(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication: **0 131 499**
A1

(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **84401286.4**

(22) Date de dépôt: **21.06.84**

(51) Int. Cl.⁴: **E 21 B 43/243**
E 21 B 36/00, C 10 J 5/00

(30) Priorité: **30.06.83 FR 8310829**

(43) Date de publication de la demande:
16.01.85 Bulletin 85/3

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

(71) Demandeur: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE**
75, Quai d'Orsay
F-75321 Paris Cedex 07(FR)

(72) Inventeur: **Lefranc, Gérard**
92, rue de la Paroisse
F-78000 Versailles(FR)

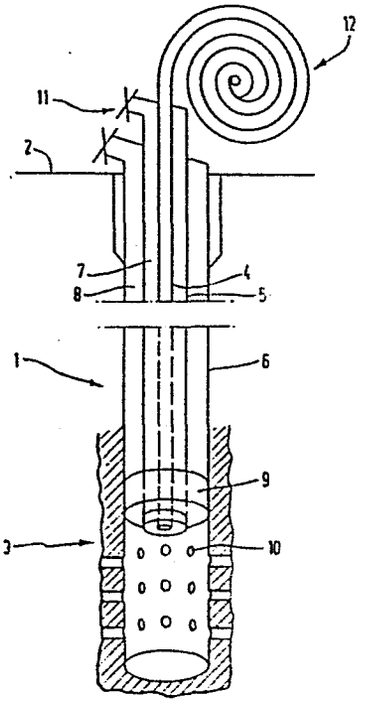
(74) Mandataire: **Leclercq, Maurice et al,**
L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE
75, Quai d'Orsay
F-75321 Paris Cedex 07(FR)

(54) Procédé d'oxydation de couches sédimentaires souterraines contenant des matières hydrocarbonées.

(57) L'invention concerne l'oxydation de couches sédimentaires souterraines contenant des matières hydrocarbonées.

Le procédé consiste à injecter un gaz contenant de l'oxygène dans le tube central (4) d'un puits (1) débouchant dans la couche souterraine (3) et de l'eau dans l'espace annulaire (7) défini par un tube (5) concentrique au tube central (4) et ledit tube central (4). On contrôle la réaction en remplaçant, si nécessaire, l'eau injectée dans ledit espace annulaire (7) par un fluide de sécurité.

Application à la gazéification du charbon et à la récupération assistée du pétrole.



EP 0 131 499 A1

0131499

"PROCEDE D'OXYDATION DE COUCHES SEDIMENTAIRES SOUTERRAINES CONTENANT DES MATIERES HYDROCARBONEES.

La présente invention concerne l'oxydation de couches sédimentaires souterraines contenant des matières hydrocarbonées.

Il existe différentes méthodes pour oxyder les couches sédimentaires souterraines contenant des matières hydrocarbonées parmi lesquelles les méthodes dites "thermiques" qui consistent à oxyder les couches souterraines à l'aide d'un gaz oxydant, d'air, d'air enrichi en oxygène ou d'oxygène pur. Selon ces méthodes, l'oxydation des couches hydrocarbonées est :

- soit partielle (gazéification du charbon) faisant intervenir des réactions du type : $C + H_2O \longrightarrow CO + H_2$

$$2C + O_2 \longrightarrow 2CO$$

$$CO + 3H_2 \longrightarrow CH_4 + H_2O$$

- soit totale (récupération assistée du pétrole par combustion in situ).

La plupart des installations de mise en oeuvre des méthodes utilisées actuellement comportent un puits d'injection débouchant dans la couche souterraine hydrocarbonée et au moins un puits de production situé à une certaine distance du puits d'injection. Le puits d'injection comprend un tube central dit "tubing" dans lequel on injecte le gaz contenant de l'oxygène et un tube concentrique audit tubing dans lequel on injecte, par exemple, de l'eau dite eau de réaction. Ceci entraîne soit une modification de la viscosité des matières hydrocarbonées contenues dans la couche souterraine (cas du pétrole), soit leur oxydation partielle (cas du charbon), ce qui, dans les deux cas, favorise l'écoulement desdites matières hydrocarbonées vers le ou les puits de production.

