

⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPÉEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet:
31.06.88

⑤① Int. Cl. 4: **F 25 B 9/02**

②① Numéro de dépôt: **85401389.3**

②② Date de dépôt: **09.07.85**

⑤④ **Sonde de refroidissement par effet Joule-Thomson.**

③① Priorité: **25.07.84 FR 8411774**

④③ Date de publication de la demande:
05.03.86 Bulletin 86/10

④⑤ Mention de la délivrance du brevet:
31.08.88 Bulletin 88/35

⑧④ Etats contractants désignés:
DE FR GB

⑤⑥ Documents cités:
DE-B-1 466 790
FR-A-1 465 656
US-A-2 909 908
US-A-2 991 633
US-A-3 095 711
US-A-3 415 078
US-A-3 422 632
US-A-3 714 796
US-A-3 782 129

⑦③ Titulaire: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE, 75, Quai d'Orsay, F-75321 Paris Cédex 07 (FR)**

⑦② Inventeur: **Reale, Serge, 12, rue Hyppolite Muller, F-38100 Grenoble (FR)**
Inventeur: **Mingret, Dominique, 24, rue Picasso, F-79100 Thouars (FR)**

⑦④ Mandataire: **Jacobson, Claude, L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE 75, quai d'Orsay, F-75321 Paris Cédex 07 (FR)**

EP 0 173 599 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention est relative à la technique de refroidissement par détente Joule-Thomson de gaz. Elle s'applique notamment au refroidissement des détecteurs à infra-rouge.

L'invention a pour but de permettre d'obtenir en des temps très courts des températures inférieures à 90 K et voisines du point d'ébullition du gaz sous la pression atmosphérique.

Suivant un premier mode de réalisation, l'invention concerne une sonde de refroidissement par détente Joule-Thomson du type comprenant deux enveloppes tubulaires concentriques pourvues chacune d'un orifice d'échappement et d'une paroi d'extrémité ; un mandrin disposé dans l'enveloppe intérieure ; un premier serpenti d'échange de chaleur bobiné sur le mandrin, destiné à être relié à une source d'un premier gaz sous haute pression et se terminant par un premier orifice de détente situé dans l'enveloppe intérieure ; et un second serpentin destiné à être relié à une source d'un second gaz sous haute pression et se terminant par un second orifice de détente situé dans l'espace séparant les deux enveloppes.

Dans une sonde connue de ce type, décrite dans le US-A-3 422 632, le second serpentin occupe l'espace séparant les deux enveloppes. Cet espace présente donc une perte de charge élevée vis-à-vis de l'écoulement de retour du second gaz en basse pression ; par suite, la sonde ne permet d'obtenir que des températures froides nettement supérieures au point d'ébullition du second gaz sous la pression atmosphérique.

L'invention permet d'abaisser la température froide grâce au fait que, dans une sonde de refroidissement du type précité, ledit espace est pratiquement libre de tout obstacle vis-à-vis de l'écoulement du second gaz jusqu'à l'orifice d'échappement de l'enveloppe extérieure, et les deux serpentins sont bobinés ensemble sur le mandrin, le second serpentin se terminant par un tronçon qui traverse la paroi d'extrémité de l'enveloppe intérieure et présente à son extrémité ledit second orifice de détente.

Suivant un second mode de réalisation, la sonde de l'invention est du type comprenant deux enveloppes tubulaires concentriques pourvues chacune d'un orifice d'échappement et d'une paroi d'extrémité ; un mandrin disposé dans l'enveloppe intérieure ; un serpentin d'échange de chaleur bobiné sur le mandrin, destiné à être relié à une source d'un gaz sous pression et se terminant par un orifice de détente situé dans l'enveloppe intérieure ; et des moyens de détente faisant communiquer l'enveloppe intérieure avec l'espace séparant les deux enveloppes.

Une sonde connue de ce type, décrite dans le US-A-3 782 129, est alimentée par un gaz unique, dont une partie est détendue en moyenne pression dans l'espace séparant les deux enveloppes et le reste est redétendu à la pression

atmosphérique. L'invention améliore les performances d'une telle sonde, de façon à obtenir à la fois une grande vitesse de refroidissement et une température finale très basse, grâce au fait que le serpentin est relié à une source d'un mélange de deux gaz dont l'un présente un effet Joule-Thomson supérieur à l'autre et une volatilité plus faible.

