



(51) Classification internationale des brevets :
B24C 1/00 (2006.01) **B05B 3/02** (2006.01)
B24C 3/04 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2010/051909

(22) Date de dépôt international :
15 septembre 2010 (15.09.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0956537 23 septembre 2009 (23.09.2009) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS GEORGES CLAUDE** [FR/FR]; 75, Quai d'Orsay, F-75007 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **QUINTARD, Jacques** [FR/FR]; 11, rue des Eclaireurs Partisans, F-95590 Presles (FR). **RICHARD, Frédéric** [FR/FR]; 130, rue du Maréchal Foch, F-95620 Parmain (FR). **TRUCHOT, Charles** [FR/FR]; 1, rue Jacob Courant, F-78300 Poissy (FR).

(74) Mandataire : **PITTIS, Olivier**; L'air Liquide S.A., Direction de la Propriété Industrielle, 75, Quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : CRYOGENIC FLUID STREAM DISPENSING DEVICE WITH POLYMER JOINT HAVING GIVEN EXPANSION COEFFICIENT

(54) Titre : DISPOSITIF DE DISTRIBUTION DE JETS DE FLUIDE CRYOGÉNIQUE AVEC JOINT EN POLYMÈRE À COEFFICIENT DE DILATATION DONNÉ

FIGURE 1

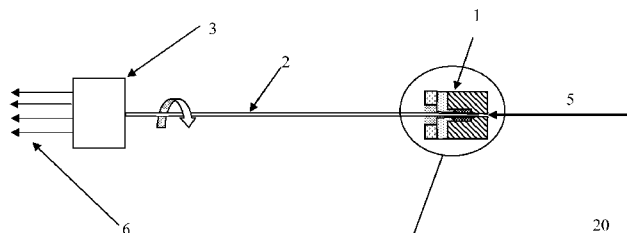
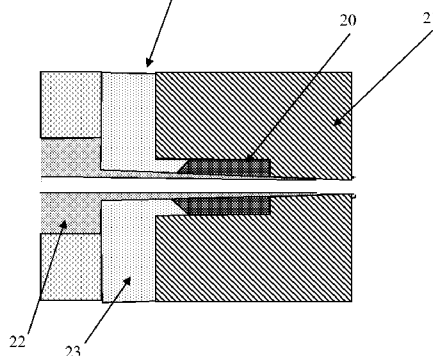


FIGURE 2



(57) Abstract : The invention relates to a device for dispensing at least one high-pressure cryogenic fluid stream, said device including a movable tool (3), comprising one or more fluid-dispensing nozzles (18) for dispensing one or more high-pressure cryogenic fluid streams, and a line (2, 5) for supplying high-pressure cryogenic fluid from the movable tool (3), said line including a stationary upstream portion (5) and a movable downstream portion (2) that is connected to the movable tool (3), said stationary upstream portion (5) and movable downstream portion (2) being fluidly connected to each other by means of a rotatable system (1) including a rotating joint (20). The rotating joint (20) includes a polymer material having a heat expansion coefficient between 10×10^{-6} and $160 \times 10^{-6}/K$.

(57) Abrégé : L'invention porte sur un dispositif de distribution d'au moins un jet de fluide à température cryogénique sous haute pression comprenant un outil mobile (3) comportant une ou plusieurs buses (18)

[Suite sur la page suivante]

**Publiée :**

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)*

de distribution de fluide pour distribuer un ou plusieurs jets de fluide à température cryogénique et haute pression, et une ligne (2, 5) d'alimentation de l'outil mobile (3) en fluide à température cryogénique et haute pression comprenant une portion amont (5) fixe et une portion aval (2) mobile reliée à l'outil mobile (3), lesdites portion amont (5) fixe et portion aval (2) mobile étant fluidiquement connectées l'une à l'autre au moyen d'un système rotatif (1) comprenant un joint tournant (20). Le joint tournant (20) comprend un matériau polymère présentant un coefficient de dilatation thermique compris entre 10.10^6 et $160.10^6/K$.

