

2중 코어 구조의 소화기용 친환경 탄자 제조 및 특성 분석

Fabrication and Performance Analysis of Environment Friendly Double Core Bullets for Small Arms

홍준희*
Jun-Hee Hong

장탁순**
Tak-Soon Jang

송창빈***
Chang-Bin Song

강대화*
Dae-Wha Kang

Abstract

This paper focuses on the properties analysis of 9mm bullet dual structure core to substitute current lead core by environment-friendly combination of W-Cu-Ni system high density composite materials.

So the four combination samples were made of dual core with the different center of gravity location backward or forward compare to that of lead type bullet, and we experimented about the performance of 9mm bullet dual structure core.

In the experimental results, the outer shape of core of four environment friendly samples on the target maintain marginally, while the current lead core bullets are completely crushed after hitting the target. The penetration depth of environment friendly samples excel seven times to lead type bullet and the three out of four samples with forward adjusted center of gravity penetrate deep as twice as ones backward. The impact tolerance of all four samples satisfies military specification, however, more firing tests are required to improve reliability of scattering distribution.

Keywords : Bullet(탄자), The Center of Gravity(무게 중심), The Bullet Velocity(탄자 비행속도), The Penetration Depth(관통 깊이), The Impact Tolerance(탄착 편차)

1. 서론

일반적으로 소화기용 탄자는 비행 중 공기저항을 줄

이거나, 관통력 및 파괴력 특성을 향상시키기 위해 탄자 앞쪽을 원추형(혹은 유선형)으로 제조할 뿐만 아니라, 정확도(명중률)를 향상시키기 위해 총열에 나선형의 홈(groove)을 설치하여 탄자를 회전시킨다. 그러나 그들의 역기능으로서, 탄자자체의 무게중심이 탄자 후방에 위치하게 되므로 비행하는 탄자는 공기저항 및 풍향 등의 영향을 더욱 받아 공기역학적 모멘트의 불균형(혹은 교란)이 일어날 수 있을 뿐만 아니라, 원추형 탄자의 축으로 세차운동(precession)과 전도각(angle

† 2011년 2월 1일 접수~2011년 4월 15일 게재승인

* 충남대학교

** 방위사업청

*** 공주대학교

책임저자 : 홍준희(hongih@cnu.ac.kr)

of falling down)이 증대되어 탄자 특성을 감소시킬 수 있다.

이러한 소화기용 탄자 특성을 향상시키기 위한 보고된 기초연구 및 실용 특허기술을 살펴보면, 대한민국 공개번호 특허 2002-0008633호의 경우, 총열내의 나선형 홈에 의해 탄환이 비행하면서 우회전(혹은 좌회전)에 의해 회전방향으로 휘어짐에 따라 저하되는 사거리 연장을 위해 탄자에 역방향 회전 안내부(혹은 날개) 등을 설치하여 탄환의 유효사거리를 연장시킬 수 있다는 제안기술과, 대한민국 실용신안 등록번호 20-0277555호는 탄환의 전면부에 나선선을 설치하여 유효사거리 연장 및 명중률을 향상시키는 기술보고가 있으며, 특히 최근에는 소화기에 의한 목표물 타격 시 탄자의 도탄(跳彈 : ricochet)과 되튐(back splatter)에 의한 무고한 피해를 방지하기 위해 개발된 파쇄성 탄자(frangible bullets)에 관한 실용 특허 기술 제안이 다수 보고되고 있다^[1~5].

저자들은 이미 “W-M(M=Cu, Sn, Ni)계 고밀도 복합재료 제조에 관한 연구”를 수행하여 W-Ni-Cu계 고밀도 복합재료가 탄자용 코어소재로 적합함을 확인하였다^[6].

또한 저자들은 소화기용 탄두의 세차운동과 전도각을 줄여 탄도 특성을 향상시키기 위해 제안된 기술(대한민국 특허 등록 제 0864573호)에 관한 내용을 토대로 하여, 소화기 9mm용 탄자의 2중 코어를 제안하고 무게 중심을 변화시킴에 따른 탄자의 기본 특성을 시뮬레이션을 통해 조사하였다^[7].

