

Artur Wójcikowski*, Maciej Wójcikowski*

**ZASTOSOWANIE PŁUCZEK GUAROWYCH
DO WIERCEŃ W WARUNKACH
OTWORÓW GEOTERMALNYCH****

1. WSTĘP

Pomimo opracowania wielu płuczek do wierceń geotermalnych, nadal występują problemy ze szkodliwym wpływem płuczek wiertniczych na wydajność poziomów perspektywicznych. Dlatego też, prowadzi się badania nad doskonaleniem płuczek charakteryzujących się między innymi minimalnym szkodliwym wpływem na horyzonty produkcyjne. Dzięki rozwojowi przemysłu chemicznego otrzymano wiele nowych modyfikacji pochodnych celulozy i niektóre z nich charakteryzowały się mniejszą lub większą odpornością na jony oraz temperaturę.

Jedną z takich modyfikacji pochodnych celulozy jest żywica guarowa, którą – dzięki poznaniu zachowania się w warunkach otworowych – zaczęto stosować jako dodatek do płuczek, a od niedawna jako podstawowy składnik płuczki. Powstała w taki sposób płuczka guarowa jest obecnie produkowana przez wiodące światowe firmy płuczkowe i do tej pory z powodzeniem stosowana do wierceń hydrogeologicznych.

W związku z ciągłym wzrostem zainteresowania energią geotermalną i wierceniami geotermalnymi zaistniała potrzeba zbadania płuczek guarowych w warunkach wierceń otworów geotermalnych.

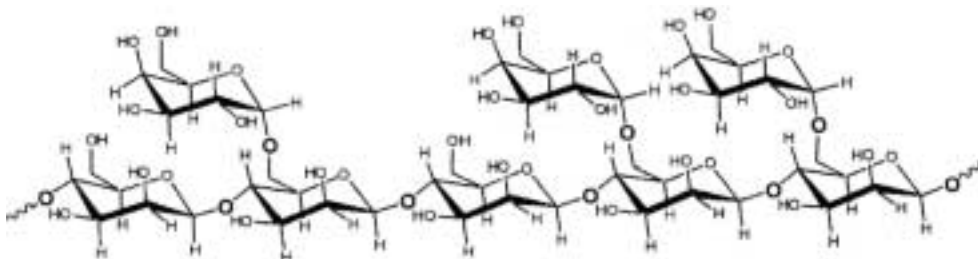
Istotą problemu było zbadanie zachowania się płuczek guarowych w warunkach zbliżonych do warunków geotermalnych tym bardziej, że wyniki dotychczasowych badań wydawały się być zadowalające, natomiast w rzeczywistości [1] zmiana warunków stosowania płuczek wiertniczych guarowych powodowała drastyczne zmiany parametrów reologicznych, co między innymi objawiało się zwiększeniem wpływu na strefę przyotworową skał zbiornikowych.

* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

** Praca została częściowo sfinansowana ze środków niskonakładowego grantu badawczego nr 8T12 A 023 21

2. CHARAKTERYSTYKA PŁUCZKI GUAR GUM

Chemicznie guar-gum jest polisacharydem o ciężarze cząsteczkowym około 220 000, składającym się z galaktozy i dwóch pierścieni mannozy połączonych wiązaniem octanowym [2], gdzie cząsteczka guaru jest prostym łańcuchem (rys. 1) z bocznymi odgałęzieniami w regularnych odstępach i z pojedynczymi członami cząstek galaktozy na co drugiej cząsteczce mannozy. Cząsteczka ta jest połączona za pomocą glikozydowego wiązania beta. Polimer ten jest często modyfikowany poprzez reakcję z grupami hydroksylowymi. W wyniku reakcji z metalami może ulegać chelatowaniu i sieciowaniu [2]. Dzięki odkryciu odporności na jony wapnia i magnezu oraz zdolności do tzw. „generowania lepkości” może być stosowany do sporządzania płuczek wiertniczych używanych w warunkach występowania solanek o różnych stopniach mineralizacji



Rys. 1. Struktura guar-gum, kregosłup mannozowy jest połączony przez β -1,4 połączenia acetylowe, natomiast gałęzie galaktozy są połączone z kregosłupem połączeniem β -1,6 acetylowymi [2]

Płuczka wiertnicza guarowa sporządzona została z modyfikowanej żywicy guarowej, stanowiącej naturalny polimer sporządzony z nasion rośliny guar (bobu indyjskiego). Tworzy on w wodzie zawiesinę o znacznej lepkości, posiadającą pewną charakterystyczną własność, a mianowicie możliwość niszczenia jej wewnętrznej struktury, co jak się przypuszcza, byłoby bardzo istotne przy zastosowaniu jej przy dowiercaniu stref „wrażliwych” na uszkodzenie naturalnej przepuszczalności.

