

Kugyela Lóránd¹

A TÖBBKOMPONENSŰ ROBBANÓANYAGOK MÚLTJA, JELENE ÉS JÖVŐJE

PAST, PRESENT AND THE FUTURE OF THE BINARY
EXPLOSIVES

<https://doi.org/10.30583/2020.4.058>

Absztrakt

A cím olvasása után a legtöbb embernek a „Die Hard” című akciófilm juthat eszébe, amelyben a terroristák bináris robbanóanyaggal robbantanak fel egy hajót. A film a robbanóanyag tulajdonságait jelentős túlzással mutatja be, és hasonló módon téves alapokon áll, mint pl. a kumulatív sugár „plazma hőmérséklete” teória. De miért nem hallunk róla, ha ez létező robbanóanyag? Miért nem találkozunk vele a robbantástechnika mindennapjaiban?

A tanulmány a bináris (kompozit) robbanóanyagok általános bemutatását tűzte ki célul, valamint a fenti tévképzetek elosztatását. Mindemellett egy időképet ad a robbanóanyagok múltjáról, jelenlegi használatukról, alkotóelemeiről és a jövő irányairól.

Kulcsszavak: bináris; robbanóanyag; kompozit robbanóanyag, nitro-metán; ammónium-nitrát, keverékek, emulzió

Abstract

While reading the title of the article, some may remember the Die Hard movie when a huge cargo vessel was perished due to the super power of the binary explosive. This scene was excessive and based on misconception like the plasma temperature of the shaped charge jet. But why it is in the background? Why we do not hear about these explosives?

¹ Kugyela Lóránd robbanóanyag-ipari szakmérnök, CerTrust Kft, vezető vizsgálómérnök, Robbanóanyagok, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola doktorandusz, ORCID: 0000-0002-2869-8864, lorand.kugyela@certrust.eu

This article deals with such questions and tries to describe the binary (composite) explosives, and moreover gives a picture about the past, present and possible future of explosives.

Keywords: *binary, explosive, composite explosive, nitromethane, ammonium-nitrate, mixture, emulsion*

Bevezetés

A robbanóanyag-keverékek kialakulását ezen a területen is az ipari és hadi igények indították el. A fejlesztések célja a kettő (vagy több) alkotóelem előnyös tulajdonságainak ötvözése-növelése, illetve a robbanóanyag felhasználásának gazdaságossá tétele volt, annak eredeti tulajdonságainak jelentős megváltozása nélkül.

A fejlesztések célja lehet a robbanási energia és hőmérséklet növelése² vagy a kezelhetőség javítása, például a képlékenyítő anyagok segítségével a plasztikus robbanóanyagok esetén.

Példaként tekinthetjük, amikor az első világháború idején a legtöbb bomba és tüzérségi lőszer töltésére amatolt³ használtak, mivel a TNT⁴ előállítása túlságosan drága volt, továbbá a termelés nem tudta követni a megnövekedett harctéri igényeket. Ezért a TNT-t ammónium-nitráttal keverték, ezzel érve el gazdaságosabb felhasználást. [1]. A torpexet⁵ a torpedókban használt TNT–RDX⁶ robbanóerejének növelésére tervezték, hogy az a víz alatt is megtartsa brizanciáját. [2] [3]

Az említett két anyag már napjainkban nem használt, de egyéb többkomponensű robbanóanyagok továbbra is elterjedtek, használatban vannak. Ezek a teljesség igénye nélkül pl.: kompozit–B; pentolit; októl, ciklotól. Ezek legfőbb alkotóelemei továbbra is a hexogén (RDX), az oktogén (HMX), a trotil (TNT) és a nitropenta (PETN).

Folyamatosan bővül azon további vegyületek sora is, amelyek robbanóanyagként felhasználásra kerülnek, és jó eséllyel szorítják majd

² Például: fémporok.

³ Amatol: 50–50% ammónsalétrom és trotil.

⁴ TNT – trinitrotoluol, trotil.

⁵ Torpex: hexogént, TNT-t és alumíniumot tartalmazó robbanóanyag.

⁶ RDX – hexogén.

ki a fenti robbanóanyagokat, ahogy azok tették korábban a feketelőporral vagy akár a dinamittal. Néhány példa a legújabbak közül:

- 3-nitro-1,2,4-triazol-5-one (NTO);
- dihidroxilammónium 5,5'-bisztetrazol-1,1'-diolát (TKX–50);
- 2,4,6,8,10,12-hexanitro-2,4,6,8,10,12-hexaazaisowurtzitán (CL–20);
- 1,1'-(1,2-eténdiyl)bisz(2,4,6-trinitrobenzol) (HNS);
- 2,4,6-triamino-1,3,5- trinitrobenzol (TATB);
- 1,1-diamino 2,2-dinitro etilén (DADNE vagy FOX–7);
- guanilurea-dinitramid (GUDN vagy FOX–12);
- 1,3,3-trinitroazetidín (TNAZ).

A legújabb kémiai fejlesztésekről és irányokról Prof. Dr. Thomas Klapötke szakirodalmában található átfogóbb ismertetést. [4] A katonai gyakorlatban alkalmazott új, korszerű robbanóanyagokkal foglalkozik Kovács Zoltán cikke. [41]

Fontosnak tartom megjegyezni, hogy ezek a robbanóanyagok mind a katonai, mind a polgári robbantástechnika területén, szinte teljes mértékben speciális célokra kerülnek alkalmazásra. Ilyen speciális civil alkalmazási területek: a mélytengeri és a szeizmikus robbantások, az űrtechnológia és a szénhidrogén ipari perforátor technika.

