

# 항공기용 타이어의 기술표준품 형식승인에 대한 연구

박근영\*, 이강이\*\*, 진영권\*\*\*

## A Study on the Technical Standard Order Authorization(TSOA) of Aircraft Tires

Guen-Young Park\*, Kang-Yi Lee\*\*, Young-Kwon Jin\*\*\*

### Abstract

Civil aircraft tires require a certification according to the Technical Standard Order Authorization(TSOA) procedure. TSO-C62d contains minimum performance standards for aircraft tires. The TSOA covers design and manufacturing of the tire only. To install a TSO article on aircraft requires an installation approval.

In this paper, TSOA procedure and the certification requirements for aircraft tires will be presented.

### 초 록

민간 항공기용 타이어는 기술표준품 형식승인 절차 및 요건에 따라 인증을 받아야 한다. 기술표준품 표준서인 TSO-C62d는 항공기용 타이어에 대한 최소성능표준을 포함하고 있다. 기술표준품 형식승인은 설계 및 제조에 대한 승인을 의미한다. 항공기에 장착하여 사용하기 위해서는 별도의 장착승인이 필요하다.

본 논문을 통해 기술표준품에 대한 형식승인 제도 및 인증 요구조건을 소개하고, 적합성 입증을 위한 인증기법을 제시하였다.

키워드 : 항공기 타이어(aircraft tires), 기술표준품 형식승인(TSOA), 바이어스 타이어(bias tire), 래디얼 타이어(radial tire), 인증(certification)

### 1. 서 론

첨단 항공기라도 이륙을 위한 지상 활주와 비행 이후 안전한 착륙이 불가능하다면 항공기로서의 기능과 역할을 제대로 수행할 수 없다. 이를 가능

하게 해주는 것이 항공기의 타이어이다. 항공기 타이어의 외형은 일반 자동차 타이어와 유사하나 항공기 이착륙 시 순간적 충격력(Impulsive Load), 고속(High Speed), 고하중(Heavy Load), 열발생(Heat Generation) 등 열악한 조건 하에서 정상 성능을

\* 제품보증그룹/parky@kari.re.kr

\*\*\* 제품보증그룹/ykj@kari.re.kr

\*\* 제품보증그룹/kylee@kari.re.kr

발휘하고, 이륙 후 랜딩 기어를 접을 때 간섭이 없어야 하기 때문에 가볍고 작지만, 강하고 튼튼하도록 특수 설계 제작되어야 한다.

항공기는 수십만 개 이상의 부품과 각종 첨단기술이 복합된 비행체로서 비행을 위한 성능뿐 아니라 고도의 신뢰성과 안전성이 요구된다. 따라서 항공기 및 관련 부품의 설계, 제조, 운용에 있어서 반드시 법에 의한 인증 또는 승인을 받도록 하고 있다.

항공기용 타이어는 기술표준품 형식승인 제도에 따라 적합성을 입증하여야 한다. 항공기용 타이어의 적합성 입증에 위한 최소성능표준은 정격 속도, 정격등급을 확인하기 위하여 정적시험과 항공기의 사용조건인 이륙, 지상활주, 착륙 사이클을 모사한 동적시험을 수행하도록 요구하고 있다.

## 2. 항공기용 타이어의 특성

### 2.1 사용환경

타이어 목적에 적합한 기능으로서, 항공기 타이어는 광범위한 운용환경에서 견뎌낼 수 있어야 한다. 타이어는 지상에 있는 경우에 항공기의 중량을 견뎌야 하고, 활주과정에서는 열발생 및 마모에 견디면서 탑승객에게 안정적이고 안락한 승차감을 제공할 수 있어야 한다.

