

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 565 576

②1 N° d'enregistrement national :

84 08827

⑤1 Int Cl* : C 02 F 1/20; B 01 D 19/00.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 6 juin 1984.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 50 du 13 décembre 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *COMPAGNIE FRANÇAISE DES PÉTROLES SA. — FR.*

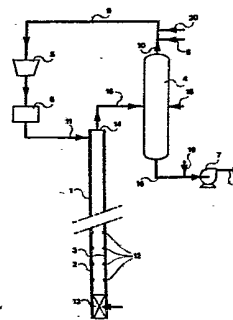
⑦2 Inventeur(s) : Jean-Pierre Ranchet et Eric Serval.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Michel F. Morel.

⑤4 Procédé de désaération d'eau.

⑤7 Procédé de désaération de l'eau dans une colonne montante 1 plongeant dans une étendue d'eau et munie à son extrémité inférieure d'une pompe électrique 13 qui assure, pour l'essentiel, la montée de l'eau dans la colonne, caractérisé en ce qu'il comporte l'injection 11 dans la colonne montante 1 en au moins un point d'injection 12 situé au-dessus de la pompe électrique 13 de fines bulles d'un gaz inerte, par exemple de l'azote purifié, sous une pression au plus égale à la pression hydrostatique dans la colonne au niveau du point d'injection.



FR 2 565 576 - A1

D

PROCEDE DE DESAERATION D'EAU

La présente invention concerne la désaération d'eau prélevée dans une étendue d'eau, par exemple dans la mer, ou dans une couche aquifère souterraine en vue d'une utilisation dans laquelle la présence d'oxygène entraînerait des inconvénients graves, notamment des corrosions. Une utilisation particulièrement importante est l'obtention

5 - d'eau pour une récupération assistée d'hydrocarbures.

On sait que l'on peut procéder à une désaération de l'eau dans des tours à vide ou des tours à entraînement par courant gazeux.

Le principe de la tour à vide consiste à réduire la pression de la phase gazeuse jusqu'à la tension de vapeur de l'eau (0,035 bar à 25° C), au moyen de pompes à vide.

10 - L'eau à dégazer pénètre en haut d'un étage en étant répartie sur toute la section transversale de la tour au moyen d'un répartiteur perforé ou d'un système de buses de pulvérisation. La surface de contact entre eau et gaz le long de la tour est assurée par écoulement sur des garnissages tels que des anneaux, des selles, des milieux tissés, etc...

15 - Les tours classiques contiennent généralement un à trois étages de trois à quatre mètres de hauteur chacun avec des prises de vide disposées dans les espaces intermédiaires. D'un point de vue économique, il est préférable d'employer des tours à deux étages et d'effectuer un dégazage final par voie chimique dans une capacité disposée au bas de la tour.

Dans les tours à entraînement par courant gazeux, on provoque l'entraînement des gaz dissous contenus dans la phase liquide en faisant traverser celle-ci à contre-courant

20 - par un autre gaz dont la teneur en gaz à éliminer (en l'occurrence, l'oxygène) est la plus faible possible : gaz naturel ou gaz inerte. Ces tours sont peu différentes des tours à vide. L'eau à dégazer pénètre en haut de la tour et le gaz d'entraînement juste au-dessus de la capacité de stockage disposée au bas de la tour, le rapport des volumes de gaz

25 - d'entraînement et d'eau à traiter étant compris entre 1 et 2. Comme dans le cas des tours à vide, la surface de contact entre eau et gaz peut être assurée par des garnissages, mais elle peut aussi être obtenue par une succession de plateaux. Pour que le nombre de plateaux soit économiquement acceptable, on effectue généralement un dégazage final par voie chimique, comme pour les tours à vide.

On a proposé récemment d'effectuer le pompage et le dégazage de l'eau simultanément au moyen d'un procédé dit "gas-lift" consistant à injecter au bas d'une colonne montante plongeant dans l'étendue d'eau et ouverte à son extrémité inférieure un gaz inerte sous pression de sorte que ce gaz inerte entraîne vers le haut l'eau contenue dans cette colonne et libère en même temps la majeure partie de l'oxygène dissous dans l'eau qu'il entraîne.

