

Különleges fűrási, kútkiképzési, kútjavítási technológiák, anyagok és eszközök 8 – Plazmafűrés

ID. ÖSZ ÁRPÁD okl. olajmérnök



A rotari fűrés tökéletesítése mellett – amelynek természetesen nagyobb fűrási sebességben és csökkenő költségekben kell megnyilvánulnia – az új felismerések nyomán újszerű fűrási módszerekkel kísérleteznek. Ennek egyik fajtája a plazmafűrés. A plazmafűrés történetét és a fejlesztésének jelenlegi állapotát mutatja be ez a cikk.

Bevezetés

A szilárd ásványkincsek kutatásának egyik legfontosabb módszere a mélyfűrés, azonban a folyadék- és földgázbányászat területén a mélyfűrés nemcsak a kutatás módszere, de a termelés is a fűrés kutakon át folyik. Nagyon és rohamosan növekvők a vízkutatói és a geotermikus feladatok is. A mélyfűrés ma általános, szinte kizárólagos módszerének, a rotari fűrésnek a fejlődése mellett, több attól eltérő technikával és technológiával is kísérleteztek és kísérleteznek ma is, úgymint, vertikális rezgőmozgást keltő talpi fűrésmotorok (perkussziós fűrés), golyófűrés, infrahangos és ultrahangos fűrés, robbantásos fűrés, abrazív-erozív kőzetbontás, kémiai kőzetbontás, kőzetbontás elektromos árammal vagy mágneses mezővel, termikus kőzetbontás (lángfűrés és elektromos ívfűrés) és plazmafűrés.

Kémiai anyagok halmazállapota

A legtöbb kémiai anyag (későbbiekben anyag) – a hőmérséklettől és a nyomástól függően – négy halmazállapotban lehet stabilis állapotú: szilárd, folyékony, légnemű és plazmaállapot. Elméletileg minden anyag mind a négy halmazállapotban előfordulhat, a gyakorlatban viszont sok szilárd anyag elbomlik vagy átalakul az olvadáspontjánál kisebb hőmérsékleten, azaz inkongruens (össze nem illő) olvadáspontja van. Ugyanilyen okok miatt sok anyagnak nem létezik légnemű halmazállapota, vagyis már a forráspontjánál kisebb hőmérsékleten termikusan elbomlik. [1]

A régi korok embere az anyaggal kapcsolatos első tapasztalatait sorozatos kísérletek, tévedések és kudarcok árán szerezte. Az őskorban az anyagokkal való első találkozásokat teljesen a szerencse határozta meg. Csúpan a későbbi, fokozatosan kibontakozó civilizációk folyamán vált lehetővé, hogy megfigyelhessék az anyagok változásait, alakíthatóságát, és hogy megkísérelhessék ezeket a szükségletek szerint felhasználni.

Ókor

Az anyagról alkotott görög elképzelések a babilóniaiak és az egyiptomiak kezdeményezésére vezethetők vissza. Ez utóbbiak tudása viszont valószínűleg az emberiség első úttörőinek kezdetleges ismereteiből ered. A milétoszi *Thalész* az i.e. VI. évszázadban élt

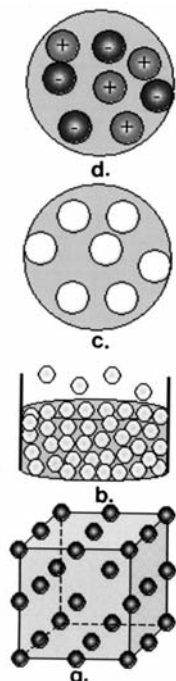
görög tudós elmélete szerint az összes dolog (anyag) a vízből keletkezett és valamikor ismét vízzé válik. Ez volt az első kísérlet az emberiség történetében arra, hogy az igen sokféle anyag közös alapját megtalálják. Az i.e. V. évszázadban *Hérakleitosz* a tüzet helyezte a világról alkotott képének középpontjába. Úgy tűnt neki, hogy a változó alakú tűz, amely vagy világosan lobog, vagy apró lángocskák formájában, vagy pedig sötétlő parázként látjuk, az anyag őselve. Később *Arisztotelész* (i.e. 384-322. március 7.) több mint 2000 éven keresztül érvényes klasszikus elmélete szerint a világ négy elemből keletkezett: a tűzből, a levegőből, a vízből és a földből. Az elemeknek a négy alaptulajdonság (halmazállapot) közül (forró, hideg, nedves, száraz) egyenként kettő-kettő jut. *Arisztotelész* négy elemét gyakran élőlényeknek ábrázolták.

Középkor

Robert Boyle, az angol-ír származású tudós mester, a corki gróf hetedik fia volt az, aki meghatározta a kémiai elemek fogalmát. 1661-ben hozta nyilvánosságra *The Sceptical Chymist* („A kételkedő kémikus”) című könyvében a következő tételt: „Én elemeken... bizonyos primitív, egyszerű vagy tökéletesen egynemű anyagokat értek, amelyek nem más anyagból készültek, és amelyek azoknak a vegyületeknek az alkotórészei, amelyeket keverteknek neveznek. Ez utóbbiak végül is újra elemekre bomlanak.” *Boyle* ezzel a tételével megadta a kegyelemdőfést az arisztotelészi elméletnek és az elmélet képviselőinek. Ő az anyagok három halmazállapotát fogalmazta meg: szilárd, folyékony és légnemű. Továbbá meghatározta a három halmazállapot változásait is.

Újkor

A klasszikus görög elmélet szerint a „négy elemből” – föld, víz, levegő, tűz – épül fel minden. Az első háromnak megfelelnek a mai szokásos halmazállapotok (föld = szilárd, folyadék = víz, gáz = levegő), a negyedik, a tűz, a XIX.-XX. században azonban ismét megjelenik, plazma formában, mint halmazállapot. (1. ábra) Az első utalások egy sajátos anyagállapotra a gázkiszűlések tanulmányozásánál jelennek meg: alacsony nyomású gázon áramot átfolytatva kialakul egy tartomány, ahol a gáz teljesen ionizált állapotba kerül. Ezt a gáztartományt nevezték el plazmának. A hal-



1. ábra: Anyag négy halmazállapota: szilárd (a), folyékony (b), légnemű (c) és plazma (d)

mazállapot e negyedik formáját először Sir William Crookes (1832-1919) írta le 1879-ben, az elnevezés pedig Irvin Langmuir (1881-1957) nevéhez fűződik 1928-ban, ugyanis ez a forma a vérplazmára emlékeztette.