Il est avantageux que lesdits moyens de détente soient constitués par un second orifice de détente percé dans la paroi d'extrémité l'enveloppe intérieure.

De préférence, les premier et second gaz sont respectivement l'argon, qui présente un effet Joule-Thomson relativement fort mais est peu volatil, et l'azote, dont l'effet Joule-Thomson est plus faible mais qui est plus volatil.

Parmi les deux modes de réalisation de l'invention exposés ci-dessus, le premier permet d'obtenir des températures plus basses, tandis que le second est plus économique.

Deux exemples de réalisation de l'invention vont maintenant être décrits en regard du dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe longitudinale d'une sonde de refroidissement conforme à l'invention ; et

- la figure 2 est une vue analogue d'une autre sonde de refroidissement conforme à l'invention.

La sonde de refroidissement représentée à la figure 1 comprend essentiellement deux enveloppes tubulaires concentriques 1 et 2 et un mandrin 3 coaxiaux, d'axe X-X supposé vertical, et deux serpentins ailetés 4 et 5.

Les deux serpentins 4 et 5 comportent chacun une extrémité d'entrée, 6 et 7 respectivement, destinées à être reliées respectivement à une capacité 8 de stockage d'argon sous une haute pression par exemple supérieure à 500 bars et à une capacité 9 de stockage d'azote sous une haute pression par exemple de l'ordre de 150 à 200 bars. Comme on le sait, l'argon est un gaz à fort effet Joule-Thomson, et donc à puissance frigorifique élevée pour un débit et une détente donnés, tandis que l'azote présente un effet Joule-Thomson nettement plus faible mais est beaucoup plus volatil. Les deux serpentins sont bobinés ensemble en hélice sur le mandrin 3, les parties bobinées étant représentées schématiquement par une zone hachurée 10.

L'enveloppe intérieure 1 est enfilée sans jeu sur ce bobinage, un fil hélicoïdal assurant l'étanchéité comme il est bien connu dans la technique. Cette enveloppe 1 comporte à son extrémité supérieure un orifice d'échappement 11 qui débouche sur l'atmosphère environnante, et à son extrémité inférieure un fond horizontal 12.

L'enveloppe extérieure 2 entoure l'enveloppe 1 avec un jeu radial notable et est fermée à son extrémité supérieure. Près de cette dernière, elle comporte un orifice d'échappement 13 qui débouche sur l'atmosphère environnante, et elle est obturée à son extrémité inférieure par un fond horizontal 14 sur lequel peut être fixé un objet 15

à réfrigérer, par exemple un détecteur à infra-rouge.

Le serpentin 4 se termine, à son extrémité inférieure, par un orifice de détente calibré 16, de très petit diamètre (par exemple de l'ordre de 0,1 mm) situé dans l'enveloppe 1, légèrement au-dessous de l'extrémité inférieure du mandrin 3. Le serpentin 5 se prolonge par un tronçon d'extrémité inférieur 17 qui traverse à étanche le fond 12 et se termine par un orifice de détente calibré 18 analogue à l'orifice 16 mais de diamètre plus petit (par exemple de l'ordre de 0,05 mm) et situé entre les fonds 12 et 14 des deux enveloppes.

En fonctionnement, on envoie simultanément dans les deux serpentins 4 et 5 de l'argon sous haute pression et de l'azote sous haute pression, respectivement. Le débit d'argon est très supérieur au débit d'azote du fait de la différence de haute pression précitée et de la différence de diamètre entre les orifices 16 et 18.

L'argon se détend au passage de l'orifice 16 et remonte suivant un trajet très sinueux, et donc à forte perte de charge, en suivant les spires du double bobinage 10, et s'échappe à l'atmosphère par l'orifice 11. Ce faisant, l'argon détendu prérefroidit d'une part l'argon sous haute pression et d'autre part l'azote sous haute pression; la température de ces deux gaz descend ainsi jusqu'à obtention d'argon liquide sur le fond 12; la température à cet emplacement est alors la température d'ébullition de l'argon à la pression moyenne régnant dans la partie inférieure de l'enveloppe 1.