Dispositif de distribution de jets de fluide cryogénique avec joint en polymère à coefficient de dilatation donné

L'invention porte sur un dispositif et un procédé de travail par jets de fluide cryogénique sous haute pression, en particulier de traitement de surface, de décapage ou d'écroutage, comprenant un joint rotatif à coefficient de dilatation et coefficient de frottement donnés .

Il est connu d'utiliser un ou des jets cryogéniques sous très haute pression comme proposé par exemple par les documents US-A-7,310,955 et US-A-7,316,363 pour opérer des traitements de surface de matériaux revêtus ou non, en particulier le décapage, l'écroutage ou analogue, voire des découpages, tels les métaux, le béton, le bois, les polymères, les céramiques et les plastiques ou tout autre type de matériau.

Ce type de procédé est destiné à être mis en œuvre notamment dans les milieux où existent des contraintes environnementales drastiques, tel que dans les milieux nucléaire et chimique.

Le ou les jets d'azote liquide à une pression de 1000 à 4000 bars et à température cryogénique comprise par exemple entre -100 et -200°C, typiquement environ -140 et -160°C, sont distribués par un outil porte-buses qui peut être fixé ou animé d'un mouvement rotatif ou oscillant, et qui est généralement alimenté en azote liquide par une canalisation d'amenée de fluide cryogénique.

Pour obtenir un mouvement rotatif de l'outil, on confère à la canalisation et à l'outil, un mouvement rotatif autour de l'axe de la canalisation, au moyen d'un système rotatif d'entraînement à pignons ou courroies mus par un moteur.

L'étanchéité dynamique du système rotatif est habituellement assurée par un joint cylindrique tournant, typiquement en Tivar®, agencé autour de la canalisation, traversé longitudinalement par une pièce en bronze et entouré par une pièce massive en acier inoxydable.

Du fait des températures cryogéniques mises en œuvre, typiquement inférieures à environ -150°C, on a remarqué en pratique que l'efficacité de ce joint diminue au fil du temps, ce qui engendre à plus ou moins courte échéance des fuites et donc des pertes de rendement du procédé, notamment lors d'opérations d'écroutage de béton ou de décapage de peinture par exemple.

En effet, sous l'effet des températures cryogéniques mises en oeuvre, les matériaux se déforment de manière différente les uns des autres, en fonction de leur coefficient de dilatation thermique respectif, comme illustré dans le Tableau I.

Tableau I

Coefficient de dilatation thermique ($\times 10^{-6}/K$)		
Tivar®*	Acier inoxydable 316	Bronze
180	15 (NIST = 24)	17.5

5 *Le Tivar® est un polyéthylène à très grand poids moléculaire.

Ces valeurs sont valables et supposées constantes pour la plage de températures considérée. Les coefficients de dilatation thermique linéique sont obtenus conformément à la norme DIN 50044.

10 Comme on le voit, ces matériaux réagissent très différemment aux températures cryogéniques et, de ce fait, au cours des cycles alternatifs de refroidissement et de réchauffement, il se produit des déformations, voire des détériorations du joint et ce, d'autant plus rapidement qu'il est soumis à des pressions très importantes, à savoir jusqu'à typiquement 4000 bars.

15 En effet, on a constaté en pratique qu'un jeu apparaît progressivement entre le joint et les pièces métalliques, lequel induit des fuites, qui sont rédhibitoires pour un fonctionnement normal du système. En conséquence de quoi, il faut changer régulièrement le joint, ce qui occasionne des coûts de matériel et de maintenance. Or, ceci est critique dans les milieux à risques, notamment les domaines nucléaire ou chimique par exemple, où l'intervention humaine doit être la moins fréquente possible.

20 Le problème à résoudre est dès lors d'augmenter la fiabilité d'un système de distribution de fluide cryogénique, en particulier d'azote liquide, tel que décrit ci-dessus, en proposant un système de distribution avec outil de distribution de fluide avec joint rotatif amélioré de manière à pallier les inconvénients susmentionnés.

