

IX. Évfolyam 3. szám - 2014. szeptember

Gávay György - Gyarmati József - Kalácska Gábor-
Sebők István - Szakál Zoltán
gavay.gyorgy@uni-nke.hu

LÖVEDÉK PÁNCÉLLEMEZEN TÖRTÉNŐ ÁTHALADÁS METALLOGRÁFIAI VIZSGÁLATA

Absztrakt

A cikk lövedékekkel roncsolt páncéllemezek metallográfiai vizsgálatát mutatja be. A kutatás során különböző típusú és különböző sebességű lövedékekkel roncsolt szintén különböző anyagösszetételű acél és páncéllemezek kristályszerkezetében történő változások lettek vizsgálva. Az egyes lemezek védelmi képességéről, hiteles méréseken alapuló eredmények születtek.

This paper shows a metallographic test of different plates which were hit by bullets. During the research the changes of crystal structure of different kind of steel was examined using different types of bullets. The other important aim of the research was to define the defense capabilities of the different plates and armors based on authentic measurement.

Kulcszavak: *védelmi képesség, páncél, anyagvizsgálat ~ defense capabilities, armor, material testing*

1. BEVEZETÉS

A Nemzeti Közsolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Logisztikai Intézet, Haditechnikai Tanszék és a Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar, Gépipari Technológiai Intézete közös kutatást indított, amely a lövedékkel roncsolt páncéllemezek vizsgálatát tűzte ki fő célul [1]. A témával a kutatóműhely sikeresen pályázott a Nemzeti Közsolgálati Egyetem rektora által kiírt „Egyetemi Kutatóműhely támogatása” című pályázatra, amely így a kutatás anyagi fedezetét biztosította.

A kutatás kiindulópontja volt, hogy a lövedék által roncsolt lemez metallográfiai vizsgálatával hazai és a nyilvános külföldi irodalom nem foglalkozik. Rendelkezésre állnak szabványok, de ezek csak a lövedékálló védőmellények védelmi képességének az ellenőrzésével foglalkoznak. [2] [3] Ezen szabványok lényegében csak a vizsgálati körülmények leírását valamint a mérési eredmények értékelését írják elő. Nincs viszont semmi olyan hazai kutatás vagy kifejlesztett eljárás, amely a lövedékkel roncsolt anyagokban történő változások leírásával és ezáltal a védőképességük változásának meghatározásával foglalkozna. Ennek megfelelően nincs semmi olyan hazai és MH által elérhető eljárás, amely a fémes és nemfémes páncélzat védőképességének az időbeni változásával foglalkozik.

Az elmúlt évtized háborúi, amelyekben a Magyar Honvédség is rész vett, a védelmi képességek fokozására vonatkozó igény megfigyelhető volt mind hazai mind pedig a szövetséges haderők részéről. A felhasználói igény valamint annak szinte folyamatos növekedése indokolta számunkra a hazai felhasználó és kutató számára nem kellőképpen ismert illetve el nem érhető terület tudományos igényű kutatását.

2. KUTATÁSI CÉLOK

A kutatás során az alapvető célkitűzésünk fémes anyag lövedékkel történő átütési folyamatának leírása volt. Ezen belül meghatározó volt a roncsolt lemezek kristályszerkezetében történő változások azonosítása. A munkamegosztás a két intézmény között a rendelkezésre álló anyagi és humán erőforrás alapján történt. A NKE HHK a metallográfiai vizsgáló laboratóriumában vizsgálatok elvégzéséhez szükséges csiszolatok legyártását, valamint kísérleti lövészetek megszervezését végezte. A minták elemzését és az ide vonatkozó következtetések levonását a Szent István Egyetem kutatói végezték.

A kutatási célok részletesen a következők voltak:

- a fémkristályokban bekövetkező változások leírása;
- a hatásvonal megállapítása;
- horpasztás esetén a deformáció és az szerkezeti változás alapján a védőképesség csökkenésének megállapítása;
- egyes a Magyar Honvédség által használt páncélok védelmi képességének megállapítása;
- egyes a Magyar Honvédségben használt töltények hatásadatainak megállapítása.

A fenti lista utolsó két kutatási célja mintegy kiegészítő célként és ennek megfelelően kiegészítő eredményként jelent meg. A kísérletekre két különböző típusú páncéllemez állt rendelkezésre. Az első a Magyar Honvédség által is használt páncél, ez a továbbiakban „A” páncélként kerül megnevezésre. A második pedig egy korszerű páncél, amely „B” lemezként kerül megnevezésre. Az „A” páncél 8 mm vastagságú, a „B” páncél pedig 6,5 mm vastagságú volt.

Referenciaanyagként egy kereskedelmi forgalomban kapható és minőségi tanúsítvánnyal rendelkező 8 mm vastagságú melegen hengerelt acéllemez lett kiválasztva.

A vizsgáló töltényeknek a Magyar Honvédségben rendszeresített puska és karabélytöltény lágyacél magvas és páncéltörő változata lett kiválasztva.

A vizsgálatba bevont lőszer:

- 7,62×54R mm LPSZ;
- 7,62×54R mm B32;
- 7,62×39 mm BZ.

