

# Felkészülés a 210 C°-nál melegebb nagymélységű fúrások rétegmegnyitási munkáira\*

DERES JÁNOS — BENCZ GYÓZŐ

Beszámoló azokról a munkákról, amelyeket az utóbbi években hazánkban a magasabb hőmérsékletek mellett végrehajtandó rétegmegnyitások előkészítésére végeztek. A munka legfontosabb fázisai voltak:

1. A rétegmegnyitást jellemző paraméterek megállapítása a nagymélységű fúrásokban.
2. A felhasználható robbanóanyagok felkutatása, az optimális anyag kiválasztása.
3. A kiválasztott anyag laboratóriumi előállítása és robbantástechnikai jellemzőinek megállapítása.
4. A megfelelő töltetek, robbantózsínórok és gyutacsok kísérleti előállítása.
5. Bevizsgálás.
6. Terepi kísérleti felhasználás.

A vizsgálatok eredményeképpen előállították a TEDILÉN és TERMAZID nevű robbanóanyagokat, melyek csaknem valamennyi szempontból kielégítők (gazdaságosság, teljesítmény) és csak kisebb mértékű további tökéletesítést igényelnek.

<sup>\*)</sup> В статье описываются работы, проведенные за последние годы для подготовки перфорации пластов в условиях высоких температур. Основные фазы этой работы:

1. Определение параметров, характерных для перфорации пластов в глубоких скважинах.
2. Изучение различных используемых взрывчатых веществ и выбор оптимального.
3. Создание выбранного вещества в лабораторных условиях и определение его технических характеристик.
4. Опытное создание соответствующих зарядов, взрывных шнуров и детонаторов.
5. Испытание веществ.
6. Опытное испытание в полевых условиях.

В результате проведенных исследований были созданы взрывные вещества, полученные название ТЕДИЛЕН и ТЕРМАЗИД, которые оказались удовлетворительными почти во всех отношениях (экономичность, производительность) и не требуют дальнейшего значительного совершенствования.

Es wird über Arbeiten berichtet, die in Ungarn in den letzten Jahren im Interesse einer Vorbereitung der Ausführung von Schichtenaufschliessung bei sehr hohem Temperaturen angestellt wurden. Die wichtigsten Phasen der Arbeiten waren dabei:

1. Feststellung der die Schichtenaufschliessung charakterisierenden Parameter in den über-tiefen Bohrungen;
2. Aufsuchen der sich zur Benützung anbietenden Sprengstoffe und Auswählen des optimalen Materials;
3. Laboratoriumsherstellung des ausgewählten Materials und Feststellung seiner sprengtechnischen Charakteristiken;
4. Versuchsweise Herstellung der entsprechenden Ladungen, Zündschnure und Zündungskapsel;
5. Zulassungsteste;
6. Versuchsanwendung im Felde.

Als Resultat der Arbeiten wurden die Sprengmaterialien TEDILEN und TERMAZID erarbeitet, die aus fast allen Gesichtspunkten den Anforderungen genüge leisten, (Wirtschaftlichkeit, Leistungsfähigkeit) und nur geringer weiterer Vervollkommnung bedürfen.

\* Elhangzott az OMBKE Bányászati Robbantástechnikai Szakbizottsága és a MGE közös rendezésében 1972. június 14-én megtartott „Geofizikai robbantások” tárgyú előadói napon.

A nagymélységű üledékes medencék közvetlen (mélyfúrásokkal történő) kutatásának megindulása Magyarországon szinte reménytelen helyzetbe hozta a mélyfúrási geofizika perforálással, föld alatti robbantásokkal foglalkozó szakembereit. 1966-ban ugyanis a rendelkezésre álló irodalmi adatok, legalábbis a geofizikusok által figyelemmel kísért és elsősorban alkalmazástechnikai közleményeket közlő szaklapok még csak a hexogén és oktogén robbanóanyagok hőállóságával kapcsolatos vizsgálatokról szóltak.

A Schlumberger cég vezető robbantástechnikai szakembere 1963-ban írt munkájában [1] az oktogén alkalmazását 221 C°-ig leírja, de az anyag nevét magát még titokban tartja és indítására is csak egy 204 C°-ig hőálló, tehát hűtendő gyutacsot említ. Ugyanezen szakember az 1967. évi VII. Olaj Világkongresszuson [2] 220 C°-t ad meg a mély kútakban addig észlelt legnagyobb perforálási hőmérsékletként (eltekintve a gőzbenyomó kútaktól, melyekben azonban különleges hűtést alkalmaznak).

