

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **232120**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **415007**

(51) Int.Cl.

E21B 43/263 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **30.11.2015**

(54)

Sposób szczelinowania hydraulicznego skał

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

05.06.2017 BUP 12/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.05.2019 WUP 05/19

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**MAREK SOLECKI, Kraków, PL
TADEUSZ SOLECKI, Kraków, PL
JERZY STOPA, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Robert Klisowski

PL 232120 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób szczelinowania hydraulicznego skał, który ma zastosowanie w przemyśle wydobywczym kopalin płynnych, zwłaszcza w górnictwie otworowym złóż węglowodorów.

Znany jest z literatury fachowej, stosowany zwłaszcza w górnictwie naftowym, sposób szczelinowania hydraulicznego skał, polegający na tym, że do otworu wiertniczego włączana jest ciecz szczelinująca, która dociera do skały zbiornikowej i wywiera nacisk sukcesywnie zwiększającym ciśnieniem cieczy szczelinującej, aż do osiągnięcia wartości ciśnienia szczelinowania właściwego dla skały zbiornikowej, tworząc szczeliny w skale zbiornikowej. Szczeliny te są utrzymywane po zabiegu szczelinowania w stanie rozwarcia za pomocą propantów, czyli środków podsadzających szczeliny, którymi mogą być np. ziarna piasku lub cząstki ceramiczne, wprowadzanych do powstałych szczelin jako zawiesina w cieczy szczelinującej, a które migrują w wytworzone szczeliny i uniemożliwiają ich zamknięcie, tworząc jednocześnie drogi przepływu dla płynu złożowego do odwiertu. Szczelinowanie prowadzone jest odcinkami wzdłuż wybranego interwału skały zbiornikowej. Otwór wiertniczy w wybranym interwale skały zbiornikowej jest podzielony na odcinki za pomocą elementów uszczelniających. Szczelinowanie hydrauliczne jest prowadzone selektywnie w poszczególnych odcinkach. Po zakończeniu zabiegu szczelinowania elementy uszczelniające zostają usunięte, umożliwiając przepływ kopaliny płynnej z różnych odcinków szczelinowanej skały zbiornikowej do otworu wiertniczego oraz jej wydobywanie na powierzchnię terenu.

W rosyjskim opisie patentowym RU 2069743 C1 został ujawniony sposób intensyfikacji wydobywania ropy i gazu przez szczelinowanie hydrauliczne górotworu roponośnego lub gazonośnego z użyciem materiałów wybuchowych. Sposób ten polega na tym, że na odcinku otworu wiertniczego, odizolowanym za pomocą uszczelnienia od pozostałej części otworu i uzbrojonego za pomocą perforowanych rur okładzinowych, detonuje się materiał wybuchowy, w postaci ładunku głównego i ładunków dodatkowych, zawieszonych na linie i zlokalizowanych w odległości od 1,5 metra do 12 metrów od ładunku głównego.

Amerykański opis patentowy US 4049056 A ujawnia sposoby stymulacji dopływu ropy naftowej lub gazu ziemnego do otworu wiertniczego poprzez wywołanie w otworze fali uderzeniowej, działającej na ciecz szczelinującą. W jednym z przykładów wykonania otwór wiertniczy zabezpiecza się za pomocą obudowy rurowej do stropu warstwy zbiornikowej, a przestrzeń pomiędzy ścianą otworu i obudową oraz nieobudowany odcinek otworu poniżej spągu warstwy zbiornikowej cementuje się w celu bardziej efektywnego ukierunkowania fali uderzeniowej. Następnie wprowadza się do otworu wiertniczego ciecz szczelinującą, wypełniając nią otwór do odpowiedniego poziomu powyżej stropu warstwy złożowej i wprowadza się materiał wybuchowy wraz z zapalnikiem do odcinka otworu w warstwie zbiornikowej. W następnej kolejności uszczelnia się otwór na wysokości zwierciadła cieczy szczelinującej, po czym detonuje się materiał wybuchowy w znany z techniki sposób.

