

제출문

국토해양부장관 귀하

이 보고서를 "항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발 기획"에 관한 연구"과제의 보고서로 제출합니다.

2011. 06.

■ 주 관 연 구 기 관 명 / 한국항공대학교 산학협력단

◆ 주관연구기관 연구책임자 / 김 두 만

◆ 주관연구기관 참여연구원 / 최원중, 홍예선, 윤문길, 김동래, 변순철, 이상와,
권용철, 권혁, 유새롬, 이재홍, 김승혜

■ 위 탁 연 구 기 관 명 / 한국산업기술시험원

◆ 위탁연구기관 연구책임자 / 남 경 민

◆ 위탁연구기관 참여연구원 / 노정화

■ 자문위원 / 유희준((주)대한항공), 이필문((주)제주항공), 박충영((주)한화)

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연구 기 간	1차년도	단 계 구 분	1/1
연구사업명		항공선진화사업			
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발 기획			
연구책임자	김 두 만	해당단계 참 여 연구원수	총 : 14명 내부 : 12명 외부 : 2명	해당단계 연구비	정부 : 100,000천원 기업 : 천원 계 : 천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 명 내부 : 명 외부 : 명	총연구비	정부 : 천원 기업 : 천원 계 : 천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국항공대학교 산학협력단		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 : 한국산업기술시험원 연구책임자 : 남 경 민				
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	223
1. 항공기 제동장치 제작 및 정비기술의 정의 및 국내외 정책/시장/기술동향 분석 2. 국내외 기술수준 분석 및 SWOT 분석을 통한 미래시장 대응전략 수립 3. 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발을 위한 세부과제 도출 4. 도출된 과제의 중복성 검토 5. 도출된 과제별 산출물 정의 및 소요 예산 수립 6. 도출된 과제의 경제적 타당성 검토 7. 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발 결과에 따른 기대성과와 활용방안 제시					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	제동장치 시스템, 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크, 항공기 정비, 시험평가, 인증			
	영 어	Brake System, Carbon-Carbon Composite Brake Disk, Aircraft Maintenance, Test and Evaluation, Certification			

목 차

[요약문]	1
1장. 연구과제 개요	11
1절. 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발의 개요	11
1. 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발 기획의 추진배경	11
2. 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발 기획의 필요성	13
2장. 기술개발 전략 수립	16
1절. 기획 필요성	16
1. 기획 배경	16
2. 기획 목적 및 추진방향	22
2절. 국내외 동향 및 환경분석	29
1. 항공기 제동장치 및 MRO 산업 소개	29
2. 국내외 정책동향 및 분석	47
3. 국내외 경제동향 및 분석	55
4. 국내외 기술개발 동향조사 및 분석	74
5. 기술개발을 위한 인프라 및 기반 역량 분석	82
3절. 기술수요 및 예측	118
1. 기술수요조사 및 결과	118
2. 기술예측조사 및 결과	151
4절. 기술개발 방향 설정	162
1. 분석결과 종합	162
2. 비전 및 목표	166
3. 기술개발에 따른 미래상	168
5절. 후보과제 도출 및 정의	169

3장. 연구개발과제 추진체계	172
1절. 기획대상과제 선정 및 조정결과	172
1. 후보과제 검토과정	172
2. 후보과제 검토결과	173
3. 후보과제 조정결과	174
2절. 연구개발과제 추진체계	176
1. 연구개발과제 추진전략	176
2. 연구개발과제 추진방안	178
4장. 연구개발과제 주요내용 및 기대효과	179
1절. 연구개발과제 주요내용	179
2절. 연구개발과제 성과활용방안	180
3절. 기대효과	182
5장. 연구개발과제 소요예산	185
[첨부] 후보과제 우선순위 도출결과 및 과제카드	186

(별권) 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발 기획 연구보고서

표 목 차

표 1. 연구 목표 및 주요연구 내용	24
표 2. 항공기 기체 정비 점검 주기표	39
표 3. 항공기 환경규제 현황	49
표 4. 탄소-탄소 브레이크 디스크의 적용으로 인한 무게 절감	49
표 5. 타이어, 휠 및 제동장치 등에 관한 기술표준품 표준	52
표 6. 규모별 지역별 운용항공기 수 추정	56
표 7. 규모별 지역별 운용항공기 증가율	57
표 8. 완제기 시장현황 및 전망	58
표 9. UI 헬리콥터 정비실적	66
표 10. 국내 주요 항공정비 업체의 매출액 및 정비인력 현황(2009)	68
표 11. 국내 주요 항공사의 외국 위탁 정비 현황(2009)	69
표 12. 국내, 국외 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 시장 규모	70
표 13. 탄소-탄소 제동장치 장치의 국내시장	71
표 14. 민항기용 재생수리 브레이크 디스크 국내 시장규모	71
표 15. 국내 항공기 제동장치 제작 현황	71
표 16. 국가별 주요 출원인	77
표 17. 국내에서 발행된 항공기 제동장치 관련 논문	80
표 18. 탄소-탄소 복합재 제동장치 디스크 관련 국내 기술 현황	83
표 19. 탄소-탄소 제동장치 디스크 개발 소요 기술 분야 및 보유 현황	84
표 20. 항공기용 장비 및 부품의 인증 방법	88
표 21. 스틸 브레이크 내구성 평가 (SAE ARP)	102
표 22. 탄소 브레이크 내구성 평가 (SAE ARP)	102
표 23. 휠 브레이크 용량 요구사항	107
표 24. 휠 브레이크 현장서비스 수명범위 분석 서식	108
표 25. 기술기준에 따른 시험항목 대비표	115
표 26. 제동장치 시험용 관성다이내모미터 사양	117
표 27. 제동장치 시험용 유압장비 사양	117
표 28. 개발범위 및 개발능력	138
표 29. 소요공구 및 장비	139
표 30. 구성품 및 Cycle별 검사절차의 예	141
표 31. 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 관련 국내 기술 현황	154
표 32. 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 개발 소요 기술분야 및 보유 현황	155

표 33. 탄소-탄소 복합재료 주요업체	156
표 34. 기획연구 결과에 따른 후보 과제	171
표 35. 후보과제 검토결과	173
표 36. 후보과제 조정결과	174
표 37. 연구개발과제의 주요내용과 최종성과물	180
표 38. 연구개발과제의 성과활용방안	181

그 립 목 차

그림 1. 항공기용 브레이크, 장착부위 및 시험	15
그림 2. 세계 항공정비시장 규모	16
그림 3. 추진과제 현황	23
그림 4. 추진단계 구성도	25
그림 5. 금속-금속 브레이크 디스크가 적용된 제동장치(B737 용)	29
그림 6. 탄소-탄소 브레이크 디스크가 적용된 제동장치(B777 용)	29
그림 7. 제동장치의 모터와 감속기	30
그림 8. 제동장치의 구성 부품	31
그림 9. 제동장치 어셈블리 장착 모습	32
그림 10. 탄소 히트팩의 수명 싸이클	33
그림 11. 항공기용 유압식 제동장치	33
그림 12. 여객기용 휠 스피드 센서, 브레이크 조절 유닛, 안티스키드 조정 밸브 ..	34
그림 13. 휠 스피드 센서의 기본 구조	34
그림 14. 파일럿 브레이크 밸브의 구조	34
그림 15. 안티스키드 조정 밸브의 구조	35
그림 16. 안티스키드 조정 계통의 구성	36
그림 17. T-50 제동장치용 부품	37
그림 18. MRO 산업의 분류	38
그림 19. 정비 작업의 구분	39
그림 20. 항공 여객 예측	55
그림 21. 전체 시장 전망	57
그림 22. 세계 민간항공기 MRO 총매출액 및 비율	59
그림 23. 세계 민간항공기 부품 MRO 시장 현황	59
그림 24. 항공기 착륙장치의 시장 규모	60
그림 25. 항공기 주요 부품별 관련 산업	61
그림 26. 우리나라 항공산업 동향	61
그림 27. 전체 출원 연도별 국가별 특허출원 동향	74
그림 28. 전체 출원 연도별 기술별 특허출원 동향	75
그림 29. 전체 주요 출원인	76
그림 30. 기술별 주요 출원인	78
그림 31. 전체 IPC 현황	79
그림 32. 항공기 등 및 부품 인증체계	90

그림 33. 지상주행, 가속-정지, 주기 시험 순서	95
그림 34. 최대 열악한 착륙정지, 주기 시험순서	97
그림 35. 항공기용 제동장치 시험을 위한 관성다이내모미터 구성	116
그림 36. 항공기용 제동장치 시험을 위한 관성다이내모미터	117
그림 37. 상압 함침 탄화 공정의 공정도	118
그림 38. 화학증기침투법(Chemical Vapor Infiltration) 공정	120
그림 39. 브레이크 디스크 제작을 위한 화학증기침투노(CVI furnace)	121
그림 40. 다양한 CVI 공정	123
그림 41. 니들펀칭 기계의 니들 작동	124
그림 42. 니들 펀칭 기계 작동의 계략도	127
그림 43. 니들 펀칭 기계	127
그림 44. 수평 튜브형 Cold-wall CVD	129
그림 45. Hot-wall CVD	129
그림 46. 제동장치 어셈블리 개관	132
그림 47. 제동장치 어셈블리의 단면	132
그림 48. 토크 튜브의 형상	133
그림 49. 피스톤 어셈블리의 단면 형상	133
그림 50. 피스톤 하우징의 구성 부품	135
그림 51. 피스톤 조절 어셈블리의 구성 부품	136
그림 52. 토크 튜브의 구성 부품	137
그림 53. 항공기용 제동장치 단면도	138
그림 54. 항공기 제동장치 제작 분야에 대한 SWOT 분석	164
그림 55. 항공기 제동장치 MRO 분야에 대한 SWOT 분석	165
그림 56. 항공기 제동장치 정비·시험인프라 기술 개발의 비전, 목표 및 전략	167
그림 57. 기술개발에 따른 미래상	168
그림 58. 항공기 제동장치 제작을 위한 후보과제 도출	169
그림 59. 항공기 제동장치 MRO 기술개발을 위한 후보과제 도출	170
그림 60. 항공기 제동장치 시험 평가 및 인증기술 개발을 위한 후보과제 도출 ·	170
그림 61. 연구 진행 내용	177

요약문

I. 사업 추진의 필요성

1. 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발 사업 추진의 필요성

세계항공정비 관련 시장의 증가

- 세계 항공정비 시장 연 4.3% 증가 추세 『'08년 501억\$ ⇒ '20년 830억\$』

국내 항공기 제동장치 관련 현황

- 제동장치 관련 국내 제작 및 수리/시험 인프라 미비
- 탄소-탄소 제동장치의 국내시장 연간 약 630억원 [세계시장 약 1조원]

국내 연구개발 및 제작능력 인프라 구축 필요

- 군용기 및 KTX 제동장치 국산화 제작 능력을 활용한 인프라 구축

기대 및 파급효과

- 국내 항공산업의 육성과 중소기업 발굴을 통한 산업 전반의 성장

II. 연구 개발 목표 및 내용

1. 연구 개발 비전 및 목표

가. 비전

- 항공기 제동장치의 국산화 개발은 항공기 개발 시의 필수품목으로 국내 개발이 절실히 요구되고 있는 분야임.
- 국내외 여건을 고려할 때, 항공기 제동장치의 독자적 국산화 개발이 가능하나 상용화 단계에 많은 어려움이 존재함. 따라서 제동장치의 국산화 개발에 앞서 핵심부품인 디스크 재생기술의 확보를 통해 MRO 사업에 진출하며, 향후 중형 항공기 개발 사업이 진행될 경우 항공기 제동장치의 국산화 개발을 진행토록 함.
- 항공기 부품산업 중 제동장치 MRO사업은 항공기 운항 시 소요 다빈도 품목으로서 MRO능력 구비시 항공기 정비능력의 자족성, 수리순환 자산감소 및 기간 단축에 따른 운영비절감으로 수익성을 향상시키며, 국제경쟁력을 확보하여 환태평양을 주도하는 항공기 부품 제작 및 기술 강국의 실현.
 - 제동장치 MRO 사업 분야중 핵심소요부품인 제동장치 디스크의 재생기술 확보를 우선 추진함.
- 제동장치 디스크 재생 사업 수행시 재생품의 성능 평가를 위한 시험장비의 구축이 필요하며, 구축된 장비는 향후 독자적 제동장치 개발시 기반인프라로 활용함.
 - 시험평가 및 관련 인프라 구축을 통해 항공산업 분야의 기술력을 공인받고 후발 항공산업국으로서의 위상 강화 및 환태평양을 이끄는 항공선진국으로의 도약 실현

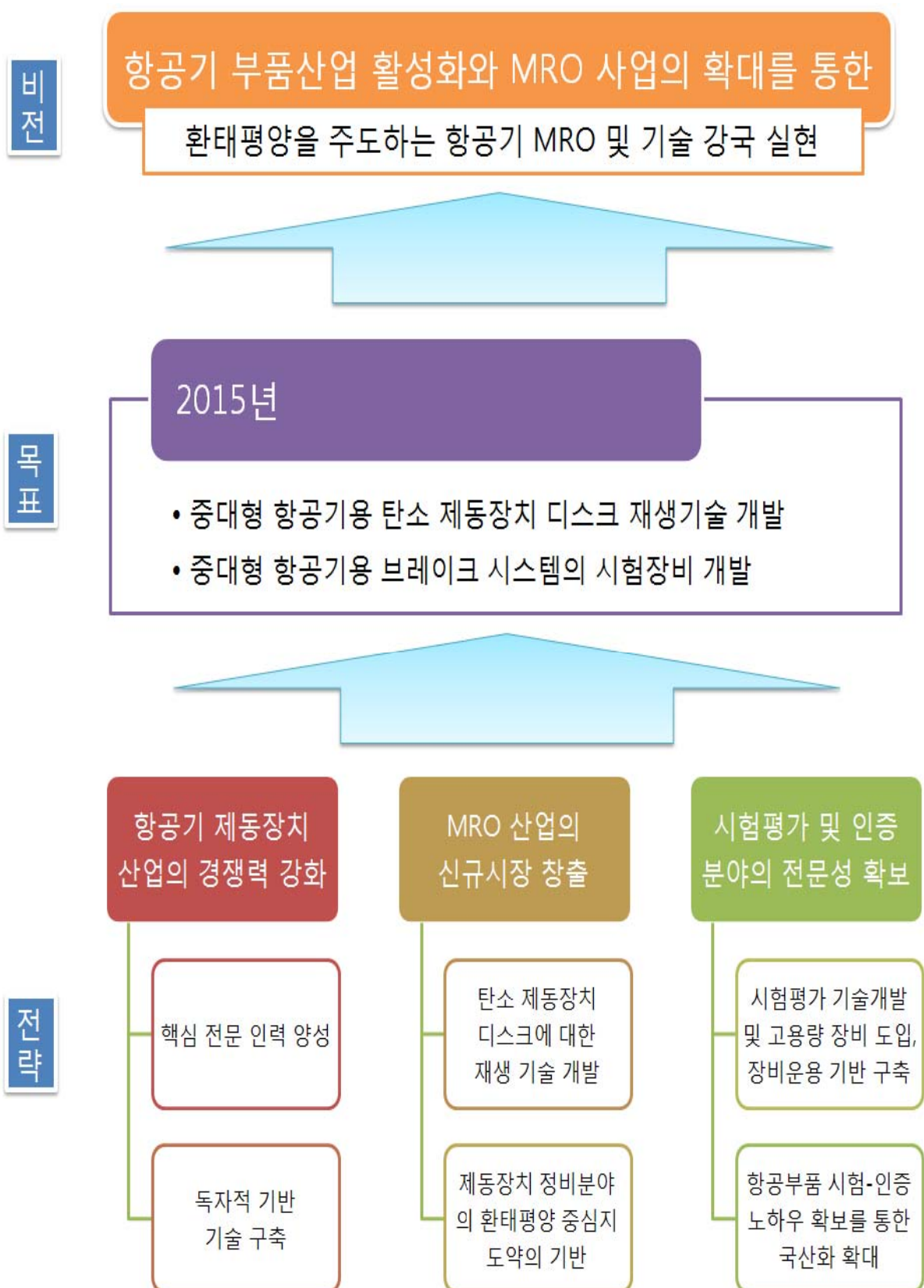
나. 목표

본 기획연구 결과로 제시된 목표는 다음과 같음.

- ▶ 항공기 제동장치 MRO 분야 중 탄소 브레이크 디스크 재생기술 개발
- ▶ 중대형항공기용 브레이크 시스템 시험장비 개발

- 기획연구의 결과로 도출된 연구의 비전 및 목표는 다음과 같음.

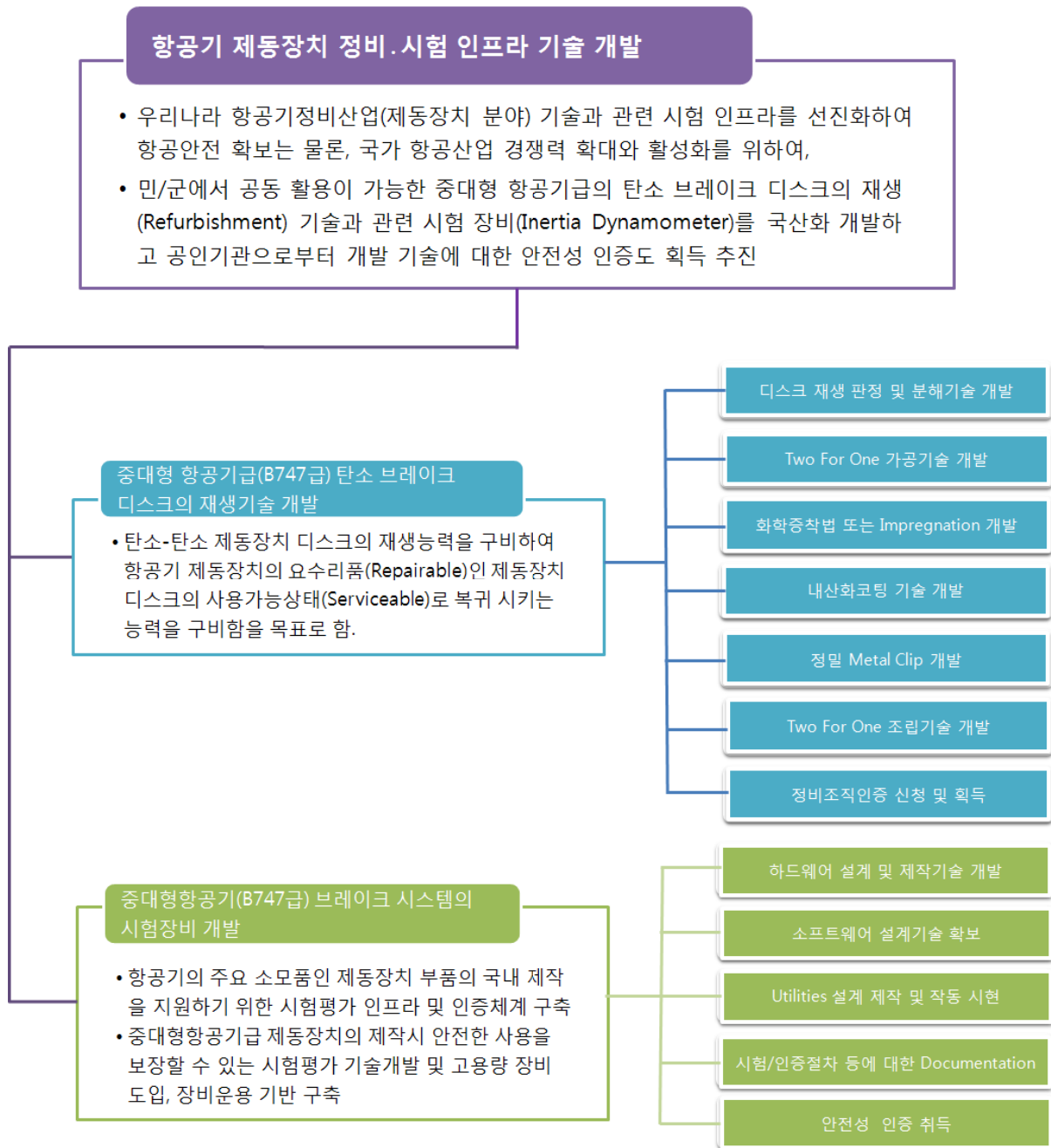
○ 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발의 비전, 목표 및 전략



2. 연구 개발 내용

- 연구명 : 항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술 개발
- 연구기간 : 2012년 ~ 2015년(4년)
- 연구예산 : 총사업비 160억원(정부 : 120억원, 민간 : 40억원)
- 연구개발내용
 - 중대형 항공기급(B747급) 탄소 브레이크 디스크의 재생(Refurbishment, Two For One) 기술 개발
 - 탄소-탄소 제동장치 디스크의 재생능력을 구비하여 항공기 제동장치의 요수리품(Repairable)인 제동장치 디스크의 사용가능상태(Serviceable)로 복귀 시키는 능력을 구비함을 목표로 함.
 - 중대형항공기(B747급) 브레이크 시스템의 시험장비(Inertia Dynamometer) 개발
 - 항공기의 주요 소모품인 제동장치 부품의 국내 제작을 지원하기 위한 시험평가가 인프라 및 인증체계 구축.
 - 중대형항공기급 제동장치의 제작시 안전한 사용을 보장할 수 있는 시험평가 기술개발 및 고용량 장비 도입, 장비운용 기반 구축.
- 연구 진행 내용은 다음과 같음.

○ 연구 진행 내용.



III. 추진 전략 및 추진 방안

1. 추진전략

- 탄소-탄소 복합재를 적용한 항공기 제동장치 재생 기술의 확보와 시험인프라 구축을 위한 추진과제 및 추진방향을 연구/제시하며 향후 연구개발 과제의 성공을 위한 목표를 설정해야함.
- 재생기술 및 시험장비 개발에 있어 국내외 공동 또는 위탁, 연구용역 등 활용하여 해외 연구기관을 활용한 해외 기술조사, 기술연수 및 기술도입, 공동연구 등을 추진함.
- 산·학·연 역할 분담 및 공조를 통하여 연구개발 추진 체계를 효율적으로 운영하며, 관련 산업의 저변확대를 위해 탄소 브레이크 제작 기술 능력이 적합한 업체 및 유관 중소기업체의 적극 참여를 유도함.
- 연구 단계별 산·학·연·관의 연계를 활용한 역할 분담과 효율적인 운영체계를 확립하되, 기초연구는 학·연을 중심으로, 기반기술은 학연 및 산업체를 중심으로 개발함.
- 수행되는 과제에 대해서 연구 개발물의 성과를 정략적으로 도출하고 기술 발전의 동향과 방향을 제시토록 하기 위하여 각 분야의 전문가 자문을 받도록 함.

2. 추진방안

- 『건설교통 R&D 혁신 로드맵』에 의거 비전 및 전문지식을 갖춘 연구기관이 연구개발 과제를 전체적으로 관리 운영하며, 연구개발·시험평가·성과확산 등 연구사업과 개발일정의 경영관리 업무를 총괄함.
- 개발품의 세부적인 시험항목 및 시험절차, 제조사의 품질관리체계 등 기술기준을 개발하여 체계적이고 실효성 있는 성능평가체계의 구축.
- 개발 기술 성과물의 질적 향상을 도모하기 위하여 정부, 지방자치단체, 항공관련 업체나 기관 등으로 구성된 자문위원회, 시험인증 환경 구축, 성능 검증 및 평가 체계를 구축함.
- 국토해양부에서 실시하는 해당 분야의 산업육성, 발전정책 및 종합계획 수립 등의 관련업무 추진 시 기술자문 및 적극적인 업무협조를 수행함.
- 과제의 사업성과를 관리하고 참여기관의 연구성과가 관련분야와 연계 발전시킬 수 있도록 각 성과에 관한 지적 재산권 및 정보관리 등 지원업무를 수행함.
- 기초 요소기술에서 상용화까지 연결하는 실용화를 추진하고, 실제 부가가치를 창출할 수 있는 사업화, 지적 재산권·정보관리 등을 수행함.

IV. 기술개발의 효과 및 성과 활용 방안

1. 기술 개발의 효과

가. 기술적 기대성과

- 향후 방산용, 민간용 중형 항공기의 개발시 향상된 제동장치의 개발 기술을 적용하여 프로젝트의 성공 확률을 높이고, 국내 항공 인프라의 형성에 기여함.
- 자동차, 고속철도, 풍력 등의 타 분야 제동장치의 개발 기술과 인증 기술에 영향이 파급되어 해당 분야의 수준을 높일 수 있고, 안전을 향상시킬 수 있음.
- 대형 항공기용 제동장치 개발에 활용된 기술은 민간 대형항공기, 군용 최신험공기에 적용되는 기술 수준을 높일 수 있으며, 관련 부품 개발로 국내 항공 산업 역량 및 수준 향상에 기여함.
- 국제적인 소급체계를 갖춘 시험평가 공인기관 및 지역 테크노파크의 참여로 국내 항공부품 시험평가 체계 확립 및 전문성 확보를 꾀할 수 있고 시험체계의 지속운용을 통한 실질적인 기업 지원 효과가 기대됨.
- 주요 핵심 기술의 확보로 해외 의존에 따른 기술적, 경제적 환경이 개선되고 국내 기술 확보로 소비자(항공사, 군등)의 어려움을 해결할 수 있음.
- 탄소-탄소 복합재는 고부가가치 소재로써 소재산업에 많은 응용분야를 가지고 있으며, 브레이크용 마찰재 뿐만 아니라 기타 고유특성을 활용한 다음과 같은 분야에 응용될 수 있음.
 - 육상교통 분야 : 고속전철, 대형트럭/버스, 특장차의 브레이크 디스크
 - 기계/원자력 산업분야 : 고온단열재료, 터빈 엔진부품, 고온용 베어링 및 실링재
 - 의공학 인공뼈, 심장 판막
 - 야금 분야 : Hot Isotatic Press Mold
- 군사적 측면
 - 향후 개발할 고등훈련기의 브레이크 디스크 및 착륙장치의 국산화에 활용 가능하며, 또한 차세대 전투기 사업에서 브레이크 디스크의 국산조달을 통한 전략물자의 안정적 공급 체계 구축.

나. 파급효과

- 파급효과는 다음과 같음.

관련 산업의 활성화에 기여

- 항공기용 브레이크 디스크 재생기술 개발과 관련하여 투자된 시설, 인력, 기술능력을 활용하여 브레이크 디스크 개발 가능함.
- 탄소-탄소 소재 뿐만 아니라 기초소재, 관련장비, 고온 시험분야 등 관련 High-Tech 산업의 활성화에 많은 기여를 할 것이라 예상됨.

친환경, 고효율 기술

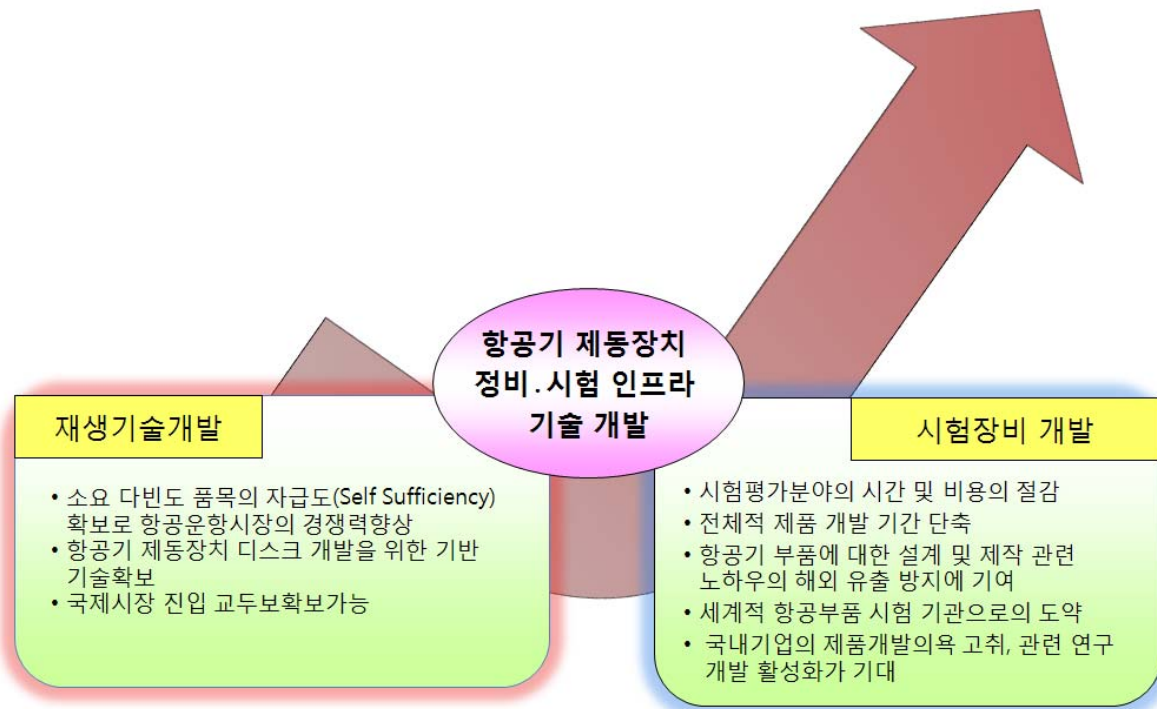
- 탄소-탄소 브레이크 디스크의 사용을 통한 항공기 중량을 감소를 통한 항공기 운용 효율 증대
- 운용 수명의 증대(착륙 가능 회수를 2배 이상 향상)
- 유지·보수비용 절감 효과 및 친환경·고효율 기술로서 경제적·사회적 측면에서 기여가 클 것으로 예상됨.

국가 정책에 부응

- 국토해양부가 적극 추진중인 MRO사업의 활성화에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대됨.
- 친환경/고효율 제동장치 제작은 국내 Green 정책에 부응하고 경제적 사회적 측면의 기여도가 매우 높을 것으로 기대됨.

2. 성과 활용 방안

- 성과활용방안은 다음과 같음.



1장 연구과제 개요

1절 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발 기획의 개요

1. 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발 기획의 추진배경

- 세계 항공정비시장('08년)은 501억\$(55조원) 규모로 연 4.3%씩 증가하여 '20년에는 약 830억\$(91조원) 규모가 될 것으로 추정됨.
 - 우리나라 세계시장 점유율은 약 1.5% 수준이며, 국내 MRO 수요의 약 30%를 싱가포르 등 외국에 의존하고 있음. (민간부분만 연간 약 4천억원의 외화 유출).
- 항공기 제동장치의 경우 수명이 1~2년 주기의 소모품으로 수요가 많고 고부가가치 분야임에도 국내에는 제작 및 수리와 시험 인프라가 없어 외국에 의존하여 많은 정비대기 시간의 발생과 외화 유출이 초래됨.
 - 탄소-탄소 브레이크의 국내 시장은 연간 약 495억원이며, 세계 시장은 약 9,635억원 규모로 계속 급증 추세임.
- 이에 따라, 항공기 탄소-탄소 브레이크의 정비 수요에 대처하고 안전운항 확보를 위하여, 탄소-탄소 브레이크 등의 제작과 수리/재생 기술개발을 포함한 브레이크 시험장비 등의 인프라 구축을 위한 R&D 투자가 필요함.
 - 탄소-탄소 브레이크의 제작 및 정비 인프라 구축 시 수입 대체 효과와 신속한 항공정비지원으로 안전운항 확보 기대. (수입대체, 수리순환기간 단축으로 가동율 향상, 정비비 감소에 따른 수익개선 및 예비 대체품의 자산 감소로 경쟁력강화)
- 현재 탄소-탄소 브레이크 디스크의 국산화 개발 능력은 군용항공기(F-16)용 탄소-탄소 브레이크 디스크에 대한 생산기술과 제품화 능력은 있으나, 중·대형 항공기에 대한 탄소-탄소 브레이크 디스크의 개발 경험이 없으며, 동시에 제품화 된 브레이크의 품질평가와 안전성, 수명한계 등을 시험평가하기 위한 필수 시험장비(Dynamometer)를 보유하고 있지 못함.
- 항공기 제동장치는 항공기 개발단계에서 항공기 개발과 동시에 해당 항공기의 필수 중요 부품으로 국내에서는 아직 중형급 이상의 항공기 개발 경험이 없는 상태에서 고부가가치의 제동장치에 대한 국산화 개발 추진은 국내 항공기 부품 개발 산업의 초석을 다짐과 동시에 획기적 발전기반을 제공하게 될 것임.

- 브레이크 MRO 절차 중 Refurbishment 기술은 기 사용된 탄소-탄소 브레이크 디스크 2장을 가공, 열처리, 내산화 코팅 및 조립 공정을 거쳐 생산(Two-for-One)하는 기술로서 제작과 동일한 시험 평가과정을 거쳐야함.
- 군용항공기(F-16, T-50)용 브레이크 제작 및 Refurbishment 기술은 국내 업체에서 상용화하고 있으나, 중·대형급(Heavy Weight) 항공기 브레이크의 시험·평가 능력은 전무함.
 - 중·대형급 항공기의 시험 요구조건 및 시험기술 미보유
 - 시험장비 미보유 (현 국내 보유 장비의 약 3배 정도 능력 필요)
 - 탄소-탄소 브레이크 디스크는 군용기의 경우 F-15K 및 민간 여객기의 경우 전량을 수입에 의존하고 있는 실정임
- 우리나라는 F-15K, A380, B747 등의 중·대형(Heavy Weight) 항공기를 다수 운영하고 있으나, 이들 항공기의 제동장치는 현재 전량 해외 도입에 의존하고 있으며 탄소-탄소 브레이크 디스크 교체 비용은 연간 약 1,000억원 이상이 소요되고 있음.
- 세계시장은 연간 1조 5,000여억원 규모로 미국 BF Goodrich, Allied Signal 및 유럽의 Messier-Bugatti 등 일부 기업들이 시장을 석권하고 있음.

2. 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발 기획의 필요성

- 국내 항공산업은 초등훈련기(KT-1), 고등훈련기(T-50) 및 한국형 헬기(KHP) 개발사업 등을 통해 항공기를 제조하고 수출 할 수 있는 단계에 와 있으나, 핵심 부품, 소재들은 미국, 영국 등의 선진 항공업체에 예측되어 있는 실정임.
- 항공기 분야의 경우 기초적인 소재에서 부품 개발에 이르기까지 국내 기술로 국산화한 사례가 자동차, 산업기계 차량 대비 매우 낮은 상태임.
- 특히, 중·대형 항공기의 제동장치 시스템은 Boeing, ATR 등 유수의 세계적인 기업에서 생산하고 시험평가를 수행하여 세계 시장에 공급하고 있으나, 향후 독자적인 중·대형 항공기 개발 및 시험평가를 수행하기 위해서는 국가차원의 지원이 필요함.
- 항공기 제동장치 개발은 대규모 예산과 장시간의 개발기간 등으로 인하여 민간기업의 자체개발은 거의 불가능한 실정으로 국가차원에서 개발에 대한 지원이 필수적임.
- 항공기 제동장치는 항공기의 이·착륙 시에 핵심적 품목으로 항공기 안전운항을 위해 항공기 유지보수의 필수적 부품이며, 항공기용 타이어와 함께 소모성 품목임. 특히, 항공기 부품들 중 지속적인 필요물량 확보 보장이 철저히 이루어져야 하는 사업성이 높은 부품임.
- 항공기 시스템 중 총 운영기간 동안 정기적으로 소모되며, 운영을 위해서 반드시 필요하고 필수적으로 확보되어야 하는 전략적 품목의 제 1순위가 연료이고, 제 2순위가 제동장치임. 제동장치의 경우 수명주기가 약 1~2년으로 이들의 보급 중단은 항공기 운영의 중단을 의미하는 가장 중요한 부품중의 하나임.
- 항공기 제동장치의 개발은 장기적인 개발기간, 대규모의 예산 및 첨단 기술 등이 요구되는 구성품으로 개발이 매우 어려운 분야이며, 또한 해외의 우수 업체들로부터 기술이전 자체가 국가적으로 통제되고 있는 분야로서 기술이전 가격 또한 매우 높게 책정되어 있으므로 국가의 지원에 의해 개발이 절실히 요구되는 분야임.
- 따라서 국산개발이 필수적으로 뒷받침 되어야 하며, 향후 항공분야의 국가경쟁력 향상 및 대외 의존도를 줄이고 독자적인 기술획득으로 핵심 부품에 대한 역수출도 가능할 것으로 기대됨.
- 국내에서 운용중인 민간항공기들은 첨단 신기술이 적용된 항공우주 전략소재인 (MTCR¹⁾ 통제품목) 탄소섬유를 사용한 탄소-탄소 브레이크 디스크를 대부분 사용

하고 있으며, 전략적/경제적 사유로 과거 경량(Light Weight) 군용항공기용 탄소-탄소 브레이크 디스크를 개발 완료하고 상용화하여 사용 중에 있음. 또한 국내에서 탄소섬유의 국산화가 국책사업(민군겸용기술과제)으로 진행되어 중·대형(Heavy Weight) 항공기에 적용 가능한 기술과 제작능력이 구비중에 있으나, 시험·인증능력 등은 아직 완성하지 못하여 상용화하지 못하고 있는 실정임.

■ 탄소 복합재 브레이크 국산화 성과

- 개발기종 : K/F-16, T-50

- 수입대체 효과 : 연간 약 50억원

○ 항공기 제동장치계통의 핵심 정비기술을 개발하고 관련 인프라를 구축하는 것은 항공사고 예방과 안전운항을 도모하고, 국가 항공정비기술의 선진화/전문화로 국가 경쟁력의 확보는 물론 신성장 동력산업으로 육성 추진이 가능한 분야임.

○ 이를 위해, 항공기 제동장치계통의 제작기술 개발과 정비(수리/재생) 및 시험인프라 구축을 위한 세부과제 도출 및 추진전략/계획 등을 마련하여 제시함.

■ 항공정비기술 R&D를 포함하는 “항공정비산업 발전방안” (' 10.3.21, 국토부장관)에서 포함되어 있는 분야임.

○ 선진 항공 국가로의 도약을 위해, 각종 항공부품의 국산 개발을 추진하고 있으나, 대부분의 항공부품이 완제기 생산 단계에서만 생산이 추진되고, 그 이후 운영단계에서는 부품의 소요량이 급격히 저하되는 특성을 가져 기업들이 지속적으로 생산시설을 유지하고 경제성을 확보하는데 애로가 있음.

○ 이러한 부품들 중에서 제동장치는 초도 완제기 생산뿐 아니라 이후 운영 단계에서도 지속적으로 소모되는 유일한 부품으로 경제성 및 부가가치가 매우 높은 품목임.

○ 또한 항공부품의 특징은 기술의 안정성을 최우선적으로 고려하기 때문에 적용되는 기술이 과거에 일부 검증된 것은 있으나, 제작된 부품의 안전성을 입증하기위한 다양한 시험평가 인프라가 부족하기 때문에 시험평가를 통과하더라도 항공기에 적용을 위해선 반드시 국제적으로 공신력 있는 기관의 인증을 받을 수가 없어 국산화 실적이 저조한 실정임.

○ 항공부품의 경우 이러한 인증 시험평가 및 인증 획득비용이 제품개발비의 대부분을 차지하고, 고비용을 요구하게 되어, 기업이 수용할 수 있는 비용 대비 효과분석 시

1) Missile Technology Control Regime(미사일기술 확산방지 조약)

효율이 지극히 낮아지므로 국산화 개발을 포기하게 되는 사례가 매우 빈번한 분야임. 특히, 제동장치는 항공기 부품분야 중에서 극단적인 경우에 해당되는 품목으로 평가됨.(그림 1 참조)

- 중·대형 항공기 제동장치의 국내 개발 제작능력의 구비와 아울러 시험평가 인증 기술에 대한 상용화가 이루어질 수 있도록 산업육성 차원에서 시험평가 설비의 구축이 절실히 필요함.



그림 1. 항공기용 브레이크, 장착부위 및 시험

2장 기술개발전략 수립

1절 기획 필요성

1. 기획 배경

가. 항공정비 관련 시장 추세 및 현황

- 세계 항공정비시장('08년)은 501억\$(55조원) 규모로 연 4.3%씩 증가하여 '20년에는 약 830억\$(91조원) 규모로 확대 될 것으로 추정됨. (그림 2 참조)
- 우리나라의 항공정비 관련 세계시장 점유율은 약 1.5% 수준으로 국내 MRO 수요의 약 30%를 싱가포르 등 외국에 의존하고 있으며, 민간부분에 있어 연간 약 4천억원의 외화 유출이 발생되고 있음.

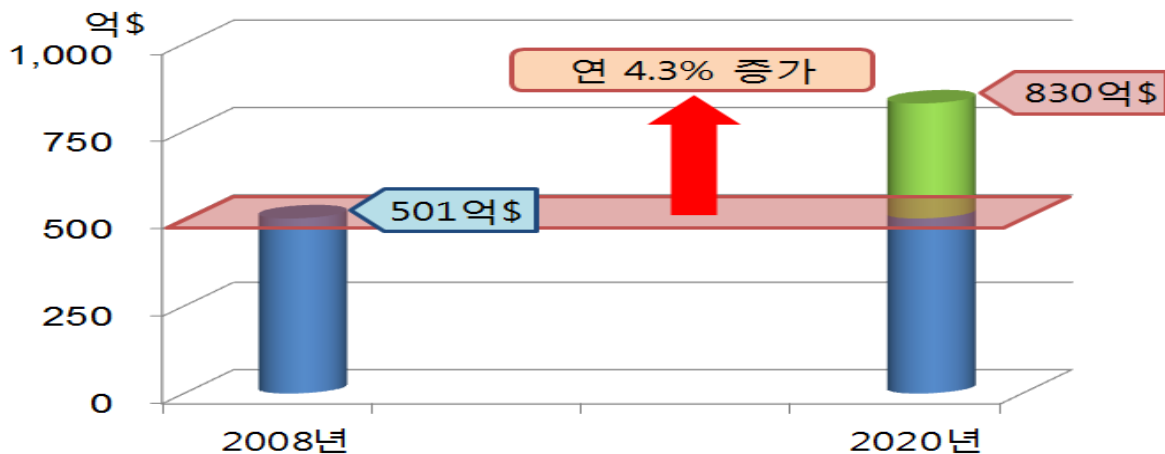


그림 2. 세계 항공정비시장 규모

나. 항공기 제동장치의 현황

- 항공기 제동장치의 경우 수명이 기종에 따라 상이하지만 탄소-탄소 브레이크 디스크가 적용된 제동장치의 경우 약 1,300회 이내로 수요가 많고 고부가가치 분야임에도 국내에서는 제작 및 수리/시험 관련 인프라가 없어 외국에 의존적임.
- 그로인해 운영 항공기에 대한 많은 정비대기 시간이 발생하고, 수리순환자산 증가로 운영비 증가 요인이 되며, 신품 수입 및 교환에 따른 외화 유출이 지속발생. (탄소-탄소 브레이크 디스크를 사용하는 제동장치의 국내 시장은 연간 약 495억원이며, 전 세계 시장은 9635억원 규모로 계속 급증 추세임.)

- 민간 대형 항공기용 제동장치는 소요기술이 소형기에 비해 매우 어렵고 복잡하며, 민간 상용 제동장치 디스크 등에 대한 개발 경험이 없는 실정임.
- 항공기 제동 장치용 유압제어 시스템은 해외 기술 도입에 전적으로 의존하고 있으며, 국산 부품 제작과 인증 획득 경험이 없음.
- 일반적으로 민간용 항공기의 경우 안전성 확보 측면에서는 군용항공기에 비해 규제가 엄격하여 현 국내 기술 수준으로는 그 요건 충족이 매우 미흡하며, 기술 개발에 있어 초보 단계로 평가할 수 있음.
- 이에 따라, 탄소-탄소 브레이크 디스크를 적용한 제동장치의 정비 수요에 대처하고 안전운항 확보를 위하여 탄소-탄소 브레이크 디스크 등의 제작과 수리/재생기술 개발을 포함한 제동장치 시험장비 등에 대한 인프라 구축과 R&D 투자가 필요함.
- 탄소-탄소 브레이크 디스크를 적용한 제동장치의 제작 및 정비인프라 구축 시 수입 대체 효과와 신속한 항공정비 지원으로 운영비 감소 및 안전운항 확보, 외화 유출방지가 가능함.

다. 국내 연구개발 및 제작능력 인프라 구축 필요성

- 제동장치는 항공기의 이·착륙시 안전성에 매우 중요한 영향을 끼치는 핵심 부품으로 숙련도가 낮은 조종사를 고려하고, 편리성을 감안한 개발이 이루어져야 하므로 그 성능 확보와 안전성을 최우선으로 하는 스마트한 장치의 개발이 필요함.
- 경량 군용항공기에 대한 제동장치는 국산화하여 사용중에 있으나 민간 중·대형 항공기에 대한 제동장치 국산화는 이루어지고 있지 않아 이에 대한 연구개발 및 제작능력 인프라 구축이 필요함.
- 제동장치의 부품중 브레이크 디스크는 금속-금속, 금속-탄소, 탄소-탄소로 제작되어 사용되고 있으며, 국내 군용항공기의 제동장치 중 대부분은 국산화하여 현재 사용 중에 있음.
- 또한, 항공용은 아니지만 제동능력이 뛰어난 KTX열차의 제동장치도 국산화하여 사용 중임.
- 국내에서는 1986년부터 구리소결재, 철소결재 등의 재래식 재료를 사용하는 군용항공기와 KF-16 전투기용 탄소-탄소 복합재를 사용한 디스크를 개발하여 현재 사용하고 있음.

- 이러한 기술개발 경험을 활용하여 대형항공기 탄소-탄소 브레이크 디스크를 적용한 제동장치의 국내 개발이 가능할 것으로 판단하고 있으며, 제작 개발 시 종합군수지원(ILS; Integrated Logistics Support)요소의 개발에 의해 정비능력을 구비한다면 운영 유지비를 극소화 할 수 있을 것임.

라. 기술개발의 중요성

- 일반적으로 항공기 제동장치는 휠, 브레이크 디스크를 포함한 제동장치 조립체, 제동장치 제어장치로 구성됨.
- 항공기의 모든 중량은 착륙장치를 통하여 지상에 전달되며, 착륙장치는 착륙장치 스트럿과 휠 및 제동장치 조립체로 구성됨.
- 항공기가 지상 착륙 시 착륙거리를 줄이기 위해 조종사가 제동장치를 사용하면 제동장치에서는 마찰에너지가 발생하고, 이 마찰에너지를 제동장치 디스크가 흡수할 때 디스크에서는 마찰에너지로 인한 높은 열이 발생하면서 마모가 발생됨.
- 지상 착륙 중 제동장치가 고장나거나 제 성능을 발휘하지 못하여 항공기가 활주로를 지나치거나(Over Run), 방향유지가 안될 경우 지상사고로 이어질 경우 인명 및 재산상 큰 손실을 끼치게 함.
- 여객기의 제동장치는 고온에서도 견딜 수 있는 신뢰성이 아주 높아야하고, 제동력이 좋아야하며, 가벼워야 하므로 디스크들은 주로 탄소-탄소 복합재를 사용하고 있음.
- 항공기 사고의 약 90%정도가 이·착륙 중에 발생하며, 이·착륙 중에 가장 중요한 역할을 하는 부품은 휠과 제동장치로서 이들은 높은 신뢰성과 고품질이 요구됨.
- 휠은 타이어에 장착하여 랜딩기어와 함께 항공기의 구조를 지탱하는 역할을 하며, 제동장치는 항공기의 비행역학상 불가항력적인 착륙 속도를 줄여서 제한된 거리에서 정지하는 역할을 하는 중요한 부품으로 고 신뢰성과 높은 품질이 요구됨.
- 국내 항공기 체계개발과 함께 개발 완료되어가는 KUH(한국형 헬기) 사업의 제동장치는 금속-탄소 브레이크 디스크를 적용한 제동장치로 개발되어 현재 시험비행 중에 있음.
- 항공기 제동장치의 경우 수명이 1~2년 주기의 소모품으로 수요가 많고 고부가가치분야 임에도 국내에는 제작 및 수리와 시험 인프라가 없어 외국에 의존하여 많은 정비대기 시간의 발생과 외화 유출이 초래됨.

- 이에 따라, 항공기 탄소 브레이크의 정비 수요에 대처하고 안전운항 확보를 위하여, 탄소-탄소 브레이크 등의 제작과 수리/재생 기술개발을 포함한 브레이크 시험장비 등의 인프라 구축을 위한 R&D 투자 필요함.
- 항공기 제동장치는 항공기 개발단계에서 항공기 개발과 동시에 개발되는 해당 항공기의 필수 중요 부품으로 국내 중형급 이상의 항공기 개발 경험이 없는 상태에서 고부가가치의 제동장치에 대한 국산화 개발 추진은 국내 항공기 부품 개발 산업의 초석을 다짐과 동시에 획기적 발전의 기반을 제공하게 될 것임.
- 과거 중형항공기 국산화 개발 추진 중 중단된 사례와 현재 국가적으로 시도하고 있는 중형항공기 개발에 앞서 개발기간의 장시간소요와 대규모 예산을 필요로 하는 항공기 제동장치의 국산화 개발 추진은 현 시점에서 매우 적절한 상황임.

마. 인프라 구축시 기대 및 파급 효과

- 탄소-탄소 제동장치에 대한 MRO 능력 구비 시 동일 기종에 대한 제동장치 품목의 해외 수출뿐만 아니라 MRO 사업을 통한 외화 획득에 기여함.
 - 탄소-탄소 제동장치는 기종에 따라 이·착륙 횟수가 상이하나 대부분의 군용기는 70회, 상용기는 약 1,300회 이·착륙 시 마모되어 수리 혹은 재생이 필수적이므로 MRO 능력 구비를 통해 외화 획득이 가능하며, 동일 기종에 대한 외국으로의 수출증대 효과를 극대화 할 수 있음.
 - MRO 사업을 통한 수출 증대 뿐 아니라 소모성 품목인 마찰패드(Friction Pad)는 소요가 많은 품목으로 항공기 운영 회사나 MRO 회사에서도 필수적 소요 품목이므로 대량 수출이 가능하여 외화 획득에 기여함.
- 개발하고자 하는 시스템은 주기적인 교체가 요구되는 부품으로 국내 여객기는 물론 세계 각국의 수출물량을 고려 시 제동장치 자체만으로도 매우 큰 시장임.
 - 대형 항공기용 제동장치가 소형 항공기에 비해 많고(B747의 경우 대당 Brake Assy 8개), 항공기 기종에 따른 제동장치의 크기 다양화에 따라 개발 요구도가 크므로 구조적으로 최적 설계가 되어야 하는 등 설계난이도가 높음.
 - 탄소-탄소 제동장치 디스크들은 마모에 의한 소모재로 약 1,300회시마다 교체하여야 하며 피스톤 및 히트싱크(Hear Sink)도 주기적 정비가 필요함.
 - 이와 같은 부품은 고가이며 모든 항공기에 적용되는 기술이므로 국내 개발 성

공 시 경제성이 크고 해외수출 시장도 매우 큼.

- 민간항공기에 사용하기 위해서는 해당품의 인증이 필수적이고, 휠 및 제동장치 경우 국내에서 민간 형식 승인을 획득한 사례가 없음. 초기 요구도 확정시부터 인증 절차에 따라 개발하여야 하므로 개발 완료 시 인증획득이 가능함.
- 개발된 제동장치의 사용과 수출을 위해서는 인증(TSO)획득이 필수적이며 본 과제를 통하여 인증(형식/제작)이 이루어짐.
- 해외업체가 국내업체를 통해 제동장치를 공급받으려는 경우 필수적으로 TSO 인증을 요구하고 있으며, 본 연구개발로 제동장치의 분야의 TSO 인증 경험을 쌓을 경우 해외 수출용 제동장치의 TSO 인증 경로가 확립됨.
- 이를 통해, 대형 항공기용 제동장치 개발에 활용된 기술은 그 기술 수준이 높아 관련 부품개발 시 국내 항공산업 역량 및 수준 향상에 기여할 수 있음.
- 또한, 국토해양부의 TSO 품목에 대한 BASA 체결(2008. 2 항공기용 타이어)이후 최초의 TSO 품목 개발로서 국토해양부의 지속적 인증사업의 실례가 될 수 있으며, 금번 제동장치 개발을 통하여 수입 대체 효과와 함께 수출로 인한 경제적 파급효과를 기대할 수 있음.
- 연구/개발을 통하여 해당 장치에 대한 시험평가 시설 및 기술이 획득되어 향후 개량, 신규개발 등이 가능하여 국내 항공산업 기술의 기술력 향상이 기대됨.
- 탄소-탄소 복합재 개발 기술은 항공기 기체구성품, 우주발사체 기체 및 기관구성품, 산업용 자동차, 레저용 골프 클럽 샤프트 등 전 산업분야의 활용이 기대되며, 경량과 고강도가 요구되는 로켓 엔진 등 극한 환경용 재료로 응용분야가 매우 많음.
- 그러므로, 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발을 위한 대규모 예산이 투입되기 이전에 국가 예산의 투자효율성 확보 및 명확한 성과관리를 위한 사전기획이 필요함.
- 투자예산에 대한 효율적 성과관리방안의 수립.
- 항공기 제동장치 제작, 정비기술 개발, 제작 인프라, 인증제도, 시험평가 기술 개발 등 체계적인 시스템 개발 확립을 통해 국내 항공산업 육성 및 발전에 기여할 수 있음.

- 사업의 목표 달성 여부를 명확히 관리하고 평가할 수 있는 정량적 성과지표가 수립됨.
- 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발을 수행 할 수 있는 국내 중소기업의 발굴과 그 역량분석과 평가가 이루어짐.
- 대형 국가연구개발 사업의 사전 타당성 분석이 수행됨.

2. 기획 목적 및 추진방향

가. 기획목적

- 본 기획연구는 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발 사업에 대한 국내외 시장 동향 조사, 특허 동향 조사 및 기술예측을 수행하여 본격적인 연구방향 및 목표를 정립하고, 타당성과 객관성이 확보된 연구 개발과제를 도출하며, 본 사업이 경제적이고 효율적인 추진이 가능할 수 있도록 하는 사전 기획연구임.
- 또한, 해외 선진기술에 대한 벤치마킹을 통해 외국기업체 및 연구기관과의 협력 추진방안을 조사하여 개발에 대한 효율적인 투자, 시행착오의 최소화를 이룰 수 있는 방안을 모색하도록 진행함.
- 이를 위해서는 국내 항공기 개발 경험 및 실적 등을 감안할 때 해외 항공기 시장 진입을 위한 마케팅 전략을 세워야 함.
- 본 기획과제에서 연구하고자 하는 국내외 항공기 제동장치의 제작기술, 정비/수리/재생(MRO) 기술개발 및 시험인프라 구축 동향을 파악하며, 이에 따른 경제성 및 타당성 등에 대한 분석을 추진함. (그림 3 참조)
- 항공기 제동장치 계통의 제작기술개발을 위한 세부 추진과제 및 추진방향 제시.
- 항공기 제동장치 계통의 정비/수리/재생(MRO) 기술개발을 위한 세부 추진과제 및 추진방향 제시
- 항공기 제동장치 계통의 시험인프라 구축을 위한 세부 추진과제 및 추진방향 제시
- 항공기 제동장치 계통의 제작기술, 수리/재생 기술개발 및 시험인프라 구축사업 추진을 위한 RFP 제시



그림 3. 추진과제 현황

- 항공기 제동장치계통의 핵심 정비기술을 개발하고 관련 인프라를 구축하여 항공 사고 예방과 안전운항을 도모하고, 국가 항공정비기술의 선진화/전문화로 국가 경쟁력의 확보는 물론 신성장 동력산업으로 육성 추진함.
- 본 과제에서 제작, 수리, 시험할 대상으로 기획하는 항공기 제동장치의 부품들은 다음과 같음. (단, 여기서 휠은 제외함.)
 - 제동장치 디스크 : 로터 디스크(Rotor Disk), 스테이터 디스크(Stator Disk)
 - 제동장치 작동 부품 : 압력판(Pressure Plate), 백킹 플레이트(Backing Plate), 마모량 지시핀(Wear Indicator Pin), 토크 플레이트(Torque Plate), 피스톤(Piston) 등
- 개발 할 항공기 제동장치에 대한 정비기술에 대한 연구를 수행하고, 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발에 대해 다음과 표 1의 연구내용에 대해 기획연구를 수행함.

표 1. 연구 목표 및 주요연구 내용

연구목표	주요 연구내용
기술개발 동향 및 환경 분석	■ 국내외 정책·시장·기술동향 분석 ■ 국내외 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라 및 기술 인력 현황(기업, 연구소, 대학 등) 분석 ■ 기술수요 및 기술예측 조사 실시 ■ 동향분석 결과를 바탕으로 기술개발 추진방향 정립 (SWOT 분석 등)
기술개발 전략수립	■ 비전 및 기술발전 시나리오 제시 ■ 비전 달성을 위한 세부목표 및 중점 추진분야 도출 ■ 중점 추진분야별 후보과제 도출
중점 추진분야별 과제 우선순위 도출	■ 기술개발 성공 가능성, 기술개발 중요도 및 시급성 등 검토 ■ 시장 매력도, 원천기술 확보여부 등 핵심성공요인 (CSF) 분석 ■ 투자 우선순위 설정 및 자원투입계획 수립 ■ 세부과제별 연구수행 형태 정의 ■ 중점 추진분야별 세부과제 확정 및 로드맵 작성
세부과제별 목표 및 범위 설정	■ 목표 및 연구범위 설정 ■ 세부과제(핵심요소기술) 도출 및 연구내용 설정 ■ 세부과제별 연차별·단계별 성과목표(정량적, 정성적)와 성과지표(필수지표 포함) 설정 및 성과맵 제시
세부과제별 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립	■ 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계방안 수립 ■ 컨소시엄 형태 등 최적 연구추진체계 제안
세부과제별 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시	■ 성과분석 및 검증방안 제시 ■ 제도정책 활용, 현장적용, Test Bed 및 시범사업 등 구체적인 실용화 방안 제시
세부과제별 인력투입 계획 및 소요예산 산정	■ 과제구성에 따른 연구일정 및 인력투입 계획 수립 ■ 세부 과제별 소요예산 산정
연구개발 사전타당성 조사	■ 정책적 타당성 검토 ■ 기술적 타당성 검토 ■ 경제적 타당성 검토
과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정	■ 연구목표와 내용, 추진전략 등을 바탕으로 본 과제를 공모하기 위한 RFP 작성 ■ 연차별 평가를 위한 성과목표·지표·마일스톤의 설정, 평가방법 및 기준 설정

나. 추진방향

- 추진단계는 그림 4와 같이 기술개발전략 수립, 중점 추진 분야별 세부과제 기획 연구 개발 사전 담당 조사 및 RFP 작성 및 평가기준 설정의 4단계에 의해 본 기획을 완성하도록 한다.



그림 4. 추진단계 구성도

○ 1단계 : 기술개발 전략수립

■ 기술개발 동향 및 환경 분석

- 국내외 정책 · 시장 · 기술동향 분석(주요국가의 기술개발 정책 및 시장분석 포함)
- 국내외 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라 · 기술인력 현황(기업, 연구소, 대학 등) 분석
 - 타 진행사업과의 중복성 또는 관련성 여부 파악
 - 국내 기업 연구개발 능력 조사
 - 유사 개발경험 및 개발의지 등 파악
 - 품질 시스템 등 인증체계 구축능력 파악
- 기술수요 및 기술예측 조사 실시(특허동향 분석을 통해 국내외 기관의 원천 특허 보유, 기술경쟁력 등 분석)
- 동향분석 결과를 바탕으로 기술개발 추진방향 정립(SWOT 분석 등)

■ 기술개발 전략수립

- 비전 및 기술발전 시나리오 제시
- 비전 달성을 위한 세부목표 및 중점 추진분야 도출
- 중점 추진분야별 후보과제 도출

○ 2단계 : 중점 추진분야별 세부과제 기획

■ 중점 추진분야별 과제 우선순위 도출

- 기술개발 성공 가능성, 기술개발 중요도 및 시급성 등 검토
- 시장 매력도, 원천기술 확보여부 등 핵심성공요인(CSF) 분석
- 투자 우선순위 설정 및 자원투입계획 수립
- 세부과제별 연구수행 형태 정의
- 중점 추진분야별 세부과제 확정 및 로드맵 작성

■ 세부과제별 목표 및 범위 설정

- 목표 및 연구범위 설정
- 세부과제(핵심요소기술) 도출 및 연구내용 설정
 - 기술개발 효과분석 및 목표성능 설정
 - 기술개발 필요성 및 기술개발 범위 설정
- 세부과제별 연차별·단계별 성과목표(정량적, 정성적)와 성과지표(필수지표 포함) 설정 및 성과맵 제시
 - 연차별 성과물과 현장 적용시 실용성과 가시적 효과 설정
 - 개발단계별 (설계, 개발, 인증, 양산 등) 추진계획 제시

■ 세부과제별 연구목표 달성을 위한 추진방안 수립

- 기존 기술·인프라 등의 활용 및 연계방안 수립
 - 기술 수요기관(지자체, 기업 등)의 충분한 의견수렴을 통한 실용성 확보

- 국제공동연구 파트너와 국내 관련기관 및 전문가 분석, 활용계획 포함
- 컨소시엄 형태 등 최적 연구추진체계 제안
- 세부과제별 성과물에 대한 활용방안 및 실용화 추진방안 제시
 - 성과분석 및 검증방안 제시
 - 제도·정책 활용, 현장적용, Test Bed 및 시범사업 등 구체적인 실용화 방안 제시
- 세부과제별 인력투입 계획 및 소요예산 산정
 - 과제구성에 따른 연구일정 및 인력투입 계획 수립
 - 세부 과제별 소요예산 산정
 - 단위과제 기준으로 연차별 예산산출 근거를 작성하여 소요예산 적정성 검토 필요
- 3단계 : 연구개발 사전타당성 조사
 - 정책적 타당성 검토
 - 국가 전략적 중요성 검토
 - 상위계획과의 부합성 검토
 - 연구개발 추진의지 및 관련기관 협조의지 검토
 - 연구개발 추진상의 위험요인과 대응방안 검토
 - 기술적 타당성 검토
 - 제동장치 설계목표 (개발모델, 성능 및 효율) 설정
 - 신기술 및 요소기술 내용 정립
 - 국내 관련 업체/연구소의 현 기술수준 및 기술 보완사항 분석
 - 기존 연구개발결과의 중복성 검토

- 기술개발 계획의 우수성, 기술수준 및 개발성공 가능성 검토

- 기술적 내용에 대한 특수사항 등에 대한 검토

■ 경제적 타당성 검토

- 경제성 분석 : 세계시장 규모 분석 및 국내 시장규모 분석

• 항공기 제동장치의 국내외 시장규모 분석 및 추정

• 항공기 제동장치 정비사업에 대한 시장규모 분석

• 국내외 시장 및 사업추진 시나리오에 따른 경제성 분석

- 국내외 수요확보 방안

• 국내 수요확보 방안 분석

• 해외 수요확보 방안 분석

- 경제·사회적 파급효과 분석

• 수입대체 및 수출효과, 수입단가 인하효과 등

• 비용/편익분석(BC분석)

• 사회적 파급효과 분석 : 고용효과, 인력양성 효과 및 대외 경쟁력 효과 분석

- 과학기술적 파급효과 분석

• 기술체계분석에 따른 기술력 확보 및 기술경쟁력 분석

• 개발기술의 관련 부품 및 연관기술 파급효과 분석

- 정책적 제언 및 기타 사업화사업 추진을 위하여 필요한 사항 검토

■ 필요시 정책적/기술적/경제적 타당성 검토를 위한 세미나 또는 공청회를 개최하도록 함.

