

Kugyela Lóránd¹

KÜLÖNBÖZŐ ROBBANÓANYAGBÓL KÉSZÜLT KISMÉRETŰ KUMULATÍV TÖLTETEK TELJESÍTMÉNYÉNEK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA

(PERFORMANCE COMPARISON OF SMALL SIZED POINT FOCAL SHAPED CHARGES FROM VARIOUS EXPLOSIVES)

Cikkem előzményeként² kisméretű öntött robbanóanyag töltetek gyártásáról írtam. Ebben összefoglaltam az öntött robbanóanyagok gyártási nehézségeit és sajátosságait. Jelen írásomban a vizsgálathoz felhasznált préselt és plasztikus robbanóanyagból készült "etalon"robbanótesteket ismertetem, valamint e kísérleti kumulatív töltetek, és a céltárgy felépítését. A kísérletek eredményeként a fém céltárgyakon mért eredményeket összesítem, összegzem.

Kulcsszavak: kumulatív töltetek, öntött robbanóanyag, kompozit-B, RDX, Semtex,

As a preliminary to my article I wrote about the history of hollow explosive charges, jet formation, and scaling of charges. My present paper deals with practical experiences, which shows how complex, manufacturing technology discipline is in the casting process. I examine the operation of the generated explosive bodies on metal targets, thereby testing their performance. The different charges performance from the melt cast explosives will be compared with pressed and plastic explosives in the following article

Keywords: point focal shaped charge, melt casting, composite-B, RDX, Semtex

ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATOKHOZ HASZNÁLT ROBBANÓTESTEK, VALAMINT AZOK FELÉPÍTÉSE

A kumulatív testek méretezésének bonyolultsága és összetettsége miatt nem könnyű feladat azok teljesítmény, illetve leendő felhasználásuk szerinti modellezése. A bemutatásra kerülő kísérleteim során a helyzetet nehezítette, hogy kis méretek esetén a robbanóanyagból vagy a szerkezetből eredeztető hibák, nagyobb hatást gyakorolnak a robbanás folyamatára.

A jet képződése és a kapcsolódó jelenségek kutatása mind a mai napig állandó kérdése a robbanásfizikának. Annak ellenére, hogy sok robbanásfizikai folyamat már szimulálható, un. hidrokódokkal³[1], a praktikus modellezési módszer továbbra is a valós körülmények közötti, un: 'in vivo' vizsgálat marad. A legtöbb esetben valamilyen már gyártott vagy forgalomban lévő *etalon* termékhez viszonyítunk a leendő új modellhez, mivel így egy egyszerű algoritmus

¹ TÜV Rheinland Intercert Kft, Vezető vizsgáló mérnök - robbanóanyagok, lorand.kugyela@hu.tuv.com ORCID: 0000-0002-2869-8864.

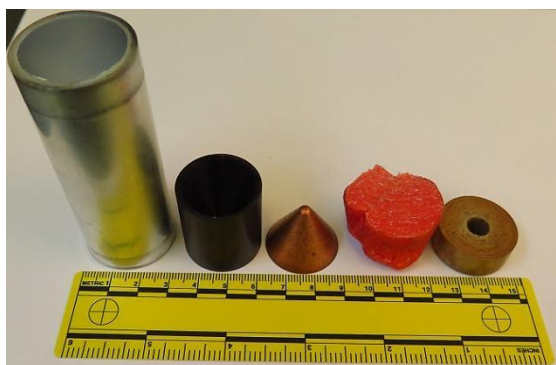
² http://hbk.archiv.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/PDF_2018_1sz/04_Kugyela%20L%20RAG%20cikk%20MKK.pdf

³Hidrokód: Speciális programok nagy dinamikájú folyamatok szimulálására.

alapján lehet a fejlesztés vagy a vizsgálat eredményeit értékelni⁴. Hasonló gondolatmenet alapján vizsgálja a STANAG 4526 szabvány a lőszerreakcióit, kumulatív lövedék közvetlen találata esetén [2].

Az általam elvégzett vizsgálatokhoz kétféle kumulatív összpontosított töltetet választottam *etalon*-ként. Mind a kettő esetben a választás oka a bennük található robbanóanyag uniformitása, valamint az a fontos tulajdonságuk volt, hogy kis átmérőben is stabil, nagy sebességű detonációra képesek.

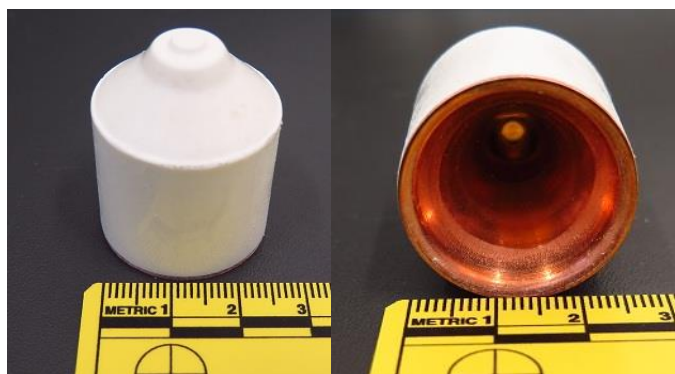
Az egyik egy 25g plastikus robbanóanyagot (Semtex 1A) tartalmazó robbanótest volt (lásd 1. ábra).



1. ábra: Semtex 1A robbanóanyagot tartalmazó „etalon” préstest [2]⁵

A másik esetben egy 40mm-es páncélátütő lövedékben használt préstestet használtam, amely 14 g hexogént (RDX) tartalmazott. (lásd 2. ábra).

