

long 43/00



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 46310

12 m, 43/0

Kl. ~~12 m, 10~~

Kl. internat. C 01 g

Commissariat à l'Énergie Atomique

Paryż, Francja

Sposób wylugowywania rud uranonośnych

Patent trwa od dnia 4 listopada 1959 r.

Pierwszeństwo: 29 czerwca 1959 r. (Francja)

Przedmiotem wynalazku jest sposób wylugowywania rud uranonośnych za pomocą rozcieńczonych roztworów węglanu i (lub) dwuwęglanu alkalicznego.

Znane sposoby wylugowywania uranu z rud przy zastosowaniu roztworów zarówno alkalicznych jak i kwaśnych polegały na traktowaniu nimi rozdrobnionej rudy w czasie stosunkowo krótkim w obecności czynników utleniających np. powietrza, ewentualnie w podwyższonej temperaturze i pod ciśnieniem. Dla łupków francuskich jedynie wylugowywanie alkaliczne jest ekonomiczne.

Przy wylugowywaniu uranu sposobem okresowym stosunek masy odczynnika do masy ługowanej rudy jest na ogół dość wysoki; przy wylugowywaniu sposobem ciągłym i przy stosunkowo krótkim w czasie stykania się odczynnika z rudą oraz gdy odczynnik tylko przechodzi przez masę rudy, rozchód odczynnika jest stosunkowo duży, przy czym ługowanie rudy można

prowadzić przez moczenie jej w odczynniku albo też przez przepływ tego odczynnika przez masę rudy. Przy krótkich czasach ługowania jest jak wspomniano rzeczą konieczną bardzo drobno pokruszyć łupki, a poza tym stosować operacje rozdzielania ciał stałych od cieczy dla otrzymania wolnych od osadów, roztworów, zawierających uran, jak również przewidzieć miejsce dla składania osadów już wylugowanych. Z drugiej strony ze względów na rentowność inwestycji ekonomicznym jest obrabianie tylko takich łupków, w których zawartość uranu jest rzędu co najmniej 1000 części na milion (1000 mg na 1 kg), ponieważ wydajność ekstrakcji w najlepszych warunkach rzadko przekracza 80% nawet przy użyciu bardzo stężonych roztworów Na_2CO_3 .

Okazało się, że dobierając warunki zetknięcia rudy z cieczą, można osiągnąć dość wysokie wydajności ekstrakcji w porównaniu z tymi, które otrzymywano znanymi sposobami ługowa-

nia kwaśnego lub alkalicznego oraz, że można otrzymać roztwór uranonośny dostatecznie bogaty i dostatecznie czysty dla ekonomicznego przeprowadzenia ekstrakcji uranu nawet z rud ubogich.

Wydaźności te osiąga się przez przedłużenie czasu kontaktu rudy z odczynnikami przeciekającym przez rudę w wyniku czego otrzymuje się roztwór uranonośny dostatecznie bogaty w uran.

Stwierdzono, że przy zastosowaniu wodnego roztworu węglanu i (lub) dwuwęglanu alkalicznego jako roztworu ługującego w obecności powietrza jako czynnika utleniającego można w warunkach normalnych niemal całkowicie wyługować uran nawet z ubogich i tylko z grubsza pokruszonych rud uranonośnych o zawartości uranu poniżej 100 mg/kg, jeżeli rudę umieści się w dowolnym zbiorniku posiadającym odpływ i zrosi się ją wodnym roztworem węglanu i (lub) dwuwęglanu alkalicznego o stężeniu 1–10 g/l w czasie od jednego miesiąca do kilku lat tak, ażeby szybkość przepływu roztworu ługującego przez stos rudy o wysokości kilku decymetrów do kilkudziesięciu metrów wynosiła od 0,5 do 5 litrów na godzinę i na 1 m² powierzchni rudy. Po odzyskaniu uranu np. na wymiennicach jonowych, roztwór ługujący można oczywiście zawrócić do obiegu. W celu zwiększenia wentylacji naturalnej w stosie wewnątrz masy rudy można zastosować przewody z ceramicznego materiału porowatego.

Przy takim zmodyfikowaniu kontaktu roztworu ługującego z masą rudy, nawet duże jej kawałki zostają dostatecznie nasycone roztworem, a długi czas ługowania pozwala na osiągnięcie niemal całkowitego rozpuszczenia uranu, zawartego w całej masie rudy.