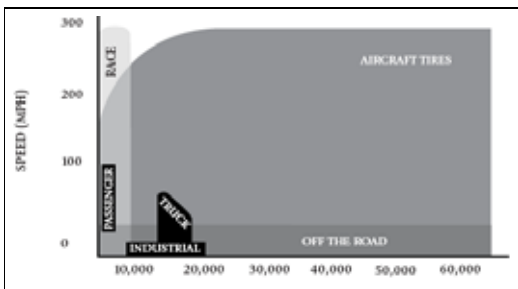


그림 1. 타이어 용도별 속도-하중범위

타이어 구조는 항공기 하중뿐 아니라 높은 각속도에서 발생하는 작용력을 견뎌야 한다.(그림1.) 착륙시에는 브레이크에 의한 높은 동적 제동하중

을 지면에 전달하는 동시에 지면과의 충돌충격을 흡수할 수 있는 능력이 요구된다. 이러한 모든 기능은 타이어의 수명기간동안 신뢰성 있게 유지되어야 한다.

1ton 내외의 승용차에 쓰이는 타이어 직경은 대략 0.7m이고 최고속력은 시속 200km 내외인 반면, 400여 명의 승객이 탑승 시 380ton인 B747-400 항공기의 경우 각 타이어 당 약 21ton의 하중이 걸리고 최고속도가 시속 420km에 육박하게 된다.

타이어에 공기를 주입할 때 내부 압력은 보통 30psi 정도인 승용차에 비해 항공기는 약 200psi 정도 유지되어야 하며 순간적 충격에 의해 내부 압력이 900psi까지 급상승하여도 파열되지 않아야 한다.

항공기 타이어의 내부는 불활성 기체인 질소로 채워진다. 이는 압축 공기 중에 함유된 수분과 산소로 인한 급격한 온도 상승으로 내부 발화에 의한 폭발 가능성을 해소하고 화학적 산화 현상을 억제하여 타이어 수명을 연장하기 위함이다.

항공기 타이어는 정상 마모에 의한 교환 기준으로 바이어스 타이어의 경우 평균 약 250회 착륙 사이클(landing cycles), 래디얼 타이어는 약 350회 착륙 사이클까지 사용되고, 기종에 따라 약간 차이는 있으나 통상 2~3개월 사용한다. 민항기 타이어는 일반 타이어와 달리 6~8회 재생하여 사용하는 것이 일반적이며, 이러한 경우 재생 성능을 고려한 구조설계가 필수적이다.

### 2.2 종류 및 구조

타이어는 트레드, 솔더, 사이드월, 카카스, 비이드 등으로 구성된다. 트레드(tread)는 마모 및 외부 요인으로부터 타이어를 보호하는 두꺼운 고무층으로 방향 유지성, 코너링, 제동성을 높이기 위해 여러 형태의 무늬가 적용된다. 솔더(shoulder)는 트레드와 사이드월 사이 어깨 부분으로 구조상 가장 두꺼우며 타이어에 발생한 열을 쉽게 발산하도록 한다. 사이드월(side wall)은 타이어의 옆면이며 탁월한 신축성으로 지면으로부터 충격 및 진동을 흡수한다. 카카스(carcas)는 타이어 강도 및

형태를 유지하며 내압을 견디는 골격에 해당하는 중요 부분으로 나일론 코드 등에 고무를 입힌 플라이(rubber coated ply)를 여러 겹으로 감은 층을 말한다. 비이드(bead)는 타이어를 휠에 밀착시켜 기밀을 유지하도록 하는 강선(steel wire)이다.

항공기 타이어는 카카스의 코드 방향 및 구성에 따라 바이어스 타이어와 래디얼 타이어로 분류한다.(그림2.)

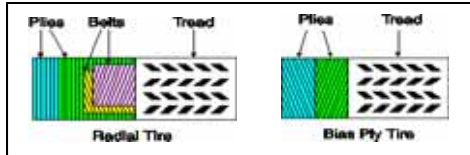


그림 2. 바이어스/래디얼 타이어의 플라이 코드

바이어스(Bias) 타이어는 코드 각도가 대각선을 이루도록 45도 내외의 사선방향으로 코드의 플라이(Ply)를 교대로 배열하여 여러 겹층으로 카카스를 구성하므로 무게가 무겁고 사이드월이 두꺼워 충격 흡수성이 약한 단점이 있다.(그림3.)

