

Daruka Norbert¹ 

Érzéketlen robbanóanyagok II. Vizsgálati módszerek és alkalmazási lehetőségek

Insensitive Explosives Part II. Test Methods and Application Possibilities

A technológia fejlődésének lehetőségeit kihasználva egyre nagyobb mértékben jelennek meg a modern technikai eszközök, illetve a hozzájuk rendszeresített érzéketlen lőszer. Mivel az érzéketlen robbanóanyagok az elvárásoknak és a tesztek eredményeinek megfelelően, biztonságosan képesek kiváltani a korábban alkalmazott hajtó- vagy töltőanyagokat, ezért alkalmazásuk megkérdőjelezhetetlenné válik. Hazánkban is megjelentek (gyártásuk is tervezés alatt van) már azok a lőszer típusok, amelyeknek rendszerbe integrálásához nélkülözhetetlen a megfelelő tesztek, vizsgálati követelmények és az eszközök kezeléséhez szükséges alapvető információk biztosítása. Azoknak az országoknak, amelyek rendelkeznek tüzérséggel, aknavető eszközöket tartanak rendszerben, valamint rakétákkal látják el a légvédelmét vagy szerelik fel légierejüket, rendelkezniük kell a lőszerük, rakétáik bevizsgálásához szükséges képességekkel, lökísérleti állomással, ellenőrző és bevizsgáló szakemberekkel. Mivel az érzéketlen lőszer már megjelentek a Magyar Honvédség csapatainál is, és egyes típusok gyártása is előkészítő fázisba ért, fontosnak tartom felhívni a figyelmet azokra a követelményekre, tesztekre és az azok végrehajtásához szükséges infrastruktúrára, amelyek jelenleg még nem állnak rendelkezésre. Célom, hogy az érzéketlen robbanóanyagok, illetve az érzéketlen lőszer vonatkozásában tájékoztatást adjak a jövőben a szakterületen foglalkoztatott vagy a téma iránt érdeklődők számára.

Kulcsszavak: érzéketlen robbanóanyag, érzéketlen lőszer, robbantástechnikai tesztelés

As technology advances, modern technical devices and the insensitive ammunition that goes with them are becoming more and more common. Since insensitive explosives can safely replace propellants or fillers used in the past, in line with expectations and test results, their use is

¹ Robbanóanyag-ipari szakmérnök, e-mail: daruka.norbi@gmail.com

becoming unquestionable. In our country, too, ammunition types have already appeared (and their production is being planned), for the integration of which it is essential to provide the appropriate tests, test requirements and basic information for the management of the devices. Countries that have artillery, mine launchers, missiles for air defence or air forces must have the necessary capabilities to test their munitions and missiles, with a test station and inspection and testing experts. Since insensitive munitions have already been introduced in the troops of the Hungarian Defence Forces and the production of certain types is in the preparatory phase, I consider it important to draw attention to the requirements, tests and the infrastructure needed to carry them out, which are not yet available. My aim is to provide information on insensitive explosives and insensitive ammunition to those working in the field or interested in the subject in the future.

Keywords: *insensitive explosives, insensitive munitions, explosive testing*

Bevezetés

Az érzéketlen robbanóanyagok kialakításának kronológiája egészen 1926. július 10-ig nyúlik vissza, amikor villám csapott be az amerikai haditengerészet lőszerraktárába (Lake Denmark Naval Ammunition Depot), és ennek következtében több millió font robbanóanyag robbant fel két-három nap alatt. A következő esemény 1944. július 17-én a chicagói kikötőhöz köthető, ahol az SS EA Bryan hajó hadianyaggal történő rakodásának végső munkálatai közben következett be robbanás. Sajnos nem ez volt az utolsó, amikor a robbanóanyagok, illetve az azokat tartalmazó lőszerke érzékenysége halálos áldozatokat és óriási anyagi veszteségeket követelt. Ha az Egyesült Államokban bekövetkezett eseményeket vesszük alapul, akkor azt látjuk, hogy 1926-tól kezdve 17 nagyobb lőszerrobbanás történt, amelyek során több mint 600 ember vesztette életét, és több mint 4 milliárd dollárnyi hadianyag veszett oda.²

A lőszerrobbanások körülményeinek vizsgálatai arra mutattak rá, hogy az érzékeny robbanóanyagok, illetve azok kezelésének problémái lehetnek a katasztrófák hátterében. Szükségessé vált a robbanóanyagok kezelésbiztoságát vizsgáló kutatások felgyorsítása, mivel a katasztrófákat követő vizsgálatok egy része azt is megállapította, hogy az éghető adalékanyagok és a csomagolás is hozzájárulhat, sőt fokozhatja a robbanóanyagok veszélyeit. További tanulmányok vezettek a biztonságos kezelési gyakorlatok bevezetéséhez is. Igény mutatkozott tehát olyan robbanóanyagok iránt, amelyek kevésbé vagy egyáltalán nem érzékenyek a külső behatásokra. Az ilyen robbanóanyagokat érzéketlen robbanóanyagoknak nevezik (Insensitive High Explosives – IHE). Ezek olyan robbanóanyagok és/vagy robbanóanyag-keverékek, amelyek kevésbé, vagy egyáltalán nem érzékenyek a külső behatásokra – ütésre, súrlódásra, hőre, nyílt lángra, elektrosztatikai kisülésre, ionizáló sugárzásra, detonációs üthullámra vagy más gyújtóforrás hatásaira –, nem úgy, mint a hagyományos, napjainkban is alkalmazott robbanóanyagok (TNT, RDX, Composition B).³

² PATEL 2011: 5.

³ KOVÁCS 2008a és KOVÁCS 2008b.

Figyelembe véve a vonatkozó kritériumokat két általános megközelítés létezik az érzéketlen robbanóanyagok kifejlesztésére: a polimerkötésű robbanóanyag (PBX – Polymer Bonded Explosives) előállítás, illetve az önmagukban kevésbé érzékeny összetevők alkalmazása.⁴ Ez azért is fontos, mert nem mindegy, hogy egy robbanótest milyen típusú érzéketlen robbanóanyag- és/vagy hajtóanyagotlással rendelkezik, hiszen ez döntően befolyásolhatja annak érzéketlen lőszerre (Insensitive Munition – IM) történő minősítését. Az érzéketlen lőszer „olyan lőszer, amely igény szerint megbízhatóan teljesíti a teljesítmény-, készenléti és műveleti követelményeket, és amely minimálisra csökkenti a fegyverplatformok, a logisztikai rendszerek és a személyzet későbbi járulékos károsodásának valószínűségét és súlyosságát, ha meghatározott baleseti és harci fenyegetéseknek vannak kitéve”.⁵

Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy az elsősorban katonai alkalmazásra kifejlesztett robbanótestet, amely olyan robbanóanyag- és/vagy hajtóanyagotlással rendelkezik, amely teljes életciklusában – a gyártástól a raktározáson és a szállításon át a végfelhasználásig – képes ellenállni bizonyos mechanikai és hőhatásoknak (külső robbanás, rálövés, nyílt láng stb.), az azt alkalmazó, felhasználó személy által megjelölt cél elpusztításán kívül sem repesz vagy más lövedék közvetlen vagy közvetett hatására, illetve szélsőséges hőmérséklet kialakulásának esetén sem fog felrobbanni. Az érzéketlen lőszer lehet tűzérési gránát, aknavető gránát, puska-gránát, légibomba, rakéta és egyéb hadianyag, amely érzéketlen robbanóanyagot tartalmaz, valamint teljesíti a vonatkozó szabványokban meghatározott kritériumkövetelményeket.