E feltételek között tettünk kísérletet 1966-ban az oktogén alkalmazási határánál (210–220 C° időtartamtól függően) magasabb hőmérsékletek mellett végrehajtandó rétegmegnyitások előkészítésére. E dolgozat célja az ilyen irányú munkák ismertetése.

*A munka legfontosabb fázisai:*

1. A rétegmegnyitást jellemző paraméterek megállapítása a nagymélységű fúrásokban.

2. A felhasználható robbanóanyagok felkutatása és az – előállítás, ár, teljesítmény és egyéb jellemzők szempontjából – optimális anyag kiválasztása.

3. A kiválasztott anyag laboratóriumi előállítása és robbantástechnikai jellemzőinek megállapítása.

4. A robbantástechnikai jellemzőket is figyelembe vevő üreges töltetek, robbanószinórok és gyutacsok kísérleti előállítása.

5. Bevizsgálás.

6. Terepi kísérleti felhasználás.

Ez a sorrend nem időrendi, hanem logikai, hiszen a rétegmegnyitást nagy hidrosztatikus nyomás és magas hőmérséklet mellett befolyásoló tényezők vizsgálatához előbb létre kellett hozni a szükséges berendezéseket és eljárásokat, sőt magát a rétegmegnyitást végző robbantószereket is, mert az irodalom néhány évvel ezelőtt ezt még nem tárgyalta. Az első részletes munka e tárgyban 1969-ben jelent meg a Szovjetunióban [3], tehát akkor, amikor már az első 260 C°-ig hőálló magyar perforátorok vizsgálata folyamatban volt.

A nagy mélységben végzendő perforálásoknál a legsúlyosabb problémát a magas hőmérséklet és a nagy nyomás okozza. A hőmérséklet a felhasználható robbanóanyagoknál döntő tényező, erről később bővebben szólunk, de a megnyitandó réteget alkotó kőzet deformációval szembeni ellenállását is befolyásolja. A magas hőmérséklet megváltoztatja a nyomószilárdságot, a rugalmassági moduluszt és a folyáshatárt. A nagy mélység befolyása a nyomásra kettős: a nagy kőzetnyomás növeli a kőzetek szilárdságát, viszont a telítettségrel kapcsolatos hidrosztatikus nyomásemelkedés csökkenti azt. Befolyásoló tényező még a perforátor és a béléscső közötti folyadékkréteg minősége, vastagsága és nyomása. A minőség alatt elsősorban a fajsúlyt értjük, a növekvő iszapfajsúly rontja a behatolási mélységet, a vastagság növekedése szintén. Az iszapréteg nyomása, mint befolyásoló tényező, sokáig vita tárgyát képezte. Szovjet vizsgálatok

alapján ma már biztos, hogy a folyadékrétegbe behatoló kumulatív sugár tengelyirányú nyomása 100-szorosa az iszapréteg nyomásának, viszont a sugár által a folyadékban nyitott csatorna falait távoltartó laterális nyomás már összemérhető vele. A sugár laterális nyomásánál nagyobb iszapnyomásnál a folyadékban levő csatorna összezárul, befogja a kumulatív sugár hátsó részét és csökkenti a behatolási mélységet. A nagy hidrosztatikus nyomás a perforáció átmérőjét befolyásolja a legnagyobb mértékben. Az átmérő-csökkenés 1200 atm-nál kb. 30–35%-os.

A kedvezőtlen rétegenyitási feltételek tehát a hexogénnél is jobb anyagot követelnének. Mi viszont a tényleges helyzet a megfelelő robbanóanyagok terén?

A kérdés átfogó értékelése érdekében az OKGT 1967-ben megbízta az MTA Gázreakciókinetikai kutatócsoportját és a Szegedi József Attila Tudományegyetem Általános és Fizika-kémiai tanszékét egy tanulmány elkészítésével, amely a szakirodalom alapján feltárta a 200 C°-nál magasabb hőmérsékleten ipari használatra alkalmas ismert robbanóanyagokat.

