

Maciej Stec*, Andrzej Goc*, Patrycja Wojtasiak*, Zbigniew Obuch*

PRZYGOTOWANIE I ZASTOSOWANIE PŁUCZKI NA OSNOWIE MRÓWCZANU POTASU NA PRZYKŁADZIE OTWORU K-88

1. WPROWADZENIE

Obecnie na terenie Niżu Polskiego do dowiercania poziomów perspektywicznych używa się zazwyczaj płuczek wykonanych na bazie nasyconego roztworu chlorku sodu (NaCl), obrobionych tak, aby płuczki miały następujące parametry:

- filtracja HTHP (F_{HTHP}) – poniżej 12 ml/30 min (149 °C przy ciśnieniu różnicowym 35 at);
- filtracja API (F_{API}) – do uzyskania filtracji HTHP;
- lepkość plastyczna (PV) – najniższa możliwa;
- granica płynięcia (YP) – do uzyskania lepkości LSRV (w temp. 50 °C);
- lepkość LSRV (Brookfielda) – 10 000÷45 000 cP (w temp. 50 °C);
- pH – 9,0÷10,0.

Spełnienie ww. wymagań jest trudne i skutkuje występowaniem dużych oporów przepływu, tworzeniem się grubego osadu filtracyjnego, trudnościami w regulacji lepkości LSRV, następuje zwiększenie zużycia materiałów płuczkowych do regulacji reologii płuczki, a także tych do obniżenia filtracji [1]. Jako środek alternatywny wobec powszechnie stosowanych płuczek posłużyć może płuczka na osnowie soli mrówczanowych (mrówczan sodu, mrówczan potasu lub mrówczan cezu a także ich mieszanki). Płyny wiertnicze o niskiej zawartości fazy stałej na bazie solanek mrówczanowych było pierwotnie zminimalizowanie strat ciśnienia związanych z tarciem w otworach o małej średnicy. Dodatkowo, ich

* Poszukiwania Naftowe „Diamant” Sp. z o.o., Zielona Góra

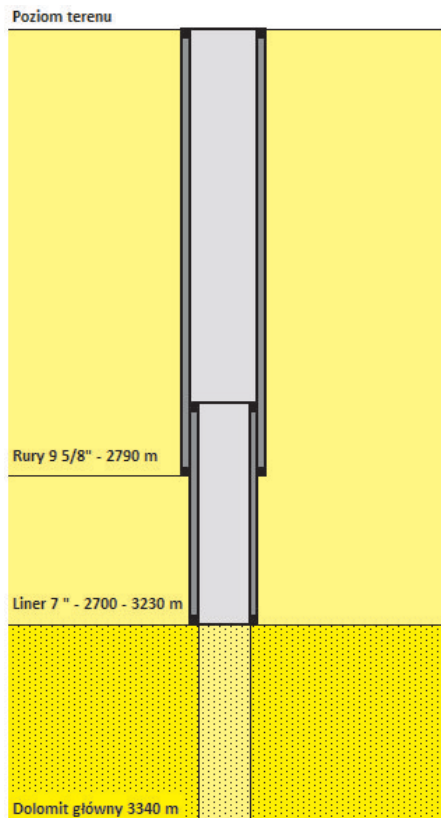
unikatowa zdolność stabilizowania polimerów w wysokiej temperaturze sprawiła, że są one na nią odporne bardziej niż jakikolwiek inny płyn wiertniczy z dodatkiem polimerów. Dalsze badania wykazały, że solanki mrówczanowe, ze względu na ich duże gęstości i niską korozyjność, są także idealnymi płynami nadpakerowym i cieczami roboczymi w procesie zbrojenia czy rekonstrukcji odwiertu. Solanki mrówczanowe mają także idealne profile HSE i są kompatybilne z płynami złożowymi, doskonale stabilizują skały łupkowe oraz inhibują uwodnione gazy. Testy przemysłowe wykazały także dobre oczyszczanie otworu i możliwość odzyskiwania i ponownego użycia płynu na bazie mrówczanu. Sole mrówczanowe metali alkalicznych są dobrze rozpuszczalne w wodzie i tworzą solankę o wysokim ciężarze właściwym. Trzy wymienione wyżej sole mrówczanowe znalazły zastosowanie w przemyśle naftowym. Są to: mrówczan sodu (HCOONa), mrówczan potasu oraz jednowodzian mrówczanu cezu.

