

# A KUMULATÍV TÖLTETEK ÉS GYAKORLATI ALKALMAZÁSUK

*Dr. Lukács László<sup>1</sup>*

A robbanóanyagokat hosszú időn keresztül csak a pusztításra alkalmazta az emberiség. 1627. február 8-ig kellett várni arra, hogy békés célokra is használjuk a robbanás energiáját, mikor a Selmecebányához tartozó Szélakna, Felső-Biber tárójában, Montecuccoli Jeromos<sup>2</sup> bányarészes kezdeményezésére, Weindl Gáspár tiroli bányamester az első ipari (ezen belül bányászati) robbantást végrehajtotta.

A robbanási energia koncentrációjának kutatását szintén a katonai igények, a szárazföldi és a vízi páncélozott eszközök mind hatékonyabb pusztítására való törekvés sarkallta. És ahogy a selmecebányai robbantásnál, ebben az esetben is kézenfekvő volt ezen új képesség, más irányú felhasználása is.

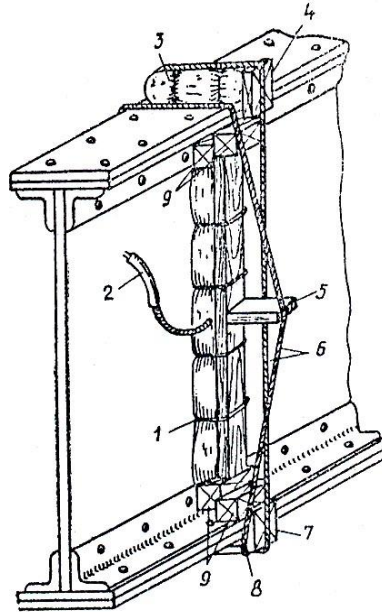
A fémből készült szerkezetek vágása, darabolása, bontása mindig komoly feladatot jelentett úgy a katonák, mint a polgári bontó szakemberek részére. Könnyen belátható, hogy harchelyzetben, a „gyorsan és hatékonyan” követelményének nehéz eleget tenni, ha pl. egy acélhid tönkretétele a cél, megakadályozandó a támadó ellenség gyors előre haladását. De nem jobb a helyzet akkor sem, ha egy feleslegessé vált acéltorony, vázas épület, vagy portáldaru elbontása a feladat: több tíz méterrel a talaj felett, senki sem vállalkozik szívesen, egy egymással kölcsönhatásban dolgozó szerkezet darabolására, még lángvágóval sem.

---

<sup>1</sup> egyetemi tanár, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Bolyai János Hadmérnöki Kar, Katonai Műszaki Tanszék

<sup>2</sup> A nagy Raimondo Montecuccoli hadvezér rokona, aki a várfalak alá ásott és lőporral töltött aknák hatásából kapta az ötletet

A katonai robbantástechnikában, a fémszerkezeti elemek robbantására alkalmazott idomtöltetek elkészítése, a rendszeresített préstestek alkalmazásával bonyolult (lásd az 1. számú ábrát), a töltetmennyiség pedig nagy, ezáltal a robbanás környezeti hatása (repsz, léglökés) is kiemelkedően nagy. A robbanási energia irányíthatósága kínál megoldást erre a problémára: a lineáris (kumulatív) vágótöltetek révén.



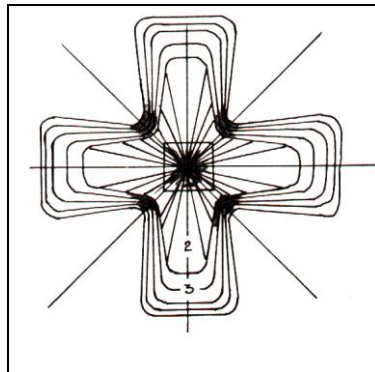
**1. számú ábra: Szegecselt „Kettős T”-tartó robbantása<sup>3</sup>**

1 - nyújtott töltet a tartó gerinc lemezén; 2 – szerelt gyutacs; 3 - töltet a fejlemezén; 4 és 7 – összekötő szelencék; 5 - kidúcolás; 6 - fölerősítés; 8 - töltet a talplemezén; 9 - nagy szelencék a szögvasak átütésére

A kísérletek során a szakemberek már a XIX. században rájöttek arra, hogy a robbanóanyagokból képzett külső (rátett) töltetek robbanáskor, a robbanási energia jelentős része elvész a környező közegben. Pontosabban: a keletkező lökőhullám nem csak a felrobbantandó objektumra fejt ki hatást, hanem – a töltet formájától függő mértékben – a teljes környezetben. A lökőhullám intenzitása csökken a robbanás epicentrumától való távolodása során, mégpedig a töltet alakjától függően különböző irányokban, különböző

<sup>3</sup> E-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950., p. 158. (80. sz. ábra)

mértékben. A 2. számú ábrán látható, hogy egy kocka alakú összpontosított töltet robbanásakor, a robbanási gáztermékek terjedése a legintenzívebben, és a távolodás arányában a legkisebb csökkenéssel, az oldalakra merőlegesen történik. Ugyanakkor a sarkok felé közeledve az intenzitás jelentősen csökken. Ennek következtében kialakul a kocka formájú összpontosított töltetekre jellemző, kereszt formájú robbanási gáztermék és lökőhullám terjedési alakzat.



**2. számú ábra: A robbanási gáztermékek kiterjedése és a lökőhullám kialakulása az összpontosított töltet közvetlen környezetében<sup>4</sup>**

1 – a töltet; 2 – robbanási gáztermékek; 3 – lökőhullám

Már a fenti példában is tapasztaljuk a robbanási energia irányíthatóságát, amit az a jelenség váltott ki, hogy a robbanási gáztermékek a kezdeti stádiumban a töltet felületére merőlegesen mozdulnak el.

### **1. A kumulatív hatás – a Munroe-effektus**

A robbanás irányított hatásáról először **Franz Xavier von Baader**<sup>5</sup> 1792-es tanulmányában<sup>6</sup> olvashatunk, aki fúrólukokban alkalmazott üreges kiképzésű töltetet. Egészen pontosan: Baader a fúrólukok töltésének optimalizálásával foglalkozott, és kísérletei során azt tapasztalta, hogy a töltet és a fojtás között egy kis légrés kihagyásával, jobb lesz a közet aprítása. A későbbi

<sup>4</sup> Szalamahin, T. M.: Osznovi modelirovanija i bojevaja effektivnoszt zarjadov razrusenija – I. rész., Kujbisev Katonai Műszaki Akadémia, Moszkva, 1984. p. 70.

