

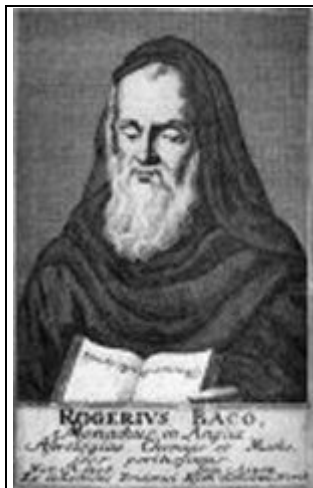
TECHNIKATÖRTÉNET

A robbanóanyagok világa

LAPAT ATTILA

Első rész

Az emberiség évszázadok óta használja a robbanóanyagokat katonai és békés célokra egyaránt. Nélkülük ma már elképzelhetetlen a haditechnika, a bányászat, az építőipar, a fémmegmunkálás, a filmszakma stb. Sajnálatos módon az utóbbi évtizedekben rendkívüli módon elszaporodtak a világ szinte minden részén a robbanóanyaggal elkövetett bűncselekmények, robbantásos merényletek, a terrorizmus, a szervezett bűnözés térhódításának köszönhetően. Ismerkedjünk meg egy kicsit közelebbről ezekkel a roppant veszélyes anyagokkal a kémia tudományának segítségével, cikkünk első részében a robbanóanyagok történelmével, fejlődésével.



Robbanóanyagoknak azokat a szilárd vagy folyékony halmazállapotú anyagokat, vagy anyagok keverékeit nevezzük, amelyek kémiai reakció révén képesek arra, hogy olyan hőmérsékletű, nyomású és áramlási sebességű gázt fejlesszenek, amely károsodást, rombolást idéznek elő a környezetben. A robbanóanyagokat többféle szempont szerint szokás osztályozni. Kialakulásukat és fejlődésüket végigkísérve a felhasználás szerinti felosztást célszerű követni. E szerint léteznek ipari robbanóanyagok, katonai robbanóanyagok, lövedék hajtóanyagok. A fekete lőport, vagy puskaport célszerű külön kezelni, hisz a XIX. század közepéig - a nitrát- észter típusú robbanóanyagok felfedezéséig - egyedüli képviselőként a fent említett mindhárom területen alkalmazták.

A fekete lőpor

A robbanóanyagok a szó általános értelmében a természetben nem fordulnak elő. Bár a természetben bekövetkezett robbanások nem ismeretlenek, ezek azonban fizikai jelenségek, gyakran a víz valamilyen módon történő hirtelen elpárolgásával magyarázhatók.

Az ember által legkorábban készített robbanóanyag a fekete lőpor, amelyet puskapor néven is emlegetünk, hisz főként fegyverekben alkalmazták lövedékek kilövésére. A fekete lőpor a salétrom (kálium-nitrát), a faszén és a kén adott összetételű keveréke. A kén a világ minden táján előfordul a természetben, főként a vulkanikus területeken, a faszén könnyen nyerhető a fa elégetésével. A salétrom bizonyos klimatikus viszonyok között állati vagy növényi eredetű anyagok elbomlása révén keletkezik. Időszámításunk szerint 700 körül fedezték fel Kínában, hogy ha a csupán jól égő faszén és kén keverékéhez salétromot adnak, akkor robbanóképes anyagot nyernek. Dokumentumok utalnak arra, hogy 1000 körül a kínaiak alkalmazták háborúban olyan fegyvereket, amelyek működtetésére fekete lőport használtak.

A felfedezés elég lassan terjedt el a világban, de végül is egy angol tudós, Roger Bacon (kb. 1214-1292) került kapcsolatba a fekete lőporral Európában először. Bacon tanulmányait kb. 1240-ben fejezte be, és kb. 1257-ben ferences rendi szerzetes lett, de életét a nyelveknek, a matematikának, az optikának és a legkülönbözőbb tudományos kísérleteknek szentelte. Munkássága során foglalkozott a salétrom tisztításával, és több különböző összetételű fekete lőport készített. Tapasztalatait tudományos értekezésben összegezte, részben titkosírással elkészítve, melyet a pápának ajánlott. Bacon kísérletei életrajzában nem foglalnak el jelentős helyet, amelyről az utókor csak saját leírásai alapján értesült, minden egyéb hivatkozás hiányában. Úgy tűnik, hogy szándékosan kerülte a fekete lőporral kapcsolatos ismereteinek terjesztését, aminek okát csak találgatni lehet.