Az anyagok hőmérsékletének, valamint nyomásának bizonyos fokú változása halmazállapot-változást idéz elő. Ez a változás mindig reverzibilis (visszafordítható) folyamat, ha közben termikus bomlási folyamat nem megy végbe. Az anyag halmazállapota meghatározott nyomáson közvetlenül a hőmérséklettől függ.

A halmazállapot-változás melegítés során például akkor következik be, ha a hőmérséklet-növelés olyan mértékű rezgőmozgásra készíti az atomokat, amelyet a kohéziós (összetartó) erők nem tudnak kompenzálni, így az atomok az előző állapotához képest szabadabbá válnak. Első lépésben a rácspon

tí kőterők szűnnek meg (szilárd-folyékony fázisátalakulás), majd azok a kohéziós erők, amelyek a folyadék részecskéi között működnek (folyadék-gőz/gáz fázisátmenet), végül pedig az atomokon belüli elektrosztatikus vonzerők ellenére az elektronok egy része vagy teljes mennyisége leszakad az atommagról (gőz/gáz-plazma fázisátmenet). (2. ábra) [3]

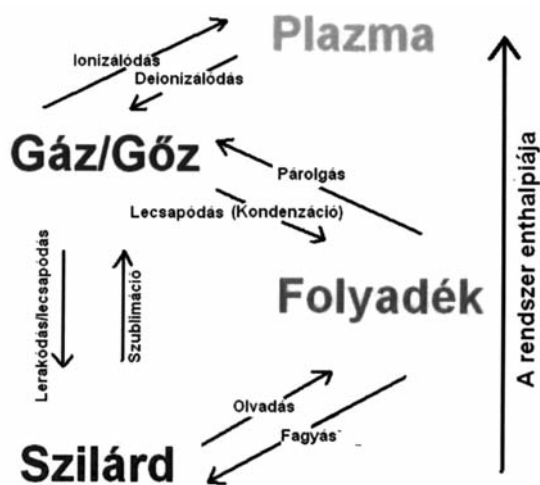
jelenti, hogy az anyagot alkotó atomokról egy vagy több elektron leszakad, és így a plazma a pozitív ionok és szabad negatív elektronok keveréke lesz olyan arányban, hogy az egész rendszer elektromosan semleges. Mivel az elektronok már nem lesznek az atomokhoz kötve, hanem szabadon mozoghatnak a plazmában, a plazma elektromosan jó vezetővé válik és az elektromágneses mezőkkel kölcsönhatásba lép. A teljes ionizációhoz – a hideg plazma kialakulásához – sok tízezer fokos hőmérséklet szükséges, a forró plazma hőmérséklete több millió fokos.

A világegyetem látható anyagának 99%-a (csillagok, csillagközi és bolygóközi anyag) ebben a halmazállapotban van. Azonban a csillagközi tér nagyon tág, a plazmák pedig próbálják kitölteni a rendelkezésre álló helyet (akárcsak a gázok), a sűrűségük nagyon kicsi lehet, ezért az ilyen fajta plazmát híg plazmának is szokták nevezni. Mivel a csillagok is plazmaállapotban vannak, lövellhetnek ki magukból plazmaadagokat, ezt nevezik napszélnek. A mi Naprendszerünkben a Nap folyamatosan napszél lövell magából. A napszél elsodródik a világűrben és természetesen hozzánk is elér. Mivel Földünk körül mágneses mező van, a plazmát pedig a mágneses tér befolyásolja, a napszél az északi és a déli pólus magához vonzza. Ezeken a részekén alakul ki a napszél ionizáló hatására a sarki fény. Földi viszonyok között plazma képződik például robbanásakor, gyors égéskor, tűzben, lángban, villámban, elektromos szikrában, koronakisülésben, elektromos ívben, gázkisülési csövekben stb.

Kutatása az atom- és hidrogénbomba kapcsán vált fontossá (mindkét esetben plazma keletkezik), majd a fúziós energiatermelés (plazmában próbálják megvalósítani) és az asztrofizikai problémái (világűr anyagának zöme plazma) miatt került előtérbe. Napjainkban széles körű plazmakutatás folyik az univerzum mélyebb megismerésére, új gyártási eljárások és műszaki termékek (fényforrások, plazma kijelzők) kialakítására és az emberiség számára oly fontos kontrollált magfúziós energiatermelés megvalósítására. Továbbá a plazma kutatása a technológiai felhasználások, valamint az elektromos energia-termelésben és a hajtóművekben történő lehetséges hasznosítása miatt is fontossá vált.

Plazma keletkezése

Az anyag halmazállapotai: alacsony hőmérsékleten szilárd állapot, a hőmérséklet emelésével előbb folyékony, majd gázállapot jön létre, amelyben nem túl nagy hőmérsékleten a molekulák semlegesek. A hőmérséklet további emelése eredményezi a plazma állapotot. A gáz hőmérsékletét emelve nő a molekulák átlagos mozgási energiája, és az ütközések során semleges atomok vagy molekulák elveszíthetnek egy vagy több elektront. Ez az úgynevezett ütközési ionizáció, amelynek révén a gázban töltött részecskék (pozitív töltésű ionok és negatív töltésű elektronok) jönnek létre. Nagy hőmérsékleten a gáz teljesen ionizálódhat, az ilyen ionizált gázt nevezik plazmának. (3. ábra) A