<sup>5</sup> Német teológus és filozófus, aki emellett bányamérnökként is dolgozott

<sup>6</sup> F. Baader: Investigation of a theory of blasting (Versus einer Theorie Der Sprengarbeit) .Berjmannishciecs Journal Von Kohler und Hoffman, v.1. Mar. 1972. 193-212. (Donald R. Kennedy: History of the shaped charge effect – The First 100 Years, p. 65. alapján)

kutatók cáfolták, hogy ténylegesen a robbanás irányított hatását fedezte volna fel Baader, tekintve, hogy feketelőporral robbantott, mely nem detonál, így a szükséges nagyságú lökéshullám sem jön létre. Csak emlékeztetünk arra, hogy az első valóban nagyhatóerejű brizáns robbanóanyagot 1845-ben találta fel Friedrich Schönbein (nitrocellulóz), Sobrero 1846-ban fedezte fel a nitroglicerint, detonáció elmélettel Bertholet és Vielle 1881-1882-ben kezdett el foglalkozni.

Ennél mélyrehatóbban kutatta a robbanás irányított hatását **Max von Foerster**<sup>7</sup>, aki **1883-as** tanulmányában mutatta be nitrocellulóz töltetbe préselt formák hatását, öntöttvas lemezen<sup>8</sup>.

Düsseldorfban **Gustav Bloem 1886-ban** készítette el azt az új gyutacshüvelyt, melynek talpán félgömb alakú bemélyedést alakítottak ki, ezzel növelve az iniciálás hatékonyságát<sup>9</sup>.

Az amerikai kémikus, **Charles Edward Munroe**, 1874 és 1886 között Annapolisban tanított, az USA Haditengerészeti Akadémiáján. Innen hívták meg, mint a robbantások terén is elismert szakértőt Newport-ba (Rhode Island), az USA Haditengerészeti Torpedó Intézetébe, ahol **1888-ig** dolgozott, többek között torpedók harci töltetének fejlesztésén. Egy alkalommal egy, a Haditengerészetnél rendszeresített lőgyapot (nitrocellulóz) töltetet robbantott fémllemezen, és azt tapasztalta, hogy a préstestbe belenyomott azonosító betűk és számok lenyomata megjelent a lemezen (3. számú ábra). A további kísérletek megerősítették a tapasztalatot: a robbanóanyag helyi hatása megnövekedett az üregek irányában. A szakirodalom egy részében ennek alapján nevezik a

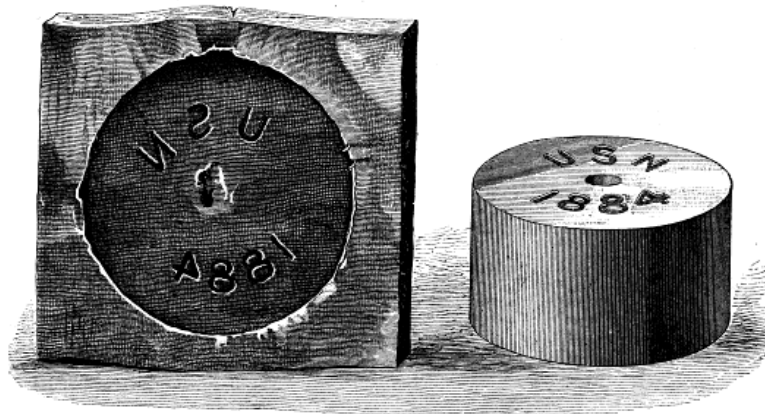
---

<sup>7</sup> Emiatt német nyelvterületen, a kumulatív hatást sok helyen a mai napig Foerster-effektusnak nevezik

<sup>8</sup> Morrison JJ, Mahoney PF, Hodgetts T.: Shaped charges and explosively formed penetrators: background for clinicians (JR Army Med Corps 153(3), pp. 184-187)

<sup>9</sup> Amerikában, ugyanebben az évben kért Bloem szabadalmi védelmet eljárására „Shell for detonating caps” néven (Donald R. Kennedy: History of the shaped charge effect – The First 100 Years, p. 67. alapján)

kumulatív hatást **Munroe-effektusnak** (egyes helyeken, Monroe néven szerepel).<sup>10</sup>

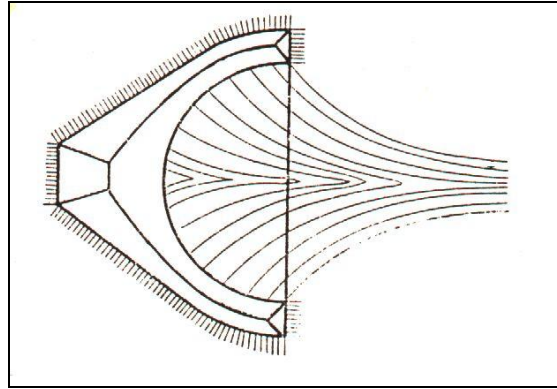


3. számú ábra: Munroe kísérlete<sup>11</sup>

A Munroe-effektus lényege tehát az, hogy ha a robbanóanyagba üreget, mélyedést készítenek, akkor a töltet robbanása során ezen a helyen a robbanási gáztermékek összetartó áramlása következik be a fentebb bemutatott törvényszerűség alapján, amennyiben a robbanási gáztermékek a töltet oldalfalára merőlegesen mozdulnak el. Ebben az összetartó áramlásban a robbanási gáztermékek sűrűsége az összetartás függvényében megnövekszik. Ezzel együtt megnövekszik a töltet romboló hatása is, de csak akkor, ha az összetartó sugár kialakulásának időpontjában nem kerül elébe semmilyen akadály, továbbá, ha a környező közeg sűrűsége jelentősen kisebb, a robbanási gáztermékek sűrűségénél. Ebből következően ilyen hatás csak akkor figyelhető meg, ha a töltet robbanása a szabad levegőn, vagy erősen ritkított közegben következik be. Víz-, vagy földalatti robbantásnál a környező közeg megakadályozza az összetartó robbanási gáztermék-sugár kialakulását.

<sup>10</sup> <http://famousamericans.net/charlesedwardmunroe/>, Edited Appletons Encyclopedia, Copyright © 2001 Virtualology<sup>TM</sup> – letöltés 2010. június 12.

<sup>11</sup> Charles E. Munroe: Modern explosives, Scribner's Magazine, Vol. III. p. 574., 1888.



