



BEZWYKOPOWA BUDOWA

PLANOWANIE I REALIZACJA PROJEKTÓW HDD

CZĘŚĆ VI: NARZĘDZIA DO POSZERZANIA OTWORÓW
I INSTALACJI RUROCIĄGÓW



ROBERT OSIKOWICZ
ROE

(ur. 1966), absolwent Wydziału Wiertnictwa Nafty i Gazu AGH w Krakowie. Zajmuje się technologią wiercenia otworów kierunkowych i praktycznymi aplikacjami płynów wiertniczych w otworach różnego przeznaczenia. Jest autorem ponad 20 referatów wygłoszonych na międzynarodowych konferencjach technicznych, a także szeregu publikacji dotyczących konfiguracji sprzętu, optymalizacji techniki wiercenia, analiz rynku technologii bezwykopowych, zarządzania jakością i ryzykiem w działaniach wiertniczych, tworzenia harmonogramów i budżetów projektów. Od 2009 r. pracuje dla firmy Robert Osikowicz Engineering. Firma jest członkiem międzynarodowej branżowej organizacji wiertniczej Drilling Contractors Association (DCA-Europe).

Jak wynika z dotychczas opublikowanych artykułów, technika HDD składa się z kilku niezbędnych dla jej funkcjonowania elementów: specjalistycznych urządzeń i osprzętu wiertniczego, zdefiniowanych i zaakceptowanych metod postępowania, zestawu technologii bazujących zarówno na prawach i formułach naukowych, jak i doświadczeniach praktycznych. W niniejszej części skupimy się na możliwych konfiguracjach narzędzi wykorzystywanych po fazie wiercenia pilotowego. Ich selekcja odbywa się według kilku podstawowych kryteriów: dopasowania do rozpoznanych warunków geologicznych, możliwości uzyskania wymaganego (ekonomicznego i bezpiecznego) postępu wiercenia oraz osiągnięcia celów technologicznych

NARZĘDZIA SŁUŻĄCE DO POSZERZANIA OTWORU

Etap poszerzania otworu (*reaming*) jest z punktu widzenia wielu kontraktorów uznawany za łatwiejszy i bardziej przewidywalny niż faza wiercenia pilotowego. Nawet, jeśli tkwi w tym ziarno prawdy, to lekceważenie potencjalnych problemów i ryzyk, które mogą się zmaterializować, jest oczywistym błędem. Osiągnięcie otworu o określonej geometrii i wymaganej jakości wymaga wykonania na etapie planowania szeregu analiz i symulacji. Należy upewnić się, czy docelowa średnica otworu jest osiągalna w co najwyżej czterech krokach. Tutaj decydujące znaczenie będą miały parametry mechaniczne urządzenia wiertniczego, w tym zwłaszcza moment obrotowy dostępny dla wymaganej prędkości obrotowej. Ze wzrastającą średnicą otworu rosną też wymagania stawiane układowi płuczkowemu. Zdolność do tłoczenia optymalnego strumienia płuczki i jednoczesnego zamykania obiegu z wykorzystaniem wydajnych układów separacji faz będzie determinowała czas potrzebny na wykonanie tej fazy robót.

Narzędzia i osprzęt wgłębny powinny być tak dobierane, aby uzyskać następujące rezultaty techniczne:

- dopasowanie struktur tnących narzędzi do typowych i anomalnych (występujących miejscowo) warunków geologicznych;
- możliwość skręcania stabilizowanych ze-

stawów wiercących;

- satysfakcjonujący postęp poszerzania otworu;
- wysoka trwałość korpusów, łożysk, elementów roboczych oraz zdolność do ich wymiany lub regeneracji;
- utrzymanie kosztów operacyjnych w ramach założonego budżetu.

Jak wspomniano w poprzednim artykule, wiercenie pilotowe bazuje na dwóch odrębnych technikach: *jetting drilling* oraz *motor drilling*. Na etapie poszerzania również możemy wyodrębnić dwa możliwe typy operacji: poszerzanie konwencjonalne w trybie PULL (poprzez ciągnięcie narzędzia od punktu wyjścia w stronę punktu wejścia) lub też alternatywną metodę w trybie PUSH (poprzez pchanie narzędzia od strony wiertnicy w kierunku punktu wyjścia). W obydwu metodach nacisk i prawa rotacja przekazywane są z urządzenia wiertniczego poprzez przewód wiertniczy. Poszerzanie w trybie „ciągnąc” (PULL) jest bezpieczniejsze i szybsze, gdyż przewód wiertniczy jest w zasadzie cały czas rozciągany, a narzędzie (lub grupa narzędzi) podąża wzdłuż linii oryginalnego wiercenia pilotowego. Poszerzanie w trybie „pchając” (PUSH) jest operacją, podczas której przewód wiertniczy poddawany jest kompresji i istnieje realne ryzyko jego wybożenia. Im większa jest aktualna średnica otworu, tym mniejszy nacisk można wyrzucić od strony urządzenia wiertniczego. Problem ten moż-