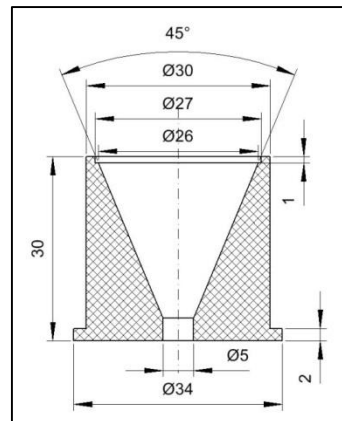
Mind az öntött, mind pedig a jelen cikkben felhasznált robbanótestek esetén azonos eltartási távolságot biztosító távtartót használtam. A távtartó felső peremébe pontosan illeszkedett a vörösréz béléstest. (lásd a 3. ábrát). A robbanóanyagot és a távtartót minden esetben egy alumínium csőbe helyeztem el. Így csak a robbanóanyag fajtájában és annak súlyában adódtak különbségek a robbantások során.



2. ábra: Hexogén „etalon” préstest

⁴ Erre vonatkozó példa található pl., az Irodalomjegyzék [6] anyagának 4.3. alfejezetében

⁵ Továbbiakban ahol nincs külön hivatkozás feltüntetve, az mind a szerző saját fotója



3. ábra: A távtartó méretezése [4]

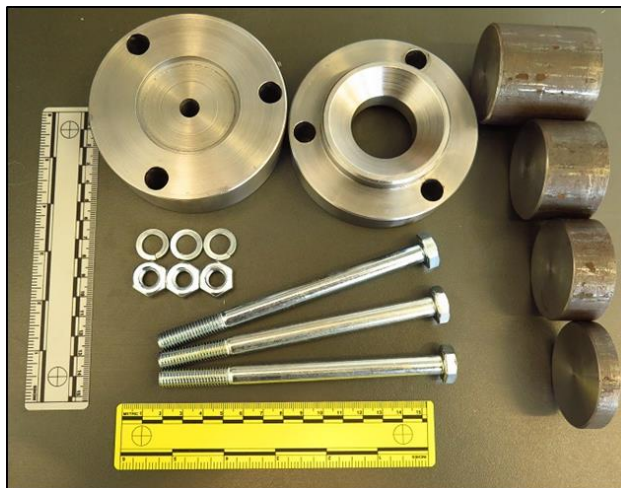
A plasztikus robbanóanyaghoz használt béléstest értelemszerűen ugyanaz, mint amelyet a páncélátütő lövedékhez használnak, hiszen így lehet eliminálni a kúpából adódó különbségeket. A felhasznált rézkúp $\varnothing 27$ mm átmérőjű (D); 1,5 mm vastagságú és 22,3 mm magasságú, a központi iniciálás biztosítása érdekében textilbakelitből készült központosító gyűrűk kerültek felhasználásra. Az eltartási távolságot $1D$ -nek vettem, illetve 3 mm ráhagyás volt a kúp átmérőjéhez képest. A távtartók anyagukat tekintve POM⁶-ból készültek, azok szerkezetét lásd a 3. ábrán. A robbanó test burkolata egy 30 mm belső átmérőjű, 2 mm-es falvastagságú alumíniumcső volt.

A céltárgyakként melegen hengerelt 50-30-20-10 mm vastagságú rúdacél korongokat alkalmaztam. A befogásukhoz egy speciális cél-szerkezetet készítettem, amely egymáshoz szorítja a korongokat, így azok nem repülnek szét a robbanás során, és biztosítják az azonos átütési körülményeket.

A céltárgyakat összefogó szerkezetnek 3 fő részből állt (lásd a 4-5 ábrákat):

- Egy felsőrész ahol a robbanó testeknek kialakított átmenő furat található. Itt érintkezik közvetlenül a test a céltárggyal. A belső felületén egy 5 mm-es fészek van süllyesztve, a rúdacél korong stabil rögzítésére.
- Az alsórész szintén egy 5 mm-es fészekkel került kialakításra a korongok rögzítésére, és egy kisméretű átmenő furattal a jet kilépésének helyén.
- A két rész összezárását és a korongok rögzítését rugós alátéttel és anyával rögzített M10 csavarszár biztosítja.

⁶ poli(oxi-metilén) vagy más néven poliacetál, nagy szilárdságú, jól esztergálható műanyag



4. ábra: A céltárgyak a szétszedett befogó szerkezettel.



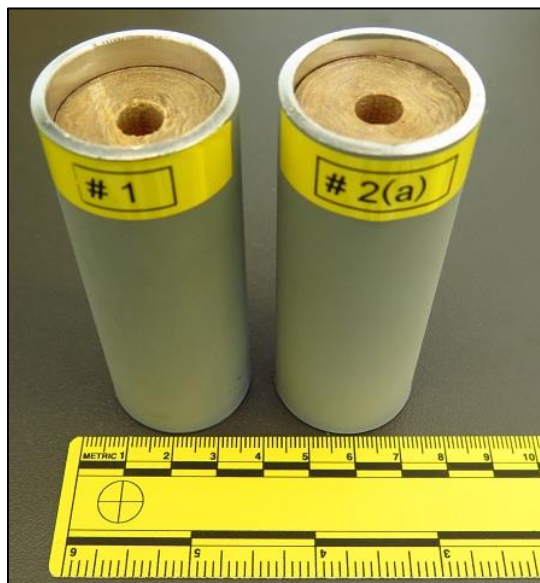
5. ábra: Összeszerelt céltárgy egy kumulatív töltettel.

