

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **238297**
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **419846**

(22) Data zgłoszenia: **28.05.2015**

(86) Data i numer zgłoszenia międzynarodowego:

28.05.2015, PCT/US15/032915

(87) Data i numer publikacji zgłoszenia międzynarodowego:

10.12.2015, WO15/187456

(51) Int. Cl.

E21B 43/24 (2006.01)

E21B 43/40 (2006.01)

C02F 1/66 (2006.01)

C02F 1/04 (2006.01)

C02F 5/00 (2006.01)

(54)

Sposób wydobywania ropy naftowej z formacji roponośnej

(30) Pierwszeństwo:

02.06.2014, US, 62/006,620

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

20.11.2017 BUP 24/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

02.08.2021 WUP 18/21

(73) Uprawniony z patentu:

**Veolia Water Technologies, Inc.,
Moon Township, US**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**KAREN SCHOOLEY, Seattle, US
DAVID GAMACHE, Oswego, US**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Jarosław Kulikowski

PL 238297 B1

Opis wynalazku

DZIEDZINA WYNALAZKU

Niniejszy wynalazek dotyczy sposobu wydobywania ropy naftowej z formacji roponośnych, a w szczególności – ulepszonego sposobu zmękczenia wytwarzanej wody w celu usuwania z niej twardości.

TŁO WYNALAZKU

W sposobach zintensyfikowanego wydobywania ropy naftowej, w skrócie EOR (ang. Enhanced Oil Recovery – EOR) wykorzystuje się energię cieplną, aby ułatwić wydobywanie ropy naftowej, w szczególności ropy ciężkiej, z formacji roponośnych. Jeden z konkretnych sposobów, szeroko stosowany w Kanadzie do wydobywania ropy ciężkiej, określany jest jako drenaż grawitacyjny wspomagany parą wodną, w skrócie proces SAGD (z ang. Steam Assisted Gravity Drainage). W procesie SAGD do formacji roponośnej wstrzykuje się parę wodną. Na ogół potrzeba kilka ton pary na każdą tonę wydobytej ropy naftowej. W procesie tym para wodna ogrzewa ropę naftową w formacji roponośnej, co zmniejsza lepkość ropy naftowej i ułatwia przepływ ropy do strefy odbioru. Jednakże w procesie tym para wodna skrapla się i miesza z ropą naftową tworząc mieszaninę ropy naftowa-woda. Mieszaninę ropy naftowej i wody pompuje się na powierzchnię, a ropę oddziela się od wody za pomocą konwencjonalnych procesów, w których powstaje produkt określany jako wytworzona woda.

Ważne jest poddanie wytworzonej wody uzdatnianiu, w celu jej ponownego wykorzystania. W przypadku zastosowania procesu SAGD, wytworzoną wodę poddaje się uzdatnianiu lub oczyszczaniu i kieruje się do generatora pary lub kotła wytwarzającego parę wodną. Na przykład, pełny cykl obiegu wody w procesie SAGD obejmuje: wstrzykiwanie pary wodnej do formacji roponośnej; kondensację pary wodnej w celu ogrzania ropy naftowej, czego wynikiem jest zmieszanie skroplonej pary wodnej z ropą naftową z utworzeniem mieszaniny ropy naftowa-woda; pobranie mieszaniny ropy naftowa-woda; wypompowanie mieszaniny ropy naftowa-woda na powierzchnię; oddzielenie ropy naftowej od mieszaniny ropy naftowa-woda z utworzeniem wytworzonej wody; uzdatnienie wytworzonej wody przez usunięcie zawieszonych i rozpuszczonych substancji stałych, z utworzeniem strumienia wody zasilającej generator pary lub kocioł; oraz przekształcenie tej zasilającej wody w parę wodną, którą wstrzykuje się do formacji roponośnej.

Wytworzona woda wykazuje duże wartości twardości wapniowej jak również zasadowości, zwłaszcza wówczas gdy wytworzona woda zostaje zmieszana z uzupełniającą solanką wykazującą dużą twardość. Obecność wapnia i zasadowości w wytworzonej wodzie często prowadzi do wytrącania związków tworzących kamień kotłowy z węglanu wapnia. Na przykład w procesach wykorzystujących wyparki, tworzenie kamienia kotłowego z węglanu wapnia może stanowić poważny problem. Powoduje to osadzanie się kamienia z węglanu wapnia na rurkach wymiany ciepła i powierzchniach grzewczych podgrzewacza, znacznie zmniejszając efektywność i skutkując kosztowną i czasochłonną konserwacją.

