

강외 (腔外) 탄도 계측은 포구에서 탄속과 표적에서의 탄속 및 포구에서 표적까지 탄비행시간 결정, 탄도, 속도곡선, 표적 명중도 등이 있습니다.

포구속도(Muzzle Velocity)는 추진제 및 포의 성능을 확인할수 있는 데이터이기 때문에 화포 및 탄약의 개발자나 운용자가 가장 중요한 계측항목으로 정하고 있습니다.

탄속을 측정하는 장비는 사용하는 센서의 종류와 그 Sensing 방법에 따라 전자광학식, 전자기계식 및 전자기식 등으로 분류될수 있습니다.

전자광학적인 방법으로는 Sky Screen과 Lumi-line Screen이 있고, 전자기계식은 Make Screen과 Break Screen이 있으며, 전자기식은 도플러 레이다와 솔레노이드 코일 등이 있는데, 이들은 각각의 장단점을 가지고 있습니다.

전자광학 장비는 자연광 및 인공광을 이용하는데 화염 및 날씨 변화에 영향을 받기 쉽고 사용상 번거로운 단점을 가지고 있습니다.

전자기계식인 Make Screen과 Break Screen은, 알루미늄 포일(Foil) 혹은 구리막(Cu Pattern)을 형성하여 센서를 만드는데 40미리 이하의 소구경탄 및 Sabor 탄, 파편 등의 속도측정에 이용되고 있습니다.

전자기 방법인 도플러 레이다 장비는 사용이 편리하나 고가(高價)이며 속도 및 구경에 따라 사용의 제한이 있습니다.

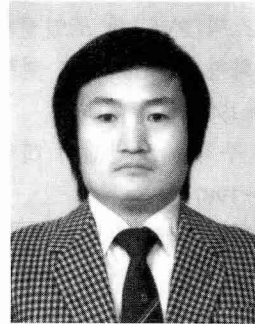
솔레노이드 코일 장비는 다른 장비에 비해 모든 속도 범위에서 정확도가 높고, 어떤 기후 조건에서도 속도측정이 가능할뿐 아니라, 정비 유지 및 사용이 간편한 장점을 가지고 있기 때문에 추진제의 개발과 양산품시험 및 포 개발 시험에서도 널리 이용되고 있습니다.

이와같은 장점이 있는 반면 2가지 단점이 있습니다.

첫째는 고각 사격시 코일 거치용 높은 Tower가 필요합니다.

둘째는 시험전 매 시험탄을 자화(Magnetization)시켜야 하는 문제가 있습니다.

탄자 속도 측정을 위한 휴대용 탄자 자화기 개발



崔周鎬 / 國科研 시험본부
선임연구원

탄자속도측정을 위한 각종 센서 및 부대장비 개발과정은 다음과 같습니다.

- 1978년~1980년
 - 목재형 코일센서 개발완료
 - 신호검출기 및 속도계산기 개발완료
 - 수동형 코일 권선기 개발완료
 - 탄자 자화기(3종) 개발완료
- 1981년~1982년
 - 플라스틱(PVC)형 코일센서 개발완료
 - 무자화형 Exciting Coil 센서 개발완료
- 1983년~1984년
 - 포구 부착용 코일센서 개발
- 1986년~1987년
 - 신호검출기 및 속도계산기 3 Set 생산
 - 자동형 코일 권선기 개발완료
- 1988년~1989년
 - 잔류자기를 이용한 탄자의 속도 측정용 공진코일센서 개발완료
- 1990년~1992년
 - 휴대용 탄자 자화기 개발완료

1978년도에는 코일센서 프레임을 목재형으로 개발하였는데 제작하는 과정이 복잡하고, 제작비용이 고가였으며, 제작 소요기간이 많이 걸렸습니다.

이러한 단점을 보완하기 위해 센서의 프레임입을 8등분하여 조립이 가능하도록 금형을 제작해 플라스틱(PVC) 재질로 사출하여 대량생산이 가능하도록 하였습니다.

Exciting Coil 센서회로는 1차 코일(Power Coil)에 일정한 전류를 흐르게해 균일자계가 되게하고, 이 일정한 자계내에 운동하는 탄자가 통과하였을 때 코일에 미치는 자속쇄교 변화로 유도기전력을 얻는 방법입니다.

이 방법은 탄자를 자화하지 않고 신호검출이 가능하나 외부 배터리 전원이 필요하며, 센서에 충격을 주면 불필요한 잡음이 발생하는 단점을 가지고 있습니다.

포구 부착형 코일센서는 코일센서를 포구에 부착해 고각사격시 요구되는 높은 코일 Tower 문제를 해결하기 위한 것이며, 이 기법의 핵심

문제는 포구에서의 충격과 고열로 센서에 미치는 영향과, 기계적 견고성인데, 이 기계적인 문제점이 아직 미해결 상태여서 실용화는 되지 못하고 있는 실정입니다.

포구 부착형 코일센서를 사용할 경우 주퇴복좌기가 후진하기 때문에 코일사이의 거리가 변하므로 주퇴속도를 측정해 측정된 속도값에서 주퇴속도만큼 감속해 주어야 합니다.