Proces przygotowania zawiesiny wodnej przeprowadzany jest za pomocą specjalnego przyrządu zwanego mikserem, który dokonuje w pierwszym etapie statycznego mieszania polimeru z wodą, w czasie którego powstają pakiety połączonych cząstek polimerowych. Po tym etapie następuje dynamiczne mieszanie z równoczesnym ścinaniem mieszaniny długich pakietów. Proces ścinania zachodzi pod ciśnieniem poprzez przejście z dużą prędkością mieszaniny przez szczelinę umieszczoną w mikserze, wskutek tego uzyskuje się mieszaninę gotową do użycia w otworze wiertniczym. W czasie wiercenia płuczka przejawia ograniczoną odporność na fermentację, więc należy zastosować ochronny biocyd. Przy braku biocydu stwierdzano rozkład bakteryjny płuczki [1], co wiązało się z szybkim spadkiem parametrów reologicznych w warunkach powierzchniowych.

Proces niszczenia struktury następował po dodaniu podchlorynu wapnia, środek ten powodował całkowitą degradację struktury płuczki. Po zniszczeniu tej struktury obserwuje się obecność osadu płuczkowego możliwego do wypłukania strumieniem wody. Zwiększenie ilości podchlorynu wapnia nie powoduje już dalszych zmian, gdyż w warunkach otwo-

rowych powstały osad sedymentuje na dno otworu wiertniczego i nie ma kontaktu z podchlorynem wapnia, natomiast pozostała część podchlorynu wapnia może służyć do bezpośredniej dezynfekcji otworu.

Przyпуска się, że zachowanie się polimeru guarowego w warunkach otworów geotermalnych będzie odmienne, natomiast znajomość zachowania się płuczek guarowych w tych warunkach pozwoli na adaptację opisywanych płuczek do dowiercania horyzontów geotermalnych.

3. LEPKOŚĆ PLASTYCZNA

Jest często definiowana jako część oporu spowodowana tarcieniem mechanicznym. Na wielkość lepkości plastycznej ma wpływ wiele czynników, lecz zmiany wielkości lepkości plastycznej najbardziej uwidaczniają się przy zmianie zawartości fazy stałej, zmiany kształtu i rozmiaru cząstek oraz zmiany fazy ciekłej w badanej płuczce [4]. W związku z tym wzrost lepkości oznacza wzrost procentowej objętości fazy stałej w płuczce, a tym samym zwiększenie ogólnej powierzchni fazy stałej. W większości wypadków zwiększenie lepkości plastycznej jest wynikiem zwiększenia procentowej zawartości pewnych dodatków. Przekroczenie zawartości środków np. obciążających może prowadzić do utraty zdolności płuczki do oczyszczania dna otworu lub do utraty zdolności utrzymywania zwiercin lub środków obciążających. W takim przypadku należy skupić uwagę na wielkości granicy płynięcia – jednego ze składników lepkości plastycznej.

W czasie wiercenia stale jest produkowana nowa faza stała, która niekorzystnie wpływa na własności płuczki. Faza stała jest transportowana bezpośrednio do płuczki i zmienia jej parametry, które muszą być ciągle kontrolowane. W związku z tym faza stała powinna być efektywnie usuwana z płuczki, gdyż w przeciwnym wypadku faza stała jest rozdrabniana na drobniejsze cząstki, co prowadzi do poważnych komplikacji w czasie wiercenia w przypadku niezapewnienia sprawnego systemu oczyszczania.

Najczęściej stosowanymi metodami usuwania fazy stałej z płuczki są [4]:

- rozcieńczanie,
- sedymentacja w zbiornikach,
- mechaniczna regulacja zawartości fazy stałej.

