

Katarzyna Czwarnowska*, Sławomir Wysocki**

BEZIŁOWA PŁUCZKA POLIAMFOLITYCZNO-SKROBIOWA Z POLIMEREM PT-61 DO PRZEWIERCANIA SKAŁ ILASTYCH***

1. WSTĘP

Przewiercanie dużych interwałów skał ilasto-lupkowych wiąże się z dużymi trudnościami, których przyczyną jest hydratacja, pęcznienie i dyspersja skał ilastych. Zjawiska te mogą doprowadzić do wystąpienia komplikacji i awarii wiertniczych spowodowanych utratą statyczności ściany otworu na skutek osypywania się skał do otworu, kawernowania, a także zmniejszania się średnicy otworu. Badania przeprowadzone w ramach niniejszej pracy doprowadziły do opracowania receptury płuczki beziłowej inhibitowanej, powodującej zmniejszenie hydratacji skał ilastych.

2. CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA USZKODZENIE ŚCIANY OTWORU PRZEZ PŁUCZKĘ NA OSNOWIE WODNEJ

Przepływ cieczy w przestrzeni pierścieniowej

W niektórych warunkach geologicznych przepływ płuczki w przestrzeni pierścieniowej powinien mieć charakter laminarny. Przepływ turbulentny może bowiem powodować erozję ściany otworu – kawernowanie, osypywanie skały do otworu. W celu zapewnienia laminarnego typu przepływu płuczki w przestrzeni pierścieniowej stosuje się odpowiednie ciśnienie na pompach płuczkowych oraz płuczkę o odpowiedniej lepkości.

* WwNiG studentka

** Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH

*** Praca wykonana w ramach badań własnych

Nie zrównoważone ciśnienie w otworze

Skały ilaste pod wpływem ciśnienia nadkładu mogą „płynąć” w kierunku otworu wiertniczego, powodując destabilizację ściany otworu i związane z tym komplikacje wiertnicze. Zbyt niskie ciśnienie hydrostatyczne płuczki może również prowadzić do erupcji płynów złożowych z przewierczanych warstw. W takim przypadku ważne jest zapewnienie odpowiednio wysokiego ciśnienia hydrostatycznego, wywieranego przez słup płuczki wiertniczej na ścianę otworu, które będzie równoważyć ciśnienie skał i płynów złożowych. W przypadku gdy przy przewiercaniu skał ilastych stosowane jest zbyt wysokie ciśnienie płuczki w przestrzeni pierścieniowej, znacznie wzrasta filtracja. Prowadzi to do nadmiernego pęcznienia i w konsekwencji do uszkodzenia skały ilastej. Zazwyczaj rozpoznanie występowania niezrównoważonego ciśnienia jest trudne i ujawnia się dopiero w postaci erupcji płynów złożowych lub utraty cyrkulacji płuczki. Równoważenie ciśnienia odbywa się przez dobór płuczki o odpowiedniej gęstości.

Naturalne kruszenie się skał ilastych

Duże problemy z utrzymaniem stabilności ściany otworu wiertniczego występują podczas przewiercania skał ilastych na obszarach, na których trwają procesy wypiętrzania górotworu. Skały takie wykazują naturalną tendencję do kruszenia się i osypywania na dno otworu. Spowodowane to jest niedostatecznym związaniem ilów ze sobą. Jedyną drogą zapobiegania komplikacjom podczas przewiercania takich skał jest zapewnienie laminarnego przepływu płuczki w przestrzeni pierścieniowej, zrównoważonego ciśnienia hydrostatycznego płuczki oraz minimalizacja hydratacji skały ilastej przez stosowanie płuczek inhibitowanych.

Hydratacja minerałów ilastych – powierzchniowa i osmotyczna

Adsorpcję wody na minerałach ilastych można podzielić na dwa etapy: hydratację powierzchniową i hydratację osmotyczną.