○ 4단계 : 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정

■ 연구목표 및 내용, 추진전략 등을 바탕으로 본 과제를 공모하기 위한 RFP 작성

■ 연차별 평가를 위한 성과목표/지표/마일스톤의 설정, 평가방법 및 기준 설정

2절 국내외 동향 및 환경분석

1. 항공기 제동장치 및 MRO 산업 소개

가. 항공기 제동장치의 소개

- 현대의 상업용 대형 항공기는 항공기 착륙을 위한 속도 감속장치로 공중에서는 플랩, 스포일러, 지면에 접지 후에는 역추력장치(Engine Thrust Reverser), 그리고 휠-제동장치 계통(Wheel Brake System)이 있음.
- 항공기가 착륙하고자하는 비행장에 가까워지면 플랩, 스포일러를 작동시켜 속도를 1차 감속시키고, 항공기가 지면에 닿으면 곧바로 역추력장치를 작동시켜 2차로 속도를 감속시키며, 마지막으로 제동장치가 작동하여 항공기를 지상에 안전하게 정지 시킴.
- 즉, 항공기의 제동장치는 착륙거리를 단축하고, 지상에서 안전한 주기(Parking)를 위해 장착되어 있으며, 제동장치는 주착륙장치의 휠과 타이어(Wheel & Tire)안에 장착되어 있음. (대부분의 항공기는 앞 착륙장치에 제동장치가 없음.)
- 국내에서 사용 중인 민간항공기의 제동장치 분류는 다음과 같음.
- 유압식 브레이크(Hydraulic Operated Brake) (그림 5, 6 참조)
 - 금속-금속 브레이크 디스크 적용: B737
 - 탄소-탄소 브레이크 디스크 적용 : B744, B777, A330, A360, A380 등
 - ※ 탄소-탄소 디스크의 장점으로 가볍고, 친환경적이나 단점으로 고가임.



그림 5. 금속-금속 브레이크 디스크가 적용된 제동장치(B737 용)



그림 6. 탄소-탄소 브레이크 디스크가 적용된 제동장치(B777 용)

○ 전기식 제동장치 : B787-8 용으로 BFGoodrich 에서 개발. (그림 7 참조)

- 기존의 제동장치는 유압작동유의 유체를 이용하여 제동장치 피스톤을 작동시켰으나, 전기식 제동장치는 전기 모터와 감속기어를 이용, 브레이크 피스톤을 작동시킴.
- 제동장치에 디지털 조종기술(Digital Control Technology)의 적용에 의한 기술혁신을 이루고 있음.
- 장점은 신뢰성증가, 모듈화로 정비성이 용이하며, 시스템 모니터링화로 작업자의 작업하중의 경감과, 결합 시 보상기능을 강화시켰음.

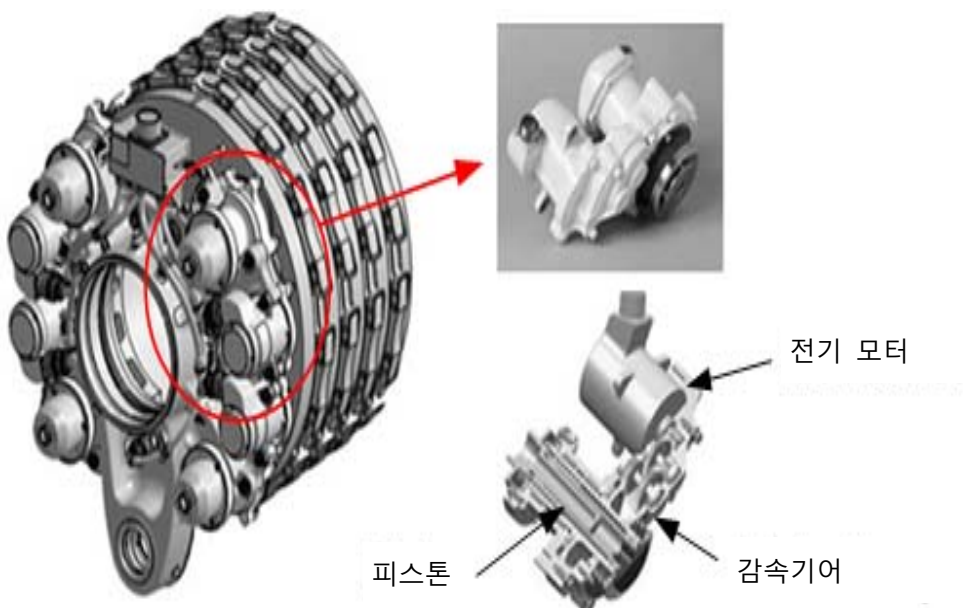


그림 7. 제동장치의 모터와 감속기

○ 제동장치의 구성품 및 역할 (그림 8, 9 참조)

- 피스톤 하우징(Piston Housing Assy)
 - 조절기(Adjuster Assy) ; 유압(Hyd' Pressure)을 기계적 에너지로 변환하는 장치
 - 블리드 밸브(Bleed Valve Assy) ; 제동장치 계통 내에 들어있는 공기를 빼주는 역할
 - 유압연결구(In-let Port ; Quick-Disk Connector Valve) ; 유압 Source를 연결하는 장치
- 탄소 히트 싱크(Carbon Heat Sink)
 - ; 마찰열로 인한 구성품의 열손상을 방지하기 위한 방화벽의 역할 수행.
 - 로터 디스크(Rotor Disk) ; 아웃슬롯(Outer Slot)이 평상시 타이어휠(Tire

Wheel)과 같이 회전하며 4~5개로 구성됨.

- 스테이터 디스크(Stator Disks) ; 이너슬롯(Inner Slot)이 티/플레이트(T/Plate)에 장착되어 제동장치 작동 시 로터디스크(Rotor Disk)와 표면마찰(Surface Friction)에 의해 타이어를 멈추게 함.
 - 백킹 플레이트(Backing Plate) ; 로터와 스테이터의 적정위치 유지
 - 앞력판(Pressure Plate) ; 로터와 스테이터에 균등한 압력 전달
 - 마모량지시핀(Wear Indicator Pin) ; 2개의 지시계가 장착되어있으며, 제동장치 디스크의 마모상태를 분해 없이 핀의 위치에 따라 판단할 수 있도록 한 장치
- 토크 플레이트(Torque Plate Assy)
; 로터 디스크와 스테이터 디스크가 조립된 상태로 장착

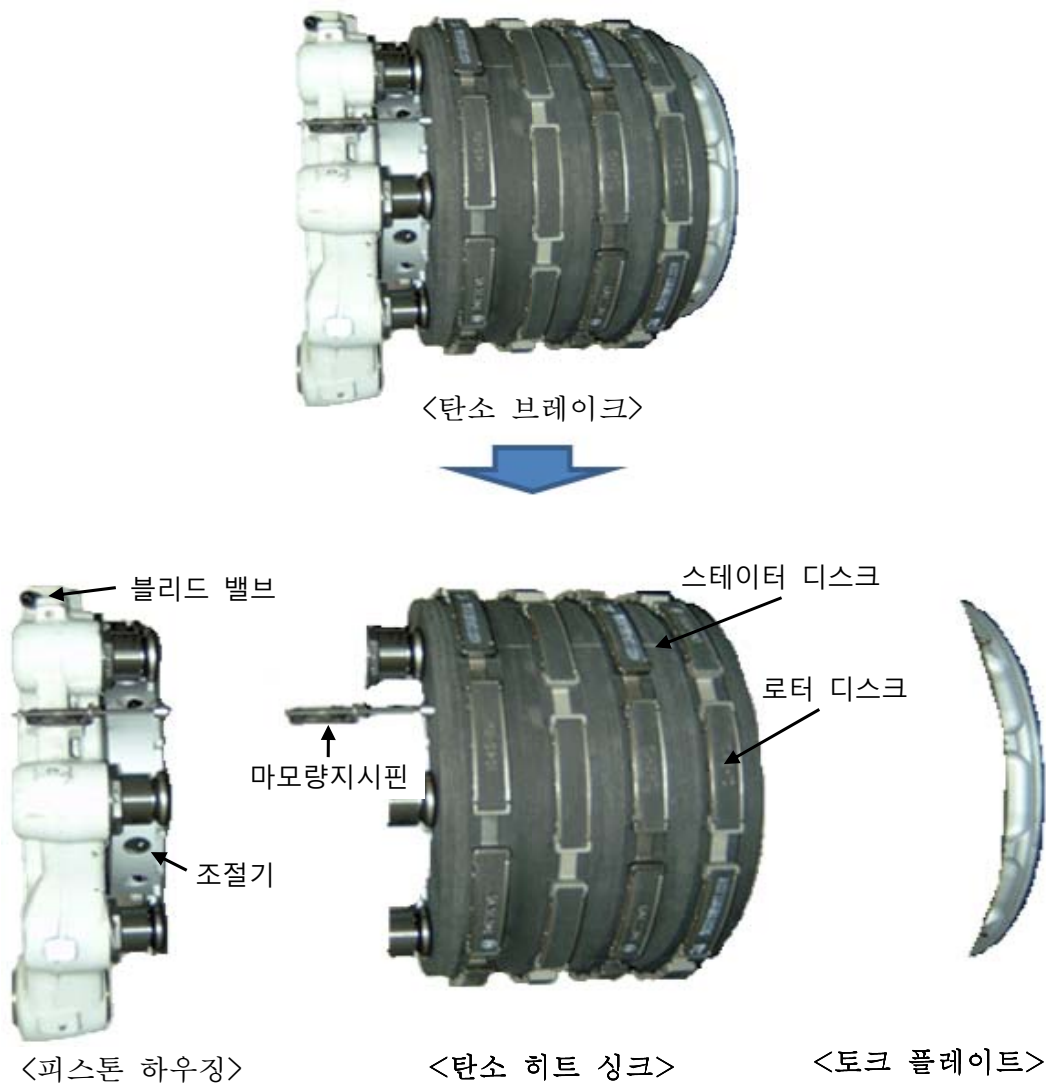


그림 8. 제동장치의 구성 부품

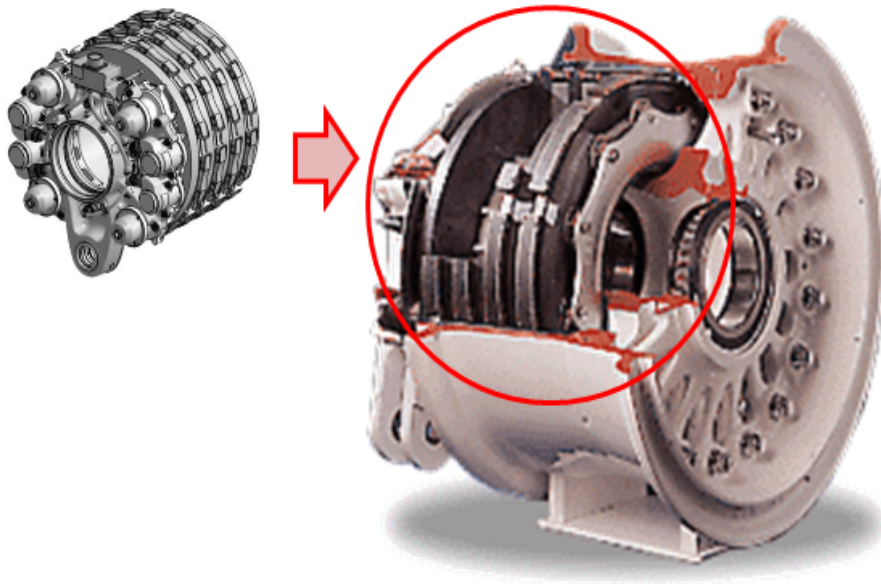


그림 9. 제동장치 어셈블리 장착 모습

- 탄소-탄소 브레이크 디스크는 그림 10와 같이 디스크 재생절차(Disks Refurbishment Cycle)에 의해 고가인 탄소 히트팩(Carbon Heat Pack) 재사용함.

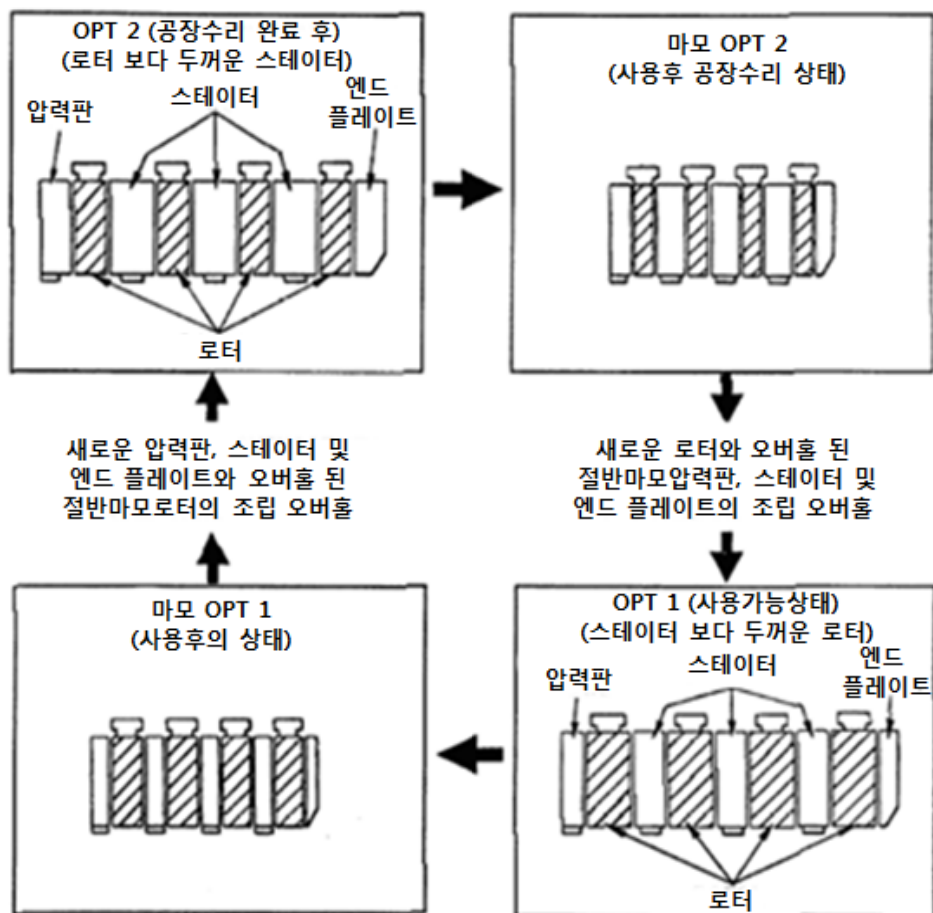


그림 10. 탄소 히트팩의 수명 사이클

○ 항공기용 유압 제동장치의 소개

- 항공기용 유압 제동장치는 기본적으로 축압기(Accumulator), 파일럿 브레이크 밸브(Pilot Brake Valve) 또는 조절 밸브(Metering Valve), 파킹 브레이크 밸브(Parking Brake Valve)로 구성되며, 안티스키드(Anti-Skid) 제어를 위해 별도의 안티스키드 조정 밸브(Anti-Skid Control Valve), 브레이크 조정 유닛(Brake Control Unit), 휠 스피드 센서(Wheel Speed Sensor) 등이 추가됨. (그림 11 참조)

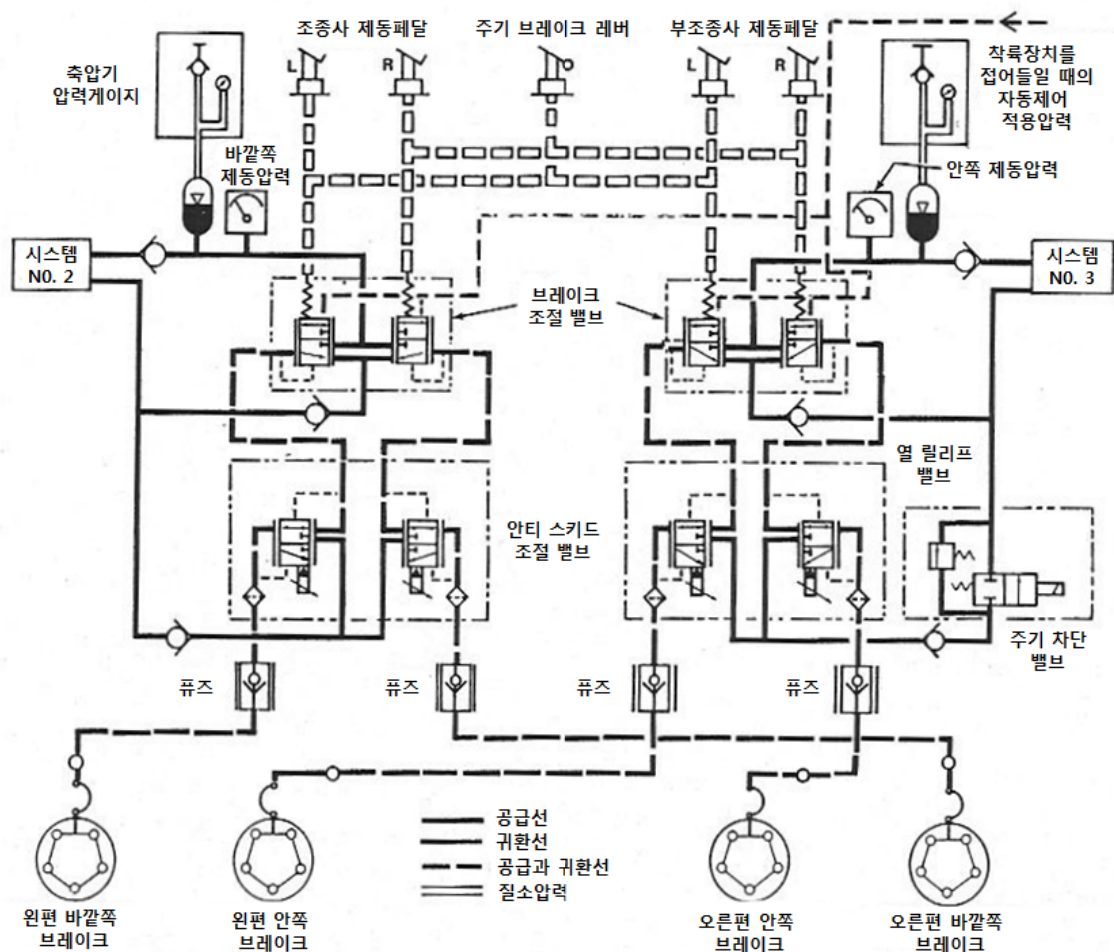


그림 11. 항공기용 유압식 제동장치

- 축압기는 비상시 엔진이 정지하더라도 제동장치 작동유를 공급하기 위한 고압 저장 용기로서 질소 가스로 충전된 블래더가 내장됨.
- 파일럿 브레이크 밸브 또는 조절 밸브는 조종사가 착륙시 제동장치를 동작시키기 위해 발로 작동시키는 밸브이고, 파킹 브레이크 밸브는 주기시 제동장치 실린더에 압력이 가해진 상태에서 로킹(Locking)되도록 작동시키는 밸브임.

- 안티스키드 조절 밸브는 착륙시 브레이크 조절 유닛의 휠 스피드 센서에 신호를 분석하여 휠이 로킹되지 않도록 전기적인 신호를 인가하면 제동장치 오일의 압력을 높이거나 낮추는 동작을 수행함. (그림 12, 13, 14 참조)



그림 12. 여객기용 휠 스피드 센서, 브레이크 조절 유닛, 안티스키드 조정 밸브

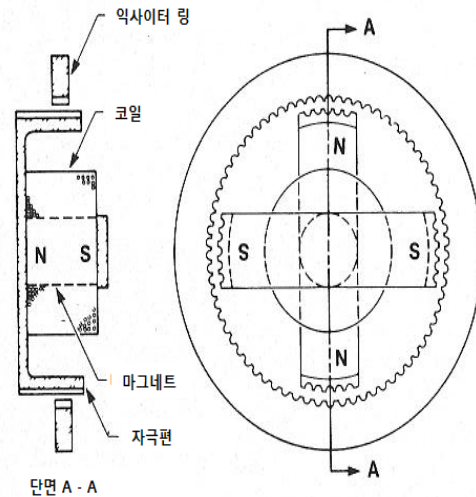


그림 13. 휠 스피드 센서의 기본 구조

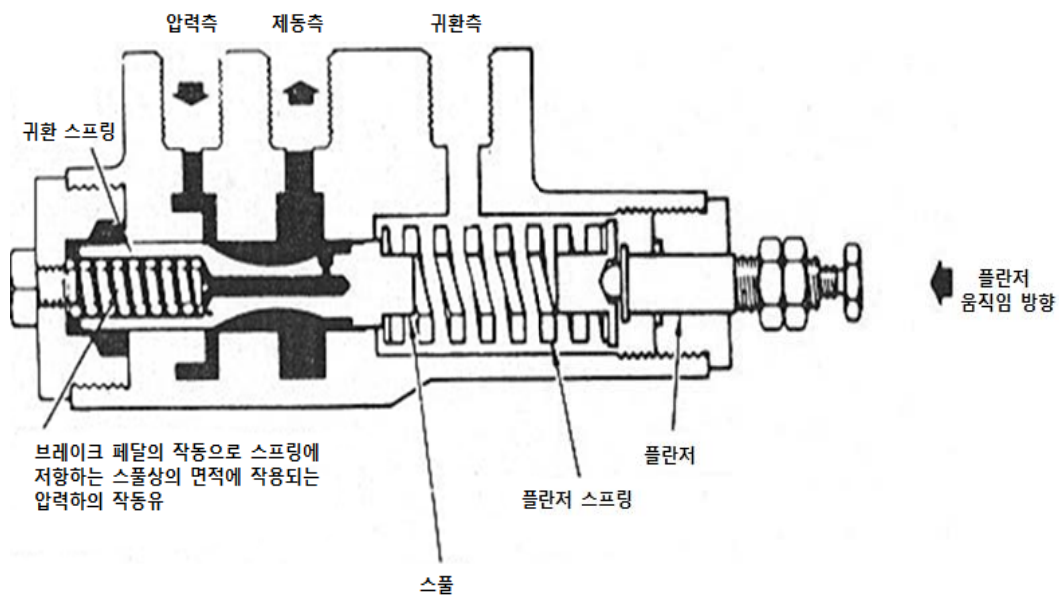


그림 14. 파일럿 브레이크 밸브의 구조

- 안티스키드 조정 밸브는 고정밀 유압 부품으로서 전기적 입력 신호에 대한 높은 응답성과 주위 온도 변화, 외부 진동 및 충격, 동적인 내부 압력 변화 등에 견딜 수 있는 신뢰성이 요구됨.

- 브레이크 조절 유닛은 착륙 시 휠 스피드 센서의 신호를 입력 받아 휠에 로킹이 발생하는지 여부를 판단하고, 로킹이 발생하면 안티스키드 조정 밸브에 전기적인 신호를 인가하여 제동장치 오일의 압력을 낮춰 휠의 로킹을 해소시키면서 제동 효과를 극대화하는 역할을 수행함. (그림 15 참조)

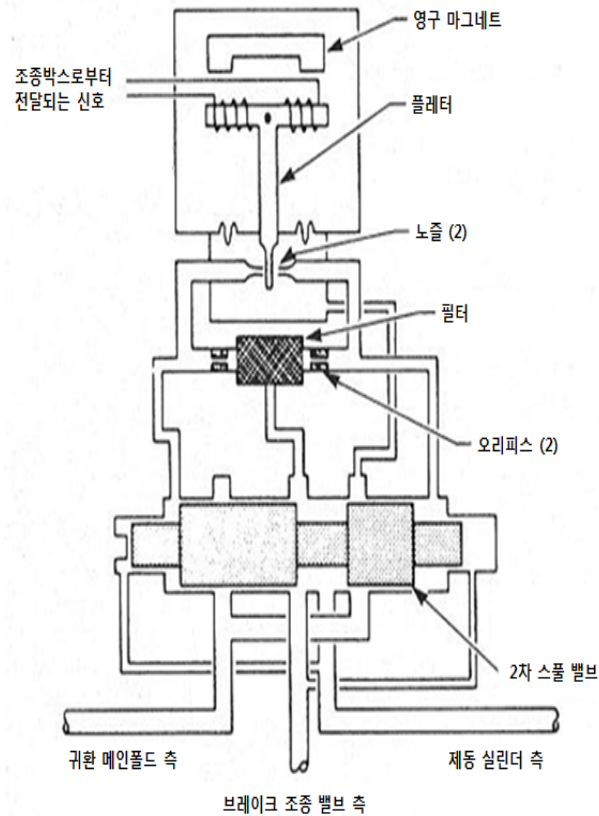


그림 15. 안티스키드 조정 밸브의 구조

- 이러한 제어기능은 보수적으로 신뢰성 확보가 용이한 아날로그회로에 의해 구현되어 왔으나, 이상 진단기능을 지능화할 수 있는 디지털 방식으로 전환되는 추세임. (그림 16 참조)

전도도 시험, 압력시험, 내구성시험, 환경시험) 등에 대한 기본 Know-How는 보유하고 있음. (그림 17 참조)



<브레이크 축압기>



<브레이크 조절 밸브>



<브레이크 조절 유닛>

그림 17. T-50 제동장치용 부품

나. 항공기 MRO의 개념 및 소개

(1) MRO의 개념

- 항공기정비의 의미는 항공사 TPPM(Technical Policies and Procedures Manual)에서 항공기 부품품을 사용 가능상태로 보존(Restoring), 유지(Maintaining)하는 것이며, 보충(Servicing), 수리(Repair), 개조(Modification), 오버홀(Overhaul), 검사(Inspection) 및 상태에 대한 결정을 내리는 것으로 정의하고 있음.
- 미연방항공법(FAR, Federal Aviation Regulation) Part I에서 정비란 “부품의 검사(Inspection), 오버홀(Overhaul), 수리(Repair), 보관(Reservation), 교환(Replacement)” 이라고 정비 의미를 표현하고 있음.
 - Maintenance means any one or combination of overhaul, repair, inspection, replacement, modification or defect rectification of an aircraft/ aircraft component(FAR, EASA)
 - 항공법 제22조(항공기 등의 정비 등의 확인)에서 소유자 등은 항공기 등, 장비품 또는 부품에 대하여 정비 등을 한 경우에는 제26조제7호 또는 제8호의 자격증명을 가진 자로부터 해당 항공기 등, 장비품 또는 부품이 기술기준에 적합하다는 확인을 받지 아니하면 이를 항공에 사용할 수 없음.
- 이러한 정의에 나타난 바와 같이 정비는 항공기의 안전성, 정확성, 쾌적성을 바탕으로 여객 및 화물 운송을 판매 가능하게 하고 항공기를 안전한 상태로 유지하는 행위를 의미함. 즉, 항공기, 엔진, 기타 장비품 등을 점검, 검사, 유지, 수리 및 개조 작업 등을 실시함으로써 제반 기능이 정상적인 상태로 항상 유지되도록 품질을 관리하여 항공기를 안전한 상태로 유지하는 것임.
- 안전한 상태란 항공사가 정한 기준뿐만 아니라 해당국의 감항당국이 정한 안전기준과 국제민간항공기구(ICAO)에서 정한 기준에 충족된 것을 의미.
- 정비의 대상이 되는 항공기는 기체(Airframe), 엔진(Power Plants) 및 장비품(Components)으로 구별됨. 기체는 항공기에서 장비품을 제외한 부분으로 기체 구조(동체, 주날개, 꼬리날개 등)와 항공기 계통의 배선, 배관류 및 실내 장비(객석, 조리대, 화장실 등)로 구성되며, 엔진은 엔진 교환 시에 일괄적으로 취급되는 부분인데 엔진 본체 외에 엔진 보기류도 포함됨. 장비품은 착륙장치, 비행 조종면, 기압, 공조, 항법, 통신 등 항공기 계통에 사용되는 특정기능을 갖고 있는 부품임.

- 이와 같이 정비의 대상이 되는 항공기에 대하여 유지(Maintenance), 수리(Repair), 분해정비(Overhaul), 개조 등을 수행하는 것을 항공기 MRO라 함.

(2) MRO의 종류와 구성

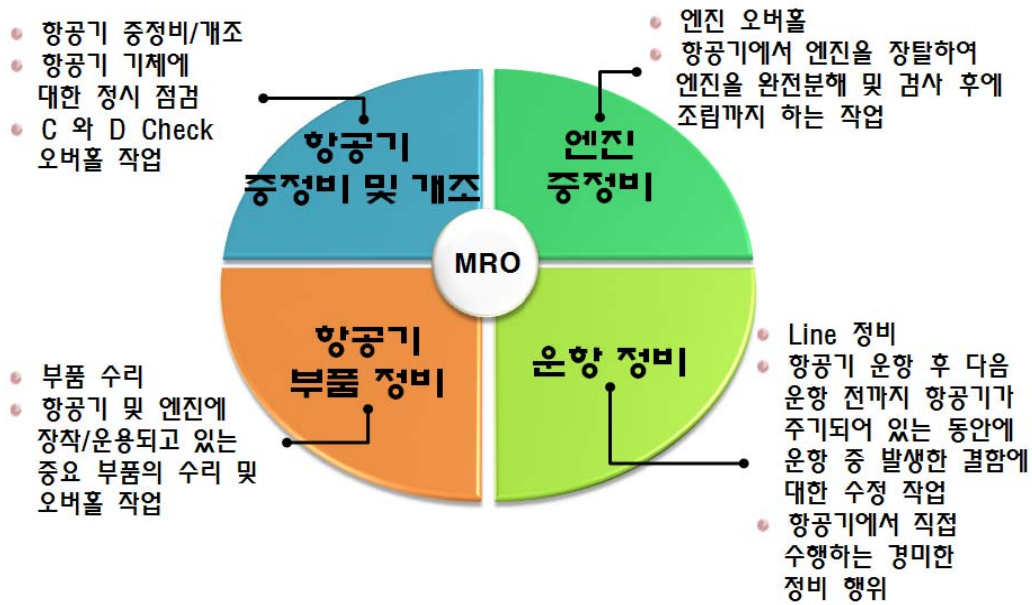
○ 항공기 정비의 종류

- 항공기 정비는 항공기가 안전하게 비행할 수 있는 상태를 유지하는 것으로 항공기에 행해지는 정비, 수리 및 개조 등에 해당함.
- 정비
 - 항공기 정비는 경미한 정비와 일반적인 정비로 나뉘며, 경미한 정비는 항공기의 지상조업, 세척, 보급(Servicing) 등 어느 정도 경험과 지식 및 기능을 가진 유자격 정비사의 감독 하에서 할 수 있는 작업임.
 - 일반적인 정비는 감항성에 영향을 끼치는 항공기 각 부분의 점검, 조절, 검사 및 부품의 교환 등을 말하며, 반드시 정비사의 확인을 받아야 함.
- 수리
 - 수리는 항공기나 부품 및 장비의 손상이나 기능 불량 등을 원래의 상태로 회복시키는 작업으로 감항성에 큰 영향을 끼치지 않는 기체나 부품의 수리, 수정작업 및 교환작업 등을 하는 소수리와 감항성에 영향을 주는 복잡한 수리작업인 대수리가 있음.
 - 대수리 작업으로는 기본 구조 부분의 강도에 상당한 영향을 끼칠 염려가 있는 수리작업, 기관, 프로펠러 및 주요 장비품 등의 성능에 영향을 미칠 수 있는 작업과 내부 부품의 복잡한 분해작업, 특수한 시설과 장비를 필요로 하는 작업, 그리고 예비품 검사 대상 부품의 오버홀과 기체의 일부 또는 전체의 오버홀 등이 있음.
- 개조
 - 개조는 항공기나 장비 및 부품에 대한 원래의 설계를 변경하거나 새로운 부품을 추가로 장착시킬 때 실시하는 작업임.
 - 항공기의 중량/강도, 기관의 성능, 비행 성능 및 그 밖의 감항성 등에 중대한 영향을 끼치는 개조작업을 대개조라 하고, 그 밖의 작업을 소개조라 함.

- 항공기 기체의 개조에 있어서 중량 및 중심 한계의 변경, 날개형태의 변경, 항공기 표피 및 조종능력의 변경, 그 밖의 각 계통의 개조 등이 있음. 기관이나 장비에 있어서는 그 성능이나 구조의 변경 등이 개조에 해당함.

○ MRO 산업분류

- 항공기 MRO란 항공기, 엔진, 기타 장비품 등을 점검, 검사, 유지, 수리·개조 작업 등을 실시함으로써 제반 기능이 정상적인 상태로 항상 유지되도록 품질을 관리하여 항공기를 안전한 상태로 유지하는 행위를 의미함.
- 항공기 MRO 산업은 다음 그림 18과 같이 수리 및 개조, 엔진정비 및 보기류 정비, 운항정비로 구분할 수 있음.
 - 항공기 수리·개조(Heavy Maintenance and Modification)
 - ; 개별 항공기의 MRO프로그램에 명시된 점검 주기에 따라 MRO 작업이 수행되는 항공기 기체에 대한 정시 점검으로서 기체의 C 점검, D 점검 및 오버홀(Overhaul) 작업을 의미함.
 - 엔진(Engine Overhaul) 정비
 - ; MRO 프로그램에 의거하여 일정시간 사용을 하게 되면 점검 주기에 따라 항공기 엔진을 탈착하여 엔진을 완전분해 및 검사 후에 조립까지 수행하는 작업임.
 - 보기류 수리(Component Repair)
 - ; 항공기 및 엔진에 장착 운용되고 있는 수많은 중요 부품의 수리(Repair) 및 오버홀(Overhaul) 작업을 의미함.
 - 경정비 또는 운항정비(Line Maintenance)
 - ; 항공기가 운항을 위해서는 MRO 확인자(Certifying Staff)에 의한 MRO 확인행위(Maintenance)가 반드시 이루어져야 운항이 가능한 정비로서, 항공기 운항 후에 다음 운항 전까지 항공기가 Ground 되어 있는 동안에 운항 중 발생한 결함에 대한 수정작업을 항공기 내에서 직접 수행하는 비교적 경미한 MRO 행위임.



※ 자료 : 산업연구원, 2008

그림 18. MRO 산업의 분류

○ 항공기 정비의 유형

- 모든 항공기는 감항성을 확보하고 유지할 수 있도록 규정한 국제민간항공기구(ICAO)의 정비프로그램을 준수하도록 국제적으로 권고하고 있음. 항공기는 동일한 기준이라도 항공기의 운영에 따라 상이한 정비를 받게 됨.
- 이는 창정비가 이루어진 후 다음 창정비까지의 기간을 한 주기(Cycle)라고 하며, 일반적으로 6년에서 8년까지 기간이 소요되고, 비행시간으로는 약 2만에서 3만시간 정도임.
- 이와 같이 정비작업이 정기적으로 이루어지는 형태와 비정기적으로 이루어지는 형태로 구분될 수 있음.
- 정비작업의 구분은 다음 그림 19와 같음.

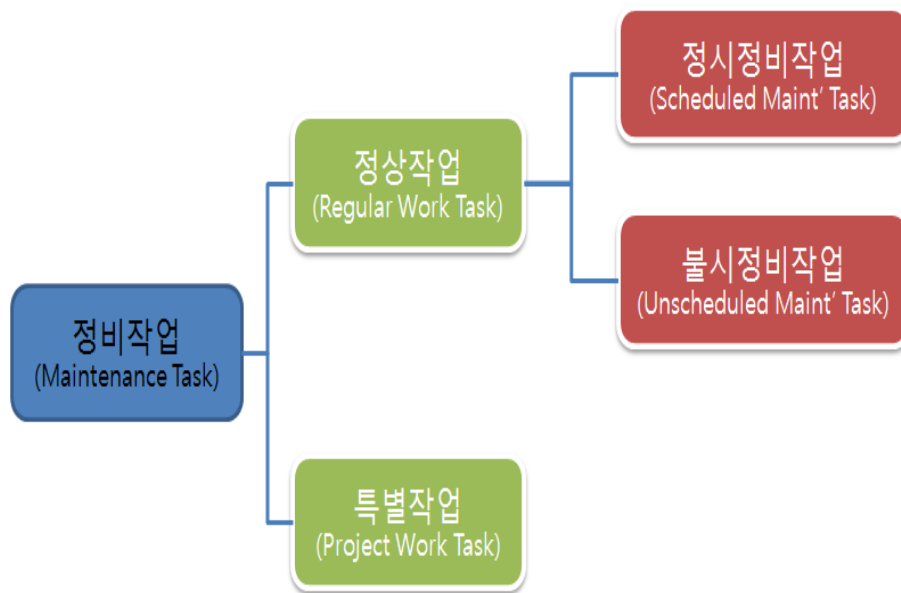


그림 19. 정비 작업의 구분

■ 계획정비(정기 정비)

- 정기적으로 이루어지는 가장 기본적인 정비는 비행 전에 정비사나 조종사에 의해 시각적으로 기체의 상태를 살피는 것임. 그러나 전문적으로 이루어지는 점검(Check)활동은 정비 대상과 내용에 따라 몇 가지의 등급으로 나누어 수행됨.
- 정비 등급은 항공기의 항공사의 정비 방침에 따라 다소 차이가 있으나 기본적인 정비의 기준은 다음 표 2와 같음

표 2. 항공기 기체 정비 점검 주기표

기 종	"A"점검	"C"점검	"D"점검	ISI
B747-400	600 비행시간	7500 비행시간 혹은 18개월	6년	해당 없음
A330	600 비행시간	18개월	해당 없음	5년
A300-600	400 비행시간	18개월	해당 없음	5년 혹은 3000 비행횟수

※ 자료 : 대한항공 항공기정비프로그램

- 일일 점검(Overnight Maintenance)
; 운항이 끝난 후 제작사의 운영기준과 일치하고 있는지 여부를 간단히 검사하는 정비활동임.

- 감항 당국의 감항기준이 충족되고 있는지를 확인할 수 있는 부분을 점검하며, 승객이나 승무원들이 운항 중에 느꼈던 불편사항이나 이상 징후 그리고 새로 설치된 시설, 비품 등의 상태를 확인하며, 모든 점검 활동은 다음 비행이전에 지장을 주지 않는 범위 내에서 수행됨.
- A 점검(Check)
 - 항공기 형식에 따라 다소 차이가 있으나 약 600시간마다 주기적으로 수행하는 예방정비이며, 주로 동체의 외부상태, 전력 공급상태, 전자장비 및 보기류와 같이 쉽게 정비가 가능한 하부시스템 등에 대해 비행 전에 육안검사를 수행함으로써 항공기의 전반적인 상태가 양호한지를 확인함.
- B 점검(Check)
 - 항공기의 패널(Panel)과 카울링(Cowling) 등을 개방하고 내부 상태를 점검하는 정비이며, 기체의 외부청소 및 엔진오일 점검 등의 예방, MRO 수행 및 오일필터의 교체나 부품의 윤활상태와 기체상태 등을 검사.
 - 보통 A 점검 활동이 모두 포함되며, 최근에는 C 점검 활동과 통합하고 운영하고 있음.
- C 점검(Check)
 - 약 7,500시간 또는 18개월마다 감항성을 검사하는 정비 활동임. 이때, A점검과 B점검이 포함되며, 주로 부품의 수리와 비행계기의 정밀도에 대한 측정 그리고 내부의 주요 기계 시스템을 검사함.
 - 이밖에 윤활유 공급, 제작사의 운용 기준 항목에 대한 점검, 전체적인 상세한 기체구조의 점검, 조종시스템 작동 상태 및 엔진 압력계기 등의 검사, 유압기의 정비, 외관과 부식방지 상태 등을 점검하며, 모든 점검 후에 이루어지는 비행 검사도 여기에 포함됨.
- D 점검(Check)
 - 정기적인 정비 활동 가운데 가장 폭넓게 이루어지는 정비이며, 일반적으로 매 6년마다 수행됨. 객실의 시설과 설비가 모두 제거된 상태에서 구조적인 검사가 이루어지며, 조종 시스템 및 연료 계통의 상태를 검사.
 - 항공기가 전체적으로 분해된 다음 대부분의 작업이 원상으로 복구되는 과정을 거치면서 처음 출고 당시의 상태에 가깝도록 정비가 이루어짐. 즉, 항공기를 가능한 한 원형상태로 복구시키는 정비 활동임. D점검을 완료하면 비행시간도 처음상태에서 시작한다는 의미에서 Zero-Time 정비라고도 불림.

- ISI 점검(Check)

- D점검의 주기가 연장되어 4~5년에 1회 정도의 정비만으로는 기체의 품질 향상을 위한 보수를 하는 것이 부적당하기 때문에 항공사에 따라서는 정비작업의 대부분을 C점검에 분산 실시하여 D점검을 폐지하고 2년에 1회 정도 부정기적으로 기체를 1~2주간 운항을 중단시켜 적극적인 보수 작업을 하는 방식을 채용하고 있음.
- 일일점검, A점검 및 B점검 등은 대부분 공항에서 다음 비행 계획에 지장을 주지 않는 범위 내에서 야간을 이용하여 라인 조직에 의해 수행됨. 이에 비해 C점검과 D점검은 보다 정비내용이 대규모적이고 고도의 정비기술이 요구되는 활동으로 전문적인 시설과 인력 그리고 별도의 정비시간 등을 필요로 함.
- 그러나 실제로는 각 유형의 정비활동들이 변형되어 수행하기도 함. 예를들면 장시간을 필요로 하는 대규모 정비인 D점검 대신에 C점검 수준 혹은 보다 부분적인 정비활동을 대상 별로 나누어 단계적으로 실시하는 중간형태의 점검(Intermediate Layover : IL)방식으로 택하기도 함. 이러한 변형된 점검방식은 모두 정비로 인한 항공기의 유휴시간을 최소화하려는데 목적이 있음.
- 검사품목을 분해하여 일정한 정비과정을 거치는 대신, 현재까지의 운용 자료를 검토하고 자동감지시스템이나 기계에 장착된 검사장비(Built In-Test Equipment : Bite)의 점검결과를 이용하여 수리 시점을 결정함.
- 엔진 역시 결함을 미리 예측할 수 있는 정비를 위한 부품의 제거 작업은 다른 수리 작업의 일정에 맞추어 용이하게 조정될 수 있어 정비 계획을 효과적으로 수립할 수 있음.
- 또한 대부분의 엔진은 모듈(Module)의 형태로 설계됨으로써 필요시 엔진 전체를 대상으로 하는 정비 활동 대신 해당 부분만을 장탈 하여 수리하거나 교체할 수 있게 되었음.
- 보기류에 대한 정비 역시 각 해당 부분품을 일단 제거하고 대체한 다음 사후에 이를 정비하는 방식으로 점차 바뀌고 있음.

- 칼렌더 점검(Calender Check)

- 상기의 정비단계에 속하지 아니하는 정비요목으로 고유의 비행시간, 비행횟수 또는 날짜주기를 갖고 개별적으로 반복 수행하는 방식임.

■ 비계획 정비 (불시 정비)

- 사고나 우발적인 상황 등에 따라 정비의 필요성이 인정되거나 기체의 결함등과 같이 예상치 못한 경우에 수행되는 정비활동임.
- 따라서 불시 정비 활동을 필요로 하는 상황은 매우 다양하게 발생하며,

항공기의 노후와 밀접한 기체의 결함은 가장 흔히 발생하는 정비의 요인임.

- 주요내용으로는 첫째, 기체구조와 표면에 스트레스를 주어 금속의 피로와 균열을 가져올 수 있는 압력 장치의 반복적인 작동을 자제토록 함.
- 둘째, 습기에 장기간 노출되는 경우 부식에 대한 방지조치 등의 사항이 포함되어있음. 항공사의 입장에서는 신형 항공기를 도입하는 것 보다 기존의 항공기의 수명을 연장시키는 것이 일단 경제적인 면에서 유리함.
- 그러나 항공기를 현재 상태로 유지하기 위한 정비 비용은 대체로 사용 기간에 비례하여 증가하는데 많은 부품들이 더 이상 수리될 수 없을 정도의 한도에 이르기까지 비용은 지속적으로 상승함.
- 정비 비용을 증가시키는 또 다른 이유는 불시 정비의 필요성이 점차 증가한다는 점임.

■ 기체 창정비

- 기체 창정비는 보다 고도의 정비기술을 필요로 하는 대규모 정비 활동임. 오늘날에는 대형 제트여객기가 보급됨에 따라 산업 초기에 비해 전혀 새로운 창정비 기술과 작업체계가 개발되었으며, 시간과 비용 면에서 정비 활동의 효율을 크게 향상시켰음.
- 과거 제트여객기가 이용되기 전까지는 모든 항공기의 창정비는 대부분 7번의 부분 창정비와 한 번의 전체 창정비를 번갈아 순환하는 방식(A Series of seven minor overhaul and a major one)에 따라 이루어져 있음.
- 전체 창정비란 모든 정비대상 품목을 완전히 분해하여 수리, 교체함으로써 처음 출고 당시의 기능으로 회복되도록 항공기를 실질적으로 재생하도록 정비활동이 설계되고 수행되었음.
- 부분적인 창정비 단계에서 대부분의 부품들이 비효율적으로 분해되거나 교체됨으로써 전체 창정비와 유기적인 작업 활동이 미흡하였던 정비내용을 분류하여 쉽게 이용될 수 있도록 계획된 정비 정보처리 체계임.

■ 엔진 및 기타 부품의 창정비

- 통신이나 전기/전자장비등을 비롯한 보기류와 기타 부품 및 엔진 등에

대한 창정비 역시 기체의 경우와 유사한 방식으로 수행함.

- 기타 부품들은 사용기간이나 부품상태에 따라 구입하여 정비부서의 창정비 시기에 맞추어 함께 하도록 함. 경제성을 고려하여 MRO를 통해 규정된 성능과 안전성이 인증되면 사용기간을 감안해 사용 중인 부분품을 MRO 후 사용함.
- 엔진의 창정비 작업의 대부분을 수리와 성능 개선 작업 등으로 구성됨.
- 정기적인 엔진의 교체는 운반비용과 이동 기간, 운항 스케줄 등을 고려하여 시기를 결정함. 대형제트엔진에 대한 교체작업은 항공사의 중앙정비본부에서 수행하며, 기타 창정비 작업들도 항공기의 배치가 용이하고 전문인력이 충분한 지역에서 이루어지도록 함.

2. 국내외 정책동향 및 분석

가. 사회/문화적(Social/Environment) 측면

- 항공운송측면에서 EU-US간 항공자유화 확대로 우리나라는 대형항공사 간 제휴 강화 및 동북아를 비롯한 지역 간 통합 항공운송시장을 추진하고 있음.
- 항공여건의 변화와 비즈니스, 소규모 관광증가에 따라 저가항공사(LCC)에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있음. 미국과 유럽의 저가항공사 시장 예측에 의하면 2011년까지 약 40% 성장을 예측하고 있음.
- 허브공항 선점을 위한 아·태지역 공항 간 경쟁이 심화되고, 운영 효율성을 위해 민간참여 비중이 증가되고 있으며, 항공 관련 고부가가치 산업인 항공정비업, 항공기 임대업 등의 항공관련 산업이 확대 예상됨.
- 세계 항공정비산업 성장 예상은 2008년 55조원에서 2020년도에는 91조원으로 상승될 것으로 예측되고 있으며, 신형항공기의 출현, 인공위성을 융합한 항행기술 개발 등으로 향후 항공 및 공항 운영체계에 획기적 변화가 예상됨에 따라 항공기 제동장치의 한부분인 탄소-탄소 제동장치의 국산 개발 및 정비/수리/재생(MRO) 기술개발은 매우 의미 있는 시도임.
- 여객기용 제동장치의 개발 시 요구되는 높은 기술과 고가의 시험평가시설 등은 시스템 구축 사업으로 사업기간이 길고, 고가의 사업비 투자가 요구되므로 민간업체가 자체적 개발은 매우 어려운 실정임.
- 또한 인증 및 여객기 체계와 연계되므로 정부기관에 의한 관리와 시험평가 인증 분야 등에 관해서는 전문시험연구소 등의 협력이 절실히 요구됨.
- 국내의 항공기 부품 제조업체는 전문연구인력유지가 곤란한 것이 현실이며 해외 경쟁업체는 경제력 및 연구인력, 인프라, 경험/기술 등이 월등히 우월하여 국내업체가 정부지원 없이 상대하기에는 아주 어려운 실정임.
- 항공기 제동장치 분야는 항공우주 부품 산업, 기타 방산시장 등 그 활용도가 매우 크고 추후 까다로워져가는 친환경 조건을 만족시키기 위해 소형 항공기 제동장치도 탄소-탄소 복합재로 전환될 것으로 예측되므로 국가적인 차원에서 기술개발을 지원하는 것이 타당함.
- 항공기용 제동장치 개발과 관련하여 투자된 시설, 인력, 기술능력을 활용하여 고속전철 등 육상용 제동장치 시스템이 개발될 경우 충분한 투자회수가 가능하며, 이를 통한 시장의 활성화는 탄소-탄소 소재뿐만 아니라 기초 소재, 관련 장

비, 고온 시험분야 등 관련 High -Tech 산업의 활성화에 많은 기여를 할 것으로 예상됨.

나. 기술적(Technological) 측면

- 항공기 제동장치는 고가의 항공기와 조종사 및 승객의 안전에 직결되는 품목이며, 그중 제동디스크는 소모성이 큰 핵심부품임. 제동장치는 움직이는 물체를 정지시키는 역할을 하며, 대부분의 제동장치는 디스크와 같은 마찰기구에 의해서 물체의 운동에너지를 마찰저항과 열에너지로 바꾸고, 이때 디스크에 저장되어진 열 에너지를 방출함으로써 물체를 제동하게 됨.
- 특히 최근 개발되는 항공기는 기체의 대형화 및 고속화에 따라 고속 활주 시 제동에 따른 제동장치의 운동에너지 흡수 능력이 비약적으로 증대 되었으며, 이와 같은 높은 운동에너지를 흡수하는데 요구되는 항공기용 제동장치를 다판식 디스크(Multi-Disks)를 채용함으로써 요구 성능 충족이 가능함.
- 항공기 제동장치의 제작을 위해서는 제동장치에 대한 분석은 물론 제품 요구 성능과 그에 따른 규격을 만족시키도록 설계 개발하여야 하며, 항공기의 속도, 하중, 제동거리, 마찰재의 단위질량당 에너지 흡수량 등의 제동성능 요소들을 결정하고 관성 다이내모미터(Inertia Dynamometer) 등에 의한 제동시험을 수행하여 성능입증 관련 시험평가 및 인증 등이 이루어져야 함.
- 제동장치 디스크로 쓰이는 탄소-탄소 복합재료는 지속적인 마찰에 견딜 수 있는 고 내열성이 요구되며, 그 제조 및 응용기술은 각 나라마다 국가적인 차원에서 첨단전략기술로 보호되고 있어 기술 및 자료의 해외유출이 매우 어려운 실정임.
- 미국 등 서방 선진국의 경우 ITAR(International Traffic in Arms Regulations) 및 MTCR(Missile Technology Control Regulation)에 의해 기술의 해외유출이 정부의 엄격한 통제 하에 있음. 따라서 소재 자체의 성형기술 뿐만 아니라 응용부품의 국산화 개발은 절대적으로 필요함.
- 제동장치 디스크에 대한 마찰 성능시험 방법과 장비는 여러 가지가 제안되고 있으나, 일반적으로 모터에 의한 관성중량(Inertia Equivalent)과 연결된 회전판(Rotating Disk) 시편을 회전시킨 후 제동 요구속도에서 모터를 끄고, 상대 마찰 디스크를 회전판 시편에 일정하중으로 밀착시켜 마찰 성능시험을 하도록 되어있음.

다. 경제·산업적(Economic) 측면

- 현재 환경규제, 고유가 등으로 친환경·고효율의 Green 정책에 의한 기술개발을

주력하고 있으며, 엔진분야에서는 Unducted Fan(UDF)을 개발하여 연비를 35%까지 향상시키고 있음.

- 또한 연료전지(無배기가스) 등을 개발하여 녹색혁명을 시도함으로써 경제적·산업적 발전을 가져오게 하고 있으며, 엔진 후방 덮개의 제거와 연비 향상 및 소음/진동이 저감된 차세대 엔진 또한 개발 중에 있음.
- 이와 동시에 친환경적인 탄소-탄소 제동장치의 개발은 국내 Green 정책에 부응하고 경제적 사회적 측면의 기여도가 매우 높을 것으로 판단됨.
- 표 3과 같은 항공기 환경규제에 따르기 위해서라도 탄소-탄소 제동장치 개발은 필수적임.

표 3. 항공기 환경규제 현황

구 분	주요 내용
소 음	■ (ACARE) ' 20년까지 항공기 이착륙소음 10dB 감소 목표
배기가스	■ (ACARE) ' 20년까지 ' 08년 대비 CO2 50% 이상 감소 목표 ■ (ICAO) ' 08년부터 질소산화물 배출기준 강화(기존대비12%↓)

주) ACARE(Advisory Council for Aeronautical Research in Europe),
ICAO(International Civil Aviation Organization)

- 탄소-탄소 제동장치의 사용은 항공기 중량을 감소시킬 뿐만 아니라 착륙 가능 회수를 2배 이상 향상시킴으로서 유지·보수비용의 절감 효과 등에서 친환경·고효율 기술로서 경제적·사회적 측면에 대한 기여가 클 것으로 예상됨.
- 대용량 스틸(Steel) 제동장치 대신 탄소-탄소 복합재 제동장치 사용 시 무게 절감 효과는 다음 표 4와 같음.

표 4. 탄소-탄소 브레이크 디스크의 적용으로 인한 무게 절감

항공기 모델	무게 절감[kg]
737-600/700	250
737-600/700/800/900	320
757	249
767	363
MD-10 Freighter	443

- 또한 차세대 항공기(UAV, PAV 등)에 대한 사회적 요구에 부응하기 위하여 IT 기술과의 융합이 필수적이며, 3D(Difficult/Dirty/Dangerous) 임무수행을 위해 32개국 250종의 다양한 무인 항공기(Unmanned Air Vehicle)가 개발되어 활용되고 있음. 그 사례로는 이라크戰의 프레디터 투입과 일본의 약 2천여대에 이르는 무인헬기에 의한 농약 살포 등이 실시되고 있음.
- 탄소-탄소 제동장치 개발 시에도 이러한 IT 융합기술을 응용하게 하여 항공기 부품 개발의 경제·산업적 측면 효과를 향상시키도록 함.
- 여객·화물 항공자유화 국가를 확대(19개국→40개국)하고 시장규모 등에 따라 포괄적·단계적 및 개별자유화를 추진하고 있으며, EU와는 포괄적 자유화, 중국과는 단계적 자유화, ASEAN과는 2010년부터 한-아세안간 항공협정 체결을 추진 예정하고 있음.
- 국제항공 네트워크 확대를 위한 “1·2·4전략” 및 동북아시아 역내자유화와 시장선점을 위한 통합항공시장 구축을 추진계획 중임.
- 일반항공·저가항공사 활성화를 위한 법제도 개선 및 공용정비고·격납고 등 저가항공사 전용 인프라의 확대가 요구되고 있으며, 에어택시(Air-Taxi) 등 소형 항공 네트워크를 전국공항으로 확대 구축하여 항공교통의 편의성 및 다양성이 확대중임.
- 항공안전분야는 『항공안전운영 중기재정('09 ~ '13)』 및 『차세대 항행안전 시설 기술개발 및 구축기본계획('11 ~ '15)』에서 밝힌바와 같이 항공안전분야에 대한 소요예산이 반영되고 있으며, 항공산업분야는 『국토해양 R&D 중장기계획('09~ '13)』 및 『기술인력양성 계획('09~ '13)』에서 소요예산을 반영하고 있음.
- 동시에 항공운송 및 국제협력·소비자보호, 환경분야는 국내외 정책환경 변화를 고려 소요 예산을 조정·반영하고 있는 실정임.
- 이와 같은 국내의 항공안전분야에 대한 적극적인 정책 추진은 항공기 제동장치 제작 및 정비기법 개발을 더욱 절실하게 하며, 경제·산업적 측면에서도 절실히 요구되는 사업임.
- 항공기 제동장치 개발은 국내 중형항공기 개발 프로그램 진행 시 선행과제로 매우 중요함.
- 군용기 시장에서 탄소-탄소 복합재 제동장치는 고성능 전투기의 핵심소재로서 최종제품의 판매 외에는 공정기술 뿐만 아니라 원재료도 판매하지 않는 전략

소재임. 또한 차세대 전투기 개발 시에도 외국에 대한 의존도를 현저히 줄일 수 있으며, 독자적인 개발/생산 능력을 보유하는 것은 전략적으로 매우 중요함.

라. 정부 지원(Political) 현황 및 타당성

- 국토해양부는 항공기 운항 지원과 비행안전성 확보에 필수 분야인 국내 항공정비산업을 체계적으로 발전시켜 항공사고 예방은 물론 우리나라를 한태평양지역을 주도하는 항공정비기술 강국으로 육성해 나아갈 예정이라고 밝혔다.
- 세계 항공정비 시장은 501억\$(' 08년) 규모로 연 4.3%씩 증가하고 있으나, 우리나라 점유율은 약 1.5%(7.5억불) 수준임.
- 2020년까지 우리나라 연간매출액은 4조원, 세계시장 점유율은 5% 수준까지 확대 목표.
- 우리나라의 항공운송산업은 세계 8위의 수준으로 성장하여 왔으나, 항공정비산업은 항공사의 자가정비 위주로 성장하였고, 고급정비 기술과 시설 부족 등으로 국내 민간항공기 정비 수요 중 연간 약 4천억원 규모의 핵심 정비를 미국·호주 등 외국에 의존하고 있는 실정임.
- 국토해양부는 국내 항공정비산업을 혁신적으로 발전시켜 나가기 위하여 항공정비시험단지의 조성, 항공정비기술 선진화를 위한 R&D 확대 및 항공정비산업 관련 제도의 선진화 등을 내용으로 하는 「항공정비산업 발전방안」을 마련하였음.
- 「항공정비산업 발전 방안」의 주요 내용으로는
 - 현재 여건을 고려하여 항공정비산업을 정비 분야별로 특화되도록 유도하면서, 운항정비는 인천·김포, 엔진정비는 창원·부천, 기체정비는 김해 등에 육성예정임.
 - 신규 항공정비업 투자를 위한 항공정비단지는 인력·시설인프라, 접근성 등 항공정비의 특수성과 투자 수요 및 공항 배후입지의 활용성 등을 종합적으로 고려 후 관련기관(지경부, 국방부, 지자체 등)과 협력하여 2015년까지 조성방안을 추진할 예정임.
 - 국토해양부는 항공안전과 연계된 핵심 항공정비기술을 국산화하기 위한 R&D 사업을 추진하기 위해 2010년 10월까지 항공정비기술 R&D 로드맵을 완성하였고, ' 11년부터 본격 추진할 계획임.
- 항공정비산업 관련 제도의 선진화를 위해 관련 항공법을 개정하여 항공정비업 등록 요건 완화를 추진하고 있으며, 항공정비업 범위 확대 등 항공정비 품질관

리도 강화할 예정임.

- 국가 항공정비인프라(시설, 기술, 인력 등)를 종합적으로 관리하고 제공하는 “국가 항공정비산업 종합정보관리시스템” 도 2011년부터 구축해 나가면서, 관련기관과 협의하여 세제지원 등 항공전문정비업체에 대한 인센티브 부여 방안도 추진하기로 하였음.
- 국토해양부는 국내 항공정비산업을 한 단계 도약시켜 우리나라 항공운송산업의 안전 확보를 안정적으로 지원하고, 항공정비단지의 활성화 등을 통해 항공기 기체-엔진-부품 등 전 분야에서 One-Stop 정비서비스가 이루어지는 여건을 조성하여 우리나라의 항공정비 수준을 획기적으로 발전시켜 나갈 예정임.
- 국토해양부는 기술표준 부품에 대한 표준서(KTSO)를 항공법 제20조(기술표준품에 대한 형식승인) 및 같은 법 시행규칙 제40조에 규정하고 있으며, 미연방항공청 FAA의 기술표준품(TSO) 항목들 중 국내산업과 밀접한 항목을 우선으로 하여 KTSO 품목으로 고시하고 있음
- 항공기 기술기준(KAS) Part 23, 25에서 규정하고 있는 항공기 휠(Wheel), 제동장치 및 휠-제동장치 조립품에 대해 만족하여야 하는 최소성능표준(MPS)과 KTSO 표시에 적합하여야 하며, 항공기 휠 및 제동장치와 관련된 조항은 표 5와 같음.

