

Dr. Daruka Norbert¹

ROBBANÓANYAG-IPARI ALAPANYAGOK ÉS TERMÉKEK OSZTÁLYOZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

(THE OPPORTUNITIES OF THE CATEGORISATION OF EXPLOSIVE INDUSTRY STOCKS AND PRODUCTS)

A robbanóanyagok és a robbantás évezredek óta fokozatosan fejlődött ki a pirotechnikából, vagyis a tűz alkalmazásának technikájából. Az idők folyamán jól elkülönültek a polgári robbanástechnikában, illetve a katonai műveletek során alkalmazott anyagok, ez a legtöbb szakirodalomban megfigyelhető. A két szakterület, sajátosságaikból adódóan, a különböző célok elérésére más-más robbanástechnikai tulajdonságokkal rendelkező robbanóanyagokat használt fel – természetesen a két területen, ha szűk intervallumban is, de vannak átfedések. A robbanóanyagok csoportosításának kérdésében is megfigyelhető a területi sajátosságokból eredő fontossági sorrend.

Kulcsszavak: robbanóanyag, osztályozás, csoportosítás

The explosives and the blast grew gradually through millennia from the pyrotechnics that is the technique of the application of the fire. The times separated in the civil explosion technique well on his river, substances applied concerned in the course of the military operations, this in most literature observable. The two specialties, his peculiarity, made use of different blast technique explosives at which characteristics are for the achievement of the different aims – of course on the two areas, if in a narrow interval, but there are overlaps. The order of importance deriving from the regional peculiarities is observable in the question of the grouping of the explosives.

Keywords: explosive, categorization, grouping

BEVEZETÉS

*„...a robbanóanyagot nem érdekli a diploma minősítése.
„Öntörvényű” anyag.
Ha betartod a szabályait, akkor a segítő társad.
Ha nem, akkor büntet.”²*

Lukács László

A robbanóanyagok rendeltetését tekintve megállapítható, hogy a szakirodalom jól elkülöníti a polgári robbanástechnikában, illetve katonai műveletek során alkalmazott anyagokat, bár egyes esetekben vannak átfedések a két területen alkalmazott robbanóanyagok között. A katonai műveletek során a romboló hatás és szélsőséges körülmények közötti alkalmazhatóság elérése mellett a kezelésbiztonság a fő követelmény. A polgári robbanástechnikában viszont a biztonsági előírások és az anyag kimagasló munkavégző képessége az irányadó. Az ipari robbanástechnikában elfogadott megfogalmazás szerint: a robbanóanyag folyékony vagy szil-

¹ MH 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Ezred, E-mail: daruka.norbi@gmail.com

² Lukács László: Aknahelyzet Horvátországban és Bosznia-Hercegovinában. Új Honvédségi Szemle, 1999/1., p. 37–49.

lárd halmazállapotú anyag (vegyület vagy keverék), amely megfelelő iniciálás hatására önfenntartó, hőfejlesztő, legalább 1000 m/s sebességű kémiai átalakulásra képes, és ennek során túlnyomó részben gáz-halmazállapotú bomlástermékek képződnek belőle.³ Az ismertetett definíció, bár szabványban rögzített, a kor színvonalának megfelelő és a kémiai robbanás során végbemenő folyamatban meghatározó jelentőségű feltételeket a következő meghatározás öszszegzi. *Robbanóanyag*nak az olyan gyakorlatilag hasznosítható vegyületeket (elegyeket, olvadékokat) nevezzük, amelyek a megfelelő kezdőgyújtás (aktiválási energia) hatására bekövetkező önfenntartó (exoterm) kémiai átalakulás (reakció) során, hirtelen (százvezred másodperc alatt) magas hőmérsékletű és igen nagy nyomású, főleg gáztermékekkel alakulnak át, melyek kiterjedésük közben rendkívül nagy teljesítményű munkát végeznek, és környezeti hatást váltanak ki.⁴

A robbanóanyag átalakulása tehát egy kémiai reakció, egy nagyon gyors égési folyamat. Az égéshez pedig, ahogyan már elemi tanulmányainkban is megismertük, éghető anyagra és oxigénre van szükség. A robbanási folyamat reakciósebessége miatt a robbanóanyag az átalakulása során nem képes külső oxigén felvételére, ezért ezek az anyagok az égés összes elemét önmagukban tartalmazzák. Ez a tulajdonságuk különbözteti meg a robbanóanyagokat a tüzelő- és motorhajtó anyagok csoportjától. A kondenzált fázisú kémiai robbanás hatalmas romboló hatásának valóságos oka az, hogy az energia a robbanáskor rendkívül gyorsan, több tízmilliószor gyorsabban szabadul fel, mint égéskor. Ez a reakció kívülről nem táplálható oxigénnel, ezért kell a kondenzált fázisú robbanóanyagoknak önmagukban hordozniuk az átalakulásukhoz szükséges oxigént. [1]

A ROBBANÓANYAGOK CSOPORTOSÍTÁSA

A téma feldolgozásának tekintetében elengedhetetlenül szükséges a különböző tulajdonságú robbanóanyagok csoportosítása, mely az éppen szükséges prioritások figyelembevételével (felhasználási terület, vegyi érzékenység, összetétel, stb.) többféleképpen lehetséges.

ROBBANÓANYAGOK TÍPUSAI				
Toló hatású (Impulzív)	Inicializáló (Primer)	Brizáns		
		Alacsony hatóerejű	Közepes hatóerejű	Magas hatóerejű
A robbanás fő hatásmechanizmusa az égés	Mechanikai és hőhatásokra érzékenyek, gyújtóeszközök lőszerelésére, brizáns anyagok iniciálására	NH ₄ NO ₃ alapú robbanóanyagok, robbanóanyagok	Nitrotoluol származékok	
Lőporok	Durranóhigany /Hg(CNO) ₂ /	ANDO	TNT	Hexogén /RDX/
	Ólom-azid /Pb(N ₃) ₂ /		Plasztikus	Nitropenta

1. táblázat A robbanóanyagok csoportosítása⁵

³ MSZ-14-05029:1988 Ipari robbanóanyagok általános műszaki előírásai.

⁴ DR. Lukács László: Katonai robbantástechnika és környezetvédelem. Jegyzet a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem műszaki hallgatói számára, Budapest, 1997.

⁵ Forrás: Nagy Róbert – Román Zsolt: „Robbantásos építményvédelem”. 5. fejezet, 5.2.1.4. Robbanóanyagok. TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások.

A katonai és polgári vonatkozásban használt valamennyi robbanóanyagot gyakorlati alkalmazásuk szerint a fenti módon csoportosíthatjuk.

A katonai robbantástechnikában a gyakorlati alkalmazás szerint történő osztályozás az elsődleges, mely szerint megkülönböztetjük:

- ☛ Az iniciáló (primer) robbanóanyagok olyan érzékeny robbanóanyagok, amelyek detonációját nemcsak a detonációs hullám, hanem egyéb energiaforrással, fizikai behatással (szúróláng, súrlódás, felmelegedés, ütés stb.) is ki lehet váltani. [2] Robbanásukkor kevés nagy térfogatú gáz keletkezik, ezért önmagukban nem alkalmazzák őket. Elsősorban a brizáns robbanóanyagok detonációjának előidézésében van fontos szerepük.
- ☛ A brizáns (szekunder) robbanóanyag robbanása normál körülmények között csak megfelelő erősségű lökéshullámmal – aktiválási energiával – (gyutacs vagy másik robbanóanyag-töltet robbanásának hatására) idézhető elő. [2] Viszonylag nagy a detonációs sebességük, és a robbanásuk során keletkező, jelentős mennyiségű gázképződés miatt az ipari és a katonai gyakorlatban is kiemelt jelentőséggel bírnak. Ezeket az anyagokat is többféle módon lehet osztályozni. Az egyik csoportosítás szerint megkülönböztünk egységes brizáns robbanóanyagokat (robbanóvegyületeket: ilyen a trotil, tetril, nitropenta, hexogén stb.) és keverék robbanóanyagokat. Utóbbi csoportba tartoznak az összes ammonsalétromos és dinamit típusú robbanóanyagok. A brizáns (szekunder) robbanóanyagokat egy másik, elterjedtebb csoportosítás szerint a következőképpen osztályozhatjuk:
 - Magas hatóerejű, úgynevezett nagy brizanciájú robbanóanyagok. Ide sorolhatóak: a hexogén, nitropenta, hexotol, pentritol, valamint a 60%-ot meghaladó nitroglicerín- vagy robbanóolaj-tartalmú⁶ ipari robbanóanyagok.
 - Közepes hatóerejű, vagy normál brizanciájú robbanóanyagok. Ebbe a kategóriába sorolható: a TNT, az ammonsalétrommal kevert trotil (pl. AMATOL, AMMONAL), a dinitro-naftalinnal kevert trotil (K-2 olvadék)⁷ és az ipari robbanóanyagok nagy része.
 - Alacsony hatóerejű robbanóanyagok. A csoport anyagait többnyire az ANDO-típusú, alumínium-nitrát alapanyagú, emulziós robbanóanyagok és robbanózagygok alkotják. [3][4]
- ☛ A ballisztikus (toló hatású) robbanóanyagok, vagy lőporok azt az anyagféleséget jelentik, melyeknek az égése igen gyors, szabályozott folyamatként zajlik le. Az égés bizonyos feltételek mellett detonációba is átmehet (fojtott feketelőpor), általános esetben viszont csak explodál. [3] Elsősorban lőfegyverekhez, lőpor-hajtóművek céljára, aknáknak kivető töltetként, valamint az ipari alkalmazásban speciális bányászati tevékenységekre (márványtáblák darabolására) használatosak.