Az érzéketlen lőszer vizsgálatának kronológiája

A napjainkban is alkalmazott érzéketlen lőszer minősítésének kritériumait az 1960-as évek elején az Egyesült Államokban végzett nagyszabású rendszerbiztonsági tesztek alapozták meg. A tesztek eredményeként az USA haditengerészete WR-50 elnevezéssel megalkotta a robbanófejek sebezhetőségi és biztonsági intézkedésekkel kapcsolatos jellemzőinek rögzítésére alkalmas rendszerbiztonsági irányelvet. Elsőként ez az irányelv foglalta magába a gyors felmelegítéssel (FCO – Fast Cook-Off vagy FH – Fast Heating), a lassú felmelegítéssel (SCO – Slow Cook-Off vagy SH – Slow Heating), illetve a lövedékbecsapódással (BI – Bullet Impact) kapcsolatos megfigyeléseket és javaslatokat. Fontos megjegyezni, hogy kezdetben nem rögzítették a kritériumkövetelményeket, a fő célkitűzés a hő- vagy becsapódási ingerekre adott válaszreakciók, valamint a hőhatásokra adott reakcióidők rögzítése volt elsősorban a kármentésekben részt vevők (például tűzoltók) tájékoztatása érdekében.⁶

1977-ben adták ki a MIL-STD-1648 katonai szabványt, amely a légi járművek üzemanyag-tüzeinek kitett lőszerrel kapcsolatosan határozott meg követelményeket, és amely a gyors felmelegítéssel kapcsolatos későbbi előírások előfutárának számított. Ezt a szabványosítási

⁴ DARUKA 2023: 8–9.

⁵ A NATO Terminológiai Adatbázisban megfogalmazott definíció alapján a szerző fordítása.

⁶ SWIERK 2012: 2.

lépést is alapul véve 1982-ben a WR-50 irányelvet mint MIL-STD-2105 szabványt rendszerezítették az USA hadseregében.

1986-ban a Haditengerészeti Műveleti Főnöki Hivatal (OPNAV – Office of the Chief of Naval Operations) hivatalosan is létrehozta érzéketlen lőszerrel kapcsolatos programját (IM-program), és utasította a haditengerészet rendszerparancsnokságai közül a legnagyobbat (NAVSEA – Naval Sea Systems Command), hogy dolgozza ki, és tegye közzé ennek műszaki követelményeit. A műszaki követelmények sorában – talán nem meglepő módon – a WR-50 irányelvben foglaltak jelentek meg elsőként, tehát a gyors felmelegítéssel, a lassú felmelegítéssel és a lövedékbecsapódással kapcsolatos követelmények. Az USA haditengerészete volt az első a követelmények megfogalmazásának sorában, és végül az általa megfogalmazottak az országon belül közös szolgálati követelményekké váltak. 1985-ben a NAVSEA közzé is tette az érzéketlen lőszerrel kapcsolatos követelményeinek dokumentumát NAVSEAINST 8010.5. megnevezéssel. A dokumentum az előzőekben már említett (FCO, SCO, BI) követelmények mellett a repeszbecsapódás hatása (FI – Fragment Impact), az együttes hatás (SD – Sympathetic Detonation), illetve az elektromágneses sugárzásra való érzékenység (SER – Sensitivity to Electromagnetic Radiation) vizsgálatait határozta meg.⁷

Mivel az érzéketlen lőszerrel kapcsolatos követelményeket az egész nemzetközi közösségben (NATO)⁸ sikerült elfogadtatni, a tesztelési követelmények hamarosan a NATO segítségével folytak tovább. 1991-ben megjelent a MIL-STD-2105A szabvány, amely a haditengerészet feladatkörébe tartozó érzéketlen lőszerrel kapcsolatos követelményeket tartalmazta. Az 1994-ben kiadott MIL-STD-2105B már a hadsereg, a haditengerészet és a légierő számára is egységesített követelményeket tartalmazó dokumentummá vált. A következő évben a NATO megalkotta az érzéketlen lőszerrel kapcsolatos követelményeit tartalmazó saját szabályozóját. A tesztelések és kutatások eredményeit, illetve az új típusú érzéketlen robbanóanyagok tulajdonságait alapul véve az Egyesült Államok 2003-ban beépítette a NATO érzéketlen lőszerrel kapcsolatos követelményeit saját szabályrendszerébe. Ezt az új szabályzatot MIL-STD-2105C néven adták ki, és a NATO STANAG-ek⁹ meghatározott követelményeit tartalmazta. Napjainkban a NATO tagjai közösen fejlesztik az érzéketlen lőszerrel kapcsolatos előírásokat és vizsgálati módszereket. A tevékenységgel kapcsolatos munkacsoportot az Egyesült Államok koordinálja.

Az érzéketlen lőszerrel kapcsolatos vizsgálati módszerei

Az érzéketlen lőszerrel kapcsolatos vizsgálatával kapcsolatos irányelveket, módszereket, eljárásokat és követelményeket különböző nemzetek szabályzatai, utasításai foglalják magukba. Idesorolhatjuk például az amerikai MIL-STD-2105D, az angol JSP 520, a német Fü. S IV 3 vagy a francia Instruction No. 211893 előírásait. A NATO-ban alkalmazott STANAG 4439, az érzéketlen lőszerrel kapcsolatos bevezetésére és értékelésére vonatkozó eljárásrend, követelményrendszer, illetve

⁷ BEAUREGARD [é. n.]: 2.

⁸ NATO – North Atlantic Treaty Organisation, az Észak-atlanti Szerződés Szervezete.

⁹ STANAG – Standardization Agreement, egységesítési egyezmények.

az annak végrehajtását elősegítő AOP¹⁰-39 iránymutatás az érzéketlen lőszer értékeléséhez és fejlesztéséhez az előzőekben említett előírásokat teljes mértékben lefedi.

1. táblázat: Az érzéketlen lőszer vizsgálati

VIZSGÁLAT TÍPUSA	VIZSGÁLATI INGEREK	VIZSGÁLATI ELJÁRÁSOK/MÓDSZEREK	MIL-STD-2105 C ²²
Termikus veszélyek	Gyors felmelegítési teszt – FCO ¹¹	STANAG 4240 Fast Heating Test Procedures for Munitions	
	Lassú felmelegítési teszt – SCO ¹³	STANAG 4382 Slow Heating Test Procedures for Munitions	
Mechanikus veszélyek	Lövedékbecsapódás-teszt – BI ¹⁴	STANAG 4241 Bullet Impact Test Procedures for Munitions	
	Repszbecsapódás-teszt – FI ¹⁵	STANAG 4496 Fragment Impact Test Procedures for Munitions	
	A kumulatív jet becsapódási vizsgálata – SCJI ¹⁶	STANAG 4526 Shaped Charge Jet Impact Test Procedures for Munitions	
Kombinált veszélyek	Az együttes hatás tesztje – SR ¹⁷	STANAG 4396 Sympathetic Reaction Test Procedures for Munitions	

Forrás: a szerző szerkesztése

Az AOP-39 iránymutatást ad az érzéketlen lőszer értékelése, a fejlesztési módszerek és az eredmények dokumentálásának vonatkozásában is. Ez lehetőséget biztosít arra, hogy annak előírásait alkalmazzuk minden nem nukleáris lőszerhez, akár a fejlesztés korai szakaszában, új kifejlesztésben, fejlesztésben, utánpótlás-beszerezéshez vagy akár régebbi típusok rendszerben tartásához, az életciklus minden fázisában a gyártástól a felhasználás helyéig vagy a megsemmisítésig.¹⁸

Az érzéketlen lőszerrel kapcsolatos megnövekedett biztonságérzet teszi lehetővé nagy mennyiségű hadianyag (például rakéta) becsomagolását, kezelését, tárolását és szállítását akár a legszűkebb helyeken is. Ahhoz, hogy az érzéketlenlőszer-minősítéssel el lehessen látni egy hadiipari terméket, teljesíteni kell a STANAG 4439 – az érzéketlen lőszer bevezetésére és értékelésére vonatkozó eljárásrend¹⁹ – szerint meghatározott követelményeket.

A táblázatban feltüntetett vizsgálatok esetében fontos, hogy azok milyen reakciót váltanak ki a tesztelésre szánt hadiipari termékből. A reakciók hatfokozatú skálán ábrázolhatók, ahol a legnagyobb mértékű válaszreakció a detonáció (I.), a normál vagy legegyszerűbb a reakció nélküli állapot (VI.). Ezek közé sorolható be az égés (V.), a deflagráció (IV.), a robbanás (III.), illetve a részleges detonáció (II.) mint válaszreakció. A 2. táblázat tartalmazza a különböző eseményekhez tartozó válaszreakciókat. Megfigyelhető, hogy a felmelegítésteszteknél (FCO, SCO), a lövedékbecsapódás- (BI-), illetve a repeszbecsapódás- (FI-) teszt végrehajtásakor

¹⁰ AOP – Allied Ordnance Publication, a szövetségesek hadianyag-kiadványa.