Ahogy látható a klasszikus értelemben vett robbanóanyag-keverékek kora és fejlesztése leáldozóban van, helyettük önmagukban is kezelésbiztos, jól indítható új robbanóanyagok jelennek meg. Kutatási területem az ilyen robbanóanyagok fejlesztésének vizsgálata, alkalmazási lehetőségeik, előnyeik feltárása. A tanulmány az ezzel kapcsolatos eredményekről tartalmaz rövid összefoglalást.

Többkomponensű, bináris és kompozit robbanóanyagok értelmezése

A magyar, de még a külföldi szakirodalmakat is olvasva a „többkomponensű”, a „bináris” és a „kompozit” szavak robbanóanyag vonatkozásban csak elvétve fordulnak elő. Ami azonos mindegyik így jelölt robbanóanyagban, hogy minimum kettő, eltérő tulajdonságú összetevőből

állnak. Mivel ennek a fogalmi meghatározásnak megfelelnek az ammónium-nitrát és dízelolaj-keverékek is, emellett fontos szempont, hogy a bináris robbanóanyagokat minden esetben a helyszínen, keveréssel állítják össze; ezek az anyagok gyutacsérzékenyek, és erősségük (brizanciájuk) meghaladja a TNT-jét.

A robbanóanyagot alkotó több komponenst értelmezhetjük tágabb (teoretikus) és szűkebb (gyakorlati) értelemben is. Tágabb értelemben minden környezeti vagy fizikai paramétert vehetünk egy komponensnek, hiszen az jelentős befolyással lehet a robbanóanyag teljesítményére, illetve tulajdonképpen a robbanás során lezajló kémiai reakcióra.

Tágabb (teoretikus) komponensek lehetnek:

- hőmérséklet (robbanóanyag hőmérséklete, környezeti hőmérséklet);
- a robbanóanyag átmérője (kritikus átmérő; határátmérő);
- a robbanóanyag közvetlen környezete, beszorítottsága (szabadon vagy fémcsőben, kőzetben fúrt lyukban);
- az iniciálás módja (gyutacs; booster);
- az iniciálás ereje (égés - deflagráció - detonáció);
- a robbanóanyag halmazállapota (gáz, folyadék, szilárd).

Szűkebb (gyakorlati értelemben vett) komponensek:

- inert anyagok (fémpor, kötőanyag, térfogatnövelő, érzékenyítő, érzéketlenítő stb.);
- valamilyen robbanóanyag.

A fenti, tágabb megközelítés alapján, ha a robbanóanyagoktól független tényezőket is nézzük, akkor minden robbanóképes vegyület többkomponensű, mert a robbanás eredménye erősen függ a külső feltételektől. Azonban a szűkebb megközelítés az, amely most a tanulmány tárgyát képezi.

A bináris robbanóanyag vagy kétkomponensű robbanóanyag fogalma a magyar szakirodalomban kevésbé ismert. Az elnevezés amerikai eredetű, és leginkább Gerald L. Hurst nevéhez köthető, aki két összetevőből álló robbanóanyag-keverék (KINEPAK) esetén említi azt. [5] Európában, bár nem ilyen összetevőkkel, de többkomponensű

robbanóanyagok már ismertek voltak egészen 1871-től, amikor is Hermann Johann Philipp Sprengel [6] szabadalmaztatta robbanóanyagkeverékeit, amelyeket ma Sprengel-robbanóanyagoknak hívnak felfedezőjük után. Ezek erős oxidálószeres és éghető anyag keverékei, amely alapfelfedezése az ANDO⁷ robbanóanyag is.

A kompozit robbanóanyag tulajdonképpen az előbbi kettő újrafogalmazása, csak rugalmasabban kezelve a kérdést, mivel egyaránt értik oxidálószer és éghető anyag keverékére (ANDO) [7], valamint robbanóanyag-keverékekre is (RDX+Al vagy TNT+ Nitroguanidin) [8] [9] [10]. Letisztított megfogalmazásban: a kristályos oxidálószeres nitrát észterekkel keverve heterogén fizikai szerkezetű kompozit robbanóanyagokat eredményeznek, melyek energiasűrűsége nagyobb, mint a homogén robbanóanyagoké. [3] Hazánkban ennek csekély irodalma van, [11] [12] gyakorlati alkalmazására pedig nem került sor. A kérdéssel ezen kívül bővebb információkkal Lukács László tanulmánya szolgál [40. p. 246–250.]

Többkomponensű robbanóanyagok alkotóelemei

A többkomponensű robbanóanyagok összetevőinek bemutatásánál nem a szekunder (brizáns) robbanóanyagokat tárgyalom, hanem azokat a vegyületeket, amelyek önmagukban nem robbanásképesek.