4. számú ábra: A robbanási gáztermékek áramlása, bélés nélküli kumulatív töltet esetén<sup>12</sup>

1894-ben Munroe elkészítette az első fémbéléses kumulatív töltetet is, dinamittal burkolva be egy üreges bádogdobozt<sup>13</sup>, de további fejlesztést nem végzett ezen a téren, és ez a felfedezése feledésbe merült a következő 44 évben.

A homlokfelületén üregesen kiképzett és az ellenkező végén iniciált töltetek hatását M. Neumann (1911) és Egon von Neumann (1914) német kutatók tisztázták alapos kísérletekkel. Ezért a robbanás irányított hatásának elvét Németországban Neumann-effektus néven említik. M. Neumann kutatásai alapján szabványosította kumulatív töltet készítési eljárását, a Westfälische Anhaltische Sprengstoff Actien Gesellschaft (WASAG) 1911-ben Németországban, 1912-ben pedig az Egyesült Királyságban.

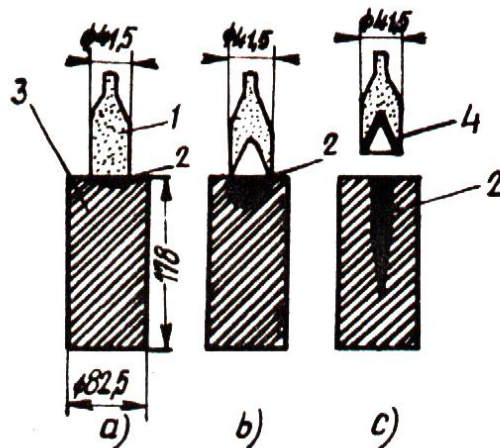
A kumulatív töltetek kutatása lendületet kapott más országokban is: az Egyesült Királyságban Arthur Marshall (1915-1920), majd Payman és Woodhead (1935-1937), az Amerikai Egyesült Államokban Charles Watson (1921-1925), majd prof. R. W. Wood (1936), Oroszországban M. Sucharewski (1925-1926), Olaszországban D. Lodati (1932) folytattak kísérleteket és jelentettek meg tanulmányokat a kumulatív töltetekkel kapcsolatban<sup>14</sup>.

<sup>12</sup> Szalamahin, T. M.: Osznovi modelirovanija i bojevaja effektivnoszt zarjadov razrusenija – I. rész., Kujbisev Katonai Műszaki Akadémia, Moszkva, 1984. p. 71.

<sup>13</sup> Arran Gordon: Explosive Applications for Industry and Defense (Havoc Industries Pty Ltd. 19-Oct-06.

<sup>14</sup> Donald R. Kennedy: History of the shaped charge effect – The First 100 Years, Originally prepared for presentation at the 100th Anniversary of the Discovery of the Shaped Charge Effect By Max Von Foerster, observed at MBRR Schrobenehausen, West Germany, 20-22 September 1983.

1939-ben, a szintén német **Franz Rudolph Thomanek** újból felismeri Munroe fentebb említett megfigyelését, hogy az irányított hatás növelhető, ha az üreg belső felületét **fém béléssel** borítják (erről már a fenti WASAG szabvány is tesz említést). További lépést jelentett annak felismerése, hogy a hatásfok növelhető, ha a töltetet nem magára a robbantandó tárgyra, hanem attól meghatározott távolságra, az úgynevezett fókusztávolságra helyezték el (5. számú ábra). A bemutatott kísérletnél, az a) ábrán látható töltetben 150 g pentritol<sup>15</sup> robbanóanyag volt, míg az azonos befoglaló méretekkel rendelkező b) ábra töltetében csak 115 g. A c) ábra töltetét, a b) szerintiék szerint készítették elő azzal a különbséggel, hogy a kumulatív kiképzést egy 0.6 mm vastagságú acéllemezzel bélelték ki, és magát a töltetet az optimális „fókusztávolságra” emelték a céltárgytól.



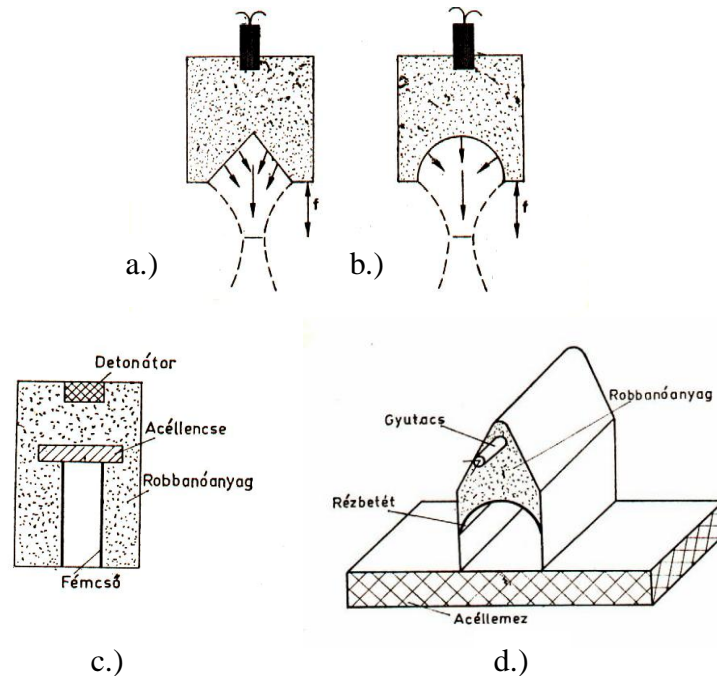
5. számú ábra: A kumulatív töltetek fejlődése<sup>16</sup>

A különböző országokban folyó kutatások eredményeként felfedezték, hogy különböző fémeket alkalmazva betétanyagként, ugyanazon tömegű és kialakítású kumulatív töltetnél, más-más hatás érhető el. A kísérletek az is bizonyították a továbbiakban (lásd a 6. számú ábrát), hogy nem csak a kúpos kialakítású (a) üreges töltetek robbanásakor figyelhető meg a kumulatív hatás, hanem félgömb alakú (b), sőt hengeres üregeknél esetén (c) is. Végezetül

<sup>15</sup> nitropenta és trotil keverék robbanóanyag

<sup>16</sup> ANDREJEV, K. K.- BELJAJEV, A. F.: A robbanó anyagok elmélete, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1965. 665. oldal, 9.15. ábra

bebizonyosodott az is, hogy a kumulatív hatás nem csak összpontosított (koncentrált) töltetek esetén érhető el, hanem nyújtott, úgynevezett lineáris vágótölteteknél is (d).