PLASZTIKUS ROBBANÓANYAGBÓL KÉSZÍTETT TÖLTETEK

A vizsgálathoz felhasznált plasztikus robbanóanyag a SEMTEX 1A volt, mely 76% nitropentát és ~4% hexogént tartalmaz. A megmunkálása, formázása szobahőmérsékleten könnyű, ezért – *a brizanciája mellett* – ideális választás üreges töltetek készítésére. Annak ellenére, hogy a másik etalon robbanótest robbanóanyag mennyisége 14 g, szükséges volt megemelni a felhasználandó plasztikus robbanóanyag mennyiségét, mert az azonos tömegű nem takarná teljesen a kúpot, és bizonytalan kumulációt okozna. Tekintve, hogy a Semtex sűrűsége $1,4\text{g/cm}^3$, a hexogéné pedig $1,8\text{g/cm}^3$, így – mint az eredményekből kiderült – nem tekinthető jelentősnek a 9 g különbség. A Semtex-el készült préstest akkor haladta meg egyedül a préselt teljesítményét, ha abba árnyékoló betétet helyeztem el. Többek között ez is indokolta a 25 g tömeget. A kúp és a távtartó egységek alumínium csőbe történő elhelyezése után, a Semtex-et

KUGYELA LÓRÁND: Különböző robbanóanyagból készült kisméretű kumulatív töltetek teljesítményének összehasonlító vizsgálata

2-3 grammos adagokra osztva kezdtem a kúp köré préselni, ügyelve az egyenletes és légmentes tömörítésre. Hibás töltésnek az lehet a működésben tapasztalt eredménye, hogy aszimmetrikus lesz a jet, illetve azon a részen az eltérő gáznyomások miatt megbomlik a kúp – egyébként körkörös szimmetriájú – sugárrá alakulása.



6. ábra: Plasztikus robbanóanyagot tartalmazó kumulatív töltetek.

A ROBBANTÁSOK EREDMÉNYEI

Az első kísérletet árnyékoló betét nélküli, 25 g plasztikus robbanóanyagot tartalmazó robbanótesttel hajtottam végre.

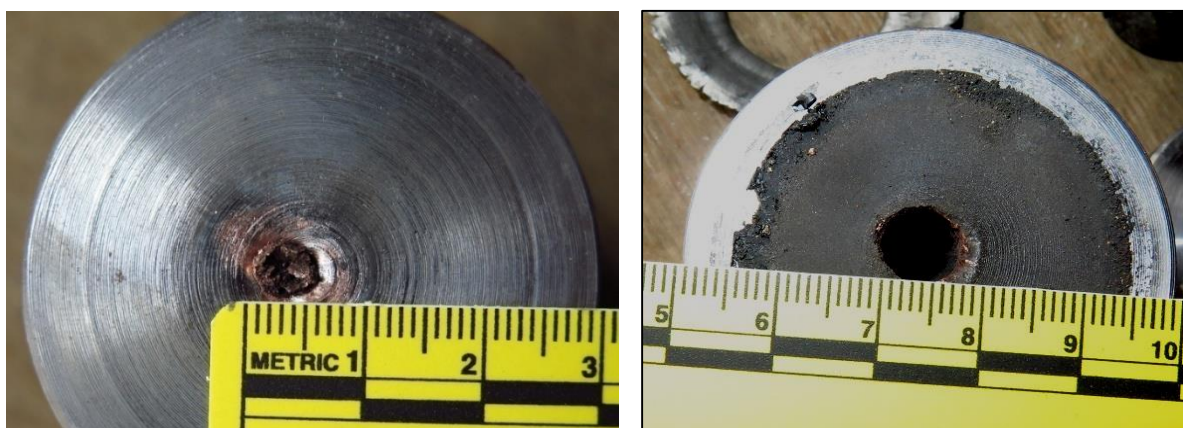


7. ábra: A jet becsapódásának helye.

A céltárgyak sorrendben 50-20-10-10mm korongok voltak. Ezek közül az első, 50mm-es korongból nem lépett ki a jet. A lyukhossz három mérés átlagát tekintve 46mm volt, átmérője

pedig 9mm. A belépő lyuk szabályos alakú, jól láthatóan központos volt, átmérője a D^7 egyharmada (lásd a 7. ábrát).

A második kumulatív test robbantása esetén arra akartam bizonyítékot szerezni, hogy az árnyékoló betétnek van átütőképesség növelő hatása. A felhasznált árnyékoló betét egy 10mm vastagságú és 15mm átmérőjű textilbakelit henger volt. A vizsgálat alapján egyértelműen nőtt az átütés hatásfoka, mivel az ugyanolyan sorrendben elrendezett céltárgyak közül, az 50mm és a 20mm vastag összeragadt. A céltárgyak közötti légrés, mint határfelület, energiaveszteséget jelentett a már lassuló jetnek, mivel jelentős gáznyomás esés valósult meg, és a hirtelen expandálódó gázok oldalra kitértek. A bemeneti nyílás ebben az esetben csökkent: három mérés átlagát tekintve 7mm volt, azaz az átmérője $0,26D$. A lyukhossz ebben az esetben 50mm lett, és 1,6mm benyomódás volt mérhető a második korongon (lásd a 8. ábrán).



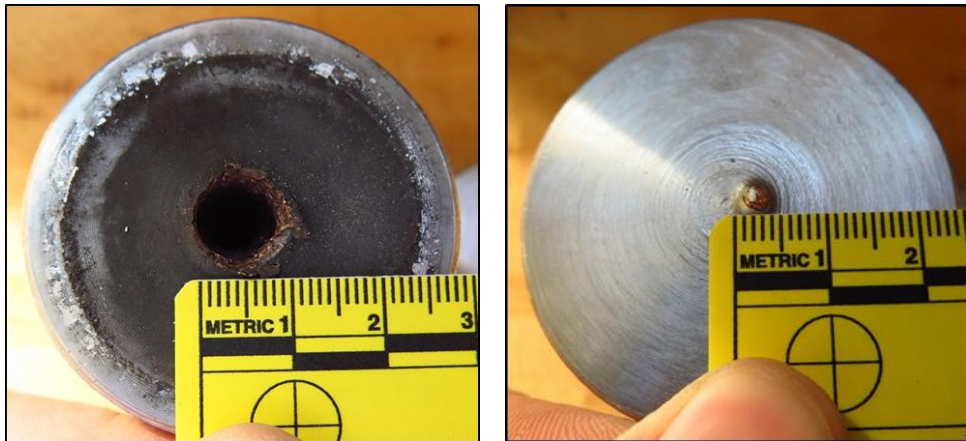
8. ábra: Bal: Bemeneti nyílás; Jobb: második korong, a jet behatolásának helyén