Formacja	Wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe	Rekomendowana minimalna średnica przewodu wiertniczego	Rekomendowany typ poszerzacza
Niespoiste (piaski/pospółki, żwiry)		2 3/8"	BR/FC
Spoiste (gliny, iły)		2 7/8"	FC/HO MT/BR
Rumosz skalny		3 1/2"	FC/HO MT
Skały bardzo miękkie	< 5 MPa	2 7/8"	HO MT
Skały miękkie	5-35 MPa	3 1/2"	HO TCI/HO MT
Skały średnie	35-70 MPa	5"	HO TCI/PDC
Skały twarde	70-150 MPa	5 1/2"	HO TCI/PDC
Skały bardzo twarde	> 150 MPa	6 5/8"	HO TCI/PDC

Legenda:

BR - narzędzie konwencjonalne typu zamkniętego (*Barrel Reamer*)

FC - narzędzie konwencjonalne typu otwartego (*Fly Cutter*)

HO MT - hole opener z gryzami typu frezowego

HO TCI - hole opener z gryzami typu słupkowego TCI

PDC - hole opener skrawający z ostrzami z polikrystalicznych diamentów

TAB. 1. | Typy formacji geologicznych vs metoda poszerzania otworu

na częściowo rozwiązać poprzez montaż po stronie punktu wyjścia urządzenia, które będzie ciągnąć poszerzacz, wywołując jednocześnie nacisk narzędzia na ścianę otworu. Obroty narzędzia są wówczas nadawane przez podstawowe urządzenie wiertnicze, które kontroluje zachowanie przewodu przez napinanie. Metoda PUSH znajduje zastosowanie dla przewodów wiertniczych o średnicy calizny od 5" (127 mm) wzwyż.

openery) i poszerzacze skrawające PDC (bez części ruchomych). Ich selekcji dokonuje się na podstawie przesłanek geologicznych.

Cechą charakterystyczną dla etapu poszerzania jest możliwość łączenia (skręcania ze sobą) kilku narzędzi, z których jedno pełni funkcję narzędzi wierzących, inne natomiast mogą służyć do centrowania lub stabilizacji. Narzędzia mogą być skręcane ze sobą w sposób bezpośredni. Pod pewnymi warunkami mogą być też dystansowane elementami przewodu wiertniczego.

POSZERZACZE WYKORZYSTYWANE PRZEZ URZĄDZENIA KLASY MINI

Wyodrębniamy tę kategorię z dosyć oczywistej przyczyny. Konstrukcja narzędzi limitowanych do średnicy około 32" (811 mm) bazuje na lekkim obciążniku o średnicy nieprzekraczającej 4 3/4" (120 mm), dla którego największe możliwe połączenie API wynosi 3 1/2" IF lub 3 1/2" REG. Narzędzia te poza umiarkowaną masą cechują niespotykane w innych segmentach rynku kształty, geometrie i nomenklatura. Fluted reamer, Spiral reamer, Kodiak, Beavertail, Rock Monster - to tylko próbka egzotycznych nazw. Wśród użytkowników ceniona jest zwartość konstrukcji i zdolność do zagęszczania strefy przyotworowej. Ze względu na skromne możliwości hydrauliczne urządzeń wiertniczych dysze często są odchylone od linii wiercenia, przez co „atakują” ścianę boczną, a nie front otworu. W tej klasie wiertnic poszerzanie odbywa się zwykle za pomocą pojedynczego narzędzia, które powinna cechować potrójna akcja wiertnicza polegająca na skrawaniu (odspajaniu), mieszaniu urobku z płuczką i stabilizowaniu ściany otworu. Stosowana prędkość obrotowa w trakcie marszy poszerzających przekracza 50 obr./min. Narzędzia mogą zostać wyposażane w zintegrowane z nimi krętliki o nośności odpowiadającej maksymalnej sile ciągnącej dedykowanego urządzenia.