따라서 본 연구에서는 저자들의 기존 연구를 바탕으로 비독성 9mm탄자용 2중 코어를 고밀도 복합재료로 탄자의 무게중심이 기존 납 탄자의 무게중심보다 전·후에 위치하도록 제조하였다. 그리고 기존 납 탄자와 비교검토를 통해 무게중심의 변화에 따른 탄자의 성능을 실험을 통해 조사하였다.

2. 친환경 9mm용 2중 코어 탄자제조

Fig. 1은 본 연구에서 비독성 9mm 2중 코어 탄자를 제조하기 위해 사용된 내부구조 및 치수를 나타낸 것이다. 2중 코어의 외형과 치수는 종래 납으로 된 탄자와 동일하게 제조하였으며, 특히 2중 코어 A, B의 길이(a=4.3mm 및 b=10.3mm)는 2중 코어의 접촉면이 기존 납 탄자 탄자피의 외측에 설치되는 1.2mm정도의 너어

링 부의 중앙에 오도록 결정된 치수이며, 2중 코어소재로 사용한 재료는 W-Cu-Ni계 고밀도 복합재료를 사용하여 무게중심의 위치를 기존 납 코어의 무게중심(G3)과 달리, G1 및 G2는 G3의 전방, 그리고 G4는 G3의 후방에 무게중심이 위치하도록^[7] 하여 각각 5개씩 제조하였다. Fig. 2는 9mm(38구경)용 납 탄자용 2중 코어 제조 공정도를 나타낸 것이다.

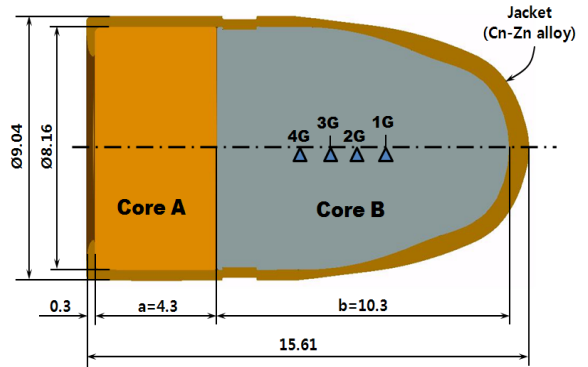


Fig. 1. Cross sectional diagram of double core for 9mm bullet

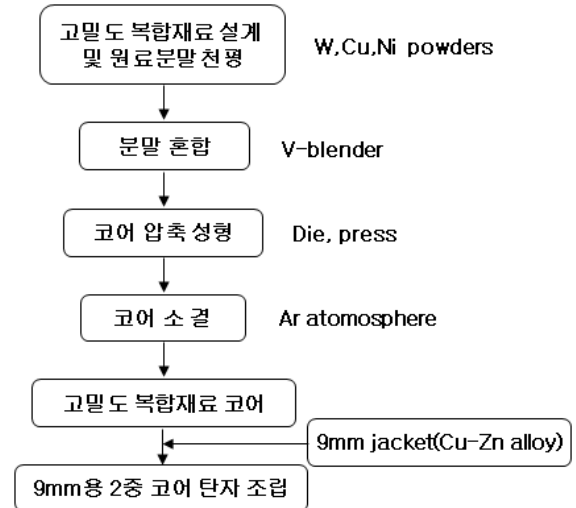


Fig. 2. Flow chart of processing of bullet core for 9mm short gun

Fig. 3은 9mm용 2중 코어 탄자의 탄자피, 코어 A 및 B에 치수를 나타낸 것이며, 특히 고밀도 복합재료로 제조된 코어의 치수(mm) 및 밀도(g/cm^3)는 목표값의 $\pm 0.05\%$ 범위로 제조된 것만을 선별하여 사용하였

다. Fig. 4는 9mm용 2중 코어 탄자의 무게중심 위치를 변화시켜 제조한 것으로 조립 전·후의 모습을 나타낸 것이다. Table 1은 2중 코어 제조를 위해 설계한 복합재료의 목표 밀도와 화학조성을 나타낸 것이다. Table 2는 Fig. 4-(a)에 나타난 2중 코어 탄자 코어 A 및 B의 목표 밀도와 실제로 측정된 밀도 값을 나타낸 것이다.