Sposób według wynalazku, pozwala zatem na podwyższenie wydajności ekstrakcji oraz na otrzymanie roztworu uranonośnego o zawartości uranu wystarczającej do dalszej obróbki chemicznej. Najkorzystniej jest, jeżeli ługowaniu poddaje się rudę rozdrobnioną tak, ażeby zawartość w niej cząstek drobnych np. mniejszych niż 1 mm była bardzo mała w celu przeciwdziałaniu unoszenia drobnych cząstek i zamulania pustych przestrzeni między cząstkami grubszymi, co przeszkadzałoby kontaktowaniu się odczynnika z całą masą rudy.

W zasadzie unika się ziarn o wymiarach większych niż 1 cm, to jednak dopuszczalna jest pewna zawartość ziarn znacznie większych np. o wymiarach do 25 mm. W przypadku ługowania

łupków uranonośnych, działanie roztworu ługującego może osiągnąć samego środka takich ziarn, jeżeli czas trwania tego działania będzie dostatecznie długi, np. wynoszący kilka miesięcy.

W sposobie według wynalazku nie występuje niekorzystny proces unoszenia drobnych cząstek rudy, powodujący namulanie i gromadzenie się osadów w roztworze uranonośnym. Nie jest zatem konieczne stosowanie operacji i urządzeń do oddzielania drobnych cząstek po rozdrobnieniu rudy. Czas stykania się roztworu z rudą jest dostatecznie długi dla dobrego rozpuszczenia uranu i uzyskania wystarczającej zawartości uranu w roztworze uranonośnym.

Ponadto sposób według wynalazku umożliwia prowadzenie procesu ługowania rud bezpośrednio na hałdach i nie wymaga stosowania klasycznych urządzeń do rozdrobnienia rudy, ługowania, urządzeń do rozdzielania roztworu od rudy wyługowanej, filtrów klarujących oraz umożliwia zmniejszenie objętości wymienniczy jonowych ze względu na stosunkowo małe ilości stosowanego roztworu ługującego.

Aeracja masy rudy może być aeracją naturalną lub też kiedy warstwa rudy jest wyższa, zwiększa się aerację masy rudy przez umieszczenie w masie rudy kominków z porowatej ceramiki.

Sposobem według wynalazku otrzymuje się roztwory uranonośne o rozmaitej zawartości uranu, począwszy od kilku miligramów na litr aż do kilkuset miligramów na litr. Zawartości te zmieniają się zależnie od zawartości uranu w rudzie, możliwości atakowania rudy (działania na rudę) i grubości warstwy rudy, przez którą przechodzi roztwór atakujący.

W odniesieniu do metod klasycznego wyługowywania alkalicznego, uran jest ekstrahowany bardziej selektywnie i alkaliczny roztwór uranonośny otrzymany przez powolne wyługowywanie jest bardziej czysty do tego stopnia, że klasyczna obróbka na wymienniczu jonowym pozwala otrzymać alkaliczny roztwór odpływający, który nadaje się do ponownego puszczania do obiegu dla obróbki rudy.

Zdarza się, że w ciągu pewnego czasu np. kilkudziesięciu godzin proces rozpuszczania uranu w niektórych rudach nie odbywa się, potem jednak uran rozpuszcza się coraz prędzej i po upływie pewnego czasu ustala się średnią prędkość rozpuszczania.

Dla innych rud można uzyskać dobrą rozpuszczalność uranu od samego początku przejścia odczynnika, który po przejściu przez masę rudy

posiada zawartość uranu wyraźnie stałą w ciągu np. 100 godzin, a następnie zawartość ta zmniejsza się.

Należy uwzględnić zaraz na początku przechodzenia odczynnika przez rudę, że rozchód roztworu ługującego jest zwykle większy, niż ilość roztworu otrzymanego po przejściu przez warstwę rudy, ponieważ pewna ilość roztworu zostaje zatrzymywana przez masę rudy. (Na przykład 250 kg rozdrobnionej rudy, zawierającej początkowo kilka procent wilgoci jest w stanie zatrzymać 40 litrów z pierwszych 100 litrów rozpylonego roztworu).