Bacon tudós kortársai azonban, mint pl. Albertus Magnus(kb. 1200-1280), akik szintén ismerték a fekete lőport, kevésbé voltak titoktartóak. Ebből adódóan a XIII. század vége előtt már alkalmazták a puskaport, mint robbanóanyagot, a várak, erődítmények elfoglalására irányuló harcokban. Az 1320-as években már fegyverekben is használták, ami a világ jövőjét illetően rendkívül nagy jelentőséggel bírt. Az elkövetkező néhány század során tökéletesedett a fekete lőpor összetétele, gyártástechnológiája.

Az első ipari célú felhasználásról az észak-európai Niemen-folyó medrének mélyítése kapcsán tesznek említést a feljegyzések az 1548 és 1572 közötti időszakban.

Bányában robbantásra először Weindl Gáspár alkalmazta Magyarországon (Selmecbánya) 1627-ben, amit 1689-ben id.Thomas Esply révén Angliában is bevezettek ón- és rézbányákban.

Fekete lőpor robbanóanyag felhasználásával történt bűncselekményeket is feljegyzett a történelem. Elég ha csak a Lord Darnleyhalálával végződő Kirk O. Fieldnél 1567-ben elkövetett robbantásra, vagy Guy Fawkes Jakab király elleni 1605-ben tervezett, de meghiúsult merényletkísérletére gondolunk.

Ipari robbanóanyagok

A fekete lőpor robbanóanyagként való alkalmazásának végső korlátai a XIX. század közepén nyilvánvalóvá váltak mind Európában, mind Észak-Amerikában. Ez különösen szembetűnő volt olyan nagy vállalkozások beindítása során, mint pl. az Alpokat átszelő vasútvonalak alagútjainak a megépítése. Szerencsére 1846-ban, Ascanio Sobreroolasz tudós új, folyékony robbanóanyagot fedezett fel, illetve állított elő, a nitroglicerint (NG). Sobrero felismerte, hogy a NG sokkal hatásosabb robbanóanyag, mint a fekete lőpor, de igazából a gyakorlati hasznosítás már kevésbé érdekelte.

Néhány évvel később egy svéd felfedező, Immanuel Nobel figyelmét Sobrero felfedezésére fordította és 1863-ban fiával, Alfred Bernhard Nobellel (1833-96) kis üzemet hozott létre a NG gyártására a Stockholm melletti Heleneborgban. A Nobel család azon törekvései, hogy a NG-t értékesítsék a piacon, meghiúsulni látszottak a NG számos hátrányos tulajdonsága miatt: kiszámíthatatlan reagálás a lánggal történő iniciálásra, ami a fekete lőpor esetében jól működött; a robbanóanyag folyadék állapotú kezelésének, szállításának nehézsége és veszélyessége. Ez utóbbi számos balesetet is előidézett, melyek közül egy 1864-ben bekövetkezett robbanás az egész gyárat romba döntötte. Alfred Nobel, aki igen szorgalmas tudós ember volt, megoldotta ezeket a problémákat a higany-fulminátot tartalmazó gyutacs megalkotásával (1864), valamint a kovaföld, mint elnyeletőszer alkalmazásával (1867).

A két felfedezés, a gyutacs, valamint a guhr dinamit (kovaföldben elnyeletett NG) együttes alkalmazása forradalmasította a robbanóanyag-ipart, messze túlszárnyalva a fekete lőpor adta lehetőségeket, Alfred Nobel pedig ezzel megalapozta a jövőjét.

Itt azonban nem állt meg a fejlődés: 1869-ben Nobel a NG-t különböző nitrát vegyületekkel, jól éghető anyagokkal keverte, kialakítva ezzel a robbanóanyagok egy új csoportját, melyet az idő tájt „straight” (egyszerű, tiszta) dinamitoknak neveztek. 1875-ben további jelentős fejlesztést hajtott végre, nevezetesen a NG-t nitrocellulózban nyelette el, amely gélszerű anyagot eredményezett, és robbanó zselatinként ismerte meg a világ. Később 1888-ban ebből fejlődött ki az első kétbázisú lőpor a ballisztit (ballistite).



