

Szatai Zsolt József¹

A fémtartalmú robbanószerkezetek felderítéséhez alkalmazott technikai eszközök

Technical Devices for Metal Content Explosive Ordnance Detection

A tanulmányban a robbanóanyagok és robbanószerkezetek általános ismertetésén túl bemutatom a fémtartalmú robbanószerkezetek felderítéséhez alkalmazott technikai eszközöket. Ezen eszközök felhasználási területe rendkívül széles körű. Az alkalmazók között megtalálható a biztonsági szektor minden szegmense a hadseregtől a magánbiztonsági szolgálatokig. Ezen túlmenően az eszközök kiváló segítői a roncs- vagy hadszíntérkutatásnak és a kincskeresésnek is, szárazföldön és víz alatt egyaránt.

Kulcsszavak: robbanószerkezet, felderítés, fémmérző, robbanóanyag

In addition to the general description of explosives and explosive devices in this study, I present the technical devices used to detect metal content explosive ordnances. The use of these devices is extremely wide. Employers include all segments of the security sector from the military to private security services. In addition, the devices are excellent helpers for wreck or military research and treasure hunting both on land and under water.

Keywords: explosive ordnance, detection, metal detector, explosive

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi Doktori Iskola, doktorandusz, e-mail: szataizsolt@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6963-0500

Bevezetés

„A felderítésre fordított idő sohasem elpazarolt.”²

A robbanóanyagok feltalálása óta igen hosszú idő telt el és ezeket a „szereket” megszámlálhatatlan esetben alkalmazták az emberiség javára és ellene is. A felfedezés vagy gyártás során bekövetkezett véletlen robbanások egyértelműen bizonyították ezen anyagok „bűvös erejét”. Annak ellenére, hogy hosszú időn keresztül vallási ünnepeken csak tűzijátékként használták őket, rájöttek arra is, hogy másra is felhasználható [1].

A robbanóanyagok tulajdonságainak rendszer szerinti tudatos felhasználása eredményezte a robbanószerkezetek létrejöttét. A robbanószerkezetek alkalmazhatók a védelmi és a támadó műveletek során is. Az ilyen irányú katonai alkalmazás megváltoztatta a hadművészet jellegét. A szembenálló felek nemcsak nagyobb hatékonysággal voltak képesek egymás élőerejének és technikai eszközeinek pusztítására, hanem a technika fejlődésével mindezt egyre távolabbról voltak képesek végrehajtani. Bizonyos esetekben, például az aknamezők vagy „trükkös csapatok” [6] alkalmazásával, még a telepítő fél nagylétszámú helyszíni jelenlétét sem igényelték.

Alkalmazásukkal egy időben megfogalmazódott a robbanószerkezetek elleni védekezésre való igény, ezáltal növelve a saját csapatok túlélőképességét. Az erők védelmének ez irányú feladatai nemcsak a személyi állomány fizikai védelmét biztosító fedezékek, óvóhelyek kiépítését és az erődítési rendszerek, továbbá a technikai eszközök fejlesztését foglalta magába, hanem ezzel párhuzamosan felértékelődött a robbanószerkezetek felderítésének fontossága is. A robbanó műszaki zárok (aknamezők, aknacsoportok) felderítése kiemelten fontos feladattá vált és kulcsfontosságú szerepet játszott a mozgásbiztosítás során [3].

A katonai műveletek befejezését követően a robbanószerkezetek felderítése nem veszített fontosságából, hanem alapvető feltételként jelent meg ahhoz, hogy az adott területen „újra tudjon indulni az élet”. Mindenekelőtt meg kellett a területet tisztítani a katonai cselekményből visszamaradt és gyilkos veszélyt rejtő robbanószerkezetektől. E folyamatnak az alapját képezte és képezi ma is a felderítés.

Az utóbbi évtizedek katonai konfliktusai és a megváltozott biztonsági környezetben létrejött terrorizmus ismét a figyelem központjába helyezte a robbanóanyagok és -szerkezetek felderítését. Azonban az esetek többségében ezek a felderítések már nem a mozgástámogatás részeként vagy a területek megtisztításakor játszanak szerepet, hanem egy valószínűsíthető cselekmény bekövetkezését hivatottak meggátolni.

Fontos szerepet játszik az ez irányú felderítés a preventív biztosítási feladatokban, például létesítmények védelmében, illetve rendezvények és kiemelten fontos személyek biztosításával kapcsolatban is.

² Jasper Forde, kortárs angol író.

Robbanóanyagok

Robbanóanyagoknak azokat a vegyületeket vagy keverékeket nevezzük, amelyek meghatározott külső behatásokra gyors kémiai átalakulásra képesek, az átalakulásuk közben nagy mennyiségű, magas hőmérsékletű és nagynyomású gázok szabadulnak fel, amelyek kiterjedésük közben mechanikai munkát végeznek [4].

A nagy reakciósebesség miatt az égés kívülről nem táplálható, ezért a robbanóanyagok az oxidációhoz szükséges összes összetevőt (az oxigént is) magukban hordozzák. Ez az alapvető különbség a robbanóanyagok és a tüzelő-, valamint motorhajtó anyagok között. A robbanóanyagok további jellemzői az alábbiak [9]:

- érzékenység, amely lehet:
 - ütésérzékenység;
 - dörzsérzékenység;
 - hőérzékenység;
 - láng- és szikraérzékenység;
- detonáció-átadóképesség;
- detonációsebesség;
- stabilitás;
- oxigénegyensúly;
- robbanáshő;
- robbanási termékek térfogata;
- robbanási nyomás;
- munkavégző képesség;
- mérgező gáz-tartalom;
- robbanást kísérő jelenségek (elsődleges, másodlagos, harmadlagos).