Poszerzanie otworu, jego kalibracja oraz zabudowa w nim rurociągów to kolejne etapy następujące bezpośrednio po zakończeniu wiercenia pilotowego

Wiertnictwo HDD opracowało całą gamę narzędzi służących do poszerzania otworów pilotowych. Ze względu na konstrukcję wyróżniamy poszerzacze skrawające konwencjonalne, poszerzacze rolkowe (hole



RYS. 1. | Poszerzacze stosowane przez wiertnice klasy mini i midi (źródło: Colli Equipment)

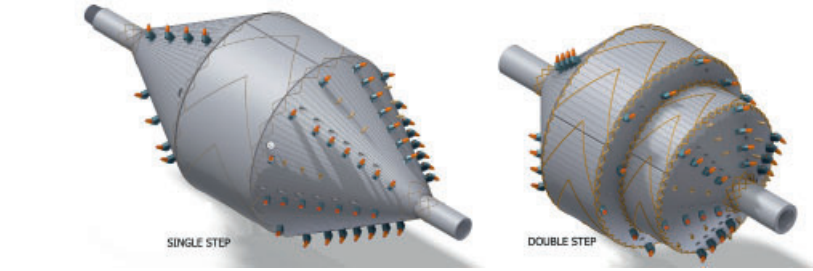


RYS. 2. | Poszerzacze stosowane przez wiertnice klasy mini i midi (źródło: Ditch Witch)

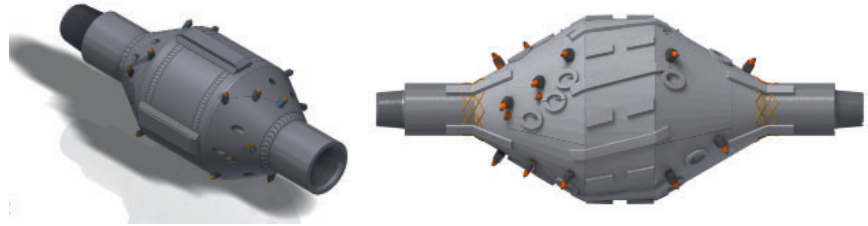
POSZERZACZE SKRAWAJĄCE TYPU ZAMKNIĘTEGO

Jest to grupa narzędzi przypominająca swym kształtem kombinację cylindrów (wałców) i stożków. Kąt rozwarcia stożka wynosi co najmniej 60°. Narzędzia, noszące oficjalną nazwę Barrel Reamers, wykonane są na solidnym obciążniku o średnicy od 4 3/4" do 9" (229 mm). Ich średnica waha się od około 16" (406 mm) do 72" (1829 mm). Połączenia gwintowe dostosowane są do średnicy obciążnika i klasy urządzenia wiertniczego. Co do zasady połączenie stosowane na narzędziu nie powinno być słabsze niż to, w jakie wyposażony jest przewód wiertniczy. Wybierane są zarówno gwinty typu narzędziowego (*Regular*), jak i te wykorzystywane w przewodzie wiertniczym (*Internal Flush* lub *Full Hole*). Poszerzacze baryłkowe wyposażone są w dysze skierowane wzdłuż linii wiercenia. Dzięki temu są odbierane jako stosunkowo mało agresywne i nieinwazyjne wobec ściany otworu. Znajdują zastosowanie jako narzędzia wierzące w formacjach niespoistych (piaski, pospółki, żwiry) oraz w łatwo urabialnych formacjach spoistych (gliny piaszczyste). Służą ponadto jako elementy centrująco-stabilizujące dla innych narzędzi poszerzających. Z racji opływowego kształtu narzędzia baryłkowe są niezastąpione jako kalibratory służące weryfikacji jakości otworu (jego drożności i stabilności). Wykazują też swoją skuteczność w marszach mających poprawić stopień oczyszczenia otworu ze zwiercin. Zachowanie narzędzia baryłkowego w otworze determinowane jest jego rozmiarem. Poszerzacze o średnicy z zakresu od 28" (711 mm) do 42" (1067 mm) wykazują neutralną pływalność w płuczce o ciężarze właściwym 1,15 G/cm³. Narzędzia mniejsze (do 24" (610 mm)), jak i większe (powyżej 42") wykazują tendencję do negatywnej pływalności (siła wypadkowa skierowana w dół).