Oxidálószeres

- *Ammónium-nitrát (AN)*
Továbbra is az egyik legfontosabb alapanyag. Korlátlan mennyiségben és formában gazdaságosan előállítható oxidálószer, amely teljes kiváltására az ipari robbantástechnika területén még sokáig kell várni.
Felhasználják szilárd és folyadék fázisban is. Az emulziós robbanóanyagok oxidálószeres. Az amerikai Kinopak-keverék [13] egyik alapanyaga.
- *Kalcium-nitrát (CN)*
Önmagában nem használják, azonban fontos adalékszer, mivel az AN-tal eutektikumot képez, és ez által alacsonyabb hőmérsékleten kristályosodik ki az ammónium-nitrát, mint CN nélkül. [14]

⁷ Ammónium-nitrát és dízelolaj keverékéből álló robbanóanyag.

- *Nátrium Nitrát (NN)*
Szintén adalékként használják, mivel javítja a robbanóanyag iniciálhatóságát, így csökkenti a kritikus átmérőt. [14] A legfontosabb szerepe azonban a kémiai úton történő gázosítás terén van, mivel az AN-tal reakcióba lépve és valamely savval (pl. ecetsav) katalizálva jön létre az érzékenyített emulzió.
- *Metilammónium-nitrát (MAN)*
Ez a vegyület egyaránt érzékenyítőszer, és oxidálószer is. 20–30%-ban adják az ammónium-nitrát mellé az emulziókhoz, növelve ezzel azok brizanciáját, valamint stabil indítást és gyuta-csérzékenységet eredményez. Elsősorban töltényezett robbanóanyagok, például a Tovex, és Riogel tartalmazza.
- *Hidrogén-peroxid (HP)*
Mint úrhajózáshoz használt oxidálószer, évtizedek óta használatos, [15] azonban a robbantástechnikában még csak kísérleti fázisban lévő keverékek alkotóeleme. Az AN kiváltása lenne a cél vele, mivel a robbantásokból visszamaradó nitrát jelentős vízszennyező forrás, [16] valamint a keletkező nitrózus gázok jelentős légszennyezők, főleg földalatti bányatárségekben. [17] Azonban fontos hangsúlyozni, hogy a HP nagyfokú reakció-készsége miatt teljesen új jellegű problémákat szül, amelyeket a termék tanúsítás során figyelembe kell venni. Ez az elterjedt használatát is gátolja.

Összegezve elmondható, hogy a többkomponensű robbanóanyagok előállításakor az ammónium-nitrát mellett legnagyobb mennyiségben kalcium- és nátrium-nitrátot használnak, [18] azonban kálium- és magnézium-nitrát is előfordul keverékekben, de ezek jelentősége nem közelíti meg a CN és NN szintjét.

Éghető anyagok

Az alkotóelemek másik jelentős csoportjába azok az éghető anyagok tartoznak, amelyek az iniciálás hatására a robbanóanyagban található oxidáló anyaggal reakcióba lépve a tényleges robbanási hatást fejtik ki. Ezek az alábbiak lehetnek:

- *Olajok, viaszok*
Az ANDO-keverékekben a gázolajat, az emulziókban leginkább a nafténos olajokat használják [19] nagyfokú stabilitásuk és kémiai ellenállóképességük miatt. Egyéb olajként kőolajipari

melléktermékek kerülhetnek még felhasználásra, mint a különböző alacsony olvadáspontú viaszok és folyékony viaszok, azaz paraffinolajok.

- *Fémporok*

Éghető anyagként jelentős csoportot képeznek a fémporok, ezen belül is szinte kizárólagosan az alumínium (Al). [1] A robbanás hőmérsékletét emelik, azonban a detonációsebességet csökkentik. Szemcsézettségétől függően érzékenyítő, indíthatóságjavító tulajdonsága is lehet. Összeférhetőségét minden esetben vizsgálni kell az adott robbanóanyaggal, mert egyes kombinációk vegyi átalakulást eredményezhetnek, mely jelentősen megváltoztathatja annak alapvető tulajdonságait, legrosszabb esetben jelentősen érzékenyítheti azt.

- *Egyéb anyagok*

Ezek a robbanóanyag egy-egy (speciálisan elvárt) tulajdonságának jobbítására vagy a költséghatékonyság javítására szolgálhatnak. Ilyen egyéb éghető anyagok a teljesség igénye nélkül: a szénpor, a grafit, a karbamid, a polisztirol, a glikol és a glicerin. [14]

Érzékenyítőszer

Olyan speciális adalékok, amelyek a robbanóanyag indíthatóságát (gyutacsérzékenységet) biztosítják, azaz általuk 8-as erősségű gyutaccsal megbízhatóan iniciálhatóvá válnak.

Célzottan ilyen adalék a forrópont-elméleten [1] alapuló mikro-szféra,⁸ amelyet a külföldi szakirodalom mechanikai érzékenyítésnek nevez. Az egyébként nem robbanóképes alapanyagba lég- (gáz-) buborékokat kevernek üveggyöngy formájában, melyek a robbanás során az anyagban terjedő lökeshullám hatására összepréselődve, ún. „forró pontokat” hoznak létre, mellyel plusz energiát szolgáltatva teszik robbanóképpé az alapemulziót. A bekevert üveggyöngy mennyiségével egyben szabályozható az emulziós robbanóanyag iniciálhatósága (gyutacsérzéketlen vagy gyutacs-indítható) és a külső hőmérséklethez való illesztése is (megnövelve a mennyiséget, negatív hőmérsékleti tartományban is működőképpé válik a robbanóanyag). Bővebben lásd [2. p. 36–38.].

⁸ Angol nyelven: hollow glass spheres vagy glass micro ballons (GMB).

Ezzel szemben a kémiai érzékenyítés során az AN és NN között a robbanóanyagban reakciótermékként létrejövő mikroszkopikus gázbuborékokkal érik el a fenti hatást. [20]

A mikroszférák alapanyagukat tekintve készülhetnek üvegből és műanyagból is. Alacsony sűrűségű ANDO esetén használnak EPS⁹ golyócskákat is érzékenyítés céljából, ahol egyúttal a térfogatsűrűség csökkentését is ezzel oldják meg. [21] Ezen kívül még használnak költséghatékonyságból perlitet is. [22]

A továbbiakban a fent említett KINEPAK és KINEPAK-hoz hasonló kétkomponensű, AN-ot és nitroparaffint tartalmazó, közvetlen felhasználás előtt előállított (helyszínen bekevert) robbanóanyagokat mutatjuk be.

A bináris robbanóanyagok felhasználási területei

Amerikai civil és katonai alkalmazásuk

A bináris robbanóanyagokat elsősorban az Amerikai Egyesült Államokban használják, többségében katonai jellegű robbantási feladatokra. Ezek jellemzően tűzszerészfeladatok voltak [23] az USA különböző külföldi katonai bázisai közelében.

Az ok, amely miatt egyre nagyobb jelentőséggel bírnak ezek a robbanóanyagok, az olcsó alapanyagköltség, továbbá a biztonságos közúti és légiszállítás. [24] Az 1980-as évek óta tartó használatuk mind a civil, mind a katonai területen bizonyította, hogy valóban biztonságosan és megbízhatóan használhatók ezek a robbanóanyagok. A robbanóanyag brizanciája alkalmassá teszi őket arra is, hogy a robbanószerkezeteket robbantással megsemmisítse, így a tűzszerészek is sok helyen alkalmazzák őket a világban. [25] [26]

Civil területen a következő feladatokhoz használják: tuskórobbantás, batározás,¹⁰ nyomvonaltisztítás, területrendezés. Alapvetően jellemző ezekre a feladatokra, hogy nem napi szintűek, nem tervezhetőek előre, [27] ugyanakkor a robbanóanyag-igényük jellemzően nem nagy, általában csak néhány kilogramm. [28]

⁹ Expandált polisztirol.

¹⁰ Nagy kőtömbök robbantással történő darabolása.

Katonai és rendvédelmi alkalmazási lehetőségek a Magyar Honvédség keretein belül

A katonai felhasználás lehetőségét nagyban meghatározza, hogy a katonai robbanóanyagoknak különleges elvárásoknak kell megfelelniük [2. p. 27–28.]. Ezek az elvárások harmóniában vannak a háborús viszonyokkal és egyéb felhasználási körülményekkel, azonban van néhány olyan eset, amikor ezeknek az elvárásoknak nincsen létjogosultsága. Hibásnak nevezhető az az elgondolás, hogy a kiképzési feladatokra békében alkalmasak a jóval olcsóbb ipari robbanóanyagok, hiszen a kiképzés lényege, hogy a valós felhasználás körülményeire készítse fel a résztvevőket.

Érdekes lehet megvizsgálni azonban a bináris robbanóanyagok tüzszerezés területén történő alkalmazásának lehetőségeit. Hazánkban a Magyar Honvédség katonái ezt a munkát közszolgálati feladatként végzik, [29] mely a feladat súlyától függetlenül nem feltétlenül követeli meg a robbanóanyagok ilyen magas követelményű változatait. Mivel a tevékenység kifejezetten nagy terhelést jelent a szakembereknek, melyet egyes napjainkban zajló környezeti események tovább növelhetnek, [30] azt feltételezem, hogy az alkalmazott robbanóanyagok felhasználási igénye növekedhet. A felhasználás volumene és üteme megnyithatja az alkalmazási lehetőséget a bináris robbanóanyagok előtt. Ez több előnyt is hordozhat. Mivel a Magyar Honvédség tüzszerezési az ország minden részében végeznek hatástalanítást, [31] valószínűsítem, hogy egy olyan biztonságosan szállítható bináris robbanóanyag bevezetése lehet az egyik legjobb megoldás, mely a helyszínen keverhető, összekeverésig pedig ártalmatlan, tehát önmagukban nem robbanásképesek a komponensei. Ez új szintre emelheti a szállítási biztonságot.

A tüzszerező katonák és -rendőrök feladataik során felhasználhatnak különböző kumulatív tölteteket is, melyekkel precíziós robbantási feladatokat kell végrehajtaniuk akár fel nem robbant lőszer, bombák, akár egyéb különleges töltetű robbanótesteket hatástalanításakor. [32] A tüzszerezők és egy tüzszerező csoport parancsnokának a felkészítése nagyon hosszú folyamat, [33] melybe véleményem szerint beilleszthető lehet akár egy folyékony, több komponensű robbanóanyag alkalmazásának ismeretanyaga. A helyszínen bekeverhető bináris robbanóanyaggal feltölthetőek lehetnek egyes előregyártott műanyag töltettestek (akár kumulatív, akár hasáb alakú), melyeket az adott feladathoz választhat ki az alkalmazó.

Ezen lehetőségek mentén azt feltételezem, hogy mind a Rendőrség, mind a Magyar Honvédség tüzszerészei számára alkalmas lehet egy ilyen speciális robbanóanyag a tüzszerészfeladatok végzésének több területén. [34]

A robbanótestek bináris robbanóanyaggal történő helyszíni töltésének lehetősége nyilvánvalóan csökkentheti a szállítás, ideértve a légi-szállítás költségeit, és növelheti azok biztonságát. Ebben a vonatkozásban a ballisztikusan alkalmazott, tehát kilőtt eszközök nem jöhetnek számításba. Folyadéktöltet alkalmazását kizárólag telepített robbanótestek, például aknák esetében látom megvalósíthatónak, de ennek kialakítása komoly mérnöki munkát igényel. Az Amerikai Védelmi Minisztérium tüzszerész mentesítési programjában többfajta bináris és hasonlóan speciális alkalmazású robbanóanyagot használnak sikeresen. [25]

Összegezve kijelenthető, hogy a fegyveres testületek robbantási tevékenységeinek vannak olyan részterületei, ahol mérlegelni lehet az ilyen bináris robbanóanyagok alkalmazását. Ezek a részterületek specifikusak, és egyébként is nagy szakértelmet kívánnak, tehát a potenciális felhasználók jó alappal rendelkeznek egy modern robbanóanyag alkalmazásához.

Bányászati felhasználás

Napjainkban a megnövekedett építőipari igények pozitív hatással vannak a külszíni bányászat által megtermelt nyersanyagok iránti keresletre. Ezek kinyerése sok esetben munkagépekkel végezhető (pl.: homok), de például a mészkő vagy a bazalt csak robbantással termelhető ki gazdaságosan. Ehhez viszont a robbanóanyagot előállító üzemből el kell juttatni a felhasználás helyére ezt a speciális „munkaeszközt”.

A robbanóanyagok közúti szállítása összetett feladat, amely egyaránt támaszt kritériumokat a végrehajtó személyzettel és a szállító járművel kapcsolatban. Mivel a bányavállalat munkája során egy-egy robbantási feladathoz különböző mennyiségű robbanóanyag felhasználása szükséges, ezért a gyártó vállalattól beérkező robbanóanyag az esetek döntő többségében raktárba kerül, ahonnan az adott feladathoz szükséges mennyiség kerül kiszállításra a bányaterületre. A robbanóanyag raktározása, a raktárak őrzés-védelmének megszervezése viszont szintén jogszabályban rögzített előírások szerint történik, és jelentős költségvonzatai vannak.

A bánya költséghatékony művelése szempontjából teljesen logikus megoldásnak kínálkozna, ha a robbanóanyag szállítási és tárolási költségeit valamilyen módon csökkenteni lehetne. A skandináv országokban évtizedek óta használatban vannak, hazánkban azonban csak az elmúlt 5–10 évben jelentek meg a robbanóanyagokat a helyszínen bekeverni képes speciális járművek, az ún. MEMU¹¹-k. Ezek a rakfelületükön külön-külön tárolórekeszekben elhelyezett (önmagukban nem robbanásveszélyes, így nem is robbanóanyagként tárolandó és szállítandó) alkotóelemekből a robbantás helyszínén, közvetlenül a fúrólyukba töltés előtt állítanak elő robbanóanyagot. Ez lehet ANDO vagy emulziós robbanóanyag is vagy a kettő keveréke, az ún: nehéz ANDO.

Magyarországi viszonylatban a külszíni bányaművelés során kerül a legnagyobb mennyiségű robbanóanyag felhasználásra. Ezekben a kőbányákban a robbanóanyag-szállításra 30%, a robbantásra kb. 11% költségmegoszlás jut. [35] Egy olyan bányaüzemben, ahol több 10 tonna robbanóanyagot használnak fel egy-egy robbantáshoz, ráadásul heti rendszerességgel, ott a költségmegtakarítás kritikus tényező. A skandináv országokban, valamint Ausztráliában, az Amerikai Egyesült Államokban és Oroszországban évtizedek óta használnak robbanóanyag keverő-töltő kocsikat a szállítási költségek csökkentése céljából.

A robbanóanyag keverő-töltő gépjármű tulajdonképpen egy mobil robbanóanyag gyártó-keverő üzem, amelynek különböző tartályai tartalmazzák a robbanóanyag előállításához szükséges nem robbanó, korábban bemutatott alapanyagokat.

A robbanóanyag közvetlenül a robbantás helyszínén kerül előállításra (bekeverésre) a fúrólyukba töltés közben, illetve közvetlenül előtte. [36]

Külszíni robbantás esetén felhasználnak még erősítőtölteteket a fúrólyukba töltött robbanóanyag indítására. Ezek általában trotilból vagy nitropentából állnak, de felhasználnak érzékenyített gyári robbanóanyag-töltényeket is. Ezek kiváltására ugyancsak alkalmasak lehetnek a bináris robbanóanyagból készült indítótöltetek. Így a robbantás helyszínén az egyedüli önmagában is robbanásra képes termék kizárólag a gyutacs, melynek szállítása már közel sem olyan körülményes, mint a több tonna robbanóanyagé.

¹¹ Mobile Explosive Mixing Unit: helyszíni robbanóanyag-keverő egység.

Előnyök és hátrányok

Minden robbanóanyag esetén beszélhetünk előnyös és hátrányos tulajdonságokról. Előny, amely alapján az adott feladatkörre alkalmas és hátrány, amely miatt az alkalmazása kockázatos vagy több odafigyelést igényel. Azonban ez nem általánosítható, mert ami az egyik feladat esetében hátrányos, az a másik esetén közel sem biztosan az, illetve fordítva. Példaként az alábbi táblázatban bemutatunk egyféle értékelést.

ELŐNYÖK ÉS HÁTRÁNYOK¹²

1. számú táblázat

Definíció	Előny		Hátrány	
	Kritérium	Példa	Kritérium	Példa
Indíthatóság	Gyutacsérzékeny	PETN, PLASZTIKUS	Nem gyutacsérzékeny	TATB
Kritikus átmérő Detonációsebesség	Kis átmérőben is stabil detonáció sebesség	HMX, PLASZTIKUS	Nem stabil detonációsebesség	ANFO
Toxikuság	Kevésbé mérgező	ANDO	Mérgező, rákkeltő	Tetril, RDX, NM
Kezelésbiztonság	Kezelésbiztos	EMU, PLASZTIKUS	Érzékeny	NG
Szavatossági idő	Hosszabb szavatossági idő	RDX, PLASZTIKUS	Rövid szavatossági idő	EMU, NG
Költség	Olcsó előállítás	TNT	Drága előállítás	FOX-7
Hőállóság	Termikus stabilitás	RDX, HMX	Érzékeny a hőterhelésre	PRI-MER

Minél több, a táblázatban felsorolt előnyös tulajdonságot ötvöz egy robbanóanyag, annál szélesebb körben nyerhet alkalmazást. Például a plasztikus robbanóanyagok elterjedését kedvezően befolyásolta, hogy kezelésbiztos, nagy hatóerőjű, olcsón előállítható. Elterjedésük

¹² Szerkesztette a szerző

véget vetett a katonaságnál a TNT hegemoniájának. Hasonló váltásnak lehetünk tanúi a civil robbanóanyagok területén, ahol az emulziós termékek tulajdonképpen teljesen kiszorították a különös odafigyelést igénylő nitroglicerines (dinamit típusú) robbanóanyagokat.

A fenti táblázatot akár több száz oszlopra és sorra lehetne tagolni attól függően, hogy milyen alkalmazási területről beszélünk. Mások az igények egy nagy fűrőlyukas külszíni mészkőbányánál, egy földalatti szénbányában vagy egy tűzszerészfeladatnál. Nem szükséges és nem is lehet olyan robbanóanyag-keveréket készíteni, amely alkalmas minden feladat ellátására. De egyértelműen előnyt jelent, ha az adott robbanóanyag, illetve keverék használata biztonságos, gyutacsérzékeny, szállítása, használata nem bonyolult, és kellő munkavégző képességgel rendelkezik.

A kétkomponensű robbanóanyagok e feltételeknek megfelelnek, és használatuk a speciális robbantási területeken bizonyosan el fog terjedni a könnyű kezelhetőségük, tervezhetőségük, biztonságos, költséghatékonyabb szállításuk és tárolásuk miatt.

Hátrányuk a magasabb bekerülési költség, valamint az, hogy még szakmai körökben is kevésbé ismertek. Katonai felhasználásuknál a 10 éves tárolási ciklus biztosíthatósága kérdéses, illetve ez még további kutatásokat igényel.

Európai jogi státusz

Az európai jogrendből a bináris robbanóanyag - mind a direktívát, mind a szabványokat tekintve - teljes mértékben kimaradt. Ennek oka onnan ered, hogy az első szabadalmi bejegyzése és a termék hőskora, illetve elterjedése az Amerikai Egyesült Államokban a '80-as, '90-es évekre tehető. Ekkor Európában még számtalan robbanóanyag-gyár üzemelt, és a piac telített volt minden gyártmánnyal mind a katonai, mind az ipari robbanóanyagok terén. Európában a nagy távolságok jelentette tengerentúli sajátosság sem létezett, amely indokoltá tette volna ezeknek a robbanóanyagoknak a használatát.

Napjainkban a gyártott bináris robbanóanyagok egyik legnagyobb felhasználója az Amerikai Egyesült Államok hadserege, melynek jelentős számú külföldi missziója megköveteli a gazdaságosan és biztonságosan szállítható, olcsó robbanóanyagot. Így történt meg, hogy ez a robbanóanyag-típus nem jelent meg a köztudatban, a tudományos

életben, holott a jelenkori speciális felhasználási területeken már kontinensünkön is lenne létjogosultsága, azonban rendszerbe illesztése éppen emiatt körülményes és meglehetősen bürokratikus folyamat lesz. Ehhez kapcsolódóan a vizsgálati-értékelési folyamatokat a szakirányú szabványosítási munkacsoportoknak ki kell dolgoznia, hogy azok bekerüljenek a harmonizált szabványokba.

Sajátságos a megközelítése a polgári felhasználású robbanóanyagok forgalmazására és ellenőrzésére vonatkozó irányelv [37] szerint is, ahol a gyártó „bármely természetes vagy jogi személy, aki robbanóanyagot gyárt, vagy aki robbanóanyagot tervezet vagy gyártat, és saját neve vagy védjegye alatt forgalmaz vagy saját célra használ”. [30] Ez alapján, mivel a robbanóanyag a helyszínen kerül előállításra, a végfelhasználó gyártói szerepkörbe lép. Elméleti szempontból gyártói engedélyezési folyamaton kellene átesnie minden végfelhasználónak, azonban ez gyakorlatilag megvalósíthatatlan. Arra való tekintettel, hogy a végfelhasználó robbanóanyagot kezel-használ, ez pedig a hazánkban hatályos ARBSZ¹³ szerint engedélyköteles tevékenység, így külön engedélyezésre vagy bejelentésre nem lesz szükség.

A másik probléma, hogy a bináris robbanóanyagok alkotóelemeinek többsége ún. prekursor,¹⁴ [38] így azok engedélybejelentés és nyomkövetés hatálya alá tartoznak. Ez inkább a robbanóanyagot előállító gyártótevékenységére lesz hatással, mivel a végtermékre - attól függetlenül, hogy több, nem az ADR 1-es osztályába tartozó komponensből áll - a nyomon követhetőségről szóló irányelv [39] kötelező érvényű lesz rá.

Összefoglalás

A robbanóanyagok történelmére visszatekintve látható, hogy egy-egy vegyület kifejlesztése és annak mindennapi használatba vétele között olykor jelentős idő telik el. Ha az utolsó 100 évet vesszük alapul, akkor egy olyan egyszerű robbanóanyag, mint az ANDO, nagyon sok változáson ment keresztül. Ha az emulziós robbanóanyagok múltját vesszük alapul, ott a fejlődés még mindig töretlenül folyik, az újabb irányzatok pedig már arra törekednek, hogy az ammónium-nitrátot,

¹³ Általános Robbantási Biztonsági Szabályzat, 13/2010. (III. 4.) KHEM rendelet az Általános Robbantási Biztonsági Szabályzatról.

¹⁴ A robbanóanyag-prekursorok olyan vegyi anyagok, amelyek törvényes célokra felhasználhatók, de vissza lehet élni velük robbanóanyagok előállítása céljából.

mint összetevőt teljesen elhagyják. Ez 10 éve még futurisztikusnak tűnt volna, de egyértelműen látszik, hogy a brizáns robbanóanyagok (RDX, TNT) kezdenek eltűnni a civil robbantástechnikából, és helyüket biztonságos, kevésbé érzékeny robbanóanyagok veszik át. Olyan újabb módszerek, keverékek jelennek meg, amelyekkel csökkenthetők a környezeti terhelések, és a robbantási munkákhoz szinte helyszínrre szabott megoldásokat választhatunk.

A kétkomponensű robbanóanyagok ezek közé az új generációs robbanóanyagok közé tartoznak, amelyek biztonságosabb felhasználást tesznek lehetővé a brizancia megtartása mellett. Ezek az új technikák magukkal hozzák a változás szelét, amely olyan új szakembereket kíván, akik képesek megtanulni, alkalmazni és implementálni ezeket a technikákat a régi robbanóanyag típusok helyett.

Irodalomjegyzék

- [1] Akhavan, J., 2004: The Chemistry of Explosives. RSC Paperbacks, The Royal Society of Chemistry. p.8, p.143.
- [2] Lukács László, 2017: Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből, különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira. Dialóg Campus Kiadó, Budapest. p. 42, p. 301.
- [3] Kubota, P. D. N., 2015: Propellants and Explosives, Thermochemical Aspects of Combustion, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
- [4] Klapötke, T. M., 2017: Chemistry of High Energy Materials. Berlin, De Gruyter, pp. 11–41.
- [5] Corp, K. 16 04 1974: Method of activating ammonium nitrate prills for explosives. USA Szabadalom száma: US3804929.
- [6] Messel, R. 1907: Hermann Johann Philipp Sprengel. Journal of the Chemical Society, pp. 661–663.
- [7] Kent, P. James, A. 1992: Riegel's Handbook of Industrial Chemistry. New York, Van Nostrand Reinhold, p. 1190.
- [8] Gordon, W. E., 1965: Detonation limits in composite explosives.
- [9] Volk, F.1986: Detonation gases and residues of composite explosives, Journal of Energetic Materials, 4:1–4, pp. 93–113. DOI: 10.1080/07370658608011335

- [10] Lotfi Maiz, W. A. T., 2016: Detonation and combustion of new heterogeneous composite explosives containing aluminum particles.
- [11] Czapek Béla, 1977: Új robbanóanyagok az építés szolgálatában. Haditechnikai Szemle 1977. 3. szám, pp. 84–88.
- [12] Bruce, J. 1970: Az Astrolite robbanóanyagok. Haditechnikai Szemle 1970. 1. szám, pp. 35–36. (az Ordnance 1969. május-júniusi számban megjelent cikk alapján készült fordítás)
- [13] Yinon, J., 2007: Counterterrorist Detection Techniques of Explosives. Israel, Weizmann Institute of Science, p. 427.
- [14] Mahadevan, E. G., 2013: Ammonium Nitrate Explosives for Civil Applications. Wiley-VCH Verlag & Co. p. 62.
- [15] Grzegorz Rarata, J. S., 2016: Explosives based on hydrogen peroxide - A historical review and novel applications. Materiały Wysokoenergetyczne / High-Energetic Materials, pp. 56–62.
- [16] Halme, T., 2019: Development of nitrogen free environmentally friendly blasting explosive. in EFEE.
- [17] Bailey, V., 2017: Characterisation of hydrogen peroxide based explosives and ventilation modelling to quantify re-entry times in underground development blasting, Australia: University Of Queensland.
- [18] Thurman, J. T., 2017: Practical Bomb Scene Investigation. CRC Press, p. 61.
- [19] <https://www.nynas.com/en/product-areas/process-oils/application-areas/industrial-explosives/>, Nynas, [Online]. (2020.12.15.)
- [20] Begg, A. H., 2008: Hazards in Emulsion Explosives Manufacture and Handling. SAFEX Topical Papers, Paper No. 05/2008.
- [21] Škrlec, V., Bohanek, V., Dobrilović, M., 2013: Velocity of Detonation of Low Density ANFO Mixture. Institute of Energetic Materials, Pardubice.
- [22] Wang, F., Ma, H., Shen, Z., 2017: Explosion Performance of High-Temperature Degraded Emulsion Explosives. Propellants, Pyrotechnics, Explosives. 42. pp. 1325–1332.
- [23] Dubé, P., 2004: Study of the Environmental Impacts of the Blow-in-Place Procedure of Various Explosives. Munitions and Charges. Defence R&D Canada-Valcartier.

- [24] Anderson, C.J., Bauer, A.W. 2001: FIXOR: A New Approach to Neutralizing Landmines and UXO. Journal of Mine Action. Vol. 5. Iss. 2, Article 32.
- [25] I. f. D. Analyses, 2005: Operational Evaluation Test of Mine Neutralization Systems, Humanitarian Demining Research and Development Program Night Vision and Electronic Sensors Directorate.
- [26] Daruka Norbert, 2010: A robbanóeszközök megsemmisítésének lehetőségei a tűzszerész feladatok tekintetében. HADITECHNIKA 2010. VI. Nemzetközi Haditechnikai Szimpózium 2010. május 6–7. Budapest (megjelent a konferencia kiadvány CD-n)
- [27] Fletcher, L. R., D'Andrea, D.V., Dick, R. A., 1983: Explosives and Blasting Procedures Manual. US Department of Interior.
- [28] Walter, E. J., Konya, C. J., 1991: Rock blasting and overbreak control. US. DOT, Federal Highway Administration.
- [29] Ember István, 2020: A lőszermentesítés szerepe az építőiparban, Építőanyag. 72 évf. 2. szám. pp. 59–63. DOI: 10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.9
- [30] Ember István, 2019: A dunai alacsony vízállások tűzszerész tapasztalatai 2018-ban. Műszaki Katonai Közlöny. 29évf. 3szám. pp. 65–77. DOI: 10.32562/mkk.2019.3.5
- [31] Ember István, 2020: Gránátok és bombák – Mit tegyünk robbanásveszély esetén? XIII. Kő- és Kavicsbányász Napok konferencia kiadvány. Budapest. ISBN: 9786155831164
- [32] Ember István, 2016: Alternatíva a tűzszerész szakfeladatok során alkalmazható kumulatív töltetekre. Seregszemle. 14. évf. 3–4 szám. pp. 50–63. ISSN: 2060-3924
- [33] Ember István, 2020: Lehetőségek a tűzszerész-szakkiképzés fejlesztésére. Műszaki Katonai Közlöny 30 évf. 1 szám. pp. 99–110. DOI: 10.32562/mkk.2020.1.7
- [34] Ember István, 2020: A tűzszerész-szakkiképzés rendszerének fejlesztése felderítőtűzszerész-felkészítés kialakításával. Honvédségi Szemle. 148 évf. 1 szám. pp. 66–77. DOI: 10.35926/HSZ.2020.1.5
- [35] Földesi János, Földesi Tamás, Földesi Lóránd, 2015: Korszerű robbantástechnikai termékek és eszközök használatának műszaki és gazdasági előnyei, Kő és Kavicsbányászati konferencia, Velence.

- [36] Kugyela Lóránd, 2019: Robbanóanyag keverő-töltő gépkocsik alkalmazásának előnyei a robbanóanyagok közötti szállításának szemszögéből. *Katonai Logisztika*. 2019 év 3 szám. pp. 162–177. DOI: 10.30583/2019/3/162
- [37] Az Európai Parlament és a Tanács 2014/28/EU Irányelve, 2014.
- [38] Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2019/1148 Rendelete (2019. június 20.) a robbanóanyag-prekurzorok forgalmazásáról és felhasználásáról, az 1907/2006/EK rendelet módosításáról, valamint a 98/2013/EU rendelet hatályon kívül helyezéséről.
- [39] A Bizottság 2008/43/EK Irányelve a polgári felhasználású robbanóanyagok azonosítási és nyomon követhetőségi rendszerének a 93/15/EGK tanácsi irányelv értelmében történő létrehozásáról.
- [40] Lukács László: Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban 1945-1990. között I. rész - Robbanóanyagok és iniciálások, *Katonai Logisztika*, 2020. 3. szám, pp. 241–277.
<https://doi.org/10.30583/2020.3.241>
- [41] Kovács Zoltán: Robbanóanyagok a katonai gyakorlatban, *Robbantástechnika 2008*. A „Fúrás-robbantástechnika 2008” nemzetközi konferencia (Vác, 2008. 09. 16–18.) előadás kötete, *A Magyar Robbantástechnikai Egyesület periodikája*, HU ISSN 1788–5671 pp. 43–47.