

Járművédelem robbanás gátló üzemanyagtartállyal

(Javaslat az MSZ 20300:2002 szabvány korszerűsítésére)

Írta:

Eur Ing. Frank György c. docens

az SzVMSzK Szakmai Kollégium elnöke, „SzVMSzK mérnök szakértő” (B5, B6, B7)

Pénz-és értékszállító gépkocsik (C.I.T.) ellen elkövetett kézigránátos támadások (pl.: 2004.08.09., 2005.05.14.) és a járművek környezetében lezajlott tűzpárbajok jelzik a szakemberek részére a „robbanás gátló üzemanyagtartály” alkalmazásának szükségességét. Be kell látni, hogy védelem nélküli (pl. ballisztikai védőanyag, habanyag, elfojtó töltet) üzemanyagtartály olyan mértékű biztonsági kockázatot jelent mind a biztonsági gépkocsit (C.I.T, VIP, stb.) használók, mind a környezet számára, ami a technika jelenlegi állása mellett már elfogathatatlan. Ezen a helyen szükséges megemlíteni, hogy olyan további megoldások is rendelkezésre állnak ma már elfogadható áron, amelyek megvédik a járművet, az utasokat egy esetleges tűz veszélyétől: tűzoltó berendezés a motortérben, tűzelfojtó berendezés a védett térben.

A védelem nélküli üzemanyagtartály azért is elgondolkodtató, mivel szabvány (MSZ 20300) egyértelmű megoldást ajánl. Továbbá az üzemanyagtartály robbanás kockázatának mérséklésére ma már olyan elfojtó töltetek, tűzoltó -és tűzelfojtó berendezések állnak rendelkezésre, amelyek vészhelyzetekben megbízható megoldást jelenthetnek.

A cikk célja először is orientálni a biztonsági gépkocsi üzembetartókat a biztonsági szint emelésének irányába, nevezetesen a potenciális veszély érzékeltetésével úgy, hogy a járművek üzemanyagtartályait aeroszol robbanóanyaggal töltött harceszközhöz hasonlítja. Másodszor bemutatni különböző kísérletek alapján a robbanáselfojtó passzív töltet működési mechanizmusát azzal, hogy alkalmazása csökkentheti az üzemanyagtartály robbanás kockázatát, végső soron képes a robbanás elfojtásra. Harmadszor felhívni a figyelmet a szabvány korszerűsítésének fontosságára. Ugyanis a piaci igényeknek való megfelelés és a hatékonyság miatt javasolt a szabványokat 10 éves korszerűsítési ciklusba sorolni (Szabványügyi Közlöny 1. szám, 2010.január, 42. old)

Jelentős biztonsági kockázat az üzemanyagtartály

Járművek nem védett üzemanyagtartályainak veszélyességét talán az aeroszol – robbanóanyagok, harceszközök működési jellemzőinek ismertetésével lehet jól érzékeltetni. Ezek a robbanóanyagok olyan heterogén diszperz rendszerek, melyek levegőből és éghető anyagok szoljából, gázaiból és gőzeiből állnak és iniciáló impulzus hatására stabil detonációra képesek. Az aeroszol harceszközök iniciálásra alkalmas aktív töltetektől és gyújtókból állnak.

Az aktív töltet folyékony és/vagy szilárd halmazállapotú éghető anyag komponensből tevődik össze, amely levegőben részben szol formában diszpergálható, részben gáz halmazállapotban elkeverhető.

A szol az aktív töltet mechanikus aprításának és részben párolgásának eredményeként jön létre és az aeroszol robbanóanyag, a szol és a gázfázisú égőanyag levegővel történő keveredése során képződik. A gyújtó feladata az optimális összetételű aeroszol robbanóanyag iniciálása, a diszperz rendszer egy vagy több pontján.

Az aeroszol – robbanóanyagok detonációs folyamatának tanulmányozása vezetett ahhoz a felismeréshez, hogy a járművek üzemanyagtartályai kvázi aeroszol robbanó harceszköznek is tekinthetők és adott pillanatban képesek aeroszol robbanó „harceszközként” elműködni.

Nos, ezek után érthető, hogy a megengedhetetlen biztonsági kockázatok közé sorolható a védelem nélküli üzemanyagtartály alkalmazása pl. a CIT, VIP, stb. járművekben !