A robbanóanyagokat többféle megközelítésben vizsgálhatjuk és különböző szempontok szerint csoportosíthatjuk:

- Érzékenység szerint:
 - érzékeny (például hexogén);
 - kezelésbiztos (például TNT).
- Felhasználási terület szerint:
 - katonai robbanóanyag;
 - ipari robbanóanyag;
 - házi készítésű robbanóanyag;
 - pirotechnikai anyagok és keverékek.
- Halmazállapot szerint:
 - diszperz robbanó rendszerek (robbanóképes gázok, gáz-por keverékek);
 - kondenzált fázisú robbanóanyagok;
 - folyékony;
 - szilárd.

- Hatásmechanizmus szerint:
 - iniciáló (primer);
 - brizáns (secunder);
 - impulzív (tolóhatású).
- Összetétel szerint:
 - hőelvonással képződött vegyület;
 - égő anyag és oxigén vegyülete;
 - égő anyag és oxidáló anyag keveréke.

A primer vagy iniciáló robbanóanyagokban a detonációt nemcsak a lökeshullám, hanem egyéb energiaforrás is kiválthatja. Robbanásukkor kevés nagytérfogatú gáz keletkezik. Elsősorban a brizáns robbanóanyagok detonációjának előidézésében van fontos szerepük. A primer robbanóanyagok jellemzői:

- kristályos szerkezetűek;
- vízben nehezen vagy rosszul oldódnak;
- víznél nehezebb, világos színű anyagok;
- detonációsebességük 5200–5400 m/s;
- ütésérzékenységük viszonylag alacsony;
- munkavégző képességük kicsi;
- külső mechanikai behatásokra érzékenyek.

1. táblázat. A Magyar Honvédségben alkalmazott néhány primer robbanóanyag jellemzői [12]

Jellemzők	M.e.	PRIMER (INICIÁLÓ) ROBBANÓANYAGOK		
		Durranóhigany	Ólom-azid	Ólom-sztfínát (TNRSz, teneresz)
Szín		fehér	fehér	élénksárga
Szerkezete		kristályos	kristályos	kristályos
Oldódás vízben		rosszul	nehezen	nehezen
Sűrűség (ρ)	g/cm ³	4,42	4,80	3,00
Detonációsebesség (D)	m/s	5400	5300	5200
Ütésérzékenység (Ü)	J	1	1,20	2,50–5,00
Oxigénegyenleg (O)	%	-11,20	-5,50	-18,80
Elpuffanáspont (Te)	°C	170	340	275
Alkalmazásuk		gyutacsok, csappantyúk és lobbantók töltése; vegyi reakció kézzel	gyutacsok primer töltete, vegyi reakció alumíniummal	gyutacsok közbenső töltete

A szekunder vagy brizáns robbanóanyagok robbanása csak megfelelő erősségű lökéshullámmal idézhető elő (például gyutacs vagy másik robbanóanyag-töltet robbanásának hatására). Nagy detonációsebességük és a keletkező jelentős gázképződés miatt az ipari és a katonai gyakorlatban kiemelt jelentőségű az alkalmazásuk. Külső mechanikai behatásra viszonylag érzéketlenek, ütészékenységük magas.

2. táblázat. A Magyar Honvédségben alkalmazott néhány szekunder robbanóanyag jellemzői [12]

Jellemzők	M.e.	MAGAS HATÓEREJŰ		
		Ten/Nitropenta	Hexogen	Tetritl
Szín		fehér	fehér	sárga
Szerkezete		kristályos	apró kristályos	kristályos
Oldódás vízben		nem	nem	nem
Sűrűség (ρ)	g/cm ³	1,77	1,82	1,73
Detonációsebesség (D)	m/s	8400	8750	7200
Ütészékenység (Ü)	J	3	7,40	3
Olvadáspont (To)	°C	141,30	202	130
Elpuffanáspon (Te)	°C	205	230	190
Alkalmazásuk		gyutacsok szekunder töltete; RGYZS; SEMTEX	gyutacsok szekunder töltete; RGYZS; Compozit C4; hexotol	lőszerek közbenső detonátora; gyutacsok szekunder töltete

3. táblázat. A Magyar Honvédségben alkalmazott néhány szekunder robbanóanyag jellemzői [12]

Jellemzők	M.e.	KÖZEPES HATÓEREJŰ	
		TNT Trinitrotoluol	SEMTEX
Szín		sárga, sárgásbarna	82–86% flegmatizált nitropenta, 14%-a plasztifikáló kocsonya
Szerkezete		kristályos	plasztikus
Oldódás vízben		nem	nem
Sűrűség (ρ)	g/cm ³	1,64	1,50
Detonációsebesség (D)	m/s	6900	Képlékenységét –20 °C és +40 °C közötti hőmérsékleten is megtartja. Célszerű alkalmazási területe a bonyolult fémszerkezetek, idomvasak, gömbtartók, sodronykötelek robbantása. Különösen jól felhasználható a csapatoknál készített kumulatív töltetek kialakítására.
Ütésérzékenység (Ü)	J	15	
Olvadáspont (To)	°C	80,80	
Elpuffanáspon (Te)	°C	300	
Alkalmazásuk		préstestek, földrobbantó töltetek, lövedékek, bombák, aknák töltetének alkotóeleme	

Az alacsony hatóerejű robbanóanyagok olyanok, amelyek összetételükben jellemzően ammóniumnitrát és más robbanóanyag keverékéből, valamint ammóniumnitrát és más éghető anyag keverékéből állnak. Jellemző felhasználási területük az ipari, bányászati és építőipari robbantási feladatok. Jól alkalmazhatók a katasztrófavédelem robbantási feladatai, illetve a fémek robbantással történő megmunkálása során is.