Sedymentacja następuje w zbiornikach płuczkowych poprzez pozostawienie płuczki bez ruchu przez odpowiednio długi czas. Jest to szczególnie efektywny sposób regulacji zawartości fazy stałej w przypadku, gdy zasilamy sedymentującą płuczkę dodatkiem nowej płuczki.

Wydłużenie drogi przepływu płuczki zwiększa efektywność oczyszczania poprzez łączenie się (flokulowanie) cząstek mniejszych w większe – a tym łatwiejsze do usunięcia. Mechaniczne usunięcie fazy stałej wymaga użycia, jak nazwa wskazuje, urządzeń mechanicznych.

Są to połączone szeregowo na drodze przepływu płuczki na powierzchni:

- sita wibracyjne – służące do usuwania większych cząstek;
- hydrocyklony – używane do oddzielania piasku lub mułu z płuczki;
- wirówki – stosowane do zatrzymywania fazy stałej obciążającej płuczkę i drobną fazę stałą, a także środki chemiczne obrabiające;

- mud cleaners – łączą w sobie możliwości odmulacza z sitami wibracyjnymi – w czasie pracy oddziela on piasek, pozostawiając środki obciążające i środki chemiczne w płuczce [4].

Lepkość fazy ciekłej również wpływa na lepkość płuczki, gdyż lepkość wody jako głównej części fazy ciekłej zmienia się wraz ze wzrostem temperatury.

4. GRANICA PŁYNIĘCIA

Jak wspomniano wcześniej, granica płynięcia jest drugim składnikiem mającym wpływ na lepkość, a tym samym na opór przepływu płuczek wiertniczych. Pojawienie się granicy płynięcia w płuczce jest wynikiem powstawania w płuczce sił elektrochemicznych przyciągania. Granica płynięcia zależy od własności powierzchni cząstek fazy stałej zawartej w płuczce, jej koncentracji, środowiska elektrostatycznego fazy stałej. Parametr ten może być regulowany przez odpowiednią chemiczną obróbkę [4] – w wyniku czego obniża się siły przyciągania i tym samym obniżona zostaje granica płynięcia. Zmniejszenie jej parametru powoduje zmniejszenie lepkości pozornej.

5. WYTRZYMAŁOŚĆ STRUKTURALNA

Wytrzymałość strukturalna często jest rozumiana jako wskaźnik jakości płuczki oraz jakości jej obróbki. W płuczce występuje zjawisko tiksotropii – gdy płuczka podlega działaniu sił ścinających równych lub bliskich zeru, to po pewnym czasie występuje tendencja do budowy sztywnej struktury żelowej. Pomiary wykonujemy po 10 sekundach i 10 minutach. Względnie duża różnica pomiędzy pierwszym a drugim wskazaniem szirometru jest wskaźnikiem wzrostu zawartości fazy stałej, często jest nazywana progresywnym żelowaniem. Jeżeli natomiast oba wskazania mają duże wartości lub różnica pomiędzy nimi jest mała, to mamy wtedy do czynienia z żelowaniem łamliwym – co wskazuje na występowanie flokulacji. Wielkość wytrzymałości strukturalnej jest bardzo ważnym parametrem wpływającym na stan zawieszenia zwiercin i materiałów obciążających. Poza tym wytrzymałość strukturalna i granica płynięcia są miarą sił przyciągania cząstek w płuczce. Początkowa (10 s) wytrzymałość jest miarą statycznych sił przyciągania, podczas gdy granica płynięcia jest miarą dynamicznych sił przyciągania.

6. WSPÓŁCZYNNIK k I WYKŁADNIK n

Współczynnik k i wykładnik n są stałymi charakteryzującymi poszczególne płyny wiertnicze, dokładniej – ich modele reologiczne. Zdolność płuczki do przepompowywania określa współczynnik k , natomiast n jest wykładnikiem potęgowym określającym stopień odmienności newtonowskiej płuczki. Istnieje pewna zależność mówiąca o tym, że gdy współczynnik lepkości wzrasta, to równocześnie rośnie współczynnik k , jest to związane z tzw. zagęszczaniem ścinaniem [4]. Natomiast gdy płuczka ulega rozrzedzaniu ścinaniem, to wykładnik n maleje. Praktycznie k jest definiowane jako lepkość płuczki przy szybkości ścinania wynoszącej 1.