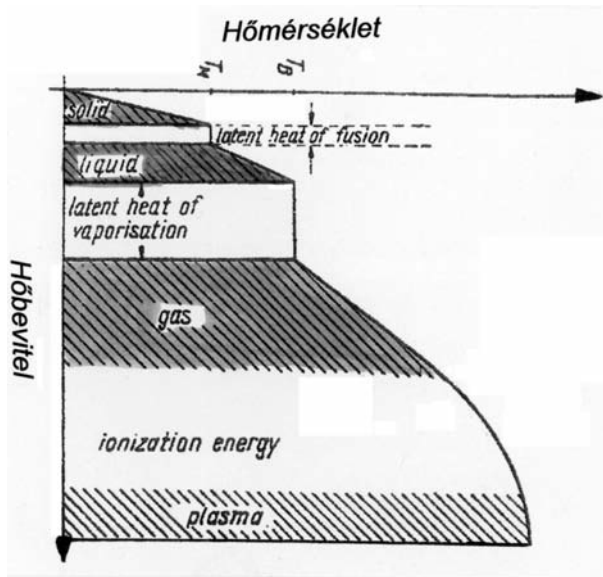


2. ábra: Halmazállapot-változás grafikus összefoglalója

Plazma

Plazma fogalma

A fizikában és a kémiában a plazma ionizált gázt jelent, illetve a negyedik halmazállapotot a szilárd, a folyékony és a gáznemű mellett. Az ionizált itt azt



3. ábra: Plazma keletkezése

plazma állapot előidézhető úgy is, hogy nem túl nagy hőmérsékletű, külső behatások miatt kissé ionizált gázban a töltött részecskéket elektromos térrel felgyorsítják, és így lavinaszerű ütközési ionizáció következhet be.

Az ionizáció mellett az ionok és az elektronok újraegyesülése is lejátszódik, ez a rekombináció. Adott hőmérsékleten az ionizáció fokát ez a két ellentétes folyamat szabja meg. A plazmában ezeken kívül számos atomi folyamat játszódik le.

Az ütközések során:

- atomok, molekulák és ionok gerjesztett állapotba kerülhetnek, és elektromágneses hullámokat sugároznak ki (jelentős fénykibocsátás),
- molekulák disszociálnak (felbomlanak) atomokká vagy atomok molekulává egyesülnek,
- mivel a plazma többnyire meleg, a gáz hőmérsékleti sugárzást bocsát ki,
- a gerjesztések során, illetve a töltött részecskék lefékezéskor röntgensugárzás is létrejöhethet (alacsony hőmérsékletű plazmában nem jelentős).

A részecskéknek a fallal (vagy elektródokkal) való kölcsönhatásánál:

- termikus elektron-misszió (hőmérséklet hatására elektron kilépés) jöhet létre, ami többlet elektront termel,
- nagy elektromos tereknél téremisszióval is kiléphetnek elektronok a szilárd falból,
- a részecskék a falból ütközéssel szekunder (másodlagos) elektronokat kelthetnek,
- nagyenergiájú fotonok fotoeffektussal (fény hatására) üthetnek ki elektronokat.

Plazma tulajdonságai

Speciális összetétele miatt a plazma tulajdonságai eltérnek a közönséges gázokétól.

A plazmában átlagosan a töltések egyenletesen összekeveredve oszlanak el, s így a plazma nagyobb térfogatban semleges (kvázineutrális). Ha az egyenletes eloszlást megzavarják, akkor a rendszerben olyan

folyamatok indulnak el, amelyek azt a megzavart állapotából az egyenletesen összekevert, kvázineutrális állapotába térítik vissza, így plazmarezgések jönnek létre, amelyek frekvenciája (az ún. plazmafrekvencia) a töltések koncentrációjától és tömegétől függ. A rezgések a plazmában terjedni is tudnak, így jön létre a plazmahullám.

A plazmában könnyen elmozdítható töltéshordozók vannak, ezért a plazma jó vezető. A plazma vezetőképességének nagyságrendje: 30000 °K-nél $10^2 \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ (a fémeké $10^5 \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, a szigetelőké $10^{-12} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ nagyságrendű). A vezetőképesség nő a hőmérséklettel, ez okozza, hogy a gázban folyó áram egy vékony fonallá zsugorodik össze (termikus Pinch-effektus). A jelenség azzal magyarázható, hogy a (pl. elektródák között létrejött) plazmaáramban az árammal átjárt tartomány széléről a hő könnyebben eltávozik, mint a közepéről, ezért középen a plazma melegebb lesz. Emiatt a vezetőképesség középen megnő, nagyobb lesz az áramsűrűség, és nő a felszabaduló Joule-hő, így az áram fokozatosan a középső régiókba koncentrálódik. Végül egy egyensúlyi állapot áll be, amikor a hőmérséklet-eloszlás – és a vezetőképesség-eloszlás – állandósul.

A plazma a rajta áthaladó elektromágneses hullámokkal kölcsönhatásba lép, ami erősen függ a hullám frekvenciájától (hullámhosszától): a plazmafrekvenciánál sokkal nagyobb frekvenciájú elektromágneses hullámokra a plazma átlátszó, az ennél alacsonyabb frekvenciákat pedig visszaveri (az ionoszféra pl. a 30 méternél hosszabb hullámhosszú hullámokat visszaveri).

Mágneses térbe helyezett plazmában a mozgó részecskék eltérülnek eredeti irányuktól. Ha a plazmában áram folyik, és mágneses térbe helyezik, akkor benne sajátos áramlások jönnek létre (magnetohidrodinamika).

Kis nyomáson az elektronok szabad úthossza nagy, ezért elektromos térben ezek sebessége nagyobb lehet, mint az ionoké. Ha egy ilyen plazma nincs egyensúlyban (pl. hőmérséklet-gradiens van benne), akkor az elektronhőmérséklet sokkal nagyobb lehet, mint az ionhőmérséklet. A plazma kinetikus hőmérséklete és sűrűsége széles tartományban változhat: 10^4 - 10^9 °K; 10^5 - 10^{33} részecske/ m^3 . A gyakorlatban használt plazmák hőmérséklete 10^4 - 5×10^4 °K között van. Elektromos és mágneses térrel a plazma tulajdonságai térben és időben szabályozhatók. Mivel a plazma minden esetben jóval forróbb a szilárd anyagok által kezelhető kb. 3.000 °C-nál, ezért kezelése mágneses vagy elektromos térrel történik. A plazma, magas hőmérséklete miatt, intenzív elektromágneses sugárzó is, magyarul rendkívül sok fényt bocsát ki. Ennek spektruma azonban némileg eltér a feketetest-sugárzástól. Ezzel a sugárzással gyorsan energiát veszít, ezáltal a plazmaállapot rövidesen megszűnik. A sugárzási veszteséget jelentősen csökkenteni lehet, ha azt a plazmát tartalmazó tartály belső falát alkotó tükrös felület visszasugarazzák.