Ze względu na postać wyróżnia się poszerzacze baryłkowe symetryczne z pojedynczą powierzchnią cylindryczną (*single step*) i poszerzacze baryłkowe z dwoma cylindrami o różnych średnicach (*double step*). Poszerzacz baryłkowy typu *single step* może być pod pewnymi warunkami używany jako



RYS. 3. | Poszerzacze zamknięte typu baryłkowego stosowane przez urządzenia klasy midi, maxi i mega (źródło: Colli Equipment)



RYS. 4. | Poszerzacze zamknięte typu baryłkowego silnie zbrojone i zabezpieczone przed wycieraniem stosowane przez urządzenia klasy midi, maxi i mega (źródło: Colli Equipment)

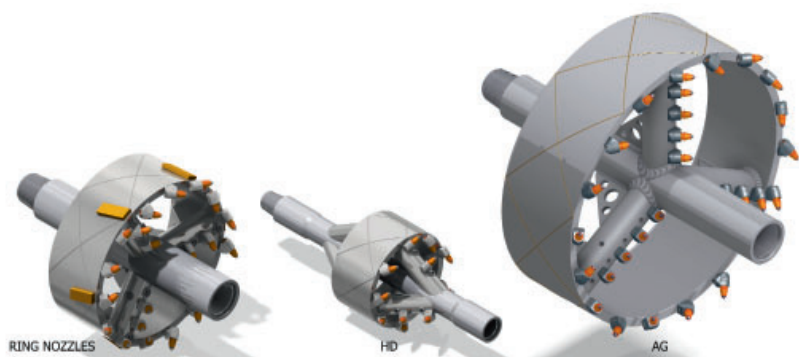
Na etapie poszerzania otworu możemy wyodrębnić dwa możliwe typy operacji: poszerzanie konwencjonalne w trybie PULL lub alternatywną metodę w trybie PUSH

narzędzie dwukierunkowe (*bi-directional*) i służyć zarówno do operacji wykonywanych w trybie PULL, jak i PUSH. Narzędzie dwukierunkowego działania musi być symetrycznie (przód i tył narzędzia) uzbrojone zarówno w dysze, jak i skierowaną we właściwym kierunku strukturę tnącą. Gniazda dysz powinny umożliwiać zmianę średnicy dyszy oraz jej zaślepienie. Stopień uzbrojenia powierzchni stożkowej i cylindrycznej uzależniony jest od funkcji, jakie ma spełniać narzędzie w otworze. Baryłki przeznaczone do poszerzania otworu powinny być mocniej uzbrojone i zabezpieczone przed wycieraniem niż narzędzia służące kalibracji czy instalacji przewodów rurowych. Należy oczekiwać wyso-

kiej jakości otworu wywierconego tego typu narzędziem. Wynika to z faktu doskonałego profilowania ściany tunelu i zagęszczania strefy przyotworowej. Narzędzia tego typu nie posiadają wbudowanych krętlików. Najczęściej stosowaną kombinacją połączeń gwintowych jest mufa x mufa. Podlegają także regeneracji i odbudowie struktur tnących.

POSZERZACZE SKRAWAJĄCE TYPU OTWARTEGO

Jest to grupa narzędzi przypominająca swym kształtem obręcz (pierścień/ring) osadzoną na trzech lub czterech ramionach wykonanych z profili rurowych. Narzędzia noszące nazwę Fly Cutters wykonane są na obciążniku o średnicy od 4 3/4" do 9". Ich średnica robocza waha się od około 20" (508 mm) do 72". Połączenia gwintowe dostosowane są do średnicy obciążnika i klasy urządzenia wiertniczego. Podobnie jak w przypadku narzędzi baryłkowych, dostępne są wszystkie typy połączeń gwintowych (REG, IF, FH). Poszerzacze typu FC (*Fly Cutter*) wyposażone są w dysze skierowane zarówno wzdłuż linii wiercenia (do przodu i do tyłu), jak i w dysze służące do czyszczenia wnętrza narzędzia, zapewniające jego drożność. Dysze umieszczone są w ramionach poszerzacza oraz w samym zewnątrz-