L'azote haute pression ainsi prérefroidi parvient à l'orifice 18 et s'y détend, et il se forme de l'azote liquide sur le fond 14. L'azote gazeux détendu remonte par l'espace annulaire, dépourvu de tout obstacle à l'écoulement, existant entre les enveloppes 1 et 2, et s'échappe à l'atmosphère par l'orifice 13. Le perte de charge dans ce circuit basse pression étant très faible, la pression qui règne dans la partie inférieure de l'enveloppe 2 est voisine de la pression atmosphérique.

Ainsi, on obtient sur le fond 14 une température très basse, de l'ordre de 80 K, qui est la température d'ébullition de l'azote sous la pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique qui règne dans la partie inférieure de l'enveloppe 2.

De plus, grâce au prérefroidissement de l'azote assuré par détente d'un fort débit d'argon, qui est un gaz à fort effet Joule-Thomson et donc à forte puissance frigorifique, fourni sous très haute pression, cette basse température est obtenue très rapidement.

En d'autres termes, on a réalisé dans la sonde de refroidissement d'une part un circuit de puissance fonctionnant à l'argon et ayant comme caractéristiques un excellent transfert de chaleur (au prix d'une forte perte de charge) et une forte puissance frigorifique, et d'autre part un circuit de refroidissement poussé ayant comme caractéristiques de médiocres performances

d'échange de chaleur (entre l'azote détendu et les deux gaz haute pression) et une faible puissance frigorifique (du fait de l'effet Joule-Thomson relative faible de l'azote et du faible débit de ce gaz), mais une très faible perte de charge; on obtient ainsi à la fois une très basse température et un temps de mise en froid très réduit.

On comprend qu'il est possible de choisir les valeurs des deux hautes pressions et des deux débits ainsi que la nature des deux gaz détendus de manière à obtenir une température basse donnée dans un temps donné. Par ailleurs, le volume des capacités de stockage 8 et 9 des deux gaz conditionne la durée de fonctionnement de la sonde.

A titre d'exemple numérique, on peut choisir les paramètres suivants :

Haute pression d'argon : 600 à 700 bars

Perte de charge du circuit basse pression d'argon : quelques bars

Haute pression d'azote : 150 à 200 bars

Perte de charge du circuit basse pression d'azote : inférieure à 1 bar,

et obtenir ainsi les performances suivantes :

Température sur le fond 14 : environ 80 K

Temps d'obtention de cette température; inférieur à 2 secondes.

Il est à noter que l'effet technique indiqué ci-dessus serait encore obtenu en alimentant les deux serpentins 4 et 5 avec un même gaz, avec un choix judicieux des deux hautes pressions et des deux débits.

La sonde de refroidissement représentée à la figure 2 est dans l'ensemble analogue à celle de la figure 1. Elle en diffère par le fait que le serpentin 5 est supprimé et que le fond 12 de l'enveloppe intérieure 1 est pourvu d'un orifice calibré 18A de détente analogue à l'orifice 18 de la figure 1.

L'entrée 6 de l'unique serpentin 4 est reliée à une capacité 8A de stockage d'un mélange argon-azote sous une haute pression par exemple supérieure à 500 bars. Ce gaz se détend à travers l'orifice 16, et une partie du gaz détendu remonte suivant un trajet très sinueux le long des spires du bobinage 10A du serpentin, en prérefroidissant le gaz haute pression, et s'échappe à l'atmosphère par l'orifice 11. On obtient ainsi au bout d'un certain temps sur le fond 12 la température de rosée du mélange à la pression moyenne régnant dans la partie inférieure de l'enveloppe 1.

Le reste du gaz détendu se détend de nouveau à travers l'orifice 18A, remonte dans l'espace annulaire qui sépare les deux enveloppes, sans exercer d'effet frigorifique notable sur l'enveloppe 1, et s'échappe à l'atmosphère par l'orifice 13. Comme précédemment, la pression qui règne dans la partie inférieure de l'enveloppe est voisine de la pression atmosphérique, et la température sur le fond 14 descend donc jusqu'au point de rosée du mélange à cette pression.