A páncéllemezek különböző sebességgel lettek meglőve. A becsapódási sebességek megtervezésekor a következő elveket lettek figyelembe véve:

1. Legyen átütés és legyen horpasztás.
2. A roncsolt lemezek legyenek összevethető, vagyis a lehetőségek függvényében azonos eredménnyel legyenek a különböző lemezek azonos típusú és sebességű lövedékkel meglőve.
3. Részeredményként álljon rendelkezésre az a sebességtartomány, amely alatt nincs átütés, vagyis a lemez védelmet nyújt.

A rendelkezésre álló keret nyolc óra lőtérbérléssel tett lehetővé, ezen felül korlátozott volt a rendelkezésre álló minta, ezért a kétfajta ürméretre tartozó fegyverek, vagyis a géppuska illetve a gépkarabély lőtáblázata szerinti torkolati sebességével lett kezdve a lövészet és innen lett csökkentve mindaddig amíg, az átütés helyett már csak horpasztás történt.

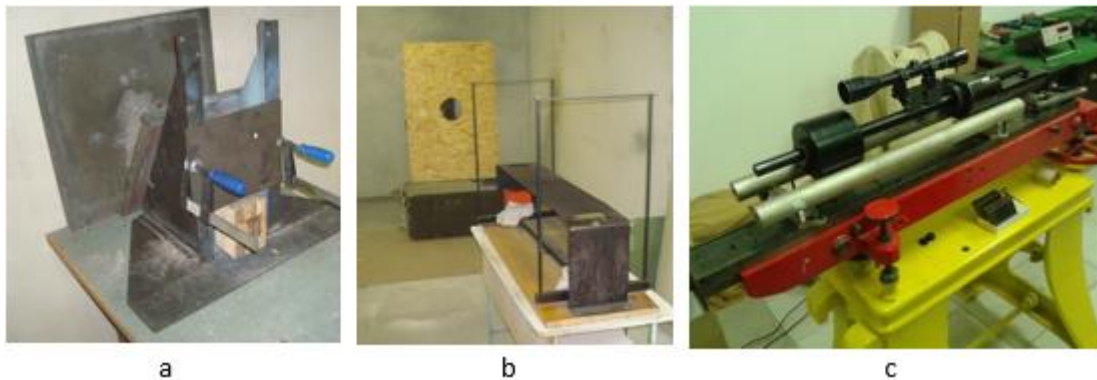
A mérés hitelessége céljából minden lövés azonos lőszerrel és töltettel azonos lemezre három alkalommal lett elvégezve.

3. A KUTATÁS MENETE

A kutatás az alábbi pontokban leírtak szerint sorrendben és tartalommal történt.

Lövészet

A kísérleti lövészet végrehajtására a Polgári Kézilőfegyver és Lőszervizsgáló Kft. lőtere lett kibérelve. A kft. a lövészethez biztosította a löszert az általunk előírt torkolati sebességnek megfelelő tömegű löportöltettel szerelve. A lövészet ballisztikai mérőcsőből lett végrehajtva. A mérési helyszínét a 1. ábra mutatja.



1. ábra. A Kísérleti lövészet helyszíne¹
a: befogott céltárgy; b: fénykapu; c: ballisztikai mérőcső irányzókkal

Mechanikai vizsgálatok

A referencialemez a kereskedelmi forgalomban kapható melegen hengerelt 8 mm vastagságú acéllemez volt, ehhez a szállító minőségi tanúsítványt adott, ezért itt a mechanikai vizsgálatok elvégzése nem volt szükséges.

¹ Helyszín Polgári Kézilőfegyver és Lőszervizsgáló Kft. Saját felvétel.

Az „A” lemez esetében az anyag tulajdonságainak a megállapításához a Szent István Egyetem Gépészmérnöki Kar Tudástranszfer központjában mechanikai vizsgálatok lettek elvégezve. A vizsgálatok során mért értékeket az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat. Az „A” páncél mechanikai tulajdonságai [4]

	Rp0,2 [N/mm ²]	Rm [N/mm ²]	E [GPa]	HV30 [-]
Max	1361	1645	187	456
Min	1325	1564	176	401
Átlag	1335	1603	181	425

A további elemzésekhez szükséges volt a lövedék magjának keménysége, ezért a már kilőtt lövedékek magjain keménység lett mérve, az értékeket mutatja a 2. táblázat.

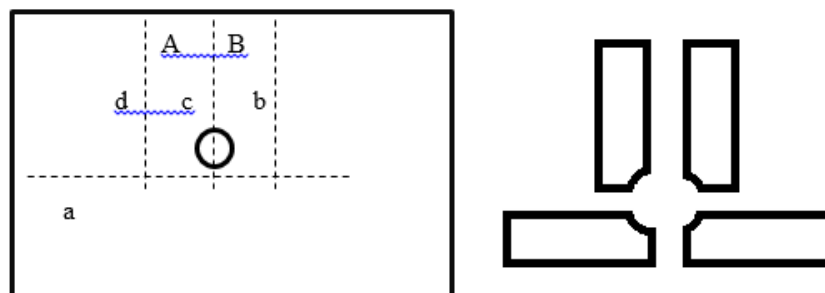
2. táblázat. A kísérletbe bevont lövedékmagok kilövés utáni keménysége HV30 (az LPSZ esetén a felkeményedett mellső rész adatai)

	7,62×54Rmm LPSZ	7,62×54Rmm B32	7,62×39 mm BZ
Max	225	938	976
Min	193	831	759
Átlag	203	905	885

A „B” lemez esetében az anyag olyan keménységgel rendelkezett, hogy sem az NKE HHK sem pedig a SZIE műhelyeiben a megmunkálása és a próbatest gyártása a megfelelő szerszám illetve technológia hiányában nem volt lehetséges, ezért a mechanikai vizsgálatok itt elmaradtak.