W przeszłości, działania związane z osadzaniem się kamienia kotłowego z węglanu wapnia na wyparkach i urządzeniach procesowych podejmowano po stronie dopływu do wyparki lub do urządzeń procesowych, poprzez zakwaszenie i odgazowanie. Proces ten zmniejsza alkaliczność w strumieniu wody odpływowej. Jednakże zakwaszenie i odgazowanie mają pewne wady. Koszt kwasu może być zaporowy, jeżeli woda odpływowa wykazuje wysoką zasadowość. Ponadto w pewnych zastosowaniach, w których w wodzie odpadowej obecne są związki organiczne, związki te wytrącają się w reakcji na zakwaszenie. W innych przypadkach, w celu usunięcia twardości wykorzystuje się jedynie jonowymienną jednostkę zmękczenia. W procesie tym następuje zazwyczaj zmniejszenie stężenia wapnia i magnezu w wytworzonej wodzie. W przypadku zastosowania jako jedynego środka zmniejszania twardości, jednostki jonowymienne mają również wady. Zastosowanie zmękczenia poprzez wymianę jonową generuje dodatkowe koszty i ciekły strumień odpadowy, który wymaga często uzdatniania. Ponadto, w praktyce, istnieje ograniczenie stężenia wapnia, które można potraktować za pomocą żywicy jonowymiennej. Inną opcją postępowania ze strumieniami wytworzonej wody wykazującymi twardość jest wykorzystanie chelatora lub środka chelatującego wewnątrz wyparki lub innego urządzenia procesowego. Tenże środek chelatujący utrzymuje wapń w postaci rozpuszczalnej a tym samym zapobiega wytrącaniu. Wadą tego rozwiązania jest to, że wydajność jest ograniczona a środki chelatujące są drogie.

STRESZCZENIE WYNALAZKU

Sposób wydobywania ropy naftowej z formacji roponośnej, obejmujący etapy:

- a. wydobywania mieszaniny ropy naftowa-woda z formacji roponośnej;
- b. oddzielenia ropy naftowej od mieszaniny ropy naftowa-woda, z uzyskaniem ropy naftowej i wytworzonej wody zawierającej związki powodujące twardość;
- c. skierowania wytworzonej wody do jednostki zmiękczenia;
- d. skierowania wytworzonej wody z jednostki zmiękczenia do wyparki zawierającej rurki wymiany ciepła i odparowanie przynajmniej części wytworzonej wody, z uzyskaniem zatężonej solanki i pary wodnej;
- e. skroplenia pary wodnej z utworzeniem destylatu;
- f. skierowania wytworzonego destylatu do generatora pary wodnej i ogrzania destylatu w generatorze pary z wytworzeniem pary wodnej;
- g. wstrzyknięcia wytworzonej przez generator pary wodnej do odwiertu zasilającego; charakteryzuje się tym, że
- h. co najmniej część zatężonej solanki uzyskanej w etapie d. oraz środek zmiękczający kieruje się do jednostki zmiękczenia usytuowanej przed wyparką, i miesza się zatężoną solankę i środek zmiękczający z wytworzoną wodą w jednostce zmiękczenia, przy czym zmieszanie środka zmiękczającego i zatężonej solanki w jednostce zmiękczenia przed wyparką zwiększa pH wytworzonej wody i powoduje wytrącenie się z wytworzonej wody związków powodujących twardość;
- i. przepuszcza się wytrącone związki powodujące twardość przez rurki wymiany ciepła wyparki, bez znaczącego osadzania się kamienia kotłowego na wspomnianych rurkach wymiany ciepła.

Dla sposobu według wynalazku korzystne jest, gdy wymienionym środkiem zmiękczającym jest środek kaustyczny.

Dla sposobu według wynalazku najkorzystniej jest, gdy środkiem kaustycznym jest wodorotlenek sodu.

Dla sposobu według wynalazku korzystne jest też, gdy przepływ zatężonej solanki do jednostki zmiękczenia stanowi w przybliżeniu od 1% do około 5% przepływu wytworzonej wody do jednostki zmiękczenia.

– Cele i zalety niniejszego wynalazku staną się jasne i oczywiste po przestudiowaniu poniższego opisu i towarzyszących mu rysunków stanowiących jedynie ilustrację takiego wynalazku.

