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

(11) EP 0 586 294 B1

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
20.03.1996 Bulletin 1996/12

(51) Int Cl.[6]: **F17C 9/00**, F04B 15/08

(21) Numéro de dépôt: **93402120.5**

(22) Date de dépôt: **30.08.1993**

(54) **Dispositif de distribution de fluides cryogeniques à leurs appareils d'utilisation**

Anlage für die Abgabe von cryogenen Flüssigkeiten an Vorrichtungen, die sie verwenden

Device for the distribution of cryogenic fluid to apparatuses using them

(84) Etats contractants désignés:
DE ES IT

(30) Priorité: **01.09.1992 FR 9210449**

(43) Date de publication de la demande:
09.03.1994 Bulletin 1994/10

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

(72) Inventeur: **Lermuzeaux, André**
F-94370 Sucy en Brie (FR)

(74) Mandataire: **Le Moenner, Gabriel et al**
L'AIR LIQUIDE, Société Anonyme pour l'étude et l'exploitation des procédés Georges Claude
75, Quai d'Orsay
F-75321 Paris Cédex 07 (FR)

(56) Documents cités:
FR-A- 2 613 034
FR-A- 2 672 942
GB-A- 573 383

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).

EP 0 586 294 B1

Description

La présente invention concerne un dispositif de transfert de fluides cryogéniques dans des établissements industriels entre un réservoir de stockage et au moins un appareil utilisateur.

Les fluides cryogéniques sont généralement transportés par camion à leur lieu d'utilisation, où ils sont stockés dans des réservoirs isolés; de là ils sont distribués aux appareils utilisateurs par une tuyauterie ou ligne cryogénique, sous l'effet de la pression que l'on établit dans le réservoir de stockage par la vaporisation d'une partie du fluide cryogénique. Il s'établit en quelques heures l'équilibre entre phases liquide et gazeuse du réservoir.

Ce mode opératoire a l'avantage de la simplicité, mais il présente plusieurs inconvénients:

Lorsque le liquide cryogénique circule dans la tuyauterie il subit à la fois des pertes de charge et des entrées de chaleur, rompant l'équilibre et causant sa vaporisation: la circulation est diphasique. Le diphasique, pour un débit massique donné, augmente les pertes de charge, rend nécessaires de gros diamètres de ligne et d'accessoires, et crée des irrégularités de fonctionnement. Pour l'azote, par exemple, des lignes de plus de 50 mètres pourront avoir une marche aléatoire, ou un coût très élevé si elles sont isolées sous vide en gros diamètre.

Un autre inconvénient a trait au rendement thermodynamique du fluide cryogénique: le froid utilisable correspond à la variation enthalpique du fluide entre son état initial, dans le réservoir, et son état final, à la sortie de l'appareil utilisateur, après vaporisation et réchauffage éventuel du gaz produit; il est donc intéressant de rechercher l'enthalpie initiale la plus basse, c'est à dire la pression d'équilibre au réservoir la plus basse que l'on puisse atteindre en pratique.

Un troisième aspect n'est pas négligeable sur le plan du rendement: maintenir la pression au stockage, c'est remplacer le volume de liquide soutiré par le même volume de gaz; or l'isolation des réservoirs industriels est de grande qualité, et, dans le cas de l'azote, si on utilise le contenu d'un réservoir en moins de quatre jours, les entrées de chaleur au réservoir seront insuffisantes pour maintenir la pression, et on devra vaporiser 0,5 à 1,5 % du fluide par un "réchauffeur".

Les inconvénients ci-dessus, et la pratique paradoxale de réchauffer un fluide dont on utilise le froid, afin d'élever sa pression, sont néanmoins acceptés parce qu'il n'existe pas d'autre moyen pratiquement utilisable de distribution du fluide cryogénique à l'appareil utilisateur.

On connaît quelques exemples de surélévation du réservoir par rapport au poste utilisateur pour bénéficier de la pression de la colonne de fluide. Les pompes cryogéniques centrifuges connues s'accommodent mal de petits débits, de variations de débit, de la vaporisation par pertes de rendement hydraulique en cas de réduction du débit, entraînant des risques de cavitation. On connaît des pompes mécaniques alternatives immergées, dans les installations de remplissage de bouteilles de gaz, poussant le liquide à plus de 200 x 10^5 Pa dans un vaporiseur; ces pompes ne sont toutefois pas adaptées à l'aspiration du liquide à faible pression. Le pompage d'un fluid cryogénique à pression basse à piston à mouvement alternatif, dont la partie admission est immergée dans le liquide à pomper est connu du FR-A-2 613 034.

L'objet de la présente invention est de proposer un dispositif de pompage de fluide cryogénique simple et efficace, pour élever sa pression à un niveau constant et réglable, pour des débits variables, typiquement entre un débit nul et un maximum dépendant de la taille de l'appareil utilisateur, ce dispositif de pompage étant avantageusement complété par un ou plusieurs réservoirs d'accumulation du fluide sous pression.