표 5. 타이어, 휠 및 제동장치 등에 관한 기술표준품 표준

관련 문서	제목	제/개정일
KAS Part 23.731	항공기기술기준 - 감항분류가 보통(N), 실용(U), 곡기(A), 커뮤터(C)류인 비행기에 대한 기술기준 - 바퀴	2010.05.12
KAS Part 23.735	항공기기술기준 - 감항분류가 보통(N), 실용(U), 곡기(A), 커뮤터(C)류인 비행기에 대한 기술기준 - 브레이크	2010.05.12
KAS Part 25.731	항공기기술기준 - 감항분류가 수송(T)류인 비행기에 대한 기술기준 - 바퀴	2010.05.12
KAS Part 25.735	항공기기술기준 - 감항분류가 수송(T)류인 비행기에 대한 기술기준 - 브레이크	2010.05.12
KTSO-C26d	항공기 휠, 제동장치 및 휠-제동장치 조립품	2008.09.25
TSO-C26d	Aircraft Wheels, Brakes and Wheel/Brake Assemblies for Parts 23, 27 and 29 Aircraft	2004.10.14
TSO-C135	Transport Airplane Wheels and Wheel and Brake Assemblies	2002.05.02

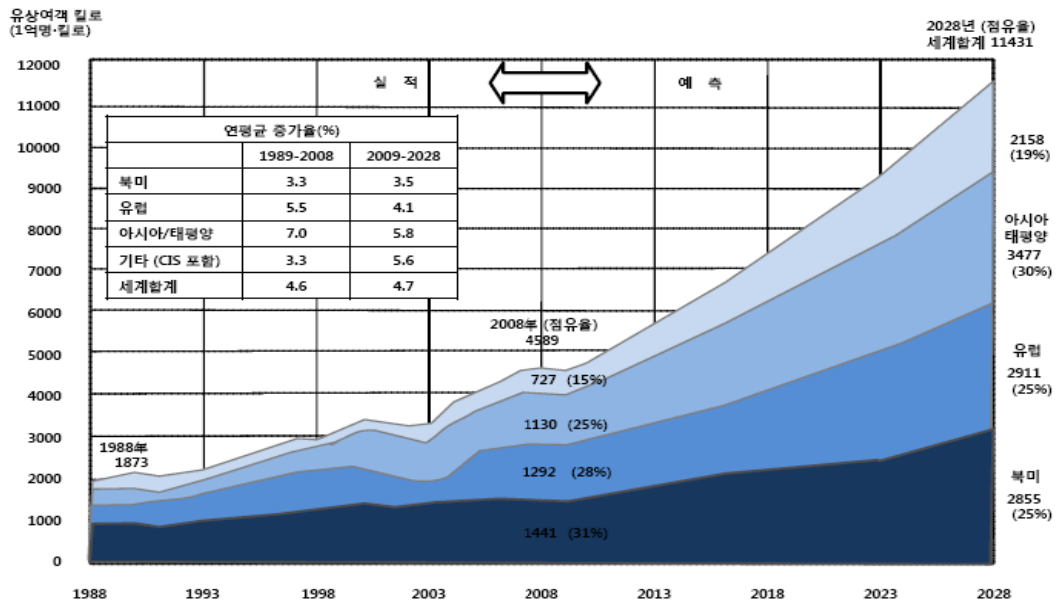
- 기술표준품표준서(KTSO 및 TSO)는 기술표준품 형식승인을 신청하는 제작자에게 적용하며, 이 표준서에 의거 승인된 항공기의 휠, 제동장치 및 휠-제동장치 조립품에 중요한 설계변경이 있을 경우에는, 이 표준서에 따라 신규 승인을 받아야 함.
 - 1952년 TSO-C26 제정 이후, 대형화되는 Part 25(Transport - 수송)급 항공기용 제동장치에 대하여 보다 높은 안전요구수준을 반영하여 2002년 TSO-C135를 수송급 휠 및 제동장치에 관한 별도 규격으로 분리 제정하였고, 종래의 TSO-C26은 Part 23, 27, 29급 항공기용 휠 및 제동장치에 관한 규격으로 유지하도록 하였음.
 - 우리나라는 2007년 미국 FAA와의 TSOA급 BASA 협정 체결로 최초로 TSO 인증 제도가 도입되었으며, 현재 총 47개의 품목이 도입되어 KTSO 기준으로 지정되어 있음.
 - TSO-C26d는 KTSO-C26d로 도입되었으나 중형항공기용의 TSO-C135는 아직 도입되지 않았으므로, 국내 인증 진행을 위해서는 KTSO-C135 고시 필요.
- 성능표준 불일치(Deviation)는 표준서의 최소성능표준에서 규정하고 있는 기준에 대한 대체 또는 동등한 적합성 입증수단을 이용하여 적합성을 입증하고자 하는 경우, 신청자는 해당 규정에 따라서 성능표준 불일치 승인을 신청하여야 함. 이 경우에는 성능표준 불일치(Deviation) 내용이 당해 기술표준품 표준서에 규정된 성능표준의 안전성과 동등한 수준으로 유지됨을 입증하는 자료를 제출하여야 함.
- 항공기 기술표준품 형식승인 기준(Standards for Aircraft Technical Standard Order Authorization) 제21조(고장, 기능장애 및 결함 보고)에 의하면 해당하는 기술표준품(부품 및 공정 포함)의 모든 고장, 기능불량 또는 작동 중에 구조 또는 자재 파손에 의해 발생한 제동장치의 고장 또는 결함을 항공정책실장에게 보고하여야 함.
- 민간항공기의 휠 & 제동장치를 개발하기 위해서는 TSO 기준에 적합한 설계와 시험평가를 실시해야 하는데, 이를 위해서는 국토해양부와 같은 중립적인 공공기관의 기술관리 및 평가가 이루어져야 하고 해외 선진국인 미국, 유럽 등의 항공안전 유관기관 간의 협조노력이 필요함.
- 해외 주요 선진 항공기용 제동장치 생산업체의 경우 보잉, 에어버스와 같은 대형기 시장을 공유하고 있으므로 조 단위의 매출과 수천명의 직원을 보유한 거대 기업인 반면, 항공분야 후발주자로 대형기 시장을 가지지 못한 국내 업체는 틈새시장을 공략하는 소형 중소기업일 수밖에 없으므로 개발비 분야의 정부의 지원이 절실한 상황임.

- 항공기 제동장치와 같이 높은 기술 수준과 많은 경험이 필요한 기계 구성품 시장의 경우 기술력과 오랜 경험을 가진 미국 및 유럽의 중소형 업체가 시장을 점유하고 있으나, 관련 경험이 적은 국내 중소 업체의 경우 정부의 지원과 함께 업체의 노력이 병행되어야 시장에 참여할 수 있는 상황임.
- 항공기 제동장치 국산화 개발은 막대한 개발비가 소요되며, 중형급 이상의 항공기 개발에 필수적 요소 기술로서 국가의 지원 없이 기업이 개발하는 것은 불가능한 대규모 예산이 소요되는 부품임.

3. 국내외 경제동향 및 분석

가. 국내외 항공운송 산업 현황

- 아시아에서 1989년부터 2008까지 항공여객의 수요는 1,130억명이었으나, 2009년부터 2028년 까지 항공 여객은 3,477억 명으로 100% 이상의 성장률을 보일 것으로 예상됨.(그림 20 참조)
- 세계 항공 여객 시장에서는 1989년부터 2008년까지 수요는 4,589억명이었으나, 2009년부터 2028년까지 항공여객은 11,431억명으로 성장 할 것으로 예상됨.(그림 20 참조)



※ 2010항공우주산업통계, 한국항공우주기술연구조합

그림 20. 항공 여객 예측

- 항공 여객 수요 증가에 맞춰 민간 항공기의 수요 또한 2009년 15,880대에서 2029년에는 44,020대로 증가 할 것으로 예측되고 있음.(표 6 참조)
- 항공기의 유형별로는 소형 단일기종(B737, A318/319/320)이 가장 큰 비율을 차지하고 있고, 대형기종 (B747, A380)의 경우는 운용대수는 상대적으로 작게 나타나고 있음. 중대형 2열 이상의 항공기의 경우는 2009년 3,500대에서 2029년 두 배 이상 증가한 8,260대가 운용될 것으로 추정되고 있음.
- 지역별 분포에서는 2009년의 경우 북미, 유럽지역이 가장 큰 점유를 보이고, 아시아-태평양 지역이 그 다음으로 나타나고 있음. 그러나 대형 및 대형 이열복도 규모의 항공기에서는 우리나라 및 중국을 포함한 아시아-태평양 시장의 점유 비

율이 가장 높게 나타나고 있음. 2029년에는 모든 항공기종에서 아시아-태평양 지역의 운항항공기 분포가 가장 높아 항공운송 시장에서 차지하는 비중이 높아질 것으로 예측됨.

- 항공기 규모별 지역별 2009년~2029년 연평균 증가율은 아시아-태평양지역이 전 기종에서 대체로 높게 나타나고 있음. 중동지역의 경우 증가율은 높게 나타나고 있으나 절대적인 항공기 수가 작아 항공기수 증가에는 크게 영향을 주지 않고 있음. 중국의 경우는 높은 항공기 증가율을 보이고 있어 중국을 포함하는 아시아-태평양시장의 중요성이 높아지게 될 것임을 예측할 있음.(표 7 참조)
- 항공 안전을 위해 일정 주기로 교체가 필요한 탄소-탄소 브레이크 디스크와 같은 항공기 소모품 시장도 큰 성장률을 보일 것으로 기대됨. 특히, 우리나라와 중국을 포함한 아시아-태평양 시장과 북미시장의 운항 항공기가 전세계 항공기의 50% 이상을 차지하는 점을 감안하면 이 지역의 항공기 소모품 시장이 커질 것으로 예상되고 있음.

표 6. 규모별 지역별 운항항공기 수 추정

지 역	2009					2029				
	대형	대형 이열복도	중형 이열복도	중형 단열복도	소형 단열복도	대형	대형 이열복도	중형 이열복도	중형 단열복도	소형 단열복도
아시아-태평양	380	630	400	290	2270	440	1630	1520	1520	6490
북미	110	300	670	740	2930	100	600	1110	600	5370
유럽	170	390	260	430	2550	200	730	740	730	4790
중동	70	210	190	50	380	160	630	390	630	1040
남미	0	30	100	30	880	10	100	260	100	2100
중앙아시아	50	10	170	80	550	40	30	210	30	630
아프리카	20	50	90	40	360	10	110	200	110	660
합 계	800	1620	1880	1660	9920	960	3830	4430	3720	21080
중국	80	240		1170		130	1000		3770	
제작사	대형		중형이열		중형단열		소형단열			
Boeing	747-x		777		787		757 737-900		737-xx	
Airbus	380		330-300, 340 350-900		330-200 350-800		321		318, 319, 320	

※ 자료 : Boeing, Current Market Overview, 2010

표 7. 규모별 지역별 운용항공기 증가율

지 역	연평균증가율(%)			
	대형	중대형 이열복도	중형단열복도	소형단열복도
아시아-태평양	0.74	5.75	8.64	5.39
북미	-0.48	2.88	-1.04	3.08
유럽	0.82	4.16	2.68	3.20
중동	4.22	4.79	13.51	5.16
남미	0.00	5.22	6.20	4.44
중앙아시아	-1.11	1.45	-4.79	0.68
아프리카	-3.41	4.05	5.19	3.08
합 계	0.92	4.39	4.12	3.84
중국	2.46	7.40	6.02	-

※ 자료 : Boeing, Current Market Overview, 2010

나. 국외 항공기 산업 동향

- 세계 항공산업의 시장전망은 전체 시장 측면에서 '08년 4,300억불이며, '20년 7,000억불로 성장 예상하며, 특히 민항기(1,344억불 → 1,843억불) 및 MRO (1,100억불 → 1,800억불)시장이 대폭 커질 것으로 예상하고, 전체 시장 전망은 그림 21과 같이 매년 4% 성장 예상하는 추세를 보이고 있음.



※ 출처 : 2010 항공우주산업진흥협회 통계집

그림 21. 전체 시장 전망

- 또한 완제기 시장은 표 8과 같이 2008년 1,744억불이며, '20년 2,485억불로 성장 예상하는 추세를 보이고 있음.

표 8. 완제기 시장현황 및 전망

(단위: 억불)

구 분		2008	2020	년평균 증가율
민항기	대형 항공기	968	1,408	3.8%
	중형 항공기	110	145	2.8%
	Business Jet	213	220	0.3%
	G.A(General Aviation)	28	25	-1.1%
	민용 헬기	24	35	3.8%
	민용 무인기	1	10	25.9%
	소계	1,344	1,843	2.67%
군용기	군용 고정익기	270	332	1.74%
	군용 헬기	60	130	6.66%
	군용 무인기	70	180	8.19%
	소계	400	642	4.02%
총 계		1,744	2,485	3.6%

※ 참조 : Forecast int'l & Teal group(무인기) ' 09

- 세계 민수용 MRO 시장의 2008년 총 매출액은 501억 달러임. (그림 22 참조)
- 부문별로 엔진정비가 193억 달러(39%)로 가장 크고, 그 다음으로 부품정비 122억 달러(24%)이고, 운항정비와 기체정비가 각각 약 91억 달러(각각 18%, 19%) 정도임.
- 지역별로는 항공기 대수가 가장 많은 북미가 194억달러(39%)로 가장 많고, 다음으로 유럽이 141억 달러(28%), 아시아-태평양이 98억 달러(19%) 순임.

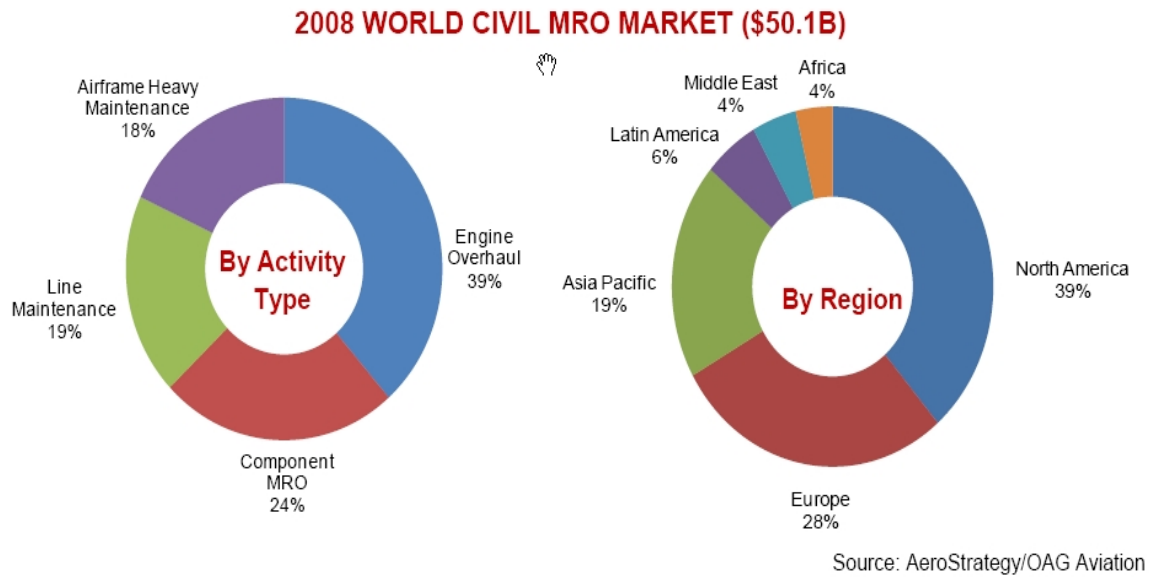


그림 22. 세계 민간항공기 MRO 총매출액 및 비율

○ 부품정비 시장 (그림 23 참조)

- 2008년 민수용 부품 MRO 시장 총매출액은 122억달러로, 운송용 항공기가 81억달러(67%), 비즈니스제트 및 일반항공이 41억달러(33%)임.
- 지역별로는 북미 지역이 40%, 유럽 지역이 26%, 아시아·태평양 지역이 19% 순임.

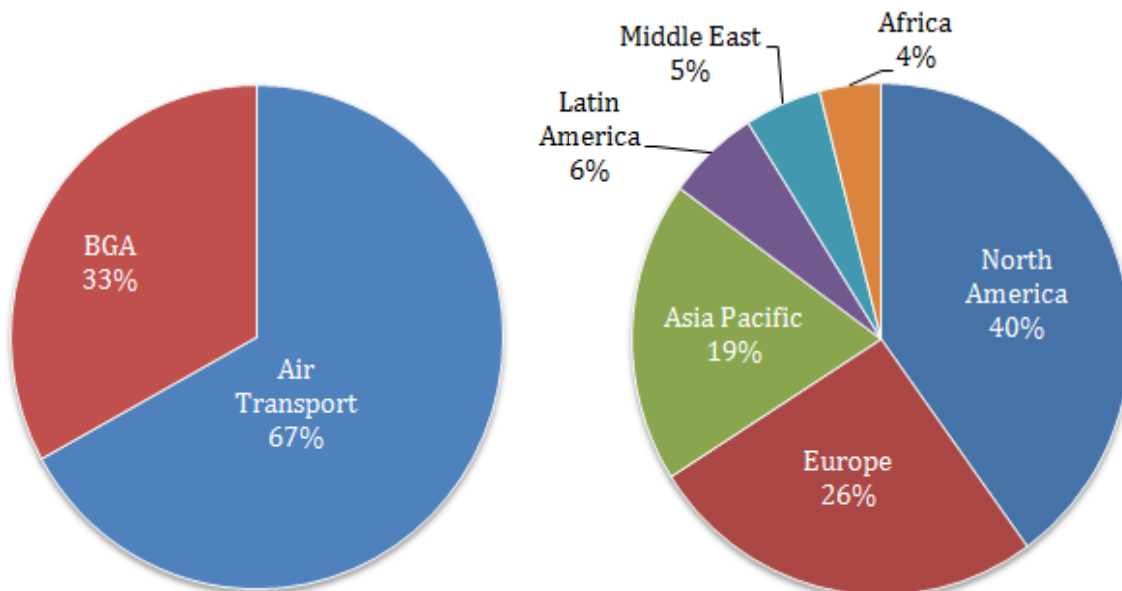
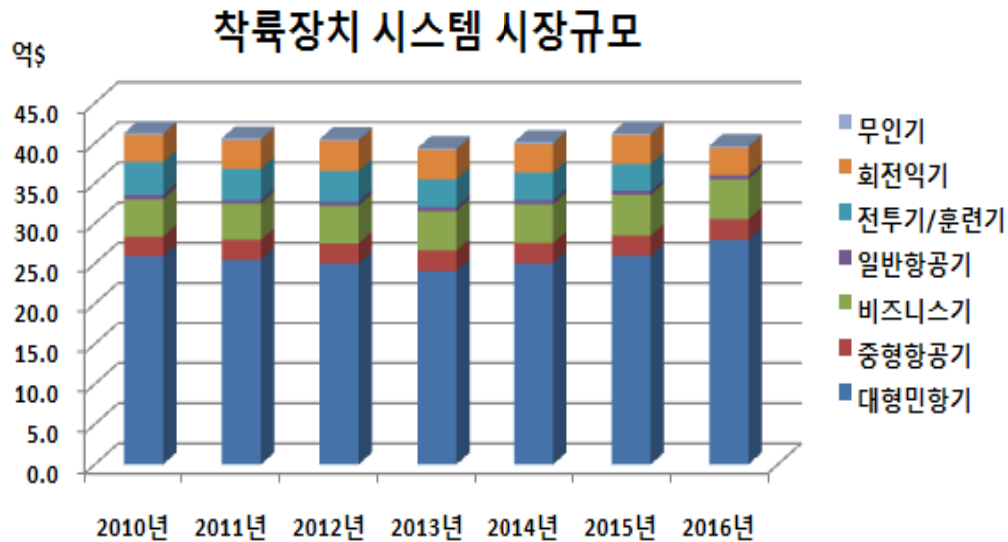


그림 23. 세계 민간항공기 부품 MRO 시장 현황

- 항공기 제동장치를 포함한 착륙장치의 시장 규모는 완제기 시장과 연계되어 연 45억 달러 정도이며, 대형 민항기의 시장 규모는 향후 계속 성장할 것으로 예상됨. (그림 24 참조)



※ 출처 : (주)위아 제공

그림 24. 항공기 착륙장치의 시장 규모

다. 국내 항공기 산업 동향

(1) 국내 항공기 제작 분야 산업 동향

- 국가 기술역량의 총화인 항공산업은 첨단기술이 융·복합된 시스템 산업으로 국가의 기술수준과 산업 역량을 종합적으로 구현하여, 최신항공기는 경량소재, 전자제어, 인공센서, 무선통신 기술과 항공기술의 융합체로서 항공산업의 국가브랜드 가치는 반도체, 휴대폰, 자동차 등 타산업보다 월등함.
- 우리나라는 기반산업 경쟁력이 우수하여(세계순위 : 기계 9위, 자동차 5위, 반도체/휴대폰 1위 등) 항공산업의 발전 잠재력이 충분하며 항공기 주요 부품별 관련 산업은 그림 5와 같음.

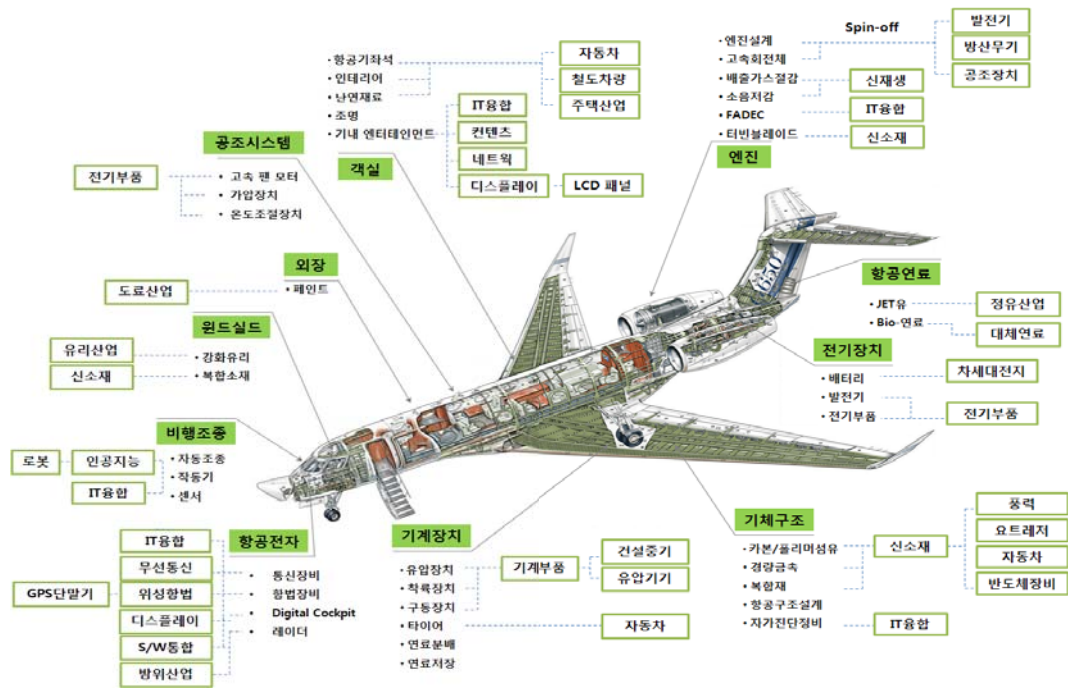


그림 25. 항공기 주요 부품별 관련 산업

- 국내 항공기 산업은 그림 26과 같이 '80년대 이후 군수부문 위주로 성장하고 있음.



그림 26. 우리나라 항공산업 동향

- 1970년대 이후 ~ 1990년 초까지는 창정비 및 면허생산 위주의 단순 생산 활동을 하였으며, 제공호(KAL, 삼성정밀), 경전투헬기 500MD(KAL)를 개발하였으며, 1990년 중반부터는 전투기 KF-16 (삼성항공), 수송헬기 UH-60(KAL), 정찰헬기 BO-105(대우중공업) 등을 개발하였음.

- 1990년대 후반부터는 국내 독자모델 개발을 추진하여 국산 기본훈련기(KT-1)의 독자개발('93~'98)에 의해 '06년까지 공군에 105대 납품, 인도네시아에 17대 수출('01), 터키에 40대 수출('07)하였으며, 고등훈련기 T50 개발('97~'05)로 세계 12번째 초음속기 생산국가에 진입하였음.
'14년까지 142대 생산예정. (FA50 포함)
- 2000년대부터는 완제기 개발 외에도 산업경쟁력 강화를 위한 구조조정 및 부품·소재 개발 등 산업 육성정책을 실시하여 항공부문의 과잉투자 방지를 위해 국내 항공 3사를 통합(삼성, 대우, 현대), 국내 유일의 완제기 업체인 KAI를 설립('99)하고, 항공 부품 기술자립화를 위한 R&D 지원 및 한국형 기동헬기(KUH) 개발사업을 착수('06)하여 개발 완료 상태에 있음.
- 2008년 국내 항공산업 수급규모(생산+수입)는 45억불이며, 해외 민항기 제작사(Boeing, Airbus 등)에 부품수출이 증가, T50 추가 생산 등 내수 증가로 전년대비 4.5% 증가한 19억불 및 국내 총생산(GDP)대비 0.2%, 세계시장 점유율 0.5%로서 성장세를 보이고 있음.

(2) 국내 항공기 MRO 분야 산업 동향

- 국내 MRO 시장수요는 항공기를 다수 운영하는 국내 대형 항공사의 기본적인 수요가 있음.
 - 국내 민항기수 : 455대, 연 3천억 이상 외주정비 ('09. 7기준.)
- 우리나라에 취항하는 항공사의 지속적 증가 등에 따른 정비 수요 잠재력이 큼.
 - 국내취항 : 47개국, 59개 항공사, 연 1,103,097회 ('09. 7기준.)
- 중국·일본 등 아시아 주변국가의 항공기수 증가에 따른 정비 수요 증가.(아태지역 민항기 수 : 약 3,730대) 우리나라 및 주변 국가에서 많은 군용항공기가 운영되고 있어 민수화시 많은 정비수요가 예상 됨.
- 최근 저비용항공사의 항공정비에 대한 수요가 증가하고 있음.

(가) 운송사업 기반 항공정비업체

○ 대한항공

- 1969년 민영화되면서 1971년에 김포에 격납고를 준공하여 정비를 시작하여, 1986년 김해정비공장, 1994년 부천원동기정비공장,

1997년 김포정비기지, 2002년 인천정비기지 준공하였음.

- 현재 B747 9대를 동시 입고할 수 있는 격납고 시설을 갖고 있으며, 정비본부 조직은 5개의 관리지원부문과 3개의 공장으로 구성되어 김포 36%, 인천 26%, 김해 24%, 기타 4% 등 총 3,600여명의 인력이 근무하고 있음.
- 부천의 원동기정비공장은 PW400 엔진 등 주로 자사가 보유하고 있는 엔진들을 혼류 정비할 수 있는 30개의 Work Bay와 모듈 작업장, 부분품수리작업장, 자동화된 자재창고, PW4168엔진의 성능시험을 할 수 있는 시운전 설비와 B737항공기에 장착된 CFM-56 엔진에 대한 수리능력을 갖고 있음.
- 부산의 테크센터는 대형 격납고와 전자보기정비공장, 747항공기 수용이 가능한 도장전용 격납고를 갖춘 20만평 규모의 정비단지를 운영하고 있으며, 민간 항공기의 기체중정비, 항공전자 및 각종 보기류 분해점검 정비, 747-400 여객기의 화물기 개조, 747-400 및 777 여객기의 객실 up-grade 개조사업 등을 수행하고 있으며, 과거에 United Airlines 정비수행을 하였으며, 원가경쟁력 약화로 해외수주는 전무한 현실임.

○ 아시아나항공

- 김포와 인천지역에 1,000여명의 인력이 운항정비와 중정비 일부를 수행하고 있으며, 인천에 747 항공기를 수용할 수 있는 격납고와 김포에 737 항공기를 수용할 수 있는 격납고를 보유하고 있음.
- 운항정비는 자체 수행하고 있으나, 중정비에 대한 설비투자 보다는 위탁정비에 비중을 두고 있으며, 엔진 교환을 포함하여 모든 자사 항공기에 대한 운항정비 및 A 체크, C 체크를 수행할 수 있으며, 737, 767 항공기에 대한 D 체크까지 가능한 능력을 보유하고 있음.
- 도장시설이나 Landing gear 분해점검 능력은 보유하고 있지 않으며, A321, 767, 747 항공기에 대한 중정비는 대만의 EGAT, 홍콩의 HAECO, 중국의 AMECO, 싱가포르의 SIAEC 등에, Landing Gear 분해점검은 미국의 Goodrich에 의뢰함.
- 모든 기종의 엔진 수리와 분해점검은 해외 MRO 업체와 외주계약을 통해 수행하고, 장비품에 대한 분해점검도 동일하며 정속구동기(CSD)와 통합구동발전기(IDG) 등은 싱가포르의 Hamilton Sunstrand

에서 수리함.

- 항공기에 사용되는 비상 장비인 구명복, 구명정, 구명대 등에 대한 정비수리는 자체적으로 하고 있으며, 장비품에 대한 정비수리는 휠/타이어 및 제동장치 수리, Thrust Reverser Center Drive Unit 수리 등에 대해 제한적으로 수행함.

(나) 제작사 기반 항공정비업체

○ 한국항공우주산업(주)

- 한국항공우주산업(KAI)에서 일부 군용기의 기체 정비/개조를 수행하고 있으며, 한화, 위아, 삼성탈레스, LIG 넥스원과 같은 장비품 제작업체들로 부품공급체계를 구성하고 있음.
- KAI는 엔지니어링 전문의 종합항공기 개발/생산/지원 업체로 총 인력의 46%가 연구개발 및 생산기술을 담당하고 있으며 우리나라 항공우주 석·박사 고용인력의 34%, 학사급 고용인력의 25% 정도가 근무('08년 기준)하고 있음.
- KT-1, T-50초음속항공기를 설계·제작하고 한국형헬리콥터(수리온) 개발사업을 추진하는 등 주로 군용기에 기반을 둔 사업구조를 갖고 있으나, 최근 민간항공분야에서 보잉과 에어버스에 기체구조를 납품하고, 또한 국제공동개발프로그램에 참여하여 A350 Wing Rib을 개발하고 있음.
- 최근 국토해양부의 BASA인증용 왕복동프롭 항공기개발('08~'13)을 하고 있으며, 지경부의 민간상업용 항공기 개발프로그램에도 참여가 예상되는 등 민간항공 분야로 진출을 적극 모색하고 있음.
- KAI의 MRO사업은 기본적으로 자사에서 개발한 항공기의 후속지원형태로 출발한 점에서 OEM의 속성을 갖고 있으며, 향후 민간항공 분야에서 항공기 개발·제작이 이루어진다면 MRO 전문업체로 사업분야를 다각화 할 것으로 예상됨.

○ 삼성테크윈

- 1978년 GE사와 항공기 창정비 및 제조에 관한 합의각서를 교환한 후 엔진생산, 엔진정비, 엔진부품 및 엔진 개발 사업을 수행하고 있으며 4,000명에 이르는 인력을 보유하고 있음.

- 엔진 창정비 사업의 경우 1986년부터 1996년 5월까지 총 2,055대의 엔진을 창정비하였으며, 엔진 모델별로는 J85, J79, T56, J69, T53, A250 등 주로 군 위주의 사업구조를 갖고 있음.
- 연간 엔진정비능력은 300대 수준임.
 - AMM(Aircraft Maintenance & Modification)분야
; 11개 자회사 및 3개 합작회사로 구성됨.
 - CETS(Component & Engine Total Support)분야
; 7개 자회사 및 4개 합작회사로 구성됨.
- F-16 전투기에 장착된 P&W의 F100 엔진, GE의 F110 엔진, F-4/F-5 전투기에 사용되는 GE의 J79 및 J85 엔진, C-130 수송기와 P-3 초계기에 사용되는 Allison의 T56 엔진, UH-1H 헬리콥터에 운용되는 T53 엔진, H-369와 Bell 206, OH-58 헬리콥터에 운용되는 A250 엔진, UH-60 헬리콥터에 운용되는 T700 엔진 등에 대한 분해점검(OVHL) 수행 능력을 보유하고 있음.
- 1989년 영국의 롤스로이스의 군용 엔진사업에 절충교역의 형태로 참여하여 수행한 엔진 부품의 품질과 기술력을 인정받아 A380 여객기에 탑재되는 Trent900 엔진의 부품 공급 계약을 체결하는 등 민수용 항공기 엔진 MRO 사업에도 주도적으로 참여하고 있음.

○ 기타

- 한국항공우주산업의 부품협력업체로 참여하고 있는 한화, 위아, 삼성탈레스, LIG 넥스원과 같은 부품제작업체에서 장비품(보기류) 정비 중 일부를 수행하고 있음.

(다) 소규모 전문 항공정비업체

○ UI헬리콥터(舊 한벨)

- UI헬리콥터는 회전익항공기 MRO 업체이며 1986년 미국 Bell사와 합자로 (주)한벨헬리콥터를 설립, 1987년 (구)상공부로부터 헬기 생산업체 인가 및 등록, 1988년 Bell 헬기 정비업체 지정(Bell CSF), 2004년 (구)건설교통부 정비조직인증(AMO), 2006년 Foreign Repair Station을 FAA로부터 인가받음.
- 정비공장은 충청남도 예산에 35,000평 부지를 확보, 정비동(3,500평)

과 주기장(5,000평), 부품창고(200평)를 운영하고 있음.

- 미국 Bell 헬리콥터 관련 제품에 대한 분해점검 능력을 보유하고 있음. Bell 205, 206, 212, 214, 230/430, 412 헬리콥터에 대한 정비능력을 인증 받았으며, 국방부로부터 UH-1H의 기체 및 부품 창정비와 AH-1S, Bell 412의 부품 창정비를, 주한미군으로부터 UH-60, CH-47의 화재진화용 Bucket 수리 등을 수주 받아 수행하고 있음.
 - 그밖에 해양경찰청, 경찰청, 소방방재청, 산림항공관리본부 등의 정부운용 헬리콥터와 항공기사용사업체 및 자가용 헬리콥터에 대한 MRO 지원을 하고 있음.
- 주요 정비업무는 기체·부품 중정비 및 수리/개조, 정비 및 임무형 장비장착 및 임무형 장비의 개발·장착, 부품, 지원장비 등을 제작함.
 - 헬리콥터 트랜스미션, 메인로터 허브/마스트, 메인/테일 로터 블레이드, 기어박스, 서보 작동기, Emergency Float 부품의 정비
- 정비용량은 기체창정비(UH-1H급) 20대, AH-1S 블레이드 54대, 트랜스미션 50대, 기타 보기류 150대 규모임.
 - '09년 10월 기준으로 정비실적은 다음과 표 9와 같음.

표 9. UI 헬리콥터 정비실적

부품 OVHL								
품 명	X-MSN	M/R Blade	M/R Hub	T/R Hub	Gear Box	Mast	Actuator	Quill
대 수	531	460	437	83	268	122	178	73
기체 창 정비								
품 명	UH-1H	AH-1S	OH-58	B-206	B-412	B-212	B-222	
대 수	209	2	6	27	15	4	2	

○ 한국타임즈항공

- 미국의 Washington Times Aviation LLC(WTA)에서 투자하여 김포항공산업단지(지방산업단지)를 조성함.

- 김포항공산업단지는 336,770m²(10만평) 규모로 경기도가 지정, 고시한 지방산업단지로 2004년 9월 경기도, 김포시, Sikorsky, WTA 간에 외국인 투자 및 기술협력에 대한 포괄 양해각서를 체결한 후 2006년 외국인투자지역으로 승인됨.
- WTA는 '09년 7월까지 총 1억5천4백만달러를 투자(제1단계)하여 운항정비동(3천평), 정비개조동(2726평), 부품동(586평), 페인트동(230평), 위험물 및 항공유 보급시설(74평), 동력동(614평), 오폐수처리장과 탑승동(208평)이 건설됨.
- WTA는 '11년까지 1억달러 이상을 추가 투자하여 단지내 생산 설비, MRO 시설확장, 지상지원장비, 엔진시험시설 등을 건설 계획임.
- 2007년 10월 시설준공후 Sikorsky사와 S-61헬리콥터에 대한 포괄적 기술지원협약과 고객지원센터 운영계약을 체결하였고, 국내 소방방재청 운용 헬리콥터와 항공기사용사업체에 대한 포괄정비용역 계약함.
- 일본 가와사키 중공업과 BK117헬리콥터 고객지원센터 운영계약을 체결하였고, 현재 Sikorsky사와 Steering Committee를 운영하고 있음.

○ LG상사

- LG상사의 항공사업부는 러시아제 항공기에 대한 MRO 서비스를 주사업분야로 하고 있으며 1993년 KA-32T를 국내에 도입하면서 1994년 김포공항에 정비센터 설립, 운영 중임.
- 1999년 Mi-172를 경찰청에, 2003년 KA-32A4를 한국공군에, 이어서 2004년에 Ansat 헬리콥터를 산림항공관리본부와 경찰청에 납품하면서 동시에 이에 대한 정비지원을 확대하고 있음.
- 2005년 청주공항 인근에 항공기정비시설을 운영하고 있으며, 현재 약 66대('07년 기준)의 KA-32, 2대의 Mi-172, 7대의 Ansat에 대한 정비부품 공급과 중정비, 수리/개조 업무를 수행하고 있음.
- LG상사는 해외 네트워크를 바탕으로 러시아제 항공기 판매, 부품 및 기술지원을 주력으로 하고 있으며, 최근에는 러시아제 항공기 본체에 서방제 항공전자부품을 결합하는 개조업무를 제공하고 있음.

(라) 주요 항공정비업체 및 위탁정비 현황

- 우리나라의 주요 항공정비업체별 2009년 말 현재 매출액 현황은 아래 표 8과 같이 삼성테크윈이 전체 매출액의 1/2 이상을 점유하고 있으며, 적은 정비인력으로도 높은 생산성을 나타내고 있음.
- 아래 표 10의 매출액은 자가 정비와 제작부문을 제외한 순수 항공정비업의 매출액을 나타냄.
- 또한, 2009년 기준으로 국내 주요 항공사의 외국 위탁정비 현황은 다음 표 11과 같이 수행되고 있으며, 이에 따른 규모는 3억 5,560여만 달러에 달함.
- 대한항공 자회사인 진에어는 항공기 정비에 대해선 대한항공의 지원을 받고 있으며, 이스타항공은 Line 정비를 국내 항공정비전문 업체인 샤프에 의해 수행되고 있음.

표 10. 국내 주요 항공정비 업체의 매출액 및 정비인력 현황(2009)

업체명	매출액(억원)	정비인력(명)	비고
삼성테크윈	6,879	981	엔진 제작 및 중정비 등
한국항공우주산업	1,961	2,848	항공기 제작 및 중정비 등
대한항공*	2,210	3,146	항공기 및 엔진 중정비 등
한화	1,370	309	항공기 부품 제작 수리
유아이헬리콥터	150	100	헬기·부품 중정비 등
한국타임즈항공	35	53	헬기 중정비 등
아시아나항공*	32	1,051	항공기 경정비 등

※ 주 : 상기 매출액은 자가 정비 및 제작부문을 제외한 순수 항공정비업 매출액으로 일부 상이할 수 있음.
(자료 : 국토해양부, 보도자료, 2010. 3. 30)

* 자가 정비는 운송사의 정비에 해당하므로 통상적인 매출액으로 환산하기 곤란하지만, 우리나라의 항공기 보유규모와 fleet 구성을 감안할 때 연간 1조에서 1조 2천억 규모로 추정함.

표 11. 국내 주요 항공사의 외국 위탁 정비 현황(2009)

항공사	외주 정비범위	외주 국가	외주액(백만 달러/년)
대한항공	일부 엔진	미국(P&W) 등	116
아시아나항공	항공기 및 엔진 등	대만(EGAT) 등	233
제주항공	항공기·엔진 중정비 대부분	호주 등	3.1
이스타항공		스위스(S.R. Tech)	2.2
에어부산	엔진 등	아일랜드	1.3
계			355.6

※ 자료: 국토해양부, 보도자료, 2010. 3. 30

(3) 국내 항공기 제동장치 산업 동향

○ 국내 항공기 제동장치 제작 분야 산업 동향

- 국내의 제동장치 분야의 산업기반은 70년대 말 유지 보수품인 핵심마찰부품을 제작하면서 시작되었음.
- 최근 중소기업에서 항공기의 핵심 마찰부품을 개발하여 국내 유지 보수품 시장에 공급하였고, 최근 군용기 제동장치의 국산화 개발이 완료되어, 국내 개발 기종에 자체 기술로 개발한 제동장치를 공급하고 있음.
- 기술개발은 기존에 해외 업체에서 개발한 기존품을 기반으로 동등 이상의 성능과 품질을 내는 방향으로 진행해 왔으며, 최근에는 자동차 산업, 전기/전자 산업 등의 국내의 성숙된 산업기반을 기초로 하여 독자적으로 기술개발을 시도하는 단계로 진행하였음.
- 상기 산업적 인프라와는 달리 항공 안전 인증 기술 및 항공 산업계에서 직면하고 있는 탄소-탄소 제동장치의 기술수준은 상대적으로 미흡한 단계에 있음.
- 국내의 기술 기반은 소형 항공기의 제동장치를 개발할 수 있는 수준에 있으나, 형식 인증 활동 등 항공 산업의 고유 특성을 갖는 항공 안전 인증 활동 및 그 기술은 아직 초보적인 단계임.
- 현재 군용항공기 이외에 민수용 항공기를 대상으로 한 개발 실적이 없음.

- 국내의 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 시장 규모는 표 12에서 보는바와 같으며, 2000년대 기준으로 국외 6,000억원, 국내 420억원 규모를 보이고 있음.

표 12. 국내, 국외 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 시장 규모

(단위 : 억 원)

구분	1997년	1998년	1999년	2000년
국외	5,200	5,500	5,800	6,000
국내	340	360	380	420

※ 중대형 탄소/탄소 복합재 브레이크 디스크개발 연구보고서, 한국항공우주산업(주)

- 현재 국내 항공사에서 운용중인 항공기를 바탕으로 추산한 탄소-탄소 제동장치 장치의 국내 시장은 다음 표 13과 같음.

표 13. 탄소-탄소 제동장치 장치의 국내시장

구분	기종	보유 대수	제동장치수/ 대당	가격(\$)/ 개당	금액(\$)	비고
상용기	B747	55	16	\$45,000	\$39,600,000	KAL(43대), 아시아나(12대)
	B777	39	12	\$42,000	\$19,656,000	KAL(28대), 아시아나(11대)
	B767	8	8	\$30,000	\$1,920,000	아시아나(8대)
	A330	30	8	\$53,000	\$12,720,000	KAL(21대) 아시아나(9대)
	A320 (A321포함)	26	8	\$32,000	\$6,656,000	아시아나(26대)
	A360	8	8	\$39,000	\$2,496,000	KAL(8대)
	B737	51			\$0	Metal to Metal
	계	217		소계	\$83,048,000	
군용기	F-16	99	2	\$15,000	\$2,970,000	
				총계	\$86,018,000	₩ 94,619,800,000원 (기준환율 : 1100원)

※ 산출근거 : 실수조사(제동장치는 항공사와 비행회수에 따라 다르지만 일반적으로 18개월 정도를 넘어가면 교환하는 주기에 다다름)

- 표 14는 대한항공과 아시아나항공의 2개 항공사에 대한 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크의 시장규모를 보여주고 있으며, 131억원의 디스크 재생(Refurbishment) 규모를 포함하여, 547억 규모임.

표 14. 민항기용 재생수리 브레이크 디스크 국내 시장규모

(단위 : 억 원)

	KAL		ASIANA		계
OEM 제조사	Messier	Goodrich	Messier	Goodrich	-
적용기준	A300, A330	B777,B747 (MD11/F100)	A321	B767, B747	-
NEW BD	112	110(64)	20	110	416
Refurbished BD	36	35(20)	10	30	131
총 계	293(84)		170		547

- 표 15은 국내 개발 제작중인 군용항공기용 제동장치의 현황을 보이고 있으며, 표 15에서 보듯 한정적인 업체에 의하여 개발이 이루어지고 있음.
- 최근 항공기용 이외에 자동차용 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크의 제작에 성공한 업체로 (주)C&R Tech이 있음.

- 항공기용 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크의 제작을 추진중인 업체로 (주)C&R Tech와 (주)진양공업이 있음.

표 15. 국내 항공기 제동장치 제작 현황

	항공기명	부품명	제작 업체 (정비/개발)	개발 내용	비고
1988	F-5A/B, E/F	Rotating Disk Stationary Disk Pressure Plate Back Plate, Wear Pad	(주)다원프릭션	제작	군수 (내수)
1991	F-4D/E	Rotating Disk, Stationary Disk, Pressure Plate, Back Plate, Wear Pad	(주)다원프릭션	제작	군수 (내수)
2001	F-16	C-C Brake	(주)테크	제작	군수 (내수), 수출 추진중
2005	T-59	Segment Rotor, Stator Double, Stator Single, Pressure Plate, 2/Wear Pad	(주)다원프릭션	제작	군수 (내수)
2007	T-50	C-C Brake	(주)테크	제작	군수 (내수)
2009	UH-60	Stator, Rotor, Pressure Plate, Wear Pad, Brake Assy	(주)다원프릭션	제작	군수 (내수)
현재 진행	KUH	Brake Disk, Wheel Brake Assy, Hyd Transducer, Metering Valve, Input Lever Nose Wheel Locking Handle	(주)다원프릭션	제작	군수 (내수)
	KT-1/ KO-1	Wear Pad, Rotor	(주)다원프릭션	제작	군수 (내수)

- 국내 항공기 제동장치 MRO 분야의 산업 동향

- 군용기 부분은 주력기 부분의 Rotor Disk, Stator Disk는 국내 제작 및 수리가 가능한 수준을 유지하고 있으며, 운영부대에서 MRO능력을 개발/운영하고 있음.
- 상용기는 소요 구성품을 전량 수입에 의존하여 도입해서 조립 운영하는 형태이며, MRO능력 역시 메이저항공사를 제외하고, 수리순환자산(예비부속품)으로 교체수준으로 MRO 전문업체는 전무함.
- 제작 및 Refurbishment 능력 구비 시 국내항공사의 외화를 유출하지 않고, 동남아에서 수요빈도가 상위 국가인 중국, 일본 등 지역적으로 가까운 우리나라가 싱가포르 보다 유리함.

(4) 국내 항공기 제동장치 시험평가/인증분야 산업동향

- 항공기 제동장치는 비행성능과 직접적으로 연관되지는 않지만 고장 시 승객의 안전이 크게 위협받을 수 있고, 정기적으로 관리 및 교체되어야 하는 품목임.
- TSO는 항공기의 안전과 관련된 최소성능기준(MPS ; Minimum Performance Standard)으로, 항공기에 장착하기 위한 최소한의 요구조건으로, FAA는 TSOA를 획득한 품목에 대하여 항공기 장착을 허용하고 있으나, 실제 상업용 항공기에 장착되고 교체품목으로 운용되는 것은 항공기 제작사와의 협정을 통해 이루어지는 현실임.
 - 즉, 항공기의 최초 설계과정에서 제동장치의 성능요구조건이 항공기 설계에 의해 정해지고, 항공기의 수명주기에 따라 최초 참여한 제동장치 제작사가 항공기 상용화 이후에도 계속적으로 부품을 제작 납품하게 됨.
 - 따라서 OEM 또는 국가과제 참여 등을 통해 TSO급의 제동장치를 설계·제작할 수 있는 능력을 입증한 후에 실제 상용 항공기 개발 프로젝트에 초기부터 참여하여야 제동장치 시장에 진입할 수 있음.
- 해외 메이저 제작사인 Goodrich, Dunlop 등은 항공기 설계 초기단계에 프로젝트에 참여하여 요구되는 제동장치 성능을 확정하고, 해당 제동장치 설계 및 생산에 관하여 TSO인증을 받은 후 해당 항공기용으로 장기간 납품하고 있음.
- 국내 KTSO 인증 품목은 최초에 항공기용 타이어(TSO-C62)가 시범품목으로 인증된 후 항전장비 및 기주기 부품과 관련하여 인증획득이 추진되고 있으나 TSO 인증은 최소 요구조건으로서 실제 항공기에 채택 및 장착이 되기 위해서는 후속된 노력들이 필요함.
- 한편, 최소한의 안전을 위한 법적인 안전인증과 타 제품 대비 차별화된 성능을 입증하기 위한 자율 성능인증으로 이루어진 일반 산업계 인증체계와 달리, 항공부품의 인증은 안전을 위해 높은 기술수준을 요구하는 산업의 특성상 최소안전요구 수준인 TSO 인증의 수준이 매우 높고 별도의 자율 성능인증체계가 존재하지 않음.
 - 제동장치를 포함한 항공 관련 부품시장은 초기 진입을 위한 기술수준이 매우 높아, 최소한의 안전인증 수준의 기술개발을 통한 시장진입 → 기술개발 → 성능고도화 및 자율인증획득 → 시장 확대로 이어지는 자동차 등의 일반 산업계의 기술개발 방식을 적용하기 어려운 체계임.
 - 기술경쟁이 치열하고 기존에 안전 및 성능이 입증된 품목에 대한 선호도가

높은 항공 부품 시장은 후발주자인 국내기업들에게 초기의 높은 기술개발 비용 및 그 후의 시장진입이 보장되지 않는다는 점에서 리스크가 큰 시장임.

- 최초 시장진입 이후 자동차, 전자장비 등의 일반 산업분야는 고 성능을 입증하기 위한 자율 성능인증 등을 통하여 제품의 우수성을 입증하고, 시장 확대를 꾀할 수 있으나, 항공 부품은 실제 장착 및 운용을 통한 안전성 입증이 부품 선택 시 가장 중요한 요소로 작용하므로 해외 완제기 제작사와의 협력 또는 국내 완제기 개발 프로젝트를 통한 부품채택 → 장착 → 안전성 입증의 과정이 필수적임.
- 위험요인이 높고 투자비용 회수기간이 긴 항공부품산업의 특성상 산업발전을 위해서는 국내 기업의 기술수준이 최소한 TSO 수준에 오르기까지 정부 과제 등을 통해 지원하고, 그 이후의 시장창출은 기업에 맡기는 방식이 바람직할 것으로 판단됨.

4. 국내외 기술개발 동향 및 분석

가. 특허분석²⁾

(1) 전체 특허 동향

- 2008년 9월 16일까지 출원된 항공기용 탄소 브레이크 디스크에 대한 특허 총 447건의 유효데이터를 대상으로 하여, 정량적 특허 분석을 실시함.

(가) 연도별 국가별 특허출원 동향 (그림 27 참조)

- 국가별 출원 동향을 살펴보면, 미국이 207건(46%)으로 출원 활동이 가장 활발했으며, 일본 113건(25%), 유럽 98건(22%), 한국 29건(7%)의 순으로 나타남.
- 연도별 출원 동향을 살펴보면, 전체적으로 꾸준한 양적 증가를 보이고 있으며, 1995년도에 높은 출원 활동을 보이고 있는 가운데 이후 점차 감소 추세에 있다가 2000년도 이후에 다시 증가 추세를 보이고 있음. 미국의 경우 최근 활발한 특허 활동을 보이고 있는 것으로 나타났으며, 한국의 경우 아직 미비한 상태임.

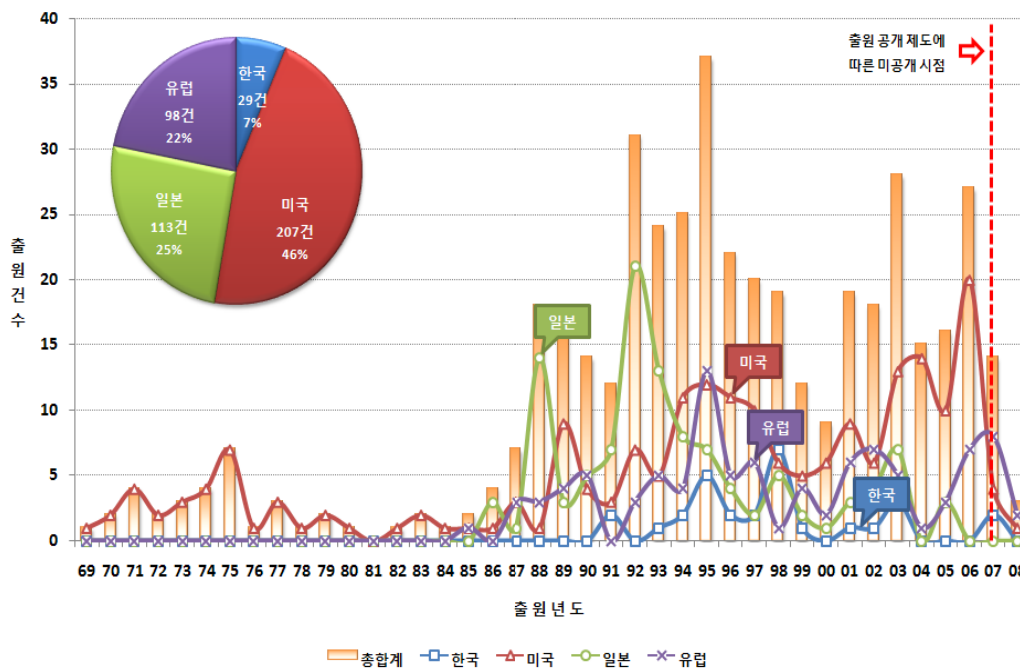


그림 27. 전체 출원 연도별 국가별 특허출원 동향

2) (주)DACC 제공

(나) 연도별 기술별 특허출원 동향 (그림 28 참조)

- 기술별 특허출원 동향을 살펴보면, 제조공정 분야가 262건으로 전체의 59%를 차지하고 있어 높은 특허 점유율을 보이고 있으며 디스크 형상 분야가 77건으로 17%, 기초소재와 브레이크 장치 분야가 9%, 브레이크 시스템 분야가 6%를 차지하고 있음.
- 제조공정 분야의 경우, 1985년 이후 활발한 양적 성장을 보이는 가운데 1995년도에 가장 높은 출원을 보였으며, 1997년과 2000년을 제외하고 꾸준한 증가 추세를 보이고 있음. 디스크 형상 분야의 경우 1980년대 후반부터 1990년대까지 꾸준한 특허 활동을 보였으나 2000년대에 들어서면서 점차 감소 추세를 보이고 있음.

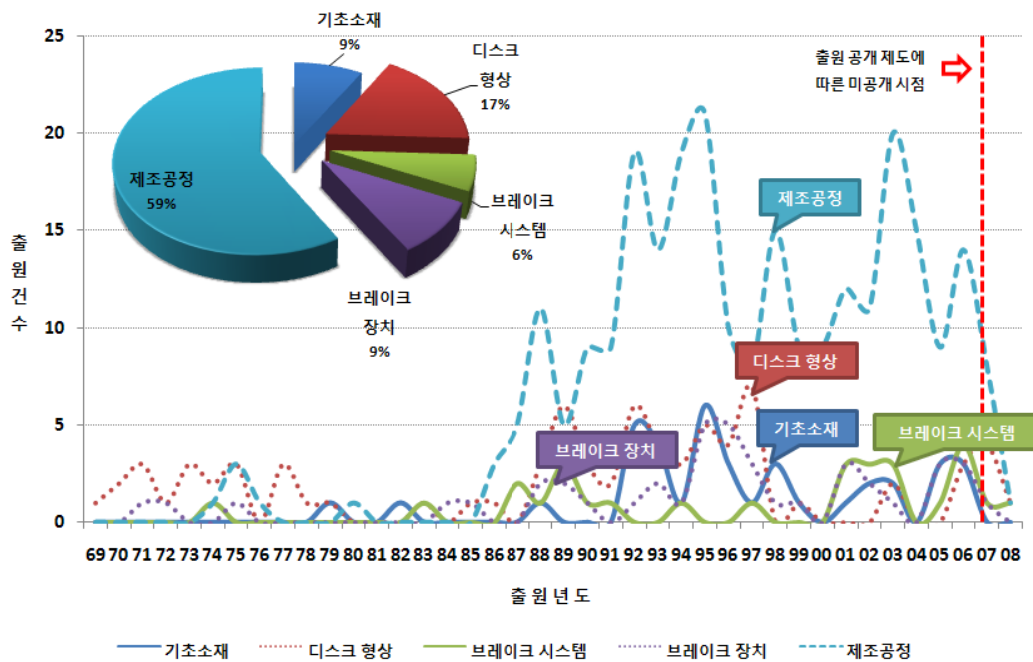


그림 28. 전체 출원 연도별 기술별 특허출원 동향

(2) 출원인 현황

(가) 전체 주요 출원인 (그림 29 참조)

- 한국, 미국, 일본, 유럽을 모두 통합한 출원인 현황으로 동일(Family) 특허에 관하여는 중복을 허용한 현황임.
- 전체 주요 출원인 현황을 살펴보면, Honeywell International 사가 64건으로 가장 높은 출원을 보였으며, BFGoodrich 사도 42건으로 활발한 출원 활동을 보이고 있음. 다음으로 AllisSignal사와 Dunlop Limited사가 각각 30건, Mitsubishi Chemical사가 24건을 출원했으며, 한국의 데크가 14건의 특허를 출원을 한 것으로 나타남.
- 상위 13개사의 출원건수의 합계는 281건으로 전체의 63%를 차지하고 있는 것으로 나타남.

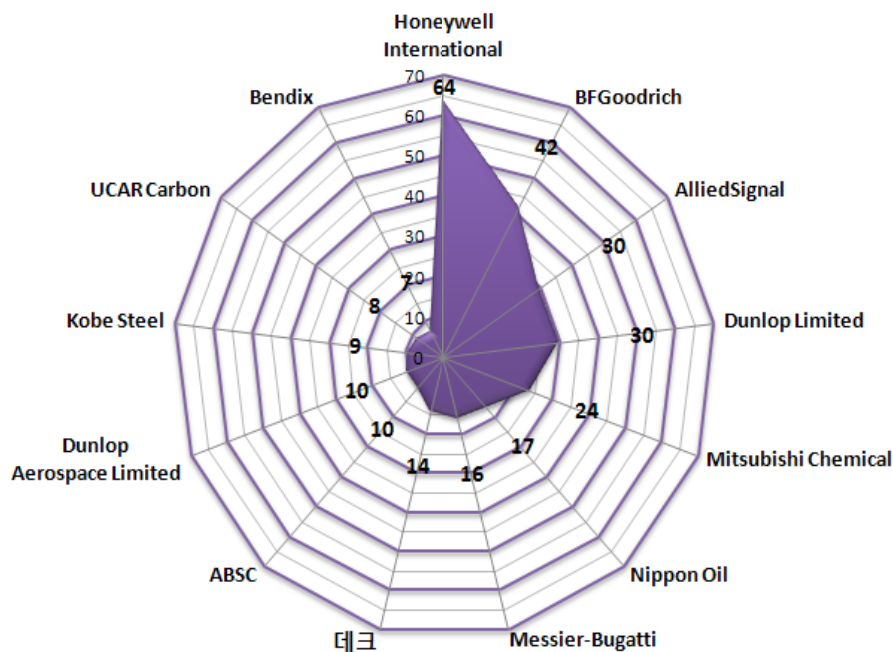


그림 29. 전체 주요 출원인

(나) 국가별 주요 출원인

○ 국가별 주요 출원인 현황은 다음 표 16과 같음.

표 16. 국가별 주요 출원인

한국		미국		일본		유럽	
출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수	출원인	건수
테크	12	Honeywell International	31	Mitsubishi Chemical	19	Honeywell International	23
포스코	6	BFGoodrich	24	Nippon Oil	14	BFGoodrich	15
Honeywell International	2	AlliedSignal	23	Honeywell International	8	AlliedSignal	11
국방과학연구소	1	AlliedSignal	14	Kobe Steel	8	Dunlop Limited	7
한국기계연구원	1	Messier-Bugatti	8	Mitsubishi Gas Chemical	6	Messier-Bugatti	5
포항산업과학연구원	1	ABSC	8	AlliedSignal	4	Dunlop Aerospace Limited	4
한국항공우주산업	1	Bendix	7	Tonen	4	Nippon Oil	3
AlliedSignal	1	UCAR Carbon	7	Kawasaki Steel 4	4	Nippon Oil	2
Avco	1	Dunlop Aerospace Limited	6	Mitsubishi Kasei	4	Societe Europeenne de Propulsion	2
Messier-Bugatti	1	Goodyear Aerospace	6	Osaka Gas	4	SGL Carbon AG	2
SGL Carbon AG	1	Hydro-Aire	4	Petoca	4	Applied Sciences	2
SNECMA	1	NASA	4	BFGoodrich	3	ABSC	1

(다) 기술별 주요 출원인 (그림 30 참조)

- 주요 기술은 기초소재, 제조공정, 디스크형상, 브레이크 장치, 브레이크 시스템 등으로 구분할 수 있음.
- 대부분의 출원인이 디스크 제조 공정분야에 대한 출원이 집중되어 있음.
- Honeywell International 사가 제조공정 분야에 대한 출원이 41건으로 가장 높은비중을 보였으며, BFGoodrich, AlliedSignal, Nippon 역시 제조 공정 분야에서 높은 출원을 보이고 있음.
- 디스크 형상 분야의 경우 Dunlop Limited 사에서 가장 높은 출원을 보인 가운데 ABSC사와 Bendix사 역시 디스크 형상 분야에 대한 출원 비중이 높은 것으로 나타남. Mitsubishi Chemical 사의 경우 기초소재 분야에서 10건으로 가장 많은 출원을 보이고 있음.