Kontrollként elvégeztem a robbantást más típusú plasztikus robbanóanyaggal, amely a Semtex PLHX-30 volt. Összetevőit tekintve ez a termék: 35% PETN⁸; 50% RDX⁹; 8% Al, és 7% plasztifikáló anyagból áll. Amit fontos tudni a robbanóanyagról, hogy a gyárilag hozzáadott alumínium – bár a detonációsebességet kis mértékben csökkenti – a keletkezett gázok mennyiségét és a robbanás hőmérsékletét emeli. Árnyékoló betétet ennél a kísérletnél nem használtam, csak a 25g robbanóanyagot. A céltárgy elrendezése továbbra is az 50-10-10-20 mm-es sorozat volt, ahol a jet az első korongon áthaladt, azonban a soron következőnél már csak egy benyomódás keletkezett (9. ábra). A lyukhossz három mérés átlagát tekintve 51,5 mm volt a lyuk átmérő átlaga 9,1 mm.

⁷ a réz béléstesthez használt rézkúp alapjának átmérője

⁸ Nitropenta

⁹ Hexogén



9. ábra: A céltárgyon keletkezett átütések

A mért értékek összehasonlításából az derült ki, hogy amellet, hogy a lyukátmérő nem változott, az átütőképesség legalább 5mm-el, azaz 10%-al megnőtt a Semtex PLHX-30 robbanóanyag esetén. Ez annak tudható, be hogy az alumínium szemcsék elégeése miatti növekszik az égésidő, és így a jet hosszabb expozíciós idővel tudja a céltárgyat megmunkálni.

PRÉSELT TÖLTETEKEL VÉGZETT KÍSÉRLETEK

A vizsgálathoz felhasznált préstestek a korábbiakban ismertetett 14g nettó robbanóanyag tömegű, hexogénből készült termékek. Ugyanazzal a rézkúppal készültek, mint amit a plasztikus robbanóanyagnál is használtam, azonban a présszerszám egy kicsit módosította a kúp palástját (enyhén íveltre). A gyártói adatok szerint 50mm körül volt várható az átütési vastagság. A robbantások ugyanolyan rendszerrel történtek, mint a Semtex töltetek esetén.

A robbantások eredményei

Az első esetben a jet belépési helyén található volt egy réz darab (nyíllal jelölt), ami a feltehetően a jet farok részéből származhatott (10. ábra). Az a lyukszájnál felakadt és plasztikusan elcsúszott a céltárgyak tartószerkezetéhez. Mivel a céltárgyon keletkezett lyuk sem volt teljesen központos, ezért feltehetően a jet nem merőlegesen, hanem valamely szögeltéréssel hatolt át a fémen, és ezért akadhatott fel aszimmetrikusan a lyukszájon.



10. ábra: A lyukszáj a fennmaradt rézkúp darabbal

A bemeneti nyílás 7,3mm átlag átmérőjű, a kimeneti nyílás határozott 3-4mm közötti volt. A második 20mm korongon ez a jet sem hatolt át (11. ábra).



11. ábra: Az 50mm korong belépő nyílása (jobb) és a 20mm korongon a jet nyoma (bal)

A második robbantás ugyanezzel a beállítással történt, azonban ott meglepő eredmény történt.



12. ábra: A második robbantás 50mm korongjának bemeneti oldala

A kumulatív töltet egyértelműen hibás volt, mivel nem történt átütés, és a bélésbélés nagy része a felületen plasztikusan deformálódott (12. ábra). Két lyuk figyelhető meg, amelyek közül a nagyobbban a jet farok része található (13. ábra).



13. ábra: Hibás kumulatív préstest működés

Konkrét, bizonyítható okot nem találtam a történetekre, de a következő feltételezések helytállóak bizonyulhatnak:

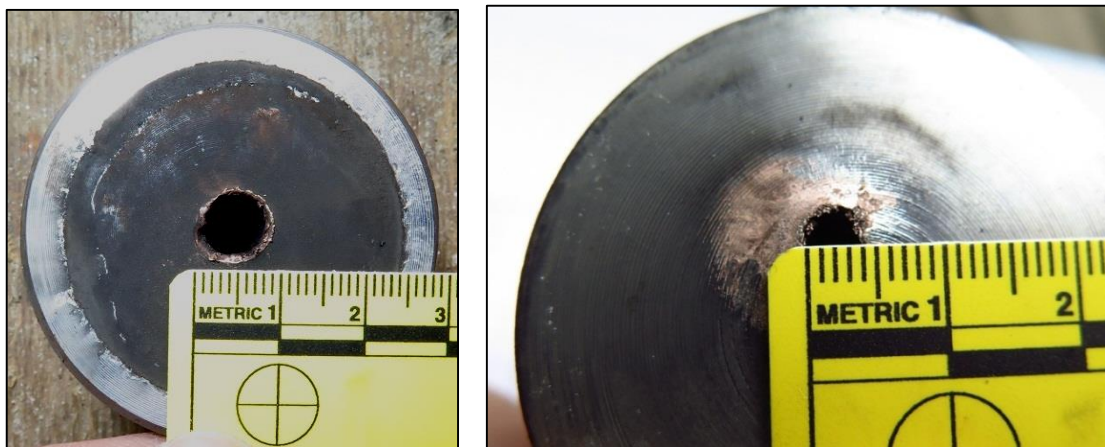
- Hibás préstest volt, amiben szemmel nem látható aszimmetria volt.
- A két lyuk adódhatott a nem merőlegesen behatóló jet miatt. Egyik az orr résznek, a másik a farok résznek tulajdonítható. A préstestek gyártásánál a présszerszámok, azok összenyomása után rövid ideig a végállásban maradnak, aminek a jelentősége a levegő kipréselésében és a préselt forma tartósságának elérésében van. Azonban ha a gép túl gyorsan ereszt vissza a présszerszámot összenyomó munkahengert, akkor a hirtelen fellépő nyomásesés a préstestben repedéseket hozhat létre. Ezek a repedések aszimmetriát eredményeznek a detonációs hullámfront haladásában, ami miatt a béltestet nem szimmetrikusan nyomódik össze, és az eredményezi, hogy a jet nem merőlegesen, hanem valamilyen szög alatt és éri a céltárgyat.



