

Titre : Dispositif d'application d'un liquide dans un puits et procédé d'utilisation d'un tel dispositif

Préambule

La présente invention concerne le domaine des dispositifs d'application d'un liquide dans un puits. L'invention est également relative à un procédé d'utilisation d'un tel produit.

Les puits sont des canaux créés dans le sol. Un puits typique comporte une enveloppe métallique extérieure qui confère une intégrité structurelle au puits afin d'éviter que la formation de terre environnante s'effondre dans le canal créé. De nombreux puits inactifs sont reconvertis en puits géothermiques, où les liquides chauds à l'intérieur des puits alimentent des générateurs permettant de récupérer de l'énergie renouvelable. Cependant, de nombreux puits ont été créés il y a plus de cinquante ans et un problème connu est l'apparition de petites fractures dans l'enveloppe métallique. Cela peut avoir une incidence sur l'intégrité du puits, en particulier si la fracture s'élargit au fil du temps, ce qui rend le puits inadapté à une reconversion géothermique.

Ce constat a poussé les inventeurs de la présente invention à concevoir un dispositif d'application d'un liquide dans un puits pouvant notamment permettre l'application de colle sur les fractures décrites ci-dessus, afin de rendre ces vieux puits adaptés à un usage géothermique.

Les dispositifs pour déployer de l'acide dans un puits sont connus. Un tel dispositif D' est représenté dans D1 et illustré à l'intérieur d'un puits W dans une formation rocheuse R, le puits W ayant une enveloppe métallique C.

Le dispositif D' comprend un récipient 1, compartimenté et étanchéifié par un piston mobile 4 pour former un réservoir à acide 2 et un réservoir à gaz à très haute pression 3. Pour déployer l'acide du réservoir à acide 2 dans le puits W, une soupape 9 est ouverte et le gaz à très haute pression dans le réservoir 3 entraîne le piston 4 vers une buse 5, expulsant ainsi l'acide de l'intérieur du récipient 1 à travers la soupape 9 et la buse 5 vers l'extérieur du récipient 1 et ainsi dans le puits.

Toutefois, le dispositif décrit dans D1 présente des inconvénients. En effet, en raison du poids du liquide dans un puits, les pressions à l'intérieur du puits sont habituellement bien supérieures à celles qui règnent à la surface. Alors que la pression ambiante à la surface est d'environ 1 atmosphère (100 kPa), dans un puits, la pression augmente progressivement avec la profondeur, et à une profondeur d'exploitation courante, elle peut être de 10 atmosphères (1 000 kPa). Par conséquent, le réservoir 3 dans le récipient 1 de D1 doit être mis sous pression à une pression très élevée (pression supérieure à 10 atmosphères (1 000 kPa)) pour entraîner l'acide hors du récipient 1 et contrecarrer la haute pression à l'intérieur du puits. La manipulation de tels récipients sous pression à la surface avant leur déploiement dans un puits est très dangereuse, car s'ils entrent en collision avec d'autres objets à la surface et/ou présentent des fuites, ils peuvent exploser.

Dans un domaine éloigné de celui de l'application d'un liquide dans un puits, relatif à la production d'électricité au sein d'un puits, on connaît le document D2. Ce document divulgue un dispositif de turbine D'' pour produire de l'électricité dans un puits (voir figure 1a de D2). Cet appareil comprend un récipient 101 ayant un premier réservoir d'entraînement 121 ouvert sur l'extérieur (éventuellement sur commande), un deuxième réservoir à liquide 122 et un troisième réservoir à basse pression 123 pour le gaz. Un piston mobile étanche 14, 15 séparant le premier réservoir d'entraînement 121 et le deuxième réservoir à liquide 122 est entraîné vers le bas lorsqu'une soupape séparant le deuxième réservoir à liquide et le troisième réservoir à liquide est ouverte, se faisant pousser le fluide au travers d'une turbine et de la soupape. La rotation de turbine qui en résulte génère de l'électricité, qui peut être stockée par un condensateur 146 et utilisée selon les besoins par un émetteur 145 pour envoyer des signaux à la surface. Le dispositif selon D2 permet ainsi de produire efficacement de l'électricité au sein d'un puits.