무자화형 잔류자기를 이용한 공진코일 센서는 탄자에 남아 있는 잔류자기(Residual Magnetism)를 이용한 방법으로 자화시키지 않은 탄자는 자화한 탄자의 약 0.1배에 가까운 잔류자속 밀도를 가지고 있습니다.

잔류자속 성분을 가지고 있는 탄자가 원형 코일을 통과했을 때 아주 적은 레벨이지만 잔류자기에 의해 신호가 발생합니다. 이 작은 신호가 발생되었을 때 코일센서 회로가 공진되는 것이 이 센서의 특징입니다.

탄체 표면의 전하밀도는 불균일하게 분포하며 탄자의 코(Nose) 부분의 표면전하밀도가 일반적으로 최대가 됩니다.

공진코일 센서의 등가회로에서 복소임피던스와 공진 주파수 및 Quality Factor를 이용하면 공진용 정전용량 C를 결정할 수 있으며 공진 주파수를 초과하지 않도록 합니다.

무자화형 공진코일 센서는 탄자에 남아 있는 잔류자기를 이용하는데 시험탄의 약 1%는 잔류자기가 불균일한 특성을 가지고 있음을 시험의 결과로 알 수 있었습니다.

자화기의 특성 비교

구 분	휴대용 자화기	기존 자화기
입력전압(V)	115	115
총전전압(V DC)	320	320
출력전류(A)	2.56	4.2
코일권선수(회)	4,500	3,800 (사이즈 3)
최대 자계세기	85,000	80,000
자화 전류제어	TR. 제어	SCR 제어
자 화 방 식	신관 부위 자화	탄자 전체 자화
무 계	약 3.5kg	약 45kg
종 류	1 종	3 종

도플러 시스템과 솔레노이드 코일 시스템간의 성능비교

구분 번호	솔레노이드 코일 시스템 (m/s)	도플러 시스템(DR-810) (m/s)	편 차 (m/s)	비 고
1	459.1	459.3	-0.2	기존 자화기
2	463.7	463.6	+0.1	개발 자화기
3	459.9	459.8	+0.1	기존 자화기
4	460.3	460.3	0.0	개발 자화기
5	459.6	459.2	+0.4	기존 자화기
6	460.7	460.5	+0.2	개발 자화기
7	459.7	459.6	+0.1	기존 자화기
8	460.3	460.2	+0.1	개발 자화기
9	461.1	461.2	-0.1	기존 자화기
10	459.6	459.7	-0.1	개발 자화기
평균	460.4	460.3	+0.1	

신호검출기 및 속도 계산기는 1978년~1980년에 이미 개발완료되어 실용화 되었으며, 속도계산용 Microprocessor는 Intel 8085 소자를 사용하였습니다.

휴대용 탄자 자화기 개발

솔레노이드 코일시스템을 이용해 탄속을 측정할 때는 사격전 탄자를 자화시켜야 합니다.

자화과정은 무거운 탄자를 자화기에 삽입후 자화시키고, 이 자화된 탄자를 포에 장전해야 하기 때문에 대단히 힘든 작업입니다. 그리고 시험시 무거운(45 kg)자화기를 사격현장에 이동해야 하므로 시험효율이 좋지못했습니다.

이러한 단점을 해결할수 있는 자화기가 필요하게 되었으며, 휴대용 탄자 자화기는 전류 제어 회로부와 부하 코일부로 나누는데 전류 제어 회로부는 변압기가 없는 정류방식과 전류제어 소자는 트랜지스터를 사용하였습니다.

자화 스위치는 SW101-2인데 자화순간에는 R102에 연결된 스위치는 단락되고 R101에 연결된 스위치는 개방됩니다. R102에 연결된 스위치가 단락되면 Q101의 입력이 전달되어 Q101은 스위칭 상태로 됩니다. 그리고 Q101은 C101과 C102에 충전된 전압이 완전 방전되면 동작을 멈추게 됩니다.

D103과 D104는 자화 스위치가 개방될 때 역전압 제한용으로 사용되었고 D105도 역전압으로부터 트랜지스터 입력단을 보호하기 위한 것입니다.

• 기대효과

- 개발자화기는 전탄자를 자화시킬수 있어 경제적이며, 운용이 간편합니다.
- 시험계측의 효율이 크게 개선되었습니다.
- 고장요소가 적어 수명이 반 영구적입니다.
- 방위산업 관련 기관에 기술협력이 가능합니다.

맺 는 말

기존 자화기는 자화방식이 탄자 전체를 자화하기 때문에 무거운 탄자를 자화기에 삽입해 자화시킨후 다시 포에 장전해야 하므로 대단히 힘든 작업이며, 시험시 무거운 자화기를 운반하는 것도 하나의 커다란 단점으로 지적 되어 왔었습니다.

이번에 개발된 자화기는 자화방식을 신관부위에서 자화하기 때문에 탄자를 이동시킬 필요가 없으며 자화기 자체가 소형, 경량화되어 사용이 간편한 장점을 가지고 있습니다. 앞으로 화포, 탄약의 개발과 양산품 시험의 탄속측정에 널리 이용될 것으로 봅니다. *