

전기-기계식 점화안전장치 개발

장승교* · 강호준**

Development of Electro-Mechanical Ignition Safety Device

Seung-gyo Jang* · Ho-joon Kang**

ABSTRACT

Electro-Mechanical Ignition Safety Device(EMISD) for solid rocket motor is designed and manufactured. The EMISD utilizes a true rotary solenoid for arming mechanism and an electric squib(initiator) for generating ignition energy. In order to prove the ignition capability of the EMISD, 10-cc Closed Bomb Test(CBT) is performed, which measures the pressure built by high temperature and high pressure gas generated by operating EMISD.

초 록

고체 로켓 추진기관에 적용 가능한 전기-기계식 점화안전장치를 설계하고 제작하였다. 본 전기-기계식 점화안전장치는 로터리 솔레노이드를 이용하여 장전되고 내장된 전기식 착화기를 발화하여 점화 에너지를 발생시킨다. 점화안전장치의 점화 성능을 검증하기 위한 방법으로 10-cc 밀폐용기 시험(Closed Bomb Test)을 실시하였고 점화안전장치 작동시 발생하는 고온, 고압의 가스로 인하여 밀폐용기 내부에 형성되는 압력을 계측하였다.

Key Words: Electro-Mechanical Ignition Safety Device(전기-기계식 점화안전장치), Closed Bomb Test(밀폐용기 시험), Solid Rocket Motor(고체 로켓 추진기관)

1. 서 론

고체 추진제를 사용하는 로켓 모터에 점화장치가 내장되어 있고 점화장치에 적정량의 전기 에너지가 인가되면 즉시 점화되어 추력을 발생시킬 수 있는 장점은 때로는 유도무기가 운용자의 의지와 관계없는 우발적 발사로 큰 재앙을

초래할 수 있다는 개연성을 내포하기도 한다. 즉, 전기 에너지를 이용하여 동작하는 점화장치는 유도무기가 운용되는 전장 환경에서 발생하는 전자기파 간섭이나 유도탄 전원에 존재할 수 있는 표류전압 또는 정전기 등에 의해 우발적으로 동작할 수 있는 위험성을 갖게 된다.

이러한 위험성을 방지하면서 점화장치의 동작을 정밀하게 제어하기 위한 장치가 필요한데 이를 일반적으로 점화안전장치(Ignition Safety Device)라고 부른다[1, 2]. 점화안전장치는 점화

* 국방과학연구소 1기술연구본부 6부

** (주)한화 구미사업장 개발2부

† 교신저자, E-mail: jsg4580@add.re.kr

기와 함께 점화장치로 분류된다. 고체 로켓 추진 기관에 사용하는 점화기는 적정한 점화에너지를 공급하기 위하여 압력 용기 내에 소량의 화약을 작은 알약(pellet)이나 과립(granule)형태로 만들어 담아 놓기도 하고, 그 규모가 큰 경우에는 화약과 함께 추진제를 사용하기도 한다[3]. 반면에 점화안전장치는 점화기를 연소시키기 위하여 다소 민감한 화약을 담고 있는 착화기를 포함한다. 따라서 유도탄을 발사시키기 위해서는 전기 에너지를 이용하여 점화안전장치에 내장된 착화기를 발화시키고, 착화기에서 발생된 열에너지가 점화기를 동작시키고 이어서 추진제가 연소되어 추력을 발생시키는 일련의 연쇄 반응이 필요하다.

점화안전장치의 장전은 로터리 솔레노이드나 토크 모터 등을 사용하여 외부에서 직류 전원을 인가하면 착화기와 점화기 사이의 유로를 열고 착화기와 전원 라인이 연결되도록 설계한다. 그리고 장전 전원을 차단하면 로터리 솔레노이드나 토크 모터의 회전축에 설치된 스프링의 복원력에 의해 자동적으로 안전 상태로 돌아오도록 설계한다[4].

본 논문에서는 로터리 솔레노이드를 이용하여 장전되는 일반적인 전기-기계식 점화안전장치의 설계 내용을 간략하게 기술하고, 점화안전장치를 통하여 발생하는 착화기 발화에너지를 밀폐 용기 시험(Closed Bomb Test)에서 측정되는 압력을 통하여 간접적으로 측정하고 그 결과를 기술하였다.

