

## Spevňovanie kolektora chemickými metódami

Mariana Mihočová<sup>1</sup>

### Consolidation of the formation sand by chemical methods

The sand control by consolidation involves the process of injecting chemicals into the naturally unconsolidated formation to provide an in situ grain-to-grain cementation. The sand consolidation chemicals are available for some 30 years. Several types of consolidating material were tried. Presently available systems utilize solidified plastics to provide the cementation. These systems include phenol resin, phenol-formaldehyde, epoxy, furan and phenolic-furfuryl.

The sand consolidation with the steam injection is a novel technique. This process provides a highly alkaline liquid phase and temperatures to 300 °C to geochemically create cements by interacting with the dirty sand.

While the formation consolidation has widely applied, our experience has proved a high level of success.

**Key words:** hydrocarbons, exploitation of hydrocarbons, reservoir rocks, sand consolidation, formation sand,

### Úvod

Vplyvom opakovanej reverzácie prietokov na sondách zásobníka zemného plynu, počas ktorých sú plánované vysoké denné prietoky plynu, či už v režime ťažby alebo vtlačania, dochádza k pieskovaniu sond. V dôsledku pieskovania býva funkcia technologického zariadenia negatívne ovplyvňovaná. Erozívne účinky piesku a ložiskového materiálu sa neprejavujú iba na povrchovom zariadení, ale negatívne ovplyvňujú aj podzemné vystrojenie sond. Proces pieskovania sa neobmedzuje len na poruchy zariadení vzťahujúce sa na podzemné a nadzemné vystrojenie sond, ale veľmi často vyvoláva úplné odstavenie sond a ťažby, čo má pri podzemných zásobníkoch zemného plynu značné ekonomické dopady.

Najúčinnejšou pasívnou ochranou proti pieskovaniu sond je stanovenie optimálneho ťažobného režimu pre danú sondu. Jedným zo spôsobov účinnej aktívnej ochrany je použitie chemického spevňovania nesúdržných pieskov ložiskovej formácie.

Ochrana proti pieskovaniu spevnením kolektora zahŕňa proces vtlačania chemikálií do prirodzene nespevnených formácií, kvôli stmeleniu zŕn kolektora. Spôsoby pre úspešné dosiahnutie spevnenia sú v súčasnosti prepracované a vykonávané už pri vystrojovaní.

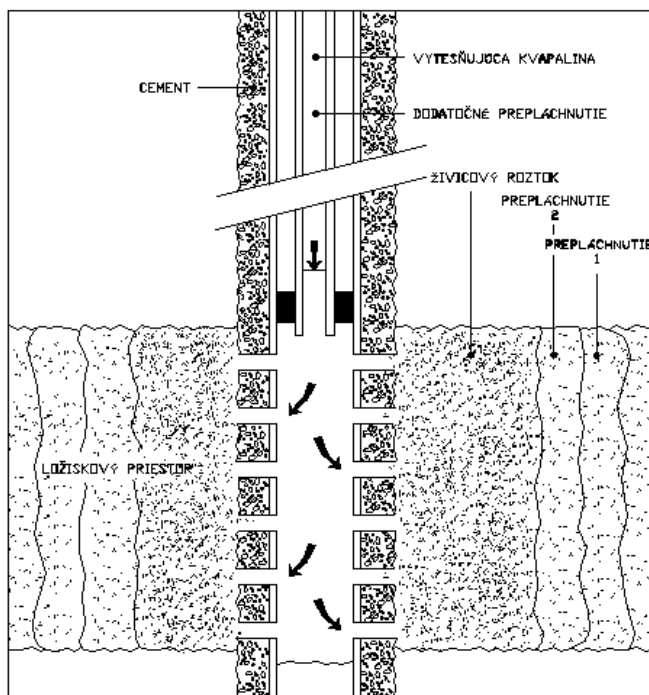
### Spevňovanie kolektora plastmi

Cieľom spevňovania kolektora je stmelenie zŕn piesku dohromady na príslušnom mieste, s minimálnym vplyvom na jeho priepustnosť. Všeobecný spôsob spevňovania piesku je znázornený na obr. 1.

Chemické spevňovanie piesku sa využíva asi 40 rokov. Bolo vyskúšaných viacero druhov spevňovacieho materiálu, zahŕňajúc zmes ropy s koksom alebo pokovovanie niklom. V súčasnosti sa na stmelenie používajú vhodné spevnené plasty: fenolová živica, fenol – formaldehyd, epoxidová živica, furan a fenolový furfuryl.