6. számú ábra: Kumulatív töltet típusok<sup>17</sup>

## 2. Katonai kumulatív töltetek fejlesztése a II. világháború előtt

A kumulatív töltetek fejlesztése a II. világháború előtt, a páncéltörő fegyverek irányába mozdult el. **1935-ben**, egy svájci vegyészmérnök, **Henry Hans Mohaupt** zürich-i laboratóriumában egy olyan fegyver fejlesztésébe fogott, melyet a gyalogos katonák eredményesen alkalmazhatnának a páncélvédett harcjárművek ellen. A megoldást a Munroe-effektus elvén működő lőszerben látta. Az 1935-1939. között végrehajtott fejlesztések eredményeként, Franciaország és Nagy-Britannia is belefogott saját, hasonló célú fejlesztésébe. Az **első kumulatív elven működő tüzérségi lőszer, az 1940. májusában** rendszeresített **brit No 68, 100 mm-es gránát** volt. Sajnos a páncélatütő

<sup>17</sup> Dr. Bohus – Horváth – Papp: Ipari robbantástechnika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983. 2.20.; 2.25.; 2.26. ábrák alapján, p. 51., 54.



képessége csak 50 mm volt, amely kevésnek bizonyult már az akkori német harckocsik ellen is.

1940-ben, a háború kitörését követően, Mohaupt meghívást kapott az Amerikai Egyesült Államokba, ahol vezetésével elkezdődött egy vállról indítható, reaktív töltettel célba juttatott kumulatív páncéltörő fegyver fejlesztése, a „**Bazooka project**”<sup>18</sup>.



7. számú ábra: Bazooka vállról indítható kumulatív páncéltörő fegyver<sup>19</sup>

A mintegy 150 mm hosszúságú, vállról indítható páncéltörő fegyvert **1941-ben, Észak-Afrikában** vetették be először a britek. A 60 mm átmérőjű, 1.6 kg tömegű rakéta, a benne rejlő 225 g-os pentolit<sup>20</sup> töltettel, mintegy 5 inch (120-130 mm) vastag páncéllemezt tudott átütni. A háború ideje alatt, az amerikai hadiipar 441 ezer Bazooka kilövőt, és hozzá 15 millió harci töltetet gyártott.<sup>21</sup>

Nem maradt le a fejlesztéssel Németország (**Panzerfaust, Panzerschreck**) sem.

---

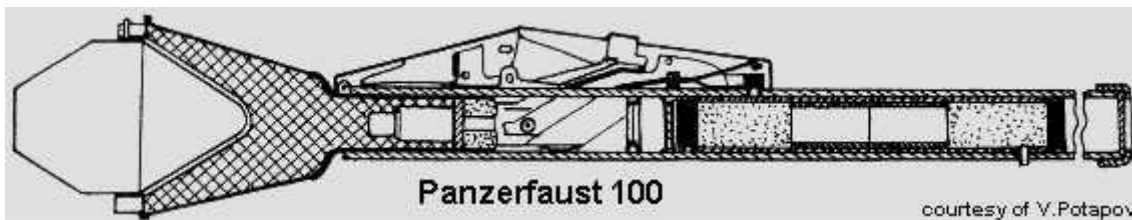
<sup>18</sup> Az elnevezést egy akkoriban népszerű amerikai komikus, Bob Burns, házi készítésű fűvós hangszeréről (pozan) kapta, mely tölcser alakú végződészekkel ellátott csődarabokból állt, és valóban hasonlított egy rakétavető szerkezetre. (Donald R. Kennedy: History of the shaped charge effect – The First 100 Years, p. 11. alapján)

<sup>19</sup> Forrás: National Archives, Washington, D.C.

<sup>20</sup> Nitropenta-trotil keverék robbanóanyag

<sup>21</sup> James R. Chiles: From Bazookas to RPGS, AmericanHeritage.com History's Homepage, Monday April 27, 2009.

A német hadsereg először, az 1943-ban kifejlesztett Panzerfaust 30 típusú rakéta páncéltörőket vetette be a szovjet harckocsi ellen. A kiváló páncélatütő képességgel rendelkező (max. 200 mm) első modell gyenge oldala, a kisteljesítményű rakéta-hajtómű volt, mely csak 30 m-es távolsáig volt képes kilőni a töltetet. A továbbfejlesztett változatok már 60, majd 100 m-es hatótávolsággal rendelkeztek. Az utóbbi, 1944 novemberében hadrendbe állított fegyverben már, mintegy 1.6 kg tömegű, magas hatóerejű robbanóanyagból képzett kumulatív töltet volt.



8. számú ábra: Panzerfaust 100<sup>22</sup>

Ugyancsak 1943-ban jelent meg a német hadseregben a „**Páncélrém**<sup>23</sup>” néven ismertté vált, szintén kumulatív töltetet hordozó páncéltörő fegyver. Egyes vélemények szerint, az amerikai Bazooka másolata volt, melyből 1942-ben a Szovjetunióknak is szállítottak segélyként, és néhányat sikerült belőlük a német csapatoknak zsákmányolniuk. A 150 m-ig hatásos fegyver, 200 mm-es vastagságig volt képes átütni a páncélt. Ugyancsak a II. világháború alatt, a németek készítették a világ, mindmáig legnagyobb tömegű kumulatív töltetét, a **MISTEL**-t. A 2 m átmérőjű, 3500 kg össztömegű, 1720 kg robbanóanyagot tartalmazó lőszer, egy átalakított Ju-88-as bombázó orr-részre szerelték azzal a céllal, hogy a szövetségesek nagyméretű hadihajóit, illetve völgyzáró gátakat támadjanak vele. Alkalmazására azonban csak elvétve került sor, akár csak a

<sup>22</sup> M.Hofbauer: Panzerfaust - WW II German Infantry Anti-Tank Weapons Page 2: Faustpatrone & Panzerfaust, August 29th 1998. <http://Panzerfaust%20und%20Faustpatrone.htm>

<sup>23</sup> Panzerschreck

japánok valamivel kisebb, kamikáze-repülőkre tervezett lőszerének, a **SAKURA**-nak.

A fejlődés innentől megállíthatatlan volt. Azóta számtalan kumulatív harcjármű elleni akna, építményromboló műszaki töltet, sőt kézigránát is készült és készül világszerte.