Cependant, le dispositif divulgué dans D2 n'est pas adapté à l'application d'un liquide dans un puits. En effet, durant l'étape de génération d'électricité, le liquide contenu dans le deuxième réservoir à liquide s'écoule dans le troisième réservoir 123. Une fois l'électricité générée, durant la remontée du dispositif vers la surface, il est envisagé dans D2 d'ouvrir une soupape aménagée dans la paroi du deuxième réservoir à liquide afin de dépressuriser le dispositif. Cela a uniquement pour effet de faire ressortir une petite quantité de fluides, un mélange de gaz et de liquide, jusqu'à l'équilibre des pressions entre l'intérieur et l'extérieur. Cela ne permet cependant pas de faire sortir tout le liquide, qui se trouve à cette étape en très grande majorité dans le troisième réservoir à basse pression. D2 n'est donc en aucun cas adapté à la distribution de liquide.

Le problème technique que l'invention se propose de résoudre est de fournir un dispositif d'application d'un liquide dans un puits ne présentant pas de risque lors de sa manipulation à la surface.

Ce problème technique est résolu par le dispositif selon la revendication 1.

Le dispositif selon la présente invention comprend trois réservoirs : un réservoir d'entrée, un deuxième réservoir destiné à accueillir le liquide à dispenser, et un troisième réservoir destiné à accueillir un gaz.

Le dispositif selon la présente invention présente la particularité de comprendre un piston comprenant non seulement une tête mais également une colonne dont l'extrémité opposée à la tête du piston est plongée dans le troisième réservoir, au sein duquel la pression est inférieure à la pression extérieure. Lorsque la pression dans le réservoir d'entrée et le deuxième réservoir est identique, ce qui est obtenu par l'ouverture de soupapes aménagées dans la paroi de ces réservoirs, mais supérieure à la pression dans le troisième réservoir, on crée un déséquilibre des forces sur la tête du piston qui provoque le déplacement de celle-ci en direction du troisième réservoir. Cela a pour effet de réduire le volume du deuxième réservoir et de permettre une libération du liquide à l'extérieur du réservoir par l'intermédiaire de la soupape du deuxième réservoir.

En utilisant la pression importante régnant dans le puits, à l'extérieur du réservoir, on peut donc provoquer facilement la libération du liquide à l'extérieur du deuxième réservoir.

Il n'est donc pas nécessaire de recourir à des gaz portés à haute pression au sein du réservoir pour que le dispositif fonctionne. On réduit ainsi considérablement les risques lors de la manipulation du dispositif lorsque celui-ci se trouve à la surface.

La revendication 1 porte ainsi plus précisément sur un dispositif (D) d'application d'un liquide dans un puits, comprenant un récipient 11 comprenant :

- un premier réservoir d'entrée (21),
- un deuxième réservoir (22) pour le liquide,
- un troisième réservoir (23) pour un gaz,

le dispositif (D) comprenant en outre :

- un disque statique (17) compartimentant et étanchéifiant le deuxième réservoir (22) pour le liquide par rapport au troisième réservoir (23) pour le gaz,
- un piston mobile comprenant une tête de piston (14) compartimentant et étanchéifiant le premier réservoir d'entrée (21) par rapport au deuxième réservoir (22) pour le liquide, et une colonne (15) fixée à la tête de piston (14), la colonne s'engageant dans le disque statique (17) et l'étanchéifiant, la colonne (15) s'étendant dans le troisième réservoir (23) pour le gaz,
- une première soupape (19) disposée entre l'intérieur du premier réservoir d'entrée (21) et l'extérieur du récipient (11)
- une deuxième soupape (29) disposée entre l'intérieur du deuxième réservoir (22) pour le liquide et l'extérieur du récipient (11).

L'invention concerne en outre un procédé d'utilisation du dispositif défini ci-dessus. Ce procédé comprend les étapes suivantes :

- (1) étanchéifier le gaz dans le troisième réservoir (23) pour le gaz à une pression donnée,
- (2) ajouter le liquide à appliquer dans le deuxième réservoir (22) pour le liquide,
- (3) déployer le dispositif (D) au moyen d'une ligne (L) à un emplacement de déploiement se situant au niveau d'une zone d'application dans le puits, la pression dans le puits au niveau de l'emplacement de déploiement étant supérieure d'au moins 500 kPa à la pression dans le troisième réservoir (23) pour le gaz,
- (4) ouvrir la première soupape (19) et la deuxième soupape (29).

