우 주로 100bar 이하의 저압력에서 수소를 수송하기 위한 X42~X60급의 일반 탄소강을 대부분 사용하고 있으며, 고농도 수소(순수 수소 포함)의 효율적인 고압 장거리 수송을 위해서는 내수소취화 특성을 갖는 X70급 이상의 고강도 수소 파이프라인 강재 개발 필요</li> <li>- 수소배관 설치현장에서 연결용접 시공 및 검사가 대부분 수작업으로 진행되고 있어, 연결용접부에 대한 내수소취성 성능 향상을 위한 현장 엔지니어링 기술 개발 필요</li> <li>- 고압수소배관 연결부는 대부분 수작업으로 용접되고 검사되어 연결 결함 발생 위험이 높으며, 플랜지 및 피팅류 사용 등 (연결부 20% 이상)을 통해 연결 결함 발생 가능성을 최소화하고, 수소 누출 및 파손 사고 위험을 감소시킬 수 있음</li> <li>- 배관시스템에서는 직선배관 뿐만 아니라 굴곡진/꺾이는 부위의 피팅류 적용 및 밸브, 안전/측정장치 등 배관 중간에 장착되는 부품 양옆으로 플랜지가 적용됨. 따라서 고압수소용 연결부(배관/플랜지/피팅류)의 제조 및 이들 부품/연결부에 대한 물성평가/규격, 표준화된 지침 및 절차 마련 등의 검토가 필요함</li> <li>- 국가별로 수소 파이프라인의 배관 두께, 수소 압력 등의 규격과 사용 소재가 다르므로, 수소 농도 및 압력, 온도, 부식 환경 등의 사용 조건에 따라 파이프라인 소재의 화학조성, 강도, 연신율, 내수소취성, 충격 및 파괴 인성, 연결부의 용접성 등에 대한 구체적인 평가 시험 가이드와 성능 기준에 대한 국제적인 규격 마련 및 검토 필요</li> </ul> <p>○ (기대효과) 고압수소배관용 Supply Value Chain 체계화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 소재/강관-현장시공-시험평가/표준화-고객사 Test bed 실증까지 연계</li> <li>- 국내/외 고압수소 배관망 구축</li> <li>- 내수소취성이 요구되는 오일/가스 수송용 파이프라인 용도로 활용</li> <li>- 수소 에너지 생산방식에 따라 석유화학 플랜트, 신재생 에너지 플랜트 및 원자력 플랜트 내 사용되는 수소 파이프라인 소재의 사용 환경에 따라 내열성, 내식성, 내수소취성 등의 다양한 요구 물성을 만족하는 철강 소재 기반 기술 구축</li> </ul>					

## 2. 연구목표

○ 최종목표 : 고압수소배관 시험평가, 표준화 및 현장 엔지니어링 기술 개발  
(TRL : [시작] 3 단계 ~ [종료] 7 단계)

- 고압수소환경 파괴인성 및 피로균열속도 평가 (ASME B31.12 기준)
- 고압수소용 pilot 배관내 압력 변화를 고려한 실증 평가 시험
- 배관 품질검사를 위한 in-situ 스크리닝 시험법 개발
- 조관 변형 및 코팅 열처리 고려 물성 변화 예측 기술 개발
- 고압수소 배관 모재 및 용접부 내수소취성 성능 평가
- 수소배관 연결용접부 품질 향상 및 검증을 위한 C-Seam 용접, 비파괴검사 기술개발
- 기계학습용 데이터 기반 설비 건전성 평가기술 개발

○ 개발목표

성능지표		단위	달성목표	국내최고 수준	세계최고수준 (보유국, 기업/기관명)
1	수소취성 스크리닝 시험법 개발	%	90 (정합성)	-	90 (일본/JGC)
2	수소배관 연결용접부 저온충격인성(CVN)	J	Min. 27 (@-45℃)	27 (@-10℃)	27 (@-45℃) (일본/KOBELCO)
3	노치인장강도비율(연결용접부)	%	Min. 80	미보증	Min. 80 (일본/KOBELCO)
4	파괴인성(연결용접부)	MPa√m	Min. 65	미보증	Min. 55 (일본/KOBELCO)
5	배관 잔여수명 예측 건수	건	3	-	-

## 3. 지원기간/예산/추진체계

- 개발기간 : 54개월 (1차년도 : 6개월 이내, 2~5차년도 : 각 12개월)
  - 1단계 : 30개월 이내, 2단계 : 24개월 이내
- 정부연구개발비 : 총 정부연구개발비 35.5억 원 이내 (1차년도 : 4억 원 이내)
- 주관기관 : 기업
- 기술료 징수여부 : 징수
- 기타사항 : 안전과제