



3 Contreras O., Hareland G., Husein M., Nygaard R., Al-Saba M., Application of In-House Prepared Nanoparticles as Filtration Control Additive to Reduce Formation Damage, SPE-168116-MS, 2014, <http://dx.doi.org/10.2118/168116-MS>

4 Mahmoud O., Nasr-El-Din H.A., Vryzas Z., Kelessidis V.C., Nanoparticle-Based Drilling Fluids for Minimizing Formation Damage in HP/HT Applications, SPE-178949-MS, 2016, <http://dx.doi.org/10.2118/178949-MS>

BADANIA LABORATORYJNE NAD OGRANICZENIEM FILTRACJI DYNAMICZNEJ PŁUCZEK WIERTNICZYCH W WARUNKACH HPHT

Bartłomiej Jasiński, Małgorzata Uliasz, Grzegorz Zima, Sławomir Błaż

Filtracją nazywa się odfiltrowanie płynu (najczęściej wody i rozpuszczonych w niej substancji chemicznych) z płuczki wiertniczej do przewiercanych formacji skalnych. Zjawisko filtracji ma miejsce, gdy płuczka wiertnicza wywiera ciśnienie na ścianę otworu wiertniczego oraz gdy przepuszczalność danej formacji pozwala na wnikanie płynu w otwartą przestrzeń komunikujących się porów. Znane są dwa rodzaje filtracji: dynamiczna i statyczna. Filtracja dynamiczna ma miejsce, gdy płuczka znajduje się w ruchu – w systemie cyrkulacyjnym. Filtracja statyczna natomiast występuje, gdy cyrkulacja płuczki jest zatrzymana. Filtracja dynamiczna różni się od filtracji statycznej tym, że przepływ płuczki wzdłuż ściany otworu wiertniczego może powodować erozję osadu utworzonego w wyniku procesu filtracji. Osad na ścianie otworu powiększa się w wyniku filtracji aż do momentu, gdy szybkość jego tworzenia i szybkość erozji, nawzajem się równoważą. Gdy grubość osadu osiągnie stan równowagi, szybkość filtracji utrzymywać się będzie na stałym poziomie.

Do pomiaru filtracji dynamicznej wykorzystano unikatowy na skalę światową aparat Grace M2200 HPHT. Umożliwia on przeprowadzenie pomiaru smarności i filtracji dynamicznej płuczek wiertniczych w symulowanych warunkach otworowych. Dodatkową funkcją jest pomiar szybkości wiercenia w rzeczywistych próbkach skał przy pomocy miniaturowego świdra wiertniczego. Aparat umożliwia realistyczne symulowanie warunków otworowych dzięki dużemu zakresowi temperatury roboczej (do 260°C) oraz ciśnienia (do 13,8 MPa). Obsługa odbywa się przy użyciu nowoczesnego oprogramowania komputerowego M2200 PC.

Badania przeprowadzone w toku realizacji pracy charakteryzowały się następującymi parametrami:



- średnica porów rdzenia pierścieniowego – 60 μm ,
- temperatura płuczki – 100°C,
- ciśnienie płuczki – 100 psi (0,69 MPa),
- prędkość obrotowa rotora – 250 obr/min.,
- czas pomiaru – 30 min.

Bazowa płuczka polimerowo-potasowa oznaczona została cyfrą 1. Charakteryzowała się lepkością plastyczną równą 66,1 mPa · s, lepkością pozorną o wartości 106,8 mPa · s oraz granicą płynięcia wynoszącą 39,0 Pa. Ponadto gęstość płuczki wynosiła 1,04 g/cm³, a filtracja – API 6,4 cm³. Skład płuczki bazowej modyfikowano poprzez dodatek środków B i C w różnych stężeniach, a powstałe w ten sposób płuczki oznaczono cyframi 2÷7. Ich skład i parametry przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1 – Skład oraz parametry płuczek polimerowo-potasowych modyfikowanych środkami ograniczającymi filtrację

Nr	Skład płuczki wiertniczej		Lepkość [mPa · s]				Granica płynięcia [Pa]		Wytrzymałość strukturalna I/II [Pa]	Filtracja API [cm ³]	pH
			η_{pl}		η_s		τ_y				
			20°C	100°C	20°C	100°C	20°C	100°C			
1.	Biostat PAC LV PAC R XCD Polofix LV Stabpol S KCl Środek A	0,1% 0,5% 0,2% 0,25% 0,75% 0,3% 5% 3%	66,1	26,3	106,8	36,6	39,0	9,8	5,9 / 7,6	6,4	9,4
2.	Płuczka 1 + Środek B	5%	67,2	27,4	108,8	37,9	39,7	9,9	6,6 / 7,8	5,2	9,2
3.	Płuczka 1 + Środek B	10%	72,3	28,2	11,6	37,6	44,2	8,9	6,6 / 7,8	4,6	9,1
4.	Płuczka 1 + Środek B + Środek C	5% 5%	69,4	27,4	109,8	38,2	38,6	10,3	7,0 / 8,4	5,0	9,1
5.	Płuczka 1 + Środek B + Środek C	5% 10%	74,7	27,6	113,7	37,8	37,3	9,6	7,8 / 9,4	4,8	9,2
6.	Płuczka 1 + Środek B + Środek C	10% 5%	72,7	25,9	112,7	33,7	38,2	7,5	5,9 / 7,5	3,7	9,1
7.	Płuczka 1 + Środek B + Środek C	10% 10%	7,7	26,1	119,6	34,7	39,0	8,2	8,1 / 9,9	3,2	9,3

Płuczkę glikolowo-potasową przygotowano na podstawie tego samego zestawu polimerów strukturotwórczych, jakim charakteryzowała się



плuczka polimerowo-potasowa. W jej składzie znajdował się dodatek oksyetylenowanego trójglicerydu kwasu rycynolowego (R26) w stężeniu 1 % oraz blokowy kopolimer tlenku etylenu i tlenku propylenu (R2100) w stężeniu 3 %. Tak otrzymana płuczka oznaczona została cyfrą 8 i nazywana jest dalej bazową płuczka glikolowo-potasową. Cechowała się ona lepkością plastyczną równą 55,5 mPa · s, lepkością pozorną o wartości 85,3 mPa·s oraz granicą płynięcia wynoszącą 28,5 Pa. Ponadto gęstość płuczki wynosiła 1,04 g/cm³, a filtracja – API 5,8 cm³. Skład i parametry płuczki bazowej oraz jej modyfikacji środkami ograniczającymi filtrację przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2 – Skład oraz parametry płuczek glikolowo-potasowych modyfikowanych środkami ograniczającymi filtrację

Nr	Skład płuczki wiertniczej		Lepkość [mPa · s]				Granica płynięcia [Pa]		Wytrzymałość strukturalna I/II [Pa]	Filtracja API [cm ³]	pH
			η_{pl}		η_s		τ_y				
			20 °C	100 °C	20 °C	100 °C	20 °C	100 °C			
8.	Biostat PAC LV PAC R XCD Polofix LV R26 R2100 KCl Środek A	0,1% 0,5% 0,2% 0,25% 1% 3% 5% 3%	55,5	23,1	85,3	32,5	28,5	8,9	5,0 / 6,9	5,8	9,5
9.	Плuczka 1 + Środek B	5%	54,3	23,1	83,9	33,4	28,3	9,8	5,4 / 7,9	4,4	9,4
10.	Плuczka 1 + Środek B	10%	55,7	24,9	88,7	34,1	31,6	8,8	5,7 / 7,6	3,4	9,4
11.	Плuczka 1 + Środek B + Środek C	5% 5%	56,8	23,7	86,8	33,7	28,7	9,6	5,3 / 7,4	4,0	9,3
12.	Плuczka 1 + Środek B + Środek C	5% 10%	61,3	22,0	89,6	31,2	27,0	9,4	7,1 / 8,9	3,8	9,3
13.	Плuczka 1 + Środek B + Środek C	10% 5%	70,6	26,3	104,9	36,0	32,8	9,3	7,4 / 12,1	2,6	9,3
14.	Плuczka 1 + Środek B + Środek C	10% 10%	68,4	24,3	102,9	34,7	33,0	9,9	7,6 / 130	2,5	9,3



Tablica 3 – Porównanie wyników badania filtracji API w 20°C oraz dynamicznej filtracji HPHT w 100oC płuczek 1÷7

	Nr płuczki						
	1	2	3	4	5	6	7
Filtracja API [cm ³]	6,4	5,2	4,6	5,0	4,8	3,7	3,2
Filtracja HPHT [cm ³]	40,9	20,3	13,2	17,2	14,9	9,1	7,8

Tablica 4 – Porównanie wyników badania filtracji API w 20°C oraz dynamicznej filtracji HPHT w 100oC płuczek 8÷14

	Nr płuczki							
	8	9	10	11	12	13	14	
Filtracja API [cm ³]	5,8	4,4	3,4	4,0	3,8	2,6	2,5	
Filtracja HPHT [cm ³]	28,7	12,4	8,3	11,6	10,3	6,2	5,2	

Analiza wyników przeprowadzonych badań pozwala sformułować następujące wnioski:

– Płuczki glikolowo-potasowe i polimerowo-potasowe sporządzone w oparciu o ten sam zestaw koloidów ochronnych wyraźnie różnią się parametrami reologicznymi oraz filtracją.

– Płuczka glikolowo-potasowa charakteryzuje się niższą filtracją dynamiczną w temperaturze 100°C. Wartość filtracji HPHT w przypadku bazowej płuczki glikolowo-potasowej wynosiła 28,7 cm³, natomiast w płuczce polimerowo-potasowej było to 40,9 cm³.

– Filtracja dynamiczna HPHT jest o wiele wyższa od filtracji statycznej API. Bazowa płuczka polimerowo-potasowa charakteryzowała się filtracją HPHT o 540 % wyższą od filtracji API. W przypadku płuczki glikolowo-potasowej różnica ta wynosiła 395 %. Różnica w wartości obu rodzajów filtracji zmniejszała się wraz z dodawaniem coraz większej liczby blokatorów.

– Spośród wszystkich przebadanych kombinacji środków ograniczających filtrację, najbardziej skuteczny był zestaw 10 % środka B oraz 10 % środka C.