Un troisième aspect de l'invention concerne un procédé de traitement d'une fracture dans une enveloppe d'un puits, la fracture s'étendant verticalement, le procédé comprenant :

- la mise en oeuvre du procédé d'utilisation du dispositif (D) décrit ci-dessus, l'emplacement de déploiement se situant

au niveau du haut de la fracture, puis une étape de descente du dispositif (D) en déroulant la ligne (L),

ou :

- la mise en oeuvre du procédé d'utilisation du dispositif (D) décrit ci-dessus, l'emplacement de déploiement se situant au niveau du bas de la fracture, puis une étape de remontée du dispositif (D) en enroulant la ligne (L).

Les avantages décrits en référence au dispositif selon l'invention s'appliquent mutatis mutandis aux procédés selon l'invention.

Il apparaît ainsi que l'invention propose un dispositif et des procédés tout particulièrement adaptés à l'application de colle sur des fractures dans l'enveloppe métallique de puits. Il est cependant entendu que la présente invention peut parfaitement s'appliquer à l'application d'autres liquides que de la colle, tel que par exemple de l'acide. Cela peut notamment être utile pour éliminer les solides qui bloquent les trajets d'écoulement dans le puits.

D'autres modes de réalisation avantageux du dispositif selon l'invention sont décrits ci-dessous :

Selon un mode de réalisation avantageux, le dispositif comprend en outre une buse (35) au niveau de la deuxième soupape (29).

Selon un mode de réalisation avantageux, la colonne (15) présente un diamètre compris entre 5 et 15 cm.

Selon un mode de réalisation avantageux, la colonne (15) présente un diamètre compris de 10 cm.

Selon un mode de réalisation avantageux, le récipient (11) est formé à partir d'un métal ou d'un alliage métallique.

D'autres modes de réalisation avantageux du procédé d'utilisation selon l'invention sont décrits ci-dessous :

Selon un mode de réalisation avantageux, la pression dans le puits au niveau de l'emplacement de déploiement est supérieure de 700 kPa à 900 kPa à la pression dans le troisième réservoir (23) pour le gaz.

Selon un mode de réalisation avantageux, la pression donnée à laquelle le gaz est étanchéifié dans le troisième réservoir (23) est comprise entre 90 kPa et 110 kPa.

Selon un mode de réalisation avantageux, le procédé comprend en outre, après l'étape d'étanchéification du gaz dans le troisième réservoir (23) pour le gaz et avant l'étape de déploiement du dispositif (D), une étape de réduction de la pression dans le troisième réservoir (23) pour le gaz.

Selon un mode de réalisation avantageux, le liquide à appliquer est une colle.

Selon un mode de réalisation avantageux, la colle a la composition suivante :

- 30 à 60 % en poids de résine époxy bisphénol A,
- 30 à 40 % en poids d'un polymère sulfone ayant une masse moléculaire moyenne en poids de 50 000 à 100 000 g/mol, mesurée par diffusion de la lumière selon la méthode standard ASTM D4001-20,
- 5 à 15 % en poids d'un agent de renforcement comprenant un caoutchouc polysulfure liquide,
- 5 à 15 % en poids d'un agent de durcissement comprenant des amines.

Selon un mode de réalisation avantageux, la colle a la composition suivante :

- 40 % en poids de résine époxy bisphénol A,
- 40 % en poids de polymère sulfone,
- 10 % en poids d'agent de renforcement et
- 10 % en poids d'agent de durcissement.

Selon un mode de réalisation avantageux, le polymère sulfone a une masse moléculaire moyenne en poids comprise entre 60 000 et 90 000 g/mol mesurée par diffusion de la lumière selon la méthode standard ASTM D4001-20.

Selon un mode de réalisation avantageux, la colle comprend en outre des antioxydants phénoliques.