Az üzemanyagtartály védelem lehetőségei

- Az MSZ 20300 sz. magyar szabvány 2.11. pontjának alkalmazása.
- Nyomáscsökkentő áttörési nyílások kialakítása.
- Robbanást elfojtó passzív töltet behelyezése **(1. ábra)**
- Megfelelő tűzoltó rendszer telepítése.



1. ábra. Elfojtó töltettel ellátott üzemanyag kanna nem gyullad be. Tűzoltó készülék rácsatlakozással, védett járműben

A cikk a korlátozott terjedelem miatt, figyelemmel az MSZ 20300 sz. magyar szabványban foglaltakra, csak a robbanást elfojtó passzív töltet hatás mechanizmusának ismertetésére korlátozódik.

A robbanást elfojtó passzív töltet hatás mechanizmusa

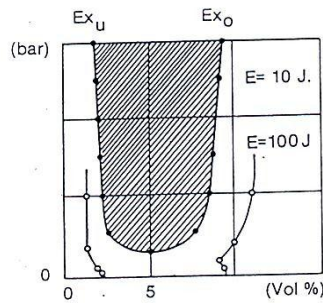
A manapság használt üzemanyagtartály robbanást elfojtó passzív töltetek alapanyaga a célnak megfelelő szemformával (pl. négyzet, hatszög) kialakított, formaálló, alumínium (99.9 %) háló (0.05 - 0.08 mm vastag), H19 vagy H24 keménység fokú, bevonattal (kezelt) vagy bevonat nélkül (kezeletlen: bővebben lásd MIL-C-5541) készített, végfelhasználásnál tömbökbe rakva vagy 25-30 mm átmérőjű gömb formába kialakítva. Ezeknek a robbanást elfojtó passzív tölteteknek a működési elve levezethető az „acélhálós kísérletből” és/vagy a Sir Humphrey Davy angol fizikus által feltalált bányászlámpából.

Ismertebb kereskedelmi megnevezések a robbanást elfojtó passzív töltetre: TSE, EXPLO CONTROL, EXPLOSAFE, Explo-Safe, NO-EX, Explostop

Az elfojtó töltet működésének lényege, hogy a jó hővezető tulajdonsággal, nagy aktív hő átadó felülettel kialakított alumínium háló képes arra, hogy a gyújtóforrás környezetéből, egy korlátozott nagyságú térben keletkező hőmennyiséget azonnal elvezessen, aminek következtében a helyi felmelegedést okozó gyújtóforrás már nem képes iniciálni. Továbbá a háló akadályozza az égés áttérjedését a cellás alumíniumrétegekkel elválasztott térrészekbe áramlott elegyre. A gyors hőelvezetés következtében az égési termékek térfogatszükséglete lényegesen nem növekszik, így a beindult kémiai átalakulás munkavégző képessége nem válhat kritikussá. Végül a folyamat önfenntartó képessége nem képes kialakulni, aminek következtében a „láncreakció” elfojtódik, s a detonáció elmarad.

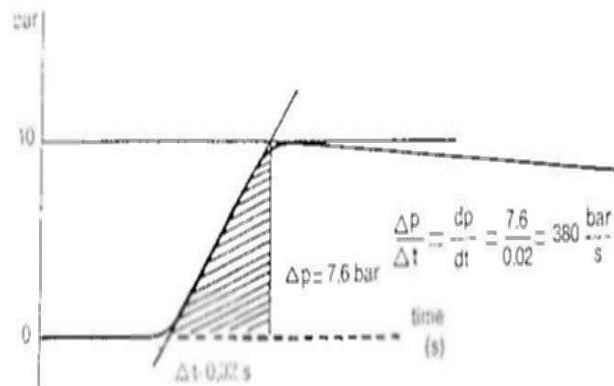
Egy konkrét védelem nélküli üzemanyagtartály akkor válik fokozottan robbanásveszélyessé, amikor a benne lévő folyékony halmazállapotú tűzveszélyes üzemanyag a tartály légterében éghető ködként jelenik meg (éghető folyadékcseppecskék), oda diszpergálódik és ott a körülötte lévő levegővel elegyedve keveredik. A gáz-levegő elegy kémiai jellegű robbanása azonban csak az alsó és felső robbanási határok által meghatározott területen belül képes megfelelő iniciálással (aktiválási energia) elindulni (robbanni). Továbbá szükséges, hogy az elindított kémiai átalakulás során számottevő energia (reakcióhő) szabaduljon fel, olyan mennyiségben, hogy az legyen elegendő az egész anyag aktivizálásához, azaz a folyamat önfenntartásához. („láncreakcióhoz”). Megjegyzés: Bár a felső robbanási határ (FRH) fölötti koncentrációjú keverék nem robbanóképes gázkeverék, azonban könnyen azzá válhat.

