

Különleges fúrási, kútkiképzési, kútjavítási technológiák, anyagok és eszközök 7. – Hibrid fúrók

ID. ŐSZ ÁRPÁD okl. olajmérnök, okl. menedzser szakmérnök



A szénhidrogén-telepek kutatása és feltárása egyre bonyolultabb földtani szerkezetek, egyre összetettebb formációk és közbetelepült – kemény és puhább kőzetek váltakozása – rétegsorok átfúrásával lehetséges. Ezekhez a fúrók kiválasztása is egyre nehezebb, hisz amelyik fúró megfelel a puha kőzetben, az nagyon hamar tönkremegy a kemény kőzetben, illetve amelyik fúró előhaladása jó a kemény kőzetben, az nem halad a puhább kőzetben. Ennek a kettősségnek a feloldására fejlesztették ki az utóbbi években a hibrid fúrókat.

Bevezetés

Kiméra (görögül *Khimaira*, latinul *Chimaera*, angolul *Kymera*) nőstény szörnyalak az ókori görög mitológiában. Szülei *Tüphón* és *Ekhidna*, testvérei a *Hüdra*, a *Szfinx*, a *Kerberosz* és talán a nemeai oroszlán is. A Kiméra olyan lény, amely több élőlény „összekevert” eredménye (1. ábra).



1. ábra: Kiméra ábrázolása i.e. 350 körül – Szobor

A kiméra fogalma a biológiában genetikai mozaikra utal, ezek közül is azokra az élőlényekre, akik két-nél több ivarsejtből jöttek létre. Általános fogalomként használva a kiméra olyan dolgot ír le, amely több különböző forrás tulajdonságait egyesíti magába.

Hibrid (görögül-latinul *Hibrid*, angolul *Hybrid*) szó eredeti jelentése vegyes, felemás, keresztezett,



2. ábra: Kentaur ábrázolása a görögöknél – Tálkép

akik kettőnél több ivarsejtből jöttek létre, félvér, több összetevőből álló. Általában nem természetes módon jön létre a két vagy több tárgy, fogalom, élőlény részeiből összetett új forma. A görög mitológia kentaur-jaitól (2. ábra) a legújabbban film-

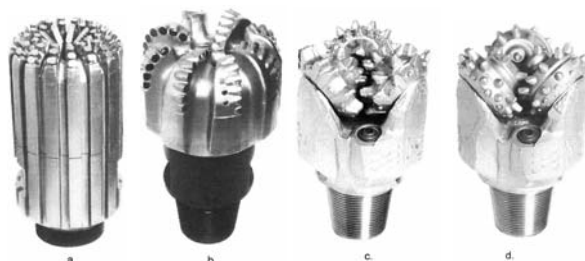
vásznon bemutatott Avatarig az emberi képzelet minden korban eljátszott a hibrid élőlények gondolatával.

A szénhidrogén-bányászatban használt fúrók

A szénhidrogén-bányászatban használt fúrók csoportosítása többféle szempont alapján történhet. Az egyik osztályozás, a lyuktalpon végzett mozgási viszonyaik szerint a fúrókat két csoportba lehet sorolni.

Az első csoportba azok a fúrótípusok tartoznak, amelyeknél a kőzetbontó elemek forgástengelye egybeesik a fúrósár forgástengelyével, azaz ezek a működő vágóélek a fúró testéhez mereven rögzítettek. A fúróttest mozgása szabatosan meghatározza a vágóélek helyzetét és mozgási pályáját. Ide tartoznak a *természetesgyémánt-fúrók* és a *mesterségesgyémánt-fúrók* (3. a és b ábra).

A második csoportot azok a fúrótípusok alkotják, amelyeknek a kőzetbontó elemei bonyolult forgómozgást végeznek. A bonyolult mozgás egy eredőmozgás, amelynek összetevői a fúrónak a fúrósár tengelye körüli forgó mozgása és a kőzetbontó elemeknek egy külön, saját tengelye körüli mozgása. Az előbbi mozgás meghatározott jellegű, míg az utóbbi szabad mozgás. Ebbe a csoportba a *görgős fúrók* tartoznak (3. c és d ábra).

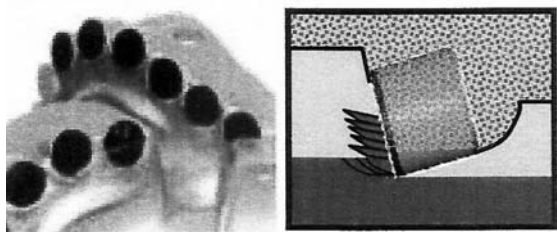


3. ábra: Teljes szelvényű fúrók: a: Természetesgyémánt-fúró; b: Mesterségesgyémánt-fúró; c: Martfogazású görgős fúró; d: Keményfémfogazású görgős fúró

Egy másik osztályozás szerint a fúrók az elvi működés, a kőzetbontó elemek és a kőzetbontás módja szerint *természetesgyémánt-fúrókra*, *mesterségesgyémánt-fúrókra*, *martfogazású görgős fúrókra* és *keményfém-fogazású görgős fúrókra* oszthatók.

