

관리번호		2024-패키지(함께달리기)- 금속재료-15		사업구분	<input checked="" type="checkbox"/> 통합형 <input type="checkbox"/> 병렬형 <input type="checkbox"/> 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				
1. 개요 및 필요성						
<p>○ (개요) 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</p> <ul style="list-style-type: none"> - 항복강도 485MPa급 고압수소기체 전용 용접강관 제조기술 개발 - 중·장거리 고압수소배관용 485MPa급 고강도 심리스 강관 제조기술 개발 - 고압수소 전용배관 시험평가, 표준화 연구 및 연결부 내수소취성 향상 위한 현장 엔지니어링 기술 개발 <p>○ (필요성) 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</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국내 일부 업체에서 수소배관 개발에 대한 단편적인 R&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&D 지원 필수 - 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 - 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 <p>○ (기대효과) 고압수소배관용 소재/강관 - 현장 시공사 - 시험평가/표준화 - 고객사 Test bed 실증까지 이어지는 전주기 서플라이 체인 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국내·외 고압수소 배관망 구축뿐만 아니라, 내수소취성이 요구되는 오일/가스 수송용 파이프라인 용도로 활용 가능 - 철강소재/강관 제조로부터 현장 시공, 시험평가/표준화, 실수요 고객까지 대·중·소 기업 상생형 가치사슬 구축 및 동반성장 가능 						

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					
1. 개요 및 필요성	<p>○ (개요) 국내 수소배관망 구축 확대 및 안전성 향상을 위해 내수소취성 우수한 항복강도 485MPa(X70)급 철강소재 및 용접강관 제조기술 개발</p> <p>○ (필요성) 국내에서 항복강도 350MPa급 수소배관 개발관련 R&D 추진사례는 일부 있었으나, 향후 수소배관망 확대 및 수소 수송압력 증가에 대비하기 위하여 내수소취성이 우수한 항복강도 485MPa급 고강도 열연/후판소재 및 용접강관에 대한 제조기술 개발 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국내 수소 시범도시에 사용된 수소배관은 대부분 도시 내부에 짧은 구간의 이송용도로써 실제 사용압력이 20bar 수준으로 낮아 내수소취성이 크게 요구되지 않는 항복강도 350MPa(API X52)급의 ERW 용접강관이 사용되었고, 배관 외경도 $\phi 219$ 수준의 소구경 강관을 적용된 바 있음 - 그러나 향후 전국 규모의 수소배관 인프라망이 구축되면 수소 수송압력이 100bar 까지 증가할 것으로 예상되며, 결국 항복강도 485MPa급의 고강도와 높은 내수소취성 저항성능 요구가 예상되고, 배관 사이즈도 SAW 강관 범위인 최대 $\phi 914$ mm (36인치) 까지 확대될 것으로 전망되기 때문에, 본 과제를 통한 고압수소배관용 소재 및 용접강관 개발이 필요함 - 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&D 지원이 필수적임 <p>○ (기대효과) 향후 고압수소배관 인프라 구축에 필수적인 고강도 및 내수소취성 보증 용접강관을 고객의 니즈에 맞게 소경~대경까지 다양한 크기로 공급 가능</p> <ul style="list-style-type: none"> - 소재/강관-현장시공-시험평가/표준화-고객사 Test bed 실증까지 연계하여 고압수소 배관 Supply Value Chain 체계화에 기여 - 내수소취성이 요구되는 오일/가스 수송용 파이프라인 용도로 활용 					
2. 연구목표	<p>○ 최종목표 : 항복강도 485MPa급 고압수소 전용 용접강관 제조기술 개발 (TRL : [시작] 3 단계 ~ [종료] 7 단계)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 열연 내고수소취성 확보 위한 미세조직 구현 및 고강도 후물 권취기술 개발 - 후판 균일 미세조직 구현을 위한 제조 조건 도출 및 양산화 적용 - ERW 용접강관의 내수소취성 저항성능 향상 조관기술 개발 (외경 $\phi 610$ mm 이하) : Roll forming, ERW 용접, PSA 열처리 및 NDT 검사 기술 등 - SAW 용접강관의 내수소취성 저항성능 향상 조관기술 개발 (외경 $\phi 610$ mm 이상) : Press forming, SAW 용접, 교정, NDT 검사 기술 등 					

○ 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"> - 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 * 2019년 정부는 수소경제 활성화 로드맵을 발표하고, 장기적으로 수소 생산·저장·이송·사용에 이르는 인프라 구축예정(수소배관망 운송압력 : 20bar → 100bar 상향 추진) * 2040년까지 수소전기차 620만대, 충전소 1,200개, 수소생산 연간 약 526만톤 수준으로 예측 - 국내 수소산업 핵심기술 개발은 주로 수소 활용 분야에 집중되어 수소 저장·이송 분야의 소재 부품 기술 개발은 미흡한 상태로서, 수소를 용도에 맞게 저장하고 이송 하는데 활용되는 수소 취화 저항성이 우수한 금속 소재 개발 및 이를 활용한 심리스 고압수소배관 개발이 필요 <p>○ (기대효과)</p> <ul style="list-style-type: none"> - API 5L X65/X70 심리스 강관의 경우 전량 수입에 의존 중으로, 본 과제를 통한 고강도 심리스 고압수소배관 개발 및 국산화 가능 - 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 - 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 					

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	달성 목표	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	SSRT 최대강도 ¹⁾	MPa	Min. 485	-	-
6	수소/일반 수소취성특성평가 (RNTS or RRA) ²⁾	%	Min. 80	-	-

1) SSRT: Slow Strain Rate Test, ASTM G219-21 기준

2) RNTS: Relative Notched Tensile Test, 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	항복강도 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"> - 수소경제 활성화를 위해서는 대량으로 생산된 수소를 효율적으로 장거리 운송하기 위한 대구경 용접 배관 개발 및 신뢰성 검사, 현장 엔지니어링 기술 개발이 시급함 <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"> - 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 - 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 - 수소배관 설치현장에서 연결용접 시공 및 검사가 대부분 수작업으로 진행되고 있어, 연결용접부에 대한 내수소취성 성능 향상을 위한 현장 엔지니어링 기술 개발 필요 - 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 - 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 - 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 <p>○ (기대효과) 고압수소배관용 Supply Value Chain 체계화</p> <ul style="list-style-type: none"> - 소재/강관-현장시공-시험평가/표준화-고객사 Test bed 실증까지 연계 - 국내/외 고압수소 배관망 구축 - 내수소취성이 요구되는 오일/가스 수송용 파이프라인 용도로 활용 - 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 					

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