⁶ Általában 80% nitroglicerintől és 20% nitro-glikoltól álló, olajszerű, színtelen vagy halványsárga színű, jellemzően csípős, édeskés ízű, folyékony robbanóanyag, amely a robbanóanyag-gyártás nélkülözhetetlen alapanyaga.

⁷ Bővebben lásd: N. A. Silling: Robbanóanyagok és lőszerszerelés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1955.

Az ipari robbantástechnikában elfogadott szakirodalom [2] szerint a homogén robbanóanyagok leggyakrabban alkalmazott felosztási módjai a következők:

- Halmazállapot szerinti csoportosítás, amely alapján megkülönböztetünk diszperz robbanórendszereket és kondenzált fázisú robbanóanyagokat. [3]
 - A diszperz robbanórendszerekhez azok a gázok, gőzök és ködök, valamint gáz-por keverékek tartoznak, amelyek adott feltételek mellett robbanásra képesek. Gyakorlati felhasználásuk csekély mértékű, és a házilagosan készített eszközök robbanóanyagaként még nem volt bizonyított egyetlen robbantásos merényletnél sem ilyen anyag alkalmazása, ezért részletesebb tárgyalásuktól eltekintek.
 - A kondenzált fázisú robbanóanyagokhoz a szilárd és a folyékony halmazállapotú robbanóanyagok tartoznak.
- Összetétel szerint történő csoportosítás, amely alapján megkülönböztetünk hőelvonással képződött vegyületeket, éghető anyag és oxigén vegyületeit, és éghető anyag és oxidáló anyag elegyeit (keverékeit). [2][3]
 - A hőelvonással képződött vegyületek (pl. ólomazid) robbanás közben elemeikre bomlanak szét, miközben a vegyületek képződéshője felszabadul.
 - Az éghető anyag és az oxigén vegyületéből álló robbanóanyagok (pl. hexogén, nitropenta) robbanásuk során a molekulában lévő oxigént használják fel a molekula oxidálható atomjainak oxidálására.
 - Az éghető anyag vagy anyagok és az oxidáló anyag elegyei (keverékei) azok a robbanóanyagok (pl. a feketelőpor), amelyeknél az égő anyag és az oxidáló anyag részeinek megfelelően finoman kell keveredniük, hogy a robbanási folyamat során megfelelő számú oxigénhordozó molekula kerüljön az égő elem molekulájához.
- Felhasználási terület szerinti történő csoportosítás, amely megegyezik a fent említett katonai robbantástechnikánál ismertetett gyakorlati alkalmazás szerint történő csoportosítással, és kiegészül a pirotechnikai keverékek csoportjával. A pirotechnikai keverékek szerves és fémes égőanyagok és szervesen oxidálószerkezes keverékei, amelyeket cementáló adalékok rögzítenek. Fény-, hang-, hőhatás keltésére, ködfejlesztésre és az égési sebesség szabályozására használják. Átalakulásuk formája az égés. [2]
- Kezelésbiztonság szerinti történő csoportosítás, amely elsősorban a polgári szakterületen elfogadott csoportosítási forma, mely a robbanóanyagok között azok ütéssel való iniciálásra való érzékenysége alapján tesz különbséget. Ebből adódóan megkülönböztethetőek az érzékeny és a kezelésbiztos robbanóanyagok.
 - Kezelésbiztos robbanóanyagoknak azokat a robbanóanyagokat tekinthetjük, amelyeknek az MSZ EN 13631-4:2003 szabvány⁸ alapján történő vizsgálattal megállapított ütési energiája nagyobb, mint 20 Joule.

⁸ MSZ EN 13631-4:2003 szabvány: A robbanóanyagok ütésérzékenységének meghatározása.

- Érzékeny robbanóanyagok az említett felosztási módszer alapján azok a robbanóanyagok, melyek iniciálási értéke a vonatkozó szabvány előírásainak megfelelő vizsgálat alapján nem haladja meg a 20 Joule értéket.
- ⁹ A nitrocsoport kapcsolódási módja szerint történő csoportosítás. [3] A csoportosítás értelemszerűen olyan robbanóanyagoknál alkalmazható, amelyek egy vagy több nitrocsoportot tartalmaznak. A kapcsolódás módja szerint megkülönböztetünk:
 - Nitrovegyületeket (C-nitrovegyületek), melyek közé azokat a vegyületeket soroljuk, melyekben a nitrocsoport ($-NO_2$) közvetlenül a molekulában lévő szénatomhoz kapcsolódik.⁹ További felosztásuk a kiindulómolekula szerkezetéből adódóan *aromás szénvegyületek nitroszármazékaira*, valamint *alifás szénvegyületek nitroszármazékaira* tagozódik. A gyakorlatban az aromás nitrovegyületeket használják, pl.: a toluol nitroszármazékai közül a legismertebb a 2,4,6-trinitro-toluol (trotil, TNT), vagy a gyártási folyamatoknál gyakran alkalmazott 2,2',4',6,6-hexanitro-stilbén (HNS). Az alifás szénvegyületek nitroszármazékait (pl. mono-, di-, tri- és teranitro-metán) leginkább rakétahajtó anyagként, vagy más robbanóanyagok előállításához alapanyagként használják. Aminok nitroszármazékai (N-nitrovegyületek), melyek közé azokat a robbanóanyagokat soroljuk, amelyekben a nitrocsoport az aminocsoport nitrogénjéhez kapcsolódik. További felosztást a nitrálandó molekula szerkezete alapján, az előzőekben is ismertetett módon tehetünk. Így megkülönböztetjük az *aromás aminok nitroszármazékait* (pl. 2,4,6-N-metil-nitro-analin, közismertebb nevén tetril), az *alifás aminok nitroszármazékait* (pl. N-dietanol-N-nitramin-dinitrát, vagyis DINA) és a *heterociklusos aminok nitroszármazékait* (pl. 1,3,5-trinitro-1,3,5-triaza-ciklohexán, ismertebb nevén hexogén, és az 1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetraza-ciklooktán, vagyis oktogén).
 - Alkohol-nitrátok, vagy nitro-észterek (O-nitrovegyületek) közé azokat a robbanóanyagokat soroljuk, melyekben a nitrocsoport oxigénatomon keresztül kapcsolódik a molekulához. Az alkohol-nitrátok közül a legismertebb robbanóanyagok a nitroglicerín néven ismert glicerín-nitrát, vagy a másik, általában gyutacsokban alkalmazott robbanóanyag a pentaeritrit-tetranitrát,¹⁰ ismertebb nevén nitropenta (TEN, PETN).

A homogén robbanóanyagok közé sorolhatóak a legmodernebb és meglehetősen speciális gyártási és feldolgozási technológiát igénylő robbanó polimerek. A rendelkezésre álló szakirodalom alapján és a világháló által elérhető információk szerint ezeket az anyagokat eddig nem alkalmazták sem robbanótestek tölteteként, sem terroristámadások során önálló robbanóanyagként. Figyelembe véve az előzőekben ismertetett csoportosítást, nagy bizonyossággal kijelenthető, hogy a robbanóanyag-ipari alapanyagok, melyek egy-egy terrorcselekmény során, vagy bűnös szándékkal történő felhasználás alkotórészeként előtérbe kerülhetnek, az előző osztályozás szerint besorolhatóak. Fontos azonban megemlíteni, hogy az ismertetett cso-

⁹ Bővebben lásd: DR. Otto-Albrecht Neumüller: Römp Vegyészeti Kislexikon. Harmadik kötet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983, p. 431–432., ISBN 963 10 4297 9.

¹⁰ DR. Otto-Albrecht Neumüller: Römp Vegyészeti Kislexikon. Harmadik kötet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983, ISBN 963 10 4297 9. p. 653.

portok elemeinek keverékei, elegyei is előfordulhatnak robbanóanyag-ipari termékekben (pl. aknák, aknavető gránátok keverék töltetei).