Impulzív vagy tolóhatású robbanóanyagok (lőporok) olyan anyagok, amelyek égése során nagy mennyiségű gázok keletkeznek. Égési sebességük kb. 600–700 m/s, de ezt nagyban befolyásolja az összetevők keverési aránya, az adalékanyagok, oldószerek mennyisége és minősége. Égésük nagyban függ a körülményektől (nyomás, hőmérséklet, nedvesség). Típustól függően már 2% nedvesség hatására elveszíthetik égési képességüket. Alapvetően két csoportra oszthatók:

- füstös lőpor (feketelőpor);
- füst nélküli lőpor.

A feketelőport leggyakrabban pirotechnikai anyagok késleltető és hajtótöltetként használták fel. A füst nélküli lőport leggyakrabban gyalogsági és tüzérségi lőszerkezetek hüvelyének töltésére, továbbá reaktív lőszerkezetek hajtóanyagaként kerül használták fel.

A pirotechnikai termékek olyan eszközök, amelyek pirotechnikai anyagot vagy keverékeket tartalmaznak. Működésük során előre meghatározott speciális hatást fejtenek ki (lásd láng, füst, fény, hang és dinamikai hatás) [8]. A pirotechnikai termékek az alábbiak szerint csoportosíthatók [10]:

- Hadipari termékek:
 - gyújtózsínok;
 - NONEL;
 - világító- és jelzőrakéták
 - nyomjelzős lövedékek;
 - színes füstök, ködök;
 - hang- és fénygránátok;
 - dörzsgyújtók.
- Technikai termékek:
 - AIR BAG;
 - övfeszítők;
 - katapultok;
 - kötélkilövő;
 - jelzőfáklyák;
 - viharfák;
 - rántó- és dörzscsappantyúk.
- Szórakoztató termékek:
 - csillagszórók;
 - szikraszökőkutak;
 - rakéták;
 - római gyertyák;
 - bombák, bombetta telepek;
 - bengál égők;
 - mozsarak;
 - színpadi effektek.

A robbanóanyagok csoportosításánál meg kell említeni a házi készítésű robbanóanyagokat (HME)³ is, amelyek rögtönzött robbanószerkezetekben történő felhasználása széles körben elterjedt. Előállításuk és felhasználási területük annyira széles körű, hogy ebben a tanulmányban nem ismertetem, a témát egy későbbi tanulmányban dolgozom fel.

A robbanószerkezetek

Robbanószerkezetnek nevezünk minden olyan tárgyat, eszközt, amely robbanó vagy pirotechnikai anyagot tartalmaz [7]. A köznyelvben általában csak bombának nevezik őket, ez azonban nem pontos, hiszen ez csak a robbanószerkezetek egy csoportja. Minden robbanószerkezetre igaz, hogy az eszköz felrobbanásakor pusztítást és károkat okoz. A robbanószerkezetek az alábbiak szerint csoportosíthatók [8]:

- polgári (ipari) felhasználású;
- katonai és rendészeti felhasználású;
- terror jellegű.

A polgári élet több területén alkalmazott ipari robbantóeszközök, -anyagok hasznos munkavégzésre készülnek. Ennek megfelelően eredményesen használhatók a bányászat vagy az építőipar egyes területein. Ugyancsak eredményesen alkalmaz robbantóeszközöket a katasztrófavédelem az árvízi védekezés során a torlaszok és műtárgyak robbantására vagy jég-robbantásra. De ide sorolhatók a szórakozató pirotechnikai termékek (tűzijátékok) és a technikai jellegű pirotechnikai termékek (például légzsák) is.

A katonai és rendészeti felhasználású robbanószerkezetek az alábbi fő csoportokba sorolhatók [2]:

- gyalogsági lőszerke;
- kézigránátok;
- puszkagránátok;
- kézi páncélelhárító gránátvető lőszerkei;
- aknavető gránátok;
- tűzérési gránátok;
- aknák;
- rakéták;
- bombák.

Az elmúlt egy évszázadban egyre intenzívebben megjelenő terrorizmus is sokszor alkalmaz robbanószerkezeteket – ezeket nevezik összefoglaló néven „pokolgépnek” [5]. A célja ezeknek az eszközöknek a félelemkeltés és a minél nagyobb veszteség okozása. Házilag, rögtönzött módon készítik őket, gyakran használnak házi készítésű robbanóanyagokat, azonban előszere-ttel alakítanak át katonai robbanószerkezeteket is.

³ HME, Home Made Explosive, házi készítésű robbanóanyag.

A NATO-terminológia szerint az ilyen rögtönzött robbanószerkezetek annak harcászati alkalmazhatósága szerint lehetnek [11]:

- gépjárműbe épített;
- személy által működésbe hozott;
- irányított;
- telepített.

A rögtönzött robbanószerkezetek szerkezeti megoldásait tekintve rendkívül sokfélék lehetnek. Technikai kialakításuk és indítási módjuk megválasztásának gyakran csak a fantázia és a készítő felkészültsége szab határt.