¹¹ FCO – Fast Cook-Off. NATO STANDARD AOP-4240 Fast heating munition test procedures.

¹² A védelmi vizsgálati módszer szabványa: veszélyértékelési vizsgálatok nem nukleáris lőszerre.

¹³ SCO – Slow Cook-Off. NATO STANDARD AOP-4382 Slow heating test procedures for munitions.

¹⁴ BI – Bullet Impact. NATO STANDARD AOP-4241 Bullet impact munition test procedures.

¹⁵ FI – Fragment Impact. NATO STANDARD AOP-4496 Fragment impact test procedures for munitions.

¹⁶ SCJI – Shaped Charge Jet Impact. NATO STANDARD AOP-4526 Shaped charge jet munition test procedure.

¹⁷ SR – Sympathetic Reaction. NATO STANDARD AOP-4396 Sympathetic reaction test procedures for munitions.

¹⁸ KELEMEN 2023: 16.

¹⁹ STANAG 4439 Policy for introduction and assessment of insensitive munitions (IM).

a megengedett válaszreakció az égés, tehát a deflagráció vagy a hevesebb robbanási reakció nem elfogadható. Az is látható, hogy az együttes hatás (SR) és a kumulatív *jet* becsapódási vizsgálata (SCJI) esetén a NATO-szabvány válaszreakcióként elfogadhatónak ítéli a robbanási reakciót, azzal a kitételrel, hogy detonáció nem alakulhat ki.

2. táblázat: Az érzéketlen lőszer osztályozása külső hatásokra megengedett válaszreakciók alapján²⁰

ESEMÉNY	VIZSGÁLATI ELJÁRÁSOK		MEGENGEDETT VÁLASZREAKCIÓ
	VIZSGÁLATI INGEREK	STANAG	
Tároló-, raktártűz vagy repülőgépek, járművek üzemanyagtüze	Cyors felmelegítési teszt	STANAG 4240	V. Égés
Tűz szomszédos tárolóban, raktárban vagy eszközben	Lassú felmelegítési teszt	STANAG 4382	V. Égés
Kézifegyveres támadás, rálövés	Lövedékbecsapódás-teszt	STANAG 4241	V. Égés
Ugyanannak a lőszernek a legsúlyosabb reakciója járműveken, raktárban	Az együttes hatás tesztje	STANAG 4396	III. Robbanás
Repszhatású lőszer robbanása	Repszbecsapódás	STANAG 4496	V. Égés
Robbanással formált lövedékekkel rálövés	A kumulatív <i>jet</i> becsapódási vizsgálata	STANAG 4526	III. Robbanás

Forrás: a szerző szerkesztése az IMEMG, *Representation of the IM requirements adatai alapján*

Ahogy már említettem, a STANAG 4439, az AOP-39 és az AOP-39.1 jól lefedi a különböző nemzetek saját szabályozói kritériumait, hiszen teljesen megegyezik ez a követelményrendszer az angol (DSA 03. OME Part 1. Chap. 11.), a német (Fü. SK II 2), az olasz (DG-AT IM Guidelines 2000) és az amerikai (MIL-STD-2105D) szabályzat előírásaival. A francia nemzeti szabályozó (Instruction No. 211893) esetében tapasztalható némi eltérés, mivel az említett szabályozó a lőszer típusokat, illetve azok működésének mechanizmusait a STANAG 4439-nál részletesebben értékeli.²¹

Felmerülhet a kérdés, hogy miért szükséges a tesztek végrehajtani, ha úgyis érzéketlen robbanóanyagokat alkalmazunk a töltetekben? Sokan úgy vélik, hogy a vizsgálatok elvégzése – természetesen az előírásokon kívül – azért fontos, mert az újabb robbanóanyagok tulajdonságai bizonyosan pozitív irányban térnek el az előzőekben már alkalmazott anyagokétól. A választ egy robbantástechnikai szakmérnök így fogalmazta meg: „Az érzéketlen robbanóanyagoknak nem célja a nagyobb TNT egyenérték elérése. Célszerű hasonló tulajdonságú robbanóanyagot alkalmazni a lecserélni kívánt robbanóanyagok helyett, azért, hogy ne kelljen újra tervezni a robbanótest anyagát, repeszképző képességét, kialakítását.”²² A tesztek azonban a biztonság legszélesebb spektrumú garantálása érdekében kell elvégezni azokban az időintervallumokban, ahogy ezt a hatályos szabályozók megkövetelik.

²⁰ IMEMG 2023.

²¹ Különbséget tesz például a lőszer meghajtását illetően, illetve a válaszreakciókat csak 5 perccel a bekövetkezett esemény után tekinti relevánsnak.

²² KELEMEN 2023: 18.

A gyors felmelegítési vizsgálati módszer

A vizsgálati eljárás célja, hogy meghatározott követelmények alapján értékelni tudjuk a különböző típusú lőszer és egyéb, robbanóanyagot tartalmazó eszközök (például utász-robbantótöltetek) reakcióját a nagyon gyors (heves) felmelegedésből eredő veszélyek vonatkozásában. A balesetek, illetve harcérintkezések esetén kialakuló hő jelentős veszélyt jelent a lőszerre, lőszerkészletre, és valódi veszélyt jelent a robbanóanyagokra és a hajtóanyagokra (energetikai anyagokra) vonatkozóan. Speciális esetekben, illetve nem ideális körülmények között a kémiai energia nagyon gyors felszabadulása a lőszer deflagrációját, termikus robbanását válthatja ki, illetve detonáció kialakulásához is vezethet.²³ Balesetek esetén vagy katonai jellegű műveletek végrehajtása során a lőszer termikus hatásoknak történő kitettsége igen széles skálán mozoghat. A valós környezeti hatások megjelenítésének lehetőségeit a tesztelések sikeres végrehajtása érdekében – nagyjából a szélsőségeket képező – két általános kategóriára egyszerűsítik. A két kategória:

- Gyors felmelegedés, vagyis az az állapot, amikor valamilyen üzemanyag (szénhidrogén) tüzeiben a lőszer teljes terjedelmében körbeöleli a hőforrás. Ez az állapot akkor alakulhat ki, ha például egy repülőgép lezuhan, vagy valamilyen közúti közlekedési baleset következik be. Az ilyen esetekben a gyors felmelegedést jellemzően a 800 °C-ot meghaladó hőmérsékletű, legfeljebb 20 percig tartó tüzek okozhatják.
- Lassú felmelegedés, vagyis a lőszer felmelegedését távoli hőforrás, például egy szomszédos rekeszben vagy épületben keletkezett tűz idézi elő.²⁴

A NATO STANDARD AOP-4240 jelenleg a következő vizsgálati eljárásokat írja elő:

- Nagymedence-tűz (LPF – Large Pool Fire): a tesztelem (például lőszer) reakciójának meghatározására, amikor nagy mennyiségű, folyékony szénhidrogén tüzelőanyaggal teli medencében történik a felmelegítés (hevítés). A teszt helyszínének kialakítása, vagyis a hevítőtér nagy vízszintes méretei biztosítják, hogy a lángok körülvegyék a próbadarabot, és így a hőtadás nagymértékben sugárzó jellegű legyen.
- Minimedence-tűz (MPF – Mini Pool Fire): a kisebb lőszer reakciójának meghatározására, amikor kis mennyiségű, folyékony szénhidrogén-tüzelőanyaggal teli medencében hajtjuk végre a felmelegítést. A megfelelő mértékű és intenzitású lángok, valamint a sugárzó hőtadás úgy érhető el, hogy a nagy medencés égéstérhez képest a sokkal kisebb²⁵ tűztér köré terelőlapokat helyeznek, amelyek korlátozzák az oxigénbevitelt. A vizsgálóberendezés nem teszi lehetővé a túlnyomás és a szilánkok vetületének pontos mérését így, ha ezekre a szempontokra vonatkozó adatokra van szükség, a vizsgálatot LPF- vagy FBF-vizsgálati módszerrel szükséges végrehajtani.
- Tüzelőanyag-égető tűz (FBF – Fuel Burner Fire): a lőszer reakciójának meghatározására, amikor gázüzemű fűtőforrással hajtják végre a próbadarab felmelegítését. A lőszer

²³ DARUKA 2016: 28.