Ce dispositif permet un nouveau mode de distribution des fluides cryogéniques aux appareils utilisateurs ; en prenant le cas de l'azote, le remplissage à la livraison se fera à la plus basse pression, ce qui constitue un contrôle de la qualité du fluide, sans régulation de la pression au "dépotage", opération qui est souvent source d'irrégularités de marche de l'installation; le réservoir de stockage, à basse pression, pourra être allégé, sans système de régulation de pression; les lignes seront conçues pour le monophasique, permettant de plus petits diamètres et/ou de plus grandes longueurs à des moindres coûts. Au sens de la présente invention, on entendra par fluide cryogénique, un gaz liquéfié comme l'azote, l'argon, l'oxygène, le CO_2, etc..., les appareils utilisateurs pouvant être des tunnels, bains, ruissellements ou pulvérisation de liquides, etc..., mais aussi des évaporateurs, ainsi que des appareils de production de neige carbonique.

Un ensemble de schémas et dessins permet de décrire le dispositif et son fonctionnement:

Les figures 1 et 2 représentent respectivement une partie d'un diagramme de MOLLIER de l'azote et du CO_2, sur lesquels ont été portés les points représentatifs de différentes conditions de distribution de ce fluide.

La figure 3 est une vue schématique partielle d'un dispositif de pompage selon l'invention.

La figure 4 est une vue en coupe du clapet d'admission et du piston de la pompe de la figure 3.

La figure 5 est un schéma d'ensemble d'une distribution de dioxyde de carbone, suivant l'invention.

Le diagramme de l'azote de la figure 1 montre la courbe d'équilibre liquide/vapeur pour des pressions relatives (PR) entre zéro (pression atmosphérique) et 3 x 10^5 Pa, suivant l'axe vertical, les enthalpies (H) étant portées sur l'axe horizontal.

On peut considérer que l'azote liquide est normalement livré à son point d'utilisation à une pression de 0,7 x 10^5 Pa : en effet, l'azote est à moins de 0,05 x 10^5 Pa dans les stockages des usines de liquéfaction. Chaque pompage élève l'enthalpie de 0,7 kcal/kg par perte de rendement des pompes centrifuges, ce qui correspond à une élévation de

0,22 x 10^5 Pa de la pression du liquide, dans cette zone de pressions. Le transport, entrées de chaleur et effets mécaniques confondus, élève la pression de 0,07 x 10^5 Pa pour un trajet de 100 km. En comptant deux pompages, et pour une distance de transport de 200 km, la pression de l'azote dans le réservoir sera donc infime, de 0,63 x 10^5 Pa. On notera que la valeur arrondie à 0,7 x 10^5 Pa traduit la bonne qualité du fluide.

L'azote à 0,7 x 10^5 Pa est représenté en (A1) sur le diagramme, ainsi que, en A2, l'azote en équilibre à 2 x 10^5 Pa, très fréquent dans l'état actuel de la technique ; si le point d'utilisation est plus élevé que le stockage, la pression sera souvent de 2,6 x 10^5 Pa, représentée en A3).

Les points A'2 ou A'3 représentent l'azote à l'arrivée d'un poste utilisateur, le diphasique représentant souvent 3 à 5 % en poids, soit 150 à 250 % en volume. Par contre, augmenter par pompage la pression de 0,7 à 2,6 x 10^5 Pa, comme représenté en A'1, permettra de beaucoup plus grandes pertes de charge et entrées de chaleur, représentées par A"1 sans formation de vapeur.

En ce qui concerne les comparaisons des enthalpies initiales H1, H2, H3, on doit établir les variations, donc les quantités de froid produites en kcal/kg, pour 2 états finaux: l'un correspond à l'enthalpie du gaz à - 196° et pression atmosphérique, lorsque seule la chaleur latente est utilisée, comme en immersion, soit 18,45 kcal/kg; l'autre correspond aux tunnels de congélation, ou le gaz peut sortir à - 50°, avec une enthalpie de 55kcal/kg.

Le tableau suivant permet la comparaison:

Pression relative de stockage (Pa)	Enthalpie initiale kcal/kg	Variation enthalpique jusqu'au gaz à -196° et pression atmosphérique	Variation enthalpique jusqu'au gaz à -50° et pression atmosphérique
0,7	- 26,70	45,15	81,64
2,0	- 23,67	42,12	78,61
2,6	- 22,65	41,10	77,59

L'azote à 0,7 x 10^5 Pa produira, dans le cas d'immersion, respectivement 7,2 % et 9,8 % plus de froid que l'azote à 2 et 2,6 x 10^5 Pa, et donc l'on économisera 6,7 % ou 9 % de la quantité de liquide à utiliser.

La récupération de la chaleur sensible du gaz, dans les tunnels par exemple, ne dépend pas de l'enthalpie initiale, et l'économie due à l'emploi d'azote à 0,7 x 10^5 Pa sera entre 3,7 % et 5 %, respectivement, par rapport à l'azote à 2 x 10^5 Pa et 2,6 x 10^5 Pa.

A ces économies, le système selon l'invention ajoute celles résultant de la suppression du maintien en pression du réservoir: même en cas de vidange rapide, la pression de 0,7 x 10^5 Pa ne chutera que de 0,15 x 10^5 Pa, soit 0,55 x 10^5 Pa en final, sans inconvénients.