L'un des problèmes essentiels rencontrés dans ces méthodes d'oxydation des couches souterraines de matières hydrocarbonées provient du fait que les pressions d'injection du gaz oxydant et de l'eau dans le puits d'injection sont le plus souvent très élevées du fait, soit de la valeur de la pression hydrostatique de fond, soit de la volonté de travailler à haute pression. Ainsi, les pressions d'injection des produits peuvent atteindre des valeurs telles que les cinétiques d'oxydation sont accélérées au point de pouvoir rendre les réactions explosives. C'est pourquoi, dans un but de sécurité, on cherche à limiter le plus possible ces risques d'explosion lors de la mise en oeuvre de ces procédés.

Parmi les procédés d'oxydation de couches souterraines selon lesquels on cherche à limiter les risques d'explosion, on peut citer le procédé décrit dans le brevet européen n° 82.400.150.7 selon lequel le tube central d'injection du gaz oxydant comporte à son extrémité inférieure un ajutage dont les dimensions sont calculées de façon à ce que la vitesse d'arrivée dudit gaz oxydant soit telle que, s'il se produit une explosion au fond du puits d'injection, il n'y ait pas retour de flamme. On peut également citer le procédé décrit dans la demande de brevet européen n° 82.401.680.2 qui consiste à injecter de l'oxygène dans un conduit séparé et éloigné d'une certaine distance du conduit d'injection d'air ou d'eau.

L'invention a pour objet un procédé d'oxydation de couches souterraines hydrocarbonées qui permet également de résoudre ce problème de sécurité et présente l'avantage d'être d'une mise en oeuvre simple.

Le procédé d'oxydation de couches sédimentaires souterraines contenant des matières hydrocarbonées conforme à l'invention consiste à injecter un gaz contenant de l'oxygène dans au moins un puits d'injection partant de la surface et débouchant dans ladite couche souterraine de façon à provoquer l'oxydation partielle ou totale desdites matières hydrocarbonées et l'écoulement desdites matières hydrocarbonées à l'état de fluides vers au moins un puits de production situé à distance dudit puits d'injection et débouchant également dans ladite couche souterraine, ledit puits d'injection étant constitué d'un premier tube central dans lequel on injecte un gaz contenant de l'oxygène, d'un deuxième tube concentrique au premier définissant un premier espace annulaire dans lequel on injecte de l'eau de réaction, et d'un cuvelage concentrique audit deuxième tube définissant un deuxième espace annulaire et s'étendant plus en profondeur dans la couche souterraine que lesdits premier et deuxième tubes, lesdits premier et deuxième tubes débouchant dans la partie inférieure dudit cuvelage après avoir traversé un joint annulaire d'étanchéité dit "packer", placé entre le deuxième tube et le cuvelage. Ce procédé se caractérise en ce que, dans une première étape, on injecte dans le tube central un gaz de purge contenant pas ou peu d'oxygène, puis, dans une deuxième étape, on injecte dans

ledit tube central un gaz oxydant et on augmente progressivement la concentration en oxygène dudit gaz oxydant, et, au cours de ladite deuxième étape, on contrôle la réaction en remplaçant, si nécessaire, l'eau injectée dans le premier espace annulaire par un fluide de sécurité, les fluides de réaction injectés pénétrant dans la couche souterraine par des perforations régulièrement réparties, ménagées dans la paroi latérale de la partie inférieure du cuvelage.

Selon l'invention, le fluide de sécurité est constitué, par exemple, par de l'azote, de l'anhydride carbonique, ou de l'eau dite "eau de noyage", c'est-à-dire de l'eau injectée en très grande quantité.

Selon une caractéristique de l'invention, au cours de la deuxième étape, dans un premier stade, on augmente la concentration en oxygène du gaz injecté dans le tube central dans une proportion d'environ 1 % à environ 30 % d'oxygène, et dans un deuxième stade, on augmente la concentration en oxygène dudit gaz jusqu'à une proportion maximum comprise entre 75 % et 99,5 %.

Selon une autre caractéristique du procédé de l'invention, on établit une circulation d'eau froide dans le deuxième espace annulaire.