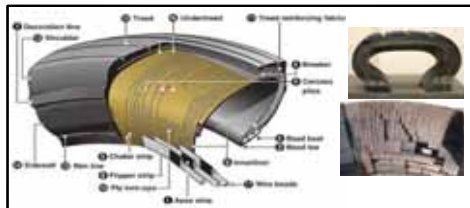


그림 3. 바이어스 타이어

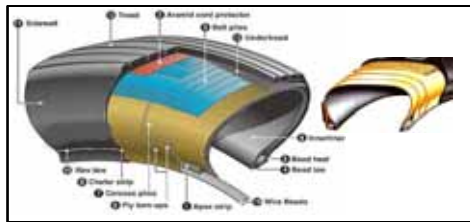


그림 4. 래디얼 타이어

래디얼(Radial) 타이어는 타이어 옆면에서 볼 때 카카스를 구성하는 코드 각도가 방사상(Radial) 방향 즉 원주에 대해 직각으로 일정하게 배열하고

단일 비이드(Bead) 강선 적용으로 플라이(Ply) 수를 줄이므로 사이드월의 두께가 얇아져 고신축성으로 충격 흡수성 및 수명이 향상되고 무게가 감소되었다.(그림4.) 현재 래디얼 타이어는 최신 항공기인 B777, A330 등에 사용되고 있으며 점차 사용 범위가 확대될 것으로 예상된다.

### 3. 기술표준품 인증제도

#### 3.1 기술표준품 형식승인

항공기용 기술표준품(TSO articles)은 항공기에 사용되는 장비품(appliances) 및 부품(parts)중에서 여러 항공기에 공통적으로 사용될 수 있도록 항공 안전본부에서 지정하여 고시한 품목을 말한다.

기술표준품 형식승인 제도는 기술표준품 자체에 대한 설계 적합성 평가, 그리고 승인된 설계와 동일한 품질을 반복해서 생산할 수 있는 품질시스템에 대한 평가를 수행하는 인증제도이다.(그림5.)

기술표준품을 항공기에 장착하여 사용하기 위해서는 특정 형식 또는 등급의 항공기 운용조건이 기술표준품 형식승인 범위에 있는지 여부를 판단하기 위한 별도의 안전성 입증 필요하다.

#### 3.2 법규 및 기준

기술표준품에 대한 인증제도는 미국과 유럽을 중심으로 시행되고 있다. 국내의 경우에는 2003년과 2004년에 항공법 및 동법 시행규칙의 개정으로 기술표준품 형식승인(TSOA)에 대한 법적 요건을 갖추게 되었다. 항공법 제20조와 동법 시행규칙 제39조 내지 제41조에서 기술표준품 형식승인에 대한 사항을 규정하고 있으며, 최근에 이에 대한 절차규정과 기술기준을 항공안전본부 훈령과 고시로 제정하였다.

##### (1) 항공법규

- 항공법 제20조(기술표준품에 대한 형식승인)
- 항공법 시행규칙 제39조(신청)~제41조(교부)
- 항공안전본부 훈령 제2005-68호(항공기 기술)

표준품 형식승인 절차규정)

- 항공안전본부 고시 제2005-27호(항공기 기술 표준품 기술기준)

(2) 기술기준

- 표준서 : KTSO-C62d, 항공기용 타이어
- 최소성능표준 : KTSO-C62d의 부록1



그림 5. 기술표준품 형식승인 절차

미국의 경우 항공기용 기술표준품 인증대상품 목은 미연방항공청(FAA)의 권고회람서(AC), "항공기용 기술표준품 목록"에 규정되어 있다. 현재, 국내의 경우에는 항공안전본부장이 정하여 고시한 4종의 기술표준품 표준서가 지정되어 있다. 항공기용 타이어에 대한 기술기준은 항공안전본부 고시 제2005-27호 별표3(KTSO-C62d)에서 정하고 있으며, 이는 미연방항공청 TSO-C62d에 대응하는 기술기준이다.

