

# 추진기관 둔감 시험평가 및 반응등급 판정

유지창\* · 김창기\* · 민병선\*

## IM Test and Evaluation of Reaction Level for Solid Rocket Motor

Jichang Yoo\* · Changkee Kim\* · Byoungsun Min\*

### ABSTRACT

Insensitive Munitions(IM) test methods and passing criteria of MIL-STS-2105D revised in April 2011 were studied since MIL-STD-2105(NAVY) had been created in 1982. Passing criteria of each IM tests has not been established because domestic database of IM tests for rocket motors was not enough, even though IM test and evaluation methods were well established with the same level of advanced countries. In this study, direction of the development for IM of our country was suggested through investigation and analysis of revised test methods and passing criteria.

### 초 록

선진국에서 1982년 제정된 비핵무기 위험성 평가시험(MIL-STD-2105(NAVY)) 이후에 2011년 4월에 개정된 MIL-STD-2105D의 로켓 모터의 둔감화를 위한 추진기관 둔감 시험 규정과 각 둔감시험별 통과기준에 대하여 정리하였다. 추진기관의 시험평가에 대한 연구를 통하여 국내에서는 세계적 수준의 추진기관 둔감시험 기법은 정립하였으나 국내의 추진기관 둔감시험 데이터베이스가 부족한 관계로 반응등급결정을 위한 각 시험별 통과기준이 정립이 되어 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 개정된 둔감시험방법과 각 시험별 통과기준을 조사 분석하여 국내의 추진기관 둔감화 개발방향을 제시하였다.

Key Words: Insensitive Munitions(둔감), Rocket Motor(추진기관), Passing Criteria(통과 기준)

### 1. 서 론

무기체계가 실전 배치되어 운용 중에 여러 형

태의 사고의 위험이 항상 존재한다. 이런 사고가 특히 함상에서 발생하는 경우에는 그 위험 및 손상이 크게 나타나며 항공모함같이 거대한 함선에서 화재가 발생하면 그 화재는 함정에 탑재되어 있는 미사일, 비행기 연료, 로켓, 함포 등에 연쇄적으로 전파되어 커다란 위험을 야기할 수

\* 국방과학연구소 1기술연구본부 6부  
† 교신저자, E-mail: yoojc@hanmail.net

있다.

Table 1에 1960년대 이후에 발생한 대표적인 사고사례를 나타냈으며, USS Forrestal, USS Enterprise호와 USS Nimitz호에서 발생한 사고가 대표적인 예이다. 2002년도에도 아프카니스탄에서 40℃이상의 고온에 의해서 저장중이던 화약이 폭발하였고, BM-21이 로켓이 어떤 충격에 의해서 화재가 발생하여 연쇄 반응을 일으키는 사고가 발생하였다. USS Forrestal호의 경우 정정기에 의한 오작동으로 인하여 이륙 대기 중이던 F-4에 장착된 Zuni 로켓이 발사되었고, 이 로켓이 급유 중이던 A-4 항공기에 명중, 화재가 발생하여 장착된 폭탄이 폭발하였고 동조폭발이 일어났으며 소방작업 중 화재가 확대되어 항공모함의 기능을 상실할 뿐 아니라 많은 인적, 물적 손실을 야기하였다. 항공모함 뿐 아니라 1970년에는 Danang Air Base에서 F-4B 전투기의 연료 주입 과정에서 화재가 발생하여 주위로 확산되어 Sparrow 미사일이 발사되었으며 그 결과로 3명의 소방관이 목숨을 잃었고 13명이 부상당하였다[1].

Table 1. Significant weapon and explosive accidents since 1960

Location	Date	Dead/ Injured	Loss(\$)
USS Oriskany	26 Oct. 66	44/156	10 million
USS Forrestal	29 Jul. 67	134/161	182 million
USS Enterprise	15 Jan. 69	28/343	122 million
USS Nimitz	26 May 81	14/48	79 million
Camp Doha, Kuwait	11 Jul. 91	3/49	15 million
Jalalabad, Afghanistan	10 Aug. 02	26/90	Undetermined
Spin Boldak, Afghanistan	28 June 02	32/70	Undetermined

이러한 일련의 사고로 인해 1984년 미 해국 제독이 해군의 모든 무기들에 대하여 1995년까지 예기치 않은 사고에 대하여 둔감화 기준을 만족하도록 지시하였다. 둔감성을 증명하기 위하여 급속가열, 완속가열, 탄자충격, 파편충격 및

동조폭발시험 등 5개 시험항목에 대한 합격 기준을 만족하도록 하였다. 1984년에는 U. S. Navy's Insensitive Munitions Advanced Development(IMAD)가 만들어 졌으며, 1986년에는 Insensitive Munitions Technology Transition Program(IMTTP)이 시작되어 둔감 추진제 및 IM 관련 기술에 대한 연구가 활발히 이루어져 왔다[1].