A nitrocellulózt (NC) először kb. ugyanabban az időben állították elő, mint a NG-t. Tekintve, hogy az NC sokkal bonyolultabb kémiai szerkezetű anyag, kifejlesztése hosszabb időn keresztül, több lépcsőben, különböző kutatók munkássága révén valósult meg. Nevezetesen T.J. Pelouse 1838-ban és C. F. Schönbein 1845-ben gyártott először nitrocellulózt. Schönbein a NC-t közetek robbantására alkalmazta, ugyanakkor kísérleteket végzett fegyverekben való alkalmazásra is, bebizonyítva, hogy mint hajtóanyag potenciálisan jobb mint a fekete lőpor, mivel az égés gyakorlatilag látható füst keletkezése nélkül megy végbe. A NC nagyipari gyártását 1846-ban az angliai Favershamben kezdték meg, de a következő évben a gyárat egy robbanás romba döntötte. Akkoriban Franciaországban is történt két hasonló katasztrófa. Ausztriában állandó kísérletek folytak a NC minél biztonságosabb formában való előállítására, és 1863-ban Angliában (Stowmarket) is folytatódott a termelés. 1865-ben

azután mindkét országban bekövetkezett újabb robbanásos baleset egy rövid időre megint lehetetlenné tette a gyártást. Ebben az időszakban Sir Frederick Abel (1827-1902) az angol kormány megbízásából dolgozott a NC instabilitási problémáinak megoldásán. 1865-ben közzétette az általa javasolt megoldást, amely a termék pépesítését, forralását és végül még alaposabb mosását javasolta. Ezt az áttörést követte 1868-ban Abel asszisztensének E. A. Brownnak azon felfedezése, miszerint a száraz, összepréselt lögyapot (magas nitrátsági fokú NC) higany-fulminát iniciátorral detonációra készíthető. Ez megnyitotta az utat a NC hatékony robbanóanyagként való alkalmazásának irányába, mind az ipari, mind a katonai területeken.

A XIX. század végén és a XX. század első felében a NG bázisú robbanóanyagok uralták a piacot, dacára annak, hogy számos kísérlet történt klorát, perklorát, folyékony oxigén alapú termékek előállítására és elterjesztésére.

Kétségtelen tény, hogy az ipari robbanóanyagok fejlődésében meghatározók voltak a bányászati, elsősorban a szénbányászati alkalmazás során szerzett tapasztalatok. A 1880-1914 közti időszakban, különösen Franciaországban és Angliában határozott kísérletek történtek arra, hogy a szénbányákban alkalmazott nem megfelelően biztonságos robbanóanyagokat másokkal helyettesítsenek. A világ szénbányáiban rendkívül nagy problémát jelentettek a metán és a szénpor okozta igen gyakori, föld alatti robbanások, melynek nagyon sok bányász esett áldozatul. A Humphry Davy által 1815-ben megalkotott biztonsági lámpa alkalmazásával észlelni lehetett a metán jelenlétét egy adott helyen, ami óvintézkedések foganatosítására adott lehetőséget. Ennek következtében lényegesen csökkentek a metán okozta robbanási balesetek.



A különböző robbanóanyagok (fekete lőpor, dinamitféleségek) nagy mennyiségben való bányászati felhasználása során ugrásszerűen megnőtt a világ széntermelése. Ezzel együtt azonban újra növekedni kezdett a gáz- és porrobbanásos balesetek száma, újabb rengeteg áldozatot követelve a bányákban dolgozók közül. Atudósok, a szakemberek az egyes eseteket vizsgálva, fokozatosan értelmezték azt a fizikai mechanizmust, amely révén robbanóanyagok képesek a metán-levegő elegy robbanását előidézni. Ezt ún. tesztaknában elvégzett kísérletekkel is igazolták. A fent említett hatást kiváltó robbanóanyagok használatát bányákban törvénnyel tiltották be egyes országokban. Ebbe a körbe tartozott a fekete lőpor és számos dinamitféleség is.

Ezeket az anyagokat más, engedélyezett (sújtólégbiztos), elsősorban ammónium- nitrát alapú robbanóanyagokkal helyettesítették, valamint a használatra vonatkozóan egyéb korlátozásokat is foganatosítottak a hatóságok, főként az egy tölteten belül alkalmazható mennyiségek tekintetében. Angliában például, amikor 1913-ra a széntermelés 287 millió tonnás csúcspontot ért el, 5000 tonna robbanóanyagot használtak fel évente, aminek 92%-át ammónium-nitrát alapú termék tette ki 1917-re.

