

Gyarmati József – Gávay György –
Hajdú Ferenc – Bimbó István

Védelmi célú kutatások

a Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Haditechnikai Tanszékén, együttműködésben
a HM Védelemgazdasági Hivatallal

DOI 10.17047/HADTUD.2016.26.3-4.89

A cikk egy, a Nemzeti Közszerződési Egyetem Haditechnikai Tanszékén folyó kutatást mutat be, amelyet a tanszék a HM Védelemgazdasági Hivatalával együttműködve végzett. A kutatást saját korábbi tanszéki eredményekre alapoztuk, ahol a kutatási cél a páncéllemezek védelmi képességeinek vizsgálata volt. Jelen cikk olyan témát dolgoz fel, ahol a kutatási cél a páncéllemezbe becsapódó lövedék által létrehozott repeszkiúp tulajdonságainak (geometria, mozgásjellemzők, szórások) a meghatározása volt. A kutatás az MHTT által összefogott hadtudomány egy olyan műszaki vetülete, amelynek hazai művelése polgári vonal hiányában rendkívüli jelenőséggel bír.

A haditechnikai K+F tevékenység meghatározó része az eszköz paramétereinek, illetve egyes tulajdonságainak a felhasználói igények szerinti előretervezése. (Gyarmati 2006; Búzás 2014) Ez a tevékenység, összegezve a szükséges kísérletekkel és mérésekkel, meglehetősen költséges folyamat, vagyis a finanszírozás kérdése meghatározó. Egy felsőoktatási intézmény, mint kutatóhely esetében a finanszírozás leggyakrabban történhet:

- kutatás megrendelője részéről;
- pályázati forrásból.

A felsőoktatási intézmények kutatási kötelezettsége (ahogyan azt manapság egyre gyakrabban nevezik: kutatási kényszere) gazdasági megfontolásokon vagy pedig az oktatási intézményre vonatkozó szabályrendszeren (például publikációs kötelezettség) alapszik.

Katonai műszaki területen a finanszírozás kérdése különösen összetett, a források pedig szűkösek. Az oktatást folytató Nemzeti Közszerződési Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar (a továbbiakban: NKE HHK) szervezetére és oktatóira ugyanazok a jogszabályok, publikációs kötelezettségek érvényesek, mint a felsőoktatás többi szereplőjére. Ebből adódóan a kutatási kötelezettség a katonai-műszaki tudományágban azonos, mint a műszaki tudományterület többi területén.

A finanszírozási nehézségek magyarázata a pályázati lehetőségek és a kutatást megrendelők lehetséges körének a beszűkülése. A pályázati lehetőségek beszűkülésének egyik oka, hogy a védelmi célú kutatásokat a legtöbb pályázat (például az Európai Unió források) nem támogatják. A kutatást megrendelők lehetséges körét pedig a hazai hadiipar leépülése minimalizálta.

A műszaki, ezen belül a katonai-műszaki kutatások anyag- és eszközigénye jelentős, a vizsgálati anyagok, a műszerek, a szükséges technológiák meglehetősen költségesek. Ilyen környezetben különös jelentőséggel bír az együttműködés, vagyis olyan partnerek keresése, akik hasonló célokkal rendelkeznek és e mellett az eszközparkjuk vagy a szakembergárdájuk kiegészíti a meglévőt, lehetőséget teremtve haditechnikai (katonai-műszaki) kutatás elvégzésére. Jelen publikáció egy ilyen együttműködés keretében elvégzett kutatásra mutat példát.

Páncélozott eszközök védelmi képességeinek vizsgálatára alakult a NKE HHK Katonai Logisztikai Intézetének Haditechnikai Tanszékén a Haditechnikai Kutatóműhely. A kutatóműhely létrejötté óta olyan kutatásokat hajtott végre, amelyek alapja a lövedékkel roncsolt páncéllemez és azok különböző típusú vizsgálata. A kutatási célok kitűzésekor meghatározó volt az a limit, amit a rendelkezésre álló források tettek lehetővé.

Az NKE HHK Haditechnikai Tanszékének kutatási tevékenysége

A Haditechnikai Kutatóműhely állománya a bevezetőben említettek szerint 2013 óta aktívan foglalkozik páncéllemezek vizsgálatával, lövedékkel roncsolt acéllemezek anyagszerkezeti változásainak tanulmányozásával.