14. ábra: Robbantás utáni kifújás

A fenti képen (14. ábra) jól látható, hogy a céltárgyak közötti légrésen, mint határfelületen jelentős gáz kondenzáció történt. A felületen 10-15mm szélességben húzódó fekete öv a

felületre kiváló szén, a negatív oxigénegyenlegű robbanóanyagból (a robbanóanyag nem tartalmaz annyi oxigént, amennyi a benne lévő összes éghető anyag teljes oxidációjához szükséges).



15. ábra: A bementi nyílás (bal) és a kimeneti nyílás (jobb) a harmadik préstest robbantása után

A bementi nyílás szinte ugyanolyan volt, mint az első préstestnél, átlagában $\varnothing 7\text{mm}$ átmérőjű. Az 50mm vastag korog kilépési oldalán 4,1mm átlagú lyuk keletkezett (15. ábra).

Átütés ebben az esetben sem történt, még a 10mm korongon sem, csupán egy 1mm körüli mélyedés.

ÖNTÖTT TÖLTETEKEL VÉGZETT KÍSÉRLETEK

Gyártás tekintetében a három robbanótest közül kétségtelenül az öntött elkészítése volt a legnagyobb kihívás. Egyrészt egy nagy produktivitású gyártási rendszert kellett leképezni néhány grammos töltet mennyiségekre, másrészt pedig a feladat megvalósításának komplexitása sok tervezést igényelt. Bebizonyosodott az is, hogy az íróasztal mögött született elképzelések, a legnagyobb odafigyelés és részletesség ellenére is képesek keresztülhúzni a számításainkat, másrészt pedig a legtöbb fejlesztés ilyen jellegű kísérletek és technikai alkalmazások tökéletesítésével valósult meg, így nem szabad egyik termékre sem a kísérletek során nem megfelelést kimondani, hiszem minden egyes darab gyártása során lehet tanulni.

Tekintve, hogy tized vagy akár csak grammra is azonos öntött kumulatív testet gyártani szinte lehetetlen, így inkább arra törekedtem, hogy különböző öntött töltet tömegekkel milyen összefüggés alakul ki a céltárgyon keletkezett lyuk tekintetében.

A robbantások eredményei

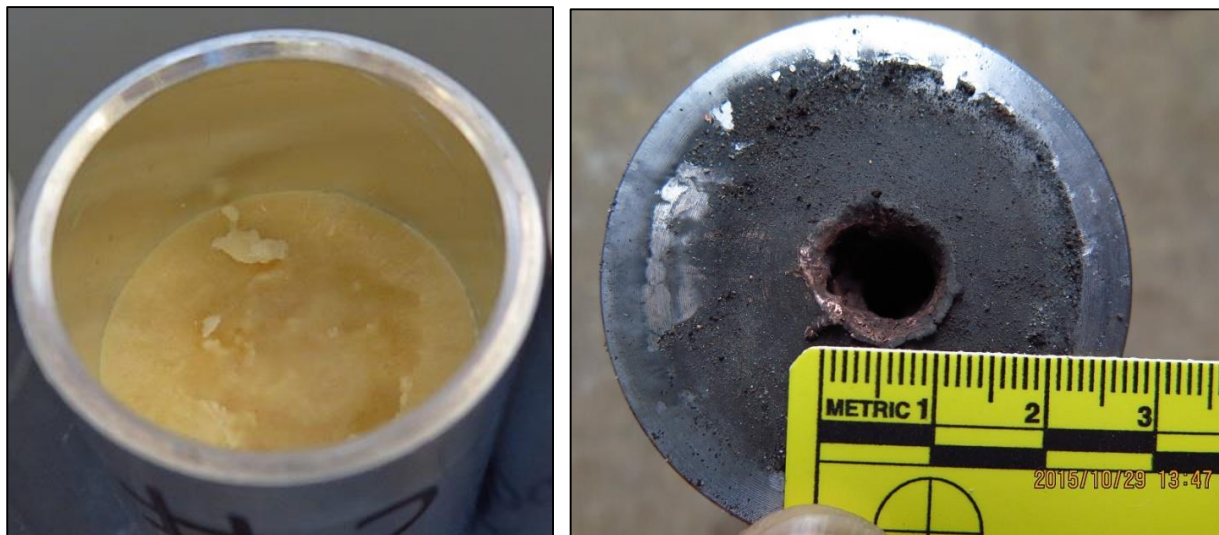
Összesen 6 db öntött töltetet készítettem, 19,6-46,1g robbanóanyag tömegig (16. ábra). Mindegyik 60:40 arányú RDX/TNT keverék volt, $1,64\text{g/cm}^3$ átlagsűrűséggel. A robbantások sorrendjei: #3 - #2 - #6 - #1 - #4 - #5.



16. ábra: Az öntött töltetek

1.- #3 töltet

Az első préstest 25,1g robbanóanyagot tartalmazott. Tekintve, hogy az öntött robbanóanyag sűrűsége $0,24 \text{ g/cm}^3$ -el nagyobb volt, mint a plasztikusé, így az azonos tömeg ellenére is alig takarta el a kúpot (17. ábra).