A robbanás irányított hatásának a mind tökéletesebb megismerését, valamint a fejlesztéseket nagymértékben fellendítette a **röntgen-impulzus elven történő fényképezés<sup>24</sup> alkalmazása** (az első úttörők 1941.: Seely – USA; Tuck – UK; Schumann, Schardin – Németország)<sup>25</sup>.

A kumulatív hatás hidrodinamikai elméletének kidolgozója **Birkhoff** és munkacsoportja volt 1948-ban<sup>26</sup>. A felismerést a jet és a céltárgy közötti kölcsönhatás vizsgálata eredményezte: ennek során, a kumulatív jet akadályba ütközve, azt deformálja. A jet rendkívül nagy mozgási sebessége és az emiatt kialakuló nyomás miatt, az akadállyal való kölcsönhatása ideális folyadékok kölcsönhatásaként fogható fel, erre pedig a hidrodinamika egyenletei alkalmazhatók. Magát az elvet **G. I Taylor** fogalmazta meg először, még 1943-ban, egyidejűleg **Tuck**, és Birkhoff ez irányú kutatásaival. Hasonló eredményre jutott 1945-ben a német **Schumann** és **Schardin**. Az orosz **Mihail Alekszejevics Lavrentyev** szintén sikeresen kutatta ezt a problémát, kidolgozva a béléses kumulatív töltetek hidrodinamikai elméletét, melyben a bélés anyagát összenyomhatatlan folyadéknak tekintette.

---

<sup>24</sup> flash x-ray photographs

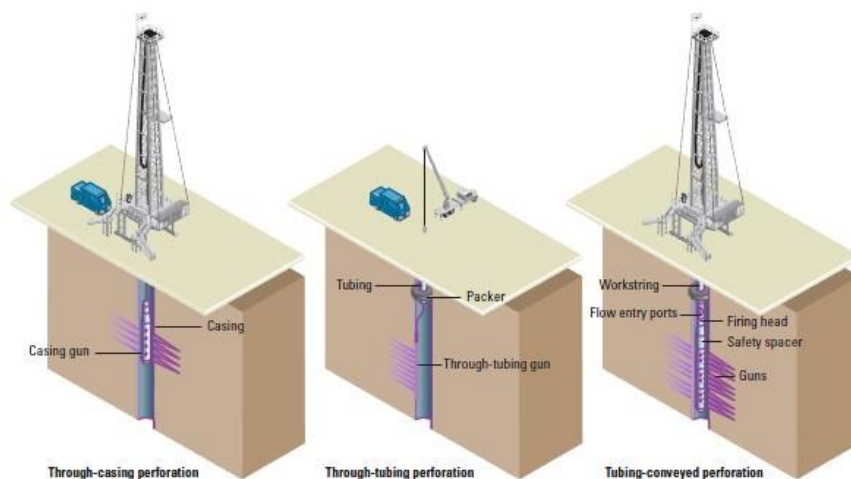
<sup>25</sup> William Valters: A Brief History of Shaped Charges, 24th International Symposium on Ballistics, vol. 1, pp. 3–10, New Orleans, LA, 22–26 September 2008.

<sup>26</sup> G. Birkhoff, D. McDougall, E. Pugh, G. Taylor: Explosive with Lined Cavities, J. Appl. Phys., Vol. 19. No. 6. June 1948.

### 3. Kumulatív töltetek az ipari robbantástechnikában

Bár a kumulatív töltetek gyakorlati alkalmazásában, a haditechnika állt az élen a kezdeti időkben, a mai, korszerű ipari robbantástechnika egyes feladatainál szintén előtérbe került a robbanás irányított hatásának felhasználása. **A nagymélységű fúrólukak (olajbányászat) termelő csöveinek perforálása** már régóta elképzelhetetlen a kisméretű összpontosított kumulatív töltetek (ún. fűzér-perforátorok) nélkül (lásd a 9. számú ábrát).

Az első ezzel a módszerrel kapcsolatos publikációt **McLemore** jelentette meg 1946-ban<sup>27</sup>. Ennek alapján, a Welex Jet Perforating Company fejlesztette ki az első, olajcsövek perforálására szolgáló kisméretű kumulatív tölteteket 1948-ban. Csak az érdekesség kedvéért jegyezzük meg, hogy az első perforátorokban üvegből készült bélés-kúpot alkalmaztak. A töltettel így nagy átmérő mellett, csak csekély mélységű behatolást értek el. A későbbiekben aztán az olajipari perforátorokban is a fém bélés-kúpokra tértek át<sup>28</sup>.



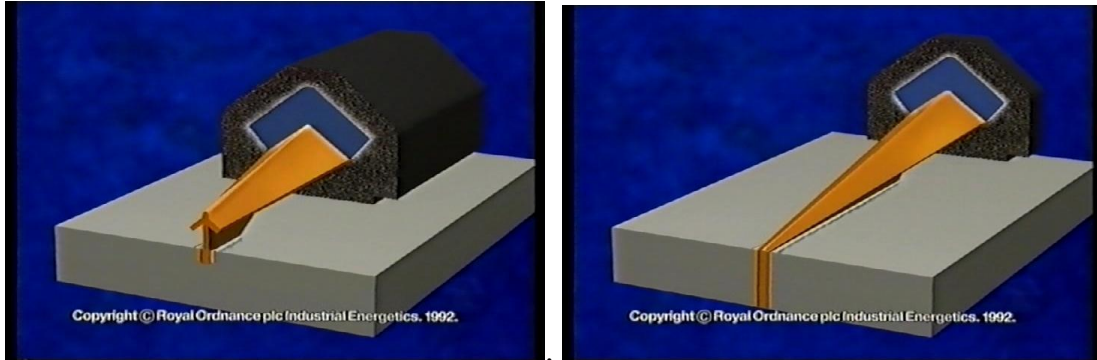
9. számú ábra: Termelő cső perforálás<sup>29</sup>

<sup>27</sup> McLemore, R. H.: Casing Perforating With Shaped Explosive Charges, The Oil and Gas J. Vol. 45, pp. 268-271, 28 December 1946.

<sup>28</sup> A magyarországi tapasztalatokról lásd Kánnár Tibor, Böszörményi István, Szűcs Attila: A rétegmegnyitások eszközeinek és technológiáinak hazai fejlesztési eredményei – előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület „Fúrás-robbantástechnika 2010” Nemzetközi Konferenciáján, Balatonkenese, 2010, szeptember 8-10. megjelent a konferencia kiadványában pp. 25-56.