ROBBANÓANYAGOK KEVERÉKEI (ELEGYEI)

A robbantás-technika történetében rendkívül sok kísérletet folytattak le és folytatnak napjainkban is a homogén robbanóanyagokkal kapcsolatosan, a különböző keverékek összetételének és/vagy keverési arányainak megállapítása céljából. A kísérleteket többnyire egyes robbanóanyagok előnyös tulajdonságai, vagy valamilyen kedvezőtlen jellemzőjének csökkentési célja motiválta. [3] „*indoka volt a különböző robbanóanyag-keverékek előállításának háborús időszakában az is, hogy az alap robbanóanyagként széles körben alkalmazott trotil gyártása alapanyaghiány, vagy a gyártáskapacitás korlátozottsága miatt behatárolt volt.*”¹¹

A robbanóanyag-keverékek széles palettáján elsősorban a háború hatását és szükségmegoldások lehetőségét megragadva hozták létre a COMPOSITE B típusú robbanóanyag-keveréket, amely trotil, hexogén és viasz 36/63/1 keverékéből került előállításra, és elsősorban harcjármű elleni aknáknál (pl. VS-1.6¹² Olaszország, vagy M15¹³ USA), vagy bombáknál alkalmazták az eszköz fő tölteteként.

A keverék robbanóanyagok előállíthatóságának lehetőségei végtelen variációs lehetőséget rejtenek magukban, és csak néhány, a keverékek előállításánál betartandó szabályt kell figyelembe venni. A teljesség igénye nélkül ilyen szabályok például:

- a keverék robbanóanyag más anyaggal, robbanó-, vagy inert anyaggal (anyagokkal) való kémiai összeférhetősége;
- az előállított robbanóanyag fizikai és kémiai stabilitása nem csökkenhet;
- a kevert robbanóanyag robbantástechnikai tulajdonságainak lehetőség szerint javulniuk kell, de legalábbis nem romolhatnak számottevően;
- öntéssel történő további feldolgozásra szánt kevert robbanóanyag bármely robbanóképes alkotójának elpuffanási hőmérséklete nem lehet alacsonyabb, mint a másik alkotórész olvadáspontja;
- nem célszerű olyan kevert robbanóanyagot előállítani, ahol a keverék egyik alkotórésze a másik alkotórész kémiai bomlását katalitikus úton gyorsítja. [3]

Az eddig előállított és részben jelenleg is használt kevert robbanóanyagokat két alapvető csoportba sorolhatjuk, egyrészt a 2,4,6-trinitro-toluolt tartalmazó, másrészt az említett típusú trotilt nem tartalmazó keverékek csoportjába. Napjainkban már léteznek olyan szoftverek, melyek segítségével, ha csak virtuális módon is, de keverékeket hozhatunk létre. Ilyen szoftver az OMZ gyártó által készített és forgalmazott EXPLO5,¹⁴ melynek használatával összeállíthatunk végtelen mennyiségű keveréket, csak azt kell megadnunk kiindulási információként,

¹¹ Forrás: Tóth József – Dr. Lukács László – Volszky Géza: *Akna kisenciklopédia*. Kiadta a Tudásmenedzsmen-tért, Tudás Alapú Technológiáért Alapítvány. p. 281., ISBN 978-963-08-5522-8.

¹² Bővebben lásd: <http://ordatamines.maic.jmu.edu/images/H3065F01.jpg>.

¹³ Bővebben lásd: <http://www.lexpev.nl/minesandcharges/americas/unitedstates/m15at.html>.

¹⁴ Az EXPLO5 egy olyan termokémiai számításokat kezelő program, amely kiszámolja a robbanóanyagok, hajtóanyagok, lőporok, pirotechnikai keverékek égési termokémiai jellemzőit a teoretikus sűrűségük, kémiai összetételük, képződés hőjük alapján. Bővebben lásd: <http://ozm.cz/en/explo5-software/>.

hogy milyen anyagokat milyen %-ban kívánunk összekeverni, és a program megmondja, hogy mindez lehetséges-e, és ha igen, akkor a keletkezett terméknek milyenek lesznek a robbantástechnikai paraméterei.

IPARI ÉS KATONAI ROBBANÓANYAG-ALAPANYAGOK ÉS TERMÉKEK

Az ipari körülmények között történő robbanóanyag-előállítás széles spektrumú és robbantástechnikai tulajdonságokban is nagy eltéréseket prezentáló anyagokat foglal magában. Ebben a témakörben röviden össze kívánom foglalni azokat a robbanóanyagokat, melyeket már alkalmaztak, vagy alkalmazni kívántak egy-egy robbanóanyaggal elkövetett terrorcselekmény kapcsán. A témában jártas szakemberek számára ezek az anyagok már ismertek, egyesek talán nap mint nap ilyen robbanóanyagok alkalmazásával látják el feladataikat. Ezek a robbanóanyagok tehát a mai napig használatban vannak, akár önállóan, akár egy új robbanóanyag alkotórészeként,¹⁵ a katonai és az ipari gyakorlatban egyaránt.

Lőporok

A lőporok olyan toló hatású robbanóanyagok,¹⁶ amelyeknek jellemző tulajdonsága, hogy stabil és gyors az égésük, és ez a folyamat nem megy át detonációba. A robbanás céljára használt lőporokat (szemcsézett feketelőpor) robbantópornak is nevezik, és általában bányászati tevékenységek munkálatainál alkalmazzák. A feketelőpor romboló hatása nem olyan nagy, mint a többi robbanóanyagé, úgy is fogalmazhatnánk, hogy az égése (égési sebessége kb. 400 m/s) erőteljesebb, így kötőmböket lehet vele egyben leválasztani. A lőporok esetében fontos, hogy az égési folyamat szabályozottan menjen végbe, amit a lőporok fizikai szerkezetével és összetételével lehet a megfelelő tulajdonságúra beállítani. A lőporokat alakjuk, méretük és összetételük szerint osztályozhatjuk. A szakdolgozat témáját tekintve az összetétel szerinti csoportosítás számunkra az irányadó. Összetétel szerint megkülönböztetjük az előzőekben is említett feketelőport, az oldószeres és az oldószer nélküli lőporokat, utóbbiakat füst nélküli lőpornak is nevezik.

- A **feketelőpor**, robbantópor összetételét tekintve kálium-nitrát (KNO_3), kén (S) és fa-szén (kutyabenge) megfelelő keverékéből áll. Három jól működő változata ismert, ezek keverési arányai a következők: 75/10/15 (%); 70/14/16 (%), 65/15/20 (%). Az anyagok felületét minden esetben grafitozással védik a felületi feltöltődéstől.
- Az **oldószeres lőporok** (NC-lőporok), egykomponensű lőporok, illetve gyalogsági lőporok fő alkotórésze a piroxilin, vagy ismertebb nevén cellulóz-nitrát. Adalékanyagként tartalmaznak még stabilizáló szereket (pl. difenil-amin), flegmatizáló és lágyító szereket (pl. dibutil-ftalát, centralit, DNT), lángcsökkentő anyagokat (pl. kálium-

¹⁵ A speciális feladatok végrehajtásához új robbanóanyagokat fejlesztenek, de ezek – főleg magas költségvonzatuk következtében – nem kerülnek széles körű felhasználásra. Bővebben lásd, Dr. Kovács Zoltán: *Robbanóanyagok a katonai gyakorlatban*. Előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület „Fűrés-robotástechnika 2008” Nemzetközi Konferenciáján, Vác, 2008. szeptember 16–18. (megjelent a konferencia kiadványában, Robbantástechnika 30. szám, 43–47. o.)

¹⁶ Winnacker–Küchler szerint (Kémiai technológia. 1–2. kötet, Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1963, p. 710.) a robbantószerkezetek mellett az indító-robbantószerkezetek, lőporok (puskapor és füstszegény lőpor) és a pirotechnikai készítmények is a robbanó- (explozív) anyagok közé tartoznak.

oxalát) és csúsztató, illetve feltöltődést gátló anyagokat (pl. grafit). [5] Elsősorban kézi lőfegyverek, nehézfegyverek és vadászfegyverek töltényeinek hajtóanyagaként használják.