KRÓTKI OPIS RYSUNKÓW

Figura 1 stanowi schematyczną ilustrację niniejszego wynalazku pokazującą proces wydobywania ropy naftowej prowadzący do otrzymania wytworzonej wody, oraz jej obróbkę.

SZCZEGÓŁOWY OPIS WYNALAZKU

Proces ujawniony w niniejszym dokumencie stanowi sposób wydobywania ropy naftowej, w szczególności ropy ciężkiej, takiej jak wydobywana za pomocą procesów SAGD z odwiertów naftowych i formacji roponośnych. Ropę ciężką wydobywa się zwykle poprzez wstrzykiwanie pary wodnej do roponośnych formacji podziemnych. Para wodna ogrzewa ropę naftową w formacji roponośnej i w procesie tym para wodna ulega skropleniu. Powoduje to wytworzenie mieszaniny ropy naftowa-woda. Mieszaninę ropy naftowa-woda pompuje się na powierzchnię. Dalej następuje proces oddzielania ropy naftowej i wody, w którym ropę naftową oddziela się od mieszaniny. Jego pozostałością jest produkt określany jako wytworzona woda. Wytworzoną wodę wykorzystuje się ponownie do wytwarzania pary wodnej, którą kieruje się z powrotem do formacji roponośnej.

Zanim wytworzona woda będzie mogła być ponownie wykorzystana do wytwarzania pary, podaje się ją uzdatnianiu. Wynika to stąd, że wytworzona woda często zawiera zawieszone substancje stałe, rozpuszczone substancje stałe i rozpuszczone gazy. Większość wytworzonej wody wykazuje twardość. Podstawową przyczyną twardości jest obecność jonów wielowartościowych, takich jak jony wapnia (Ca^{2+}) i magnezu (Mg^{2+}). Stężenia substancji powodujących twardość w wytworzonej wodzie mogą zmieniać się. Przy stosunkowo wysokich stężeniach twardość stwarza poważne problemy, ponieważ powoduje ona osadzanie kamienia kotłowego na urządzeniach procesowych, takich jak powierzchnie wymiany ciepła w wyparkach i powiązanych z nimi podgrzewaczach. Jak omówiono w tym opisie, sposób uzdatniania wytworzonej wody wiąże się ze stosowaniem generatorów pary, wyparek, a także innych urządzeń procesowych. Celem sposobu opisanego w niniejszym dokumencie jest uniknięcie

znaczącego osadzania kamienia kotłowego na urządzeniach procesowych, w szczególności powierzchniach rurek wymiany ciepła wyparek i podgrzewaczy. Jak zostanie bardziej szczegółowo omówione poniżej, gdy problemem jest twardość wytworzonej wody, pH wytworzonej wody zostaje podwyższone po stronie dopływu do wyparki. Powoduje to wytrącenie z wytworzonej wody związków nadających jej twardość, takich jak węglan wapnia i wodorotlenek magnezu.

W odniesieniu do Figury 1, przedstawiono na niej sposób wydobywania ropy naftowej, który jest wskazany ogólnie za pomocą oznaczenia liczbowego 10. Mieszaninę 20 ropa naftowa-woda wydobywa się z odwiertu wydobywczego 42 ropy naftowej i pompuje na powierzchnię. Mieszaninę ropa naftowa-woda kieruje się do separatora 22 ropy naftowej i wody. Określane jest to ogólnie jako główny proces separacji ropy naftowej i wody. Można wykorzystać różne tradycyjne układy do separacji ropy naftowej i wody. Można zastosować na przykład separatory grawitacyjne lub odśrodkowe do rozdzielania mieszaniny ropa naftowa-woda, w celu uzyskania produktu naftowego i oddzielonej wody. Produkt naftowy może zostać poddany dalszej obróbce i sprzedany. Oddzieloną wodę kieruje się do jednostki odolejania 24, w której zostaje usunięta dodatkowa ilość ropy naftowej. Można wykorzystać rozmaite urządzenia do odolejania, takie jak układ do flotacji rozpuszczonym powietrzem. W pewnych przypadkach do wody oddzielonej przez separator 22 ropy naftowej i wody dodaje się polimer do odolejania. Strumień wypływający lub odciek z jednostki odolejania 24 określany jest jako wytworzona woda. Jest to ta wytworzona woda, która jest uzdatniana i kondycjonowana przed ponownym wykorzystaniem do wytwarzania pary wodnej.

