

## Lövedékálló védőmellényekben alkalmazott ballisztikai kerámia azonosítása az atomsíkok közti rácssíktávolságok alapján

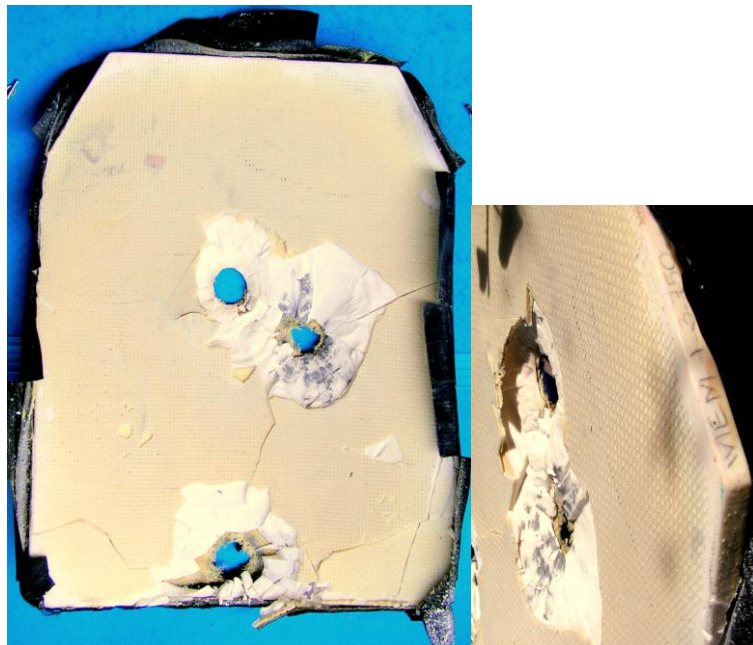
**Eur.Ing. Frank György c. docens**

SzVMSzK mérnök szakértő (B5, B6)

Személy-, Vagyonvédelmi és Magánnyomozói Szakmai Kamara Szakmai Kollégium elnöke

Amikor a korszerű műszaki kerámiák csoportjába sorolható, ballisztikai kerámiáról beszélünk akkor gondolhatunk, a leggyakrabban használtak közül, pl. az oxid kerámiákhoz tartozó alumínium oxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), vagy az oxidmentes kerámiák csoportjába tartozó bór-karbid ( $\text{B}_4\text{C}$ ), vagy a szilícium-karbid ( $\text{SiC}$ ) kerámiákra. A speciális célokra alkalmazottak közül pl. az szilícium-nitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), vagy a  $\text{TiB}_2$ , stb. vegyületkerámiákra is. A széles választékra való tekintettel a szakemberek szembesülhetnek olyan feladattal mindennapi munkájuk során, amikor is lövedékálló védőmellényben alkalmazott kiegészítő védőbetét ballisztikai kerámia rétegének azonosítását kell elvégezni.

Az előzőekben említettek közül következik, hogy célszerű lenne törekedni arra, hogy lehetőleg szabványokkal is támogatott HMK (harcászati műszaki követelmény) írja elő a testpáncélokban alkalmazható ballisztikai kerámiát és annak ellenőrzésének protokollját. *Már csak azért is, mivel az 1/2009.(I.30.) HM rendelet 13.§ (2) bek. szerint: „A rendszeresítésre tervezett hadfelszerelési anyagra, katonai védőeszközre vonatkozó HMK-t az alkalmazó határozza meg”*



**1. ábra. A kiegészítő védőbetét monolit ballisztikai kerámia (10 mm), alakra formázott, kráterek a test felöli oldalon. (FGY felvétele)**

Ez a tanulmány a ballisztikai kerámia anyagjellemzőit behatárolni igyekvő kutatásaimnak folytatása. A tanulmány első része megjelent „A lövedékálló védőmellény alapanyagai és a degradáció veszélye. A ballisztikai kerámia laboratóriumi vizsgálata.” címmel (4), a második rész „Lövedékálló védőmellényekben alkalmazható ballisztikai kerámia megfelelőségének vizsgálata röntgendiffrakciós (XRD) módszerrel” címmel (5) jelent meg.

A jelen tanulmány csak a testpáncélokban alkalmazható alumínium-oxid ballisztikai kerámia azonosítását mutatja be, XRD módszerrel előállított diffraktogram adataiból számítva, az **atomsíkok közti rácsávolságok alapján** és egy adatbázis (Powder Diffraction Files) segítségével. Úgy gondolom, hogy a védőanyag típusának egyértelmű meghatározása minden vizsgálatnak a kiindulási pontja, amit jól érzékeltet pl. a nagyteljesítményű ballisztikai kerámiákat gyártó CeramTec-ETEC GmbH (Németország) alábbi választéka. Nem lehet mellékes egy védelem kialakításánál, hogy melyik típus van beépítve.