Lemezek előkészítése a mintagyártáshoz

A csiszolatok gyártásához a már meglőtt lemezeket elő kellett vágni olyan mértékben, hogy a további feldolgozáshoz alkalmas legyen. A vágási mintát mutatja az 2. ábra. A vágást, mivel a vágási felület közel esett a csiszolt és vizsgált felülethez, a kristályszerkezetben esetlegesen lezajló és a mintát befolyásoló szerkezeti változások elkerülése végett olyan feltétellel kellett elvégezni, hogy a hőmérséklet ne emelkedjen 200 °C fölé. Ennek megfelelően csak a gépi illetve kézi fűrészelés és az abrazív vízsugaras vágás jöhetett szóba. A referencialemez és az „A” páncél vágása az NKE HHK-n fűrészeléssel megoldható volt. A „B” páncél elővágása annak rendkívül magas keménysége miatt megrendelésre, vízsugaras vágással lett elvégezve.

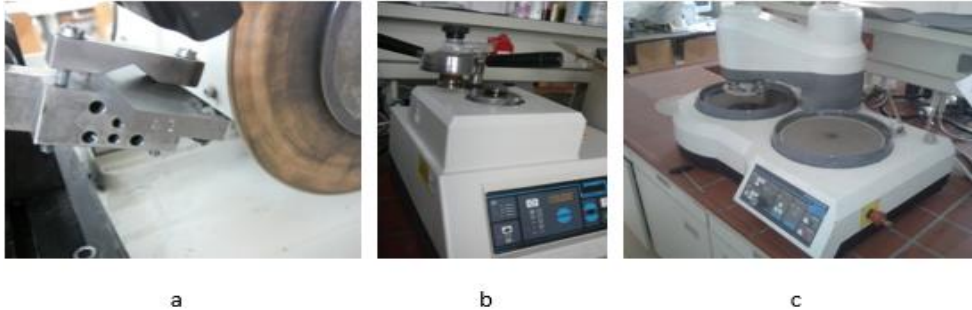


2. ábra. A lemezek elővágása [4]

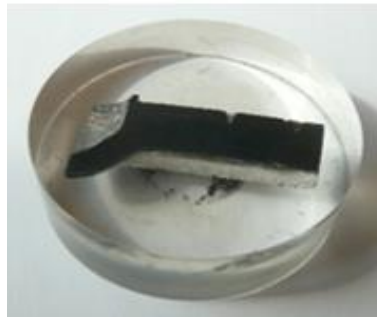
A vágás a 2. ábra „a”, „d” és „b” éle mellett történt, hogy a 2. ábra jobb oldalán levő mind-arabok kialakítása lehetővé váljon. A kialakítás lehetővé tette, hogy a „c” él mentén és az arra merőleges „a” éllel párhuzamos felülettel a lemez hengerelési irányára és arra merőlegesen is elvégezhető legyen a vizsgálat.

Beágyazott minták gyártása

A minták a NKE HHK metallográfiai laboratóriumában lettek legyártva. A kutatás során 100 db beágyazott minta készült. A mintagyártás precíziós vágásból, beágyazásból és csiszolásból állt. A felhasznált berendezéseket mutatja a 3. ábra. A végterméket a már vizsgálható beágyazott mintát a 4. ábra mutatja.



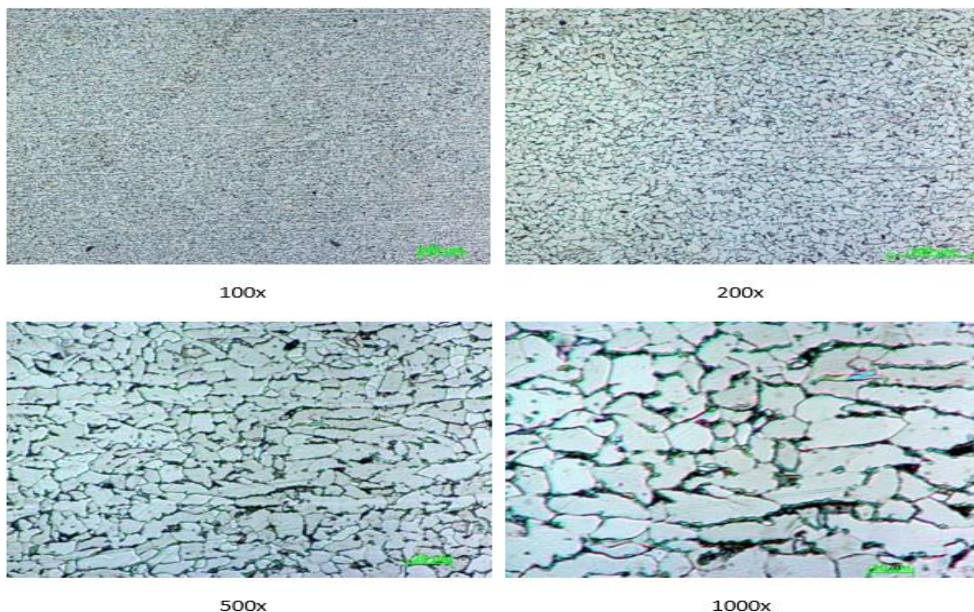
3. ábra. A mintagyártás
a: precíziós vágás; b: beágyazás; c: csiszolás