Wytworzoną wodę z jednostki odolejania 24 kieruje się do i przez podgrzewacz 26, w którym wytworzoną wodę ogrzewa się. Można wykorzystać różne rodzaje podgrzewaczy. W jednej z postaci wykonania, podgrzewacz 26 zawiera wymiennik ciepła, przez który przechodzi wytworzona woda. Można wykorzystać różne źródła ciepła służące do dostarczania ciepła do podgrzewacza 26. W jednej z postaci wykonania, strumień destylatu wytworzonego przez wyparkę po stronie odpływowej jest kierowany przez podgrzewacz 26 do ogrzewania przechodzącej przez niego wytworzonej wody.

Z podgrzewacza 26 wytworzoną wodę kieruje się do odpowietrzacza 28, w którym jest usuwany tlen, dwutlenek węgla i inne gazy niekondensujące, z wytworzonej wody przechodzącej przez odpowietrznik. Należy zwrócić uwagę na to, że podgrzewanie i odpowietrzanie wytworzonej wody jest opcjonalne.

Po stronie odpływu z odpowietrzacza 28 znajduje się jednostka zmiękczenia 30. Wytworzoną wodę z odpowietrzacza 28 kieruje się do jednostki zmiękczenia, która obejmuje zazwyczaj jeden lub większą liczbę zbiorników zawierających mieszalniki do mieszania jednego lub większej liczby odczynników zmiękczających z wytworzoną wodą w celu zmiękczenia wytworzonej wody. W jednej z postaci wykonania odczynnik zmiękczający stanowi środek kaustyczny, którym jest zwykle wodorotlenek sodu. W tej postaci wykonania pH wytworzonej wody zostaje podniesione do wartości od około 10 do około 11. W innych postaciach wykonania można zastosować inne odczynniki zmiękczające. Na przykład jednostka zmiękczenia 30 może wykorzystywać zmiękczenie wapnem lub sodą kalcynowaną. Jak zostanie ta omówione bardziej szczegółowo poniżej, proces zmiękczenia realizowany przez jednostkę zmiękczenia 30 został ulepszony zgodnie z wynalazkiem poprzez zwracanie części wytwarzanej przez wyparkę 34 zatężonej solanki, po stronie jej odpływu z wyparki 34 do jednostki zmiękczenia 30. Zatężona solanka ma stosunkowo wysokie pH i miesza się ją z wytworzoną wodą i odczynnikiem zmiękczającym w jednostce zmiękczenia 30 w celu zwiększenia pH wytworzonej wody. Dlatego też można zauważyć, że w jednej postaci wykonania zwiększenie pH wytworzonej wody w jednostce zmiękczenia 30 osiąga się przez zmieszanie zarówno odczynnika zmiękczającego, jak i części zatężonej solanki z wytworzoną wodą. Należy zauważyć, że gdy stosuje się odczynnik lub odczynniki zmiękczające, odczynnik lub odczynniki zmiękczające można wstrzykiwać w różnych punktach po stronie dopływu do wyparki 34. Jednakże w korzystnej postaci wykonania pożądane jest zmieszanie lub dodanie odczynnika lub odczynników zmiękczających do wytworzonej wody po stronie odpływowej odpowietrzacza 28.

Ogólnie rzecz biorąc, podniesienie pH wytworzonej wody do zakresu od około 10 do około 11 skutkuje obniżeniem granic rozpuszczalności związków nadających twardość, takich jak węglan wapnia i wodorotlenek magnezu. Powoduje to, że te związki nadające twardość wytrącają się z wytworzonej wody. Poprzez wytrącenie z wytworzonej wody związków powodujących twardość, unika się lub znacząco ogranicza spowodowane tą twardością osadzanie się kamienia kotłowego w urządzeniach po stronie odpływowej. W szczególności można postawić hipotezę, że dzięki wytrąceniu związków powo-

dujących twardość po stronie dopływu do urządzeń procesowych strącone związki powodujące twardość będą miały tendencję do przepływu przez urządzenia procesowe, takie jak rurki wymiany ciepła wyparki 34, bez znaczącego osadzania się kamienia kotłowego na ich powierzchniach.

