



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 18.02.74 (P. 168930)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 27.03.76

Opis patentowy opublikowano: 15.02.1979

CZYTELNIĄ

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Int. Cl.²

E21B 43/28

Twórcy wynalazku: Jan Czarnik, Jan Stankiewicz, Aleksander Stępnowski, Tadeusz Stabicki, Julian Gilewski, Włodzimierz Piwowar, Tadeusz Tyniec

Uprawniony z patentu: Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Górnictwa Surowców Chemicznych w Krakowie, Kraków (Polska)

Sposób podziemnego wytapiania bardzo słabo przepuszczalnych lub nieprzepuszczalnych, pokładowych złóż siarki

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób podziemnego wytapiania siarki z bardzo słabo przepuszczalnych lub nieprzepuszczalnych złóż pokładowych i jej wydobywanie przy pomocy otworów wiertniczych.

W znanych dotychczas sposobach eksploatacji pokładowych złóż siarki, za pomocą wytapiania gorącą wodą, woda tłoczona jest pod ciśnieniem poprzez otwory eksploatacyjne do złoża. Gorąca woda infiltruje w skały złożowe nagrzewając je, co w odpowiednim przedziale temperatur powoduje wytapianie siarki. Następnie siarka spływa do otworu, skąd odpompowywana jest na powierzchnię przy pomocy sprężonego powietrza.

Podstawowym warunkiem eksploatacji otworowej jest możliwość przepływu wody w złożu. Przepływ ten uzależniony jest od warunków hydrogeologicznych poziomu złożowego, głównie od wodoprzepuszczalności skał złożowych. Miara wodoprzepuszczalności skał złożowych jest współczynnik filtracji, zmieniający się w zależności od stopnia ich porowatości, kawernistości i szczelinowości. Ilość gorącej wody, która może być przy określonym ciśnieniu wtłoczona do złoża poprzez otwór eksploatacyjny, zwana chłonnością złoża, jest proporcjonalna do współczynnika filtracji skał złożowych. W znanych dotychczas sposobach eksploatacji pokładowych złóż siarki, skały złożowe charakteryzują się słabą lub średnią wodoprzepuszczalnością, czyli małymi lub średnimi war-

2

tościami współczynnika filtracji (około 1 lub kilka m/dobę).

W przypadku skał silnie przepuszczalnych, z dużymi współczynnikami filtracji, rzędu kilkunastu lub nawet kilkudziesięciu m/dobę, zachodzi konieczność stosowania specjalnych zabiegów zmniejszających przepływ wody w złożu (ekrany przeciwfiltracyjne, tamponowanie strefowe poziomu złożowego i.t.p.), w celu ograniczenia ucieczek gorącej wody ze stref przyotworowych.

W przypadku skał złożowych o bardzo małej wodoprzepuszczalności (wapieni i margli), charakteryzujących się współczynnikami filtracji o wartościach rzędu setnych części m/dobę, przepływ gorącej wody w złożu jest znikomy, przez co ilość ciepła dostarczanego do złoża nie wystarcza na wytworzenie i rozwój odpowiedniej strefy wytopu siarki wokół otworu. W związku z tym dopływ płynnej siarki do otworu jest bardzo mały, co uniemożliwia rozpoczęcie i prowadzenie eksploatacji w skali przemysłowej.

W przypadku nieprzepuszczalnych skał złożowych, najczęściej litych wapieni charakteryzujących się zerowym współczynnikiem filtracji, przepływ gorącej wody w złożu w ogóle nie następuje. Wytop siarki w takich warunkach może mieć miejsce tylko na ścianach odwiertu, nie dając żadnych efektów eksploatacyjnych w skali przemysłowej. Wadą dotychczasowych sposobów otworowej eksploatacji jest zatem niemożność ich zasto-