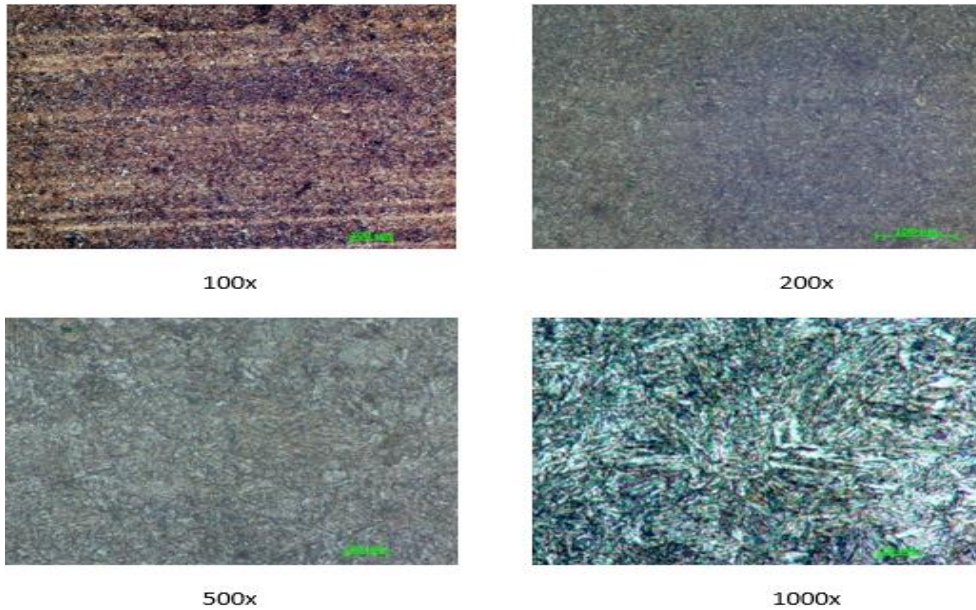
4. ábra. Beágyazott minta

A minták elemzése

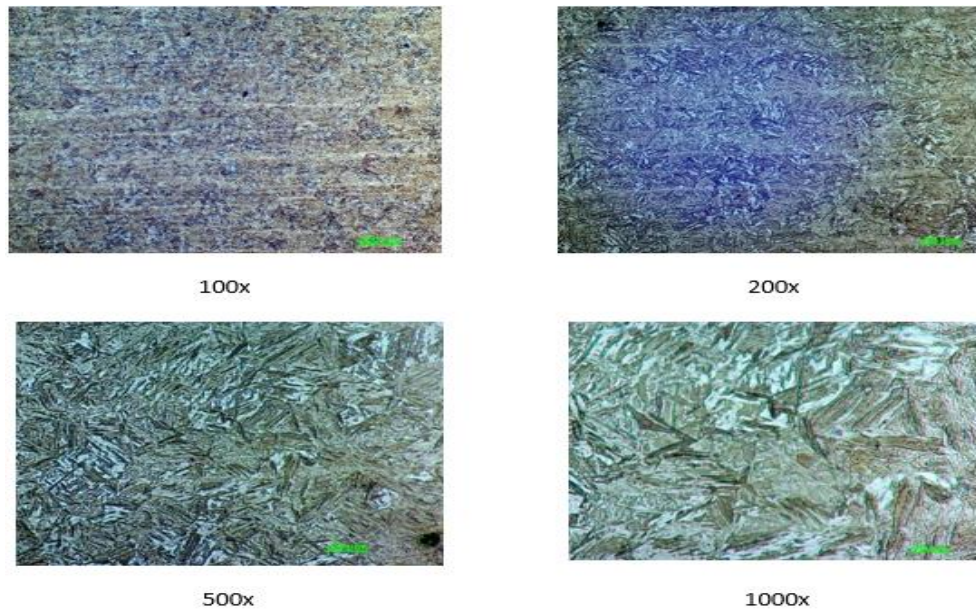
A minták elemzése a SZIE Gépészmérnöki karán lettek elemezve. A beágyazott mintákat maratás követően fémmikroszkóppal lettek vizsgálva. Az 5., a 6. és a 7. ábra a vizsgált anyagok nem roncsolt felületeinek különböző nagyítású képeit mutatják.