Ezen tanulmány alapján, amely az ún. primer és szekunder robbanóanyagokat egyaránt felölelte, jelöltük ki a konkrét fejlesztési feladatokat.

A primer – azaz iniciáló – robbanóanyagként a jól ismert ólomazid alkalmazása különleges körülmények betartása mellett megfelelőnek bizonyult.

Meg kell azonban jegyezni, hogy a támasztott igények ennél az anyagnál maximálisak, magasabb hőmérséklet vagy hosszabb időtartamú hőhatás esetén ennek az anyagnak az alkalmazása már nem nyújt megfelelő biztonságot.

A szekunder anyagok közül a hiányos irodalmi adatok figyelembevételével több, egymástól az alkalmazhatóságot illetően lényegesen nem különböző anyag is szóba jöhetett volna. Ezek a dipikriilszulfon, dipikriilszulfid, hexanitrodifenil, 2, 4, 6-trinitro-metafeniléndiamin, ólom-etilén-dinitramin. Ezeknél azonban, hasonlóan az ólomazidhoz, az általunk támasztott követelmények alkalmazhatóságuk felső határát, vagy egy kevéssel ennél többet is jelentettek.

Egy nemrégén felfedezett robbanóanyag lényegesen felülmúlta az előbbieket hőstabilitását, ez volt a *TACOT*, amelyet az amerikai Du Pont-nál fejlesztettek ki. Ennek a bonyolult felépítésű brizáns robbanóanyagnak az olvadáspontja 410 C°, olvadáspontján bomlik, de pl. 320 C°-on két óráig tárolva alig veszít robbantástechnikai tulajdonságából. Ez a hőstabilitás a szerves vegyületeknél is eléggé szokatlan, fokozatosan áll ez a robbanóanyagoknál. Jellemző, hogy ezt a szakemberek – de magunk sem – akartuk elhinni addig, amíg erről a kísérleti tények meg nem győztek.

Hőstabilitásával csak az ára vetekszik, legutolsó irodalmi adat szerint 380 \$/pound és nemcsak, hogy embargós cikk, hanem még az USA-ban sem kapják a felhasználók másként, mint robbantási eszközökbe töltve.

Szekunder-robbanóanyag-fejlesztési programunkban ennek az előállítást és alkalmazását állítottuk be két okból:

1. A várhatóan, távlatilag megnövekvő hőstabilitási igényeket ezzel az anyaggal hosszú időre ki tudjuk elégíteni.

2. Viszonylag gyorsan megoldottuk az anyag olyan szintézis menetét, amelynek segítségével jobb hatásokkal, tehát olcsóbban elő tudjuk állítani olyan mennyiségben, amely a hazai szükségleteket fedezi.

Itt szeretném megemlíteni, hogy az irodalom feltárása óta eltelt mintegy öt év, de ennél az anyagnál nagyobb hőtürrőképeségű robbanóanyag kifejlesztéséről máshol nincs tudomásunk.

Jóval kevésbé stabil a Szovjetunióban használatos tritri-nitrofenilamin (NFTA) vagy az USA-ban a Gemini- és Apolló-programban alkalmazott hexanitro-stilbén (HNS).

Az előállítás bonyolult ugyan – a teljes szintézis hét egymást követő szintézis-lépcsőből áll – de teljesen veszélytelen és egyetlen lépéstől eltekintve szokványos, a vegyiparban használatos készülékek alkalmazásával megoldható.

A magas árat az előállítás nagy anyag- és munkaigényessége indokolja. Egyetlen kg előállításához, mintegy 340 kg nyers- és segédanyag felhasználása szükséges. A magas ár természetesen összefügg a viszonylag kis mennyiségű szükséglettel is.

Az általunk előállított és *TEDILÉN* néven forgalomba hozott robbanóanyag jó tulajdonságai közé tartozik még a kezelés biztonsága (2 kg-os ejtőkalapáccsal mérve az ütőérzékenysége 40 cm, dörzsölésre nem érzékeny, elektromos szikra iránt is érzéketlen), préselésnél csaknem az elméleti sűrűség érhető el és nem préselhető „agyon”, levegőn állandó, nedvesség-felvétele 80 relatív %-os térben tárolva sem mérhető, fémekkel nem lép észrevehető kölcsönhatásba még magas hőmérsékleten sem.