Description détaillée

Comme la figure 1a dans D1, les figures 1a et 2 sont des vues en coupe d'un dispositif cylindrique D, comme illustré par la coupe X de la figure 1b. La figure 1a illustre le dispositif selon l'invention contenant de la colle dans son état avant utilisation. Pour éviter la haute pression à l'intérieur du dispositif avant son déploiement celui-ci est muni d'un réservoir étanche 23 contenant du gaz (habituellement de l'air) à une pression de surface ambiante qui est d'environ 1 atmosphère (100 kPa). Cela permet une manipulation sûre du dispositif à la surface. La différence de pression entre la pression plus élevée régnant dans le puits et la pression relativement plus faible dans la chambre 23 peut entraîner le piston mobile 14, 15 afin d'expulser un liquide, comme expliqué ci-dessous.

Le récipient 11 est divisé en trois parties : un premier réservoir d'entrée 21, un deuxième réservoir 22 pour le liquide et un troisième réservoir 23 pour le gaz. Le piston mobile comprend une tête de piston 14 et une colonne 15. La tête du piston 14 compartimente et étanchéifie le premier réservoir d'entrée 21 par rapport au deuxième réservoir 22 pour le liquide. La colonne 15 est fixée à la tête du piston 14 et s'étend à partir de là à travers un disque statique 17. La colonne 15 s'engage dans le disque statique 17 et l'étanchéifie. Le disque statique 17 compartimente et étanchéifie le deuxième réservoir 22 pour le liquide par rapport au troisième réservoir 23 pour le gaz.

Le piston mobile 14, 15 se déplace si des pressions non équilibrées s'exercent sur la surface supérieure 14U et la surface inférieure 14L de la tête du piston 14.

Les soupapes 19 et 29 sont nécessaires pour permettre ou empêcher le passage de liquide et l'égalisation de la pression entre l'extérieur du dispositif D et l'intérieur des premier et deuxième réservoirs 21, 22, respectivement. La soupape 19 est disposée entre l'intérieur du premier réservoir d'entrée 21 et l'extérieur du récipient 11, et la soupape 29 est disposée entre l'intérieur du deuxième réservoir 22 pour le liquide et l'extérieur du récipient 11. Une buse 35 au niveau de la soupape 29 est de préférence prévue pour permettre à la colle ou à un autre liquide d'être appliqué plus précisément à partir du deuxième réservoir 22 pour le liquide.

Pour utiliser le dispositif selon l'invention, on peut procéder aux étapes suivantes :

- (1) étanchéifier le gaz dans le troisième réservoir 23 pour le gaz à une pression donnée, habituellement proche de 1 atmosphère (100 kPa)
- (2) ajouter le liquide à appliquer dans le deuxième réservoir 22 pour le liquide
- (3) déployer le dispositif au moyen d'une ligne L vers une zone d'application dans le puits
- (4) ouvrir les soupapes 19, 29.

La pression environnante plus élevée du puits agit alors sur les deux côtés 14L, 14U de la tête du piston 14 à travers la colle dans le réservoir 22 et les fluides du puits dans le réservoir 21. La figure 1c est un schéma indicatif représentant les forces agissant sur la tête du piston 14 - des flèches plus longues indiquant des pressions plus élevées. Comme cela est visible sur la figure 1c, la surface sur le côté inférieur 14L de la tête du piston, exposée à la pression du puits est plus petite que la surface sur le côté supérieur 14U de la tête du piston, à cause de la colonne 15. L'extrémité opposée de la colonne 15 est au contraire exposée à la basse pression (comparée à la pression du puits environnante) dans le réservoir 23. Par conséquent, la force entraînant le piston 14, 15 vers le bas (comme dessiné) est supérieure à la force agissant sur le piston 14, 15 et entraînant le piston mobile vers le haut (comme dessiné). Par conséquent, lorsque les soupapes 19, 29 sont ouvertes, la force nette sur le piston mobile 14, 15 est dirigée vers le bas (comme dessiné). La tête du piston 14 descend donc, comprime le réservoir 22 pour le liquide, et expulse ainsi la colle à travers la buse 35 pour finir dans une position de colle expulsée comme représenté sur la figure 2.