Ce procédé, théoriquement séduisant, nécessite des installations très encombrantes difficilement compatibles avec la place très limitée dont on dispose sur une plate-forme en mer.

En effet, les deux fonctions de montée de l'eau par pompage et de désaération de celle-ci que doit remplir le gaz d'injection sont contradictoires : si l'on veut désaérer l'eau, le volume du gaz d'injection n'a pas besoin d'être élevé, mais du fait que l'efficacité énergétique de ce gaz pour la montée de l'eau est faible, il faut véhiculer de grandes quantités de gaz d'injection : les unités de compression et de séparation de gaz sont alors très volumineuses.

La présente invention se propose, au contraire, de séparer dans la colonne montante les fonctions de montée de l'eau et de désaération de celle-ci afin de les réaliser l'une et l'autre dans les conditions optimales.

Un objet de l'invention est ainsi un procédé de désaération de l'eau dans une colonne montante, plongeant dans une étendue d'eau, ouverte à son extrémité inférieure et munie vers cette extrémité d'une pompe électrique qui assure, pour l'essentiel, la montée de l'eau dans la colonne montante, caractérisé en ce qu'il comporte l'injection dans la colonne montante, en au moins un point d'injection situé au-dessus de la pompe électrique, d'un gaz inerte sous une pression au plus égale à la pression hydrostatique de la colonne pleine d'eau au niveau du point d'injection.

Selon un objet complémentaire de l'invention, la pompe électrique fournit au moins 80 % de l'énergie absorbée par la montée de l'eau dans la colonne montante.

De préférence, l'injection est effectuée sous la forme de fines bulles de gaz ayant un diamètre de l'ordre du millimètre.

Le principal avantage du procédé consiste en une réduction considérable de l'encombrement des installations de surface. D'une part, la pompe électrique est

immergée et consomme très peu d'énergie électrique du fait de son excellente efficacité de pompage (au moins cinq à six fois supérieure à celle qu'aurait un gaz d'injection travaillant en "gas lift" et devant satisfaire aux conditions de désaération de l'eau) : les installations annexes en surface nécessitées par la présence de la pompe électrique sont

5 - donc peu encombrantes. D'autre part, le débit de gaz inerte strictement nécessaire à la désaération de l'eau peut être optimisé selon la profondeur du point ou des points d'injection et la dimension des bulles de gaz injecté. Ce débit est incomparablement plus

10 - faible (au moins vingt fois plus faible) que le débit de gaz qui serait nécessaire pour assurer entièrement la montée de l'eau. Même si l'on règle ce débit pour que le gaz d'injection participe à la montée de l'eau dans une proportion non absolument négligeable mais cependant modeste, par exemple au maximum d'environ 20 %, le compresseur de gaz inerte et le moteur électrique qui l'entraîne sont des machines de très faible puissance, nécessitant une installation électrique peu importante. Le débit de gaz inerte étant faible, la séparation en surface du gaz d'avec l'eau nécessite un séparateur moins

15 - volumineux et surtout apte à être disposé verticalement de façon à occuper au sol une surface minimale : 5 à 6 fois plus faible au moins que la surface à prévoir pour un séparateur horizontal classique utilisé dans le cas de la montée de l'eau entièrement par "gas-lift".

On va décrire, à titre non limitatif, un exemple de mise en oeuvre du procédé objet

20 - de l'invention, qui fera ressortir d'autres particularités de l'invention, en se référant à la figure ci-jointe dans laquelle on a schématiquement représenté une installation de pompage et de désaération d'eau.

Une colonne montante 1 comprenant un cuvelage extérieur 2 et un tube interne 3 plonge dans une étendue d'eau, non représentée, qui peut être la mer, un lac ou une

25 - couche aquifère souterraine.

A la surface de l'étendue d'eau ou de la terre, on a prévu un séparateur gaz/liquide 4 qui est de préférence vertical, un compresseur 5 et une chambre à réaction catalytique 6, ainsi qu'une pompe de transfert 7 de l'eau produite. S'il s'agit d'une installation marine, ces appareils se trouvent sur une plate-forme, le séparateur 4 étant

30 - entièrement situé au-dessus du niveau de la mer.