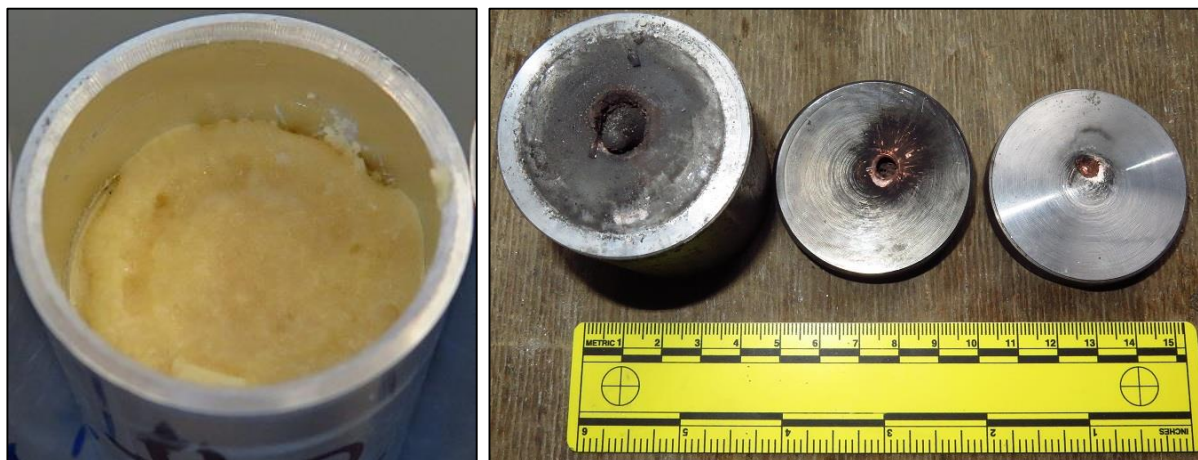


17. ábra: #3 számú öntött üreges töltet, és a céltárgy

A céltárgyon keletkezett lyuk átmérője 3 mért átlagból: 9,4mm, a lyukhossz pedig 32,3mm volt.

2.- #2 töltet

A második robbantás a 30,8g robbanóanyag tömegű öntött töltettel történt (18. ábra).



18. ábra: #2 számú öntött üreges töltet, és a céltárgyak

A céltárgyon keletkezett lyuk átmérője 3 mért átlagból: 10,0mm, a lyukhossz pedig 61,5mm volt.

3.- #6 töltet

Az összes öntött töltet közül a #6 számúnak volt a legnagyobb robbanóanyag tömege: 46,1grammal. Ezért várható volt, hogy jelentősen növekszik majd az átütési teljesítménye is. Fontos észrevétel, hogy valójában ez volt a korábbi cikkemben említett méretezési alapelvek szerint, az optimális töltet magasságú. Általánosságban $1,7D$ az „*ökölszabály*”, a töltet magasság meghatározásakor. Ez a béléstest alapjától az iniciálási pontig terjed, azaz ebben az esetben $1,7 \cdot 27 = 45,9\text{mm}$ lenne. A valóságban kerekén 50mm volt a töltet magasság, ami egyenlő $1,85D$ -vel (19. ábra). A méretezésről bővebben lásd az felhasznált irodalom [5] [6] [7] [10] anyagait.



19. ábra: #6 számú öntött test



20. ábra: #6 számú öntött üreges töltetehz tartozó céltárgyak

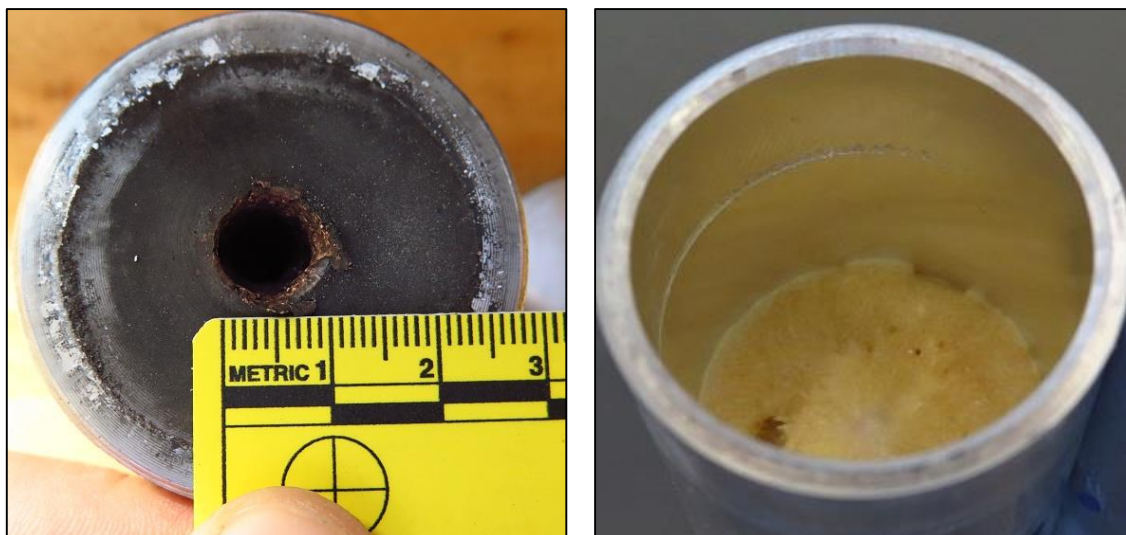
Fontos megjegyezni, hogy ebben az esetben 3 részben történt az öntés, megvárva az előző szakasz visszahúzódásának kezdetét, mivel így mindig a felette lévő, még olvadt részből pótlódik az anyag. A töltet tetején a gyors hűlés miatt nem volt megoldható ugyanez. Ilyen esetben például meleg fémes simítást lehetne alkalmazni, a megfelelő forma kialakításához (hasonlóan, ahogy ez történt a Magyar Honvédség által is használt, a Mechanikai Művek által előállított „KKT¹⁰” töltetek gyártásánál) [7].

A céltárgyon keletkezett lyuk átmérője 3 mért átlagból: 11,2mm, a lyukhossz pedig 72mm volt (20. ábra).