Au contraire, les rapports des masses volumiques, en kg/m3 du gaz et du liquide en équilibre à 2 et 2,6 x 10^5 Pa sont, respectivement: 12,8 / 756,5 = 0,017 et 15,1 / 746 = 0,02, ce qui signifie qu'il faudra vaporiser 1,7 % ou 2 % du liquide, pour maintenir la pression à 2 ou 2,6 x 10^5 Pa.

La figure 2 représente les états du dioxyde de carbone, portés sur un diagramme, les pressions absolues étant figurées sur l'axe vertical, et les enthalpies sur l'axe horizontal; on citera les analogies et les différences du CO_2 par rapport à l'azote.

La différence majeure est la pression du point triple (PT), à 5,18 x 10^5 Pa. Un état final du CO_2 peut être le gaz sortant d'un tunnel de réfrigération à la pression atmosphérique (PA) et -50°C (HT); un autre état final sera, après production de neige et sa sublimation, la "sortie" de gaz à -78,5°C, représenté par HN.

La variation enthalpique, ou froid utilisable, correspond essentiellement à la chaleur latente ; il est donc d'autant plus intéressant d'abaisser l'enthalpie initiale:

L'état initial habituel est la livraison de CO_2 liquide à -20°C et 20 x 10^5 Pa, représenté en D1), qui peut être stocké tout à fait à la manière de l'azote liquide, en réservoirs isolés sous vide; généralement on utilise des stockages moins performants, dont on contrôle la pression à 20 x 10^5 Pa par un groupe frigorifique; dans ce dernier cas, on connaît des pompes centrifuges de circulation en boucle du $C0_2$ liquide, pour maintenir en froid la ligne, et non dans le but d'obtenir un sousrefroidissement du liquide par augmentation de pression. Le gaz formé par les pertes de rendement des pompes et les entrées de chaleur, revient en bout de boucle au réservoir, où il est condensé par le groupe frigorifique.

Le plus fréquent est l'emploi d'une ligne simple, et dans ce cas, le CO_2 parvenant à l'utilisation est représenté par D'1, ce qui permet un fonctionnement normal ; l'intérêt de la diminution de l'enthalpie et de la pression initiale, a motivé des distributions de CO_2 liquide à 8 x 10^5 Pa et -45°C, représenté par D2 : à l'arrivée à l'utilisation, représentée par D'2, la proximité de la pression du point triple impose des précautions particulières. On peut dire que même sous 10 ou 11

x 10^5 Pa les risques de bouchage par le CO_2 solide (plugging) existent.

Le dispositif de pompage objet de l'invention, permet d'utiliser du CO_2 amené au voisinage du point triple, soit par refroidissement, soit par vaporisation et abaissement de la pression, comme représenté par D3 : la pression peut être augmentée jusqu'au point représentatif D'3, de sorte qu'à l'utilisation (D"3) le risque de formation de solide soit réduit. La pompe admet la circulation de fluide chargé de particules, et si le réservoir basse pression est en charge sur son entrée, on pourra même utiliser un mélange de CO_2 liquide et solide au point triple.

La figure 3 illustre schématiquement le dispositif de pompage selon l'invention : un réservoir isolé de stockage 1 contient le fluide cryogénique à la plus basse pression possible: pour l'azote, ce réservoir est le stockage, recevant l'azote liquide à 0,7 x 10^5 Pa; pour le CO_2, il s'agit d'un réservoir basse pression, distinct généralement du réservoir de livraison.

Une ligne 2 est la sortie liquide du réservoir, qui alimente par gravité le dispositif de pompage via une vanne d'arrêt 3 ; il est souhaitable de surdimensionner cette dernière 3', et de réduire la distance horizontale au pompage. La sortie du réservoir 1 doit être en surélévation de 0, 5 à 1 mètre par rapport à l'entrée du dispositif de pompage.

Le dispositif de pompage comporte à sa partie inférieure un petit réservoir 4 servant à alimenter en liquide dépourvu de gaz le clapet d'admission 6 de la pompe; pour cela il est muni d'un tube évent 5 relié par un tube isolé à la phase gazeuse (partie haute) du réservoir 1 ; le tube 5 sert également à la mise en froid du dispositif de pompage dans le cas de l'utilisation du CO_2. Il peut, en variante être remplacé par un éliminateur de gaz.

La pompe est du type à piston et clapets, verticale. Un tube 7 fixé par brides au réservoir 4 porte le cylindre 8 dans lequel le piston 9, portant lui-même un clapet de refoulement, est actionné par une tige 10 passant dans un jeu 11 et 11' de garnitures d'étanchéité, entre lesquelles on injecte du gaz sous pression du refoulement, par un tube réchauffeur 12. Seule la partie inférieure de la pompe est isolée, comme figuré par le tireté 13 : la sortie du liquide du tube 7 se fait par un piquage 14, situé juste au-dessus du cylindre 8 et de la bride de fixation du tube et de la pompe, de sorte que la partie haute du tube 7 contient un volume de gaz peu conducteur, et que les étanchéités 11 et 11' restent à température ambiante.