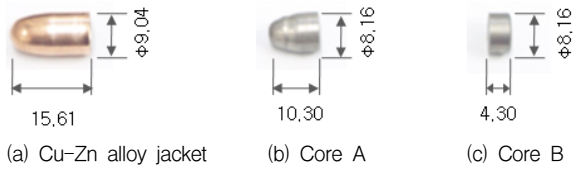
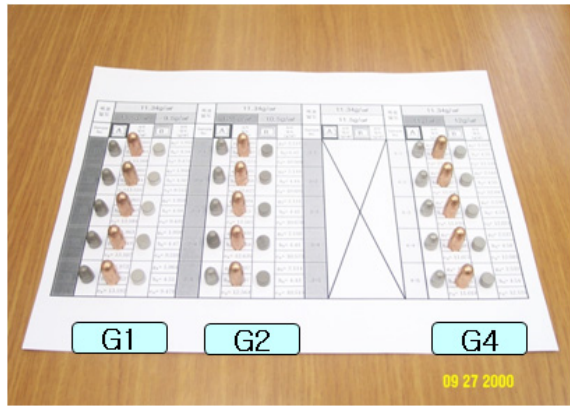
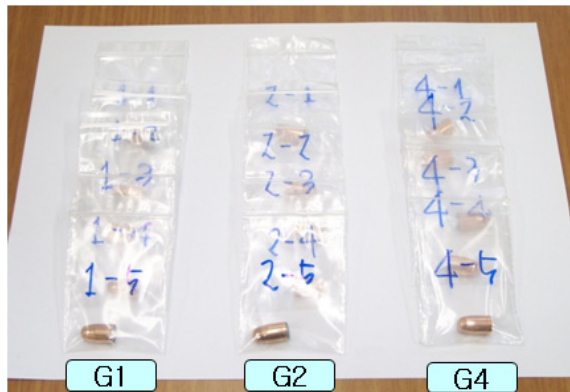


Fig. 3. Double core for 9mm bullet samples prepared



(a) Before assembling



(b) After assembling

Fig. 4. Fabricated double core for 9mm bullet in this work

Table 1. Target density and chemical composition of W-Cu-Sn system high density composite for double core

Composite materials	Target density (g/cm ³)	Chemical composition(wt%)			Sintering conditions
		W	Cu	Ni	
W-Cu-Ni	9.34	0.88	9.51	0.95	650 °C*1hr
	10.34	2.84	7.73	0.77	
	10.84	3.68	6.96	0.70	
	11.84	5.16	5.62	0.56	
	12.34	5.81	5.03	0.50	
	13.34	9.96	3.98	0.40	

Table 2. Target density of double core for 9mm bullet samples

Sample group	Sample No.	Core(A) density (g/cm ³)(g _A)	Core(B) density (g/cm ³)(g _B)	Jacket(C) density (g/cm ³)(g _C)
G1	Target density	13.34(4.960)	9.34(1.940)	8.598(1.572)
	1-1	13.568(4.960)	9.471(1.952)	"
	1-2	13.555(4.960)	9.512(1.950)	"
	1-3	13.584(4.965)	9.431(1.950)	"
	1-4	13.507(4.963)	9.519(1.959)	"
	1-5	13.592(4.973)	9.478(1.964)	"
G2	Target density	12.34(4.800)	10.34(2.100)	8.598(1.570)
	2-1	12.571(4.803)	10.568(2.113)	"
	2-2	12.627(4.801)	10.601(2.110)	"
	2-3	12.567(4.804)	10.670(2.111)	"
	2-4	12.635(4.800)	10.573(2.116)	"
	2-5	12.564(4.807)	10.515(2.114)	"
G3	Target density	11.34	11.34	8.598(1.570)
	A traditional lead bullet(9mm)/(11.34)			
G4	Target density	10.84(4.360)	11.84(2.540)	8.598(1.570)
	4-1	11.071(4.368)	12.134(2.537)	"
	4-2	11.046(4.362)	12.047(2.544)	"
	4-3	11.010(4.363)	12.024(2.536)	"
	4-4	11.071(4.362)	12.081(2.537)	"
	4-5	11.018(4.363)	12.124(2.532)	"

3. 친환경 9mm용 2중 코어 탄자 특성 실험

가. 탄자의 비행속도 측정^(1~5)

Fig. 5는 탄자의 속도를 측정하기 위한 실험장치로 거총대 위에 총열을 설치하고 총열로부터 2m되는 지점에 첫 번째 탄도스크린을 설치한 후 다시 1.5m떨어진 지점에 두 번째 탄도스크린을 놓았다. 두 번째 탄도스크린에서 1.5m떨어진 지점에 세 번째 탄도스크린을 놓았다. 총열을 지탱해 주는 탄자발사대인 거총대는 Aerolab Supply Co.에서 제조한 거총대를 사용하였으며 시간측정기(time counter)는 Textrnics Inc 7000 시리즈의 오실로스코프 plug in unit인 7D15를 사용했다.