²⁴ AOP-39 2022: C-1.

²⁵ A próbadarab egyik méretben sem lehet nagyobb 630 mm-nél, és a tömege sem haladhatja meg az 50 kg-ot.

a folyékony medencéktől eltérő tüzelőanyagokból származó lángok veszik körül, így lehetővé téve a reakciótipusok felismerését a vizsgálati elrendezés tekintetében. Fontos szempont, hogy az LPF-módszerrel előállított lánghoz hasonlóan megfelelően fel kell melegíteni a lőszert, és azt is figyelembe kell venni, hogy a teszt során kiváltott reakció jelentős kárt okozhat a vizsgálólétesítményben.

Fontos követelmény, hogy a tesztemnek (lőszer) végső gyártási kialakítású konfigurációnak kell lennie (késztermék), valamint meg kell felelnie a vizsgálat által képviselt életciklusfázisnak megfelelő feltételeknek, egyes esetekben a nemzeti hatóság által jóváhagyott előírásoknak is.²⁶ Szintén figyelembe kell venni azokat az iránymutatásokat, amelyek a gyártási szabvány és a lőszer aktuális állapotának eltéréseire vonatkoznak. Ilyen eltérés lehet például az éles vagy inert állapot, a csomagolt (málházott) vagy csomagolás nélküli, illetve az összeszerelt (AUR)²⁷ vagy komponensekre tagolt hadianyag.²⁸

A gyors felmelegedési vizsgálat pontos és biztonságos végrehajtása érdekében a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- A vizsgált lőszer csomagolásának szigetelőhatását.
- A robbanóanyag-töltet olvadását vagy lágyulását, valamint a nyomás okozta áramlását.
- A robbanóanyag-töltet olvadásából, lágyulásából, hőtágulásából adódó gyulladási-képesség-vesztés miatt az égéstermékeknek légköri vagy azzal közel azonos nyomáson kell távoznia.
- A robbanóanyag-töltet égésének értékelését megfelelő nyomáson és hőmérsékleten kell elvégezni, így normál regresszió²⁹ nincs hőátadással kapcsolatos égés vagy repedések miatt kialakuló további felületi égés.
- Optimális begyűjtési lehetőséget kell választani olyan, egyébként sértetlen lőszer esetében, ahol lyukak vagy repedések kialakulása a vizsgálat kezdetén bekövetkezhet.³⁰
- A robbanóanyag-töltet deflagrációból detonációba történő átmenetét vizsgálni kell.
- A vizsgálatok végrehajtása során az extrém időjárási viszonyokat figyelembe kell venni, és lehetőség szerint el kell kerülni.³¹

Ahogy az előzőekben is említettem, a szabványok csak a vizsgálatok kritériumait adják meg és csak egyes paraméterek esetében részletesek. Ebből adódik, hogy az eltérő nemzetiségű vizsgálócégek különböző melegítőkészülékeket használnak a melegítőtesztek (FCO, SCO) végrehajtásához. „A német Bundeswehr Fegyver- és Lőszertechnológiai Központja (WTD 91) LPG gázt használ, két oldalról befúvatva. A francia Nexter propilén gázt alkalmaz 4 x 4 fúvóka segítségével. A fúvókák száma és elhelyezkedése is teljesen eltérő lehet. A szintén német

²⁶ AOP-4240 2022: 2.2.1.

²⁷ AUR – All Up Round, összeszerelt rakéta, amely általában a gyártó által a kilövőhelyre vagy a platformra szállított konténerből és a benne a hajtóművel, a harcírészsel és a gyújtószerkezettel készre szerelt rakétából áll.

²⁸ AOP 39.1. 2022: ANNEX B.

²⁹ Valaminek a visszafejlődése, visszaesése, visszafelé történő mozgása, változása, csökkenése.

³⁰ A robbanóanyag-töltet égési felülete és a szellőzési területek égési paraméterei megjósolhatók.

³¹ AOP-39 2022: C-1 – C-4.

DIEHL alulról alkalmaz két soros fűvókákat. A francia EURENCO ezt a vizsgálatot 3 x 7 db lőszeren végzi.”³²

Az sem elhanyagolható szempont, hogy melegítő (hevítő) -vizsgálatokat csak a szénhidrogéntüzelőanyag-tartályban kialakuló tüzek során valószínűsíthető legintenzívebb melegedési körülmények szimulálására tervezték. Ezért a vizsgálati eredmények alapján nem lehet következtetéseket levonni adott üzem közbeni esemény vagy baleset következményeinek vonatkozásában.

Azoknál a robbanóanyagokat tartalmazó próbatesteknél, amelyek csak kisebb mértékű felmelegedésnek vannak kitéve, esetleg kevésbé intenzív az azokat melegítő tűz hatása, mivel a kisebb hőterhelés hosszabb ideig hat a próbatestben lévő robbanóanyagokra, az esetlegesen bekövetkező robbanás hevessége nagyságrendileg nagyobb lesz. Ez abból adódik, hogy gyors felmelegedés esetén kevesebb robbanóanyag éri el a veszélyes hőmérsékletet, mint a lassú felmelegítés során, miközben még mindig nem áttört burkolatba van zárva.

A gyors felmelegedési vizsgálatból kapott adatokat nem szabad extrapolálni³³ sem a hőmérséklet, sem az idő tekintetében, mivel annak folytatólagos hatásai nem törvényszerű folyamatok.

A szabványok szerint végrehajtott vizsgálatok eredményeinek kiértékelését szintén az érzéketlen lőszer bevezetésére és értékelésére vonatkozó irányelv (AOP-39), valamint a katonai lőszer és robbanóanyagok veszélyességi osztályozására vonatkozó NATO-s biztonsági alapelvek kézikönyve (AASTP-03) tartalmazza.

A lassú felmelegítési vizsgálati módszer

A vizsgálati eljárás története egészen az USS Forrestal repülőgép-hordozó fedélzetén 1967. július 29-én történt balesetig³⁴ nyúlik vissza. Ekkor szenvedett az amerikai haditengerészet olyan veszteségeket, amelyek indikátorként szolgáltak a biztonságosabb fegyverek kialakítását illetően. Célul tűzték ki a lőszer teljes körű termikus tulajdonságainak feltárását, jellemzését és az olyan technológiák alkalmazására történő áttérést, amelyek hozzájárulnak a lőszer reakciószintjének minimalizálásához lassú felmelegedés esetén.

A szövetségesek 4382 számú hadianyag-kiadványában (AOP-4382) megfogalmazott célkitűzések szerint, a „dokumentum meghatározza azokat a vizsgálati követelményeket és eljárásokat, amelyekkel bizonyítani lehet a lőszer és fegyverrendszerek reakcióját a közeli vagy szomszédos raktárakban, tárolókban – esetleg egy hajón vagy vasúti kocsin – lassan felmelegítő

³² KELEMEN 2023: 19–20.

³³ Adatokon, információkon alapulva következtetéseket vonunk le valamilyen további helyzetre vagy időszakra vonatkozóan. Az extrapoláció azt feltételezi, hogy a jelenlegi adatok vagy tendenciák folytatódni fognak a jövőben, és ezen alapulva próbálja megjósolni, hogy mi fog történni.

³⁴ A Dél-kínai-tengeren a Forrestal repülőgép-hordozó több repülőgépet is indított észak-vietnámi célpontok ellen. Egy F-4 Phantom típusú (Zuni) rakéta nekiütközött egy felfegyverzett A-4 Skyhawk oldalának, és felszakította annak 400 gallonos külső üzemanyagtartályát. A tartályból szivárgó üzemanyag kigyulladt, súlyos tüzet okozva, amely órákon át égett. A tűz következtében a lőszerkészlet egy része és 21 repülőgép is megsemmisült. Az incidens során, amely a haditengerészetnek 72 millió dollárjába került, 134-en meghaltak, 161-en megsérültek.

hőforrás által jelentett veszélyek vonatkozásában”.³⁵ A lassú felmelegítés vizsgálati módszere segítségével elő lehet idézni olyan környezeti hatást, amely akkor jön létre, ha a lőszer vagy lőszerkészlet huzamosabb időn keresztül valamilyen szomszédos hőforrás melegítő hatásának van kitéve. Ahogy az előző felmelegítési módszer, úgy ez sem képes szimulációként szolgálni adott baleset vagy harci cselekmény során kialakuló reakciókra. Azonban a lassú felmelegítési módszer alkalmazása során lehetőség nyílik arra, hogy a valóságot megközelítő szimulációt hozzunk létre, amelyet a fűtési sebesség szabályozásával és a vizsgálati konfiguráció változtatásával lehet elérni.

