

연구개발계획요구서(RFP)

과제명 : 고온/고속 터빈용 고신뢰성 내산화 열차폐 코팅 기술

1. 개요

가. 기술의 개념 및 정의

고온, 고속 연소가스 환경(1,800 K 급)에서 열차폐 성능과 모재 금속의 산화방지 기능을 갖는 세라믹 코팅기술로, 가스터빈 엔진의 터빈 블레이드에 적용하는 경우 주상형 그레인을 갖는 코팅 공정기술을 개발하고 터빈노즐 베인과 연소기 등에는 고온 적용 부위별로 열차폐/본드 코팅 공정기술을 개발함. 개발된 코팅 공정기술을 적용한 부품(시편 및 엔진 부품)의 열차폐 성능과 내산화 성능평가를 수행함.

열차폐 코팅은 Bond Coating 층, TGO(Thermally-grown Oxide) 층, Top Coating 층 등으로 이루어지며 각각의 코팅 층에 따라 운용환경에 적합한 소재 및 코팅 기술(코팅 조직 구조형상)을 개발하여야 함.

본 과제의 개발 대상인 열차폐 코팅(TBC, Thermal Barrier Coating) 공정 기술은 크게 열 용사(Thermal Spray) 코팅과 증기상 증착 코팅(Physical Vapor Deposition)으로 나눌 수 있음.

열 용사 코팅기술은 APS(Air Plasma Spray), VPS(Vacuum Plasma Spray), SPS(Suspension Plasma Spray) 등으로 나눌 수 있으며, 대기압/저압/진공 분위기에서 플라즈마 아크를 이용하여 세라믹 분말을 용해하여 용융된 세라믹을 고속으로 증착시키는 기술을 확보해야 함. 열 용사 코팅기술의 경우 터보팬 엔진의 연소기와 터빈노즐 베인에 적용하기 위한 열차폐 코팅기술을 개발해야 하며, 1,800K 급 엔진운용 환경에 적합한 Bond Coating 기술과 Top Coating 기술을 개발하여야 함.

증기상 증착 코팅은 전자빔(EB, Electron Beam)으로 진공 분위기에서 세라믹 소재를 증발시켜 세라믹 주상조직을 갖도록 하는 코팅기술을 확보해야 함. 또한 Bond 코팅된 부품에 예열 및 산소분압 과정을 통한 TGO 생성 기능을 가져야 함. EB-PVD(Electron Beam-Physical Vapor Deposition) 열차폐 코팅에서 확보해야 할 공정 요소는 코팅부품의 Loading, 고진공 상태에서 TGO 생성을 위한 코팅부품

예열, 고진공 상태에서 YSZ(Yttria Stabilized Zirconia) 계열 세라믹 코팅과 MCrAlY 계열 소재 등의 Bond 코팅, 코팅부품의 회전/경사 기능, 가스분압 제어와 필요시 Shuttering 기능 등임. 또한 품질 안정성과 개발 또는 양산 엔진의 부품공급 수량을 고려하여 코팅공정 효율을 높일 수 있는 In-line Coater 개념의 장비개발이 필요함. 응용연구에서 EB-PVD 코팅장비를 개발하고, 제작시편 특성시험을 이용한 EB-PVD 코팅 공정기술을 개발하여야 함. 시험개발에서 엔진부품에 적용 가능한 코팅공정기술을 개발하여야 함.