Hydratacja powierzchniowa polega na adsorpcji wody przez kationy międzypakietowe oraz pakiety krzemionkowe. Ilość zaadsorbowanej wody zależy od budowy chemicznej ilów. Minerale zawierające kationy sodowe charakteryzują się znacznie wyższą adsorpcją wody niż ily potasowe, wapniowe lub magnezowe. Hydratacja powierzchniowa hamowana jest w wyniku wymiany jonowej. Rolę inhibitora hydratacji spełniają jony potasowe K^+ , wapniowe Ca^{2+} oraz amonowe NH_4^+ .

Hydratacja osmotyczna jest wynikiem braku równowagi między aktywnością jonów w powierzchniach międzypakietowych ilów a ich aktywnością w płuczce i polega na przepływie cząstek rozpuszczalnika od niższego do wyższego stężenia elektrolitów w celu zrównoważenia ciśnienia osmotycznego. Ograniczenie hydratacji osmotycznej osiąga się przez stosowanie płuczek o wysokiej koncentracji elektrolitów.

Najlepsze właściwości inhibitujące wykazują płuczki olejowo-dyspersyjne, jednak są one bardzo drogie i, w przeważającej części, szkodliwe dla środowiska. Dlatego w praktyce często stosowane są płuczki o podwójnym systemie inhibicji – polimerowo-potasowe.

W płuczkach polimerowo-potasowych ograniczenie inhibicji skał ilastych osiąga się między innymi dzięki stosowaniu w płuczkach wiertniczych tzw. polimerów kapsułujących, które adsorbują się na ścianie otworu i wytwarzają trudno przepuszczalną dla cząstek wody adsorpcyjną warstwę polimerową. Powszechnie stosowane są w tym celu polimery anionowe (np. PHPA). Ponieważ ponad 90% powierzchni iłków zawiera ładunki ujemne, korzystniejsze wydaje się zastosowanie polimerów amfolytycznych. Poliamfolity zawierają w łańcuchu zarówno ładunki dodatnie, które efektywnie adsorbują się na ujemnie naładowanych iłach, jak i ładunki ujemne, które wytwarzają barierę nieprzepuszczalną dla wody. Poliamfolity, w układzie uzupełniających się polimerów, zostały zastosowane z dobrym skutkiem na blisko 4000 otworach w Chinach [2].

W ramach niniejszej pracy przebadano nową płuczkę o podwójnym systemie inhibicji, w której zastosowano nowe polimery amfolytyczne PT-61. Jest to polimer zawierający w łańcuchach bocznych grupy $-\text{SO}_3^-$ oraz $-\text{COO}^-$ i $-\text{NH}_3^+$. Nowością jest również zastosowanie kwaśnego węgla potasu jako jonowego inhibitora hydratacji. Wydaje się to korzystniejsze niż stosowanie węgla potasu, który powoduje znaczny wzrost pH płuczki (powyżej 12) lub chlorku potasu, który charakteryzuje się znaczną agresywnością korozyjną, a także niekorzystnie oddziałuje na parametry reologiczne badanych suspensji bentonitowych.

3. CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Jednym z założeń projektu było opracowanie składu płuczki beziłowej, z wykorzystaniem jak najmniejszej liczby składników przy równoczesnym uzyskaniu dobrych parametrów technologicznych. Jest to korzystne ze względów ekonomicznych (niższy koszt) oraz technologicznych (łatwiejsza regulacja parametrów płuczki w trakcie wiercenia). Przeprowadzone badania wstępne doprowadziły do ustalenia składu przedstawionego w tabeli 1. Badania przeprowadzono zgodnie z obowiązującymi normami międzynarodowymi oraz Polską Normą Branżową [3, 4].