25 La solution est un dispositif de distribution d'au moins un jet de fluide à température cryogénique sous haute pression comprenant :

- un outil mobile comportant une ou plusieurs buses de distribution de fluide pour distribuer un ou plusieurs jets de fluide à température cryogénique et haute pression, et
 - une ligne d'alimentation de l'outil mobile en fluide à température cryogénique et haute pression comprenant une portion amont fixe et une portion aval mobile reliée à l'outil mobile,
- 30 lesdites portion amont fixe et portion aval mobile étant fluidiquement connectées l'une à l'autre au moyen d'un système rotatif comprenant un joint tournant,

caractérisé en ce que le joint tournant comprend un matériau polymère présentant un coefficient de dilatation thermique compris entre 10.10^{-6} et $160.10^{-6}/K$.

Selon le cas, le dispositif de l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- 5 - le joint tournant comprend un matériau polymère présentant un coefficient de dilatation thermique compris entre 20.10^{-6} et $130.10^{-6}/K$.
- le joint tournant comprend un matériau polymère présentant un coefficient de frottement inférieur à 0,50.
- le joint est de forme cylindrique.
- 10 - le joint est maintenu au sein du système rotatif par une ou plusieurs pièces en métal.
- le joint est en un matériau polymère choisi parmi le PTFE, le PCTFE, le PAI et le PPS.

15 L'invention porte aussi sur une installation de distribution d'au moins un jet de fluide à température cryogénique sous haute pression comprenant un dispositif selon l'invention alimenté en fluide cryogénique par une source de fluide à température cryogénique et comprenant un outil mobile en rotation équipé d'une ou plusieurs buses de distribution dudit fluide cryogénique sous pression.

20 Par ailleurs, l'invention porte également sur un procédé de traitement de surface, de décapage ou d'écroutage, d'un matériau par jets de fluide cryogénique à haute pression, dans lequel on met en œuvre une installation ou un dispositif selon l'invention.

De préférence, le fluide cryogénique distribué par la ou les buses de l'outil est à une pression d'au moins 500 bar, de préférence entre 2000 et 4000 bar.

Avantageusement, le fluide distribué par la ou les buses de l'outil est à une température inférieure à $-140^{\circ}C$, de préférence entre environ -140 et $-180^{\circ}C$.

25 L'invention va être mieux comprise grâce aux explications illustratives suivantes, données en références aux Figures annexées parmi lesquelles :

- la Figure 1 est une vue schématique d'une partie d'un dispositif de distribution de jets de fluide à température cryogénique et à haute pression équipée d'un joint selon l'invention,
- la Figure 2 est une vue schématique grossie du joint selon l'invention de la Figure 1,
- 30 - la Figure 3 est un schéma général de principe d'une installation de distribution de jets de fluide à température cryogénique et à haute pression incorporant un dispositif selon la Figure 1,
- et les Figures 4A et 4B sont des schémas de l'outil porte-buses du dispositif de la Figure 1.

La Figure 1 est une vue schématique (vue de côté) de la partie d'un dispositif de distribution de jets 6 de fluide à température cryogénique et à haute pression montrant le joint 20 d'étanchéité du système rotatif 1 et l'outil rotatif 3. Plus précisément, le joint 20 de forme cylindrique est agencé à l'intersection des portions 2, 5 de canalisation amenant l'azote liquide (LN₂) et est traversé longitudinalement par une ou plusieurs pièces en bronze 22, 23 et est entouré par une pièce massive en acier inox 21. Le joint 20 assure l'étanchéité dynamique du système rotatif 1 étant donné que la portion amont 5 est fixe, alors que la portion aval 2 est mobile en rotation.

Selon la présente invention, le joint 20 tournant cylindrique est un joint en matériau polymère présentant un coefficient de dilatation thermique compris entre 10.10^{-6} et $160.10^{-6}/K$, de préférence entre environ 20.10^{-6} et $130.10^{-6}/K$. Ces valeurs sont valables et supposées constantes pour la plage de températures considérée. Les coefficients de dilatation thermique linéique sont obtenus conformément à la norme DIN 50044.

Le tableau II ci-après donne les coefficients de dilatation thermique, d'une part, du Tivar® et, d'autre part, de plusieurs polymères disponibles dans le commerce et qui peuvent être utilisés en tant que joint dans le système de la Figure 1 et ainsi remplacer avantageusement les joints en Tivar® classiquement utilisés en milieu cryogénique.