## 4. 항공기 타이어 최소성능표준

### 4.1 적용

항공기용 타이어는 기술표준품 형식승인 절차에 따라 기술표준품 표준서인 KTSO-C62d에 규정된 최소성능표준(MPS ; Minimum Performance Standards)을 충족하도록 설계·제작되어야 한다.

이 표준은 신규 및 재시험을 위한 항공기용 타이어에 적용되는 최소성능표준이다. 이러한 최소성능표준은 속도시험과 하중시험 결과를 기초로

하여 결정한 항공기용 타이어의 정격속도 및 정격하중을 평가하기 위한 최소기준이다.

### 4.2 재료 요구조건

가혹한 환경에서 사용되는 항공기용 타이어는 요구조건을 만족시키기 위해 여러 종류의 고무, 섬유 및 강(鋼)을 복합하여 제작한다.(그림6.) 타이어 구성품 각각은 성능에 있어서 매우 특화된 기능을 수행하여야 한다. 따라서 항공기용 타이어의 재료는 의도된 목적에 적합하여야 한다.

항공기용 타이어에 사용되는 재료의 적합성은 충분한 정비이력 또는 다이내모미터 시험으로 입증된 자료를 바탕으로 결정되어야 한다.

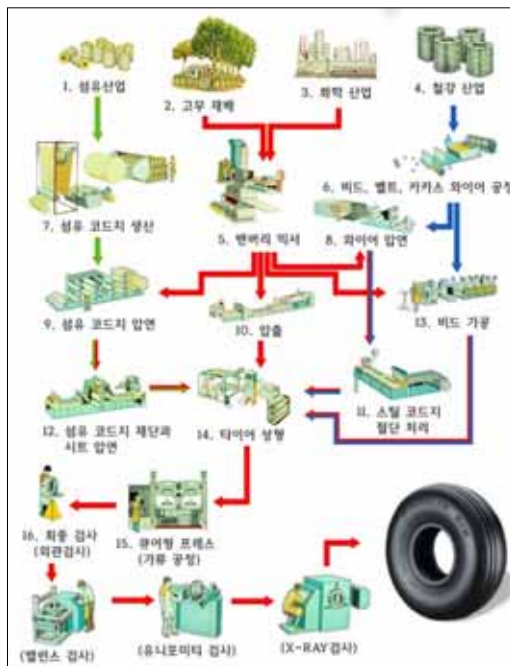


그림 6. 타이어 제조공정

### 4.3 설계 및 제작

항공기용 타이어는 표 1의 설계 및 제작 요구조건에 대한 적합성을 입증하여야 한다. 또한, 트래드 설계시는 4.6항의 재시험 요구조건을 고려하여야 한다.

표 1. 설계 및 제작 요구조건

구분	요구조건	입증 방법	
불균형	정적 불균형 모멘트 (M, in-oz) < M = 0.025D <sup>2</sup>	설계 자료	
균형 표시	타이어 경점(輕占) 표시	설계 자료	
초과 압력	정격팽창압력 4배에서 3초 이상 유지	시험	
온도	대기 온도	-40°C(-40°F)이하 71°C(+160°F)이상에 각각 24시간 이상 노출시 재료의 물리적 특성 저하 없을 것	시험 해석
	휠립 온도	149°C(300°F)이상에 휠비이드 시트 온도에서 1시간 이상 노출시 재료의 물리적 특성 저하 없을 것	시험 해석
	미끄러짐	최초 5회 다이내모미터 시험 중 휠립에 미끄러짐 현상 없을 것 5회 초과시 튜브리스 타이어 비이드의 가스 시일의 손상, 튜브 또는 밸브 손상이 없을 것	시험
	누설	최소 12시간 최초 안정기간 유지 후 정격팽창압력에 상응하는 초기 압력에서 24시간 후 5% 이상의 압력손실 없이 팽창압력 유지할 것	시험

#### 4.4 타이어 정격

항공기용 타이어는 표2와 같이 정격하중을 규정하여야 한다. 다이내모미터 시험은 해당 정격하중에서 실시된다.