Obr. 1. Schéma procesu spevňovania kolektora.

Fig. 1. Schematic of the formation sand consolidation process.



<sup>1</sup> Ing. Mariana Mihočová, Katedra ropného inžinierstva, Fakulta BERG TU v Košiciach, Park Komenského 14, 043 84 Košice, [mariana.mihocova@tuke.sk](mailto:mariana.mihocova@tuke.sk)

(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 11. 9. 2006)

Cieľom spevnenia piesku kolektora je stmelenie pieskových zŕn dohromady na mieste ich styku. Zvyšok plastického materiálu je odstránený z priestoru pórov prepláchnutím.

Pre účinné spevnenie je potrebné dodržať niektoré základné podmienky:

- krátky interval kolektora – jeho mocnosť by mala byť menšia ako 3 m,
- dostatok informácií o geologických podmienkach – rovnomerná distribúcia, chemikálií je obtiažna v prípade výskytu kavern,
- zóny s nízkou tendenciou produkcie piesku,
- vysoký ložiskový tlak,
- vysoká kvalita piesku s dostatočnou vertikálnou priepustnosťou.

Problémy vyskytujúce sa pri spevňovaní sú často pripisované znečisteniu chemikálií a ich nevhodnému umiestneniu v nespevnených horninách.

Dostupné metódy spevňovania sa líšia použitím preplachu, živicového roztoku, prítomnosťou interného alebo externého katalyzátora tvrdnutia a rozsahom teplôt, pri ktorých je možné spevňovanie vykonávať.

### Vlastnosti procesu spevňovania

1. *Proces separácie fáz* zahŕňa použitie vhodne zriedeného roztoku živice v uhl'ovodíkových rozpúšťadlách. V kombinácii s aktivátorom (katalyzátorom tvrdnutia), sa skvapalnená živicová fáza odseparuje z roztoku po uplynutí určitého času, a nastane spevňovanie.
2. *Procesy preplachovania* sa využívajú pri vysokej koncentrácii roztoku živice. Priepustnosť je zabezpečená začerpaním preplachovacej kvapaliny do kolektorskej horniny, premiestňujúc aj zvyšok živicového roztoku na kontaktné miesta piesok - piesok.

Preplachovacími kvapalinami sú zvyčajne uhl'ovodíky (výnimočne kvapaliny na vodnej báze). Môžu obsahovať katalyzátor alebo akcelerátor. Niektoré druhy sú viskózne, kvôli zlepšeniu účinnosti vytesňovania. Preplachovacie kvapaliny obsahujú aktivátor v živicovom roztoku alebo v preplachovacej kvapaline. V niektorých prípadoch sa používa dvojstupňové preplachovanie – prvý stupeň sa používa na obnovenie priepustnosti a druhý na zavedenie aktivátora alebo akcelerátora.

Ak sa v roztoku živice nachádza aktivátor, potom je preplachovanie potrebné na obnovenie priepustnosti, ale nie je potrebné na zaistenie plasticity pri ukončení procesu. Čas spevnenia môže byť predĺžený preto, že čas potrebný na rozmiestnenie je určený s určitým stupňom bezpečnosti. Aktivátor v preplachovacej kvapaline urýchli proces spevnenia a minimalizuje dobu čakania.

Ak sa v preplachovacej kvapaline nachádza aktivátor, čas potrebný na rozmiestnenie je maximálny a doba tvrdnutia je minimalizovaná. Preplachovacia kvapalina musí byť distribuovaná cez plastifikovanú zónu kvôli dosiahnutiu požadovanej priepustnosti a spevneniu. Spevnenie je ukončením procesu.

3. *Predbežné vymývanie* je používané pri spevňovaní z viacerých dôvodov. Koncentrácia ložiskových vôd je znížená vtláčaním uhl'ovodíkov. Viazaná voda môže byť odstránená pomocou izopropyl alkoholu, výplachu s PAL alebo pomocou zmesi rozpúšťadiel.

Viacero metód využíva pred zatlačením roztoku živíc na zlepšenie stmelenia zmáčanie zŕn piesku ropou.

Roztok pozostáva zo živice, rozpúšťadla, spájadla, prípadne katalyzátora tvrdnutia a akcelerátora. V znečistených pieskoch (piesky s prepláskami ílu) je požadovaná vysoká koncentrácia roztoku na zachytenie veľkej špecifickej plochy prachových a ílových častíc.