A lőszeres lassú felmelegítési vizsgálatait a következő módszerek szerint lehet végrehajtani:

- Szabványos módszer: A lőszert 50°C-os kemencében addig melegítjük, amíg el nem éri a hőegyensúlyt.³⁶ Ezt követően a lőszer óránként 15 °C-os hőmérséklettel történő melegítése nem közvetlen hőforrással, hanem egy elkülönített térben működtetett hőforrás hőjének átadásával történik mindaddig, amíg reakció nem alakul ki. A mért adatokat hőmérséklet/idő függvényben kell rögzíteni, és a teszteredmények alapján ezt kell majd átlagolni.
- Alternatív módszer: A hőegyensúly kialakítása ennél a módszernél nem szükségszerű, mivel a fűtési sebesség veszélyelemzésen (THA)³⁷ alapul, és ez teszi lehetővé, hogy a valósághoz közelítő mérési eljárást (melegítési sebességet) alkalmazzunk. Abban az esetben, ha a veszélyelemzés arra enged következtetni, hogy adott fűtési sebesség megfelelő adott lőszertípus vizsgálatához, akkor a fűtési sebességet és az elemzés által meghatározott hőfokot a nemzeti szabályozók által jóváhagyott módon lehet alkalmazni.
- A veszélyességi osztályozási alternatíva (HCA)³⁸ módszere: Ennél a vizsgálati módszernél sem kötelező a hőegyensúly kialakítása. Azonban a szabványos módszernek megfelelően a vizsgálati tervben meghatározott berendezés, vizsgálati elrendezés és hitelesített műszerek használatával hajtjuk végre a lőszer vizsgálatát! A vizsgálat során a hőmérsékletet óránként 3,3 °C-kal kell növelni mindaddig, amíg reakció nem következik be. A mérési eredményeket ebben az esetben is hőmérséklet/idő grafikonon kell feltüntetni. Jegyezzük fel a reakciót az idő és a hőmérséklet függvényében! A vizsgálati módszert jelenleg a veszélyességi osztályozás kategorizálásának céljából használják.³⁹

A vizsgálati módszerek szemszögéből fontos kritérium, hogy legalább két vizsgálatot kell elvégezni (figyelembe véve a különböző nemzetek erre vonatkozó előírásait) abban az esetben, ha a töltetelhelyezés tárolási elrendezésben (csomagolt állapotban) valósul meg. Ebben az esetben maga a lőszer nem látható a reakciót vizsgálóablakon keresztül rögzítő kamera

³⁵ AOP-4382 2022: 1.3.

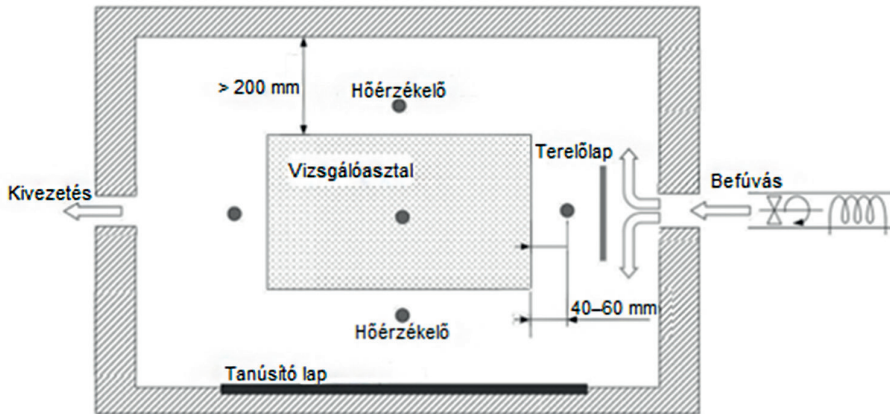
³⁶ Az AOP-4382 A. melléklete a közvetlen mérés, a modellezés vagy a méret alapján történő számítás lehetőségét határozza meg a vizsgálatot végzők számára annak vonatkozásában, hogy mikor éri el egy lőszer az egyensúlyi állapotot.

³⁷ Threat Hazard Analysis.

³⁸ Hazard Classification Alternative.

³⁹ AOP-4382 2022: 2-1 – 2-2.

számára, ezért ajánlott egy harmadik vizsgálat lefuttatása is, ahol a lőszeret a tárolótartály nélkül helyezik el.⁴⁰ A vizsgálandó lőszer körül minimum 200 mm távolságot kell tartani a jobb hőáramlás érdekében. A hőmérőket – az 1. ábrán látható módon – 40–60 mm-es távolságban kell elhelyezni a vizsgált lőszerrel. A hőmérsékleti adatokat legalább 2 percenként rögzíteni és hivatalosan dokumentálni kell.



1. ábra: Lassú melegítési tesztberendezés vázolata

Forrás: az AOP-4382 EAV2 2-3 alapján a szerző szerkesztése

Az alternatív vizsgálati módszer esetében a robbanóanyagokkal töltött lőszerknél nem lesz lineáris a melegedés sebessége, ami a vizsgálati folyamat részleteiből is következik, így akár gyorsabb ütemű felmelegedést okozhatnak. A lassú felmelegítési vizsgálatok során kapott adatok extrapolálására ebben az esetben sincs lehetőség, az előző vizsgálati módszernél ismertetett indokok miatt.

A lövedékbecsapódás vizsgálati módszere

A lövedékbecsapódás vizsgálati módszere a kézfegyverek lövedéke(i) becsapódásából eredő reakciókat elemzi. A vizsgálat lényege, hogy nagy kaliberű, 12,7 mm-es páncéltörő (AP-) lőszerrel rálőnek a vizsgálat alá vont lőszer azon részére, ahol a detonátor töltete és/vagy a fő töltet található. A vizsgálati eljárások az alábbi módszerek szerint valósulhatnak meg:

- Szabványos (Standard) módszer: a lövedék becsapódásának hatására fellépő reakciók meghatározására. Ennél a módszernél három darab 12,7 mm-es páncéltörő lövedék becsapódása esetén tekinthető befejezettnek a vizsgálat.
- Elsődleges alternatív (Primary Alternative) módszer: egy darab 12,7 mm-es AP-lövedék becsapódásának esetén a vizsgálat alá vont lőszer reakciójának meghatározására.

⁴⁰ AOP-4382 2022: 2-4.

- A testre szabható alternatíva (Tailorable Alternative) módszere: egy vagy több darab 12,7 mm-es AP-lövedék becsapódásának esetén a vizsgálat alá vont lőszer(ek) reakciójának meghatározására, amelyeket a fenyegetettség kockázatértékelés (THA) segítségével határoztak meg.

A nagy felbontású kamerákkal rögzített vizsgálatokat 20–30 méteres távolságból, 600 ± 50 lövés/perc tűzgyorsaságú beépített géppuskával és 850 ± 20 méter/másodperc becsapódási sebességű lövedékkel kell végrehajtani, olyan módon, hogy becsapódás érje a próbatestet a legérzékenyebb területén (detonátortöltet), illetve a lőszer fő töltetén.⁴¹

A vizsgálatok végrehajtásához a szövetségesek 4241 számú hadianyag-kiadványában a lövedékre vonatkozóan az alábbi előírások találhatók:⁴²

- kaliber: 12,7 × 99 mm (.50 BMG–Browning Machine Gun);
- a lövedék tömege: 40–50 g;
- az acélmag keménysége: >750 HV⁴³ (61,2 HRC);⁴⁴
- nem tartalmazhat nyomjelzőt, gyújtóanyagot, robbanóanyagot vagy pirotechnikai anyagot.

