

A lövedékálló védőmellény

ballisztikai kerámia + traumát mérsékelő rétegeinek elemzése

Eur .Ing. Frank György c. docens

az SzVMSzK Szakmai Kollégium elnöke, „SzVMSzK mérnök szakértő” (B5)

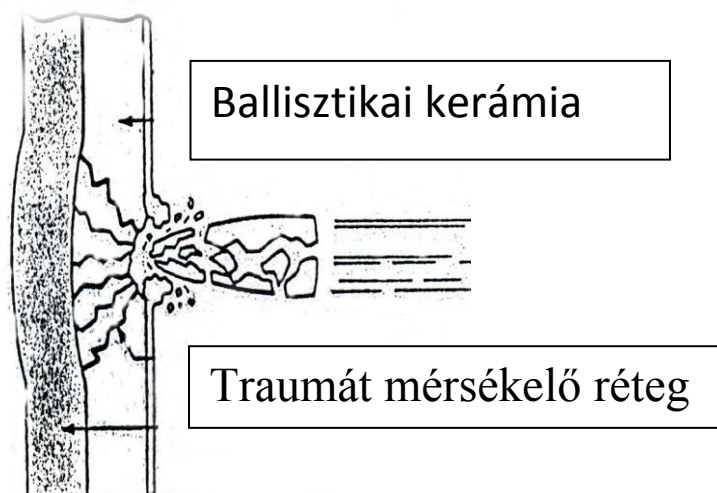
A műszaki kerámiákat nagy tisztaságú alkotókból állítják elő, jellemzőjük közül kiemelhető ridegségük, hogy az instabil repedésterjedést előidéző kritikus hibanagyság még a mikro szerkezetet jellemző szemcsék nagyságrendjébe esik, hogy a törést nagyon kicsi vagy semmi maradó alakváltozás sem előzi meg, stb., ezért gyártásukat, ellenőrzésüket szigorú feltételek mellett kell végezni. Átgondolva a lövedékálló védőmellényekben alkalmazott ballisztikai kerámiákkal (Al_2O_3 alumínium oxid, B4C bór-karbid, SiC szilícium karbid) szemben támasztható kulcstulajdonságokat mondható, hogy a megfelelőség megfogalmazásához több anyagtani paraméter (kulcstulajdonság) ismerete szükséges, a felhasználók biztonságának szavatolása céljából. Ki kell emelni, hogy a kulcstulajdonságok olyan mérhető és/vagy számítható adatok, paraméterek, amelyek alapvető szerepet játszanak egy adott kiegészítő védőbetét védőképességének megítéléséhez. A kulcstulajdonságokat mértékeik jellemzik és ezek vannak közvetlen kapcsolatban a szakemberek által befolyásolható paraméterekkel. A kulcstulajdonságok megadása nem tekinthető rendkívüli követelménynek, hiszen a műszaki kerámiákat felhasználóknál ez természetes igény (gyakorlat). Márpedig a ballisztikai kerámia a műszaki kerámiáknak egyik alcsoportjába, a funkcionális kerámiák közé sorolható.

A ballisztikai kerámiát tartalmazó kiegészítő védőbetétek meghatározásához a megfelelési követelmény (**kulcstulajdonság**) az MSZ szabvány /1/ alapján, hogy a védőeszköz minden része feleljen meg a lövedékbehatolással és alakváltozással szemben támasztott követelményeknek mind száraz, mind nedves kondicionálás esetében. A megfelelést vizsgáló fegyverből, a vizsgálandó anyagra leadott lövések alapján értékelik!

Követendőnek tekinthető az angol lövedékálló védőmellény szabvány /2/, amely már kéri az adatok között megadni a kerámia néhány kulcstulajdonságát és a kiegészítő védőbetét részeit, jelesen: a kerámia típusát: a nyílt porozitást/égetett sűrűséget: a szemcse méretét/alakját: a keménységet: a rétegek ragasztó anyagát: a réteg számot (UHMWPE/ aramid stb).

A cikk célkitűzése először, mintán végzett vizsgálatok alapján bemutatni a ballisztikai kerámia + traumát mérséklő rétegek szerkezeteit és az egyes részek feladatait. Másodszor, javasolni olyan kulcstulajdonságok (törésmechanikai adatok) mérésel történő meghatározását, amelyeknek ismerete (értékelhetősége) szilárdsági korlátként használhatók a felhasználók nagyobb biztonsága érdekében.

A ballisztikai kerámia + a traumát mérséklő réteg



Szilánkleválás történik a becsapódó lövedék hatására

A kiegészítő védőbetéttel ellátott védőmellénybe becsapódó, nagy energiájú karabély, puska töltény lövedékek átütő erőivel szemben először a ballisztikai kerámia gátló képessége fejt ki hatását a lövedékek által megtett utak mentén. A lövés felöli oldalon lévő ballisztikai kerámia réteg (kb. 10,0 mm vastag) a becsapódó lövedék teljes vagy részbeni progresszív fékezését, energia vesztesét, roncsolódását, deformálódását, átmérő növekedést okozza.