이런 손실로부터 인적 물적 자원을 보호하기 위하여 Insensitive Munitions(IM)에 대한 요구가 높아지게 되었으며 아울러 이런 무기 체계를 효과적으로 시험 평가하는 규격들이 검토되기 시작하였다. 1964년부터 1982년 사이에는 "Warhead Safety Tests, Minimum for Air, Surface and Underwater Launched Weapon (Bureau of Weapons, WR-50, Dep. of the Navy, Feb. 13, 1964)"이란 규격이 널리 사용되었으나 로켓 모터 등에 대하여서는 언급하고 있지 않았다. 1982년에는 미군사규격으로 DOD-STD-2105(Navy)가 사용되었다. 1987년에는 미 육군, 공군, 해군이 합동으로 회의를 열어 DOD-STD-2105를 수정 보완하여 군사규격으로 인정할 것을 결정하였으며, 이런 노력으로 1991년에는 MIL-STD -2105B가 채택되었고 1994년에 MIL-STD-2105C로, 2011년 4월에 다시 MIL-STD-2105D 로 개정되었다. MIL-STD-2105D에는 기본 안전도 시험 4종류와 Spall Impact 시험이 빠진 6종류의 둔감 시험으로 구성되어 있다. 통과기준은 STANAG 4439를 따르도록 되어 있고, 반응등급분류에서는 Type I에서 Type III는 MIL-STD-2105C와 크게 다르지 않으나 Type IV와 Type V는 좀 더 정량적으로 표현되었고 다소 완화되었다.

Table 2에 로켓 모터에 적용되는 둔감시험 항목과 합격 기준을 나타내었다. 급속가열, 완속가열, 탄자충격 및 파편충격시험은 반응단계 V인 연소반응이 합격 기준이며 동조폭발의 경우는 Acceptor가 폭발이 일어나지 않는 것이 합격 기준이다[2, 3].

AOP-39는 STANAG 4439에 언급된 정책과 요구조건을 충족시키는 지침서이며, IM 평가를

수행하는 방법과 둔감화 개발에 필요한 설계 기술 및 평가 결과 보고서등을 포함한다[3,4].

Table 2. MIL-STD-2105D IM tests and passing criteria

Tests	Passing Criterion
Fast Cookoff	Burning
Slow Cookoff	Burning
Bullet Impact	Burning
Fragment Impact	Butning
Sympathetic Detonation	No Acceptor Detonation

STANAG 4439는 무기체계가 수명 주기 중에 노출될 수 있는 위협을 정의하는데, 위협 중 일부는 모든 무기에 일반적인 위협이며, 다른 일부는 특별한 작동 환경 및 병참 환경에서 노출 될 수 있는 위협이다. Table 3에 이러한 위협과 위협범위의 기준을 나타내었다[4].

Table 3. Threat and Baseline Threat Range

Threat	Requirement	Baseline Threat Range
Magazine fire or aircraft fuel fire	No rspnse more severe than Type V	Average temperature :550°C ~ 850°C 550°C reached within 30s from ignition
Fire in an adjacent magazine or vehicle	No rspnse more severe than Type V	Heating Rate : 1°C/hr~30/hr
Small arms attack	No rspnse more severe than Type V	From one to three 12.7mm AP round, Velocity : 400m/s~850m/s
Fragmenting munitions attack	No rspnse more severe than Type V	Steel fragment from 15g with Velocity up to 2,600m/s and 65g with velocity up to 2,200m/s
Shaped charge weapon attack	No rspnse more severe than Type III	Shaped charge caliber up to 85mm
Most severe reaction of same munition in magazine, mircraft or vehicle	No propagation of reaction more severe than Type III	Setonation of doner in appropriate configuration

Figure 1은 급속 가열과 완속 가열에 대한 위협평가 프로토콜을 나타낸 것으로 반응 시간,

연소관의 배기 정도, 에너지 물질의 유동성 및 연소형태 등이 고려되어야한다[4]. Fig 2는 탄자 충격과 파편 충격에 대한 위협평가 프로토콜을 나타낸 것으로 다양한 조건의 에너지 물질 충돌 형태, Bore Effect, 연소 중 연소가 급속히 가속 되는 시점, 충격에 의한 배기 정도 등이 고려되어야 한다[4].



Fig. 1 Simplified Hazard Protocol-Fast/Slow Heating

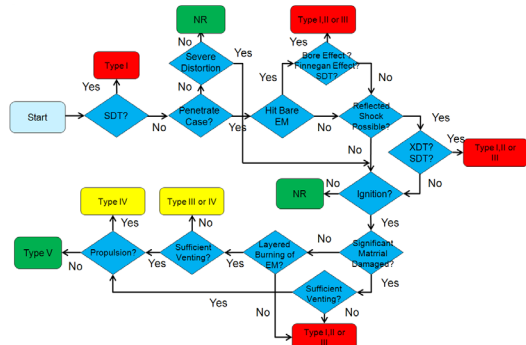


Fig. 2 Simplified Hazard Protocol-Bullet/Fragment Impact

## 2. 선진국 둔감화 정책

IM의 획득방안이 획득기획국 규약으로 1999년 1월 26에 제정되었으며, 이 규약에서 IM 인증을 얻기 위한 장기적인 목표를 언급하였다. 이 규약에는 과거와 현재보다는 미래의 둔감기술을 확보하는 방안에 초점을 맞추었다. IM의 획득