A robbanószerkezetek felderítésének módszerei

A robbanószerkezetek felderítésének lehetséges módszerei rendkívül széles spektrumban határozhatók meg. Az alkalmazott módszer függ a személyi állomány és a technikai eszközpark által minőségben és mennyiségben rendelkezésre álló képességektől. A személyi állomány felkészültségétől, kiképzettségétől, illetve a technikai eszközök által biztosított lehetőségektől. Mindezek figyelembevételével a felderítési módszereket bizonyos szempontrendszerek alapján kell csoportosítani. Az egyik ilyen lehet a felderítésben részt vevő személyi állomány felderítés végrehajtása közben történő elhelyezkedése a robbanószerkezethez képest:

- az élőrő (kezelőszemélyzet) biztonsági területen belüli tartózkodása;
- az élőrő (kezelőszemélyzet) biztonsági területen kívüli tartózkodása.

A felderítésben részt vevő személyi állomány abban az esetben tartózkodik a robbanószerkezethez viszonyított biztonsági zónán belül, ha a felderítés az azt végrehajtó állomány közvetlen jelenlétét követeli meg. Ilyen lehet a legegyszerűbb vizuális átvizsgálás, terepkutatás vagy a robbanóanyag-kereső kutyával történő kutatás is. Ebbe a kategóriába sorolható a robbanószerkezetek felderítésére kifejlesztett azon technikai eszközök alkalmazása is, amelyek kezelése közvetlen érintkezést igényel. Ilyen lehet például a kézi aknakutató műszerek kezelése, de ide sorolható egy indukciós aknakutató gépjárművet kezelő és abban tartózkodó személyi állomány is, hiszen a technikai eszköz nyújt számukra minimális védelmet, de attól még a biztonsági területen belül tartózkodnak. A kezelőszemélyzet abban az esetben tartózkodik a biztonsági területen kívül, ha az általa kezelt eszköz távolról irányítható. Például távirányított robotok vagy pilóta nélküli repülőgépek alkalmazásával.

Egy másik szempontrendszer kialakítható a robbanószerkezet összetevőinek vizsgálatával, vagyis, hogy a keresés annak mely összetevőjére irányul. Ezek például az alábbiak lehetnek:

- a robbanószerkezet fémtartalma;
- a robbanószerkezet fő töltetét alkotó robbanóanyag.

A robbanószerkezetek nagy százalékban tartalmaznak fémet. Ezen állítás különösen igaz az előzőekben ismertetett, alaprendeltetésében katonai feladatokra készített robbanószerkezetekre. A gyújtószerkezetek biztosító és működtető részei, a robbanószerkezet burkolata

vagy sok esetben pusztító hatásának fokozására belehelyezett repeszképző anyagok fémből készülnek. Természetesen az alkalmazás jellegétől függően a fémtartalom eltérő lehet, ami meghatározza annak felderíthetőségét és az arra irányuló módszert és technikai eszközt is.

Azon robbanószerkezetek felderítése, melyek nem tartalmaznak fémet, leggyakrabban a robbanószerkezet fő töltetét alkotó robbanóanyag felderítésével történik. Természetesen az ilyen irányú felderítési módszerek sikeresen alkalmazhatók az előző esetben is, hiszen a fémtartalmú robbanószerkezeteknek is van fő töltetük, viszont mindez fordítva nem igaz.

Tekintettel a felderítési módszerek széles körű alkalmazhatóságára, jelen tanulmányban a fémtartalmú robbanószerkezetek felderítéséhez alkalmazott technikai eszközöket és azok alkalmazási lehetőségeit mutatom be.

A fémtartalmú robbanószerkezetek felderítéshez alkalmazható technikai eszközök

A különböző anyagú és méretű fémek detektálására többféle elven működő fémkereső (érzékelő) készülék létezik, amelyek a fémeket más és más módon érzékelik. A legfontosabb típusok:

- abszorpciós (Drop-out) fémkereső;
- keverő oszcillátoros (BFO);
- kiegyensúlyozott indukciójú (Induction Balanced);
- félrehangolt rezgőkörű (Off-resonance);
- alacsonyfrekvenciás (Very Low Frequency);
- impulzusüzemű (Pulse Induction);
- rádiós (Ultra High Frequency);
- terahertzes képalkotók (TeraHertz);
- magnetométerek és földradarok.

Az abszorpciós fémkereső működési elve az örvényáramok, illetve mágneses vasvesztéségen alapul. A keresőtekercs jelét egy kis teljesítményű, nagyfrekvenciás oszcillátor biztosítja. Ezen tekercs által keltett mező a fémekben nagy veszteségű örvényáramokat eredményez. Az energiaelvonás következtében a rezgés amplitúdója csökken, sőt túl közeli nagy fém esetén akár teljesen meg is szűnik. Az ilyen irányú eltérést a műszer érzékeli és jelzést ad. Ezen az elven működik a legtöbb biztonsági rendszer hordozható fémkeresője, a kézi illetve a fémérzékelő kapuk is.



1. ábra. Garrett PD6500i fémérzékelő kapu működése [18]

A fémérzékelő kapu, mint neve is mutatja, a kapu alatt áthaladó személyeknél lévő fémtárgyak felderítésére szolgál, tehát nem alkalmas például kerámia vagy polikarbonát anyagú szűrő-, vágófegyverek kimutatására.

