

Udarowo-obrotowa metoda wiercenia przy wykonywaniu otworowych wymienników ciepła

tekst: **TOMASZ ŚLIWA, KLAUDIA TOPCZEWSKA, KRYSZTOF KLEPCZYK**, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu; Koło Naukowe Geowiert

Artykuł zawiera opis udarowo-obrotowej metody wiercenia. Wykorzystuje się ją z coraz większym powodzeniem przy różnego rodzaju wierceniach. Jednym z ważnych zastosowań jest wykonywanie otworowych wymienników ciepła.

Pionowe i ukośne otworowe wymienniki ciepła są jednym z najlepszych sposobów, za pomocą których można pozyskiwać ciepło ziemi. Dzięki wymiennikom otworowym można nie tylko pobierać ciepło z górotworu, ale również je tam wprowadzać i magazynować [1]. Otworowe wymienniki ciepła mogą być wiercone różnymi metodami opisanymi w [2, 3] lub wykonywane w istniejących otworach wiertniczych [4], przeznaczonych do likwidacji, w już zlikwidowanych lub częściowo zlikwidowanych.

Celem wykonania otworów wiertniczych dla instalacji grzewczych i grzewczo-chłodniczych z pompami ciepła jest wprowadzenie na odpowiednio dobraną głębokość rur wymiennika ciepła. W takich układach jest to jedyny cel wiercenia. Nieistotny jest problem przepuszczalności strefy przyotworowej warstw złożowych, co jest ważne w przypadku studni wierconych lub wierceń naftowych. Brak w takich wierceniach dowiercania do złoża, kiedy wymagana jest ostrożność, przede wszystkim przy doborze płuczki wiertniczej, aby nie spowodowała kolmatacji.

Wysokie ceny nośników energii powodują, że obecnie wzrasta zainteresowanie różnymi niekonwencjonalnymi źródłami energii. Pompy ciepła i ciepło ziemi już od wielu lat stanowią jedną z głównych nowoczesnych metod pozyskiwania ciepła na cele grzewcze; górotwór wykorzystywany jest także do celów chłodniczych.

Najważniejsze parametry wpływające na efektywność otworowych wymienników ciepła, tj. ich moc grzewczą [5], to czynniki geologiczne, konstrukcyjne i eksploatacyjne. Efektywność energetyczna systemu otworowych wymienników ciepła zależy od:

a) własności geologicznych (stopnia geotermicznego, ziemskiego strumienia ciepła, naturalnej lub sztucznej filtracji wód podziemnych),

b) parametrów termicznych skał profilu geologicznego, przede wszystkim przewodnictwa ciepła,

c) konstrukcyjnych parametrów (ryc. 1) wymiennika otworowego (średnicy otworu, głębokości, izolacyjności cieplnej rur wewnętrznych – materiału, z którego zbudowane są rury,

przewodnictwa cieplnego materiałów uszczelniających, rodzaju konstrukcji wymiennika otworowego),

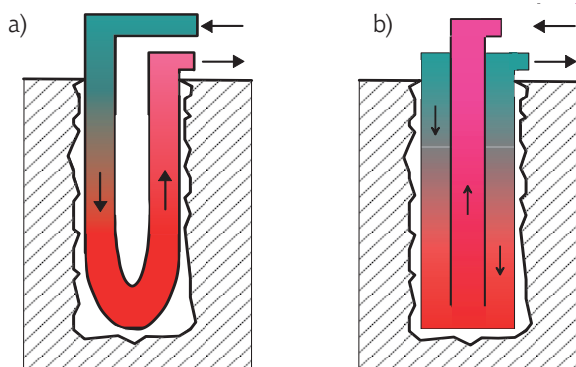
d) geometrii całego podziemnego magazynu ciepła (odległości pomiędzy wymiennikami otworowymi, rozmieszczenie otworów, wzajemne oddziaływanie),

e) parametrów systemu grzewczego (charakterystyki temperaturowej, wartości i czasu obciążenia, trybu pracy – magazynowania ciepła podczas klimatyzacji / chłodzenia),

f) odległości odwiertów od odbiorcy ciepła (przesyłowe straty / zyski ciepła).