Ezt jól illusztrálja az, hogy rézcsőben „zsinór”-ra húzva a réz e mechanikai hatás következtében rideggé válik, amit ezután 300 C°-on történő hőkezeléssel szüntetnek meg (ennél természetesen már robbanóanyaggal van töltve a rézcső).

Amit az anyag árán kívül még kifogásolni lehet, az a mérsékelt detonációs sebesség. Ez 6900 m/sec körül van 1,69-es térfogatsűrűség esetén, ami jóval alatta van a hexogén vagy az oktogén detonációs sebességénél (8300 m/sec). A kívánt nagy perforáló hatás viszont ennek függvénye.

A jelenleg folyó fejlesztési munkák fő törekvése e két tényező javítása. 1971-ben kifejlesztettünk egy szerkezetileg teljesen új felépítésű robbanóanyagot, a *TERMAZID*-ot, amely várhatóan olcsóbb, mint a *TEDILÉN*, hőstabilitásban és detonációsebességben pedig ezt felülmúlja.

A *TERMAZID* olvadáspontja 420 C°, 325 C°-on tárolva 4<sup>n</sup> után még kifogástalanul indítható, detonációs sebessége pedig mintegy 200 m-el nagyobb a *TEDILÉN*-énél – azonos térfogatsűrűség mellett.

A megfeszített vegyészeti fejlesztő-munkával párhuzamosan folytak az új anyag robbantástechnikai vizsgálatai, a gyutacsfejlesztés, a robbanózsinór és üreges töltet szerkesztési kísérletei. A gyutaccsal kapcsolatos legfontosabb nehézségek a következők voltak:

- a szigetelő prespán 260 C°-on bomlik;
- a vezetékek forrasztó-ónnal nem rögzíthetők;
- a mártómassza-kötőanyagként használt nitrocellulóz az ólomaziddal együtt tárolva nem hóálló;
- a csak mikrokristályos ólomaziddal töltött gyutacs gyenge;
- a tedilén nehezen tölthető és préselhető.

Az egyes részfeladatokat rendszeres és gondos kísérletek után megoldottuk. Jelenleg a Bányászati Kutató Intézet szakvéleménye alapján üzemi kísérletekre engedélyezte az Országos Bányaműszaki Főfelügyelőség a *HEG 260* megnevezésű villamos gyutacsot, amely alumínium hüvelybe töltött, legalább 0,6 g tedilénből, mint robbanótöltetből és legalább 0,5 g dextrines ólomazidból,

mint indítótöltetből áll. A gyújtófeje váza teflon szigetelésű, a rögzítődugó szilikonumi. A gyutacsvezeték rögzítése kis átmeneti ellenállású préskötéssel, a szélesített saru és a vezeték nagy présnyomáson történő megfolytatásával történik. A gyutacs 260 C°-on tárolva is megbízhatóan indítja a tedilénnel töltött robbanózsínort.

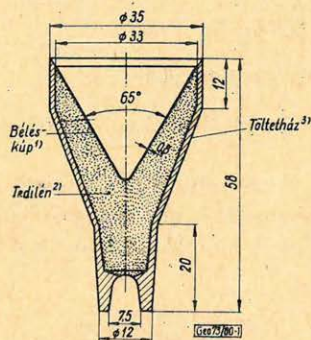
A robbanózsínor kb. 0,4 mm falvastagságú húzott, lágy alumínium cső, melyben legalább 17 g/m tediléntöltet van. Detonációs sebessége Dautrich módszerrel mérve 5900–6000 m/s. Térfogatsűrűsége 1,4 g/cm<sup>3</sup>. A robbanózsínort csak szakaszosan, legfeljebb 4 m hosszban lehet gyártani. A tedilénes perforátort az előírt hőtárolás után is megbízhatóan indítja. Hátránya merevsége, amely azonban a perforátor célszerű elhelyezésével jelenleg mégsem zavar, legfeljebb a szállítás tér el a hajlékony, dobra csévélhető robbanózsínorokétól.