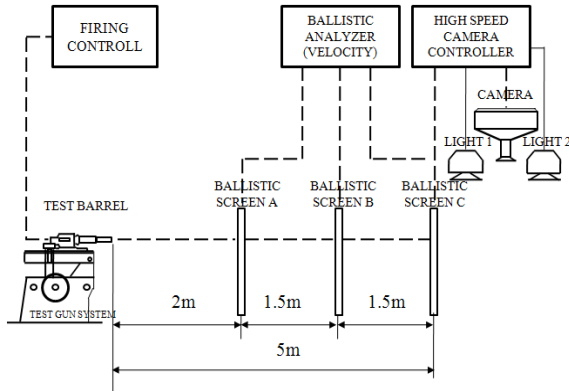


Fig. 5. Experimental device to measure bullet velocity

스크린 탐지기는 여러 가지 종류가 있어 탄자의 크기와 탄자가 발사되는 발사각에 따라 선택할 수 있다. 본 실험에서 사용한 Fig. 6의 적외선 탄도스크린은 빛을 감지하는 방식이며, 탐지 방법에 대하여 기술하면 다음과 같다. 렌즈는 스크린 탐지기를 통과하는 빛을 감지하고 감지된 빛을 슬릿에 집중시켜 탄자가 통과하는 것을 감지한다. 탄자의 속도를 측정하기 위하여 탄자가 3개의 스크린탐지기 위로 발사되면 발사된 탄이 첫 번째 스크린 탐지기 위로 통과할 때 스크린 탐지기가 탄자의 신호를 감지하여 크로노미터에 의해서 계산이 시작되고, 두 번째 스크린 탐지기 위로 탄이 통과하면 스크린 탐지기에 의한 감지가 정지된다. 스크린 탐지기가 탄자가 통과하는 감지구역의 거리를 알고 있기 때문에 속도 계산기에 의해 탄자의 속도가 계산 된다^[1].

기존 납 탄자(G3) 및 무게중심이 기존 납 탄자 보다 앞 또는 뒤에 위치한 다른 3종의 친환경 소재로

제조한 탄자(G1, G2, G4)를 결합한 탄환을 각각 3발씩 사격하여 탄자 속도를 측정 하였으며 Table 3은 탄자 속도 측정 결과이다.



Fig. 6. Infrared ballistic screen

Table 3. Velocity of bullet according to distance from muzzle

Sample group	velocity of bullet(m/sec)			
	A (2m)	B (3.5m)	C (5m)	D=(B-C)
G1	338.426	337.574	336.295	1.279
	330.612	481.884	708.791	-226.907
	453.733	344.726	181.216	163.510
G2	333.182	332.415	331.264	1.151
	339.656	338.822	337.570	1.252
	341.295	342.153	343.441	-1.288
G3	361.441	368.122	378.144	-10.022
	347.546	352.329	351.463	0.866
	345.566	351.239	359.748	-8.509
G4	338.806	338.047	336.909	1.138
	270.366	332.257	425.094	-92.837
	276.460	334.841	422.412	-87.571

총구로부터 3.5m 지점에서의 탄자 속도 B와 5m 지점에서 측정한 탄자 C와의 속도 차이를 나타내는 D의 값이 (-)면 순간적으로 탄자의 속도가 증가한 것이며 이는 탄자의 비행이 불안정함을 의미한다. 이런 현상은 주로 소화기 탄이 약 음속 1로 비행할 때 충격파의 영향으로 나타나는 것으로 알려졌다. 시험결과

기존 납 탄자보다 무게중심이 약간 앞쪽에 있는 탄자 G2가 4종의 탄자 중에서 비행 안정성이 가장 우수한 것을 알 수 있다.

나. 파편 특성 및 관통 성능

일반적으로 탄자가 목표물인 관재에 고속으로 충돌하는 경우, 관통현상은 표적과 그의 고유특성에 따라서 달라질 뿐만 아니라 표적을 타격하는 타격각도에 따라서도 크게 달라진다.

