

Ballisztikai kerámiába becsapódó lövedék kinetikai energiájának vesztese a védőképesség egyik feltétele

Eur.Ing. Frank György c. docens
Testpáncélok és lövedékálló, repeszálló, szűrásálló védőanyagok SzVMSzK szakértő
SzVMSzK Szakmai Kollégium elnöke

***Testpáncélok beszerzésekor
ki kell választani az ajánlatokból
a lehető legnagyobb biztonságot
kínáló védőeszközt.***

A kerámia, a rendkívüli keménysége miatt, kiegészítve egyéb rétegekkel (trauma csomag, lövedékálló védőbetét) alkalmas arra, hogy megbízható védelmet biztosítson testpáncélokban puskatöltények lövedékei ellen. A nagyobb biztonság érdekében, elsősorban az anyag ridegsége miatt, törekedni kell arra, hogy nem „csak” lövedékállóság szempontjából történjenek vizsgálatok, hanem legyenek egyéb törésmechanikai anyagjellemző meghatározások is, amint azt tartalmazza az angol rendőrségi szabvány [1]. Ez a szabvány előírja a lövedékállósági vizsgálat mellé megadni: a kerámia típusát: a nyílt porozitást/égetett sűrűséget: a szemcse méretét/alakját: a keménységet: a rétegek ragasztó anyagát: a réteg számot (UHMWPE/ aramid stb).

Követendő annak a lengyel munkacsoportnak a kutatása is [2], amelynek megállapításai, többek között, a ballisztikai kerámiába becsapódó lövedék kinetikai (mozgási) energia vesztesére vonatkoznak. A tanulmány közread egy olyan tapasztalatokon alapuló összefüggést, amely alapján érzékelhető, hogy a roncsolódott lövedék repeszai és a ballisztikai kerámia rétegből kitört darabok kinetikai energia tartalma nem elhanyagolható nagyságú.

Ebben a cikkben, kiindulva a munkacsoport publikációjából, foglalkozom a ballisztikai kerámiába becsapódó lövedék lehetséges kinetikai energiáját elemesztő tényezőkkel, különös tekintettel a keletkezett repesz, szilánk és törmelék halmaz kinetikai energia tartalmának alakulásával.

A ballisztikai kerámia

Az Al_2O_3 oxidkerámia a leggyakrabban használt ballisztikai kerámia, ami a korszerű ipari kerámiák csoportjába sorolható, nemfémes, szervesetlen anyag. Tulajdonságait meghatározza, ez nyomon követhető az $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{CaO}$ háromalkotós rendszer diagramban, hogy az alapanyaghoz, a szilícium-dioxidhoz és az alumínium-oxidhoz, milyen mennyiségben adagolnak pl. égetett meszet (CaO).

Egy kereskedelmi forgalomban beszerezett ballisztikai kerámia vegyi összetétele, röntgendiffrakciós módszerrel (XRD) meghatározva [3, 4] :

CaO %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	MgO %	Na ₂ O %
1,69	4,73	92,82	0,57	0,19

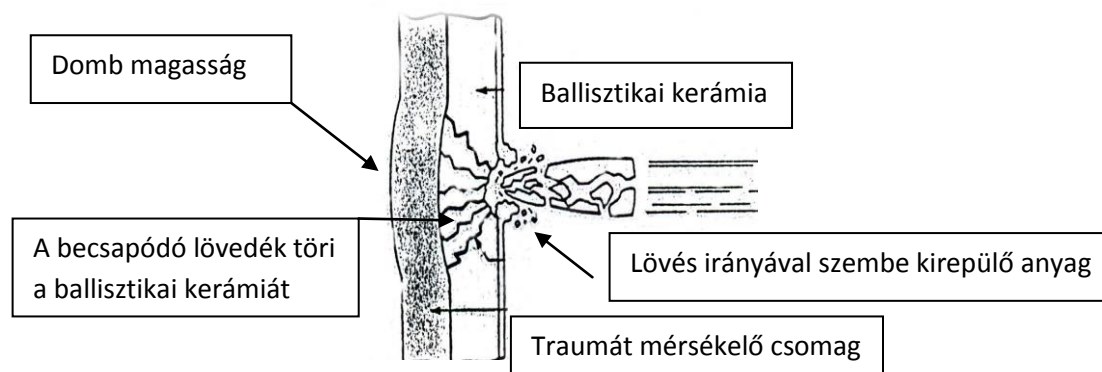
A ballisztikai kerámiától megkívánt tulajdonság a keménység, amely a kerámia ellenállási képessége egy keményebb tárgy behatolásával szemben. A ballisztikai kerámiába becsapódó lövedék roncsolódása a keménységgel szorosan összefügg. A gyakorlatban a keménységet meghatározzák:

- mikro keménység méréssel (Vickers H_v), amikor 136° csúcshögű négyzet keresztmetszetű gyémánt gúlat nyomnak, meghatározott terhelőerővel és terhelési idővel, a próbadarab mikroszkópban kiválasztott felületébe [5] ,
- vagy Rockwell-féle keménység (HRA) méréssel, amikor 120° csúcshögű gyémánt kúpot nyomnak a próbadarabra, először előterhelő erővel, majd az elmozdulás mérő nullázása után, adott ideig a főterheléssel. A behatolás mélységet a főterhelés elvétele után, az előterhelési erő hatása alatt mérik meg,
- vagy Mohs-féle 10 fokozatú karcolási keménységi skála segítségével.