Dla realizacji inwestycji z otworowymi wymiennikami ciepła dla inwestorów najważniejszy jest jednak efekt ekonomiczny. Najczęściej jest osiągany przez różnego rodzaju formy wsparcia, np. dopłaty do nakładów inwestycyjnych.

Dzięki otworowym wymiennikom ciepła można uzyskać ciepło w każdym rejonie Polski, w odróżnieniu od energii pozyskiwanej za pośrednictwem wód geotermalnych.



Ryc. 1. Konstrukcje otworowych wymienników ciepła: a) U-rurki – mogą być pojedyncze, podwójne lub potrójne, b) układy centryczne

Każdorazowe wykonanie otworu do pozyskiwania ciepła ziemi o głębokości większej niż 30 m wymaga sporządzenia projektu prac geologicznych. Zawiera on ważne informacje na temat przeprowadzonych czynności, m.in. dotyczące lokalizacji zamierzonych robót geologicznych, w tym opis zagospodarowania terenu, wcześniej przeprowadzonych badań na obszarze zamierzonych prac, jak również opis budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych, przewidywanej konstrukcji poszczególnych otworów. Przy głębokościach większych niż 100 m wymagany jest plan ruchu zakładu górniczego [6, 7].

Otwory wiertnicze, które służą do wykonania wymienników ciepła, można wykonać obrotową metodą wiertniczą, z przewodem sztywnym [8] lub giętkim [9] albo metodą udarowo-obrotową [10]. Technikę wiercenia udarowo-obrotowego określa się często jako dolny młotek (ang. DTH – *down the hole*). Metoda polega na połączeniu obrotów z udarami generowanymi przez urządzenie dolnego młotka znajdujące się nad świdrem.

Metoda umożliwia efektywne wiercenie, szczególnie w skałach zwięzłych i twardych. Dolny młotek pracuje na dnie otworu, w końcowej części przewodu wiertniczego. Na rycinie 2 przedstawiono jego podstawowe części, a na rycinie 3 całość zestawu dolnej części przewodu ze świdrem.

W porównaniu z innymi technikami wiercenia dolny młotek ma wyższą wydajność (prędkość wiercenia) w skałach twardych, ale może być stosowany w prawie wszystkich formacjach skalnych. Trudności mogą występować, jeśli w profilu geologicznym występują skały plastyczne oraz poziomy wodonośne. W metodzie udarowo-obrotowej oś otworu jest pionowa i prostoliniowa ze względu na sztywność przewodu wiertniczego, który ma większe średnice niż przy wierceniu obrotowym.

Wykonanie gotowego otworu do 120 m wraz z zapuszczeniem rur wymiennika (U-rurki) oraz uszczelnieniem mieszaniną cementowo-bentonitowo-krzemionkową o podwyższonym przewodnictwie cieplnym zajmuje ok. 12 godzin. W poddanym analizie profilu litologicznym otworu dominowały gnejsy przewarstwione bazaltami oraz zwietrzelina granitowo-gnejsowa.

W metodzie udarowo-obrotowej napęd młotka (wywołanie udarów) realizuje się za pomocą sprężonego powietrza (również są młotki napędzane wodą pod ciśnieniem). Sprężarka pokazana jest na rycinie 4, a cały zestaw z wiertnicą na rycinie 5. Powietrze jest kierowane do młotka przez rury – przewód wiertniczy. Ma ono ponadto za zadanie oczyszczanie wykonywanego otworu ze zwiercin, działając jako płuczka powietrzna. Wydmuch sprężonego powietrza następuje poprzez otwory w świdrze (ryc. 6). Podobnie działa woda.

Obroty nadawane przez głowicę umieszczoną na maszynie wiertniczej (napęd górny, ang. *top drive*) są przekazywane do młotka przez rury wiertnicze. Rury wiertnicze łączy się za pomocą gwintów. Przewód wiertniczy jest wydłużany w miarę pogłębiania otworu. Siła nacisku jest przekazywana poprzez mechanizm obrotu i rury wiertnicze (ciężar własny).

Młotki wgłębne są urządzeniami bardzo produktywnymi i znajdują zastosowanie także m.in. w kamieniołomach, górnictwie podziemnym, robotach inżynierskich oraz wiertnictwie studziennym.