Wracając do wykładnika n , to gdy jego wartość jest równa jedności, mamy do czynienia z cieczą newtonowską, i w miarę jak wykładnik zmniejsza się, ciecz zmienia swój charakter na bardziej nienewtonowski – pseudoplastyczny. W tym przypadku szybciej też zmienia się lepkość efektywna w funkcji szybkości ścinania struktury płuczki. Taką płuczkę nazywamy cieczą rozcieńczaną ścinaniem.

7. FILTRACJA

Istnieją dwa rodzaje filtracji:

- 1) dynamiczna,
- 2) statyczna.

Filtracja dynamiczna ma miejsce, gdy płuczka wiertnicza znajduje się w ruchu w systemie cyrkulacyjnym. Filtracja statyczna zachodzi, gdy cyrkulacja płuczki została zatrzymana. Podczas filtracji dynamicznej przepływ płuczki powoduje na ścianie otworu erozję osadu utworzonego w fazie filtracji statycznej. Sytuacja taka występuje do momentu zrównoważenia się erozji osadu i jego powstawania. Grubość osadu osiągnie stan równowagi wtedy, gdy szybkość filtracji będzie utrzymywać się na stałym poziomie. W przypadku filtracji statycznej grubość osadu stale się powiększa wraz z upływem czasu – jednocześnie prędkość filtracji statycznej jest dużo niższa od prędkości filtracji dynamicznej. Czyli często czynnikiem decydującym jest czas przestoju.

Odfiltrowanie płynu z płuczki w przestrzenie porowe ma miejsce w przypadku występowania skał przepuszczalnych. Ciągłe wnikanie płynu powoduje tworzenie się coraz to grubszego osadu – oczywiście najintensywniej w czasie filtracji statycznej.

Osad składa się z naturalnej fazy stałej, pochodzącej z przewierczanych warstw oraz fazy stałej pochodzącej ze składników płuczki. Jak wskazuje praktyka przemysłowa [4] najczęściej problemów stwarza właśnie osad zgromadzony na ścianie otworu.

Nadmierna filtracja powoduje obniżenie przepuszczalności poziomów produktywnych, a efekt ten zwiększa się dodatkowo, gdy w złożu występują minerały ilaste, gdyż kontakt z filtratem powoduje ich pęcznienie.

Projektując płuczkę, należy zadbać o to, aby osad powstający był jak najcieńszy i najmniej przepuszczalny. W ostatnich latach zwraca się szczególną uwagę na filtrację zachodzącą w warunkach wysokich ciśnień i temperatur (warunki HTHP – *high temperature high pressure*). Uzyskana w takich warunkach wielkość filtracji może być odniesiona do rzeczywistej wartości w warunkach otworowych. Standardowe badania wykonywane przy wysokim ciśnieniu i temperaturze pokojowej nie uwzględniają wpływu wysokiej temperatury na własności płuczki, co pokazały badania przedstawione poniżej.

8. PLANOWANE BADANIA

Planowane badania obejmowały pomiary lepkości plastycznej, lepkości pozornej, wytrzymałości strukturalnej, filtracji i wielkości pH. Pomiary filtracji zamierzano przeprowadzać w warunkach zbliżonych do warunków otworów geotermalnych. Pomiary wykonywano także w warunkach normalnych. Aparatura użyta do badań filtracji (HTHP) – zapewniała

wykonanie pomiarów w temperaturach od 20÷180°C. Pomiary ze względów bezpieczeństwa ograniczono do temperatury 70°C. Po przekroczeniu tej wartości temperatury dochodziło do wrzenia próbki płuczki, co uniemożliwiało dalsze wykonywanie pomiarów. Powodowało to powstawanie wysokiego ciśnienia, co groziło rozerwaniem pojemnika. Pomiary lepkości przeprowadzano także w kilku temperaturach, wykorzystując lepkościomierz obrotowy ze specjalną komorą grzewczą, w której umieszczona była badana płuczka. Interpretacji wyników pomiarów parametrów reologicznych dokonywano wykorzystując program Flow-Fluid [3], który umożliwia dokonanie identyfikacji reologicznej badanej cieczy.