A kutatóműhely a Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar Gépipari Technológiai Intézetével (a továbbiakban: SZIE GTI) sikeresen pályázott az NKE rektora által kiírt *Egyetemi Kutatóműhely támogatása* című pályázatra. A kutatás célja a lövedékkel roncsolt páncéllemez anyagszerkezetében lezajló változások leírása volt. Az eredményeket a szerzők hazai és nemzetközi folyóiratokban közzétették. (Gávay 2014)

A kísérletek megtervezésének egyik nehézsége, hogy nem volt fellelhető olyan hazai kutatás vagy korábban kifejlesztett eljárás, amely a lövedékkel roncsolt anyagokban történő változások leírásával és modellezésével foglalkozott volna. Elérhetőek azonban olyan nemzetközi szakirodalmi források, amelyek a páncéllemezek lövedékkel történő roncsolásának a leírásával foglalkoznak és a roncsolások fizikai tanulmányozása alapján matematikai modelleket (ún. átütési modelleket) állítanak fel. Ezek alapján a páncéllemezek védelmi képessége azok mechanikai tulajdonságaik alapján becsülhető. (Farrand 1991; Voyiadjisa 2009) Az említett források viszont csak nagyon általános, a gyakorlatban közvetlenül nem használható modelleket közölnek, és nem tartalmazzák a legfrissebb kutatásai eredményeket.

A rendelkezésre álló szabványok (AEP 2011) többnyire csak áthatolás vizsgálattal foglalkoznak és lényegében csak a vizsgálati körülmények leírását valamint a mérési eredmények értékelését írják elő.

Farrand és Voyiadjisa az átütés mechanizmusa alapján annak matematikai modellejt közlik. A Haditechnikai Kutatóműhely kutatása (Gávay 2014) ilyen célokat

nem tűzött ki, hiszen az ehhez szükséges erőforrások messze nem álltak a rendelkezésre. A vizsgálat – a rendelkezésre álló erőforrások figyelembevételével – az anyagszerkezeti változások (például roncsolási hatászóna nagysága, a repedések kialakulása, a hengerelési szálak deformációja) meghatározására korlátozódott.

A Haditechnikai Kutatóműhely létrehozott egy vizsgálati eljárást, a tesztek végrehajtására. A kifejlesztett eljárás magába foglalta:

- méretre vágott páncéllemezek ballisztikai mérőcsőből történő meglövését (1. ábra);
- lövedékkel roncsolt lemezek anyagszerkezeti vizsgálatát.

A lőkísérletet az alábbi körülmények között hajtottuk végre:

- változtatott lövedéksebességgel;
- különböző lövedéktípussal;
- más minőségű páncéllemezekre.

Az eltérő sebességű és szerkezetű lövedékek esetében különbség mutatkozott a páncéltűtés során a roncsolódás minőségében, az anyagszerkezetek változásában. Kimutathatóvá vált a fém mechanikai tulajdonságainak hatása a roncsolás formájára és a hatászóna nagyságára. A kísérlet célzottan nem foglalkozott a becsapódáskor keletkező repeszekkel, vagy a lövedék roncsolódásával. Az ezekre vonatkozó információkat a lövészetek közben, vagy a későbbi fázisban végrehajtott anyagminőségi vizsgálatok alkalmával sikerült begyűjteni. Számos nyitott kérdés került felszínre ennek az alapkutatásnak köszönhetően.

A kísérletek során a figyelem a repeszfelhő tulajdonságainak a meghatározására terelődött. A repeszképződés mechanizmusát nagyrészt a becsapódáskor kialakuló repedések nagyságának és irányának a meghatározása alapján le lehetett írni. Viszont a felhasználói szemszögből is fontos repesz-tulajdonságok (szórás, méret- és tömegszórás, sebesség) meghatározására a kutatás további vizsgálatokat javasolt.

Az anyagszerkezet további vizsgálata egy páncéllemez fejlesztése esetén, vagy egy meglévő páncél védelmi képességének növelése esetén lett volna csak célszerű. Egy ilyen kutatásnak viszont jelentős a forrásigénye, valamint egy ilyen volumenű munka mindenképpen igényelte volna a felhasználói támogatást.