Mrówczan sodu jest najmniej rozpuszczalny, a jego roztwór może osiągnąć gęstość ok. $1,33 \text{ g/cm}^3$. Mrówczan potasu jest bardziej rozpuszczalny, a jego roztwór może mieć gęstość do $1,59 \text{ g/cm}^3$. Wodny roztwór mrówczanu cezu ma gęstość ok. $2,30 \text{ g/cm}^3$. Pomimo największej w porównaniu z pozostałymi rozpuszczalności mrówczanu cezu należy zauważyć, że pod względem gramatury największą koncentrację molową można uzyskać, stosując mrówczan potasu. W pewnych zastosowaniach, np. stabilizacji temperaturowej polimerów, koncentracja molowa jonów mrówczanowych powinna być możliwie największa, dlatego zaleca się, aby zoptymalizowana mieszanina mrówczanu potasu i cezu miała ciężar $1,59 \div 2,3 \text{ g/cm}^3$ [2, 3].

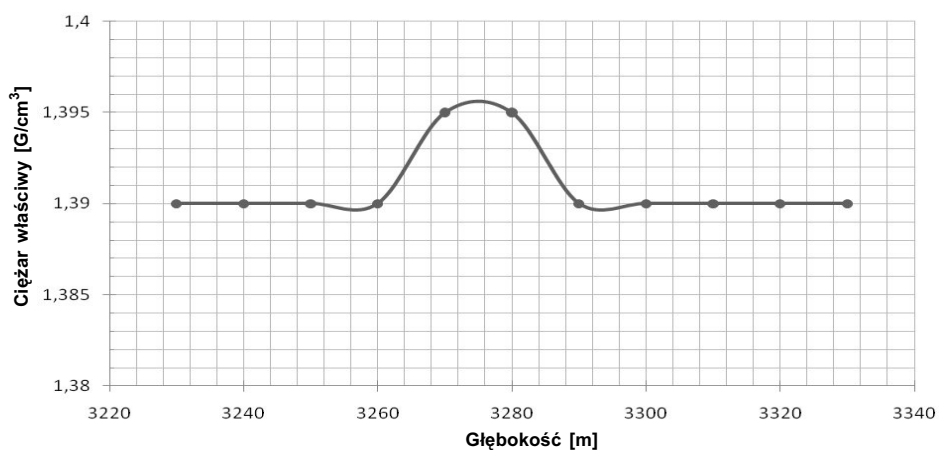
2. APLIKACJA PŁUCZKI NA BAZIE MRÓWCZANU POTASU W OTWORZE K-88

Na potrzeby wiercenia otworu K-88 zaprojektowano i wykorzystano płuczkę na bazie mrówczanu potasu. Po raz pierwszy w Polsce użyto jej do dowiercania w warstwach dolomitu głównego, a została „wynajęta” od dystrybutora zagranicznego. Charakterystyka techniczna odwiertu została zobrazowana na rysunku 1.