A lövedék kinetikai energia vesztese

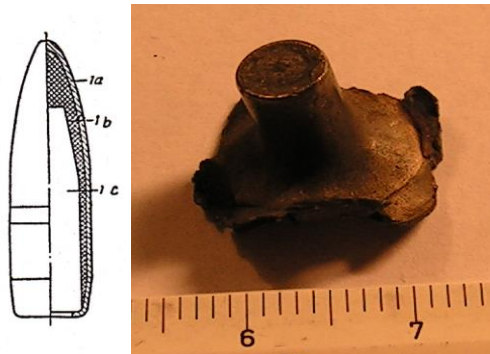
Egy védőeszközbe becsapódó, meghatározható nagyságú kinetikai energiával rendelkező puskatöltény lövedék védett felület előtt való megállításához, meghatározott nagyságú energia veszteséget kell előidézni a lövedéknél, a lövedék roncsolásával és a védőeszköz elemek roncsolásával. Ugyanis a roncsolásokhoz felhasznált energiák a becsapódó lövedék potenciális energiájának csökkenését eredményezik.

Másképpen fogalmazva, a becsapódó lövedék biztos megállításának energetikai kritériuma: ha, a védőeszköz elemek roncsolásánál és a lövedék roncsolásánál felhasznált energiák összege nagyobb mint a becsapódó lövedék kinetikai energiája.



A becsapódó lövedék és a védőeszköz elem roncsolódik és szilánkok, repeszek keletkeznek

A trauma csomagban a ballisztikai kerámia feladata, a kiegészítő védőbetét egyik elemeként, a meghatározott kinetikus energiával (E_b) becsapódó lövedéknek, olyan mértékű kinetikus energia veszteséget okozni a lövedék részek (1a, 1b) le törésével, a lövedékmag (1c) deformálásával (visszagyűrítés, gombásodás), a kerámia test roncsolódásával, hogy a maradék kinetikus energiával rendelkező repeszek (szilánkok), a lehető legnagyobb valószínűséggel, megállíthatóak legyenek a további rétegekben, a védett felület előtt.



A ballisztikai kerámiába becsapódott 7,62 x 39 (43M) PSZ töltény lövedék és a két védőeszköz elem illesztendő felületei között „megállított”, deformálódott lövedékmag (1c)
-Frank Gy. felvétele-

A becsapódó lövedéknek további kinetikai energia veszteséget okoz a lövedék becsapódási helyénél, a kialakuló repesztő nyomás hatására kialakuló „domb”. Itt feltétlenül értékelni kell azt a jelenséget, amit az elvégzett kísérlet alkalmával tapasztalni lehetett, hogy a védőbetét test felőli oldalán, a háttéranyagból (plasztilinből) kiszakadt anyag részek „fröcskölődtek” kisebb, nagyobb foltokban, a kiszakadt utolsó réteg mögötti védőbetét rétegre, a rétegen megnyílt nyíláson keresztül. Éles helyzetre gondolva, ebből a jelenségből az élőerő lehetséges sérülését lehet valószínűsíteni..



Ballisztikai kerámiában a 7,62 x 39 (43M) PSZ töltény lövedékek által létrehozott kráterek, szilánkok és a törmelék a kimeneti nyílások felől. Háttéranyagból (plasztilinből) kiszakadt anyag darabok – Frank György felvételei-

A lövedék becsapódási kinetikus energiája és a lövedék torkolati energiája (E_0) között a következő összefüggés áll fenn:

$$E_b = f(E_0, X, D, v_b) \quad \text{ahol:}$$

X = lövedék repülési út

D = levegő sűrűség (a hideg levegő sűrűbb és ez jobban akadályozza a lövedék haladását)

A becsapódó lövedék kinetikus energiájának nagysága:

$$E_b = \frac{m_{\text{löv}} \cdot v_b^2}{2} \quad [\text{J}]$$

Ahol:

$m_{\text{löv}}$ = lövedék tömeg

v_b = lövedék becsapódási sebesség

A lövedék kinetikus energia vesztésének alakulása a trauma csomagba való becsapódáskor, az egyneműnek, azaz teljes vastagságában azonos ellenállásúnak tekinthető monolit ballisztikai kerámia rétegben [2]:

$$E_b = A_1 + A_2 + A_3 + E_1 + E_2$$

Ahol:

A_1 = munka szükséglet a lövedék deformálásához, töréséhez

A_2 = munka szükséglet a ballisztikai kerámia deformálásához, töréséhez

A_3 = munka szükséglet a lövedék repeszeinek megállításához

$E_1 + E_2$ = kinetikus energia maradvány a lövedék repeszekben, a kerámia szilánkokban és a törmelékben

Tapasztalatokon alapuló összefüggések [2]:

$$\begin{aligned} A_1 &= (0,45 \dots 0,5) E_b \\ A_2 &= (0,02 \dots 0,03) E_b \\ E_1 + E_2 &= (0,4 \dots 0,45) E_b \end{aligned}$$

Ha eltekintünk a roncsolódásoktól és csak a puskatöltények adatai alapján elemezzük az $E_1 + E_2$ energiamennyiséget, az felette van az szakirodalomban [6, 7] fellelhető „ölőhatár” értékeknek.

Az $E_1 + E_2$ kinetikai energiát csökkenti, felemésztí:

- a lövedék becsapódásától, a lövedék megállásáig keletkező hőmennyiség,
- a lövés irányával szembe kirepülő anyagmaradvány halmaz energia mennyisége [8],
- a lövedék becsapódási helyénél, a „domb” kialakításához szükséges munka
- a kiegészítő védőbetét átütése esetén a védőbetét elemi szálainak szakításához, szétlétéséhez, részek kitépéséhez, rétegek összehegesztéséhez szükséges munka

A lövedék becsapódási kinetikai energiájának (E_b) felemésztése, csak jól megválasztott törésmechanikai anyagjellemzőkkel rendelkező szerkezetekkel lehetséges !

Összefoglalás

1. Törekedni kell arra, hogy lehetőleg szabványokkal is támogatott harcászati műszaki követelmény (HMK) írja elő a testpáncélokban alkalmazható ballisztikai kerámiát és az ellenőrzés protokollját. Már csak azért is, mivel „A rendszeresítésre tervezett hadfelszerelési anyagra, katonai védőeszközre vonatkozó HMK-t az alkalmazó határozza meg”[9].
2. A ballisztikai kerámia törésmechanikai anyagjellemzőinek ismerete a megfelelőség értékelésének egyik feltétele.
3. A trauma csomagban a ballisztikai kerámia feladata, a kiegészítő védőbetét egyik elemeként, a meghatározott kinetikus energiával becsapódó karabély vagy puskatöltény lövedéket roncsolni. Továbbá, olyan mértékű kinetikus energia veszteséget okozni a lövedék törésével, deformálásával, a kerámia test roncsolódásával, hogy a maradék kinetikus energiával ($E_1 + E_2$) rendelkező repeszek, szilánkok és a törmelék, a lehető legnagyobb valószínűséggel, már megállíthatók legyenek a további rétegekben, a védett felületek előtt.
4. Figyelemmel az $E_1 + E_2$ kinetikus energiák lehetséges nagyságaira, a karabély- és puskatöltény lövedéke elleni védelemre, csak a több rétegből (multi-layer) összetett védőeszköz alkalmazása lehet megnyugtató.

Felhasznált irodalom

1. HOSDB Body Armour Standards for UK Police (2007) Part 1: General Requirements. Page 7.
2. St. Asenov, L. Lakov, Kr. Toncheva: PROMISING CERAMIC MATERIALS FOR BALLISTIC PROTECTION *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 48, 2, 2013, 190-195
3. Frank György Eur.Ing.: Lövedékálló védőmellényekben alkalmazható ballisztikai kerámia megfelelőségének vizsgálata röntgendiffrakciós (XRD) módszerrel. BOLYAI SZEMLE 2011. 1. szám. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Hadmérnöki Kar Budapest.
4. Frank György Eur.Ing.: Ballisztikai kerámiából és trauma csomagból összetett kiegészítő védőbetét elemzése „bizalomerősítő” vizsgálatok alapján. RENDVÉDELEM 2014/1. szám. BM Oktatási, Kiképzési és Tudományszervezési Főigazgatóság Online folyóirata. Budapest.
5. Frank György Eur.Ing.: A lövedékálló védőmellény alapanyagai és a degradáció veszélye. A ballisztikai kerámia laboratóriumi vizsgálata. BOLYAI SZEMLE 2009. 3. szám. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Hadmérnöki Kar Budapest.
6. Frank György Eur.Ing.: Páncélozott pénz-és értékszállító biztonsági gépkocsik. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar. Páncélos, Gépjármű és Közlekedési Tanszék. Jegyzet 75. old. Budapest. 2000.
7. Földi Ferenc: Gondolatok a hatásosságról a kézi lőfegyverekkel vívott tűzharc szemszögéből kiemelten a mesterlövészek tűzharcára. Hadmérnök. I. évf. 3. szám – 2006.
8. Back-splatter effect - P.Platak. Military University of Technology-Poland
9. 1/2009.(I.30.) HM rendelet 13.§ (2) bek.