Ekstrakcja uranu sposobem według wynalazku ma bardzo szeroki zakres możliwości. Można ją stosować nawet do takich rud, przy których rozpuszczanie uranu jest utrudnione metodami wylugowywania o krótkim lub średnim czasie trwania za pomocą odczynników o średnim stężeniu.

Sposób według wynalazku może być stosowany w okolicach trudno dostępnych, gdzie transport stanowi poważny problem.

Ponieważ stosuje się rozdrabnianie rudy tylko zgrubne oraz możliwe jest wyeliminowanie urządzeń do wylugowywania i oczyszczania, przeto zużycie energii jest bardzo małe w porównaniu z zużyciem energii w dotychczasowych fabrykach konwencjonalnych. Wystarcza tu energia przeznaczona do eksploatacji kopalń oraz małej stacji pomp z jej przybudówkami. Koszty inwestycyjne będą w związku z tym bardzo zredukowane.

Urządzenie do ekstrakcji uranu sposobem według wynalazku jest w swoich rozmiarach zredukowane, może ono być wykonane w takiej postaci, która umożliwia jego demontowanie i przewożenie z miejsca na miejsce.

W końcu kampanii demontuje się i usuwa urządzenie do ekstrakcji i neutralizuje się hałdę osadów wylugowanych dla uniknięcia zakażenia okolicy.

Poniżej podano przykłady i możliwości stosowania sposobu według wynalazku oraz omówiono wyniki ługowania rud uranonośnych o różnej zawartości uranu, zwłaszcza rud ubogich, oraz omówiono przykładowo urządzenia do stosowania sposobu według wynalazku przedstawione na rysunkach.

Fig. 1 przedstawia urządzenie przystosowane do ługowania rudy bezpośrednio na hałdzie obok kopalni w postaci pokładu o wadze 500 000 ton, fig. 2 — kolumnę, pozwalającą wykonać proces w skali laboratoryjnej, w której obrabiano łup-

pek zawierający 2015 części na milion uranu, łupek zawierający 320 części na milion uranu i rudę niełupkową zawierającą 1100 części na milion, fig. 3 — wieżę, pozwalającą obrabiać w skali półprzemysłowej według wynalazku łupki zawierające 1200 części na milion uranu, a fig. 4 — urządzenie umożliwiające utrzymanie stałego stężenia roztworu niezależnie od opadów deszczu na hałdę rudy uranonośnej podczas wylugowywania. Na powyższych rysunkach zostały przedstawione tylko elementy niezbędne do zrozumienia wynalazku.

Na fig. 1 przedstawiono kopalnię 8, budynek rozdrabniania 9, zapas odczynnika 10, hałdę 11 oraz stanowisko obróbki roztworu uranonośnego 12.

Odczynnik rozcieńcza się w kadzi 13 wodą dopływającą z dopływu 14. Roztwór ługujący podaje się za pomocą pompy 15 do zbiornika 16, skąd rozpyla się go na hałdę za pomocą przewodu rozprzodkującego 17. Podłoże hałdy jest pochylone. Można jako podłoże wykorzystać np. małą dolinkę stawiając zapórę 18 tworzącą z podłożem oddzieloną przestrzeń.

Jeżeli grunt jest przepuszczalny należy przed formowaniem hałdy uczynić go nieprzepuszczalnym np. stosując odpowiednie znane zastrzyki do gleby. Na grunt kładzie się układ drenażowy 19 wykonany z rur ceramicznych w celu zapewnienia dobrego rozdziału cieczy. Kominki z ceramiki porowatej 20 zapewniają wentylację całej masy hałdy. U podstawy zapory 18 kolektor 21 zbiera uranonośny roztwór spływający z drenów niepokazanych na rysunku i doprowadza go do kadzi 22. Roztwór przesyła się za pomocą pompy 23 do urządzeń jego obróbki 12, gdzie oddziela się od niego uran, a następnie w miejscu 24 za pomocą pompy 26 zawraca się do obiegu.

W laboratorium i w skali półprzemysłowej można pracować z różnymi naczyniami; dla przykładu nie ograniczającego zakresu wynalazku można wykorzystać kolumny cylindryczne pionowe ze szkła o wysokości od kilku decymetrów do 1—2 metrów oraz wieże metalowe sięgające nieraz wysokości kilkudziesięciu metrów.