Z polskiego opisu patentowego PL 176464 B1 znany jest sposób eksploatacji gazu poprzez szczelinowanie górotworu, zwłaszcza w rejonach eksploatacji węgla kamiennego, polegający na wytworzeniu wysokich ciśnień cieczy lub gazów, najkorzystniej powyżej 10 MPa, w otworach wiertniczych w celu szczelinowania górotworu oraz podsadzenia powstałych szczelin materiałem podpierającym szczeliny, przy czym jako płyn zatłaczany w górotwór stosuje się wodę, emulsję wodną lub ciecz żelującą, a do wytworzenia wysokich ciśnień wykorzystuje się pompy, kompresory lub materiał wybuchowy. W praktyce sposób ten polega na tym, że do otworu włącza się wodę, zadając ciśnienie do około 2 MPa. Następnie włącza się wodę z materiałem do podparcia szczelin aż do momentu przekroczenia wytrzymałości skał, co w efekcie powoduje ich rozwarstwienie i spadek ciśnienia cieczy w otworze, dochodzący do 50% maksymalnej wartości. W dalszej fazie kontynuuje się zatłaczanie cieczy z materiałem podpierającym szczeliny do wystąpienia kolejnego spadku ciśnienia.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu szczelinowania hydraulicznego skał, który zapewnia wywołanie maksymalnie rozległej strefy spękań górotworu w warstwie zbiornikowej i jak najbardziej skuteczne ich podsadzenie poprzez gwałtowny wzrost ciśnienia cieczy szczelinującej w otworze.

Istotą sposobu szczelinowania hydraulicznego skał według wynalazku jest to, że wybuch ładunku materiału wybuchowego w otworze wiertniczym inicjuje się w trakcie tłoczenia cieczy szczelinującej, po osiągnięciu przez tę ciecz, w wyizolowanym odcinku otworu wiertniczego, wartości ciśnienia szczelinowania skał zbiornikowych. W chwili, kiedy ciśnienie cieczy szczelinującej w otworze osiąga wartość ciśnienia szczelinowania, pojawiają się w górotworze szczeliny, a więc nowa przestrzeń, która wypełniana jest cieczą szczelinującą, co skutkuje spadkiem ciśnienia w otworze, dlatego istotne jest również,

aby wybuch materiału wybuchowego nastąpił nie później niż w chwili, gdy ciśnienie cieczy szczelinującej w wyizolowanym odcinku otworu spadnie do wartości 30% ciśnienia szczelinowania.

Korzystnym jest, gdy stosuje się materiał wybuchowy ulegający detonacji lub deflagracji.

W celu zwiększenia skuteczności szczelinowania, wybuch ładunku materiału wybuchowego można przeprowadzić w formie serii występujących po sobie wybuchów, wywołujących pulsacyjne zmiany ciśnienia cieczy szczelinującej.

Dzięki zastosowaniu sposobu szczelinowania hydraulicznego skał według wynalazku, proces propagacji szczelin wytworzonych pierwotnie w górotworze na skutek szczelinowania hydraulicznego zostaje podtrzymany na skutek wzrostu ciśnienia wywołanego wybuchem. W ten sposób zwiększa się zasięg strefy zeszczelinowanej wokół otworu wiertniczego i poprawia się skuteczność podsadzenia szczelin.

Przykład realizacji sposobu szczelinowania hydraulicznego skał według wynalazku omówiony został z wykorzystaniem schematycznego rysunku, przedstawiającego instalację powierzchniową oraz przekrój górotworu z pionowym otworem wiertniczym, wykonanym z powierzchni do spągu warstwy zbiornikowej, w której realizowane jest szczelinowanie w trzech odcinkach, na którym fig. 1 przedstawia szczelinowanie odcinka pierwszego, natomiast fig. 2 – szczelinowanie odcinka drugiego.