방안에 관하여 3개의 카테고리 정의가 되었다. 첫 번째 카테고리는 1999년 1월 26일 이후에 생산중인 무기는 IM 인증을 받거나 IM 웨이버 승인을 받아야 한다는 것이다. 두 번째 카테고리는 1999년 1월 26일 이전에 계약되어 현재 생산중인 무기에 대하여, 사업자는 IM 기술을 적용하도록 가능한 모든 방법을 찾아야 한다는 것이다. 세 번째 카테고리는 1999년 1월 26일 이전에 생산이 완료된 모든 무기에 대하여서는 둔감화 요구조건을 만족하는데 예외로 규정하고 있다.

미 국방부의 IM 정책, 요구조건, 과제 및 국내외 쟁점 등을 다루기 위하여 IM Integrated Product Team(IPT)가 1997년 6월 5일에 설립되었다. 또한 IM의 기술적인 문제해결과 웨이버 처리 과정에 대하여 미국방부 사무국을 지원하기 위하여 Joint Services IM Technical Panel(JSIMTP)가 1999년 5월 4일에 설립되었다. JSIMTP에서는 국방부 군수품 목록에 대하여 매년 둔감화 상태를 평가하고 있다. 미 국방부 획득규정 5000.2-R에 둔감화와 위험등급분류에 관하여 언급하고 있으며, 획득정책, 감독, 사업관리, 체계공학, 병참, 시험평가, 국제협력 및 계약담당자는 IM 정책, 요구조건을 필히 숙지해야 한다.

Table 4. STANAG's relating to IM

STANAG's	Relating IM
STANAG 4240	Liquid Fuel/External Fire, Munition Test Procedures
STANAG 4241	Bullet Impact, Munition Test Procedures
STANAG 4496	Fragment Impact, Munition Test Procedures
STANAG 4382	Slow Heating, Munition Test Procedures
STANAG 4396	Sympathetic Reaction, Munition Test Procedures

North Atlantic Treaty Organization(NATO)에서는 IM을 정의하기를 요구되는 성능, 신속성, 운영성을 만족하면서 열과 기계적 충격 등의 예기치 않는 외적 자극에 대하여 우연한 개시나 연차적인 손상으로 인한 플랫폼, 병참시스템 및 인명 손실을 최소화하는 무기라고 하였다. 현재

NATO에서는 IM과 관련된 STANAG를 비준하였으며, STANAG 4439가 IM의 개발, 평가 및 시험을 위한 표준 정책을 만드는 것을 목표로 하고 있다. Table 4는 회원국들의 승인을 위한 로켓모터의 IM과 관련된 STANAG를 나타낸 것으로, 미국의 경우 이러한 STANAG를 승인하였고 MIL-STD-2105C와 MIL-STD-2105D에 적용하였다[2,3]. IM 요구조건을 만족하는 것이 미 국방부의 요구조건이기 때문에 IM 시험의 실패는 무기의 잠재적인 안전성과 생존성에 대한 잠재적인 결점을 나타내는 것이고 전투와 병참체계를 심각하게 위협을 나타낸다. 따라서 이러한 결점은 시스템의 획득 전에 요구 프로세스를 통하여 인증되어야만 한다. IM 웨이버 인증은 최종적으로 Joint Requirements Oversight Council(JROC)에서 결정이 되며, Figure 1에 IM 웨이버 프로세스를 나타내었다. IM 웨이버 요구는 Program Manager(PM)에 의해 준비가 되며, IM 위원회의 사전 검토를 거쳐서 공식적으로는 Program Executive Officer(PEO)에 의해 IM Executive Agent(EA)에 제출된다. EA는 IM 위원회에 기술적 검토와 추천장에 대한 요구서를 제출하고 IM 위원회는 30일 내에 추천장을 제공한다. EA는 내부 합의를 통하여 Joint Staff의 기술검토와 JROC인 최종승인을 위한 요구서를 제출한다. 특별한 문제점이 없으면 JROC는 웨이버승인을 허가한다.

### 3. 결 론

선진국에서는 유도무기의 둔감화가 기본 요구조건이며 개발 초기부터 둔감화에 대한 설계가 고려되어야만 한다. 국내에서도 개발되는 모든 전술형 유도무기의 둔감화를 위해서 둔감추진제 조성, 연소관, 배기기구 및 M&S 등에 대한 연구가 지속적으로 수행되어야 하며, 국제적으로 통용되는 규정에 부합하는 추진기관 둔감시험평가 방법 및 반응등급 판정에 대한 객관적인 기준을 확립하여야 한다.

참 고 문 헌

1. DoD Acquisition Manager's Handbook for Insensitive Munitions, 2004
2. Jenson, G.E., Netzer, D. W., Tactical Missile Propulsion, Vol. 170, Progress in Astronautics and Aeronautics
3. MIL-STD-2105D, "Hazard Assessment Tests for Non-Nuclear Munitions", 2011
4. Guidance on The Assessment and Development of Insensitive Munitions, 2010