Tabela 1

Skład i parametry technologiczne płuczki z poliamfolitem PT-61

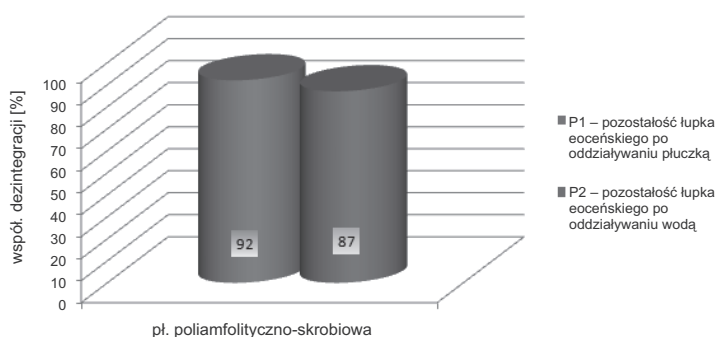
| Skład płuczki | | Parametry technologiczne | |
|-------------------|------|---------------------------|------------------------|
| Emfloc | 3% | Gęstość | 1,03 g/cm ³ |
| Poliamfolit PT-61 | 0,7% | Lepkość plastyczna | 18 mPa · s |
| KHCO ₃ | 3% | Lepkość pozorna | 28 mPa · s |
| | | Granica płynięcia | 10 Pa |
| | | Wytrzymałość strukturalna | 4/5 Pa |
| | | Filtracja | 3,1 ml |
| | | pH | 9 |

W płuczce zastosowano usieciowaną skrobię Emfloc, która charakteryzuje się podwyższoną odpornością na temperaturę. Wymagane parametry technologiczne uzyskano za pomocą

zsyntezowanego poliamfolitu PT-61 oraz kwaśnego węgla potasu. Związki te spełniają rolę inhibitorów hydratacji skał ilastych.

4. TEST DEZINTEGRACJI ŁUPKA EOCENSKIEGO

W celu stwierdzenia właściwości inhibitujących test dezintegracji łupka eoceńskiego pod wpływem opracowanej płuczki poliamfolityczno-potasowej z polimerem PT-61 [1]. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 1.

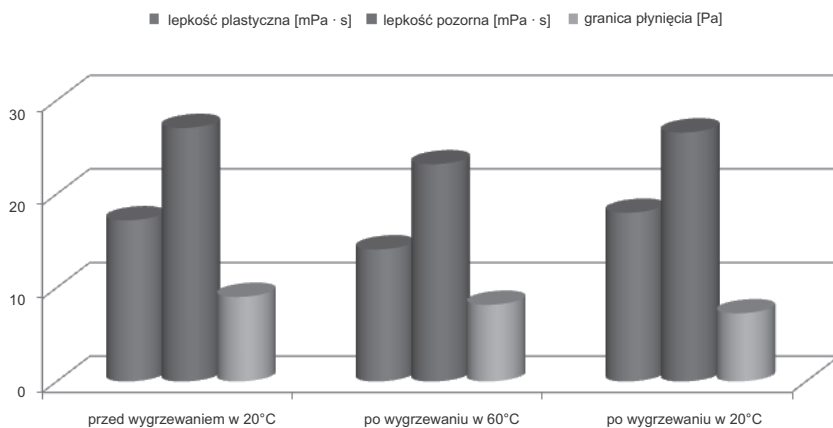


Rys. 1. Test dezintegracji łupka eoceńskiego w płuczce poliamfolityczno-skrobiowej z polimerem PT-61

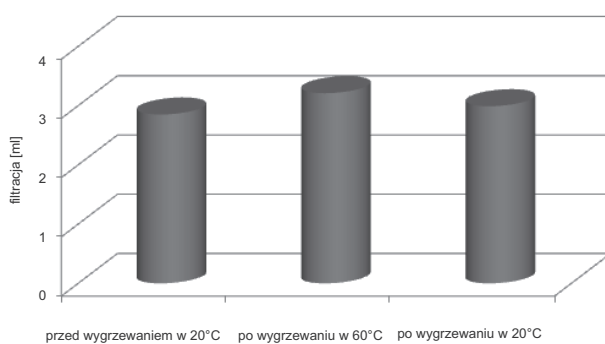
Wyniki testu wykazują ponad 90-procentową skuteczność inhibicji ilów przez płuczkę poliamfolityczno-skrobiową z polimerem PT-61 oraz trwałą adsorpcję poliamfolitu, na co wskazuje wynik pomiaru po przemyciu próbek wodą destylowaną.