RYS. 5. | Poszerzacze otwarte typu Fly Cutter stosowane przez urządzenia klasy midi, maxi i mega (źródło: Colli Equipment)

nym pierścieniu (*Ring Nozzle*). Poszerzacze typu otwartego znajdują zastosowanie jako narzędzia wierzące w formacjach niespoistych (piaski, pospółki, żwiry) i kohezyjnych (gliny pyły, iły). Ze względu na postać wyróżnia się poszerzacze typu Fly Cutter z ramionami wychodzącymi poza obrys pierścienia skrawającego (samocentrujące), jak i poszerzacze z ramionami pozostającymi wewnątrz pierścienia (wymagające centrowania). Niektóre typy poszerzaczy dostępne są w wersji dwukierunkowego działania (*bi-directional*) i mogą służyć zarówno do operacji wykonywanych w trybie PULL, jak i PUSH. Poszerzacze typu FC są znacząco krótsze i lżejsze niż poszerzacze typu baryłkowego. Skutkiem tego jest niższy generowany moment obrotowy w trakcie pracy na spodzie otworu i potencjalnie wyższy postęp wiercenia niż w przypadku narzędzi o kształcie baryłkowym. Warunkiem koniecznym dla utrzymania czoła narzędzia w czystości, a jego wnętrza otwartego jest stosowanie wysokich wydatków tłoczzonej do dysz narzędzia płuczki. Narzędzia tego typu podlegają regeneracji i odbudowie struktur tnących.

POSZERZACZE ROLKOWE TYPU HOLE OPENER

Jest to najbardziej rozbudowana i zarazem uniwersalna grupa narzędzi wykorzystywanych w branży HDD. Szeroki zakres stosowania obejmuje formacje spoiste (gliny pylaste, pyły ilaste, iły), rumoszkowe i żwirowe oraz lite formacje skalne. Rozpoznanie geologiczne ma przy tym kluczowe znaczenie dla optymalnego wyboru typu hole openera.

Hole openery to narzędzia składające się z korpusu (*Body*) i łożyskowanych rolek montowanych do korpusu za pomocą śrub, ramion dociskowych lub spawanych łap. W przypadku pewnych typów hole openarów (*Lo Torque, Rock Reamer*) jeden korpus narzędzia może służyć do wykonania otworu w szerokim zakresie średnic. Stosując rolki i ramiona o różnych rozmiarach, uzyskujemy od czterech do sześciu możliwych kombinacji. Rolki i ramiona są wymienne pomiędzy korpusami, co dodatkowo wzmacnia ich opłacalność stosowania. Standardowy odstęp pomiędzy możliwymi średnicami narzędzi wynosi 2" (51 mm). W tab. 2 zaprezentowano typoszereg dostępnych korpusów i rolek dla narzędzi typu *Rock Reamer*. Jak wynika z zestawienia w tabeli, komplet rolek F pozwala wykonać otwór o 10" (254 mm) większy niż komplet rolek A przy zastosowaniu tego samego korpusu. Poza wyborem korpusu i rozmiaru rolki możemy dokonywać wyboru w obszarze typu zbrojenia rolki. Dostępnych jest kilka rodzajów struktur urabia-

jących: Milled Tooth (stalowe frezowe – kod IADC 1xx), TCI Chisel (kod IADC 4xx), TCI typ 5 (kod IADC 5xx), TCI typ 7 (kod IADC 7xx), TCI typ 8 (kod IADC 8xx). Zakres stosowania rolek frezowych (MT) obejmuje formacje spoiste typu iłowego oraz lite skały w zakresie wytrzymałości na ścisnienie jednoosiowe do 20 MPa. Rolki uzbrojone w słupki z węglików wolframu stosowane są z powodzeniem w formacjach o wytrzymałości na ścisnienie jednoosiowe od 20 do 250 MPa. Geometria słupków i ich rozmieszczenie na gryzie jest analogiczne, jak w przypadku świdrów trójgryzowych TCI.

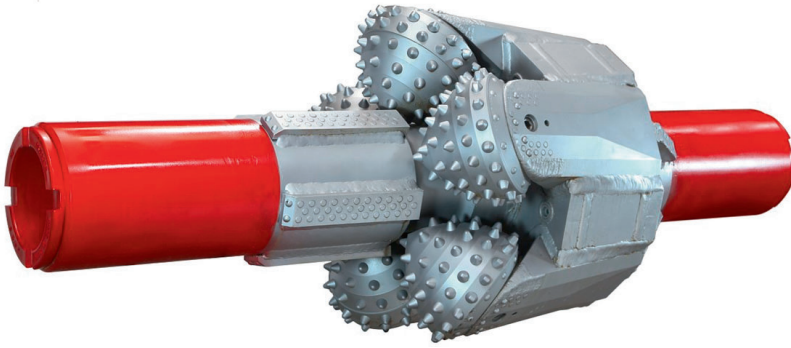
Wiertnictwo HDD opracowało całą gamę narzędzi służących do poszerzania otworów pilotowych. Ze względu na konstrukcję wyróżniamy poszerzacze skrawające konwencjonalne, rolkowe i skrawające PDC. Ich selekcji dokonuje się na podstawie przesłanek geologicznych