A robbanóanyag gyártási eljárásának kísérletezése, az optimális kihozatalt adó összes paraméter meghatározása után az extrém felhasználási viszonyok miatt a perforáló üreges töltet elméleti és gyakorlati megalkotása volt a legbonyolultabb feladat. Kezdetben a szovjet irodalomban [4] közölt hexogénre optimális töltetméretek alapján 1966-ban kifejlesztett, de gyártásra nem került ún. 100-as perforátor alumíniumházában préseltük a tedilént (1. ábra). Több, mint 1 évig vizsgáltuk a különböző adalékanyagok hatását a préselhetőségre, a présnyomás, a töltetkúp anyagának, vastagságának és alakjának hatását a teljesítményre. Kísérleteket végeztünk különböző sűrűségű szakaszokból felépített töltetekkel az iniciálhatóság növelése és a teljes detonációs sebesség eléréséhez szükséges idő/út, csökkentése érdekében. A 100-as házban készített perforátorokat, gyutacsals és robbanózsínórral együtt kiszállítottuk

Moszkvába és ott a VNII Geofizika autoklájában 1200 atm nyomáson és 260 C° hőmérsékleten bevizsgáltuk. Meg kell jegyeznünk, hogy időközben itthon is folytak vizsgálatok 260 C°-ra 80 C°/óra sebességgel felfűtött és ott 2 óra múlva ellőtt perforátorokkal, sőt megvizsgáltuk a behatolást a Bányászati Kutató Intézetben kifejlesztett kisméretű speciális autoklájban elhelyezett és 1200 atm nyomás mellett 260 C° hőfokra felmelegített szokványos acél céltárgyban is ugyanilyen nyomáson és hőmérsékleten levő vízrétegen keresztül.

A szovjet vizsgálatokat az Amerikai Petroleum Intézet szabványosított céltárgyban végezték, és mivel ez a végnyomáson és hőmérsékleten megfolyt, a korobcsejvi mészkőben folytatták. A vizsgálatok kisebb hibákat tártak fel a gyutacsnál (rossz vezetékrogzítés, állvamaradás). Viszonylag nagy volt a teljesítményszórás. Nagyon érdekes volt számunkra az az összehasonlítás, amelyet a szovjet fél a tedilénes és az általa kifejlesztett NTFA-val készült töltetek teljesítményadataira adott (1. táblázat).

A szovjet vizsgálatok véglegesen igazolták azt, hogy a tedilén kumulatív sugara képző üreges töltet készítésére alkalmas. A teljesítményadatok a szovjet és magyar perforátorok közel azonos minőségére mutattak rá.



1. ábra. Tediléntöltetű 100-as perforátor töltet

Рис. 1. Заряд перфоратора из Тедилена. 1 – конус полкадки, 2 – тедилен, 3 – корпус заряда

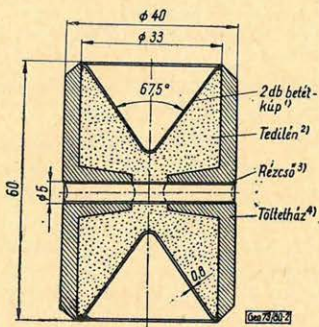
Abb. 1. Perforator mit einer Tedilen-100 Ladung. (1, 2 Stück Einsatzkegel, 2, Tedilen, 3, Messingrohr, 4, Gehäuse)

1	100-as tedilénés töltet 1.		NTFA töltet 2.	
	Behatolási mélység mészkőben mm	Átlagos lyukátmérő az acéltárcsán mm	Behatolási mélység mészkőben mm	Átlagos lyukátmérő az acéltárcsán mm
1200 kp/cm <sup>2</sup> , 260 C° ...	+39 76-29	8,5	—	—
1500 kp/cm <sup>2</sup> , 250 C° ...	—	—	13 66 ± 15 3)	7,0 3)
1200 kp/cm <sup>2</sup> , 250 C° ...	—	—	98	6,0

1. Töltetsúly 17,5 g – 2. Töltetsúly 21,3 g – 3. Csak egy vizsgálat adata.

A behatolási mélység és átmérő növelése érdekében felülvizsgáltuk az egész kumulatív sugárképződési mechanizmust, kísérletet tettünk több, az irodalomban ismertetett eljárás alkalmazásával. Ezek a következők voltak:

- a présnyomás növelése, a levegőzárványok térfogatának csökkentése a présszerszám előmelegítése útján. Eredmény: kismértékű teljesítményjavulás;
- ólomburkolat alkalmazása. Alig észrevehető a hatásvnövekedés. Kísérleteink azt mutatták, hogy e kisebb brizanciájú robbanóanyagnál a nagy tömegtehetetlenségű, de kis mechanikai szilárdsággal rendelkező ólom még a kumulatív sugár kialakulása előtt kitér a viszonylag lassan táguló robbanástermékek útjából;
- megkíséreltük a préstöltetet magas folyáshatárú acélburkolattal körülvenni. Ekkor a teljesítmény kb. 30 %-kal megnőtt;
- kísérleteket folytattunk két egytengelyű és egyszerre indított, de ellenkező irányba fordított üregnyílású töltettel, is, a teljesítménynövekedés a szóráson belül maradt.