표 2. 정격 요구조건

구분	요구조건	입증 방법
정격 하중	타이어 정격하중 지정 (헬리콥터용 타이어의 경우 정격 팽창압력 대비 1.5배까지 증가가능)	설계 자료
정격 팽창압력	정격하중 기초로 대기온도에서 설정	시험
하중반경	공칭하중반경, 공칭하중반경의 허용 공차, 실제 하중반경 측정확인	시험

#### 4.5 다이내모미터 시험

다이내모미터 시험(그림7)에서 타이어는 파손되지 않아야 한다. 별도로 규정하지 않는 한 트래드의 정상적인 마모 이외의 구조적 열화의 징후가 없어야 한다.

모든 다이내모미터 시험은 표 3의 요구조건을 만족하여야 한다.

표 3. 다이내모미터 일반 요구조건

구분	요구조건
시험하중	정격하중 이상으로 타이어에 시험하중 적용
시험 팽창압력	규정 하중반경을 갖도록 동일 대기온도에서 요구되는 압력으로 조정 (시험 중 압력보상 불가)
시험시편	1개만 사용

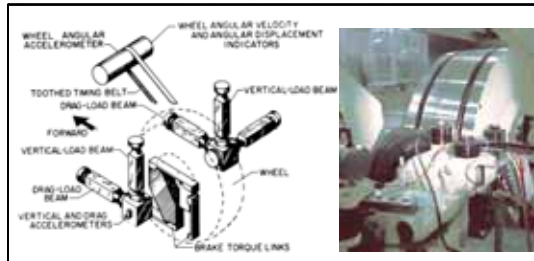


그림 7. 다이내모미터

시속 193km/h(120mph) 이하의 지상속도에서 운용되는 저속타이어는 시험방법 A나 시험방법 B에 따라 다이내모미터에서 수행되는 200회 착륙사이클에 견뎌야 한다.

저속타이어의 시험에서 다이내모미터가 가변질량 플라이휠 형식인 경우 방법 A에 따라 시험하고, 고정질량 플라이휠 형식인 경우 방법 B에 따라 시험한다.(표4)



그림 8. 온도센서 위치

카카스 초기온도가 시험온도에 도달하기 위해 플라이휠에 타이어를 회전시키는 방법이 일반적으로 사용된다.

**표 4. 저속타이어 다이내모미터 시험**

구분		요구조건
일반	시험 온도	90% 카카스 초기온도 105°F(40°C) 이상 10% 카카스의 초기온도 80°F(27°C) 이상
	방법 A	저속 착륙 100회 착륙속도 90mph 최저 언랜딩 <sup>(주)</sup> 속도 0mph (착륙속도 80mph 이하시 별도조정)
고속 착륙 100회		최저 착륙속도 120mph 공칭 언랜딩 속도 90mph (단 타이어가 운동에너지 44%를 흡수)
방법 B	저속 착륙 100회	90mph 이상으로 회전 플라이휠에 착륙 (T <sub>c</sub> 동안 90mph-0mph로 감속)
	고속 착륙 100회	120mph 이상으로 회전 플라이휠에 착륙 (T <sub>c</sub> 동안 120mph-0mph로 감속)

(주) 언랜딩속도 : 타이어를 다이내모미터에서 분리 시킬 때의 속도

고속타이어의 경우, 다이내모미터 시험속도는 최대 지상속도에 따라 표 5의 기준에 따라 결정한다.