Do zwiercania skał zwięzłych wykorzystywać można świdry symetryczne z rozkładanymi ostrzami oraz świdry ekscentryczne. Za pomocą świdrów symetrycznych z rozsuwanymi ostrzami możliwe jest wiercenie otworów z równoczesnym ich rurowaniem. Rozsuwane ostrza poszerzają średnicę narzędzia wierzącego, które wykonuje otwór o średnicy większej niż średnica zewnętrzna rur okładzinowych. Rury są wprowadzane do otworu na bieżąco, w miarę postępu wiercenia.

Wraz z rozwojem tej techniki wiercenia na rynku pojawia się coraz więcej firm oferujących szeroki wybór świdrów. Dobór odpowiedniego świdra jest bardzo istotny i powinien opierać się na gruntownej analizie warunków wiercenia. Głównymi elementami wpływającymi na skuteczność świdra w skałę jest jego konstrukcja oraz rodzaj słupków. Istnieją trzy podstawowe konstrukcje świdrów.



Ryc. 2. Podstawowe części dolnego młotka [10]



Ryc. 3. Zestaw dolnego młotka wraz ze świdrem płaskim [11]



Ryc. 4. Kompresor powietrza – napędu dolnego młotka i płuczki wiertniczej [10]



Ryc. 5. Całość zestawu urządzeń do wiercenia metodą dolnego młotka – sprężarka i wiertnica [11]



Ryc. 6. Czoło świdra wiertniczego do metody udarowo-obrotowej z kanałami dla przepływu powietrza [10]

Model *Convex* (ryc. 7) jest używany w formacjach trudnych do wiercenia, gdzie czoło świdra ma tendencję do przedwczesnego zużywania się. Świder taki dłużej utrzymuje czoło świdra w stanie nienaruszonym dzięki dwóm rzędom słupków z twardych spieków. Ten typ świdra zapewnia dobrą mechaniczną prędkość wiercenia. Stosowany jest głównie przy wapieniach i łupkach. Model *Flat face* posiada płaskie czoło świdra. Agresywne działanie świdra sprawia, że jest on idealny do wiercenia skał bardzo twardych oraz spękanych. Świder ten zazwyczaj rozpoczyna wiercenia głębokich otworów. Stosowany jest przy wierceniu granitów, twardych wapieni, bazaltów.

Świder *Concave* to najbardziej powszechny model używany dziś na rynku. Czoło świdra w kształcie półmiska daje doskonałe możliwości wiercenia w średnio twardych i twardych skałach. Umożliwia bardzo dobrą kontrolę nad utrzymaniem pionowości otworu. Stosowany przy wierceniu skał twardych.



Ryc. 7. Najczęściej używane typy świdrów do wiercen udarowo-obrotowych: *Convex* – czoło wypukłe, *Flat face* – czoło płaskie i *Concave* – czoło wklęsłe, za: www.mincon.com

Słupki wykonane są zazwyczaj z węglików spiekanych (ryc. 8), jednak możliwe jest zastosowanie także słupków diamentowych. Dla skał miękkich i średnio twardych, w których możliwe są wysokie mechaniczne prędkości wiercenia, najbardziej odpowiednimi są słupki typu *Ballistic* oraz *Parabolic* (por. ryc. 8) połączone ze świdrem *Flat Face* lub *Convex* (por. ryc. 7). Jeśli formację skalną można opisać jako twardą lub bardzo twardą, wtedy wskazane jest użycie słupków typu *Dome* ze świdrem typu *Convex*, dzięki czemu można osiągnąć dłuższą żywotność świdra.

Metoda udarowo-obrotowa umożliwia osiągnięcie większych prędkości wiercenia niż metoda obrotowa. Ma to miejsce szczególnie w przypadku skał twardych i bardzo twardych. Takie skały posiadają zazwyczaj wysokie wartości przewodnictwa ciepła. Są więc korzystniejsze dla pozyskiwania ciepła ziemi. Wiercenia obrotowe w takich skałach są kosztowne i czasochłonne. Otwo-



Ryc. 8. Słupki stosowane w świdrach do wiercen udarowo-obrotowych, typu *Ballistic*, *Parabolic*, *Dome*, za: www.mincon.com

rowe wymienniki ciepła nie wymagają eksploatacji mediów złożowych, stąd jedynym kryterium ich wiercenia jest szybkość.