탄자의 파편 특성은 총구로부터 5m 지점에 탄자의 비행방향과 수직이 되도록 두께 10mm의 알루미늄판(#6014)을 설치하고 사격을 실시하였다. 파편 특성은 표적으로부터 1.5m 거리에 셔터속도 10만분의 1초의 초고속 카메라 및 초고속 카메라에서 촬영한 사진을 전송받아 동영상으로 편집하는 컴퓨터를 설치 후 사격을 실시하여 표적에 탄이 접근하여 탄착할 때까지 탄자의 형상을 촬영하였다.

Fig. 7은 기존 납 탄자(G3)가 표적에 탄착되기 전·중·후의 모습을 초고속카메라로 촬영한 것으로 탄자가 표적에 탄착시 탄자피와 코어가 완전히 파쇄 되는 것을 볼 수 있다.

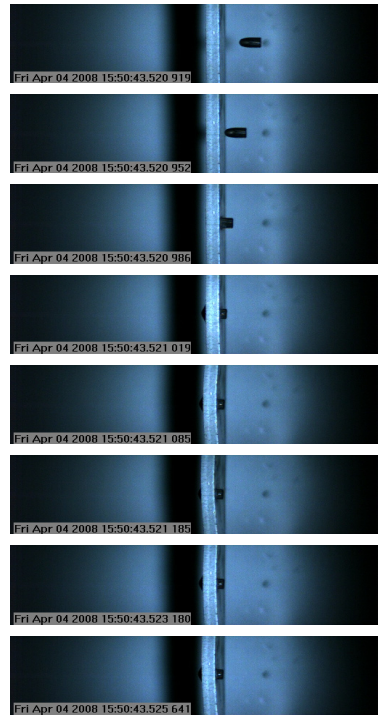


Fig. 8. Impact scene of bullet G1

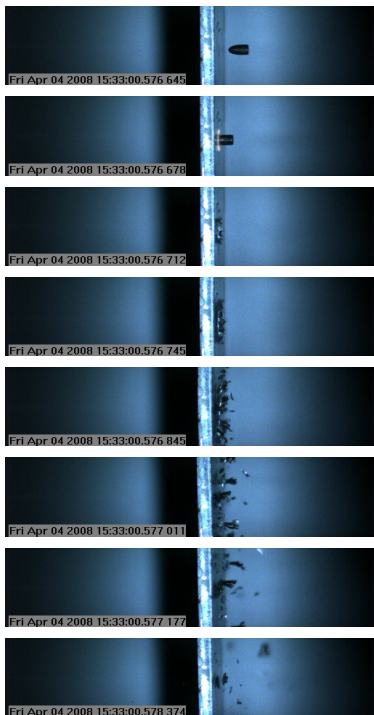


Fig. 7. Impact scene of lead bullet

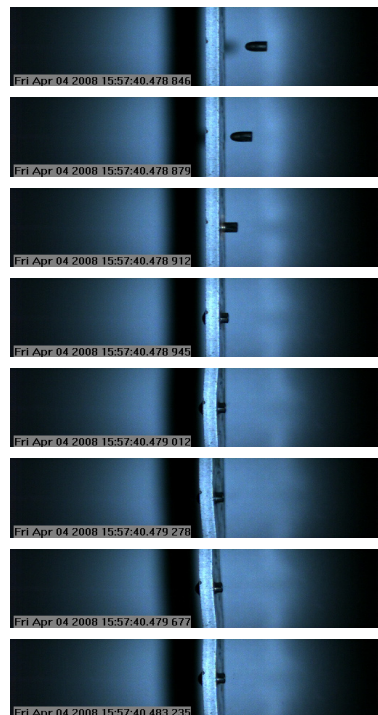


Fig. 9. Impact scene of bullet G2

Fig. 8과 Fig. 9는 각각 무게중심이 기존 납 탄자보다 앞쪽에 위치한 G1과 G2의 탄착시 동영상으로 2가지 탄자 모두 표적에 관입되며 표적에 볼록 부위를 형성함을 확인 할 수 있다.

Fig. 10은 무게중심이 기존 납 탄자보다 뒤쪽에 위치한 G4의 탄착시 동영상으로 탄자가 표적에 관입되었다가 튀어서 나오는 특이한 현상을 확인할 수 있었다.