나. 기술의 중요성/필요성 및 시급성

o 기술의 중요성/필요성

- 1,800 K 이상의 고온 조건 (Substrate 온도 1,150~1,200℃)에서 Ni 계열 초내열 합금의 한계온도를 유지하기 위한 냉각에는 압축공기가 20% 이상 필요하며, 이 경우 엔진성능 저하가 발생하고 금속소재 산화로 인한 수명 감소가 발생함. 따라서 냉각기술의 한계를 극복하고 엔진의 성능향상과 수명감소 방지를 위하여 본 기술개발이 필요함.
- 또한 터빈 블레이드의 열차폐 코팅장비와 관련 기술들을 국내 독자 확보함으로써 적용 소재 및 공정변수의 다양화 요구에 대응이 가능함.
- 내산화 열차폐 코팅기술은 최신 항공기용 터보엔진에 적용 중이며, 산업용 가스터빈 발전시스템에도 적용(약 50%) 중임. 그러나 가스터빈 엔진의 고온 부품에 적용되는 코팅기술들은 수출입 통제(E/L) 및 기술이전 제한분야로 터빈 내부 냉각채널의 Aluminide 코팅, MCrAlY/지르코니아 코팅 등도 기술통제를 받고 있음. 따라서 본 기술개발로 국내 항공 및 발전용 가스 터빈의 기술력 강화 및 해외 기술종속 탈피가 가능함.

o 기술개발의 시급성

- 국방분야 : '19년 부처연계협력기술개발 사업으로 무인기용 완제터보팬 엔진통합개발 사업이 착수되었으며, 고속회전익기용 터보샤프트 엔진 코어기술 개발 사업이 착수됨. 상기 2종의 터보 엔진의 터빈 블레이드에 열차폐 코팅 적용이 필수적이며, 응용연구 종료 시 TRL5 수준의 기술성숙도 확보가 필요하며, 시험개발 종료 시 실용화 수준의 기술 확보가 필요함.
- 민수분야 : 250MW급 산업용 가스터빈 엔진개발 사업에서 엔진개발이 진행 중이며, 후속 380MW급 가스터빈 엔진으로 성능개량이 추진 중으로 엔진의 터빈 부품에 대한 검사와 열차폐 코팅에 대한 수리 시점에 본 기술개발 결과의 활용이 필요함.

다. 연구개발 최종 목표

o 민 · 군수용

항 목		목 표 성 능	비고
내산화(Bond) 코팅소재 선정 및 공정기술		<ul style="list-style-type: none"> 코팅소재 : Aluminide, PtAl, MCrAlY (M: Ni, Co 등) 계열 공정기술 : Diffusion 코팅, VPS, EB-PVD 등 최적공정 ※ 부품별(연소기, 터빈 노즐 베인, 터빈 블레이드) 공정 	
열차폐 코팅 소재/공정기술		<ul style="list-style-type: none"> 코팅소재 : YSZ 계열 공정기술 : 증기상 증착 코팅과 용사코팅 기술 실 제품 적용 1) 증기상 증착 코팅 : EB-PVD (주상 코팅) 2) 용사 코팅 : APS, VPS, SPS 등 (저밀도 코팅) ※ 부품별(연소기, 터빈 노즐 베인, 터빈 블레이드) 공정 	
열전도도		<ul style="list-style-type: none"> 저밀도 코팅 : 1.2W/m·K 이하 주상 코팅 : 1.8W/m·K 이하 ※ 측정용 시편 제작 	
		<ul style="list-style-type: none"> 응용연구에서 개발된 코팅기법 적용 열전도도 산포도 : $\pm 10\%$ 이내 (시편 10개 이상 측정결과) 	
열사이클 안정성		<ul style="list-style-type: none"> Failure 기준 : 코팅 탈락 면적 20% 초과 ※ Furnace Cyclic 시험 : 500 cycle 이상 (@1,150℃ Cycling) Furnace Cyclic 시험장비 운용 최대 온도 : 1200℃ 	
열충격 및 내침식 안정성		<ul style="list-style-type: none"> Failure 기준 : 코팅 탈락 면적 20% 초과 ※ 버너 리그 시험 : 500 Cycle 이상 (@1,150℃ Cycling) 버너 리그 시험장비 운용 최대 온도 : 1200℃ 	
코팅 층	두께	<ul style="list-style-type: none"> Top Coating 두께 범위 : 50~250μm 코팅 층(전체) 두께 균일도 : 목표 두께 $\pm 20\mu\text{m}$ 이내(샘플링 시편 내 10곳 이상 측정 결과) 	
	물성(DB화)	열전도도, 열팽창계수, Bonding Stength, Young's Modulus, 경도, 열충격 저항성, 굽힘강도, Fracture Toughness 측정	
전자빔 진공 열차폐 코팅장비 기술		<ul style="list-style-type: none"> EB-gun 운용출력(합계) : 200kW 이상 1회 동시코팅 터빈 블레이드(코팅부 길이 4cm급) 수량 : 6개 이상 코팅부품 Loading, 회전/경사 제어 기능 보유 <ul style="list-style-type: none"> 회전속도 제어 : 3rpm 이상 경사 제어 : 최대 45deg 이상 예열 및 TGO 제어 기능 보유 전자빔 자동제어/안정화 기능 보유 코팅 중 진공 압력제어 기능 보유 장비 진공도 : 10^{-5} torr 이하 	
코팅적용 부품		<ul style="list-style-type: none"> 터빈노즐 베인(엔진 부품) 터빈 블레이드(엔진 부품) 연소기 라이너(엔진 부품) 	