De cette manière, il est possible d'expulser de la colle du dispositif selon l'invention sans nécessiter de récipient haute pression. Dans des modes de réalisation préférés, la pression dans le réservoir à gaz 23 est la même que la pression ambiante à la surface - 1 atmosphère (100 kPa) +/- 10 %, si bien que la manipulation à la surface est sûre. La pression est alors relativement faible par rapport à la haute pression dans le puits, par exemple 10 atmosphères (1 000 kPa). Les pressions exactes utilisées ne sont pas si importantes, mais pendant l'utilisation, une différence de pression d'au moins 5 atmosphères (500 kPa) entre l'emplacement de déploiement dans le puits et le réservoir 23 pour le gaz est nécessaire afin que le dispositif fonctionne de manière adéquate. Dans les expériences menées à ce jour, il a été constaté que des différences de pression de 7 à 9 atmosphères sont optimales pour appliquer la colle. Il est possible d'y parvenir en prévoyant que l'emplacement de déploiement soit suffisamment profond et qu'il présente donc une pression suffisamment élevée (la pression augmente avec la profondeur), mais il est également possible, dans une certaine mesure, de réduire la pression dans le réservoir 23 avant le déploiement.

L'orientation du dispositif n'est pas importante. En fonction des obstructions dans le puits, il est possible de déployer le

dispositif dans une orientation inversée par rapport à celle illustrée.

Bien qu'une application principale du dispositif soit l'application de colle, il est également possible de l'utiliser pour appliquer d'autres liquides tels que de l'acide. Pour s'adapter aux conditions dans le puits, le récipient 11 est formé à partir d'un métal ou d'un alliage métallique tel que l'acier.

Une colle préférée est disponible dans le commerce sous la marque SUBSEA-GLUETM. Elle a la composition suivante :

- résine époxy bisphénol A (30-60 % en poids) ;
- un polymère sulfone ayant un poids moléculaire moyen de 50 000 à 100 000 g/mol (30-40 % en poids) ;
- un agent de renforcement comprenant un caoutchouc polysulfure liquide (5-15 % en poids) ;
- un agent de durcissement comprenant des amines (5-15 % en poids) ;
- optionnellement des additifs polymères

Le poids moléculaire moyen (ou masse moléculaire moyenne en poids) est mesuré par diffusion de la lumière selon la méthode standard ASTM D4001-20.

Pour la colle, une composition préférée peut être formulée, par exemple :

40 % en poids de résine époxy bisphénol A, 40 % en poids de polymère sulfone, 10 % en poids d'agent de renforcement et 10 % en poids d'agent de durcissement.

Le polymère sulfone a de préférence un poids moléculaire moyen de 60 000 à 90 000 g/mol. Il a été constaté que lorsque des antioxydants phénoliques, une classe bien connue d'additifs polymères, sont ajoutés à la colle, la colle est plus résistante à la dégradation thermique.

La capacité en liquide du deuxième réservoir 22 pour le liquide lorsque le piston mobile est dans sa position de départ, est de préférence de 5 à 10 litres. Le volume total du récipient est de préférence de 15 à 50 litres.

Pour traiter une longue fracture s'étendant verticalement, on positionne le dispositif en haut de la fracture, on l'active comme décrit ci-dessus, puis on fait descendre le dispositif en déroulant la ligne L (on pourrait sinon commencer en bas et enrouler la ligne L).

Afin d'augmenter la force entraînant du piston, on utilise une colonne relativement large, ayant un diamètre de 10 cm, mais on escompte qu'une colonne ayant un diamètre de 5 à 15 cm fonctionne bien.

Revendications

1. Dispositif (D) d'application d'un liquide dans un puits, comprenant un récipient (11) comprenant :

- un premier réservoir d'entrée (21),
- un deuxième réservoir (22) pour le liquide,
- un troisième réservoir (23) pour un gaz,

le dispositif (D) comprenant en outre :

- un disque statique (17) compartimentant et étanchéifiant le deuxième réservoir (22) pour le liquide par rapport au troisième réservoir (23) pour le gaz,
- un piston mobile comprenant une tête de piston (14) compartimentant et étanchéifiant le premier réservoir d'entrée (21) par rapport au deuxième réservoir (22) pour le liquide, et une colonne (15) fixée à la tête de piston (14), la colonne s'engageant dans le disque statique (17) et l'étanchéifiant, la colonne (15) s'étendant dans le troisième réservoir (23) pour le gaz,
- une première soupape (19) disposée entre l'intérieur du premier réservoir d'entrée (21) et l'extérieur du récipient (11)
- une deuxième soupape (29) disposée entre l'intérieur du deuxième réservoir (22) pour le liquide et l'extérieur du récipient (11).