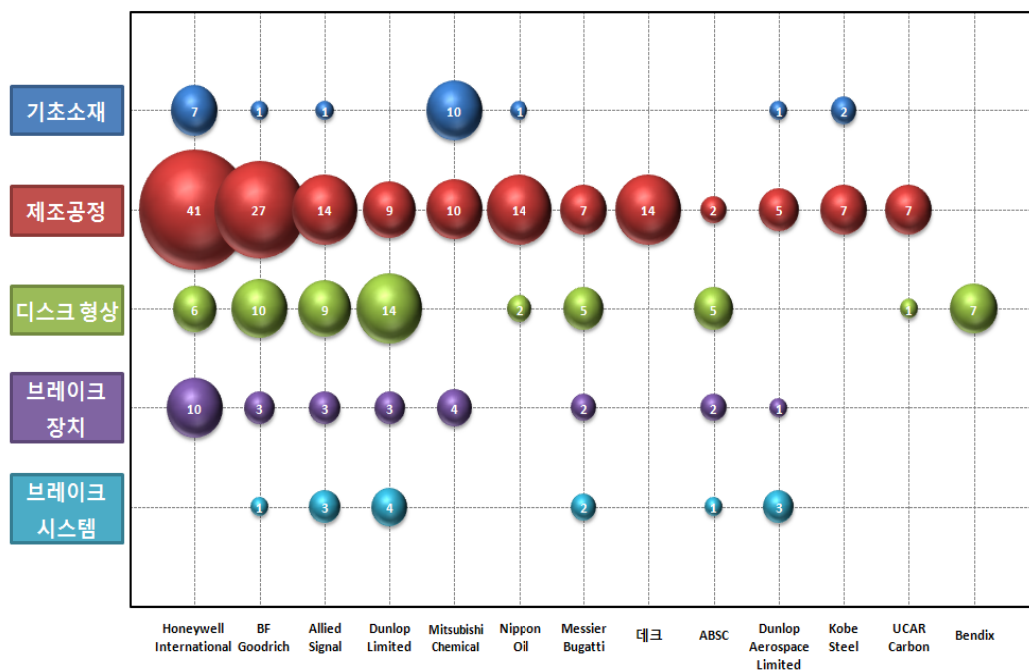
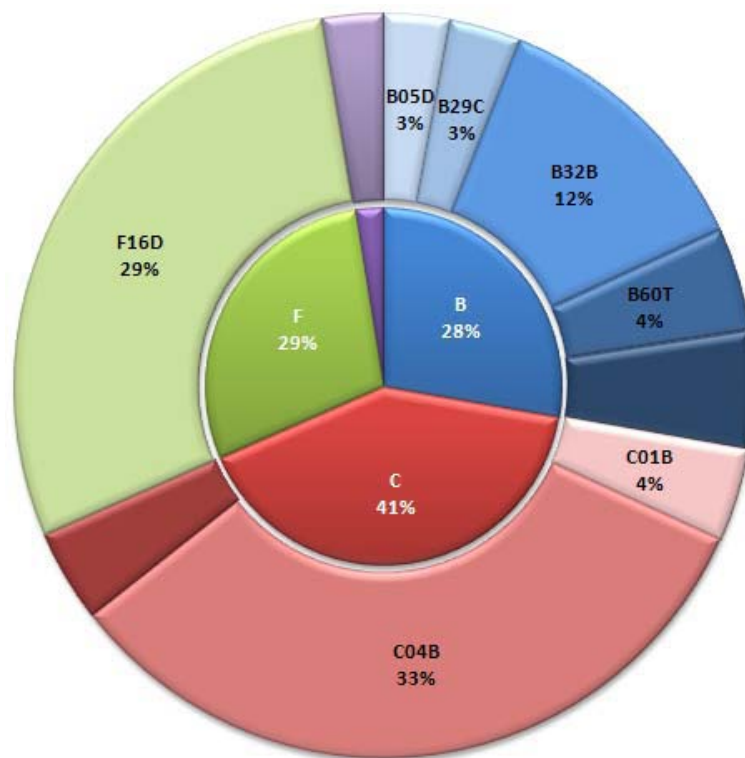


그림 30. 기술별 주요 출원인

(3) IPC 현황 (그림 31 참조)

- 전체 IPC 현황을 살펴보면, C 섹션이 전체의 41%로 가장 많은 비율을 차지하고 있는 것으로 나타났으며 F 섹션이 29%, B 섹션이 28%의 비율을 보이고 있음.
- C 섹션 중에서도 C04B가 전체의 33%로 가장 높은 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났으며, F 섹션에서는 F16D(29%), B 섹션에서는 B32B(12%)가 많은 비중을 차지하고 있음.



- B 섹션 : 처리조작
 - B05D : 액체나 타유동성 물질은 작용시키기 위한 방법
 - B29C : 플라스틱의 성형 또는 접합, 가소 상태에 있는 물질의 성형 일반, 성형품의 후처리
 - B229C : 적층체, 즉 평평하거나 평평하지 않은 형상의 층으로 조립된 제품
- C 섹션 : 화학, 야금
 - C01B : 비금속 원소, 그 화합물
 - C04B : 석회, 마그네시아, 슬래그, 시멘트, 그 조성물
- F 섹션 : 기계공학, 조명, 가열, 무기, 폭발
 - F16D : 회전운동의 전달을 위한 커플링, 킬러치, 브레이크

그림 31. 전체 IPC 현황

나. 논문분석

- 국내에서 발행된 항공기 제동장치 관련 논문은 탄소-탄소 복합재 디스크 제조 및 공정에 대한 내용과 시험품 성능시험 및 인증에 관한 9편의 논문이 발행되었으며 브레이크 하우징 등 제동장치 시스템 및 부품품에 대한 내용은 발행된 기록이 없음.
- 해외의 경우 기술유출 등을 이유로 접근이 제한된 자료로 분류 되어 있어 논문의 발행 현황을 알기 어려움.
- 국내에서 발행된 항공기 제동장치 관련 논문은 다음 표 17과 같음.

표 17. 국내에서 발행된 항공기 제동장치 관련 논문

관련 공정	논문제목	저 자	발행기관 및 출판년도
프리폼 제조 공정	항공기 브레이크 디스크의 열탄성 연구	손현우	한국항공우주학회지, v.23 no.3, 1994
	탄소/탄소 브레이크 디스크의 과도기 열탄성 해석과 3차원 응력해석	오세희	한국복합재료학회지, v.15 no.1 2000
밀도화 공정	3차원 형상의 고밀도 탄소 탄소 복합재료 제조	최우철	한국복합재료학회지, Vol.10 No.2, 1997
	탄소섬유 프리폼의 고밀도화 공정을 위한 Matrix Precursor 핏치의 개질	김호상	한국복합재료학회지, Vol.9 No.4, 1996
	Effect of the Processing Parameters on the Densification and Strength of 2D SiC Fiber-SiC Matrix Composites Fabrixated by slurry Infiltration and Stacking Process	Lim K, Y	Journal of the Korean Ceramic society, Vol.9, 1994
내산화 공정	고밀도 탄소/탄소 복합재의 내산화성 개선에 관한 연구	오익현	복합재료학회지, Vol.9 No.3, 1996
시험품 성능 시험 및 인증	항공기용 탄소 브레이크의 인증시험 고찰	박종현	한국항공우주학회, 1995
	탄소/탄소 브레이크 디스크의 기계적 강도 시험에 관한 연구	유재석	한국복합재료학회지, Vol.13 No.6, 2000
탄소/ 탄소 복합재료 브레이크 디스크	F-16 항공기 브레이크 디스크 국산화 개발	감문갑	한국정밀공학학회지, Vol.2006 No.10월, 2006

다. 기술경쟁력 분석

(1) 항공기 제동장치 제작 분야

- 메탈 디스크 개발능력을 보유한 다윈프릭션과 탄소-탄소 및 기타 다양한 복합재생산 기술을 보유한 (주)DACC와 한국화이바, (주)C&R Tech, (주)진양공업, 기타 군소업체 및 연구소(학교) 등이 있으나, 여객기용 디스크를 개발하기 위해서는 시설/장비 및 제조기술에 대한 개발능력 및 인증기술이 부족하다고 판단됨.
- 제동장치 계통 중 조절 밸브와 안티스키드 밸브류는 한화(주), 위아 등이 기본기술을 보유하고 있으나 대형여객기용 개발기술 및 인증기술이 부족하다고 판단됨.
- 브레이크 디스크 제작기술과 제동장치 계통의 각종 부품에 대한 개발기술 및 인증기술이 부족하지만, 현재 군용항공기 및 고급 승용차용 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크를 생산하고 있는 현실에 비추어 볼 때 추가적인 R&D 투자가 이루어진다면 충분한 기술경쟁력을 갖춘 민간항공기용 제동장치를 제작 가능하다고 판단됨.

(2) 항공기 제동장치 정비 분야

- 민간항공기 탄소-탄소 제동장치에 대한 직접적인 MRO의 경험은 없으나, 현재 진행중인 항공기 기체, 엔진 등의 정비기술력, 인프라, 기술인력을 바탕으로 판단할 때, MRO 수행능력을 일부 가지고 있다고 판단됨.
- 중대형 민간항공기의 탄소-탄소 제동장치 MRO를 위해 필요한 정비인프라 및 시험평가 시스템의 보완이 이루어지면 충분한 기술경쟁력을 보유 할 수 있다고 판단됨.

5. 기술개발을 위한 인프라 및 기반역량 분석

가. 국내 제동장치 제작 분야의 기술 개발 현황

- 국내 항공기용 브레이크 디스크 제작 기술 개발 현황은 F-4, F-5 등의 재래식 디스크에 개발을 통하여 축적된 개발능력과 제조/시험시설(Dynamometer Test)을 갖추고 있으며, 현재 KF-16 항공기용 탄소-탄소 복합재 디스크를 개발/생산하고 있음.
- 탄소-탄소 복합재의 국내 연구개발 현황은 국방과학연구소(ADD)를 중심으로 정부출연 연구소(한국화학연구소) 및 대학(충남대, 서울대, KAIST) 등에서 1980년대에 제조공법에 관련하여 기초연구를 시작하여, 1990년 초부터 국방과학연구소와 한국항공우주산업(현, (주)DACC)이 공동연구를 수행하여 현재는 국산소재를 사용한 고밀도 탄소-탄소 브레이크 디스크 및 내열재를 생산할 수 있는 제조공정 기술 및 Pilot Plant를 확보 운용하고 있음.
- 최근 (주)C&R Tech에서 자동차용 탄소-탄소 브레이크 디스크를 개발하였으며, 개발한 제품 및 제조공정에 대한 국제특허를 출원 중에 있음.
- 항공기용 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크의 제작을 추진중인 업체로 (주)C&R Tech와 (주)진양공업이 있음.
- 또한 시험평가 및 메탈 디스크 개발능력을 보유한 다윈프릭션과 탄소-탄소 및 기타 다양한 복합재생산 기술을 보유한 (주)DACC와 한국화이버, (주)C&R Tech, 기타 군소업체 및 연구소(학교) 등이 있으나, 여객기용 디스크를 개발하기 위해서는 시설/장비 및 제조기술에 대한 개발능력 및 인증기술이 부족한 실정임.
- 제동장치 계통 중 조절 밸브와 안티스키드 밸브류는 한화(주), 위아 등이 기본기술을 보유하고 있으나 대형여객기용 개발기술 및 인증기술은 미흡한 실정임.
- 여객기용(B-747급) 탄소-탄소 제동장치 복합재는 KF-16 군용항공기용 제동장치와 제품의 크기 및 요구 성능 등이 상이하여, 최첨단 기술 및 시설의 개발이 요구됨.
- 여객기용 제동장치를 국산화하기 위해서는 대형 항공기에 대한 최적 설계 능력 확보, 인증 획득 절차의 대비를 위한 산학협력과 국내외 전문가의 활용이 필수적임.

- 대한항공에서 보유하고 있는 대형 항공기 B747, B777, B737, A330, A360, A380 중 B737 항공기에만 금속 제동장치가 장착 되어있고, 나머지 모든 항공기는 탄소-탄소 제동장치가 장착되어 운영 중임.
- 차후 도입될 B787 항공기도 탄소-탄소 제동장치가 장착되어 인도 예정임.
- 현재 탄소-탄소 제동장치 관련 국내 기술 현황은 다음 표 18과 같음.

표 18. 탄소-탄소 복합재 제동장치 디스크 관련 국내 기술 현황

구분 (분야)	기관	주요연구 / 확보기술	비고
설계 해석	한국과학기술원	• 탄소-탄소 제동장치 디스크의 열탄성 해석	2D/3D 열탄성코드 해석
재료	(주)DACC	• 탄소섬유/Pitch 프리프레그, 탄소/Phenol	태광산업/제철유화 강남정공
	(주)C&R Tech	• 함침용 pitch 제조 • Matrix pitch 제조	
부품	(주)DACC	• F-16 Block 32용 Clip/Rivet 역설계/제작	한국로스트웍스공업
공정	국방과학연구소	• F-16 Block 32 탄소 제동장치 디스크 개발 • 초 내열재용 C-C 제조공정	
	(주)DACC	• Pitch계 C/C B/D 제조 - ISO-CVI 공정 기술 - 상압함침 밀도화 공정 - TG-CVD 공정 기술	- Pilot plant 확보 - Long Process - F-16 B32/52 디스크 제 작 능력 확보
	산업과학기술연구소	• Pitch 계 C/C 제조공정 연구	
	한국화학연구소	• CVI 공정 연구 • Pulse CVI 공정 개발	
	충남대학교	• Pitch 계 C/C 공정 연구	
	한양대학교	• 고분자 매트릭스 합성에 관한 연구	
	한국과학기술원	• 탄소섬유의 표면 코팅	
	금오공대	• 내산화/내열 특성 개선	
	(주)C&R Tech	• 탄소섬유 직조 • 2-D, 3-D preform 제조 • 일체형 디스크 성형 공정 개발 • 상압/고압 함침 • 자동차용 C/C B/D 제조 • C/C clutch disk 제조 • 탄소/탄소/세라믹 복합재 제조	
시험 평가	한국과학기술원 국방과학연구소/공군 (주)다윈프릭션	• 기계적 특성 • Dynamo 평가/운용시험 (F-16 B32/B52 기준)	

- 탄소-탄소 제동장치 디스크 개발을 위하여 파악한 소요기술과 확보기술 및 대책을 정리하면 다음 표 19와 같음.

표 19. 탄소-탄소 제동장치 디스크 개발 소요 기술 분야 및 보유 현황

구분	기술 항목	기술 보유 현황		비고
		DACC	C&R Tech	
기초소재 및 부품	- 탄소섬유 탄화/ 후연화	○	○	
	- Prepreg 제조 기술	○	×	
	- 2-D Preform	○	○	
	- Oxi-PAN	×	×	해외 수입
	- 소형 Quasi 3-D Preform	△	○	
	- 중형 Quasi 3-D Preform	×	○	국산화 필요
	- Metal Clip/ Rivet 제작	×	×	고내열성 정밀 주조품 국산화 (해외 수입 불가)
	- 탄소섬유 직조기술	×	○	
	- Matrix Pitch 제조기술	×	○	
	- 탄소섬유/Matrix 복합화기술	×	○	
	- 함침용 피치제조기술	×	○	
설계/ 해석 기술	- BD 형상, Preform 설계	△	○	2-D/ 3-D F-16
	- Metal Clip 설계	×	×	
	- 고온 열 탄성 및 동적 특성 해석	△	×	
	- Clip/ Rivet Design	△	×	현품 역설계/ 모방 : 독립적 design 능력 필요
제조 공정 기술	- 그린 디스크 성형 기술	○	○	
	- 일체형 디스크 성형기술	×	○	
	- 상압 함침 탄화 기술	○	○	Long Process : Cost Up
	- ISO - CVI 기술	○	○	
	- 고온 후연화 처리 기술	○	○	Fast Dedsigication
	- T/G % Pulse CVI 기술	△	×	Cost down
	- PIC 기술	△	×	High Performance
	- HIPIC 기술	×	○	High Performance
	- 내산화 코팅 기술	○	○	Cost Down 필요
시험 평가 및 인증 기술	- 열분석 시험	○	○	
	- 마찰/ 마모 시험	○	○	
	- 기계적 시험	○	○	
	- 비파괴 시험 (X-ray, NDT)	△	×	
	- 환경 시험/ 고온 특성 평가	△	×	
	- 군수용 시험 평가 (지상/ 비행시험)	○	○	Low Energy
	- 민수용 시험 평가 (지상/ 비행시험)	×	×	High Energy
	- 인증 기술	△	×	군용은 일부 확보
브레이크 어셈블리	- 브레이크 조립 기술	△	×	불량률 zero set-up
	- 브레이크 시스템 기술	×	×	고부가 가치 제품
양산 기술	- 장비 Scale-Up 설계/ 제작	△	○	민수용 C/C 경쟁 치열
	- Cost-Down 기술	△	○	

- 현재 국내의 전문 인력 및 기술수준은 선진국에 비하여 아직 미흡한 점이 많으나 탄소-탄소 복합재의 주요 제조공정인 Resin Char 공정, CVI 공정, 내산화 공정(Inhibitor 및 Coating 처리) 등에 대한 기본 기술은 이미 확보되어 있음.
- 또한 고밀도의 탄소-탄소 복합재를 생산하기 위한 Pitch를 이용한 밀도화 공정, 고탄화율의 새로운 고분자화합물의 개발 등에서 소기의 성과를 거두고 있음.
- 제조공정을 간소화하거나, 함침공정을 생략함으로써 제조공정을 단축시키기 위한 연구가 수행되고 있으며, 한편으로는 섬유 속 내부에 Matrix성분을 복합하여 가압/가열 성형공정을 거쳐 고밀도의 탄소-탄소 복합재료를 제조하는 방법에 대한 개발에 대해 연구/검토 되고 있음.
- 탄소-탄소 복합재의 제조방법의 개선과 탄소섬유, 새로운 고분자 Matrix Precursor에 대한 연구 개발의 필요성이 크게 대두되고 있음.

나. 국내 제동장치 MRO 분야의 기술 개발 현황

- 민간항공기 탄소-탄소 제동장치의 MRO의 경우 현재 모듈화된 부품(제동장치 전체)을 1대1로 교환하여 수리함.
- 1대1로 교환하기 위한 예비 물량을 각 항공사는 보유하고 있으며, 교환한 부품은 해외 제작사로 보내어 정비 및 수리를 실시함.
- 민간항공기 탄소-탄소 제동장치에 대한 직접적인 MRO의 경험은 없으나, 현재 진행중인 항공기 기체, 엔진 등의 정비기술력, 인프라, 기술인력을 바탕으로 판단할 때, MRO 수행능력을 일부 가지고 있다고 판단됨.
- 대형 민간항공기의 탄소-탄소 제동장치 MRO를 위해 필요한 정비인프라 및 시험평가 시스템의 보완이 필요함.

다. 국외 제동장치 제작 분야의 기술 개발 현황

- 제동장치 디스크의 국외 기술 현황
 - 탄소-탄소 복합재는 가벼우면서 고온에서 고강도를 필요로 하는 항공기 제동장치 디스크, 구조물, 유도무기 부품, 우주선 부품, 기타 골프채를 비롯한 산업분야에도 다양하게 적용되는 기술로 선진국들의 개발 및 개선 노력이 지속적으로 수행되고 있으며 해외 기술 수출 규제품임.
 - 탄소-탄소 복합재를 이용하여 항공기용 제동장치를 생산하고 있으며 세계

시장을 독점하고 있는 대표적인 업체는 다음과 같음.

- 미국 : Goodrich사, Goodyear사, Bendix사, Loral사 등으로 B747 여객기를 비롯한 각종 신형여객기에 채택되고 있으며 F-35, F-18, F-16 등 각종군용기에도 사용 중임.
- 유럽 : 영국의 Dunlop사, 프랑스의 SEP사 등이 대표적이며 Airbus 380, 320, Rafale 전투기, Mirage 2000 등에 사용 중임.
- 상기회사들은 고온에서 고강도를 갖는 탄소-탄소 복합재를 저가에 생산하는 생산기술을 꾸준히 발전시키고 있으며, 대부분의 세계시장을 점유하고 있는 실정임.
- 항공기 제동장치를 포함한 착륙장치에 대한 특허 출원은 주로 Boeing(미국), Messier Bugatti(프랑스), Airbus France(프랑스), Honeywell International(미국), Hydro-Aire(미국), The Directv Group(미국), Airbus UK(영국) 등이 주도하고 있음.
- 비즈니스 제트기 시장 중 저가인 Very Light 제트기의 시장이 크게 확대되면서 제동장치의 생산 대수도 크게 증가할 것임.
- 항공기 제동장치의 시장은 Boeing, Airbus, Messier, Bugatti 등 대형 시스템 업체가 독점하고 있는 것이 특징임.
- 미공군의 경우 공군 연구소(Dayton, OH)내에 개발시설이 있어 군용 및 민간용으로 활용토록 하고 있음.
- 상기 회사들은 인력 및 자금력이 풍부하여 지속적인 기술발전을 시키고 있으며 대부분 군용도 같이 생산하여 기술의 Spin On, Spin Off가 가능하도록 하여 세계적인 경쟁력을 유지하고 있음.
- 이들은 구조변경(탄소조직)등에 의한 고온강도, 산화/식마 특성 향상 등을 발전시키고 있으며, 약 300° C 이상의 고온재료로 활용하고 있음.
- 여객기용 제동장치는 주로 유압식으로 작동하며, 최근에 Goodrich는 B787-8 기종을 위해 전기 모터로 작동하는 제동장치를 개발하였음.
- 전동식 제동장치는 유압 배관이 필요 없다는 측면과 정비성이 좋다는 장점이 있어서 점차 응용이 확대될 전망이다.

라. 국외 제동장치 MRO 분야의 기술 개발 현황

- 탄소-탄소 제동장치를 사용하는 B-747 기종의 제동장치 정비 매뉴얼을 바탕으로 MRO 시스템을 판단할 때, 제동장치의 MRO는 원 제작사가 수행하는 것으로 판단됨.

- 주요 기술적 문제점 발생 시 교환 후 원 제작사로 수리 요청함.

마. 항공기 제동장치 시험평가 분야

(1) 항공기 제동장치 관련 법령/기술기준 및 규격

- 법령
 - 항공기기기술기준(국토부고시 제2010-286호) Part 23.735 제동장치
 - 항공기기기술기준(국토부고시 제2010-286호) Part 25.735 제동장치 및 제동계통
 - Title 14 CFR Part 23.735 Brakes
 - Title 14 CFR Part 25.735 Brakes and Braking Systems
- 기술기준(Mandatory)
 - KTSO-C26d 항공기 휠, 브레이크 및 휠-브레이크 조립품
 - TSO-C26d Aircraft Wheels, Brakes and Wheel/Brake Assemblies for Parts 23, 27 and 29 Aircraft
 - TSO-C135 Transport Airplane Wheels and Wheel and Brake Assemblies
 - MIL-W-5013L Wheel and Brake Assemblies, Aircraft General Specification for
- 산업규격(Non-mandatory)
 - KS W 1550 항공기용 브레이크 디스크
 - SAE ARP1493A Wheel and Brake Design and Test Requirements for Military Aircraft
 - SAE AIR1934A Use of Structural Carbon Heat Sink Brakes on Aircraft
 - SAE ARP5381 Minimum Performance Recommendations for Part 23, 27, and 29 Aircraft Wheels, Brakes, and Wheel and Brake Assemblies
 - SAE AS8584 Brake Systems, Wheel, Aircraft, Design of Obsolete
 - SAE ARP1619A Replacement and Modified Brakes and Wheels
 - SAE ARP597D Wheels and Brakes, Supplementary Criteria for

(2) 항공기 부품 인증 절차

- 항공기 등의 인증체계는 형식승인 → 제작승인 → 감항승인의 단계로 이루어져, 감항당국의 관리하에 비행 및 운용 기간의 안전을 보장하도록 하고 있음.
- 항공기 부품의 경우는 TSOA(Technical Standard Order Authorization), PMA(Parts Manufacturer Approval), 표준부품(Standard Parts) 인증 및 장착 승인 과정을 거쳐 항공기 등에 장착하여 운용할 수 있음.
- 일반적으로 비행안전상의 치명도 및 제조공정의 복잡도가 높은 장비 및 부품에 대하여 TSO 품목으로 지정하여 관리하며, 그 외는 PMA 또는 표준부품으로 관리함. 항공기 부품 승인의 주요 사항은 다음 표 20과 같음.

표 20. 항공기용 장비 및 부품의 인증 방법

인증 구분	대상 품목	평가 내용	비고
형식증명 (TC)	신규로 설계/개발되는 항공기 등에 장착되는 모든 장비품	해당 감항기술기준에 의거한 설계적합성 평가	해당 장비에 대한 개별적인 인증서는 발급하지 않음
부가형식증명 (STC)	형식승인을 받은 항공기 등에 중요 설계변경이 있을 때	해당 감항기술기준에 의거한 설계적합성 평가	부가형식증명 신청자에게 인증서 발급
기술표준품 승인 (TSOA)	항공기 등에 장착되는 표준 장비품 및 부품으로 지정된 품목	품목별 최소성능표준 (MPS)에 의거한 설계적합성 평가	-
부품제작자승인 (PMA)	항공기 등에 대체 또는 개조용으로 장착되는 부품(TSO 이외의 항공전자장비품)	해당 감항기술기준에 의거한 설계적합성 및 동일성(identicality) 평가	-
표준부품 (Standard Parts)	국가규격 또는 산업규격에 의한 표준부품	국가규격 또는 산업규격에 의거하여 설계 및 생산	별도의 인증서가 발급되지 않음

※ “항공전자부품의 감항성 인증”, 한상호, 항공산업연구 67 22-46, 2004

- 기술표준품 승인(TSOA ; Technical Standard Order Authorization)
 - TSOA 제도는 항공기 및 부품 생산에 대한 검사의 누락을 방지하고, 감항당국의 권한을 분권화하여 생산자에게 책임을 위임함으로써 스스로 품질을 보증하도록 하는 제도로써 감항당국이 민간항공에 사용되는 특별히 지정된 자재, 부품, 공정 및 보기에 대하여 최소한의 성능표준을 정하여 운용하고 있음.

- TSO 품목은 약 100여 가지로 고시되어 있으며 감항기준으로 별도의 기술기준이 발행됨. 유효기간이 따로 없는 기술표준품 형식승인서는 제 3자에게 양도할 수 없으나 항공기의 형식설계에 따라 여러 종류의 항공기에 공용으로 사용할 수 있다. 승인을 받은 제품은 TSO 번호, 제작자의 성명, 주소, 품명, 형식, 부품번호, 모델명, 일련번호 및 제작일자 등 승인에 관한 표식을 각인하도록 하고 있음.³⁾

○ 부품 등 제작자 증명(PMA ; Parts Manufacturer Approval)

- 형식증명을 받은 항공기 등에 장착하기 위하여 교체 또는 개조부품을 판매하고자 하는 제작자의 경우 PMA 승인을 득하도록 하고 있음. 대상 품목은 아래 사항을 제외한 소재 또는 단품으로 규정함.⁴⁾

- TSOA 품목

- 제작증명(Production Certificate) 포함 품목

- BAA 또는 BASA가 체결된 외국에서 생산된 품목

- 항공기 소유자가 자체 사용을 목적으로 제작한 제품

- 표준부품(Standard Parts - 산업규격에 의거)

- 특수 공정(표면처리, 용접 등)에만 소요되는 품목

- 위의 품목과 같이 형식설계의 소유자가 아닌 제3자가 형식승인을 받은 항공기의 부품을 판매목적으로 생산하려면 감항당국으로부터 해당 부품의 설계와 생산체계에 대하여 PMA를 받아야 함.

- 항공기 및 항공기 부품의 인증체계는 그림 32와 같음. 본 과제의 대상품목인 제동장치 조립체는 TSO-C135에 지정된 TSOA 품목으로, 기술표준품 인증을 받은 후 장착 승인을 거쳐 항공기에 장착될 수 있음. 기술표준품 신청시 준비서류는 다음과 같음.

- 기술표준품 형식승인 신청서 (항공법 시행규칙 별지14호 서식)

- 기술표준품 인증계획서

3) “국내항공인증과 미국인증체계의 비교”, 홍덕곤 외, 한국항공우주학회지 36-3 298-305, 2008

4) “항공산업체의 품질시스템 요건과 AS9100”, 한상호, 항공산업연구 64 72-88, 2003

- 설계도면, 설계도면목록 및 부품목록
 - 제조규격서, 제품사양서
 - 품질관리규정
 - 해당 기술표준품의 감항성 유지 및 관리체계(기술표준품 관리체계)를 설명하는 자료
 - 그 밖의 참고사항을 기재한 서류
- 기술표준품 형식승인 적합성 확인서 (항공안전본부 고시 별지1호 서식)
- 적절한 시기에 작성하여 제출하여도 무방함.

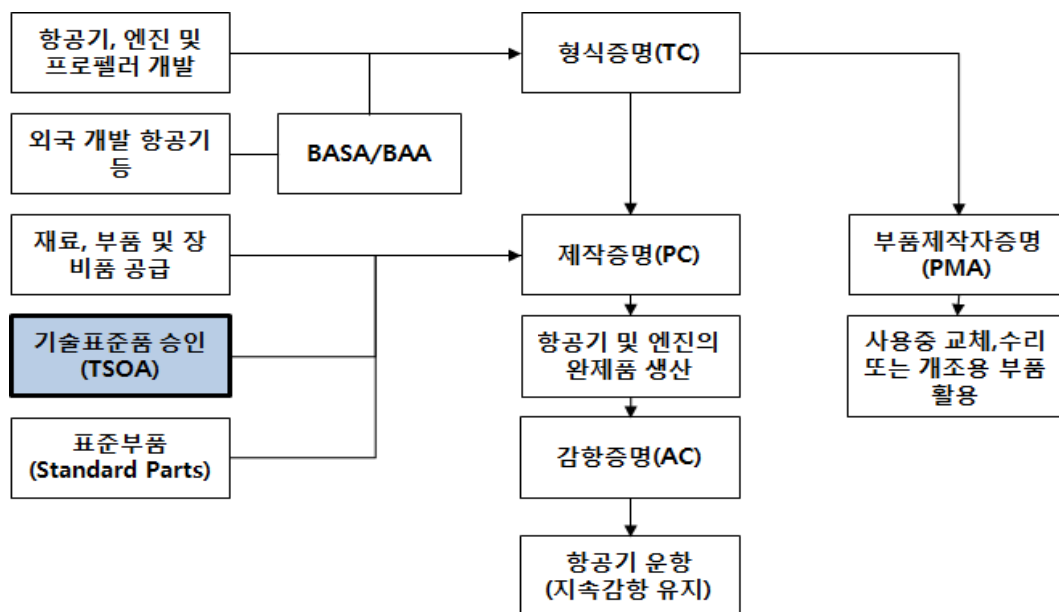


그림 32. 항공기 등 및 부품 인증체계

(3) 항공기기술기준 제동장치 관련 조항 분석

- 항공기기술기준 Part 23.735는 보통/실용/곡기/커뮤터급의 제동장치에 관하여 기술하며, Part 25.735는 수송급 항공기의 제동장치 및 제동계통에 관하여 기술함. Part 27/29의 제동장치 관련 조항은 Part 23의 내용과 유사함.
- Part 23급 항공기의 제동장치의 용량은 운동에너지(KE)로 결정되며, 항공기의 설계 착륙중량으로 착륙 시 예상되는 조건을 예상하여 보수적으로 설

정하거나 또는 다음 식을 적용할 수 있음.

$$KE=0.0443 \text{ WV}^2 /N$$

KE: 바퀴당 운동에너지(ft-lb)

W: 설계 착륙중량(lb)

V: 비행속도(knots)

N = 브레이크에 부착된 주 휠의 개수

- Part 25의 경우, Part 23보다 높은 수준의 성능 및 안전도를 요구하며, Part 23에서 최대운동에너지 개념의 KE만이 고려되었던 것에 비해 Part 25에서는 KE_{DL} (착륙정지에너지), KE_{RT} (가속정지에너지), KE_{SS} (가장 엄격한 착륙정지에너지) 등 다수의 운동에너지 조건이 요구되며, 실험을 통하여 결정함. 정지에너지(운동에너지)를 포함한 주요 요구조건은 다음과 같음.

■ 운동에너지 용량

- 설계착륙정지에너지(KE_{DL})

; 설계착륙정지는 최대착륙중량에서의 착륙정지를 의미함. 각 차륜, 제동장치 및 타이어 조립체에 대해서 설계착륙정지 시의 제동 운동에너지 흡수 요건을 결정하여야 함.

- 최대 운동에너지 가속-정지에너지(KE_{RT})

; 최대 운동에너지 가속-정지는 비행기의 이륙중량과 속도가 가장 치명적인 상태로 조합되어 있을 때의 이륙단념(RTO ; Rejected Take-Off)을 의미함. 제동장치에 대해 정해진 마모범위에 걸쳐서 운동에너지 수준보다 작지 않은 흡수 능력을 차륜, 제동장치 및 타이어 조립체가 가지고 있음을 동력계 시험으로서 실증하여야 함.

- 가장 엄격한 착륙정지에너지(KE_{SS})

; 가장 엄격한 착륙정지는 비행기의 착륙중량과 속도가 가장 치명적인 상태로 조합되어 있을 때의 정지를 의미함. 최대 운동에너지 가속-정지 에너지가 더 엄격한 경우에는 고려할 필요가 없음.

■ 고운동 에너지 동력계 정지 후의 제동장치 조건

- 상기 항의 고 운동에너지 정지에 대한 실증에 이어, 3분 동안 주기(Parking) 제동장치가 즉시 그리고 완전히 작동할 때 주기 제동장치를 적용하고, 최소 5분간 타이어나 차륜 및 제동장치 조립체에 대한 화재를 포함하여 비행기의 안전과 완전한 탈출을 저해할 수 있는 어떠한 상태도

발생하지 않음을(또는 정지 중에 발생하지 않음을) 실증하여야 함.

■ 제동계통 용량

- 결함이 발생하는 경우 착륙 관련 조항(25.125)에서 정해지는 착륙거리의 2배 미만인 제동 물 정지거리에서 비행기가 멈출 수 있어야 하며, 제동유압계통의 유체 손실은 지상에서나 비행 중에 위험한 화재를 일으키거나 지속하게 하는 정도의 양이 되지 말아야 함.
- 상기 항과 관련하여 제동장치 마모량 지시계와 과열과열방지장치를 갖추어야 함.
- 사용 가능한 저장 에너지를 비행 승무원에게 지시하여 주는 장치가 있어야 함. 사용 가능한 저장 에너지는 미끄럼 방지 계통이 작동하지 않을 때 최소 6개의 제동장치를 완전히 작동시켜야 하며, 비행기운용을 인가 받은 모든 활주로 표면 조건에서 미끄럼 방지 계통이 작동할 때 비행기를 완전히 정지시킬 수 있을 만큼 충분한 양이어야 함.

■ 제동장치의 조작

- 조작 시 과도한 조작력을 요구하지 않아야 하며, 자동제동계통 장착 시 계통을 작동시키고 작동해제 시키는 장치 및 조종사가 수동 제동장치를 사용하여 자동제동계통의 작동을 멈출 수 있는 장치를 포함하여야 함.

■ 주기 제동장치

- 한 개의 엔진은 최대추력 상태이고 나머지 엔진 하나 혹은 모두가 지상에서 최대 공회전 추력인 상태가 가장 위험한 상태로 상호 조합되었을 때, 비행기는 건조하고 편평한 포장 활주로에서 구르는 것을 방지할 수 있도록 주기 제동장치를 가지고 있어야 함.

■ 호환성

- 비행기 및 해당 계통과의 차륜 및 제동장치 조립체 호환성이 실증되어야 함.

(4) TSO 기준에 따른 민간항공기용 제동장치 요구조건 및 시험항목 분석

Part 25급(수송급) 항공기용의 제동장치에 대한 기술기준인 TSO-C135에 따른 주요 요구조건 및 시험항목은 다음과 같음.

○ 환경조건 저항성

- 모든 부품들은 풍화, 부식, 마모 등 환경적인 요인으로 인한 강도의 저하 또는 악화에 적절히 보호되어야 함.

○ 화재 방지

- 패스너(Fastener), 시일(Seal), 그로멧(Grommet), 그리고 작은 전기부품 등 화재의 전파에 심각하게 기여하지 않는 작은 부품들을 제외한 모든 고체 소재들은 자기소화성(Self-Extinguishing)이어야 함.

○ 휠/제동장치 조립체(Wheel/Brake Assembly) 시험

- 설계착륙정지 시험(Design Landing Stop Test)

- ① 시험 중인 휠과 브레이크 조립체는, 각각 항공기 제조자가 지정하는 평균거리 평균감속도 D 로, 그러나 $10 \text{ ft/s}^2 (3.05 \text{ m/s}^2)$ 보다는 낮지 않은 감속도로, KE_{DL} 에너지에서 100회 정지를 이행해야 함. (Part 25.735 참조).

※ KE_{DL} - 휠/브레이크 정격 설계착륙정지 에너지(Wheel/Brake Rated Design Landing Stop Energy)

: KE_{DL} 은 설계착륙정지 시험의 100회 정지의 모든 정지 동안에 휠/브레이크/타이어 조립체가 흡수하는 최소에너지

- ② 설계착륙정지시험 동안에, 디스크 지지 구조물을 재사용할 계획인 경우나 디스크 구조물에 마모성 재료가 통합되어 있는 경우 디스크 지지 구조물을 바꾸지 말아야 함. 개별 블록들이나 통합 결합된 마모성 재료에 대해서 한 번의 교체가 허용됨. 통합 결합된 마모성 재료를 사용하는 디스크의 경우, 디스크 지지 구조물을 재사용하지 않는다는 조건으로 한 번의 교체가 허용됨. 나머지 휠/브레이크 조립체 부품들은 고장 혹은 운항에 지장 없이 100회 KE_{DL} 정지에 견뎌야 함.

- 가속-정지 시험(Accelerate-Stop Test)

- ① 시험 중인 휠과 브레이크 조립체는 항공기 제조자가 지정하는 평균 거리 평균 감속도로, 그러나 $6 \text{ ft/s}^2 (1.83 \text{ m/s}^2)$ 보다는 낮지 않은 감속도로 가속정지시험을 완료해야 함. (Part 25.735 (f)(2) 참조). 이 시험을 통해서, 다음의 어느 한 압력을 이용하여 휠 및

브레이크 조립체의 최대 가속-정지 에너지 정격 KE_{RT} 를 설정함.

a. 제동 정격 최대 동작압력 $BROP_{MAX}$

b. 항공기의 제동압력한계(예를 들어, 입증된 데이터에 근거하는 타이어/활주로 제동 능력)와 일치하는 최대 제동 압력

※ KE_{RT} - 휠/브레이크 정격 가속정지 에너지(Wheel/Brake Rated Accelerate- Stop Energy)

: KE_{RT} 는 가속정지 시험에서 휠/브레이크/타이어 조립체가 흡수하는 에너지

※ $BROP_{MAX}$ - 제동 정격 최대운용 압력(Brake Rated Maximum Operating Pressure)

: $BROP_{MAX}$ 는 브레이크로 하여금 항공기의 정지를 위한 요구조건을 만족하도록 하는 최대설계 압력

② 가속-정지 시험의 경우, 타이어, 휠 및 브레이크 조립체는 하나의 신품 브레이크와 하나의 완전 마모 브레이크에 대해서 KE_{RT} 에서 시험해야 함.

a. 신품 브레이크는 방열판(Heat Sink)의 유효 마모 범위(Usable Wear Range)가 5% 이하로 소모된 브레이크로 정의됨.

b. 마모된 브레이크는 방열판의 유효 마모 범위가 BRWL까지 이미 완전히 소모된 브레이크로 정의됨.

※ BRWL - 제동 정격 마모한계(Brake Rated Wear Limit)

: BRWL은 가속-정지시험의 준수를 보장하는(가능하다면 가장 엄격한 착륙 정지 시험도 함께) 최대마모한계

이 시험을 위한 각종 마찰 쌍의 브레이크를 통한 마모의 비율조정(Proportioning)은 동등하거나 유사한 어떤 브레이크의 사용 마모 경험이나 마모 시험 데이터에 근거해야 함. 시험에는 사용에 의한 마모 브레이크 요소와 기계적으로 마모시킨 브레이크 요소 가운데 어느 것이든지 사용할 수 있음. 기계적으로 마모시킨 브레이크 요소를 사용하는 경우, 그 요소가 사용에 의한 마모 브레이크 요소와 유사한 결과를 얻을 것을 기대할 수 있음을 입증해야 함. 시험 브레이크는 정지 횟수와 정지 유형을 겪게 하여 브레이크의 성능이 사용 중인 브레이크의 용도를 대표할 것이 보장되어야 함. 이들 정지 가운데 1회 이상은, 브레이크를 완전 마모 상태에 가깝게 한 상태에서 하는 설계착륙정지(Design Landing Stop)이어야 함.

③ 브레이크가 작용할 때, 타이어와 휠 및 브레이크의 온도, 특히 방열판의 온도는, 가급적 엄밀하게, 일반적인 사용 조건을 대표해야 함. 유도로 정지(Taxi Stop)에 의한 예열이 허용되는 하나의 수단임. 이 온도는 항공기가 램프(Ramp)로부터 가속될 수 있는 일반적인 제동 온도를 고려한 제동 사이클(Braking Cycle)의 합리적 분석결과와, 해당되는 대로, 후속 지상주행(Taxiing) 및 이륙가속(Takeoff Acceleration) 동안 방열판 온도 변화의 보수적 추정치에 근거하여야 함. 합리적인 분석결과가 없는 경우의 대안으로, 시작 방

열판 온도(Starting Heat Sink Temperature)가, 정상적인 주위온도 (59° F/15° C) 이상에서 시작하여, 타이어, 휠 및 브레이크 조립체에 10% KE_{RT}를 인가한 결과로 얻는 온도와 같아야 함.

④ 가속-정지 시험의 경우 완전 정지 입증에 필요하지 않음. 시험 제동 압력은 23 mph(10 m/s) 이하의 시험 속도에서는 방출할 수 있음. 이 경우에, 초기 브레이크온 속도(Brakes-on Speed)는 시험 중에 타이어, 휠 및 브레이크 조립체에 흡수되는 에너지가 지정 속도에서 시험을 시작하여 지상속도 0까지 계속해서 감속된 경우에 흡수되는 에너지보다 적지 않도록 조정되어야 함.

⑤ 정지 완료 후 혹은 앞의 ④항에 따른 제동 압력방출 완료 후 20초 이내에, 제동 압력은 제동 정격 최대 주기압력 BRPP_{MAX}에 조정하여 적어도 3분 동안 유지해야 함(Part 25.735 참조). 주기제동 압력 작용 후 5분이 경과하기 전에 타이어의 가장 높은 지점의 높이 이상으로 연장되는 지속적인 화재는 허용되지 않음. 그 시간이 경과할 때까지 어떠한 소방 수단이나 냉각제도 적용되지 않아야 함. 해당되는 경우(예를 들어, 휠 퓨즈 플러그에 의한) 압력방출 시작 시간은 기록해두어야 함. ④~⑤항에 따른 시험순서는 그림 33과 같음.

※ BRPP_{MAX} - 제동 정격 최대주기 압력(Brake Rated Maximum Parking Pressure)
: BRPP_{MAX}는 해당 브레이크에서 가능한 최대 주기압력

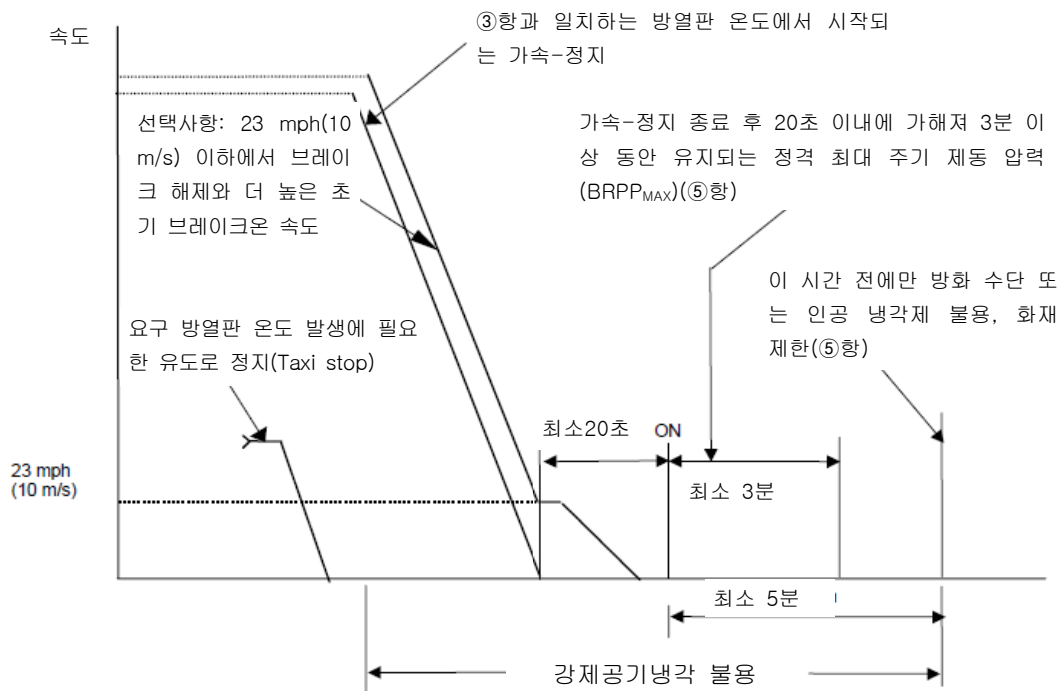


그림 33. 지상주행, 가속-정지, 주기 시험 순서

■ 최대 열악조건 착륙정지 시험(Most Severe Landing Stop Test)

① 시험 중인 휠과 브레이크 조립체는 항공기 제조자가 지정하는 대로 항공기에서 예상되는 가장 열악한 착륙 제동 조건의 시험을 받아야 함. 가속-정지시험에서 요구하는 조건이 더 열악하거나 위 시험 조건의 발생 확률이 지극히 낮은 것으로 항공기 제조자가 입증하는 경우 이 시험은 필요하지 않음. 필요한 경우, 이 시험을 통해서 다음의 어느 한 압력을 이용하는 비정상 조건에서 휠/브레이크 조립체의 최대 에너지 정격 KE_{SS} 를 설정함.

a. 제동 정격 최대 동작압력 $BROP_{MAX}$

b. 항공기의 제동압력한계(예를 들어, 입증된 데이터에 근거하는 타이어/활주로 제동 능력)와 일치하는 최대 제동 압력.

※ KE_{SS} - 휠/브레이크 정격 최대열악조건 착륙정지 에너지(Wheel/Brake Rated Most Severe Landing Stop Energy)

: KE_{SS} 는 최대열악조건 착륙정지 시험에서 휠/브레이크/타이어 조립체가 흡수하는 에너지

② 타이어, 휠 및 브레이크 조립체는 방열판의 유효 마모 범위가 이미 BRWL까지 완전히 소모된 브레이크로 시험 에너지 KE_{SS} 를 흡수할 수 있어야 함 (Part 25.735 참조). 이 시험을 위한 각종 마찰 쌍의 브레이크를 통한 마모의 비율조절(Proportioning)은 동등하거나 유사한 어떤 브레이크의 사용 마모 경험이나 마모 시험 데이터에 근거해야 함. 시험에는 사용에 의한 마모 브레이크 요소이든지 기계적으로 마모시킨 브레이크 요소이든지 사용할 수 있음. 기계적으로 마모시킨 브레이크 요소를 사용하는 경우, 그 요소가 사용에 의한 마모 제동 요소와 유사한 결과를 얻을 것을 기대할 수 있음을 입증해야 함. 시험 브레이크는 정지 횟수와 종류를 겪게 하여 브레이크의 성능이 사용 중인 브레이크의 용도를 대표할 것이 보장되어야 함. 이들 정지 가운데 1회 이상은, 브레이크를 완전 마모 상태에 가깝게 한 상태에서 하는 설계착륙정지(Design Landing Stop)이어야 함.

③ 브레이크가 작용할 때, 타이어와 휠 및 브레이크의 온도는, 특히 방열판의 온도는, 가급적 엄밀하게, 일반적인 사용 조건을 대표해야 함. 유도로 정지(Taxi Stop)에 의한 예열이 허용되는 하나의 수단임. 위의 온도들은 항공기가 램프(Ramp)로부터 가속될 수 있는 일반적인 브레이크 온도를 고려한 제동 사이클(Braking Cycle)의 합리적 분석결과와, 해당되는 대로, 지상주행(Taxiing), 이륙 및 비행 동안 방열판 온도변화의 보수적 추정치에 근거하여야 함. 합리적인 분석 결과가 없는 경우의 대안으로, 시작 방열판 온도(Starting Heat Sink

Temperature)가, 정상적인 주위온도(59° F/15° C) 이상에서 시작하여, 타이어, 휠 및 브레이크 조립체에 5% KE_{RT} 를 인가한 결과로 얻는 온도와 같아야 함.

- ④ 최대 열악한 착륙정지 시험의 경우 완전 정지 입증에 필요하지 않음. 시험 브레이크 압력은 20노트 이하의 시험 속도에서는 방출할 수 있음. 이 경우에, 초기 브레이크온 속도(Brakes-on Speed)는 시험 중에 타이어, 휠 및 브레이크 조립체에 흡수되는 에너지가 지정 속도에서 시험을 시작하여 지상속도 0까지 계속해서 감속된 경우에 흡수되는 에너지보다 적지 않도록 조정되어야 함.
- ⑤ 정지 완료 후 혹은 ④항에 따른 제동 압력방출 완료 후 20초 이내에, 브레이크 압력은 제동 정격 최대 주기제동압력 $BRPP_{MAX}$ 에서 적어도 3분 동안 유지해야 함. 주기제동 압력 작용 후 5분이 경과하기 전에 타이어의 가장 높은 지점의 높이 이상으로 연장되는 지속적인 화재는 허용되지 않음. 그 시간이 경과할 때까지 어떠한 소방 수단이나 냉각제도 적용되지 않아야 함. 해당되는 경우(예를 들어, 휠 퓨즈 플러그에 의한) 압력방출 시작시간은 기록해두어야 함. ④~⑤항에 따른 시험순서는 그림 34와 같음.

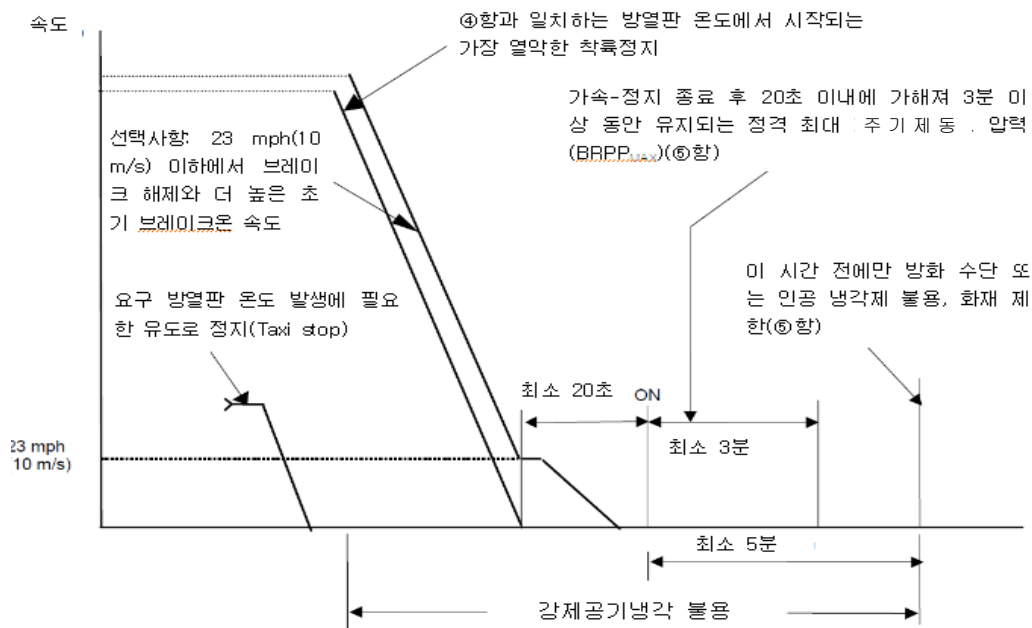


그림 34. 최대 열악한 착륙정지, 주기 시험순서

■ 구조토크 시험(Structural Torque Test)

- ① 이 시험을 통해 휠/브레이크 정격 구조토크 ST_R 을 구할 수 있음. 타이어, 휠 및 브레이크 조립체에, 해당되는 대로, ②항 또는 ③항에

서 지정하는 토크에 상당하는 반경방향하중 S와 항력 하중(Drag Load)을 적어도 3초 동안 가함. 브레이크 제동 정격 최대 주기압력 BRP_{MAX} 또는 이와 동등한 압력 이상을 가할 때 브레이크(들)를 통해서 전달되는 반력이 휠의 회전력을 이겨야 함. 그러한 압력 혹은 이와 동등한 압력이 회전을 막기에 불충분한 경우에는 압력을 가하고 있는 동안 마찰면을 클램프나 볼트로 고정하거나 다른 방법으로 구속할 수 있음. 이 시험을 위해서 완전히 마모된 브레이크 구성 BRWL이 사용되어야 함. 이 시험을 위한 각종 마찰 쌍의 브레이크를 통한 마모의 비율조절은 동등하거나 유사한 어떤 브레이크의 사용 마모 경험이나 시험기계 마모 시험 데이터에 근거해야 함. 시험에는 사용에 의한 마모 제동 요소와 기계적으로 마모시킨 제동 요소 중 어느 것이든지 사용할 수 있음. 항공기용으로 지정된 작동유체 이외의 것을 구조 토크 시험에 사용할 수도 있음.

※ ST_R - 휠/브레이크 정격 구조토크(Wheel/Brake Rated Structural Torque)
: ST_R 은 구조토크시험에서 보여지는 최대 토크

② 착륙장치 스트럿(Landing Gear Strut)마다 하나의 휠이 있는 착륙기어의 경우, 토크는 $1.2(SR)$ 임.

※ S - 휠 정격 정하중(Wheel Rated Static Load)

※ R - 휠 정격 타이어 하중 반경(Wheel Rated Tire Loaded Radius)

③ 착륙장치 버팀대마다 둘 이상의 휠이 있는 착륙기어의 경우, 토크는 $1.44(SR)$ 임.

④ 휠과 브레이크 조립체는 적어도 3초 동안 고장없이 하중을 지지해야 함.

○ 제동장치 조립체(Brake Assembly) 시험

■ 항복/초과압력 시험(Yield & Overpressure Test)

브레이크는 시험 중인 구조 요소들의 영구 변형을 일으키지 않고 적어도 5분간 BRP_{MAX} 의 1.5배에 상당하는 압력을 견뎌야 함. 최대 마모 상태를 모사하기 위해 액추에이터 피스톤을 연장한 상태에서 브레이크는 제동 정격 최대압력 BRP_{MAX} 의 2배에 상당하는 유압을 적어도 3초 동안 견뎌야 함. 필요한 경우, 이 시험 중에 피스톤 연장을 조정하여 지지 장치(Retention Device)와의 접촉을 방지해야 함.

※ BRP_{MAX} - 제동 정격 최대 주기 압력(Brake Rated Maximum Pressure)

: 설계상 브레이크에 가해지는 최대압력이며, 통상적으로 항공기의 공칭 최대 시스템 압력

■ 내구성 시험(Endurance Test)

브레이크 조립체는 시험동안 구조 고장 또는 기능이상 발생하지 않아야

하는 내구성 시험(Endurance Test)을 받아야 함. 이 시험을 위하여, 필요한 경우, 방열판 요소들은 적절한 대표적인 더미 매스(Dummy Mass)로 대체할 수 있음. 시험은 브레이크 조립체가 설계착륙정지시험에서 요구하는 최대 제동 압력들의 평균을 가한 후 BRP_{RET} 를 초과하지 않는 압력까지 방출하는 과정을 100,000회 반복하여 수행함. 피스톤은 마모한계 BRWL의 지정된 25, 50, 75, 100%에서 조정될 때 피스톤이 정지 상태에 있게 되는 4개위치 각각에서 25,000회 반복되도록 조정되어야 함. 이어서, 브레이크는 100% 마모한계에서 BRP_{MAX} 까지의 압력인가와 BRP_{RET} 까지의 압력방출을 과정이 5,000회 반복되게 해야 함.

※ BRP_{RET} - 브레이크 정격 수축 압력(Brake Rated Retraction Pressure) : 피스톤의 완전수축 상태를 보장하는 최대압력

■ 피스톤 유지(Piston Retention) 압력

유압 피스톤은 방열판을 분리하고 10초 이상 동안 BRP_{MAX} 의 1.5배 압력에서 누출 없이 양의 방향으로 유지되어야 함.

■ 극한온도유지 시험(Extreme Temperature Soak Test)

브레이크 작동 시스템은 다음 시험들에 관한 동적 누출 한계에 적합해야 함. 강제공기냉각을 하지 않고 수행된, 설계착륙정지시험 동안 겪었던 최대 피스톤 하우징 유체온도에서 브레이크의 24시간 이상 열간 유지 시험을 수행함. 열간 유지 온도(Hot Soak Temperature)가 유지되는 동안, 브레이크는 100회 설계착륙정지 동안에 요구 최대 제동 압력의 평균을 가했다가 BRP_{RET} 를 초과하지 않는 압력까지 방출하기를 1,000회 반복한 후 BRP_{MAX} 까지 올렸다 BRP_{RET} 를 초과하지 않는 압력까지 방출하기를 25회 반복하는 시험을 받아야 함. 그런 후 브레이크는 열간 유지 온도에서부터 냉간 유지 온도 $-40^{\circ}F(-40^{\circ}C)$ 까지 냉각시켜 그 온도에서 24 시간 이상 유지되어야 함. 냉간 유지 온도에서 유지되는 동안, 브레이크는 KE_{DL} 정지 동안 요구 최대 브레이크의 평균압력까지 가했다 BRP_{RET} 를 초과하지 않는 압력까지 방출하기를 25회 반복한 후 BRP_{MAX} 까지 가했다 BRP_{RET} 를 초과하지 않는 압력까지 방출하기를 5회 반복하는 시험을 받아야 함.

■ 누출 시험(Leakage Tests) - 유압브레이크

① 정적누출 시험(Static Leakage Test)

브레이크는 적어도 5분간 BRP_{MAX} 의 1.5배에 상당하는 압력을 받게 해야 함. 제동 압력은 적어도 5분간 5 psig(35 kPa)의 작동 압력까지 조정되어야 함. 이 시험 중에 측정할 만한 누출(한 방울 이하)이 없어야 함.

② 동적누출 시험(Dynamic Leakage Test)

브레이크는 BRP_{MAX} 까지 가했다 각각 BRP_{RET} 를 초과하지 않는 압력까지 방출하기를 25회 반복하는 시험을 받아야 함. 정지형 썰의 누출은 미량(Trace)을 초과하지 않아야 함. 이동형 썰은 주변 썰 길이의 3인치(76 mm)마다 한 방울 이상의 액체를 초과하지 않아야 함.

(5) SAE ARP 기준에 따른 민간항공기용 제동장치 요구조건 및 시험항목 분석

- SAE ARP(Aerospace Recommended Practice)는 Society of Automotive Engineers의 Aerospace 관련 단체규격으로, 법적인 요구사항은 아니지만 SAE ARP 597D(2008)에서 제동장치 시험평가에 일반적으로 요구되는 사항들을 기재하고 있으므로 참고자료로 사용이 가능함.

- 일반적인 제동장치 내구성 요구사항

- TSO-C135 요구사항(중복 생략)

- 추가 요구사항

- 제동장치 마모시험(Brake Wear Test)

- 제동장치 시험 스펙트럼(표 참조)은 서비스수명 평가의 기초를 제공함. 경험에 의하면, 이들 시험들은 진동추이와 서비스중 발생하는 다른 문제들에 대하여도 의미있는 정보를 제공함.

- 진동시험(Vibration Testing)

- SAE AIR 1064는 승객에 의해 진동이 감지되거나 제동성능을 저해하지 않는 정도의 작용으로부터, 각각의 제동장치의 제동성능을 손상시키고 결국 항공기 제동성능에까지 영향을 주는 파괴모드에까지 범위를 가지는 제동장치와 랜딩기어 시스템의 진동모드에 대한 서술을 제공함.

- 확장내구시험(Expanded Endurance Test)

- 경험에 의해, 제동장치의 구조적 내구성의 증가에 따라 실제 운용시 더 긴 수명을 기대할 수 있음. 50 psig에서 최대제동압력까지의 105,000회 반복 내구성 시험이 권장되며, 이 시험은 TSO-C135의 요구사항을 만족하는데 사용될 수 있음.

- 온도/크립(Temperature/Creep)

- 휠과 제동장치의 설계는 온도와 크립에 대한 해석을 포함하여야 하며, 이는 항공기 제작자 요구사항들과 내구성 목표에 부합함을 입증하기 위한 것임.

- 정적토크(Static Torque)

이 시험은 특히 탄소 브레이크에 권장되는데, 스틸브레이크커플과 비교하여 더 작은 평균 및 최소정적마찰계수를 보이기 위한 것임. 이 시험에 의해, 제동장치가 주기시와 엔진의 런업(Run Up) 조건에서 14CFR 25.735의 요구사항에 적절한 정적토크를 가지는 것을 증명함.

- 동적토크(Dynamic Torque)

휠/제동장치 조립체가, 비행기에서 발생할 수 있는 제동하중과 하중반복회수가 고려되는 내구성스펙트럼에서 동적으로 입증되는 것이 권장됨. 해당 비행기에 토크제한장치가 사용된다면, 시험시에 이 장치를 작동하지 않도록 함.

○ 일반적인 제동장치 내구성 시험

■ 제동장치 마모 시험

표 21, 22의 시험들은 일반적으로 스틸 브레이크 및 탄소 브레이크의 수명추이를 수립하기 위한 충분한 방법임. Taxi Stop과 Snub의 회수는 탄소 브레이크의 수명을 결정하는데에 특별히 중요함. 스틸브레이크의 경우, 착륙에너지가 수명특성을 결정하는데에 중요한 역할을 함.

■ 정적토크

이 시험들은 각각의 시험순서에 있어 표 21, 22의 마모스펙트럼 조건이 적용되어야 함. 마찰표면의 회복(Reconditioning)을 위해, 매회의 착륙 시퀀스마다 1회의 정적당김(Static Pull)을 수행해야 함. 모든 시험중에 적용되는 제동장치 압력은 주기압력(Parking Pressure)임. 이 시험들은 다음 조건과 함께 적용되어야 함.

- 제동장치 마모 상태 : 새제품 및 마모제품(New and Worn-in)

- 환경 조건 : 건조 및 습윤 또는 고습 노출

- 제동장치 온도 : 냉/온

○ 제동장치 수명 특성 스펙트럼

표 21, 22이 참고로 사용될 수 있음. 더 상세한 시험스펙트럼은 특정 항공기 모델의 운용조건에 따라 결정되며, 항공기 제조자에 의해 제공될 수 있음. 이들 시험시, 시험장비에서 가능하다면 자동제동과 관련된 제동 파라미터의 시뮬레이션을 포함하는 것이 바람직함. 설계착륙정지에너지는 14CFR 25.735(2장 2절 2 내용 참조)에 의한 것임.

표 21. 스틸 브레이크 내구성 평가 (SAE ARP)

Number of Stop Sequences ¹	Landing Stop Energy Level % Normal Energy	Landing Stop Deceleration ft/s ² [m/s ²]	Inertia Equivalent % of Normal Energy
100	20	6 [1.83]	90
100	40	6 [1.83]	90
50	60	6 [1.83]	90

¹ Each landing stop to be preceded by a cold taxi spectrum, followed by a hot brake simulated taxi stop spectrum, and parking at ramp. The total number of stop sequences should be based upon wear trends (increasing, decreasing; stabilized wear trends?) as required for proper brake life estimates.

Cold Taxi Spectrum

3 Snubs 15 knots to 5 knots
 3 Snubs 35 knots to 20 knots Deceleration = 4 ft/s² [1.22 m/s²]
 2 Snubs 25 knots to 5 knots
 2 Stops 15 knots to 0 knot
 1 Stop to simulate gear retraction braking

Hot Taxi Spectrum

3 Snubs 30 knots to 20 knots
 3 Snubs 30 knots to 15 knots Deceleration = 4 ft/s² [1.22 m/s²]
 2 Snubs 15 knots to 10 knots
 2 Stops 10 knots to 0 knot

Parking at Ramp: Brakes set at parking brake pressure for 5 min and test to be resumed after the brake temperature cools down to 250 °F [121.1 °C]. Artificial cooling may be used to accelerate testing for this phase.