4.- #1töltet

Ebben az esetben az öntési hibát próbáltam korrigálni 3g plasztikus robbanóanyaggal, amely a közel kilátszó kúpot és a zsugorodást volt hivatott kitölteni, azonban a robbanóanyag hibája miatt a kúpot nem takarta tökéletesen a robbanóanyag, így nem volt kimagasló teljesítmény várható (21. ábra).

¹⁰ Kisméretű Kumulatív Töltet. MH Haditechnikai Intézet fejlesztése



21. ábra: #1 számú öntött üreges töltet, és a céltárgy

Teljesítményben ez a töltet valóban elmaradt a többihez képest, de ez egyértelműen betudható az alacsony robbanóanyag tömegnek, ami 19,6g öntött és 3g plasztikus volt. Annak ellenére, hogy szemmel látható volt a kristályosodás asszimetriája, a céltárgyon keletkezett lyuk bemeneti nyílása közel szabályos kör alakú volt. Azonban mivel hiányzott az a robbanóanyag mennyiség, ami a jet-et kellő sebességre gyorsította volna, így csak sekélynek tekinthető átütés keletkezett.

A céltárgyon keletkezett lyuk átmérője 3 mért átlagból: 8,5mm, a lyukhossz pedig 24mm.

5.- #4 töltet



22. ábra: #4 számú öntött üreges töltet, és a céltárgy

A #4-es töltet öntési súly tekintetében 22,6g volt. A céltárgyon keletkezett lyuk átmérője 3 mért átlagból: 9,2mm, a lyukhossz pedig 31mm (22. ábra).

6. -#5 töltet

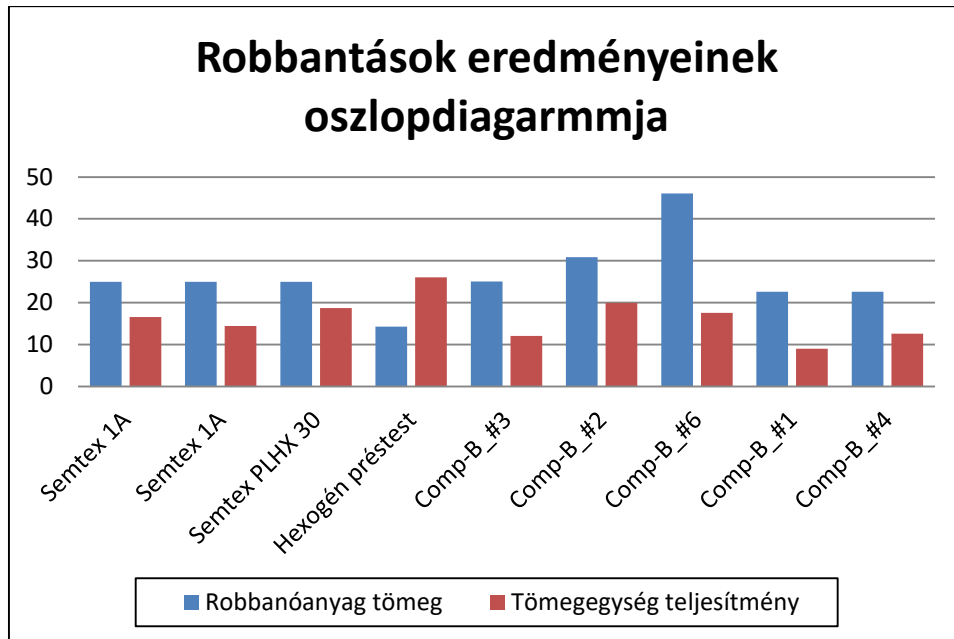


23. ábra: #5 számú öntött üreges töltet, és a céltárgy befogó szerkezet

Az öntés során észrevettem, hogy fontos a robbanóanyag olvadék folyamatos keverése. Mivel a hexogénnek csak 4%-a oldódik a trotilban [6] ezért a nem oldódó többi részt leül a kisebb sűrűségű TNT olvadék alá. Emellett a hexogén kristályainak bevonására használt paraffin is leolvad, és az olvadék tetején könnyen kiválik. A két probléma együttes kombinációja adhatta azt, hogy a töltet nem robbant fel, csupán deflagrált. Semmilyen átütés, illetve kumuláció nem jött létre a céltárgyon. Valószínűsíthető, hogy az olvadék tetejéről a paraffinban dús trotilt sikerült kiöntennem, így annak az iniciálással szembeni érzéketlensége olyan magas lett, hogy a 8-as erősségű gyutacs már nem tudta iniciálni.

A MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÖSSZESÍTÉSE

Ahhoz hogy objektív módon tudjam teljesítményük szerint sorrendbe rakni a termékeket, a mért eredményekből készítettem szorzatot, és azt osztottam a robbanóanyag tömegével. Ezt „*tömegegység teljesítménynek*” neveztem el. Ha ezek szerint rakom csökkenő sorrendbe őket, akkor látszik, hogy a préstest a legjobb teljesítményű, hiszen 14,3g robbanóanyag 51mm átütéssel rendelkezik. Oszlopdiagramon megjelenítve jól áttekinthetőek a mért eredmények. (A diagramból a deflagrált #5 számú töltetet kihagytam.)