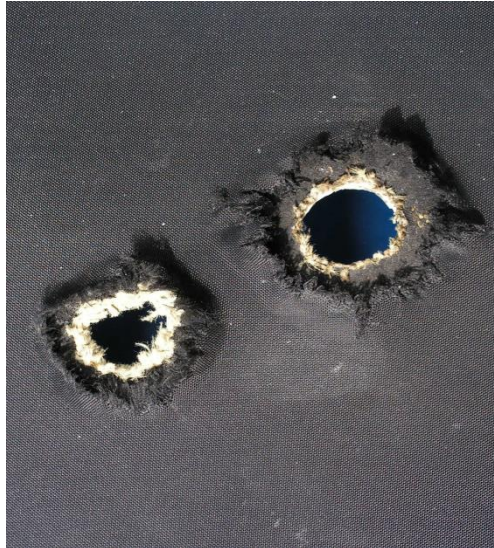
A kiegészítő védőbetétben alkalmazott monolit (egy darabból készített) ballisztikai kerámia leggyakrabban alumínium oxid (Al_2O_3), amely gyártható különböző alumínium oxid tartalommal /3/. Továbbá szükséges hangsúlyozni, hogy a ballisztikai kerámia soha nem jelenik meg egykomponensű (tiszt) alakban. Az előzőekben említettekől következik, hogy a mindennapok gyakorlatában törekedni kell arra, hogy lehetőleg szabványokkal is támogatott műszaki követelmények írják elő a testpáncélokban alkalmazható ballisztikai kerámia összetételét, az adalékanyag mennyiségeket, az ajánlatos törésmechanikai értékeket, stb.

A ballisztikai kerámiák testpáncélokban való felhasználhatóságát, a nagy energiával becsapódó lövedékek hatásainak csökkentését, kivédését, bizonyos kerámia tulajdonságok (pl. keménység, törési szilárdság, stb) biztosítják.

Az alumínium –oxid ballisztikai kerámiák előállításához alkalmazott portechnológia egyes fázisait sokféleképpen lehet megvalósítani, ebből kifolyólag az alakadás során kialakuló tulajdonságokat nagymértékben befolyásolja pl. a granulátum (szemcseszerkezet, szemcseméret-eloszlás, alapanyag tisztaság, por összetétel), az alkalmazott sajtolónyomás, a sajtolónyomás hatóidő, az adalékanyag mennyiség, a hőn tartási idő, az égetés hőmérséklete és körülményei, a kemence atmoszféra, stb.

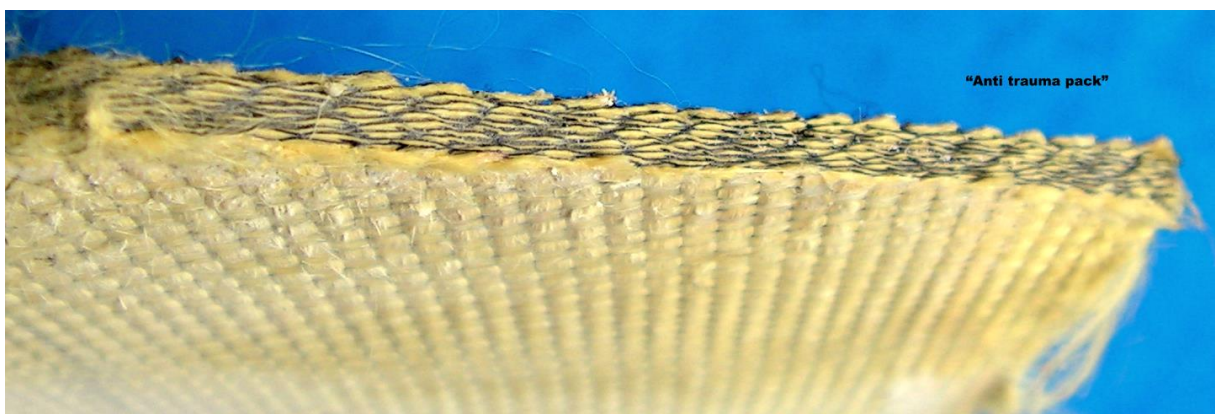


A becsapódott lövedékek hatásaira szilánkok szakadtak ki a ballisztikai kerámia test felöli oldalán (FGY felvétele)



A lövés felöli oldalon, a szilánkkiszóródást, a ballisztikai kerámiára ragasztott aramid szövet réteg hívatott akadályozni (FGY felvétele)

Az traumát mérsékelő réteg a védőelem rész műgyantával előre átítatott (pre-peg) aramid szövet rétegekből tevődik össze, amely nyomás alatt melegítve alakul ki. Egyes konstrukcióknál a rétegek egyik oldalán polipropilén fólia (CURV) is lehet. Ez a kb. 8,0-9,0 mm vastag védőelem rész bizonyos mértékig hajlékony és ragasztással kötődik a ballisztikai kerámiához. A traumát mérsékelő réteg fő feladata a becsapódó lövedék hatására keletkező „kalapács ütés” (páncél mögötti tompa sérülés - Behind Armour Blunt Trauma) mérséklése.