La tige 10 de commande du piston est reliée à un moteur 15 donnant un mouvement alternatif réglable, une réalisation particulièrement avantageuse utilisant un moteur à vérins pneumatiques ou hydrauliques. En effet, une caractéristique importante du mouvement du piston est qu'il doit être lent pendant la montée, qui correspond à la phase d'aspiration ou d'admission du cycle de pompage, par rapport au mouvement de descente, qui correspond à la mise en pression du fluide et à son refoulement, et qui peut être aussi rapide qu'il est mécaniquement possible.

La pression du fluide moteur actionnant le moteur 15 est régulée par un détendeur 17 : le rapport des sections actives du vérin de moteur et du piston de pompe et le réglage de pression du détendeur définissent la pression maxima à laquelle sera porté le fluide cryogénique. Un organe de réglage éventuel 18 conditionne le débit de fluide moteur, et donc la durée globale d'un cycle montée/descente. Cette durée doit être compatible avec le fonctionnement du distributeur de fluide moteur 19, actionné par une minuterie double, ou par une minuterie et un contact de fin de course 21. Un réducteur de débit unidirectionnel réglable 20 permet d'ajuster la vitesse lente de remontée (admission), le refoulement étant libre ou réglé par l'organe 18. Un autre détecteur de fin de course 21' peut permettre le contrôle de la vitesse de remontée du piston.

Le fonctionnement de la pompe est volumétrique, en liquide franc: le détecteur 21 peut servir au comptage et à la détermination des débits instantanés, moyens,ou quantités cumulées de fluide cryogénique fournis à un équipement.

Deux systèmes de distribution peuvent élever la pression de quantités comptées et régulées de deux gaz liquefiés différents, tels azote et oxygéne, de sorte qu'après leur mélange en phase liquide, la pression soit supérieure à la pression de bulle; le comptage en phase liquide peut également être utilisé avant vaporisation et mélange à l'état gazeux.

La figure 4 montre les détails de la pompe et notamment du piston et du clapet d'admission: le corps du clapet 6 est fixé sur le cylindre 8; le clapet proprement dit est un disque plat à bords arrondis, dont la levée est limitée par une tige 25; il repose sur un siège 24, et est guidé par les tirants 26 d'assemblage du fond de clapet 27. Le disque est de préférence en polyéthylène haute densité ou en PTFE.

Le piston est constitué par un corps tubulaire 9 fixé sur la tige de commande 10, et muni de fenêtres 22 de passage du fluide refoulé; une vis creuse 28 fixe sur le piston des joints annulaires 30 à lèvres orientées vers le haut, en polyéthylène, PTFE, ou en cuir, par serrage d'entretoises 29. Une bille 31 fait clapet d'étanchéité en reposant sur la vis 28 ; la tige 10 fait butée à la levée de la bille.

En position basse, le piston touche le clapet d'admission 23 afin de réduire le "volume mort" de fluide entre piston et clapet: en effet, à la levée, l'accélération du clapet est de plusieurs fois la pesanteur, par pression par dessous, de la colonne de liquide, et par dépression par dessus, du fait du mouvement vers le haut du piston; on limite cet effet et la vaporisation,en réduisant le volume de liquide intéressé, en amenant au plus près piston et clapet.

Le liquide arrive du réservoir de stockage par la ligne 2 et emplit totalement le réservoir de pompe 4 avec évacuation du gaz éventuel par l'évent 5 ; le liquide descend par l'espace entre le corps du clapet 6 et le réservoir 4.

A la remontée du piston, le clapet 23 est donc levé par différence de pression entre faces inférieure et supérieure: le clapet doit être aussi léger que possible, et dans le cas d'un diamètre de siège de 80 mm., on le fera reposer sur un

croisillon porté par une pièce annulaire 27 ; le liquide doit suivre rigoureusement le mouvement de remontée du piston, car toute vaporisation doit être évitée. La pression du fluide côté refoulement,et la pression du gaz contenu dans le tube 7, qui sont identiques, s'exercent sur la face supérieure du piston et sur la bille 31.

A la descente, le clapet d'admission 23 se referme, le liquide contenu entre piston et clapet voit sa pression s'élever au-dessus de la pression de refoulement, de sorte que le liquide passe par la vis 28 et le clapet à bille 31 ; les pressions sont peu différentes, et l'effort sur la tige 10 est faible.

La difficulté du pompage cryogénique par pompe alternative réside dans la nécessité d'éviter toute vaporisation: toute dépression vaporise immédiatement du liquide par effet "flash"; au contraire, la compression ne recondense pas immédiatement le gaz formé, car il faut un transfert de chaleur entre gaz et liquide: la compression doit donc comprimer le gaz avant d'élever la pression du liquide, et pour un volume critique de gaz, le processus empire jusqu'à la compression-détente de gaz, sans débit de liquide. A titre d'information, la vaporisation des fluides à l'équilibre, en poids %, et la correspondance en volume , pour des exemples azote et CO_2, et pour une dépression de 1000 Pa, sont:

- 0,1 % d'azote à pression atmosphérique, formant 17,5 % de gaz
- 0,07 % d'azote à 0,7 x 10^5 Pa relatif, formant 7,1 % de gaz,
- 0,019 % de CO_2 à 6,8 x 10^5 Pa abs., formant 1,2 % de gaz.

