(19) URZĄD PATENTOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

(10) **PL 244076 B1**

(12) # Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **435502**
(22) Data zgłoszenia: **2020.09.28**
(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.04.04 BUP 14/2022**
(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.11.27 WUP 48/2023**

(51) MKP:
E21B 43/08 *(2006.01)*
E03B 3/18 *(2006.01)*
B01D 29/00 *(2006.01)*

(73) Uprawniony z patentu:
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, Kraków, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:
BARTŁOMIEJ CIAPAŁA, Godziszka, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Małgorzata Geissler, Kraków, PL

(54) Tytuł:
Filtr otworu wiertniczego

PL 244076 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest filtr otworu wiertniczego. Jest propozycją wykorzystania nowych, aktualnych rozwiązań technicznych w dziedzinie wiertnictwa geotermalnego, a także w wiertnictwie nafty i gazu oraz na potrzeby hydrogeologii. Wynalazek umożliwi wykonywanie filtru w bezpośrednim sąsiedztwie odwiertu lub nad odwiertem.

Najczęściej stosowane filtry otworu wiertniczego są wykonywane w postaci grubościennych stalowych rur z wieloma wywierconymi/wyciętymi otworami lub innych rur perforowanych, a rzadziej uzupełniane wkładką strukturyzowaną. Składane są z kilku lub kilkunastometrowych segmentów i posiadają elementy umożliwiające ich łączenie, między innymi gwinty. Znana jest z dokumentu patentowego CA 3008912 (Slotted liner with optimal slot configuration) wykładzina rowkowa z optymalną konfiguracją szczelin. Jest to intensywnie ponacinana rura z otworami tworzącymi swego rodzaju strukturę przestrzenną. Znany jest wynalazek US2012298223 (Premium mesh screen) przedstawiający ekran siatkowy, w którym występuje strukturyzowana zewnętrzna część filtru owinięta wokół rury podstawowej. Znany jest też z dokumentu US2010000742 (Extended non-bonded mesh well screen) rozszerzony ekran z siatką bez kleju, w którym występuje strukturyzowana zewnętrzna część filtru, oparta o rurę podstawową.

Zasadniczym zastosowaniem wynalazku jest utrzymanie stabilności otworu wiertniczego z równoczesnym umożliwieniem wpływania płynu złożowego do wnętrza kolumny filtracyjnej, skąd może dostać się na powierzchnię. Proponuje się, by litą rurę z otworami zastąpić drukowaną 3D (additive manufacturing) strukturą, samonośną, zapewniającą odpowiednią wytrzymałość mechaniczną z uzyskaniem o wiele większej powierzchni, w której płyn będzie miał możliwość wnikania do wnętrza otworu.

Istotą rozwiązania filtru otworu wiertniczego, w postaci rury posiadającej otwory przelotowe i/lub utworzonego ze ścianek tworzących puste przestrzenie, jest to, że wielkość otwarć po stronie zewnętrznej dostosowana jest do specyfiki górotworu dla danego odwiertu w miejscu montażu, a prześwit otwarć po stronie wewnętrznej jest co najmniej wielkości otwarć warstwy po stronie zewnętrznej. Filtr ten ma formę pozbawioną połączeń rozłącznych. Układ ścianek tworzących strukturę jest modularny, złożony z elementów powtarzanych cyklicznie wzdłuż rury filtru.

Korzystnym jest, że filtr może zostać wykonany ze stopionych materiałów mineralnych takich jak skały czy regolit.

Korzystnym jest to, że wykonany jest z materiału elastycznego utwardzanego nad otworem wiertniczym.

Korzystnym jest to, że otwory i puste przestrzenie mają kształty geometryczne.

Korzystnym jest to, że ścianka rury utworzona jest przez figury gyroid.

Korzystnym jest to, że ścianka rury utworzona jest przez przesunięte względem siebie bryły, puste w środku, zbliżone do prostopadłościanu o czterech ściankach.

Korzystnym jest to, że ścianka rury utworzona jest przez przesunięte względem siebie pierścienie z rurek. Kierunek osi rurek jest zgodny z kierunkiem osi filtru.