탄자의 파편특성은 납의 경우는 코어가 완전히 파쇄 되었으나 W-Cu-Ni계 고밀도 복합재료 코어의 경우는 납보다 경도(HRB 71.6)가 높기 때문에 목표에 탄착 후에도 파쇄 되지 않고 원래 형상을 어느 정도 유지할 수 있어 탄자 회수가 용이하므로 환경 복원 비용을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 11은 탄자에 피탄된 알루미늄 표적으로 표적 전면부에 G1, G2는 관입이 되어 있으며, G3는 탄착점이 탄자 직경보다 2배 확대된 오목부위가 발생 되었고, G4도 G3와 유사한 형태를 보였다. 후면부는 관입 깊이에 비례하여 G1, G2가 G3 및 G4에 비해 볼록 부위가 넓고 높게 생성되었다.

Fig. 12는 피탄된 알루미늄 표적을 세워서 촬영한 모습이다.

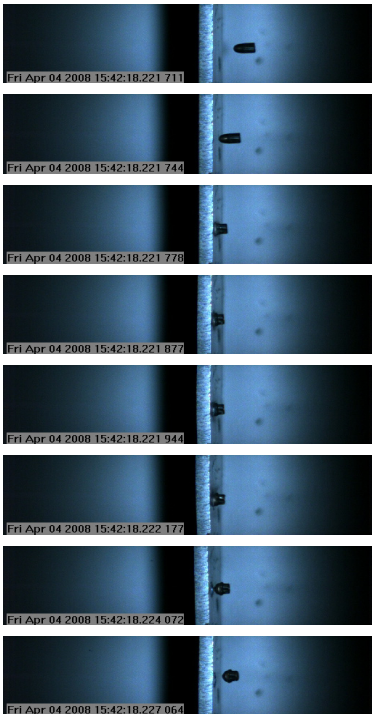
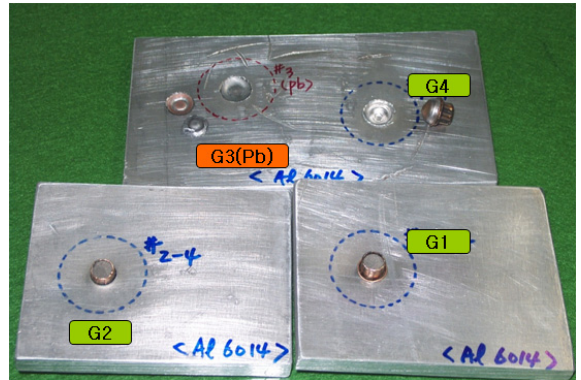
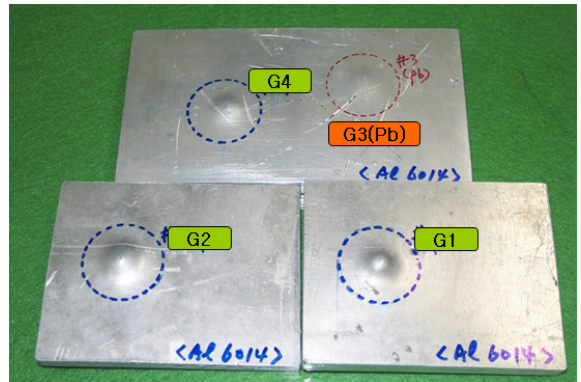


Fig. 10. Impact scene of bullet G4



(a) The front side



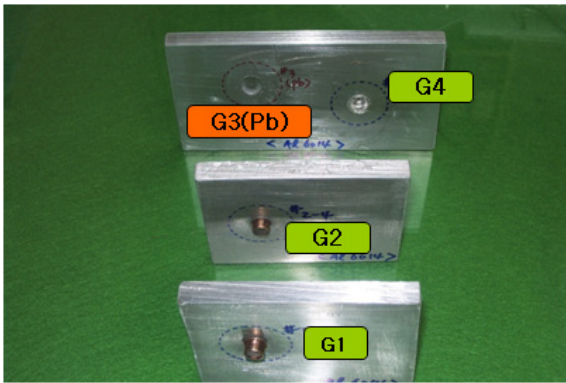
(b) The back side

Fig. 11. The front and back side of aluminum targets (#6016) after firing using fabricated double core for 9mm bullet