Typ	Korpus		Rolki – średnica wierzonego otworu					
	Minimalna średnica pilota	Ilość możliwych rolek	A	B	C	D	E	F
RR8	8 ½"	3	16"	18"	20"	22"	24"	26"
RR10	12"	3	18"	20"	22"	24"	26"	28"
RR17	17 ½"	3/4	24"	26"	28"	30"	32"	34"
RR26	26"	3/5	32"	34"	36"	38"	40"	42"
RR36	36"	3/4/5	42"	44"	46"	48"	50"	52"
RR42	42"	4/5/7	48"	50"	52"	54"	56"	58"
RR48	48"	4/5/7	54"	56"	58"	60"	62"	64"

TAB. 2. | Dostępne konfiguracje narzędzi typu Rock Reamer z wymiennymi rolkami



RYS. 6. | Poszerzacze rolkowe typu Rock Reamer i Lo Torque (źródło: Prime Horizontal)



RYS. 7. | Poszerzacz rolkowy z ramionami spawanymi do korpusu (źródło: Inrock)

Wspomniane powyżej hole openery typu *Lo Torque* czy *Rock Reamer* można montować i przezbierać w warunkach polowych (połączenia skręcane). Odrębną grupą narzędzi rolkowych są hole openery, w których łapy uzbrojone w rolki są spawane do korpusu. Mamy w ramach tej grupy do wyboru narzędzia wykonane z segmentów świdrow (Split Bit Hole Opener) lub najbardziej wytrzymałe i predestynowane do pracy w trudnych warunkach geologicznych poszerzacze *Block Leg Hole Opener*. W ramach tej grupy można wybrać uzbrojenie w strukturę frezową lub TCI. *Split Bit Hole Opener* jest narzędziem tańszym, ale nie podlega regeneracji. Czas jego życia jest związany najczęściej z wytrzymałością łożysk wyrażaną ilością obrotów pod nominalnym obciążeniem. Ilość wykorzystanych segmentów rośnie wraz ze średnicą narzędzia i jest ich od 3 do 9. Najbardziej zaawansowanym typem hole openerów są narzędzia *Block Leg Reamer*, w których integralny korpus wykonany jest z jednego kawałka materiału z wbudowaną, silnie uzbrojoną centralizacją przednią. Spawane do korpusu segmenty mogą być wyposażone zarówno w rolki MT, jak i szeroką gamę rolek TCI. Rozmiar rolek jest na ogół większy niż w innych grupach narzędzi. Bardzo wytrzymałe łożyska oraz uzbrojenie

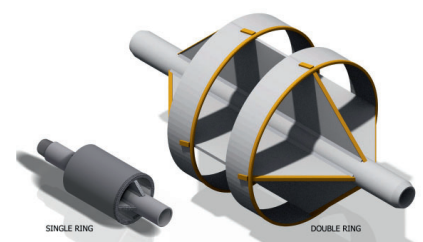
wszystkich pracujących na spodzie elementów zwiększają niezawodność narzędzia, eliminując konieczność marszowania w otworze dla jego regeneracji. Większość hole openerów rolkowych umożliwia poszerzanie otworu w ściśle określonym zakresie, skutkującym koniecznością etapowego działania. Jednym z wyjątków od tej reguły jest narzędzie typu *Full Face Hole Opener*, umożliwiające osiągnięcie znacznej średnicy w jednym etapie (pojedynczym marszu).

Parametry pracy narzędzia rolkowego są ściśle określone przez jego producenta. Zarówno nacisk na rolki, zakres prędkości obrotowej, jak i strumień płuczki muszą zostać zapewnione. Niespełnienie wymagań technologicznych może doprowadzić do szybszego zużycia narzędzia i niezyskania spodziewanego postępu liniowego. Część narzędzi rolkowych można poddać regeneracji polegającej na nacięciu nowego połączenia gwintowego, wzmocnieniu korpusu, wymianie rolek czy ramion.