Ainsi, on utilise d'une part, dans le circuit

moyenne pression de l'enveloppe 1, la forte puissance frigorifique de l'argon, pour obtenir un prérefroidissement rapide du mélange, et d'autre part, dans l'enveloppe 2, la volatilité élevée de l'azote pour obtenir une température finale suffisamment basse. On peut donc considérer que la sonde de la figure 2 fonctionne de la même façon que celle de la figure 1, mais après intégration des deux circuits de gaz haute pression.

Il est clair que l'agencement de la figure 2 est plus économique que celui de la figure 1, mais, en revanche, les performances obtenues sont moins bonnes la présence d'azote dans le mélange diminue la puissance frigorifique de prérefroidissement, et la présence d'argon dans le mélange détendu par l'orifice 18A fait remonter le point de rosée. Par suite, la sonde de la figure 2 est plus appropriée pour les applications où l'on désire obtenir une température un peu moins basse que précédemment, par exemple de l'ordre de 90 K.

A titre d'exemple numérique, avec une haute pression de l'ordre de 600 à 700 bars comme précédemment, on peut obtenir sur le fond 14 des températures de l'ordre de 90 K en moins de deux secondes.

Il est à noter que, en variante, on peut remplacer l'argon par un autre gaz à fort effet Joule-Thomson, par exemple par du "Fréon 14" ou du méthane. Dans le cas de la figure 1, cet autre gaz peut être utilisé dans une première phase puis être remplacé par de l'argon, dont le point d'ébullition est plus bas.

On remarque par ailleurs que le large espace libre existant entre les deux enveloppes 1 et 2 rend la construction de la sonde bien plus facile et plus économique que dans le cas des sondes classiques comportant un premier bobinage dans l'enveloppe intérieure et un second bobinage dans l'enveloppe extérieure, car les tolérances de fabrication et de montage de l'enveloppe 2 peuvent être très larges. Cet avantage important subsisterait, dans le cas de la figure 2, si la sonde était alimentée par un gaz pur et non par un mélange de gaz.

Revendications

1. Sonde de refroidissement par détente Joule-Thomson, du type comprenant deux enveloppes tubulaires concentriques (1, 2) pourvues chacune d'un orifice d'échappement (11, 13) et d'une paroi d'extrémité (12, 14); un mandrin (3) disposé dans l'enveloppe intérieure (1); un premier serpentín d'échange de chaleur (4) bobiné sur le mandrin, destiné à être relié à une source (8) d'un premier gaz sous haute pression et se terminant par un premier orifice de détente (16) situé dans l'enveloppe intérieure; et un second serpentín (5) destiné à être relié à une source (9) d'un second gaz sous haute pression et se terminant par un second orifice de détente (18) situé dans l'espace

séparant les deux enveloppes (1, 2), caractérisée en ce que ledit espace est pratiquement libre de tout obstacle vis-à-vis de l'écoulement du second gaz jusqu'à l'orifice d'échappement (13) de l'enveloppe extérieure (2), et en ce que des deux serpentíns (4, 5) sont bobinés ensemble sur le mandrin, le second serpentín (5) se terminant par un tronçon (17) qui traverse la paroi d'extrémité de l'enveloppe intérieure (1) et présente à son extrémité ledit second orifice de détente (18).

2. Sonde de refroidissement par détente Joule-Thomson, du type comprenant deux enveloppes tubulaires concentriques (1, 2) pourvues chacune d'un orifice d'échappement (11, 13) et d'une paroi d'extrémité (12, 14); un mandrin (3) disposé dans l'enveloppe intérieure (1); un serpentín d'échange de chaleur (4) bobiné sur le mandrin, destiné à être relié à une source (8) d'un gaz sous pression et se terminant par un orifice de détente (16) situé dans l'enveloppe intérieure; et des moyens de détente (18A) faisant communiquer l'enveloppe intérieure avec l'espace séparant les deux enveloppes (1, 2), caractérisée en ce que le serpentín (4) est relié à une source (8A) d'un mélange de deux gaz dont l'un présente un effet Joule-Thomson supérieur à l'autre et une volatilité plus faible.

3. Sonde suivant la revendication 2, caractérisée en ce que lesdits moyens de détente sont constitués par un second orifice de détente (18A) percé dans la paroi d'extrémité (12) de l'enveloppe intérieure (1).