※ 열전도도, 열사이클 안정성, 열충격/내침식 안정성, 코팅 두께, 코팅 물성

: 엔진 소재 또는 엔진 부품에서 채취한 시편으로 평가

※ 전자빔 진공 열차폐 코팅장비 기술 : 기술된 사항 이외 필요한 상세 사양 제시할 것

2. 국내외 기술현황 및 전망

가. 국내 기술동향 및 전망

전자빔 진공 열차폐 코팅기술의 경우 재료연구소와 한국세라믹기술원이 실험실 단위의 기술을 개발하고 있으며, 일부 본드 코팅 기술들을 연구하고 있음.

국방분야에서 선도형 핵심기술개발 “항공기용 터보팬 코어엔진 개발” 과제를 통하여 한국세라믹기술원과 한화에어로스페이스가 고압터빈 노즐 베인과 블레이드에 APS 열차폐 코팅과 전자빔 진공 열차폐 코팅 기술을 개발하여 코어엔진에 적용한 사례가 있으나, 실험실 단위의 개발로 수율과 품질상 문제로 기술의 완성도가 낮고, 고온/고속 터빈의 블레이드 적용에는 한계가 있는 것으로 판단됨.

현재 국내 EB-PVD 코팅 장비는 항공용 가스터빈 부품을 코팅하기 위하여 필요한 본드 코팅 부품의 예열, TGO 층 성장제어와 코팅부품의 실시간 온도측정을 통한 부품 온도제어, 전자빔의 안정성 확보를 위한 플라즈마 영역 전하량 제어, 전자빔 조사영역의 자동제어, 코팅 중 산소 분압제어를 통한 코팅의 화학적 조정 유지, 주상 코팅 미세구조 형상제어를 위한 실시간 경사제어와 회전속도 제어기능 등이 없음. 이에 따라 현 국내 보유 장비는 코팅기술의 특성연구에는 활용이 가능하나, 엔진 부품 코팅에 필요한 코팅 층 열전도도의 균일성, 성능 향상과 코팅 층의 열산화/부식 안정성, 품질 균일화 등을 확보하기 어려움. 따라서 엔진 제작 시 부품 코팅을 위하여 국내 독자 장비개발 또는 해외 코팅 장비 도입이 필요함.

열 차폐코팅 성능평가와 관련하여 국내 평가기술은 코팅 부 온도 1100℃이하에서 관련 평가기법들이 개발되어 왔으나, 고온/고속 연소가스 환경(1800 K급)에서 필요한 열 차폐코팅 성능평가(코팅 부 온도 1100℃ 이상) 관련 기법 및 장비들은 미 확보된 상태임. 따라서 고온/고속 연소가스 환경에서의 엔진 열 차폐코팅 성능평가를 위하여 Furnace Cyclic 시험, 버너 리그 시험 등의 시험장비와 관련 평가기법 개발이 필요함.