A technológiai alkalmazások során rendszerint kö-

zönséges gázokat használnak, amelyekből alkalmazáskor keletkezik plazma, legtöbbször úgy, hogy áramot vezetnek át a gázon. A gázatomok alapállapotban semlegesek. Ahhoz, hogy vezessenek, töltéshordozókat kell kelteni bennük, és a gáz így vezetővé válik. Két alapvető mechanizmus van: ha az ionizációt külső behatás (sugárzás, hevítés) okozza, akkor ún. nem önálló vezetésről, ha az ionizációt maguknak a gáرزszecskéknek az ütközései okozzák, akkor önálló vezetésről beszélnek. Kis hőmérsékleten és kis elektromos térben többnyire nem önálló vezetés jön létre. Az áramot a töltéshordozók mozgékonyasága (ami fordítva arányos a nyomással) és egyensúlyi koncentrációja szabja meg. A koncentráció az ionizáció és a rekombináció ellentétes hatásának eredményeképpen alakul ki. Ha az elektromos teret (feszültséget) növelik, a felgyorsított töltéshordozók ütközés révén tovább ionizálnak: lavinaszerű töltéshordozó-keltés indul meg. Ez az ütközési ionizáció megtermeli a töltéshordozókat, a gázban önálló vezetés jön létre. Az egyensúlyi töltéshordozó-mennyiséget az ionizáció és a rekombináció egyensúlya alakítja ki. A vezetés bonyolult, mert a hőmérséklet, a külső térerősség és a gáz nyomása egymással kölcsönhatásban állva határozzák meg az áramot.

Szobahőmérsékleten és atmoszferikus nyomáson is elő lehet állítani egyszerű plazmát, a hideg plazmát, ha két elektróda közé hélium és oxigén keverékét juttatják. [4]

Plazma gyakorlati alkalmazása

A plazma gyakorlati alkalmazása egyre jobban elterjed, ezek közül megemlítve a legfontosabbakat:

– Élelmiszerfertőtlenítés: Mivel a plazmában az elektronok nincsenek az atomokhoz kötve, szabadon és nagy sebességgel mozoghatnak, ahol atomokkal és molekulákkal ütközve hatékonyan pusztítják az emberi szervezetre veszélyes mikroorganizmusokat is. Alkalmazható az élelmiszeriparban használt víz, csomagolóanyagok és felületek (pl. szállítószalag) fertőtlenítésére is.

– Világítás: A fémszálas izzólámpákat ma már kompakt fénycsőkre lehet lecserélni. Ezekben gáz található, s működési elvük a gázkisülés jelenségen alapul. A gázkisülésekben a gáz ionizálódik, tehát plazma keletkezik. A fénycsővek előnye az energiatakarékosság, hátránya pedig, hogy az általa kibocsátott fény vibrál, ami az emberi szemnek nem jó.

– Plazmakijelzős panelek (PDP): Egyik töltőgázuk a xenon. Ezek a berendezések fokozatosan felváltják a hagyományos képernyős televíziókat és monitorokat. A HDTV és a síkképernyős plazma TV-k a teljes televízió- és számítógépipart forradalmasították.

– Energiatermelés: Ennek egyik eszköze a fúziós erőmű (reaktor). A magfúziót nagy hőmérsékletű (20 millió °K) plazmában hozzák létre. Probléma a plazma együtt tartása, a megoldást instabilitások nehezítik. Egy ilyen fúziós reaktor típus a „Tokamak”, amelynél egy toroid-csőbe zárt deutérium-trícium

gázkeverékben nagy hőmérsékletű plazmát hoznak létre nagy elektromos áramot indukálva, mely fűti a plazmát és ugyanakkor össze is nyomja a Pinch-effektus hatására. Egy másik eszköze az MHD-generátor, amelynél a mozgási indukcióval elektromos energia termelhető.

– Plazmahajtómű: Két elektród között plazmimpulzussal áramot hoznak létre, és az elektródokkal párhuzamosan, az áramra merőleges mágneses teret alkalmaznak. Ekkor a plazma-pulzust mozgató erő lép fel, aminek az ellenereje adja a hajtóerőt.

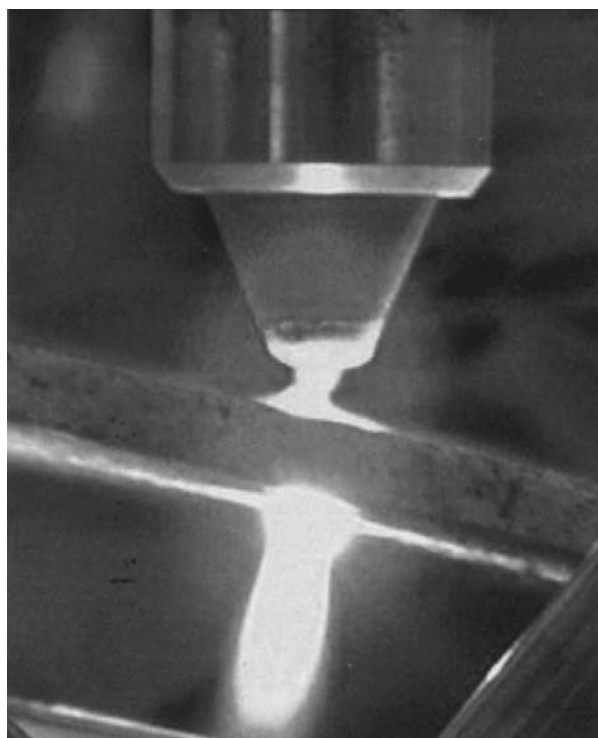
– Plazmasugár: A fúvókába gázt (N, Ar, H) vezetnek, ahol az felgyorsul, és az elektródák (az egyik elektród a fúvókában, a másik a melegítendő testen van) kisülést keltenek. A kisülés miatt felmelegedett gázsugárban 10^3 - 10^4 W/mm² teljesítmény van, a hőmérséklete 10^4 °K nagyságrendű, a gáz sebessége 100-1000 m/s, az áramerősség 100 A is lehet. Ez a gázsugár (plazmasugár) minden anyagot megolvaszt-elpárologat. (4. ábra) Használható hegesztésre, vágásra, fűrésra, felületi védőréteg felvitelére (plazmaszórás), nagy hőmérsékleten alkalmazandó tárgyak vizsgálatára. [5]

Plazmafúró

A kőolaj- és földgázbányászati alkalmazásra, a kőzetek fűrésására a plazmasugarat használják, illetve az abból kifejlesztett plazmafúrót.