Fig. 2 przedstawia szklaną kolumnę cylindryczną 27 o wysokości 60 cm i średnicy 14 cm. W punkcie 28 doprowadza się wodny roztwór węglanu sodowego o stężeniu 5 g/l, który kroplami spływa przez naczynia 29 na warstwę dyfuzyjną 30, a następnie przez masę rudy 31 spoczywającą na kracie 32 i po przejściu przez kolumnę spływa do odbieralnika 33. Roztwór

zbiera się frakcjami po 5 l, oznacza się zawartość w nim uranu, a następnie przepuszcza się go przez kolumny wypełnione wymiennicami jonowymi typu mocnej zasady. Roztwór pozbawiony uranu doprowadza się ponownie do stężenia Na_2CO_3 równej 5 g/l i zawraca do obiegu.

W kolumnie tej poddano wyługowaniu trzy następujące rudy: Ruda I — łupek z Saint-Hippolyte o zawartości uranu 2015 mg/kg rudy w ilości 10681 g, o uziarnieniu poniżej 6 mm, przy czym połowa ziaren o wielkości 3–6 mm. Roztwór ługujący przepuszczano z szybkością 2 1/24 godziny.

Otrzymane wyniki przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Dzień ruchu (pracy)	Zawartość uranu w cieczy (w miligramach/litr.)	Objętość cieczy (w litrach)	Wydajność łączna
1	2	3	4
1	238	4	
2	364	5	13,3%
4	376	5	
10	280	5	28,6%
13	173	5	
14	56	5	
16	46	5	35,4%
19	49	5	
21	35	5	
22	27	5	
25	38	5	39,0%
28	62	5	
32	65	5	
35	38	5	
36	105	5	45,3%
42	51	5	
46	67,5	5	
49	61,5	5	
50	25,0	5	50,0%
51	24,0	5	
53	22,0	5	
55	30,0	5	
56	25,5	5	
58	37	5	53,2%
61	20	5	
63	68,5	5	
65	19,2	5	
69	38,5	5	
74	33	5	
85	91,5	5	
112	57	5	65,85%
126	160,0	5	

Sumaryczny rozchód Na_2CO_3 wynosi 5 kg na tonę rudy, a roztwór otrzymany z przemycia wymienniczy jonowych osiągnął zawartość uranu około 15 g/l. Stwierdzono przy tym, że małe stężenie Na_2CO_3 ułatwia osadzenie uranu na jonitach.

Ruda II — łupek z Saint-Hippolyte o zawartości uranu 320 mg/kg rudy. Wymiary kolumny zmodyfikowane (wysokość 65 cm, średnica 4,5 cm). Wsad rudy wynosił 1 kg, a jej uziarnienie, szybkość przepływu roztworu ługującego i rozchód tego roztworu, tak jak w przypadku rudy I.

Zanotowano wyniki, które ilustruje tabela 2.

Tabela 2

Dzień ruchu (pracy)	Zawartość uranu w cieczy (w miligramach/litr.)	Objętość cieczy (w litrach)	Wydajność łączna
1	8	2	5%
3	5,4	2	8,4%
4	3,5	2	10,6%
5	1,2	2	11,3%
6	2,4	2	12,8%
9	2,0	2	14,0%
13	4,5	2	16,9%
17	2,4	2	18,5%
18	2,0	5	21,8%
31	5,0	5	29,0%

Roztwór z przemycia wymienniczy jonowych zawierał uran w ilości 8–10 g/l.

Ruda III — ruda niełupkowa, pochodząca z Saint-Symphorien de Ruauux, zawierająca kalcyt. 10 kg tej potłuczonej rudy traktuje się jak poprzednio rozcieńczonym roztworem alkalicznym, zawierającym 5 g Na_2CO_3 w litrze. Wymiary kolumny 27 zostały nieco zmienione (wysokość 80 cm, średnica 100 mm). Szybkość przepływu roztworu ługującego 11/24 godziny.

Uzyskane wyniki podaje tabela 3.