향후 국방 분야의 터보팬 및 터보샤프트 엔진 개발에 따른 코팅 수요가 증가될 것으로 예상되며, 본 기술개발 사업이 추진될 경우 국내 엔진개발 소요와 시제 제작 및 양산 시 대응이 가능한 코팅장비 기술을 확보함으로써 해외로부터 엔진 부품의 코팅공정 수주 등이 가능하므로 향후 시장성이 높은 기술임. 또한 국내 개발 중인 산업용 복합 발전의 가스터빈 엔진 고온부 수리를 국내 자체적으로 수행할 수 있어 경제적 산업적 효과도 높은 기술로 판단됨.

나. 국외 기술동향 및 전망

가스터빈 엔진의 내산화/열차폐 코팅기술은 초내열합금과 코팅의 결합력을 유지시키고 내산화, 내부식을 담당하는 MCrAlY 등을 이용한 접착 코팅(Bond Coating) 기술과 낮은 열전도도와 우수한 열적 안정성, 열충격 저항성을 갖는 YSZ(Yttria Stabilized Zirconia)와 같은 세라믹 소재의 탑 코팅(Top Coating) 기술개발이 진행되어 왔으며, 코팅소재, 소재의 조직, 코팅공정 기술을 통한 물성제어 등이 주 개발내용임.

해외 개발 열 차폐 코팅공정 기술로 APS, VPS, SPS, EB-PVD 공정의 조합으로 개발되고 있음. 대표적인 열 차폐 공정기술로 VPS MCrAlY + APS TBC, APS MCrAlY + APS TBC, Aluminide + EB-PVD TBC, PtAl + EB-PVD TBC, EB-PVD MCrAlY + EB-PVD TBC 등이 대표적인 열차폐 코팅 공정기술임.

낮은 열전도도를 갖는 열 차폐 코팅에 적용되는 소재들은 희토류계의 산화 지르코니아(예 : $GdZr_2O_7$)와 8YSZ 등이 적용되고, Gd(Gadolinium)의 함량을 증가시키는 연구들이 진행되고 있음. $GdZr_2O_7$ 는 낮은 열전도도와 내식성이 우수하여 차세대 열 차폐코팅에 적용하고자 하는 연구가 다양하게 진행되고 있음.

전자빔 진공 열차폐 코팅의 핵심 장비기술은 독일의 ALD사와 Von Ardenne사, 우크라이나의 Paton사 등이 개발하여 전 세계에 공급하고 있음. 엔진개발 선진 제작사들의 공정소요에 따라 계약 후 2년 이후에 제작이 착수 가능한 상태로 확인되고 있음. 양산급 장비의 경우 연간 200,000개 정도 생산이 가능한 대형 장비까지 개발하여 공급하고 있음.