	ALOTEC 96 SB	ALOTEC 98 SB	ALOTEC 99 SB	ALOCOR 100
Sűrűség $\rho$ g/cm <sup>3</sup>	3.75	3.80	3.87	> 3.97
Keménység HV(5) GPa	12.5	13.5	15	21

### **Ismeretlen, nagyteljesítményű ballisztikai kerámia azonosítása számítással, XRD módszerrel előállított diffraktogram, az atomsíkok közti rácsávolságok alapján**

Az említett tanulmányomban (5) részletesebben írtam a röntgendiffrakciós (XRD) diagnosztika lényegéről, jelesül arról, hogy a módszer miképpen segíti a kerámiák összetételének megismerését és az összehasonlíthatóságukat. Képes információt szolgáltatni a kerámiákat alkotó ásványos összetételről. Az 2. ábrán látható, hogy a csúcsok 10-70 fok tartományban esnek és a helyeik pontosan meghatározhatók. Így a szögértékekből ( $\theta$ ), a Bragg egyenlet alapján, számíthatók a hozzájuk tartozó rácsávolságok ( $d$ ). és a végzett számítás alapján azonosítható az ismeretlen, nagyteljesítményű ballisztikai kerámia:

A Bragg-egyenlet:

$$2d \cdot \sin \theta = n \cdot \lambda \quad \text{ahol}$$

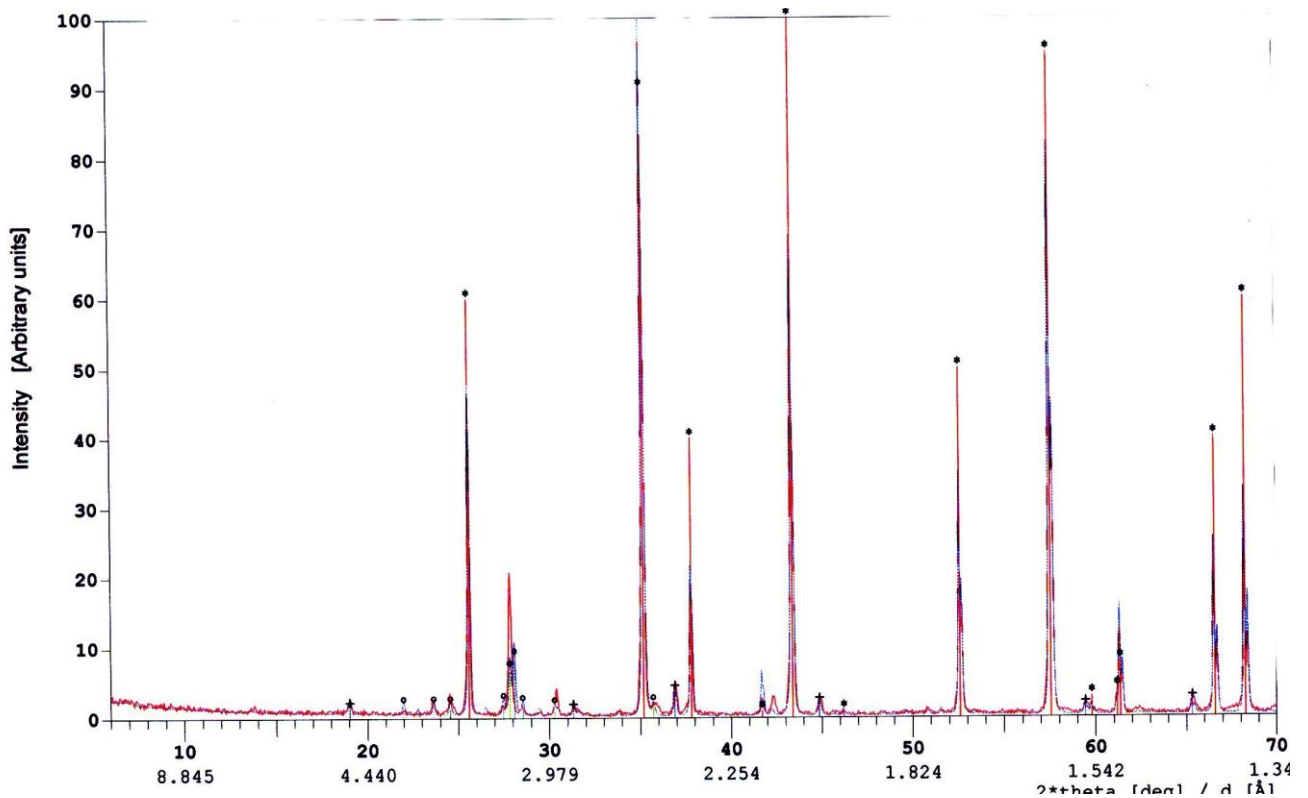
$d$  = az atomsíkok közti rácsávolság (Å)