Az első világháború után a robbanóanyagok bányászati célú felhasználása visszaesett a széntermelés csökkenésével, valamint a gépi fejítés elterjedésével, amellyel 1938-ra az össztermelés 58%-át produkálták, szemben az 1913-as 8%-kal.

A második világháború után az ipari robbanóanyagok fejlődése még radikálisabb változásokat hozott, mint az a katonai robbanóanyagok terén volt tapasztalható. A rendkívül kényes és veszélyes nitroglicerinn-gyártás, amelyen a robbanóanyag- ipar legnagyobb része alapult Nobel munkássága óta, forradalmi változáson ment keresztül 1929-ben, amikor Schmidt ipari méretekben alkalmazta a glicerinn folyamatos nitrálási technológiáját. Ezt az 1950-es években tovább fejlesztették, kombinálva a végtermék folyamatos centrifugálásos elkülönítésével a reakcióelegyből.



A nitroglicerinn alapú robbanóanyaggyártás azonban továbbra is eléggé költséges volt, ezért az ötvenes évek elején egyre nagyobb figyelmet fordítottak az olcsóbb lehetőségekre. A megoldást most is az ammónium-nitrát (mint látni fogjuk a katonai robbanóanyagok esetében) jelentette, mégpedig dízelolajjal való megfelelő arányú keverék formájában, melyre az angolszász irodalom az ANFO (Ammonium- Nitrate Fuel Oil) rövidítést vezette be. A világon egyre inkább elterjedt, az iparban gyakran alkalmazott robbanóanyag típus a magyar szakirodalomban ANDO (Ammónium-Nitrát Diesel Olaj) néven szerepel. Néhány évvel az ANDO kifejlesztése után megjelentek az ún. vizes alapú robbanóanyagok, gélek. Ezeknek az alapja szintén ammónium-nitrát, amelyet egy poliszacharid típusú anyaggal besűrítenek (zagy), vagy pedig a poliszacharidot

térhálósítják (gél).

Annak érdekében, hogy ezek a keverékek minél érzékenyebbek legyenek az indításra, különböző adalékokat tartalmaznak (pl. trinitro-toluol, alumínium por, metilamin-nitrát stb.). A vizes alapú robbanóanyagok ötlete a XX. század kezdetére tehető, de a gyakorlati megvalósítás - amely Melvin A. Cooknéhez fűződik - 1957-ben történt meg. A vizes alapú robbanóanyagok megjelenésével szinte egy időben állítottak elő emulziós robbanóanyagot, bár ennek elterjedése a kereskedelemben kicsit későbbre tehető (1980- as évek eleje). Ezek ún. „víz az olajban” emulziók, ahol ammónium-nitrát vizes oldatát diszpergálják szét az olajos fázisban, vízállóvá téve ez által a robbanóanyag- kompozíciót.

Az ANDO, a robbanóanyagok, gélek, az emulziós robbanóanyagok használatának megnövekedése a bányászatban visszavetette a NG alapú robbanóanyag gyártást, amelynek jelentősége inkább az épületbontásokra, fémek darabolására, tereprendezésre és egyéb olyan területekre korlátozódott, ahol inkább a mérnöki precizitás, mint a gazdasági kérdések a meghatározók.

Az utóbbi évtizedekben a robbanóanyagok- ipari felhasználása tovább lépett a régebbi idők durvább rombolási módszerein. A társadalomban, az iparban bekövetkezett gyors, drasztikus változások az ipari robbantástechnikától nagy pusztító erőt képviselő technológiai megoldásokat igényel, ugyanakkor figyelemmel kell lenni a környezet értékeire (lakótömbök, gyárak, erőművek stb.), melyekben bekövetkezett robbanás okozta károk akár végzetesek is lehetnek. Ez kényszerítette ki új, igényes robbantási technikák fejlesztését.

Lövedék hajtóanyagok - füst nélküli lőporok



A NC-zal kezdetben sok probléma volt kezelhetőség tekintetében, fegyverek lövedékeinek hajtóanyagában való alkalmazása sok éven keresztül nem is volt sikeres. 1864-ben Schultze nyers fa cellulóztartalmának közvetlen nitrálásával fejlesztett ki hajtóanyagot, amely huzagolt csövű fegyverekhez nem, de sörétes fegyverekhez alkalmasnak bizonyult.