sowania dla złóż siarki o bardzo słabej przepuszczalności lub nieprzepuszczalnych. Celem uzyskania odpowiedniej przepuszczalności, przeprowadzono zarówno w kraju, jak i za granicą, próby sztucznego udrażniania skał złożowych wokół otworu przy pomocy materiałów wybuchowych (tzw. torpedowanie), szczelinowania hydraulicznego i trawienia skał wapiennych kwasami (tzw. kwasowanie). Po tych zabiegach nie uzyskano rezultatów zadawalających, lub osiągnięto słabe efekty ekonomiczne. Ujemną cechą dotychczasowych prób było bowiem to, że koncentrowały się na poszczególnych zabiegach udrażniających, bez dążenia do wytworzenia większych stref udrożnionych o szerszym zasięgu poziomym. Próby te odbywały się na pojedynczych lub kilku otworach, podczas gdy ich otoczenie skalne było w dalszym ciągu nieudrożnione i hamowało przepływ gorącej wody.

Celem wynalazku jest umożliwienie wytworzenia w bardzo słabo przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych skałach złożowych takich stref wytopu siarki wokół otworów, aby możliwym było prowadzenie eksploatacji siarki metodą podziemnego wytapiania na skalę przemysłową. Cel ten osiągnięto przez zmianę warunków filtracyjnych złoża na takie, w których ma miejsce odpowiedni dla eksploatacji otworowej przepływ gorącej wody w skałach złożowych.

Zadanie techniczne polega na, strefowym sztucznym zwiększaniu lub wywołaniu filtracji w skałach pierwotnie bardzo słabo przepuszczalnych, względnie nieprzepuszczalnych oraz uzyskania dużego zasięgu udrożnionej strefy złoża. Zadanie to zostało rozwiązane przez kompleksowe zastosowanie odpowiednich sposobów wywoływania lub zwiększania filtracji w skałach złożowych. Sposoby te można podzielić na trzy fazy: wstępnie-udrażniające; hydrodynamiczne i hydrodynamiczno-termiczne.

Zadaniem wstępnego udrażniania skał złożowych jest wytworzenie w litych skałach odpowiedniej siatki spękań, albo zagęszczenia tej siatki w skałach słabo spękanych, względnie uzupełnienia istniejącej słabej porowatości skał dodatkowymi spękaniami, lub połączenia nimi niekontaktujących się ze sobą kawern. Stosuje się przy tym znane metody udrażniania skał z tym, że dążąc do uzyskania zasięgu siatki spękań rzędu kilkunastu metrów od otworu, powtarza się w otworze kilkakrotnie zabieg torpedowania lub szczelinowania, albo po torpedowaniu wykonuje się szczelinowanie, względnie inne sposoby udrażniania skał złożowych.

Następnym nowym elementem wprowadzonym dla uzyskania dużego zasięgu strefy spękań jest równoczesne wykonanie tego samego zabiegu udrażniającego w kilku do kilkunastu otworach a więc w większym fragmencie złoża. Przez równoczesne poddanie górotworu siłom rozrywającym w szeregu punktach, wywołuje się znacznie lepszy efekt udrażniający, w porównaniu z zabiegami przeprowadzanymi kolejno w poszczególnych otworach.

Przygotowanie do eksploatacji udrożnionych

otworów powinno się przy tym odbywać ze znacznym wyprzedzeniem, obejmującym przynajmniej kilkumiesięczny okres eksploatacji, co jest nieodzowne z uwagi na konieczność stworzenia w złożu szerokiego pasa wodoprzepuszczalnego, w którym może się odbywać odpowiedni przepływ gorącej wody.

Hydrodynamiczne udrażnianie skał złożowych przeprowadza się po ich wstępnym udrożnieniu. Polega ono na przeczyszczeniu sztucznie wywołanych spękań, wodą przepływającą przez złożo. W tym celu do jednych otworów tłoczy się pod ciśnieniem zimną wodę a w sąsiednich otworach przeprowadza się pompowanie. W ten sposób uzyskuje się duże spadki hydrauliczne między otworami tłocznymi i pompowymi, przez co osiąga się znaczne przepływy wód w złożu i co za tym idzie — możliwość wynoszenia drobnych cząstek skalnych z szczelin. W razie potrzeby uzyskania wyższych parametrów filtracyjnych serii złożowej, w czasie hydrodynamicznego udrażniania skał podaje się do otworu przez pewien czas roztwory kwasów, w celu powiększenia spękań na drodze trawienia skał wapiennych. Korzystnym jest przy tym stosowanie różnych kwasów z opóźnionym reagowaniem, celem zwiększenia zasięgu ich działania.