Korzystnym jest to, że ścianka rury jest strukturyzowana z zachowaniem gładkiej ścianki zewnętrznej i/lub wewnętrznej z przelotowymi otworami i kratownicą wewnątrz ścianki rury. Otwory te stanowią otwarcia zarówno zewnętrzne jak i wewnętrzne.

Korzystnym jest to, że struktura przestrzenna ścianki filtru dostosowana jest do możliwości drukowania 3D.

Zastąpienie perforowanej rury przestrzenną strukturą o dużych porach, przenoszącą w swojej bryle wymagane obciążenia, umożliwi zwiększenie intensywności napływania płynu złożowego do wnętrza odwiertu przy zachowaniu własności mechanicznych. Materiał, który będzie chemicznie odporny na spodziewane warunki, a jego zastosowanie będzie ekonomicznie uzasadnione, dobierany jest w oparciu o analizy i symulacje. Kształt, który dla wybranego materiału będzie gwarantował wystarczającą dla danego odwiertu wytrzymałość opracowuje się za pomocą oprogramowania komputerowego. Samą przestrzenną strukturę można wykonać na miejscu jej wykorzystania lub w fabryce i przetransportować na miejsce. Puste, zamknięte przestrzenie zwiększają wyporność filtru, zmniejszając pozorne obciążenie wiertni i obudowy odwiertu.

Dokładny kształt jest efektem optymalizacji, biorącej pod uwagę, między innymi, warunki złożowe, lepkość i gęstość płynu złożowego, przewidywanej długości filtru. Kształt filtru, opracowany za pomocą oprogramowania komputerowego, dla wybranego materiału gwarantuje wystarczającą dla danego odwiertu wytrzymałość.

Rozwiązanie daje możliwość wykorzystania materiałów odpornych na korozję, syntetycznych, które dzięki odpowiedniemu ukształtowaniu nabiorą zwiększonej wytrzymałości mechanicznej. Wykonanie całego filtru, według wynalazku, zwłaszcza w systemie kroczącym, pozwala na tworzenie jednolitego obiektu pozbawionego połączeń. Dzięki wynalazkowi zmniejszy się ilość zużytych materiałów, a także tańszy i łatwiejszy będzie transport komponentów na miejsce ich montażu w porównaniu z transportem wielu kilkunastometrowych rur. Filtr będzie lżejszy w przeliczeniu na 1 metr filtru, więc łatwiejsze będzie jego podwieszenie i potencjalnie zmniejszy się konieczny udźwig wiertni.

Na filtry, według wynalazku, mogą być wykorzystywane różne rodzaje stali, w tym stale kwasoodporne i wzbogacane pod kątem wytrzymałości na określone warunki korozji. Także polimery, w szczególności kwasoodporne lub o podwyższonej odporności na zdzieranie: grafen, włókna szklane, żywice epoksydowe. W kontekście przemysłu kosmicznego zaletą może okazać się możliwość wykonania filtru ze stopionych materiałów mineralnych. Dodatkową zaletą jest wykonanie filtru z materiału elastycznego, zwijanego na rolkę i utwardzanego dopiero nad samym otworem wiertniczym.

Przykładowe rozwiązania filtru otworu wiertniczego, według wynalazku, pokazano na rysunku. Fig. 1–4 dotyczą przykładu 1. Fig. 1 jest przekrojem jednej warstwy filtru, fig. 2 pokazuje przesunięcie kolejnej warstwy, fig. 3 jest widokiem z boku, a fig. 4 jest widokiem skośnym tego przykładu. Na fig. 5–7 pokazano rozwiązanie struktury ścianki rury filtru z przykładu 2. Fig. 5 jest przekrojem jednej warstwy filtru, fig. 6 jest widokiem z boku małego wycinka powierzchni filtru, a fig. 7 jest widokiem skośnym tego filtru. Na fig. 8–11 pokazano rozwiązanie struktury ścianki rury filtru z przykładu 3, fig. 8 widokiem z góry, fig. 9 jest przekrojem poziomym, fig. 10 widokiem z boku, a fig. 11 widokiem skośnym. Wszystkie widoki pokazują tylko część filtru, stanowiące wycinki długości. W rzeczywistości długości są dostosowywane do warunków geologicznych i stanowią całość lub element do zestawiania filtru.