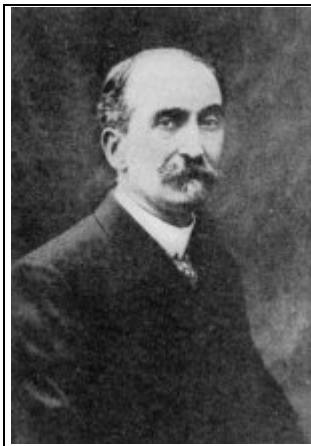
1870-ben egy osztrák gyártó szabadalmaztatta ennek az anyagnak éterrel és etanollal való részleges zselatinizálását. Akövetkező két évtizedben a „füst nélküli” sörétes lőfegyverhez használatos lőporok gyártása folyamatosan tökéletesedett, de csak 1884-ben állított elő Paul Vieilleelőször huzagolt lőfegyverekben is biztonságosan alkalmazható NC

alapú terméket, ami Poudre B néven vált ismertté. Egyébként minden olyan lőport, amelyben csak NC volt, mint hatóanyag, egybázisú lőpornak neveztek el, megkülönböztetve a Nobel által előállított ballisztittól, amely az első, két bázisú lőpor volt (NC és NG alapú).

1888-ban, egy évvel a már említett ballisztit megjelenése után hasonló összetételű anyagot szabadalmaztatott Angliában Abel és Dewar, amit cordite-nak neveztek el. Angliában túlnyomórészt ezt a fajta lőport használták lövedékekben 1930-ig, mikor is kifejlesztették a nitroguanidint is tartalmazó hárombázisú lőport.

Katonai robbanóanyagok

Az első világháború idején a robbanóanyagokat főként a lőfegyverek lövedékeiben használták fel. A nagy hatóerejű robbanóanyagokat tartalmazó lövedékekben Turpin 1885-ben szabadalmaztatott anyagát, a pikrinsavat használták fel, amelyet Angliában lyddite, Franciaországban melinite, Németországban Sprengkorper néven forgalmaztak. 1902 körül mind Németországban, mind Angliában folytattak robbantási kísérleteket a trinitro-toluollal (TNT), amelyet először Wilbrand állított elő 1863-ban. A háború kitörésekor az angolok gyorsan követték a németeket a TNT alkalmazására való átállásban, de hamarosan kiderült, hogy az igényeket a termelés nem tudja követni. Ezért a lövedékek robbanóanyagaként az amatolnak elnevezett, TNT és ammónium-nitrát keveréket vezették be, csökkentve ezzel a TNT felhasználást. 1914-ben megkezdődött a tetril nevű robbanóanyag gyártása, és mint egyes katonai robbanószerkezetek töltete, egyre nagyobb jelentőségre tett szert.



Az első világháború után számos országban folytatódta a kutatások új típusú, hatékony robbanóanyagok kifejlesztésére. Angliában elsősorban a hexogén (Royal Demolition Explosive, RDX) és a nitropenta (pentaeritrit-tetranitrát, PETN) nevű anyagok kerültek az érdeklődés középpontjába. A hexogént először a német Henning állította elő 1899-ben, de egészen 1920-ig mint robbanóanyag nem bírt túlzott jelentőséggel, mikor is Herz szabadalmaztatta. Nagy erőfeszítések történtek annak érdekében, hogy a gyártás nehézségein, a magas költségeken, az érzéketlenség problémájának megoldásán túljutva sokkal tökéletesebb robbanóanyagokat sikerüljön kifejleszteni, mint amiket az első világháborúban alkalmaztak.

A német haditechnika főként a nitropenta alkalmazására folytatott kísérleteket. A második világháború ideje alatt az angol lövedékek és bombák fő töltete a TNT és az amatol volt, de a Királyi Lőszergyárban

1939 óta gyártott RDX-t is hozzákeverték ezekhez, amennyiben az ellátás lehetővé tette.

Felismerték az egyes fémek - elsősorban az alumínium - robbanási hatást növelő szerepét, amelynek következményeként létrejött a torpex (TNT + RDX + Alumínium) nevű robbanóanyag-keverék. A háború alatt fejlesztették ki az oktogént (Her Majesty's Explosive, HMX), amely kémiai szerkezetében hasonló az RDX-hez, de robbanási tulajdonságaiban lényegesen felülmúlja azt.

