니오븀 합금 시편 실리사이드 내산화 코팅 및 성능 평가

기술용역 제안요청서

2026. 9. 22

한국항공우주연구원

위성우주탐사연구소

위성우주탐사기술연구부 위성우주탐사기계팀

1 업무 개요

한국항공우주연구원(이하 발주기관)은 달 착륙선 추진시스템 개발을 수행하고 있으며, 엔진 및 추력기의 소재 후보로 니오븀 합금의 일종인 C103을 선정하여 관련 기술을 개발하고 있다. C103은 고강도·고내열성을 가져 엔진 및 추력기에 널리 사용되나, 고온 환경에서의 산화에 취약하여 이를 보완하기 위해 내산화 코팅이 적용된다. 대표적인 C103용 내산화 코팅은 R512E로, Si 60% + Fe 20% + Cr 20%의 조성을 가지며 약 1,350 °C의 산화성 연소가스 환경에서 장기간 운용 가능한 것으로 알려져 있다. Figure 1.1은 R512E 코팅된 C103 소재 엔진의 예시인 Firefly Aerospace의 Spectre 엔진을 나타낸다.

본 과업에서는 발주기관에서 제공한 C103 시편을 다양한 조건으로 코팅한다. 이후 코팅된 시편의 성능 평가를 수행한 뒤 가장 우수한 내열성·내산화성을 갖는 코팅 방식을 판별한다. 이때 시편의 규격, 코팅 방식 및 성능 평가는 Chapter 2에 명시된 요구 규격의 형식으로 각 입찰 업체에서 상세히 제안하도록 한다.



Figure 1.1 Example of R512E coated C103 engine: Firefly Aerospace's Spectre engine

1.1 업무 관리

선정 업체는 과업 수행기간 동안 과업 진행상황 및 주요 수행내용을 발주기관과 공유하여야 한다. 또한 과업 수행과정에서 발생되는 기술사항, 변경사항, 협의사항 및 조치사항을 관리하고, 관련 내용을 아래의 과업 관리 문서를 작성하여 발주기관에 제출하여야 한다.

Table 1.1 업무관리 제출서류

항목	내용
최종보고서	계약종료일 이전까지 본 과업에서 수행한 성능평가, 과업 수행내용을 종합한 최종보고서를 발주기관에 제출
(필요시) 변경 요청서	Chapter 2에 과업내용 및 조건의 변경이 필요한 경우 발주기관에 사전 보고하고, 협의 및 승인 후 변경 요청서를 제출

회의록	주요 기술협의 및 관련 회의 종료 후 회의내용, 협의결과 및 후속 조치사항을 정리한 회의록 제출
Action item list	과업 수행 중 발생한 주요 조치사항(Action Item), 담당내용 및 처리 결과를 지속적으로 관리하고 최종보고서 제출 시 포함

1.2 용역 검토회의

선정 업체는 과업 수행기간 중 발주기관과 Table 1.2에 명시된 회의를 수행하여야 하며 산출문서를 제출하여야 한다.

Table 1.2 용역 검토회의

항목	내용
PDR (Preliminary design review)	예비설계 검토회의
MRR (Manufacturing readiness review)	제작준비 검토회의
PTR (Post test review)	시험결과 검토회의

1.3 발주기관 제공 물품 내역

발주기관은 계약체결 이후 6개월 이내에 선정 업체에 Table 1.4에 명시된 물품을 제공한다.

Table 1.3 발주기관 제공 물품 내역

납품내역	수량	비고
C103 쿠폰형 시편	약 50개 (계약 시 협의)	
C103 노즐목형 시편	약 3개 (계약 시 협의)	

1.4 납품내역

선정 업체는 계약종료일 이전까지 Table 1.4에 명시된 물품 및 문서를 납품하여야 한다.

Table 1.4 최종 납품내역

납품내역	수량	비고
코팅된 C103 쿠폰형 시편	약 10개 (계약 시 협의)	
코팅된 C103 노즐목형 시편	약 3개 (계약 시 협의)	
최종보고서	1부	계약종료 이전 제출

1.5 대금지급 방식

지금 시점	지급기준	지급액
계약체결 후	선급금	계약금의 30%
납품 완료 후	Table 1.4에 명시된 물품 및 test report 납품	계약금의 70%

1.6 유의사항

본 사업의 계약 산출물 및 지식재산권은 계약목적물의 특수성을 고려하여 한국항공우주연구원이 단독 소유한다.

선정 업체는 발주기관과의 사전 협의를 거쳐 발주기관의 승인 범위 내에서만 연구개발성과를 사용할 수 있으며, 본 계약의 범위를 벗어나는 경우에는 발주기관과 별도로 기술실시권 계약을 체결하여야 한다.

선정 업체는 연구개발성과 또는 본 계약과 관련하여 취득하거나 생성한 모든 자료 및 정보에 대하여 계약 이행 전후를 불문하고 발주기관의 사전 허가 없이 제 3 자에게 제공하거나 외부에 공개할 수 없다.

2 요구 규격

2.1 시편 규격

본 과업에서는 Table 2.1(예시)에 명시된 바와 같이 C103 니오븀 합금 시편에 실리사이드 코팅을 적용하고, 코팅층의 특성을 평가한 뒤 시편을 납품하는 것을 목적으로 한다. 선정 업체는 시편 규격, 코팅 방식 및 성능 평가 항목을 기준으로 과업을 수행하여야 하며, 세부 공정조건 및 시험조건은 발주기관과 협의하여 결정한다.

