

◆ 기술논문

유도무기 착화기술의 현황과 발전 전망

장 석 태

Guided Missile Initiation Technologies, Now and Tomorrow

Chang Suk-Tae

ABSTRACT

The comparative evaluation/analysis of the initiation technologies currently being used, and the advanced initiation technologies currently being developed for the aerospace and defense applications was performed. The evaluation criteria used were the compliance, performance, reliability, safety, and cost. The results clearly indicate that there is no one single initiation technology that will satisfy entire spectrum of initiation system requirements. Each initiation system architecture would require different initiation technologies that will satisfy the overall system performance requirements. However, laser initiation, particularly, the laser diode initiation has been getting more attention in recent years. The laser diode initiation, for most part, eliminates EMI and ESD concerns. In addition, laser diode initiation system can also be designed into relatively small packages, are optically connected systems by very light weight cables, are relatively easily designed to meet variety of initiation system requirements. Due to the these compelling factors, laser diode initiation has potential of becoming common initiation systems for many different aerospace and defense application.

초 록

세계 여러나라의 유도무기체계에 적용되고 있거나 개발중인 착화기술의 개략적인 특성과 장단점을 제시하고, 각 기술의 수행능력인 성능, 신뢰성, 안전성, 가격 등을 비교 분석하였다. 분석결과, 어느 무기체계에서나 만족될 수 있는 만능적인 착화기술은 없으며 적용요구조건과 비용에 따라 각기 특별한 장단점을 가진다. 그러나 현재 선진국에서 개발되어 시험 적용되고 있는 다이오드 레이저를 이용한 착화방법은 본질적인 잇점들 때문에 차후 유도무기 착화기술에 지배적으로 사용될 것으로 판단된다.

1. 서 론

유도무기 체계 적용을 위해 각 착화기술의 상대적인 장단점을 파악하고 몇 년 이내에 실현될 것으로 보이는 가격대비 성능개선에 대한 예측과 무기체계 시스템에 진보된 기술들이 대체되는 경향을 평가하였다. 이는 각 무기체계의 착화시스템을 선택하는데 있어 효과적인 비용과 기술로 최적의 착화기술을 선택할 수 있는 가이드로서 보다 현실적이고 다양한 결정을 가능케 하는 기초를 제공할 수 있다. 이를 위해 세계 여러나라의 유도무기 체계에서 적용되고 있거나 개발중인 착화기술의 개략적인 특성과 장단점을 제시하고 각 기술의 수행능력 즉 성능, 신뢰성, 안전성, 가격 등을 비교 분석하여 차후 유도무기 체계에 지배적으로 사용될 것으로 보이는 착화기술을 제시하고자 한다.

2. 착화기술의 특성과 장단점 비교

2.1 착화기술

고체상태의 추진제를 직접 연소실 내부에 저장하고 이들의 연소에서 발생하는 가스를 노즐을 통해 분사하여 추진력을 얻는 기관을 고체 추진제 로켓 모터라 하는데 관례상 고체 추진제 로켓 모터(solid propellant rocket motor)라고 부른다. 이러한 로켓 모터는 점화장치, 모터케이스, 추진제 노즐 등으로 구성된다. 로켓 모터가 제대로 점화, 연소하기 위해서는 추진제의 점화가 연소 표면전체에 걸쳐 일시에 이루어져야 하는데 점화장치가 이러한 역할을 수행한다.

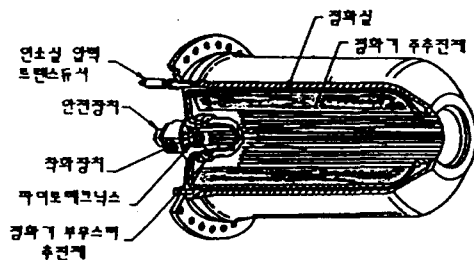


Fig. 1. Igniter Assembly

Fig. 1은 대표적인 점화장치를 나타낸 것으로 착화장치와 에너지 방출 시스템으로 구성되며 그 자체가 일종의 고체 추진제 로켓 모터이다. 착화기술은 점화장치의 에너지방출시스템을 작동시키는 착화장치와 이에 관련된 주변장치들에 대한 기술을 총칭하는 것이다.