A titre d'exemple, pour une pompe ayant un diamètre intérieur de 45,3 mm, une course de 100 mm, un clapet de diamètre 54 mm recouvrant un siège de 40 mm et une levée du clapet de 5 mm, les observations suivantes ont été effectuées :

Il n'y a pas de réduction de volume d'azote pompé par cycle jusqu'à une cadence de 165 cycles par minute, si la hauteur de l'azote liquide au-dessus du clapet est égale ou supérieure à 250 mm. d'azote, ou 2000 Pa. Le débit est alors de 1400 litres/heure.

La vitesse de montée du piston est 0,55 m/s : c'est également la vitesse de montée de l'azote. La section la plus étroite d'écoulement est au voisinage du siège du clapet; c'est là aussi la plus grande vitesse de l'azote, d'environ 1,30 m/s, correspondant à une pression dynamique de 700 Pa . La perte de charge globale du clapet est inférieure à 2000 Pa, le coefficient de perte de charge du clapet est donc inférieur à 2000/700 = 2,86 valeur due aux particularités de la configuration décrite par la figure 4: arrondis des profils, et taille du siège.

Les observations effectuées ont permis d'établir des relations caractéristiques du pompage des fluides cryogéniques à l'équilibre par pompes alternatives:

La remontée du piston est la phase de débit à travers le clapet d'entrée; la vitesse de remontée du piston doit avoir typiquement une valeur maximum de 0,5 m/s pour que la montée du liquide suive la montée du piston. Pour une pompe donnée, la vitesse de montée du piston conditionne le débit, et il est souhaitable que, dans un cycle, la phase de descente soit aussi brève que mécaniquement possible, car il n'y a pas d'inconvénient thermodynamique, et le débit sera optimum en cycles enchaînés.

Pour des cycles optimisés, le débit est proportionnel à la surface active du piston, soit au carré de son diamètre.

En fonction de la géométrie du clapet et des arrondis dans les sections de changement de direction du fluide, un facteur de perte de charge inférieur à 2,86 a été trouvé; multiplié par la pression dynamique de la plus grande vitesse du fluide dans lc clapet, il indique sa perte de charge globale. Pour conserver la même perte de charge, on devra garder la même vitesse dans la plus petite section du clapet, à savoir au voisinage du siège, la levée du clapet étant toujours en pratique limitée à 5mm ; la conservation de la même vitesse du fluide impose que le diamètre du siège du clapet soit proportionnel au carré du diamètre du piston. Si un clapet plus petit est utilisé, la vitesse de remontée du piston devra être réduite: le diamètre du piston sera surdimensionné, entraînant de plus grandes pressions du fluide moteur.

Les temps de passage de montée à descente, et inversement, du piston sont compris entre 25 et 50 ms, et la vitesse moyenne du piston est peu différente de la vitesse instantanée au cours d'un mouvement du cycle. De ce fait, la longueur de course n'est pas un facteur essentiel de débit, mais de fréquence, avec un intérêt d'ordre mécanique.

La pompe décrite ci-dessus, de diamètre de piston 45 mm, siège de clapet 40 mm, course 100 mm, peut être industriellement utilisée à une cadence typiquement d'environ 125 à 130 cycles/mn, correspondant à un débit de 1100 à 1200 litres/heure de fluide cryogénique, convenant à de nombreuses applications.

Une pompe de débit double, soit 2200 à 2400 litres/heure, aurait un diamètre de piston multiplié par $\sqrt{2}$, soit environ 65 mm, un diamètre de siège de clapet proportionnel au débit, soit 80 mm, et une cadence de fonctionnement d'environ 125 à 130 cycles/mn. si la course est de 100 mm, et environ 85 cycles par minute, si la course est 150 mm.

Ces exemples montrent que la pompe alternative est adaptée à une installation dont le débit instantané, qui doit être inférieur au débit maximum de la pompe, ne sera pas très élevé ou différent du débit moyen d'utilisation. On connait des cas de débits instantanés importants, pour des débits moyens petits. En CO_2 notamment, on a à injecter quelques kg de neige en quelques secondes, correspondant à 2000 ou 3000 kg/h de débit instantané de liquide, pour un débit moyen de quelques centaines de kg/h ; d'autre part une chute de pression au voisinage du point triple cause des bouchages catastrophiques.

Le présent dispositif apporte une solution par l'emploi de réservoirs accumulateurs sous pression, soit au point d'utilisation, soit en ligne.