Az alsó és a felső robbanási határok által meghatározott területet „robbanásveszélyes” területnek is nevezik (Explosion Area), amelynek nagysága az indító energiaforrás aktivizálódásának pillanatában mérhető gőznyomás, a kezdeti hőmérséklet és az iniciáló energia (E) nagyság függvénye. Emelkedő hőmérséklet esetén pl. a „robbanásveszélyes” terület nagyobbodik (**2. ábra**).



2. ábra. Propán gáz-levegő elegy alsó és a felső robbanási határai szoba hőmérsékleten 7.0 liter űrtartalmú tartályban.

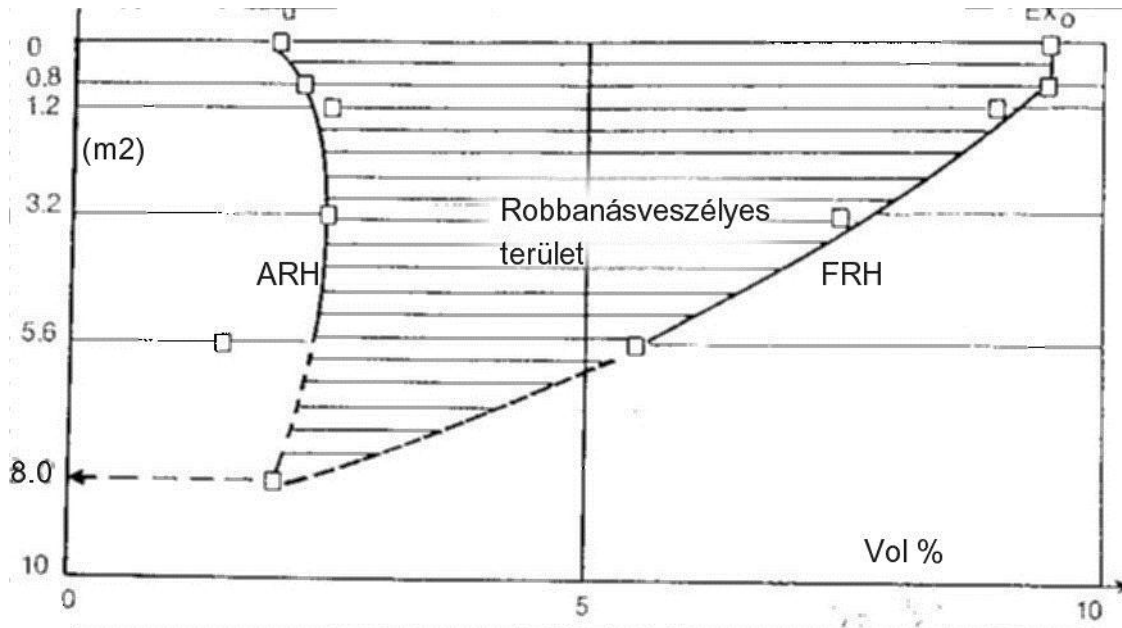
A robbanási nyomás (p_{ex}) időben történő növekedése (dp/dt): az időarányos nyomásnövekedés (K_G). Ezzel a jellemzővel (K_G) írható le a gáz-levegő elegy reakciójának hevessége, miután a beindítás megtörtént, értéke független a tartály méretétől és a gázra továbbá a vizsgálati módszerre jellemző (**3. ábra**).