**표 5. 고속타이어 다이내모미터 시험속도**

최대 항공기 지상속도 km/h(mph)		타이어 정격속도 km/h(mph)	s <sub>2</sub> 다이내모미터 최소속도 km/h(mph)
이상	이하		
193(120)	258(160)	258(160)	258(160)
258(160)	306(190)	306(190)	306(190)
306(190)	338(210)	338(210)	338(210)
338(210)	362(225)	362(225)	362(225)
362(225)	378(235)	378(235)	378(235)
378(235)	394(245)	394(245)	394(245)

245mph 이상의 지상속도에서 타이어는 하중-속도-시간의 최대 요구조건에서 시험하여야 하고 적정한 정격속도가 확인되어야 한다.

고속타이어에 대한 다이내모미터 시험 요구조건은 표 6과 같다. 속도정격 160mph인 타이어에 한하여 61회 이륙/초과하중/지상활주 사이클을 대신하여 대체시험 200회를 적용할 수 있다.

그림 9는 모든 항공기에 일반적으로 적용되는 시험 사이클을 정의한다. 그림 10을 적용하여 시험 사이클을 정의하는 경우, 하중-속도-거리의 신청자에 의해 설정된 가장 치명적인 이륙조건을 근거로 결정하여야 한다.

**표 6. 고속타이어 다이내모미터 시험**

구분		요구조건
시험 온도 / 사이클 구성	지상 활주 사이클	9회 : 카카스 초기온도 120°F(49°C) 이상 1회 : 카카스 초기온도 80°F(27°C) 이상
	이륙 사이클	45회 : 카카스 초기온도 105°F(40°C) 이상 5회 : 카카스 초기온도 80°F(27°C) 이상
	초과 하중 이륙 사이클	카카스 초기온도 105°F(40°C) 이상
	61회 사이클	이륙사이클 50회, 지상활주 사이클 10회 초과하중 이륙사이클 1회 (순서는 임의적으로 선택가능)
사이클 시험 조건	이륙 사이클	그림 9 또는 그림 10 적용
	초과 하중 이륙 사이클	타이어 하중×1.5 이상의 시험하중에서 이륙사이클 시험 후, 24시간 동안 초기시험 압력의 10%를 초과하지 않는 압력 손실로 팽창압력 유지 확인 시험완료 후 트래드 손상 허용
	지상 활주 사이클	8회 : 40mph이상, 정격하중 이상으로 35,000ft 활주 2회 : 40mph이상, 정격하중×1.2 이상으로 35,000ft 활주
대체 시험	저속 착륙 100회	이륙사이클 대신 착륙모사 사이클 적용 저속착륙 시험절차에 따라 설정
	고속 착륙 100회	이륙사이클 대신 착륙모사 사이클 적용 정격하중에서 160mph 속도로 회전하는 플라이휠에 착륙 시험절차는 저속착륙과 동일

### 4.6 재시험

타이어의 재료, 설계 또는 제조공정의 변화가 타이어의 성능에 영향을 미치는 경우 재시험을 통해 최소성능표준을 입증하여야 한다. 즉, 타이어의 성능에 영향을 미치는 재료, 설계, 제조공정의 변경 또는 타이어 인증시험 후의 트래드 리브와 그루브의 수량, 위치 변경, 스킵드 깊이의 변경이 발생한 타이어는 다이내모미터 시험을 통해 적합성을 재확인하여야 한다.