Amennyiben hazánkban is megvalósul egy vizsgalóbázis kialakítása, úgy figyelembe kell venni, hogy „[a] lövésekhez az amerikai 12,7 × 99 AP M2 páncéltörő löszert vagy ezzel egyenértékű löszert szükséges beszerezni”.⁴⁵

Természetesen, mint minden vizsgálati eljárásnál az alapvető biztonsági rendszabályok mellett, itt is szükséges a vizsgálati helyszín egyedileg megállapított szigorú biztonsági előírásokkal történő szabályozása.

Repeszbecsapódás-vizsgálat

A repeszbecsapódás-vizsgálat lényege, hogy egy szabványos méretű és keménységű acéllövedék (repsz), amelyet meghatározott sebességgel lőnek a robbanótest robbanóanyagot és/vagy hajtóanyagot tartalmazó részére, milyen hatást képes kiváltani a vizsgálat alá vont robbanótesten. A vizsgálat történelmi előzményeit illetően nincs egyértelmű bizonyíték annak vonatkozásában, hogy melyik baleseti vagy harci cselekmény volt az első, amely indokoltta tette a töltetek ezirányú vizsgálatát. A repeszek mennyisége, mérete, alakja, sebessége és kivetési módja már hosszú idő óta meghatározó szempont a hadszínterek esetében. Számos háborús cselekmény esetén felmerült annak a lehetősége, hogy a haditechnikai eszközre

⁴¹ AOP-4241 2022: 2-1.

⁴² A követelményeknek a német DM51 és az amerikai AP M8 lőszer is megfelel.

⁴³ A Vickers-keménység elsősorban fémek, ezen belül is acélok keménységének összehasonlítására szolgáló empirikus mérőszám.

⁴⁴ A Rockwell-keménység olyan anyagtulajdonság, amely azt fejezi ki, hogy egy anyag felülete mennyire szilárd, milyen mértékben ellenálló a külső mechanikai behatásokkal szemben.

⁴⁵ KELEMEN 2023: 23.

málházott hadianyag elműködéséért egy vagy több robbanásból származó repesz a felelős. Az 1980-as és az 1990-es években a NAVSEA több vizsgálati módszert kidolgozott, amelyek többnyire egy robbanóanyagtömb felrobbantása során a robbanóanyag elé helyezett, előre formált repeszek felgyorsításával valósultak meg. Az első repeszvizsgálattal kapcsolatos biztonsági követelmény a NAVSEA 8010.5 utasításban jelent meg 1985-ben.

Jelenleg egy szabványos módszer, illetve egy alternatív módszer alkalmazható a repesz-becsapódás-vizsgálat elvégzésére.

- A szabványos módszer lényege vizsgálni a lőszer reakcióját abban az esetben, amikor a repesz becsapódásának sebessége 2530 ± 90 m/s.
- Az alternatív módszer esetében, mivel a fenyegetettségi kockázatértékelés előírja a 2530 m/s sebességű repeszek becsapódásának rendkívül alacsony valószínűségét, a vizsgálatot 1830 ± 60 m/s becsapódási sebességgel kell végrehajtani.⁴⁶

Az AOP-4496 szabvány előírásai szerint a vizsgálatot legalább 2 darab (csomagolt vagy csomagolás nélküli) robbanótesten végre kell hajtani úgy, hogy a célpont a legnagyobb mennyiségű robbanóanyagot tartalmazó részen legyen. A lőtávolság meghatározására nincs előírás, azonban legalább egy találatnak a legütésérzékenyebb területre kell esnie.

A vizsgálat szabvány szerinti végrehajtásának érdekében az alkalmazott repesz technikai paraméterei a következők:

- alakja: kúpos henger ($L/D > 1$);
- mérettolerancia: $\pm 0,05$ mm és $\pm 0^\circ 30'$;
- átmérője: 14,30 mm;
- teljes hossza: 15,56 mm;
- csúcshöze: 160° ;
- teljes tömege: 18,6 g;
- keménysége: 190–270 HB.

Az amerikai hadsereg Fegyverzetkutató, Fejlesztő és Mérnöki Központja (ARDEC)⁴⁷ a repeszvizsgálati tesztek egy 40 mm-es, beépített gépágyúból 2530 m/s kezdősebességgel kilőtt lövedékkel hajtja végre. A 18,6 mm átmérőjű fémlövedéket egy 40 mm külső átmérőjű műanyag perselybe helyezik, mint egy űrméret alatti lövedéket.⁴⁸

Az együttes hatás vizsgálata

Az együttes hatás vizsgálatának előzményei egészen az első világháború végéig vezethetők vissza. Az USA Védelmi Minisztériuma a háborút követően jelentős mennyiségben rendelkezett nagy mennyiségű magas hatóerejű robbanóanyagokat tartalmazó lőszerrel. Ezeknek

⁴⁶ AOP-4496 2022: 2-2 – 2-3.

⁴⁷ U.S. Army Armament Research, Development and Engineering Center.

⁴⁸ MIERS 2017: 224.

a megmaradt hadianyagoknak egy részét 1922-ben olyan kísérleteknél használták fel, ahol a hadianyagok között lévő optimális távolság meghatározása volt a célkitűzés olyan módon, hogy egy detonáló lőszerhalomtól a szomszédos lőszer mennyiség ne robbanjon fel.

A mai vizsgálatok már lényegesen több szempontot vesznek figyelembe, mint az egy évszázaddal korábban végrehajtott kísérletek, de a lényeg ugyanaz, vagyis a biztonságot maradéktalanul szem előtt tartani. Manapság az együtteshatás-vizsgálatok arra adnak választ, hogy egy felrobbanó gránát, lőszer vagy robbanóanyag milyen hatást fejt ki a mellette lévő lőszerre. Következésképpen a vizsgálat előtt előre meghatározott távolságra helyezik a vizsgálandó tárgyakat, például gránátokat. A tesztanyagok közül egy a *donor*, vagyis a felrobbantandó vizsgálati tárgy, a másik az *acceptor*, vagyis az a tárgy, amelyet vizsgálunk, a többi pedig robbanásra nem képes (inert) lövedék. A robbantott és a vizsgált tárgy (lőszer, gránát) típusa, űrmérete és az inert lövedékek űrmérete is megegyezik.⁴⁹

A lőszer együtteshatás-vizsgálatát az alábbi módon hajthatjuk végre:

- Abban az esetben, ha a donorlőszert, gránátot detonációra tervezték, úgy kell elindítani a donorlőszert (lőszeret), hogy a gyújtószerkezet helyére plasztikus robbanóanyagot vagy 8-as elektromos gyutacsot helyezünk. Lényeges, hogy a teljes detonáció megvalósuljon.
- A nem detonációra tervezett lőszer esetében a donorlőszer(ek)e)t olyan módszerrel kell beindítani, amely reakciót vált ki (például az AOP-4526-ban meghatározott robbanással formált töltetsugar, robbanótöltet stb.).⁵⁰

Az együttes hatás problémaköre az alábbi részekre korlátozódik:

- „Egy-az-egyben, azaz egy robbantott gránát és egy vizsgált gránát. Ez a vizsgálati módszer tovább bontható, annak függvényében, hogy a két gránát között van csillapítás vagy nincs. A csillapítás jelentősen megváltoztathatja a robbanás hatásait.
- Egy robbantott gránát és több vizsgált gránát. A vizsgált gránátok között egyéb alkatrészek is előfordulhatnak, ezért a vizsgálati eredmények eltérhetnek az egy az egyben vizsgálat eredményeitől.
- Több robbantott gránát több vizsgált gránát. A kupac a kupacon vizsgálatnak is nevezett robbantás során jól elemezhető az esetleges robbanásátvitel egy csoport gránátról egy másik csoport gránátra.”⁵¹

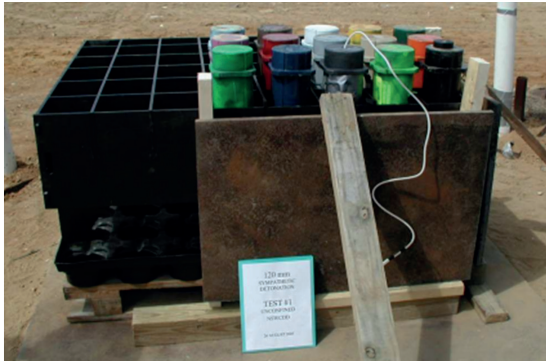
Az együtteshatás-vizsgálat végrehajtásakor a donor és a köré elhelyezett éles gránátok térfogata legalább 0,15 m³ legyen. Abban az esetben, ha a műszaki specifikáció ezt alátámasztja, és a teszt eredményessége is ettől függ, a kisebb térfogat is megengedhető. A gránátok elhelyezése különösen fontos, azokat úgy kell pozicionálni, hogy a lehető legrosszabb reakciót váltsák ki a körükjék elhelyezett gránátokból (elméletileg hogy robbantsák fel azokat). Ahogy az előző vizsgálatok esetében is, a vizsgálatokat csomagolt (szállítási és raktározási állapotú),

⁴⁹ KELEMEN 2023: 27.