1945 óta katonai körökben ismertté vált az a tény, hogy az RDX-nél és a HMX-nél hatékonyabb robbanóanyagot elfogadható áron ez idáig nem állítottak elő. Angliában például igen szigorúan standardizálták a lövedékek tölteteinek anyagát, RDX + TNT 60/40 százalékos arányban meghatározva a keverék összetételét. A további kutatások főként a speciális igényeknek eleget tevő robbanóanyag-keverékek kifejlesztésére, valamint a keverésükkel kapcsolatos biztonsági problémák megoldására irányultak. Az RDX és a HMX alkalmazása kiterjedt mind a nehézfegyverek lövedékeinek, mind a rakéták nagy hatékonyságú hajtóanyagainak területére. Az RDX, HMX vagy a PETN olajos, esetleg egy polimer mátrixban való összedolgozása plasztikus, formálható anyagot eredményez, amely típusú robbanóanyagokat épületek bontási munkálatai során is hatékonyan alkalmaztak. Az említett robbanóanyagok és más tulajdonságú műanyagok egyesítése révén szilárd, merev, hőálló kompozíciók jönnek létre rakéták robbanófejeiben, nukleáris fegyverekben való felhasználásra.



Nem esett szó eddig az ún. iniciátorok, vagy primer robbanóanyagokkal kapcsolatos kutatásokról, figyelemmel a szegényesebb irodalmi hivatkozásokra, valamint arra, hogy ezek az anyagok nem oszthatók be az eddigiekben követett struktúrába (ipari, katonai, robbanóanyagok, lövedék hajtóanyagok).

Funkciójuk szerint az ipari és katonai robbanóanyagok detonációjának előidézésére használatosak. A robbantószerkezetek kategóriájába tartozó detonátorok, gyutacsok primer tölteteiként alkalmazzák kis mennyiségekben (kb. 0,1-10 g). Legfontosabb képviselői a higany-fulminát, az ólom-azid, az ólom-trinitro-rezorcinát (tricinát). Külső hatásokra (mechanikai, hő) rendkívül érzékenyek, éppen ezért a

fejlesztésükkel kapcsolatos kísérleteknél fontos szempontként szerepelt a biztonságos tárolás, kezelhetőség, persze funkciójuk hatékonysága megőrzése mellett.

E vegyületekről, valamint az ún. pirotechnikai keverékekről - jelen írás tervezett folytatásaként - a későbbiekben még szót ejtek egyéb vonatkozásban is.

4. Először gyártott és használt nitroglicerint ipari célokra, 1863; megalkotta a dinamitot és a fulminát tartalmú gyutacsot, 1867; a „straight” dinamitot, 1869; a robbanó zselatint és a zselatin dinamitot, 1875; a ballisztitot, 1888. Vagyonának nagy részéből díjat alapított (Nobel Díj) a kémiában, a fizikában, az orvostudományban, az irodalomban, a békefolyamatok előmozdításában legnagyobbat alkotó tudósok, írók, közéleti személyek számára.

5. (Courtesy E. Berl.) Számos fontos eredményt ért el a szerves és szervetlen kémia területén, fejlesztéseket hajtott végre a sikkveg gyártás technológiai folyamatában. 1838- ban nitrálta a papírt, így valószínűleg először állított elő nitrocellulózt.

6. (Courtesy E. Berl.) Először használta a nitrocellulózt lőporként, 1846- ban. Felfedezte az ózont, kísérleteket folytatott hidrogén-peroxiddal, hidrogén-szulfidokkal, katalizátorokkal. A kémia professzora volt Baselen 1829-től, haláláig. Több mint 300 kémia tárgyú cikket publikált.

7. A „Poudre B”, az első biztonságos füstnélküli lőpor előállítója, 1884.

IRODALOM

Davis, Tenney L.: The Chemistry of Powder and Explosives, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1943.
Bailey, A., Murray, S. G.: Explosives, Propellants and Pyrotechnics Land Warfare: Brassey's New Battlefield Weapons Systems and Technology Series, Vol. 2., Brassey's, UK, 1989.
Yinon, J; Zitrin, S.: Modern Methods and Applications in Analysis of Explosives, John Wiley and Sons, Ltd., Baffins Lane, Chichester West Sussex PO19 1UD, England, 1993.
Hopler, Robert B.: The History, Development and Characteristic of Explosives and Propellants, Forensic Investigation of Explosion (1-12) Edited by Beveridge, A., Taylor and Francis, Ltd., London, 1998.
Bohus, G., Horváth, L., Papp, J.: Ipari robbantástechnika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.