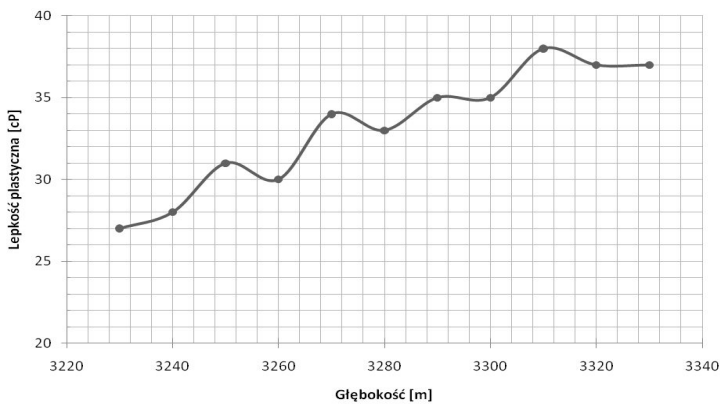
Wiercenie interwału $3230 \div 3340 \text{ m}$ z użyciem płuczki na osnowie mrówczanu potasu przebiegło bezproblemowo. Płyn wiertniczy aż do zakończenia wiercenia zachowywał parametry zadane w projekcie płuczkowym, a polimery użyte do regulacji reologii i filtracji zachowały stabilność w długim czasie i pod wpływem wysokiej temperatury. W celu poprawnego wykonania zadania zachowano procentowe zawartości poszczególnych faz w płuczce w ilości: 69% fazy wodnej, 26% fazy mrówczanowej i ok. 5% fazy stałej. Dla porównania płuczka standardowa na bazie chlorku sodu i z pewną zawartością blokatora węglanowego o średniej wielkości ziaren $63 \div 65 \mu\text{m}$ dla zapewnienia podobnego ciężaru właściwego zawiera ok. $20 \div 30\%$ fazy stałej. Na rysunkach 2–6 pokazano, jak zmieniały się wybrane parametry płuczki mrówczanowej w zależności od pogłębiania otworu.



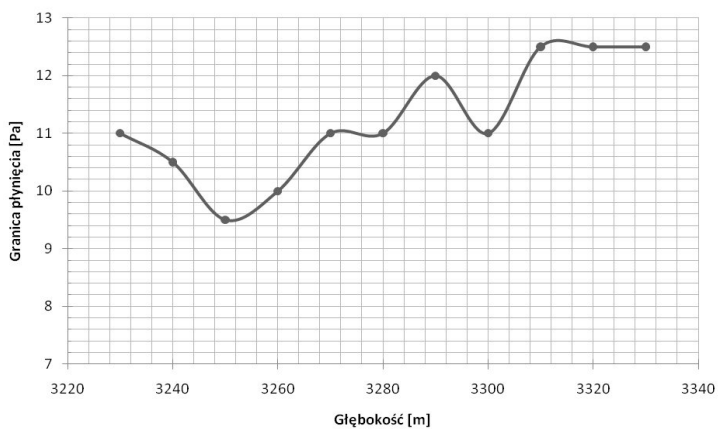
Rys. 1. Charakterystyka techniczna odwiertu K-88. Płuczka mrówczanowa użyta została do przewiercenia 150-metrowej warstwy dolomitu głównego



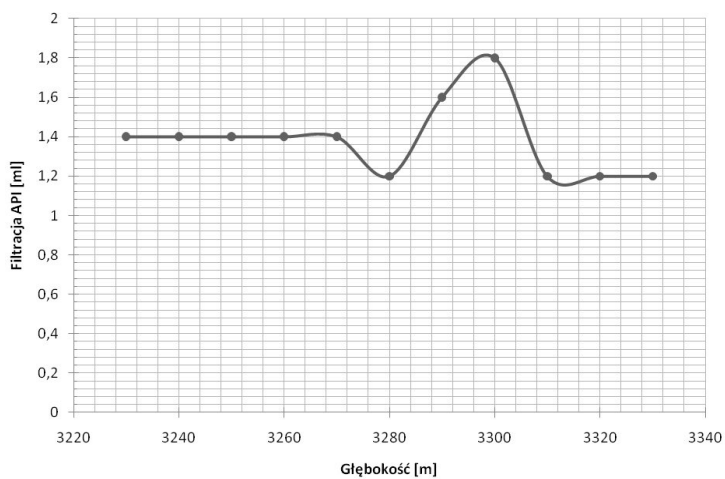
Rys. 2. Zmiana wartości ciężaru właściwego w miarę głębienia otworu K-88