Amerikai Egyesült Államok

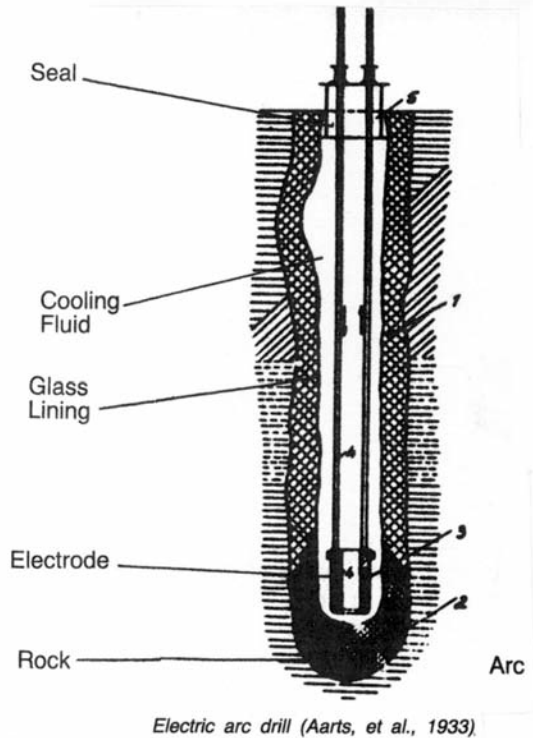
Az Amerikai Egyesült Államokban az 1930-as évek elején kezdődtek meg a kísérletek a kőolaj- és földgázbányászati plazmafúró előállítására és egészen



4. ábra: Plazmasugár

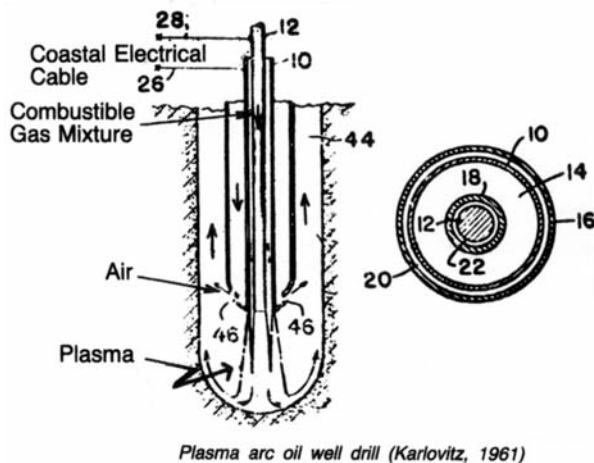
1973-ig tartottak. Számptalan szabadalom keletkezett, azonban csak laboratóriumi, illetve telepi kísérleti eredmények születtek, üzemi alkalmazásra nem került sor. *Aarts és társai* (1933), *McCullough* (1949), *Murray* (1956, 1958), *Browning & Klasson* (1961), *Karlovitz* (1961), *Tylko és társai* (1966), *Margiloff* (1966), *Acheson* (1969), *Poole & Thorpe* (1973) plazmafűrói (5-6. ábra) nem tudtak versenyezni – elsősorban a nagy energiaszükséglet miatt – az 1970-es években megindult fűrófejlesztésekkel (mart- és keményfém fogazású, csúszócsapágyas görgős fűrók, mesterséges gyémánt fűrók, hő stabil gyémánt fűrók). [6]

Szovjetunió



Electric arc drill (Aarts, et al., 1933)

5. ábra: Első generációs plazmafűró (Aarts)



Plasma arc oil well drill (Karlovitz, 1961)

6. ábra: Első generációs plazmafűró (Karlovitz)

A Szovjetunióban 1970-1971-ben végeztek üzemi kísérleteket Krivoj Rog körzetében plazmafűróval kemény kőzetekben. [7]

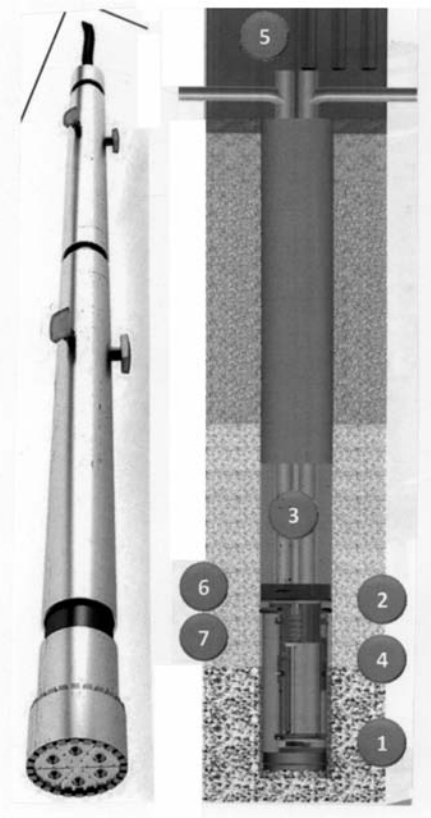
– Gránit, kvarc, porfir, granodiorit kőzetekben: Plazmafűró átmérő 130 mm (5 1/8”), bevitt teljesítmény több mint 100 kW, előhaladási sebesség 4,5 m/ó.

– Vasas kvarcit rétegben: Plazmafűró átmérő 50 mm (2”), bevitt teljesítmény 81-150 kW, előhaladási sebesség 10-25 m/ó.