W celu wykonania szczelinowania hydraulicznego pierwszego odcinka (fig. 1), pionowy otwór wiertniczy wykonuje się z powierzchni terenu 1 do spągu warstwy zbiornikowej 2, którą stanowi seria łupkowa, dla której ciśnienie szczelinowania wynosi $P_{sz} = 40$ MPa, zalegająca na głębokości $h = 600$ m, o grubości $g = 27$ m. Część otworu wiertniczego w warstwie zbiornikowej 2 dzieli się na trzy odcinki o długości 9 m, w których kolejno od dołu realizowane będzie szczelinowanie. Następnie zabudowuje się otwór wiertniczy rurami okładzinowymi 3 do dna otworu, które cementuje się w otworze, po czym dokonuje się perforacji rur okładzinowych 3, za pomocą głowicy perforacyjnej zaopatrzonej w ładunki kumulacyjne, na trzech odcinkach: $1\text{ m} \div 8\text{ m}$, $10\text{ m} \div 17\text{ m}$ oraz $19\text{ m} \div 26\text{ m}$, licząc od dna otworu. W kolejnym kroku umieszcza się w otworze rury tłoczne 4 zawierające ładunek materiału wybuchowego 5 wraz z zapalnikiem 6 oraz uruchamiającym go mechanizmem ciśnieniowym 7, przy czym wylot rur tłocznych 4 umieszcza się na wysokości 1,5 metra od dna otworu. Ładunek materiału wybuchowego umieszcza się na wysokości 4,5 m, licząc od dna otworu, tj. w połowie pierwszego od dołu perforowanego odcinka. Na wysokości dziewięciu metrów od spągu warstwy zbiornikowej 2, uszczelnia się przestrzeń pomiędzy rurami okładzinowymi 3 a rurami tłocznymi 4 za pomocą pakera 9a zapiętego w rurach okładzinowych 3 tak, aby mechanizm ciśnieniowy 7 znajdował się w przestrzeni nadpakerowej 10. Rury tłoczne 4 łączy się szczelnie w górnej części do rur okładzinowych 3 w głowicy 8. Następnie do wnętrza rur tłocznych 4, poprzez zawór zwrotny 11 a, przyłączony szczelnie do rur tłocznych 4 wprowadzana jest agregatami pompowymi 12 ciecz szczelinującą, zawierającą materiał podsadzkowy, która pobierana jest ze zbiornika 13. Poprzez dodatkowy zawór zwrotny 11 b usytuowany w dolnej części rur tłocznych 4, ciecz szczelinująca wypełnia przestrzeń pod pakerem 9a. Równocześnie przez zawór przelotowy 14 do przestrzeni nadpakerowej 10 tłoczy się ciecz nadpakerową, którą stanowi woda, do osiągnięcia ciśnienia 32 MPa, które odpowiada wartości 80% ciśnienia szczelinowania, zmierzonego za pomocą manometru 15. W dalszej kolejności następuje zamknięcie zaworu przelotowego 14, przy stałym tłoczeniu cieczy szczelinującej poprzez zawór zwrotny 11a oraz zawór zwrotny 11b. Ciecz szczelinującą tłoczy się kontrolując wzrost ciśnienia za pomocą manometru 16 do momentu osiągnięcia ciśnienia szczelinowania $P_{sz} = 40$ MPa i powstania w warstwie zbiornikowej 2 szczelin 18. Powoduje to gwałtowny spadek ciśnienia cieczy szczelinującej, mierzonego za pomocą manometru 16 i jest równocześnie rejestrowane przez aparaturę kontrolno-sterującą 17, która powoduje natychmiastowe otwarcie zaworu przelotowego 14, a następnie jego zamknięcie. Gwałtowny chwilowy spadek ciśnienia w przestrzeni nadpakerowej 10 odpręża mechanizm ciśnieniowy 7, który uruchamia zapalnik 6 ładunku materiału wybuchowego 5. Detonacja ładunku wybuchowego 5, przy zmierzonym za pomocą manometru 16 ciśnieniu cieczy szczelinującej równym 21 MPa, odpowiadającym wartości 52,5% ciśnienia szczelinowania, powoduje nagły wzrost ciśnienia cieczy szczelinującej w przestrzeni pod pakerem i w strefie skały zbiornikowej, co zwiększa zasięg zeszczelinowanej strefy wokół otworu, zwiększa liczbę szczelin 18, a także powoduje wtłoczenie cieczy szczelinującej z podsadzką na dalszą odległość. Skutkuje to bardziej intensywnym dopływem kopaliny do otworu wiertniczego, zwiększając jego wydajność eksploatacyjną. W trakcie detonacji oraz po jej przeprowadzeniu stale pracują agregaty pompowe 12, tłoczące do otworu ciecz szczelinującą z materiałem podsadzającym szczeliny przez okres niezbędny do podparcia wytworzonych szczelin 18, tj. do momentu ponownego wzrostu ciśnienia mierzonego na manometrze 16, wywołanego oporami przepływu cieczy szczelinującej. Utrzymywanie wytworzonych