Az új kutatási cél kijelölésekor elsődleges volt a rendelkezésre álló anyagi- és eszkozháttér. A tudományos tevékenység esetében viszont minden esetben meghatározó annak gyakorlati felhasználhatósága, vagyis a célok kijelölésekor a gyakorlatól nem szabad elszakadni. A lövedék becsapódásakor a külső és a belső felületen keletkező repeszkúp tulajdonságaival az elérhető szakirodalom nem foglalkozik, viszont a felhasználó számára fontos lehet, hiszen leírhatóvá válik például a kezelőszemélyzetre gyakorolt hatás találat esetén. Ezen a példán keresztül jól látható, hogy összhangot kell és lehet teremteni a felhasználói igény és a rendelkezésre álló erőforrások között. Ez az egyensúly minden kutatásnak fontos feltétele.

Az újabb kutatás elvégzéséhez a Haditechnikai Tanszék felkérésére bevontuk az HM Védelemgazdasági Hivatalt (továbbiakban: HM VGH). Az együttműködést a felek hasonló kutatási célkitűzései tették lehetővé, amelynek Honvédelmi Minisztérium és a NKE között létrejött együttműködési megállapodás teremtett jogi alapot.

A HM VGH vezetése a fentiek ismeretében nyitott volt közös munkára, és engedélyezte ballisztikai vizsgálatokat a HM VGH Kutatás Fejlesztési, Minőségbiztosítási

és Biztonsági Beruházási Igazgatóság (KMBBI) Lőkísérleti és Vizsgáló Állomásán. A HM VGH és az NKE közös munkájának koordinálását a HM VGH KMBBI Kutatási, Fejlesztési és Tudományos Osztálya végezte. Ennek alapjául a fent említett hasonló kutatási célkitűzések szolgáltak. A HM VGH és az NKE HHK között korábban is voltak már kapcsolódási pontok, az oktatási tevékenységéhez több alkalommal nyújtottak segítséget.

Az együttműködés során a felek két szempontot tartottak szem előtt. Ezek:

- Az együttműködés kialakítása és a közös munka részleteinek kidolgozása a szervezetek között.
- A hosszú távú együttműködésen alapuló haditechnikai kutatási tevékenység megalapozása.

Új kísérlet elgondolása, célja, terve

Az NKE HHK Haditechnikai Kutatóműhelye kutatási tevékenységnek folytatásaként új vizsgálatokat tervezett. Ez két részből tevődött össze: a repesz-kúp-geometria meghatározásából és vizsgálatból (1. vizsgálat), illetve a repeszdarabok roncsoló képességének meghatározásából és vizsgálatából (2. vizsgálat).

Az 1. vizsgálat célja a ballisztikai acéllemez átütésekor keletkező repeszek mozgási irányának és azok eloszlásának vizsgálata. A vizsgálat tervét és felépítését eleve úgy alakítottuk ki és határoztuk meg, hogy a lövedékek a lemezeket (továbbiakban: minták) lehetőség szerint biztosan átüssék. Így lehetővé vált a lövedék becsapódásának irányában és az áthatolás után keletkező repeszek mozgási irányának, az ekkor kialakuló ún. repesz-kúpok alakjának és a repeszek eloszlásának a visszakövetkeztetése. A 2. vizsgálat alapvető célja annak a meghatározása volt, hogy a lövedék becsapódásakor keletkező repeszek milyen sérüléseket okozhatnak a harcjármű előtt, a harcjárművön vagy a harcjárműben elhelyezkedő kezelőszemélyzetben, illetve technikai eszközökben.

A Haditechnikai Kutatóműhely kutatói szakmailag egyeztették a vizsgálat tervét a Kutatási, Fejlesztési és Tudományos Osztály állományából kijelölt témafelelőssel. A *Vizsgálati terv – Páncéllemezek ballisztikai behatásakor kialakuló repesz-kúp geometria és repeszképződési mechanizmus vizsgálat végrehajtásához* című dokumentumban meghatározott tervet az NKE Haditechnikai Tanszék tanszékvezetője és a VGH Kutatás Fejlesztési, Minőségbiztosítási és Biztonsági Beruházási Igazgatóság igazgatója jóváhagyta. A terv jóváhagyása után, az előzetes megbeszélések alkalmával a végrehajtó állomány a tárgyi feltételeket is egyeztette a kísérlet leendő helyszínén. A vizsgálat során a lebonyolításban az NKE harmadéves katonai logisztika alapszak, haditechnika specializációján tanuló honvéd tisztjelöltjei is részt vettek, amely értékes tapasztalatot jelentett számukra.

A HM VGH LVÁ állománya biztosította a háromnapos vizsgálat sorozat technikai feltételeit. A helyszín infrastruktúrája lehetővé tette a végrehajtást és annak dokumentálását. A vizsgálatot zárt löfolyosón (1. ábra), állandó légköri nyomáson és hőmérsékleten hajtottuk végre. Minden szükséges lőszer-típushoz rendelkezésre állt vizsgálócső, a löfolyosón biztosított volt a szellőztetés és a lövedéksebességek optikai úton, műszerrel mérhetőek, rögzíthetőek voltak.



1. ábra.
Ballisztikai mérőcső csőbefogó állóványa a lőfolyosóban
(Forrás: saját felvétel)

A vizsgálatok alkalmával a lögyakorlatok végrehajtására is érvényes utasításokat, rendszabályokat, a vonatkozó előírásokat, utasításokat be kellett tartani.¹

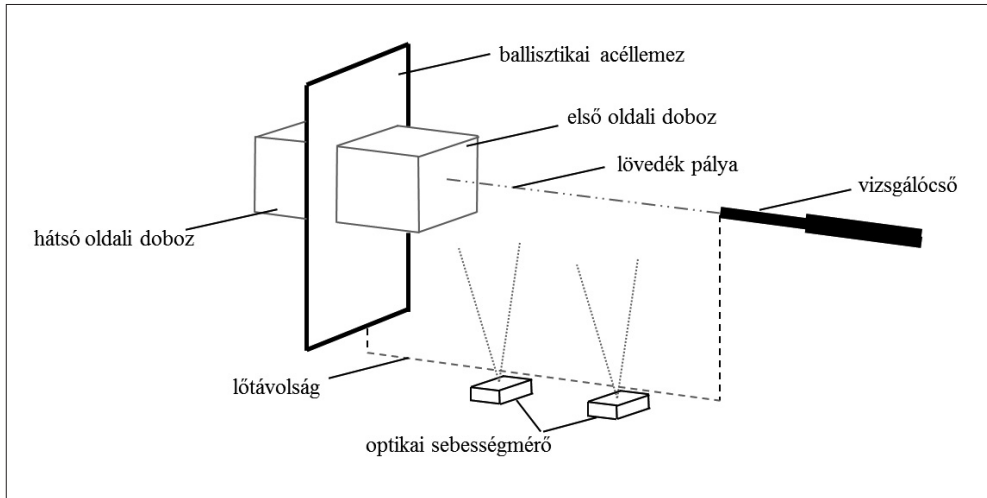
A vizsgálócsöveket, a lőszeret, a mérőeszközöket a HM VGH LVÁ állománya kezelte, illetve használta. A vizsgálatokat a jóváhagyott tervben meghatározottak alapján a Haditechnikai Kutatóműhely állománya felügyelte és dokumentálta, a kutatási céloknak megfelelően.

A vizsgálati terv szerint az 1. vizsgálat helyét a 2. ábra szerint alakítottuk ki. Az acél mintalemez elé és mögé, a várható becsapódási helynek megfelelően ragasztószalaggal papírdobozokat rögzítettünk. A dobozok felülről zártak, a mintalemezzel érintkező felületen nyitottak, méretük: 200x200x300 milliméter. A dobozok egyedi jelölést kaptak a lövésszám alapján (például a becsapódás oldali: „1A”; az ellentétes oldali: „1B”). A jelölésből a felhasznált minta és a lövedéktípus a jegyzőkönyv alapján beazonosítható.

A terv alapján a vizsgálat végrehajthatónak bizonyult.

1 Ezek a következők:

- Lőtérhasználati utasítás.
- Ált/20 Egységes lövészetű szakutasítás.
- Utasítás a vizsgálatok megszervezésére, végrehajtására és a balesetelhárítási intézkedések betartására (LSz-1903-1).
- A kísérlet során alkalmazott eszközök és berendezések kezelési utasításai.
- Végrehajtási utasítás a Lőkísérleti Állomás lövésszaki, robbantási és egyéb kísérleteire (2570/22).



2. ábra.

Az 1. vizsgálat elvi felépítése

(Forrás: saját tervezés)

A vizsgálati terv tartalmazta a lőszerre vonatkozó, illetve az egyéb igényeket. A részletek aprólékos áttekintése, tisztázása elengedhetetlen volt a zökkenőmentes végrehajtáshoz. Az 1. és 2. vizsgálatok egyéb feltételei a következők voltak:

- Az egészségügyi személyzet és a mentő gépkocsi biztosítása, amit az NKE HHK igénylése alapján a BHD hajtott végre.
- Gépkocsi biztosítása a személyek, a minták, és más tárgyi feltételek szállítására (NKE).
- A hallásvédő eszközök biztosítása a végrehajtó állomány részére (LVÁ).
- A vizsgálatához szükséges anyagok és eszközök (papírdoboz, szövetek) biztosítása (NKE).
- A lőszerbiztosítása a helyszínen (HM VGH Lőkísérleti és Vizsgáló Állomás).

A Lőkísérleti és Vizsgáló Állomás, mint akkreditált Ballisztikai Laboratórium – azon túl, hogy alkalmas helyszínt biztosított a kísérleti lövészethez – szavatolta a hiteles mérési eredményeket.

A lövedéksebesség-mérések, az értékelések, a minták kezelése MSZ K szabványok előírásai figyelembevételével történtek. A Lőkísérleti és Vizsgáló Állomás elfogadott dokumentációs rendszere biztosította a visszakeresés és ellenőrzés lehetőségét, és a reprodukálhatóságot.

A vizsgálat három napot vett igénybe. Az első napon a laboratóriumot rendeztük be. A lőfolyosón helyeztük el a minták befogására szolgáló állványt (3. ábra). A második napon az 1. vizsgálatot, a harmadik napon pedig a 2. vizsgálatot lett végeztük el.

Az 1. vizsgálat során három különböző mintát (ballisztikai acéllemez) használtunk fel (1. táblázat). Mindegyik mintát azonosítóval kellett ellátni.



3. ábra.
A minták befogó állványa
(Forrás: saját felvétel)

1. táblázat.

A felhasznált minták

Fsz.	Azonosító	Tulajdonság	Mennyiség
1	A	6 mm vastagságú ismeretlen keménységű lemez	1
2	B	6 mm vastagságú 500 HB keménységű lemez	1
3	C	11,4 mm vastagságú 550 HB keménységű lemez	1

Az 1. vizsgálat alkalmával négyféle löszertípust alkalmaztunk. A 2. táblázat tartalmazza a tervezett mennyiséget és a felhasználás rendjét.

A vizsgálat során 120 darab papírdobozt (csak az eredményes lövéseket számítva) használtunk fel. Ezeket a felhasználás előtt egyenként kellett hajtogatni, és ragasztani.

A 2. vizsgálat során felhasznált lemezek anyagminőségének részletes tulajdonságai nem ismertek. A vizsgálatnak nem is a ballisztika lemezek tulajdonságának a vizsgálata volt a célja, hanem annak a vizsgálata, hogy a különböző lövedékek kemény felületre történő becsapódásakor, illetve átütéskor milyen energiájú repeszek keletkeznek; illetve, hogy ezek a repeszek milyen sérülést okozhatnak.

Az 1. vizsgálat lefolyása

A befogott ballisztikai acéllemezre vizsgálócsőből lövedéket lőttünk ki terv szerint, a 2. ábrának megfelelően. A lövedékek szórása miatt külön területeket jelöltünk ki egy-egy mintán, és eredményes lövésnek tekintettük, ha a lövedék legalább

Az 1. vizsgálat menetének összefoglaló táblázata

Lövés sorozat-száma	Lőszer típusa	Felhasznált minták	Ismétlés	Lőszer mennyiség (darab)
1.	5,56 x 45 mm AP	A	5	5
2.	7,62 x 39 mm Bz	A	5	5
3.	7,62 x 54R B32	A	5	5
4.	7,62 x 39 mm AP	A	5	5
5.	5,56 x 45 mm AP	B	5	5
6.	7,62 x 39 mm Bz	B	5	5
7.	7,62 x 54R B32	B	5	5
8.	7,62 x 39 mm AP	B	5	5
9.	5,56 x 45 mm AP	C	5	5
10.	7,62 x 39 mm Bz	C	5	5
11.	7,62 x 54R B32	C	5	5
12.	7,62 x 39 mm AP	C	5	5

20 milliméter távolságban csapódott be a már meglévő találati helyekhez képest. A 20 milliméteres minimális távolságot az irodalom szerint határoztuk meg. (Gávay 2014) Ezen a zónán kívül ugyanis átütés esetén a fém kristályszerkezetében már nem történik szerkezeti változás.

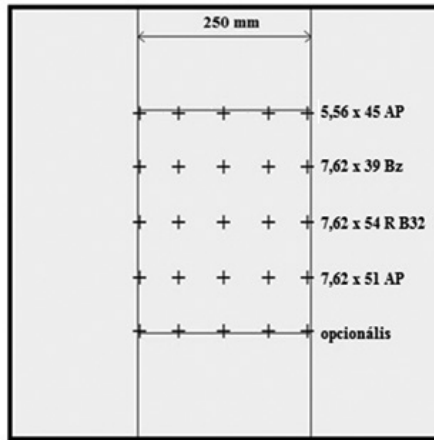
A vizsgálat egyik érdekes, de matematikailag igazolható részeredménye: ugyanazon lemez esetében a 7,62x54R B32 torkolati szinten nem, míg az 5,56x45 AP lőszer lövedéke átütötte a lemezt. A két lövedéknek az [1] és a [2] egyenletekben kiszámított fajlagos energiája jól magyarázza az eredményt, pedig itt a lövedékmagok anyagát nem vettük figyelembe.

Az 5.56x45 AP esetén:

$$\frac{E_{m_2}}{A_1} = \frac{\frac{1}{2} m v^2}{\frac{d^2 \pi}{4}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 0.005 \text{ kg} \cdot \left(1037.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\frac{(5.56 \text{ mm})^2 \pi}{4}} = 110.8 \frac{\text{J}}{\text{mm}^2} \quad [1]$$

A 7,62x54 B32 esetén:

$$\frac{E_{m_2}}{A_2} = \frac{\frac{1}{2} m v^2}{\frac{d^2 \pi}{4}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 0.011 \text{ kg} \cdot \left(844.77 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\frac{(7.62 \text{ mm})^2 \pi}{4}} = 86.11 \frac{\text{J}}{\text{mm}^2} \quad [2]$$



4. ábra.

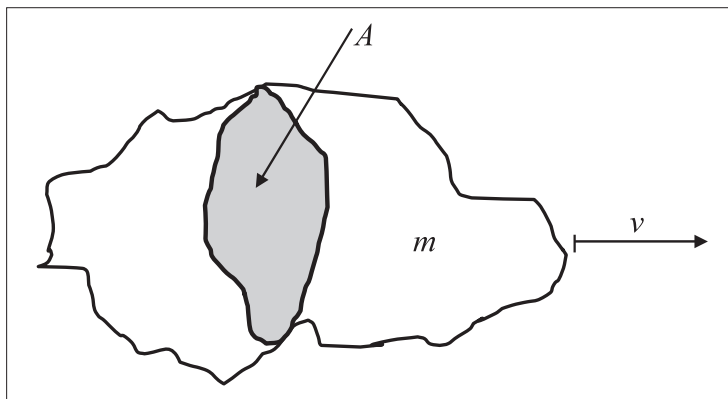
A lövések tervezett helye a lemezen a vizsgálati terv szerint

(Forrás: saját készítés)

A vizsgálat során minden lövést – a 4. ábrán bemutatott terv szerint – öt alkalommal ismételtünk meg a következők figyelembevételével:

- A lövedék pályája a lemezek síkjára megközelítőleg 90° -os szöget zár be.
- A lemezek befogása merev, a lőtávolság minden lövés esetében 15 méter.
- A lövedékek sebességét optikai érzékelők segítségével minden lövésnél mérni, és rögzíteni kell.
- A minden lövés után, a már megjelölt dobozokat ki kell cserélni.

A 2. vizsgálat lefolyása



5. ábra.

A repeszdarab mért és számított fizikai paramétereit

(Forrás: saját készítés)

A vizsgálat célja a már ismert szórású repeszek energiájának és átütőképességének a meghatározása volt. Az ismert alap átütési modellek az [1] és a [2] képletekben már bemutatott, ún. fajlagos energiát használják az átütés modellezésére. A képlet szerint a mozgási energiát kell osztani a keresztmetszettel, amely eredményképpen megkapjuk a négyzetmilliméterre vetített mozgási energiát, vagyis a fajlagos energiát. A repeszek geometriai jellemzői meghatározhatóak az 1. vizsgálat alapján. Ezen mérések megfelelő statisztikai analízis alkalmazásával számíthatóvá teszik a repesz-tömeget illetve egy jellemző keresztmetszetet.

Az átütés jellegéből adódóan itt viszont nem átlagértékek számítására kellett törekedni, hanem egy maximális mozgási energia és egy maximális fajlagos energia számítására. A fizikai jellemzőket az 5. ábra szemlélteti.

Az [1] és a [2] képletekben szeplő mennyiségek közül az előző vizsgálat a repeszek sebességét nem határozzák meg a mozgási energia számításához viszont szükségesek.

A repesz sebességének a meghatározására a lövedéksebesség mérésére használt 2. ábra szerinti sebességmérő nem alkalmas, ezért ide más megoldást kellett keresni.

A sebességmérésre alkalmas lehet a gyorskamerás felvétel. Ilyen berendezés sajnos nem állt a rendelkezésre és a bérlése is meglehetősen költséges, ezért a közvetlen mozgási energia számításáról le kellett mondanunk. Megoldásként kínálkozott, hogy a repeszek hatását mérjük. Ezért ezt a vizsgálódobozok belsejében elhelyezett különféle tárgyak (szövetdarabok) roncsolódásának a mértékéből, mintegy tapasztalati úton határoztuk meg a repesz roncsoló-átütő képességét.

Eredmények, következtetések

Az 1. vizsgálat három minta, négyfajta lőszer, öt ismételt lövés esetén 60 sikeres lövést eredményezett. Minden lövés alkalmával két dobozt használtunk fel, melyeken a repeszek által ütött sérülések alapján meg lehet állapítani:

- a repeszkúp alakját, nagyságát;
- a repeszek nagysága közötti eltéréseket;
- a repeszkúpban a repeszek nagyság szerinti eloszlását.

A 2. vizsgálat alapján megállapítottuk, hogy:

- a különböző gyártási eljárással készült lőszeres esetében a különböző repesz-képződés folyamata;
- a hatásos repesz nagyságának, amely a szakirodalom alapján sérülést okozhat legalább 2,5 gramm nagyságúnak kell lennie, de a mint e vizsgálat is mutatja, érdemes megvizsgálni a kisebb tömegű repeszek viselkedését.

A kísérlet eredményeiből levonható következtetések:

- A repeszkúp geometriája az alkalmazott egyszerű eszközökkel jól mérhető.
- A repeszek energiájának megállapításához az itt felhasznált közvetett mérési eljárás is szolgáltathat részeredményeket, de a pontos méréshez szükséges a repesztömeg és annak a szórása, valamint a sebesség mérése. Ezen mérések elvégzése viszont a rendelkezésre álló egyszerű eszközökkel nem lehetséges.

A mérések az azokból levont következtetések alapján a további vizsgálatok elvégzése szükséges. Ezek a következők:

- A repeszek sebességének a mérése. Ennek egy lehetséges megoldása a gyorskamerás felvétel.
- A repeszek energiamérésére alkalmazhatók az itt felhasznált egyszerű eszközök, de a pontos méréshez nagyobb minta szükséges.
- A kiegészítő páncélzat (repesháló) hatásának a vizsgálatára is alkalmazhatók az itt alkalmazott mérési módszerek.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- AEP-55, Volume Procedures for Evaluating the Protection Level of Armoured Vehicles august 2011, NATO/PfP.
- Buzási, T. – Bimbó, I.: A haditechnikai kutatás-fejlesztés eredményei a katona álcázásának újabb lehetőségeitől a gépkarabély modernizációig. *Haditechnika* 2014/2. 45. o.
- Farrand, G. T.: Various Target Material Failure Mechanisms Observed For Ballistic Penetrations. Technical Report Brl-Tr-3255, Ballistic Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, Maryland 1991.
- Gávay – Gyarmati – Kalácska – Sebők – Szakál: Lövedék páncéllemezen történő áthaladásának metallográfiai vizsgálata. *Hadmérnök*, 2014/3. pp. 21–31.
- Gyarmati, J.: A nehézpuskát jellemző szempontok fontosságát kifejező súlyszámok számítása és statisztikai vizsgálata. *Haditechnika*, 2006/2. pp. 11–16.
- Harmos Zoltán: Gyakorlati ballisztika. Budapest, A szerző kiadása, 1941.
- Voyiadjisa, Z. – George, Deliktas – B., Palazotto, A. N.: Thermodynamically consistent coupled viscoplastic damage model for perforation and penetration in metal matrix composite materials. *Composites: Part B* 40, 2009., pp. 427–433.