Tableau II

Coefficient de dilatation thermique ($\times 10^{-6}/K$)				
PTFE	PCTFE	PAI	PPS	UHMW PE
Téflon®	Kel'F® Voltalef®	Torlon®	Ryton®	Tivar®
120	70	30	22	180

PTFE = Polytétrafluoroéthylène ; PCTFE = Polymonochlorotrifluoréthylène, PAI = Polyamide imide ; PPS = Sulfure de polyphénylène ; UHMW PE = Polyéthylène à très grand poids moléculaire. Les valeurs du Tableau II sont valables et supposées constantes pour la plage de températures considérée. Les coefficients de dilatation thermique linéique sont obtenus conformément à la norme DIN 50044.

Par ailleurs, les coefficients de frottement des différents polymères du Tableau II et, à titre comparatif, du Tivar® sont donnés dans le Tableau III ci-après.

Tableau III

Coefficient de frottement dynamique (exprimé sans unité)

PTFE	PCTFE	PAI	PPS	UHMW PE
Téflon®	Kel'F® Voltalef®	Torlon®	Ryton®	Tivar®
0.10	0.35	0.25	0.3	0.28

Le coefficient de frottement dynamique a été déterminé selon norme : DIN 50044. (test sur acier trempé rectifié //P = 0,4 MPA - V = 0,6 m/s).

Comme on le constate, le PTFE, le PCTFE, le PAI et le PPS ont des coefficients de frottement faibles et du même ordre que celui du Tivar ®.

5 En examinant les coefficients de dilatation thermique et de frottement, on constate que les polymères PS et PAI sont les matériaux qui conviennent le mieux pour fabriquer le joint tournant selon l'invention. Toutefois, les deux autres polymères conviennent également bien qu'étant moins préférés.

10 En choisissant avec soin le type de joint 20 à utiliser dans le système rotatif 1 de l'invention, on peut augmenter la fiabilité du système de distribution de fluide cryogénique, c'est-à-dire éviter ou minimiser l'apparition progressive d'un jeu entre le joint 20 et les pièces métalliques 21, 22, 23 du système rotatif 1, et donc éviter ou minimiser les fuites d'azote au niveau dudit joint 20.

15 A titre d'exemple, on a représenté sur la Figure 3, une installation équipée d'un dispositif muni d'un joint selon l'invention, par exemple utilisable pour réaliser un décapage de surface par jets 6 de liquide cryogénique.

20 Cette installation se compose d'un réservoir de stockage 11, telle une citerne, d'azote liquide (ci-après appelé LN₂) qui alimente, via une ligne d'amenée 16 d'azote liquide sous basse pression, c'est-à-dire à environ de 3 à 6 bar et à une température de l'ordre de -180°C, un dispositif de compression 12, avec compresseur et échangeur thermique amont interne permettant une mise à ultra haute pression (UHP) de l'azote liquide. Le dispositif de compression 12 permet donc de réaliser la compression du LN₂ provenant du réservoir de stockage 1.

25 Le LN₂ à la première pression (UHP) est alors véhiculé via une ligne de convoyage 17, jusqu'à un échangeur thermique aval 13 externe où le LN₂ UHP subit un refroidissement avec de l'azote liquide à pression atmosphérique (en 9), pour obtenir typiquement de l'azote liquide UHP.

30 Il en résulte du LN₂ à une pression (UHP) typiquement supérieure à 1000 bar, généralement comprise entre 2000 bar et 5000 bar, avantageusement comprise entre environ 3000 et 4000 bar, et à une température inférieure à -140°C, typiquement entre environ -140°C et -180°C, par exemple de l'ordre d'environ -150 à -160°C, qui est envoyé, via les portion de

lignes 5, 2, vers l'outil 4 rotatif de décavage ou analogue munis de buses de distribution 18 délivrant des jets 6 d'azote liquide UHP.