Un gaz inerte, constitué par exemple par de l'azote purifié, est introduit par un conduit 8 dans une canalisation 9 reliant la sortie de gaz 10 du séparateur 4 à l'entrée du compresseur 5. Le circuit de gaz étant un circuit fermé, en fonctionnement, le conduit 8 sert seulement aux apports de compensation des pertes. Ce gaz inerte est comprimé dans

le compresseur 5, puis il passe dans la chambre 6 avant d'être injecté par une canalisation 11 en tête de puits dans l'espace annulaire compris entre le tube 3 et le cuvelage 2 pour entrer par des diffuseurs 12 à l'intérieur du tube 3.

5 - Une pompe électrique 13 disposée au bas de la colonne montante 1 pompe l'eau et la fait monter dans le tube 3.

10 - A la partie supérieure 14 du tube 3 on recueille dans une canalisation 15 un mélange d'une part de gaz inerte et de gaz extrait de l'eau par ce gaz inerte et d'autre part d'eau. Le séparateur 4 permet de séparer dans ce mélange la phase gazeuse obtenue à la sortie supérieure 10 et la phase liquide obtenue à la sortie inférieure 16. L'eau recueillie en 16 et mise sous pression par la ou les pompes 7 peut être envoyée par la canalisation 17 à des filtres et à une utilisation, par exemple à des pompes d'injection pour une récupération assistée d'hydrocarbures.

15 - On a prévu dans le séparateur 4 une entrée 18 pour des agents antimousse et en aval de la sortie 16 une entrée 19 pour des inhibiteurs d'entartrage et/ou autres additifs. Un conduit 20 permet d'introduire dans la canalisation 9 de l'hydrogène destiné à réagir dans la chambre 6 avec l'oxygène qui a été extrait de l'eau par le gaz inerte dans le tube 3.

20 - Dans le tube 3, l'eau est au contact d'un gaz inerte peu soluble dans l'eau ; ce gaz se trouve à une pression P au plus égale à la pression hydrostatique de l'eau et en volume suffisant pour que la pression partielle en oxygène libérée P' soit toujours proche de zéro. L'oxygène dissous dans l'eau tend à se libérer tant que sa pression partielle en phase gazeuse reste inférieure à une certaine valeur P's, l'équilibre étant défini par la loi de HENRY :

$$C = H \cdot P'_s$$

25 - où : C est la concentration en Kg/m³ de l'oxygène dissous dans l'eau ; H est la constante de HENRY relative à l'oxygène et exprimée en Kg/m³ . Pa ; et P's est la pression partielle de l'oxygène dans la phase gazeuse en équilibre avec la phase liquide exprimée en Pa. Si P' est inférieure à P's, il y a libération d'oxygène à partir de la phase liquide. Si P' était supérieure à P's, il y aurait dissolution d'oxygène. Dans le cas présent, la pression
30 - partielle de l'oxygène dans la phase gazeuse étant toujours maintenue presque nulle, il y a libération d'oxygène tout le long du tube.

Il faut s'efforcer de rendre cette libération aussi rapide que possible. On sait que la

vitesse de transfert de l'oxygène à l'interface eau-gaz obéit à la première loi de FICK :

$$\frac{dC}{dt} = K_L \cdot a^* \cdot H \cdot (P'_s - P')$$

- 5 - où : K_L est un coefficient d'échange exprimé en m/s, et a^* est la surface spécifique d'échange eau/gaz exprimée en m^{-1} , les autres symboles ayant été définis précédemment.

Comme le coefficient K_L représente une résistance au transfert d'autant plus faible que le liquide est agité, on voit que l'on a intérêt à créer une grande surface spécifique d'échange et une grande agitation.