NARZĘDZIA SŁUŻĄCE DO CENTROWANIA I STABILIZACJI ZESTAWÓW WIERCĄCYCH

Narzędzia poszerzające (za wyjątkiem poszerzaczy baryłkowych) powinny posiadać

Kalibracja otworu jest najczęściej interpretowana jako marsz techniczny, w trakcie którego nie dochodzi teoretycznie do urabiania formacji. Tego typu marsze służące kontroli jakości otworu przeprowadza się przed instalacją rurociągów o średnicy powyżej 20" lub pomiędzy kolejnymi poszerzeniami



RYS. 8. | Stabilizatory obręczowe z pojedynczym i podwójnym pierścieniem (Ring Stabilizers) (źródło: Colli Equipment)

nięcia odchodzenia od pierwotnej osi otworu (deformowania trajektorii). Gwarantować ma także możliwość wycofania zestawu z otworu w przypadku utraty postępu wiercenia czy też zmiany warunków geologicznych. Centralizatory i stabilizatory zwiększają w nieunikniony sposób długość i masę skręczonego zestawu wierzącego. Konfigurując BHA, należy unikać zbyt skomplikowanych wariantów grożących klinowaniem się narzędzi i utratą ruchomości przewodu wierniczego. Dopuszczalna ilość punktów podparcia na ścianie otworu i odległość pomiędzy nimi wynika z praktyki wierniczej (wdrożonych skutecznie koncepcji).

NARZĘDZIA STOSOWANE DO KALIBRACJI OTWORÓW

Kalibracja otworu (*Calibration Run*) jest najczęściej interpretowana jako marsz techniczny, w trakcie którego nie dochodzi teoretycznie do urabiania formacji. Tego typu marsze służące kontroli jakości otworu przeprowadza się przed instalacją rurociągów o średnicy powyżej 20" (508 mm) lub pomiędzy kolejnymi poszerzeniami. W niektórych źródłach mówi się o marszu czyszczącym otwór (*Cleaning Run*). Marsz kalibrujący (czyszczący) wykonywany jest zwykle z użyciem zestawu narzędzi podwymiaryowych lub nominalnych wobec dotychczasowej średnicy otworu. Ich ilość, średnica i dystans pomiędzy narzędziami są uzależnione od parametrów trajektorii otworu i typu formacji geologicznej. Najbardziej rozpowszechnione jest stosowanie kalibratorów typu baryłkowego. Jako opcjonalne rozwiązanie należy wskazać na użycie narzędzi (*Basket Reamer*) usuwających kamienie lub odłamki skalne (o roz-

miarze nie kwalifikującym ich do transportu hydraulicznego).

NARZĘDZIA STOSOWANE W TRAKCIE INSTALACJI RUROCIĄGÓW

W końcowej fazie robót HDD niezbędne jest zainstalowanie w przygotowanym otworze rurociągu grupy rurociągów lub wiązki kabli. Dolny zestaw przewodu w takim przypadku składa się z narzędzia prowadzącego rurociąg (połączonego z przewodem wierniczym konwencjonalnym lub grubościennym) oraz złącza obrotowego zwanego krętlikiem (*Swivel*). Krętlik zapobiega przenoszeniu rotacji z przewodu wierniczego na instalowane rurociągi. Wymiary liniowe narzędzia (długość, średnica calizny, średnica sworznia) oraz nośność krętlika powinny być dostosowane do geometrii otworu oraz spodziewanych sił instalacyjnych. W urządzeniach klasy mini krętliki są często zabudowane w tylnej części poszerzacza prowadzącego rurociąg. W przypadku większych wiernic krętlik jest już elementem zewnętrznym, łączonym z narzędziem za pomocą gwintu (*Box*) lub sworznia (*Clevis/Pin*). Dodatkowo w razie konieczności stosuje się stalowe klamry (szakle). Po stronie rurociągu stosuje się najczęściej połączenie sworzni-uchwyt ciągnący rurociąg. Geometrie łączone muszą być wzajemnie dopasowane.

W przypadku instalacji rurociągów stalowych o średnicach od 28" wzwyż rekomenduje się stosowanie wielosegmentowych krętlików wyposażonych w dodatkowe ruchome elementy umożliwiające kompensowanie zmian kątowych i ułatwiające operowanie rurociągiem podążającym nieco innym torem niż przewód wierniczy. Wielosegmen-

towe krętliki zmniejszają potencjalne naprężenia zginające, które mogą pojawić się w przewodzie wierniczym prowadzącym rurociąg i obniżają ryzyko przerwania ciągłości jego calizny. W trakcie wielkogabarytowych instalacji nośność krętlika nie powinna być mniejsza niż maksymalna nominalna siła ciągnięcia dostępna na urządzeniu wierniczym.