Le réservoir 11 fixe ou mobile de grande capacité, telle une citerne de camion ou un réservoir de stockage de plusieurs milliers de litres d'azote liquide, est généralement situé à l'extérieur des bâtiments, c'est-à-dire à l'air libre. Le réservoir 11 est relié à l'installation au moyen de tuyauteries calorifugées comprenant une ou des vannes de contrôle. En outre, le convoyage du LN_2 entre les différents éléments du système se fait également via des canalisations calorifugées. Le débit global gazeux est approximativement de 20 l/min soit 15 m^3/min .

En général, le dispositif de compression 12, l'échangeur externe 13 et surtout l'outil 4 sont en principe situés dans un ou des bâtiments.

Comme illustré sur les Figures 4A et 4B, pour décaper une surface par exemple, on utilise un outil 4 équipé de buses 18 alimentées par du LN_2 UHP (en 2) que l'on met préférentiellement en rotation de manière à obtenir des jets 6 de LN_2 UHP qui sont utilisés pour décaper la surface à traiter.

La mise en rotation de la portion aval 2 de canalisation et de l'outil 3 est obtenue grâce à un système d'entraînement classique avec moteur et pignons ou courroies d'entraînement.

Un dispositif de traitement thermique équipé d'un joint selon la présente invention est applicable dans toute opération ou procédé de traitement thermique nécessitant la mise en oeuvre d'une rotation ou oscillation de jets de fluide cryogénique, en particulier de traitement de surface, de décavage ou d'écrouissage, d'un matériau, tel les métaux, le béton, la pierre, les plastiques, le bois, la céramique...

Revendications

1. Dispositif de distribution d'au moins un jet de fluide à température cryogénique sous haute pression comprenant :

- 5 - un outil mobile (3) comportant une ou plusieurs buses (18) de distribution de fluide pour distribuer un ou plusieurs jets de fluide à température cryogénique et haute pression, et
- une ligne (2, 5) d'alimentation de l'outil mobile (3) en fluide à température cryogénique et haute pression comprenant une portion amont (5) fixe et une portion aval (2) mobile reliée à l'outil mobile (3), lesdites portion amont (5) fixe et portion aval (2) mobile étant
- 10 fluidiquement connectées l'une à l'autre au moyen d'un système rotatif (1) comprenant un joint tournant (20),

 caractérisé en ce que le joint tournant (20) comprend un matériau polymère présentant un coefficient de dilatation thermique compris entre 10.10^{-6} et $160.10^{-6}/K$.

- 15 2. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le joint tournant (20) comprend un matériau polymère présentant un coefficient de dilatation thermique compris entre 20.10^{-6} et $130.10^{-6}/K$.

- 20 3. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le joint tournant (20) comprend un matériau polymère présentant un coefficient de frottement inférieur à 0,50.

4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le joint (20) est de forme cylindrique.

25

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le joint (20) est maintenu au sein du système rotatif (1) par une ou plusieurs pièces (21, 22, 23) en métal.

- 30 6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le joint est en un matériau polymère choisi parmi le PTFE, le PCTFE, le PAI et le PPS.

7. Installation de distribution d'au moins un jet de fluide à température cryogénique sous haute pression comprenant un dispositif selon l'une des revendications
- 35 précédentes alimenté en fluide cryogénique par une source (11) de fluide à température

cryogénique et comprenant un outil (3) mobile en rotation équipé d'une ou plusieurs buses (18) de distribution dudit fluide cryogénique sous pression.

5 8. Procédé de traitement de surface, de décapage ou d'écroutage, d'un matériau par jets de fluide cryogénique à haute pression, dans lequel on met en œuvre une installation selon la revendication 7 ou un dispositif selon l'une des revendications 1 à 6.

10 9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que le fluide cryogénique distribué par la ou les buses de l'outil (3) est à une pression d'au moins 500 bar, de préférence entre 2000 et 4000 bar.

15 10. Procédé selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce que le fluide distribué par la ou les buses de l'outil (3) est à une température inférieure à -140°C, de préférence entre environ -140 et -180°C.