3. 연구개발계획

가. 단계별 연구개발 목표

○ 민·군수용

구분	연구개발 목표	연구개발 내용	주요결과물
응용연구	코팅 소재 및 구조형상 개발	- 기존 YSZ 계열 세라믹 코팅 열전도 성능개선 소재 및 코팅 구조형상 개발	코팅 소재 및 구조형상
	Bond 코팅 공정기술 개발	- 다층 코팅기술, 박막센서 코팅 기술, 열피로(내산화, 내부식성) 개선을 위한 Bond 코팅 공정기술 개발	Bond 코팅 공정
	코팅 물성 확보	- 열전도, 열충격, 열피로(내산화/내부식성) 시험 및 코팅 물성 평가 - 코팅 미세구조 평가 - 코팅 수명 예측기법 개발	코팅 물성 DB
	EB-PVD 코팅장비 개발	- EB-PVD 장비 설계 및 제작 - 코팅 대상 Loading, 회전/경사 기능 설계 - 예열장비 및 TGO 제어 기술개발 - 전자빔 제어 및 안정화 기술개발 - 코팅 중 진공 압력제어 기술개발	EB-PVD 장비
시험개발	엔진 부품 코팅	- 부품 형상 별 Bond 코팅, Top 코팅 공정 소재 최적화 - 응용연구 개발 코팅공정을 적용한 엔진 부품 코팅공정 최적화	엔진 부품별 Bond/Top 코팅의 공정 최적화
	엔진 부품 코팅 성능 평가	- 열전도, 열충격, 열피로(내산화/내부식성) 평가 - 코팅 물성 평가 - 응용연구 단계 물성 적용 수명 해석	엔진 소재 또는 엔진 부품에서 채취한 시편의 열 특성 및 물성 DB
	EB-PVD 코팅장비 성능평가	- Loading, 회전/경사 기능 평가 - 예열기능 및 TGO 성장 제어 정도 평가 - 전자빔 제어 및 안정화 평가 - 코팅 중 진공 압력제어 평가 - 1회 부품 제작 수량 확인 - 엔진부품 코팅 특성 평가	EB-PVD 성능 평가결과

나. 사업기간 및 연구개발비

- 사업기간 : 6년 (응용연구 4년, 시험개발 2년)
- 총 연구개발비(정부출연금) : 180억원 이내(응용연구 134억, 시험개발 46억)

4. 적용 및 파급효과

가. 적용분야

○ 민수 :

- 전자빔 진공 열 차폐코팅 장비 해외 수출 및 열 차폐코팅 해외공정 수주
- 산업용 가스터빈 터빈블레이드(250MW 급 산업용 가스터빈)
- 발전용 가스터빈 터빈블레이드(터빈 국산화 제품)

○ 군수 :

- 무인기용 터보팬 엔진의 터빈노즐 베인, 터빈 블레이드, 연소기 라이너
- 무인기용 터보샤프트 엔진의 터빈노즐 베인, 터빈 블레이드, 연소기 라이너

나. 파급효과

○ 기술적 측면 :

고온, 고속 연소가스 환경(1,800 K 급)에서 열차폐 성능과 모재 금속의 산화방지 기능을 갖는 내산화 및 열차폐 코팅기술 개발로 냉각기술의 한계를 극복하고 함으로써 엔진의 성능향상과 수명감소 방지가 가능함. 또한 터빈 블레이드의 열차폐 코팅장비와 관련 기술들을 국내 독자 확보함으로써 적용 소재 및 공정변수의 다양화 요구에 대응이 가능함.

○ 경제·산업적 측면 :

국내 엔진개발 소요와 시제 제작 및 양산에 대응이 가능한 코팅장비 기술의 확보는 해외 선진 제작사 엔진에 대한 공정 수주 등을 가능하게 하여 향후 시장성이 높은 기술이며, 국내 개발 중인 산업용 복합 발전의 가스터빈엔진 고온부 수리를 국내 자체적으로 수행할 수 있어 경제적 산업적 파급효과가 높은 기술로 판단됨.

○ 군사적 측면 :

항공기 엔진용 고온 부품 열 차폐 코팅은 현재 개발 착수된 터보샤프트 엔진 핵심기술 개발(복합형 회전익용 터보샤프트 엔진의 가스발생기 핵심기술 개발) 및 후속 엔진 통합개발, 민군부처연계기술개발(무인기용 완제 터보팬엔진 개발)에 직접 활용이 가능한 기술임. 엔진시제 개발단계에 본 공정기술을 적용하면, 엔진의 성능, 내구성 등의 증가가 가능함.