5. ábra. Referencia anyagból készült csiszolat mikroszkópi képe 100-1000x nagyításban [4]



6. ábra. Az „A” páncél csiszolatnak a mikroszkópi képe 100-1000x nagyításban [4]



7. ábra. A „B” páncél csiszolatának mikroszkópi képe 100-1000x nagyításban [4]

3. EREDMÉNYEK

A kutatómunka során sikerült egy, a szabványokat felhasználó, de annál részletesebb áthatolásvizsgálati módszert kifejleszteni. Ez a módszer továbbfejleszthető, a céanyag repeszhatásának, valamint a szerkezeti torzulásának szimulációs vizsgálatára.

A lövedékek becsapódásának vizsgálatokor megállapítást nyert a két páncél anyag védelmi képessége a gyalogság ellen alkalmazott 7,62 x 54R mm LPSZ lőszer lágyacél-magvas lövedéke ellen, mivel lőtávolságtól függetlenül egyetlen esetben sem történt áthatolás. Tehát mindkét páncéllemez teljes védelmet nyújt a lágyacél-magvas lövedékekkel szemben.

A lövészet során fénykapu segítségével a lövedék sebesség lett mérve. Mivel ezen értékek nehezebben értelmezhetők, ezért a [5] és a [6] irodalmakban található lőtáblázatok alapján a sebességértékekhez a jobb érthetőség érdekében hozzávetőleges lőtávolságok lettek megadva.

A tesztlövészet során sikerült olyan lőtávolságokat szimulálni páncéltörő 7,62 x 39mm BZ gépkarabély lőszerrel, amelyek esetében az adott lövedék a céanyagban megakadt. Ez az „A”

páncél esetében 100 méteres lőtávolságnak megfelelő sebességű lövedék esetében volt. Ekkor lövedék energiája a páncélanyag a folyáshatára és a szakítószilárdsága közötti tartományhoz szükséges erőhatást generált. Tehát ez a páncél 100 méteres lőtávolságon felül nyújt csak védelmet a 7,62 x 39 mm BZ lövedék ellen.

A „B” páncél esetén a vizsgált lőtávolságok és különböző lövedékmagok alkalmazásával sehol sem akadt meg a lőszer. A lágyacél-magvas lövedékek esetében torkolati szinten sem volt átütés, míg a páncéltörő lövedékek torkolati szinten teljes átütést produkáltak minden alkalommal, így nem sikerült egyértelműen feltárni, hogy hol van az adott lőszer esetén az a határ távolság, amely felett már védettség van. A későbbiekben a lőtávolságok kisebb léptékű felosztásával valószínűleg megállapítható lenne ezen anyag esetén is az az energiájú lövés, amely esetén éppen átszakad a lemez, de a lövedék meg nem hatol át. Az BZ lövedék 100 m-es lőtávolságnak megfelelő sebesség esetében teljes átütést produkált, ha ezt összevetjük az „A” páncéllal, ahol hasonló sebességű három lövedékből kettő fennakadt és egy ütötte csak át, akkor úgy tűnhet, hogy az „A” páncél nagyobb védőképességgel rendelkezik. Viszont figyelembe kell venni, hogy a „B” páncél 1,5 mm-el vékonyabb, és a kettő védelmi képességének az egyértelmű összevetéséhez (amennyiben ez szükséges) statisztikailag is értelmezhető lövésszámra van szükség. A „B” páncél tehát az LPSZ lövedék ellen teljes védelmet nyújt, de egyik páncéltörő lövedékek ellen sem nyújt védelmet 100 m-es lőtávolságon belül.

A lemezek védőképességét összegezve a páncélok teljes védelmet nyújtanak a lágyacélmagvas lövedékű és legfeljebb 7,62 mm ürméretű csőhöz tartozó lövedékekkel szemben. Az MH által is használ „A” páncél csak mintegy 100 m lőtávolság felett nyújt védelmet az ugyancsak 7,62mm-es lövészfegyverek páncéltörő lövedékeivel szemben. Itt még egyszer meg kell jegyezni, hogy ez a kutatásnak csak egy részeredménye, a pontos lőtávolságok megállapításához további lövészetre van szükség.

Az „A” páncél anyag a horpasztással járó lövés esetén (7,62 x 54R mm LPSZ lőszer lövedéke torkolati sebességgel) a becsapódáskor roncsolt felülethez közel, maximum 1 mm-es távolságban deformálódik. A horpadás mélysége, illetve a lemez hátoldali felületén kialakult domború felület magassága a legkisebb lőtávolságon a legnagyobb, de ez esetben sem éri el a 0,1 mm-t. A páncéllemez felületén keletkezett zömölt rétegen kívül jelentős anyagszerkezeti változás nem következik be. A deformációs zónában a hengerlési szálak torzulnak, azonban a zónán kívül az anyag szerkezete sértetlen. A lemez által nyújtott védelmi képesség egy lövés esetén a lövedék becsapódásának helyén, és annak közvetlen környezetében nem változik. A lemez által lövedék áthatolás nélkül elviselhető lövések száma ugyanazon a helyen, vagy adott távolságon belül további vizsgálatok tárgyát képezi. Az „A” páncéllemezen, a 7,62 x 39 mm BZ lőszerrel végzett kísérletek során, a 100m-es lőtávolságon lehetett olyan eredményt felmutatni, ami alapján valószínűsíthető a védelmi képesség egyik határa. Ennek jelentősége, hogy milyen lőszer ellen, milyen távolságból nyújt védelmet egy harcjármű.