- Az **oldószer nélküli lőporok** (NG-s lőporok) szokás még többkomponensű lőpornak és ballisztikus lőpornak is nevezni, de régebbi kiadványokban tűzérési lőporként is emlegetik. Az említett lőpor egyik energiát adó anyaga a nitro-cellulóz, a másik, energiát biztosító és egyben zselatináló anyag, amely a gyártás után is a lőporban marad, a nitroglicerín és a dinitro-toluol. Ez a lőpor is tartalmaz még stabilizáló szereket (pl. centralit, akardit, magnézium-oxid), flegmatizáló anyagot (pl. dibutil-ftalát), kenőanyagot (pl. zselatin, sztearin) és lángcsökkentőket. Az oldószer nélküli lőporok nedvességtartalma kevésbé érzékeny a levegő nedvességtartalmára, mint az oldószeres lőporoké, így hosszabb ideig is eltárolhatók minőségi romlás nélkül. [4]

A bűnös szándékú felhasználás tekintetében nincs sok példa arra, hogy merényletet kívántak volna végrehajtani csupán lőporok alkalmazásával. Arra azonban volt példa, hogy katonai robbanótesteket, illetve az azokból kinyert robbanóanyagot úgy próbálták meg elműködtetni, hogy kézi fegyverek lőszeréből kinyert lőporokat öntöttek össze, és ezt próbálták meg egy éghető folyadékkal átítatott zsinór segítségével közvetlen tűzgyújtással működésbe hozni. Szerencsére az említett esetenél, mivel a zsinór végigégett, valószínűleg a lőpor nedvességtartalma növekedett meg, és így az nem gyulladt meg, de a merénylet(k) elképzelése azért elgondolkodtató.

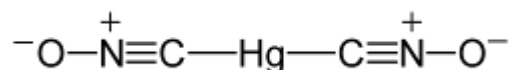
Iniciáló vegyületek, robbanóanyagok

Iniciáló robbanóanyagok (primer robbanóanyagok) közé soroljuk azokat az anyagokat, amelyek külső behatásokra rendkívül érzékenyek, robbantásukhoz kis energiaimpulzus (dörzsölés, ütés, szikra, láng) szükséges. Ezek az anyagok főképp endoterm képződéshőjű vegyületek, melyek robbanási átalakulási sebessége rendkívül rövid idő alatt gyorsul fel a detonációsebesség eléréséig, és kis mennyiségben is képesek robbanásukkal más robbanóanyagokat detonációra bírni. [4] Ezek az anyagok – elsősorban költségvonzatuk következtében – önmagukban nem használhatók fel robbantási feladatok végrehajtására, többnyire gyutacsokban, indítótöltetek primer robbanóanyagaként kerülnek forgalomba.

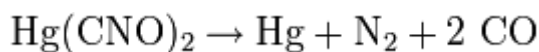
A robbantásos merényleteket követően végrehajtott helyszínelési eljárásrendekben külön eljárásmodok vonatkoznak a robbanószerkezet indítómechanizmusának megállapítására. A helyszínelést követő nyomozati eljárás során az indítóegységekben alkalmazott robbanóanyagokból és az alkalmazott indító kialakításából az elkövető(k) azonosítása könnyebben kivitelezhető. A robbantásos cselekményeket követő helyszínelési munkálatokat katonai vonatkozásban a Fegyveres Támadást Helyszínelő Csoport (WIT – Weapon Intelligence Team) tagjai végzik, és a teljes vizsgálati folyamat végrehajtása a hatáskörükbe tartozik. A helyszínelő csoport tagjai megtanulják a merényletek helyszínén történő mozgásmódokat, nyomrögzítő technikákat és a helyszínelési feladatok ellátásához szükséges speciális nyomozási tevékenységeket, folyamatokat.

A **durranóhigany** ($\text{Hg}(\text{CNO})_2$), más néven higany-fulminát, vagy pontosabban higany(II)-fulminát, fehér, világosbarna vagy barnásszürke színű, kristályos, többnyire apró szemű, ho-

mokhoz hasonló, enyhén csillogó, mérgező anyag. Nem nedvszívó, de nedvesség hatására robbantástechnikai tulajdonságai jelentősen romlanak. Szobahőmérsékleten korlátlan ideig tárolható robbanóanyag, amely 60 °C fölött tárolva elveszíti iniciáló képességét, és úgynevezett pirofulmináttá alakul át. Az erős fény hatására bomlási folyamata megindulhat. Száraz állapotban a fémekkel nem lép reakcióba, rézből vagy rézötövetből készült hüvelyekbe akár 20 évig szavatolható gyártmányokhoz is alkalmazható. Alumíniumhüvelyben történő alkalmazása szigorúan tilos, mert nedvesség hatására az alumíniummal heves reakcióba lép. [5]

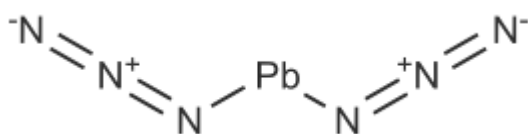


Kémiai állandósága, valamint dörzsöléssel, ütéssel, szúrással és lánggal szembeni érzékenysége folytán gyutacsok, csappantyúk és robbanószinórok gyártásánál gyakran használt robbanóanyag. A durranóhigany nagyon érzékeny, ütés vagy melegítés hatására hevesen robban. A robbanás során nitrogénre, szén-monoxidra és elemi állapotú higanyra bomlik, ez a tulajdonsága megkönnyíti felderíthetőségét.



A durranóhigany egyik hátránya, hogy „*megfelelő minőségű, szennyeződésmentes, térfogatosan jól tölthető termék csak számos technikai tényező egyidejű kézbentartásával állítható elő...*”¹⁷ További hátrányos tulajdonsága, hogy detonációsebessége egy bizonyos fokig fokozható, de a megengedettnél nagyobb présnyomás hatására (kb. 600 kp/cm²) túlpréselt állapotba kerül és a szokásos indítóimpulzussal iniciálhatatlanná válik. Az előzőekben felsorolt hátrányos tulajdonságai és magas előállítási költsége is közrejátszott abban, hogy az ipari gyutacsokhoz való felhasználás területéről az ólom-azid kiszorította. Pozitív tulajdonságainak köszönhetően a katonai indítómechanizmusok máig meghatározó alapanyaga.

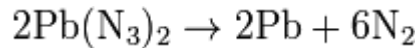
Az **ólom-azid**¹⁸ (Pb(N₃)₂) fehér vagy rózsaszínű, kristályos szerkezetű, mérgező por. Száraz állapotban szobahőmérsékleten (nedvesség és szén-dioxid hiányában) korlátlan ideig tárolható.



Száraz körülmények között a fémekkel nem reagál, de nedvesség hatására a levegő szén-dioxid tartalmának felhasználásával a felületén bomlik, és a keletkező azoimidsav a legtöbb fémmel reagálva fém-azidot képez. Az előzőekből adódóan rézhüvelybe csak réz-azidképződést gátló adalékanyaggal keverve, vagy lakkozott (sellak, aszfaltlakk) rézhüvelyben alkalmazható, szinte minden esetben alumínium hüvelyben kerül forgalomba. Nedvesség hatására sem veszíti el robbanó tulajdonságát, robbanóképességét még 30% víztartalom sem szünteti meg. Nagyon érzékeny anyag, ütés vagy melegítés hatására hevesen robban. A robbanás során elemi állapotú nitrogénre és ólomra bomlik, így jelenléte könnyen kimutatható.

¹⁷ Benedek Dénes – Bohus Géza – Ernei László – Horváth László – Kirschner József – Tárkányi László: *A robbantómester*; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976, p. 74.

¹⁸ Az ólom-azid gyártásával kapcsolatos előírásokat az MSZ 8594:1959 Ipari robbanóanyagok – Ólom-azid; szabvány rögzíti.



Előnyös tulajdonsága, hogy nem lehet túlréselni, magas elpuffanásponjtja és hőstabilitása hőálló iniciáló eszközök gyártására is alkalmassá teszi. Hátrányos tulajdonságai közé tartozik, hogy lánggal szemben eléggé érzéketlen, nehezen gyullad,¹⁹ továbbá kissé nedvszívó, melynek hatására szén-dioxid jelenlétében bomlik. Bomlás hatására túlérzékeny fém-azidokat képez, ebből adódóan kezelésbiztossága romlik. Önmagában nem alkalmazzák, általában tricináttal keverve gyutacsok előállításánál kerül felhasználásra. [6] Többnyire keverék robbanóanyagok összetevője, így javították mechanikai behatások iránti érzékenységét, stabilitását pedig kémiai stabilizátorokkal fokozták.