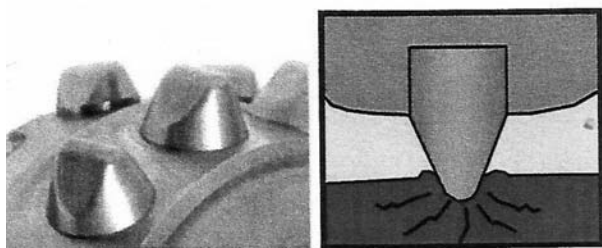
A természetesgyémánt-fűrők terhelésekor a gyémántszemek a kőzet keménységétől függően több-kevesé behatolnak a kőzetbe és a fűrő elforgatásakor a forgatónyomaték hatására kőzetforgácsot, kőzetszilánkot vágnak, hasítanak ki a kőzetből.

A mesterségesgyémánt-fűrők a kőzetbontó elemek (műgyémánt lapok) sztatikus terhelésével és a fűrővel közölt forgatónyomatékkal vágják, hasítják a kőzetet, folyamatos kőzetleválasztást hoznak létre a talpról. A sport világából hozott hasonlaltal ez olyan, mint amikor egy korcsolyázó hirtelen fékezéssel vagy irányváltással a korcsolya élével vágja a jeget (4. ábra).



4. ábra: Mesterségesgyémánt-fűrők kőzetbontása

A fúrási művelet során a görgős fűrők fűrőtestében elhelyezett tengelyeken csapágyazott fűrőgörgők legördülései a fogak felütésével aprítja a lyuktalpi kőzetet. Sporthasonlaltal élve ez olyan, mint amikor egy labdarúgó vagy rögbi játékos a sportcipő alján lévő stoplival (bőrszeggel) futás közbeni irányváltáskor vagy fékezéskor a gyepszőnyegből kifordít egy darabot (5. ábra). [1, 2, 3]



5. ábra: Keményfémfogazású görgős fűrők kőzetbontása

Hibrid fűrők

A hibrid fűrők gondolata már az 1930-as évek elején felmerült, azonban az akkori technikai és technológiai színvonal a megvalósítását nem tette lehetővé. Azonban a 21. század műszaki fejlettsége már elérkezett oda, hogy az utóbbi években megjelentek a hibrid fűrők.

Kymera™ hibrid fűrő

A Baker Hughes csoporthoz tartozó Hughes Christensen fűrőgyártó cég 2010 negyedik negyedében mutatta be és indította útjára a Kymera™ hibrid fűrőt. Az első 12 1/4" méretű hibrid fűrő Braziliában 90%-kal nagyobb fúrási sebességet és 20%-kal hosszabb élettartamot ért el, mint az összehasonlító fúrás, illetve három darab görgős fűrőt tudott helyettesíteni.



6. ábra: Kymera™ hibrid fűrő

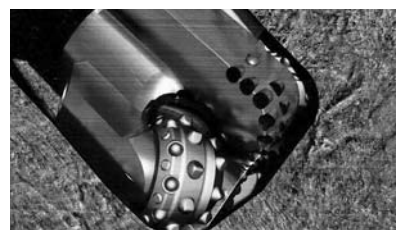
legjobb tulajdonságait, mintegy hidat képezve közöttük (7. ábra).

Alkalmazása:

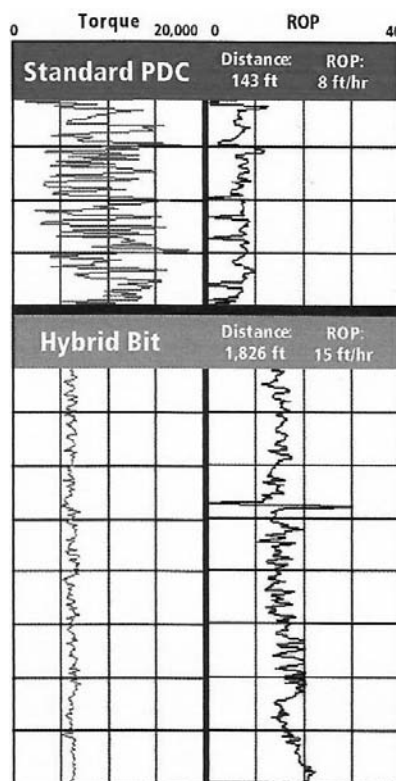
- kemény és köz-beteleplült (ahol kemény és puhább rétegek váltakoznak) formációkban;
- kovakő (chert) fúrására,
- irányított ferde- vagy függőleges fúrásokban; és
- olyan fúrásokban, ahol nagy forgatónyomaték és fűrőszárrengés várható.

Tulajdonságai és előnyei:

- Kettős kőzetbontási mechanizmus egyesített hatása miatt növekszik az előhaladási sebesség, csökkenthető a fűrőterhelés, jobb az irányíthatóság, kisebb és egyenletesebb a fúrási nyomtaték, csökken a torziós (csavaró) lengés és a tengelyirányú rezgés (8. ábra).
- Kiegyensúlyozott lyuktalpi dinamika miatt megnő a fűrőlyuk stabilitása, a fűrő élettartama és a fúrási hatékonyság.