9. WYKONANE BADANIA

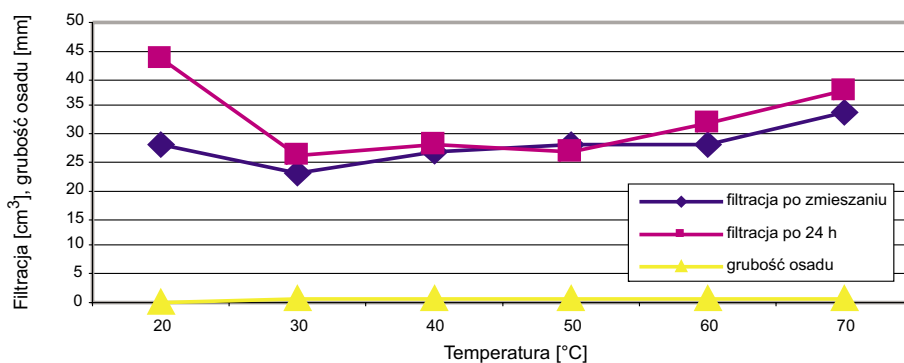
Płuczka z 3% guar-gum charakteryzowała się we wszystkich temperaturach pomiarowych tworzeniem osadu o identycznej grubości. Własność ta zapewni w czasie wiercenia skuteczną ochronę przepuszczalności strefy przyotworowej. Natomiast wielkość filtracji wzrosła od wartości 18 cm³ do prawie 40 cm³ w funkcji temperatury. Po 24 godzinach oczekiwania pomiary grubości osadu filtracyjnego umożliwiły rejestrację 5 wartości grubości w różnych temperaturach. Z analizy wykresów wynika, że grubość osadu nieznacznie zwiększyła się po przekroczeniu temperatury 50°C i aż do osiągnięcia 60°C utrzymywała się na stałym poziomie.

Przebieg filtracji po 24 godzinach oczekiwania charakteryzują trzy fazy jej zmian:

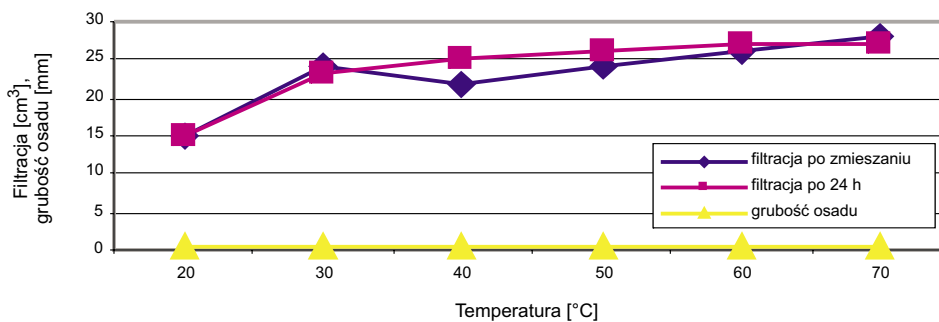
- faza I – do uzyskania temperatury 30°C – filtracja zwiększa swoją wartość;
- faza II – od temperatury 30÷50°C – filtracja stabilizuje wielkość w granicach od 32÷38 cm³;
- faza III – poniżej 50°C – wielkość filtracji ulega niewielkiemu wzrostowi do 39 cm³.

Płuczka z 5% guar-gum po zmieszaniu posiadała niższą filtrację początkową od poprzedniej 3% i wraz ze wzrostem temperatury wielkość filtracji wzrosła do 28 cm³ w temperaturze 50°C. Od tej wartości temperatury filtracja ustabilizowała się na tym samym poziomie, jednak niższym o kilkanaście cm³ od wartości filtracji płuczki 3%, grubość osadu nie uległa zmianie wraz ze wzrostem temperatury. Co ciekawe, po 24 godzinach wielkość filtracji uległa niewielkiej zmianie – wzrosła o około 7 cm³ w temperaturze 70°C. Również i w tym stężeniu płuczka zachowała wcześniej wspomnianą „strefowość” filtracji lecz faza stabilizacji filtracji została wydłużona do 60°C. Grubość osadu, jaki pokazał się na bibule filtracyjnej, była właściwie niemierzalna. Właśnie ta niewielka grubość osadu utworzonego na ścianie otworu zapewnia wykonanie czynności w otworze umożliwiających efektywne i bezpieczne „wywołanie” otworu. Zwiększenie stężenia guar-gum do 7% powoduje utratę wspomnianej „strefowości” w przebiegu filtracji. Wzrost jest obserwowany od 20°C i stabilizuje się w dopiero temperaturze powyżej 60°C, nie ulegając zmianie aż do 70°C. Grubość osadu nie zmieniła się nie tylko wraz ze wzrostem temperatury, ale także przy wzroście stężenia biopolimeru guar-gum do 7%. Po 24 godzinach filtracja osiąga maksimum w temperaturze 60°C, aby w temperaturze 70°C osiągnąć nawet wartość niższą. Stężenie 8% guar-gum charakteryzuje się wartością minimalną w temperaturze 50°C, podobnie jak w przypadku 7% guar-gum, osiągając wartość maksymalną w temperaturze 70°C. Podobnie jak we wszystkich poprzednich stężeniach, grubość osadu ustala się już w temperaturze 20°C i utrzymuje stałą wartość przez cały czas badań.