Ak je viskozita preplachovacej kvapaliny príliš nízka, roztok začne vytvárať jazyky cez silnejšiu živicu, s následným znížením účinnosti premiestnenia. Kvapaliny s vysokou viskozitou zase môžu odstrániť viac živice, ako je požadované.

Okrem ustálenia priepustnosti v upravovanej zóne, preplachovacie kvapaliny extrahujú živicový roztok a tak urýchľujú čas spevnenia. V niektorých prípadoch je možné nahradiť preplachovaciu kvapalinu ropou.

### Návrh a vykonanie spevnenia

Pre maximálny účinok spevnenia musí byť každej fáze vystrojenia sondy venovaná špeciálna pozornosť. Pri návrhu sa kladie dôraz na:

- použitie neškodlivého vrtného výplachu,
- dôkladné vykonanie perforácie a jej vypláchnutie,
- použitie vystrojovacích kvapalín bez obsahu úlomkov,
- inštaláciu bezchybných čerpadiel, potrubí a kolón pracovných rúr,
- určenie tlaku vtláčania.

Naviac, ak je spevnenie použité na opravu porušenej zóny, opätovné naplavenie pieskového alebo štrkového obsypu, je potrebné vykonať aj stlačenie kolektorskej horniny. Pri procese stmelenia zrn kolektora sa používajú tlakové pakre, priechodné kolóny stupačiek, prípadne koncentrické (sústredné) stupačky.

### Spevňovanie obzoru vtlačaním pary

Táto metóda sa využíva pri pieskoch s obsahom ílov. Pri tomto postupe sú sondy pažené, zacementované a vystrojené (dôraz sa kladie na limitovaný počet perforácií), následne sa pristupuje ku vtlačaniu alkalickéj (bázickej) horúcej vody / pary. Tento proces vyžaduje vysoko alkalickú kvapalnú fázu (pH = 10 – 12) s teplotou do 300 °C, ktorou sa geochemicky vykonáva stmelenie pieskov s obsahom ílov ich vzájomným pôsobením.

Horúca alkalická fáza spôsobuje rozrušenie pieskovca, prednostne pôsobí na zrnká s veľkou špecifickou plochou, ako sú íly, sľudy alebo úlomky iných hornín. Týmto spôsobom je vytvorená sekundárna pórovitosť, ktorá umožňuje zvýšenú priepustnosť. Pri vstupe vtlačanej kvapaliny do perforácie a následnom ochladení dochádza k vyzrážaniu kondenzátu pri rôznych teplotách. Väzbami kondenzátu a pieskových zrn za perforáciou pri vysokej teplote je možné obmedziť vynášanie piesku z obzoru. Kondenzát s nižšou teplotou, ktorý môže mať nepriaznivé účinky, je zo sondy odvedený spolu s vtlačanou kvapalinou.

Tento spôsob spevňovania obzoru je možné použiť nielen na vertikálnych, ale aj na horizontálnych sondách. Sondy, na ktorých bol použitý tento spôsob spevňovania, dosahujú rovnaké alebo aj vyššie ťažené a vtlačané množstvá v porovnaní s inými metódami spevnenia. Výhodou tejto metódy sú podstatne nižšie náklady.

### Záver

Pieskovanie plynových sond je nežiadúcim javom, preto sa pristupuje k určitým opatreniam, ktoré mu majú zabrániť. Jednou z možností je inštalácia naplavovaného pieskového filtra (mechanický spôsob) a spevňovanie kolektorskej horniny (chemický spôsob). Spevňovaním kolektora je dosiahnutá jeho lepšia stabilita, ktorá úzko súvisí s procesom zvyšovania kapacity sond, čo je hlavným cieľom týchto operácií.

### Literatúra – References

- [1] Peterka, P., Krešák, J., Kropuch, S.: Uskladňovanie uhl'ovodíkov, *Košice, 2003*.
- [2] Sovius, P.: Naplavovanie filtrov na PZZP Láb, *Diplomová práca, 2002*.
- [3] Brooks, F., A.: Consolidation of dirty sands by phenol – formaldehyde plastic, *Journal of Petroleum Technology, 1991*.
- [4] Hara, S.: Sand consolidation with steam injection, *Petroleum technology transfer council, 1999*.