7. ábra: Kymera™ hibrid fűrő kőzetbontása



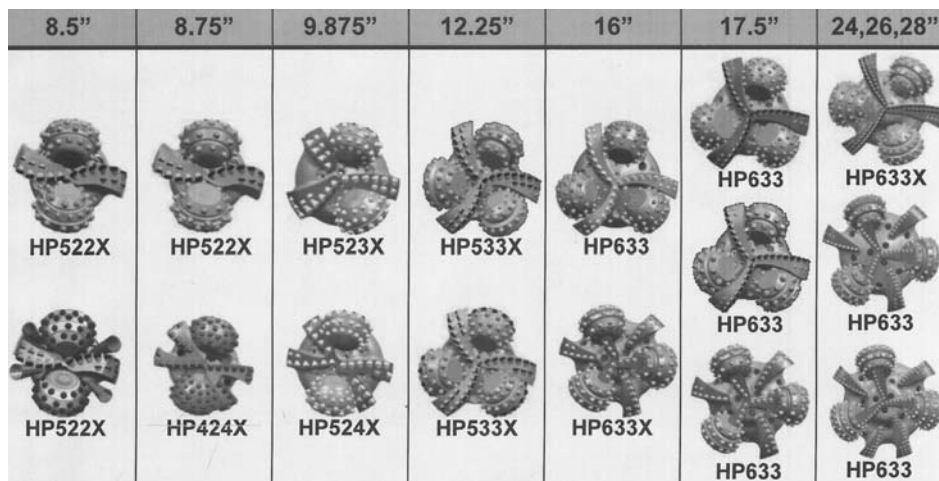
8. ábra: Fúrási nyomtaték és előhaladás összehasonlítás a mélység függvényében

Standard PDC = Szabványos mesterségesgyémánt-fűrő; Hybrid Bit = Hibrid fűrő; Torque = Fúrási nyomtaték; ROP = Előrehaladás; Distance = Egy fűrővel lefúrt hossz; ft = láb (1láb = 0,30479 m); ft/hr = láb/óra = 0,30479 méter/óra

– Továbbfejlesztett csapágy és tömítés miatt maximális a tömítés megbízhatósága és hosszabb a fúró élettartama.

– „StaySharp” polírozott mesterségesgyémánt-lapok alkalmazásával tökéletesebb lesz a fúrási hatékonyság a fúró labdásodásának csökkenése miatt.

A hibrid fúró gyártása jelenleg 8 1/2”-28” méret között történik, különböző technikai kivitelezéssel, elnevezéssel: HP vagy KM vagy KG előnévvel (9. ábra).



9. ábra: Kymera™ hibrid fúró gyártási méretsora és típusai

Néhány nemzetközi alkalmazás



10. ábra: 26” Kymera™ hibrid fúró: Beépítés

A teljesség igénye nélkül néhány nemzetközi alkalmazást érdemes megnevezni:

Mexikói-öböl (USA): Logan-mező, operátor STATOIL, 26” fúró, 19 mm-es mesterségesgyémánt vágólapok, fém-a-fém tömítéses fúrógörgők, függőleges fúrás durvatörmelék üledék és só váltakozó formáción keresztül, az előhaladás 26%-kal nagyobb volt, mint az összehasonlító fúrásokban (10. ábra).



11. ábra: 26” KM633F hibrid fúró állapota 1144 méter fúrás után

Kolumbia:
A talpi fúrómotorral meghajtott 8 1/2”-es fúró (11. ábra) 140 méter kemény konglomerátumban és 375 méter váltakozó agyagkő, agyagpala, aleurolit és homokkő réteg közé betelepült pirit és márga rétegeket fúr át, összesen 515 métert 10 m/óra sebességgel, és ezzel mintegy 86 órát és 250 000 USD-t takarított meg.

Bolivia: Dél-Bolivia, Andok-közeli, Margarita-

mező (MGR), REPSOL automatizált irányított függőleges fúrásai 24” és 17 1/2” hibrid fúróval Karbon-kori közbetelepült formációkban (agyagkő: diamittit, homokkő és pilit betelepülésekkel, valamint homokkő: konglomerátum és pilit betelepülésekkel).

Az MGR-6. jelű fúrásban 3 db 24”-es hibrid fúrot használtak fel 990 méter hosszban, elért eredmények:

- egy fúróval lefúrt hossz 2,4-szeresére nőtt;
- előhaladási sebesség 2,5-szeresére nőtt;
- MGR-4. fúráshoz képest 14 napot takarítottak meg;
- MGR-5. fúráshoz képest 20 napot takarítottak meg;

- teljes költségmegtakarítás 2 000 000 USD.

17 1/2”-es hibrid fúróval elért eredmények:

- egy fúróval lefúrt hossz 4,6-szorosára nőtt;
- előhaladási sebesség 2,7-szeresére nőtt;
- MGR-4. fúráshoz képest 24 napot takarítottak meg;
- MGR-5. fúráshoz képest 33 napot takarítottak meg;
- teljes költségmegtakarítás 3 300 000 USD.