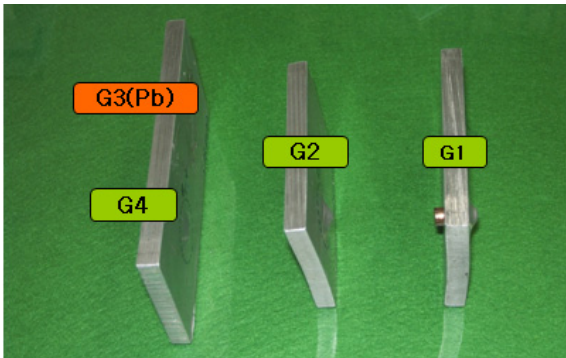
친환경 탄자의 우수한 관통력은 탄자의 경도가 높을 경우 파쇄 되지 않고, 충격력을 손실 없이 표적에 전달하기 때문인 것으로 판단되며, 이런 특성을 저격용 등의 특수 목적을 위한 소화기 탄자에 적용하면 납 탄자가 관통하지 못하는 적의 방탄복을 관통하여 살상력을 높이는 등의 효과를 얻을 수 있을 것이다.

Fig. 13은 피탄된 알루미늄 표적을 절단한 단면으로 탄자의 관입깊이는 G1은 8.56mm, G2는 8.21mm, G3는 1.15m, G4는 4.07mm로 친환경 소재 탄자(G1, G2, G4)가 기존 납 탄자(G4)에 비해 월등히 우수함을 알 수 있다. 친환경 탄자들 중에는 기존 납 코어 탄자보다 무게중심의 위치가 앞쪽에 위치한 G1 및 G2가 뒤쪽에 위치한 G4보다 약 2배 이상 우수한 것을 알 수 있으며 이는 탄자의 무게중심의 위치 차이로 인한 비행

안정성과 관련이 있는 것으로 판단된다.



(a) The front of uprighted targets from vertical perspective



(b) The side of uprighted targets

Fig. 12. The front and side of uprighted aluminum targets(#6016) after firing using fabricated double core for 9mm bullet

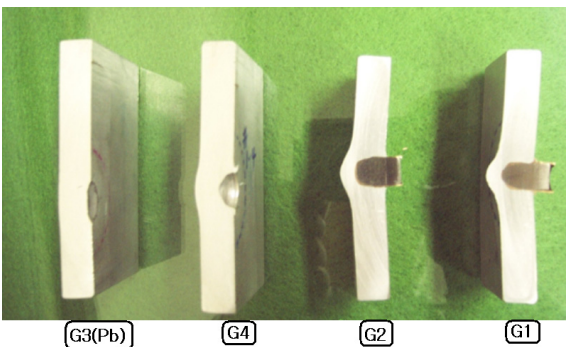


Fig. 13. Cross section of aluminum targets at impact point

다. 탄착 편차

탄착 편차는 친환경 소재 탄자(G1, G2, G4)를 조합한 탄환을 총구로부터 20m 이격된 곳에 설치한 표적에 각각 3발씩 사격하여 확인하였으며 기존 납 탄자(G3)를 결합한 탄환은 사격을 실시하지 않고 탄 납품시 군에서 발행한 시험성적서를 확인하는 것으로 대신하였다.

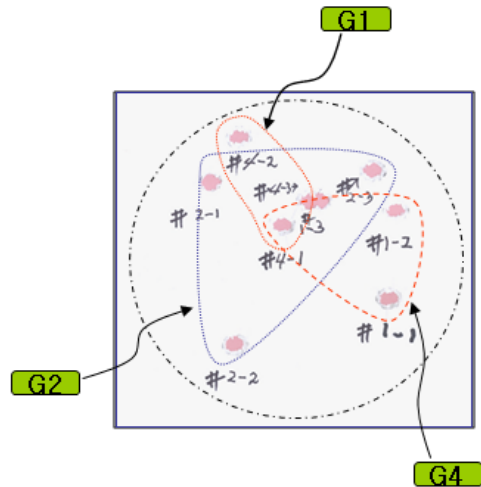


Fig. 14. Impact point of paper targets at 20m from muzzle after firing using fabricated double core for 9mm bullet

Fig. 14는 표적에 명중한 친환경 소재 탄자들의 탄착점으로 무게중심이 기존 납 탄자보다 앞쪽에 위치한 G1, G2는 조준점보다 약간 하단부에, 무게중심이 뒤쪽에 있는 탄자 G4를 결합한 탄환은 조준점 보다 약간 상단부에 탄착되는 결과를 얻었으며, 약간의 정도 차이는 있으나 3종의 친환경 탄자를 결합한 탄환 모두 탄착 편차가 국방 규격^[8]을 충족하였다.