표 22. 탄소 브레이크 내구성 평가 (SAE ARP)

Condition	Sequences ¹	Energy Level % Normal Energy	Landing Stop Deceleration ft/s ² [m/s ²]	Inertia Equivalent % of Normal Energy
New	100	30	3 [0.91]	90
New	100	50	6 [1.83]	90
70% Worn ²	25 ³	30	3 [0.91]	90
70% Worn	100	30	3 [0.91]	90
70% Worn	100	50	6 [1.83]	90

¹ Each landing stop to be preceded by a cold taxi spectrum, followed by a hot brake simulated taxi stop spectrum, and parking at ramp. The total number of stop sequences should be based upon wear trends (increasing, decreasing; stabilized wear trends?) as required for proper brake life estimates.

² Carbon discs may be machined to simulate 70% worn condition. An alternative to 70% worn may be selected such that the brake is approximately 100% worn at the conclusion of the wear test.

³ 25 break-in stops at 30% normal energy landing condition.

Cold Taxi Spectrum

3 Snubs 15 knots to 5 knots
 3 Snubs 35 knots to 20 knots Deceleration = 4 ft/s² [1.22 m/s²]
 2 Snubs 25 knots to 5 knots
 2 Stops 15 knots to 0 knot
 1 Stop to simulate gear retraction braking

Hot Taxi Spectrum

3 Snubs 30 knots to 20 knots
 3 Snubs 30 knots to 15 knots Deceleration = 4 ft/s² [1.22 m/s²]
 2 Snubs 15 knots to 10 knots
 2 Stops 10 knots to 0 knot

Parking at Ramp: Brakes set at parking brake pressure for 5 min and test to be resumed after the brake temperature cools down to 250 °F [121.1 °C]. Artificial cooling may be used to accelerate testing for this phase.

(6) MIL 기준에 따른 군용항공기용 제동장치 요구조건 및 시험항목 분석

군용항공기용 제동장치에 관한 규격인 MIL-W-5013L에 따른 주요 요구조건 및 시험항목은 다음과 같음.

○ 환경조건 저항성

- 조립체의 모든 부품들은 내식성 자재로 제조되거나 정상적인 사용수명 (Service Life) 동안 내부적으로나 외부적으로 적절히 부식에 대해 보호되어야 함. 서로 접촉하는 이종금속은 사용하지 말아야 함. 현실적으로 그렇게 할 수 없는 경우 이들 금속은 전기 부식에 대해서 적절히 보호되어야 함. 이종금속에 관해서는 MIL-STD-889에서 정의됨. 탄소 합성재들은 이종금속 문제와 관련될 때, 흑연으로 간주되어야 함.
- 조립체는 다음과 같은 주위 온도에 노출 중이거나 그 후에 본 규격의 요구사항들을 충족할 수 있어야 함.
 - a. 보관: $-80^{\circ}\text{F} \sim +185^{\circ}\text{F}$ ($-62^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$)
 - b. 동작: $-40^{\circ}\text{F} \sim +160^{\circ}\text{F}$ ($-40^{\circ}\text{C} \sim +71^{\circ}\text{C}$), 해발 $\sim 15,000$ feet
- 조립체는 해발에서부터 최대 동작 고도까지의 압력에 노출되는 동안과 그 후에 본 규격의 요구사항들을 충족할 수 있어야 함.
- 조립체는 동작 및 비동작 상태에서 100%까지의 상대습도에 노출되는 동안과 그 후에 본 규격의 요구사항을 충족하여야 함. 이때 기기 내외 부에서 응축이 발생하는 조건도 포함함.
- 조립체는 동작 및 비동작 상태에서, 열대 기후로 인해서 성장하는 균류에 무기한으로 노출되는 동안과 그 후에 본 규격의 요구사항을 충족하여야 함.
- 조립체는 동작 및 비동작 상태에서, 사막 지역에서 겪는 모래와 먼지 입자들에 노출되는 동안과 그 후에 본 규격의 요구사항을 충족하여야 함.

○ 소재 및 공정 관련

- X선 검사(X-ray Control)
주물은 MIL-STD-2175에 따라 방사선사진술로 분류 및 검증되어야 함.

- 침투탐상검사(Penetrant Inspection)

구매부서에 의한 별다른 승인이 없는 경우, 침투탐상검사는 MIL-STD-6866에 따라야 함. 완전 기계 가공된 알루미늄 주물은 100% 침투탐상검사를 받아야 함.

- 자분탐상검사(Magnetic Inspection)

휠과 브레이크 조립체의 모든 고응력 자화 부품들은 MIL-STD-1949에 따라서 자분탐상검사를 받아야 함. 모든 연삭 크롬판재 부품들은 형광자분탐상검사를 받아야 함.

- 초음파검사(Ultrasonic Inspection)

초음파검사는 설계제안도면에서 승인된 관련 자재 규격서에 따라야 함. 원래의 단조 빌렛이나 중간 단조 상태에서 초음파검사를 하는 경우에 최종 기계가공 단조는 필요하지 않음. 티타늄 및 강 제품의 초음파검사 요구사항들은 MIL-I-8950의 AAA등급에 따라야 함.

- 탄소 복합재 방열판(Heat Sink) 관련

- 흑연 복합재와 접촉하는 금속들이 사용되는 경우 이들 금속은 MIL-STD-889가 정의하는 이중금속으로 간주되어야 함. 금속들은 흑연 복합재와 접촉하여 전기 부식을 일으키기 쉬움.

- 일관성 시험(Material Consistency Test) 기준을 정해야 함. 후속생산 브레이크 방열판의 품질관리에 필요한 기준선 물성(Baseline Properties)을 지정하기 위하여 시험재료의 생산단위 표본(Batch Sample)에 대해서 계약자가 정한 재료 물성시험을 행하여야 함. 품질인정을 받은 제품과 비교하여 마찰, 마모, 산화, 밀도, 강도, 신축성 등의 균일성을 보증하기 위한 주요 구성 탄소 방열판 일관성 시험을 포함해야 함.

- 휠/제동장치 조립체(Wheel/Brake Assembly) 시험

- 동적 토크 시험(Dynamic Torque Test)

- ① 정지 횟수 및 감속률은 MIL-W-5013L의 3절에 정해진 대로 계산해야 함. 휠과 브레이크에 대해서는 45회-5회 시험을 9회의 정상적인 에너지 정지(육상기 착륙 설계 총중량) 순서에 따라 수행한 후에 1회의 초과하중 정지(최대착륙총중량)를 수행하며 이 순서를 5회 반복하는 것으로 지시된 표23, 24에 정해진 시험내용들을 성공적으로 완료해야 함.

- ② 이 시험 동안 브레이크 조립체는 해체될 수 없으며 부품들은 교체 또는 분리될 수 없음. 퓨즈 플러그(Fuse Plug)는 RTO 또는 선회시험(Turnaround Test) 후 최소한 1분간은 뽑지 않아야 함. 5회 정지 조건에서 냉각공기 최대속도는 5mph이다. 브레이크는 공기호스 따위를 사용하여 내면의 먼지만 제거할 수 있음. 휠 조립체를 재설치할 경우 브레이크 회전 디스크는 같은 위치에 휠이 해체되었을 때 브레이크 회전 디스크들이 다른 디스크들과 관계되었던 대로 설치되어야 함. 이는 지속적인 디스크 라이닝 패턴을 보장하기 위해서 필요함.
- ③ 시험을 마친 후 모든 부품을 청소한 후에 자분이나 액체침투 같은 보조 검사방법들을 이용하여 검사해야 함. 20회, 45회-5회, 또는 100회 정지 상태 동안 구조 무결성을 훼손할 정도로 이 시험 동안 어떤 부품에 균열이 있어서는 안 됨. 균열 또는 결함이 존재하는 경우에 최초품목시험보고서에 결함의 유래와 원인 그리고 지속적인 서비스의 잠재적 영향을 알기 위한 분석이 수행되어야 함.
- ④ 이 시험에 사용되는 타이어들은 생산품 크기의 타이어로만 해야 함. 튜브리스 휠을 시험할 때는 튜브리스타이어를 사용해야 함.

※ 제동용량 계산

: 브레이크는 인가된 보조 제동장치와 함께 표 23에 나타낸 조건에서 항공기를 정지할 수 있어야 함. 제동 장치에 필요한 설계 에너지 용량을 구하기 위하여 아래 방법들 가운데 하나를 이용하며, 선회(turnaround)와 같은 비행 임무 요구사항들이 더 열악한 브레이크 사용을 해야만 하는 기타 브레이크 시스템 동작을 규정해야 하는 경우, 해당 비행 임무에 대해서 적절한 브레이크 다이내모미터 시험 조건이 정해져야 함.

① 방법 I : 아래 공식을 이용

$$\text{Kinetic Energy} = CWV^2 \text{ (ft} \cdot \text{lb)}$$

C : nose 또는 bicycle gear 항공기와 모든 헬리콥터의 경우 0.0423
tail wheel 항공기의 경우 0.0344

W : 고려되는 착륙조건에서 파운드 단위의 항공기 무게

V : 고려중인 무게 W에서 노트 단위로 항공기의 무동력실속(Power-off stall speed). 구매부서에서 달리 지정하지 않는 경우, 헬리콥터는 35 노트의 속도를 사용해야 함.

② 방법 II : 필요한 제동 용량은 일반적으로 인정되는 동역학 및 공기 역학의 원리들에 근거하여 수학 및 도형 분석으로 계산할 수 있음. 정확한 표현은 항공기에 따라 달라지지만 일반적으로 다음과 같은 요소들이 서로 다른 항공기 중량에 의한 영향을 나타내는 곡선 및 표와 함께 고려됨. 방법 II를 이용할 경우, 계약자는 제안된 시스템의 승인을 얻기 위하여 구매부서가 허용하는 적절한 분석자들을 준비하여야 함.

- a. 착륙 순간의 항공기의 실제 에너지
- b. 정지 중의 항공기 추진시스템 추력이 항공기에 가하는 운동에너지의 총합
- c. 정지 중의 항공기 공기역학적 제동에 의해서 흡수되는 운동에너지의 총합
- d. 표 23에 따른 정지 해당 부분 동안, 프로펠러 역추력, 감속 낙하산 또는 제트 역추력과 같은 보조 제동력에 의해서 흡수되는 운동에너지의 총합
- e. 정지 중에 휠 브레이크에 흡수되는 운동에너지의 총합
- f. 정지 중에 휠 하중이 감소하는 결과로, 타이어의 미끄럼 없이 토크 감소가 발생할 때 날개 양력의 영향
- g. 각종 휠들에 분포되는 하중과 브레이크 용량
- h. 총 정지거리
- i. 엔진 가동 중 항공기를 정지 상태로 유지하기 위한 정적 힘
- j. 적절한 지상 바람, 공항 고도 및 대기조건
- k. 항공기의 착륙 속도 및 무게는 6.4.9항에 지정되는 항공기 설계 조건 이상이어야 한다.
- l. 각 설계 조건의 브레이크 지연력 대 시간 곡선과 브레이크 지연력 대 속도 곡선

표 23. 휠 브레이크 용량 요구사항

항공기 종류	다이 나모 미터 정지 횟수	평균 감속률 ¹ (ft/s/s)	항공기 중량	에너지 절감 ² (energy credit)		브레이크 온 속도
				역진 프로펠러 또는 엔진 추력	감속 낙하산 (drag parachute)	
육상/항모 운용						
폭격	45 ³	10	LPLGW	있음 ⁴	있음 ⁴	.9V _A
전투 또는 요격	5 ³	10	MLGW	없음	있음 ⁴	.9V _A
공격	2 ⁵	10	MLGW(RTO)	없음	없음	.9V _A
정찰	2 ⁶		MTOGW(RTO)	없음	있음 ⁴	1.0MWLO
탱커(급유)	1 ⁷	10	LPLGW(착륙)	없음	없음	.9V _A
	* ⁷	4-6	LPLGW(택시인)	없음	없음	
	* ⁷	4-6	MTOGW(택시아웃)	없음	없음	
	1 ⁷	10	MTOGW(RTO)	없음	없음	.9MWLO
육상 운용						
초계 또는 대잠	100	10	LPLGW	있음 ⁴	있음 ⁴	.9V _A
기뢰부설						
화물 또는 수송	2 ² ₆	10	MTOGW(RTO)	없음	없음	1.0MWLO
지상 지원						
훈련						
연락						
헬리콥터	20	6	기본 설계 총중량	해당 없음	해당 없음	35 노트
연구 및 기타 등재되지 않은 종류	구매부서에서 지정					

주:

1 방법 I과 함께 사용되어야 함. 방법 II를 사용하는 경우 항공기 감속 및 다이나모미터 감속은 제출된 계산값과 일치하며 등재된 최소값이어야 함.

2 에너지 절감액은 경우마다 구매부서 승인을 받아야 함.

3 45-5 동적 토크 순차는 9회의 지상항공기 착륙 설계 총중량 정지에 이어서 1회의 최대 착륙 총중량 정지의 5회 순서로 수행되어야 함.

4 표준 착륙 절차로 이용되는 경우

5 조건이 더 결정적인 쪽으로 시험

6 45 및 5회 정지, 또는 100회 정지 조건(어느 쪽이든 해당되는 대로)을 위해 사용되는 마찰 재료는 마모 브레이크 RTO 정지에 사용되어야 함. 새로운 마찰 재료 및 마모 브레이크 RTO에 의한 사용을 초과하여 손상된 기타 부품들은 새 브레이크 RTO 정지 전에 교체할 수 있음. 마모 브레이크 RTO가 표의 요구사항을 만족시키는 경우, 새 브레이크 RTO는 필요하지 않다. 마모 브레이크 RTO 정지는, RTO 요구사항을 만족시키지 않는 한, 참고용에 지나지 않음. 그러나 비교란은 시험보고서의 일부로서 포함되어야 함.

7 고속 선회

A = 관련 중량을 위한 표준일 접근속도

LPLGH = 지상항공기 착륙 총중량

MLGW = 최대착륙총중량

MWLO = 합리적인 주회 부양속도

MTOGW = 최대이륙총중량

* 최소추력(Idle Thrust)과 넘버 페이스(Number Phase)에 대항하기 위해 필요한 지상활주 제동 중에 예상되는 정지횟수의 함수로서 브레이크 에너지

표 24. 휠 브레이크 현장서비스 수명범위 분석 서식

브레이크 정지 관련 항목들	정상 착륙	짧은 활주로 착륙	초과중량 착륙	임무 포기
운동에너지(ft-lb)				
감속도(ft/s/s)				
타이어 하중(lb)				
브레이크온(제동시작) 속도(kts)				
플라이휠 관성 등가 무게(lb)				
30노트에서 지상활주 거리(ft)	정지 전후 7500	정지 전후 3000	정지 전후 7500	정지 전 3000
지상활주 중의 정지횟수 및 정지 순서 (그 가운데 하나는 최대 제동력이어야 함.)	정지 전후 2	정지 전후 2	정지 전후 2	정지 전 2
각 조건에서 정지횟수 및 정지 순서(좌에서 우로, 위에서 아래로 읽음.)	5	-	1	-
	5	1	-	-
	20	1	-	-
	60	-	3	-
	5	-	1	-
	5	-	-	1
합계	100	2	5	1

주:

1. 표 23 에 기입된 모든 지상 및 항모 기지와 지상 기지에 해당. 모든 조건은 서비스 중인 평균 예상 운항 항공기를 대표해야 함. 휠 브레이크의 설계 목표는 구매부서가 지정하는 착륙 횟수임. 표 24 에서, 분석은 항공기의 서비스 중에 경험할 것으로 예상되는 실제적인 평균 조건들에 근거해야 함.

b. 지상활주 중의 브레이크 제동과 흡수 에너지는 항공기별로 지정되는 운항 환경과 일치해야 함. 모든 지상활주 중에 30 노트의 냉각공기를 이용할 수 있음. 톨링 중의 지상활주 급정지는 항공기 시스템에 적용되는 경우 명기될 수 있음.

c. 성공 기준

브레이크 제동 없음

고장 부품 없음

요소 왜곡 없음

구속 없음

토크/압력 관계

기능이상 없음

해당되는 경우 열적 한계

정지거리

■ 스펙트럼 동적 토크 시험(Dynamic Torque Test)

- ① 추가되는 모든 동적 토크시험은 동적토크 시험에 사용되는 것과는 다른 브레이크 조립체에서 수행되어야 함. 이 시험은 표 23에 지정되는 에너지 입력의 서비스 유형을 반복해야 함. 전체 시험은 표 23의 육상기 착륙설계총중량 조건에 사용된 것과 같은 등가 관성으로 수행되어야 함. 시험 순서와 정지 횟수는 구매부서의 승인을 받아야 함.

- ② 동적 토크 시험 스펙트럼에 노출되는 탄소 방열판은 설치되는 위치에 해수로 적신 표면 시험을 수행해야 함.

■ 정상에너지 동적 토크 시험(Dynamic Torque Test)

- ① 정상 에너지 동적 토크시험은 표 21에 따라서 수행되는 제동 정지로 이루어져야 함(해당되는 대로 45회-5회 또는 100회 정지). 정적 토크 견인력(Static Torque Pull)은 정적토크 시험의 요구사항들에 대한 적합성을 입증하기 위하여 표 23에 기입된 각각의 정지 전 및 후에 수행되어야 함. 정상적인 에너지 동적 시험 중에 수행되는 정지 중에 증가하는 브레이크 열로 인한 타이어 비드 시트 온도는 350° F를 초과하지 않아야 함.
- ② 탄소 방열판이 설치된 경우 휠을 분리한 상태에서 방열판에 2리터의 해수 혹은 등가물을 분사한 후, 45회-5회 정지를 위한 5회의 착륙 설계총중량 조건 정지와 1회의 최대착륙총중량 조건 정지 또는 100회 정지를 위한 10회 착륙설계총중량 조건 정지를 수행해야 함.

■ 탄소 브레이크 습식 시험(Carbon Wet Brake Test)

표 23의 주 6에 따라 수행되는 RTO 후에, 탄소 브레이크에서 다음 RTO를 수행해야 함. 신품 브레이크 또는 표 23의 주6의 RTOS 완료 후 상태 재조절 된(표 21의 45 및 5회 정지 또는 100회 정지 조건과 동등하거나 더 크게 마모된) 브레이크에 2리터의 해수를 적셔서 브레이크는 정보를 얻을 목적만으로 표 의 RTO를 받아야 함. 해수(Sea Water)는 ASTM 01141-52에 따른 대체 해양수(Substitute Ocean Water)이어야 함.

■ 턴어라운드 동적토크 시험(Turnaround Dynamic Torque Test)

종합적인 항공기 시스템에 임무 턴어라운드 요구사항(Mission Turnaround Requirement)이 부과되는 경우에 특수 브레이크 동적 토크시험 순서를 수행하여 필요한 능력을 입증해야 함. 시험 순서는 정부 구매부서의 승인을 받아야 함.

■ 브레이크 퓨징 레벨 및 열방출 동적 토크 시험(Brake Fusing Level and Thermal Release Dynamic Torque Tests)

① 브레이크 퓨징레벨 정지(Brake Fusing Level Stop)

최대 활주착륙 중량(Maximum Field Landing Weight)으로 정상적인 착륙을 한 후 브레이크는 항공기를 지상활주 속도까지 감속한 후에 0까지 감속해야 함. 1분 동안 제동 압력을 가한 후 브레이크는 퓨징

되거나 휠과 고착되지 않아 지속적인 지상 활주를 위해 자유롭게 굴러야 함. 표준일 조건, 무풍, 0.3 타이어 계수가 적용되어야 함.

② 열방출 동적토크 시험(Thermal Release Dynamic Torque Test)

열방출 동적 토크시험은 표 24의 초과중량 착륙조건에 맞는 시험 장치를 이용하여 수행되는 일련의 제동 정지로 이루어짐. 브레이크 작용 속도를 조정하여 휠과 브레이크 장치에 흡수되는 운동에너지의 양은 휠 열 플러그(Wheel Thermal Plug)에서 타이어 팽창압력을 방출하게 될 운동에너지 흡수의 최소값을 정하기 위한 방식으로 정지 때마다 변해야 함. 시험계획에 시험 순서를 대략적으로 기술해야 함. 이들 시험은 브레이크 스택(Brake Stack)이 최대 마모 한계에 가까울 때 수행해야 함. 이러한 정지 중에 기록되는 온도를 통해서 브레이크 운동에너지 흡수와 타이어 비드 시트, 차축 및 미끄럼 방지 휠 속도 센서 온도 사이의 관계를 확립해야 함. 이 시험을 위해 5mph 보조 냉각공기를 사용할 수 있음. 이 시험은 자료를 목적만으로 수행됨.

■ 정적 토크 시험(Static Torque Tests)

동적 토크시험 동안에, 지상계수(Ground Ccoefficient) 0.55에서 최대 휠 하중에 상당하는 정적 토크를 발생시키기 위해 필요한 브레이크 압력은 다음과 같은 조건에서 결정되어야 함.

- a. 실온(약 70° F(21° C))의 브레이크
- b. 육상기 착륙설계중량 에너지 정지로 가열된 브레이크와 그 정지 완료 후 가급적 이르게 적용되는 정적 토크시험
- c. 표 21에서 요구하는 정지 횟수의 10% 이상, 약 50%, 그리고 다시 90% 후. 브레이크가 탄소인 경우 각 조건에 대해서 1회의 추가 습식 정적 토크시험이 있어야 함(이 시험은 타이어의 회전반지름에 접선힘을 가하여 수행할 수 있음). 이 시험은 ‘동적 토크시험’의 일환으로 수행되어야 함.

■ 지상활주 및 주기 시험(Taxi and Parking Test)

표 24에 따라서 수행되는 정상조건 제동 정지를 완료한 후 1분 이내에 휠 브레이크 조립체는 최소한 10,000피트의 지상활주로 지상 활주를 해야 함. 지상 활주 전체에 걸쳐 유압동작시스템(설치된 경우)의 최대 정상상태 배압의 110% 이상의 압력을 브레이크 입구 포트에서 유지해야 함. 지상 활주가 완료되었을 때 브레이크 입구 포트에 최대 주기(Parking) 유압유 압력을 가해서 한 시간 이상 유지해야 함. 한 시간 이상 경과한 후에 브레이크 입구 포트 압력은 최대정상상태 배압의 110%까지 감소되어야 함. 시험 종료 후에 브레이크는 기능적으로 원활한 동작을 해야 하며 최대제동 유압유 압력을 가할 수 있어야 함.

■ 구조 토크 시험(Structural Torque Test)

브레이크는 정상 동작압력(기계식 브레이크의 경우, 힘)의 2배 혹은 최대 안전 동작압력 가운데서 어느 쪽이든 더 높은 압력에서 동작해야 함. 이때 가해진 접선하중(Tangential Load)이 휠의 최대 정격 정지하중의 1.2배(헬리콥터의 경우 1.0배)가 될 때까지 타이어의 정하중 반지름에서 접선하중을 가해야 함. 휠 최대 정격 정하중의 1.2배(헬리콥터의 경우 1.0배)의 요구되는 접선하중을 견디도록 브레이크의 마찰면을 볼트로 채우거나 클램프로 조이거나 다른 방법으로 구속시킬 수 있음. 휠과 브레이크는 파괴되지 않고 구조 토크시험을 견뎌야 함. 동시회전 노즈-휠도 동시회전 요소의 구조 무결성을 확인하기 위한 시험을 해야 함. 이 시험의 경우 타이어의 회전반지름(Rolling Radius)에 가해지는 휠 최대정격하중 1.2배의 접선하중을 받아야 함. 이 시험으로 인한 파괴의 흔적이 없어야 함.

■ 압력-토크 응답 시험(Pressure-Torque Response Test)

압력-토크 응답시험은 다이내모미터(Dynamometer)로 수행되어야 하며 스킨드 제어 시스템 정밀조정(Skid Control System Tuning)에 이용할 수 있도록 먼저 수행되어야 함. 제동 압력은 브레이크에서 측정해야 함.

① 보데 플롯(Bode Plots)

이들 시험은 아래에서 지정되는 조건들에 대한 브레이크압력/토크 주파수 응답에 관한 보데플롯(진폭비 및 위상각 대 주파수)을 구성할 목적으로 수행되어야 함. 진폭비는 피크-피크 입력 제동 압력으로 나눈 피크-피크 출력 토크로 정의됨. 스킨드 제어 밸브(Skid Control Valve)는 실제 항공기를 모사하는 유압유 라인 길이로 압력 사이클링을 위해 사용되어야 함. 시험은 동적토크시험에 따른 최소한 10회 브레이크인(Break-in) 정지(또는 동등한 작용)를 당하는 브레이크에서 수행되어야 함. 이들 시험은 시험 주파수에서 동압 사이클링(Dynamic Pressure Cycling)이 $150 \pm 50 \text{Psi}$ 피크-피크와 같은 상태에서 대략 평균압력으로 수행되어야 함. 습식 브레이크 시험은 탄소 브레이크에 대해서만 수행됨. 적신 시간과 습식 브레이크 시험 사이의 시간을 기록해야 함. 마찰 면(Rubbing Surface)들이 젖은 상태로 유지되는 한에서는 시험 시간을 최소로 하기 위하여 습식 시험 지점(Wet Test Point)들을 조합할 수도 있음. 시험 주파수, 시험 속도 및 평균압력은 제동 주파수 응답 특성을 충분히 나타낼 수 있도록 선택되어야 함. 다이내모미터 등가 관성 및 방열판 하중 비율(HP/in)은 동적토크시험의 정상적인 착륙 조건과 거의 같아야 함.

② 스텝/램프 시험(Step/Ramp Testing)

이들 시험은 아래에서 정의되는대로 스텝(Step) 및 램프(Ramp) 입력들에 대한 기기의 압력 대 토크 응답 특성을 결정하기 위하여 수행됨. 여기서 수정되는 경우를 제외하고, 보테플롯의 시험 조건들이 적용되어야 함. 데이터는 압력/토크 시간 이력에 기록되어야 함. 입력 압력 스텝/램프 및 시험 속도는 스텝 및 램프에 대한 브레이크 응답을 충분히 나타내도록 선택되어야 함. 시험은 외기온도에서부터 정상적인 착륙 조건의 브레이크 온도까지 범위의 3개 브레이크 온도에서 수행하는 시험들을 포함해야 함.

■ 내구성 시험(Endurance Test)

유압 브레이크는 정상동작압력과 동등한 압력을 가하고 해제하는 100,000 사이클(헬리콥터의 경우 50,000사이클) 그리고 최대동작압력과 동등한 압력을 가하고 해제하는 5,000사이클(헬리콥터의 경우 2,500 사이클)을 겪어야 함. 이 시험은 조정과 조정 사이에 허용되는 최대간격과 동등한 최소간격을 이용하여 수행되어야 함. 시험의 첫 부분은 각각 25%, 50%, 75%, 100% 이동거리와 동일한 브레이크 피스톤 행정의 4 위치 각각에 25,000사이클(헬리콥터의 경우, 12,500사이클)이 걸리도록 4부분으로 나뉘질 수 있음. 사이클링의 비율은 분당 30 사이클을 넘지 않아야 함. 시험 동안과 시험 종료 후에 누출률은 동적누출시험에 정해진 대로 제한되어야 하며 다른 기능이상의 흔적이 없어야 함. 구매부서의 서면 허가를 받아 대체 내구성시험을 구성할 수 있음.

■ 충격사이클(Impulse Cycleing)

브레이크 조립체는 250psi에서부터 정상적인 시스템 압력의 1.5배(또는 제동 압력)까지의 200,000 충격 사이클을 받아야 함. 사이클링은 필요한 압력 수준에 도달하며 각 압력 사이클 후에 휴지 위치까지 피스톤의 귀환을 보장하는 과정과 일치하는 최대 비율로 수행될 수 있음. 사이클은 각각 25%, 50%, 75%, 100%와 동일한 브레이크 피스톤 행정의 4 위치 각각에 동일한 사이클 수가 가해지도록 4부분으로 나뉘져야 함. 브레이크 조립체의 변형이나 구조적 파괴가 없어야 함.

■ 극한 온도 시험(Extreme Temperature Test)

① 에이징 및 가열 시험(Aging and Heat Test)

동작유체로 채운 브레이크는 AN 썰의 경우 160° F(71° C)온도, MS 썰 또는 그보다 나은 썰의 경우 225° F(107° C), 또는 에너지 초과하중 조건 이외의 특정 용도에 필요한 더 높은 온도를 7일 동안 받아야 함. 브레이크와 동작유체를 그 온도로 유지하면서 브레이크는 정상동작압력에서 1,000회 사이클링 후 바로 이어서 최대동작압력에서

25회 사이클링이 되어야 함. 누출률은 동적누출시험에 지정된 대로 제한되어야 한다. 정당화되는 경우 에이징온도(Aging Temperature)와 위에서 지정하는 시간의 변경은 담당 부서에 입증 자료를 제출하여 승인 받은 다음 허용됨.

② 저온 시험(Cold Test)

에이징 및 가열 시험을 마친 후 대기압에서 동작유체를 채운 브레이크는 72시간 동안 $-65^{\circ}\text{F}(-54^{\circ}\text{C})$ 의 온도를 받아야 함. 이 기간 동안에 누출이 없어야 함. 브레이크와 동작유체를 그 온도로 유지하면서 브레이크는 정상동작압력에서 25회 사이클링 후 바로 이어서 최대동작압력에서 5회 사이클링이 되어야 함. 브레이크 간격은 브레이크가 완전히 해제되었는지 확인하기 위하여 최대동작압력에서 각 사이클 사이에 점검해야 함. 브레이크의 완전 해체에 필요한 시간을 기록해야 함. 누출률은 동적누출시험에 지정한 대로 제한되어야 함. 저온시험을 마친 후 브레이크는 누출시험을 만족스럽게 통과해야 함.

■ 기능 및 누출 시험(Functional and Leakage Test)

브레이크 완제품은 항공기용으로 지정되는 유체와 호환성이 있는 유체로 시험해야 함(구매부서의 서면 허가를 받을 경우 대체 작동매체와 공정 이용 가능). 합격판정을 받기 위하여 제출되는 완제품 브레이크 각각은 구매부서의 서면 승인을 받은 절차에 맞게 기능시험을 받아야 함. 최초품목시험(정적/동적 누출 시험)은 저온시험을 완료한 후에 수행되어야 함. 브레이크는 설계상 해당 브레이크에 사용하게 되어 있는 유압유체를 사용하여 시험해야 함.

① 정적 누출 시험(Static Leakage Test)

브레이크는 최대동작압력의 1.5배(헬리콥터의 경우 1.0배)에 상당하는 동작압력을 가하여 5분 동안 유지되어야 함. 이때 브레이크는 5psi의 압력이 걸린 채로 5분 간 유지되어야 함. 이들 시험 중에 눈에 띄는 누설(한 방울 이상) 또는 영구변형이 없어야 함. 수락시험의 경우 처짐과 영구변형 측정은 필요하지 않음.

② 동적 누출 시험(Dynamic Leakage Test)

브레이크는 최대동작압력을 가하고 해제하는 25사이클을 겪어야 함. 정지형 실의 누출은 미량을 초과하지 않아야 함. 가동형 실의 누설은 주변 실 길이 3인치당 한 방울의 액체를 초과하지 않아야 함.

■ 정압 시험(Static Pressure Test)

브레이크는 최대동작압력의 2배에 상당하는 동작압력을 가하여 5분 동

안 주기되어야 함. 시험은 최대 허용 마모 두께와 비슷한 두께의 라이닝으로 수행되어야 함. 이 시험 중에 누설이나 파괴가 없어야 함. 이어서 압력은 파괴가 발생할 때까지 증가시켜서 최대압력을 기록해야 함.

■ 피스톤 정지 및 보증압력 시험(Piston Stops and Proof Pressure Test)

탄소 방열판의 피스톤 정지 및 브레이크 하우스는 브레이크 디스크를 설치하지 않은 상태에서 5분간 최대동작압력의 1.5배에 견디는 능력을 입증해야 함. 변형 또는 성능저하를 초래하지 않아야 함.

■ 미끄럼방지 적합성 시험(Anti-Skid Compatibility Testing)

다이나모미터 시험은 (설치되는 경우) 미끄럼방지(Anti-Skid) 시스템과 본 규격에 따라 설계되는 브레이크의 적합성을 결정하기 위하여 수행되어야 함. 최소한으로 다이나모미터 정지는 착륙속도와 1/2 착륙속도에서 브레이크 스택의 젖은 상태 및 건조한 상태 그리고 활주로의 젖은 상태 및 건조한 상태를 모사하여 실행되어야 함. 항공기 유압 시스템을 모사한다. 높은 psi/sec 적용률에서 시험을 수행함. 시험은 모든 조건에서 최대 활주로 마찰에 대한 완전한 브레이크 토크 제어를 입증해야 함. 시험계획은 시험을 시작하기 전에 구매부서와 협의되어야 하며 구매부서의 승인을 받아야 함.

■ 스핀방지 제동 시험(Anti-Spin Braking Testing)

휠, 브레이크 및 타이어 조립체는 설계착륙속도까지 스핀업 된 후 지면에서 떨어지는 즉시 브레이크를 동작시켜 휠을 정지함. 시작 압력률은 시스템의 설계 최대 압력률이어야 함. 압력은 착륙과 이륙 순서 동안 발생할 수 있는 최대이어야 함. 영구변형 혹은 구조적 파괴의 흔적이 없어야 함.

■ 브레이크 리턴 압력(Brake Return Pressure) 시험

내구성시험 전후에 이 시험을 수행하여 제동면들을 접촉하게 하는 최소 유압유 압력(기계식 브레이크의 경우에는 힘)을 결정함. 시험은 압력이 해제될 때 제동면이 분리되는 최소압력 혹은 힘을 구하기 위해서도 수행되어야 함. 시험은 휠이 조립된 채로 수평 차축의 토크 플랜지에 장착되는 브레이크로 수행되어야 함. 제동면들은 관련 설계도면에서 지정되는 압력 이하의 모든 압력으로 압력이 해제될 때 분리되어야 함.

(7) 민수용 및 군수용 제동장치 시험항목 비교

앞에서 분석한 민수용(TSO) 및 군수용(MIL) 기준에 따른 제동장치의 시험항목은 일부 상이한 항목이 존재하나 대체로 유사함. 유사 시험항목 및 시험에 필요한 장비를 다음 표 25에 나타내었음.

표 25. 기술기준에 따른 시험항목 대비표

기술기준에 따른 시험항목		필요 시험장비
TSO-C135 (민간 중형기 기준)	MIL-W-5013L (군용기 기준)	
설계착륙정지 시험	동적토크시험	Dynamometer Hydraulic Pressure Tester
가속-정지시험		
가장 엄격한 착륙정지 시험		
-	정적토크시험	Dynamometer Hydraulic Pressure Tester
-	지상활주 및 주기 시험	Dynamometer Hydraulic Pressure Tester
구조토크 시험	구조토크 시험	Dynamometer Hydraulic Pressure Tester
항복/초과압력시험	-	Hydraulic Pressure Tester
-	압력-토크응답시험	Dynamometer
내구성 시험	내구성 시험	Hydraulic Pressure Tester
극한온도유지 시험	극한온도 시험	Dynamometer Hydraulic Pressure Tester Temp./Hum. Chamber
누출 시험	기능 및 누출 시험	Hydraulic Pressure Tester
피스톤유지 시험	피스톤정지 및 보증압력 시험	Hydraulic Pressure Tester
-	정압시험	Hydraulic Pressure Tester
-	미끄럼방지적합성 시험	Dynamometer Hydraulic Pressure Tester
-	스핀방지 제동 시험	Dynamometer Hydraulic Pressure Tester
-	브레이크리턴압력시험	Dynamometer Hydraulic Pressure Tester

(7) 제동장치 시험을 위한 시험장비

표 25의 내용과 같이 개발되는 제동장치의 제동에너지 및 작동압력에 따라 시험평가를 수행하기 위한 장비를 구축하여야 함. 비파괴검사 장비 및 내환경성 시험장비 등의 일반적인 시험장비 외에 관성다이내모미터(Inertia-Dynamometer)와 유압계통 시험장비의 구축이 요구됨.

○ 관성다이내모미터(Inertia-Dynamometer)

관성다이내모미터는 항공기용 제동장치의 시험을 위해 요구되는 가장 핵심적인 장비이며, 자동차 및 철도에 사용되는 일반 다이내모미터와 기본적인 원리는 유사하나 시험 구성에 차이가 있음. 철도 및 자동차용 제동장치의 시험에 사용되는 다이내모미터는 제동장치를 관성롤러에 직결시켜 시험하는데 비해, 항공기용 제동장치는 휠 및 타이어나 조립된 상태에서 시험을 하기 위해 별도의 휠 회전 및 이동 지그를 갖추어야 함. 일반적인 구성은 다음 그림 35⁵⁾과 같으며, 국내의 (주)다원프릭션에 구축된 장비(그림 36 참조)를 예시로 하였음.

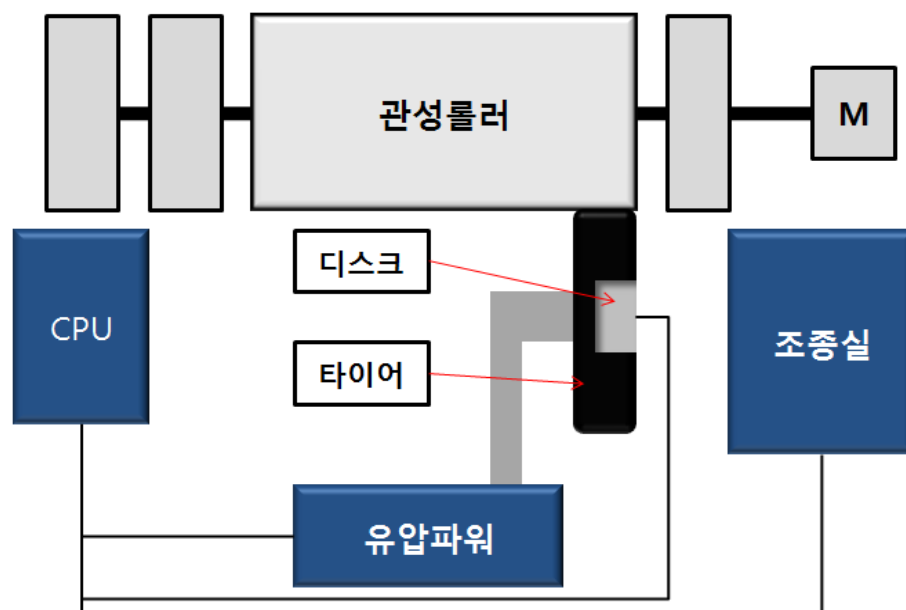
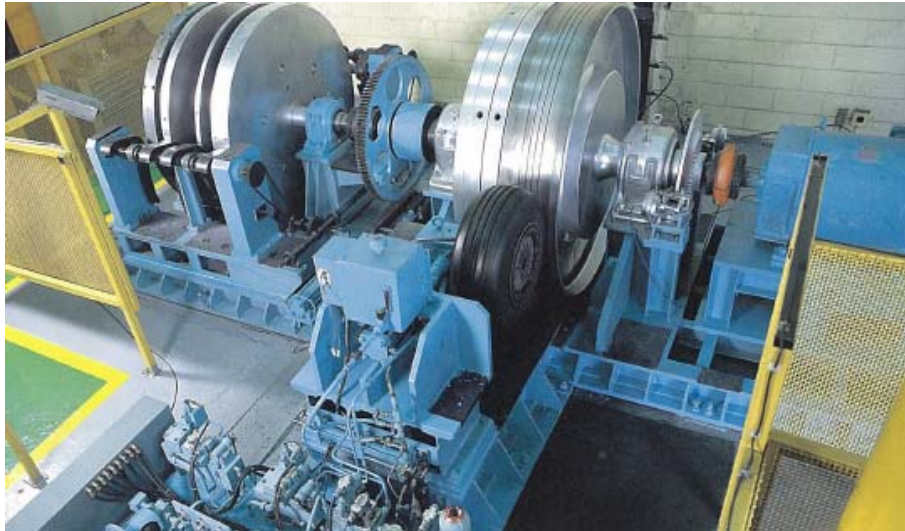


그림 35. 항공기용 제동장치 시험을 위한 관성다이내모미터 구성

그림 36의 장비는 MIL-W-5013에 의한 동적토크 시험을 수행하기 위한 장비이며, 표 24와 같은 사양에 의해 F-16C/D급의 제동장치 시험을 수행할 수 있음. 본 과제 대상의 제동장치는 Part 25급의 중형항공기를 대상으로 하나 장착 대상항공기의 설계에 따라 요구 제동에너지의 편차가 크므로 장착 대상 항공기가 결정된 후 요구되는 설계 용량에 따라 신규 구축여부를 고려하여야 함.(표 26 참조)

5) “항공기 브레이크 디스크의 마찰면과 제동특성 연구”, 감문갑 외, 한국기계항공학회 추계학술대회 논문집, 2006



※자료 : (주)다원프릭션

그림 36. 항공기용 제동장치 시험을 위한 관성다이내모미터

표 26. 제동장치 시험용 관성다이내모미터 사양

장치명	주요 사양
Inertia-Dynamometer	● 최대운동에너지 : 32.3×10^6 ft-lb ● 최대회전속도 : 1,200 rpm ● 최대착륙모사속도 372 ft/sec ● 최대차륜하중 : 34,640 lbs ● 최대제동토크 : 156,230 in-lb

○ 유압계통 시험 장비

제작된 제동장치 조립체의 압력개통을 검사하기 위한 장비는 법적으로 표 준화되어 있지 않으나 일반적인 구성의 사양은 다음 표 27과 같음. 표 27의 장비는 국내 기 구축된 장비를 예시한 것으로, 개발 대상 제동장치의 작동 압력범위에 따라 기존 장비활용 또는 고용량 장비 신규구축 여부를 결정하여야 함.

표 27. 제동장치 시험용 유압장비 사양

장치명	주요 사양	구축 비용(천원)
Hydraulic Pressure Unit	● 최대압력 : 5,000 psi ● 유량 : 100 gpm ● 저장조용량 : 300 gallon ● 펌프타입 : 가변유량형 피스톤 펌프 ● 유압유 : MIL-PRF-5606	약 450,000
Test Stand	● 최대제어압력 : ~4,500 psi ● 유량 및 압력 신호 감지 센서 ● 저압공급/내압시험 장치 포함 ● 제동장치 고정 지그 포함	약 250,000

3절 기술 수요 및 예측

1. 기술수요조사 및 결과

가. 항공기 제동장치의 기술 개발 범위

(1) 항공기 제동장치 디스크의 주요 개발 범위

(가) 중대형 항공용 프리폼 개발 가능 기술 요소

○ 밀도화 공정

▪ 상압 함침 탄화 공정에 의한 밀도화

- 원자재에서 제작된 초기성형체는 밀도가 (요구조건 1.0g/cm^3 이상) 낮은 상태로 디스크로써 사용키 위해서는 자체적인 밀도화가 요구됨. (1.7g/cm^3 이상) 밀도화 시키기 위한 공정은 크게 탄화, 함침/탄화, 흑연화로 나눌 수 있으며 탄화 2회, 함침 탄화 4회, 흑연화 2회를 실시함. (그림 37)참조)

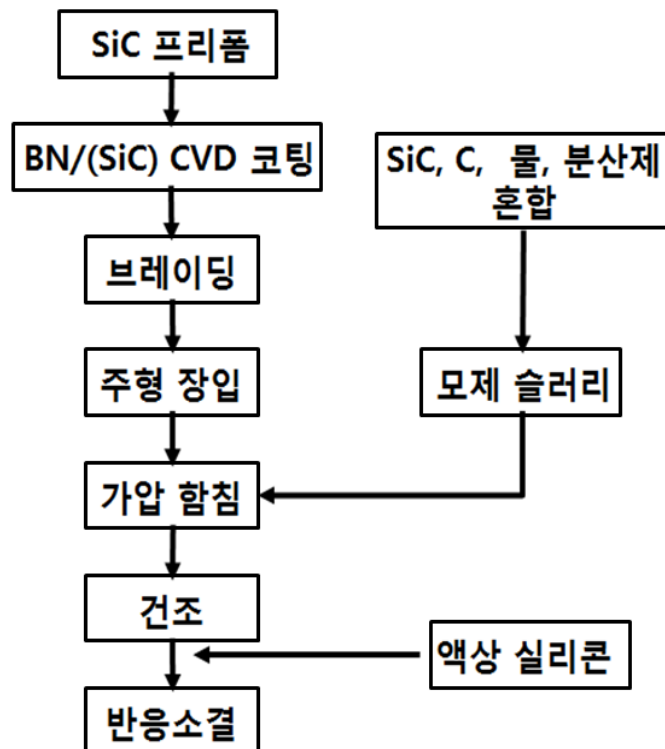


그림 37. 상압 함침 탄화 공정의 공정도

6) Besmann, T.M, Lowden, R.A., Sheldon, B.W. and stinton. D. P: in Processing of the 11th International Conference on CVD, Seattle, Cullen, G. W. and Spear, K.E. Eds.(Electrochemacal Society) 482-491(1990).

① 탄화 공정

- ; 탄화 공정은 Press에서 성형된 초기성형체 내부에 존재하는 저분자 물질을 열처리를 통하여 탄화시키기 위한 공정임. 탄화장비는 초기성형체를 질소가스 분위기하에서 탄화시키는 장비임. 공정은 1,000℃ 이상에서 5시간 이상 유지하는 과정으로 구성됨. 탄화로(Carbonization Furnace)는 열처리 중 불활성기체를 사용하여 일정 압력(진공)을 유지하여야 함.
- ; 일반적인 공정 순서는 적층된 초기성형체를 열처리 성형체가 부푸는 것을 방지하기 위하여 상부에 고정용 장치를 설치한 치구에 체결하여, 탄화장비로 이동/장입함. 장비 내부로 불활성가스를 공급하며 동시에 히터를 작동한다. 주어진 온도 및 시간에서 탄화공정이 이루어진 후 성형체를 탈형하여 공정을 마무리 함.

② 흑연화

- ; 탄화체에 열에너지를 가해 매트릭스의 크랙을 유도하여 핏치의 함침 효율을 높이기 위한 공정으로 흑연구조로 결정을 변화시킴으로써 최종제품의 마찰, 마모특성을 향상시키는 공정으로 흑연화 공정 횟수가 많을수록 브레이크 디스크의 마찰 및 마모 특성이 향상된다고 함.
- ; 흑연화 장비는 탄소 브레이크 원판 및 탄소섬유를 고온 열처리하여 미세구조를 안정화 된 흑연구조로 변화시키는 장비임. 흑연화로(Graphitization Furnace) 역시 열처리 중 일정 압력(진공)을 유지하여야 하며, 장비 규격은 승온 속도가 100℃/hr 이내, 2,000℃ 이상 Argon 가스 분위기에서 2시간 이상 유지될 수 있어야 함. 흑연화 후 탄소 브레이크 원판의 밀도는 1.70 g/cm³ 이상이어야 함.

③ 함침

- ; 함침 공정은 탄소 브레이크 원판에 함침재인 핏치를 사용하여 밀도를 증진시키는 공정임. 1차 탄화가 완료된 디스크는 평균 밀도가 1.1 ~ 1.2 g/cm³ 정도로 낮기 때문에 브레이크로 사용하기에 부적합함. 디스크를 함침용 치구에 적층하고 핏치를 1,000 ℃ 이상의 고온에서 녹여 디스크 사이로 스며들게 함. 장비는 탄화장비와 동일한 상압 탄화로를 사용함. 열처리로는 질소 가스 분위기에서 일정 압력(진공)을 5시간 동안 유지할 수 있어야 하며, 승온속도는 300 ℃/hr 이하, 온도는 1,000 ℃ 이상 유지될 수 있어야 함. 함침 공정은 4회 이상 반복하여 실시함.

■ CVI 공정을 이용한 밀도화

- CVI (Chemical Vapor Infiltration : 화학증기침투법)의 특징

; 화학증기침투(CVI)법은 그림 38⁷⁾와 같이 가스에서 직접 고온도와 고밀도의 고체를 얻는 화학증착(CVD)법을 이용함. CVD법은 섬유다발인 프리폼의 빈 공간에 매트릭스 성분을 생성시켜 충전하는 방법임. 프리폼의 빈공간을 가스 반응물이 섬유사이의 좁은 공간을 침투해 간 후 반응이 일어나기 때문에 CVD 대신에 화학증기침투라는 용어가 쓰임.(그림 38, 39 참조)

; 상압 함침 탄화 공정은 고온에서 핏치를 소결하여 흑연화하는 과정이 필요함. 이때 섬유에 손상이 갈 정도의 고온에 노출되게 되는데, 이는 복잡한 형상을 가진 제품의 제조에는 적합하지 않음. 이에 반해 화학증기침투법은 섬유를 원하는 형태로 만들 때 그 섬유에 물리적인 힘을 가하지 않고 매트릭스를 채워 넣을 수 있음. 또 비교적 저온에서 공정이 진행되므로 섬유와 매트릭스간의 계면반응을 최소화할 수 있어 계면의 구조 제어에 용이함.

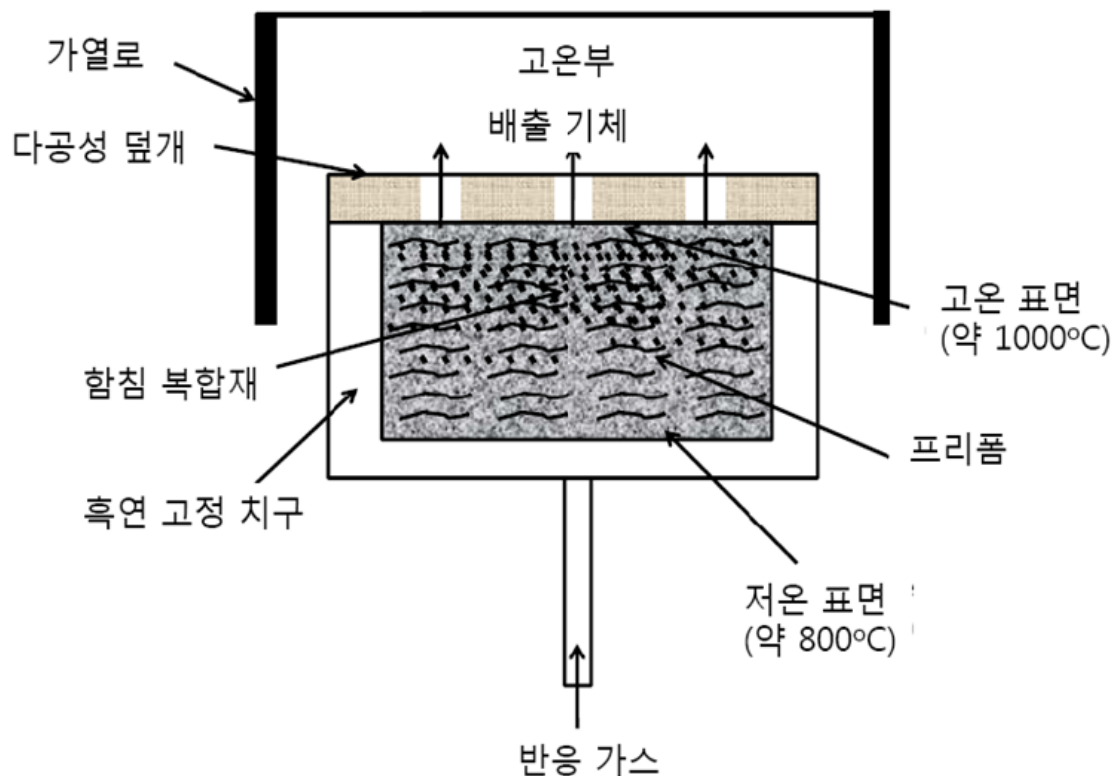


그림 38. 화학증기침투법(Chemical Vapor Infiltration) 공정

7) Jeongguk Kim, "The NDE Analysis of Tension Behavior in Nicalon/SiC Ceramic Matrix Composites", 2003



그림 39. 브레이크 디스크 제작을 위한 화학증기침투노(CVI furnace)

- CVI의 종류

; 화학증기침투법을 사용하면 저온에서 물리적 힘을 가하지 않고 균일한 증착층을 만들 수 있다는 이점이 있지만, 실제 공정 중에서는 샘플 외부와 샘플 내부와의 확산속도 차이에 따른 반응물의 농도차가 생긴다. 즉, 샘플 외부에는 반응물의 농도가 높고 내부에는 반응물의 농도가 낮음. 그래서 샘플 외부에 가까운 섬유사이의 공간에서 더 빠른 속도로 증착이 일어나게 되고, 내부 공간까지 증착이 진행되기 전에 외부 공간이 메워져 가스 반응물이 내부로 확산 할 수 없게 됨. 따라서 샘플 내부에 공간을 남긴 채로 반응이 끝나게 됨. 이런 문제점 때문에 CVI에서는 내부와 외부의 균일한 증착층을 만드는 것이 중요함. 또한 CVI는 대량생산에 주로 사용되는 공정이므로 단시간에 반응을 끝낼 수 있어야 함. 이런 조건을 충족시키기 위해서 여러 가지 화학증기침투법이 고안되었음.(그림 40⁸⁾ 참조)

① 등온 CVI (Isothermal CVI)

- 일정 온도로 가열되는 로(Furnace)내에 프리폼(Preform)을 장입하여 가열하고, 그 주위로 반응가스를 흐르게 한다. 반응 가스가 프리폼 내부로 확산하여 매트릭스를 형성하게 됨. 가장 일반적인 방법이지만 시간이 오래 걸린다는 단점이 있어, 대량생산에서의 효율성이 떨어짐.

8) Besmann, T.M, Lowden, R.A., Sheldon, B.W. and stinton, D. P: in Processing of the 11th International Conference on CVD, Seattle, Cullen, G. W. and Spear, K.E. Eds.(Electrochemacal Society) 482-491(1990).

② 열 구배 CVI (Thermal Gradient CVI)

; 프리폼에 온도 기울기를 두고 저온측에서 고온측으로 가스가 확산되어 나가게 하는 방법임. 프리폼 표면을 낮은 온도로 유지하여 표면 입구가 막히는 것을 막아줌. 하지만 기본적으로 열 구배 CVI도 확산을 이용하는 방법이므로 시간이 많이 소요됨.

③ 등온-압력 구배 CVI (Isothermal Forced Flow CVI)

; 프리폼의 양면 사이에 압력차를 두어 원료가스가 강제적으로 유입되게 하여 화학증기침투에 의한 증착이 효율적으로 되게 하는 방법임. 이 방법은 증착 속도는 빠르지만 증착물에 밀도 기울기가 생겨 반응기 입구에서 반응기 출구로의 물질전달에 장애를 받음. 등온-압력 구배 CVI는 두꺼운 벽과 간단한 모양의 부품을 단시간에 생산하는데 적합함.

④ 가압-열 구배 CVI (Thermal Gradient Forced CVI)

; 등온-압력 구배 CVI와 유사한 방법이지만, 반응기 입구 쪽 온도를 낮게 하고 반응기 출구 쪽 온도를 높게 하여 반응기의 농도차에 따른 증착속도의 영향을 최대한 줄인 방법임.

⑤ 펄스 CVI (Pulsed Flow CVI)

; 화학증기침투법은 CVD 반응에 의해 섬유간의 구멍을 메우는 방법임. 그런데 일반적으로 CVD 반응에는 생성계의 가스 부피가 원료계의 가스 부피보다 큼. 따라서 석출되고 있는 프리폼내 구멍에서는 항상 부산물인 생성가스가 배출되고, 신선한 원료가스는 그 생성가스의 배출에 거슬러서 구멍 내부로 침투하지 않음. 더구나 프리폼 외부 가까운 섬유 사이 공간의 부산물은 외부로 확산해 달아나지만 프리폼 내부 섬유 사이 공간의 부산물은 계속 쌓여 농도가 높아짐. 이 때 부산물이 증착 반응을 방해한다면 프리폼 내부에서 증착 속도가 늦어짐. 이러한 경우에 반응기내의 압력을 주기적으로 낮춤으로써, 프리폼 전체에서 균일한 반응속도를 얻으려 하였음. 즉, 진공으로 부산물을 끌어낸 후 프리폼 내부 공간에 순간적으로 신선한 원료가스를 보내 수초동안 머물게 하고, 다시 진공으로 끌어내는 사이클을 반복하는 방법을 펄스법(Pulsed Flow CVI)이라 함.

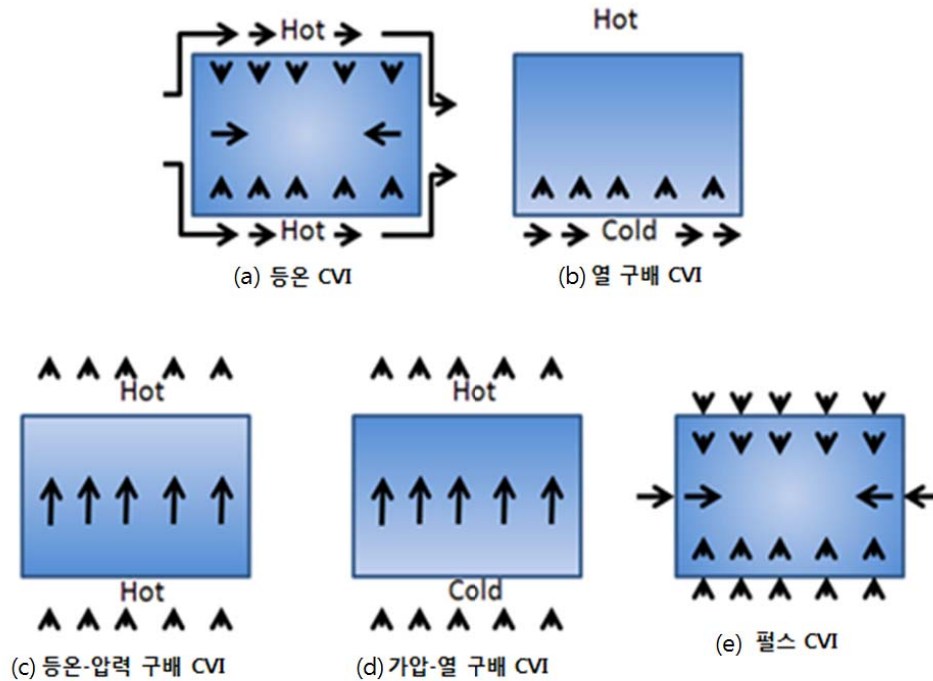


그림 40. 다양한 CVI 공정

■ 밀도화 공정 개발

- 고압함침 탄화(HIPIC) 공정 개발 :

- ① 국내에서 사용되고 있는 TG CVI, 상압함침탄화(PIC)공정을 기반으로 고압함침탄화(HIPIC)공정을 개발함.
- ② 3D Preform에 맞는 고압 함침 탄화 공정을 개발함.
- ③ 고압에서 밀도화 효율 증대

- 화학기상침투법(CVI) 공정 개발

- ① Scale up 공정 장비 설계 및 제작 기술개발 수행
- ② 화학기상침투법의 변수(온도, 압력) 조정을 통한 제품의 밀도 균일도 향상

- CVI / HIPIC 혼합공정 개발

- ① 단일 공정으로 목표 밀도를 얻을 수 있는 CVI / HIPIC 혼합공정 개발
- ② 공정 변수 최적화로 밀도화 효율 증대

○ 프리폼(Preform) 생산 공정 개발

; 기존에 탄소/탄소 복합재료의 마찰재에 사용되던 보강섬유의 조직은 2차원 단섬유 형태 및 직조된 직물 형태 구조의 적층 복합재료는 층과 층 사이가 분리되는 층간 전단력에 의해 쉽게 파손이 일어남. 이런 문제는 생산성 저하와 원재료 손실의 요인이 되며 최종 성형품의 품질에도 영향을 미침. 따라서 섬유의 방향, 두께 방향으로 3차원 직조된 구조의 프리폼 개발이 필요함. 항공기 브레이크 디스크와 같은 소모품에는 완전한 3차원 구조의 프리폼은 적용하기가 어렵고 구조적으로 3차원에 가까우면서 생산 효율이 높은 니들펀칭(Needle Punching)에 의한 프리폼이 더 유리함. 니들펀칭에 의한 프리폼을 개발함으로써 기존의 제품보다 낮은 가격으로 성능과 수명이 향상된 제품을 생산하는 것이 가능함.

■ 니들펀칭(Needle Punching) 공정 기술 개발

; 니들펀칭은 그림 41⁹⁾에 나타난 바와 같이 니들의 상하운동에 의하여 평면에 배열된 섬유를 두께방향으로 배열하는 기술로서 생산성이 매우 높고 각각의 층을 적층하면서 펀칭을 할 수 있기 때문에 프리폼의 두께에 제한이 없음. 그러므로 니들펀칭 공정은 두께가 40mm 이상인 항공기 브레이크 디스크용 프리폼 제작 공정 중 가장 경제적인 방법임.

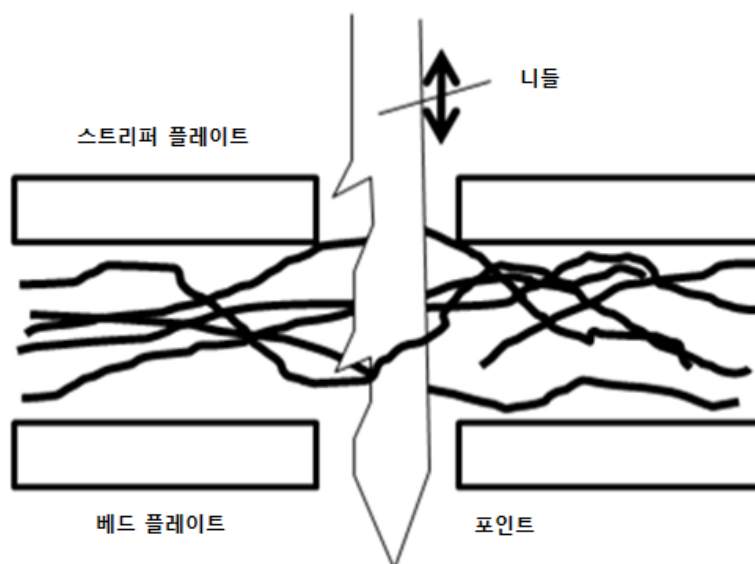


그림 41. 니들펀칭 기계의 니들 작동

9) J. Robert Wagner, Bonding Nonwovens, The Technical needs : Nonwovens for medical/surgical and consumer uses, p76-77

; 일반적인 니들 펀칭은 주로 펠트를 여러 장 겹친 형태의 직조물에 사용하고 있음. 이런 형태의 프리폼은 섬유가 연속적이지 않고 무작위로 배열되어 있기 때문에 니들 펀칭에 의해 두께 방향으로 쉽게 섬유를 배열하여 3차원 프리폼을 생산할 수 있음. 그러나 펀칭 횟수가 과도한 경우, 섬유배열의 방향성이 없어져서 평면상의 기계적 특성이 뛰어나지 못하고 벌크 상태의 펠트를 조밀하게 함. 이러한 문제점 때문에 최근에는 연속 섬유를 사용한 니들펀칭 기술을 개발하고 있지만 연속섬유를 사용하는 경우 평면상에 배열된 섬유의 감소를 감수 할 수밖에 없음. 그림 42¹⁰⁾은 니들펀칭기계 작동의 개략도 이고 그림 43는 니들펀칭기계임.