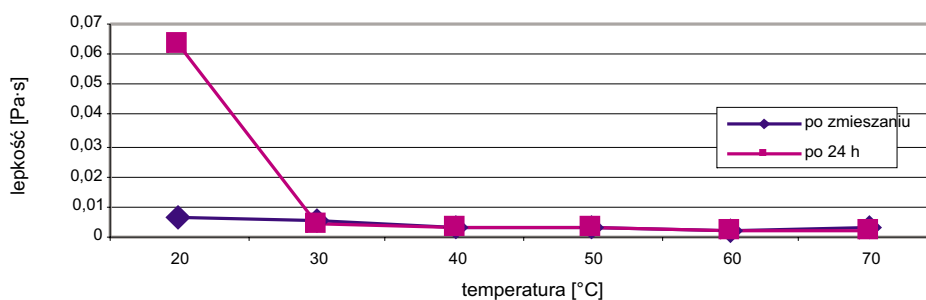
Aby zbadać odporność płuczki z zastosowaniem guar-gum na jony jedno- i wielowartościowe, wykonano pomiary parametrów płuczki z dodatkiem NaCl i CaCl₂. Wyniki badań przedstawione zostały na rysunkach 2 i 3 oraz obejmujące zmiany lepkości płuczki – na rysunkach 4 i 5. Pomierzone parametry wskazują na stabilność płuczki guar-gum w warunkach silnej mineralizacji często występującej w warunkach otworowych.



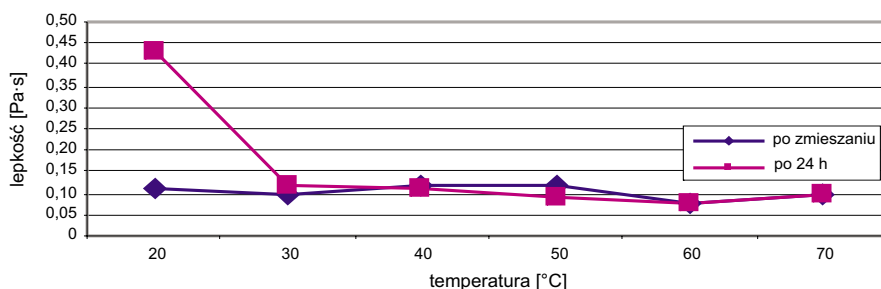
Rys. 2. Filtracja 3% guar-gum z dodatkiem 100 g NaCl po zmieszaniu i po 24 godzinach



Rys. 3. Filtracja 3% guar-gum z dodatkiem 100 g CaCl₂ po zmieszaniu i po 24 godzinach