2. ábra. Ikerperforátor

Рис. 2. Двойной перфоратор. 1 – 2 конуса полкладки, 2 – тедилэн, 3 – медная труба, 4 – корпус заряда

Abb. 2. Zwillingperforator (1. 2 Stück Einsatzkegel, 2. Tedilén, 3. Gehäuse)

ményét lényegesen fokozni. Így született meg a méretek optimalizálására készült több változat tapasztalatai után a jelenlegi tedilén ikerperforátor (2. ábra). E töltetkivitel előnyei:

- kis méret: átmérő 40, ill. 46 mm, hossz: 60 mm,
- nagy töltetsúly: 2 × 23 g,
- nagyobb lövéssűrűség az ikerelrendezés miatt,
- jobb iniciálhatóság a merev robbanózsín helyes vezetése és a zsinór és a töltet közötti minimális távolság miatt;

- nagyobb behatolási mélység (2. táblázat), mert az ikertöltet nagyszilárd-ságú burkolata megrövidíti a teljes detonációs sebesség eléréséhez szükséges utat, a nagy tömegtehetetlenségű burkolat pedig jó fojtást, azaz irányító hatást fejt ki a teljes értékű robbanás során. Az összetett burkolat passzív ellenerejéhez még a megfelelő távolságra levő és optimális vastagságú acélfallal elválasztott másik üreges töltet aktív ellenereje társul;

2. táblázat – таблица – Tabelle

Teljesítményadatok: szabványosított kombinált céltárgyban nézve

10–10 töltet	Behatolási mélység mm			Behatolási átmérő mm		
	Átlag	Max	Min	Átlag	Max	Min
1	2	3	4	5	6	7
100-as 18 g tedilén .....	83					
14–103 hexogén .....	169	209	85	9	14,6	6,9
Üvegházaz 20–23 g hexogén	111	172	60	7,9	10,0	7,0
Alum. házas 14 g hexogén	90	119	60	9,8	11,3	7,1
100-as 22 g hexogén .....	197	309	133	10,3	13,2	8,4
T 2×23–103* .....	124	144	111	10,0	10,8	8,6

\* Hőtárolás után mérve.

- nagyobb csatorna-átmérő, amely ugyanazokra az okokra vezethető vissza, mint a nagyobb behatolási mélység;  
 – kis teljesítményszórás a jól kézben tartható, azonos gyártási feltételek miatt (3. táblázat).

3. táblázat – таблица – Tabelle

A 00,22 minőségű acéllemezekben mérve

10–10 töltet	Átütési mélység mm			Behatolási átmérő mm		
	Átlag	Max	Min	Átlag	Max	Min
1	2	3	4	5	6	7
T 2×23–103						
Hőtárolás után .....	51	60	39	13,2	14,5	12,8
Rázópróba után .....	50	54	48	13,6	14,2	13,2
Nedves tárolás után .....	49,4	55,4	45	13,3	14,0	12,6
100-as 22 g hexogén .....						
Hőtárolás után .....	68,4	75	66			
Rázópróba után .....	72	75	63			
Nedves tárolás után .....	63,6	69	60			

## IRODALOM

- [1] Bell, W. T.: Perforating High-Temperature Wells. Petr. Trans. Reprint Series No. 5. 1963.  
 [2] Bell, W. T.: Recent Development in Perforating Techniques. Seventh World Petroleum Congress, Vol. 3. 1967.  
 [3] Baum, F. A. és társa: Hőálló robbanóanyagok és ezek működése nagymélységű fúrólukakban (oroszul). Nyedra 1969. Moszkva.  
 [4] Vicényi, E. M.: Kumulatív perforátorok... (oroszul) Nyedra 1965. Moszka.