Przykładowe filtry są jednoelementowymi konstrukcjami o przekrojach poprzecznym w formie pierścienia, przypominające w przekroju bardzo grubościenną rurę.

Przykład 1

Filtr otworu wiertniczego jest kolumną filtracyjną wykonaną podczas pracy ciągłej maszyny drukującej 3D, bez połączeń skręcanych czy spawanych, ma długość 100 m, średnicę zewnętrzną 2 wynoszącą 7 cali, światło wewnętrzne 3 wynoszące 5 cali. Wykorzystanym materiałem jest stal L80. Ścianka jest wykonana w formie przestrzennej struktury pokazanej na rysunku. Przestrzenna struktura przenosi obciążenia, umożliwiając równocześnie napływanie płynu złożowego do wnętrza kolumny filtracyjnej. Struktura składa się z powtarzalnych, specyficznych elementów zbliżonych do profili prostokątnych 1 ustawionych na powtarzających się warstwach 4 o wysokości 2 cm każda, przesuniętych względem siebie o kąt α, przesunięcia 5 elementów pomiędzy kolejnymi warstwami 4, a wynoszący 20 stopni obrotu wokół osi kolumny filtracyjnej odpowiadających połowie powtarzalnego segmentu. Fig. 4 przedstawia fragment kolumny filtracyjnej wysokości około 0,3 m.

Przykład 2

Filtr w tym przykładzie, stanowi strukturyzowana rura o średnicy zewnętrznej 7 wykonana za pomocą drukarki 3D złożona z nakładanych warstw struktury 8 zachodzących na siebie rurek 6 usytuowanych osiami równolegle do osi filtru. Każda rurka 6 ma 1 cal średnicy i 1 cal wysokości. Każda wypukłość warstwy zewnętrznej odpowiada wycinkowi walca o kącie 11,4 stopnia. Przedstawiony na fig. 5 fragment filtru ma około 0,10 – 0,15 m długości.

Przykład 3

Filtr w tym przykładzie, stanowi strukturyzowana rura, której ścianka zewnętrzna 9 i wewnętrzna 10 są gładkie z przelotowymi otworami 11 w postaci poziomych rurek. Otwory 11 stanowią otwarcia zarówno zewnętrzne jak i wewnętrzne filtru. Pomiędzy tymi powierzchniami utworzona jest strukturyzowana przestrzeń w postaci kratownicy 12, w kształcie zygzaka. Końce lub określone segmenty filtru mogą zostać zaślepione w celu utworzenia zamkniętych przestrzeni wypełnionych powietrzem w celu zwiększenia wyporności filtru i zmniejszenia jego pozornego ciężaru.

Niezależnie od opisanych w zastrzeżeniach i przykładach rodzajach struktury ścianki filtru, możliwe jest tworzenie kształtów dostosowanych do sposobu eksploatacji złoża, jednak z zachowaniem określonych w zastrzeżeniach podstawowych warunków.

Zastrzeżenia patentowe

1. Filtr otworu wiertniczego, w postaci rury posiadającej otwory przelotowe i/lub utworzony ze ścianek tworzących puste przestrzenie, **znamienny tym**, że wielkość otwarć filtru po stronie zewnętrznej dostosowana jest do specyfiki górotworu dla danego odwiertu w miejscu montażu, a prześwit otwarć po stronie wewnętrznej jest co najmniej wielkości otwarć warstwy po stronie zewnętrznej, przy czym filtr ma formę pozbawioną połączeń rozłącznych, a układ ścianek tworzących strukturę jest modularny.
2. Filtr według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że wykonany jest ze stopionego materiału mineralnego, zwłaszcza ze skał lub regolitu.
3. Filtr według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że wykonany jest z materiału elastycznego utwardzanego nad otworem wiertniczym.
4. Filtr według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że otwory i puste przestrzenie mają kształty geometryczne.
5. Filtr według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że ścianka rury utworzona jest przez figury gyroid.
6. Filtr według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że ścianka rury utworzona jest przez przesunięte względem siebie bryły (1), puste w środku, zbliżone do prostopadłościanu o czterech ściankach.
7. Filtr według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że ścianka rury utworzona jest przez przesunięte względem siebie pierścienie z rurek (6).
8. Filtr według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że ścianka rury jest strukturyzowana z zachowaniem gładkiej powierzchni zewnętrznej ścianki (9) i/lub wewnętrznej ścianki (10) z przelotowymi otworami (11), a ponadto z kratownicą (12) wewnątrz ścianki rury.
9. Filtr według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że struktura przestrzenna ścianki filtru dostosowana jest do możliwości drukowania 3D.