Brazília: PETROBRAS területén, 9-LL-7-RJS jelű fúrásban, sódóm-előtti

közbetelepült szakasz fúrása 26” KM633F hibrid fúróval (3 fémtömítéses csúszó csapágyazású keményfém-fogazású fúrógörgő, 3 vágóél 19 mm-es mesterségesgyémánt-lapokkal, 9 fúvóka és optimalizált hidraulika) 2217-3361 méter között (1144 méter hossz), fúrási idő 81,5 óra, előhaladási sebesség 14,1 m/óra. (11. ábra) Elért eredmények:

- előhaladási sebesség 1,5-szörösére nőtt;
- költségmegtakarítás a görgősfúróhoz képest 32%;
- költségmegtakarítás a mesterségesgyémánt-fúróhoz képest 28%.

Törökország: PERENCO operátor területén, Dél-Kelet-Törökország (iraki határ mellett), Diyarbakir-mező, Terdoken-2. jelű fúrásban, agyagos mészkő-mészkő-agyag rétegek közé betelepült radiolarit, kalcit és kovakő fúrása talpi fúrómotorral meghajtott 12 1/4” HP533PX hibrid fúróval (3 vágóél 16/13 mm-es mesterségesgyémánt-lapokkal, 3 elasztomertömítéses csúszó csapágyazású keményfém-fogazású fúrógörgő, 6 fúvóka és optimalizált hidraulika) (12. ábra) 328 métert, 4,2 m/óra előhaladási sebességgel. Elért eredmények:

- a hibrid fúró 5 keményfém-fogazású görgős fúrot váltott ki;
- előhaladási sebesség 2-szeresére nőtt;
- egyenletes előhaladási sebességgel tudta átfúrni a betelepült rétegeket;



12. ábra: 12 1/4” HP533PX hibrid fúró

- egy beépítéssel tudták megfúrni a 12 1/4"-es szakaszt.

Nyugat-Texas (USA): Cimarex Energy Co. együttműködve a Baker Hughes fúrógyártó társasággal a Permian-medence Reeves megye és Ward megye területén áthúzódó Wolfcamp-formáció (pala, agyagpala) talpi fúrómotorral végzett irányított ferdefúrással történt átfúrására 8 3/4" KM424 és KM624 típusú hibrid fúrókat használtak. A Reeves megyében lévő fúrásban 65°-os ferdeségnél 11,8 méter/óra előhaladást értek el az összehasonlító fúrásban elért 5,5 m/óra sebességgel szemben. A Ward megyében elért eredmény 70°-os ferdeségnél 16,3 m/óra volt, szemben az összehasonlító 5,6 m/óra előhaladással, 3353 méter és 3658 méter között (13. ábra).



13. ábra: 8 3/4" KM424 hibrid fúró állapota fúrás után

Pennsylvania (USA): Northerm PA Marcellus-mezőben 17 1/2"-es HP633 típusú hibrid fúróval 24 métertől 224 méterig 17,5 m/óra előhaladási sebességet értek el, kétszeresét, mint a keményfém-betétes görgős fúróval.

MOL-Kalegran alkalmazás

A MOL-Kalegran Bijell-2. jelű fúrásában (Akri-Bijell Block, Kurd Regional Government, Irak) került sor 24" Kymera™ HP633X típusú hibrid fúró alkalmazására a Felső és Alsó Fars formációban. [4]

- Felső Fars formáció (466-1448 m) (Középső- és Alsó Miocén): Ebben a formációban homokkő, agyag, néha aleurolit rétegek váltják egymást. A homokkő finom- és nagyon finom szemcsés, puha, kemény, néha szilárd, néha morzsolható, meszes kötőanyagú. Az agyag puha vagy nagyon puha, ragadós, kimosható, amorf, meszes, néha kavicsos. Az aleurolit közepesen kemény, tömbös, csekély áteresztőképességű, néha homokos, meszes, kissé agyagos, anhidrid betelepülésekkel.
- Alsó Fars formáció (1448-1722 m) (Alsó Miocén): Ebben a formációban mészkő és agyagkő rétegek váltakoznak anhidrid betelepülésekkel. A mészkő közepesen kemény, legömbölyödött szemcséstől a szögletesig váltakozik, néha lemezes felépítésű. Az agyagkő a puhától a közepes keménységűig változik,

legömbölyödött vagy szögletes lehet, néha lemezes, erősen meszes és könnyen megfolyik. Az anhidrid tejfehér, néha szürkés, nem átlátszótól a részben átlátszóig váltakozik, közepesen kemény, legömbölyödött vagy szögletes lehet, szappanos szövetű.

Látható, hogy mindkét formációban közbetelepült, puha – közepesen kemény – kemény rétegek váltják egymást.

A felhasznált 24"-es fúrók eredményeit az 1. táblázat mutatja, amely alapján megállapítható, hogy a Kymera™ hibrid fúróval mind a martfogazású (IADC 115, 135), mind pedig a keményfém-fogazású (IADC 415, 445) görgős fúrókkal szemben

- a lefúrt hossz 2,00-8,92-szeresére nőtt;
- a fúrési idő 2,03-4,06-szeresére nőtt;
- az előhaladási sebesség 0,83-3,03-szorosára nőtt;
- az összes fordulat 2,74-4,26-szorosára nőtt.