- 10 - La dimension des bulles de gaz augmente lors de leur ascension dans le tube 3 : par augmentation de la masse due au transfert de l'oxygène dissous et par dépression due à la montée dans le tube. La vitesse ascensionnelle V des bulles augmente avec leur rayon r selon la loi de STOKES :

$$V = 2 \cdot \frac{\Delta\rho \cdot g \cdot r^2}{9\mu}$$

- 15 - où : $\Delta\rho$ est la différence de densité entre l'eau et le gaz ; g l'accélération de la pesanteur ; et μ la viscosité de l'eau.

Ces millions de fines bulles de gaz dont les rayons augmentent et qui vont de plus en plus vite se rencontrent, ce qui provoque, malgré le rôle négatif de tensio-actifs joué par les matières organiques présentes dans l'eau, une certaine coalescence qui contribue à l'augmentation de la dimension des bulles avec leur ascension.

- 20 - Le séparateur 4 qui reçoit le mélange eau-gaz sortant de la colonne 1 permet de séparer les bulles de gaz. Le volume de gaz étant relativement faible, on peut utiliser un séparateur vertical ayant un temps de rétention de l'eau de l'ordre de 2 minutes et compléter le dégazage par voie chimique grâce à l'injection de sulfites. Ce séparateur forme une capacité suffisante en amont des pompes 7.

- 25 - Le gaz inerte est récupéré, pour être recyclé, au sommet de séparateur 4 après passage dans un déshumidificateur non représenté afin d'éviter des entraînements d'eau dans le circuit de recyclage du gaz.

- 30 - On règle la faible quantité de gaz inerte introduite de manière continue ou périodiquement en 8 pour compenser la quantité de gaz inerte qui s'est dissoute dans l'eau, par le contrôle du débit gazeux à la sortie du séparateur 4. Le stockage du gaz inerte ne pose pas de problème étant donné la faible consommation de ce gaz.

La quantité stoechiométrique d'hydrogène introduite en 20 pour réagir dans la chambre 6 avec l'oxygène extrait de l'eau est produite soit à partir d'un électrolyseur utilisant l'eau disponible sur place soit à partir d'un générateur utilisant du méthanol.

- 5 - Le compresseur 5 recomprime le gaz à une pression voisine de la pression d'injection. Dans la chambre 6, le gaz passe à travers un lit catalytique faisant réagir l'oxygène et l'hydrogène pour former de la vapeur d'eau. La température à la sortie du compresseur 5 doit être d'au moins 130° C si l'on veut obtenir un bon rendement du lit catalytique. A la sortie de la chambre 6, le gaz inerte régénéré contient moins de 1 ppm d'oxygène.
- 10 - Un autre procédé d'extraction de l'oxygène du gaz à recycler pourrait éventuellement être utilisé.

REVENDEICATIONS

- 1- Procédé de désaération de l'eau dans une colonne montante (1) plongeant dans une étendue d'eau, ou une couche aquifère souterraine, ouverte à son extrémité inférieure et munie vers cette extrémité d'une pompe électrique (13) qui assure, pour l'essentiel, la montée de l'eau dans la colonne, caractérisé en ce qu'il comporte l'injection (11) dans la
- 5 - colonne montante (1) en au moins un point d'injection (12) situé au-dessus de la pompe électrique (13), d'un gaz inerte sous une pression au plus égale à la pression hydrostatique de la colonne pleine d'eau au niveau du point d'injection.
- 2- Procédé de désaération de l'eau selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pompe électrique (13) fournit au moins 80 % de l'énergie absorbée par la montée de l'eau
- 10 - dans la colonne montante (1).
- 3- Procédé de désaération de l'eau selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'injection du gaz inerte dans la colonne montante (1) s'effectue sous la forme de fines bulles de gaz ayant un diamètre de l'ordre du millimètre.
- 4- Procédé de désaération de l'eau selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il
- 15 - comprend la séparation dans un séparateur vertical (4) des phases gazeuse et liquide obtenues mélangées au sommet de la colonne montante.
- 5- Procédé de désaération de l'eau selon la revendication 4, caractérisé en ce que la phase gazeuse séparée dans le séparateur (4) est recyclée après compression (5), extraction de l'oxygène (6) et addition (8) d'une quantité de gaz inerte compensant les
- 20 - pertes de celui-ci par dissolution dans l'eau.

PI UNIQUE