5. 연구개발 결과 제시물 및 평가항목

가. 연구개발 결과 최종 제시물

1) 응용연구

가) EB-PVD 코팅장비 1조

나) Furnace Cycle 시험장치 1조

다) 버너리그 시험장치 1조

라) 열차폐/내산화 코팅 기술자료 1식

- 열차폐/내산화 Bond 코팅 소재 규격서(안)
- 열차폐/내산화 Top 코팅 소재 규격서(안)
- 열차폐/내산화 Bond/Top 코팅 소재 개발보고서
- 열차폐/내산화 코팅 공정 규격서(안)
- 열차폐/내산화 코팅 공정 절차서(안)
- 열차폐/내산화 코팅 시편 제작 결과보고서
- 열차폐/내산화 코팅 시편 시험계획서
- 열차폐/내산화 코팅 시편 시험평가 결과보고서
- 열차폐/내산화 코팅 시편 물성 DB
- EB-PVD 코팅장비 개발보고서
- Furnace Cycle 시험장치 개발보고서
- 버너리그 시험장치 개발보고서
- 고온/고속 터빈용 고신뢰성 내산화/열차폐코팅 응용연구 결과 보고서

2) 시험개발

가) 열차폐/내산화 코팅 기술자료 1식

- 엔진 실부품별 열차폐/내산화 Bond 코팅 소재 규격서(안)
- 엔진 실부품별 열차폐/내산화 Top 코팅 소재 규격서(안)
- 엔진 실부품별 열차폐/내산화 코팅 공정 규격서(안)
- 엔진 실부품별 열차폐/내산화 코팅 공정 절차서(안)
- 엔진 실부품별 열차폐/내산화 코팅 수행 결과보고서
- 엔진 실부품별 열차폐/내산화 코팅 시험 계획서
- 엔진 실부품별 열차폐/내산화 코팅 시험결과 보고서
- 엔진 실부품별 열차폐/내산화 코팅 물성 DB
- 고온/고속 터빈용 고신뢰성 내산화/열차폐코팅 시험개발 결과 보고서

나. 연구개발 결과 평가항목

- 응용연구

항 목	평 가 내 용
열 차폐 코팅 성능	
열전도도	<ul style="list-style-type: none"> - 저밀도 코팅 : 1.2 W/m·K 이하 - 주상 코팅 : 1.8 W/m·K 이하
열사이클 안정성	Furnace Cyclic 시험 : 500 cycle 이상 (@1,150°C Cycling)
열충격 및 내침식 안정성	버너 리그 시험 : 500 Cycle 이상 (@1,150 °C Cycling)
EB-PVD 코팅장비	
장비 기능 및 성능	<ul style="list-style-type: none"> - EB-gun 운용출력(합계) : 200kW 이상 - 1회 동시코팅 터빈 블레이드(코팅부 길이 4cm급) 수량 : 6개 이상 - 전자빔 자동제어 기능 - 챔버 진공도로 코팅 전(최대 진공) / 코팅 중 진공도의 실시간 제어 기능(세부 수준은 제안자가 제시) - 장비 진공도 : 10^{-5} torr 이하 - 전자빔의 조사 목표위치에 대한 실시간 정밀 제어기능 - 코팅부품의 회전속도 (3rpm 이상) 및 경사 각도(최대 45deg 이상) 실시간 제어기능
Furnace Cycle 시험장치	
장비 기능 및 성능	<ul style="list-style-type: none"> - 최대 온도 1200°C 유지성능 평가 - 1,150°C Cycling 시험성능 평가
버너 리그 시험장치	
장비 기능 및 성능	<ul style="list-style-type: none"> - 최대 온도 1200°C 유지성능 평가 - 1,150°C Cycling 시험성능 평가