⁵⁰ AOP-4396 2022: 2-1.

⁵¹ KELEMEN 2023: 27.

illetve csomagolás nélküli állapotban is végre kell hajtani, illetve azokat legalább kétfő alkalmazással kell megismételni. A szabvány azt is rögzíti, hogy a csomagolt (szállítási és raktározási állapotú) gránátok esetében nem jöhetnek létre rosszabb válaszreakciók, mint a szabadon álló, csomagolás nélküli gránátok. A tesztelések végrehajtása során arra is figyelni kell, hogy ha a gránátok közé szennyeződés kerül, az befolyással lehet a vizsgálati eredményekre.⁵²



2. ábra: Együtteshatás-vizsgálat

Forrás: SOTZKY 2006: 14.

A robbantási tesztfeladatok végrehajtásánál érdemes a különböző testeket más-más színjelöléssel ellátni, annak érdekében, hogy a robbanás során szétszóródó darabok (repszek) azonosítása és elkülönítése megvalósítható legyen. A 2. ábrán jól megfigyelhető, hogy a donorgránát köré helyezik a vizsgálandó gránátokat, valamint az inert lövedékeket. A vizsgálandó gránátok mellé és alá pedig hitelesítő (tanúsító) lapot helyeznek. A tesztek végrehajtását követően ezekkel a segédanyagokkal tudják elemezni a reakciókat, illetve a megfelelő következtetéseket is így tudják levonni.

A kumulatív *jet* becsapódási vizsgálata

A kumulatív *jet* becsapódási vizsgálatának történeti előzményei a kumulatív gránátok okozta töltetrobbanásokig vezethetők vissza. Számos történelmi példát találhatunk annak vonatkozásában, hogy hogyan próbáltak védekezni (elsősorban a páncélos eszközök kezelőszemélyzete) a kumulatív gránátok hatásai ellen. Mivel a kumulatív gránátok jelentős fejlődésen mentek keresztül az elmúlt évtizedekben,⁵³ és a kumulatív béléstesteket is folyamatosan fejlesztik a szakemberek,⁵⁴ ezért a haditechnikai eszközök védelmi kialakítását is módosítani volt

⁵² AOP-4396 2022: 2-1 – 2-2.

⁵³ EMBER 2016: 189–195.

⁵⁴ EMBER 2022a: 15–20; EMBER 2022b: 13–23.

szükséges. Fő célkitűzésként azt határozták meg, hogy a kumulatív hatás⁵⁵ következtében a lőszerkészletek robbanása elkerülhető legyen.

Az AOP-4526 szabvány előírásai szerint végrehajtott becsapódásvizsgálatnál kumulatív töltetet robbantanak fel meghatározott távolságra a vizsgálandó gránáttesttől. Ez a kumulatív töltet megközelíti a PG-7V rakéta hatását. A vizsgálat során a kumulatív töltet és a gránáttest közé fémlapokat és kompozit réteget tesznek, ezzel imitálva egy páncélozott gépjármű rakodóterét. A vizsgálati folyamat lényege, hogy a kumulatív töltet felrobbanása során nagy sebességű folyékony *fémjet* alakul ki, amely a gránáttestek közötti fémlapon áthaladva találja el a céltárgyat. A vizsgálat ebben az esetben is „standard” és „alternatív” módszerek szerint hajtható végre:

- A standard módszer esetében a töltet, a kondicionáló lemez és a vizsgálati tárgy közötti távolságot, illetve a kumulatív töltet sugár (SCJ) szétesési jellemzőit is dokumentálni kell. A töltetet úgy kell elhelyezni, hogy a kialakult *jet* átmérőjének a gránáttest elérésekor 2,5–3,5 mm-nek, a behatolási képességnek 120–140 mm³/μs²-nek kell lennie. A *jet* egyenes szakaszának a hossza 20 töltetátmérőnyi távolságon egy fél *jet*átmérőnyi eltérést mutathat.
- Az alternatív módszer esetében a távolsági dokumentációk végrehajtása mellett a kialakult *jet* átmérőjének és a *jet* behatolási képességének értékeit úgy kell megválasztani, hogy azok alkalmasak legyenek a vizsgálat alá vont lőszer reakciójának meghatározására, amelyeket a fenyegetettség kockázatértékelés (THA) segítségével határoztak meg.

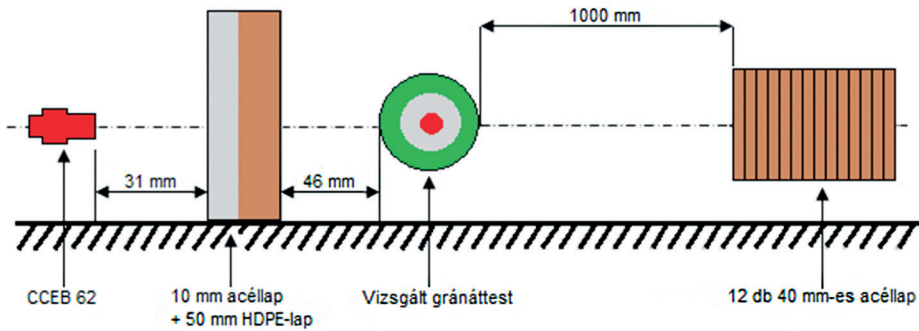
Bármelyik módszert választjuk, a vizsgálatot 61–95 mm átmérőjű, tiszta vörösréz bélésű kúppal szerelt kumulatív töltettel kell végrehajtani. A töltetben alkalmazott robbanóanyag detonációsebessége és Gurney-energiája a Composition B (RDX/TNT/wax) és a tiszta HMX (oktogén) értéke között kell hogy legyen.⁵⁶

A rendelkezésünkre álló információk alapján is látszik, hogy a töltet karakterisztikája alapvetően határozza meg a vizsgálat menetét. A standard vizsgálati módszer paramétereinek teljesítéséhez olyan töltetre van szükség, mint a francia CCEB 62 kumulatív töltet⁵⁷. Az AOP-4526 EDA V2 (A-14 – A-15) alapján a vizsgálandó gránáttest és a kumulatív töltet közé 10 mm-es, alacsony széntartalmú fémlapot és 50 mm vastag, a töltetre merőlegesen elhelyezett, nagy sűrűségű polietilén lapot rögzítenek. A töltet (ebben az esetben a CCEB 62) és az acéllap közti távolság a töltet átmérőjének az 1/2 része, tehát 31 mm. A polietilén lap (HDPE) és a gránáttest között pedig a töltet átmérőjének a 3/4 része, tehát 46 mm van. A vizsgált gránáttest mögött 12 db 40 mm vastag hengerelt acéllap kap helyet, ezeken lehet a vizsgálat során kialakult *jet* áthaladását és energiáját vizsgálni. A CCEB 62 töltet esetén a *jet* átmérője 2,7±0,2 mm, sebessége 7025 m/s, behatolási értéke 133 mm³/μs².

⁵⁵ LUKÁCS 2017: 214–217.

⁵⁶ AOP-4526 2022: 2-3.

⁵⁷ CCEB 62 egy 62 mm átmérőjű, vörösréz bélésű kúppal rendelkező, HMX-alapú robbanóanyag-töltettel és RDX-alapú detonátorral szerelt kumulatív töltet.



3. ábra: A CCBE 62-vel végrehajtott vizsgálat helyének berendezése

Forrás: KELEMEN 2023: 31.