<sup>29</sup> Larry Behrmann – Chee Kin Khong: The Search for Perfect Perforations, Middle East Et Asia Reservoir Review, Number 7, 2006. pp. 58. Figure 8.

A nagyméretű acélszerkezetek elemeinek robbantásában a speciális **lineáris vágótöltetek** képesek minimális környezeti hatással, szinte **sebészi pontosságú munkát** végezni (lásd a 10. és 11. számú ábrákat).



10. számú ábra: A lineáris vágótöltet működése<sup>30</sup>



11. számú ábra: Precíziós vágás BLADE lineáris vágótöltettel<sup>31</sup>

A **lineáris vágótöltetek** egyik nagy családja **merev burkolattal** készül (12. számú ábra). A töltetknél magas hatóerejű brizáns robbanóanyagokat alkalmaznak (lásd a 1. számú táblázatot).

<sup>30</sup> BLADE, the cutting edge (a Royal Ordnance plc Industrial Energetics, England, termékbemutató videófilmje, 1992.)

<sup>31</sup> Uo.

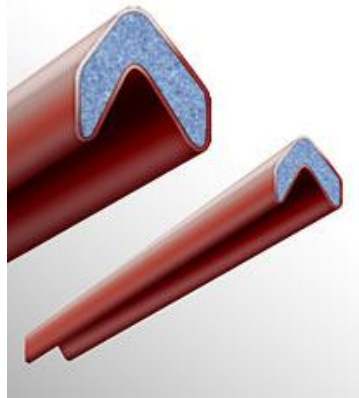
## 1. számú táblázat

### LINEÁRIS VÁGÓTÖLTETEK ROBBANÓANYAGAI

Robbanóanyag	Detonációsebesség (m/s)	Sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )
RDX (hexogén)	8200	1.65
HMX (oktogén)	9100	1.84
PETN (nitropenta)	8300	1.70
HNS (hexanitrostilbene) <sup>32</sup>	6900	1.60
PYX (dinotropyridine) <sup>33</sup>	7200	1.68

Megjegyzés: plusz a fenti robbanóanyagok keverékei, octol, C 3, hexolite, hexotol, stb.

A jet-képző fém bélés anyaga a nagyméretű töltetek döntő többségénél réz, a kisebbeknél pedig, alumínium. Hőálló töltetek esetén ezüstöt is alkalmaznak<sup>34</sup>.



12. számú ábra: Dynawell vágótöltet<sup>35</sup>

A töltetek általában 1-2 méter hosszúságban készülnek, a helyszínen darabolhatók. Felerősítésük egy-egy bonyolultabb tartóra meglehetősen nehéz, ezért a katonai gyakorlat számára nem ideálisak. Az ipari robbantástechnikai

<sup>32</sup> Drágább, mint az RDX, vagy a HMX, elsősorban magas hőmérsékletnél alkalmazzák

<sup>33</sup> Drágább, mint az RDX, vagy a HMX, elsősorban magas hőmérsékletnél alkalmazzák

<sup>34</sup> Elsősorban az űrtechnikában alkalmazzák, a napi ipari gyakorlat számára túl drága lenne

<sup>35</sup> DYNAenergetics GmbH, Germany, Dynawell gyártmányismertető katalógusa alapján

viszont széleskörűen alkalmazza őket, mivel a robbantási előkészítés során egyébként is „kigyengítik” az építmény tartószerkezeteit. Ezáltal minimális robbanóanyag felhasználásra van szükség. Az acéltartóknál általában a gerinclemez egy darabját távolítják el előzetesen a robbantás síkjában, a talp és fejlemez így felszabadul, ezek pedig, már könnyen „megszerelhetők” a kívánt méretű merev burkolatú lineáris vágótöltettel (13. számú ábra).



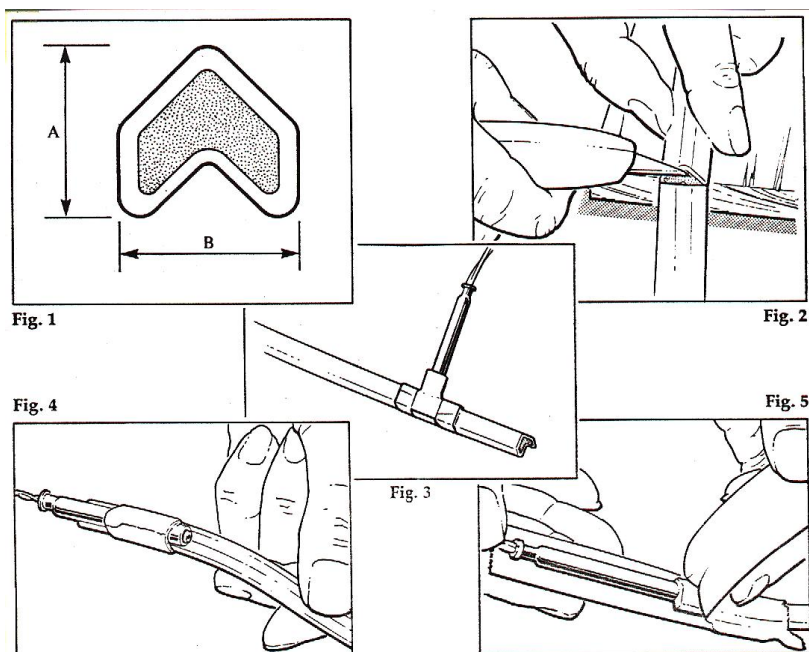
**13. számú ábra: Meggyengített tartó robbantása merev vágótöltettel<sup>36</sup>**

A katonai gyakorlat számára nagyobb jelentőségűek a legújabb, **flexibilis (hajlékony) vágótöltetek**, melyek pontosan követik a robbantandó szerkezet formáját, a felerősítést pedig, egy tapadó fólia is segíti. A jet-képző fémbetét az esetek többségében ólom. A töltet a helyszínen a kívánt méretre szabható (lásd a 14. számú ábrát).

Példaként a brit **HALEY&WELLER**, és **BLADE** (gyártó a Royal Ordnance Industrial Energetics) továbbá a **RAZOR Semtex** (gyártó: Explosia, Cseh Köztársaság) **flexibilis lineáris vágótöltetek** főbb adatait mutatjuk be.

---

<sup>36</sup> Extreme explosions – Liverpool, Discovery Communications LLC., 2009. tudományos ismeretterjesztő filmje alapján.