2. Dispositif selon la revendication précédente comprenant en outre une buse (35) au niveau de la deuxième soupape (29).

3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel la colonne (15) présente un diamètre compris entre 5 et 15 cm.
4. Dispositif selon la revendication précédente dans lequel la colonne (15) présente un diamètre compris de 10 cm.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le récipient (11) est formé à partir d'un métal ou d'un alliage métallique.
6. Procédé d'utilisation du dispositif (D) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant les étapes suivantes :
 - (1) étanchéifier le gaz dans le troisième réservoir (23) pour le gaz à une pression donnée,
 - (2) ajouter le liquide à appliquer dans le deuxième réservoir (22) pour le liquide,
 - (3) déployer le dispositif (D) au moyen d'une ligne (L) à un emplacement de déploiement se situant au niveau d'une zone d'application dans le puits, la pression dans le puits au niveau de l'emplacement de déploiement étant supérieure d'au moins 500 kPa à la pression dans le troisième réservoir (23) pour le gaz,
 - (4) ouvrir la première soupape (19) et la deuxième soupape (29).
7. Procédé selon la revendication précédente dans lequel la pression dans le puits au niveau de l'emplacement de déploiement est supérieure de 700 kPa à 900 kPa à la pression dans le troisième réservoir (23) pour le gaz.
8. Procédé selon l'une quelconque des deux revendications précédentes dans lequel la pression donnée à laquelle le gaz est étanchéifié dans le troisième réservoir (23) est comprise entre 90 kPa et 110 kPa.
9. Procédé selon l'une quelconque des trois revendications précédentes comprenant en outre, après l'étape d'étanchéification du gaz dans le troisième réservoir (23) pour le gaz et avant l'étape de déploiement du dispositif (D), une étape de réduction de la pression dans le troisième réservoir (23) pour le gaz.
10. Procédé selon l'une quelconque des quatre revendications précédentes dans lequel le liquide à appliquer est une colle.
11. Procédé selon la revendication précédente dans lequel la colle a la composition suivante :
 - 30 à 60 % en poids de résine époxy bisphénol A,
 - 30 à 40 % en poids d'un polymère sulfone ayant une masse moléculaire moyenne en poids de 50 000 à 100 000 g/mol, mesurée par diffusion de la lumière selon la méthode standard ASTM D4001-20,
 - 5 à 15 % en poids d'un agent de renforcement comprenant un caoutchouc polysulfure liquide,
 - 5 à 15 % en poids d'un agent de durcissement comprenant des amines.
12. Procédé selon la revendication précédente dans lequel la colle a la composition suivante :
 - 40 % en poids de résine époxy bisphénol A,
 - 40 % en poids de polymère sulfone,
 - 10 % en poids d'agent de renforcement et
 - 10 % en poids d'agent de durcissement.
13. Procédé selon l'une quelconque des deux revendications précédentes dans lequel le polymère sulfone a une masse moléculaire moyenne en poids comprise entre 60 000 et 90 000 g/mol mesurée par diffusion de la lumière selon la méthode standard ASTM D4001-20.

14. Procédé selon l'une quelconque des trois revendications précédentes dans lequel la colle comprend en outre des antioxydants phénoliques.

15. Procédé de traitement d'une fracture dans une enveloppe d'un puits, la fracture s'étendant verticalement, le procédé comprenant :

- la mise en oeuvre du procédé d'utilisation du dispositif (D) selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, l'emplacement de déploiement se situant au niveau du haut de la fracture, puis une étape de descente du dispositif (D) en déroulant la ligne (L),

ou :

- la mise en oeuvre du procédé d'utilisation du dispositif (D) selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, l'emplacement de déploiement se situant au niveau du bas de la fracture, puis une étape de remontée du dispositif (D) en enroulant la ligne (L).