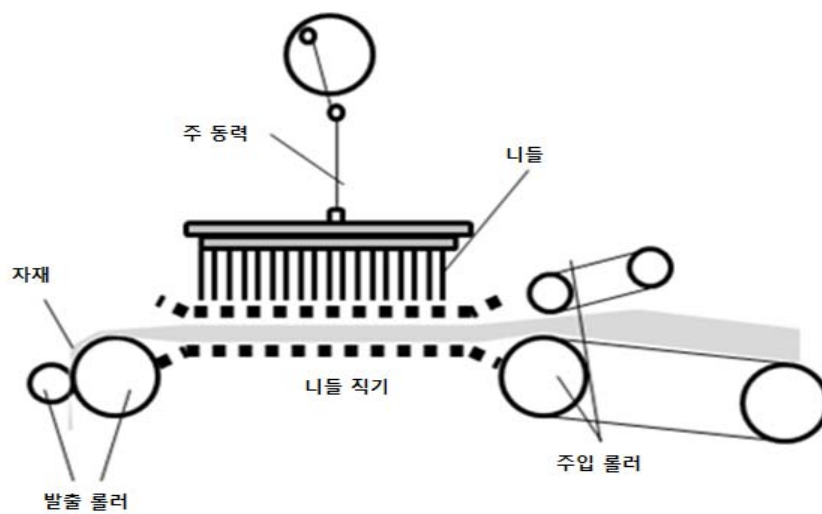


그림 42. 니들 펀칭 기계 작동의 개략도



그림 43. 니들 펀칭 기계

10) Klauss G Maitre, Frontiers of Needle punching; Nonwovens an advanced tutorial, p38

○ 내산화 코팅

■ 고온 내산화 코팅 공정 기술 개발

- ； 탄소-탄소 복합재는 우수한 특성을 가지지만, 500 °C 이상에서는 탄소 물질이 공기 중의 산소 및 이산화탄소와 반응하여 일산화탄소나 이산화탄소로 산화되어 현저한 물성감소를 나타냄. 이러한 문제는 고온, 고압의 증기, 고 농도의 산소, 이산화탄소 환경에서 급격한 온도 변화가 반복되는 곳에서 더욱 크게 나타남. 이러한 문제점 때문에 탄소-탄소 복합재를 구조적으로 응용하기 위해서는 탄소의 산화를 막는 과정이 필수적임.
- ； 탄소-탄소 복합재의 산화에 대한 문제점을 해결하기 위해서 많은 연구가 진행되었으며, 그 방법에는 고온 열처리 방법, 산화억제제와 표면제를 사용하는 방법, 표면에 산소확산 저지층을 형성시키는 방법 등이 있음.
- ； 고온 열처리 방법은 탄소 복합재를 흑연화 구조로 만들고 내부 불순물을 제거하여 고온 및 산소 분위기하에서 산화 활성화 자리를 감소시켜 내산화성을 증가시키는 방법이다. 하지만 고온 열처리 방법은 장비가 고가이고 1000 °C 이상에서의 우수한 효과를 기대하기 어려움.
- ； 산화 억제제와 표면제를 사용하는 방법은 탄소 복합재 제조 시 원료에 내산화 물질을 혼합하여 제작하는 방법으로 탄소 복합재 내부에 코팅 층을 형성하는 방법임. 탄소 복합재의 산화 현상은 섬유와 기지간의 계면에서 더 두드러지게 발생하므로 이러한 방법은 우수한 내산화 특성을 얻을 수 있지만 대량생산 및 경제적 측면에서 제약성이 있음.
- ； 상기의 문제점을 해결하기 위한 내산화 코팅 공정 기술에는 화학 반응법(CVR : Chemical Vapor Reaction)과 슬러리 법(Slurry Method), 화학 기상 증착 법(CVD : Chemical Vapor Deposition)이 있음.

- 화학 반응법(CVR)에 의한 내산화 코팅 기술

① 화학 반응법에 이용되는 코팅액의 설계

- ； 탄소-탄소 복합재의 고온 내산화성은 코팅 층의 기공율 및 계면에서의 균열 존재로 인하여 감소함. 900 °C 이상의 온도에서도 무게 감소가 거의 없는 코팅 층을 형성하도록 하기 위해서는 고온에서 산화물 형성에 유리한 원소나 화합물을 산화억제제로 하여 코팅 방법을 설계하는 것이 필요함. 화학 반응법은 일반적으로 SiO_2 의 화학반응을 이용함.

② 화학 반응법에 의한 내산화 코팅 세부 공정

㉓ 산화억제제 제조

; 먼저 인산(H_2PO_4) 300ml를 플라스크에 넣고 인산의 무게를 측정한 다음, 보론산화물 (Boron Oxide, B_2O_3)을 인산 무게의 1/2 정도로 첨가하여 Heating Plate에서 60 °C의 온도로 용해함. 약 2시간 정도 후 흰색의 현탁액 상태가 되면 용해를 완료하고 밀봉함.

㉔ 내산화 전처리 코팅

; 진공 오븐에서 각각의 건조된 시편을 꺼내어 준비된 내산화 코팅액 속에 넣고 초음파세척기에서 30분간 유지함. 코팅된 시편을 건져낸 후 건조 오븐에서 150 °C의 온도로 24시간 건조함.

㉕ 시편 열처리

; 건조가 완료된 시편들을 세라믹 도가니에 넣은 다음, 아르곤 분위기에서 850 °C의 온도로 열처리를 수행함.

㉖ SiC 코팅

; 먼저 원통형 흑연 치구를 준비한 다음, Si 분말과 PVA 용액을 혼합한 슬러리를 치구의 내부 및 상, 하부 덮개부분의 표면에 도포하여 건조함. 이러한 과정을 한번 더 반복한 후, 열처리된 시편들을 치구의 내부에 넣고, Si 분말을 그 위에 덮은 다음 흑연덮개를 씌운 후 고온 열처리로에 장입하여 아르곤 분위기에서 1850 °C의 온도로 열처리함.

㉗ 코팅 후 시험 평가

; 코팅 후에는 각 코팅층에 대한 시험 평가를 실시함. 시험 평가는 SEM을 이용한 코팅층의 단면 검사와 TGA를 900 °C까지 실시함. SEM을 이용한 단면 검사를 통해서 코팅층의 전반적인 상태와 균열, 기공의 유무를 판단함. TGA를 통해서 각 공정 변수에 따른 코팅층의 고온 거동 특성을 시험함.

- 슬러리 법을 이용한 내산화 코팅 기술

; 일반적으로 탄소 복합재의 고온 내산화 특성을 향상시키는 방법으로 사용하는 산화억제제는 SiO_2 이외에도 B, B_2O_3 , ZrB_2 , B_4C 등의 붕소 화합물과 $POCl_3$, P_2O_5 , H_3PO_4 등의 인 화합물, 그리고 Cl, CCl, ClF 등의 염소 화합물이 있음. 이러한 화합물 각각은 1,000 °C 이상의 고온에서 장시간 동안 유지할 때의 산화 저항 시스템에 이용하기에는 효과적이지 않음. 하지만 이들 화합물의 특성을 살려 일정한 조성비로 혼합하여 코팅액을 제조하여 탄소 복합재에 도포하는 슬러리법 (Slurry Method)을 적용하면 고온

내산화성을 향상시킬 수 있음. 내산화 코팅에 사용되는 대표적인 슬러리액은 Borin계와 Silicon계가 있음.

- 화학 기상 증착법(CVD)에 의한 내산화 코팅 기술

; 기존의 슬러리를 이용한 코팅은 모두 CVR(Chemical Vapor Reaction) 방법에 의한 내산화 코팅 방법이었는데, 이와는 달리 Si를 함유한 MTS(Methyl Trichloro Silane), CH_3SiCl_2 와 같은 반응가스를 흘려주어 기체상태에서 열분해 화학증착을 이용하는 CVD(Chemical Vapor Deposition) 방법을 이용하면 더욱 균일한 코팅층을 생성할 수 있음.

① 열적 화학 기상 증착법의 종류

㉓ 압력에 따른 분류

; APCVD (Atmospheric-Pressure CVD)

APCVD는 760 Torr 정도의 높은 압력에서 반응이 이루어지게 하는 CVD 방법이다. 압력이 높아 Boundary Layer에서의 확산이 느려 코팅층의 성장이 Mass Transport에 의해서 제어되게 됨. 압력이 높아 확산이 느리므로 농도 구배의 문제로 한번에 처리할 수 있는 시편의 양이 적다는 단점이 있음. 이러한 문제를 해결하기 위하여 온도를 높여 증착 속도를 증가시키게 됨. 또한 APCVD는 코팅층의 두께가 균일하지 않음.

; LPCVD (Low-Pressure CVD)

기판들이 뽁뽁이 놓여져 있을 때 기판들 사이의 반응물들의 확산이 성장속도를 제한하므로 Wafer 안에 큰 성장속도 차이를 야기할 수 있음. 이러한 현상을 해결하기 위해 전체 압력을 감소시키는 Low Pressure CVD가 사용됨. 공정 압력이 낮으므로 기체의 확산속도가 큼. 따라서 일반적으로 코팅층의 성장속도가 표면에서의 반응에 의해서 제어됨. LPCVD는 낮은 온도에서 반응이 일어나 증착 속도는 낮지만 많은 제품을 놓을 수 있어 대량생산이 가능하고 코팅층이 균일한 장점이 있음.

㉔ Reactor 온도에 따른 분류

; Cold-wall CVD

기판은 필요한 공정 온도로 가열하고 Chamber Wall은 낮은 온도로 둠. 즉, 반응 기체의 온도보다 기판의 온도가 더 높음. 따라서 기판에서부터 온도가 균일하지 못하다는 단점이 있음. 하지만 기판 위에서만 증착이 일어나고 Chamber Wall과 같은 다른 표면에는 증착이 일어나지 않음. 그림 44¹¹⁾는 Cold-wall CVD의 계략도임.

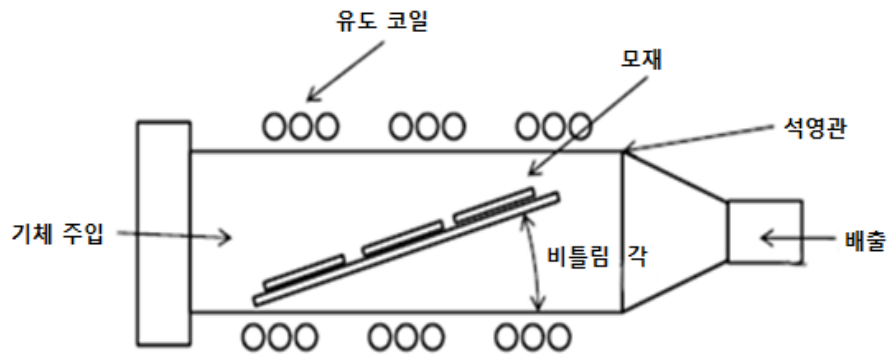
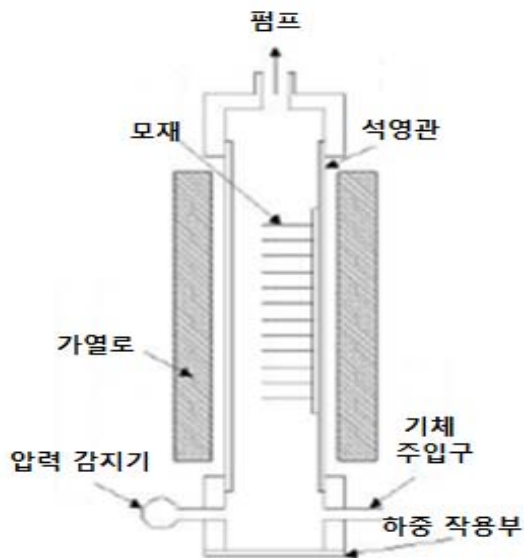


그림 44. 수평 튜브형 Cold-wall CVD

; Hot-wall CVD

기판과 Chamber Wall 모두를 필요한 공정 온도로 가열함. 즉, Reactor Chamber 전체가 공정 온도에 도달하게 된다. 기체 상의 온도와 기판의 온도가 같음. 일반적으로 온도에 민감한 표면에서의 반응에 의해서 반응 속도가 제어되며 기판의 온도가 균일하고 따라서 증착된 박막도 Cold-wall CVD에 비해 균일함. 하지만 Chamber Wall과 같은 다른 표면에도 박막이 증착되므로 주기적으로 Cleaning 해주어야 함. Hot-wall CVD의 계략도와 장비 사진을 그림 45¹²⁾에 나타내었음.



<Hot-wall CVD 계략도>



<Hot-wall CVD 장치 사진>

그림 45. Hot-wall CVD

11) H. O. Pierson, "Handbook of Chemical Vapor Deposition", Noyes Publications, Park Ridge, 1992
12) H. O. Pierson, "Handbook of Chemical Vapor Deposition", Noyes Publications, Park Ridge, 1992

㉔ PECVD 원리

플라즈마 내에서는 반응 기체가 높은 에너지의 전자와 충돌하여 이온과 Radical 등을 생성함. PECVD의 특징적인 현상은 반응 온도에서 안정하고 반응을 하지 않는 기체들이 방전을 통해서 반응이 잘 되는 물질로 분해됨. 이러한 이온과 Radical 들은 CVD 과정에서 반응 온도를 낮추는데 이용됨.

열적 CVD에서 반응물 사이에 정반응이 진행되기 위해서는 반응의 활성화 에너지에 해당하는 에너지 장벽을 넘어야만 함. 그러나 PECVD에서는 플라즈마에 의해서 더 낮은 활성화 에너지를 가진 반응 경로가 생겨남. 이러한 더 낮은 활성화 에너지는 PE CVD가 열적 CVD에 비해서 정반응이 더 낮은 기판 온도에서 일어날 수 있다는 것과, 같은 온도일 경우 반응 속도가 더 빠르다는 것을 의미함. PE CVD에서는 다음과 같은 과정을 거쳐 박막이 증착됨.

- a. 플라즈마 내의 전자와 반응기체 사이의 반응에 의해 Reactive한 Radical과 Ion이 형성됨.
- b. 플라즈마 내의 Reactive Species(Radical과 Ion)들이 확산에 의해 기판 표면으로 이동함.
- c. Reactive Species가 기판 표면에 흡착됨.
- d. Reactive Species 사이에 반응이 일어나고, Reactive Species와 Reaction Product 의 재배열이 일어나면서 박막이 증착됨.
- e. 반응 후 반응 부산물들이 탈착되어 기판 표면으로부터 확산해 빠져나감.

(나) 항공용 제동장치 디스크 분야의 개발 목표

○ 중대형 항공용 프리폼 개발

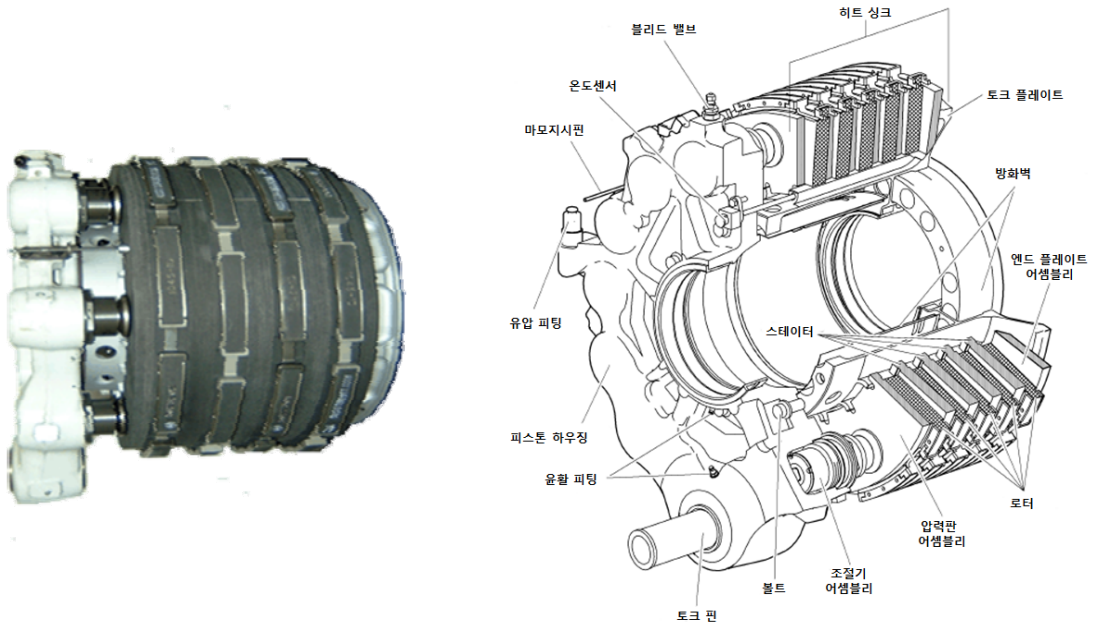
- Matrix함유 복합 Strand제조기술 개발
 - 탄소/탄소 복합재 브레이크 제조용 복합 Strand제조공정 개발
 - 연사기법을 이용한 탄소섬유 연사기술 개발
- 3D 프리폼 설계 및 제작 공정 개발
 - 현품의 미세구조 분석과 열탄성 해석을 통한 역 설계
 - 3D 프리폼 웨이빙 공정
- 프리폼 제작 공정 장비 개발
 - 니들펀칭 공정 장비 개발

- 3D 프리폼 생산 기술 확보
 - 3D 프리폼 시제품 제조
- 중대형 프리폼 밀도화 기술 개발
 - 높은 탄화수율, 높은 결합력을 제공할 수 있는 **Matrix** 개발
 - **Fine structure** 형성이 가능한 **Pitch** 개발
 - **Pitch** 함침법 개발을 통한 기존의 밀도화 공정 시간 단축
 - 저비용 • 고효율의 제작 공정 기술 개발
 - **HIP(Hot Isostatic Press)**법을 적용한 고밀도, 고강도 탄소/탄소 복합재 개발
 - 항공기 제동장치의 요구 성능에 부합하는 고밀도, 고열전도성 탄소/탄소 복합재 제조공정 개발
 - 높은 제동특성과 열적 안정성을 갖는 밀도화 공정 기술 개발
- 내산화 코팅 기술 개발
 - 열 확산법(**TDR: Thermal Diffusion Reaction**)에 의한 내산화 코팅 기술 개발
 - SiC를 이용한 내산화 코팅 기술 성능 연구
 - SiC 이외의 화합물의 조합에 의한 내산화 코팅 기술 성능 연구
 - 처리조건에 따른 코팅물의 내산화 특성 연구
 - 화학 증착법(**CVD/CVI**)에 의한 내산화 코팅 방법
 - 염소(**Cl**)을 함유하지 않는 **SiC precursor**를 이용한 **CVD/CVI** 기술 개발 연구
 - 다층 코팅 방법 연구
- 디스크 형상 일체형 Metal Clip 개발
- 디스크 및 Metal Clip 조립기술 개발

(2) 항공기 제동장치 디스크를 제외한 부품의 주요 개발 범위

- 요구되는 기술 내역

그림 46은 제동장치 어셈블리 보여주고 있으며, 요구되는 기술내역도 다음과 같음.



<탄소-탄소 제동장치>

<탄소-탄소 제동장치 단면도>

그림 46. 제동장치 어셈블리 개관

- 피스톤 하우징의 설계/제작 관련
 - 피스톤 하우징의 설계/응력 해석
 - 피스톤 하우징의 단조 기술, 품질 검사
 - 가압 누설 시험, 가압 내구시험, 환경 시험

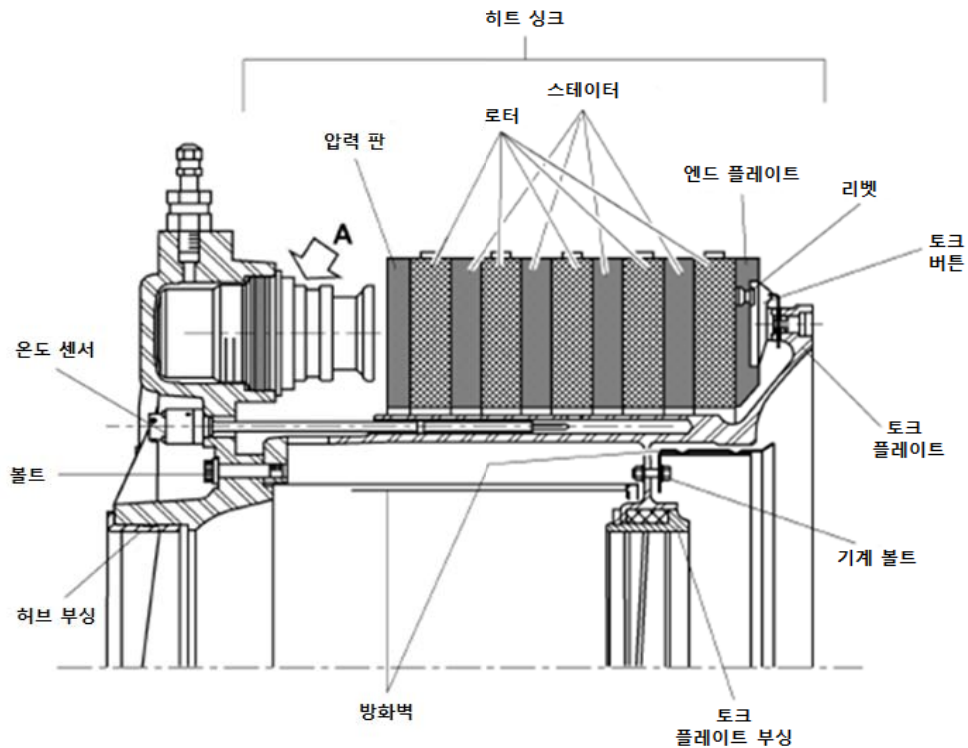


그림 47. 제동장치 어셈블리의 단면

- 토크 튜브의 설계/제작 관련
 - 설계/응력 해석, 피로하중 해석
 - 정밀 주조 기술
 - 품질 검사(형상 오차, 균열, 하중)

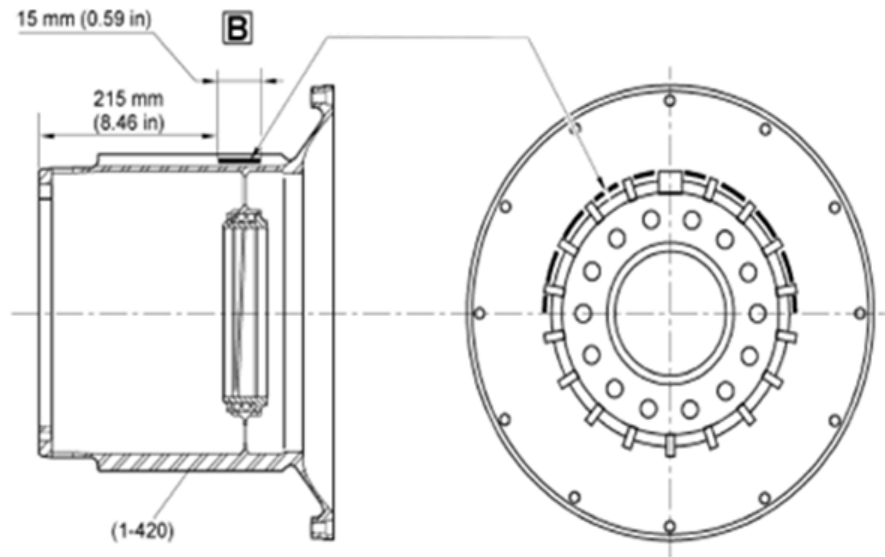


그림 48. 토크 튜브의 형상

- 피스톤 어셈블리의 설계/제작 관련
 - 피스톤 어셈블리의 정밀 가공, 도금 기술, 품질 검사
 - 스프링, 피스톤 시일의 품질 관리
 - 피스톤의 작동 시험, 환경 시험

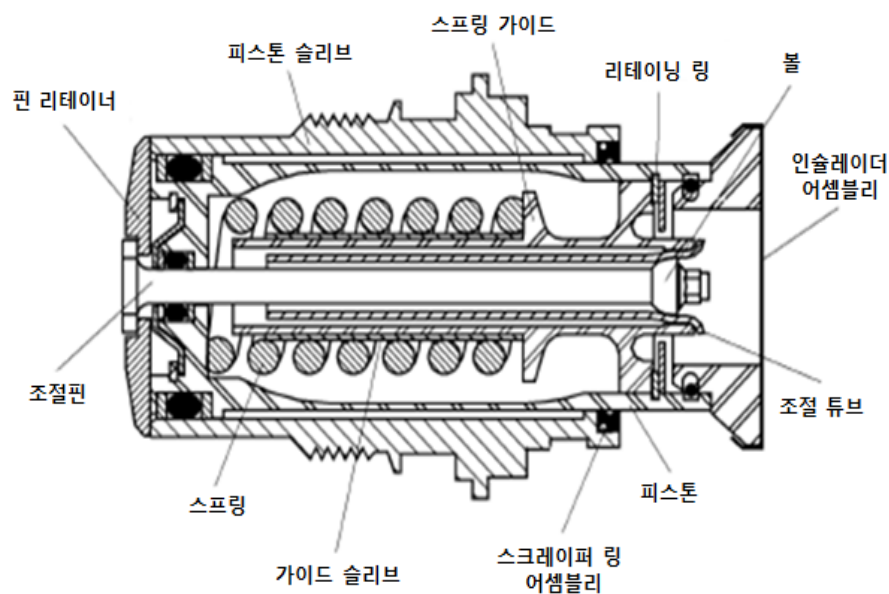
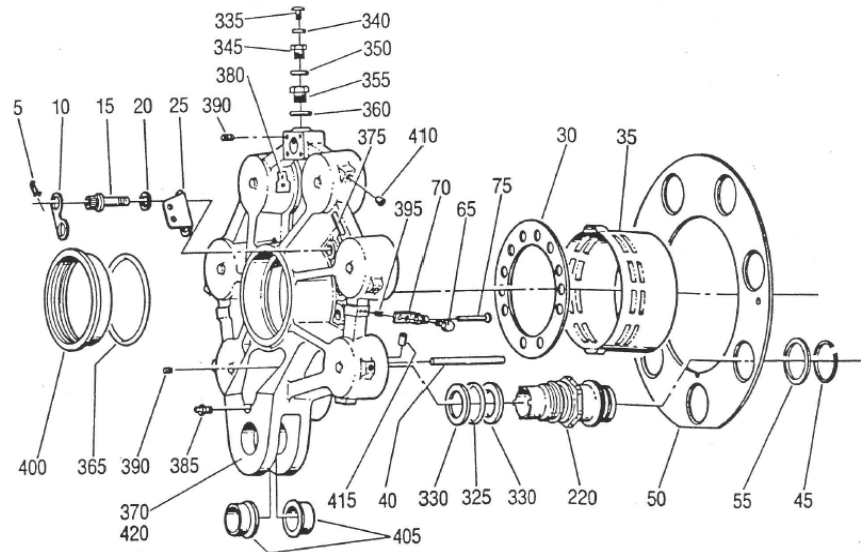


그림 49. 피스톤 어셈블리의 단면 형상

- 기타 부품의 수급 관련
 - 스프링의 사양 결정
 - 패킹의 사양 결정
 - 블리드 밸브, 피팅류, 온도 센서의 선정

○ 기술 개발 필요성 및 기술 개발 범위 설정

- 자체 개발 부품
 - 아래의 품목은 현 국내 기술의 수준을 바탕으로 기술 개발 투자가 이루어지면 국산화 개발이 가능하며, 제동장치 어셈블리의 자체 개발을 위해서 반드시 국산화 개발이 필요한 품목임.
- 피스톤 하우징
 - 피스톤 하우징 제조 기술을 확보해야 항공기 브레이크 조립체의 독자적인 설계와 개발, 응용이 가능함.
 - 이 기술이 없으면 시스템 개발 기술을 확보할 수 없음.
 - 피스톤 하우징의 관건은 설계 및 시험 조건의 확립과 단조 설비의 확보임.
 - 피스톤 하우징의 설계 및 시험 조건 확립은 항공 부품 기술의 발전을 위해 반드시 확보되어야 하는 기술 분야임.
 - 피스톤 하우징의 설계 조건 설정에 대한 자료가 확보되면 응력 해석에 기초한 설계가 가능함.
 - 피스톤 하우징의 단조 기술, 품질 검사는 전문 업체의 확보에 의해 가능함.
 - 하우징의 가압 누설 시험, 가압 내구시험 등의 장비는 전용 장비 제작 필요.
 - 피스톤 하우징의 작동 시험, 환경 시험 등의 장비는 전용 장비 제작 필요.

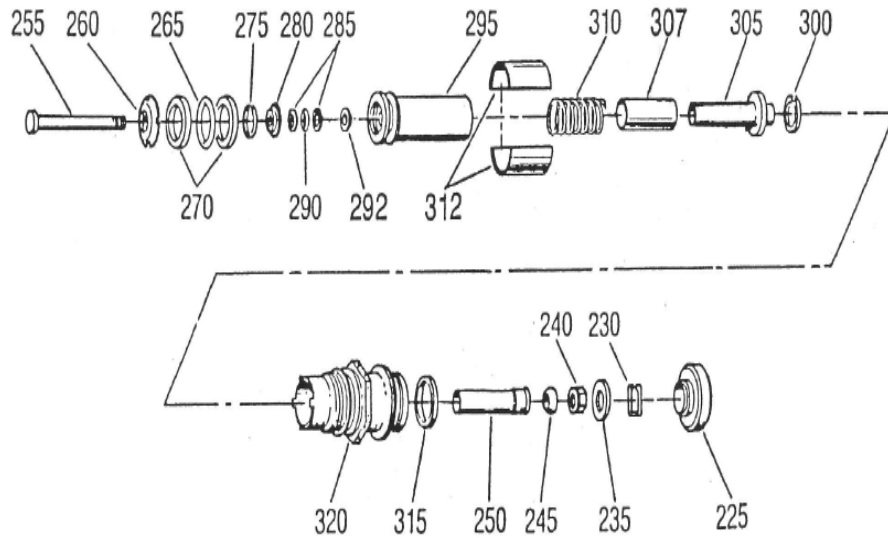


5	핀	75	브라켓	370	피스톤 하우징
10	플레이트	220	조절기	385	피팅
15	볼트	325	패킹	390	헬리컬 코일
20	와셔	330	백업 패킹	395	헬리컬 코일
25	브라켓	335	스크류	400	부싱
30	절연체	340	와셔	410	플러그
35	실드	345	블리드 밸브	415	플러그
45	링	350	패킹	40	튜브
50	실드	355	어답터	65	볼트
55	그로멧	360	패킹	365	패킹

그림 50. 피스톤 하우징의 구성 부품

■ 피스톤 어셈블리

- 피스톤 어셈블리는 항공기 브레이크 조립체가 제동력을 발생시키는 핵심 요소임.
- MRO 사업에서 브레이크 디스크 다음으로 수요가 많은 부품임.
- 국내 기술의 인프라에 의해 국산화 개발이 충분히 가능한 품목이나, 설계 및 시험 조건의 확립이 필요함.
- 피스톤 어셈블리의 부품 가공, 도금 처리 기술, 품질 검사는 전문 업체의 확보에 의해 가능함.
- 스프링, 피스톤 시일의 품질 관리는 공급 업체의 품질 보증에 의해 관리 가능함.
- 피스톤 어셈블리의 작동 시험, 환경시험 등의 장비는 전용 장비 제작 필요함.

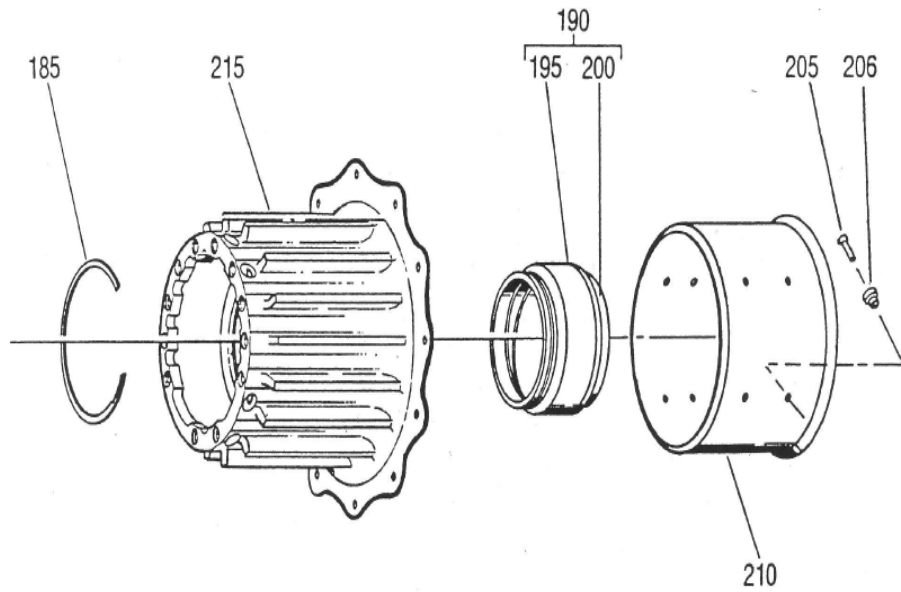


225	절연체	265	패킹	300	링
230	링	270	패킹	305	가이드 스프링
235	지시판	275	링	307	가이드 슬리브
240	자동 고정 너트	280	시일	310	스프링
245	볼	285	백업 패킹	312	슬리브
250	튜브	290	패킹	315	스크래퍼링
255	핀	292	부싱	320	슬리브
260	핀	295	피스톤		

그림 51. 피스톤 조절 어셈블리의 구성 부품

■ 토크 튜브

- 항공기 브레이크 조립체의 MRO용 부품으로 개발
- 국내 기술의 인프라에 의해 국산화 개발이 충분히 가능한 품목이나, 설계 및 시험 조건의 확립이 필요함.
- 토크 튜브의 응력 해석에 기초한 설계는 국내 기술로 가능.
- 토크 튜브의 정밀 주조, 품질 검사는 전문 업체의 확보에 의해 가능함.
- 토크 튜브의 토크 시험, 내구 시험 등은 전용 장비의 제작이 필요함.



185	링	200	부싱	210	실드
195	지지 부싱	205	리벳	215	토크 플레이트

그림 52. 토크 튜브의 구성 부품

■ 외주 조달 부품

- 다음의 부품은 투자 회수 효과의 측면에서 자체 개발보다는 기존 완성품의 외부 조달이 더 경제적이다.
 - 유압 부품 : 패킹류, 블리드 밸브, 피팅류 등
 - 기계 부품 : 스프링, ring, bushing, insert 류 등
 - 센서 : 온도 센서 등

(4) 항공기 제동장치 MRO 기술개발을 위한 주요 기술 범위

- 항공기 제동장치의 MRO를 위한 주요 개발 범위 및 개발 능력은 다음 표 28과 같음.

표 28. 개발범위 및 개발능력

개 발 범 위	개 발 능 력
- 피스톤 하우징	• Main Hydraulic Circuit Input 부분 검사 및 조립 • 블리드 밸브 검사 및 조립 • 작동유 피칭 검사 및 교환 • 피스톤 캐비티 검사 및 수리
- 토크 플레이트 조립체	• 각 스플라인의 유지 간격 측정 및 분해 조립 • 압력판 및 스테이터 중간부분과 결합 및 분해 조립 • 토크 플레이트의 내부 플란저에 부상의 간섭효과 검사 및 수리
- 히트 싱크 (혹은 히트 쉴드)	• 로터 클립 검사 및 교환 능력 • 히트 싱크 마모 검사 및 교환 능력 • 클립리테이너 교환 능력
- 온도센서	• 센서 벤치 체크 능력 및 교환
- 마모지시핀	• 피스톤 하우징 표시치와 히트 싱크 표시 일치 여부 검사

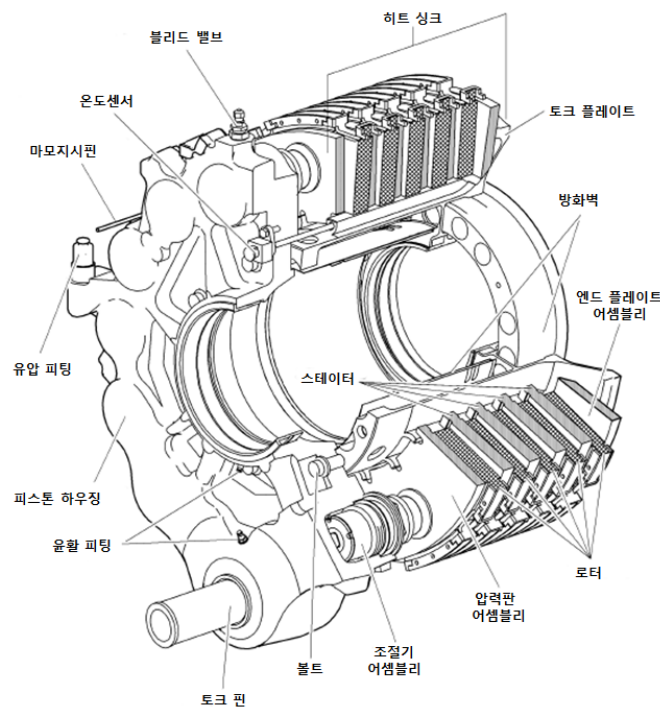


그림 53. 항공기용 제동장치 단면도

- 항공기 제동장치는 그림 53과 같으며 분해, 검사, 조립 및 시험에 소요되는 공구, 고정구 및 장비는 다음 표 29와 같으며 이들을 개발하되 필요에 따라 해외구매 할 수도 있음.

표 29. 소요공구 및 장비

구 분	소요 공구 및 장비
Tool & Fixture	• 트롤리 • 어댑터 • 히트 썬크 프로텍터 • 압축 공구 • 주걱 • 작동유 피팅
장 비	• 경도 시험 장비 • Spring Load 시험기

- 고장탐구 (Provable Cause)

제동계통의 고장탐구 내용은 다음과 같음.

- 피스톤 하우징과 조절 어셈블리 사이에서 작동유 누설
- 슬리브와 피스톤 사이에서 작동유 누설
- 피스톤 하우징과 블리더 사이에서 작동유 누설
- 피스톤 하우징과 Hydraulic Fitting 사이에 작동유 누설
- 브레이크 최소 압력으로 작동 시 최소작동간격 유지 점검
- 브레이크 과열원인별 고장탐구
- 브레이크 록 원인별 고장탐구

- 제동장치 어셈블리의 해외 창정비와 국내 정비 능력 비교

- 현실태
 - 항공사의 정비 능력에 따라 정비(M), 수리(R) 능력을 구비하였으나, 재생(O) 능력은 미보유.
 - 항공기 보유대수, 수리순환자산(RCAC), 사용수명에 따라 다르나 대부분 대형기는 약 800회 이착륙 혹은 평균 18개월 정도 사용하고 있음.
- 개선방향
 - 국내 수리능력을 구비하면, 첫째, 항공기 가동률 향상으로 수익 개선

둘째, 수리순환자산(RCAC) 감소로 고정비 감소
셋째, 고용인력 증가, 정비능력 향상 등의 효과가 나타날 것으로 기대됨.

○ 검사구분 별 요구량 설정

▪ A Check

▪ B Check

▪ C Check

▪ D Check

○ 구성품 및 Cycle별 검사 절차

▪ 구성품 및 Cycle별 검사절차의 예는 다음 표 30과 같음.

표 30. 구성품 및 Cycle별 검사절차의 예

구성품		검사사항	Cycle				
			1	2	3	4	전수
피스톤하우징		육안검사	✓	✓	✓	✓	
		비파괴(NDI)				✓	✓
		Dimensional Check				✓	✓
		와류검사(FDDY)					✓
		검표 검사					✓
토크핀		육안검사	✓	✓	✓	✓	✓
		비파괴(NDI)	✓	✓	✓	✓	✓
		Dimensional Check				✓	✓
토크 플레이트 어셈블리		육안검사	✓	✓	✓	✓	✓
		비파괴(NDI)				✓	✓
		Dimensional Check	✓	✓	✓	✓	✓
		경도 시험					✓
조절기 어셈블리		-					
-	- 피스톤 슬리브	육안검사	✓	✓	✓	✓	✓
	- 피스톤	육안검사	✓	✓	✓	✓	✓
	- 절연체 어셈블리	육안검사	✓	✓	✓	✓	✓
	- 조절기 핀	육안검사	✓	✓	✓	✓	✓
		비파괴(NDI)				✓	✓
	- 스프링 가이드	육안검사	✓	✓	✓	✓	✓
	- 가이드 슬리브	육안검사	✓	✓	✓	✓	✓
	- 스피어링	압축 점검				✓	✓
볼트		육안검사	✓	✓	✓	✓	✓
		비파괴(NDI)				✓	✓
히트 쉴드 어셈블리		육안검사	✓	✓	✓	✓	✓
		비파괴(NDI)				✓	✓
온도 센서		기능점검					✓
히트 싱크		육안검사					✓
		Dimensional Check					✓
케이블 가이드		육안검사	✓	✓	✓	✓	✓

※ Cycle 정의 : 히트싱크가 최대 마모 되었을 때

※ 전수 : 브레이크가 파열된 경우

○ Overhaul 검사요구량

- 세척
 - 일반절차, 주의 및 경고 사항
 - 히트 싱크(Heat Sink) 세척
 - 온도센서 세척
 - 기타 부분품 세척
- 피스톤 하우징 페인트 제거
 - 일반절차, 주의 및 경고사항
 - 초기 준비 절차
 - 화학적 제거 절차
 - Piston Media Bead Blasting(PMB) 절차
 - 연마 절차
- 토크 플레이트 페인트 제거 절차
 - 일반절차, 주의 및 경고 사항
 - Sand Blast 절차
- 검사 절차
 - 피스톤 하우징
 - 토크 핀
 - 토크 플레이트 어셈블리
 - 조절기 어셈블리
 - 볼트
 - 히트 쉘드
 - 온도센서 어셈블리
 - 히트 싱크
 - 케이블 가이드
- 수리
 - 부식제거
 - 일시 수리 절차
 - 영구 수리 절차
 - 피스톤 하우징이 망가지거나 헐거운 부상의 제거, 장탈 및 장착절차
 - 토크 튜브 내 부상 교환방법
 - 히트 쉘드의 부위별 수리방법
 - 가이드 슬리브의 부위별 수리방법
 - 피스톤 하우징의 수리 절차(장착구멍의 Cable Guide의 Heli

-Coil Insert 교환 절차 포함)

- 토크 플레이트 수리 절차(Torque Button 내 수리 절차/최대 손상 허용치 설정/Thread Hole의 수리 절차)

■ Protection 절차

- 피스톤 하우징
- 토크 플레이트
- 피스톤 슬리브
- Pin Retainer
- 히트 싱크의 수리 제한 정책

■ 조립 절차

- 피스톤 조립
- 피스톤 하우징과 조절기 어셈블리 조정
- 토크 플레이트 조립
- 온도 센서의 장착
- 최종 조립

■ Fits and Clearances

■ 특수공구, 고정구, 장비 및 소모성 부품

■ Servicing

- 방부관리
- 포장
- 저장
- 저장해제 및 시험

○ 요구되는 MRO 기술 개발 내역 및 소개

■ 정비능력(M) 구비

- 시험능력 : 제동장치시험능력을 위한 구비설비 및 장비는 **4,500psi(300Bar)** 압력원, 고압 누설시험을 위한 **Guide Shelter**, 안전 보호 장비 및 작동유가 함.
 - 피스톤 하우징 고압누설 시험
 - 제동장치 어셈블리의 기능시험
 - 마모량 지시핀의 길이교정
- 분해 : 제동장치 어셈블리를 분해하기 위해서는 다음 부품들을 장탈하고 절차에 따라 분해 해야 하며, 준비 작업으로는 피스

톤 하우징에 Inlet port에 유압원(3,000psi)을 연결 수행.

- 피스톤 하우징
- 히트싱크
- 토크 플레이트 어셈블리
- 조절기 어셈블리
- 세척 : 항공기 제동장치에 오염된 물질들을 제거하기 위해서는 Grease 제거용 Slovent 및 이소 프로필 알코올 등의 세척제를 이용하여 탄소 디스크, 피스톤 및 피스톤 하우징에 있는 이물질을 제거하고 페인트를 물리적 방법(Media Blasting), 혹은 화학적 방법(Chemical Removing)으로 제거한다.
 - 탄소 디스크
 - 금속 부품품 (Piston, Adjuster Sleeve, Heat Shield Assy)
 - 피스톤 하우징 의 화학적 페인트 제거
- 검사 능력 구비 : 부품들의 재사용 여부, 수리를 판단하기 위해서는 세밀한 검사를 수행하여야 하며, 이에 필요한 경도 시험 장비, 침투 검사 장비, 자분 탐상 검사 장비, 정밀 게이지(Feeler Gauge, micrometer vernier calipers) 및 스프링 시험장비 등이 필요함.
 - 육안검사 : Carbon Disk, Torque Plate, Piston Housing, Adjuster Assy, Heat Shield Assy, Bleed Valve Adapter, Bolt, Washer
 - 측정검사 : Carbon Disk, Torque Plate, Bushing, Piston, Adjuster Sleeve, Insulator Assy, Spring
 - 비파괴 검사 : Torque Plate, Piston Housing
 - 과열된 Brake Assay의 특별검사
 - 측정검사 : Adjuster/Piston Cavity 와 Inlet port의 Static Seal 표면과 직경, Hub bushing, Torque Arm Bushing
 - 경도검사 : Piston Housing
- 수리능력(R) 구비
 - 토크 플레이트 수리 : 수리해야할 부위에 급격한 구배형태 변화가 되지 않도록 하고, 수리할 곳의 표면이 거친표면이 되지 않도록 한다. 수리하는 부위의 규격의 한계치는 정비 교범에 있는 범위를 초과해서는 안됨..
 - 표면손상
 - 상부, 측면
 - 부식
 - Thread Hole, bushing

- Heli-coil
- 리벳
- 도장
- 피스톤 하우징 수리 : 수리하기 전 부식을 제거하고, **Port**와 나사산이 있는 구멍에 **Plug**를 장착하여 오물들로 인해 구멍이 막히지 않도록 하고, 공구자국이나 긁힘이 없도록 해야 한다. 부식이나 기타 손상을 제거하는데 충분하게 기계 가공해야 할 경우에는 정비교범에 명시된 허용한계값을 초과해서는 안됨.
- Inlet port 장착표면 수리
- Ni 도금
- Adjuster/Piston Cavity의 Static Seal 표면처리
- Bleeder port 나사산
- Piston Cavity 나사산
- Lubrication port
- Torque Arm Bushing의 Sealant
- Bushing의 기계 가공
- Lee Plug
- Heli-coil Insert 교환
- Lock wire Hole 수리
- Conversion coating : Conversion coat할 지역을 청결하게 하여, 부품을 공기로 건조시키고 완전히 마를 때까지 작업지역에 손대지 말고, 아노다이징이 가능한 수리지역과 여타지역에 제작회사의 사용절차에 따라 Conversion coat을 수행함.
- 히트 쉴드 수리 : 일반적으로 손상된 Heat Shield를 초기 모양으로 만들기 위해 굽히고, 균열이나 다른 손상지역에 스텐레스 스틸(304 CRES)의 28게이지(0.015")로 스팟 용접이나 tackweld를 수행함. 이때 용접봉은 같은 회사 제품인지 확인하고, 용접이 깨진 지역에 연결할 때 용접부분의 pop리벳은 스테인레스를 사용한다. Heat Shield ASSY의 절연물질은 ceramic fiber가 포함되어 있음. 세부적인 수리절차는 정비교범에 명시된 절차에 따름.
- Rivet Hole 손상
 - ; 두겹형 히트 쉴드 어셈블리
 - ; Adjuster Hole Grommet 교환
 - ; 단층형 히트 쉴드 어셈블리
- 피스톤 수리 : 정비교범에 나타난 도면 그림의 제한치 이내의 작은

손상(찍힘, 굽힘 등)을 명시된 **Grid**의 연마천을 사용 제거하고 표면을 광택나게 한 후 규격범위 안에서 수리함.

- **Adjuster Sleeve** 수리 : 정비교범에 나타난 도면 그림을 참조하여 최대 깊이가 0.015"(0.38mm)까지 작은 손상(찍힘, 굽힘 등)의 제거는 연마천으로 하고 표면을 광택처리함. 수리부분에 **conversion coat**를 하고 표면마무리를 유지하며, 내경이 최대 1.745"(44.32mm)보다 크게 마모되었다면 내경을 수리함.
- **센서튜브** 수리 : 프레어된 끝부분 센서 튜브에 프레어 끝부분 온도 감지기 **Probe**가 감지 튜브 속에 원활하게 들어갈 수 있도록 해준 후 정비교범에 나타난 도면 그림을 참조하여 수리함.
- **조립** : 토크렌치(교정이 완료된, 정확도가 4% 이상), **Arbor press**, 토크 플레이트 지지공구 및 **O-ring**을 장착할 때 필요한 윤활유 등이 필요하며, 분해의 역순으로 교범의 절차에 따라 조립함.

■ **재생 능력(D) 구비**

- **Carbon Disk의 Refurbishment** :
 - 세척
 - 검사
 - 기계가공
 - 밀도화
 - 내산화코팅
 - 지상시험
- **Conversion coat 능력**
 - **Paint stripping**
 - **Corrosion Removal & treatment**
 - **Painting**
- **비파괴 검사능력 구비**
 - **자분 탐상 검사(Magnetic particle Inspection)**
 - **형광 침투검사(Fluorescent Penetrant Inspection)**
 - **와류검사(Eddy current Inspection)**
- **도금 능력 구비**
 - **Ni-plating**
 - **Cr-plating**
 - **Hard Cr plating**
- **금속 가공능력**

- Hardness test
- Shot peening
- CNC milling
- Lathe
- 용접능력
 - Spot Welding

○ 항공기정비조직인증(AMO)

■ 항공기 정비의 범위

- 항공법 제2조에는 “항공정비업”을 항공기등, 장비품 또는 부품의 정비 등을 하는 사업이라고 정의하며, 세부적인 업무를 다음과 같이 정하고 있음.
 - 항공법 제22조 항공기등, 장비품 또는 부품에 대한 정비와 항공법 시행규칙 제60조의 경미한 정비 및 정비사의 확인을 받아야 할 정비의 범위에 해당하는 업무와 그 지원업무
 - 항공법 제24조 제2항 경량항공기 또는 그 장비품, 부품에 대한 정비와 항공법 시행규칙 제68조의5 경량항공기의 정비 범위에 해당하는 업무와 그 지원 업무
 - 항공법 제19조 및 항공법 시행규칙 제36조 내지 제38조에서 정한 수리·개조 승인에 있어 법 제138조의 정비조직인증을 받은 업무 범위와 이를 초과 하여 국토해양부장관의 승인을 받은 업무와 그 지원업무

■ 항공기 정비조직인증

- 항공기, 엔진 또는 관련 부품을 정비하거나 재생, 수리하기 위해서는 항공법과 관련 규정에 따라 조직과 인력 및 관리체계를 갖추고 그에 따른 업무 절차를 마련하여 항공법 제 138조, 운항기술기준 제6장에서 정한 바에 따라 국토해양 부로부터 인증을 받아야 함.

■ 항공정비업 구분

- 항공정비에는 기체 중정비(Airframe Heavy Maintenance), 엔진 중정비 (Engine Overhaul), 부품 중정비(Component MRO), 운항정비 (Line Maintenance)의 네 가지로 구분하며, 각각의 내용은 다음과 같음.
 - ① 기체 중정비(Airframe Heavy Maintenance)
기체중정비는 항공기 C-점검수준의 정시점검, 오버홀에 준하는 검사, 기골검사 등을 함.
 - ② 운항정비 (Line Maintenance)
운항중인 항공기의 항공법 제22조에 의한 감항성 확인행위, 비행전.

후 점검, 운항 중 발견된 결함의 수정, 부품 교체 및 경미한 정비와 서비스 등 항공기 운항을 위해 실시하는 일상적인 정비행위를 말함.

③ 엔진 중정비(Engine Heavy Maintenance)

항공기에서 엔진을 떼어내어 일정한 수준의 엔진 정비시설에서 제작사에서 정한 정비매뉴얼에 따라 부품을 교체하거나 수리하여 설계된 운용 조건으로 엔진을 복원하는 정비를 말함.

엔진 중정비는 소형항공기 엔진은 오버홀 주기를 갖고 있어 정해진 시간마다 **Overhaul** 을 하기도 하나, 대형 엔진은 라고 하여, 사용하게 부품을 교환하고, 측정검사, 비파괴검사, 표면처리, 재생수리 등을 하여 조립하고, 시운전실에서 제작사에서 정한 성능으로 복원시키는 정비 (Refurbishment) 를 수행함.

④ 부품 정비(Component Maintenance)

항공기의 작동 시스템(Operation System)을 구성하는 조종, 항행, 통신, 전자.전기장치, 객실장치, 공기압장치, 랜딩기어 및 타이어, 브레이크 등 을 말하며 이러한 부품들에 대한 수리 및 분해정비를 말함.

■ 정비조직 인증 신청

- 항공기 및 항공기 부품 정비를 하기 위해서는 국토해양부 지방항공청에 정비조직 에 대한 승인(AMO; **Approved Maintenance Organization**) 을 신청하여 인증을 취득해야 함.
- 항공기 정비조직을 승인받기 위해서는 먼저 국토해양부 항공정책실 항공정책과 로부터 정비사업 면허를 취득하고, 정비업체의 소재지가 수도권, 강원도 또는 대전 지방에 있을 경우에는 서울지방항공청에 신청하고, 이외 남부 지방에 소재 할 경우 부산지방항공청 항공검사관에 신청해야 함.
- 정비조직 승인 절차는 우선 관할 지방청에 사업계획서를 포함한 의향서를 제출 하여 안내를 받은 후, 정비조직 승인 신청서를 제출하여야 한다. 신청서에는 다음의 내용이 포함되어야 함.
 - 사업장 위치, 시설의 도면
 - 보유 장비 및 공구 현황
 - 조직 운영에 필요한 절차 및 규정(AMOPM)
 - 인원 및 조직(품질관리, 생산관리, 기술관리, 훈련조직 등)
 - 초도 생산품 선정 및 생산 과정을 설명하는 서류
 - 초도 생산품의 생산 실적
- 신청서와 함께 제출된 서류를 심사하고, 현장을 방문하여 점검을 하여, 시험 생산품에 대한 정비 공정, 인력에 대한 훈련, 조직의 활동, 시설의 적합성 등을 확인하여 만족하다고 판단할 경우, 해당 사업장에 대해서는 정비조직에 대한 승인서를 발급하고, 생산부품에 대해서는 한정사항으로 정하여 인정함.

■ 정비조직 인증의 범위

- 정비조직 인증은 사업장별로 부여하나, 업무에 대해서는 한정사항으로 구분하여 인정을 하게 되는데, 업무 한정은 운항기술기준 6장에 기술되어 있으며, 그 분류는 아래와 같음.

① 항공기 등급(Class Aircraft)

A1 한정 : 최대이륙중량 5,700킬로그램을 초과하는 비행기

A2 한정 : 최대이륙중량 5,700킬로그램 이하의 비행기 또는 비행선

A3 한정 : 회전익항공기

② 엔진 등급(Class Engines)

B1 한정 : 터빈 엔진

B2 한정 : 왕복 엔진

B3 한정 : 보조동력장치

③ 장비품/부품 등급(Class Components/parts)

C1 한정: ATA Chapter 21(에어컨디셔너 및 여압)계통에 해당하는 장비품/부품

C2 한정 : ATA Chapter 22(자동비행)계통에 해당하는 장비품/부품

C3 한정 : ATA Chapter 23 및 34(통신 및 항법)계통에 해당하는 장비품/부품

C4 한정: ATA Chapter 52(도어 및 해치)계통에 해당하는 장비품 / 부품

C5 한정: ATA Chapter 24 및 33(전력 및 조명)계통에 해당하는 장비품/부품

C6 한정: ATA Chapter 25, 38 및 45(장비·장구, 식·폐수 및 중앙정비) 계통에 해당하는 장비품/부품

C7 한정: ATA Chapter 49, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82 및 83(보조동력, 파워플랜트, 엔진, 엔진연료제어, 점화, 에어, 엔진제어, 엔진 계기, 배기, 윤활, 시동, 왕복엔진의 터빈, 물 분사 및 보기 기어박스) 계통에 해당하는 장비품/부품

C8 한정 : ATA Chapter 27, 55, 57.40, 57.50, 57.60 및 57.70 (비행제어, 수평안정판, 날개의 전연 및 전연장치, 후연 및 후연장치, 보조익 및 승강타 및 스포일러)계통에 해당하는 장비품 / 부품

C9 한정 : ATA Chapter 28(연료)계통에 해당하는 장비품/부품

C10 한정 : ATA Chapter 62, 64, 66 및 67(회전익, 꼬리 회전익, 접이식 블레이드 및 회전익비행제어) 계통에 해당하는 장비품

/부품

C11 한정: ATA Chapter 63 및 65(회전익구동 및 꼬리 회전익 구동)
계통에 해당하는 장비품/부품

C12 한정 : ATA Chapter 29(유압)계통에 해당하는 장비품/부품

C13 한정 : ATA Chapter 31(계기)계통에 해당하는 장비품/부품

C14 한정 : ATA Chapter 32(랜딩기어)계통에 해당하는 장비품/부품

C15 한정 : ATA Chapter 35(산소)계통에 해당하는 장비품/부품

C16 한정 : ATA Chapter 61(프로펠러)계통에 해당하는 장비품/부품

C17 한정 : ATA Chapter 36 및 37(공압 및 진공)계통에 해당하는
장비품/부품

C18 한정 : ATA Chapter 26 및 30(화재보호 및 제방빙·강우보호)
계통에 해당하는 장비품/부품

C19 한정 : ATA Chapter 56(창)계통에 해당하는 장비품/부품

C20 한정 : ATA Chapter 53, 54, 57.10, 57.20 및 57.30(동체, 나셀·
파이론, 중앙날개, 외측날개 및 날개 팁)계통에 해당하는 장
비품/부품

④ 특수서비스 등급(Class Specialized Service)

D1 한정 : 비파괴시험(NDT)

■ 국내 정비조직 인증의 국제법적 한계

- 원칙적으로 정비조직 승인은 당해 국가의 감항당국으로부터 받는 것
이나, 다른 국가 항공기에 장착을 하기 위해서는 항공기 등록국가의
당해 정부로부터 같은 방법으로 정비 및 수리.재생을 위한 정비조직
승인을 추가로 받아야 함. 예를 들어 미국적 항공기에 장착할 부품을
정비할 경우에는 FAA로부터 FAR Part 145에 따라 AMO를 받아
야 하는데, 이것을 **Repair Station Certificate** 라고 함.
- 따라서, 정비조직승인은 국제법적 기준에 합치되어야 하므로, 국내
사업장에서는 시설과 조직, 인력의 수준을 국제적 기준에 합치되도록
마련하여야 함.

2. 기술예측조사 및 결과

가. 항공기 제동장치 디스크를 제외한 부품의 주요 기술예측

(1) 국내 기술 현황

- 국내에서는 전투기용 브레이크 하우징, 피스톤 어셈블리, 토크 튜브의 국산화를 추진 중임.
- 다윈프릭션(주)에서 KT-1용 제동장치 조립체의 피스톤 하우징, 피스톤, 압력판, 토크 튜브를 국산화 개발 중임. 스프링, 시일은 외주 조달.
- 대형 항공기용 제동장치 조립체의 피스톤 하우징, 피스톤 어셈블리, 토크 튜브를 개발한 실적은 없음.
- 특히, 민수용 항공기를 대상으로 관련 부품을 개발한 실적은 없음.
- 국내 기술 성숙도 및 기술 확보 전략
 - 국내에서는 대형 항공기의 피스톤 하우징, 토크 튜브 및 피스톤 어셈블리를 개발한 경험이 없기 때문에 해외 업체 및 연구기관과의 기술 협력이 반드시 필요함.
 - 원 제조사와의 OEM 혹은 TSO 인증 확보를 통해 중대형 항공기용 제동장치의 제동 요구 성능에 대한 정확한 정보를 획득하여 기술적 미비 사항을 보완하는 것이 필요함.
 - 해외 첨단 기술의 조기 정착을 위해서는 국내 산학 공동 연구 체계를 통한 역학 분담이 바람직함.

(2) 국외 기술 현황

- 대형 항공기의 피스톤 하우징, 피스톤 어셈블리, 토크 튜브 제작 기술은 Goodrich, Messier-Bugatti, Dunlop 등이 보유하고, 관련 산업을 주도하여 시장을 독점하고 있는 상황임.

(3) 연구개발 기대성과

- 대외 의존도가 높은 대형 항공기용 피스톤 하우징, 피스톤 어셈블리, 토크 튜브 개발 기술의 토착화로 항공기 핵심 부품의 국내 조달 가능.