3. ábra Időarányos nyomásváltozás (dp/dt) gyúlékony gázok robbanása esetén

Lényeges a robbanást elfojtó passzív töltetek alkalmazásakor, hogy az üzemanyag tartályok teljesen töltve legyenek hálóval, katonai repülőgépeknél pl. $26 - 48 \text{ kg/m}^3$ sűrűség használatos. Részben való feltöltés esetén az üres térrész,

adott pillanatban úgy viselkedik, mint egy kisebb, töltet nélküli üzemanyag tartály (4. ábra).



4. ábra. Egy üzemanyagtartályba (20 literes) helyezett 8.0 m² felületű elfojtó töltet az E_{xu} (ARH)-t alig viszont az E_{xo} (FHT)- értéket nagy mértékben módosítja (szobahőmérséklet, E = 10 J, P_v = 1.0 bar). Ez a töltet nagyság már képes a tartály (20 l.) robbanásának bekövetkezését késleltetni, nagy valószínűséggel megakadályozni.

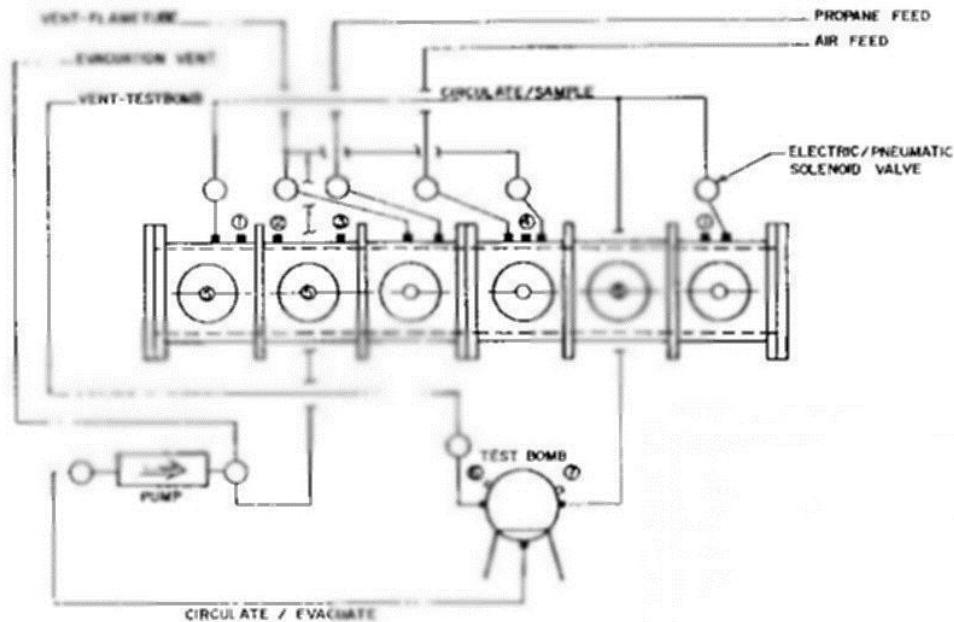
Vizsgálat propán gázzal, hatás mechanizmus

A robbanást elfojtó passzív töltetek MIL-B-87162A (USAF) szerinti, esetenként más vizsgálatoknál (pl. a svájci) is a tűzveszélyes üzemanyag tartály légtérbe diszpergálódott részét propán gázzal helyettesítik azért, mert a propán jellemzői közel helyezkednek el az üzemanyag jellemzőihez.

	Propán	Benzin
Gyulladási hőmérséklet	470 °C	260 °C
Alsó robbanási határ (E _{xu}) - ARH	2.1 térfogat % (0.039 kg/m ³)	1.1 térfogat %
Felső robbanási határ (E _{xo}) - FRH	9.5 térfogat %	7.0 térfogat %

A MIL-B-87162A (USAF) szerinti robbanást elfojtó alumínium töltetek egyik vizsgáló eszköze a láng kamra, amiben mérhető a láng terjedési sebessége, a keverék hőmérséklete, a robbanási nyomás és annak időbeli lefutása, továbbá fényképezhető és érzékelhető a lángfront haladása Ebben a láng kamrában a 4.5 - 5.1 térfogat % propán-levegő keveréket, minimum 0.25 millijoule energiával

gyújtógyertya iniciálja. Ez a láng kamra 0.06 m² keresztmetszetű, 0.14 m³ űrtartalmú (5. ábra).