$\theta$  = a rácsávolság és a röntgen nyaláb által bezárt szög,

$n$  = természetes szám (1, 2, 3 ...),

$\lambda$  = a diffraktálandó röntgennyaláb hullámhossza (Å)

Alapfeltétel:  $\lambda \sim d$



## 2. ábra Az ismeretlen ballisztikai kerámia diffraktogramja

Amorf, rendezetlen anyagnak nincs specifikus éles, csúcsos diffrakciós képe. Kiszélesedett csúcshalmok részleges kristályosságot jeleznek. A kristályosság (kristály/krisztalit méret) csökkenését jelzi, hogy nő a diffrakciós csúcsok fél érték szélessége és csökken a csúcsmagasság

A három legerősebb csúcsok szögértékeiből, a Bragg egyenlet alapján számított rácstávolságok (1,6085 Å, 2,0880 Å, 2,5683 Å), az adatbázisban (Powder Diffraction Files), az alumínium-oxid értékeit (1,60 Å, 2,09 Å, 2,55 Å) közelítették meg

<b>2θ</b>	<b>d (Å)</b>
25,8	3,4707
<b>35</b>	<b>2,5683</b>
37,9	2,3928
<b>43,5</b>	<b>2,0880</b>
52,5	1,7471
<b>57,5</b>	<b>1,6085</b>
59,9	1,5503
61,5	1,5197

*A csúcsok helyei és a hozzájuk tartozó, Bragg egyenlet alapján számított atomsíkok közti rácstávolságok („újnyomok”)*

Az XRD módszerrel előállított diffraktogram, az atomsíkok közti rácstávolságok („*újnyomok*”) és a végzett számítás alapján megállapítható, hogy az ismeretlen, nagyteljesítményű ballisztikai kerámia: **alumínium oxid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)**.

## Összefoglalás

1. A nagyteljesítményű ballisztikai kerámiák harcászati műszaki követelményeinek (HMK) meghatározásához, pl. **megrendelések feladásánál**, a megfelelőségük igazolásához tanácsos, a lövedékállóság mellett, az alábbi fizikai -és kémiai tulajdonságok, anyagjellemzők megismerése is:
  - a típus XRD alapján,
  - a fázisösszetétel XRD alapján
  - a keménység (Vickers)
  - a szövetszerkezet

A védőeszköz kiválasztásakor végzett **kockázatértékelésnél** ezeket az adatokat kockázati tényezőként célszerű kezelni

2. A nagyteljesítményű ballisztikai kerámiák mechanikai tulajdonságai nagymértékben függenek a gyártási technológiától, az esetleges zárványoktól, mikro repedésektől, mikro pórusoktól
3. Időszerű foglalkozni a nagyteljesítményű ballisztikai kerámiák harcászati műszaki követelményeivel (HMK), mivel a kézfegyverek terén minőségi ugrás, átrendeződés várható.

## Irodalomjegyzék

1. Eur.Ing.Frank György : A lövedékálló mellény használhatósága, a degradáció lehetséges okai. V. International Symposium on Defence Technology. Apr 2008. ZMNE Budapest.
2. Eur.Ing.Frank György: Ballisztikai védőanyagok és laboratóriumi méréseik. „Korszerű ballisztikai anyagok” c. nemzetközi konferencia. 2008. november 18. Stefánia Palota. Budapest.
3. Eur.Ing.Frank György 2008. évben elhangzott előadásai a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemen és a Rendőrtisztviselői Főiskolán
4. Eur.Ing. Frank György: 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.
5. Eur.Ing. Frank György: Lövedékálló védőmellényekben alkalmazható ballisztikai kerámia megfelelőségének vizsgálata röntgendiffrakciós (XRD) módszerrel BOLYAI SZEMLE 2011.

1. szám. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Hadmérnöki Kar. Budapest. Továbbá <http://www.szvmszk.hu/index.php?pg=publikaciok>
6. Dr.Földi Ferenc mérnök ezredes: Az egyéni lövészfegyverek fejlődése a XX. században és az ezredforduló után. [www.zmne.hu/tanszékek/vegyl/docs/fiatkut](http://www.zmne.hu/tanszékek/vegyl/docs/fiatkut) (2012.12.)
7. Prof. Dr. Ungvár Gyula nyá. mk. altábornagy: A fegyverek hatékonyságát meghatározó és befolyásoló konstrukciós, emberi és egyéb külső tényezők. BOLYAI SZEMLE 2010. 1. szám. Budapest.