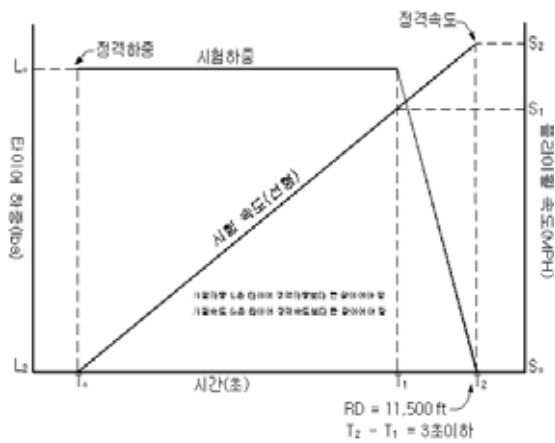


그림 9. 하중-속도-시간 시험사이클(단순모델)

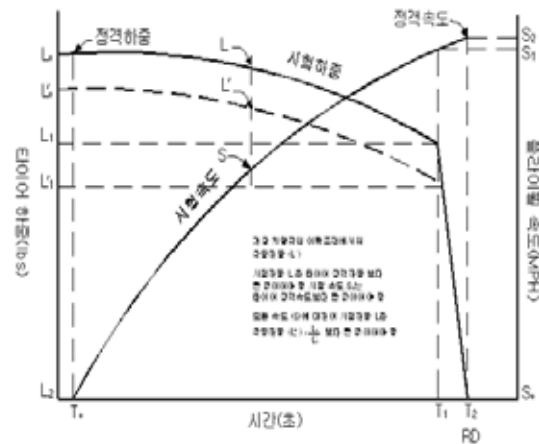


그림 10. 하중-속도-시간 시험사이클(이론모델)

## 5. 국내 타이어 개발현황

국내의 항공기용 타이어 개발은 금호타이어(주)가 선구적인 역할을 하고 있다. 금호타이어(주)는 민항기용 타이어 분야에서 표 7과 같이 기초개발을 수행한 경험을 보유하고 있다. 또한, 군용 항공기 타이어 분야에서는 7개 기종, 13개 규격의 타이어를 개발하여 공군에 납품하고 있다.

표 7. 민간 항공기용 타이어 개발현황

적용기종		시험기관	평가일자
B737-400	MAIN	WPAFB (미국)	'92.06
	NOSE		'93.08
B767-300 (ER)	MAIN	DUNLOP (영국)	'95.07
	NOSE		'95.06
B747-400	MAIN		'96.08
	NOSE		

## 6. 결 론

본 논문에서는 항공기용 타이어 형식 및 구조를 고찰하고 항공기용 타이어의 안전성 확보를 위한 기술표준품 형식승인 제도 및 최소성능표준 입증 방법에 대하여 제시하였다.

현재, 국내에서는 항공제품의 안전성 확보 및 선진국 수준의 인증기술 기반구축을 위해 “항공기 품질인증 기술기반구축사업”을 추진 중에 있으며, 금호타이어(주)가 미국과의 항공안전협정(BASA, Bilateral Aviation Safety Agreement) 추진을 위한 시범대상사업으로 선정되어 항공기용 타이어에 대한 기술표준품 형식승인을 추진 중에 있다. 이러한 과정을 통해 BASA 협정이 체결되면, 우리나라에서 생산된 항공제품을 우리나라의 인증으로 수출할 수 있는 기반을 갖추게 될 것이다.

## 후 기

본 논문은 산업자원부 산업기술기반조성사업에 의한 “항공기 품질인증 기술기반 구축사업”으로 수행된 연구결과의 일부이다.

## 참 고 문 헌

1. 항공안전본부 훈령 제2005-68호, “항공기 기술 표준품 형식승인 절차규정”, 2005.6.2.
2. 항공안전본부 고시 제2005-27호, “항공기 기술 표준품 기술기준”, 2005.6.2.
3. 김유광, “항공기용 기술표준품 인증 요구조건 분석”, 항공기술과 정보, 2005.5, 20-28
4. FAA TSO-C62d, “Tires”, 1990.9.7.
5. SAE AS 4833, “Aircraft New Tire Standard - Bias and Radial”, 2000.10.
6. SAE AS 4834, “Aircraft Tire Retreading Practice - Bias and Radial”, 2000.10.
7. SAE ARP 4955, “Recommended Practice for the Measurement of Static and Dynamic Properties of Aircraft Tires”, 1997.12.