Csupán a NOV/Reed T11 típusú IADC 115 kód-számú martfogazású görgős fúróval értek el 20%-kal nagyobb előhaladási sebességet (4,13 m/óra) a hibrid fúróval szemben (3,43 m/óra), azonban az ezzel a fúróval fúrt hossz 49,85%-a, a fúrési idő 41,39%-a volt csupán a hibrid fúróénak. Elmondható tehát, hogy a Kymera™ hibrid fúró alkalmazása az ilyen típusú formációkban célszerű.

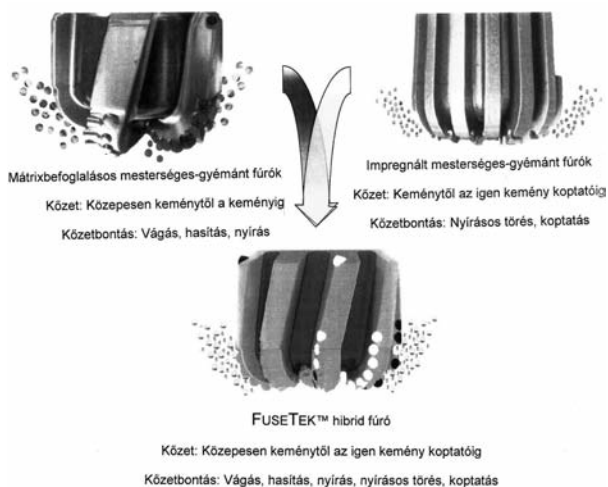
FUSETEK™ hibrid fúró

A National Oilwell Varco (NOV) Downhole társaság 2012-ben mutatta be a FUSETEK™ hibrid fúróját. Ez a fúró egyesíti az impregnált mesterségesgyémánt fúrók és a mátrixbefoglalásos mesterségesgyémánt-fúrók előnyös tulajdonságait, azaz maximálja a fúró élettartamát a nagyon kemény és koptató kőzetekben, valamint növeli az előhaladási sebességet a közepesen kemény és kemény, valamint közbetelepült (ahol kemény és közepesen kemény rétegek váltakoznak) formációkban (14. ábra). [5, 6]

- Az impregnált mesterségesgyémánt-fúrók (Dura Diamond®) kőzetbontó eleme szintetikus, polikristályos, de nem kompaktált mesterséges gyémánt. A gyémántszemcsék kis százaléka helyezkedik el csupán a működő felületen, a gyémántszemcsék többsége a mátrix belsejében foglal helyet, annak védelme alatt kezdetben nem vesz részt a kőzetbontó munkában. Ezekben a fúrókban több tízezer kisméretű mesterséges gyémánt van, amelyek közvetlenül a mátrixkeverékbe (szinterporba) vannak belesütve

Bijell-2. fúrásban felhasznált 24"-es fúrók

Gyártó	Típus	IADC kód	Beépítés m	Kiépítés m	Fúrt hossz m	Fúrési idő óra	Előhaladás m/óra	Összes fordulat	Állapot IADC
Schlumberger/Smith	MSDGHC	135	443	752	309	95,00	3,25	432 000	3-4-WT-A-4-5-ER-TQ
NOV/Reed	T11	115	752	1081	329	79,66	4,13	483 000	3-3-ER-A-4-I-WT-BHA
Hughes Christensen	HP633X		1081	1741	660	192,46	3,43	1 337 000	3-4-WT-A-F-I-BT-BHA
Schlumberger/Smith	GS18BC	445	1741	1815	74	65,34	1,13	487 000	1-1-NO-A-E-I-NO-PR
Hughes Christensen	GTX-CG1	115	1815	1892	77	64,24	1,20	464 000	6-4-FC-A-F1-WT-PR
Halliburton/SDBS	EBXT02SRC	415	1892	2000	108	47,35	2,28	314 000	1-1-WT-A-F-I-NO-TD

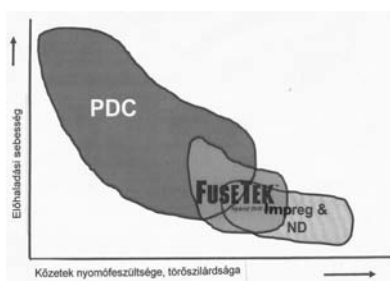


14. ábra: FUSETEK™ hibrid fűró

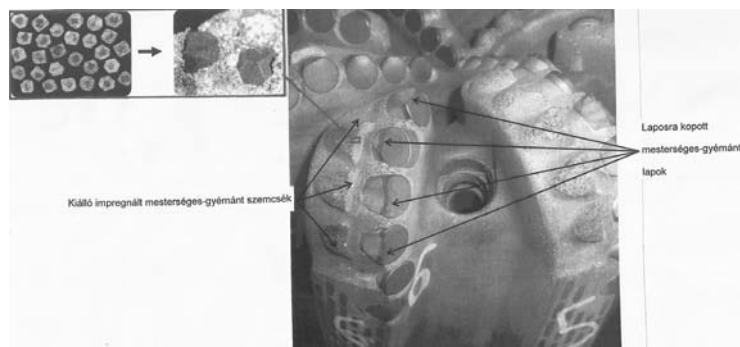
(impregnálva). A mátrixba ágyazott gyémánszemcsék csak fokozatosan lépnek munkába, a működő felületen dolgozó gyémánszemcsék és a mátrixanyag kopásától függően. Az impregnált mesterségesgyémánt-fűróknál a mátrixnak összhangban kell lennie a kőzet keménységével, a gyémánszemcsék nem kophatnak el előbb a mátrix anyagánál, ugyanakkor a mátrixnak nem szabad olyan gyorsan kopni, hogy a fűrésre még alkalmas gyémánszemcséket idő előtt kiejtse. Az előállításbeli különbségek miatt ezek a fűrók 1200 °C-os hőmérsékletig hőstabilak. Ennek eredménye, hogy ezek a fűrók az igen kemény és nagyon abrazív kőzetek fűrésására alkalmasak, amelyekben nagyobb a súrlódás miatti hő és nagyobb a kopás is.