5. ábra. A láng kamra

A NO-EX robbanást elfojtó passzív töltet svájci robbantásos vizsgálatát propán-levegő (2 térfogat % - 9.5 térfogat %) keverékek indító robbantásaival végezték

Ez a láng kamra 100, 90, 80, 70 és 60 térfogatszázalék robbanást elfojtó (Suppression Material) feltöltésekkel végzi a vizsgálatokat. A vizsgálatokhoz használt propán/levegő keverék olyan, hogy a keverékből vett minta nyomásemelkedése minimuma megfelel az alábbi összefüggésnek:

$$P_{\min} = (8 \cdot P_0) \cdot 0.7 \quad \text{ahol a } P_0 = \text{iniciáláskori rendszernyomás psia ban}$$

A NO-EX robbanást elfojtó passzív töltet svájci robbantásos vizsgálatát propán-levegő (2.0 - 9.5 térfogatszázalék) keverékek indító robbantásaival végezték (szoba hőmérséklet, induló nyomás $P_v = 1.0$ bar, indító energia $E = 10$ J) úgy, hogy minden tartály (20 liter), egy tartály kivételével, töltve volt meghatározott nagyságú (0.0, 0.8, 1.2, 3.2, 5.6 m²) NO-EX robbanást elfojtó töltettel.

Töltet m ²	E _{xu} %	E _{xo} %	robbanási térfogat %	P _{max} bar	K _G bar m/sec
0	2.0	9.5	7.5	8.5	112
0.8	2.25	9.5	7.25	6.6	93
1.2	2.5	9.0	6.5	5.4	91
3.2	2.5	7.5	5.0	2.9	73
5.6	1.5	5.5	4.0	0.7	14

Értékelés:

- A tartályba helyezett elfojtó töltet hőelnyeléssel hátráltatja a robbanás bekövetkezését
- A tartályba helyezett elfojtó töltet nagysága nem befolyásolja az alsó robbanási határt
- A tartályba helyezett elfojtó töltet nagysága befolyásolja a felső robbanási határt
- Mivel az alsó és felső robbanási határ görbék egymást a 8 m² (400 m²/m³) nagyságú töltet felületnél metszik, ebből az következik, hogy ha egy 20 literes tartály 8 m² nagyságú töltetet tartalmaz és az indító (begyújtó) energia 10 J-nál nem nagyobb, akkor abban a tartályban nagy valószínűséggel propán robbanás nem következhet be.
- Ez a kísérlet csak 20 liter űrtartalmú tartályra érvényes

A NO-EX robbanást elfojtó passzív töltet osztrák robbantásos vizsgálatait tartályokba töltött 7.5 térfogatszázalék propán-levegő keverékek iniciálásával, a tartályokba 4 cm mélyen elhelyezett, izzító gyertyákkal (min. 700 °C) végezték (induló nyomás P_v = 0.0 bar) úgy, hogy egy fém tartály (50 liter) és egy műanyag tartály (50 liter) „színültig” fel lett töltve 0.05-0.08 mm vastagságú, kb. 25 mm átmérőjű gömb formára kialakított NO-EX robbanást elfojtó, alumínium (99.9 %) töltettel, egy fém tartály (50 liter) pedig nem.

Értékelés:

- Az a fém tartály (50 liter) és az a műanyag tartály (50 liter), amelyet feltöltöttek „színültig” 0.05-0.08 mm vastagságú, kb. 25 mm átmérőjű gömb formára kialakított robbanást elfojtó alumínium töltettel, még több robbantás alkalmával sem sérült, nem roncsolódott

- Az a fém tartály (50 liter), amelyet nem töltöttek fel robbanást elfojtó alumínium töltettel, a robbantás során, a nyomás növekedés következtében megsérült, roncsolódott

Vizsgálat n-hexan (C₆H₁₄) speciális benzinnel, hatás mechanizmus

A NO-EX robbanást elfojtó passzív töltet amerikai (Texas, San Antonio) robbantásos vizsgálatait Ig 100 „CARGO” megnevezésű, 5 gallon űrtartalmú, műanyag, meglehetősen rugalmas tartályokba töltött n-hexan-levegő keverék (115 %) indító robbantásával végezték 80-90 F (62-67 °C) hőmérsékletű környezetben úgy, hogy minden tartály, egy tartály kivételével, töltve volt meghatározott mennyiségű (0.0 %, 100 %, 50 %, 40 %) NO-EX robbanást elfojtó töltettel. (n-hexan MIL-STD 810 D szerint, sűrűség 20 °C-on 660-680 kg/m³, kezdő forráspont legalább 65 °C, fő felhasználási terület a gyógyszeripar).