Az *ólomsztifnát*²⁰ ($\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3\text{O}_2\text{Pb}\cdot\text{H}_2\text{O}$), ólom-trinitro-rezorcinát, vagy tricinát barna színű, apró kristályos anyag, mely szobahőmérsékleten korlátlan ideig tárolható. Nedvszívó képessége jelentéktelen, fémekkel nem lép reakcióba, így minden fémburkolatban alkalmazható. Gyutacsokban az ólom-aziddal keverve használják, mivel védi azt az előbbieken említett bomlástól. Az ólomsztifnát valamennyi szokásos indítóimpulzusra érzékeny, lángérzékenysége kiemelten nagy. Mivel szabad szemmel nem látható elektrosztatikus kisülés is képes beindítani, akár nedves állapotban is, a gyártás során a védőföldelés kiemelten fontos. Hazai gyártását még a robbanóanyag-ipar sajnálatos leépülése előtt, az elektrosztatikus kisüléssel kapcsolatba hozható gyakori robbanások miatt megszüntették. [6]

Brizáns vegyületek, robbanóanyagok

A brizáns, vagy szekunder robbanóanyagok mechanikai és hő hatására kevésbé érzékenyek, ezért biztonságosan kezelhetők. Energiatartalmuk a robbanásuk során képződő nagy gázmennyiség és a fejlődő magas hőmérséklet következtében nagy. Bár detonációsebességük nem fejlődik olyan gyorsan, mint az iniciáló vegyületeknél, nagynak nevezhető. A katonai és a polgári robbantástechnika munkálatai során is többnyire brizáns robbanóanyagból álló tölteteket alkalmaznak.

– Magas hatóerejű robbanóanyagok

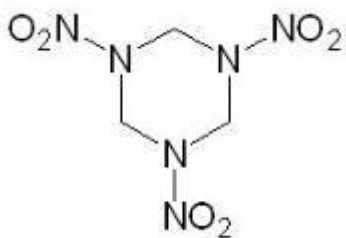
A *hexogén*, amely RDX²¹-ként is ismert, kémiai nevén 1,3,5-trinitro-1,3,5-triazaciklohexán,²² tiszta állapotban fehér, kristályos anyag. Szobahőmérsékleten nagyon stabil, könnyen tárolható, viszonylag érzéketlen anyag. Láng hatására nyílt levegőn erős fény kíséretében robbanás nélkül elég, bár gyors melegítés hatására – nagyobb anyagmennyiség hevítése esetén – felrobbanhat. Olvadáspontját elérve füstképződés közben bomlani kezd, majd 230 °C körüli hőmérsékleten meggyullad, és robbanás, elpuffanás nélkül erős fűvőláng jelenlétében elég. [6]

¹⁹ A gyulladási hőmérséklete magasan 300 °C felett van, és rövid nyílt lánggal nehéz begyújtani. A gyutacsokba ezért 5–10%-ban könnyen gyulladó vegyületekkel keverik.

²⁰ Az ólomsztifnát gyártásával kapcsolatos előírásokat az MSZ 11616:1963 Ipari robbanóanyagok – Tricinát szabvány rögzíti.

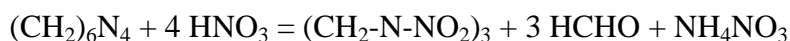
²¹ Angliában Royal Demolition eXplosive, az USA-ban és Kanadában Research Department eXplosive, Olaszországban T4 néven ismerik a kémiai nevében lévő T betűk darabszáma alapján, de Cyclonitként is forgalmazzák.

²² A német Hans Henning 1899-ben, gyógyszerkutatás során fedezi fel, de robbanóanyagként csak 1920-ban szabadalmaztatja az ugyancsak német E. von Herz. Tömeges felhasználására a II. világháborúban került sor.



Igen magas előállítási költsége miatt önmagában ritkábban használják, többnyire robbanóanyag-keverékekben,²³ illetve gyutacsokban mint szekunder töltetet alkalmazták. Az egyik legfontosabb katonai robbanóanyag a világon. Flegmatizálására kémiai stabilitása miatt általában nincs szükség, viasszerű adalékok hozzákeverésével csökkenthető a robbanóanyag mechanikai érzékenysége.

Legegyszerűbben hexametilén-tetraminból állítható elő 90%-nál töményebb salétromsav²⁴ hozzáadásával, majd a reakcióelegyből vizes hígítással nyerhető ki a hexogén.



A hexogént robbanószinórok gyártásához, hőálló gyutacsok gyártásánál szekunder töltetként, az olajiparban alkalmazott perforátorok kumulatív töltetként használják, illetve különleges robbantási feladatok ellátásához préstestek formájában kerül felhasználásra. Mivel a katonai robbanóttestekben töltetként történő alkalmazása jelentős mértékű, a robbanóanyag bűnös célú felhasználása is gyakran megfigyelhető. A katonai eszközöket általában önmagukban használják fel a merénylők, de akadnak olyanok is, akik a nagyméretű eszközökből – általában a könnyebb szállítási lehetőség miatt – kiszedik, kikaparják a robbanóanyagot. Ezt azért tartom fontosnak megemlíteni, mert a hexogén erősen mérgező robbanóanyag, és közvetlen érintkezés hatására maradandó elváltozásokat okoz a közvetlenül érintkező szövetekkel, így könnyebb felismerni az anyaggal esetleg bűnös szándékkal kapcsolatba kerülő személyeket.

A **hexotol**, vagy ciklotol egy keverék robbanóanyag (RDX–TNT keverékek), a trotil és a hexogén elegye, melyet ömlesztett trotil és hexogén vizes közegben történő granulálásával állítanak elő. A gyakorlatban alkalmazott elegyek keverési aránya trotil/hexogén (%) 40/60; 35/65; 30/70; 25/75. [7] A szakirodalom szerint egyes keverékek paraffint is tartalmaznak, így a keverési arány trotil/hexogén/paraffin (%) 20/78,5/1,5. „Az ilyen elegyek 80 °C körüli hőmérsékleten megolvashatók, s így öntéssel is szerelhetők, emellett kevésbé érzékenyek, mint a hexogén, és jelentősen nagyobb hatásúak a trotilnál. Ezeket a préstesteket különféle detonátorok, valamint speciális préstestek gyártásához használják fel.”²⁵

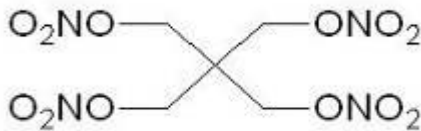
A RDX–TNT keverék anyagokat repeszbombák és más nagyméretű robbanóttestek töltésére használták. A mélyvízi bombák fő töltete a DBX (Depth Bomb eXplosive), a mélyvízi bombák, torpedók, rakéták harci részét töltik a HBX–1 (Hight Brissance eXplosive) robbanóanyaggal (40% RDX, 38% TNT). Gyújtószerkezetek, víz alatti robbantások harci töltete a HBX–3, másként TORPEX (31% RDX, 29% TNT). Harckocsiaknában alkalmazták és az egyik legjobb légi robbantásokhoz alkalmazandó robbanóanyagként ismert a HBX–6, másként H–6 (45% RDX, 30% TNT) keveréke. Nagy hatóerejű töltetekben használják a HTA–349 robbanóanyagot (49% RDX, 29% TNT). [1]

²³ Ilyen keverék például a Hexotol (TNT-vel), a Torpex (TNT-vel és Al-porral), a Semtex (plasztifikáló anyagokkal és színezékekkel), valamint a Composition 4, vagy közismertebb nevén C4 (plasztifikáló anyagokkal). Emellett hexogén alapú a nukleáris fegyverek primer (kémiai) robbanótöltete is.

²⁴ A 90%-osnál hígabb salétromsav elbontja a hexametilén-tetramint, és nem képez belőle hexogént.

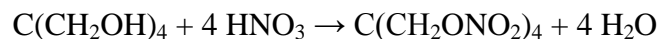
²⁵ Forrás: Garami – Jantos – Lovász – Maljucskova – Maróthy – Virágh: *Hazai gyártású és felhasználású robbanóanyagok*. Nehézipari Minisztérium Továbbképző Központ, Első kötet, Esztergom-kertváros, 1976, Törzsszám: 76.208 NIM TK. pp. 45–46.

A **nitropenta**, pentaeritrit-tetranitrát²⁶ $C(CH_2-ONO_2)_4$, vagy más néven PETN, pentrit egy robbanó salétromsav-észter, amelyet széles körben használnak a robbantástechnika minden területén. Tiszta állapotban fehér, kristályos, porszerű anyag, amely viszonylag könnyen tárolható, ugyanakkor ez az egyik legbrizánsabb, használatban lévő robbanóanyag. Vízben gyakorlatilag nem oldódik, nedvesség jelenlétében robbanótulajdonságait nem veszíti el. Alkoholban, éterben, benzolban rosszul, acetonban és metil-acetátban jól oldódik. A gyakorlatban felhasználható kristályos robbanóanyagok közül a legerélyesebb és legbrizánsabb, többnyire plasztifikált robbanószerkezetekben, kis kaliberű lőszerkezetekben, gyutacsokban és robbanózsínórokban alkalmazzák.



Detonátorokban szekunder töltetként kerül felhasználásra. Alacsony vérnyomás²⁷ és a bőrfelület enyhe elszíneződése a robbanóanyaggal történő közvetlen érintkezésre.