Ezt repülőtereken általában azzal küszöbölik ki, hogy a kapu üzemeltetője beállíthatja, hogy az áthaladó személyek hány százaléka kapjon akkor is tilos jelzést, ha nincs nála semmilyen fémtárgy. Így az elkövetőt annak ellenére, hogy nem fém alapanyagú támadóeszközzel akar a fedélzetre jutni, ugyanolyan motozásnak vetik alá, mintha fémtárgyat jelzett volna nála a fémérzékelő kapu. Mivel ez a véletlen kiválasztó funkció szabadon változtatható 1% és 99% között, a repülőtér biztonságáért felelős hatóság az aktuális fenyegetettségi szintnek megfelelően tudja elrendelni a véletlen kiválasztó funkció százalékos értékének növelését vagy csökkentését. A fémérzékelő kapuk kiegészítőjeként kézi fémkeresőket alkalmaznak.



2. ábra. Garrett Super Scanner-V kézi fémkereső [16]

A kézi fémkeresők igen egyszerű eszközök, amelyek azt a célt szolgálják, hogy behatárolni, pontosítani lehessen a fémérzékelő kapu által kiválasztott személynél a fémtárgy (fémtárgyak) elhelyezkedését [17]. A mai modern, prémiumkategóriájú fémkeresőknek két fontos képessége van: alkalmasak sípolással vagy hangtalanul (rezgéssel) is jelezni a fémtalálatot, illetve a hang (rezgés) erőssége arányos a megtalált fémtömeg nagyságával. Használatuk rendkívül egyszerű és rövid idő alatt elsajátítható, így tökéletes eszköz a biztonsági területek beléptető pontjain szolgálatot ellátó személyek részére.

A fémek észlelésének másik, egyben talán legegyszerűbb módja az úgynevezett keverő oszcillátoros (Beat-Frequency Oscillator, BFO) műszer használata. Egy BFO-rendszerben két tekercs van: egy nagyobb tekercs a keresőfejben és egy kisebb tekercs a vezérlődobozban. Minden tekercs egy olyan oszcillátorhoz kapcsolódik, amely másodpercenként több ezer impulzus áramot generál. Ezen két impulzus frekvenciája kissé eltolódik a két tekercs között. Amint az impulzusok minden egyes tekercsen keresztülhaladnak, a tekercs rádióhullámokat generál. Egy kis vevő a vezérlődobozban felveszi a rádióhullámokat, és hallható hangsorokat (ütéseket) hoz létre a frekvenciák közötti különbség alapján [19].

Ha a keresőfejben lévő tekercs egy fémtárgy fölé kerül, akkor a tekercsen átfolyó áram által okozott mágneses mező mágneses teret hoz létre az objektum körül. Az objektum mágneses mezője megzavarja a keresőfej tekercs által generált rádióhullámok frekvenciáját. Mivel a frekvencia eltér a vezérlődobozban lévő tekercs frekvenciájától, a hallható ütemek időben és erősségben változhatnak. A BFO-rendszerek egyszerűsége lehetővé teszi, hogy nagyon alacsony költséggel gyárthatók és értékesíthetők.

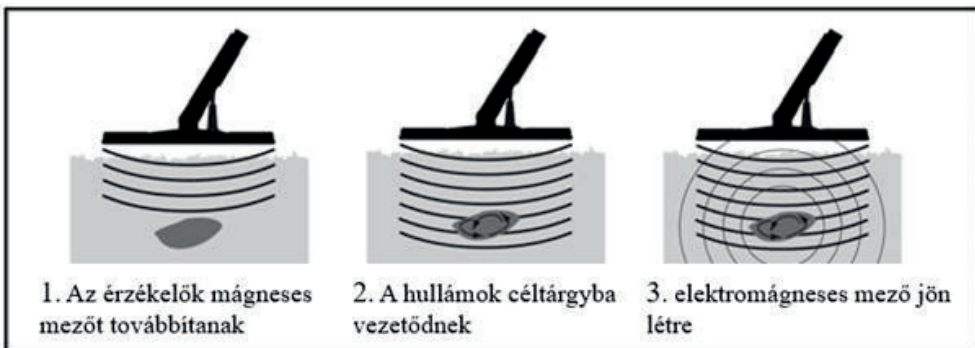


3. ábra. BFO-rendszerű fémkereső [27]

Azonban ezek az érzékelők nem biztosítják a más rendszerek által nyújtott pontossági szintet, illetve számos hátrányuk is van:

- A két oszcillátor a nagyon közeli frekvenciák miatt hat egymásra, azaz a keverőn keresztül képesek egymást bizonyos mértékben elhangolni, ami az apróbb tárgyak érzékelését befolyásolja.
- Fülhallgatójában folyamatos sípolás (fütty) hallható, ami a működés elvéből következően nem szüntethető meg. Ez tartós használat esetén rendkívül zavaró.
- Nem tiltható ki egyes fémek érzékelése, így például „szemetes” területen (alufóliadarabok, robbanás okozta szilánkok stb.) használhatatlanná válik, mert állandóan jelezni fog.
- Gyakori utánhangolást, állítgatást igényel a telepek (áramforrások) kimerülése és a hőmérséklet okozta frekvenciaváltozások miatt.
- Földhatásra érzékeny, vagyis nemcsak a fémtárgyak, hanem a talaj közeledése-távolodása is elhangolja.
- A talaj egyenetlensége miatt is hamis találatot jelez.