Tabela 3

Dzień ruchu (pracy)	Zawartość uranu w cieczy (w miligramach/litr.)	Objętość cieczy (w litrach)	Wydajność łączna	Wartość pH roztworu zawierającego uran
1	554	5	26,6%	8,39
7	240	5	37,1%	10,22
10	126	5	42,3%	10,35
14	152	5	48,4%	10,10
20	180	5	56,0%	10,25

Na fig. 3 przedstawiono wieżę o przekroju kwadratowym 27 (powierzchnia przekroju 1,66 m²) i 9 m wysokości; wieża ta zawiera wsad 31 o ciężarze 22 ton łupków zawierających 1200 części na milion (1200 mg na 1 kg) uranu zgrubszą potłuczonego, spoczywający na kracie 32 (zgodnie z fig. 1). Za pomocą przewodu 29 rozpyla się roztwór zawierający 5 g Na₂CO₃ na litr z szybkością 4 litrów na godzinę na warstwę dyfuzyjną 30. Zawartość wilgoci w rudzie w czasie pracy wynosi 8%.

Wydajność ogólna po upływie 38 dni wynosi 2,5%; zawartość uranu w płynie odciągniętym pod koniec 38 dnia jest rzędu 300—350 mg/litr.

Płyn uranonośny zbiera się w zbiorniku 33, za pomocą pompy 34 i doprowadza do dwóch kolumn 35 i 36 wypełnionych wymiennicami jonowymi anionowymi (żywicy organiczne typu mocnej zasady); płyn pozbawiony uranu jest podawany pompą 37 do ponownego obiegu i obróbki rudy po doprowadzeniu zawartości Na₂CO₃ do 5 g/litr; trzecia kolumna 38 służy do wymywania żywicy wymiennicza jonowego.

W przypadku prowadzenia procesu ługowania na terenie otwartym istnieje obawa, że ewentualne opady atmosferyczne mogą wpłynąć na zmianę stężenia cieczy ługującej pozostającej w kontakcie z rudą, a zatem na bieg procesu ługowania. W celu zapobieżenia tym zakłóceniom można w myśl wynalazku zastosować automatyczną regulację dopływu wody potrzebnej do przygotowania roztworu ługującego w zależności od ilości wody deszczowej. W tym celu stosuje się urządzenie działające na zasadzie przekazywania zmian natężenia prądu o stałym napięciu płynącego przez roztwór o danym stężeniu początkowym znajdujący się w naczyniu, w którym zbiera się całą wodę deszczową padającą do tego naczynia, na sterowany elektrycznie zawór regulujący ilość wody doprowadzanej do przygotowania cieczy ługującej.

Fig. 4 przedstawia przykładowo urządzenie pozwalające na regulowanie rozchodu wody uzupełniającej 39 dla rozpuszczenia węglanu w kadzi 40 w zależności od ilości wody deszczowej 41 spadającej bezpośrednio na hałdę rudy łupkowej 31.

Woda deszczowa 41 spływa przez lejek 43 do rury 42. Rura 42 jest stale i jednakowo zasilana poprzez przewód 44 O₂ roztworem NaCl. Stężenie roztworu NaCl przy wyjściu 45 jest więc wyłącznie zależne od ilości spływającej wody deszczowej. Ewentualne zmiany stężenia powodują zmiany przewodnictwa elektrycznego tego

roztworu, które za pośrednictwem przekaznika 46 oddziałują na sterowany elektrycznie zawór 47 regulujący dopływ wody 39 do kadzi 40.