1/2

FIGURE 1

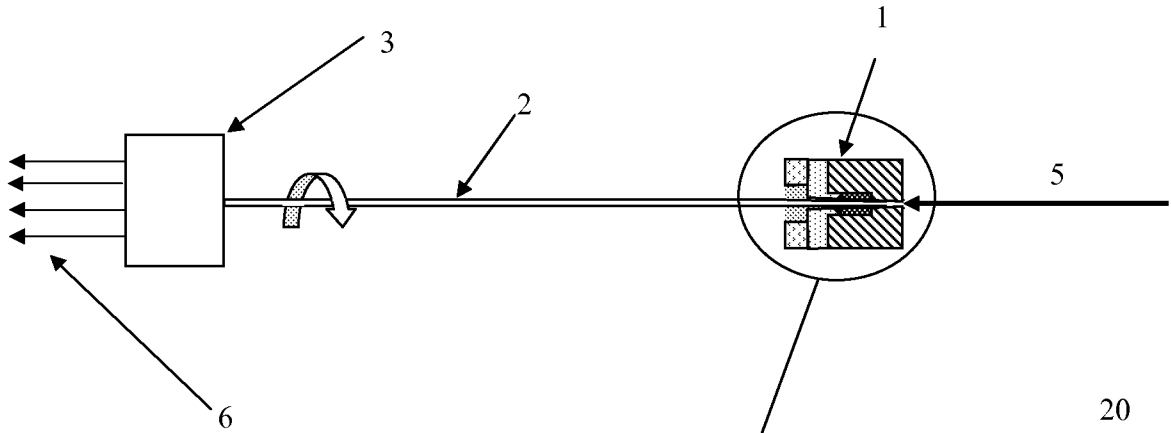


FIGURE 2

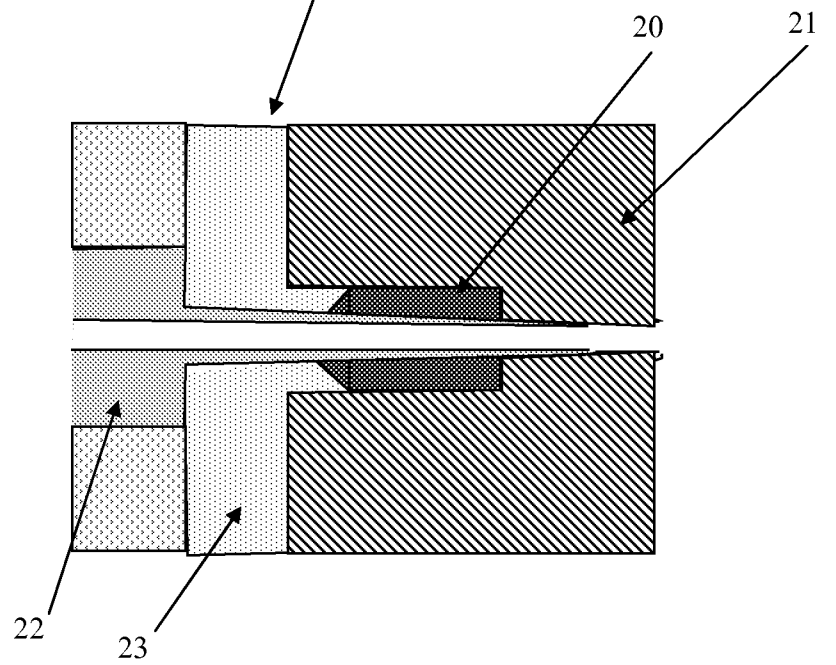