Les avantages et caractéristiques de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui suit en référence à la figure jointe qui représente un mode de réalisation d'un puits d'injection permettant la mise en oeuvre du procédé objet de l'invention.

Un puits d'injection 1 part de la surface libre 2 du terrain concerné et débouche dans la couche souterraine 3 contenant des matières hydrocarbonées. Le puits 1 comprend un tube central 4, un deuxième tube 5 concentrique au tube 4 et un cuvelage 6 concentrique au tube 5. Le tube 5 définit avec le tube 4 un premier espace annulaire 7, et le cuvelage 6 définit avec le tube 5 un deuxième espace annulaire 8. Le cuvelage 6 s'étend plus en profondeur dans la couche souterraine 3 que les tubes 4 et 5. Les tubes 4 et 5 débouchent dans l'extrémité inférieure du cuvelage 6 après avoir traversé un joint annulaire d'étanchéité 9 dit "packer". La paroi latérale de la partie inférieure du cuvelage 6 qui est dans la couche souterraine 3 est munie de perforations 10 régulièrement réparties.

Des moyens d'injection, de régulation et de maintenance, dits "arbre de Noël", placés à la surface 2 sont symbolisés en 11. Le tube central 4 est un tube bobiné déroulé à partir d'une bobine 12 fixée en surface sur un dispositif approprié (non représenté sur la figure) ; le tube 4 peut également être constitué par des éléments tubulaires vissés les uns au autres. Toutefois, on préfère utiliser un tube bobiné déroulé qui présente l'avantage de pouvoir être installé et retiré rapidement. Ce tube 4 est, de préférence, en métal inoxydable ou réfractaire.

La mise en oeuvre du procédé de l'invention est la suivante.

On injecte tout d'abord, dans le tube 4, un gaz inerte ou peu oxydant de façon à purger le fond du puits, ce qui permet, lors de l'étape suivante, de démarrer l'oxydation dans une zone où les risques d'explosion sont minimes.

Une fois cette première étape de purge terminée, on injecte dans le tube 4 un gaz contenant de l'oxygène et on augmente progressivement la concentration en oxygène dudit gaz jusqu'à une proportion maximum comprise entre 75 % et 99,5 %. Simultanément, on injecte de l'eau de réaction dans l'espace annulaire 7 ; par "eau de réaction", on entend de l'eau sous forme, soit de liquide, soit de vapeur, soit de mousse. De plus, on établit une circulation d'eau froide dans l'espace annulaire 8 de façon à éviter un échauffement trop important du "packer" 9 (en effet, le packer, qui est constitué d'éléments hydrocarbonés, type caoutchouc, ne supporte pas des températures trop élevées). Cette circulation d'eau de refroidissement peut de façon avantageuse être mise en place dans l'espace annulaire 8 grâce à un dispositif classique (non représenté sur la figure) du type "Coiled Tubing" (tube bobiné déroulé) ou "Snubbing" (éléments tubulaires vissés).

Grâce à un système de détection approprié (non représenté sur la figure) placé en surface, si l'on décèle une variation de pression correspondant à un danger d'explosion, on arrête immédiatement l'injection des fluides de réaction et on injecte à la place, dans l'espace annulaire 7, un fluide de sécurité tel que de l'azote, de l'anhydride carbonique ou de l'eau de noyage. Après contrôle de l'incident, on reprend la séquence d'injection à zéro.

A titre d'exemple, la première étape de purge dure environ quelques jours, le premier stade de la deuxième étape d'oxydation (concentration en oxygène du gaz injecté dans le tube 4 augmentant d'environ 1 % à environ 30 %) est d'environ 15 jours et la durée du deuxième stade de cette deuxième étape (augmentation de la concentration en oxygène du gaz injecté dans le tube 4 pouvant aller jusqu'à environ 99,5 %) est d'environ 350 jours à 700 jours. En cas d'incident, l'injection d'un fluide de sécurité dans l'espace annulaire 7 est d'environ 1 heure.