Tartály töltöttség 100 % = 5 gallon	Robbanási csúcsnyomás psig/bar	Megjegyzés
üres	58/3.93	tartály roncsolódott
100 % NO-EX	8/0.54	
50 % NO-EX	20-30/1.36-2.04	
40 % NO-EX	38/2.58	

Értékelés:

- Célszerű az a konfiguráció, ahol az elfojtó töltettel 100 %-ban feltöltött az üzemanyagtartály.
- A robbanást elfojtó alumínium töltet fojtó hatását a töltet hatékony hővezető képessége biztosítja.
- A robbanást elfojtó alumínium töltet a gyújtóforrás hatására létrejövő robbanás időpontját késlelteti és bekövetkezett tartályrobbanásnál a nyomásemelkedés mértékét mérsékli.
- A robbanást elfojtó alumínium töltet tűzvédelmi képességei tovább vizsgálhatók az ENSZ Európai Gazdasági Bizottság ECE/34 jelű dokumentuma („Pool fire test”) alapján is.

Vizsgálat lövedék becsapódáskor, robbanáskor, hatás mechanizmus

A NO-EX robbanást elfojtó passzív töltet hatás mechanizmusának németországi vizsgálatát lőtéren, egy Leopard 1 tip. harckocsi bal oldali üzemanyagtartályába csapódó lövedékek és ugyancsak a bal oldali üzemanyagtartály alatt végrehajtott robbantások következményeinek elemzésével végezték.

- A lövéspróbákhoz 27 mm x 145 DM 33 páncéltörő gyújtó lőszer (gépagyú) alkalmaztak, 50 m vizsgálati távolságról, mérőállványról indítva.

- A robbantási próbákhoz egyrészt 106 mm –es üreges lövedék töltetet alkalmaztak (osztott lőszer lövedék rész), az üzemanyagtartály alá szerelve. Másrészt pedig AT II B typ. aknát használtak az üzemanyagtartály alá, a lánctalp fölé helyezve.

Az üzemanyagtartályba töltött 40 liter gázolajat addig melegítették hőcserélőn keresztül, amíg az a üzemanyag tartály légterébe diszpergálódott és ott a levegővel létrejött elegy hőmérséklete nem emelkedett kb. 65 °C-ra. Az üzemanyagtartály NO-EX robbanást elfojtó töltettel való feltöltésére, üzemanyagtartály literenként 35 gramm, gömb formába kialakított NO-EX robbanást elfojtó töltetet használtak. Az üzemanyagtartály légterének nyomásait, az üzemanyagtartály légterébe kapcsolt két nyomásmérővel regisztrálták.

1. sz. vizsgálat

- Üzemanyagtartály: feltöltve 40 liter gázolajjal, NO-EX robbanást elfojtó töltetet nélkül

- Légtérben az elegy hőmérséklet: 64 °C

- Lőszer: 27 mm x 145 DM 33 páncéltörő gyújtó (API)

- Vizsgálat: lövéssel

- Eredmény: az üzemanyagtartály felrobbant és tűz keletkezett a motortérben

2. sz. vizsgálat

- Üzemanyagtartály: feltöltve 40 liter gázolajjal és NO-EX robbanást elfojtó töltetettel.