– A mátrixbefoglalásos mesterségesgyémánt-fűróknál (PDC) a kőzetbontó elemek, vágóelemek (mesterségesgyémánt-lapok) befoglalását szinterezési eljárással végzik. A mátrix alapanyagául szolgáló szintropor különböző ötvözőanyagokkal kiegészített keményfém-por (wolframkarbid), amelynek olvadáspontja 3650 °C, és amelyet 900-1000 °C hőmérsékleten történő hevítésnél a beszívódott ötvözőanyagok kötőanyagként fognak össze. A szintroporból összefüggő, szilárd, kopásálló, a kőzetbontó elemeket magába foglaló mátrixanyag képződik. [2]

Tehát ennek a hibrid fűrónak az alkalmazása átfedi a mátrixbefoglalásos mesterségesgyémánt-fűrók (PDC)



15. ábra: FUSETEK™ hibrid fűró alkalmazása



16. ábra: FUSETEK™ hibrid fűró elhasználódásának folyamata

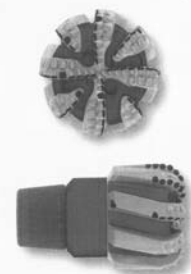
és az impregnált mesterségesgyémánt- és természetesgyémánt-fűrók azon területét, ahol

- a mátrixbefoglalásos mesterségesgyémánt-fűrók (PDC) élettartama rövid, és
- az impregnált mesterségesgyémánt- és természetesgyémánt-fűrók előhaladási sebessége nem megfelelő (15. ábra).

A FUSETEK™ hibrid fűró kőzetbontását a közepesen kemény és kemény kőzetekben a mesterségesgyémánt-lapok végzik, majd amikor a nagyon kemény és koptató kőzetek elkoptatták azokat, akkor a kőzetbontást átveszik és folytatják a mátrixanyagba belesütött, impregnált mesterségesgyémánt-szemcsék (16. ábra).

Jelenleg a NOV Downhole 19 méretben (3 5/8"-18 5/8") és 30 típusban gyártja a hibrid fűróját (17. ábra).

- 18 1/2" FT816	- 8 3/4" FT516	- 6" FT613
- 17 1/2" FT816	- 8 1/2" FT813	- 5 7/8" FT713
- 17" FT716	- 8 1/2" FT716	- 5 5/8" FT713
- 17" FT616	- 8 1/2" FT713	- 3 5/8" FT611
- 14 1/4" FT716	- 8 1/2" FT616	
- 13 1/8" FT616	- 8 1/2" FT613	
- 12 1/4" FT813	- 8 1/2" FT516	
- 12 1/4" FT716	- 8 3/8" FT813	
- 12 1/4" FT616	- 7 7/8" FT813	
- 9 7/8" FT713	- 6 3/4" FT613	
- 9 1/2" FT716	- 6 1/2" FT613	
- 8 3/4" FT813	- 6 1/8" FT613	
- 8 3/4" FT716	- 6" FT713	



17. ábra: FUSETEK™ hibrid fűrók méretválasztéka

A hibrid fűrók jelölési rendszerét egy típuson érdemes bemutatni: FT813

- FT = FUSETEK™
- 8 = vágóélek száma, db
- 13 = vágóelemek (mesterségesgyémánt-lapok) átmérője, mm

FUSETEK Pilot™ fűró

A nagyon kemény és koptató kőzeteknél, amikor a fűró hosszabb élettartamának elérése is követelmény, célszerű használni a FUSETEK Pilot™, azaz pilóta fűró (18. ábra).

Ennek a pilóta fűrónak további előnyei, hogy

- élettartama növelhető az előhaladási sebesség feláldozása nélkül;
- az impregnált mesterségesgyémánt-szemcsék biztosítják a kemény és a közbetelepült formációk fúrását; és
- hosszabb szakasz fúrását lehet vele végezni, és így csökkenti a méterköltséget és a nem produktív időt.



18. ábra: FUSE-TEK PILOT™ fűró

Néhány nemzetközi alkalmazás

A FUSETEK™ hibrid fűrónak több mint 100 alkalmazása volt az egész világon. A teljesség igénye nélkül néhány nemzetközi alkalmazást érdemes megemlíteni:

Kolumbia: Pauto Sur mező, Mirador formáció (erősen koptató aleuroolit, agyagkő, homokkő és homok), 18 1/2" FT816 típusú fűró, irányított ferdefúrás, forgatásos irányítási technológiával 1399-1558 méter között, összesen 158 métert fűrt, 1,84 m/óra előhaladási sebességgel. Elért eredmények:

- 3 darab görgős fűrőt váltott ki;
- tökéletesen lehetett vele tartani a tervezett ferdeséget;
- közepesen használdott el és még újból beépíthető volt (19. ábra).