사격시 동일 조건으로 사격한다 해도 실제로는 탄자의 모양과 크기, 무게, 추진계의 양, 총열의 가열 상태 등의 차이로 인해 탄착점이 흩어지게 되는 사탄산포 현상이 발생한다. 공장에서 시험사격시 사탄분포는 통상적으로 20발의 탄을 사격하여 결정하며, 본 실험에서는 G1, G2, G3탄자를 각각 3발씩 사격하여 국방 규격을 충족하는 결과를 얻어 납 탄자 대체가 가능성을 확인하였으나, 친환경 탄자로 제조한 탄환의 사탄산포에 대한 신뢰성 확보를 위해서는 충분한 실사격 시험이 필요하겠다.

4. 결론

본 연구는 기존 납으로 이루어진 9mm 탄자를 비독성 소재로 대체함과 동시에 탄자 특성을 향상시키기 위한 일환으로, 무연의 W-Cu-Ni 계 복합재료를 이용하여 2중 코어로 된 9mm 탄자를 제조하고 탄약 일체를 조립하여 탄자 성능을 조사하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 탄자의 비행안정성은 기존 납 탄자 보다 약간 무게중심이 앞쪽에 위치할 때 크다.
- (2) 탄자의 파편 특성은 납의 경우는 코어가목표 탄착 후에 완전히 파쇄 되었으나 W-Cu-Ni계 고밀도 복합재료 코어의 경우는 파쇄 되지 않고 원래 형상을 어느 정도 유지할 수 있었던 것은 경도와 관계가 있는 것으로 판단된다.
- (3) 탄착 후 파쇄 되지 않고 원래 형상을 어느 정도 유지하는 친환경 소재 탄자의 특성은 납 탄자에 비해 탄자 회수를 용이 하게 하고, 회수율을 높일 수 있어 환경복원 비용을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.
- (4) 관통력은 이중 코어의 친환경 소재로 제조한 탄자가 기존 납 탄자 보다 월등히 우수하며 이는 탄자의 경도가 높아 표적에 탄착시에도 파쇄되지 않고 충격력을 그대로 유지하기 때문인 것으로 판단된다.
- (5) 탄착 편차는 3중의 친환경 소재 탄자 모두 국방규격을 충족하였으나, 신뢰성 확보를 위해서는 추가

적인 충분한 사격 실험이 필요하겠다.

이런 결과를 종합해 볼 때 친환경 소재로 제조한 탄자로 기존 납 탄자를 대체하는 것이 가능함을 확인할 수 있었다. 그러나 이런 결과는 제한된 실험을 통해 도출된 것으로 충분한 신뢰성을 갖도록 하기 위해서는 향후 더 많은 실험과 연구가 필요하겠다.

References

- [1] 이홍주 외 6인 병기공학실험, 청문각, 1986.
- [2] 화랑대연구소, “소총의 표준 탄도와 운동 현상의 분석”, 1996.
- [3] 이홍주, 이상길, 정춘호, “소화기 강내 탄도에 관한 연구”, 국방과학연구소, 1988.
- [4] 이홍주, 총과 탄도학, 청문각, 1996.
- [5] 송상윤, “미래형 소총의 사격통제 장치 및 탄도계산에 관한 연구”, 군사과학대학원 석사논문, 2000.
- [6] 장탁순, 홍준희, 이태행, 구자명, 송창빈, “W-M(M=Cu, Sn, Ni)계 고밀도 복합재료 제조에 관한 연구 (I)”, Journal of Korean Powder Metallurgy Institute, Vol. 16, No. 4, pp. 268~274, 2009. 8.
- [7] 홍준희, 장탁순, 송창빈, 김병인, “친환경 소화기용 탄심 재료 및 2중 구조 설계 분석”, 한국 군사과학기술 학회, Vol. 14, No. 2, pp. 264~270, 2011. 4.
- [8] 국방 기술품질원, “국방규격서(38mm 권총탄)”, 1981.