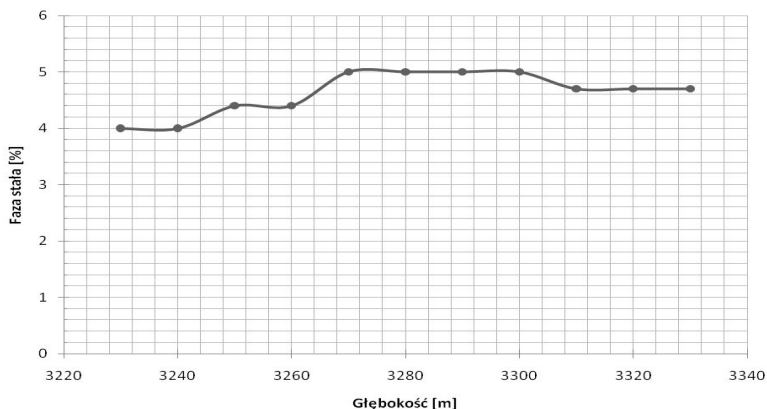
Rys. 3. Zmiana wartości lepkości plastycznej w miarę głębinienia otworu K-88



Rys. 4. Zmiana wartości granicy płynięcia w miarę głębinienia otworu K-88



Rys. 5. Zmiana wartości filtracji w miarę głębinienia otworu K-88



Rys. 6. Zmiana zawartości fazy stałej w miarę głębienia otworu K-88

Wartość żadnego z parametrów zilustrowanych na rysunkach 2–6 nie przekroczyła ani nie spadła poniżej założonych wartości. Zarówno ciężar właściwy, filtracja, jak i zawartość fazy stałej utrzymywały się na względnie stałym poziomie. Jedyne wartości reologiczne nieznacznie wzrosły, czego powodem było dodanie do płuczki niewielkich ilości polimerów typu XCD (polimer odpowiedzialny za wzrost wartości granicy płynięcia) i PAC UL (polianionowa celuloza mogła spowodować nieznaczne podwyższenie wartości lepkości plastycznej). Pomiary parametrów podobnej płuczki na osnowie mrówczanu potasu powtórzone w warunkach laboratoryjnych.

3. BADANIA LABORATORYJNE PŁUCZKI NA OSNOWIE MRÓWCZANU POTASU

W laboratorium przygotowano trzy próbki płuczki na bazie mrówczanu potasu. Sprowadzono ją według następującej receptury:

- 300 ml (ok. $55,0 \div 60,0$ g soli/100 ml wody) solanki mrówczanowej (KCOOH) o ciężarze właściwym $1,40 \text{ g/cm}^3$;
- 1,0% (1,0 g/100 ml solanki) skrobi modyfikowanej w ilości 3 g;
- $1,0 \div 1,5\%$ ($1,0 \div 1,5$ g/100 ml solanki) polianionowej celulozy w ilości 4,5 g;
- 0,4% (0,4 g/100 ml solanki) polimeru XCD w ilości 1,2 g;
- 7,5% (7,5 g/100 ml solanki) węglanowego blokatora pylistego o rozmiarze ziaren $63 \mu\text{m}$ w ilości 22,5 g.

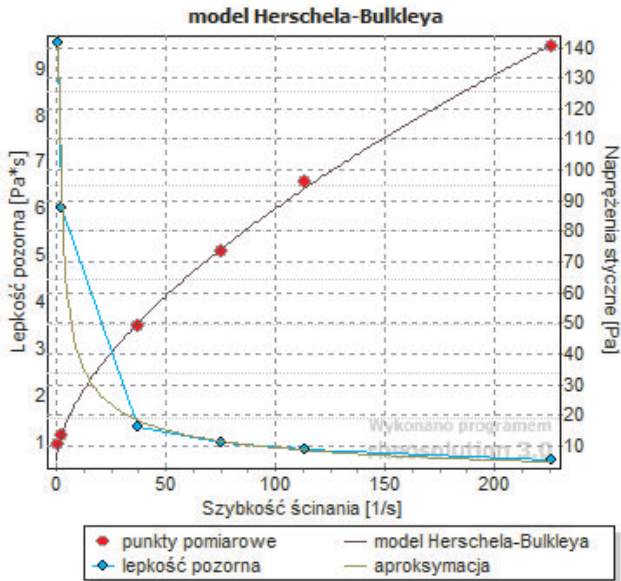
Próbki umieszczono w pojemnikach ciśnieniowych i poddano wygrzewaniu w urządzeniu Roller Oven w temperaturze $130 \text{ }^\circ\text{C}$ ze stałym obracaniem naczyń przez 72 godziny. Wyniki pomiarów właściwości płuczki mrówczanowej podano w tabeli 1.