szczelin 18 w stanie rozwarcia po zaprzestaniu tłoczenia cieczy szczelinującej odbywa się za pomocą materiału podsadzającego szczeliny, wprowadzanego do powstałych szczelin jako zawiesina w cieczy szczelinującej.

Z kolei, w celu wykonania szczelinowania hydraulicznego odcinka drugiego (fig. 2), wyciąga się rury tłoczne 4 z otworu wiertniczego i uzbraja się je ponownie ładunkiem materiału wybuchowego 5, a otwór wiertniczy uszczelnia się na wysokości 9 m od jego dna za pomocą pakera dolnego 9b, po czym wprowadza się do otworu wiertniczego rury tłoczne 4, zawierające ładunek materiału wybuchowego 5 wraz z zapalnikiem 6 oraz uruchamiającym go mechanizmem ciśnieniowym 7 tak, aby ładunek materiału wybuchowego 5 znajdował się w połowie drugiego odcinka, tj. na wysokości 13,5 m i aby wylot rur tłocznych znajdował się na wysokości 1,5 m nad pakierem dolnym 9b. Na wysokości 18 m od dna otworu uszczelnia się przestrzeń pomiędzy rurami okładzinowymi 3 a rurami tłocznymi 4 za pomocą pakera 9a. Pozostałe czynności wykonuje się identycznie jak dla odcinka pierwszego.

Analogicznie jak w przypadku odcinka drugiego, wykonuje się szczelinowanie w odcinku trzecim.

Inicjacja wybuchu ładunku materiału wybuchowego 5 może również odbywać się z zastosowaniem metody elektrycznej, bezpośrednio z aparatury kontrolno-sterującej 17 bez konieczności sterowania zaworem przelotowym 14, co pozwala zminimalizować czas pomiędzy początkiem propagacji szczelin 18 i momentem wybuchu ładunku materiału wybuchowego 5. Możliwe są również inne, znane z techniki metody inicjacji wybuchu ładunków materiału wybuchowego 5.

Analogicznie, sposób szczelinowania hydraulicznego skał według wynalazku można zastosować dla otworu odchylonego od pionu na całej długości lub na pewnej części długości, a także dla otworu pionowego z końcowym odcinkiem poziomym.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób szczelinowania hydraulicznego skał polegający na tym, że w otworze wiertniczym, na odcinku przebiegającym w warstwie skał zbiornikowych umieszcza się przynajmniej jeden ładunek materiału wybuchowego z zapalnikiem i izoluje się ten odcinek od reszty otworu, a następnie wprowadza się do wyizolowanego odcinka ciecz szczelinującą i zwiększa się w nim ciśnienie cieczy szczelinującej, po czym detonuje się ładunek materiału wybuchowego umieszczony w otworze w strefie szczelinowania i dalej podsadza się hydraulicznie materiałem podpierającym szczeliny, **znamienny tym**, że wybuch ładunku materiału wybuchowego (5) w chwili, gdy ciśnienie cieczy szczelinującej w wyizolowanym odcinku otworu spadnie w wyniku wytworzenia szczelin do wartości 30% ciśnienia szczelinowania.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jako materiał wybuchowy (5) stosuje się materiał ulegający detonacji lub deflagracji.
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wybuch materiału wybuchowego (5) przeprowadza się w formie serii występujących po sobie wybuchów.