2. 점화안전장치 설계

2.1 장전 메커니즘 설계

본 연구에 사용된 점화안전장치는 로터리 솔레노이드를 이용하여 장전되는 전기-기계식 점화안전장치이다. 로터리 솔레노이드는 28V 직류 전원이 인가되었을 때 45도 회전하는 축을 갖는 장치로 회전시 300gf-cm 이상의 토크 값을 갖도록 설계하였다. 로터리 솔레노이드는 전원을 제거할 경우 자동적으로 다시 본래의 원위치로 역

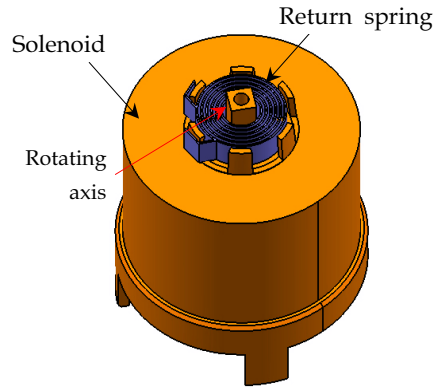


Fig. 1 Solenoid assembly with return spring(Top view)

회전 할 수 있도록 회전축에 복귀 스프링을 설치하였다. 복귀 스프링의 토크는 일반적인 로터리 솔레노이드 설계 기준인 솔레노이드 토크 값의 30%가 되는 90gf-cm로 설계하였다. 복귀 스프링은 Fig. 1과 같이 솔레노이드 축 상단에 조립된다. 이 때 스프링의 한쪽 끝은 솔레노이드 중앙에 위치한 축에 끼워지고 축을 중심으로 원주방향으로 7~8 바퀴 감겨진 후 다른 한 쪽 끝을 솔레노이드 하우징 상단에 돌출된 구조물에 끼워 고정한다.

솔레노이드 하단에는 Fig. 2와 같이 축 중앙에 클러치가 나사 체결되어 있고 클러치는 다시 세

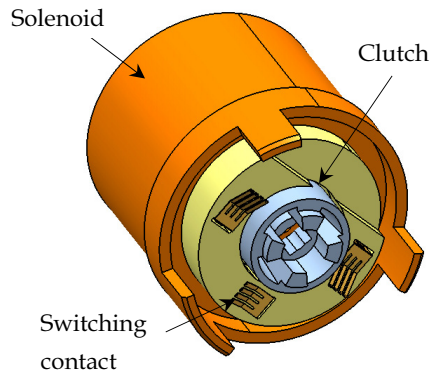


Fig. 2 Solenoid assembly with switching contacts and clutch

개의 스위치 접점들이 고정된 판을 솔레노이드 축에 고정하여 축과 함께 회전할 수 있도록 조립되어 있다. 이와 같이 설계함으로써 솔레노이드 축 회전시 클러치와 스위치 접점 고정판이 함께 45도 회전하게 된다.

솔레노이드 하단 중앙에 위치한 클러치는 4개소의 돌출부와 4개소의 함몰부위가 교차하도록 설계되어 있어, 솔레노이드 축이 45도 회전할 경우 돌출부가 위치했던 곳은 함몰부로 바뀌고 함몰부가 위치했던 곳은 돌출부가 위치하게 된다.

2.2 점화 메커니즘 설계

점화유료와 관련된 구조물의 설계 형상은 Fig. 3과 같다. Fig. 3에서 착화기(initiator)는 연결관(tube)과 나사 체결되어 있고 또 클러치(clutch-2)는 연결관에 용접되어 있다. 따라서 착화기와 연결관과 클러치-2는 일체를 이루게 된다. 클러치-2는 한 쪽 끝에 4개의 돌기가 90도 간격으로 배치되어 있다. 클러치-1은 앞에서 언급한 솔레노이드 축에 고정되어 있고 솔레노이드에 전원이 인가되면 45도 회전하게 된다. 연결관의 한 쪽 끝에는 두 개의 크고 작은 오링이 체결되어 있는 막음편(closure)이 끼워져 있다. 막음편의 한 쪽 끝은 착화기 쪽을 향하고 있고 다른 쪽 끝은 점화안전장치 하우징에 고정된다. 반면에 연결관/착화기/클러치-2 결합체는 일체가 되어 점화안전장치 하우징 어느 부분에도 고정되어 있지 않다.

이와 같은 상태에서 착화기가 발화되어 고온,

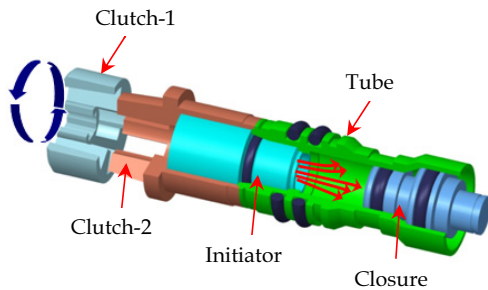


Fig. 3 Safe mode configuration

고압의 가스가 발생되면 착화기 끝단과 막음편 사이의 공간에 순간적으로 높은 압력이 형성되고 이 압력은 막음편과 착화기 사이에 서로 밀어내려는 힘을 발생시킨다. 막음편을 점화안전장치 구조물에 고정시켜 움직이지 못하도록 하면 이 때 발생하는 힘에 의해 연결관을 포함한 연결관 결합체는 클러치-1 방향으로 움직일 수 있는 구동력을 얻게 된다.