Table 2.1 시편 종류 및 규격 (예시)

시편	설명	제공 기관
C103 쿠폰형 시편	(가로 30mm x 세로 30mm x 두께 0.5mm) 크기로 제작된 C103 시편 – 형상 입찰 업체 제안, 계약 시 협의	발주기관
C103 노즐목형 시편	(직경 30 mm x 길이 30 mm) 이내의 크기로 제작된 C103 시편, 길이 방향으로 가운데로 갈수록 좁아지는 실린더 형상을 가지며, 가장 좁은 부분의 내경은 4 mm 이상 – 형상 입찰 업체 제안, 계약 시 협의	발주기관

2.2 코팅 방식

본 과업에서는 니오븀 합금(Nb C103) 시편에 Fe-Cr-Si 계 실리사이드 코팅을 적용하며, Table 2.2에 명시된 공정 절차 및 조건을 기준으로 코팅을 수행한다. 선정 업체는 시편의 형상 및 표면상태를 고려하여 슬러리 도포방법, 코팅공정을 제안하여야 하며, 세부 공정조건 및 특성평가는 발주기관과 협의하여 결정한다.

Table 2.2. 코팅 방식 및 조건

절차	조건	비고
1. 분말 준비 및 혼합	○ R512E 분말조성 ○ 코팅에 적합한 형태(고상, 액상)	입찰 업체 제안, 계약 시 협의
2. 도포 및 건조	○ 시편 형상 및 표면상태를 고려하여 적정 도포방법 적용 ○ 도포량, 도포 횟수 등 공정변수 조절하여 코팅층의 균일성 및 공정 재현성 검토	입찰 업체 제안, 계약 시 협의
3. 확산 열처리	○ 코팅층 형성에 따른 열처리 온도 및 유지시간 조정 ○ 열처리 이후 코팅층의 두께, 균일성, 미세조직 및 계면 건전성 확인	입찰 업체 제안, 계약 시 협의

2.3 성능 평가

본 과업에서는 Table 2.3(예시)에 명시된 바와 같은 성능평가 항목에 따라 코팅 시편의 특성을 평가한다. 선정 업체는 코팅 조건별 미세조직, 산화거동, 고온 내구성 및 복사냉각 특성 등을 분석한다. 각 시험의 수행조건, 분석결과 및 주요 검토내용은 test report로 정리하여 제출하며, 세부 평가조건은 발주기관과 협의하여 결정한다.

Table 2.3 성능 평가 항목 및 조건 (예시)

성능 평가	내용	비고
미세구조 분석	주사전자현미경(SEM)를 이용하여 코팅층의 미세조직 및 성분분석	
등온 산화 시험 (Oxidation resistance)	고온노출에 따른 코팅층의 산화저항성 평가 (1,350℃)	입찰 업체 제안, 계약 시 협의
열주기 시험 (Furnace cycle test)	가열 및 상온 냉각에 따른 코팅층의 열피로 평가 (고온)	입찰 업체 제안, 계약 시 협의
방사율 측정 (Emissivity measurement)	코팅층의 열복사 특성 평가 (상온 또는 고온)	입찰 업체 제안, 계약 시 협의

3 제안 안내

3.1 입찰 참가자격

o 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률시행령 제12조의 규정에 정한 유자격자로서 부도 또는 파산상태인 업체 및 은행 또는 법정관리를 받지 않는 업체

o 은행 또는 법정관리, 화의개시 등이나 국가, 지방자치단체, 정부출연 및 투자기관에 의하여 부정당업체로 제재를 받지 않은 기업 또는 비영리법인

3.2 입찰 및 낙찰방식

o 입찰 방식: 경쟁 입찰 (기술/가격 동시)

o 선정 방식: 기술평가 결과 85점 이상인 적격자 중 예정가격 이하로 제안한 가격 중 최저가격으로 제안한 입찰자 선정

o 기술평가 방식: 제안요청서에 명시된 내용을 기본으로 하며, 평가위원 명단 및 평가 과정, 평가 결과에 대해 보안유지

3.3 제안서 제출안내

o 입찰공고문에 따라 기한 내 제안서 전자파일 1식 및 인쇄본 6부를 구매팀으로 제출하며, 기한 이후 수신된 본에 대해서는 불인정

3.4 제안서 평가기준

o 기술평가위원은 5 인으로 구성하여 최고, 최저점수를 제외한 평가위원 3 인의 산술평가 점수를 합산 평가점수로 하며, 산술평균 점수 85 점 이상인 제안업체 중 예정가격 이하로 제안한 가격 중 최저가격으로 제안한 업체를 과업 수행업체로 선정함

o 평가점수는 총 100 점 만점으로 하며 평가 기준표는 Table 3.1 과 같음

Table 3.1 제안서 평가기준표

평가항목	내용	배점*	
공급실적 및 보유기술	정량	내산화 코팅 관련 공급실적* - 0 건: 7 점 / 1 건: 8 점 / 2 건: 9 점 - 3 건 이상: 10 점	10	10
보유기술 수준 및 기술현황	정성	제안요청서에 대한 이해도	30	20
	정성	내산화 코팅 기술현황		10
업무정의 및 추진능력	정성	내산화 코팅 공정 개발방안 적정성	60	10
	정성	내산화 코팅 조건의 적정성		20
	정성	내산화 코팅 성능평가 계획의 적정성		10
	정성	과업수행 일정 및 산출물 관리의 적정성		10
	정성	과업수행 인력의 적정성		10
총 배점			**100**	**100**

*입찰공고일 기준 최근 5 년 이내, 각 1,000 만원 이상의 완료된 실적을 의미하며 공급물품 사진 및 실적증명서 또는 계약서 & 세금계산서를 제안서에 포함하여 공급실적을 증빙한다.