Traumát mérsékelő réteg: aramid rétegek (sárga szín) között polipropilén fólia (fekete szín) rétegek (FGY felvétele)

Ásványos összetétel elemzése

röntgendiffrakciós (XRD) módszerrel

A röntgendiffrakciós (XRD) diagnosztika /4/ rendkívül kis mennyiségű kerámia mintából képes értékelésre alkalmas adatokat biztosítani. A röntgendiffrakció olyan módszer, amely alkalmas egy olyan diffraktogram létrehozására, amelyben a intenzitás csúcsok vízszintes tengelyen való helyei adják meg az anyagra jellemző értékeket, vagyis a vizsgált anyag minőségét. A módszer segíti a kerámiák ásványos összetételének megismerését, az összehasonlíthatóságukat.

XRD módszerrel elemzett ballisztikai kerámia kulcstulajdonságai: a vizsgált mintában jelen van 88,00 % korund (alfa- Al_2O_3) rész, mellette 2,00 % spinell rész (ebből 1,43 % Al_2O_3), ami kémiaiilag magnézium-alumínium oxid (MgAl_2O_4) és 10,00 % kalciumföldpát (anortit) is (ebből 3,39 % Al_2O_3). Így, az értékelés szerint a minta összesen 92,82 % alumínium oxid tartalmú . A röntgendiffrakciós felvételen az azonosító reflexiósorozat specifikusan éles és csúcsos reflexiókból tevődik össze, ami alfa Al_2O_3 -re jellemző. Ebből a megállapításból a hevítés hőmérsékletre lehet következtetni, mivel az alumínium oxid 1200-1300 C^0 hőmérsékleten alakul át alfa Al_2O_3 -á.

Keménység elemzése

mikro keménység méréssel (Vickers H_V)

A ballisztikai kerámiák lokális mechanikai tulajdonságának, a mikro keménységének megállapításához mikro Vickers keménységmérő berendezést alkalmaznak, amikor is 136 ° csúcshögű négyzet keresztmetszetű gyémánt gúlat nyomnak meghatározott terhelőerővel és terhelési idővel a próbadarab mikroszkópban kiválasztott felületébe. A mikro Vickers keménység a terhelő erő és a lenyomat felületének hányadosa. A lenyomat felületének meghatározásához a terhelés megszüntetése és a mérőfej kiemelése után a négyzet alakú lenyomat átlóit (d) mérik mikroszkópban. Szükséges megjegyezni, hogy a kerámia alakítható (plastic zone) és a rugalmas (elastic region) tulajdonságai miatt a négyzet alakú lenyomatra két átló mérete keletkezik, mégpedig: d_{\max} -a terhelés maximumánál, és d_0 -a terhelés megszüntetése után. A keménység értékének egysége lehet GPa, lehet H_V - Vickers (1 GPa = H_V 98,1).