A kiegyensúlyozott indukciójú (Inductive Balance, IB) fémkeresőben az amplitúdó-modulált jeleket adó oszcillátor két tekercset táplál. Ezen két adótekercs csévélési iránya ellentétes. Egymásra helyezve őket a kettő közötti mágneses tér elvileg zérus. A harmadik tekercs az előbbi kettő között helyezkedik el, és ennek kivezetésein fémentes állapotban nincsen feszültség (kompenzáló áramkörrel kiegyenlíthetők kisebb gyártási és szerelési eltérések). Ha bármely irányból fém kerül a tekercsek közelébe, valamelyik adótekercshez közelebb lesz, így az aszimmetrikus elrendezés miatt felbomlik a mágneses mező kiegyenlítetttsége, és ez a középső (kereső)tekercsben jelfeszültséget indukál. Ezen jelet felerősítve és egyenirányítva hangjelet kapunk a fülhallgatón [20].



4. ábra. Az IB-fémkereső működési elve [25]

Az ilyen rendszerű eszközöket főként az iparban és a fegyveres testületeknél alkalmazták.



5. ábra. IMP-típusú indukciós aknakutató műszer [26]

Az alacsonyfrekvenciás vagy VLF-detektor (Very Low Frequency, nagyon alacsony frekvencia) nevét onnan kapta, hogy a BFO-rendszerű érzékelőkkel ellentétben nagyon alacsony frekvenciatartományban működik. A szokásos működési frekvencia 3 kHz és 50 kHz között van [21]. A VLF-típusú fémkeresők a talajban általában 20–30 cm mélységig érzékelnek. Az érzékelés mélysége függ az alkalmazott frekvenciától, a céltárgy nagyságától, valamint a készülék érzékenységétől. A keresési mélységet továbbá befolyásolja a használt keresőfej kialakítása és mérete is.



6. ábra. Alacsony frekvenciás fémerzékelő műszer [15]

Függetlenül a működési frekvenciától, a VLF-rendszerű fémérzékelőknek két típusa van:

- a mozgásra detektáló;
- mozgás nélkül is detektáló.

A mozgásra detektáló fémérzékelő azt jelenti, hogy a fémkereső csak akkor ad jelet, ha a keresőfej és a fémtárgy között relatív elmozdulás van. Abban az esetben, ha nincs elmozdulás a tekercs és az érzékelendő céltárgy között, a műszer nem ad jelet, vagy sok esetben folyamatosan jelez. Ezzel a technikával készül a ma forgalmazott VLF-fémkeresők 95%-a.

A mozgás nélkül is detektáló fémkeresők folyamatosan jelet adnak, ha a fémtárgy a keresőtekercs hatótávolságán belül van, függetlenül attól, hogy történt-e elmozdulás vagy sem. Ezt a technikát ma már csak kevés gyártó alkalmazza önállóan. A fejlettebb műszerek képesek arra, hogy a megfelelő kezelőszerv segítségével, a két működési típus között váltani tudnak.

Az impulzusüzemű (Pulse Induction, PI-detektor) periodikusan kibocsátott nagy teljesítményű impulzusokkal működik [22]. Kifejlesztésére azért volt szükség, hogy a fent ismertetett típusú fémkeresők behatolási mélysége a talajban erősen korlátozott, sok esetben csak a felső 30–40 cm talajrétegre korlátozódik. Ennek az oka, hogy a talajban a kisugárzott rádióhullámok erőssége csökken. A PI-detektor úgy állítja elő impulzusait, hogy lelassítja a hullámok lecsengésének folyamatát. Az ilyen módszer alkalmazásán alapuló készülékek nagy előnye, hogy megfelelő időzítéssel a talaj hatása elhanyagolható és a nagy impulzusteljesítmény miatt jelentős behatolási (detektálási) mélység érhető el. Az érzékelés mélysége az impulzusok teljesítményétől és a keresőtekercs nagyságától függ [22].



7. ábra. Impulzus üzemű fémkereső készlet [24]

A PI-detektor hátránya, hogy működési elvéből következően nem tud különbséget tenni az érzékelt fém típusa között, vagyis minden fémet kijelez. PI-detektort leggyakrabban a roncskutatásban és műszeres területmentesítések során alkalmazzák.

A különböző műszerek alkalmazásával csak bizonyos korlátok között lehet fémetek érzékelni. Például nagyobb méretű keresőtekercs érzéketlen az olyan kisebb tárgyakra, mint az érmék, gyűrűk. Vannak továbbá olyan fémekek is, amelyek kifejezetten rosszul detektálhatóak

(korrózióálló és hőálló acélok), emiatt egyéb technológiák is megjelentek a fémek érzékelésére és kimutatására [23]. Ilyen eszközök lehetnek az ultra magas frekvenciájú fémkeresők vagy a terahertz tartományú képalakítók. Ezen eszközöket főleg a biztonsági szolgálatok alkalmazzák.

Nagy számban jelentek meg a magnetométerek és a földradarok a fémdetektálás területén. Használatukkal jó eredmények érhetőek el a nagy méretű és nagy mélységben lévő fémtárgyak (például elsüllyedt harckocsi) helyének meghatározása során. Továbbá alkalmas geológiai érctelepek helyének kutatására, illetve a földradar egy speciális változata (borehole-radar) alkalmas hadszínterek hátrahagyott aknamezőinek felderítésére is. Ezen technikai eszközöket a későbbiekben külön tanulmányban ismertetem.