Zasadnicze zwiększenie pH wytworzonej wody po stronie dopływu do wyparki 34 ma także inne zalety. Wytworzona woda zawiera zwykle znaczne stężenie krzemionki lub związków na bazie krzemionki. Nie należy do rzadkości występowanie krzemionki w wytworzonej wodzie w stężeniu około 200 mg/l (jako SiO_2). Zwiększenie pH wytworzonej wody do zakresu 10–11 stanowi odpowiedź na problem osadzania się kamienia z krzemionki oprócz osadzania kamienia kotłowego z substancji powodujących twardość. Dzięki dodaniu do wytworzonej wody odczynnika zmiękczającego, takiego jak środek kaustyczny, i podniesieniu pH wytworzonej wody, uzyskuje się w efekcie zwiększenie rozpuszczalności krzemionki. To znaczy, rozpuszczalność krzemionki znacząco wzrasta wraz ze wzrostem pH. W sposobie przedstawionym na Figurze 1, pH wytworzonej wody zostaje zwiększone wystarczająco, aby krzemionka lub związki na bazie krzemionki w wytworzonej wodzie pozostały w roztworze, gdy wytworzona woda przechodzi przez wyparkę 34. Należy zauważyć, że w praktyce może występować pewna ilość zawieszona krzemionki w zatężonej solance wytwarzanej przez wyparkę 34. Niemniej jednak, zgodnie z rozważanym tutaj sposobem, byłaby ona minimalna, gdyż większość, lub w niektórych przypadkach zasadniczo całość, krzemionki powinna pozostać w roztworze i ostatecznie uchodzić wraz z przedmuchi z wyparki.

Opcjonalnie, sposób 10 pokazany na Fig. 1 może obejmować jednostkę jonowymienną po stronie odpływowej z jednostki zmiękczania 30. W przypadku jego zastosowania, wytworzona woda z jednostki zmiękczania 30 jest kierowana do wymiany jonowej, takiej jak słabo kwaśna wymiana kationowa, która może być prowadzona na wiele sposobów. Na przykład, w przypadku pracy w trybie sodowym, jednostka jonowymienna ma za zadanie usuwanie twardości. W przypadku gdy jednostka jonowymienna pracuje w trybie wodorowym, jej działanie polega na jednoczesnym usuwaniu zarówno twardości, jak i zasadowości. W każdym przypadku, w sposobie opisanym na Fig. 1, jeżeli zachodzi potrzeba wykorzystania jednostki jonowymiennej po stronie odpływowej z jednostki zmiękczania 30, pełniłaby ona funkcję doczyszczania w tym sensie, że byłaby ona zaprojektowana do usuwania co najmniej części resztkowej twardości występującej po poddaniu wytworzonej wody zmiękczeniu w jednostce zmiękczania 30.

Po stronie odpływowej z jednostki zmiękczania 30 lub po stronie odpływowej z jednostki jonowymiennej, jeżeli jest ona wykorzystywana, znajduje się wyparka 34. W celu rozwiązania kwestii zdolności produkcyjnej, można zapewnić szereg wyparek. W każdym przypadku, wyparka 34 wytwarza parę wodną i zatężoną solankę. Para wodna skrapla się tworząc destylat 34A. Zatężoną solankę zbiera się w studzience 34C i poddaje recyrkulacji poprzez wyparkę 34 za pomocą pompy 34E, która pompuje zatężoną solankę przez linię recyrkulacji solanki 34D. Część zatężonej solanki kieruje się jako przedmuchi z wyparki linią 34B do jednostki 44 obróbki przedmuchu z wyparki.

Destylat z wyparki 34A jest zasadniczo czysty. W destylacie 34A może występować niewielka ilość rozpuszczonych substancji stałych, rzędu 10 mg/l lub mniej. W każdym przypadku destylat 34A kieruje się przez podgrzewacz 26 i doprowadza do generatora pary 36, w którym destylat zostaje przekształcony w parę wodną. Można wykorzystać różne rodzaje generatorów pary. Na przykład generator pary 36 może obejmować tradycyjny kocioł lub kocioł kompaktowy (ang. packaged boiler). Ponadto, generator pary 36 może stanowić przepływowy generator pary, w skrócie OTSG (ang. Once Through Steam Generator – OTSG), który wykorzystuje się wraz z separatorem pary i wody do rozdzielania pary wodnej od mieszaniny para-woda wytwarzanej przez OTSG. Generator pary wodnej 36 wytwarza strumień pary 38, który kieruje się z generatora 36 pary do odwiertu zasilającego 40. W zilustrowanej postaci wykonania odwiert zasilający 40 jest oddzielony od odwiertu wydobywczego 42 ropy naftowej, który faktycznie wytwarza mieszaninę 20 ropa naftowa-woda. W tradycyjnym sposobie, para wodna wstrzykiwana do odwiertu zasilającego 40 przemieszcza się poziomo do obszaru wokół odwiertu wydobywczego 42 ropy naftowej, gdy para wodna wchodzi w kontakt z ropą naftową w odwiercie wydobywczym ropy naftowej lub w formacji roponośnej, i skrapla się zmniejszając lepkość ropy naftowej i ogólnie nadając mobilność ropie naftowej, z wytworzeniem wskazanej powyżej mieszaniny 20 ropa naftowa-woda.