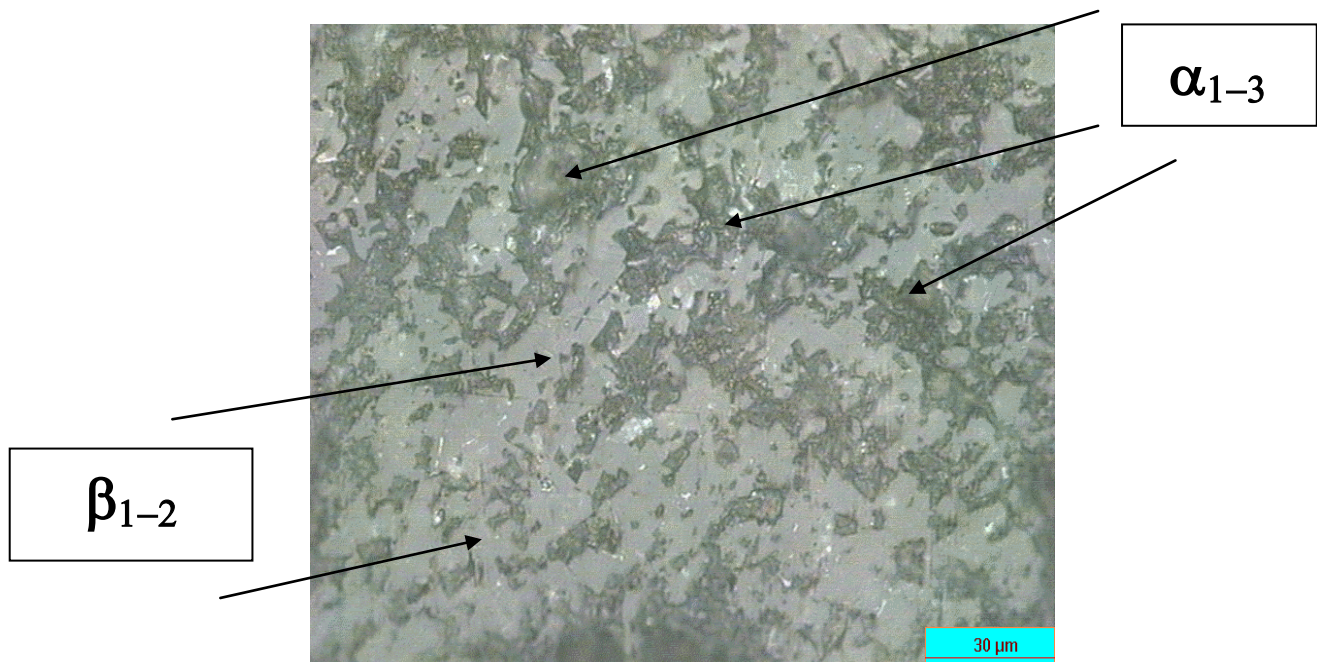
Esetenként megadják a ballisztikai kerámia karcolhatósága alapján megállapítható Mohs-féle keménységi adatot is.



Forcipol polírozó gép

(FGY felvétele)

Egy konkrét minta vizsgálatánál a kiemelt Al_2O_3 kerámia próbatestet a méréshez rögzíteni (beágyazni) kell. Ez történhet meleg beágyazással, átlátszó akril gyantába, nyomás alatt, Hydropress meleg beágyazó berendezésben. A beágyazási műveletet követi a beágyazott minta felületének több lépcsőben, egyre finomabb szemcsenagyságú korongok segítségével történő megmunkálása csiszolással, pl. kéttárcsás Forcipol polírozó gépen. Az előkészítő munkálatokat követő mikroszkópi vizsgálattal megállapítható a próbatest fázisai, azok mennyiségei-, alakzatai, az alakzatok méretei a minta tükörsima felületén



Al₂O₃ lapka kulcstulajdonságai:

- (1) mikroszerkezet (x50), (2) α₁₋₃ fázis keménységei 9,7 GPa, 8,8 GPa és 8,8 GPa, (3) β₁₋₂ fázis keménységei 13,7 GPa, 15,5 GPa . (FGY felvétele)

A Vickers keménység mérése alapján, a benyomódás felhasználható a ballisztikai kerámia egy másik kulcstulajdonságának, a kvázisztatikus repedésterjedéssel szembeni ellenállás (K_{IC}) mérésére is.

Rugalmassági modulus (Young modulus, E)

elemzése

A rugalmassági modulus (E) a ballisztikai kerámia merevségéről nyújt információt. Számítható a nyomó vagy a hajlító igénybevételkor ébredő normál feszültség (σ) hatására bekövetkező fajlagos méretváltozással (ε):

$$\sigma = E \varepsilon \quad (\text{GPa}) \quad \text{összefüggés szerint}$$

Továbbá egy meghatározott hosszúságú ballisztikai kerámia rugalmassági modulusa (E) számítható ultrahang segítségével is azzal, hogy bemérik azt az időt amit az ultrahang befut a megadott hosszön..

Weibull modulus (m) elemzése

A Weibull modulus (m) a szilárdság (repedés kialakulással szembeni ellenállás) egyenletességére jellemző adat és a Weibull statisztikával jellemzik /5/ és a 3 vagy 4 pontos módszerrel mérik.

A cikk korlátozott terjedelmére való tekintettel csak megemlítem, hogy a ballisztikai kerámia további kulcstulajdonságait is célszerű elemezni, nevezetesen a nyomószilárdságot, az égetett sűrűséget, az elektromos vezetőképességet is, a felhasználók nagyobb biztonsága érdekében.

Összefoglalás

A ballisztikai kerámia + traumát mérsékelő rétegek kulcstulajdonságainak meghatározása az alkalmazó elemi érdeke, ezért szükséges a rétegek fizikai-és kémiai tulajdonságainak, anyagjellemzőinek (kulcstulajdonságok) ismerete, ellenőrzése.

Felhasznált irodalom

1. MSZ K 1114-1:1999 szabvány
2. HOSDB Body Armour Standards for UK Police (2007) Part 1: General Requirements. Page 7.
3. 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.
4. 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.
5. MSZ ENV 843-5. rész. Statisztikai elemzés