Patentansprüche

1. Sonde zum Kühlen durch Entspannung nach Joule-Thomson, mit zwei konzentrischen, rohrförmigen Umhüllungen (1, 2), die jeweils mit einer Ausströmöffnung (11, 13) und einer Endwand (12, 14) versehen sind; einem Dorn (3), der in der inneren Umhüllung (1) angeordnet ist; einer ersten Wärmeaustauscherschlange (4), die auf dem Dorn aufgewickelt und dazu bestimmt ist, mit einer Quelle (8) eines ersten Gases unter hohem Druck verbunden zu werden und in einer ersten Entspannungsöffnung (16) endet, die in der inneren Umhüllung angeordnet ist; und einer zweiten Schlange (5), die dazu bestimmt ist, mit einer Quelle (9) eines zweiten Gases unter hohem Druck verbunden zu werden und die in einer zweiten Entspannungsöffnung (18) endet, die in dem Raum angeordnet ist, welcher die zwei Umhüllungen (1, 2) trennt, dadurch gekennzeichnet, daß der Raum von jedem Hindernis bezüglich des Fließens des zweiten Gases bis zur Ausströmöffnung (13) der inneren Umhüllung (2) praktisch frei ist und daß die zwei Schlangen (4, 5) zusammen auf dem Dorn aufgewickelt sind, wobei die zweite Schlange (5) in einem Teil (17) endet, welches die Endwand der inneren Umhüllung (1) durchquert und an seinem Ende die zweite Entspannungsöffnung (18) aufweist.

2. Sonde zum Kühlen durch Entspannen gemäß Joule-Thomson, mit zwei konzentrischen, rohrförmigen Umhüllungen (1, 2), die jeweils mit einer Ausströmöffnung (11, 13) und einer Endwand (12, 14) versehen sind; einem Dorn (3), der in der inneren Umhüllung (1) angeordnet ist; einer Wärmeaustauscherschlange (4), die auf dem Dorn aufgewickelt ist und dazu bestimmt ist, mit einer Quelle (8) eines Gases unter Druck verbunden zu werden, und die in einer Entspannungsöffnung (16) endet, welche in der inneren Umhüllung angeordnet ist; und mit Entspannungsmitteln (18A), welche die innere Umhüllung mit dem Raum verbinden, der die beiden Umhüllungen (1, 2) trennt, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlange (4) mit einer Quelle (8A) eines Gemisches von zwei Gasen verbunden ist, von denen eines einen größeren Joule-Thomson-Effekt hat als das andere und eine kleinere Flüchtigkeit hat.

3. Sonde nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Entspannungsmittel aus einer zweiten Entspannungsöffnung (18A) bestehen, welche in die Endwand (12) der inneren Umhüllung (1) gelocht ist.

Claims

1. Probe for cooling by Joule-Thomson expansion of the type comprising two concentric tubular jackets (1, 2) each provided with an outlet orifice (11, 13) and with an end wall (12, 14); a mandrel (3) situated within the inner jacket (1); a first heat exchanger coil (4) wound on the mandrel, intended to be connected to a source (8) of a first gas under high pressure and terminating in a first expansion orifice (16) situated within the inner jacket; and a second coil (5) intended to be connected to a source (9) of a second gas under high pressure and terminating in a second expansion orifice (18) situated in the space separating the two jackets (1, 2), characterised in that the said space is practically free of any obstacle to the flow of the second gas up to the outflow orifice (13) of the outer jacket (2), and in that the two coils (4, 5) are wound together on the mandrel, the second coil (5) being terminated by a section (17) which passes through the end wall of the inner jacket (1) and at its extremity has the said second expansion orifice (18).

2. Probe for cooling by Joule-Thomson expansion of the type comprising two concentric tubular jackets (1, 2) each provided with an outlet orifice (11, 13) and with an end wall (12, 14); a mandrel (3) situated within the inner jacket (1); a heat exchanger coil (4) wound on the mandrel, intended to be connected to a source (8) of a gas under pressure and terminating in an expansion orifice (16) situated within the inner jacket; and expansion means (18A) establishing communication between the inner jacket and the space separating the two jackets (1, 2),

characterised in that the coil (4) is connected to a source (8A) of a mixture of two gases of which the one exhibits a greater Joule-Thomson effect than the other and a lower volatility.