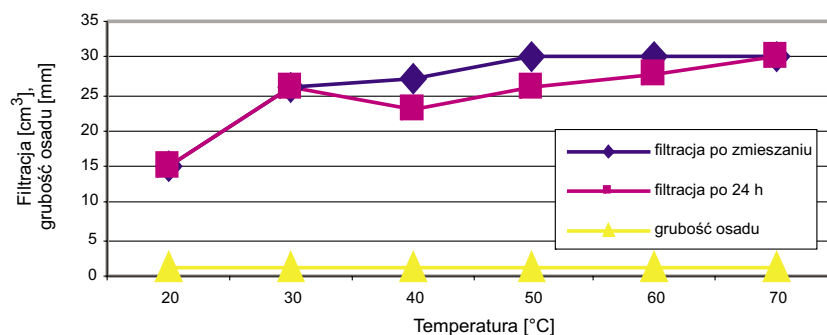


Rys. 4. Zmiany lepkości płuczki 3% guar-gum z dodatkiem 100 g NaCl



Rys. 5. Zmiany lepkości płuczki 3% guar-gum z dodatkiem 100 g NaCl₂

Jak wspomniano wcześniej, płuczkę guarową po dowiecieniu interesującego poziomu należy usunąć z otworu i oczyścić strefę przyotworową z biopolimeru. Dokonuje się tego poprzez zastosowanie podchlorynu wapnia, który niszczy wewnętrzną strukturę biopolimeru, jednocześnie skutecznie dezynfekując otwór. Dodatek podchlorynu wapnia (rys. 6) powoduje spadek wielkości parametrów reologicznych i wzrost filtracji, w ten sposób uzyskuje się pożądany efekt rozkładu płuczki, jak i wzrost grubości osadu filtracyjnego obrazującego zachowanie się płuczki w podobnych warunkach otworowych; osad po degradacji można łatwo wypłukać pod strumieniem płuczki. Zwiększenie stężenia podchlorynu w płuczce nie powoduje dalszych zmian jej parametrów, zmianie ulega jedynie wygląd osadu, który jeszcze łatwiej można usunąć strumieniem wody.



Rys. 6. Filtracja 3% guar-gum z dodatkiem podchlorynu wapnia po zmieszaniu i po 24 godzinach

Badania płuczek guarowych obejmowały między innymi pomiary zmian lepkości w funkcji zmian temperatury pomiaru oraz składu mineralogicznego wody, na podstawie której sporządzano płuczki. Po przeprowadzeniu badań zmian lepkości płuczki przystąpiono do badania zachowania się płuczki w obecności podchlorynu wapnia.

Płuczkę z zawartością 3% guar-gum charakteryzował nagły spadek lepkości po 24 godzinach w temperaturach od 20°C do 30°C, a następnie wartość lepkości ustabilizowała się do temperatury 70°C, aby przy tej temperaturze utrzymywać swoją wartość. Po zwiększeniu stężenia guar-gum do 5% obserwowano spadek lepkości do 0,15 Pa·s po 24 godzinach i co najistotniejsze przy wzroście do temperatury 70°C wartość lepkości obniżyła się zaled-

wie o 0,03 Pa·s – co świadczy o przeważającym wpływie stężenia guar-gum na odporność płuczki, aniżeli wzrostu temperatury, przeciwnie niż w przypadku stężenia 3% guar-gum.

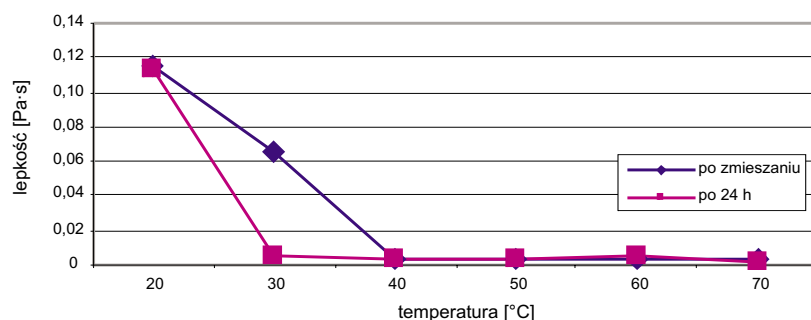
Idąc tą samą drogą, zwiększono stężenie guar-gum do 7% i obserwowano w temperaturze 20°C wysokie wartości lepkości. Gdy zwiększono temperaturę do 30°C, lepkość obniżyła swą wartość od 1 do 0,1 Pa·s, a w temperaturze 40°C zaobserwowano nawet wzrost lepkości. W temperaturze 70°C wartość lepkości płuczki utrzymywała się na poziomie 0,15 Pa·s.

Przy stężeniu 8% guar-gum zarówno zaraz po zmieszaniu, jak i po 24 godzinach obserwowano spadek lepkości do 0,43 Pa·s i jej stabilizację już w temperaturze 50°C. Jest to kolejny przykład stabilizującego charakteru guar-gum i zdolności do tzw. „generowania lepkości”, podobnie jak w przypadku płuczki 7% guar-gum.