Wykaz oznaczeń

Przykład 1.

1. element struktury zbliżony do profilu prostokątnego – powtarzalny
2. średnica zewnętrzna filtru w przykładzie 1
3. średnica wewnętrzna filtru w przykładzie 1
4. warstwa struktury
5. kąt przesunięcia elementów pomiędzy kolejnymi warstwami

Przykład 2.

6. element struktury zbliżony do rurki – powtarzalny
7. średnica zewnętrzna filtru w przykładzie 2
8. warstwa struktury

Przykład 3.

9. ścianka zewnętrzna
10. ścianka wewnętrzna
11. otwory przelotowe
12. kratownica

Rysunki

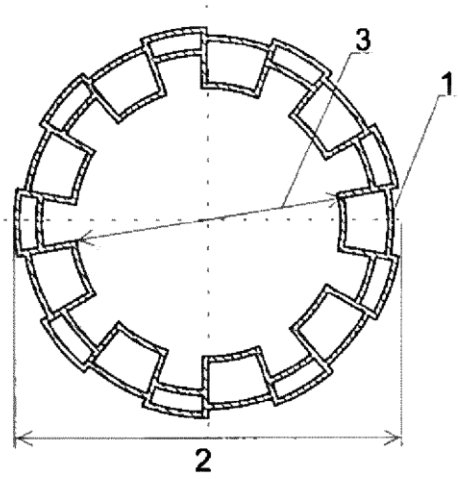

Fig. 1

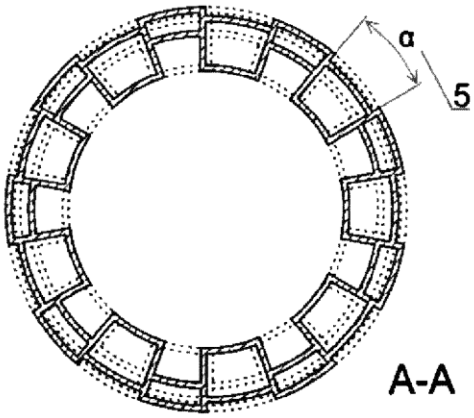

Fig. 2

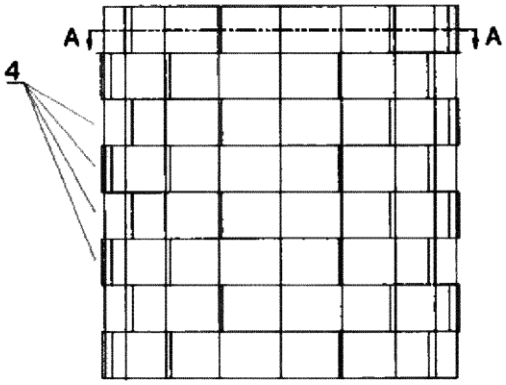

Fig. 3

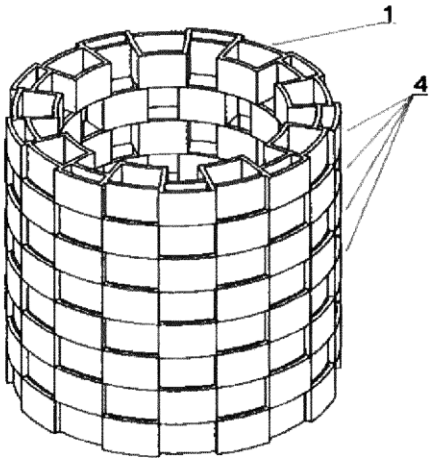

Fig. 4

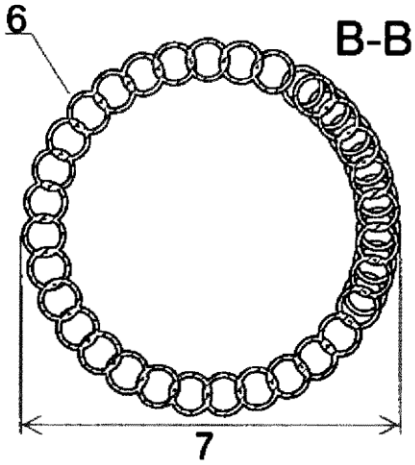

Fig. 5

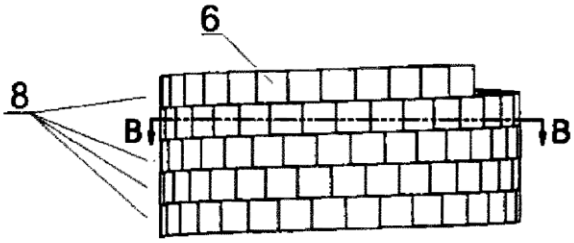

Fig. 6

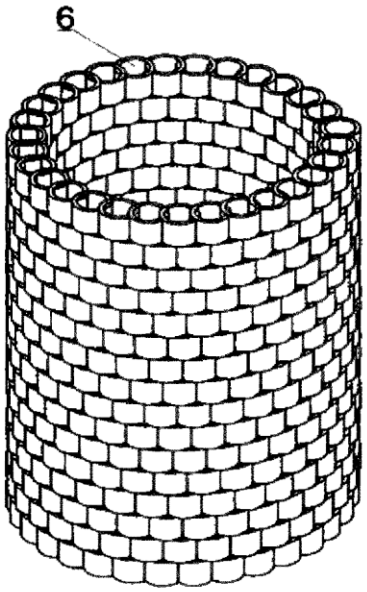

Fig. 7

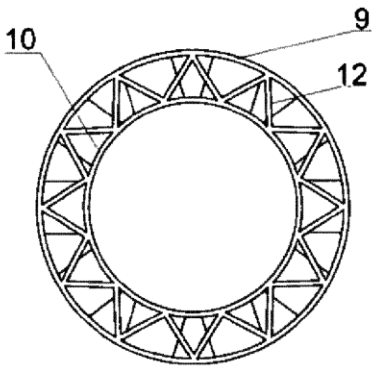

Fig. 8

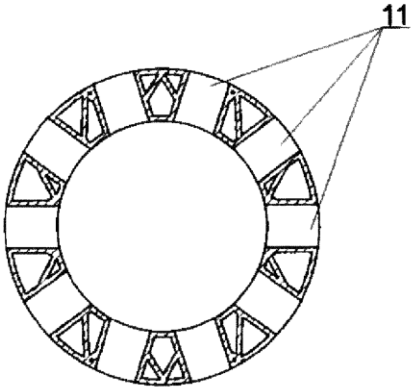

Fig. 9

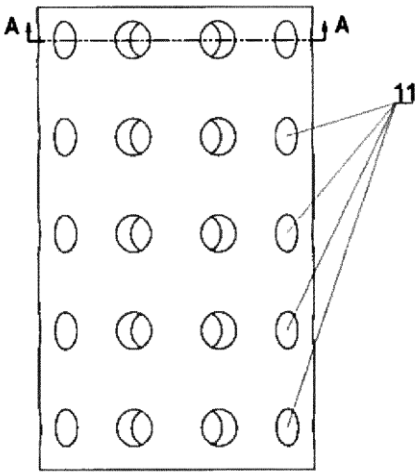

Fig. 10

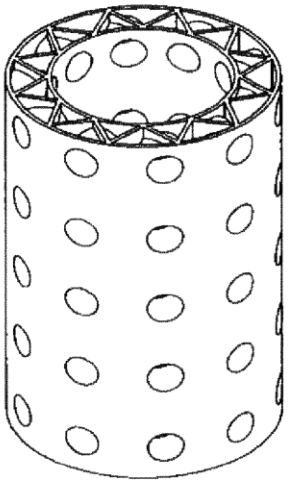

Fig. 11