- Légtérben az elegy hőmérséklet: 63 °C

- Lőszer: 27 mm x 145 DM 33 páncéltörő gyújtó (API)

- Vizsgálat: lövéssel

- Eredmény: átlövés azaz a lövedék az üzemanyagtartály oldalában, a becsapódási helyen átmenőnyílást (áttörést) okozott a támadási oldal és a hátoldal között. Kialakult max. nyomások: $P_1 = 0.590$ bar és $P_2 = 0.503$ bar

3. sz. vizsgálat

- Üzemanyagtartály: feltöltve 40 liter gázolajjal, NO-EX robbanást elfojtó töltetet nélkül

- Légtérben az elegy hőmérséklet: 63 °C

- Lőszer: 106 mm –es üreges lövedék, az üreges rész töltettel, az üzemanyagtartály alá szerelve

- Vizsgálat: robbantás

- Eredmény: az üzemanyagtartály felrobbant és tűz keletkezett a motortérben

4. sz. vizsgálat

- Üzemanyagtartály: feltöltve 40 liter gázolajjal és NO-EX robbanást elfojtó töltetettel.
- Légtérben az elegy hőmérséklet: 64 °C
- Lőszer: 106 mm –es üreges lövedék, az üreges rész töltettel, az üzemanyagtartály alá szerelve
- Vizsgálat: robbantás
- Eredmény: a harckocsi lemeze és az üzemanyagtartály oldala repesztől átszakadt, tűz nem keletkezett Kialakult max. nyomások: $P_1 = 3.781$ bar és $P_2 = 0.510$ bar

5. sz. vizsgálat

- Üzemanyagtartály: feltöltve 40 liter gázolajjal és NO-EX robbanást elfojtó töltetettel.
- Légtérben az elegy hőmérséklet: 65 °C
- Lőszer AT II B typ. aknát alkalmaztak az üzemanyagtartály alá, lánctalp fölé szerelve
- Vizsgálat: robbantás
- Eredmény: a harckocsi lemeze és az üzemanyagtartály alsó és felső oldalai repesztől átszakadtak, kisebb tűz keletkezett. Kialakult max. nyomás: $P_1 = 0.161$ bar

Értékelés

- Az elfojtó töltet nélküli üzemanyagtartályok lövések és robbantások hatásaira roncsolódnak, hegesztéseik mentén megnyílnak.
- Az elfojtó töltetettel ellátott üzemanyagtartályok lövések és robbantások után is kezelhető állapotban maradnak.
- Az elfojtó töltetettel ellátott üzemanyagtartályokban a lövések és a robbantások hatására csak korlátozott mértékű a nyomásemelkedés.

Az EXPLO CONTROL robbanást elfojtó passzív töltet hatás mechanizmusának spanyolországi vizsgálatát hatszögletű szemformával kialakított, 0.07 mm vastag alumínium háló, 30 mm átmérőjű gömb formába kialakított töltetével végezték. A töltet mennyisége a vizsgált 250 literes tartályban 650 gramm volt 10 literenként. A fém üzemanyagtartály 50 liter 96 oktánszámú benzint tartalmazott.

Két lövésből álló lövéspróbához gyújtóvá átalakított (gyúelegyet helyeztek a lövedékbe) .44 Magnum kaliberű töltényt alkalmaztak. A tartály falba becsapódó lövedékektől 11 mm átmérőjű bemeneti nyílások keletkeztek és a tartályba behatoló gyújtó lövedékektől a tartályban kismértékű tűz kapott lángra, de tartályrobbanás nem következett be.

Ugyancsak tartályrobbanás nélkül fejeződtek be azok a dél afrikai EXPLO CONTROL töltettel végzett kísérletek, amikor is 30 m távolságból, AK 47 tip. gépkarabély gyújtó lövedékével lőttek meg üzemanyag tartályt.

Értékelés

- Az elfojtó töltettel ellátott üzemanyagtartályba becsapódó gyújtó lövedékek tartályrobbanást nem okoznak.

Összefoglalás

1. Robbanás gátló (robbanás biztos, robbanást elfojtó) kialakítású üzemanyagtartálynak tekinthető a technika jelenlegi állása mellett az olyan üzemanyagtartály, amely megfelel az MSZ 20300:2002 szabvány 2.11. pontnak és annyi tűzvédelmi használatra alkalmas robbanást elfojtó alumínium fólia hálót tartalmaz, amely mennyiség bizonyítottan képes csökkenteni, meghatározott gyújtóforrások (pl. lövedék, repesz) lehetséges hatásait.

2. Az elfojtó képesség nagymértékben függ: a robbanást elfojtó alumínium fólia háló tömegtől és vastagságtól, az üzemanyagtartály robbanást elfojtó alumínium fólia hálóval való feltöltöttségétől továbbá a fólia háló nélküli üzemanyagtartály tér és a lövedék vagy repesz becsapódási pont egymáshoz viszonyított helyzetétől.

3 Az alumínium fólia háló robbanást elfojtó képességének vizsgálatához a „propán gázos” módszert célszerű alkalmazni (elfogadni)

4. Az elvárható biztonsági szint garantálásához ma már szükséges, hogy az MSZ 20300:2002 számú nemzeti szabvány 2.11. pontja követelményként tartalmazza a tűzvédelmi használatra alkalmas robbanást elfojtó alumínium fólia hálót is.

A követelmények teljesítésének biztosítéka, hogy az 1993. évi XCIII. törvény 11. § szerint „Munkavédelemre vonatkozó szabálynak minősül a nemzeti szabványosításról szóló jogszabály figyelembevételével a munkavédelmi tartalmú nemzeti szabvány annyiban, hogy a magyar nyelvű nemzeti szabványtól különböző megoldás alkalmazása esetén a munkáltató köteles –vítás esetben- annak bizonyítására, hogy az általa alkalmazott megoldás munkavédelmi szempontból legalább egyenértékű a vonatkozó szabványban foglalt követelménnyel, megoldással.”.

Felhasznált irodalom

A. Szego, K. Premji, R.D.Appleyard: Evaluation of EXPLOSAFE explosion suppression system for aircraft fuel tank protection. Vulcan Industrial Packaging Limited. Rexdale, Ontario, Canada. 1982.

F.C.W. Stickling: EXPLO Control (EXCO). Doc.N.: SK-000052100-911-001. DEVDEN LTD. 4026 Jacobs, P.O.Box 13255, South Africa. 1988.

Heine, Harms, Wedel: The explosion preventing „NO-EX” material offers adequate protection against the detonation and fire of fuel tanks in armored fighting vehicles. German Ministry of Defence E/B35A/KO113/15112 1989.

Dunai Kovács Béla: TSE az új robbanás gátló. Biztonság II. évf. 1990/1. és II. évf. 1990/2.. Budapest.

J. J. Estevez, G.M. Vázquez: Informe sobre ensayos en material ANTIEXPLOSION Doc. N.: I-244/463/93.005 – 1993. Instituto Nacional de Technica Aeroespacial 28850 Torrejon de Ardoz (Madrid).

Eur.Ing. Frank György: Robbanáselfojtó EXPLOSAFE üzemanyagtartályt védő passzív töltet („Robbanásbiztos” üzemanyagtartály). Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem BJKMFK Bolyai Szemle 2001. 2. szám. Budapest

Eur.Ing. Frank György: Az EXPLOSAFE robbanáselfojtó passzív töltet Biztonság XIII. évf. 2001/2. és 2001/3. szám. Budapest.

Eur.Ing. Frank György: Javaslat az MSZ 20300:2002 szabvány korszerűsítésére Előadás a 14. nemzetközi biztonsági, bűnmegelőzési, bűnüldözési, igazságszolgáltatási, katasztrófavédelmi és informatikai konferencián KRIMINÁLEXPO IT-SEC 2005. Budapest. 2005. november 3.

Report of CIBA GEIGY AG, Explosion Technology Division in the Central Safety Office: NO-EX Technical study concerning the influence of safety netting filler on the progression of a propane explosion. (Basel)

Dr.R.E. White and T.A. Fey: Functional tests for NO-EX explosion suppression. Doc. N.: 06-2367 Southwest Research Institute. San Antonio. (Texas)

TÜV Staatlich Autorisierte Versuchsanstalt des Technischen Überwachungs-Vereines Österreich Institut für Elektrotechnik: NO-EX Test Report Tüv-Nr. 1993-EI-E-1323 (Wien).

MIL-B-8762A (USAF) 4 March 1994: Baffle material, explosion suppression, expanded aluminium mesh, for aircraft fuel tanks

KIDDE DEUGRA: Explosion Suppression System for Combat Vehicles. D-40832 Ratingen.

KIDDE DEUGRA: Fire Extinguishing System for Combat Vehicles. D-40832 Ratingen.

Dunamenti Tűzvédelem Rt.: demo anyag.

BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság: Engedély. 618/75/2003. Budapest.