Hydrodynamiczno-termiczne udrażnianie skał złożowych przeprowadza się po udrażnianiu wstępnym lub hydrodynamicznym albo po obu tych zabiegach, a przed rozpoczęciem eksploatacji. Polega ono na włączaniu gorącej wody technologicznej do jednych otworów i pompowaniu wody ze złoża innymi otworami, znajdującymi się w takiej odległości od otworów tłocznych, aby przepływ gorącej wody w złożu był dość znaczny, ale aby temperatura odprowadzanej ze złoża wody była podwyższona lecz niższa od 100°C. W ten sposób doprowadza się do początkowego wytopienia siarki w dość znacznym zasięgu od otworów tłocznych, w dużym stopniu zwiększając drożność skał złożowych. Udrażnianie to najlepiej jest stosować w fazie przedeksploatacyjnej, w czasie przeprowadzania wstępnego grzania otworów eksploatacyjnych, kiedy do tych otworów tłoczy się duże ilości gorącej wody.

Udrażnianie hydrodynamiczno-termiczne ma również i inne korzystne znaczenie dla eksploatacji. Sztucznie wytworzona w złożu strefa filtracyjna jest otoczona przez skały nieudrożnione, co ogranicza chłonność otworów tłocznych mimo uzyskania dość wysokich parametrów filtracyjnych w skałach złożowych wokół otworów. Przez pompowanie wody z otworów zlokalizowanych w strefie udrożnionej lecz znajdującej się w pewnej odległości od otworów tłocznych, uzyskuje się odpowiedni przepływ wody w tej strefie złoża i w jego konsekwencji wzrost chłonności otworów tłocznych. Wówczas ma miejsce rozszerzanie się strefy wytopu siarki wokół otworów, pozwalające na osiągnięcie dobrych efektów eksploatacji. Następuje przy tym wygrzewanie skał przedpola przed otworami eksploatacyjnymi, stwarzając korzystne warunki termiczne przy włączaniu do grzania dalszych otworów. Wygrzewanie skał przedpola przejmują następnie otwory depresyjne

lub odprężające. Są one rozmieszczone już w dalszej odległości od otworów tłoczonych i pompuje się z nich, lub odprowadza, już mniejsze ilości wody.

Wymienione sposoby udrażniania skał złożowych stosuje się w otworach na całym pionowym profilu złoża, lub na wybranych jego odcinkach.

Różnica między znanymi sposobami eksploatacji otworowej złóż siarki i sposobami według wynalazku polega na tym, że sposoby te umożliwiają normalną, o przemysłowej wydajności eksploatację bardzo słabo przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych złóż siarki, co dotychczas nie było znane i stosowane.

Przez kompleksowe przeprowadzenie znanych zabiegów udrażniających skały złożowe, wykonywanych kolejno lub równocześnie w szeregu otworach, uzyskuje się zwiększenie zasięgu sztucznych spękań wokół otworów oraz zazębianie się stref udroźnionych w konsekwencji doprowadza się do wyższej wodoprzepuszczalności górotworu i lepszego przepływu wody między otworami niż to miało miejsce w dotychczasowych próbach.

Przez wprowadzenie nie stosowanego dotychczas hydrodynamicznego zwiększania wodoprzepuszczalności skał złożowych, uzupełnionego w razie potrzeby okresowym kwasowaniem, zwiększa się skuteczność mechanicznego udrażniania tych skał i znacznie polepsza się warunki migracji gorącej wody w skały złożowe w przyszłym rejonie eksploatacji.