A löszerek alkalmazásának szempontjából egyértelművé vált, hogy az „A” páncéllemez védelmi képességével szemben az 7,62 x 54R LPSZ lőszer lövedéke még torkolat sebesség esetén is teljesen hatástalan. A lemezen okozott deformáció a védelmi képesség csökkentésének szempontjából nem jelentős. Ennek mértékének pontos meghatározása további vizsgálatokat igényel. A kidolgozott módszer lehetőséget ad a páncéltörő löszerek hatásos, átütést biztosító lőtávolságának megállapítására. Ez a 7,62 x 39 mm BZ lőszer esetében 100 m-es lőtávolság körüli érték. A lehető legpontosabb hatásos lőtávolság meghatározása szintén további vizsgálatokat igényel.

A „B” páncél anyagnál ugyanezen esetben (ugyanakkora energiájú becsapódás mellett) nem csak a felület közelében deformálódik az anyag, hanem „gumiszalag” módjára megnyúlik az anyag teljes keresztmetszete, így az a lövés hátoldalán is jól látható nyomot hagy. Repedések, amelyek repeszhatás okozhatnak, egyik esetben sem keletkeznek, azonban a „B” páncél anyagon 7,62 x 54R mm LPSZ lőszer, 10 m távolságú lövés esetében a horpasztási zóna szélénél

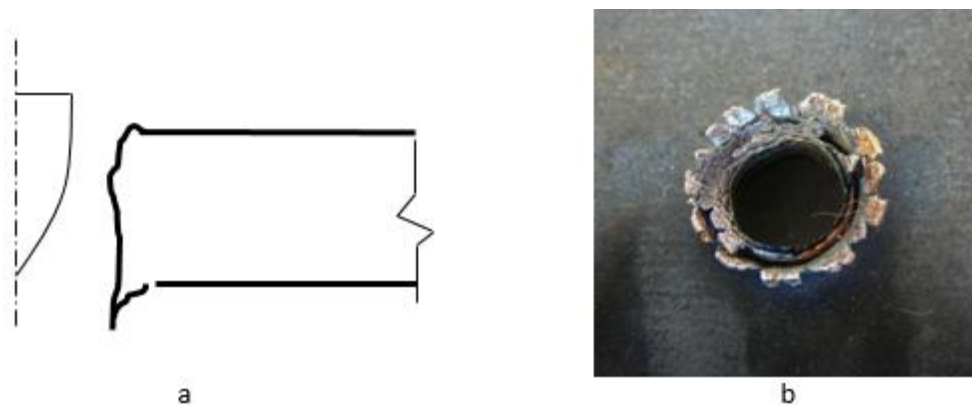
repedések jelennek meg az anyag belseje felé. Ebből új kutatási cél fogalmazható meg miszerint: Milyen mértékben kell növelni az energiasűrűséget, hogy a páncéllemeznél lényegesen kisebb keménységű lövedék megrepessze és átüsse a lemezt?

A tesztlövészetet követően - a korábban leírt módon - a roncsolt célsanyagokból mikroszkópos vizsgálatok elvégzésére alkalmas csiszolatok lettek készítetve. Az elkészített csiszolatok elemzése során a roncsolt célsanyagokat a deformációk alapján három különböző csoportra lehetett felosztani:

- a vizsgálati körülmény hatására szívósan viselkedik az anyag (van áthatolás);
- a vizsgálati körülmény hatására ridegen viselkedik az anyag (van áthatolás);
- horpasztás (nincs áthatolás).

Az áthatolással járó csoportokba tartozó sérülések más jellegűek, de megállapítható, hogy az anyagszerkezeti változások deformációs zónájának határa egyik esetben sem több mint 2 mm a sérülés peremétől mérve, a páncéltörő lövedék magjának középpontjától (a találat középpontjától) mérve 5 mm. A sérülések minősége azonban a lőtávolságok, az alkalmazott lövedékek, illetve a céltárgyak minőségének függvényében eltért. Azonos lőszer, azonos célsanyag, de különböző lőtávolság esetében megfigyelhető az anyagszerkezeti változások mértékének eltérése.

A csiszolatok alapján, megállapítható, hogy lágy referenciának használt anyag áthatolós lövése esetén az alkalmazott lőszer típusok esetén, abban nem keletkeznek repedések a lövedék okozta lyuk környezetében, így repeszhatással nem, vagy csak csekély mértékben kell számolni. A lövedék okozta deformációs sebesség az áthatolás egyetlen szakaszában sem haladja meg az anyagra jellemző kritikus értéket, amely hatására ridegtörés következne be. A lövedék behatolás pillanatában a lemez és lőszer találkozási során egy kráteres felgyűrődés keletkezik, majd a lövedék behatolása során tolja maga előtt az anyagot, amelyben a megnövekedett terhelés hatására az anyag folyáshatárát meghaladó feszültség keletkezik. A lőszer áthaladása során valószínűleg nem tölt ki maga előtt jelentős anyagot, hanem azt a környezetébe deformálta. Az áthatolást a 8. ábra mutatja.