5. BADANIA ODPORNOŚCI TEMPERATUROWEJ

Płuczki wiertnicze niezależnie od przeznaczenia muszą charakteryzować się wysoką odpornością na temperaturę. W celu sprawdzenia odporności temperaturowej płuczki poliamfolityczno-skrobiowej z PT-61 przeprowadzono badanie polegające na wygrzewaniu płuczki w piecu typu Rollen-Oven w temperaturze 60°C przez 16 godzin. Następnie przeprowadzono pomiary parametrów reologicznych płuczki w temperaturze 60°C oraz po ochłodzeniu do 20°C i porównywano je z wynikami pomiarów parametrów płuczki przed wygrzewaniem. Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 2 i 3.



Rys. 2. Parametry reologiczne płuczki poliamfoliczno-skrobiowej z PT-61 przed wygrzewaniem i po wygrzewaniu w piecu obrotowym Rollen-Oven

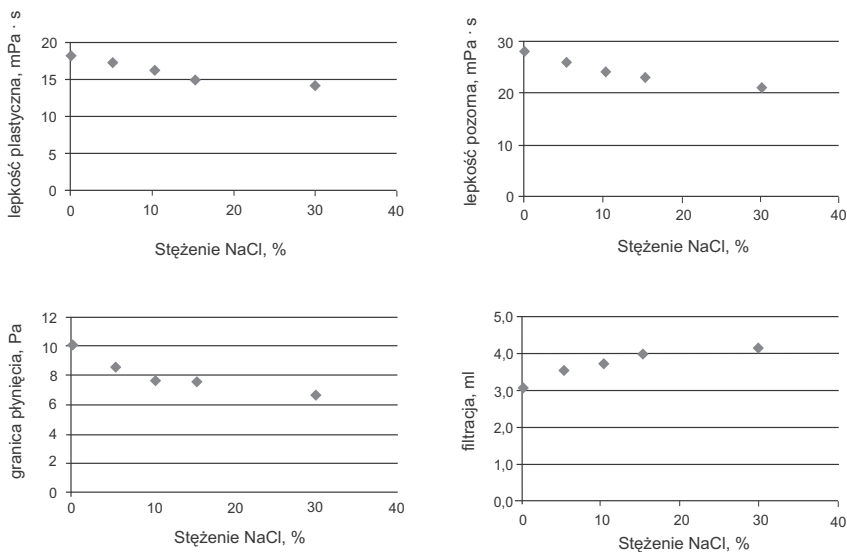


Rys. 3. Filtracja płuczki poliamfoliczno-skrobiowej z PT-61 przed wygrzewaniem i po wygrzewaniu w piecu obrotowym Rollen-Oven

Zmiany parametrów reologicznych płuczki poliamfoliczno-skrobiowej z PT-61 pod wpływem wygrzewania są stosunkowo niewielkie, co wskazuje na dobrą odporność temperaturą płuczki.

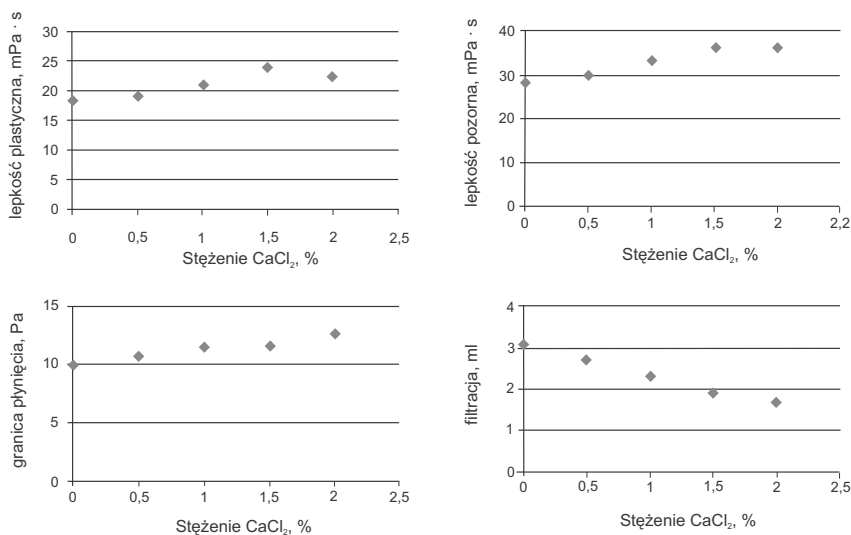
6. BADANIA ODPORNOŚCI NA SKAŻENIE CHEMICZNE

W celu sprawdzenia odporności płuczki poliamfoliczno-skrobiowej z PT-61 na skażenie solami jedno- i dwuwartościowymi przeprowadzono badania wpływu NaCl, CaCl₂ i MgSO₄ na jej parametry technologiczne. Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 4–6.