Przez wprowadzenie hydrodynamiczno-termicznego udrażniania skał złożowych, uzyskuje się dodatkową chłonność złoża na drodze częściowego wytopienia siarki i równocześnie wyprzedzająco stwarza się odpowiedni system odprowadzania wody ze złoża, warunkujący wtłaczanie odpowiedniej ilości gorącej wody do otworów eksploatacyjnych.

Wynalazek zostanie bliżej objaśniony na rysunkach schematycznych, na których fig. 1 i fig. 2 przedstawiają przekroje podłużne przez przygotowane do eksploatacji otwory, w drugiej i trzeciej fazie udrażniania złoża. Fig. 1 przedstawia schematyczny przekrój podłużny przez otwory w czasie hydrodynamicznego udrażniania złoża. Skały złożowe 1 uzyskiwały już wcześniej pewną przepuszczalność, po przeprowadzeniu kompleksowych zabiegów udrażniania wstępnego, przez co został umożliwiony przepływ wody w złożu. Wysokość zwierciadła piezometrycznego wód poziomu złożowego obrazuje linia 2.

W celu przeprowadzenia hydrodynamicznego udroźnienia złoża, do otworu 3 (lub do kilku otworów w tej linii) wtłacza się pod ciśnieniem zimną wodę 7, lub w razie potrzeby roztwory kwasów trawiących skały węglanowe. Wtłaczana woda wywołuje wokół otworu strefę podwyższonego ciśnienia, tzw. stożek represyjny 8. Równocześnie z sąsiedniego otworu 4 (lub z kilku otworów w tej linii) pompowana jest woda 10 ze złoża, co powoduje powstanie między otworami 3 i 4 dużych spadków hydraulicznych 11, z którymi związane są znaczne prędkości przepływu wody w złożu (przy czym prędkości te wzrastają przy zbliżaniu się do otworów pompowych, co schematycznie

obrazuje długość kresk 9). W takich warunkach, wcześniej utworzone spękania zostają przeczyszczane, przez co zwiększa się ich drożność. W przypadku okresowego tłoczenia kwasów, spękania zostają powiększone na skutek trawienia skał węglanowych, co również zwiększa drożność złoża.

Dla zwiększenia efektów udrażniania hydrodynamicznego złoża, w czasie wykonywania tych zabiegów, korzystną jest zamiana otworów tłocznych na pompowe i odwrotnie. Fig. 2 przedstawia schematyczny przekrój podłużny przez otwory w czasie hydrodynamiczno-termicznego udrażniania złoża. Gorąca woda technologiczna 12 wtłaczana jest pod ciśnieniem do otworu 3 (lub do kilku otworów w tej linii), wywołując stożek represyjny 13. Równocześnie z otworu 6 (lub z kilku otworów tej linii) pompowana jest woda 15 ze złoża, co powoduje powstanie stożka depresyjnego 16. Otwór pompowy 6 znajduje się przy tym w takim oddaleniu od otworu tłoczego 3, aby temperatura pompowanej wody była podwyższona, lecz niższa od 100°C. Przez pompowanie zwiększa się zasięg oddziaływania wody o temperaturze topiącej siarkę i dzięki temu ulega powiększeniu strefa udroźnionych skał złożowych. Długość kresk 14 obrazuje schematycznie zmniejszanie się temperatury wody w kierunku od otworu tłoczego do pompowego. Między otworami tłocznymi 3 i pompowymi 6 znajdują się otwory 4 i 5, które w fazie pokazanej na rysunku nie biorą udziału w procesie udrażniania. Są one zabezpieczone przed zatamowaniem zestalającą się płynną siarkę i są zagłowiczone.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób eksploatacji otworowej bardzo słabo przepuszczalnych lub nieprzepuszczalnych pokładowych złóż siarki, udrażnianych wstępnie zabiegami stosowanymi w otworach wiertniczych, szczególnie w przemyśle naftowym, takimi jak np. torpedowanie, szczelinowanie hydrauliczne i kwasowanie, **znamienny tym**, że dla osiągnięcia odpowiednich warunków do eksploatacji stosuje się kilkufazowe udrażnianie skał złożowych, w którym udrażnianie wstępne przeprowadza się kompleksowo, powtarzając w otworach eksploatacyjnych z różnym nasileniem te same zabiegi udrażniające, lub dobierając po sobie odpowiednie zabiegi w zależności od warunków geologiczno-złożowych, przy czym zabiegi te wykonuje się kolejno lub równocześnie w szeregu otworach; następnie stosuje się udrażnianie hydrodynamiczne, polegające na wytworzeniu dużych prędkości wody między otworami tłocznymi i pompowymi dzięki czemu dochodzi do przeczyszczania spękań, przy czym w razie potrzeby dodaje się do tłoczonej wody roztwory kwasów trawiących skały węglanowe, uzyskując przez to rozszerzenie spękań; a następnie stosuje się udrażnianie hydrodynamiczno-termiczne, polegające na wtłaczaniu do jednych otworów gorącej wody topiącej siarkę, z równoczesnym odpompowywaniem z innych otworów wody o podwyższonej temperaturze, przy czym następuje częściowe wytapianie siarki zwiększające wodoprzepuszczalność