Dans l'installation de distribution de CO_2 selon la figure 5, on reconnait le réservoir basse pression 1 alimentant par la ligne 2 le réservoir 4 du dispositif de pompage schématisé par son tube 7. Le réservoir 1 est maintenu par un pressostat P2 à une pression de 6 x 10^5 Pa, par exemple, l'équilibre du CO_2 étant à -53°C

Le réservoir 1 reçoit le CO_2 d'un réservoir de livraison 32, à une pression P1 de l'ordre de 20 x 10^5 Pa, par une ligne 33 ; un flotteur 34 commande un moyen de remplissage 35 pour garder un niveau constant; le liquide à 20x 10^5 Pa est introduit dans le réservoir au moyen d'un séparateur de phases 36. Un dévésiculeur 37, disposé dans le réservoir 1, est situé à l'aspiration d'un compresseur monoétagé 38 associé à un échangeur gaz-gaz 39. Le compresseur 38 élève la pression du gaz CO_2 dans le réservoir 1 de 6 à 22 x 10^5 Pa, pour le reliquéfier par le condenseur 40, relié en 41 et 42 à un circuit de réfrigération (non représenté). En variante, la pression du réservoir peut être abaissée par réfrigération à -53°C.

La ligne de refoulement 14 du dispositif de pompage assure un débit de CO_2 liquide à -53°C, à une pression de 10 x 10^5 Pa, par exemple, (donc sous-refroidi par rapport à la température d'équilibre à 10 x 10^5 Pa, qui est - 40°), jusqu'à l'utilisation représentée par une électro-vanne 48. Un purgeur de gaz 53, par exemple à flotteur 54, assure le maintien en froid de la ligne, même s'il n'y a pas de circulation. Le gaz à 10 x 10^5 Pa, sortant du purgeur 53, est ramené par une tuyauterie 55, à la phase gazeuse du réservoir 1, ou à la reliquéfaction. Cette disposition remplace avantageusement la technique de maintien en froid par boucle de liquide à pompe de circulation.

Pour obtenir des débits instantanés supérieurs au débit nominal du dispositif de pompage, un réservoir accumulateur isolé 43 permet le fonctionnement si le débit moyen est inférieur au débit nominal du dispositif de pompage : celui-ci remplit l'accumulateur 43 jusqu'au niveau défini par un détecteur 44 ; tant que le niveau n'est pas atteint, une vanne 45 dans une ligne reliant les parties hautes des réservoirs 1 et 43, est ouverte, et le gaz repoussé par le liquide dans le réservoir 43 rejoint le réservoir 1, en passant par un déverseur 46 réglé pour maintenir une pression amont de 8 x 10^5 Pa par exemple; on peut aussi remplacer ce déverseur par un simple laminage.

Lorsque le réservoir accumulateur 43 est plein, sans utilisation, le dispositif de pompage 7 maintient la pression à débit nul, par le réglage établi sur la pression de son fluide moteur.

Lorsque l'électrovanne d'utilisation 48 est ouverte, on ouvre également une électrovanne 49 de pressurisation du réservoir accumulateur 43 disposé dans une ligne reliant les parties hautes des réservoirs 43 et 32 ; la pression du gaz de pressurisation venant du réservoir de stockage 32 est réglée par le détendeur 50 qui assure par exemple une pression aval de 11 x 10^5 Pa, de sorte que le fluide atteignant l'utilisation 48 vienne en priorité de l'accumulateur 43 ; on pourra au contraire régler la pression aval du détendeur 50 à une valeur inférieure à la pression du pompage, par exemple à 9,5 x 10^5 Pa, pour que le débit du dispositif de pompage soit utilisé en priorité, et l'accumulateur 43 seulement en appoint.

Pour éviter des fausses manoeuvres, on pourra utiliser dans le réservoir accumulateur 43 un contrôle de niveau 47 arrêtant la fourniture de fluide fourni à l'utilisation 48 en cas de vidange excessive de l'accumulateur, la taille de celui-ci devant être adaptée à la demande ; on peut également utiliser un pressostat P3 pour vérifier que la pression dans l'accumulateur 43 est toujours à un certain niveau au-dessus de celle du point triple.

Ce système d'accumulateur peut être éventuellement adapté à des fluides tels que l'azote liquide; dans ce cas, l'évacuation du gaz de l'accumulateur se fait à l'atmosphère, et la pressurisation peut être réalisée en augmentant la taille du vaporiseur 12 de la figure 3, et en le raccordant à l'électrovanne 49. On pourra placer un clapet anti-retour sur la tuyauterie de refoulement pour éviter un retour au dispositif de pompage, et surtout, pour créer une perte de charge supplémentaire et privilégier la mise en pression de l'accumulateur 43.

Pour mémoire, des organes habituels de securité et de purge ont été représentés, respectivement une soupape 56 et une vanne ou électrovanne 57 ; on doit également prévoir une vanne de vidange du réservoir 4 de la pompe, à l'arrêt de l'installation.

Revendications

1. Dispositif de distribution d'un fluide cryogénique jusqu'à ses moyens d'utilisation, ce fluide étant stocké à pression basse dans un réservoir de stockage (1) alimentant un dispositif de pompage à piston (9) à mouvement alternatif, dont la partie admission (6) est immergée dans le liquide à pomper, caractérisé en ce que le dispositif de pompage comporte des moyens d'actionnement assurant un mouvement lent de remontée du piston, correspondant à l'aspiration du fluide, de préférence inférieur à 0,5 m/s, et un mouvement de descente rapide correspondant au refoulement en pression.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le mouvement du piston (9) est obtenu par l'action d'au moins un vérin.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le dispositif de pompage comprend un clapet d'admission (23) et en ce que le piston (9), en position basse de sa course, vient au contact du clapet (23).