3. Probe according to claim 2, characterised in that the said expansion means comprise a second expansion orifice (18A) drilled through the end wall (12) of the inner jacket (1).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

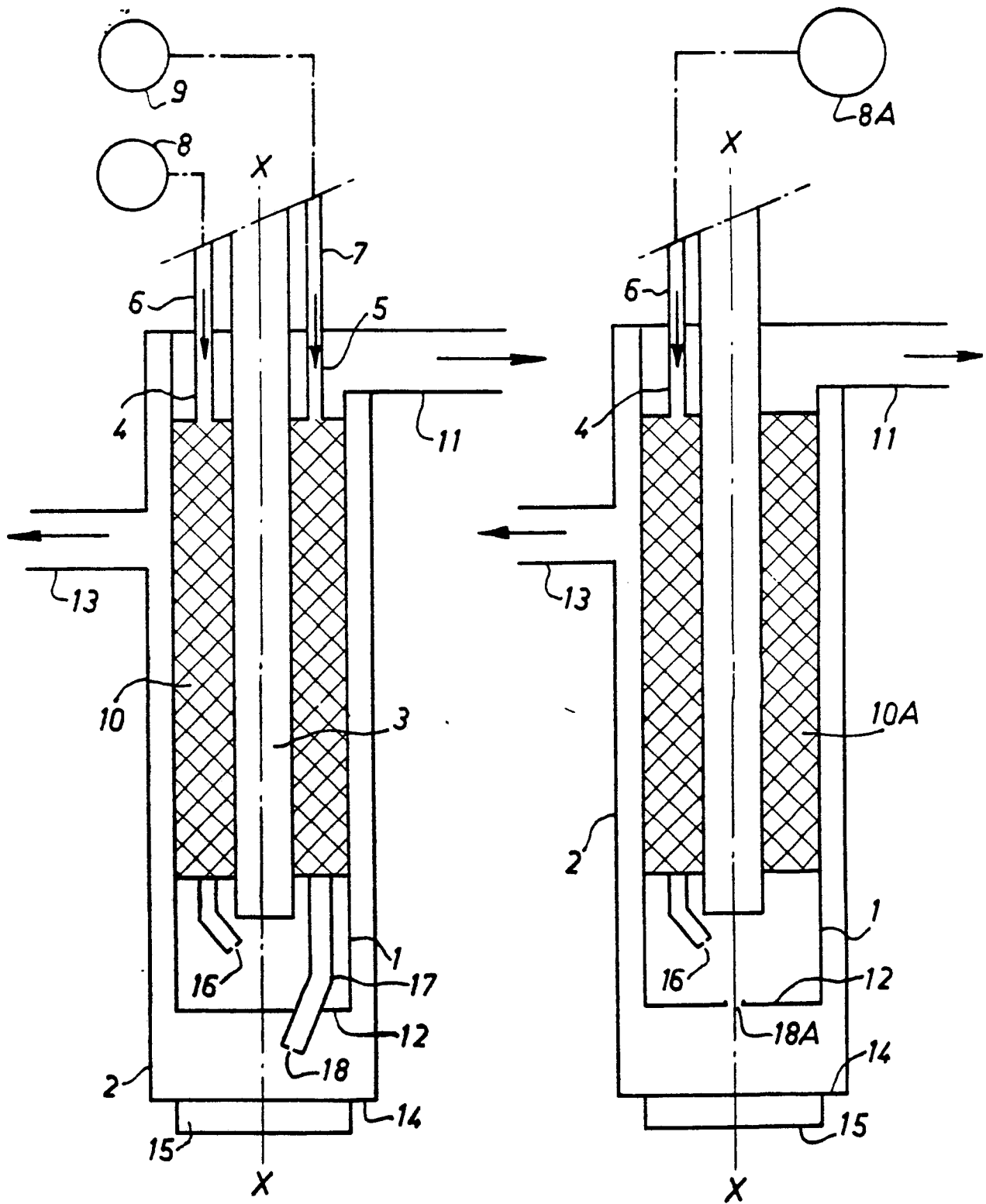


FIG.1

FIG.2