14. számú ábra: A HALEY&WELLER lineáris vágótöltet és alkalmazása<sup>37</sup>

2. számú táblázat

HALEY&WELLER lineáris vágótöltet család főbb jellemzői I.<sup>38</sup>

Jelölés	Töltet tömege (g/m)	Vágótöltet össztömege (m/kg)	Az ábrán jelölt méretek	
			Magasság (A) - mm	Szélesség (B) - mm
D 102	10	0,43	4,5	6,2
D 103	25	0,85	8,8	8,8
D 104	40	1,11	10,5	10,1
D 105	80	1,44	13,6	12,7
D 106	100	1,75	13,9	14,8
D 107	120	2,18	15,4	16,7
D 108	150	2,67	16,4	18,8
D 109	180	3,07	18,4	19,0
D 110	250	3,61	21,4	21,5

<sup>37</sup> A HALEY & WELLER, DARTCORD lineáris vágótöltet-család prospektusa (Wilne, Draycott, Derbyshire, England)

<sup>38</sup> Uo.



### 3. számú táblázat

#### HALEY&WELLER lineáris vágótöltet család főbb jellemzői II.<sup>39</sup>

Jelölés	Lágyacél átütés (mm)	Keményfa átütés (mm)	Puhafa (mm)	Egysoros téglafal (mm)	Dupla téglafal (mm)	Betonfal (mm)
D 102	2	25	25	-	-	-
D 103	3	50	38	-	-	-
D 104	5	76	76	115	-	-
D 105	10	-	-	-	-	50
D 106	12	-	-	-	-	-
D 107	13	-	-	-	-	75
D 108	15	-	-	-	-	-
D 109	20	-	-	-	230	100
D 110	22	375	-	-	-	125

A brit a **Royal Ordnance Industrial Energetics**, **BLADE** típusú vágótöltete hasonlóan imponáló hatásatokkal rendelkezik:

### 4. számú táblázat

#### BLADE vágótöltet főbb adatai<sup>40</sup>

Megnevezés	Robbanóanyag tömege (g/m)	Átütési vastagság (mm)	
		Acél	Alumínium
BLADE 100	100	6	18
BLADE 240	240	10	30
BLADE 450	450	15	50
BLADE 1150	1150	25	100

<sup>39</sup> Uo.

<sup>40</sup> BLADE, the cutting edge (a Royal Ordnance plc Industrial Energetics, England, termékbemutató videófilmje, 1992.)

A szerkezetre való szereléskor a szalagtöltet minimális hajlíthatóságának sugara (mm):

- Sík felületen, a töltet-talppal megegyező irányban:
  - BLADE 100-240: 200 mm;
  - BLADE 450: 300 mm;
  - BLADE 1150: 400 mm.
- Hengeres felületen, a töltet-talpra merőlegesen:
  - BLADE 100-240: 50 mm;
  - BLADE 450-1150: 100 mm.

A BLADE töltet alkalmazható: - 21 °C és + 63 °C között.



15. számú ábra: BLADE flexibilis vágótöltet család<sup>41</sup>

A cseh Explosia, a jól ismert Semtex robbanóanyaga felhasználásával állította elő **RAZOR Semtex** lineáris vágótöltet családját. A töltet (hexogén, nitropenta) detonációsebessége 7900 m/s. A gyártó általában 1 m-es hosszúságban készíti, a maximális töltethossz 2 m.

---

<sup>41</sup> Uo.



16.számú ábra: RAZOR SEMTEX lineáris vágótöltet család<sup>42</sup>

5. számú táblázat

RAZOR-SEMTEX lineáris vágótöltetek fontosabb adatai<sup>43</sup>

	<b>RAZOR 6</b>	<b>RAZOR 10</b>	<b>RAZOR 15</b>	<b>RAZOR 25</b>	<b>RAZOR 40</b>
Össztömeg (g/fm)	140±10	390±25	860±50	2400±150	6000±300
Robbanóanyag tömege (g/fm)	50±5	140±10	310±25	860±50	2200±100
Acél-átütő képesség (mm)	6	10	15	25	40
Hajlítási sugár (mm)					
Sík felületen	90	150	220	400	600
Hengeres felületen	20	35	50	80	120

**Befejezésül két példát mutatunk be** a vágótöltetek alkalmazásának előnyeiről, szemben az eddig (és még jelenleg is) alkalmazott, préstestekkel történő robbantással.

**Egy 1 m széles, 50 cm vastag betonfal átütéséhez**, külső szabadon felfektetett töltetek esetén, egy sor 200 g-os TNT préstestet kell felhasználnunk,

<sup>42</sup> Az Explosia gyártmányismertető CD-je alapján

<sup>43</sup> Uo.

vagyis 2.0 kg-ot. A fent bemutatott HALEY&WELLER vágótöltet család D-105-ös tagja, mindezt 80 g robbanóanyaggal elvégzi.

**Acélrobbantásnál** is hasonló értékeket kapunk: egy **1000x10 mm-es acéllemezt**, szintén egy sor 200 g-os TNT töltettel, vagyis 2 kg robbanóanyaggal tudunk átütni. A flexibilis BLADE 240 töltet, ezt 240 g-mal képes végrehajtani, a RAZOR10 140 grammal. Az ugyancsak flexibilis Ferret töltetcsalád, 250 g/fm töltetű tagja 16 mm acél átütésére képes, a Dynawell LC53 szilárd (rézbéléses) töltet pedig, 53 g töltetömeeggel éri el ugyanezt az eredményt.

Ehhez társul még, a flexibilis vágótöltetek gyors és könnyű szerelhetősége a robbantandó szerkezetre, mely szintén a honvédségi bevezetés, alkalmazás szükségességét támasztja alá. Ha összevetjük az 1. számú ábrát, a Blade-töltettel szerelt I-tartó alábbi képeivel, akkor egyértelműen bizonyítottnak tekinthetjük ezt az állítást.



**17. számú ábra: BLADE lineáris vágótöltettel szerelt acéltartó robbantása<sup>44</sup>**

<sup>44</sup> BLADE, the cutting edge (a Royal Ordnance plc Industrial Energetics, England, termékbemutató videófilmje, 1992.)

**Acélszerkezetek robbantásánál**, úgy a szerkezetek robbantáshoz történő szerelési idejének csökkentése, mint a környezetkímélőbb robbantások végrehajthatósága okán, rendszeresíteni szükséges a flexibilis vágótölteteket. Bár a jelenlegi Robbantási utasításunk is foglalkozik a csapatok által készíthető kumulatív töltetekkel, sőt egyfajta gyors kumulatív töltet méretezési eljárást egy jegyzetemben magam is bemutattam<sup>45</sup> az orosz Szalamahin professzor elmélete alapján, ezek csak szükség esetén alkalmazandó lehetőségek.