※ 열전도도, 열사이클 안정성, 열충격/내침식 안정성 : 제작 시편으로 평가

- 시험개발

항 목	평 가 내 용
열 차폐 코팅 성능	
열전도도	<ul style="list-style-type: none"> - 저밀도 코팅 : 1.2 W/m·K 이하 - 주상 코팅 : 1.8 W/m·K 이하 - 응용연구에서 개발된 코팅기법 적용 열전도도 산포도 $\pm 10\%$ 이내(시험 10개 이상 측정결과)
열사이클 안정성	Furnace Cyclic 시험 : 500 cycle 이상 (@1,150°C Cycling)
열충격 및 내침식 안정성	버너 리그 시험 : 500 Cycle 이상 (@1,150 °C Cycling)
코팅 층(EB-PVD)	
두께	<ul style="list-style-type: none"> - Top Coating 두께 범위 : 50~250μm - 코팅 층(전체) 두께 균일도 : 목표 두께 $\pm 20\mu$m 이내 (샘플링 시험 내 10곳 이상 측정 결과)
EB-PVD 코팅장비	
장비 기능 및 성능평가	<ul style="list-style-type: none"> - Loading, 회전/경사 기능 평가 - 예열기능 및 TGO 성장 제어 평가 - 전자빔 제어 및 안정화 평가 - 코팅 중 진공 압력제어 평가 - 터빈 블레이드 부품 1회 코팅 수량 평가 - 엔진부품 코팅 특성 평가

※ 열전도도, 열사이클 안정성, 열충격/내침식 안정성, 코팅 두께, 코팅 물성평가
: 엔진 부품 또는 엔진 부품에서 채취한 시험편으로 평가

6. 참여 요건

가. 추진 체계 요건

- 주관연구기관 및 참여기관 : 제7조제2항 및 동법 영 제14조제2항 각 호에 해당하는 기관 또는 단체
 - ※ 응용연구 및 시험개발의 경우에는 주관연구기관 또는 참여기관에 1개 이상의 기업 참여 필수 (제27조제4항) 단, 기초연구의 경우에는 기업참여가 필수사항이 아님
- 기업분담율 : 민·군기술협력사업 공동시행규정 제27조(별표4)

나. 연구책임자의 자격 및 과제 신청요건

- 연구책임자의 자격 : 관련분야의 연구 경험이 풍부한 중견 연구자를 책임자로 선임하여 연구의 최종목표를 달성할 수 있도록 계획, 업무프로세스 정립, 원활한 추진 및 조정과 과제관리를 수행할 수 있어야 한다.
- 과제 신청요건 : 주관연구기관은 제안한 연구개발 목표를 충분히 달성할 수 있는 연구팀을 구성하여야 하며, 필요시 컨소시엄을 구성할 수 있다.

다. 기타

고온/고속 터빈용 내산화 열차폐 코팅 기술개발을 원활하게 수행하기 위하여 다음과 같은 실적과 장비를 보유한 기관으로 과제 참여를 권장함.

- 열차폐 코팅에 적용이 가능한 열용사(APS, VPS 등) 코팅기술 보유
- EB-PVD 열차폐 코팅공정기술 연구개발 경험 보유
- 열차폐 코팅용 세라믹 코팅소재 제작을 위한 기본 인력, 장비 및 기술 보유
- 열차폐 코팅기술을 적용한 엔진부품 열차폐 코팅기술 개발 경험 보유
- 열차폐 코팅용 알루미늄 나이트라이드 코팅기술 개발 경험 보유
- 열차폐 코팅 물성평가 연구 경험 보유

7. 참고문헌

- The technology of TBC deposition by EB-PVD method, Solid State Phenomena Vol. 227 (2015) 377-380
- Assessment of Thermal Barrier Effects across 8% Y2O3-ZrO2 Coatings on Al-Si Substrates via Electrical heating sources, International Conference on Inventive Material Science Applications, Oct. 2019
- Evaluation of Thermal Durability of Thermal Barrier Coating and Change in Mechanical Behavior, Journal of the Korean Ceramic Society Vol. 54, No. 4, pp. 314~322, 2017.
- Thermal Barrier Coatings: Current status, search and analysis, Powder Metallurgy and Metal Ceramics, Vol. 57, Nos. 1-2, May, 2018

8. 과제 문의사항 연락처

소속	성명	연락처
민군협력진흥원	서일성	042-607-4606