Toujours, à titre d'exemple, on signale que le débit d'injection du gaz oxydant dans le tube 4 peut aller de 1000 à 10000 m^3/h et que le débit d'injection de l'eau de réaction dans l'espace annulaire 7 peut être de 10 litres par m^3 de gaz oxydant injecté dans le tube 4.

Ainsi, le procédé conforme à l'invention permet d'éviter tout risque d'explosion lors de de l'oxydation de couches souterraines contenant des matières hydrocabonées, d'une part grâce à la première étape de purge, d'autre part grâce à la possibilité de contrôle des réaction par injection d'un fluide de sécurité en cas d'incident.

REVENDICATIONS

1. - Procédé d'oxydation de couches sédimentaires souterraines contenant des matières hydrocarbonées selon lequel on injecte un gaz contenant de l'oxygène dans au moins un puits d'injection partant de la surface et débouchant dans ladite couche souterraine de façon à provoquer l'oxydation partielle ou totale desdites matières hydrocarbonées et l'écoulement desdites matières hydrocarbonées à l'état de fluides vers au moins un puits de production situé à distance dudit puits d'injection et débouchant également dans ladite couche souterraine, ledit puits d'injection étant constitué d'un premier tube central dans lequel on injecte un gaz contenant de l'oxygène, d'un deuxième tube concentrique au premier définissant un premier espace annulaire dans lequel on injecte de l'eau dite eau de réaction, et d'un cuvelage concentrique audit deuxième tube définissant un deuxième espace annulaire et s'étendant plus en profondeur dans la couche souterraine que lesdits premier et deuxième tubes, lesdits premier et deuxième tubes débouchant dans la partie inférieure dudit cuvelage après avoir traversé un joint annulaire d'étanchéité dit "packer", placé entre le deuxième tube et le cuvelage, caractérisé en ce que, dans une première étape, on injecte dans le tube central un gaz de purge contenant pas ou peu d'oxygène, puis, dans une deuxième étape, on injecte dans ledit tube central un gaz oxydant et on augmente progressivement la concentration en oxygène dudit gaz oxydant, et, au cours de ladite deuxième étape, on contrôle la réaction en remplaçant, si nécessaire, l'eau injectée dans le premier espace annulaire par un fluide de sécurité, les fluides de réaction injectés pénétrant dans la couche souterraine par des perforations régulièrement réparties, ménagées dans la paroi latérale de la partie inférieure du cuvelage.

2. - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le fluide de sécurité est constitué par de l'azote, de l'anhydride carbonique, de l'eau dite eau de noyage.

3. - Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que, au cours de la deuxième étape, dans un premier stade, on augmente la concentration en oxygène du gaz injecté dans le tube central dans une proportion d'environ 1 % à environ 30 %, et

dans un deuxième stade, on augmente la concentration en oxygène dudit gaz jusqu'à une proportion maximum comprise entre 75 % et 99,5 %.

4. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on établit une circulation d'eau froide dans le deuxième espace annulaire.

5. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'on injecte le gaz de purge, puis le gaz oxydant dans le tube central, ledit tube central étant amovible.

6. - Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit tube central est constitué par un tube bobiné déroulé.

7. - Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit tube central est formé d'éléments tubulaires vissés les uns aux autres.