FIGURE 3

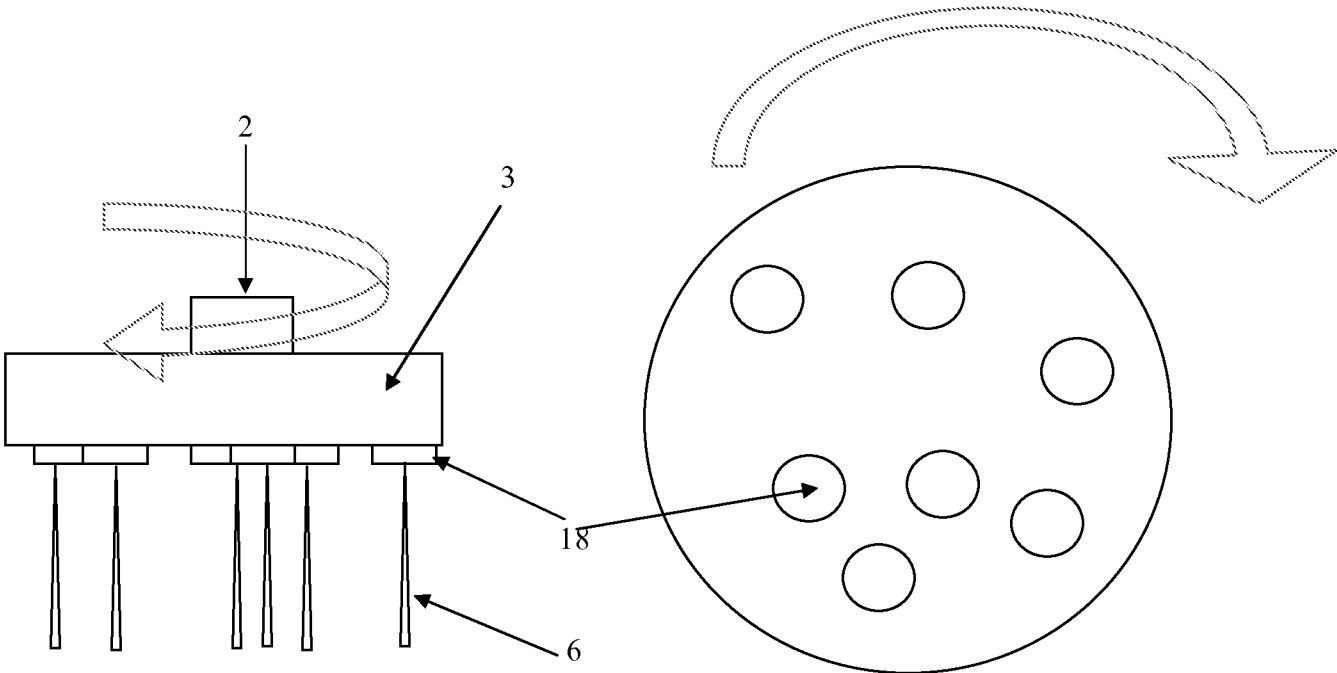
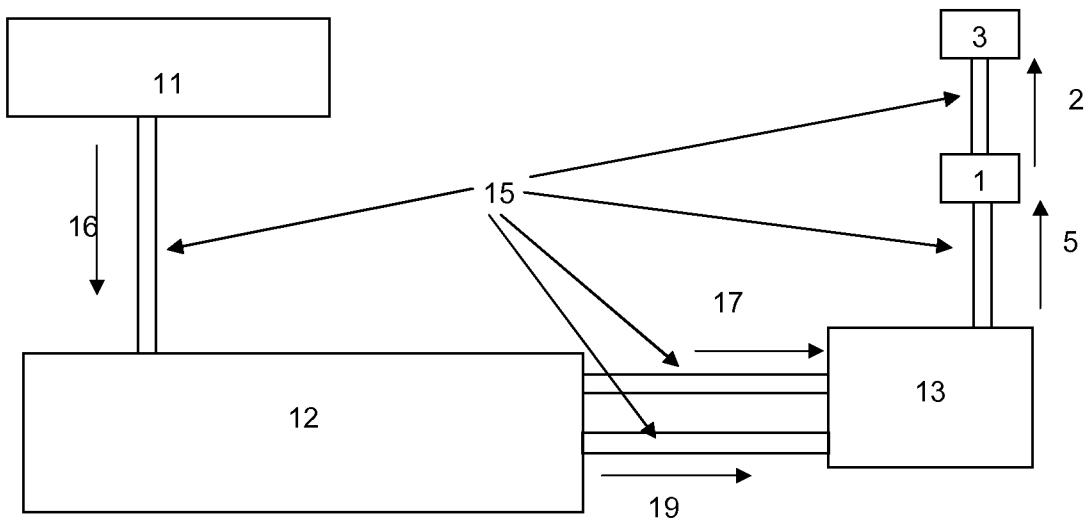


FIGURE 4A

FIGURE 4B