Előállítás két úton történhet: pentaeritritből – ami a formaldehid és az acetaldehid kondenzációs terméke – nitrálással koncentrált salétromsavval, vagy kénsavval észterezik, és második lépésben salétromsavval átészterezik, vagy tömény salétromsav és tömény kénsav elegyével (nitrálsav) közvetlenül képzik a salétromsav-észtert:



A teljesen savmentesített végtermék stabil, de ha savnyomok maradnak benne, instabillá válik. Ez esetben bomlása robbanásig is fajulhat. [8] Vékony rétegben kiterítve egyenletesen ég, vastagabb rétegben és részben fojtva (pl.: égetővályúba kiterítve) az égés robbanásba megy át.²⁸ A nitropentát mechanikai érzékenységének csökkentése érdekében flegmatizálják (2–12%) paraffinnal vagy montánviasszal. Az így kapott anyagot a könnyebb felismerhetőség érdekében általában rózsaszínűre festik, Szudán-vörös festék hozzáadásával. [6] A flegmatizált nitropenta jól sajtolható, de magas olvadáspontja miatt öntéssel nem szerelhető.

A robbanóanyag egyik negatív tulajdonsága, hogy hajlamos elektrosztatikus feltöltődésre, ezért egyrészt antisztatikummal kell kezelni, másrészt a gyártás és a feldolgozás során az anyaggal közvetlenül érintkező berendezéseket gondosan földelni kell, és be kell tartani a sztatikus feltöltődés elleni védelem előírásait.

– *Közepes hatóerejű robbanóanyagok*

A **trinitrotoluol** egy kémiai vegyületcsoport, amely összesen hat konstitúciós izomert takar. Ezek közül a 2,4,6-trinitrotoluol (más néven TNT vagy trotil) a legjelentősebb hadi és ipari célú robbanóanyag, amelynek robbanóhatását értékmérőnek használják a robbanás erejének meghatározásához a kémiai és a nukleáris robbanás tekintetében is.

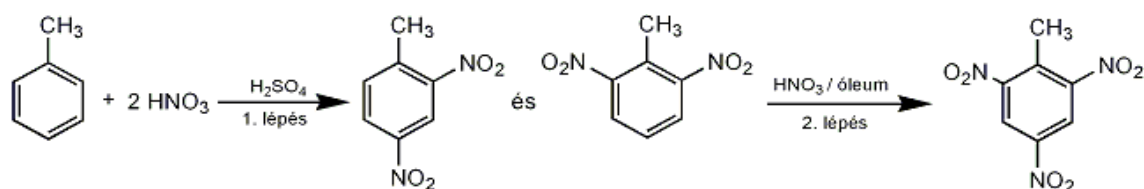
²⁶ A nitropentátot elsőként Tollens és Wiegand állították elő pentaeritrit nitrálásával, 1891-ben. 1912-ben, miután szabadalmaztatták, Németországban megkezdték nagyüzemi gyártását.

²⁷ A nitroglicerinnel hasonlóan a nitropenta is hatékony értágító gyógyszer, amelyet bizonyos szívpanaszokra alkalmaznak egészen kis mennyiségben.

²⁸ 1967-ben Nagytétényben nitropenta égetéssel történő megsemmisítése közben következett be ilyen robbanás, személyi sérülés nem történt, az anyagi kár jelentős volt.

A nagy tisztaságú trotil halványsárga, sárgásbarna színű, levegőn lassan barnuló, kristályos vegyület, melynek ütés-, hő- és dörzsérzékenysége igen alacsony. Szabad levegőn meggyújtva viszonylag nagy mennyiségben is kormozó lánggal ég el, anélkül hogy felrobbanna. Vízben gyakorlatilag nem oldódik, alkoholban és éterben kevésbé, azonban szerves oldószerek – aceton, metilén-klorid és benzol – kiválóan oldják. Por alakban vagy préselt állapotban csak erős gyutaccsal, míg öntött állapotban detonátorral indítva detonál. Széles körű alkalmazhatóságának egyik kimagasló tulajdonsága, hogy robbanóképességét víz alatt sem veszíti el, és mind öntött, mind préselt formában – robbanásveszély nélkül – forgácsolható. [9][10]

A trotilt az iparban két lépésben lehet előállítani. Első lépésként a toluolt kénsav és salétromsav (nitráló elegy) keverékkel reagáltatják. Ekkor képződnek a toluol mono- és dinitrált származékai. A második lépésként a még nyers, köztes terméket tovább nitrálják, lényegesen erőlyesebb körülmények között, óleum és salétromsav elegyével, majd a keletkező hulladéksavat visszavezetik az első lépés adalékanyagaihoz. [11]



A trotil erősen mérgező (toxikus) vegyület. Bőrrel való érintkezéskor sárgás elszíneződés²⁹ és erős irritáció léphet fel. Hosszú idejű expozíció esetén vérszegénység, elégtelen májfunkció, lépmeagnagyobbodás és egyéb immunrendszeri károk alakulnak ki.³⁰ [12] A trotil szervezetbe történő bekerülésekor a vizelet piros árnyalatúvá válik, amit annak metabolitjai okoznak, és nem a vér, mint azt korábban hitték.

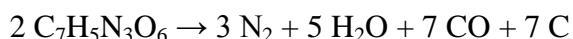
Más robbanóanyagoknál is említésre került a bűnös célú felhasználás lehetősége és ezzel kapcsolatosan az elkövetők azonosításának módszerei, lehetőségei. Mivel a trotiltal kapcsolatban ismertetésre került, hogy közvetlen érintkezés hatására elszínezi a bőrfelületet – szembe dörzsölve a szemgolyót –, az anyaggal való kapcsolat könnyen felismerhető, és ez a vizeletmin-tával igazolható. Afganisztánban az említett módon már volt sikeres azonosítás, és a nyomozati munka során megerősítést nyert, hogy az elkövető(k) egy föld alatti, robbanótestet tartalmazó raktárból jutottak robbanóanyag(ok)hoz, és azt műanyag kannákba töltve, más, repeszként felhasználható anyagokkal vegyítve próbálták házilagosan készített robbanószerkezet(ek)ként felhasználni.

A trotilt jó kezelhetősége és robbanásfizikai tulajdonságai miatt gyakran alkalmazzák robbanóanyag-keverékek meghatározó vagy mellékanyagaként. A magas hatóerejű robbanóanyagokkal kapcsolatos jellemző keverékeit az előzőekben ismertettem. Jellemző azonban többnyire ammónium-nitráttal történő különböző arányú keverékek kialakítása is, melyek tulajdonságaikat figyelembe véve szintén a közepes hatóerejű robbanóanyagok közé sorolhatóak.

²⁹ A bőr sárgás elszíneződését a trotilt szennyező anyagoknak (pl.: tetranitrometán, dinitrobenzol) tulajdonítják egyes irodalmi források. Érdekeség, hogy a második világháború alatt azok a hadianyagmunkások, akik érintkezésbe kerültek vele és besárgult tőle a bőrük, a „kanári” gúnynevet kapták.

³⁰ A trotil egészségügyi kockázatait bővebben lásd: Dr. Hernád Mária: *A robbanás és a robbanó-anyagok emberi szervezetre gyakorolt hatásai és megelőzésének lehetőségei*. Doktori (PhD) értekezés, 2013, p. 45–49.

A trotil oxigénegyenlege³¹ negatív (−74%), ami abból adódik, hogy az anyagban robbanásakor lejátszódó kémiai változás során a vegyület széntartalmának csak egy része oxidálódik, a maradék pedig elemi szénként szabadul fel.



A trotil ezen tulajdonságait használják ki, amikor pozitív oxigénegyenlegű adalék robbanóanyag (pl.: NH_4NO_3 – ammónium-nitrát) hozzákeverésével szinte tökéletes kémiai reakcióra képes, új közepes hatóerejű robbanóanyagot állítanak elő. A körülbelül 20% trotil és 80% ammónium-nitrát összetételű elegy (Amatol egyik változata) oxigénegyenlege már 0%, vagyis az elemi nitrogénen kívül a kémiai átalakulás során csak vízgőz és szén-dioxid keletkezik.

A trotilt és az ammónium-nitrátot számos anyaggal keverhetik, ezzel javítva vagy szükséges mértékben rontva a keletkező robbanóanyag tulajdonságait. Az említett robbantástechnikai tulajdonságokat javítja, ha a TNT, NH_4NO_3 keverékhez még alumíniumport is hozzáadnak, így egy 67/22/11 % összetételű keverési aránnyal jön létre az AMMONAL (detonációsebesség 6500 m/s). Ugyancsak kiváló robbanási tulajdonságokkal rendelkezik a TNT, bárium-nitrát 33/67 % arányú keveréke, amely a BARATOL-ok elnevezésű, közepes hatóerejű, keverék robbanóanyagok közé sorolható, és a detonációsebessége 5900 m/s. [13] Az említett detonációsebesség alumíniumpor hozzáadásával fokozható, és a BARONAL elnevezésű robbanóanyagok közé tartozik. Az említett vegyületeken kívül számos trotil keverék van forgalomban, vagy található meg valamilyen robbanótest alkotórészeként.