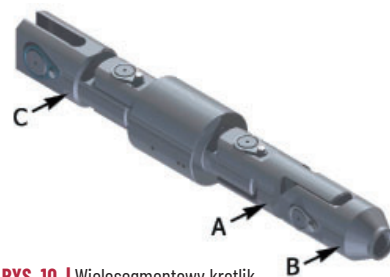
Wybór i konfiguracja narzędzi do poszerzania otworu jest ściśle związana z typem przewiercanej formacji oraz dostępnymi parametrami wiernicy i układu płuczkowego

NARZĘDZIA SPECJALNE (INSTRUMENTACYJNE)

Stany potencjalnego zagrożenia, komplikacji i awarii wierniczych wymagają użycia niestandardowych narzędzi. Przykładem narzędzia służącego instrumentacji pozostawionego w otworze przewodu wierniczego jest *Over-Shot* (korona ratunkowa odpinalna). Jest ono przeznaczone do łączenia się z urwanym elementem przewodu wierniczego (rury płuczkowej) i jego wyciągnięcia na powierzchnię. Narzędzie umożliwia wykonanie szeregu cykli zapinania i odpinania na caliznie przewodu. *Over-shot* daje też możliwość cyrkulowania, wywierania i przenoszenia dużych sił rozciągających (napina-



RYS. 9. | Rodzaje stosowanych połączeń w krętlikach zewnętrznych (źródło: Colli Equipment)



RYS. 10. | Wielosegmentowy krętlik stosowany przez wiernice klasy maxi i mega (źródło: Colli Equipment)

jących), jak również przenoszenia momentu obrotowego i wibracji pochodzących od przewodu. Inną grupę narzędzi wykorzystywanych do instrumentacji w otworze są stalowe haki, które służą do zapinania na spęczeniu u nasady zwornika.

Przykładem narzędzia służącego do usuwania dużych obiektów kamienistych jest tzw. łapacz kamieni (*Stone Catcher, Basket Reamer*). Zawiera on cylindryczną lub stożkową sekcję, do której nagarniane są kamienie lub pozostawione w otworze fragmenty narzędzi (rolki hole openerów). Marsz z narzędziem jest zabiegiem przygotowującym otwór wiertniczy do instalacji rurociągu. Jego celem jest usunięcie obiektów o średnicy powyżej 20% średnicy nominalnej otworu. Rozmiar kosza służącego do wychwytywania obiektów kamienistych powinien być mniejszy niż aktualna wewnętrzna średnica otworu. Płuczka ma możliwość swobodnego przepływu przez wnętrze narzędzia.

Za narzędzie instrumentacyjne można uznać przewód wiertniczy pracujący w trybie *Wash-Over*, służący do obwiercania i uwolnienia przychwyconego przewodu o mniejszej średnicy, którego nie można obrócić ani też wyciągnąć. Tego typu technika znajduje zastosowanie w uwalnianiu przewodu wiertniczego o średnicy do 3 1/2" (89 mm). Dla większych średnic zatrzymanych mechanicznie przewodów stosuje się narzędzia typu okularowego. Przewód uwalniany jest przez stalowy pierścień (obręcz) nasuwany na zakleszczony przewód przez przewód prowadzony równolegle w poszerzonym otworze. Operacja obwiercania prowadzona jest przy użyciu płuczki wiertniczej.

PODSUMOWANIE

Poszerzanie otworu, jego kalibracja oraz zabudowa w nim rurociągów to kolejne etapy następujące bezpośrednio po zakoń-

czeniu wiercenia pilotowego. Narzędzia służące do poszerzania zastępują przy tym narzędzia pilotowe. Wybór i konfiguracja narzędzi jest ściśle związana z typem przewiercanej formacji oraz dostępnymi parametrami wiertnicy i układu płuczkowego. Technika poszerzania (siła ciągnięcia, obroty przewodu wiertniczego, strumień tłoczzonej płuczki oraz prędkość wypływu z dysz) jest funkcją geometrii otworu i warunków geologicznych. |

W najbliższych numerach kwartalnika „Inżynieria Bezwykopowa” zostaną opublikowane kolejne części artykułu poświęcone następującym zagadnieniom:

Część 7: Programy technologiczne i technika wiercenia

Część 8: Dokumentacja i raporty. Wymagania kompetencyjne

Część 9: Zarządzanie projektem. Harmonogram i budżet

Część 10: Słownik terminów i skrótów wiertniczych