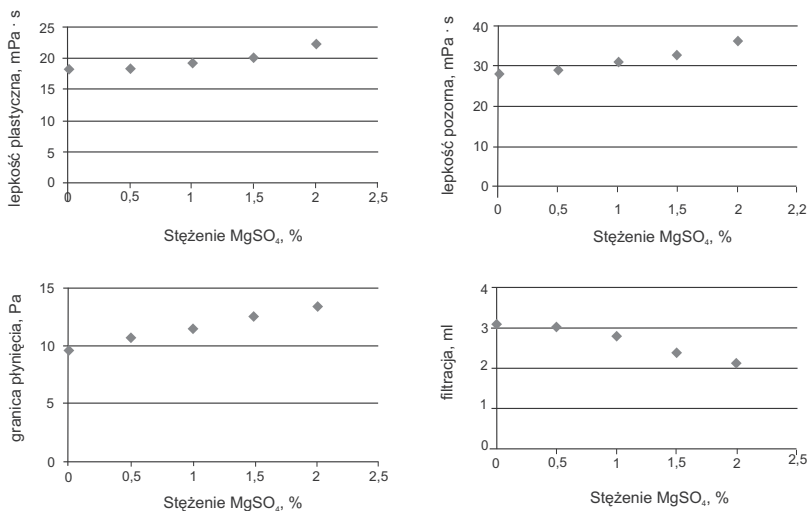


Rys. 4. Zmiana parametrów reologicznych i filtracji płuczki poliamfolytyczno-skrobiowej z PT-61 pod wpływem NaCl

Stosunkowo niewielkie obniżenie parametrów reologicznych i wzrost filtracji świadczą, że opracowana płuczka poliamfolytyczno-skrobiowa z PT-61 wykazuje bardzo dobrą odporność na zasolenie chlorkiem sodu do nasycenia.



Rys. 5. Zmiana parametrów reologicznych i filtracji płuczki poliamfolytyczno-skrobiowej z PT-61 pod wpływem CaCl₂



Rys. 6. Zmiana parametrów reologicznych i filtracji płuczki poliamfolityczno-skrobiowej z PT-61 pod wpływem $MgSO_4$

Przeprowadzone badania wykazały stosunkowo niewielkie zmiany parametrów reologicznych i korzystne obniżenie filtracji. Można więc stwierdzić, że opracowana płuczka poliamfolityczno-skrobiowa z PT-61 wykazuje bardzo dobrą odporność na jony dwuwartościowe w dużym zakresie stężeń.

7. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały, że płuczka poliamfolityczno-skrobiowa z PT-61 charakteryzuje się dobrymi parametrami technologicznymi, bardzo dobrą odpornością na temperaturę oraz skażenie solami jedno- i dwuwartościowymi. Testy dezintegracji łupka eoceńskiego wskazują na dobre właściwości inhibicji hydratacji skał ilastych. Wykorzystanie niewielkiej liczby składników podczas komponowania płuczki pozwala zmniejszyć koszt jej, produkcji oraz umożliwia łatwiejszą regulację jej parametrów technologicznych w trakcie wiercenia.

LITERATURA

- [1] Herman Z.: *Ocena oddziaływania płuczek wiertniczych na skały ilaste i zbiornikowe w świetle badań laboratoryjnych*, „Wiertnictwo Nafta Gaz” 2000, 17
- [2] Wysocki S.: *Nowe płuczki wiertnicze z użyciem polimerów amfolitycznych i kationowych do wiercenia w trudnych warunkach geologicznych oraz do dowiercania złóż węglowodorów*, rozprawa doktorska, 2007
- [3] API Specification 13B-1, Thirteen Edition, July 1, 1990
- [4] Polska Norma Branżowa BN-90/1785-01, 1 październik 1990