- 대형 항공기용 브레이크 조립체의 독자 개발을 통해 기초 설계기술에서 시험 평가 기술까지 전부 국산화함으로써 차기의 신형 항공기 개발 시에 적용 가능.
- 항공우주 및 일반 민수용으로의 적용이 가능
- 기술 수출의 기반 확립
- 파급효과
 - 기술적 측면
 - R&D 인프라의 고속 전철, 풍력 발전기 등 타 분야 제동장치의 국산 개발, 인증 등에 활용할 수 있음.
 - 대형 항공기 브레이크 조립체 개발에 활용된 기술의 데이터 베이스를 축적하여 향후 신형 항공기 개발 시에 적용 가능함.
 - 향후 방산용, 민간용 중형 항공기의 개발 시 향산된 제동장치의 개발 기술을 적용하여 프로젝트의 성공 확률을 높이고, 국내 항공 인프라 형성에 기여함.
 - 군사적 측면
 - 향후 개발할 고등훈련기의 브레이크 조립체의 국산화에 활용 가능함.
 - 차세대 전투기 사업에서 브레이크 조립체의 국산 조달을 통한 전략물자의 안정적 공급 체계 구축의 기반이 됨.
 - 사회 경제적 파급 효과
 - 대형 항공기용 브레이크 조립체의 주요 부품인 피스톤 하우징, 피스톤 어셈블리, 토크 튜브의 제작 기술 토착화로 국제 경쟁력의 우위를 유지할 수 있음.
 - 현재 전량 수입에 의존하고 있는 대형 항공기용 브레이크 조립체 주요 부품에 대한 국내 생산 및 조달로 수입 대체 및 해외 판매가 가능하므로 경제적 파급 효과가 클 것으로 예상됨.

(4) 실현상의 장애요인

- 대형 항공기 브레이크 조립체의 주요 부품인 피스톤 하우징, 피스톤 어셈블리, 토크 튜브의 국내 개발 경험이 없고, 시장을 선점하고 있는 기술 선진국에서 제작 기술은 차세대 핵심 전략 산업이기 때문에 외국으로의 기술 이전 및 기술 유출이 사실상 불가능하므로, 관련 data base와 자료가 부족함.
- 따라서 항공기 브레이크의 주요 부품 개발 기술은 선행 연구 기반으로 기본적인 기술/설계 data base를 구축하는 것이 이루어져야하므로, 투자된 개발비의 회수 기간이 길고 경제성 보다는 정책적 전략 측면에서 정부의 지원이 뒷받침 되어야 함.

나. 항공기 제동장치 디스크의 기술예측

(1) 국내 기술 현황

- 국내 항공기용 브레이크 디스크 제작 기술 개발 현황은 F-4, F-5 등의 래식 디스크에 개발을 통하여 축적된 개발능력과 제조/시험시설(Dynamometer Test)을 갖추고 있으며, 현재 KF-16 항공기용 탄소-탄소 복합재 디스크를 개발/생산하고 있음.
- 탄소-탄소 복합재의 국내 연구개발 현황은 국방과학연구소(ADD)를 중심으로 정부출연 연구소(한국화학연구소) 및 대학(충남대, 서울대, KAIST) 등에서 1980년대에 제조공법에 관련하여 기초연구를 시작하여, 1990년 초부터 국방과학연구소와 한국항공우주산업(현, (주)DACC)이 공동연구를 수행하여 현재는 국산소재를 사용한 고밀도 탄소-탄소 브레이크 디스크 및 내열재를 생산할 수 있는 제조공정 기술 및 Pilot Plant를 확보 운용하고 있음.
- 최근 (주)C&R Tech에서 자동차용 탄소-탄소 브레이크 디스크를 개발하였으며, 개발한 제품 및 제조공정에 대한 국제특허를 출원 중에 있음.
- 항공기용 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크의 제작을 추진중인 업체로 (주)C&R Tech와 (주)진양공업이 있음.
- 또한 시험평가 및 메탈 디스크 개발능력을 보유한 다윈프릭션과 탄소-탄소 및 기타 다양한 복합재생산 기술을 보유한 (주)DACC와 한국화이바, (주)C&R Tech, 기타 군소업체 및 연구소(학교) 등이 있으나, 여객기용 디스크를 개발하기 위해서는 시설/장비 및 제조기술에 대한 개발능력 및 인증기술이 부족한 실정임.

- 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 관련 국내 기술 현황을 표 31에 정리하였음.

표 31. 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 관련 국내 기술 현황

구분 (분야)	기관	주요연구 / 확보기술	비고
설계 해석	한국과학기술원	• 탄소-탄소 제동장치 디스크의 열탄성 해석	2D/3D 열탄성코드 해석
재료	(주)DACC	• 탄소섬유/Pitch 프리프레그, 탄소/Phenol	태광산업/제철유화 강남정공
	(주)C&R Tech	• 함침용 pitch 제조 • Matrix pitch 제조	
부품	(주)DACC	• F-16 Block 32용 Clip/Rivet 역설계/제작	한국로스트웍스공업
공정	국방과학연구소	• F-16 Block 32 탄소 제동장치 디스크 개발 • 초 내열재용 C-C 제조공정	
	(주)DACC	• Pitch계 C/C B/D 제조 - ISO-CVI 공정 기술 - 상압함침 밀도화 공정 - TG-CVD 공정 기술	- Pilot plant 확보 - Long Process - F-16 B32/52 디스크 제작 능력 확보
	산업과학기술연구소	• Pitch 계 C/C 제조공정 연구	
	한국화학연구소	• CVI 공정 연구 • Pulse CVI 공정 개발	
	충남대학교	• Pitch 계 C/C 공정 연구	
	한양대학교	• 고분자 매트릭스 합성에 관한 연구	
	한국과학기술원	• 탄소섬유의 표면 코팅	
	금오공대	• 내산화/내열 특성 개선	
	(주)C&R Tech	• 탄소섬유 직조 • 2-D, 3-D preform 제조 • 일체형 디스크 성형 공정 개발 • 상압/고압 함침 • 자동차용 C/C B/D 제조 • C/C clutch disk 제조 • 탄소/탄소/세라믹 복합재 제조	
시험 평가	한국과학기술원 국방과학연구소/공군 (주)다윈프릭션	• 기계적 특성 • Dynamo 평가/운용시험 (F-16 B32/B52 기준)	

- 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 개발 소요 기술분야 및 보유 현황을 표 32에 정리하였음.

표 32. 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 개발 소요 기술분야 및 보유 현황

구분	기술 항목	기술 보유 현황		비고
		DACC	C&R Tech	
기초소재 및 부품	- 탄소섬유 탄화/ 흑연화	○	○	
	- Prepreg 제조 기술	○	×	
	- 2-D Preform	○	○	
	- Oxi-PAN	×	×	해외 수입
	- 소형 Quasi 3-D Preform	△	○	
	- 중형 Quasi 3-D Preform	×	○	국산화 필요
	- Metal Clip/ Rivet 제작	×	×	고내열성 정밀 주조품 국산화 (해외 수입 불가)
	- 탄소섬유 직조기술	×	○	
	- Matrix Pitch 제조기술	×	○	
	- 탄소섬유/Matrix 복합화기술	×	○	
	- 함침용 피치제조기술	×	○	
설계/ 해석 기술	- BD 형상, Preform 설계	△	○	2-D/ 3-D F-16
	- Metal Clip 설계	×	×	
	- 고온 열 탄성 및 동적 특성 해석	△	×	
	- Clip/ Rivet Design	△	×	현품 역설계/ 모방 : 독립적 design 능력 필요
제조 공정 기술	- 그린 디스크 성형 기술	○	○	
	- 일체형 디스크 성형기술	×	○	
	- 상압 함침 탄화 기술	○	○	Long Process : Cost Up
	- ISO - CVI 기술	○	○	
	- 고온 흑연화 처리 기술	○	○	Fast Dedsigication
	- T/G % Pulse CVI 기술	△	×	Cost down
	- PIC 기술	△	×	High Performance
	- HIPIC 기술	×	○	High Performance
	- 내산화 코팅 기술	○	○	Cost Down 필요
시험 평가 및 인증 기술	- 열분석 시험	○	○	
	- 마찰/ 마모 시험	○	○	
	- 기계적 시험	○	○	
	- 비파괴 시험 (X-ray, NDT)	△	×	
	- 환경 시험/ 고온 특성 평가	△	×	
	- 군수용 시험 평가 (지상/ 비행시험)	○	○	Low Energy
	- 민수용 시험 평가 (지상/ 비행시험)	×	×	High Energy
	- 인증 기술	△	×	군용은 일부 확보
브레이크 어셈블리	- 브레이크 조립 기술	△	×	불량률 zero set-up
	- 브레이크 시스템 기술	×	×	고부가 가치 제품
양산 기술	- 장비 Scale-Up 설계/ 제작	△	○	민수용 C/C 경쟁 치열
	- Cost-Down 기술	△	○	

(2) 국외 기술 현황

- 표 33은 주요 5대 OEM업체 및 이들과 협력관계의 회사 그리고 '90년대 이후 개방된 Russia의 제조 기술과 신흥 개방국인 일본의 업체에 대한 주요 기술을 보여주고 있음.

표 33. 탄소-탄소 복합재료 주요업체

구분	국가	제조 업체	주요 제조 기술	적용 기술
Carbon Brake Disk	미국	BP-Hitco	Resin Char, CVI, 혼용	F-16, F-14, C-17A, A 320, Fokker-100
		Allied-Signal Bendix	Resin Char/ CVI	F-15, F-18, Boeing 767-300
		BF Goodrich	CVI	Space Shuttle, Boeing 747-400
	영국	Dunlop	CVI	concord, Boeing 757
	프랑스	Carbon Industries	Resin Char, CVI, HIPIC	Mirage2000, Rafale, Airbus Series
	러시아	NIIGrafit-Electrode Plant	Pitch, CVI	Space Shuttle "Buran" MIG-29, Tu-154M
	일본	Kobe Steel	HIPIC	고등 훈련기 (XT-4)
		Mitsubishi Kasei	Resin Char, CVI, HIPIC	

※ 중대형 탄소/탄소 복합재 브레이크 디스크개발, 한국항공우주산업(주)

(3) 기대 효과

- 연구개발 기대성과
 - 항공기용 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크의 제조공정 국산화로 항공기 핵심부품의 국내 조달 가능.
 - 기초소재기술에서 시험평가 기술까지 전부 국산화함으로써 차기의 고성능 브레이크 디스크 개발의 기반 확립.
 - 중형 항공기의 국내 독자 개발 시 적용 가능한 독자적 기술 획득 및 활용 가능.

- 항공우주 및 일반 민수용으로의 적용이 가능.
- 기술수출의 기반 확립.

○ 파급효과

▪ 기술적 측면

- 국내에서 처음 적용하는 제동장치의 항공 형식 인증 활동으로 항공 안전에 기여함.
- 항공 형식 인증 획득으로 개발된 제동장치의 해외 직접 수출 및 해외에서 개발되는 유사 항공기의 제동장치 개발 업체로 선정될 가능성을 높임.
- 향후 방산용, 민간용 중형 항공기의 개발 시 향상된 제동장치의 개발 기술을 적용하여 프로젝트의 성공 확률을 높이고, 국내 항공 인프라의 형성에 기여함.
- 자동차, 고속철도, 풍력 등의 타 분야 제동장치의 개발 기술과 인증 기술에 영향이 파급되어 해당 분야의 수준을 높일 수 있고, 안전을 향상시킬 수 있음.
- 대형 항공기용 제동장치 개발에 활용된 기술은 민간 대형항공기, 군용 최신험공기에 적용되는 기술 수준을 높일 수 있으며, 관련 부품 개발로 국내 항공 산업 역량 및 수준 향상에 기여함.
- 개발된 항공기 제동장치는 항공정비의 기술적 기반을 마련할 것이며 항공 안전의 핵심 원천기술 확보 및 자립화 여건을 조성할 것임.
- 주요 핵심 기술의 확보로 해외 의존에 따른 기술적, 경제적 환경이 개선되고 국내 기술 확보로 소비자(항공사, 군 등)의 어려움을 해결할 수 있음.
- 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크는 고부가가치 소재로써 소재산업에 많은 응용분야를 가지고 있으며, 브레이크용 마찰재 뿐만 아니라 기타 고유특성을 활용한 다음과 같은 분야에 응용될 수 있음.
 - ① 육상교통 분야 : 고속전철, 대형트럭/버스,特种차의 브레이크 디스크
 - ② 기계/원자력 산업분야 : 고온단열재료, 터빈 엔진부품, 고온용 베어링 및 실링재

- ③ 의공학 인공뼈, 심장 판막
- ④ 야금 분야 : Hot Isotatic Press Mold

■ 군사적 측면

- 향후 개발할 고등훈련기의 브레이크 디스크 및 착륙장치의 국산화에 활용 가능하며, 또한 차세대 전투기 사업에서 브레이크 디스크의 국산 조달을 통한 전략물자의 안정적 공급 체계 구축할 수 있음.

■ 사회 경제적 파급 효과

- 현재 국내에서 사용하고 있는 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크는 전량 외국에서 수입하고 있으며, 국내의 항공기에 장착하는 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 시장은 2000년에 400억원에 이릅니다. 따라서 민항기의 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크에 대한 인증이 완료되고 독자 브레이크 디스크 개발이 성공할 경우 국내의 민항기용 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 시장뿐만 아니라 수출증대에도 이바지할 수 있으며 (세계시장규모 : 6,000억원, 2000년 기준) 고속전철용 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크까지 고려하면 시장규모는 2배 이상 증대될 것으로 예측됨.
- 항공기용 브레이크 개발과 관련하여 투자된 시설, 인력, 기술능력을 활용하여 고속전철 등 육상용 브레이크 시스템이 개발될 경우 충분한 투자회수가 가능하며 이를 통한 시장의 활성화는 탄소-탄소 복합재 소재뿐만 아니라 기초소재, 관련 장비, 고온 시험분야 등 관련 High-Tech 산업의 활성화에 많은 기여를 할 것이라 예상됨.
- 현재 환경규제, 고유가 등으로 친환경·고효율의 Green 정책에 의한 기술개발을 주력하고 있으며, 엔진분야에서는 Unducted Fan(UDF)을 개발하여 연비를 35%까지 향상시키고 있으며, 연료전지(無배기가스) 등을 개발하여 녹색혁명을 시도함으로써 경제적 산업적 발전을 가져오게 하고 있다. 엔진 후방 덮개의 제거와 연비 향상 및 소음/진동이 저감된 차세대 엔진 또한 개발 중에 있다. 이와 동시에 친환경적인 탄소-탄소 복합재 브레이크의 개발은 국내 Green 정책에 부응하고 경제적 사회적 측면의 기여도가 매우 높을 것으로 판단됨.
- 탄소-탄소 복합재 브레이크의 사용은 항공기 중량을 감소시킬 뿐만 아니라 착륙 가능 회수를 2배 이상 향상시킴으로서 유지·보수비용 절감 효과가 있어 친환경·고효율 기술로서 경제적·사회적 측면에서 기여가 클 것으로 예상 됨.

- 국토 해양부가 적극 추진 중인 MRO사업의 활성화에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대됨.
- 개발된 기술은 전량 해외 기술에 의존하고 있는 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크와 관련 장치의 정비/공급을 국내로 전환함으로써 수입 대체 효과 및 항공 산업 경쟁력을 확보할 수 있음.
- 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 장치의 개발은 차세대 항공기 개발, 국가전략사업, 신재생에너지사업, 자동차산업, 철도 산업 등으로의 파급 효과 등을 기대 할 수 있음.
- 본 연구를 통해 확보된 항공기 탄소-탄소 복합재 브레이크의 제작 기술 및 정비(수리/재생) 기술, 시험 인프라를 통해 국내 항공사 및 관련 부품 제조업체의 상호 협력 활성화 및 항공 산업의 발전을 기대 할 수 있음.
- 확보된 전략적 기술은 항공기 제동 장치의 핵심 부품에 대한 제작, 정비, 시험 등의 기반 구축으로 전문화 체계가 이루어질 수 있음.
- 확보된 핵심 기술은 민간 항공 인프라뿐만 아니라 군(軍)의 항공기 정비 기술 개발 분야, 자동차 산업 분야, 철도 산업 분야 등, 다양한 분야에 활용이 가능함.

(4) 실현상의 장애요인

- 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 제조 기술은 차세대 핵심 전략 산업이기 때문에 기술 보유국에서 외국으로의 기술 이전 및 기술 유출이 사실상 불가능 하므로, 관련 Data Base와 자료가 부족함.
- 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 제조 기술 개발은 기본적인 Data Base와 자료를 구축하는 것에서 이루어 져야 하므로 지속적인 투자와 연구가 필요함.
- 민항기용 브레이크 디스크는 FAA 25.735 및 TSO-C26C(Technical Standard Order)에 의한 Dynamotest 및 실제 항공기 장착운용시험을 수행하여 항공기 flight manual에 제시된 성능을 만족함을 입증 받으면, FAA(Federal Aviation Administration)로부터 STC(Supplemental Type Certificate)를 받게 됨. 그러나 FAA로부터 STC를 받더라도 이는 설계에 대한 인증이므로, 실제 생산을 위해서는 PMA(Part Manufacturer

Approval)를 추가로 받아야 함. 특히 PMA는 U.S.A & U.S.A와 BAA(Bilateral Airworthiness Agreement)가 체결된 나라의 회사에만 줄 수 있으며, 실제에 있어서는 미국내 소재한 회사에 제한하여 부여되고 있음. 따라서 한국정부가 미국과 BAA 체결이 안 된 상황에서는 PMA 확보가 불가함.

다. 항공기 제동장치 MRO 분야의 기술예측

(1) 국내 기술 현황

- 군용기 부분은 주력기 부분의 Rotor Disk, Stator Disk는 국내 제작 및 수리가 가능한 수준을 유지하고 있으며, 운영부대에서 MRO능력을 개발/운영하고 있음.
- 상용기는 소요 구성품을 전량 수입에 의존하여 도입해서 조립 운영하는 형태이며, MRO능력 역시 메이저항공사를 제외하고, 수리순환자산(예비부속품)으로 교체수준으로 MRO 전문업체는 전무함.
- 제작 및 Refurbishment 능력 구비 시 국내항공사의 외화를 유출하지 않고, 동남아에서 수요빈도가 상위 국가인 중국, 일본 등 지역적으로 가까운 우리나라가 싱가포르 보다 유리함.

(2) 국외 기술 현황

- 탄소-탄소 제동장치를 사용하는 B-747 기종의 제동장치 정비 매뉴얼을 바탕으로 MRO 시스템을 판단할 때, 제동장치의 MRO는 원 제작자가 수행하는 것으로 판단됨.
 - 주요 기술적 문제점 발생 시 교환 후 원 제작사로 수리 요청함.

(3) 기대 효과

- 기대효과
 - 국내 정비능력 구비에 따른 항공사의 수리순환 비용 및 기간 절감을 통해 항공사의 고정자산 및 수리비 절감으로 경쟁력 증가가 기대됨.
 - MRO 기반 기술을 바탕으로 민간항공기 제동장치 **MRO** 시장진입 용이함.

- 확보된 MRO 기술을 바탕으로 군용항공기 제동장치 MRO 시장에 진입이 가능함.
- 현재 추진중인 정부의 항공산업 기술개발 로드맵과 부합하여 정부 정책 실현의 타당성 부여.
- MRO 산업이 확대됨에 따른 고용창출효과가 기대됨.
- 제동장치 시스템의 Repair Station 유치시 환태평양의 MRO 산업의 중심으로 도약 및 관련 산업의 활성화 기대.

○ 파급효과

- 향후 국내에서 중형항공기 개발시에 적용 가능함.
- 신형 중대형 민간항공기 제동장치 개발(Boeing, Airbus 등)시 시장진입 가능성 증대.
- 전 세계적인 **Green** 정책에 부합함.
 - 제동장치 시스템의 중량감소에 따른 연료 사용량 감소 및 항공기 운용 효율 증대.
 - 금속 브레이크 디스크를 사용하는 제동장치 대비 사용 수명 증가.

(4) 실현상의 장애요인

- Refurbishment 능력 구비 시 원제작사의 인증 획득이 필요함.
- 항공기 제동장치 Repair Station 유치 성공시 환태평양의 MRO 산업의 중심으로 도약이 가능하나, 유치 성공 확률이 낮은 편임.
- 제동장치 시스템 제작사가 특정업체에게 독점권을 주는 것이 현재 일반적 추세임.

4절 기술개발 방향 설정

1. 분석결과 종합

가. 분야별 종합분석

○ 탄소-탄소 브레이크 디스크 제작 분야

- 탄소-탄소 브레이크 디스크의 제작 기술은 (주)DACC와 (주)C&R Tech에서 확보한 상태이나, 중대형 민간항공기용 탄소-탄소 브레이크 디스크의 제작 경험은 없음. 항공기 사이즈에 따른 제동요구 성능에 따라 제작하는 디스크의 요구 성능이 다르고, 요구 성능에 따른 제작기술의 심화가 이루어져야 함으로, 대형항공기에 적용 가능한 탄소-탄소 브레이크 디스크를 개발하는 본 연구와의 중복성은 없음.

○ 탄소-탄소 브레이크 디스크 이외의 제작 분야

- 피스톤 하우징, 토크 튜브의 설계/응력 해석 인프라는 중복 투자의 가능성이 있으나, 중복 투자 회피의 경제적 효과는 크지 않음.
- 피스톤 하우징의 가압 누설 시험, 가압 내구시험 장비는 중복 투자의 가능성이 있으나 제동장치의 경우, 규모와 시험 규격이 월등히 다른 제품을 개발하게 됨에 따라 기술과 장비구축이 새로이 개발되어 차별화된 설비의 신규 구축이 필수적임.

○ 항공기 제동장치 MRO 분야

- 금속 디스크를 사용하는 제동장치의 경우 MRO 수행능력을 보유하고 있으나, 탄소-탄소 제동장치의 경우 MRO에 대한 능력이 전무함.
- 현재 MRO 상황 발생시, 전량 해외 원제작사로 수리요청 발송하여 처리함.

○ 항공기 제동장치 시험평가 및 인증 인프라 분야

- 국내 업체로 금속재 디스크 개발능력을 보유한 다위프릭션(주)과 탄소-탄소 디스크 개발능력을 보유한 (주)DACC, 한국화이바(주), (주)C&R Tech, 기타 군소업체 및 연구소 등이 있으나 중형항공기용 디스크를 개발하기 위해서는 시설/장비 및 제작기술에 대한 개발능력 및 시험평가·인증기술이 부족한 실정임.

- 제동장치 부품 중 하우스 등 유압부품류는 한화(주), 위아(주) 등이 기본기술을 보유하고 있으나 대형여객기용 개발기술 및 시험평가·인증기술은 마찬가지로 부족함.

나. SWOT 분석

○ SWOT(강점·약점·기회·위협) 분석기법

- SWOT(강점·약점·기회·위협) 분석 기법은 항공기 탄소 제동장치 제작 및 정비기술 개발 기획 과제에서 기술개발 전략방향 도출을 위해 해당 산업을 둘러싼 환경의 기회(O)/위협(T) 요인과 내부의 조직적 강점(S)/약점(W)을 분석하고 조직전략 및 사업전략 등을 수립하는데 적용됨.
- SWOT 분석은 탄소 제동장치 기술개발의 내부환경을 분석하여 강점(S)과 약점(W)을 발견하고 외부환경을 분석하여 기회(O)와 위협(T)을 찾아내며 이를 토대로 강점은 살리고 약점은 제거하고, 기회는 활용하고 위협은 억제하는 기술개발 전략을 수립할 수 있음.
- SWOT(강점·약점·기회·위협) 분석에 의한 기술개발 전략의 특성
 - SO 전략(강점-기회전략) : 탄소 제동장치 시장의 기회(O)를 활용하기 위해 강점(S)을 사용하는 전략을 선택.
 - ST 전략(강점-위협전략) : 시장의 위협(T)을 회피하기 위해 강점(S)을 사용하는 전략을 선택.
 - WO 전략(약점-기회전략) : 약점(W)을 극복함으로써 시장의 기회(O)를 활용하는 전략을 선택.
 - WT 전략(약점-위협전략) : 시장의 위협(T)을 회피하고 약점(W)을 최소화하는 전략 선택.

○ 항공기 제동장치 제작 분야에 대한 SWOT 분석

- '국내외 정책, 시장, 기술 동향분석', '국내외 기술개발현황 및 국내 기술 인프라, 기술인력 분석', '기술수요 및 기술예측 조사'를 바탕으로 분석한 항공기 제동장치 제작 분야에 대한 SWOT 분석 결과는 다음 그림 54와 같음.



그림 54. 항공기 제동장치 제작 분야에 대한 SWOT 분석

○ 항공기 제동장치 제작 분야에 대한 SWOT 분석

- '국내외 정책, 시장, 기술 동향분석', '국내외 기술개발현황 및 국내 기술 인프라, 기술인력 분석', '기술수요 및 기술예측 조사'를 바탕으로 분석한 항공기 제동장치 MRO 분야에 대한 SWOT 분석 결과는 다음 그림 55와 같음.



그림 55. 항공기 제동장치 MRO 분야에 대한 SWOT 분석

2. 비전 및 목표

가. 비전

- 항공기 제동장치의 국산화 개발은 항공기 개발 시의 필수품목으로 국내 개발이 절실히 요구되고 있는 분야임.
- 국내외 여건을 고려할 때, 항공기 제동장치의 독자적 국산화 개발이 가능하나 상용화 단계에 많은 어려움이 존재함. 따라서 제동장치의 국산화 개발에 앞서 핵심부품인 디스크 재생기술의 확보를 통해 **MRO** 사업에 진출하며, 향후 중형 항공기 개발 사업이 진행될 경우 항공기 제동장치의 국산화 개발을 진행토록 함.
- 항공기 부품산업 중 제동장치 **MRO**사업은 항공기 운항 시 소요 다빈도 품목으로서 **MRO**능력 구비시 항공기 정비능력의 자족성, 수리순환 자산감소 및 기간 단축에 따른 운영비절감으로 수익성을 향상시키며, 국제경쟁력을 확보하여 환태평양을 주도하는 항공기 부품 제작 및 기술 강국의 실현.
 - 제동장치 **MRO** 사업 분야 중 핵심소요부품인 제동장치 디스크의 재생기술 확보를 우선 추진함.
- 제동장치 디스크 재생 사업 수행시 재생품의 성능 평가를 위한 시험장비의 구축이 필요하며, 구축된 장비는 향후 독자적 제동장치 개발시 기반인프라로 활용함.
 - 시험평가 및 관련 인프라 구축을 통해 항공산업 분야의 기술력을 공인받고 후발 항공산업국으로서의 위상 강화 및 환태평양을 이끄는 항공선진국으로의 도약 실현

나. 목표

본 기획연구 결과로 제시된 목표는 다음과 같음.

- ▶ 항공기 제동장치 **MRO** 분야 중 탄소 브레이크 디스크 재생기술 개발
- ▶ 중대형항공기용 브레이크 시스템 시험장비 개발

- 기획연구의 결과로 도출된 연구의 비전 및 목표는 다음 그림 56과 같음.

비
전

항공기 부품산업 활성화와 MRO 사업의 확대를 통한

환태평양을 주도하는 항공기 MRO 및 기술 강국 실현

목
표

2015년

- 중대형 항공기용 탄소 제동장치 디스크 재생기술 개발
- 중대형 항공기용 브레이크 시스템의 시험장비 개발

전
략

항공기 제동장치
산업의 경쟁력 강화

핵심 전문 인력 양성

독자적 기반
기술 구축

MRO 산업의
신규시장 창출

탄소 제동장치
디스크에 대한
재생 기술 개발

제동장치 정비분야
의 환태평양 중심지
도약의 기반

시험평가 및 인증
분야의 전문성 확보

시험평가 기술개발
및 고용량 장비 도입,
장비운용 기반 구축

항공부품 시험·인증
노하우 확보를 통한
국산화 확대

그림 56. 항공기 제동장치 정비·시험인프라 기술 개발의 비전, 목표 및 전략

3. 기술개발에 따른 미래상

○ 항공기 제동장치 정비·시험인프라 기술 개발 성공시

- 탄소-탄소 복합재 디스크의 재생능력 확보를 통해 디스크 제작에 준하는 기술 능력은 물론 관련 분야의 기술의 혁신적 발전이 기대됨.
 - 탄소 복합재 디스크 개발의 기반 구축
- 항공기 제동장치 시험인프라 기술 개발 성공에 따른 제동장치 제작 분야 연구 프로젝트에 참여 가능함.
- 항공기 제동장치 시험평가 및 인증시스템 구축에 따른 인증 시험평가 시장 진입 개척.
- 인증용 고용량 장비운용으로 전기계통 Load Bank Test병행 활용이 가능함.

○ 기술 개발에 따른 전반적 미래상은 다음 그림 57과 같음.

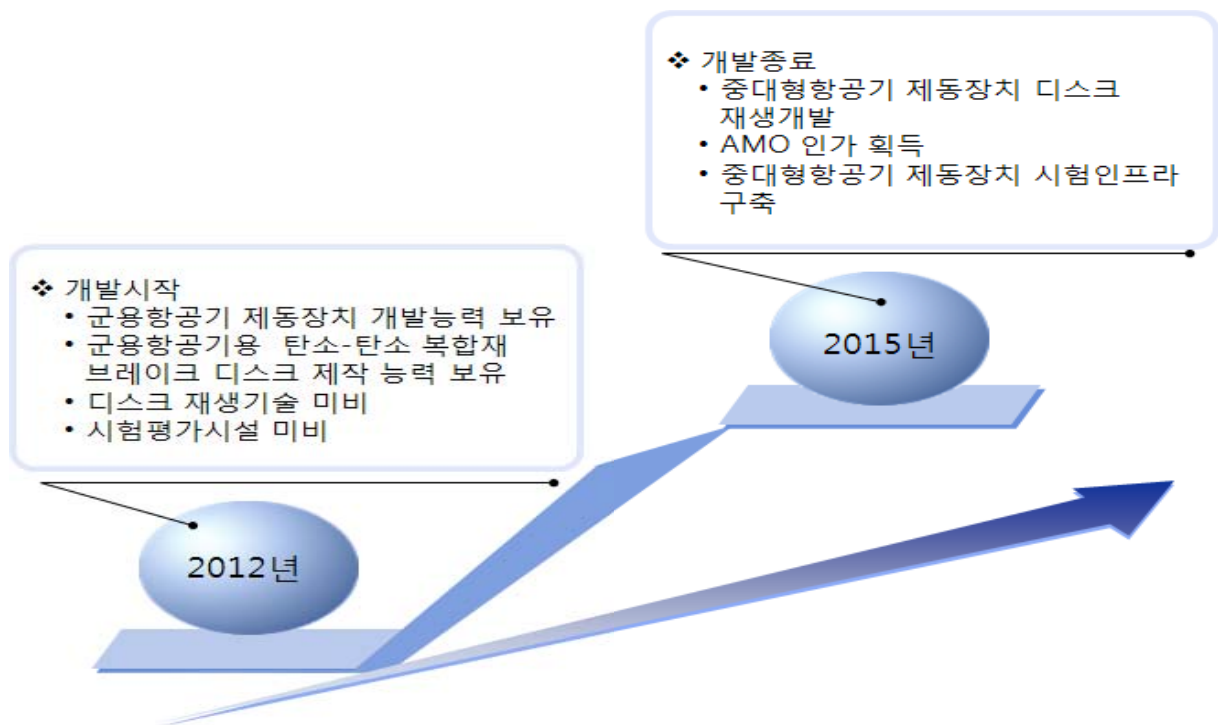


그림 57. 기술개발에 따른 미래상

5절 후보과제 도출 및 정의

- 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발에 있어, 연구진행의 효율을 위해 기존 개발품의 외부 조달을 통해 적용하는 것이 효율적이라고 판단되는 부분품의 경우 개발하지 않는 것을 가정하여 주요 후보과제를 도출하였음.
- 기획연구 결과에 따른 연구목표를 크게 3가지로 구분함.
 - 항공기 제동장치 제작
 - 항공기 제동장치 제작을 위한 기술개발 목표 및 주요 후보과제는 다음 그림 58과 같음.

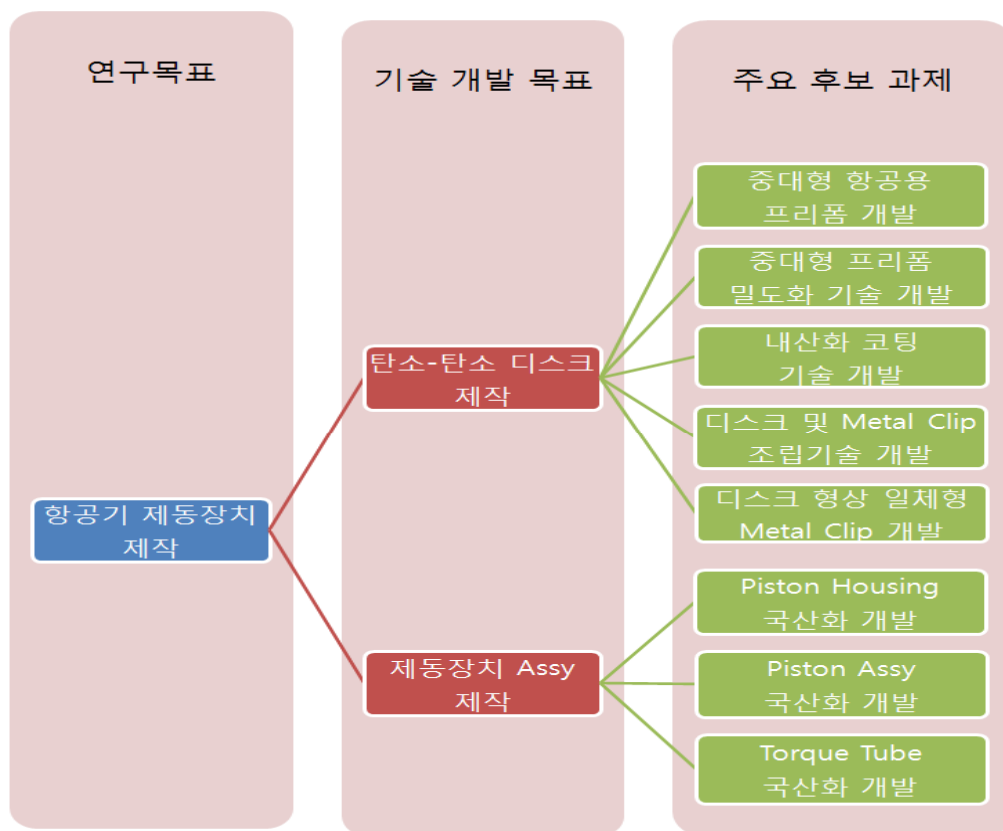


그림 58. 항공기 제동장치 제작을 위한 후보과제 도출

- 항공기 제동장치 MRO 기술 개발
 - 항공기 제동장치 MRO 기술개발을 위한 기술개발 목표 및 주요 후보과제는 다음 그림 59와 같음.



그림 59. 항공기 제동장치 MRO 기술개발을 위한 후보과제 도출

- 항공기 제동장치 시험평가 및 인증기술 개발
 - 항공기 제동장치 시험평가 및 인증기술 개발을 위한 기술개발 목표 및 주요 후보과제는 다음 그림 60과 같음.

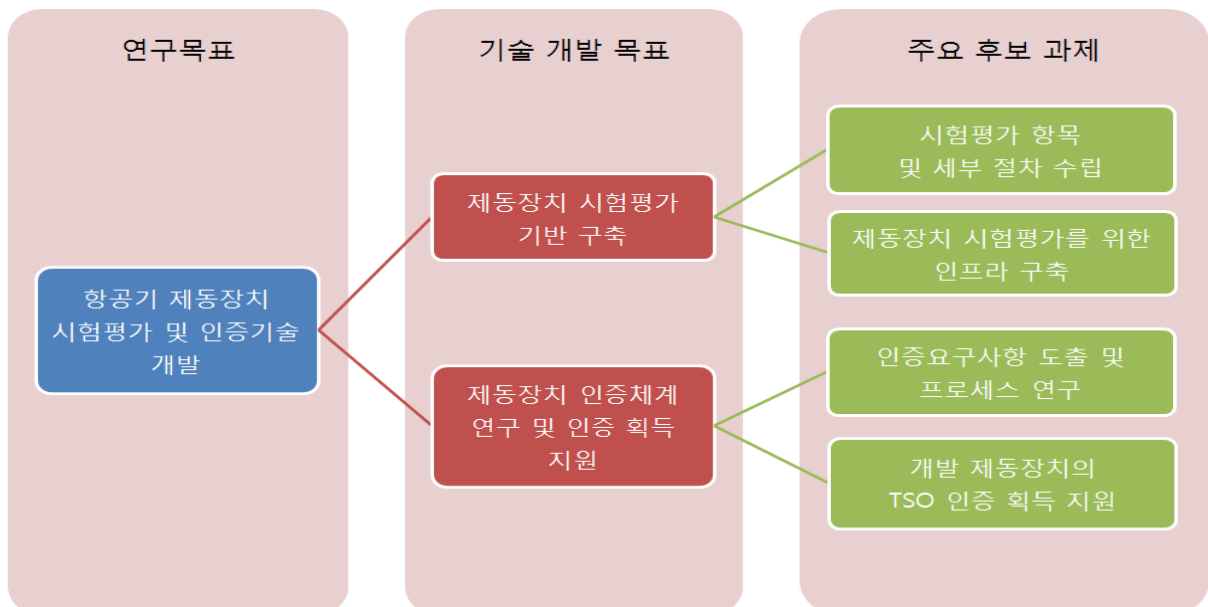


그림 60. 항공기 제동장치 시험 평가 및 인증기술 개발을 위한 후보과제 도출

- 도출된 후보과제를 정리하면 다음 표 34와 같음.

표 34. 기획연구 결과에 따른 후보 과제

연번	후보 과제명	후보 과제 정의
1	중대형 항공용 프리폼 개발	내열성 및 내마모·마찰 특성이 우수한 탄소-탄소 복합재 디스크 프리폼 개발
2	중대형 프리폼 밀도화 기술 개발	내열성 및 내마모·마찰 특성이 우수한 탄소-탄소 복합재 디스크 고밀도 공정기술 개발
3	내산화 코팅 기술 개발	내산화 코팅기술 개발을 통한 탄소-탄소 복합재 디스크 내마모성 및 고온열적 안정성 확보
4	디스크 형상 일체형 Metal Clip 개발	제동장치 어셈블리에 결합을 위한 일체형 Metal Clip 개발
5	디스크 및 Metal Clip 조립기술 개발	디스크 및 Metal Clip 조립기술 개발
6	피스톤 하우징 국산화 개발	중대형 항공기용 제동장치 어셈블리의 피스톤 하우징 국산화 개발
7	피스톤 어셈블리 국산화 개발	피스톤 어셈블리 국산화 개발
8	토크 튜브 국산화 개발	토크 튜브 국산화 개발
9	제동장치 MRO 기술 개발	제동장치 MRO를 위한 기반 기술 개발
10	제동장치 MRO 시스템 구축	제동장치 MRO를 위한 인프라 구축
11	정비 절차 수립	제동장치의 정비 절차 수립
12	제동장치 디스크 재생 기술개발	제동장치의 핵심 부품인 디스크의 재생 기술개발
13	제동장치 디스크 재생 시스템 구축	제동장치의 핵심 부품인 디스크 재생을 위한 인프라 구축
14	시험평가 항목 및 세부 절차 수립	중형항공기급 제동장치의 제작시 및 정비시 성능입증*을 위한 각각의 시험평가 요구조건 도출
15	제동장치 시험 평가를 위한 인프라 구축	도출된 시험평가 항목의 수행을 위한 시험장비(다이내모미터, 유압시험장비 등) 구축
16	인증요구사항 도출 및 프로세스 연구	인증 관련 법령 및 기준 분석
17	개발 제동장치의 TSO 인증 획득 지원	인증신청부터 획득까지 개발기업 기술지원

3장 연구개발과제 추진체계

1절 기획대상과제 선정 및 조정결과

1. 후보과제 검토과정

○ 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발 기획연구의 과제 도출 및 과제 선정을 위해 다음과 같은 과정을 거쳐 수행하였음.

- 제동장치 제작사 방문 및 의견수렴
 - 탄소-탄소 복합재 디스크 생산업체 방문 및 의견수렴
: (주)테크, (주)C&R Tech, (주)진양공업, (주)홍성브레이크
 - 금속 복합재 디스크 및 제동장치 어셈블리 제작업체 방문 및 의견수렴
: (주)다원프릭션
- 제동장치 운용 및 정비업체 방문 및 의견수렴
 - (주)대한항공, (주)제주항공 방문 및 의견수렴
 - 공군 81, 82 정비창 방문 및 의견수렴
- 유압부품 업체 방문 및 의견수렴
 - (주)한화
- 시험평가시설 방문 및 의견수렴
 - 한국항공우주연구원, 한국산업기술시험원 방문 및 의견수렴

○ 기획연구와 관련된 업체/연구소 방문 및 의견수렴을 거치고, 자문위원을 포함한 전 연구진의 의견을 수렴하여 제시된 후보과제를 검토하여 다음과 같은 후보과제 검토 결과를 제시하였음.

2. 후보과제 검토결과

○ 도출된 17개의 후보과제에 대한 검토결과 연구 진행의 시급성과 연구내용의 중요성에 따라 우선순위를 결정하여 과제를 진행하는 것이 합리적이라는 판단하에 다음 표 35와 같이 과제의 우선순위를 결정하여 최종 도출하였음.

○ 비고란에 과제 진행에 대한 우선순위를 표기하였음.

표 35. 후보과제 검토결과

연번	후보과제명	검토의견	보완사항	비고
1	프리폼 개발	탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 개발에 필수적인 사항으로 통합하여 진행하는 것이 바람직함.	하나의 과제에 세부 목표로 통합하여 제시함.	3
2	프리폼 밀도화 기술 개발			
3	내산화 코팅 기술 개발			
4	디스크 형상 일체형 Metal Clip 개발		4,5번 과제의 경우 디스크 재생시 반드시 필요한 공정으로 우선개발 추진함.	1
5	디스크 및 Metal Clip 조립기술 개발			
6	피스톤 하우징 국산화 개발	피스톤 하우징은 제동장치 최종 조립시 중요부품으로 통합하여 진행하는 것이 바람직함.	하나의 과제에 세부 목표로 통합 과제 총괄로 제시함.	3
7	피스톤 어셈블리 국산화 개발			
8	토크튜브 국산화 개발	없음.	없음.	3
9	제동장치 MRO 기술 개발	MRO의 특성상 단독으로 진행하지 않고 통합하여 진행하는 것이 바람직함.	MRO 기술개발 세부과제로 통합하되 MRO 기술개발 및 시스템구축, 정비절차 수립에 대해서만 통합하여 하위과제로 제안함.	2
10	제동장치 MRO 시스템 구축			
11	정비 절차 수립		디스크 재생기술의 개발을 우선하고 추후 시스템 구축을 수행함	1
12	제동장치 디스크 재생 기술개발			
13	제동장치 디스크 재생 시스템 구축		디스크 재생기술의 개발을 우선하고 추후 시스템 구축을 수행함	2
14	시험평가 항목 및 세부 절차 수립	전체 내용상 시험평가 및 인증이라는 하나의 독립된 세부과제로 진행하는것이 바람직함.	하나의 과제에 세부 목표로 통합 과제 총괄로 제시함.	1
15	제동장치 시험 평가를 위한 인프라 구축			
16	인증요구사항 도출 및 프로세스 연구		제동장치 제작 수행시 수행토록함.	3
17	개발 제동장치의 TSO 인증 획득 지원			

3. 후보과제 조정결과

- 도출된 후보과제에 대한 검토 결과를 적용하여 우선순위에 따른 후보과제의 내용을 조정한 결과는 다음 표 36과 같음.

표 36. 후보과제 조정결과

(단위 : 억원)

우선 순위	연 번	기존후보과제			조정결과		
		과제명	주요연구내용	예산	과제명	주요연구내용	예산
1	1	제동장치 디스크 재생 기술개발	제동장치의 핵심 부품인 디스크의 재생 기술개발	20	재생기술 개발	● 제동장치 디스크 재생 기술개발 ● 프리폼 밀도화 기술 개발 ● 내산화 코팅 기술 개발 ● 디스크 형상 일체형 Metal Clip 개발 ● 디스크 및 Metal Clip 조립기술 개발	40
	2	디스크 형상 일체형 Metal Clip 개발	제동장치 어셈블리에 결합을 위한 일체형 Metal Clip 개발	4			
	3	디스크 및 Metal Clip 조립기술 개발	디스크 및 Metal Clip 조립기술 개발	4			
	4	내산화 코팅 기술 개발	내산화 코팅기술 개발을 통한 탄소-탄소 복합재 디스크 내마모성 및 고온열적 안정성 확보	6			
	5	프리폼 밀도화 기술 개발	내열성 및 내마모·마찰특성이 우수한 탄소-탄소 복합재 디스크 고밀도 공정기술 개발	6			
	6	시험평가 항목 및 세부 절차 수립	중형항공기급 제동장치의 제작 및 정비 성능인증을 위한 각각의 시험평가 요구조건 도출	15	시험장비 개발	● 제동장치 시험평가를 위한 장비개발 ● 시험평가 항목 및 세부 절차 수립	120
	7	제동장치 시험평가를 위한 인프라 구축	도출된 시험평가 항목의 수행을 위한 시험장비구축	105			
2	8	제동장치 MRO 기술 개발	제동장치 MRO를 위한 기반 기술 개발	10	제동장치 MRO 기술개발	● 제동장치 MRO 기술 개발 ● 제동장치 MRO 시스템 구축 ● 정비 절차 수립 ● 제동장치 디스크 재생 시스템 구축	115
	9	제동장치 MRO 시스템 구축	제동장치 MRO를 위한 인프라 구축	65			
	10	정비 절차 수립	제동장치의 정비 절차 수립	10			
	11	제동장치 디스크 재생 시스템 구축	제동장치의 핵심 부품인 디스크 재생을 위한 인프라 구축	30			

우선 순위	연 번	기존후보과제			조정결과		
		과제명	주요연구내용	예산	과제명	주요연구내용	예산
3	12	프리폼 개발	내열성 및 내마모·마찰 특성이 우수한 탄소-탄소 복합재 디스크 프리폼 개발	57	항공기 제동장치 디스크 개발	● 프리폼 개발	57
	13	피스톤 하우스링 국산화 개발	중대형 항공기용 제동장치 어셈블리의 피스톤 하우스링 국산화 개발	40	제동장치 시험평가 기술개발	● 시험평가 항목 및 세부 절차 수립 ● 제동장치 시험 평가를 위한 인프라 구축	95
	14	피스톤 어셈블리 국산화 개발	피스톤 어셈블리 국산화 개발	20			
	15	인증요구사항 도출 및 프로세스 연구	인증 관련 법령 및 기준 분석	10			
	16	개발 제동장치의 TSO 인증 획득 지원	인증신청부터 획득까지 개발기업 기술지원	25			
	17	토크 튜브 국산화 개발	토크 튜브 국산화 개발	13	토크 튜브 개발	● 토크 튜브 개발	13

2절 연구개발과제 추진체계

1. 연구개발과제 추진전략

- 본 기획연구에 대한 연구결과를 바탕으로 다음과 같이 본 과제 추진을 위한 연구 진행 안을 제시함.
 - 제안 과제명 : 항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술 개발
 - 중대형 항공기급(B747급) 탄소 브레이크 디스크의 재생(Refurbishment, Two For One) 기술 개발
 - 중대형항공기(B747급) 브레이크 시스템의 시험장비(Inertia Dynamometer) 개발
- 연구 진행의 시급성과 연구내용의 중요성에 따라 우선순위를 결정하여 과제를 진행하는 것이 합리적이라는 판단하에 과제의 우선순위를 결정하여 최종 도출하였으나, 향후 독자적 제동장치 재작을 위해서는 MRO 기술개발 및 제동장치 개발과제가 연속적으로 이루어 져야함.
 - 항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술 개발과제 종료 후 MRO 기술개발 및 제동장치 개발에 대해 재평가하여 과제 진행의 타당성 및 진행방안에 대한 추가적인 연구가 필요함.
- 연구개발 수행시 분야가 확연히 다르고, 산업적 측면에서도 공통적으로 취급하기 어려운 분야의 연구가 동시에 수행되어야 함.
 - 재생기술개발 분야 ; 탄소 복합재, 금속 분야의 기업, 학교 및 연구소
 - 시험장비개발 분야 ; 유압, 금속 분야의 기업, 학교 및 연구소
- 다양한 분야와 이해관계가 상충하는 본 연구에서는 세부 연구 내용에 대한 포괄적 이해를 바탕으로 효율적 연구를 수행하여야함.
- 탄소-탄소 복합재를 적용한 항공기 제동장치 재생) 기술의 확보와 시험인프라 구축을 위한 추진과제 및 추진방향을 연구/제시하며 향후 연구개발 과제의 성공을 위한 목표를 설정해야함.
- 재생기술 및 시험장비 개발에 있어 국내외 공동 또는 위탁, 연구용역 등 활용하여 해외 연구기관을 활용한 해외 기술조사, 기술연수 및 기술도입, 공동연구 등을 추진함.
- 산·학·연 역할 분담 및 공조를 통하여 연구개발 추진 체계를 효율적으로 운영하며, 관련 산업의 저변확대를 위해 탄소 브레이크 제작 기술 능력이 적합한 업체 및 유관 중소기업의 적극 참여를 유도함.

- 연구 단계별 산·학·연·관의 연계를 활용한 역할 분담과 효율적인 운영체계를 확립하되, 기초연구는 학·연을 중심으로, 기반기술은 학연 및 산업체를 중심으로 개발함.
- 수행되는 과제에 대해서 연구 개발물의 성과를 정략적으로 도출하고 기술 발전의 동향과 방향을 제시토록 하기 위하여 각 분야의 전문가 자문을 받도록 함.
- 항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술 개발에 대한 연구진행 내용은 다음 그림 61과 같음.

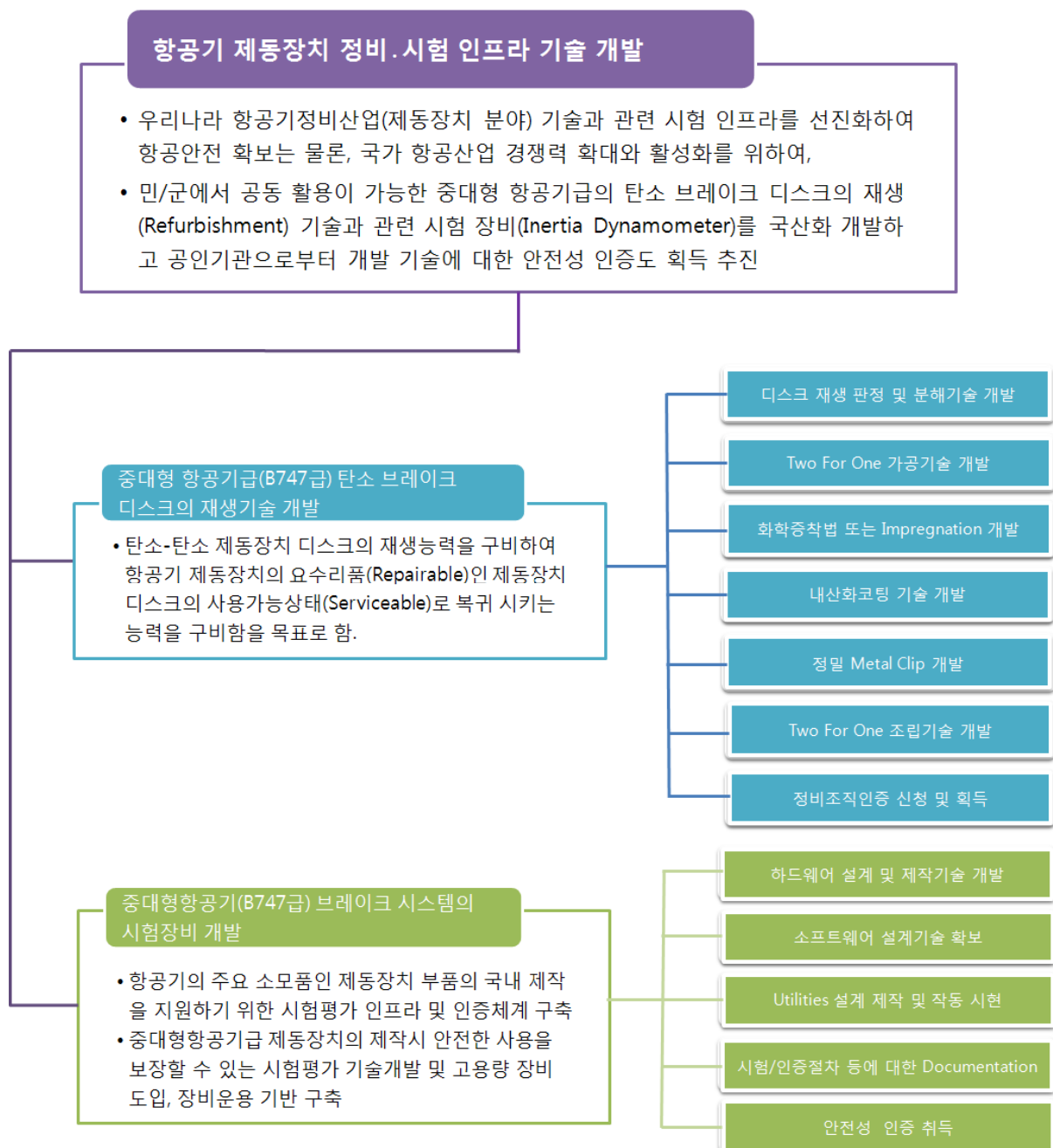


그림 61. 연구 진행 내용

2. 연구개발과제 추진방안

- 『건설교통 R&D 혁신 로드맵』에 의거 비전 및 전문지식을 갖춘 연구기관이 연구개발 과제를 전체적으로 관리 운영하며, 연구개발·시험평가·성과확산 등 연구사업과 개발일정의 경영관리 업무를 총괄함.
- 개발품의 세부적인 시험항목 및 시험절차, 제조사의 품질관리체계 등 기술기준을 개발하여 체계적이고 실효성 있는 성능평가체계의 구축.
- 개발 기술 성과물의 질적 향상을 도모하기 위하여 정부, 지방자치단체, 항공관련 업체나 기관 등으로 구성된 자문위원회, 시험인증 환경 구축, 성능 검증 및 평가체제를 구축함.
- 국토해양부에서 실시하는 해당 분야의 산업육성, 발전정책 및 종합계획 수립 등의 관련업무 추진 시 기술자문 및 적극적인 업무협조를 수행함.
- 과제의 사업성과를 관리하고 참여기관의 연구성과가 관련분야와 연계 발전시킬 수 있도록 각 성과에 관한 지적 재산권 및 정보관리 등 지원업무를 수행함.
- 기초 요소기술에서 상용화까지 연결하는 실용화를 추진하고, 실제 부가가치를 창출할 수 있는 사업화, 지적 재산권·정보관리 등을 수행함.

4장 연구개발과제 주요내용 및 기대효과

1절 연구개발과제 주요내용

- 항공기 제동장치 제작 및 정비기술 개발 기획 연구의 결과에 따른 우선순위를 도출하고 우선순위에 따라 1순위 과제를 수행하는 것으로 함.
- 2순위, 3순위 과제의 경우 1순위 과제 종료 후 새롭게 재평가하여 과제 진행의 타당성 및 진행방안에 대한 추가적인 연구가 필요함.
- 1순위 과제를 ‘항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술 개발’로 하여 연구개발을 수행하며, ‘항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술 개발’ 과제의 주요내용과 최종성과물은 다음 표 37과 같음.

표 37. 연구개발과제의 주요내용과 최종성과물

구분	과제명	주요내용	최종 성과물
과제 총괄	항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술 개발	● 중대형 항공기급(B747급) 탄소 브레이크 디스크의 재생 기술 개발 - 탄소 브레이크 디스크 재생 판정 및 분해기술 개발 - 탄소 브레이크 디스크 Two For One 가공기술 개발 - 탄소 브레이크 디스크 밀도 증강기술인 화학 증착법 또는 Impregnation 개발 - 탄소 브레이크 디스크 내산화코팅 기술 개발 - 탄소 브레이크 조립용 정밀 Metal Clip 개발 - 탄소 브레이크 Two For One 조립기술 개발 - 탄소 브레이크 디스크의 재생 기술에 대하여, 공인 인증기관으로부터 정비조직인증 신청 및 획득 ● 중대형항공기(B747급) 브레이크 시스템의 시험장비 개발 - 개발 장비(Inertia Dynamometer)의 하드웨어(Hard Ware) 설계 및 제작기술 개발 - 개발장비(Inertia Dynamometer)의 소프트웨어(Soft Ware) 설계기술 확보 - 개발 장비품 구동을 위한 Utilities 설계 제작 및 작동 시험 - 개발 기술(Inertia Dynamometer)을 이용한 시험/인증절차 등에 대한 Documentation(Data sheet, 시험성적 Record, 장비품 사용과 유지관리 매뉴얼 포함 등) 마련 - 개발 기술에 대하여, 공인기관으로부터 안전성을 입증하는 인증 취득	● 탄소브레이크 디스크의 재생기술 개발 기술서 ● 재생 기술(시설 및 설비 포함) 개발품 ● 탄소브레이크 디스크의 재생기술 성능시험결과 ● 탄소브레이크 디스크의 재생기술 인증서 ● 시험장비(Inertia Dynamometer) 개발품 ● 개발 시험장비(하드웨어, 소프트웨어) 설계 기술서 ● 개발 시험장비의 성능시험 결과 ● 개발 시험장비 인증서 ● 개발 장비품의 사용/운용설명서, 유지보수 지침서 ● 시험절차서 ● 시험 data 유지관리 지침서 ● 연차보고서, 최종보고서 ● AMO 인가 획득

2절 연구개발과제 성과활용방안

○ 항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술 개발 과제

- 항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술 개발 과제의 성과활용방안은 다음 표 38과 같음.

표 38. 연구개발과제의 성과활용방안

구분	과제명	최종 성과물	최종 수요처	활용방안
과제 총괄	항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술 개발	• 탄소브레이크 디스크의 재생기술 개발 기술서 • 재생 기술(시설 및 설비 포함) 개발품 • 탄소브레이크 디스크의 재생기술 성능시험 결과 • 탄소브레이크 디스크의 재생기술 인증서 • 시험장비(Inertia Dynamometer) 개발품 • 개발 시험장비(하드웨어, 소프트웨어) 설계 기술서 • 개발 시험장비의 성능시험 결과 • 개발 시험장비 인증서 • 개발 장비품의 사용/운용설명서, 유지보수 지침서 • 시험절차서 • 시험 data 유지관리 지침서 • 연차보고서, 최종보고서 • AMO 인가 획득	• 민간항공사 • MRO 사업자 • 항공기 부품개발 사업자 • 항공분야 연구기관	• 최종 성과물에 명시된 작업절차에 따라 최종 수요자 (End User)가 활용 • 시험평가 인프라 구축을 통한 신규 개발 시장에 진출

○ 타 연구에의 활용방안

- 기존 군용항공기를 중심으로 소형의 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크가 개발 실용화 되어있는 상태이나, 중·대형 항공기용 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 개발을 위해서는 추가연구가 필요로 함.
- 활용분야로는 주로 항공기용 브레이크 디스크, 가스터빈, 블레이드, 로켓의 노

줄, Re-entry Shuttle의 Leading Edge 등과 같은 고온구조물에 응용되고 있으며, 핵 융합로의 벽재 등과 같이 고온이 요구되는 곳에도 사용되고 있음.

- 또한, 탄소 복합재료는 인간의 생체와 접합성(Compatibility)이 우수하기 때문에 인공관절, 인공뼈, 인공심장판막 등의 의료용 생체재료로도 널리 이용되고 있음. 이와 같은 탄소-탄소 복합재료의 적용재료를 마찰재로써 항공기, 고속 육상차량, 내열구조물 및 산업용 탄소 복합재 등의 분야에 적용 개발한다면 시장 확대가 가능함.
- 시험평가/인증 분야에 대한 인프라 구축을 통해 국내 독자 개발하는 항공우주 부품의 시험평가 및 인증 획득의 효율적 지원으로 항공우주 부품 개발 산업의 촉진에 가능함.

○ 기업화 추진방안

- 현재 국내에서 KF-16 Block52용 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크가 양산에 있으며, 국내 중·소형 항공기에 대한 국산화 및 양산화가 진행되고 있음. 또한 자동차용 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크에도 그 우수성이 입증되었으며, 항공기 이외에도 육상차량과, 내열구조물 및 산업용 탄소 복합재에도 응용이 가능함.

○ 주요 수요처에 따른 활용방안

▪ 중·대형 민간 항공기

- 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크는 정기적인 점검과 수리 및 교체가 필요한 소모품이다. 향후 항공 여객의 수요가 200%이상 증가 할 것으로 예상되므로 중·대형 민간 항공기로의 예상되는 수요가 큼.

▪ 고속전철

- KTX 고속전철에서도 브레이크 디스크는 안전과 직결되는 소모품으로 정기적인 수리와 교체가 필요한 항목임. 또한 경춘, 전라, 중앙, 호남선 까지 고속철도 운행구간이 전국적으로 늘어날 예정이므로 잠재적인 수요가 큼.

▪ 차세대 자동차

- 자동차의 경우 엔진 성능 향상에 따른 제동성이 중요시 되므로 자동제어와 같은 차세대 제동 시스템의 구축을 위해서는 정밀 제동제어가 가능한 브레이크 디스크가 필요함. 이런 요건을 충족시키는 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크의 수요가 늘어날 것으로 예상됨.

3절 기대효과

1. 항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술 개발 기대효과

가. 기술적 기대효과

- 향후 방산용, 민간용 중형 항공기의 개발시 향상된 제동장치의 개발 기술을 적용하여 프로젝트의 성공 확률을 높이고, 국내 항공 인프라의 형성에 기여함.
- 자동차, 고속철도, 풍력 등의 타 분야 제동장치의 개발 기술과 인증 기술에 영향이 파급되어 해당 분야의 수준을 높일 수 있고, 안전을 향상시킬 수 있음.
- 대형 항공기용 제동장치 개발에 활용된 기술은 민간 대형항공기, 군용 최신헌공기에 적용되는 기술 수준을 높일 수 있으며, 관련 부품 개발로 국내 항공 산업 역량 및 수준 향상에 기여함.
- 국제적인 소급체계를 갖춘 시험평가 공인기관 및 지역 테크노파크의 참여로 국내 항공부품 시험평가 체계 확립 및 전문성 확보를 꾀할 수 있고 시험체계의 지속운용을 통한 실질적인 기업 지원 효과가 기대됨.
- 주요 핵심 기술의 확보로 해외 의존에 따른 기술적, 경제적 환경이 개선되고 국내 기술 확보로 소비자(항공사, 군등)의 어려움을 해결할 수 있음.
- 탄소-탄소 복합재는 고부가가치 소재로써 소재산업에 많은 응용분야를 가지고 있으며, 브레이크용 마찰재 뿐만 아니라 기타 고유특성을 활용한 다음과 같은 분야에 응용될 수 있음.
 - 육상교통 분야 : 고속전철, 대형트럭/버스, 특장차의 브레이크 디스크
 - 기계/원자력 산업분야 : 고온단열재료, 터빈 엔진부품, 고온용 베어링 및 실링재
 - 의공학 인공뼈, 심장 판막
 - 야금 분야 : Hot Isotatic Press Mold
- 군사적 측면
 - 향후 개발할 고등훈련기의 브레이크 디스크 및 착륙장치의 국산화에 활용

가능하며, 또한 차세대 전투기 사업에서 브레이크 디스크의 국산조달을 통한 전략물자의 안정적 공급 체계 구축.