A vizsgálati lépésekből és a berendezési vázlatból is látható, hogy ennek a vizsgálatnak sincsenek teljesíthetetlen feltételei. A biztonsági intézkedések és a megfelelő tesztkörnyezet megválasztása, illetve kialakítása természetesen alapvetően befolyásolhatja a sikeres feladatvégrehajtást. Azonban arról sem szabad megfeledkezni, hogy valamennyi robbantással végrehajtott vizsgálati eljáráshoz olyan szakemberekre van szükség, akik nemcsak a technológiai leírások lépéseit és a robbanóanyagok kezelési szabályait ismerik, hanem képesek túllépni az általános ismeretszinten, és ahogy a vizsgálatok esetében, alternatívákat tudnak bemutatni a nagyobb biztonság elérése érdekében.

Összefoglalás

A történelem már számos esetben igazolta, hogy a szükséges óvintézkedések ellenére időről időre bekövetkeznek olyan balesetek, amelyek elkerülése nem kívánt volna nagy erőfeszítéseket. Sajnos legtöbbször be kell következnie a szörnyű eseménynek ahhoz, hogy elvégezzük a megfelelő vizsgálatokat, illetve levonjuk a valóban hasznosítható következtetéseket.

Mivel a Magyar Honvédségben is rendszerben vannak a 84 mm-es Carl Gustaf löszerek (PBXN 110 töltettel) és a 155 mm-es gránátok (Rh26 töltettel), az érzéketlen löszerek és érzéketlen robbanóanyagok témaköre kiemelt jelentőséggel bír. Ahhoz, hogy az érzéketlenlőszerbesorolás feltételeit teljesíteni lehessen, lehet, hogy nem ma, de a jövőben ezeket a löszereket vizsgálni kell. Szerencsés esetben hazánk is gyárthat olyan eszközöket, löszereket, amelyek esetében a STANAG 4439 szerinti IM-besorolás megszerzése is szerepelhet a célkitűzések között. Ez csak úgy lehetséges, ha rendelkezünk olyan vizsgálóbázissal vagy tesztek végrehajtására alkalmas létesítményekkel és szakembergárdával, amely(ek) képes(ek) végrehajtani az előírt vizsgálatokat.

A szabványok alapján ismertetett vizsgálati eljárások talán első olvasásra bonyolultnak tűnnek, de valójában egyszerű azok kivitelezése. Ahogy bemutattam, a vizsgálati módszerek bár azonosak, azok kivitelezése nemzetenként eltérő tendenciát mutathat. A koncepcionális különbségek is megjelenhetnek, hiszen egyes országok (például Svédország) úgy gondolják, hogy az érzéketlen lőszer mint kifejezés nemcsak az érzéketlenrobbanóanyag-alapanyagokat, az érzéketlenrobbanóanyag-keverékeket és az ezekkel töltött robbanótesteket foglalja magában, hanem a csomagolást és a raktározást is. Ebből az következik, hogy a vizsgálati eredmények tükrében nemcsak a robbanóanyag érzékenységének mérséklését, hanem a tárolási módszerek, illetve a csomagolási technika módosítását is figyelembe kell venni. Ezzel ellentétben néhány nemzet kifejezetten az érzéketlen robbanóanyagokra és az azokat tartalmazó robbanótestek vizsgálatára fókuszál. Látható tehát, hogy vannak olyan kérdések, amelyeket meg kell válaszolnunk, illetve döntések, amelyeket előre meg kell hoznunk, mielőtt belefogunk egy ilyen vizsgálati profil kialakításába.

Mivel az érzéketlen robbanóanyag – nemcsak mint töltet, hanem mint hajtóanyag is – egyre elterjedtebbé válik, így arra kell számítani, hogy egyre több olyan eszköz jelenik majd meg a Magyar Honvédségben is, amely alkalmazza ezeket az új, innovatív megoldásokat. Annak ellenére, hogy ezek az eszközök biztonságosabbak, költséghatékonyabbak, kevésbé terhelik a környezetet és természetesen a legtöbb esetben hatékonyabbak is, szükséges a folyamatos kontroll, így nélkülözhetetlen az ellenőrző és a tesztvizsgálatok elvégzése, ha továbbra is a biztonságot tartjuk a legfontosabb tényezőnek.

Felhasznált irodalom

- BEAUREGARD, L. Raymond [é. n.]: The Technical Requirements for Insensitive Munitions. *The History of Insensitive Munitions*. Online: <https://www.insensitivemunitions.org/history/the-technical-requirements-for-insensitive-munitions/>
- DARUKA Norbert (2016): Robbanóanyag-ipari alapanyagok és termékek osztályozásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26(1), 26–44. Online: http://www.hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanynyok/mkk.uni-nke.hu/PDF_2016_1sz/MKK_2016_1sz_ossz.pdf
- DARUKA Norbert (2023): Érzéketlen robbanóanyagok I. – Célkeresztben a TNT és a Composit B kiváltása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 33(2), 5–21. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.2.1>
- EMBER István (2016): Používanie kumulatívnych náloží na bojisku, s osobitným zreteľom na bojové látky používané v II. svetovej vojne. In BERÁNEK, Mikulas (szerk.): *Trhacia Technika 2016*. Banská Bystrica: Slovenská spoločnosť pre trhacie a vrtacie práce, 187–196.
- EMBER István (2022a): Modern kumulatív töltetek hatékonyságának vizsgálata. *Haditechnika*, 56(6), 15–20. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.03>
- EMBER István (2022b): Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(3), 13–23. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.2>
- IMEMG – Insensitive Munitions European Manufacturers Group (2023): *Representation of the IM requirements 2023 – IM Characteristics*. Online: <https://imemg.org/im/about-immurat/im-characteristics/>
- KELEMEN Ferenc (2023): *Érzéketlen lőszer vizsgálati, felhasználási lehetőségei*. Szakdolgozat. Budapest: Óbudai Egyetem BGK.
- KOVÁCS Zoltán (2008a): Speciális katonai robbanóanyagok. *Robbantástechnika*, 29, 17–22.

- KOVÁCS Zoltán (2008b): Robbanóanyagok a katonai gyakorlatban. *Robbantástechnika*, 30, 43–47.
- LUKÁCS László (2017): *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből*. Budapest: Dialóg Campus.
- MIERS, T. Kevin – AL-SHEBAAB, M. Nausheen – PRILLAMAN, L. Daniel (2017): Fragment Impact Modeling And Experimental Results for Insensitive Munitions Compliance of a 120mm Warhead, 14th Hypervelocity Impact Symposium, Canterbury 24–28. April 2017, *Procedia Engineering*, 204, 223–230. Online: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.729>
- NATO STANDARD AOP-39 (2022): Policy for Introduction and Assessment of Insensitive Munitions (IM). Edition D, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=AOP-39>
- NATO STANDARD AOP-39.1 (2022): Guidance on the Organisation, Conduct and Reporting of Full Scale Tests. Edition A, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=AOP-39.1>
- NATO STANDARD AOP-4240 (2022): Fast Heating Test Procedures for Munitions. Edition A, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=AOP-4240>
- NATO STANDARD AOP-4241 (2022): Bullet Impact Test Procedures for Munitions. Edition A, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=4241>
- NATO STANDARD AOP-4382 (2022): Slow Heating Test Procedures for Munitions. Edition A, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=4382>
- NATO STANDARD AOP-4396 (2022): Sympathetic Reaction Test Procedures for Munitions. Edition A, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=4396>
- NATO STANDARD AOP-4496 (2022): Fragment Impact Test Procedures for Munitions. Edition A, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=4496>
- NATO STANDARD AOP-4526 (2022): Shaped Charge Jet Impact Test Procedures for Munitions. Edition A, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=4526>
- PATEL C. (2011): *Common Low-cost IM Explosive Program*. 30 Nov 2011. Online: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA554406.pdf>
- SOTZKY, Larry – AL-SHEBAB, Nausheen – MAZZEI, Robert (2006): *Insensitive Munition (IM) Enhancement of the 120 mm M943A1 High Explosive (HE) Mortar Cartridge*. 2006 Insensitive Munitions and Energetic Materials Technology Symposium. Bristol, United Kingdom. 24–27 April 2006. Online: https://imemg.org/wp-content/uploads/imemts2006_Sotsky_1.ppt.pdf
- SWIERK Thomas (2012): *IM Testing and Assessments*. NATO S&T Organization, 2012. Online: <https://www.sto.nato.int/EN-AVT-214-02.pdf>