Kína: N1j formáció (agyagkő, homokkő és konglomerátum), 13 1/8" FT616 típusú fűró, függőleges forgatásos irányítási technológiával fűrt 363,6 métert, 3,48 m/óra előhaladási sebességgel. Elért eredmények:

- 5-6 darab görgős fűrőt váltott ki;
- 204%-kal több métert fűrt, mint az összehasonlító legjobb fűró (178 méter);
- 210%-kal gyorsabban fűrt, mint az összehasonlító legjobb fűró (1,65 m/óra);
- közepesen használdott el és még újból beépíthető volt (20. ábra).

Kalifornia (USA): Automatizált irányított ferdefúrásban lyuktalpi csavarmotorral (20° ferdeség) a 8 1/2" FT716 típusú fűró 3709-3959 méter között fűrt összesen 250 métert, ebből 122 méter közbetelepült 90% kovakő formációt, 6,16 m/óra előhaladási sebességgel. Elért eredmények:

- 109%-kal több métert fűrt, mint az összehasonlító fűró átlaga;
- 60%-kal gyorsabban fűrt, mint az összehasonlító átlaga;
- 3 darab fűrőt takarítottak meg;



19. ábra: 18 1/2" FT816 fűró állapota kiépítés után



20. ábra: 13 1/8" FT616 fűró állapota kiépítés után

- 225 000 USD megtakarítása volt az összehasonlító fúrások átlagához képest.

Ecuador: Yuralpa mező, 2.500 méter alatt irányított ferdefúrás nagy nyomatékú csavarmotorral, 8 1/2" FT813 fűró 225 métert fűrt benyomulások köztében és 95 métert fűrt homokkő, agyagpala és mészkő formációban, 8,53 m/óra előhaladási sebességgel. Elért eredmények:

- a benyomulások köztében 116%-kal magasabb volt az előhaladási sebessége, mint az összehasonlító legjobb és 190%-kal, mint az összehasonlító átlagos fűrónak;
- egy beépítéssel 112%-kal többet fűrt, mint az összehasonlító legjobb fűró;
- 4,5 napot takarítottak meg vele;
- közepesen használdott el és még újból felhasználható volt (21. ábra).



21. ábra: 8 1/2" FT813 fűró állapota kiépítés után

Peru: Pruvian Jungle Blokk 57, Mapi 5X függőleges fúrásban lyuktalpi csavarmotorral, Copacabana (mészkő) és Tarma (homokkő és dolomit) formációkban, 8 1/2" FT813 fűróval fűrtak egy beépítéssel 1140 métert, 8,14 m/óra előhaladási sebességgel. Elért eredmények:

- 223%-kal több métert fűrt, mint az összehasonlító fűrók átlaga;
- 185%-kal gyorsabban fűrt, mint az összehasonlító fűrók átlaga,
- 2-3 db PDC fűrőt takarítottak meg;
- kiépítés utáni állapota jó és újból felhasználható volt (22. ábra).



22. ábra: 8 1/2" FT813 fűró állapota kiépítés után

Mexikó: TSIMIN és KAB mező, középső és alsó kréta, jura (mészkő, wackestone, 10%-nál több kovakőtartalommal), 8 1/2" FT813 fűró lyuktalpi csavarmotorral fűrtak több beépítéssel. Elért eredmények:

- 220%-kal több métert fűrt, mint az összehasonlító fűrók átlaga;
- az előhaladási sebessége azonos volt az összehasonlító PDC vagy impregnált fűrókéval;
- kiépítés utáni állapota jó és újból felhasználható volt (23. ábra).



23. ábra: 8 1/2" FT813 fűró állapota kiépítés után

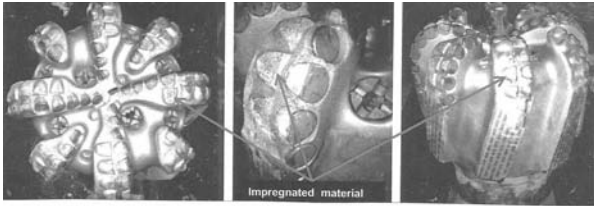
Indonézia: Jakarta, Plover formáció (kemény koptató homokkő), 8 1/2" FT813 fűróval függőleges fúrásban, felső meghajtással gyorsabb fúrési előhaladást értek



24. ábra: 8 1/2"-es FT813 fűró állapota kiépítés után

el, mint impregnált és kemény fémfogazású görgős fúrókkal (24. ábra).

Lengyelország: Garwolin mező, Gozdzik UO-1 fúrás, Orlen Upstream operátor, 8 1/2" FT813 fúróval függőlegesen, rotari módszerrel 4195,82 métertől fúrtak 4216,50 méterig (20,68 méter) 0,90 m/óra előhaladási sebességgel, kambriumi rendkívül kemény kőzetben. Ez volt az első fúrás, amely ezt a réteget átfúrta ebben a térségben, és utat nyitott a további munkálatoknak (25. ábra).