Urządzenie to może być zbudowane w sposób różnicowy tak, że układ sond 48 i 49 pozwala mierzyć odchylenia między zmienną opornością roztworu wypływającego z rury 42, a stałą opornością odniesienia O₂ roztworu NaCl zawartego w komorze 50.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wylugowywania rud uranonośnych rozcieńczonych roztworem wodnym węglanu i (lub) dwuwęglanu alkalicznego w obecności powietrza, jako czynnika utleniającego, znamienne tym, że zgrubszą pokruszoną i rozdrobioną rudę, umieszczoną w dowolnym zbiorniku posiadającym odpływ, zrasza się wodnym roztworem węglanu i (lub) dwuwęglanu alkalicznego o stężeniu 1—10 g/l, w temperaturze otoczenia w czasie od jednego miesiąca do kilku lat tak, ażeby szybkość przepływu cieczy ługującej przez stos rudy o wysokości kilku decymetrów do kilkudziesięciu metrów wynosiła od 0,5 do 5 litrów na godzinę i 1 m² powierzchni.
2. Sposób według zastrz. 1, znamienne tym, że w celu zwiększenia skuteczności wentylacji naturalnej w stosie wewnątrz masy rudy umieszcza się przewody z ceramicznego materiału porowatego.
3. Sposób według zastrz. 1—2, znamienne tym, że alkaliczny roztwór ługujący po odzyskaniu z niego uranu, zawraca się do obiegu.
4. Sposób według zastrz. 1—3, znamienne tym, że w celu zapobieżenia zmianom stężenia cieczy ługującej, powodowanym ewentualnie przez wodę deszczową padającą na powierzchnię rudy, stosuje się automatyczną regulację dopływu wody potrzebnej do przygotowania cieczy ługującej, w zależności od ilości wody deszczowej, za pomocą urządzenia działającego na zasadzie przekazywania zmian natężenia prądu o stałym napięciu płynącego przez roztwór o danym stężeniu początkowym, znajdujący się w naczyniu, w którym zbiera się całą wodę deszczową padającą do tego naczynia, na sterowany elektrycznie zawór regulujący ilość wody doprowadzanej do przygotowania cieczy ługującej.

Commissariat à l'Energie Atomique

Zastępca: mgr inż. Adolf Towpik
rzecznik patentowy

Fig. 1

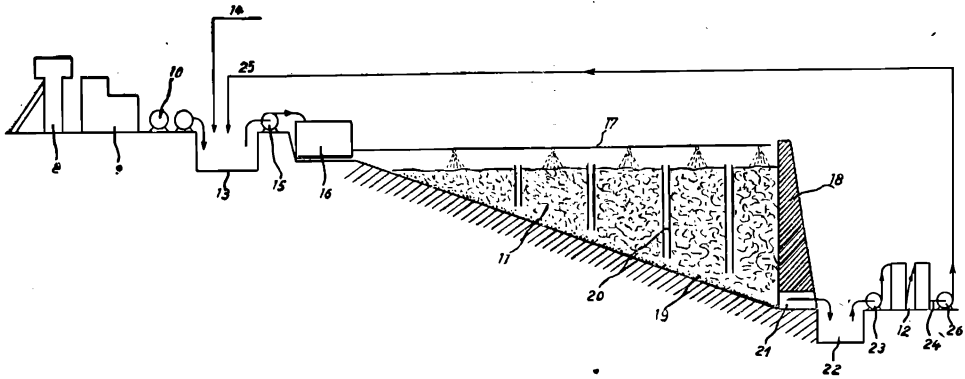


Fig. 2

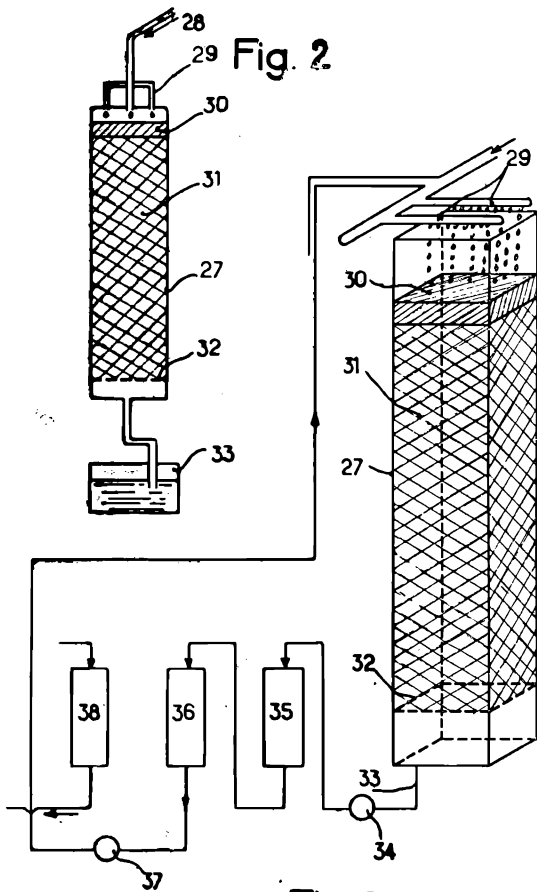


Fig. 3

Fig. 4