Wyparka 34 pokazana na Fig. 1 może być różnego typu. Na przykład wyparka 34 może stanowić pionową wyparkę ze spływającą warstwą cieczy, wyparkę z obiegiem wymuszonym, wyparkę poziomą lub wyparkę cienkowarstwową z wznoszącą się warstwą. W przypadku pionowej wyparki ze spływającą warstwą, zawiera ona układ pionowych rurek, studzienkę 34C do gromadzenia i przechowywania zatę-

zonej solanki, linię do recyrkulacji 34D prowadzącą od studzienki do górnej części wyparki do odprowadzania solanki do górnych końców pionowych rurek oraz pompę 34E umieszczoną w linii recyrkulacji solanki do pompowania solanki ze studzienki 34C do górnej części wyparki, w której solanka jest rozprowadzana do rurek. Kiedy solanka jest rozprowadzana do górnych końców rurek, tworzy ona cienką warstwę solanki, która opada wzdłuż wewnętrznych powierzchni rurek. Rurki są ogrzewane, co prowadzi do odparowania części solanki i utworzenia pary, i w procesie tym solanka zostaje zatężona i opada do studzienki 34C. W przykładzie tym, wyparka 34 stanowi wyparkę z mechaniczną rekompresją par, w skrócie MVR (z ang. Mechanical Vapor Recompression Evaporator – MVR). Wytworzona para jest odbierana przez sprężarkę 35 i sprężana, prowadząc do uzyskania pary wodnej, która jest kierowana na zewnętrzne części rurek, znów ogrzewając cienką warstwę solanki opadającą wzdłuż wewnętrznych powierzchni rurek. Para wodna skrapla się i wytwarza destylat 34A, który kieruje się do generatora 36 pary. Niewielka część zatężonej solanki jest tracona z przedmuchem z wyparki 34B.

W niektórych przypadkach strumień przedmuchu z parownika 34B nadaje się do usuwania poprzez wstrzykiwanie do głębokich otworów wiertniczych. W innych przypadkach, jak wskazano powyżej, przedmuch z wyparki 34B jest skierowany do jednostki 44 obróbki przedmuchu z wyparki. W tym przypadku, przedmuch z wyparki może być dodatkowo zatężony lub poddany procesowi krystalizacji w krystalizatorze, który może pozwolić na opcję zmniejszonego wypływu cieczy, a nawet zerowego wypływu cieczy, gdy za krystalizatorem zastosuje się suszarkę (taką jak na przykład suszarka z podwójnym bębniem). W innych przypadkach, przedmuch z wyparki można poddać procesowi strącania krzemionki, a następnie procesowi usuwania zawieszonych cząstek stałych, który usuwa z niego zawieszone cząstki stałe. Następnie, poddany obróbce strumień przedmuchu z wyparki może być usunięty poprzez wstrzyknięcie do głębokiego otworu wiertniczego.

Jak omówiono pokrótce powyżej, niniejszy wynalazek obejmuje ulepszenie zmiękczenia wytworzonej wody. To ulepszenie obejmuje skierowanie co najmniej części zatężonej solanki z wyparki 34 do jednostki zmiękczenia 30. Jak pokazano na Fig. 1, w jednej postaci wykonania wykorzystuje się pompę 48 w celu skierowania części zatężonej solanki linią 46 do jednostki zmiękczenia 30. W tym przypadku, solankę z wyparki 34 miesza się z wytworzoną wodą i odczynnikami lub odczynnikami zmiękczającymi, w celu zwiększenia pH wytworzonej wody i spowodowania wytrącenia z wytworzonej wody związków powodujących twardość. Zatężona solanka wytworzona przez wyparkę 34 ma stosunkowo wysokie pH spowodowane wstępną obróbką wytworzonej wody (na przykład dodatkiem środka kaustycznego), która odbywa się po stronie dopływu do wyparki 34. W związku z tym odczynnik lub odczynniki zmiękczające i zatężona solanka łączą się, podwyższając pH wytworzonej wody, które w jednej postaci wykonania zostaje podniesione do wartości od około 10 do około 11. Zastosowanie co najmniej części zatężonej solanki w jednostce zmiękczenia 30 powoduje ulepszenie całkowitego procesu zmiękczenia. Ponadto, zmieszanie zatężonej solanki z wytworzoną wodą w jednostce zmiękczenia 30 zmniejsza ilość odczynników zmiękczających potrzebnych do podniesienia pH do pożądanego poziomu. To zmniejszenie jest szczególnie korzystne, gdy odczynnik zmiękczający stanowi środek kaustyczny, ponieważ zmiękczenie środkiem kaustycznym jest zwykle droższe niż w przypadku niektórych innych procesów zmiękczenia, takich jak zmiękczenie za pomocą wapna czy sodu kalcynowanego.