Literatura

- [1] Śliwa T., Gonet A., Złotkowski A.: *Górotwór jako rezerwar ciepła (Rockmass as heat reservoir)*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2007, nr 6, s. 12–14.
- [2] Wiśniowski R., Wójcik M., Toczek M.: *Nowe technologie wiertnicze stosowane w wierceniach inżynieryjnych*. „Wiertnictwo, Nafta, Gaz” 2006, t. 23, z. 1, s. 543–556.
- [3] Wiśniowski R., Stryczek S.: *Stan aktualny i rozwój technologii i technik wiertniczych*. „Wiertnictwo, Nafta, Gaz” 2006, t. 23, z. 2, s. 733–752.
- [4] Śliwa T., Nycz P.: *Analiza potencjalnych możliwości pozyskiwania ciepła skał z karpaccich odwiertów naftowych (Analysis of potential possibility the heat extraction from rocks using oil wells in Carpathian Mountain)*. „Technika Poszukiwań Geologicznych Geotermia Zrównoważony Rozwój” 2010, t. 49, z. 1–2, s. 119–131.
- [5] Gonet A., Śliwa T.: *Testowanie otworowych wymienników ciepła (TRT) (Tests of borehole heat exchangers [TRT])*. „GLOBenergia” 2010, nr 1, s. 14, 17.
- [6] *Prawo geologiczne i górnicze. Ustawa z 9 czerwca 2011 r. z późn. zm.* Dz.U. 2011, nr 163, poz. 981.
- [7] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z 20 grudnia 2011 r., w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji.* Dz.U. 2011, nr 288, poz. 1696.
- [8] Gonet A., Sowa M., Śliwa T.: *Wykonywanie otworowych wymienników ciepła – wiercenia obrotowe (Making borehole heat exchangers – rotary drilling)*. „GLOBenergia” 2012, nr 1, s. 24–26.
- [9] Śliwa T., Pacewicz M.: *Wykonywanie otworowych wymienników ciepła z wykorzystaniem silnika węgłowego – wiercenia urządzeniami „coiled tubing” (Borehole heat exchangers drilling using a downhole motor and coiled tubing equipment)*. „AGH Drilling, Oil, Gas” 2012, vol. 29, no. 1, pp. 293–300.
- [10] Śliwa T., Mazur M., Gonet A., Sapińska-Śliwa A.: *Wiercenia udarowo-obrotowe w geoenergetyce (Hammers-rotary drilling for geoenergetics)*. „Wiertnictwo, Nafta, Gaz” 2011, t. 28, z. 4, s. 759–770.
- [11] Śliwa T., Mazur M., Gonet A., Sapińska-Śliwa A.: *Wykonywanie otworowych wymienników ciepła – wiercenia udarowo-obrotowe*. „GLOBenergia+” 2015, nr 1, globenergia.pl/plus_wykonywanie_otworowych_wymiennikow_ciepła_wiercenia_udarowo_obrotowe
- [12] www.mincon.com

Praca zrealizowana ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) oraz Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa (PGNiG) w ramach programu Blue Gas – Polski Gaz Łupkowy na Wydziale Wiertnictwa, Nafty i Gazu Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, w Katedrze Wiertnictwa i Geoinżynierii, o akronimie OPTIDRILLTEC.



„The drillers choice”

Sprzedaż
Serwis
Naprawa
Młotki dolne, górne
Młotki kierunkowe
Koronki



Mincon
Rockdrills

MINCON POLAND Sp. z o.o.
32-050 Skawina, ul. Mickiewicza 32
tel. 12 256 31 01, tel. kom. 607 740 888

www.mincon.com

XVI OGÓLNOPOLSKI KONGRES ZARZĄDCÓW DRÓG POWIATOWYCH



26 - 29 MAJA 2015 R.

PATRONI
MEDIALNI

budownictwo
inżynieryjne.pl

Nowoczesne
Budownictwo
Inżynieryjne

edroga.pl

AUTOSTRADY

Kruszywa

Drugi Samorządowe

Polskie
drogi