25. ábra: 8 1/2"-es FT813 fúró állapota kiépítés után

Oroszország: Efilsiy formáció (homokkő, agyagkő, mészkő és dolomit), 6" FT713 fúróval lyuktalpi motorral fúrtak 3930-3954 és 3963-4034 méter között összesen 95 métert, 1,02 m/óra előhaladási sebességgel. Elért eredmények:

- 90%-kal hosszabb szakaszt fúrt, mint az összehasonlító legjobb fúró;
- 26%-kal gyorsabban fúrt, mint az összehasonlító legjobb fúró;
- 4 keményfém-fogazású görgős fúrot váltott ki;
- kiépítés utáni állapota jó és újból felhasználható volt (26. ábra).



26. ábra: 6" FT713 fúró állapota kiépítés után

Befejezés

A hibrid fúrók alkalmazására Magyarországon még nem került sor, mivel az utóbbi években nem találtak olyan közbetelepült rétegekkel, ahol ezek használata szükséges lett volna. Amennyiben a jövőben szükséges lehet, úgy van már miből választani.

IRODALOM

[1] *id. Ősz Árpád:* Fúrólyukak függőlegességének (egyenességének) biztosítása repedezett karbonátos kőzetekben. BKL Kőolaj és Földgáz 138. évf. 2005/5-6. 1-13. o.

ID. ŐSZ ÁRPÁD 1969-ben szerzett olajmérnöki diplomát Miskolcon, a Nehézipari Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karán, majd 1993-ban menedzser szakmérnöki diplomát a Veszprémi Egyetemen. 1969-től 2015-ben tiszteletdíjazásáig – 46 éven keresztül – a kőolaj- és földgázbányászat területén fúrási, lyukbefejezési és kútjavítási tevékenységgel, azok tervezésével, irányításával és ellenőrzésével foglalkozott a Kőolajkutató Vállalatnál és a MOL Nyrt.-nél. Dolgozott az Egyesült Arab Emírátsokban (Abu Dhabi) és Irakban (Kurdisztán). 1971 óta tagja az OMBKE-nek, és 12 éven át volt a Kőolaj-, Földgáz- és Vízbányászati Szakosztály elnöke, továbbá tagja a Society of Petroleum Engineers-nek.

- [2] *id. Ősz Árpád – Galicz Gergely:* Mesterségesgyémánt-fúrók és alkalmazásuk hazai tapasztalatai. BKL Kőolaj és Földgáz 139. évf. 2006/5-6. 1-21. o.
- [3] *Gustavo Párraga – Paul Schulhauser:* Drilling Optimization of the Carboniferous Formation Using Automated Drilling Tools and Hybrid Bits. SPE Workshop, Santa Cruz, Bolivia, 20-21 March 2013.
- [4] MOL Plc. Kalegran Ltd. Bijell-2. fúrás jelentései.
- [5] *Joanne Liou:* New bits look beyond design at overall wellbore. Drilling Contractor, July/August 2012, 34-45 p.
- [6] *NOV Downhole:* FuseTek™ Hybrid Drill Bits. NOV © 2013.
- [7] Baker Hughes Inc.: 26" KM633F – Performance Update. Well: 9-LL-7-RJS. Petrobras, UO-BS, Santos, 25th of April, 2012.
- [8] *Maurizio Di Pasquale* (Baker Hughes, Inc.): Hybrid Bit Produces Breakthrough Performance and Savings for Inland Application. Special Drilling, Well Completion, Workover Technologies Materials and Equipments Conference, Szolnok, Hungary, 5-6 June 2012.
- [9] *Bruce Beaubouef:* Wave of new technologies debuts at OTC 2011. Offshore, June 2011, 42 p.
- [10] Hybrid bit cuts 86 hours from drilling time in Colombian well. Drilling Contractor, March/April 2012, 16 p.
- [11] *Henry Terrell:* New drill bit technology: Designing the tool to suit the well. World Oil, October 2011, 33-44 p.
- [12] *Dick Ghiselin:* Bit technology continues to advance. Offshore, May 2013, 86-88 p.
- [13] Hybrid Drill Bit. JPT, October 2013, 24 p.
- [14] Statoil, Baker Hughes run first large-diameter Kymera bit in Logan appraisal. Offshore, October 2013, 94 p.
- [15] Grading the Hybrid Bit Performance. The Fire Ant Gazette. Midland, Texas, 2013.
- [16] Tisha Dolezal: Hybrid bit technology finds new ground. E&P, February 8, 2011.
- [17] Baker Hughes, Inc.: Kymera Hybrid Drill Bits. 2011.
- [18] Baker Hughes, Inc.: Hughes Christensen 17 1/2" Kymera HP633 Improves ROP By 52% VS Competitor Offset Ave in Top Hole Section. Northern PA Mercellus. October 2011.
- [19] Baker Hughes, Inc. Hughes Christensen: Drill Bit Catalog, 2013.
- [20] *Matt Hoffman – Shelley Cory:* Optimizing the Permian Basin Wolfcamp pay zone. Hybrid bit technology drills curve 50 % faster while achieving high build rates. E&P, June 2014, 60-62 p.