Ilość zawracanej zatężonej solanki będzie różnić się w zależności od przepływu wytworzonej wody do jednostki zmiękczenia 30. W jednej z postaci wykonania, zatężona solanka kierowana do jednostki zmiękczenia 30 stanowi w przybliżeniu od 1% do około 5% objętościowych wytworzonej wody kierowanej do jednostki zmiękczenia 30. Kontrolę pH w jednostce zmiękczenia 30 można osiągnąć na różne sposoby, jak zauważą osoby biegłe w dziedzinie wynalazku. Na przykład, w przypadku środka kaustycznego można kontrolować dodatek środka kaustycznego i przepływ zatężonej solanki, lub zmieniać ich proporcje dodawania do przepływu zasilającego jednostkę zmiękczenia 30, z drobnymi poprawkami wprowadzanymi do ilości dodawanego środka kaustycznego i/lub ilości zatężonej solanki zasilającej jednostkę zmiękczenia 30.

Istnieje wiele zalet procesu opisanego powyżej. Po pierwsze, zawracanie zatężonej solanki przyczynia się do zwiększania pH wytworzonej wody w jednostce zmiękczenia 30. Oznacza to, że wymagana jest wtedy mniejsza ilość odczynnika zmiękczającego, co jest szczególnie istotne przy zmiękczeniu środkiem kaustycznym. Ponadto, zawracanie zatężonej solanki do jednostki zmiękczenia 30 może przyspieszyć proces zmiękczenia, zmniejszając rozmiary, a co za tym idzie koszt zbiornika lub zbiorników do zmiękczenia.

Niniejszy wynalazek można oczywiście zrealizować na inne sposoby niż te wyspecyfikowane w niniejszym dokumencie, nie odbiegając od istotnych cech charakterystycznych dla wynalazku. Opisane postaci wykonania należy uważać pod każdym względem za poglądowe, a nie ograniczające wynalazek, a wszelkie zmiany w zakresie znaczenia i równoważności dołączonych zastrzeżeń mają w zamierzeniu być nim objęte.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wydobywania ropy naftowej z formacji roponośnej, obejmujący:
 - a. wydobywanie mieszaniny ropy naftowa-woda z formacji roponośnej (42);
 - b. oddzielenie ropy naftowej od mieszaniny ropy naftowa-woda, z uzyskaniem ropy naftowej i wytworzonej wody zawierającej związki powodujące twardość;
 - c. skierowanie wytworzonej wody do jednostki zmiękczenia (30);
 - d. skierowanie wytworzonej wody z jednostki zmiękczenia (30) do wyparki (34) zawierającej rurki wymiany ciepła i odparowanie przynajmniej części wytworzonej wody, z uzyskaniem zatężonej solanki i pary wodnej;
 - e. skroplenie pary wodnej z utworzeniem destylatu;
 - f. skierowanie destylatu do generatora (36) pary wodnej i ogrzanie destylatu w generatorze pary z wytworzeniem pary wodnej;
 - g. wstrzyknięcie wytworzonej przez generator pary wodnej do odwiertu zasilającego (40);**znamienny tym, że**
 - h. co najmniej część zatężonej solanki uzyskanej w etapie d. oraz środek zmiękczający kieruje się do jednostki zmiękczenia (30) usytuowanej przed wyparką (34), i miesza się z zatężoną solanką i środkiem zmiękczającym z wytworzoną wodą w jednostce zmiękczenia (30), przy czym zmieszanie środka zmiękczającego i zatężonej solanki w jednostce zmiękczenia (30) przed wyparką (34) zwiększa pH wytworzonej wody i powoduje wytrącenie się z wytworzonej wody związków powodujących twardość;
 - i. przepuszcza się wytrącone związki powodujące twardość przez rurki wymiany ciepła wyparki (34), bez znaczącego osadzania się kamienia kotłowego na rurkach wymiany ciepła.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że środkiem zmiękczającym stosowanym w etapie h. jest środek kaustyczny.
3. Sposób według zastrz. 2, **znamienny tym**, że środkiem kaustycznym jest wodorotlenek sodu,
4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że przepływ zatężonej solanki do jednostki zmiękczenia (30) stanowi w przybliżeniu od 1% do około 5% przepływu wytworzonej wody do jednostki zmiękczenia (30).