Tabela 1
Wyniki pomiarów uzyskanych po przebadaniu próbek

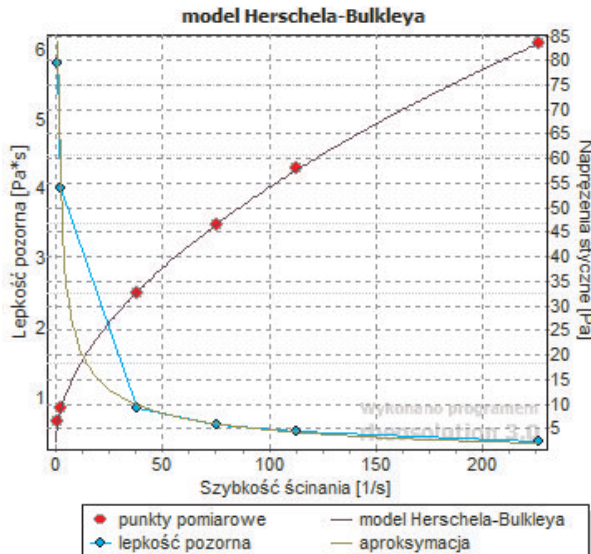
Numer próbki	1	2	3
SG, g/cm ³	1,41	1,41	1,41
F_{API} , ml	1,2	1,2	1,2
Osad filtracyjny	0,01 mm – cienki, elastyczny	0,01 mm – cienki, elastyczny	0,01 mm – cienki, elastyczny
pH filtratu	10	10	10
F_{HTHP} , ml, temp. 150 °C	11	11	11
Osad filtracyjny	ok. 0,15 mm – elastyczny	ok. 0,15 mm – elastyczny	ok. 0,15 mm – elastyczny
Lepkość Brookfielda, cP	$T = 22,5\text{ °C}$		
Wrzec/obr LV1, RPM	61/0,8		
1'	7700		
2'	8300		
3'	8440		
4'	8700		
T , °C	22,5	50	77,6
AV, cP	69,5	41,35	31,35
PV, cP	43,9	25,1	17,5
YP, lb/100 ft ²	51,2	32,5	27,7
Ge _{10⁻¹⁰} , lb/100 ft ²	43,8/50,7	7,1/7,2	4,9/4,9
φ 600	139	82,7	62,7
φ 300	95,1	57,6	45,2
φ 200	73	46	37,6
φ 100	48,9	32,3	26,8
φ 6	13,5	9	7
φ 3	10,7	6,5	4,8

Wyniki otrzymane w badaniach laboratoryjnych potwierdziły trwałość parametrów płuczki mrówczanowej z upływem czasu, w warunkach podwyższonej temperatury i ciśnienia HTHP. Parametry reologiczne i filtracja płynu wiertniczego były stabilne w temperaturze, co potwierdza wpływ soli mrówczanowej na trwałość polimerów. Przy wykorzystaniu programu Rheosolution 3.0 opracowano wykresy (rys. 7–9) z dopasowaniem modelu

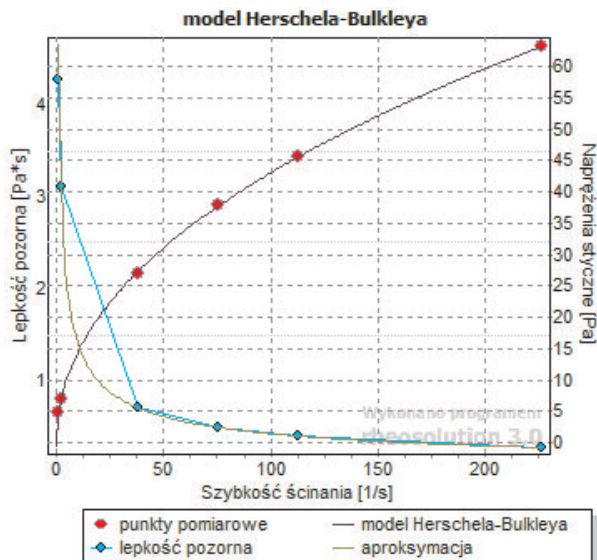
reologicznego płynu na bazie mrówczanu potasu do znanych modeli płynów. Odczyty z wiskozymetru typu FANN w temperaturze 22,5 °C pokazują, że najbardziej dopasowanym modelem reologicznym płuczki jest model Herschela–Bulkleya (współczynnik korelacji 0,9997). Podobnie jest w przypadku tej samej płuczki podgrzanej do 50 °C i 77,6 °C (współczynnik korelacji 1,000).



Rys. 7. Model reologiczny próbki laboratoryjnej w temperaturze 22,5 °C



Rys. 8. Model reologiczny próbki laboratoryjnej w temperaturze 50 °C



Rys. 9. Model reologiczny próbki laboratoryjnej w temperaturze 77,6 °C

4. WNIOSKI

Dzięki unikatowym właściwościom płuczki na osnowie mrówczanów interwał produkcyjny otworu K-88 został odwiercony bez większych trudności, a dalsze prace zbrojeniowe mogły być kontynuowane. Badania laboratoryjne potwierdziły zalety płuczek na bazie solanki potasowej i pozwoliły na sformułowanie ostatecznych wniosków:

- 1) Solanki na bazie mrówczanów zapewniają osiągnięcie gęstości pomiędzy 1,00 G/cm³ a 2,30 G/cm³.
- 2) Właściwości mrówczanów zapewniają stabilizację polimerów w wysokich temperaturach (nawet 180 °C) zarówno w przypadku polimerów regulujących parametry reologiczne, jak i polimerów odpowiedzialnych za kontrolę filtracji API i HTHP.
- 3) Solanki te są kompatybilne z płynem złożowym, elastomerami w układach pompowych i rurociągach tłoczących itp.
- 4) Możliwe jest ponowne użycie płuczki mrówczanowej, recykling i składowanie w zamkniętych zbiornikach (w takich przypadkach należy płuczkę dodatkowo obrobić środkiem bakteriobójczym – biocydem).
- 5) Płuczka na osnowie mrówczanowej nie potrzebuje aplikacji dużych ilości materiałów obciążających, typu węgiel wapnia, w celu osiągnięciażądanego ciężaru właściwego, co eliminuje problem występowania wysokich ilości fazy stałej (w trakcie wykonywania otworu K-88 ilość fazy stałej nie przekroczyła 5,0%).
- 6) W przypadku użycia płuczki mrówczanowej straty ciśnienia tłoczenia są mniejsze, niż gdy używa się płuczki na bazie nasyconego roztworu soli NaCl z dodatkiem polimerów i środka obciążającego.

LITERATURA

- [1] Goc A.: *Pluczki mrówczanowe jako alternatywa do obecnie stosowanych płuczek podczas udostępniania złóż ropy i gazu*. Materiały PN „Diamant” (niepublikowane).
- [2] Howard S.K.: *Formate brines for drilling and completion: state of the art*. SPE 30498, SPE Annual Technical Conference & Exhibition Dallas, USA, October 1995.
- [3] Downs J.D.: *Formate brines: New solutions to deep slim-hole drilling*. SPE 24973, European Petroleum Conference, Cannes (France), November 1992.