Dodatek chlorku sodu symulował dopływ solanki i potrzebę zobrazowania zmian lepkości płuczki pracującej w środowisku wysokiej mineralizacji i wyższych temperatur.

Płuczka z dodatkiem NaCl zachowuje się podobnie do płuczki z 7% guar-gum, z tym że lepkość początkowo obniżyła się i dopiero w temperaturze 70°C ustabilizowała się. Dodatek soli miał za zadanie zobrazować działanie solanki jako źródła jonów jednowartościowych, które – jak po badaniu przedstawiono – nie wpływają znacząco na zachowanie się płuczki guarowej, nawet w wysokich stężeniach soli. Postanowiono przeprowadzić badanie zachowania się płuczki w obecności jonów wielowartościowych, których źródłem miał być chlorek wapnia. W tym przypadku (rys. 5) płuczka posiada wyższe wartości lepkości i po wzroście temperatury do wartości 30°C obserwuje się spadek i dość szybką stabilizację lepkości zaraz po przekroczeniu tej wartości temperatury. Analizując przebieg krzywej zmian lepkości można zauważyć niewielki spadek lepkości w temperaturze 60°C, lecz poprzednio wspomniana zdolność do „generowania lepkości” szybko prowadzi do ustabilizowania badanego parametru na jednakowym poziomie.

Zastosowanie podchlorynu wapnia miało przedstawić efekt „złamania struktury”. Zarówno bezpośrednio po zmierzeniu, jak i po 24 godzinach w temperaturze 40°C (rys. 7) następuje bardzo gwałtowny spadek lepkości i utrzymywania parametrów na bardzo niskim poziomie – co właśnie było celem nadrzędnym i zamierzonym badania. Jednak pomimo zastosowania podchlorynu wapnia płuczka nie obniża lepkości w sposób łagodny, lecz jest to nagły proces i po tym fakcie dalszych zmian, czyli obniżenia lub wzrostu lepkości nie obserwowano.



Rys. 7. Zmiany lepkości płuczki 3% guar-gum z dodatkiem 3 g podchlorynu wapnia

10. WNIOSKI

Zastosowanie płuczki guar-gum, jak wskazują badania, jest możliwe w czasie wiercenia otworów geotermalnych osiągających często w warunkach polskich temperatury i warunki symulowane podczas badań, nie przekraczając 80°C na dnie otworu – często nazywanych hydrogeotermalnymi. Możliwe wydaje się zastosowanie płuczki guarowej do rekonstrukcji istniejących otworów, np. naftowych lub gazowych. Płuczka ta zapewnia dobrą izolację horyzontów w czasie dowiercania i w kolejnym etapie wywołania przypływu płynu z poziomu perspektywicznego przy zastosowaniu różnych zabiegów złożowych. Badania pozwoliły przybliżyć skomplikowaną charakterystykę zachowania się płuczki w warunkach otworowych. Stwierdzona odporność na jony jedno- i wielowartościowe pozwoli zabezpieczyć przed niekontrolowaną zmianą parametrów reologicznych w czasie wiercenia.

Natomiast wzrost grubości osadu po zastosowaniu podchlorynu wapnia właściwie obrazuje efekt złamania struktury.

LITERATURA

- [1] Bielewicz D., Kraj Ł., Witek E.: *Zastosowanie polimeru AMPS-I do płuczek z żywicą guarową*. Technika Poszukiwań Geologicznych: Geosynoptyka i Geotermia, 2000
- [2] Bielewicz D., Bortel E.: *Polimery w technologii płuczek wiertniczych*. Kraków, UWND AGH 2000
- [3] Wiśniowski R., Skrzypaszek K.: *Komputerowe wspomaganie wyznaczania modelu reologicznego cieczy – program Flow-Fluid Coef*. Nowoczesne Techniki i Technologie Bezwykopowe, 2001
- [4] *Drilling Fluids Engineering Manual*. M-I Drilling Fluids L.L.C., Houston, Texas, 1996

Autorzy wyrażają głęboką wdzięczność Pani prof. dr hab. inż. Danucie Bielewicz za konsultację merytoryczną oraz autorom Panu dr. hab. inż. Rafałowi Wiśniowskiemu oraz Panu mgr. inż. Krzysztofowi Skrzypaszekowi za możliwość wykorzystania w projekcie badawczym programu obliczeniowego Flow-Fluid Coef.