A SEMTEX³² egy főleg terrorista robbantások révén elhíresült, kiváló robbanási tulajdonságokkal rendelkező plasztikus robbanóanyag, amely nitropenta és hexogén alap robbanóanyagokból áll. A többi plasztikus robbanóanyaghoz, például a C4 családhoz hasonlóan, a SEMTEX-et a jó formázhatósága, a hő- és vízálló tulajdonságai miatt nemcsak az ipari, hanem a hadi felhasználásban is kedvelik. Alkotóanyagainak ismeretében jogosan vetődik fel a kérdés, hogy miért nem a magas hatóerejű robbanóanyagok közé sorolta be a szerző.

Az ipari felhasználású SEMTEX 1A és SEMTEX 10 robbanóanyagok 94%-ban tartalmazzak nitropentát, és csak 5%-ban hexogént, míg a katonai SEMTEX 1H esetén ez az arány közel 50-50%. [1] Mivel a szerző munkaköréből adódóan több alkalommal is használta, alkalmazta a katonai SEMTEX 1H elnevezésű robbanóanyagot, gyakorlati tapasztalatai alapján, az anyag plasztikus tulajdonságaitól eltekintve, egyenértékűnek tekinti a TNT-vel.

A nitropenta és hexogén alap robbanóanyagokból álló SEMTEX-et nagy mennyiségben exportálták, így például 1975–1981 között OMNIPOL néven³³ katonai célokra kb. 700 tonnát Líbiába is. [1] Mivel a robbanóanyag jól formázható és meglehetősen nehéz felderíteni,³⁴ így

³¹ Az oxigénegyenleget a robbanó vegyületben lévő éghető elemek és az oxigéntartalom közötti arány határozza meg. Ez 100 gramm robbanóanyagra vonatkozóan a meglévő és a teljes oxidációhoz szükséges oxigénmennyiség különbsége.

³² A cseh Stanislav Brebera fejlesztette ki 1966-ban, és Pardubice város Semtín külvárosáról nevezték el. A cég kezdetben Semtín Glassworks, majd VCHZ Synthesia, jelenleg pedig Explosia néven állít elő különböző katonai és ipari robbanóanyagokat. Legújabb, alumíniumporral érzékenyített katonai plasztikus robbanóanyaguk a Semtex® Pl-Hx-30, 30/50 % nitropenta/hexogén tartalommal.

³³ Az Ompol fegyverkereskedelmi vállalat hivatalos exportja.

³⁴ 1991 óta nemzetközi nyomás hatására olyan adalékanyagot (etilén-glikol-dinitrát) tartalmaz, így a robbanóanyag a nitroglicerinnel hasonló vegyi ujjlenyomattal rendelkezik, amely megkönnyíti a felderítését, például repülőtereken.

nagymértékben terjedt el a terrrorszervezetek körében is. „...a lényegesen erősebb biztonsági rendszerek révén, pl. az USA közismert C-4 katonai robbanóanyaga alig került ellenőrizhetetlen kézbe, ugyanakkor a megközelítően hasonló hatóerejű Semtex-H robbanóanyag igen sok illegális felhasználás során felbukkan. Sok ezer tonna Semtexet adtak el ugyanis a gyártók legálisnak tűnő kereskedelmi ügyletek révén, de később éppen a legális vevők adták át/el ezeket, akár terrorista „ügyfeleknek” is. Napjainkban is találnak terrorista raktárakban több száz, esetleg ezer kilós készleteket.”³⁵

Bűnös célú felhasználását mi sem bizonyítja jobban, mint a lockerbie-i katasztrófa 1988-ban, amely során líbiai terroristák egy Boeing-747 repülőgépet semmisítettek meg (vallomásuk szerint) kb. 312 gramm SEMTEX használatával.³⁶

Szakértői vélemények szerint a világon eddig eladott Semtex-állomány akár 40000 tonna is lehet.³⁷ Ezt a robbanóanyagot használta és használja napjainkban is több észak-írországi terrorista csoport, mint például az IRA (Líbia ingyen szállított az általa megvásárolt mennyiségből), illetve számos közel-keleti iszlám radikális terrorista sejt is. A terrorcselekményekkel szoros kapcsolatba hozott márkanév miatt a robbanóanyag exportja folyamatos csökkenést mutat. A fejlesztők emellett megpróbálták az anyag húszéves élettartamát lecsökkenteni, de ez jelentősen növelte volna előállítási költségét. A nyomon követhetőség és a bűnös célú felhasználhatóság megakadályozása érdekében a gyártást 2002 óta a cseh kormány felügyeli.

– *Alacsony hatóerejű robbanóanyagok*

Az ammónium-nitrát és dízelolaj keverékek **ANDO**³⁸ néven ismert robbanóanyagok, a kezelésbiztos robbanóanyagok egy külön csoportja, melyek ammónsalétrom alapúak ugyan, de gyutaccsal közvetlenül nem indíthatóak. Fizikai tulajdonságait tekintve fehér színű, csipős ízű, erősen nedvszívó, nagy kristályokból álló pentaform³⁹ anyag, amely 32 °C körüli hőmérsékleten átkristályosodik, ami kisebb térfogatnövekedéssel jár. Ezért az ammónium-nitrátot lehetőleg 30 °C alatti hőmérsékleten kell tárolni, mert magasabb hőmérsékleten megkeményedik és összetapad. Vízen – erős lehűlés közben – jól oldódik, hevítés hatására 170 °C körül kezdődő bomlással megolvad, 200 °C fölött bomlása ugrásszerűen felgyorsul, 260 °C fölött bomlása elpuffanásba mehet át.

Robbanóanyagok előállításánál kedvező tulajdonságai miatt régóta használják az ammónium-nitrátot, ami tisztán, egyéb anyagok hozzáadása nélkül nem alkalmazható, mert érzékenysége miatt nem tudják felrobbantani. Tárolása közben különösen fontos, hogy zsírokkal, olajokkal és gyors hőfejlődésű anyagokkal ne érintkezzen.

Irodalmi adatok szerint [5] az ammónium-nitrát és dízelolaj keverési aránya tömegegységekre vonatkoztatva többnyire 94/6 %, és a legnagyobb robbanóerő akkor érhető el, ha a detonáció pillanatában az olajtartalom a keverék 5,5–6 tömegszázalékát teszi ki. A keverék érzékenysége

³⁵ Forrás: Müller Othmar: A katonai robbanóanyagok sorsa (kitekintés). Internet: <http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle/kulon0317.html>. Letöltés: 2015. október 14.

³⁶ Számítások szerint, megfelelő elhelyezésben nagyjából 250 grammnyi SEMTEX elég egy nagyméretű repülőgép törzsének nagy magasságban történő elpusztításához.

³⁷ Bővebben lásd: <http://www.washingtonpost.com/wpsrv/inatl/longterm/panam103/stories/libya0390.htm>

³⁸ Európában: ANDO – Ammónium-Nitrát + „Diesel Oil”; USA: ANFO – Ammónium-Nitrát + „Fuel Oil”

³⁹ Hőmérséklettől függően ötféle kristálmódosulata ismert.

ge akkor a legnagyobb, ha az olajtartalom körülbelül 2%. Az anyag olajfelvételétől és a szemnagyságtól függően 2750–3000 m/s közötti detonációsebesség produkálására képes, mely tulajdonságát a gyártástól számított 3 hónapig képes megőrizni. Az ANDO erős oxidálószer, jó redukálószerrel (pl.: szénpor, alumínium, magnézium) alkotott keveréke jól ég. A keverékek érzékenysége fokozható, ha adalékanyagként alumíniumpúdert adagolnak hozzá.



1. kép Ammónium-nitrát kereskedelmi kialakítása⁴⁰



2. kép Ammónium-nitrát-szemcsék⁴¹

Az ammónium-nitrát 34,4% nitrogént tartalmaz. Vannak törekvések a robbanthatóság csökkentésére, de az így kapott műtrágya (pétisó) lényegesen drágább, mint a tiszta változat, és vízzel átmosva teljesen ki lehet tisztítani. A csökkentett nitrogéntartalmú műtrágyát is fel lehet robbantani, igaz robbantástechnikai tulajdonságai romlanak, de a bűnös célú felhasználás ellen ilyen formában eredménytelenek az intézkedések. Gazdaságossága, könnyű kezelhetősége és akár a robbantás helyszínén történő előállíthatósága miatt az egyik legkedveltebb ipari robbanóanyag.⁴² Előnyös tulajdonságait a robbantásos merényletek elkövetői is kihasználták Észak-Írországban éppúgy, mint az USA-ban (pl. Oklahoma City).