Azóta nincs információ arról, hogy folytatták volna a kísérleteket.

Szlovákia

Pozsonyban (Szlovákia) 1994-ben egy családi vállalkozást alapított *dr. Ivan Kočíš* fizikus (CS), a Pozsonyi Egyetem volt professzora és két fia, *dr. Igor Kočíš* (CEO) és *Dušan Kočíš* (COO) mérnökök, valamint *Tomaš Krištofič* (CTO) mérnök Geothermal Anywhere (GE), Ultra Deep Drilling Technologies néven. Céljuk a geotermikus, elsősorban az EGS* technológiák kutatása és fejlesztése volt. 2008-ban átalakultak, új nevük GA Drilling lett, és a fő kutatási területüknek a geotermikus technológiák mellett a



7. ábra: Plazmafűró felépítése

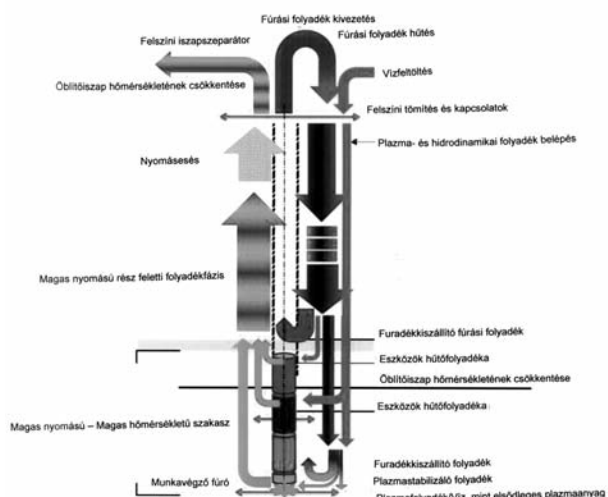
(1) Érintkezés nélküli fűró (2) Fűróval egyidejű „bélés-csővezés” (3) „Bélés-cső anyag” szállító és furadék kiszállító (4) Furadék eltávolító a lyuktalpról és a tovább aprító, (5) Elektromos és vízgőz vezetékek (6) Vezérlőegység (7) Plazmagenerátor

* EGS = Enhanced Geothermal System = Megnövelt hatékonyságú geotermális rendszer: Fluidumkivétel nélküli, meleg (forró) száraz kőzetek hőtartalmának kinyerése kútpár között létrehozott mesterséges repedés rendszeren keresztül cirkuláltatott fluidum segítségével. Ezt a rendszert a HDR = Hot Dry Rock = Forró száraz kőzet technológia alapozta meg.

plazmafúró és a plazmafúrás kifejlesztését tűzték ki. 2011-ben irodát nyitottak Londonban is. Amíg Pozsonyban a technológiai kutatás és fejlesztés a Kutatási Központban (2010) és a Kísérleti Telephelyen (2012) történik, addig Londonban a pályázatok készítése, a finanszírozás előteremtése, az üzletkötés és stratégiai partnerek felkutatása folyik.

Az évek során számos stratégiai, együttműködő, konzultációs, üzleti és befektető partnere volt a GA Drilling cégnek. A GA Drilling plazmafúrójának felépítése a 7. ábrán látható.

A fúró, a plazmagenerátort, a központosító csúszó lapokat és működtetéshez szükséges vezetékeket a 8. ábra szemlélteti.



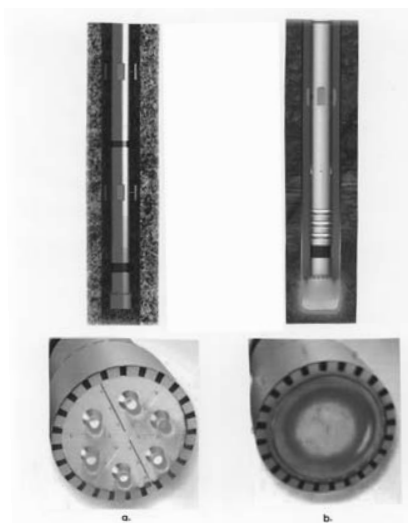
9. ábra: Fúrásifolyadék- és plazmafolyadék áramlási sémája



8. ábra: Kőzetbontó (a), Plazmagenerátor (b), Központosító csúszó lapok (c), Vezetékek (d)

Plazmafúrás

A plazmafúrás folyamatot és a plazmafolyadék áramlási útját a 9. ábra mutatja. A plazmafúrót a tartókötél, illetve az ahhoz tartozó vezetékek segítségével beemelik a fúrótoronyba és a fúrólyuk talpa fölé 1 méterre engedik le. (10. ábra) A berendezéshez tartozó gőzgenerátorban megkezdik a vízgőz előállítását, majd a vízgőz vezetéken át annak lejtetését a plazmafúróhoz. A plazmafúróba bevezetett vízgőz a plazmagenerátorban a hőmérséklet további emelésével



10. ábra: Plazmafúró beépítése (a) és működése a lyuktalpon (b)



11. ábra: Kőzetbontó plazmasugár

nagy hőmérsékleten és nagy nyomáson ionizálódik (H), a kőzetbontó fúvókáin felgyorsul és az elektródák (az egyik elektród a fúvókában, a másik a plazmafúró testen van) kisülést keltenek. A kisülés következtében keletkezett plazmasugár (11. ábra) minden kőzetet megolvaszt, elpárologtat és feldarabol. A megbontott kőzet 95%-a megolvad és elpárolog, és csak 5%-a jön fel a felszínre furadék formájában. (12. ábra) Az előhaladást úgy automatizálták, hogy a kőzetbontó soha ne érintkezzen a megbontandó kőzettel, hogy az ne zavarja meg a plazmasugár kialakulását. A működési távolság – a kőzet típusától függően – 10-40 mm.

A megolvadt kőzetből és a fúrólyuk folyamatos kibéleléséhez szükséges segédanyag hozzáadásával a lyukfalon egy üvegszerű bevonat képződik, amely megakadályozza a fúrólyuk összeomlását, ezt nevezték el „folyamatos béléscsövezésnek”.

A műveletet vezérlő rendszer teljesen automatizált, minden fontos adatot mér és rögzít, biztonságos, rugalmas, az adott felhasználási körülményekhez módosítható.

Plazmafúrási bemutató

A cikk szerzője két alkalommal – 2013. október 10-én és 2014. február 19-én – vett részt Pozsonyban nemzetközi plazmafúrási bemutatón.

Az első alkalommal egy második generációs (nem forgó) 75 mm (3”) átmérőjű plazmafúróval végeztek fúrást gránitban 2,5 méter/óra előhaladással. A második alkalommal egy harmadik generációs (forgó – 400-600 fordulat/sec) 125 mm (5”) átmérőjű plazmafúróval ugyanabban a gránitban fúrtak, azonban az előhaladás már 8,5 méter/órára emelkedett.

A második bemutató utáni megbeszéléskor a szénhidrogén-bányászat területéről jelenlévő nemzetközi szakemberek a szénhidrogén-bányászatra jellemző megállapításokat tettek, illetve kérdéseket tettek fel a GA Drilling fejlesztőinek. Úgymint:

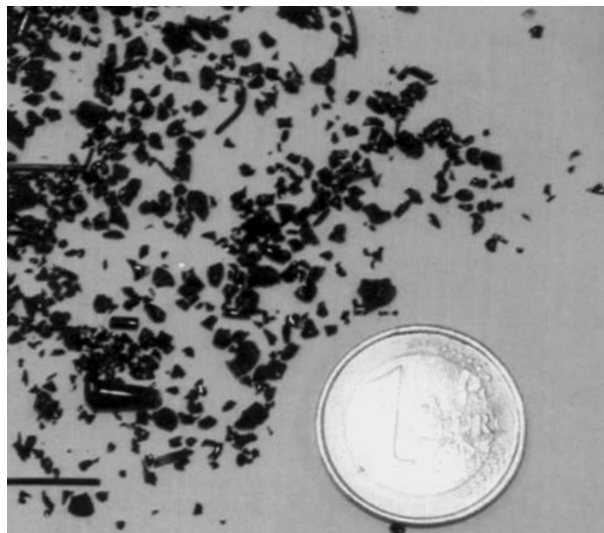
– A bemutatott technológia és technika ebben a formájában a geotermikus kutak, ezen belül is csak az EGS kutak célszakaszának fúrására alkalmas. A felette lévő kőzet fúrására és azok béléscsövezésére a hagyományos technológiákat kell alkalmazni.

– Nem alkalmazható a szénhidrogén kutató és feltáró kutak fúrására, mert nincs a rétegyomást ellen tartó folyadék a fúrólyukban.

– A „folyamatos béléscsövezés” nem helyettesíti a hagyományos bélésoszlopokat, mert nincs tudományos vizsgálat és tapasztalati érték arra, hogy a lyukfalon létrejövő üvegszerű bevonat milyen belső és külső nyomásokat visel el.

– A jelenlegi technológia nem alkalmaz kitorésgátlót, amely pedig a szénhidrogén kutató és feltáró fúrásoknál elengedhetetlen.

– Nincs tapasztalat arra, hogy a „folyamatos béléscsövezés” folyamán, a lyukfalon képződött üveg-



12. ábra: Felszínre jövő furadék

szerű bevonat miként befolyásolja a lyukgeofizikai méréseket.

A GA Drilling szakemberei az alábbi válaszokat adták:

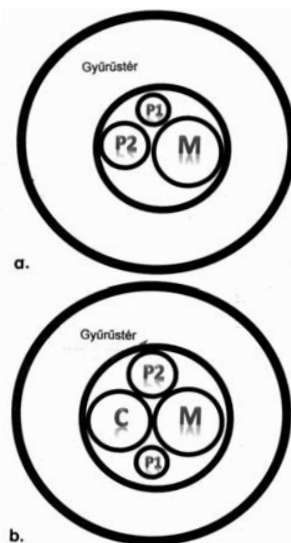
– A továbbfejlesztés tartalmazza, hogy nagyobb fúrólyukátmérők esetén (5” = 125 mm – 12” = 305 mm), a tartókötel helyett felcsévévelhető termelőcsövet használnak úgy, hogy azon belül lesz az elektromos vezeték, vízgőz vezeték, a „folyamatos béléscsövezés”-hez szükséges segédanyag vezeték és az öblítőfolyadék vezeték. (13. ábra) Az öblítőfolyadék a gyűrűstérbe a plazmafúró felett fog kilépni.

– A fúrólyuk falán létrejövő üvegszerű bevonat fizikai tulajdonságait jelenleg vizsgálják, többek között a hő- és nyomástűrését is.

– Az együttműködő partnerek – elsősorban a fúrással foglalkozók – megkezdtek a speciális kitorésgátlók kifejlesztését.

– A plazmafúrási speciális körülményeire megkezdtek az RTDA (Real Time Data Acquisition = Valós idejű adatgyűjtés) adaptálását, illetve kifejlesztését. Elsősorban geokémiai információk összegyűjtése, 3D (3 dimenziós) térképezés, nyomás és hőmérséklet adatok mérése és fúrólyuktalp láthatóvá tétele a fő fejlesztési irány.

A GA Drilling szakemberei többször is hangsúlyozták, hogy a plazmafúrási paradigma-váltást* hoz a mélyfú-



13. ábra: Felcsévévelhető termelőcső 3,5” (a), 4,5” (b)

* Paradigmaváltás: Egy adott szakterületen az egy időben és adott korszakban elfogadott elveken, megoldási módszereken való változtatás, amely hatékonyabb, jobb, az új kihívásoknak megfelelőbb, eredményesebb megoldásokhoz vezet.

rási iparágban. Azonban a fejlesztés jelenlegi állása ezt nem támasztja alá, legalább is a szénhidrogén kutatás és termelés területén. Kíváncsian várjuk, hogy a fejlesztések tervezett befejezéséig meddig jutnak el.

IRODALOM

- [1] *Erdey-Grúz Tibor*: A fizikai kémia alapjai. 2. kiadás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1963
- [2] LIFE A tudomány csodái. Az anyag. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973

- [3] Halmazállapot. <http://hu.wikipedia.org/wiki/Halmazállapot>
- [4] Plazma. <http://hu.wikipedia.org/wiki/Plazma>
- [5] A plazma fogalma, keletkezése és tulajdonságai. <http://szkeptikus.bme.hu/spanyol/plazmabev.pdf>
- [6] *P. L. Moore*: Advanced Drilling Techniques. PenWell, 1985.
- [7] *E. D. Bergman*: Plasma Drilling. The Great Soviet Encyclopedia, 3rd Edition (1970-1979) © 2010 The Gale Group, Inc.
- [8] *Tomaš Krištofič*: Technology presentation. GA Drilling, January 2014.

ID. ÓSZ 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 történt nyugdíjazásáig – 46 éven keresztül – a kőolaj- és földgázbányászat területén fúrás, lyukbefejezési és kútjavítási tevékenységgel, azok tervezésével, irányításával és ellenőrzésével foglalkozott a Kőolajkutató Vállalatnál és a MOL Nyrt.-nél. Dolgozott az Egyesült Arab Emírátsókban (Abu Dhabi) és Irakban (Kurdisztán). 1971 óta tagja az OMBKE-nek, és 12 éven át volt a Kőolaj-, Földgáz- és Víznyászati Szakosztály elnöke, továbbá tagja a Society of Petroleum Engineers-nek.

A világ legnagyobb szerviz társaságainak egyesüléséről

Régen a tröszt (trust) szó azt jelentette, hogy bízni valamilyen, bizalom valami vagy valaki iránt. Azonban az 1882. január 2-án aláírt „Standard Kőolaj Tröszt Egyezmény” után a szótarban a tröszt a korábbtól merőben eltérő értelmezést kapott: „vállalatok kombinációja üzleti érdekből”. A világon létrehozott első tröszt 40 vállalatból 14 teljesen, 26 részben a Standard tulajdona volt. A példát csakhamar követték az acél, réz, cukor, hús, dohány és egyéb iparok mágnsái is. Mindez az amerikai közvéleményben erős monopóliumellenes mozgalmat váltott ki, nem voltak hajlandóak eltérni a szabad verseny bármiféle korlátozását. Az óriási gazdasági hatalom összpontosulása láttán a közvélemény nyomására már 1890-ben lépések történtek a trösztök – köztük a Standard – feloszlására. *Roger Sherman* jogtanácsos javasolta Ohio állam főügyészének, hogy terjeszsen be egy „trösztellenes” törvényjavaslatot a legfelsőbb bírósághoz. A legfelsőbb bíróság a törvényt két évvel később elfogadta, és végül 1909-ben a szövetségi bíróság kötelezte Rockefellerét a tröszt feloszlására. A Standard még kétszer nyújtott be fellebbezést az ítélet ellen a legfelsőbb bírósághoz – eredménytelenül. 1911. május 11-én a legfelsőbb bíróság meghozta immár megfellebbezhetetlen döntését, amelyben a tröszt hat hónapon belül feloszlását rendelte el. Kötelezte 34 önálló részvénytársaság létesítésére. A Sherman-törvény – a „trösztellenes törvény” – nem csak a Standardra, hanem valamennyi trösztre vonatkozott és azóta is érvényben van.

Ennek a törvénynek az alkalmazásával darabolták fel USA-ban az egyre növekvő szerviz társaságokat az 1950-es években. Az 1990-es évektől azonban ismét megindultak egyesülések. Eleinte csak a kisebb társaságokat olvasztottak magukba a vezető szerviz cégek (pl. a Halliburton 35 céget), azonban 2010 után már a világ vezető szerviz társaságai is megkezdték egymással az egyesüléseket. 2015-re a világ első öt szerviz cégévé váltak: 1. Halliburton (USA), 2. Schlumberger (USA), 3. Saipem (Olaszország), 4. Weatherford (USA), 5. Baker Hughes (USA).

Közülük a Halliburton Company és a Baker Hughes Incorporated cég már 2013 óta próbálkozik az egyesüléssel, de ezt a trösztellenes törvény értelmében az USA Igazságügyi Minisztériuma és az Európai Bizottság eddig még nem engedélyezte. A két szerviz óriás 2016. május 1-én bejelentette, hogy a 2014. novemberében elindított és 2016. április 30-ig tartó egyesülési folyamatuk eredménytelen lett, s így továbbra is külön-külön folytatják tevékenységüket a jövőben. Az egyesülési folyamat során számtalan áthághatatlan ellenállásba ütköztek mind az Amerikai Egyesült Államok, mind pedig az Európai Unió törvényeiben.

A Schlumberger és a Cameron vezető szerviz társaságok egyesülését az eredeti feltételekkel már jóváhagyta 2015. november 17-én az USA Igazságügyi Minisztériuma, illetve az Európai Bizottság. December 17-én a részvényesek is megegyeztek a részvények elosztásáról és értékarányáról. 2016. márciusában befejeződött a két cég egyesülése. Ez a két egymást kiegészítő portfólióval rendelkező cég összeolvadását jelenti, amely így termékeivel és szolgáltatásaival jelen lesz a világ kőolaj- és földgáziparában a tárolórétegtől a távvezetékig. Ez az egyesülés teljessé teszi a technológia-vezérelt növekedést: a Schlumberger tárolókkal és kutakkal kapcsolatos technológiáinak kiegészítését a Cameron kútfej- és felszíni szerelvényeivel, az áramlás- és folyamatszabályozási technológiáival. Az egyesülés eredménye lesz az iparágban elsőként biztosítani a teljes fúrás és termelési rendszereket, képessé teszi mindkét cég eddig felhalmozott tapasztalatainak együttes alkalmazását a műszerezettségben, az adatfeldolgozásban, az irányító-vezérlő-szabályozó softwerek és rendszerek integrálásában.

Szurovy Géza: A kőolaj regénye. Hírlapkiadó Vállalat, Budapest, 1993, OE • November 2015, OE • December 2015, WO • December 2015; World Oil, April 2016; Drilling Contractor, May/June 2016; World Oil, May 2016; Ocean Engineering, June 2016.

id. Ósz Árpád