A fémtartalmú robbanószerkezetek felderítését befolyásoló tényezők

A fenti fémkeresők különböző működési elvek szerint épülnek fel, azonban mindegyiket egy közös cél szerint tervezték. A tervezés nyilvánvaló célja, hogy érzékelje a beállítástól függően akár egészen kicsi fémtárgyakat is, illetve fémszerkezetek elhelyezkedése behatárolható legyen, továbbá tudja azok kontúrját erősen megkülönböztetni a környezetétől.

A folyamatosan fejlődő technológiai eljárások lehetővé tették új eszközcsaládok kifejlesztését is. Ezek az új könnyű és érzékeny fémkeresők már nemcsak a biztonsági szektor igényeinek felelnek meg jobban, hanem számos előnyös tulajdonságuknak köszönhetően rövid idő alatt az ásványkutatók és a „kincsvadászok” kedvenceivé váltak. Azonban a legmodernebb eszközök sem működnek hibátlanul. A fémkeresők nagy többségének alaprendeltetése, a talajszint alatt elhelyezkedő fémszerkezetek felkutatása a lehető legnagyobb mélységben és pontossággal. A felkutatás mélysége és pontossága az alábbiaktól függ [14]:

- a talaj vezetőképessége;
- a fémszerkezet mérete;
- a fémszerkezet alakja;
- az ottlétének időtartama.

A talaj vezetőképessége függ annak ásványianyag-tartalmától. Súlyosan ásványos talaj általában csökkenti a sonda behatolási erejét. A talajásványosodás elnyomása nagyon fontos feladat egy fémkereső tervezésekor, hiszen amennyiben ez nem megfelelő, számtalan téves jelzést eredményezhet, ami időigényessé és akár eredménytelenné is teheti a keresés folyamatát. A téves jelzések kiküszöbölésének érdekében csökkenteni kell a műszerek érzékenységet azonban ez általában a behatolási mélység csökkenését is eredményezheti.

A fémtárgy mérete befolyásolja a felkutatásának eredményességét. Minél nagyobb a fémes tárgy, annál könnyebben és annál mélyebbről is ki lehet mutatni. Hiszen minél több fémes területet érzékel egy fémkereső felülről, annál mélyebben lesz kimutatható. Például egy fémhordót sokkal könnyebben ki lehet mutatni, mint egy pénzérmét.

A méretén kívül a fémtárgy alakja is befolyásoló tényezőként hat. A gyűrű vagy hurok alakú tárgyak fekvő pozícióban a föld alatt, a legjobb eredményeket hozzák mérés szempontjából, de a lapos vagy tál alakú objektumok is hasonlóan könnyen észlelhetők. Szintén könnyen ér-

zékkelhetők a tüzérségi lövedékek, repülőbombák, azonban a rúd alakú tárgyakat, fémkábeleket nagyon nehéz észlelni, így felkutatásukhoz más módszerek szükségesek.

Fontos tényező még, hogy a fémtárgy mennyi ideje van eltemetve a talajban. A különféle vegyi anyagok a talajban korróziós hatással vannak a fémekre. Néhány fém gyorsabban rozsdásodik, míg mások kevésbé. A modern cinket például nagyon gyorsan megtámadják ezek a talajban levő vegyi anyagok, míg a réz és az ezüst sokkal jobban ellenáll ezeknek. Mivel ezek a vegyi anyagok „eszik” a fémet, így azon rozsdá keletkezik, ami felszívódik a környező talajban. Ez okozza azt, hogy talaj a fémtárgy közelében vezetőképessé válik, így a fémtárgy jóval messzebből észlelhető lesz a fémmérzővel, mint az pár évvel korábban volt. Ezzel párhuzamosan azonban a talaj elrozsdásodása a fémszerkezet helyének és elhelyezkedésének pontos meghatározását is megnehezíti.

Az átlagos felszíni fémkeresők a kisebb tárgyakat (például érem, gyűrű) max. 30–35 cm-ig képesek érzékelni vannak azonban erősebb modellek, amelyek nagyobb fémtárgyakat, például egy 10 cm átmérőjű tüzérségi lövedéket képesek akár 4–5 méter mélyen is érzékelni. A kereskedelmi forgalomban vásárolható fémmérzők ára általában arányban vannak a teljesítményükkel, tudásukkal és megbízhatóságukkal.

Összegzés, következtetések

A tanulmány bemutatja azokat a technikai eszközöket, amelyek jó hatékonysággal alkalmazhatóak a fémtartalmú robbanószerkezetek felderítésének érdekében. Számos olyan biztonsági terület van, ahol a fémmérző műszerek eredményesen alkalmazhatóak. Ide sorolható a kiemelt objektumok beléptetőpontjainak biztosítása, de eredményesen használhatóak a humanitárius akna- és lőszermentesítés, a tűzserész-biztosítás vagy akár a hadisírok felkutatása, illetve a hadtörténeti témájú hadszíntérkutatás területén is.

A katonai műveletekben is jól alkalmazhatóak a mozgástámogató műveletek során, például az útfelderítő és mentesítő csoportok⁴ eszközeiként gépjárműre szerelve vagy kézi használatlaltal.

Megállapítható azonban, hogy a szembenálló felek vagy ellenérdekelt csoportok technikai és taktikai fejlődésének következtében a robbanószerkezetek elkészítése közben egyre gyakrabban kerülnek a fémszerkezetek alkalmazását. Nagy mennyiségben gyártanak házilag készített robbanóanyagokat, és annak felhasználásával olyan rögtönzött robbanószerkezeteket készítenek, amelyek a fémtartalom hiánya vagy az alkalmazott eljárás miatt nem mutathatók ki a tanulmányban említett eszközökkel, illetve azok használata az adott körülmények között korlátozott.