로켓 모터는 착화장치에 의해 작동이 시작되므로 착화기의 신뢰성과 안전성은 해당 무기체계의 성패를 좌우할 만큼 중요하다. 왜냐하면, 착화기는 원하는 상황하에서의 요구조건을 만족시키면서 추진기관을 점화시켜야 하는데 착화기의 불발은 값비싼 미사일을 고철덩어리로 만들 수 있으며, 실수나 사고로 인한 우발적인 작동은 돌이킬 수 없는 상황을 유발할 수 있기 때문이다.

2.2 각 착화기술의 특성

착화기는 그 작동원리나 사용 에너지원에 따라서 여러 가지 종류로 분류될 수 있으며 대표적으로 발열선 착화기, 폭발도선 착화기, 폭발박막 착화기, 격벽착화기, 고상 레이저 착화기, 다이오드 레이저 착화기 등이 있는데 어떤 형태이든 착화장치의 우발적 작동을 방지하기 위해서 여러 형태의 안전장치들이 병행되어 사용되는 것이 일반적이다. 다음은 현재 무기체계에 적용되고 있거나 개발중인 착화기술에 대해 그 특징을 비교한 것으로 무기체계에 최적의 착화기술을 선택하는데 기초자료가 될 수 있다.

2.2.1 발열선 착화기

이것은 종래의 무기체계에 가장 널리 이용되고 있는 착화기술로 Fig. 2와 같은 구성을 가진다. 리드선 양 끝에 연결된 발열선과 열에 민감한 일차화약(primary explosives)이 서로 접촉되어 있는 상태로 발열선에 전기적 에너지가 가해지면 열이 발생되어 접촉된 화약을 점화시키게 된다. 점화에너지가 인가되었을 때 신뢰성 있는 기능이 보장되는 반면에, 정전기 방전이나 사고로 인한 우발적인 방전에 견뎌야 하며 이 기술이 적용된 무기체계가 사용되는 광범위한 환경에서도 만족되어야 한다.

민감한 일차화약이 발열선에 직접 접촉되어 있는 본질적인 구조상의 결함 때문에 부주의한 전기적 에너지 입력으로 인해 일차화약이 원하지 않는 상황에

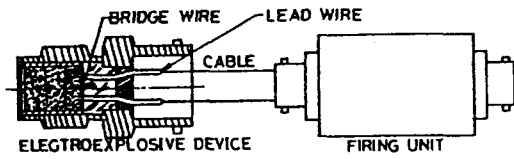


Fig. 2. Bridgewire Initiator

서 점화될 수 있다. 따라서 일차화약은 이를 방지하는 기계적 장벽에 의해 격리되어야 하는데 이를 위해서는 안전장치가 수반되어야 하므로 신뢰성, 가격, 크기, 성능상의 문제들이 야기된다. 이 장치의 구조적인 문제점과 이를 방지하기 위한 기계적 장벽 때문에 생기는 성능 및 안전상의 문제점들은 다른 형태의 무기착화기술을 개발하는 동기를 제공한다. 발열선 착화장치에 대한 최근의 변화는 종래의 브릿지선 대신에 진공증착에 의한 얇은 금속필름과 실리콘이 다량 첨가된 반도체를 이용하는 것이다. 그러나, 이런 기술들도 일차화약이 발열선과 직접 접촉되는 근본적인 안전문제는 해결하지 못한다.

이러한 문제점들이 내재되어 있어도 발열선 브릿지와 안전장치들이 수년동안 개발, 제조되어 오고 있어 가격이 비교적 싸기 때문에 현재 여러 종류의 재래식 무기체계 착화시스템에 사용중이며, 그 경향은 당분간 계속될 것이다. 이런 형태의 착화기술을 개량할 수 있는 새로운 기술들이 진보되고, 생산경험들이 보다 많이 얻어지고 있기 때문에 가격 경쟁력은 더욱 좋아질 전망이다.

2.2.2 폭발도선 착화장치 (EBW)

이 기술은 미국 해무기 착화시스템 개발 프로그램에서 진보된 것으로 민감한 일차화약을 사용하지 않고 폭발도선(exploding conductor)으로 둔감한 이차화약(high explosives)을 직접 점화시키는 방식이다. 이것의 구성은 Fig. 3과 같다.

EBW는 발열선을 사용하는 면에서 발열선 착화장치와 유사하지만 화약이 발열선에 의한 열보다는 도선이 고전압에 의해 폭발하면서 만드는 플라즈마에 반응하는 점이 다르다. 여기에 접촉되는 화약은 일차화약보다는 둔감하지만 플라즈마에 반응할 정도로 민감해야 하므로 PETN 같은 화약이 대표적으로 사용된다. 그러나, PETN은 무기 착화시스템에

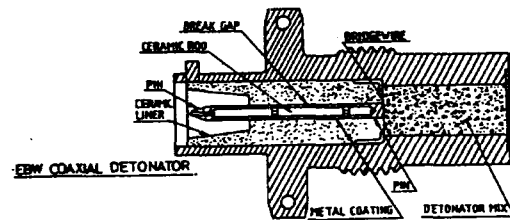


Fig. 3. Exploding Bridge Wire Initiator

서 이차화약으로 분류될 만큼 안전하지는 못하다. EBW는 우발적인 전기적 입력에 비교적 둔감하여 안전하고 신뢰성이 있지만 제작비용이 비싸다. 또한 EBW는 점화시키는 장치에 비해 복잡한데 그 이유는 브릿지선에 전달되는 에너지를 플라즈마로 전화시키기 위해 고압, 고전류의 전기적 펄스가 전달되어야 하기 때문이다.

EBW는 이러한 몇가지 문제점에도 불구하고 현재 대부분의 전략 미사일 추진장치에 특별한 작동 실패없이 사용되고 있다. 이는 우발적 전기적 입력에 비교적 둔감하고 빠른 폭발반응과 신뢰성이 조합되도록 설계되어 있기 때문이다.

2.2.3 폭발박막 착화장치 (EFI)

EFI도 미국의 핵무기 착화 메카니즘에 사용된 EBW 기술의 변화 형태이다. 이것의 특징은 전술한 EBW보다 더욱 둔감한 HNS (hexanitrostilbene) 같은 이차화약을 착화시킬 수 있다는 것이다. Fig. 4는 EFI의 개략적인 구조이다.

EFI의 폭발박막(exploding foil)은 긴 띠모양의 도선에 연결되어 마운팅된 얇은 목을 가진 금속박막이다. 비행편을 형성하는 플라스틱(Kepton)이 얇은 판재형태로 금속박막 전면에 부착된다. 따라서 결합품이 바렐(금속박막과 같은 중심에 구멍을 가진 분리 플라스틱 판)에 의해 화약과 분리되므로 박막 결합품들은 화약에 직접 접촉되지 않고 화약과 비행편 사이에는 공기간극이 존재하게 된다. EFI 점화는 고전압 축전지에 저장된 전류가 긴 띠모양의 도선을 통해 EFI 박막으로 방전되므로써 이루어진다.

빠르게 분산되는 에너지는 박막을 증기화시켜 플라즈마를 만들고 생성된 플라즈마는 빠르게 팽창해서 공기간극을 가로질러 비행편을 가속시키므로써

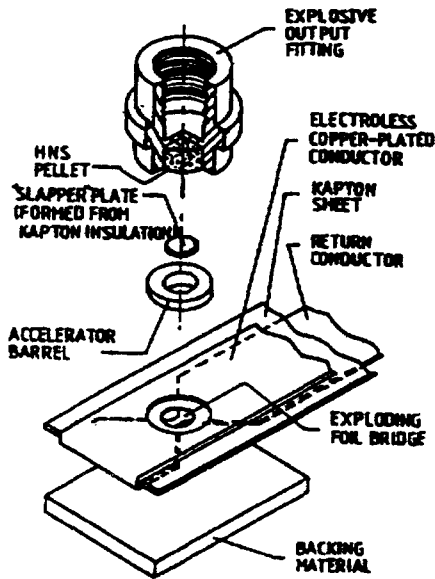


Fig. 4. Exploding Foil Initiator

화약을 때리게 된다. 이때 생기는 에너지는 둔감한 이차화약을 직접 폭발시킬 수 있을 만큼 충분하다.

이 착화장치는 전기적으로 화약과 직접 접촉되어 있지 않고, 이차화약이 사용되며 화약계열이 기계적으로 분리되어 있으므로 안전장치가 불필요하지만 고전압 축전지의 방전을 막는 안전장치는 필요하다. 또한 적은 비용으로 작은 공간안에 조립될 수 있을 만큼 작은 부피로 제작이 가능한데 최근에는 화약 출력장치까지를 포함하여 추진기관의 장전/발사(Arming/Firing) 기능에 소요되는 안전 메카니즘과 로직, 여기에 수반되는 전자회로 전부를 포함하여 수 입방 인치의 패키지로 제작되고 있다. 이와같은 안전상, 기능상의 여러 가지 장점으로 인해 EFI 시스템은 지난 몇 년 동안에 걸쳐 빠르게 정착되고 있다.

2.2.4 격벽착화장치 (TBI)

TBI(Thru-Bulkhead Initiator)란 도너화약의 반응에너지와 충격파를 이용, 격벽으로 분리되어 있는 억셉터 화약을 점화시키는 방식으로 그 구성은 Fig. 5와 같다.

이와 같은 착화장치는 구조적 문제 때문에 장시간 연소나 충격 등에 약해서 추력가스 역분출등의 악영

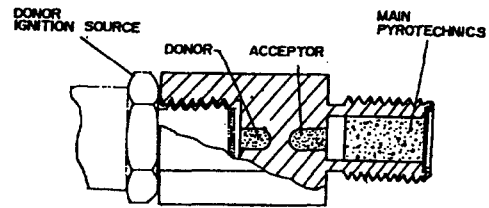


Fig. 5. Through Bulkhead Initiator

향이 초래될 수 있기 때문이다. TBI는 도너화약의 자극에 의해 점화되기 때문에 발열선 용접이나 유리-금속 밀봉 등과 같은 복잡하고 어려운 공정이 요구되지 않으며 전기적 에너지원이 없어 고주파 간섭으로부터 보호되는 잇점이 있다. 그러나 도너화약을 착화시키기 위해서는 별도의 착화장치가 추가로 요구된다.

2.2.5 고상레이저 착화장치

전술한 방법과 전혀 다른 에너지원을 이용하여 무기체계를 착화시키는 방법이 바로 레이저 착화기술이다.

Fig. 6은 대표적인 레이저 착화장치의 도식적인 표현이다. 레이저 광학에너지는 레이징 매질을 플래쉬 램프로 구동시키므로써 생성되어 화약(대표적으로 파이로테크닉)을 착화시킨다.

시스템에서 광학적 에너지 손실 때문에 화약은 둔감한 이차화약이 쓰이지 못하고 파이로테크닉으로 한정된다. 이것은 반응속도가 아음속 범위이므로 출력이 폭연정도 밖에 낼 수 없다. 그러나, 광학적 에너지가 일단 광섬유로 유입되면 전자기적 간섭과 손실없이 상당히 먼거리까지 이송될 수 있다. 이러한 특성은 하나의 착화장치로 다중점화를 가능케 할 수

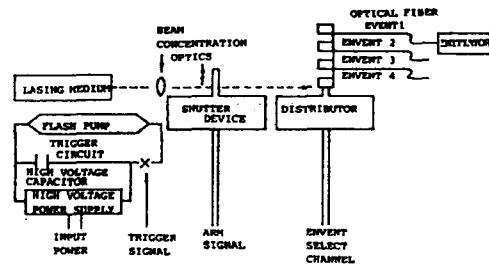


Fig. 6. Solid-State Laser Initiator

있다. 화약과 광섬유가 접촉된 상태이므로 도선이 직접 접촉되어 있는 EBW나 발열선 장치처럼 방전에 의한 점화는 문제가 되지 않는다. 그러나, 이 장치는 고압축전지에 의해 작동되므로 전자-기계적 안전장치들이 필요하다. 앞으로 기술이 진보된다고 해도 이런 변수들은 특별히 개선되지 않을 것이다. 이러한 비효율성에도 불구하고 하나의 레이저가 다중출력을 가능케 하므로 대륙간 탄도탄이나 고등 발사 비행체와 같은 다중점화 시스템에 효과적으로 사용된다.

2.2.6 다이오드 레이저

무기 착화분야에서 가장 최근에 일어나고 있는 개발 추세는 다이오드 레이저의 사용이다. 현재 연구되고 있는 기술들은 광에너지 효율을 높이고 무게를 줄이며 종래의 고상 레이저처럼 고전압 축전기가 필요하지 않은 소형 착화장치를 만들기 위해 다이오드 레이저를 응용하고 있다. 초기에는 효율이 문제가 되었으나 레이저 다이오드의 급속한 발달로 현재는 출력이 2Watt 정도까지 상승되어 이런 한계는 문제가 되지 않는다.

다이오드는 저전압 전력 공급장치에 의해 구동되기 때문에 다이오드를 전기적으로 독립시키거나 출력에너지를 광학적 조립메카니즘(서터 같은)을 사용하여 물리적으로 막는 장치가 있어야 한다. 이러한 장벽들을 움직이는데 전자-기계식 장치가 필요하게 되면 다이오드 레이저의 장점은 상쇄되나 현재의 전자기술들은 이런 장치들을 보다 신뢰성 있고 소형이면서 값싸게 이용할 수 있도록 급속히 진보되고 있다. 다이오드 가격이 약간 높은 것이 단점이나 다이오드 기술의 진보속도로 보아 수년 또는 수년내에 가격 경쟁력이 생길 전망이다.

3. 수행능력 비교

3.1 안전성

무기체계의 용도에 부적절한 착화기술의 선택이나 착화기술 자체의 본질적인 결함, 사용환경에서 받게 되는 악조건들은 무기체계의 안전성을 현저히 저해할 수 있으므로 우선적으로 고려되어야 한다.

발열선 착화기는 일차화약이 사용되고 우발점화를 유발할 가능성이 커서 안전장치의 부착이 요구되나 오랜 경험으로 인해 안전도에서 어느 정도 인정을 받고 있다. EBW 시스템은 핵탄두와 전략미사일 추진기관에 수년동안 사용되고 있어 별 문제가 없는 것으로 보이나 PETN을 사용하고 있으므로 불완전하다. 이런면에서 EFI는 민감하지 않은 이차화약을 사용하고 있기 때문에 유리하나 이 착화기술은 추진기관이나 전술탄두시스템에 적용된 경험이 부족하다. 본질적인 구조상의 장점에도 불구하고 결국 고전압 축전지의 방전을 방지하는 안전장치가 요구된다.

파이로테크닉을 사용하는 레이저 착화기는 내부에 도선이 없기 때문에 구조상 안전하지만 파이로테크닉 자체가 안전한 화약이 아니며 이것 역시 안전장치가 필요하다. 고가의 시스템에서는 안전장치의 도입이 중요한 장애가 될 수 없으나 소형의 전술시스템에서 안전장치는 무기체계의 크기와 신뢰도에 강한 영향을 미친다.

물리적 장벽이 없다면 다이오드 레이저는 민감한 파이로테크닉스와 직접 접촉된 발열선 착화장치처럼 생각될 수 있는 반면 물리적 장벽이 필요하다면, 다이오드 레이저 착화에 의해 달성될 수 있는 잇점들이 없어진다. 그러나 현재는 전자적 장치만으로 물리적 장벽의 역할을 수행하면서도 전자파의 간섭 등을 받지 않는 장치들이 개발되고 있다. 이 기술은 적용 경험이 미비하여 안전성이 입증되지 않았으나 1~2년 이내에 무기체계 착화기술의 새로운 장이 될 것이다.

3.2 신뢰성

일반적으로 신뢰성은 무기체계에 사용되는 착화장치 자체보다는 안전상 병행되는 안전장치에 의존한다. 왜냐하면, 안전장치들은 해당 착화장치의 특성에 따라 기계-전자식이나 전자식이 사용되는데 기계-전자식 안전장치는 제작에 정밀도 높은 공차가 유지되어야 하고, 작은 부피로 만드는데 본질적인 구조상 실질적으로 신뢰도가 저하되는 반면에 전자장치는 전자-기계식 장치보다 현저히 신뢰성이 높기 때문이다. 2절에서 분석한 대로 착화기술의 특성상, 병행되어 사용되어야 할 안전장치가 제한되지만 가능한한 전자식 안전장치가 사용되는 것이 가격과 신

퇴성 측면에서 유리하다.

3.3 성능

시스템 성능 요구조건이란 출력의 세기(폭연인가 혹은 폭굉인가), 요구되는 출력의 숫자, 점화원과 출력이 나타나는 곳까지의 거리, 특별한 경우에 적용되는 시간의 정확성 등을 말한다.

발열선 장치는 초기의 출력이 폭연에서 폭굉으로 천이될 수 있게 설계될 수 있다. EBW나 EFI는 본질적으로 폭굉 출력을 제공하나 필요에 따라 폭연도 가능하다. 레이저 시스템이 직접 폭굉출력을 내는데는 고에너지가 필요하게 되므로 보통은 폭연출력을 내도록 설계되는 것이 일반적이나 필요에 따라 폭연에서 폭굉으로의 천이도 가능하다. 레이저 다이오드는 본질적으로 저출력(2W CW가 최대)이므로 폭연 출력만이 가능하다. 발열선 장치에서 정확한 시간이 요구될때는 그 범위에 제한이 있고 제조공정이 복잡해지지만 EBW, EFI는 적절한 트리거 회로를 사용하여 10^{-9} 초(nano sec) 정도의 시간 정확성을 갖도록 조절될 수 있다. 다이오드 레이저는 발열선 장치와 비슷한 열전달 특성 때문에 높은 정도의 시간 정확성을 얻기 힘들지만 어느 정도 조절 가능하다.

작고 가벼운 전자 기계식 장치를 개발하고 적용하는데는 이것들이 열악한 환경에서 어떻게 성능을 발휘할 수 있는가와 소형으로 제작되므로써 야기되는 가격과 신뢰도가 문제된다. EBW와 EFI 시스템은 작동시 고에너지가 요구되므로 전자회로는 고전압 축전지와 변환기에 의해 그 크기가 결정된다. 고상 레이저는 레이징 막대와 광학계열의 안정화, 에너지 비효율성 때문에 본질적으로 부피가 커서 소형 미사일 착화장치로는 적합치 않다. 다이오드 레이저는 현재까지의 착화기술중에서 가장 소형이고 작동시 저전압이 요구되므로 고전압 축전지같은 부수장치가 필요없어 다른 착화기술과는 비교되지 않을 정도로 경량이다.

전자식 장치는 정확한 전자-기계식 장치나 광학 장치보다 설계 제작하는데 비용이 싸므로 새로운 무기 착화기술은 오래된 기술에 비해 비행체, 특히 전술 미사일에서 실질적인 가격절감 효과를 제공한다. 즉, 개발하고 규격화하는데 드는 비용을 감소시킬 수 있고 생산비용이 낮아 특히 중형이나 소형 미사

일에 유리하다.

4. 선택방법 제시

대부분의 경우 특정 무기 시스템에서 최선의 '착화기술이 무엇인가는 분명하지 않다. 따라서 최선의 선택이 가능하도록 각 무기 착화기술을 평가하는 방법이 제시되어야 한다. 여기에 제시된 방법은 정확한 양적 방법이 아니고 평가자의 판단이 많이 포함된 것이지만, 이러한 방법 이외에 일반적인 기술들이 가지는 문제점에 대해 초점을 맞출 수 있는 대안은 분명치 않다. 방법은 다음과 같은 단계를 포함한다.

1. 둘 또는 그 이상의 무기 착화 기술과 구조를 선택하고,
2. 각 후보 기술에 대한 개략적인 예비설계를 하여
3. 시스템 적용과 관련된 크기 혹은 무게와 성능인자를 선택한 후
4. 성능인자와 후보기술의 점수를 평가한다.

설계자들에 의해 평가기준과 비중이 결정되면, 이들의 성능 수행능력을 정도에 따라 등급을 매겨서 선택한다. 이 단계에서 의견차이를 해결하고 잠재적인 문제가 무시되는 것을 방지하기 위해 둘 이상의 전문가가 포함되는 것이 바람직하다.

전술한 평가 방법을 사용하여 현재까지 비교 분석한 착화기술들에 대한 평가 결론은 다음과 같다.

- EFI 시스템은 전반적으로 우수한 성능을 가진다.
- 레이저 다이오드 시스템은 현재까지 개발된 착화기술중 가장 우수한 성능을 가지나 가격이 다소 비싸고 신뢰성이 입증되어 있지 않다.
- 고상 레이저는 부피가 다소 크며, 충격에 약하고 가격이 비싸다.
- 전자-기계식 발열선 시스템은 낮은 위험부담으로 적용 가능하나 무게나 크기, 시간 요구조건을 만족시키는데 무리가 있다.

5. 결 론

신세대의 정교한 비행체와 전술, 전략 미사일들은

빠르게 진보하고 있으며 이러한 정교한 비행체들은 보다 섬세한 착화기술과 안전장치들을 필요로 한다. 그러나 유도무기 착화기술에는 만능적인 답이 없고 적용 요구조건과 비용에 따라 강한 영향을 받으며 각기 특별한 장단점을 가지므로 특정 무기체계에 최적의 착화기술을 효과적으로 선택하는 것은 어려운 일이다. 이러한 선택이 해당 무기체계의 성능을 좌우하므로 각 무기체계의 장단점과 적용 가능성을 신중히 고려하여야 한다.

1. 발열선 착화시스템은 재래식 무기에 낮은 가격으로 이용될 수 있으나 무기체계의 성능이 날로 진보되므로써 요구조건이 보다 엄격해지고 사용환경이 까다로워져 많은 제한을 받기에 이르렀다.
2. 이에 대한 대안으로써 EBW나 EFI 시스템은 현재 기술수준에서 다소 성공적으로 이용되고 있다. 대형 추진기관 착화에는 EBW 시스템이 성공적으로 사용되고 있는데 이것들의 신뢰성은 증명되어 있고, 질적 요구조건과 소량생산을 고려할 때 비교적 싼 값으로 적용이 가능하다. EFI 시스템은 소형이며 경량이어서 전술무기 착화시스템으로 현재는 가장 적당한 것으로 보인다. 그러나 고전압 축전지 등의 사용 문제가 해결되어야 완전할 것으로 보인다.
3. 현재 선진국에서는 소형 대륙간 탄도탄에 레이저 무기착화 시스템 적용을 시험하는 프로그램이 진행중이다. 이 레이저 시스템은 현존하는 EBW와 발열선 시스템 이상의 잇점을 제공하는데 이것은 전자기적인 현저한 안전도 개선효과와 경량 및 소형인 잇점과 특히 다른 시스템들이 한번 제작

되거나 조립된 이후에는 작동여부를 시험할 수 없는 것에 비해 작동여부를 확인할 수 있다는 점에서 신뢰도의 증가를 가져온다. 이러한 본질적인 잇점 이외에도 다중점화(multifunction)에 응용될 때 그 잇점은 더욱 커진다. 아직 다이오드의 가격 때문에 다른 시스템에 비해 비싸고 무기체계에서 입증된 신뢰도는 없으나 미래에 요구될 것으로 보이는 착화기술의 구비조건을 대부분 충족시키고 있다. 현재의 발전 추세로 미루어 볼 때 레이저 다이오드의 가격은 수년내에 경쟁력이 생길 것이고 빠르게 성장할 것이다.

4. 이와 같이 차후 전술미사일 시장을 지배할 수 있는 본질적인 잇점들을 가진 다이오드 레이저 기술이 상대적으로 취약한 우리의 실정에서 볼 때 이 기술에 대한 관심과 접근은 진일보한 무기체계 개발을 가능케 할 것이다.

참 고 문 헌

1. "Guided Missile In-Line Initiation", Quantic Ind. Co., SA-5362, 1991
2. K.O.Brauer(Ed), Handbook of Pyrotechnics, 1974
3. F.B. Pollard, J. H. Arnold (Eds), Aerospace Ordnance Handbook, 1966
4. "Solid Rocket Motor Igniters", NASA SP-8051, 1971