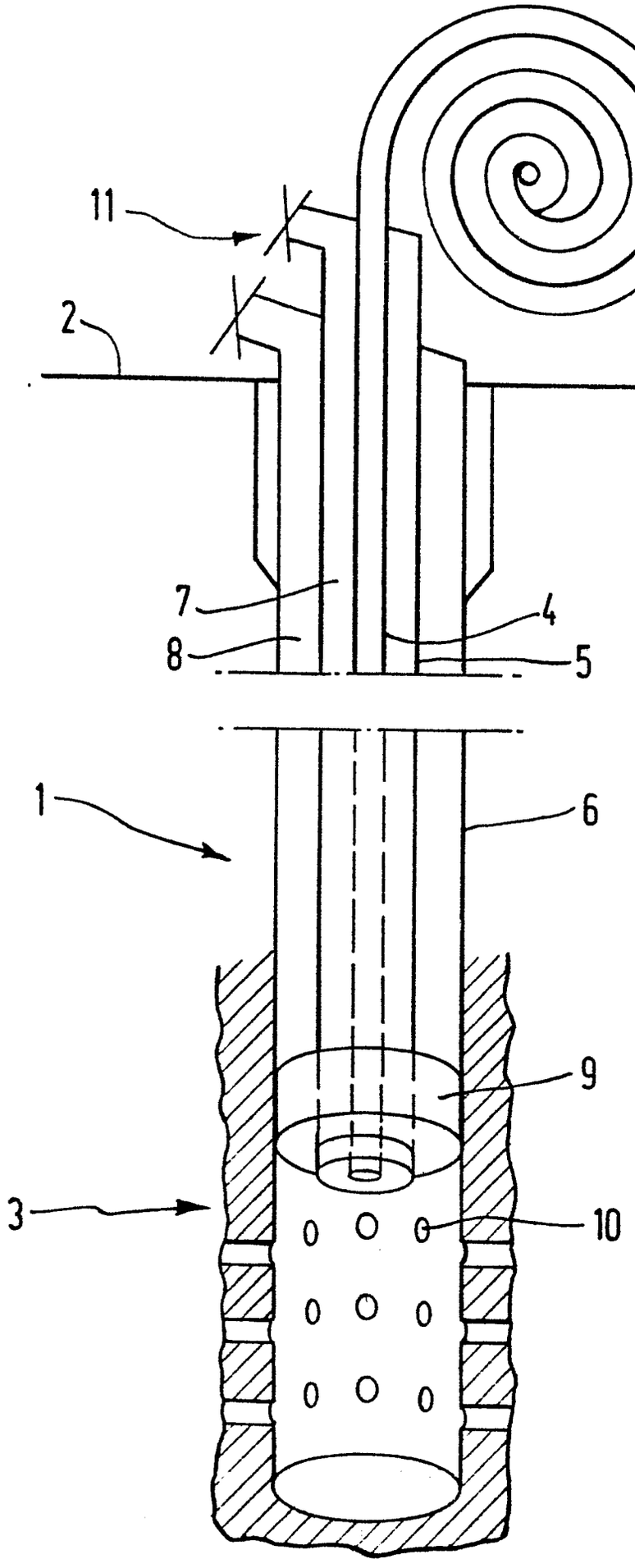
8. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la durée de la première étape est de quelques jours, la durée du premier stade de la deuxième étape est d'environ 15 jours et la durée du deuxième stade de ladite deuxième étape est d'environ 350 jours à 700 jours.

9. - Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que la durée d'injection d'un fluide de sécurité dans le premier espace annulaire est d'environ une heure.

10. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'on injecte le gaz oxydant dans le tube central à un débit de 1000 à 10000 m^3/heure.

11. - Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'on injecte l'eau dans le premier espace annulaire à un débit de 10 litres/m^3 de gaz oxydant injecté dans le tube central.

0131499



0131499

Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 84 40 1286

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication en cas de besoin des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int Cl ³)
Y	FR-A-1 080 040 (KRIEGBAUM) * Pages 1,3,4 *	1	E 21 B 43/243 E 21 B 36/00 C 10 J 5/00
A		2,5	

Y,D	EP-A-0 057 641 (SAVARD) * Page 8, alinéa 1; pages 9-11 *	1	
A		4,10, 11	

A	US-A-4 042 026 (PUSCH) * Colonne 4, ligne 25 - colonne 5, ligne 17 *	1-3,5, 10,11	
	---		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³)
A	US-A-3 473 610 (LANGE) * En entier *	1-5	
	---		E 21 B C 10 J
A	US-A-3 987 852 (TERRY) * Colonne 6, lignes 24-67 *	6	

A	DE-A-2 623 318 (LEDENT) * Figure 3 *	6	

Le present rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
LA HAYE	06-09-1984	PAUCNIK B.

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

- X particulièrement pertinent à lui seul
- Y particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
- A arrière-plan technologique
- O divulgation non-écrite
- P document intercalaire
- T théorie ou principe à la base de l'invention
- E document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
- D cité dans la demande
- L cité pour d'autres raisons
- & membre de la même famille, document correspondant

EPO Form 1503 03.82