Mint ahogy prof dr. Padányi József is kiemelte MTA doktori értekezésében, további kutatást igényelnek „a speciális vágótöltetek fejlesztésének és alkalmazásának lehetőségei a műszaki mentés, valamint a tűzszerész feladatok végrehajtása során”.<sup>46</sup> Hatásadatai, és feltehetően viszonylag kedvező ára, valamint a beszerzés biztonsága miatt, a szintén NATO-tag Cseh Köztársaságban gyártott RAZOR flexibilis vágótöltetek rendszerbe állítása mutatkozik a legkézenfekvőbbnek (még ha nem is mindegyik, de legalább két, a várható feladatokhoz leginkább illeszthetőnek tűnő típus). Ez lehetne, pl. a RAZOR10 és a RAZOR25, hiszen vastagabb fémszerkezeti elemek esetén, egymással szembe fordítva őket, ezek is képesek minimum 20, illetve 50 mm-es acéllemez átvágására.

**Felhasznált irodalom:**

1. E-mű.1. Ideiglenes robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1950.
2. Mű/213. Robbantási utasítás, Honvédelmi minisztérium, Budapest, 1971.
3. Szalamahin, T. M.: Osznovi modelirovanija i bojevaja effektivnoszt zarjadov razrusenija – I. rész., Kujbisev Katonai Műszaki Akadémia, Moszkva, 1984.
4. <http://famousamericans.net/charlesedwardmunroe/>, Edited Appletons Encyclopedia, Copyright © 2001 Virtualology™
5. Charles E. Munroe: Modern explosives, Scribner's Magazine, Vol. III. pp. 563-576., 1888.
6. Davis, W. C. – Hill, L. G.: Joints, cracks and gaps in detonating explosives, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87545
7. Arran Gordon: Explosive Applications for Industry and Defense, Havoc Industries Pty Ltd. 19-Oct-06.

---

<sup>45</sup> A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése - akadémiai jegyzet, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Műszaki tanszék, Budapest, 1992.

<sup>46</sup> A NATO-tagság hatása a Magyar Honvédség szárazföldi csapatai műszaki támogatásának elméletére és gyakorlatára – MTA doktori értekezés, 2006. p. 192.

8. Morrison JJ, Mahoney PF, Hodgetts T.: Shaped charges and explosively formed penetrators: background for clinicians, JR Army Med Corps 153(3), pp. 184-187.
9. A HALEY & WELLER, DARTCORD lineáris vágótöltet-család prospektusa, Wilne, Draycott, Derbyshire, England
10. BLADE, the cutting edge, a Royal Ordnence plc Industrial Energetics, England, termékbemutató videófilmje, 1992.
11. Donald R. Kennedy: History of the shaped charge effect – The First 100 Years, Originally prepared for presentation at the 100th Anniversary of the Discovery of the Shaped Charge Effect By Max Von Foerster, observed at MBRR Schrobenhausen, West Germany, 20-22 September 1983.
12. William Walters: A Brief History of Shaped Charges, 24th International Symposium on Ballistics, vol. 1, pp. 3–10, New Orleans, LA, 22–26 September 2008.
13. RAZOR Semtex flexibilis vágótöltet-család prospektusa, Explosia a.s. Pardubice - Semtín, Czech Republic
14. Dr. Bohus – Horváth – Papp: Ipari robbantástechnika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
15. Lukács László: A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése – egyetemi jegyzet, Zrínyi Katonai Akadémia, Budapest, 1992.
16. Dr. Lukács László: A kumulatív vágótöltetek és alkalmazásuk lehetőségei az ipari gyakorlatban = Robbantástechnika, 1996. június (16. szám), az OMBKE<sup>47</sup> Robbantástechnikai szakbizottság periodikája, pp. 8-17.
17. Dr. Lukács László: A kumulatív töltetek kialakulása, hatásmechanizmusuk elmélete, Műszaki Katonai Közlöny 1996/3. pp. 8-27.
18. Dr. Lukács László: A robbanás irányított hatása: a Munroe-effektus és Misnai-Schardin effektus a katonai gyakorlatban - előadás a Haditechnika 2004. Nemzetközi Szimpózium, Műszaki szekciójában, ZMNE BJKMFK, 2004. 04. 19-20., *megjelent a konferencia kiadványában CD-n, pp.13+32. – resume Bolyai Szemle 2004. Különszám, p. 49.*
19. Dr. Lukács László: Szemelvények a fémszerkezeti elemek robbantási szabályainak fejlődéséből az 1800-as évektől napjainkig - előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület, „Fúrás-robbantástechnika 2008” Nemzetközi Konferenciáján, Vác, 2008. szeptember 16-18., *megjelent a konferencia kiadványában, pp. 48-56.*
20. Dr. Lukács László: A katonai robbantástechnika és a környezetvédelem - egyetemi jegyzet (a Környezetgazdálkodási oktatás fejlesztéséért Alapítvány pályázati támogatásával), ZMNE Hadtudományi kar, Műszaki harcászati-hadműveleti tanszék, Budapest, 1997. (302 old.)
21. James R. Chiles: From Bazookas to RPGS, AmericanHeritage.com History's Homepage, Monday April 27, 2009  
<http://AmericanHeritage.com%20%20From%20Bazookas%20to%20RPGS.mht>
22. Larry Behrmann – Chee Kin Khong: The Search for Perfect Perforations, Middle East Et Asia Reservoir Review, Number 7, 2006. pp. 52-67.
23. M.Hofbauer: Panzerfaust - WW II German Infantry Anti-Tank Weapons Page 2: Faustpatrone & Panzerfaust, August 29th 1998.  
<http://Panzerfaust%20und%20Faustpatrone.htm>
24. Kánnár Tibor, Böszörményi István, Szűcs Attila: A rétegmegnyitások eszközeinek és technológiáinak hazai fejlesztési eredményei – előadás a Magyar Robbantástechnikai Egyesület „Fúrás-robbantástechnika 2010” Nemzetközi Konferenciáján, Balatonkenese, 2010, szeptember 8-10. *megjelent a konferencia kiadványában pp. 25-56. (HU ISSN 1788-5671)*

---

<sup>47</sup> OMBKE - Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület