Przegląd rynku płynów wiertniczych

Fot. 1. Płuczka cyrkulująca do punktu wejścia

Płyny wiertnicze to jedno z najważniejszych zagadnień w technologiach bezwykopowych. Współczesne płyny odgrywają kluczową rolę w optymalizacji procesu wiercenia. Spełniają wiele funkcji zarówno w wierceniach kierunkowych HDD jak i w mikrotunelowaniu. System płuczkowy rozumiany jest jako kompozycja chemiczna, która da się opisać szeregiem charakterystycznych parametrów. Czysta woda jako płuczka stosowana jest rzadko. Zwykle płuczka zawiera składniki odpowiadające za lepkość, filtrację oraz zdolności inhibicyjne. Pojęcie płyn wiertniczy używa w celu podkreślenia, że posiada on specjalną charakterystykę reologiczną pomocną w realizacji zadania opartego na bilansie przepływów i ciśnień.

Typy płynów i aplikacje

Praktyczne zastosowanie w technologiach bezwykopowych mieści się w kilku kategoriach:
- płyn cyrkulujący w otwartym otworze HDD,
- płyn cyrkulujący w instalacji mikrotunelowej,
- płyny smarne i podsadzkowe,
- zaczyny wypełniające i uszczelniające (bentonitowo-cementowe)

Typy płynów cyrkulujących najczęściej wykorzystywanych w praktyce wiertniczej:
- płyny bentonitowe,
- płyny bentonitowo-polimerowe,
- płyny iłowe o dużej zawartości jonów Ca+2,
- płyny iłowe sieciowane związkami typu MMO,
- płyny beziłowe na bazie biopolimerów,
- płyny z dużą zawartością środków powierzchniowo czynnych,
- płyny na bazie wody morskiej,
- płuczka pianowa,
- płuczka powietrzna.

Jak widać z przytoczonego powyżej wyliczenia mamy do wyboru całkiem szeroką paletę potencjalnych narzędzi i rozwiązań technologicznych. Selekcja typu płynu i materiałów płuczkowych odbywa się na podstawie analizy warunków geologicznych. Dla uproszczenia możemy przyjąć, że mamy do czynienia z formacjami o grubym ziarnie (żwir, piasek), drobnym ziarnie (mułek, ił) oraz skałami zwięzłymi. W tym ostatnim przypadku rozmiar i kształt zwiercin zależeć będzie od użytego narzędzia i technologii wiercenia.

Parametry

Przygotowanie i kondycjonowanie płynu, zastosowana hydraulika otworowa oraz wykorzystany zestaw separacji faz wpływają zasadniczo na czas trwania operacji wiertniczych i bezpośrednio przekładają się na ponoszone koszty. Rekomendowany system płuczkowy powinien spełniać wszystkie kryteria wynikające z przeznaczenia otworu oraz minimalizować problemy techniczne i ryzyko inwestycji. Wymagania techniczne, koszty pozyskania, osiągalność na rynku oraz akceptacja środowiska naturalnego są zwykle najważniejszymi kryteriami wyboru systemu płuczkowego. Jakość płynu można zobiektywizować, podając jego typowe parametry mierzone standardowymi przyrządami według przyjętych przez przemysł procedur. Certyfikowany sprzęt pomiarowy dostarczają m.in. amerykańskie firmy Fann oraz OFI Testing.

Robert Osikowicz

Do najistotniejszych mierzonych parametrów należą:
- profil lepkościowy (wartość naprężenia dla różnych prędkości ścinania) mierzony lepkościomierzem obrotowym o co najmniej sześciu wybieranych zakresach;
- lepkość LSRV przy niskich prędkościach ścinania mierzona lepkościomierzem Brookfielda;
- ciężar właściwy – zawartość fazy stałej (w tym frakcji piaszczystej);
- filtracja płynu do ośrodka porowatego, pod wpływem ciśnienia różnicowego;
- alkaliczność (pH) filtratu;
- przewodność filtratu;
- istotna dla stabilności systemu zawartość jonów wapnia, magnezu oraz chlorków;
- współczynnik tarcia pomiędzy różnymi ośrodkami.

Fot. 2. Wiertnica klasy 3000 kN

Parametry mierzone stają się podstawą do kalkulacji użytecznych parametrów technologicznych takich, jak: typ przepływu, spadki ciśnień w obiegu płuczkowym, zdolność do transportu zwiercin o danej granulacji, wskaźnik oczyszczenia otworu itp. Do tego celu niezbędna jest znajomość podstawowych modeli reologicznych. Najbardziej rozpowszechnionym i wystarczająco dokładnie opisującym własności reologiczne nieliniowych płynów plastycznolepkich wydaje się być model Herschel-Bulkleya oraz, jako alternatywa, model Cassona.

Fot. 3. Przygotowanie płuczki wiertniczej

Produkty

Podstawowe produkty wykorzystywane w tej technologii to aktywowane polimerami bentonity uzupełniane materiałami specjalnymi takimi, jak: środki regulujące lepkość, środki sieciujące, koloidy ochronne, środki powierzchniowo czynne, polimery stabilizujące formacje ilaste.

Bentonity są skałami ilastymi powstałymi w wyniku przeobrażenia szkliwa wulkanicznego. Zbudowane są przede wszystkim z minerałów grupy smektytu (montmorillonitu). Wspólną cechą skał zasobnych w montmorillonit jest zdolność dyspersji, pęcznienia oraz tworzenia zawiesin tiksotropowych, które przez długi czas nie ulegają sedymentacji. Te właściwości określają przydatność technologiczną w wielu dziedzinach, m.in. w wiertnictwie i budownictwie.

Alternatywą dla suspensji bentonitowych są systemy beziłowe na bazie wody słodkiej lub morskiej, oparte na naturalnych polimerach, których lepkość oraz trwałość suspensji można kontrolować dzięki dodatkom biocydów i enzymów degradujących. Najkorzystniejszą charakterystykę lepkościową posiadają biopolimery z grupy XC i XCD. Są to produkty fermentacji beztlenowej. W roztworach wodnych polimery XC i XCD tworzą ugrupowania spiralne związane ze sobą oddziaływaniami wodorowymi, a zatem powstają roztwory o charakterze pseudoplastycznym, posiadające wyraźną granicę płynięcia. Wykazują też świetne własności stabilizowania suspensji i zawiesin, tolerują obecność kationów jednowartościowych i dwuwartościowych. Sztywna, spiralna budowa zapewnia stabilność w wyjątkowo szerokim zakresie pH.

Warunki geologiczne zmieniają się często kilkakrotnie w trakcie długiego wiercenia. Opracowanie uniwersalnego składu płynu z możliwością modyfikacji parametrów technicznych i zdolności inhibicyjnych jest zagadnieniem kluczowym. We współczesnej technologii płuczkowej duże znaczenie odgrywają produkty o działaniu wielofunkcyjnym. Uczestniczą one zarówno w tworzeniu struktury płuczki, obniżaniu filtracji oraz równocześnie ograniczają hydratację i dyspersję przewiercanych skał. Zastosowanie takich komponentów w składzie płuczki wiertniczej wpływa na jej jakość i postęp wiercenia otworu oraz eliminuje lub znacznie zmniejsza zawartość innych konwencjonalnych środków.

Ponieważ mamy do czynienia z otworami kierunkowymi, szczególnie pożądane są produkty charakteryzujące się wysoką lepkością przy niskich prędkościach ścinania. Systemy płuczkowe powstałe na bazie tych związków, posiadając bardzo wysokie lepkości przy niewielkich naprężeniach ścinających, pozwalają na uzyskanie doskonałych zdolności transportu zwiercin oraz utrzymywanie ich w stabilnej suspensji. Doświadczenie wskazuje, że płyny charakteryzujące się wysokimi parametrami LSRV są znacznie mniej podatne na naturalną filtrację do porowatej formacji.

Prowadzone badania laboratoryjne i praktyka polowa potwierdzają, że stosowanie komponentów oryginalnie opracowanych dla rynku technologii bezwykopowych wpływa korzystnie na właściwości płynów wiertniczych. W tab. 1 zestawiono typy dostępnych materiałów płuczkowych oraz ich podstawowe funkcje.

Kompozycja

Nowoczesne systemy płuczkowe składają się z uniwersalnych produktów cechujących się synergicznym działaniem. Świadomy wybór kompatybilnych składników daje możliwość opracowywania nowych systemów płynów wiertniczych oraz modyfikacji już stosowanych w praktyce przemysłowej w kierunku lepszych właściwości reologicznych i inhibicyjnych.

Skład płuczki wiertniczej uzależniony jest od wymogów poszczególnych operacji wiertniczych. Otwory wierci się w różnych formacjach, które wymagają zastosowania odmiennych co do typu i własności płuczek wiertniczych. Na wybór rodzaju płuczki znaczący wpływ mają takie czynniki, jak: geometria otworu, geologia, skażenia, rodzaj wody używanej do przygotowania płuczki, względy ekonomiczne, ciśnienie w otworze oraz przyjęta technologia wiercenia.

W ramach większości projektów (>95%) może być konieczne dodanie bentonitu (lub innego polimerowego związku strukturotwórczego) do wody przed rozpoczęciem operacji wiertniczych. Bentonit dodaje się z dwóch powodów: po pierwsze, aby uzyskać odpowiednią lepkość płuczki, po drugie, aby uszczelnić i ustabilizować ściany otworu tak, aby nie następował przepływ z otworu do przepuszczalnych formacji.

Większość płuczek wiertniczych jest utworzona na bazie wody. Termin płuczka wiertnicza na bazie wody odnosi się do każdego płynu wiertniczego, posiadającego wodę jako ciągłą, płynną fazę, w której jedne materiały utrzymywane są w stanie zawieszenia, inne zaś są w niej rozpuszczone. Płuczki tego typu mają trzy podstawowe fazy:

– fazę wodną – w zależności od lokalizacji i dostępności może to być woda słodka, woda morska, woda miękka lub twarda itd.;
– aktywną fazę stałą – fazę składającą się z bentonitu i z wprowadzonych, podlegających uwodnieniu iłów i łupków, pochodzących z przewiercanych formacji skalnych;
– obojętną fazę stałą – określenie to odnosi się do fazy, tworzącej w płuczce zawiesinę chemicznie obojętną.

W celu zrozumienia zachowania się płuczek i oddziaływania trzech faz systemu, należy zapoznać się pewnymi zagadnieniami z chemii iłów.

Iły stosowane do sporządzania płuczek na wodzie słodkiej składają się z uwodnionych krzemianów. Tworzą one struktury uformowane w postaci naprzemianległych płytek glinu i krzemu, o trochę odmiennym ich uporządkowaniu w pojedynczej warstwie każdego z minerałów ilastych. Cząstki iłu mogą składać się z pojedynczej warstwy lub z nieskończonej ich liczby, nałożonych na siebie jak talia kart i utrzymywanych razem.

Iły, znajdujące się w wodzie, mają zdolność pęcznienia w różnym stopniu, w zależności od ich pochodzenia oraz chemicznej i koloidalnej natury innych obecnych substancji. Najważniejszym i najbardziej powszechnie używanym iłem, służącym do uzyskania lepkości i kontroli filtracji jest opisany już wcześniej montmorylonit. W wodzie słodkiej warstewki absorbują wodę i pęcznieją do momentu, kiedy siły utrzymujące razem pakiet zostaną osłabione i poszczególne warstwy odłączą się od pakietu. Rozdrobnienie tych pakietów i powstanie wielu warstw jest znane pod nazwą dyspersji. To zwiększenie liczby cząstek, i w rezultacie zwiększenie powierzchni, powoduje wzrost lepkości (gęstnienie) suspensji.

Funkcje

Jedna z wielu istniejących definicji płuczki wiertniczej mówi, że jest to płyn na bazie wody lub powietrza użyty w procesie wiercenia, spełniający wyznaczone mu funkcje. Woda lub powietrze stanowią ośrodek rozpraszający.

Jakie to funkcje ma do spełnienia nasza płuczka? Wiele funkcji może zostać uznanych za uniwersalne niezależnie od zastosowania i typu płynu wiertniczego. Dadzą się one zakwalifikować do następujących kategorii:

– transmitowanie energii hydraulicznej na czoło otworu;
– wynoszenie zwiercin przestrzenią pierścieniową na powierzchnię;
– utrzymywanie w zawieszeniu urobku w trakcie cyrkulacji i podczas przerw w tłoczeniu płynu;
– utrzymywanie w stanie zintegrowanym ściany otworu;
– kontrola ciśnień wgłębnych w otworze;
– chłodzenie narzędzi i elektronicznych urządzeń pomiarowych;
– przekazywanie danych geologicznych i technologicznych, uzyskiwanych w procesie wiercenia;
– zabezpieczenie przed nadmiernym zużyciem mechanicznym elementów przewodu wiertniczego poprzez ograniczanie tarcia.

Dla stworzenia optymalnie działającego płynu wiertniczego, każda z wymienionych funkcji musi być rozważona i, w miarę możliwości, realizowana. Przyjrzyjmy się najważniejszym funkcjom.

Płyn wiertniczy jest medium transmitującym energię hydrauliczną do systemu. Urabianie formacji geologicznej nie jest w praktyce możliwe bez użycia płynu. Postęp wiercenia jest proporcjonalny do energii hydraulicznej, będącej funkcją strumienia przepływu oraz spadku ciśnienia w dyszach narzędzia. Strumień płynu zasilać może również wgłębne silniki hydrauliczne typu naporowego. Energia hydrauliczna często jest określana w odniesieniu do powierzchni przekroju poprzecznego urabianej formacji.

Transport zwiercin to zagadnienie interdyscyplinarne, powiązane zarówno z lepkością płynu, jak i parametrami technologicznymi wiercenia. Oczyszczanie otworu wiertniczego to parametr krytyczny z punktu widzenia funkcjonowania płynu. Cyrkulująca płuczka odprowadza zwierciny z czoła otworu i przesuwa w kierunku wyjścia otworu. Pod wpływem działania siły grawitacji faza stała, nie ulegająca dyspersji, ma tendencję do opadania na dolną ścianę otworu. Tendencja ta nasila się w przypadku urobku o dużych rozmiarach. Paradoksalnie, zjawisko to zachodzi szybciej w cyrkulującym płynie niż w stanach prawie statycznych. Można wytłumaczyć to w prosty sposób – zdecydowana większość suspensji wykorzystywanych w technologiach bezwykopowych to płyny upłynniane ścinaniem. Lepkości dynamiczne są często wielokrotnie niższe niż lepkości rejestrowane w trakcie przerw w cyrkulacji. Prędkość sedymentacji cząstek jest funkcją lepkości efektywnej oraz gęstości płynu i urobku. Im wyższe lepkości tym prędkość opadania jest niższa. Wielkość strumienia tłoczonej płuczki jest czynnikiem najistotniejszym i krytycznym z punktu widzenia skuteczności procesu. Dla przypadków laminarnego przepływu, z jakim mamy do czynienia w większości analizowanych przypadków, prędkość przepływu dla skutecznego transpor-

Typ produktu	Podstawowe funkcje	Koncentracja kg / m³	Lepkość Transport zwiercin	Filtracja Stabilność sus-pensji	Inhibicja formacji aktywnych	Tarcie	Cyrkulacja Stabilizacja ściany
Bentonity							
Bentonity naturalne	Regulacja lepkości i filtracji	60 – 100	**	**		**	*
Bentonity aktywowane	Szybkie uzyskanie lepkości i redukcja filtracji	20 – 60	***	***	**	**	***
Polimery naturalne							
Polianionowa celuloza	Redukcja filtracji, podniesienie lepkości w całym zakresie prędkości ścinania	0,5 – 2	*	***	**	**	**
Karboksymetyloceluloza	Redukcja filtracji I stabilizacja suspensji	0,5 – 3	*	**	*	*	*
Skrobia modyfikowana	Redukcja filtracji I stabilizacja suspensji	0,5 – 5	*	**			*
Polimer XCD	Podniesienie lepkości, zwłaszcza w zakresie niskich prędkości ścinania	0,5 – 8	***	*	*	*	xxx
Guma guar modyfikowana	Podniesienie lepkości w zakresie wysokich prędkości ścinania	1 – 10	*	*		*	
Polimery syntetyczne							
Polimery PHPA	Polimer kapsołujący, stabilizator formacji ilastych	0,2 – 3	*	*	***	**	*
Selektywne flokulanty	Separacja fazy stałej	0,1 – 2	*		**	**	
Absorbenty	Środki likwidujące zaniki cyrkulacji, środki smarne	0,5 – 3	**	*		***	**
Środki specjalne							
Detergenty	Środki obniżające napięcie powierzchniowe, zabezpieczają przed oblepianiem narzędzi I elementów przewodu	0,5 – 5			*	**	
Środki smarne	Redukcja tarcia statycznego I dynamicznego	1 – 10			*	***	
Biocydy	Środki bakteriobójcze, stabilizator płuczek biopolime-rowych	0,5 – 2		**			
Nika, celuloza, łupiny orzeszków	Środki likwidujące zaniki cyrkulacji	5 – 20		**		*	***
Chemikalia komercyjne							
Cement	Składnik zaczynów uszczelniających		*				***
Gips	Źródło jonów wapnia		**		***		
Węglan sodu	Redukcja jonów wapnia, zwiększanie pH		*				
Kwaśny węglan sodu	Redukcja skażenia cementem		*				
Soda kaustyczna	Redukcja jonów magnezu, zwiększanie pH		*				

Legenda:
*** własności bardzo dobre
** własności dobre
* własności umiarkowane

Tab. 1. Komponenty systemów płuczkowych

towania zwiercin w poziomym otworze musi znaleźć wsparcie w parametrach reologicznych. Należy pamiętać, że kiedy zwierciny mieszają się z płuczką, wypadkowe parametry różnią się od początkowych. Zmiany te są szczególnie wyraźne, jeśli wiercimy w formacji ilastej.

Cyrkulujący w otworze płyn powinien utrzymywać w zawieszeniu zwierciny, posiadając przy tym możliwość ich transportu przy akceptowalnej różnicy ciśnień. Pozostawiony w otworze urobek skutkuje zwiększeniem oporów wiercenia i zwiększa ryzyko instalacji. Inżynieria płuczkowa potrafi skorelować parametry reologiczne płynu z prędkością przepływu w przestrzeni pierścieniowej dla uzyskania optymalnego postępu wiercenia, przy wymaganym stopniu oczyszczenia otworu.

Jakość cyrkulacji w otworze bywa dla wielu firm wyznacznikiem jakości płynu wiertniczego i prawidłowych procedur wiertniczych. Utrata cyrkulacji zdarza się wówczas, gdy opory przepływu na odcinku od narzędzia do punktów charakterystycznych (wejście i wyjście otworu) są wyższe od ciśnienia wystarczającego do szczelinowania przewiercanej formacji. Zdarzają się przebicia na powierzchnię terenu, do dna przeszkody wodnej lub też całkowite zaniki podziemne wewnątrz formacji. Zaniki płynu, zwłaszcza w trakcie dużych projektów mogą okazać się bardzo niebezpieczne i kosztowne. Brak prawidłowej cyrkulacji skutkuje zwykle niestabilnością otworu oraz nadmiernym czasem potrzebnym do przygotowania instalacji.

Parametry płuczki powinny być kontrolowane, a technologia wiercenia sprzyjać utrzymaniu płynu w otworze. Stan równowagi pomiędzy ciśnieniem wywołanym procesem drążenia otworu a naturalną odpornością formacji na szczelinowanie jest wartością nadrzędną wobec postępu prac wiertniczych. Próby odzyskania cyrkulacji w otworze powinny być podejmowane po dokonaniu analizy przyczyn tego zjawiska. Dostępna na rynku metoda ciągłego pomiaru ciśnienia w przestrzeni pierścieniowej, w obrębie dolnej części przewodu (APWD Annular Pressure While Drilling), to jedna z najważniejszych innowacji ostatnich lat. Prawidłowo przeprowadzona analiza ciśnień statycznych i dynamicznych pozwala ocenić skuteczność transportu zwiercin, jest swoistym systemem wczesnego ostrzegania przed nadmiernym przeładowaniem otworu urobkiem.

Problem tarcia

Gdy przewód wiertniczy lub instalowany rurociąg dociska do ściany otworu występują między nimi siły kontaktowe. Siłę występującą w konsekwencji istnienia sił kontaktowych definiujemy jako tarcie. Dla powodzenia procesu tarcie pomiędzy współpracującymi ośrodkami powinno być utrzymane na jak najniższym poziomie. Wartość współczynnika tarcia będzie zależna od rodzaju ośrodków (najczęściej stal – skała, stal – stal lub tworzywo sztuczne – skała), składu chemicznego płynu oraz zawartości fazy stałej pochodzącej ze zwiercin. Najpewniejszą metodą obniżenia tarcia jest właściwe oczyszczenie otworu i zachowanie prawidłowej cyrkulacji. Inżynieria płuczkowa pozwala na optymalizowanie zachowania rurociągu poprzez dostosowanie ciężaru właściwego zamkniętej rury do ciężaru właściwego płynu w otworze. Redukowane są w ten sposób obciążenia procesu instalacji. Balastowanie rurociągu jest najskuteczniejszym sposobem na uzyskanie bezpiecznej wyporności i niskich sił tarcia.

Program płuczkowy

Jest mniej lub bardziej rozbudowany zespół parametrów płuczkowych i technologicznych, rekomendowanych dla danego projektu. Każdy parametr powinien być podawany w możliwie najwęższym zakresie. Program informuje też o rodzaju zalecanych materiałów, ich przewidywanych koncentracjach i konsumpcji.

Fot. 4. Separacja zwiercin na sicie wibracyjnym

Dzięki stosowaniu prawidłowego programu płuczkowego udaje się wyeliminować problemy związane z przychwyceniem przewodu wiertniczego, szczelinowaniem hydraulicznym przewiercanych warstw, nadmierną migracją płynu poza otwór, słabą kontrolą nad wierceniem kierunkowym. Każda z wymienionych komplikacji skutkuje nieproduktywnym czasem.

W tab. 2 zestawiono wybranych dostawców materiałów płuczkowych, działających na rynku europejskim.

Separacja faz

Koszty związane z produkcją i utylizacją jednorazowo wykorzystanej płuczki obniżają rentowność prowadzonego projektu. Rozwiązaniem problemu może być zakup lub najem skutecznie działającego zestawu urządzeń do separacji faz. Taki system powinien być układem samodzielnym, współdziałającym bezproblemowo z pozostałymi elementami urządzenia wiertniczego, zwłaszcza z systemem przygotowania i obróbki płuczki. Wydajność systemu oczyszczania zależy zarówno od jego konstrukcji, jak też od parametrów lepkościowych i zawartości fazy stałej w dostarczanym do urządzenia płynie. Istnieje pewna rozbieżność interesów pomiędzy wymaganiami technologicznymi procesu wiercenia (lepkość) a sprawnością systemu oczyszczania, która spada wraz z jej wzrostem. Niektóre typy polimerów syntetycznych lub celulozowych używane do obróbki płuczki mogą obniżać wydajność separacji w hydrocyklonach i na sitach wibracyjnych.

Mechanizmy najczęściej wykorzystywane przy separacji fazy stałej od cieczy dadzą się zaklasyfikować jako:

– przepływ przez ośrodek separujący – różnica gęstości faz nie jest warunkiem koniecznym, przykładem takich urządzeń są sita wibracyjne;
– sedymentacja – różnica gęstości separowanych faz jest konieczna, przykładem urządzeń mogą być proste osadniki (siła grawitacji) lub hydrocyklony i wirówki (siła odśrodkowa);
– strącanie za pomocą metod chemicznych.

Urządzenia separujące

Pierwszymi mechanicznymi urządzeniami do oczyszczania płuczki wiertniczej były sita wibracyjne, wprowadzone do wierceń naftowych we wczesnych latach 30. XX w. Innym urządzeniem zapożyczonym z przemysłu górniczego, mniej więcej w tym samym czasie, był klasyfikator (hydrocyklon) wykorzystujący na procesie separacji siłę odśrodkową wywołaną przez ruch wirowy płynu wewnątrz stożka. Do tej pory te dwa typy urządzeń są podstawowymi komponentami systemów separacji.

Producent / Dostawca	Lokalizacja	Kontakt	Bentonity	Polimer PAC	Polimer PHPA	Biopolimer	Polimer skro-biowy	Środek smarny	Detergent wiert-niczy
Baker Hughes	USA Niemcy	www.bakerhughes.com	Mil Gel		New Drill	Xan Plex D			MD
Baroid Drilling Fluids	USA Niemcy	www.baroididp.com www.halliburton.com	Bore Gel Tunnel Gel	PAC R Quik Troll	EZ Mud	No Sag Barazan	Filter Check	DinoMul	Con Det
BDC Best Drilling Chemicals	Holandia Polska	www.bdc.com.pl	Swelltonite HQ	PAC R/LV/TLE/TL	P 24, EM 35	Xanthangum, GuarGum	Starch	Argipol, EM 35	Drilling Detergent
Clear Solutions	Wielka Brytania	www.drilling-products.com	Ultra Bore	Clear Stabilizer		Pure Bore			Drill Slip
Cetco	USA Polska	www.cetco.com www.cetco.pl	Super Gel-X Hydraul-EZ	Rel-Pac	Insta-Vis	Suspend-IT CleanDrill		PureGold Lube	Drill-Terge
Inrock	USA	www.inrock.com	X-Gel I-Gel	Poly PAC	Poly Plus	Duo-Vis		Rod Ease	Drilling Detergent Plus
ENVIGEO	Słowacja	www.bentonite.sk	Bentonit S 130						
HEADS	Polska	www.heads.com.pl	TEQGEL HD TEQGEL Special	TEQPAC	Prim Plus	XCD Polymer TEQBIO	TEQSTARCH	Prime Lube Prime Seal	Teqclear
M-I Drilling Fluids	USA Niemcy	www.miswaco.com www.drilling-fluids.com	Max Gel M-I Gel	Poly PAC	Poly Plus	Xan Vis Duo Vis	I	M-I lube Rod Ease	Drilling Detergent
Phrikolat Drilling Specialties GmbH	Niemcy	www.phrikolat.de	Bentonite W+	Modipol	Argipol	Xanthan Gum			Modidet
Sud Chemie	Niemcy Polska	www.sud-chemie.com www.sud-chemie.com.pl	Bentonil XR Bentonil THR	SC VIS HV	SC MUD	SC XGUM	BENTOCRYL 86	SC LUB	SC FOAM
Wyo-Ben	USA	www.wyoben.com	Tru Bore	Dril Trol Uni Drill	Wyo Vis	Borzan			
Zębiec Zakłady Górniczo-Metalowe	Polska	www.zebiec.com.pl	Bentopol						

Tab. 2. Systemy płuczkowe – dostawcy materiałów chemicznych

Fot. 5. Linearne sita wibracyjne

Sita wibracyjne są to wibrujące urządzenia oddzielające fazę stałą o granulacji wynikającej z wielkości oczek założonej na sicie siatki. Najczęściej stosowane sita posiadają wibratory zamontowane bezpośrednio na ramie. Takie rozwiązanie daje możliwość uzyskiwania największych przyspieszeń wobec usuwanego urobku (w zakresie od 5 do 9 G). Ilość oczek na cal bieżący stanowi miarę gęstości siatki. Wybór odpowiedniej siatki będzie uwarunkowany przewidywanym strumieniem przepływu w jednostce czasu, zawartością fazy stałej, typem separowanego urobku oraz lepkością płuczki.

Kod siatki wg normy API	Rozmiar minimalnej średnicy separowanych cząstek API D100 Cut Point
API 20	780 – 925 µm
API 25	655 – 780 µm
API 30	550 – 655 µm
API 35	462 – 550 µm
API 40	390 – 462 µm
API 45	327 – 390 µm
API 50	275 – 327 µm
API 60	231 – 275 µm
API 70	196 – 231 µm
API 80	165 – 196 µm
API 100	137 – 165 µm
API 120	116 – 137 µm
API 140	98 – 116 µm
API 170	82 – 98 µm
API 200	69 – 82 µm
API 230	68 – 69 µm
API 270	49 – 58 µm
API 325	41 – 49 µm
API 400	35 – 41 µm

Tab. 3. Rozmiar separowanych zwiercin w zależności od typu siatki wg normy API RP 13C (ISO 13501)

Hydrocyklony są to cylindryczno-stożkowe urządzenia bez wewnętrznych elementów ruchomych. Pompa wtłacza płyn stycznie do komory znajdującej się w górnej części lejka. Wywołuje to ruch po wewnętrznej spirali. Duże cząstki (o rozmiarze skorelowanym z wielkością hydrocyklonu) odrzucane są na zewnątrz w kierunku ściany stożka, podczas gdy drobne cząstki przemieszczają się do centralnej części razem z płynem, a następnie opuszczają hydrocyklon przez górny otwór przelewowy. Zwilżone, większe cząstki zostają usunięte przez dolny otwór wylotowy.

Do usuwania piasku z płuczki wybieramy poliuretanowe hydrocyklony o średnicy wewnętrznej 10–18". Odpiaszczacze charakteryzują się dużymi wymaganymi strumieniami przepływu rzędu 1700–4000 l/min. Ilość lejków powinna być tak dobrana, aby ich wydajność przekraczała 125% objętości cyrkulującego płynu w jednostce czasu.

Do celów odmulania wykorzystuje się zazwyczaj hydrocyklony o średnicach 4–6". Zaleca się aby przepustowość hydrocyklonów pokrywała co najmniej 150% objętości cyrkulującego płynu. Wymagany strumień na pojedynczy, 4" hydrocyklon wynosi od 240 do 280 l/min. Wypływ z prawidłowo zasilanych hydrocyklonów powinien odbywać się w postaci strugi rozpylonej.

Typ płynu	Rozmiar hydrocyklonu						Wirówka dekantacyjna
	4"	6"	8"	10"	12"	18"	
woda	15-20 µm	20-30 µm	30-	50-70 µm	60-80 µm	70-90 µm	5-10 µm
płuczka	35-70 µm	45-80 µm	60-100µm	90-120 µm	120-150 µm	>180 µm	10-30 µm

Tab. 4. Graniczny rozmiar fazy stałej separowany przez hydrocyklony i wirówki (D50 Cut Point)

Mud cleaner jest to urządzenie składające się z baterii hydrocyklonów montowanych nad sitem wibracyjnym. Proces oczyszczania rozpoczyna się w hydrocyklonach, z których dolny wypływ kierowany jest na sito. Tam urobek jest dodatkowo osuszany na siatkach o gęstości oczek dobranych do frakcji oddzielanej w hydrocyklonach. Jest to bardzo popularne urządzenie, powszechnie stosowane w bezwykopowych technologiach wiertniczych.

Fot. 6. Bateria hydrocyklonów

Wirówka dekantacyjna – urządzenie, które wykorzystuje zwielokrotnione działanie siły odśrodkowej, składa się ze stożkowej stalowej, poziomo ułożyskowanej komory obracającej się z prędkością 800–3200 obr./min. Wewnątrz komory obraca się przenośnik śrubowy (ślimak). Obroty ślimaka następują w tym samym kierunku, co zewnętrznej komory, ale z mniejszą o kilka procent prędkością. Dzięki temu urobek o dużej koncentracji fazy stałej przesuwany jest do otworów zrzutowych. Wirówka znajduje zastosowanie w sytuacjach, kiedy spodziewany dominujący rozmiar ziarna jest poniżej 30 µm.

Stacja flokulacyjna – urządzenie przeznaczone do sporządzania wodnego roztworu flokulanta. System mieszalników i pomp transferowych dostarcza w odpowiednim stężeniu polimer i koagulanty agregujące drobną fazę (zwłaszcza typu ilastego) i umożliwia separację cząstek o rozmiarach koloidalnych (poniżej 2 µm). Efektywność działania stacji jest najwyższa przy współpracy z wirówką dekantacyjną.

System zintegrowany jest grupą urządzeń zabudowanych na wielokomorowym zbiorniku. Składa się najczęściej ze wstępnego sita wibracyjnego i jednej lub kilku jednostek typu mud cleaner. Do każdego zestawu hydrocyklonów niezbędna jest pompa zapewniająca odpowiedni wydatek i ciśnienie tłoczenia. Elementy systemu montuje się w taki sposób, aby mogła być usuwana z płuczki coraz drobniejsza frakcja fazy stałej.

W tab. 5 pokazano wybranych producentów i dostawców urządzeń do przygotowania i oczyszczania płuczki wiertniczej.

Rynek materiałów, usług i urządzeń

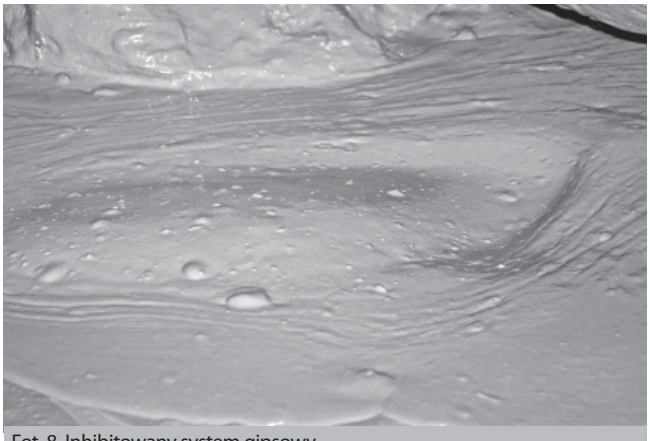
Wartość polskiego rynku w segmencie płuczkowym szacowana jest na 15–20 mln zł w skali roku. Wiercenia kierunkowe dominują w konsumpcji materiałów płuczkowych, mikrotunelowanie, natomiast, ma znaczący udział w sprzęcie do oczyszczania i w materiałach eksploatacyjnych, takich jak siatki do sit wibracyjnych. Istnieją trzy grupy dostawców materiałów płuczkowych:

– producenci sprzedający towary bezpośrednio firmom wiertniczym;
– firmy pośredniczące, nie będące wyspecjalizowanymi firmami doradczymi;
– firmy płuczkowe, kompleksowo obsługujące kontraktorów wiertniczych.

Firmy płuczkowe trudnią się nie tylko dystrybucją materiałów chemicznych, projektowaniem i planowaniem otworów, ale również wspierają swoich klientów w trakcie realizacji projektów, świadcząc serwis polowy. Firmy te wydają się być najbardziej kompetentnym partnerem. To one wykazują się największą innowacyjnością. Dzięki postępowi jaki dokonał się w szeroko rozumianej technologii wiercenia, powszechne stają się dziś projekty przewidujące instalacje rurociągów o długości powyżej 1500 m.

Producenci urządzeń wiertniczych i mikrotunelowych dostarczają swoim klientom zbiorniki do przygotowania płuczki. Bardziej złożone układy oczyszczania wybierają z oferty firm specjalistycznych. Wśród producentów systemów separacji znajdziemy zarówno dostawców dobrze znanych z przemysłu naftowego, (Derrick, Brandt czy M-I Swaco), ale także takie firmy, które działają głównie dla rynku bezwykopowego czy technologii tunelowych (Kem-Tron, Bauer, Schauenburg Maschinen, Tri-Flo). ■

Fot. 7. Zintegrowane systemy separacji faz



Fot. 8. Inhibitowany system gipsowy

Zdjęcia: Robert Osikowicz
Fotografie pochodzą z projektu Dordrecht w Holandii w 2008 r.

Literatura:

E.W. McAllister: Pipeline Rules of Thumb Handbook, 5th Edition, Elsevier 2001.

J. Fink: Oil Field Chemicals, Gulf Publishing Company 2003.

R. Jachnik: Low Shear Rate Rheology of Drilling Fluids, Nordic Rheology Society vol. 11, 2003.

L.J. Leising, I.C.Walton: Cuttings-Transport Problems and Solutions, SPE Drilling Conference 2002.

C.R. Mallary, M. Varco: Using Pressure While Drilling Measurements To Solve Extended Reach Drilling Problems, Artykuł SPE nr 54592/1993.

R. Osikowicz: Krytyczne funkcje płynów wiertniczych, Inżynieria Bezwykopowa 1/2005.

R. Osikowicz, P. Kośmider: Przegląd rynku HDD, Inżynieria Bezwykopowa 1/2008.

l. Robinson, M. Morgan: New API Labelling Desribes Shale Shaker Screens, World Oil August 2006.

Classifications of Fluid Systems, World Oil July 2008.

Drilling Fluid Engineering Manual M-I Drilling Fluids Co., Houston 1996.

Materiały techniczne firm Derrick. Corp., Brandt National Oilwell, M-I Swaco.

Robert Osikowicz – absolwent Wydziału Wiertnictwa Nafty i Gazu. Od 1991 r. zajmuje się technologią wiercenia i praktycznymi aplikacjami płynów wiertniczych w otworach pionowych i kierunkowych różnego przeznaczenia.

Producent / Dostawca	Kraj	Kontakt	Urządzenia do przygotowania płuczki	Sita wibracyjne	Hydrocyklony	Wirówki dekantacyjne	Systemy zintegrowane Recycling unit
Astec/ American Augers	USA	www.astecindustries.com	•	•			•
Bauer Maschinen	Niemcy	www.bauer.de	•	•	•	•	•
Boretech Holland	Holandia	www.boretech.nl	•				
Brandt - National Oilwell Varco	USA	www.nov.com	•	•	•	•	•
Cangzhou Petroleum Solid Control Equipment	Chiny	www.czcnpc.com	•	•	•	•	•
Derrick Corp.	USA	www.derrickequipment.com	•	•	•	•	•
Ditch Witch	USA	www.ditchwitch.com	•				
Double Life	USA	www.doublelifecorp.com	•	•	•		•
Flottweg	Niemcy	www.flottweg.com				•	
HEADS	Polska	www.heads.com.pl	•	•	•		•
Herrenknecht	Niemcy	www.herrenknecht.de	•	•	•		•
Inrock Drilling Systems	USA	www.inrock.com	•				•
Kem-Tron	USA	www.kemtron.com	•	•	•	•	•
M-I Swaco	USA	www.miswaco.com	•	•	•	•	•
PSD Pigott Shaft Drilling	Wielka Brytania	www.mudcleaning.com	•	•	•	•	•
Schauenburg Maschinen	Niemcy	www.schauenburg.com		•	•		•
Site Tec	Holandia	www.sitetec.nl	•	•	•		•
TERRA	Szwajcaria	www.terra-eu.eu	•				
Tracto-Technik	Niemcy	www.tracto-technik.com	•				
Tri-Flo International	USA	www.triflo.com	•	•	•	•	•
Tulsa Rig Iron	USA	www.tulsarigiron.com	•	•	•		•
Vermeer	USA	www.vermeer.com	•				

Tab. 5. Systemy płuczkowe – dostawcy systemów separacji faz