skał złożowych, a ponadto otworami pompowymi odprowadzany jest nadmiar wód ze złoża. co stwarza warunki do wtłaczania otworami odpowiedniej dla eksploatacji ilości gorącej wody.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w warunkach skła złożowych podatnych na utworzenie daleko rozgałęzionej siatki spękań, stosuje się kompleksowe udrażnianie wstępne, które wra-

zie potrzeby uzupełniane jest udrażnianiem hydrodynamicznym lub hydrodynamiczno-termicznym.

3. Sposób według zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że udrażnia się cały profil złoża w otworze eksploatacyjnym, lub wybrane jego odcinki, w zależności od stopnia zmienności własności filtracyjnych serii rudnej w jej profilu pionowym oraz od zmienności litologicznej i miąższości złoża.

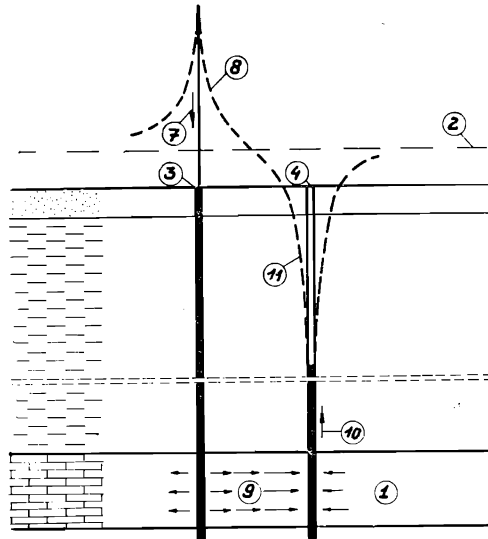


Fig. 1

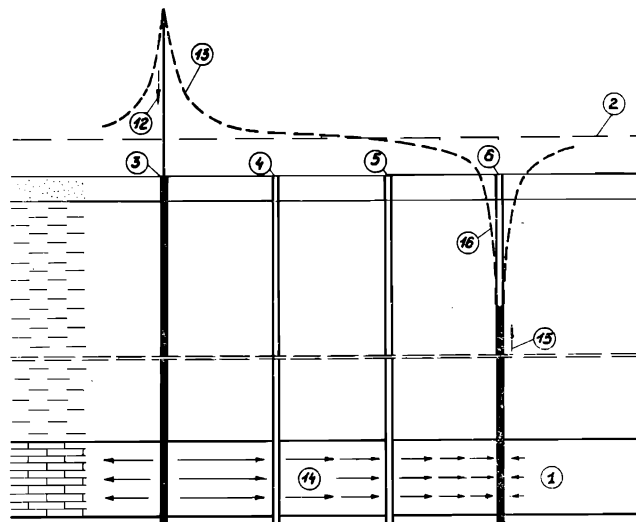


Fig. 2