3. 점화안전장치 성능 시험

3.1 성능시험

점화안전장치의 출력 성능을 검증해 보기 위하여 Fig. 4와 같이 최종적으로 설계된 점화안전장치를 10-cc 자유체적을 갖는 밀폐용기에 장착하여 동작 시험을 수행하였다. 안전장치를 동작시키기 위하여 28VDC의 장전 전원을 공급한 후에 곧바로 10A의 점화전류를 공급하였다. 점화전류는 안전장치 내에 있는 착화기의 2개의 발열선에 분배되어 각 발열선에 5A의 전류가 공급되도록 설정하였다.

3.2 성능시험 결과

밀폐용기 내부의 압력은 점화 전원이 공급된 후 약 2~3ms 후에 일 순간적으로 감소했다가 급격하게 증가하여 약 500psi 정도의 최고 압력 값을 형성 한 후에 서서히 감소하는 양상을 나타내었다. 고온 시험에서 측정된 압력 값이 감쇄

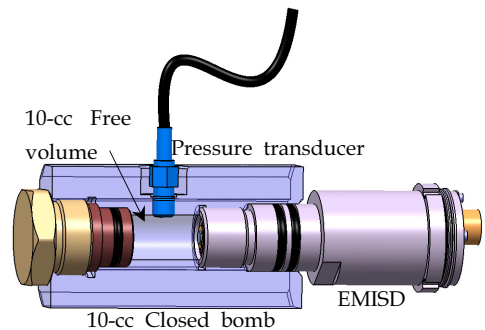


Fig. 4 Cross-section view of closed bomb in 10-cc Closed bomb test setup

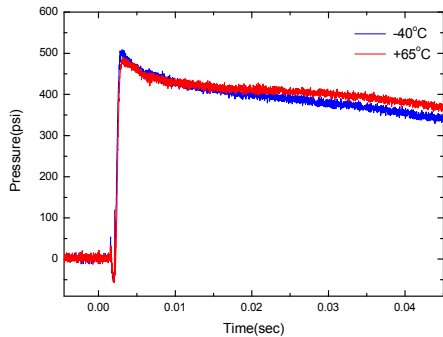


Fig. 5 EMISD CBT results

되는 기울기가 저온 시험의 경우보다 다소 완만한 것으로 계측되었다. 밀폐용기 내부의 압력이 급격하게 증가하기 전에 일순간 감소하는 이유는 밀폐용기 내부에 실제로 진공 상태가 만들어지는 것이 아니고 점화안전장치 내부의 열결관 결합체가 클러치-2 쪽으로 이동한 후 멈출 때 발생하는 진동이 밀폐용기를 통하여 압력센서에 전달되었기 때문이다.

4. 결 론

로켓 모터에 관한 미 안전규정인 MIL-STD-1901A[5]의 모든 규정을 만족하는 전기-기계식 점화안전장치를 설계하고 제작하였다. 본 전기-

기계식 점화안전장치는 로터리 슬레노이드를 구동하여 장전시키고 전기식 착화기를 이용하여 점화시키는 장치로서, 밀폐용기 시험을 통하여 출력 성능을 확인한 결과 고체 추진기관의 범용 안전장치로 사용 가능성이 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. "NASA Space Vehicle Design Criteria, Solid Rocket Motor Igniters", National Technical Information Service, Springfield, Virginia, NASA SP-8051, Mar. 1971, p. 51
2. Sipes, W. J., "Reliable Safe and Arm Devices", AIAA 34th Joint Propulsion Conference, AIAA98-3627, July 1988
3. Ahmet Göçmez, Gürkan A. Yilmaz, and Fikret Pekel, "Development of MTV Compositions as Igniter for HTPB/AP Based Composite Propellants", Propellants, Explosives, Pyrotechnics Vol. 24, 1999, pp. 65~69
4. 장승교, 정진석, 김인석, "고체 추진기관 점화안전장치 개발", 한국추진공학회 2005년 추계학술대회, Nov. 2005
5. U. S. Army, TACOM-ARDEC, "Munition Rocket and Missile Motor Ignition System Design, Safety Criteria for", MIL-STD-1901A, June, 2002