Rysunek

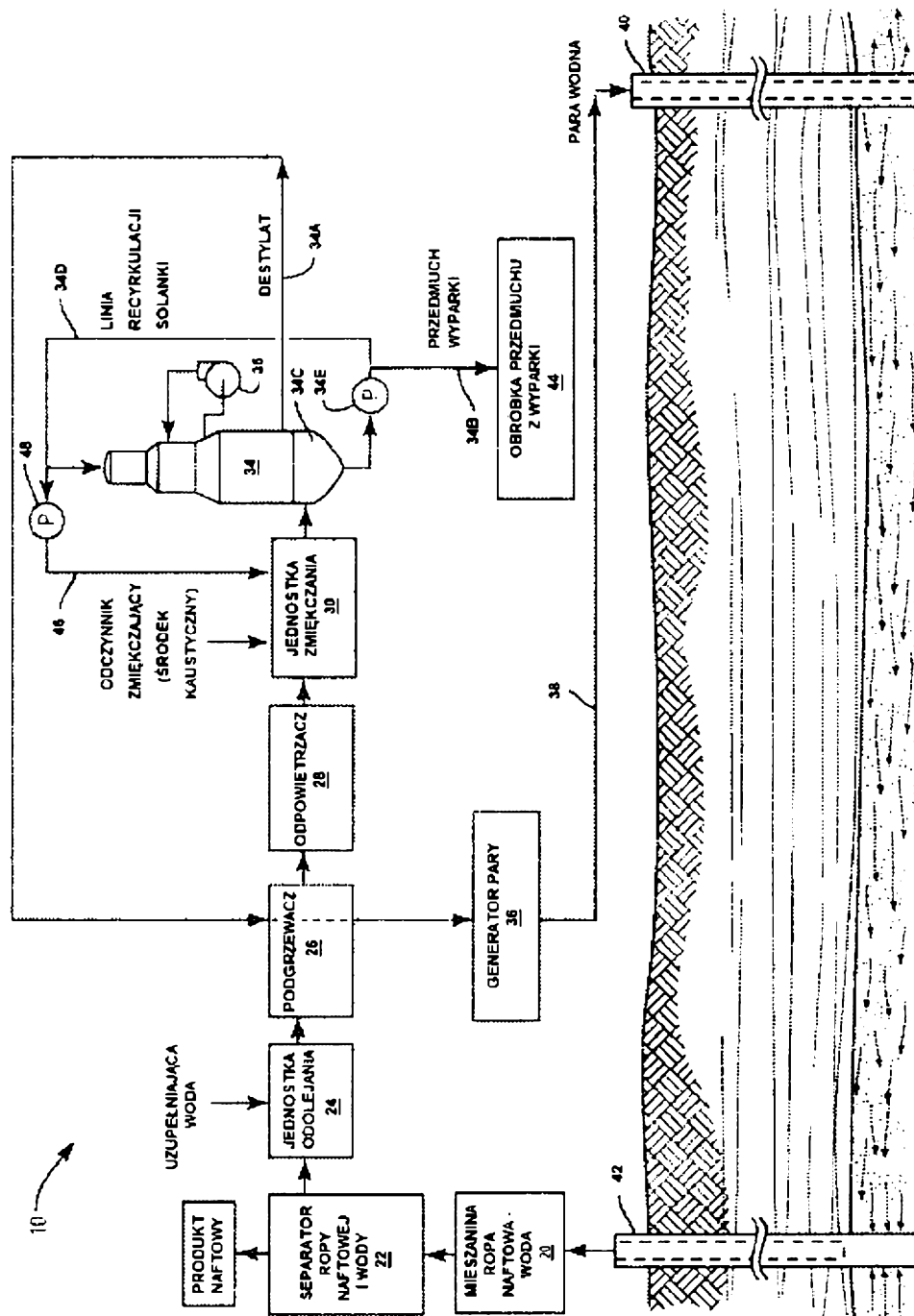


FIG. 1