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le dispositif de pompage est relié d'une manière étanche à un réservoir (4) entourant le clapet d'admission (23), et comportant un évent (5) d'évacuation du gaz.

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte un moyen de comptage des cycles du dispositif de pompage, pour obtenir une évaluation des débits en volume du fluide utilisé dans une installation.

6. Dispositif selon une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un réservoir isolé (43) relié au refoulement du dispositif de pompage, le remplissage de ce réservoir étant effectué avec évacuation du gaz par une vanne (45), et la vidange ayant lieu pendant les temps d'utilisation, avec mise en pression par une arrivée régulée de gaz au-dessus du liquide accumulé, commandé par une vanne (49).

7. Dispositif de distribution, selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le fluide est du dioxyde de carbone, mis en pression par le dispositif de pompage, est transporté par une tuyauterie isolée (14) maintenue en liquide par au moins un purgeur de gaz (53), le gaz sortant de ces purgeurs étant ramené (55) au réservoir de stockage (1).

Patentansprüche

1. Abgabevorrichtung für eine Kryoflüssigkeit an Verbrauchsstellen, wobei die Flüssigkeit bei niedrigem Druck in einem Vorratsbehälter (1) gespeichert ist, der eine Hubkolbenpumpe (9) speist, deren Einströmöffnung (6) in die zu pumpende Flüssigkeit eintaucht, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpvorrichtung Antriebsmittel umfaßt, die eine langsame Aufwärtsbewegung des Kolbens, vorzugsweise kleiner 0,5 m/s entsprechend dem Ansaugen der Flüssigkeit, und eine schnelle Abwärtsbewegung entsprechend dem Förderdruck, sicherstellen.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegung des Kolbens (9) durch wenigstens einen Arbeitszylinder bewirkt wird.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpvorrichtung ein Sperrventil (23) umfaßt, wobei der Kolben (9) an seiner tiefsten Position mit dem Ventil (23) in Kontakt kommt.

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpvorrichtung dicht mit einem Reservoir (4) verbunden ist, welches das Sperrventil (23) umschließt und eine Gasevakuierungsöffnung umfaßt.

5. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß diese eine Einrichtung zum Zählen der Arbeitszyklen der Pumpvorrichtung umfaßt, um das geförderte Flüssigkeitsvolumen, das in einer Anlage verbraucht wurde, zu bestimmen.

6. Vortichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß diese wenigstens einen isolierten Behälter (43) umfaßt, der mit dem Förderausgang der Pumpvorrichtung verbunden ist, wobei die Auffüllung dieses Behälters durch die Evakuierung von Gas über ein Ventil (45) bewirkt wird, und die Entleerung während der Verbrauchszeiten mit einem Überdruck durch geregelte Gaszufuhr über der angesammelten Flüssigkeit erfolgt, wobei die Gaszufuhr über ein Ventil (49) gesteuert wird.

7. Abgabevorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit kohlendioxid ist, das durch die Pumpvorrichtung unter Druck gesetzt und in einem isolierten Röhrensystem (14) transportiert wird, wobei das Kohlendioxid durch mindestens einen Gasabscheider (53) in flüssigem Zustand gehalten wird und das Gas, das diese Gasabscheider verläßt, in den Vorratsbehälter (1) zurückgeführt wird.

Claims

1. Device for distributing a cryogenic fluid to the means for using it, this fluid being stored at low pressure in a storage reservoir (1) supplying a pumping device with a piston (9) having a reciprocating movement, the inlet part (6) of which is immersed in the liquid to be pumped, characterized in that the pumping device comprises operating means

ensuring a slow upward movement of the piston, corresponding to aspiration of the fluid, preferably less than 0.5 m/s, and a rapid downwards movement corresponding to delivery under pressure.

2. Device according to claim 1, characterized in that movement of the piston (9) is obtained by the action of at least one jack.

3. Device according to claim 1 or 2, characterized in that the pumping device comprises an inlet valve (23) and in that the piston (9) in the lowest position of its stroke, comes into contact with the valve (23).

4. Device *according* to claim 3, characterized in that the pumping device is connected in a liquid tight manner to a reservoir (4) surrounding the inlet valve (23), and comprising a vent (5) for evacuating gas.

5. Device according to one of claims 1 to 4, characterized in that it comprises a means for counting the cycles of the pumping device, so as to obtain an evaluation of the volume flow rates of the fluid used in an installation.

6. Device according to one of claims 1 to 5, characterized in that it comprises at least one insulated reservoir (43) connected to the delivery of the pumping device, this reservoir being filled by evacuating gas through a valve (45), and being emptied during the periods of use, with pressurization by means of a regulated inflow of gas above the accumulated liquid, controlled by a valve (49).