Az ilyen szerkezetek kimutatására is kifejlesztettek technikai eszközöket, amelyek nagy hatékonysággal alkalmazhatóak önállóan vagy a tanulmányban említett eszközökkel kombinálva.

⁴ Útfelderítő és mentesítő csoport, Route Clearance Team.

Felhasznált irodalom

- [1] SZABÓ Sándor – TÓTH Rudolf (2012): Építmények robbantásos cselekmények elleni védelmének növelési lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. évf. Különszám, 14.
- [2] HATALA András – KELEMEN Ferenc (2003): *Jegyzet a katonai robbanótestek szerkezetének és működésének megismeréséhez és megértéséhez*. Budapest, Vitaliq Bt. 8.
- [3] KENDER Antal – MIKÓ Lajos (1983): *Műszaki záruk telepítése és leküzdése*. Budapest, Zrínyi Katonai Kiadó. 143.
- [4] SZOKOLAI Gábor – NÉMETH László (1993): *Terrorizmus. Robbanóanyagok az iparban, a hadseregben, pirotechnikai keverékek*. Budapest, Cedit Kft. 8.
- [5] SZOKOLAI Gábor – NÉMETH László (1993): *Terrorizmus, álcázott eszközök*. Budapest, Cedit Kft. 11.
- [6] *FM 5-31, Booby Traps* (1965). Washington D.C., HQ Department of the Army. 4.
- [7] *Mű/41, a Magyar Honvédség Tűzszerész Szabályzata*, I. rész, (2014). I-2,1.2.12, Magyar Honvédség.
- [8] *Lőszer, robbanóanyag és pirotechnikai ismeretek* (1986). Budapest, BM Könyvkiadó.
- [9] *Robbantási alapismeretek* (1995). A Készenléti Rendőrség kiadványa, jegyzet, Budapest. 16.
- [10] *Pirotechnikai alapismeretek* (2002). Tanfolyami jegyzet a pirotechnikus képzéshez, Budapest, Pyrotechnik Kft. 7.
- [11] *Improvised Explosive Devices Technical Exploitation Lexicon* (2017). Norfolk, NATO ACT. 12.
- [12] A műszaki felkészítő alosztály oktatási anyaga a robbantás foglalkozás vezetői tanfolyam anyagához (2017). MH Altiszti Akadémia, Kinizsi Pál Altiszti Oktatási Osztály, PPT előadás, Szentendre.
- [13] *Fémkereső*. Forrás: <https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A9mkeres%C5%91> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 14.)
- [14] *Hogyan működnek a fémkereső műszerek?* (2013). Forrás: www.metector.hu/hogyan-mukodnek-a-femkereso-muszerek (A letöltés dátuma: 2018. 11. 22.)
- [15] *Detectors past, present and future* (2016). Forrás: www.icmj.com/magazine/print-article/detectors-past-present-and-future-3466 (A letöltés dátuma: 2018. 11. 27.)
- [16] *Garrett fémkeresők*. Forrás: www.metector.hu/products-page/garrett-kezi-femkereso-femdetektor/garrett-super-scanner-v-kezi-femkereso (A letöltés dátuma: 2018. 11. 27.)
- [17] *A tökéletes biztonságért*. Forrás: zandz.hu/a-tokeletes-biztonsagert-femkereso-kapu-kezi-femkereso (A letöltés dátuma: 2018. 11. 26.)
- [18] *Garrett PD 6500i fémdetektor kapu*. Forrás: www.metector.hu/products-page/ki-es-beleptetes/garrett-pd-6500i-femdetektor-kapu (A letöltés dátuma: 2018. 11. 27.)
- [19] *How metal detectors work?*. Forrás: <https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/metal-detector5.htm> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 26.)
- [20] *A fémdetektálás alapjai*. Forrás: www.muszeroldal.hu/measurenotes/femdetektalas.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 11. 19.)
- [21] Principles of understanding a metal detector. Forrás: www.nuggethunting.com/detector_technology.htm (A letöltés dátuma: 2018. 11. 22.)
- [22] *Pulse Induction metal detector with DSP*. Forrás: www.lammertbies.nl/electronics/PI_metal_detector.html (A letöltés dátuma: 2018. 11. 27.)
- [23] A Review of Sensing Technologies for Landmine Detection: Unmanned Vehicle Based Approach. Forrás: http://www-ist.massey.ac.nz/conferences/icara2004/files/Papers/Paper70_ICARA2004_401_407.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 11. 26.)
- [24] *Impulzus üzemű fémkereső készlet*. Forrás: www.biznet1.com/treasuresearch/stinger2.html (A letöltés dátuma: 2018. 11. 25.)
- [25] *IB-fémkeresők működési elve*. Forrás: <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=575231.0> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 23.)
- [26] *IMP-típusú indukciós aknakutató műszer*. Forrás: guns.allzip.org/topic/216/1404984.html (A letöltés dátuma: 2018. 11. 27.)
- [27] *BFO-rendszerű fémkeresők*. Forrás: www.talaju.com/%D9%81%D9%84%D8%B2%DB%8C%D8%A7%D8%A8-jeotech/ (A letöltés dátuma: 2018. 11. 27.)