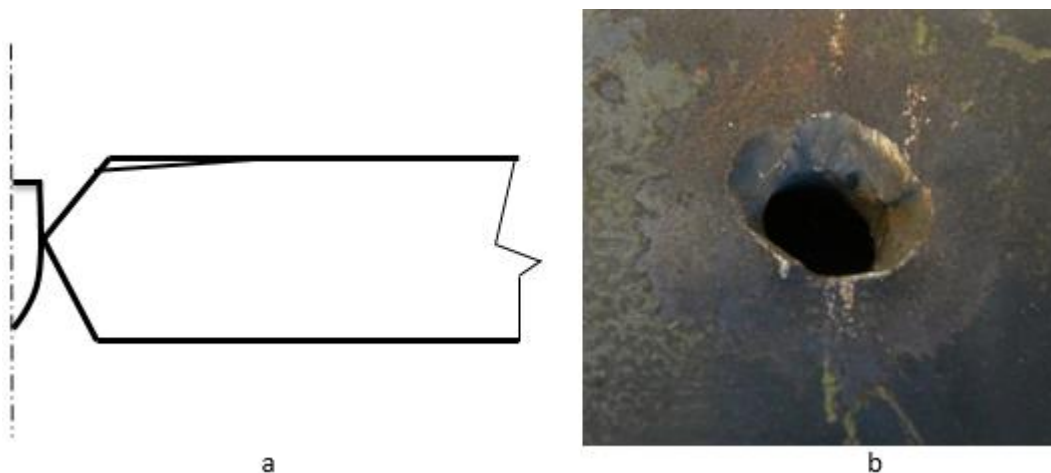


8. ábra. Referencia lemez átütése
a: elvi vázlat; b: fénykép

A páncélanyagok a nagyobb szilárdság elérése érdekében közel 0,3 % C-t, és 1,2 -1,3% Mn-t tartalmaznak. Ezek az anyagok a gyengén ötvözött acélok kategóriájába sorolhatóak, aminek hatására a szívóosságuk, alakváltozó képességük megmarad, miközben hőkezelés hatására a szilárdságuk jelentősen javul. A két páncélanyag közel hasonló összetételű a csiszolatok mikroszkópi képein jól látható a hasonló martenzites szerkezet, amely a hőkezelésnek köszönhető. A „B” páncél anyag teljes keresztmetszete homogén, ellenben az „A” páncél anyag felületén anyagszerkezeti változás figyelhető meg. Az „A” páncél anyag mind a két felületén egy lágyabb ferrites anyagszerkezet látható maximum 0,1 mm mélységig.

Áthatolós lövés során a vizsgált páncél anyagok mindegyike először egy maradó alakváltozást szenved, amely során az anyag belsejébe hatoló lövedék gumiszalag módjára torzítja a hengerlési szálakat. A BZ és B32 lövedék magja nem torzul (a lövések után gyűjtött ép hegyű lövedékmag alapján), ezáltal a hegyénél kialakuló helyi feszültségcsúcs hatására repedéseket hoz létre az anyag egy pontján. A repedéseket kitágítva a lövedékmagja továbbhalad, de ekkor már ridegen kiszakítja az előtte lévő anyagmennyiséget, ezzel repeszhatást okozva. A kiszakított anyagrész környezetében a hengerlési szálak elhajlanak.

Legtöbbször anyag vastagságának középső részén található a kialakult lyuk legszűkebb része, amely az anyag túlsó oldala felé haladva tölcészerűen szélesedik. A lyuk legkisebb része a lövedék magjával megegyező méretű, így az áthaladása során súrlódás lép fel az anyagok találkozásánál. A kialakult súrlódás a lövedék magjának hátsó részét leszakítja. A lövés után gyűjtött páncéltörő magok mindegyikének le van szakadva a hátsó része. Ez a leszakadt rész is áthatol az anyagon, azonban a súrlódás okozta húzófeszültség hatására kettéválik. A átütött páncélananyagokat és az átütés keresztmetszetét mutatja a 9. ábra.



9. ábra. Átütött páncéllemez
a: elvi vázlat; b: fénykép

A 7,62 x 54R mm B32 lőszeres esetében az anyag belépő oldalán lövedék köpeny részéről anyagfeltapadás látható, míg 7,62 x 39 mm BZ lőszeres esetén ez kevésbé jellemző.

Olyan esetben, amikor a lőszer áthatolása megtörténik, akkor az „A” páncél anyagban a keletkezett lyuk környezete sima, csak néhány esetben látható a lyukkal párhuzamos repedés, amely továbbterjedve minden valószínűség szerint további repeszhatást idézne elő. Ugyan ezen energiájú lövések esetén, ha van áthatolás, akkor a „B” páncél anyag esetében legtöbbször az alapanyag gyártása során kialakult hengerlési szálakkal párhuzamos repedések jelennek meg. A becsapódási energia növekedésével a hengerléssel (a lap síkjával) párhuzamosan kialakult repedésekre merőleges az anyagrész kiszakadását okozó újabb repedések jelennek meg. A lőszer magjának áthaladása során fellépő az „A” páncél anyagénál nagyobb súrlódás következtében, amelyet valószínűleg az anyag nagyobb szilárdsága miatt nagyobb lőszermagot szorító erő miatt alakul ki, a hengerlési rétegek elszakadnak egymástól. Így a „B” páncél anyag esetében a kisebb keresztmetszet ugyanakkora áthatolási védelem mellett, ha bekövetkezik a lövedék áthatolása, nagyobb repeszhatás lép fel.

Az LPSZ lágymagos lőszeres áthatolása során a lövedék magja miközben behatol a cél tárgyba és ott maradó alakváltozást okoz, maga is deformálódik. A mag deformációja jelentős mértékű, a kialakult „gombás” alak mérete, a lövedék eredeti keresztmetszetének mintegy kétszerese. Gombásodott lágycél-magvas lövedékeket mutat a 10. ábra.



10. ábra. Gombásodott LPSZ lövedékek

3. ÖSSZEFOGLALÁS, TOVÁBBI KUTATÁSI CÉLOK

A jelenlegi munkában a nagyszámú és széles spektrumú, lőtéri vizsgálatok mellett sikerült feltérképezni a vizsgált anyagokon, a lövedék becsapódásának vagy áthatolásának következményeit. Lehetőség van a lövedék becsapódás hatásának számítógépes szimulációjára azonban ehhez szükséges a jelenlegi munka alapján további, de már szűkített tartományú vizsgálatok elvégzése. A Haditechnikai Kutatóműhely kísérleti és kutatási tevékenysége során megteremtette azokat az alapokat, amelyek vizsgálatsorozat lehetséges kibővítését, folytatását szolgálják. A további kutatási irányok lehetnek:

- számítógépes szimuláció számára adatszolgáltatás különböző lőtávolságok esetén (különösen a páncéltörő löszerek több típusával folytatott kísérletek eredményeinek összesítése, abból a szempontból, hogy milyen távolságon nyújt védelmet a célanyagból kialakított ballisztikai védőelem);
- a ballisztikai védőelemek kialakításakor szükséges, de anyagszerkezeti változást okozó munkák következményeinek vizsgálata különböző lőtávolságok esetén (a páncélozott járműveken az utólagosan felszerelt vagy hegesztett eszközök gyengíthetik a védelmi képességeket, ennek feltérképezése fontos terület lehet);
- repeszhatás vizsgálata adott lövedéktípus esetén különböző lőtávolságokon (a becsapódó, vagy áthatoló lövedék mozgási energiájának egy részét a páncéltől leváló repesznek, melyek sebesítő hatását érdemes vizsgálni);
- az áthatoló lövedék pályájának, mozgásának, energiájának, ölü illetve sebesítő hatásának vizsgálata lőtávolság, löszertípus és a célanyag függvényében.
- a páncéllemez védőképességének vizsgálata (mekkora lőtávolságon akad meg a lövedék a páncéllemezben, löszertípus, lőtávolság illetve páncéllemez anyag és vastagság függvényében)
- a növekvő lőtávolság során a csökkenő sebességű lövedék által okozott torzulás mértékének vizsgálata, a lemezek hengerlési-szál torzulásának mérésével.

A becsapódások, áthatások felvétele gyorskamerával lehetővé teszi a lövedék, a páncéllemez, az esetleges repeszek mozgásának vizuális rögzítését. Méretbeosztással rendelkező háttér elhelyezésével az időparaméter rögzítésével a mozgó szilánkok, vagy lövedék sebessége kiszámítható.

Felhasznált irodalom

- [1] Sebők, I., Gávay, G. Destructive testing of metallic and non-metallic material
MECHANICAL ENGINEERING LETTERS: R AND D: RESEARCH AND
DEVELOPMENT 9: pp. 28-33. (2013)
- [2] MSZ K Standard 1114-1 (1999) Body armours. Bulletproof vests
- [3] NIJ Standard 0101.06 (2008) Ballistic Resistance of Body Armor
- [4] Gyarmati, J., Kalácska, G., Szakál, Z., Gávay, G. – Sebők, I., Lövedék páncéllemezen
történő áthaladás metallográfiai vizsgálata, Tanulmány, Nemzeti Közszerológati Egyetem
„Egyetemi Kutatómühely Támogatása” Pályázat, Támogatási szerződés száma: NKE -
SIRH-PI-10-3/2013 Budapest, 56 p., 2014.
- [5] Lőfe/104, 7,62 mm-es PKM és PKMSZ Kalasnyikov géppuska anyagismereti és
lőutasítása, Honvédelmi Minisztérium, 1976.
- [6] НАСТАВЛЕНИЕ по СТРЕЛКОВОМУ ДЕЛУ 7,62-мм МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ
АВТОМАТ КАЛАШНИКОВА (АКМ и АКСМ) Издание третье, исправленное и
дополненное Ордена Трудового Красного Знамени ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СССР Москва -1970