25. ábra: A mért eredmények grafikus megjelenítése

ROBBANTÁSOK MÉRT EREDMÉNYEINEK ÖSSZEFOGLALÓ TÁBLÁZATA									
N o.	Robbanóanyag	Típus	Tömeg (g)	Lyuk átmérő (mm)	Lyuk hossz (mm)	Szorozatos teljesítmény	Tömegegység teljesítmény	Rangsor	Megjegyzés
1	Semtex 1A	plasztikus	25	9	46	414	16,56	5	-
2	Semtex 1A	plasztikus	25	7	51,6	361,2	14,45	6	árnyékolóval
3	Semtex PLHX 30	plasztikus	25	9,1	51,5	468,65	18,75	3	8% Al tartalom
4	Hexogén préstest	Préselt	14,3	7,3	51	372,3	26,03	1	-
5	Comp-B_#3	öntött	25,1	9,4	32,3	303,62	12,10	8	#3sz test
6	Comp-B_#2	öntött	30,86	10	61,5	615	19,93	2	#2sz test
7	Comp-B_#6	öntött	46,1	11,26	72	810,72	17,59	4	#6sz test
8	Comp-B_#1	öntött	22,6	8,5	24	204	9,03	9	#1sz test '19,6+3g Semtex 1A
9	Comp-B_#4	öntött	22,6	9,2	31	285,2	12,62	7	#4sz test
10	Comp-B_#5	öntött	23,4	0	0	0	0	0	#5sz test, deflagrált

1. táblázat: A mért eredmények összefoglaló táblázata

A TÁBLÁZATBÓL ÉS AZ OSZLOPDIAGRAMOKRÓL LEOLVASHATÓ KÖVETKEZTETÉSEK

- *A préselt töltetnek kimagasló a teljesítménye.*

A töltet homogén, nagy fajlagos sűrűségű hexogénből készült, szemben bármelyik másik termékkel, amelyiknél sehol sem volt ilyen magas az RDX tartalom. A béléstest formája a prészerszám kiképzése folytán „trombitaszerű” lett, ami elősegítette az egyenletes kumulációt.

- *Az árnyékoló betét pontos tervezés nélkül nem hoz magasabb teljesítményt.*

Ha az árnyékoló betét pozíciója a béléstest kúpjához képest nincs pontosan hangolva, akkor a kerületéről leváló hullámfront vagy a csúcs előtt találkozik, és ekkor a kúpot inkább összenyomja mintsem „hengerelje”. Ha túl későn, akkor a kúp palástját hamarabb összenyomja, mint ahogy odaérne a jet kialakulása. A betét hangolás és formai pontos alakítás nélkül használata nem eredményez nagyobb teljesítményt, mivel hasznos térfogatot vesz el a robbanóanyagból.

- *Az alumínium tartalmú plasztikus robbanóanyagból készült kumulatív termék súly- és teljesítményaránya elég jónak mondható.*

Egyértelmű pozitív hatással van a teljesítményre a 8% alumínium tartalom. Érdekes kutatás lehetne a teljesítményének növelése béléstesttel, illetve más, a kúphoz köthető technológiai elemekkel.

- *Amennyiben célfeladatra kell gyártani üreges töltetet, akkor plasztikus robbanóanyag az ideális választás.*

Tűzszerészeti, katasztrófavédelmi, illetve civil és katonai műszaki feladatokra – akár hosszú élettartalmú gyártmány szinten – kifejezetten előnyös a plasztikus robbanóanyag.

- *Az öntéses eljárással készült termékek kétségtelenül nagy energiasűrűségű termékek a teljesítmény vonatkozásában, de nagyon komoly odafigyelést, szakmai felkészültséget igényel a gyártásuk.*

Az öntött robbanóanyagok bizonyítottan kimagasló teljesítményre képesek, mivel az alapanyagaik pozitív tulajdonságait a megfelelő hangolással és összetétellel optimalizálva, kimagasló teljesítményű termékeket lehet készíteni belőlük.

- *A tömeg növekedése nem feltétlenül arányos a teljesítménnyel.*

A nagy tömegű öntött test esetén látszódik, hogy habár majdnem duplájára nőtt a robbanóanyag mennyisége, emellett jelentősen nőtt az átütés is, azonban ez közel sem arányosan történik. A titok sokkal inkább a hangolásban és a technológiai elemekben rejlik. A konstrukció és gyártási minőség fontosabb, mint a tömeg.

- *Az árnyékoló betét a lyukátmérő rovására növeli a lyukhosszt.*

A detonáció az árnyékoló hatása miatt homogénebb, hosszabb sugarat hoz létre, viszont a jet átmérőjét csökkenti.

- *Nagyobb tömeg, nagyobb bemeneti nyílás méretet produkál, adott D mellett.*

Nagyobb a jet robbanási gáz sűrűsége ezért nagyobb méretű lyuk keletkezik.

A fenti megállapítások alapján látszódik, hogy nagy szabad fejlesztési tér létezik a kisméretű robbanótetek gyártásában és kutatásában. Gyakorlati vizsgálatokra az azonos robbanási körülmények között történő kísérletek nagyon jól mérhető eredményeket hoznak, amelyek alkalmasak a különböző brizáns robbanóanyagok adott feladatra történő alkalmazhatóságának megfigyelésére.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Anderson Jr., Charles, E.: An overview of the theory of hydrocodes, International Journal of Impact Engineering, Volume 5, Issues 1–4, 1987, Pages 33-59
- [2] NATO – STANAG 4625; 2004
- [3] Saját fotó.
- [4] Saját ábra.
- [5] Klamer, Oscar A.: Shaped charge scaling, Ammunition Engineering Directorate Picatinny Arsenal, Dover, New Jersey, 1964
- [6] Lukács László: A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése, MH Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Műszaki Tanszék, 1992
- [7] Andrejev, K. K. - Beljajev A. F. A robbanó anyagok elmélete, Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1965.
- [8] Diószegi Imre személyes közlés
- [9] Lukács László: A kumulatív töltetek kialakulása, hatásmechanizmusuk elmélete, Műszaki Katonai Közlöny 1996/3. pp. 8-27.
- [10] Lukács László: Kumulatív töltetek készítésének lehetőségei, méretezésük néhány módszere, Műszaki Katonai Közlöny, 1997/3. pp. 22-35.
- [11] Lukács László: A kumulatív töltetek és gyakorlati alkalmazásuk, Műszaki Katonai Közlöny 2010/1-4. összevont szám, pp. 175-196.