나. 사회·경제적 파급효과

- 현재 국내에서 사용하고 있는 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크는 전량 외국에서 수입하고 있으며, 국내의 항공기에 장착하는 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 시장은 2000년에 400억원에 이를 것으로 추측됨. 따라서 민항기의 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크에 대한 재생기술을 바탕으로 독자적 브레이크 디스크 개발이 성공할 경우 국내의 민항기용 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크 시장뿐만 아니라 수출증대에도 이바지할 수 있으며 (세계시장규모 : 6,000 억원, 2000년 기준) 고속전철용 탄소-탄소 복합재 브레이크 디스크까지 고려하면 시장규모는 2배 이상 증대될 것으로 예측됨.
- 항공기용 탄소 브레이크 디스크 재생 기술 개발을 바탕으로 탄소 브레이크의 독자적 제작능력을 기반기술의 확보가 가능하며 이와 관련하여 투자된 시설, 인력, 기술능력을 활용하여 고속전철 등 육상용 브레이크 시스템 개발될 경우 충분한 투자회수가 가능하며 이를 통한 시장의 활성화는 탄소-탄소 소재 뿐만 아니라 기초소재, 관련장비, 고온 시험분야 등 관련 High-Tech 산업의 활성화에 많은 기여를 할 것이라 예상됨.
- 현재 환경규제, 고유가 등으로 친환경·고효율의 Green 정책에 의한 기술개발을 주력하고 있으며, 엔진분야에서는 Unducted Fan(UDF)을 개발하여 연비를 35%까지 향상시키고 있으며, 연료전지(無배기가스) 등을 개발하여 녹색혁명을 시도함으로써 경제적 산업적 발전을 가져오게 하고 있음, 엔진 후방 덮개의 제거와 연비 향상 및 소음/진동이 저감된 차세대 엔진 또한 개발 중에 있음. 이와 동시에 친환경적인 탄소-탄소 브레이크의 개발은 국내 Green 정책에 부응하고 경제적 사회적 측면의 기여도가 매우 높을 것으로 판단됨.
- 탄소-탄소 브레이크의 사용은 항공기 중량을 감소시킬 뿐만 아니라 착륙 가능 회수를 2배 이상 향상시킴으로써 유지·보수비용 절감 효과가 있는 등 친환경·고효율 기술로서 경제적·사회적 측면에서 기여가 클 것으로 예상됨.
- 국토해양부가 적극 추진중인 MRO사업의 활성화에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대됨.
- 개발된 기술은 전량 해외 기술에 의존하고 있는 탄소-탄소 복합재료 브레이크 디스크, 대형 항공기용 브레이크 조립체 주요 부품과 관련 장치의 정비/공급을 국내로 전환함으로써 수입 대체 효과 및 항공 산업 경쟁력을 확보할 수 있음.

- 탄소-탄소 복합재료 브레이크 디스크 장치의 개발은 차세대 항공기 개발, 국가전략사업, 신재생에너지사업, 자동차산업, 철도 산업 등으로의 파급 효과 등을 기대 할 수 있음.
- 본 연구를 통해 확보된 항공기 탄소-탄소 복합재료 브레이크의 재생 기술 및 시험 인프라를 통해 국내 항공사 및 관련 부품 제조업체의 상호 협력 활성화 및 항공 산업의 발전을 기대 할 수 있음.
- 확보된 전략적 기술은 항공기 제동 장치의 핵심 부품에 대한 제작, 정비, 시험 등의 기반 구축으로 전문화 체계가 이루어질 수 있음.
- 확보된 핵심 기술은 민간 항공 인프라뿐만 아니라 군(軍)의 항공기 정비 기술 개발 분야, 자동차 산업 분야, 철도 산업 분야 등, 다양한 분야에 활용이 가능함.
- 국내에 시험평가 인프라를 구축함에 따라 해외 기관에 위탁 수행하는 시험평가분야의 시간 및 비용의 절감이 기대됨.
- 국내 시험평가를 통한 결과 획득 시간의 감소 및 시험평가 수행 대기 시간의 감소를 통한 전체적 제품 개발 기간 단축이 기대됨.
- 국내에서 개발된 항공기 부품에 대한 설계 및 제작 관련 노하우의 해외 유출 방지에 기여함.
- 항공부품 시험평가/인증 관련 국내 노하우 축적을 통한 세계적 항공부품 시험기관으로의 도약의 발판.
- 국내기업의 제품개발의욕 고취, 관련 연구개발 활성화가 기대됨.
- 항공 분야는 시스템 엔지니어링에 의한 체계화된 시험평가/인증 체계를 요구하므로, 부품의 시험평가/인증 인프라 구축시에도 하드웨어인 시험평가 장비뿐 아니라 소프트웨어적인 관련 제도 및 프로세스(품질문서체계, 시험평가절차, 시험평가 인력 교육 등)의 구축이 함께 이루어지고 지속적으로 유지될 수 있도록 하여야 함.
- 연구개발 기대성과의 항목 중 항공법 내 관련 조항은 2007년 기술표준품 관련 조항이 정비되었으며, 다만 중형항공기용 KTSO가 아직 도입되지 않았으므로 고시 품목의 추가가 필요함.

5장 연구개발과제 소요예산

○ 항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술 개발 과제 소요예산은 다음과 같음.

(단위 : 백만원)

과제명	1차년		2차년		3차년		4차년		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
과제 총괄	1,795	605	4,275	1,425	4,275	1,425	1,650	550	11,995	4,005
재생기술개발	670	230	900	300	900	300	525	175	2,995	1,005
시험장비개발	1,125	375	3,375	1,125	3,375	1,125	1,125	375	9,000	3,000

※ 기업부담금 및 정부출연금 비율은 국가연구개발사업의 연구비 운영규정 및 참여형태에 따라 달라질 수 있음.

[첨부] 후보과제 우선순위 도출결과 및 과제카드

- 본 기획연구에 대한 연구결과를 바탕으로 다음과 같이 본 과제 추진을 위한 연구 진행 안을 제시함.
 - 제안 과제명 : 항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술 개발
 - 중대형 항공기급(B747급) 탄소 브레이크 디스크의 재생(Refurbishment, Two For One) 기술 개발
 - 중대형항공기(B747급) 브레이크 시스템의 시험장비(Inertia Dynamometer) 개발
- 연구 진행의 시급성과 연구내용의 중요성에 따라 우선순위를 결정하여 과제를 진행하는 것이 합리적이라는 판단하에 과제의 우선순위를 결정하여 최종 도출하였으나, 향후 독자적 제동장치 재작을 위해서는 MRO 기술개발 및 제동장치 개발과제가 연속적으로 이루어 져야함.
 - 항공기 제동장치 정비·시험 인프라 기술 개발과제 종료 후 MRO 기술개발 및 제동장치 개발에 대해 재평가하여 과제 진행의 타당성 및 진행방안에 대한 추가적인 연구가 필요함.

1. 세부후보과제별 관리 카드

○ 중대형항공기 제동장치 디스크 개발

1. 과제명	중대형항공기 제동장치 디스크 개발
2. 연구개발목표	○ 항공기 제동장치에 사용되는 탄소/탄소 복합재 제작기술 개발 ○ 2D/3D Preform 제작 기술 확보를 통한 중대형 탄소/탄소 복합재 브레이크 디스크 완전 국산화 추진 ○ 항공기 제동장치에 사용되는 탄소/탄소 복합재 제작기술 개발 ○ 내열성 및 내마모, 마찰 특성이 우수한 탄소/탄소 복합재 디스크 고밀도 공정 기술 개발 ○ 장시간을 요하는 기존 공정 및 제작기술 개선 ○ 디스크 형상 일체형 Metal Clip 개발 ○ 디스크 및 Metal Clip 조립기술 개발
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	○ 국외 기술 및 시장 동향 - 1970년대부터 미국, 프랑스, 러시아 등의 국가 연구소 및 관련업체에서 비밀리에 연구개발을 수행하여 왔으며, 관련 설계 및 제조기술은 MTCR(Missile Technology Control Regulations) 및 ITAR(International Traffic in Arms Regulation) 규제 하에 철저히 통제되고 있음 - 완제품 및 Preform에 대한 수출도 엄격한 규제 하에서 통제되고 있어 수요에 따른 공급이 원활히 이루어지지 않고 있음 - 항공기용 탄소/탄소 복합재 브레이크는 미국의 Goodrich사, Goodyear, Bendix사 등 3대 업체가 전체 시장의 85%를 점유하고 있으며, 유럽의 Dunlop사, Messia Bugati사가 13%를 점유하고 있음 - 국외 시장규모는 6,540억 원 규모(2000년 기준)이며, 향후 고속철도 및 승용차 적용 시 예상되는 탄소 브레이크 수요를 더하면 더욱 큰 시장으로 성장할 가능성이 있음 - 최근의 항공기 대형화에 따른 브레이크 성능향상이 요구되고 있으며, 기존의 Prepreg 적층법으로는 요구특성에 대응하기 어려움으로 3D Preform의 적용연구가 활발히 이루어지고 있음. - 제조공정 단순화 및 고 효율화를 통한 가격인하를 추진하고 있으며, 기존의 기상침투법을 개선하기 위해 높은 탄화수율, 높은 결합력을 제공할 수 있는 Fine structure 생성 Matrix 개발에 주력하고 있음. ○ 국내 기술 및 시장 동향 - 탄소/탄소 복합재의 국내 개발 현황은 국방과학연구소(ADD)를 중심으로 정부출연연구소 및 대학 등에서 기초 연구를 수행해 왔음 - 탄소/탄소 복합재 브레이크의 고밀도화를 위한 방법으로서 대부분 화학침투법을 적용하고 있으나, 제조공정이 장시간을 요할 뿐만 아니라 생산원가의 상승 요인으로 작용함 - 탄소/탄소 복합재 브레이크를 제조할 수 있는 새로운 Matrix재의 개발이 필수적임 - KF-16과 같은 전투기와 소형 항공기에 이용되는 기상 침투법으로 제조된 탄소/탄소 브레이크 디스크는 국내 인증이 완료되어 한국 공군에 양산 공급 및 미

	공군 기준 충족으로 해외 수출을 추진하고 있음 - 그러나 중대형 항공기의 탄소/탄소 복합재 브레이크 디스크 제작 및 생산 기술은 아직 초보적인 단계임
4. 기존기술 활용방안	○ KF-16 항공기 제동장치의 탄소/탄소 브레이크 제품화 및 인증 기술 활용 ○ 탄소/탄소 브레이크 디스크 개발 능력이 있는 연구소 및 기업의 참여 유도
5. 기술개발 필요성	○ 항공기 제동장치 중 탄소/탄소 브레이크 수명은 약 1,300회 이내로 수요가 많고 고부가가치 분야임에도 국내에는 제작 및 수리와 관련된 인프라가 없어 외국에 의존하고 있는 실정임 ○ 특히 탄소/탄소 복합재료 브레이크 디스크용 3D Preform의 경우 기술의 큰 부분을 차지하면서도 공급의 상당부분을 외국에 의존하고 있으며, 이 또한 원활하게 이루어 지지 않고 있음 ○ 탄소/탄소 브레이크 시장은 국내 시장은 연간 약 630억원, 세계 시장은 약 1조원 규모이며 계속 급증하는 추세임 ○ 세계 항공정비시장은 501억\$(2008년) 규모로 연 4.3%씩 증가하여 향후 10년 후에는 300억\$ 이상 시장 규모 성장량을 보일 것으로 추정 ○ 탄소/탄소 복합재 개발을 통한 첨단 소재 개발기술 확보로 반도체 웨이퍼에의 응용과 내 마모, 내열 구조용 재료로서 타 분야의 파급효과가 지대함 ○ 따라서 탄소/탄소 브레이크의 제작 및 수리/재생 기술개발과 인프라 구축을 위한 R&D 투자가 필요함
6. 주요연구 개발내용	○ 탄소/탄소 복합재 2D/3D Preform 개발 ● Matrix함유 복합 Strand제조기술 개발 - 탄소/탄소 복합재 브레이크 제조용 복합 Strand제조공정 개발 - 연사기법을 이용한 탄소섬유 연사기술 개발 ● 3D Preform 설계 및 제작 공정 개발 - 현품의 미세구조 분석과 열탄성 해석을 통한 역 설계 - 3D Preform Weaving 공정 ● Preform 제작 공정 장비 개발 - 3D Preform Weaving 공정 장비 개발 ● 3D Preform 생산 기술 확보 - 3D Preform 시제품 제조 ○ Preform 특성 평가 및 인증 ● 제작된 시제품의 SEM을 통한 미세구조 관찰 ● Preform의 열적 특성 분석 ● 3D Preform의 강성 해석 ○ 탄소/탄소 복합재 밀도화 공정 기술 개발 ● 높은 탄화수율, 높은 결합력을 제공할 수 있는 Matrix 개발 - Fine structure 형성이 가능한 Pitch개발 - Pitch함침법 개발을 통한 기존의 밀도화 공정 시간 단축 - 저비용·고효율의 제작 공정 기술 개발 ● HIP(Hot Isostatic Press)법을 적용한 고밀도, 고강도 탄소/탄소 복합재 개발 - 항공기 제동장치의 요구 성능에 부합하는 고밀도, 고열전도성

	탄소/탄소 복합재 제조공정 개발 - 높은 제동특성과 열적 안정성을 갖는 밀도화 공정 기술 개발 ○ 국내 탄소/탄소 복합재 시험평가 기술 및 인증 기반 구축 ● 구성품 시험평가 기술 및 평가기준 수립 ● 제동성능 시험평가 기술 및 평가기준 수립 ● 개발품목의 인증(TSO) 소요기술 확립 ○ 탄소/탄소 복합재 내산화 코팅 공정 개발 ● 열 확산법(TDR: Thermal Diffusion Reaction)에 의한 내산화 코팅 기술 개발 - SiC Mixture를 이용한 내산화 코팅 기술 성능 연구 - 처리조건에 따른 코팅물의 내산화 특성 연구 ● 화학 증착법(CVD/CVI)에 의한 내산화 코팅 방법 - 염소(Cl)를 함유하지 않는 SiC precursor를 이용한 CVD/CVI 기술 개발 연구 - Multi Layer Coating 기술 개발 ○ 내산화 코팅 특성 평가 및 인증 ● 코팅된 내산화 층의 열적 특성을 평가하기 위한 열분석 시행 ● SEM을 이용한 모재와 코팅 층 사이 결합면의 미세조직 관찰 ● 고온에서의 내산화 특성 평가 ● 열충격에 의한 저항성 평가	
7. 정부지원의 타당성	○ 항공기용 탄소/탄소 복합재 브레이크 제조기술의 독자적인 개발효과는 항공 정비산업의 확충과 더불어, 국가 전략산업의 육성에 매우 중요한 역할을 담당할 것으로 예상됨. ○ 국내 항공정비산업을 체계적으로 발전시키고 항공사고 예방은 물론 우리나라를 환태평양 지역을 주도하는 항공정비기술 강국으로 육성하기 위해서는 관련 인프라 구축이 시급함 ○ 중대형 탄소/탄소 복합재 브레이크 디스크의 공급의 많은 부분을 외국에 의존하여 제품 수급의 어려움과 막대한 외화 유출이 예상되는바, 기술의 국산화가 필수적인 상황임 ○ 우리나라의 항공운송산업은 세계 8위 수준으로 성장하였으나, 항공정비산업은 항공사 자가정비 위주로 성장하였으며 고급정비 기술과 시설 부족 등으로 국내 민간항공기 정비 수요 중 연간 약 4천억 원 규모의 핵심 정비를 미국 ● 호주 등 외국에 의존하고 있는 실정임 ○ 항공안전 유관기관 간의 협조가 필요함	
8. 기술확보 전략	○ 핵심연구책임자는 단계별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립 ○ 효율적인 추진 및 성공적인 사업의 완수를 위해 국내 산학연의 모든 가능한 자원을 통합하는 추진체계 구성을 통한 사업의 운영 ○ 기술의 난이도 및 핵심원천기술임을 고려하여 관련 기술 개발 능력이 있는 연구소 및 기업의 참여를 유도하여 산학연 연구추진체계 구성	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	○ 2D/ 3D Preform 제작 공정 기술 개발 ○ 3D Preform 제작 공정 장비 개발 ○ 중대형 프리폼 밀도화 기술 및 공정 개발 ○ TDR 내산화 최적 코팅제 개발

		○ TDR, CVD/CVI 방법에 의한 최적 내산화 코팅 공정 개발 ○ 디스크 형상 일체형 Metal Clip 개발 ○ 디스크 및 Metal Clip 조립기술 개발									
	활용방안	○ 항공기 브레이크 디스크, Gas Turbine Blade, 로켓 노즐 등과 같은 고온 구조물로의 응용 ○ 자동차 및 고속전철, 풍력 등의 타 분야 제동장치로의 적용									
10. 연구개발 과제의 규모	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	6차연도	7차연도	8차연도	
	연차별 연구비 (백만원)	정부					1,293	1,293	1,293	1,296	
		민간 (추정)					431	431	431	432	
	합 계						1,724	1,724	1,724	1,728	
	총 연구비 (백만원)	정부	5,175				총 연구기간	4 년			
		민간	1,725				연도별	40 명			
총합계		6,900				평균소요인력					
11. 기대효과 및 파급효과	○ 항공기 탄소/탄소 브레이크 디스크 개발로 인해 수입 대체 효과와 함께 수출로 인한 경제적 파급효과를 기대할 수 있음 ○ 항공기 브레이크 디스크는 소모성 품목이므로 MRO 시장 등에서 지속적으로 대량 수출이 가능한 고부가가치의 품목임 ○ 고온, 내 마모 성능을 필요로 하는 사업 분야 이외에도 반도체 사업 분야 등과 같은 응용분야의 시장 확대를 기대할 수 있음 ○ 자동차, 고속철도, 풍력 등의 타 분야 제동장치의 개발 기술과 인증 기술로의 파급효과로 해당 분야의 기술 수준 및 안전을 향상시킬 수 있음 ○ 국토해양부가 적극 추진 중인 MRO 사업 활성화에 크게 기여함										

○ 피스톤 하우징 및 피스톤 어셈블리 개발

1. 과제명	피스톤 하우징 및 피스톤 어셈블리 개발
2. 연구개발목표	○ 피스톤 하우징의 설계, 제작, 기본 성능 검증 및 신뢰성 평가, 인증 획득. ○ 피스톤 어셈블리의 설계, 제작, 성능 평가, 인증 획득 ○ 다음과 같은 시험 조건을 만족하는 제동 토크, 내압력 특성, 내구성, 내온 특성, 누설 특성을 확보해야 함. - TSO-C135 Appendix 1 §3.3.2, §3.3.3, §3.3.4에 명시된 감속 정지 시험 - TSO-C135 Appendix 1 §3.3.5에 명시된 제동토크 시험 - TSO-C135 Appendix 1 §3.4.1에 명시된 내압력 시험 - TSO-C135 Appendix 1 §3.4.1에 명시된 내구 시험 - TSO-C135 Appendix 1 §3.4.4에 명시된 내온 시험 - TSO-C135 Appendix 1 §3.4.5에 명시된 누설 시험
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	○ 국내 기술 및 시장 동향 - 국내에서는 전투기용 브레이크 하우징의 국산화를 추진 중. 대형 항공기 관련 기술 개발 실적은 없음. ○ 국외 기술 및 시장 동향 - 대형 항공기의 피스톤 하우징 제작 기술은 Goodrich, Messier-Bugatti, Dunlop 등이 보유하고, 관련 산업을 주도하며 시장을 독점.
4. 기존기술 활용방안	○ 다윈 프리션(주)에서 KT-1용 브레이크 조립체의 피스톤 하우징, 피스톤, pressure plate, 토크 튜브를 국산화 개발 중임. ○ 따라서 구조해석, 성능 평가 관련 기술과 인프라를 활용할 수 있을 것임.
5. 기술개발 필요성	○ 피스톤 하우징 제조 기술을 확보해야 항공기 브레이크 조립체의 독자적인 설계와 개발, 응용이 가능함. 이 기술이 없으면 브레이크 시스템 전체에 대한 독자적 기술을 확보할 수 없으며, 해외로부터의 기술 이전 불가능함. ○ 향후 중형 항공기 등의 국산화 개발이 추진될 경우를 대비한다면 이 기술을 반드시 확보해야 함. ○ 피스톤 어셈블리는 항공기 브레이크 조립체가 제동력을 발생시키는 핵심 요소임. ○ MRO 사업에서 C/C disk 다음으로 수요가 많은 부품이므로 시장성이 높은 품목임. ○ 기술 개발 후 부가가치가 높은 산업 구조 보유
6. 주요연구 개발내용	○ 피스톤 하우징의 설계/응력 해석 기술 개발 ○ 피스톤 하우징의 단조 방식 제조 공정 개발 ○ 피스톤 어셈블리의 정밀 가공 공정, 도금 공정, 품질 검사 공정 ○ 스프링, 피스톤 시일의 선정 및 품질 관리 ○ 형상 오차 검사 기술 개발 ○ 가압 누설 시험, 가압 내구시험, 온도 환경 시험을 통한 설계 검증 ○ 감속 정지 시험, 제동 토크 시험 등을 통한 제동 성능 검증
7. 정부지원의 타당성	○ 피스톤 하우징은 기존 항공기에 적용하는 목적의 대체품 개발은 불가능함. 따라서 시장성이 낮음. ○ 국내 업체가 신형 항공기에 적용할 피스톤 하우징을 설계 단계에서부터 참여하려면 관련 기술을 먼저 확보한 상태에서부터 가능하므로 선행 개발이 반드시

	필요함										
	○ 피스톤 어셈블리는 기존 항공기에 적용하는 용도의 대체품 개발이 가능함. 그러나 브레이크 조립체 전체를 생산하는 해외 업체와의 협력이 반드시 필요함.										
	○ 따라서 투자된 개발비의 회수 기간이 길기 때문에 경제성 보다는 정책적 전략 측면에서 정부의 지원이 뒷받침 되어야 함.										
8. 기술확보 전략	○ 국내에서는 대형 항공기의 피스톤 하우징 및 피스톤 어셈블리 기술을 개발한 경험이 없기 때문에 해외 업체 및 연구기관과의 기술 협력이 반드시 필요함.										
	○ 원 제조사와의 OEM 혹은 TSO 인증 확보를 통해 중대형 항공기용 제동장치의 제동 요구 성능에 대한 정확한 정보를 획득하여 기술적 미비 사항을 보완.										
	○ 해외 첨단 기술의 조기 정착을 위해서는 국내 산학 공동 연구 체계를 통한 역할 분담이 바람직함.										
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	○ 피스톤 하우징 시제품 ○ 피스톤 하우징 설계, 제작 및 성능 평가 기술 ○ 피스톤 어셈블리 시제품 ○ 피스톤 어셈블리의 설계, 제조, 품질 관리 기술									
	활용방안	○ 신형 항공기 개발 시에 적용 ○ 항공기 브레이크 MRO 사업용으로 점진적 활용 ○ 고속전철, 풍력발전기 등 타 분야 제동장치로의 응용									
10. 연구개발 과제의 규모	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	6차연도	7차연도	8차연도	
	연차별 연구비 (백만원)	정부					975	2,025	1,500	270	
		민간 (추정)					325	675	500	90	
	합 계						1,300	2,700	2,000	360	
	총 연구비 (백만원)	정부	4,770				총 연구기간	3 년			
		민간	1,590								
총합계		6,360				연도별 평균소요인력	10 명				
11. 기대효과 및 파급효과	○ 대외 의존도가 높은 대형 항공기용 피스톤 하우징 개발 기술의 토착화로 국제 경쟁력의 우위를 유지할 수 있음.										
	○ 대형 항공기용 피스톤 하우징 개발로 인한 수입 대체 및 해외 판매로 인한 경제적 파급효과가 있을 것으로 예상됨.										
	○ 대형 항공기용 브레이크 조립체의 독자 개발을 통해 향후 신형 항공기 개발에 참여할 수 있는 기반 확보.										
	○ 국산 중형 항공기의 제동장치 개발 사업에 적용.										
	○ R&D 인프라의 고속 전철, 풍력 발전기 등 타 분야 제동장치의 국산 개발, 인증 등에 활용.										

○ 토크 튜브 개발

1. 과제명	토크 튜브 개발	
2. 연구개발목표	○ 토크 튜브의 설계, 제작, 성능 평가, 인증 획득 ○ 다음과 같은 시험 조건을 만족하는 제동 토크, 내압력 특성, 내구성, 내온 특성, 누설 특성을 확보해야 함. - TSO-C135 Appendix 1 §3.3.5에 명시된 제동토크 시험 - TSO-C135 Appendix 1 §3.4.1에 명시된 내구 시험 - TSO-C135 Appendix 1 §3.4.4에 명시된 내온 시험	
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	○ 국내 기술 및 시장 동향 - 국내에서는 전투기용 토크 튜브의 국산화를 추진 중. ○ 국외 기술 및 시장 동향 - 대형 항공기의 토크 튜브 제작 기술은 Goodrich, Messier-Bugatti, Dunlop 등이 보유하고, 관련 산업을 주도하며 시장을 독점.	
4. 기존기술 활용방안	○ 다원 프리션(주)에서 KT-1용 브레이크 조립체의 피스톤 하우징, 피스톤, 압력 판, 토크 튜브를 국산화 개발 중임. ○ 따라서 구조해석, 성능 평가 관련 기술과 인프라를 활용할 수 있을 것임.	
5. 기술개발 필요성	○ 토크 튜브는 항공기 브레이크 조립체의 제동 토크를 견뎌야 하는 핵심 부품임. ○ 항공기 브레이크 조립체의 MRO용 소모성 부품이므로 개발이 필요함. ○ 기술 개발 후 부가가치가 높은 산업 구조 보유.	
6. 주요연구 개발내용	○ 설계/응력 해석, 피로하중 해석 공정 ○ 정밀 주조 공정 ○ 품질 검사(형상 오차, 균열) 공정 ○ 부하시험 공정	
7. 정부지원의 타당성	○ 피스톤 어셈블리는 기존 항공기에 적용하는 용도의 대체품 개발이 가능함. 그러나 브레이크 조립체 전체를 생산하는 해외 업체와의 협력이 반드시 필요함. ○ 따라서 초기 기술료 부담 등을 포함한 진입 비용이 많기 때문에 경제성 보다는 정책적 전략 측면에서 정부의 지원이 필요함.	
8. 기술확보 전략	○ 국내에서는 대형 항공기의 토크 튜브를 개발한 경험이 없기 때문에 해외 업체 및 연구기관과의 기술 협력이 반드시 필요함. ○ 원 제조사와의 OEM 혹은 TSO 인증 확보를 통해 중대형 항공기용 제동장치의 제동 요구 성능에 대한 정확한 정보를 획득하여 기술적 미비 사항을 보완. ○ 해외 첨단 기술의 조기 정착을 위해서는 국내 산학 공동 연구 체계를 통한 역할 분담이 바람직함.	
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물	○ 토크 튜브 시제품 ○ 토크 튜브의 설계, 제조, 품질 관리 기술

	활용방안		○ 항공기 브레이크 MRO 사업용 소모성 대체품으로 상용화 ○ 고속전철, 풍력발전기 등 타 분야 제동장치로의 응용							
10. 연구개발 과제의 규모1	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	6차연도	7차연도	8차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부					300	675		
		민간 (추정)					100	225		
	합 계						400	900		
	총 연구비 (백만원)	정부	1,000				총 연구기간	2 년		
		민간	300							
		총합계	1,300				연도별 평균소요인력	5 명		
11. 기대효과 및 파급효과	○ 대외 의존도가 높은 대형 항공기용 토크 튜브 개발 기술의 토착화로 국제 경쟁력의 우위를 유지할 수 있음.									
	○ 대형 항공기용 브레이크 조립체의 MRO용 토크 튜브의 수입대체 및 해외 판매.									
	○ 국산 중형 항공기의 제동장치 개발 사업에 적용.									
	○ 고속전철, 풍력발전기 등 타 분야 제동장치로의 응용									

○ MRO 기술 개발

1. 과제명	MRO 기술 개발							
2. 연구개발목표	○ 탄소-탄소 제동장치의 정비, 수리능력을 구비하여 항공기 제동장치 Assy 의 요구 리폼(Repairable)을 사용가능상태(Serviceable)로 복귀 시키는 능력을 구비함을 목표로 함.							
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	○ 세계의 MRO 시장규모 : 501억불(USD)							
	○ 세계의 탄소-탄소 제동장치 MRO 시장 규모							
	단위 : 억원							
	OEM 제작사	BF Goodrich	Messier-Bugatti	Allied-Signal (Honeywell)	Dunlop	ABSC	계	
	NEW BD	4,432	2,784	2,572	912	476	11,176	
	Refurbished BD (New BD 30%)	1,330	835	772	274	143	3,354	
	총계	5,762	3,619	3,344	1,186	619	14,530	
	Market Share(%)	39.7	24.9	23.0	8.2	4.2	100	
	○ 국내의 탄소-탄소 제동장치 MRO 시장규모							
	단위 : 억원							
	항공사	KAL		Asiana		군용기		계
	OEM 제작사	M-B	GR(ALS, ABSC)	M-B	GR(ALS, ABSC)	GR	DACC	
	적용기종	A321, A330	B777, 767, 747	A300, A330	B777, 767, 747	F-15K	K/F-16, T-50	
	NEW BD	72	331	108	106	31	102	750
	Refurbished BD	31	142	46	46			265
	총계	576		306		133		1,105
4. 기존기술 활용방안	○ 제동장치 Assy 의 Housing 제작 시제품(KO-1) : (주)다원프릭션							
○ 금속 브레이크 디스크를 사용하는 제동장치의 정비기술 활용								
5. 기술개발 필요성	○ 항공기 운영의 필수 소요이며, 소요 다빈도 품목으로 개발 완료시 경제성이 보장된 품목임							
	○ 기술개발 로드맵 중 착륙장치와 함께 10대 과제중의 하나임							
	○ 수입 대체 효과가 매우 큰 품목임							
	○ 신뢰성과 품질보증이 요구되는 소요 다빈도 품목임							
	○ 대형 항공기 제동장치 MRO 시장의 최초 진입							
	○ 기술개발 후 부가가치가 높은 산업구조 보유							
	- 세계시장 진입가능							
	- 외화 유출 방지							
	- 항공정비산업의 고용 증대 효과							
	- 항공사의 자산 비중 감소에 따른 경영 지원 가능							
- 항공사의 운영유지비 감소에 따른 경쟁력 확보 가능								
6. 주요연구 개발내용	○ 정비능력(M) 구비							
	- 시험능력							
	가. Piston Housing 고압누설 시험							

	나. Brake Assy의 기능시험 다. 마모지시편의 길이교정 - 분해 가. Piston Housing 나. Heat Sink 다. Torque Plate Assy 라. Adjuster Assy - 세척 가. Carbon Disk 나. 금속 부분품 (Piston, Adjuster Sleeve, Heat Shield Assy) 다. Piston Housing 의 화학적 페인트 제거 - 검사 능력 구비 가. 육안검사 : Carbon Disk, Torque Plate, Piston Housing, Adjuster Assy, Heat Shield Assy, Bleed Valve Adapter, Bolt, Washer 나. 측정검사 : Carbon Disk, Torque Plate, Bushing, Piston, Adjuster Sleeve, Insulator Assy, Spring 다. 비파괴 검사 : Torque Plate, Piston Housing 라. 과열된 Brake Assay의 특별검사 마. 측정검사 : Adjuster/Piston Cavity 와 Inlet port의 Static Seal 표면과 직경, Hub bushing, Torque Arm Bushing 바. 경도검사 : Piston Housing ○ 수리능력(R) 구비 - Torque Plate 수리 가. 표면손상 나. 상부, 측면 다. 부식 라. Thread Hole, bushing 마. Heli-coil 바. Rivet 사. 도장 - Piston Housing 수리 가. Inlet port 장착표면 수리 나. Ni 도금 다. Adjuster/Piston Cavity의 Static Seal 표면처리 라. Bleeder port 나사산 마. Piston Cavity 나사산 바. Lubrication port 사. Torque Arm Bushing의 Sealant 아. Bushing의 기계 가공 자. Lee Plug 차. Heli-coil Insert 교환 파. Lock wire Hole 수리
--	---

	- conversion coating - Heat shield 수리 가. Rivet Hole 손상 a. 두겹형 Heat Shield Assy b. Adjuster Hole Grommet 교환 c. 단층형 Heat Shield - Piston 수리 - Adjuster Sleeve - Sensor Tube - 조립									
7. 정부지원의 타당성	○ 국토 해양부 기술 관리 및 평가가 동반되는 품목임. ○ 미국, EU 등 항공선진국의 국가기관(FAA 등)의 협조 필요 ○ 초기 투자비가 많아 정부지원 없이는 기업 단독 추진이 어려움 ○ 개발 성공시 정부 시책 반영에 적합한 사업임. - 외화 유출방지 - 항공정비산업의 고용 증대 효과 - 국적항공사의 경쟁력 강화 ○ 국토해양부가 추진하는 항공기 MRO 사업의 기술기반 확충									
8. 기술확보 전략	○ 1단계 (국내 항공사 발생 요수리품 MRO 수행) - 정비기술인력 : 기확보 상태임 - 기술 중 M과 R은 기 확보 상태이며 O 확보는 산학연 협력을 통해 확보 가능함. ; Heat Shield Assy 수리능력 확보 가능함. ○ 2단계 (원제조사와 OEM 확보) - 원 제조사와 기술협약 체결후 국내 수리 센터 개설 ○ 3단계 (국제 시장 진입) - 세계 제동장치 MRO 시장 진입									
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		○ 구성품 정비 교범(Component Maintenance Manual, Main Landing Gear Carbon Brake Assy) ○ 제동장치 정비, 수리 인프라 구축							
	활용방안		○ 최종 성과물에 명시된 작업절차에 따라 최종 수요자(End User)가 활용							
10. 연구개발 과제의 규모 (50억원 이내) (연구기간 5년 이내)	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	6차연도	7차연도	8차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부					1,593	1,593	1,593	1,596
		민간 (추정)					531	531	531	532
	합 계						2,124	2,124	2,124	2,124
	총 연구비 (백만원)	정부	6,375				총 연구기간		4 년	
민간		2,125								
총합계		8,500				연도별 평균소요인력		10 명		
11. 기대효과 및 파급효과	○ 기대효과 - 국내 정비능력 구비로 수리순환 비용 및 기간 절감									

	- 항공사의 고정자산 및 수리비 절감으로 경쟁력 제고 - 민간항공기 제동장치 시장진입 용이 - 항공정비산업의 고용 증대 - 시험평가 및 인프라 구축을 바탕으로 한 신규 개발 지원 ○ 파급효과 - 중형항공기 개발사업에 적용가능 - 신형 민간항공기 제동장치 개발 시장 진입에 유리 - 정부의 그린 정책에 부합함 ; 중량감소 ; 사용수명의 증가
--	---

○ 항공기 제동장치 디스크 재생기술 개발

1. 과제명	항공기 제동장치 디스크 재생기술 개발																																																					
2. 연구개발목표	○ 탄소-탄소 제동장치의 재생능력을 구비하여 항공기 제동장치 Assy 의 요수리품 (Repairable)을 사용가능상태(Serviceable)로 복귀 시키는 능력을 구비함을 목표로 함.																																																					
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	○ 세계의 MRO 시장규모 : 501억불(USD)																																																					
	○ 세계의 탄소-탄소 제동장치 MRO 시장 규모																																																					
	단위 : 억원																																																					
	<table><tr><td>OEM 제작사</td><td>BF Goodrich</td><td>Messier- Bugatti</td><td>Allied- Signal (Honeywell)</td><td>Dunlop</td><td>ABSC</td><td>계</td></tr><tr><td>NEW BD</td><td>4,432</td><td>2,784</td><td>2,572</td><td>912</td><td>476</td><td>11,176</td></tr><tr><td>Refurbished BD (New BD 30%)</td><td>1,330</td><td>835</td><td>772</td><td>274</td><td>143</td><td>3,354</td></tr><tr><td>총계</td><td>5,762</td><td>3,619</td><td>3,344</td><td>1,186</td><td>619</td><td>14,530</td></tr><tr><td>Market Share(%)</td><td>39.7</td><td>24.9</td><td>23.0</td><td>8.2</td><td>4.2</td><td>100</td></tr></table>							OEM 제작사	BF Goodrich	Messier- Bugatti	Allied- Signal (Honeywell)	Dunlop	ABSC	계	NEW BD	4,432	2,784	2,572	912	476	11,176	Refurbished BD (New BD 30%)	1,330	835	772	274	143	3,354	총계	5,762	3,619	3,344	1,186	619	14,530	Market Share(%)	39.7	24.9	23.0	8.2	4.2	100												
	OEM 제작사	BF Goodrich	Messier- Bugatti	Allied- Signal (Honeywell)	Dunlop	ABSC	계																																															
	NEW BD	4,432	2,784	2,572	912	476	11,176																																															
	Refurbished BD (New BD 30%)	1,330	835	772	274	143	3,354																																															
	총계	5,762	3,619	3,344	1,186	619	14,530																																															
	Market Share(%)	39.7	24.9	23.0	8.2	4.2	100																																															
	○ 국내의 탄소-탄소 제동장치 MRO 시장규모																																																					
단위 : 억원																																																						
<table><tr><td>항공사</td><td colspan="2">KAL</td><td colspan="2">Asiana</td><td colspan="2">군용기</td><td>계</td></tr><tr><td>OEM 제작사</td><td>M-B</td><td>GR(ALS, ABSC)</td><td>M-B</td><td>GR(ALS , ABSC)</td><td>GR</td><td>DACC</td><td></td></tr><tr><td>적용기종</td><td>A321, A330</td><td>B777, 767, 747</td><td>A300, A330</td><td>B777, 767, 747</td><td>F-15K</td><td>K/F-16 , T-50</td><td></td></tr><tr><td>NEW BD</td><td>72</td><td>331</td><td>108</td><td>106</td><td>31</td><td>102</td><td>750</td></tr><tr><td>Refurbished BD</td><td>31</td><td>142</td><td>46</td><td>46</td><td></td><td></td><td>265</td></tr><tr><td>총계</td><td colspan="2">576</td><td colspan="2">306</td><td colspan="2">133</td><td>1,105</td></tr></table>							항공사	KAL		Asiana		군용기		계	OEM 제작사	M-B	GR(ALS, ABSC)	M-B	GR(ALS , ABSC)	GR	DACC		적용기종	A321, A330	B777, 767, 747	A300, A330	B777, 767, 747	F-15K	K/F-16 , T-50		NEW BD	72	331	108	106	31	102	750	Refurbished BD	31	142	46	46			265	총계	576		306		133		1,105
항공사	KAL		Asiana		군용기		계																																															
OEM 제작사	M-B	GR(ALS, ABSC)	M-B	GR(ALS , ABSC)	GR	DACC																																																
적용기종	A321, A330	B777, 767, 747	A300, A330	B777, 767, 747	F-15K	K/F-16 , T-50																																																
NEW BD	72	331	108	106	31	102	750																																															
Refurbished BD	31	142	46	46			265																																															
총계	576		306		133		1,105																																															
4. 기존기술 활용방안	○ 항공기 탄소-탄소 제동장치 개발 요소기술 : (주)DACC																																																					
	- Interface /열탄성 설계/해석																																																					
	- 프리폼 개발																																																					
	- 밀도화 공정																																																					
	- 내산화 코팅																																																					
	- 내열 금속 개발																																																					
	- Refurbishment 능력 개발																																																					
	- 가공																																																					
	- 지상시험																																																					
	- 운용시험																																																					
5. 기술개발 필요성	○ 항공기 운영의 필수 소요이며, 소요 다빈도 품목으로 개발 완료시 경제성이 보장된 품목임																																																					
	○ 기술개발 로드맵중 착륙장치와 함께 10대 과제중의 하나임																																																					
	○ 수입 대체 효과가 매우 큰 품목임																																																					
	○ 신뢰성과 품질보증이 요구되는 소요 다빈도 품목임																																																					
	○ 대형 항공기 제동장치 MRO 시장의 최초 진입																																																					

	○ 기술개발 후 부가가치가 높은 산업구조 보유 - 세계시장 진입가능 - 외화 유출 방지 - 항공정비산업의 고용 증대 효과 - 항공사의 자산 비중 감소에 따른 경영 지원 가능 - 항공사의 운영유지비 감소에 따른 경쟁력 확보 가능
6. 주요연구 개발내용	○ 재생 능력(D) 구비 - Carbon Disk의 Refurbishment 가. 세척 나. 검사 다. 기계가공 라. 밀도화 마. 내산화코팅 바. 지상시험 - Conversion coat 능력 가. Paint stripping 나. Corrosion Removal & treatment 다. Painting - 비파괴 검사능력 구비 가. 자분 탐상 검사(Magnetic particle Inspection) 나. 형광 침투검사(Fluorescent Penetrant Inspection) 다. 와류검사(Eddy current Inspection) - 도금 능력 구비 가. Ni-plating 나. Cr-plating 다. Hard Cr plating - 금속 가공능력 가. Hardness test 나. Shot peening 다. CNC milling 라. Lathe - 용접능력 가. Spot Welding
7. 정부지원의 타당성	○ TSO 인증 품목이며 국토 해양부 기술 관리 및 평가가 동반되는 품목임. ○ 미국, EU 등 항공선진국의 국가기관(FAA 등)의 협조 필요 ○ 초기 투자비가 많아 정부지원 없이는 기업 단독 추진이 어려움 ○ 개발 성공시 정부 시책 반영에 적합한 사업임. - 외화 유출방지 - 항공정비산업의 고용 증대 효과 - 국적항공사의 경쟁력 강화 ○ 국토해양부가 추진하는 항공기 MRO 사업의 기술기반 확충

8. 기술확보 전략	○ 1단계 (국내 항공사 발생 요수리품 MRO 수행) - Refurbishment는 대형민항기는 경험이 없으나 KF-16C/D 항공기에서 파생 가능함. ○ 2단계 (원제조사와 OEM 혹은 TSO 인증 확보) - 원 제조사와 기술협약 체결후 국내 수리 센터 개설 ○ 3단계 (국제 시장 진입) - 원제조사와 OEM 혹은 TSO 인증확보후 세계 제동장치 MRO 시장 진입									
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		○ 제동장치 재생기술 및 인프라 구축							
	활용방안		○ 최종 성과물에 명시된 작업절차에 따라 최종 수요자(End User)가 활용							
10. 연구개발 과제의 규모	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	6차연도	7차연도	8차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	936	936	936	942				
		민간 (추정)	312	312	312	314				
	합 계		1,248	1,248	1,248	1,256				
	총 연구비 (백만원)	정부	3,750				총 연구기간	4 년		
		민간	1,250							
		총합계	5,000				연도별 평균소요인력	10 명		
11. 기대효과 및 파급효과	○ 기대효과 - 국내 정비능력 구비로 수리순환 비용 및 기간 절감 - 항공사의 고정자산 및 수리비 절감으로 경쟁력 제고 - 민간항공기 제동장치 시장진입 용이 - 항공정비산업의 고용 증대 - 시험평가 및 인프라 구축을 바탕으로 한 신규 개발 지원 ○ 파급효과 - 중형항공기 개발사업에 적용가능 - 신형 민간항공기 제동장치 개발 시장 진입에 유리 - 정부의 그린 정책에 부합함 ; 중량감소 ; 사용수명의 증가									

○ 제동장치 시험평가 기반구축

1. 과제명	제동장치 시험평가 기반구축
2. 연구개발목표	○ 항공기의 주요 소모품인 제동장치 부품의 국내 제작 및 정비를 지원하기 위한 시험평가 인프라 구축 ○ 중형항공기급 제동장치의 제작 및 정비시 안전한 사용을 보장할 수 있는 시험평가 기술개발 및 고용량 장비 도입, 장비운용 기반 구축
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	< 국 내 > ○ 국내 항공기용 제동장치 분야의 산업기반은 70년대 후반 핵심 유지보수품목인 Heatsink 부품을 제작하면서 시작되었으며, 최근 군용기 제동장치의 국산화 개발이 완료되어 국내 사용 기종에 자체 기술로 개발한 제동장치를 공급하고 있음 ○ 군용 부품은 국내 발주자인 공군 및 방위사업청과 인증기관인 국방기술품질원의 확인을 거쳐 사용될 수 있으나, 민수용 제동장치는 국내시장 부족 등으로 해외시장진출이 필수적으로 요구되므로 TSO 인증 등 국제수준의 성능 및 안전성을 입증할 수 있는 시험평가·인증체계가 필수적으로 요구됨 ○ 국내 업체로 금속재 디스크 개발능력을 보유한 (주)다윈프릭션과 카본-카본 디스크 개발능력을 보유한 (주)DACC, (주) C&R Tech, (주)한국화이바, 기타 군소업체 및 연구소 등이 있으나 중형항공기용 디스크를 개발하기 위해서는 시설/장비 및 제조기술에 대한 개발능력 및 시험평가·인증기술이 부족한 실정임 ○ 제동장치 부품 중 하우징 등 유압부품류는 (주)한화, (주)위아 등이 기본기술을 보유하고 있으나 대형여객기용 개발기술 및 시험평가·인증기술은 마찬가지로 부족함 ○ 국토해양부의 TSO 품목에 대한 BASA체결(2008.2) 이후 국내기업이 개발한 항공기 부품에 대한 세계시장진출이 가능해졌으며 항공기 제동장치는 TSO 품목이나(TSO-C26d(소형기), TSO-C135(중형기)), 국내 시험평가 인프라 부족으로 관련 산업 발전에 저해요소로 작용하고 있음 < 국 외 > ○ 항공기 제동장치를 포함한 착륙장치의 세계시장 규모는 완제기 시장과연계되어 연 45억 달러 정도이며, 대형 민항기용의 시장규모는 지속적인 성장세임 ○ 항공기 착륙장치에 대한 특허 출원은 주로 Boeing(미국), Messier Bugatti(프랑스), Airbus France(프랑스), Honeywell(미국), Hydro-Aire(미국), Airbus UK(영국) 등이 주도하고 있으며, 중형기용 카본-카본 소재 제동장치를 생산하고 있는 대표적인 업체는 Goodrich(미국), Goodyear(미국), Bendix(미국), SEP(프랑스) 등으로 B747 여객기를 비롯한 각종 신형여객기에 사용되고 있음 ○ 민수용 제동장치는 TSO-C26 또는 TSO-C135에 의한 TSOA를 획득하여야 하며, 대부분의 경우 항공기 개발단계에서 프로젝트에 참여하여 해당 항공기 형식증명 단계에서 항공기 운용조건에 부합하도록 시험평가 과정을 거쳐 최종 설계에 반영하도록 하고 있음 ○ 복합재 브레이크는 수명주기가 길고 중량 대비 제동성능이 우수하여 새로 개발되는 비즈니스제트, 여객기 등에의 채택이 증가하고 있으며 제작/정비를

	위한 시험평가 수요가 증대되고 있음
4. 기존기술 활용방안	○ (주)다윈프릭션, (주)테크 등 국내 기업의 군용 항공기 제동장치 시험평가 노하우 활용 ○ TSO급 BASA 시범사업 수행시 구축된 한국항공우주연구원 안전인증센터의 항공기 부품 인증 노하우 활용
5. 기술개발 필요성	○ 항공기 제동장치는 항공기의 안전성에 중요한 영향을 끼치는 핵심부품일 뿐 아니라, 주기적으로 정비 및 교체 관리되어야 하는 품목으로 항공기 운용시 지속적인 비용이 발생하는 부품임 ○ 항공기 제동장치의 수명은 기종에 따라 상이하지만 카본-카본 브레이크의 경우 약 1,300회 이내로 수요가 많고 고부가가치 분야임에도 국내에는 제작 및 수리와 시험인증 인프라가 없어 외국에 의존하며 정비대기 시간이 지연되고 수리순환자산증가로 운영비 증가요인 및 외화유출이 초래 ○ 국내 도입된 F-15/16의 제동장치에 국내 제작한 카본-카본 브레이크디스크를 일부 사용하고 있으나, 민간의 대형항공기에 사용할 수 있는 제동장치의 개발 및 시험평가/인증에 이르는 사례는 전무함 ○ 정부의 민간항공 중심 항공산업 발전 계획에 따라 향후 국내 개발될 소형항공기 및 중형항공기에의 국내 개발부품 장착 및 운용을 통한 국내 제품의 성능입증이 기대되며 이를 위한 제동장치 제작 및 정비, 시험평가/인증 체계 구축이 요구됨 ○ 민간항공기용 제동장치는 TSOA 대상 품목이며, 항공기 장착을 위해 TSO에 따른 시험평가 및 인증과정을 거친 후에 항공기에 장착할 수 있음 ○ 현재 국내에는 소형항공기용 제동장치 시험평가를 위한 인프라는 구축되어 있으나, 중형항공기급의 제동장치 제작 및 정비를 위하여는 고용량 시험장비의 추가 구축이 필요하며, 인증획득을 위한 체계 구축이 병행되어야 함
6. 주요연구 개발내용	○ 항공기 제동장치 개발에 필수적으로 요구되는 시험평가 방안(제작시 시험평가 요구조건, 정비시 시험평가 요구조건), 시험평가 장비 도입 및 운용체계 구축(다이내모미터, 유압시험장비 등)에 대한 연구 ○ 연구 개발 대상 및 사업의 범위 - 시험평가 항목 및 세부절차 도출 ● 제동장치의 제작 및 정비시 성능입증*을 위한 시험평가 요구조건 도출 * 장착대상 항공기의 분류에 따라 TSO-C135, TSO-C26d, MIL-W-5013L 등의 기준 적용 ● 성능입증을 위한 시험평가 세부항목 선정 ● 시험평가 항목별 시험절차서 및 시험계획서 작성 - 제동장치 시험평가용 장비 도입 ● 도출된 시험평가 항목의 수행을 위한 장비 용량/세부사양 도출 * 구축대상 장비 : 관성다이내모미터, 유압시험장비 ● 장비 제작 및 설치/시운전/보완 실시 ● 관련 인력 및 조직 등 지속서비스 제공을 위한 운용체계 구축 ● 시험장비 성능 및 결과물에 대한 공인인증** 획득 ** KS Q ISO/IEC 17025에 의한 KOLAS 시험기관 인정, 국토해양부 인정 획득

7. 정부지원의 타당성	○ 항공기 제동장치 국산화는 개발과정에서의 기술수준이 높고, 인증획득을 위한 시험평가 비용 등 초기투자 부담이 큰 편임 ○ 특히 국내 시험평가 기반이 구축되어 있지 않을 경우 해외 자원을 이용해야 하므로 개발기간/비용 상승 및 기술유출이 우려됨 ○ 시험평가 기술 및 체계 등 기반, 인증체계에 대한 노하우는 향후 항공 부품을 개발하고자 하는 국내기업들에 지원되어야 하므로 정부지원으로 하는 것이 바람직함									
8. 기술확보 전략	○ 제동장치 제작 및 정비에서 필요한 시험과 핵심요소부품에 대한 안전성 검사, 인증을 위한 법적 시험검사 등을 체계적으로 수행할 수 있는 시험검사체계 구축 ○ 시험장비 도입비용 및 유지보수 비용을 고려하여 대상 장비 선정하되 운영비용을 감안하여 자동차/일반기주기 등 타산업 제품에 대한 적용성 고려 ○ 인증방안 마련 및 관련 체계구축, 인증 관련 노하우 습득을 위하여 DAR(Designated Airworthiness Representative) 활용 및 국제적합성 연계 확보방안 도출 ○ 국내 제작기업으로 하여금 선진국 수준의 인증획득 체계 확보를 위하여 품질 관리 체계 등 인증필요 요건 기술 지원 ○ 개발된 세부 시험항목 및 시험기준의 규격화(표준화) 추진									
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		○ 제동장치 시험평가 기반 구축 - 중형항공기 제동장치 시험용 관성다이내모미터 - 중형항공기 제동장치 시험용 유압시험장비 - 제작 및 정비를 위한 시험평가 계획서 및 세부 절차서							
	활용방안		○ 인증획득 기술지원을 통한 제동장치 사업화 지원 ○ 구축된 시험평가 기반을 이용한 국내기업의 민수/군수용 항공기 제동장치 개발 및 MRO 지원 ○ 항공기 부품 시험평가·인증 체계 확립을 통하여 항공기 부품류 시험평가 및 인증획득시 활용							
10. 연구개발 과제의 규모	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	6차년도	7차년도	8차년도
	연차별 연구비 (백만원)	정부	2,250	2,250	2,250	2,250				
		민간 (추정)	750	750	750	750				
	합 계		3,000	3,000	3,000	3,000				
	총 연구비 (백만원)	정부	9,000				총 연구기간		4 년	
민간		3,000								
총합계		12,000				연도별 평균소요인력		8 명		
11. 기대효과 및 파급효과	○ 국내 항공기 제동장치 제작/정비 및 제품개발을 위한 기반으로 활용 ○ 국내 기업의 항공기 부품류 개발 의욕 고취 기대									

○ 제동장치 인증체계 연구 및 인증획득

1. 과제명	제동장치 인증체계 연구 및 인증획득
2. 연구개발목표	○ 항공기의 주요 소모품인 제동장치 부품의 국내 제작 및 정비를 지원하기 위한 인증체계 구축 ○ 국내 개발된 제동장치의 항공기 장착을 위한 법령 연구, 인증 체계 구축 및 기술표준품(TSO) 인증획득 지원
3. 기술개발 및 산업/시장 동향	< 국 내 > ○ 국내 항공기용 제동장치 분야의 산업기반은 70년대 후반 핵심 유지보수품목인 Heatsink 부품을 제작하면서 시작되었으며, 최근 군용기 제동장치의 국산화 개발이 완료되어 국내 사용 기종에 자체 기술로 개발한 제동장치를 공급하고 있음 ○ 군용 부품은 국내 발주자인 공군 및 방위사업청과 인증기관인 국방기술품질원의 확인을 거쳐 사용될 수 있으나, 민수용 제동장치는 국내시장 부족 등으로 해외시장진출이 필수적으로 요구되므로 TSO 인증 등 국제수준의 성능 및 안전성을 입증할 수 있는 시험평가·인증체계가 필수적으로 요구됨 ○ 국내 업체로 금속재 디스크 개발능력을 보유한 (주)다윈프릭션과 카본-카본 디스크 개발능력을 보유한 (주)테크, (주)한국화이바, 기타 군소업체 및 연구소 등이 있으나 중형항공기용 디스크를 개발하기 위해서는 시설/장비 및 제조기술에 대한 개발능력 및 시험평가·인증기술이 부족한 실정임 ○ 제동장치 부품 중 하우징 등 유압부품류는 (주)한화, (주)위아 등이 기본기술을 보유하고 있으나 대형여객기용 개발기술 및 시험평가·인증기술은 마찬가지로 부족함 ○ 국토해양부의 TSO 품목에 대한 BASA체결(2008.2) 이후 국내기업이 개발한 항공기 부품에 대한 세계시장진출이 가능해졌으며 항공기 제동장치는 TSO 품목이나(TSO-C26d(소형기), TSO-C135(중형기)), 국내 시험평가 인프라 부족으로 관련 산업 발전에 저해요소로 작용하고 있음 < 국 외 > ○ 항공기 제동장치를 포함한 착륙장치의 세계시장 규모는 완제기 시장과연계되어 연 45억 달러 정도이며, 대형 민항기용의 시장규모는 지속적인 성장세임 ○ 항공기 착륙장치에 대한 특허 출원은 주로 Boeing(미국), Messier Bugatti(프랑스), Airbus France(프랑스), Honeywell(미국), Hydro-Aire(미국), Airbus UK(영국) 등이 주도하고 있으며, 중형기용 카본-카본 소재 제동장치를 생산하고 있는 대표적인 업체는 Goodrich(미국), Goodyear(미국), Bendix(미국), SEP(프랑스) 등으로 B747 여객기를 비롯한 각종 신형여객기에 사용되고 있음 ○ 민수용 제동장치는 TSO-C26, TSO-C135 등 기준에 의한 TSOA를 획득하여야 하며, 대부분의 경우 항공기 개발단계에서 프로젝트에 참여하여 해당 항공기 형식증명 단계에서 항공기 운용조건에 부합하도록 시험평가 과정을 거쳐 최종 설계에 반영하도록 하고 있음 ○ 복합재 브레이크는 수명주기가 길고 중량 대비 제동성능이 우수하여 새로

	개발되는 비즈니스제트, 여객기 등에의 채택이 증가하고 있으며 제작/정비를 위한 시험평가 수요가 증대되고 있음
4. 기존기술 활용방안	○ (주)다원프릭션, (주)테크 등 국내 기업의 군용 항공기 제동장치 시험평가 노하우 활용 ○ TSO급 BASA 시범사업 수행시 구축된 한국항공우주연구원 안전인증센터의 항공기 부품 인증 노하우 활용
5. 기술개발 필요성	○ 항공기 제동장치는 항공기의 안전성에 중요한 영향을 끼치는 핵심부품일 뿐 아니라, 주기적으로 정비 및 교체 관리되어야 하는 품목으로 항공기 운용시 지속적인 비용이 발생하는 부품임 ○ 항공기 제동장치의 수명은 기종에 따라 상이하지만 카본-카본 브레이크의 경우 약 1,300회 이내로 수요가 많고 고부가가치 분야임에도 국내에는 제작 및 수리와 시험인증 인프라가 없어 외국에 의존하며 정비대기 시간이 지연되고 수리순환자산증가로 운영비 증가요인 및 외화유출이 초래 ○ 국내 도입된 F-15/16의 제동장치에 국내 제작한 카본-카본 브레이크디스크를 일부 사용하고 있으나, 민간의 대형항공기에 사용할 수 있는 제동장치의 개발 및 시험평가/인증에 이르는 사례는 전무함 ○ 정부의 민간항공 중심 항공산업 발전 계획에 따라 향후 국내 개발될 소형항공기 및 중형항공기에의 국내 개발부품 장착 및 운용을 통한 국내 제품의 성능입증이 기대되며 이를 위한 제동장치 제작 및 정비, 시험평가/인증 체계 구축이 요구됨 ○ 민간항공기용 제동장치는 TSOA 대상 품목이며, 항공기 장착을 위해 TSO에 따른 시험평가 및 인증과정을 거친 후에 항공기에 장착할 수 있음 ○ 현재 국내에는 소형항공기용 제동장치 시험평가를 위한 인프라는 구축되어 있으나, 중형항공기급의 제동장치 제작 및 정비를 위하여는 고용량 시험장비의 추가 구축이 필요하며, 인증획득을 위한 체계 구축이 병행되어야 함
6. 주요연구 개발내용	○ 항공기 제동장치 개발시 사업화를 위한 인증체계 구축 및 개발품에 대한 TSO급 인증 획득을 목표로 하는 연구임 ○ 연구 개발 대상 및 사업의 범위 - 인증 요구사항 도출 및 프로세스 연구 ● 인증 관련 법령 및 기준 분석 ● 인증신청-획득-항공기장착시 문서체계/기술자료 등 단계별 요구사항 도출 - 개발 제동장치의 TSO 인증획득 ● TSO-C135에 의한 TSO 인증신청 ● 인증을 위한 문서체계, 품질관리체계 및 기술자료 생성 ● 인증기준에의 적합성 입증에 위한 시험평가 수행 ● 개발 제동장치에 대한 최종 인증 획득 및 지속감항성유지활동 수행
7. 정부지원의 타당성	○ 항공기 제동장치 국산화는 개발과정에서의 기술수준이 높고, 인증획득을 위한 시험평가 비용 등 초기투자 부담이 큰 편임 ○ 특히 국내 시험평가 기반이 구축되어 있지 않을 경우 해외 자원을 이용해야 하므로 개발기간/비용 상승 및 기술유출이 우려됨

	○ 시험평가 기술 및 체계 등 기반, 인증체계에 대한 노하우는 향후 항공 부품을 개발하고자 하는 국내기업들에 지원되어야 하므로 정부지원으로 하는 것이 바람직함									
8. 기술확보 전략	○ 선진 업체의 제품 출시 현황을 고려하여 국제경쟁력을 가지는 성능의 제동장치 시험평가 용량 및 시험항목 선정 ○ 제동장치 제작 및 정비에서 필요한 시험과 핵심요소부품에 대한 안전성 검사, 인증을 위한 법적 시험검사 등을 체계적으로 수행할 수 있는 시험검사체계 구축 ○ 시험장비 도입비용 및 유지보수 비용을 고려하여 대상 장비 선정하되 운영비용을 감안하여 자동차/일반기계류 등 타산업 제품에 대한 적용성 고려 ○ 인증방안 마련 및 관련 체계구축, 인증 관련 노하우 습득을 위하여 DAR(Designated Airworthiness Representative) 활용 및 국제적합성 연계 확보방안 도출 ○ 국내 제작기업으로 하여금 선진국 수준의 인증획득 체계 확보를 위하여 품질관리 체계 등 인증필요 요건 기술 지원 ○ 개발된 세부 시험항목 및 시험기준의 규격화(표준화) 추진									
9. 기술개발 최종성과물 및 활용방안	최종성과물		○ 제동장치 인증체계 구축 - 인증획득을 위한 요구사항 및 문서체계/자료 일체 - 관련 법령 및 기준 분석자료 일체 - TSO-C135에 따른 TSOA 획득							
	활용방안		○ 인증획득 기술지원을 통한 제동장치 사업화 지원 ○ 구축된 시험평가 기반을 이용한 국내기업의 민수/군수용 항공기 제동장치 개발 및 MRO 지원 ○ 항공기 부품 시험평가·인증 체계 확립을 통하여 항공기 부품류 시험평가 및 인증획득시 활용							
10. 연구개발 과제의 규모	구분		1차연도	2차연도	3차연도	4차연도	5차연도	6차연도	7차연도	8차연도
	연차별 연구비 (백만원)	정부					657	657	657	654
		민간 (추정)					219	219	219	218
	합 계						876	876	876	872
	총 연구비 (백만원)	정부	2,625				총 연구기간	4 년		
		민간	875					연도별 평균소요인력	8 명	
총합계		3,500								
11. 기대효과 및 파급효과	○ 국내 항공기 제동장치 제작/정비 및 제품개발을 위한 기반으로 활용 ○ 국내 기업의 항공기 부품류 개발 의욕 고취 기대									