A **robbanóanyag** elsősorban ammóniumnitrát és más nitrátok vizes oldata, égő anyagokkal (alumíniumpor, glikol stb.) és érzékenyítő anyagokkal (TNT, nitropenta, hexogén) keverve. Általában képlékenyek, ebből adódóan töltényezhetők, de vannak szabadon folyó, nagy sűrűségű (gélszerű) és tartálykocsiból szivattyúzható állagú, valamint helyszínen bekeverhető robbanóanyagok is. Hatóerejük 3–6-szorosa az ANDO/ANFO-énak. [1] A robbanóanyagok összetétele bizonyos határok között változik: 50–65% ammóniumnitrát, esetleg nátriumnitrát, 15–35% trotil és 15–20% olaj, vízgél és egyéb komponensek (pentritol, hexogén, alumíniumpóder, zselatináló adalék). A robbanóanyagot érzékenysége miatt indítótöltettel kell felrobbantani, de megfelelő összetétel esetén erős gyutaccsal is kiváltható detonációja. Nagy előnye, hogy vizes környezetben is alkalmazható, de csak +4 °C-ig működik megbízhatóan, az alatt megdermed és bizonytalanul detonál.

Az **emulziós robbanóanyagok** nagyon kis átmérőjű ammóniumnitrátoldat-cseppekből ($\text{Ø}10^{-4}$ mm) állnak. Ezek a cseppek vékony olajréteggel kerülnek bevonásra a speciális gyártási technológia során. Az ammónium-nitrátból tehát nagyon sűrű telített oldatot készítenek, majd

⁴⁰ Forrás: <http://pyromaster.org/html/r/r32.html>. Letöltés: 2015. október 20.

⁴¹ Forrás: http://www.btps.ca/files/PDF/MSDS/Ammonium_Nitrate_53.pdf. Letöltés: 2015. október 20.

⁴² Elsősorban bányákban, külszíni fejtésekkor, jövesztésekkor használják őket, viszonylag alacsony detonációsebességük és nagy gázfejlesztésük miatt különösen alkalmasak a földrobbantásokhoz. A legnépszerűbb alacsony hatóerejű brizáns robbanóanyagokat lásd az 5. számú mellékletben.

emulgeálószerrel kezelve összekeverik szénhordozó adalékokkal. Ennek következtében a robbanóanyag vízálló, ugyanakkor a speciális emulgeálószer tulajdonságai következtében robbanási tulajdonságait akár -25 és $+30$ °C között sem veszíti el. Mivel az emulzió önmagában nem tartalmaz robbanóanyagnak minősülő összetevőt, így csak érzékenyítő adalék hozzáadása után válik tényleges robbanóanyaggá.⁴³ Ez az érzékenyítő adalék üvegből vagy műanyagból készült, néhány mikron átmérőjű üres gömböcske. Az üvegyöngy szerepe az emulzióban az, hogy az indítótöltet robbanásakor képződő lökőhullám által létrehozott nagy és gyorsan terjedő nyomás hatására a bennük lévő üregecskék energiakonzentrációt (ún. „forró pontot”) generálnak, amely elegendő a vele szomszédos robbanóanyagrészt detonációjához, és ilyen módon a láncreakció végigviteléhez. Ilyen adalékanyaggal kevert robbanóanyag- emulzió az ANDO–V. Az emulzióba kevert üvegyöngy mennyiségével egyben szabályozható a gyártott robbanóanyag iniciálhatósága, továbbá a külső hőmérséklethez való illesztése. Bizonyos termékekben az ammónium-nitrátot gázosítják fel úgy, hogy azok magukban hordozzák a gázzárványokat (pl.: EMULGIT). Az emulziós robbanóanyagok az elmúlt 15–20 évben hatalmas változásokon mentek keresztül, és még ma is a fejlődés stádiumában vannak. Az üvegyöngyön kívül létezik a robbanóanyag gázosított buborékokat tartalmazó változata is, melynél a gyártás során az anyaghoz kevert gázfejlesztő anyag segítségével hozzák létre a „forró pontokat” képező üregecskéket. [14][15]

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Lukács László: Bombafenyegetés – a robbanóanyagok története. Repüléstudományi Közlemények folyóirat, Repüléstudományi Konferencia, 2012/2. különszám, p. 409–430.
- [2] Dr. Bohus Géza – Horváth László – Papp József: Ipari robbantástechnika. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983, ISBN 963 10 4810 1.
- [3] Tóth József – Dr. Lukács László – Volszky Géza: Akna kisenciklopédia. Kiadta a Tudásmenedzsmentért, Tudás Alapú Technológiákért Alapítvány. ISBN 978-963-08-5522-8.
- [4] Benedek Dénes – Bohus Géza – Ernei László – Horváth László – Kirschner József – Tárkányi László: A robbantómester. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976, ISBN 963 10.
- [5] Benedek Dénes – Horváth László – Kánnár Tibor – Skublics Gábor – Szabó P. Áron: Robbantómesterek kézikönyve I. Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület, Budapest, 1987.
- [6] Garami – Jantos – Lovász – Maljucskova – Maróthy – Virágh: Hazai gyártású és felhasználású robbanóanyagok. Nehézipari Minisztérium Továbbképző Központ, Első kötet, Esztergom-kertváros, 1976, Törzsszám: 76.208 NIM TK.
- [7] P. W. Cooper – S. R. Kurowski: Introduction to the Technology of Explosives. VCH Publishers, New York, 1996.
- [8] Dr. Otto-Albrecht Neumüller: Römp Vegyészeti Kislexikon. Harmadik kötet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983, ISBN 963 10 4297 9.
- [9] E-mű. 1. Ideiglenes robbantási utasítás. Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1950.
- [10] N. A. Silling: Robbanóanyagok és lőszerszerelés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1955.

⁴³ Érzékenyítő anyag nélkül csak dízelolaj kategóriájú tűzveszélyes anyag.

- [11] Dr. Otto-Albrecht Neumüller: Römpp Vegyészeti Kislexikon. Negyedik kötet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984, ISBN 963 10 4749 0.
- [12] Dr. Hernád Mária: A robbanás és a robbanóanyagok emberi szervezetre gyakorolt hatásai és megelőzésének lehetőségei. Doktori (PhD) értekezés, 2013.
- [13] Dr. Molnár László: Implóziós robbantás. Kandidátusi értekezés, Budapest.
- [14] Tóth József: Az emulziós robbanóanyagok története és katonai alkalmazhatóságuk lehetőségei. Robbantástechnika 28. szám, 2007. december, p. 38–47.
- [15] Lukács László: A Magyar Honvédségnél alkalmazott robbantási eljárások és robbanóanyagok legfontosabb részterületeinek vizsgálata és a továbbfejlesztés javasolt irányai – kandidátusi értekezés. Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Budapest, 1995.
- [16] Lukács László: Aknahelyzet Horvátországban és Bosznia-Hercegovinában. Új Honvédségi Szemle, 1999/1.
- [17] MSZ-14-05029:1988 Ipari robbanóanyagok általános műszaki előírásai.
- [18] Dr. Lukács László: Katonai robbantástechnika és környezetvédelem. Jegyzet a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem műszaki hallgatói számára, Budapest, 1997.
- [19] Nagy Róbert – Román Zsolt: „Robbantásos építményvédelem”. 5. fejezet, 5.2.1.4. Robbanóanyagok. TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások.
- [20] MSZ EN 13631-4:2003 szabvány: A robbanóanyagok ütészérkenységének meghatározása.
- [21] Internet: <http://ordatamines.maic.jmu.edu/images/H3065F01.jpg>. Letöltés: 2015. október 20
- [22] Internet: <http://www.lexpev.nl/minesandcharges/americas/unitedstates/m15at.html>. Letöltés: 2015. október 20
- [23] Internet: <http://ozm.cz/en/explo5-software/> Letöltés: 2015. október 20
- [24] Dr. Kovács Zoltán: Robbanóanyagok a katonai gyakorlatban. Robbantástechnika 30. szám, 43–47. o.
- [25] Winnacker–Küchler Kémiai technológia. 1–2. kötet, Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1963, p. 710.
- [26] Müller Othmar: A katonai robbanóanyagok sorsa (kitekintés). <http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle/kulon0317.html>. Letöltés: 2015. október 14.
- [27] Internet: <http://www.washingtonpost.com/wpsrv/inatl/longterm/panam103/stories/libya0390.htm> Letöltés: 2015. október 20.
- [28] Internet <http://pyromaster.org/html/r/r32.html>. Letöltés: 2015. október 20.
- [29] Internet http://www.btps.ca/files/PDF/MSDS/Ammonium_Nitrate_53.pdf. Letöltés: 2015. október 20.