7. Distribution device according to one of claims I to 6, characterized in that the fluid is carbon dioxide, pressurized by the pumping device, and is conveyed through an insulated pipe (14) kept full of liquid by at least one gas trap (53), the gas leaving from these traps being led again (55) to the storage reservoir (1).

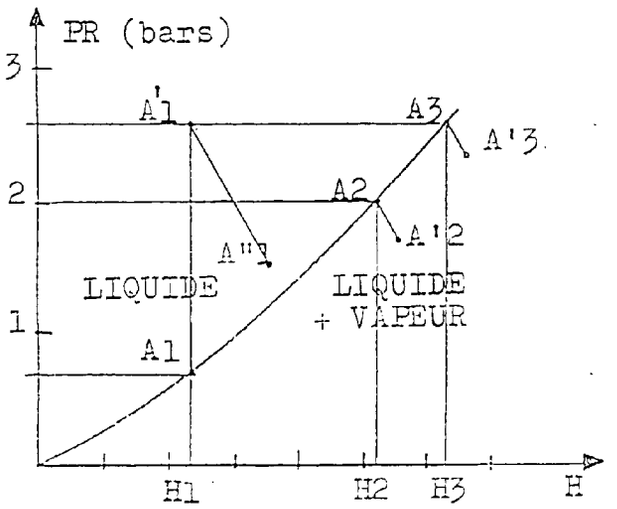


FIG.1

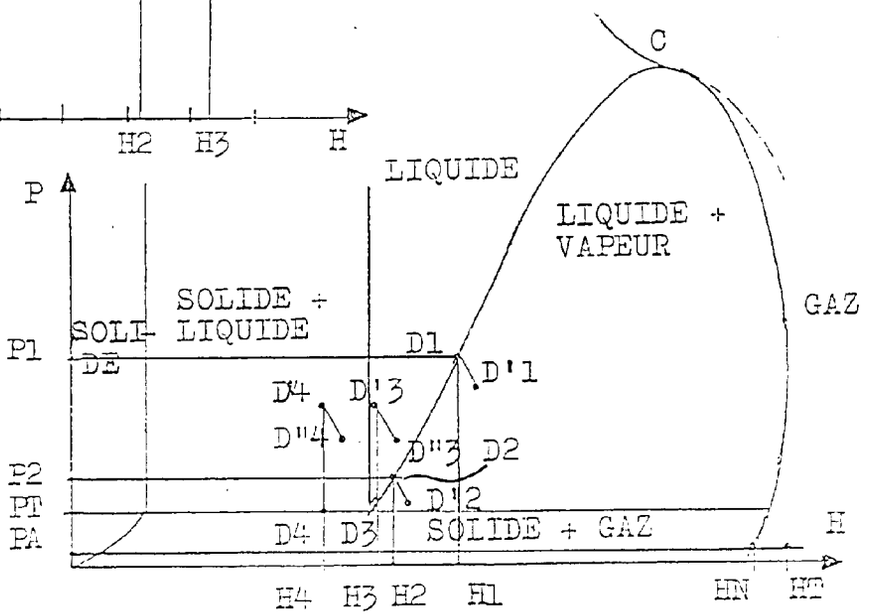


FIG.2

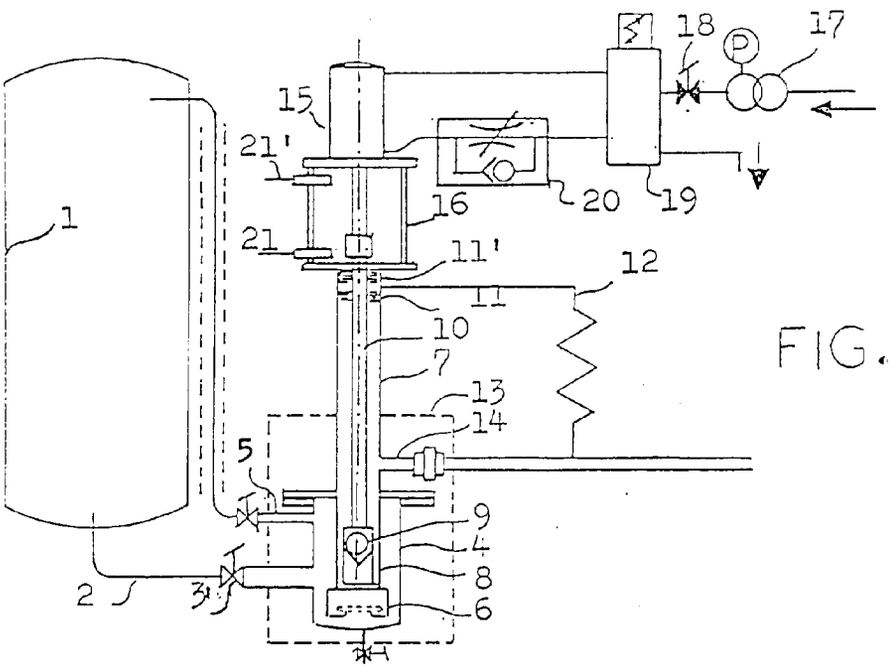


FIG.3

FIG.4

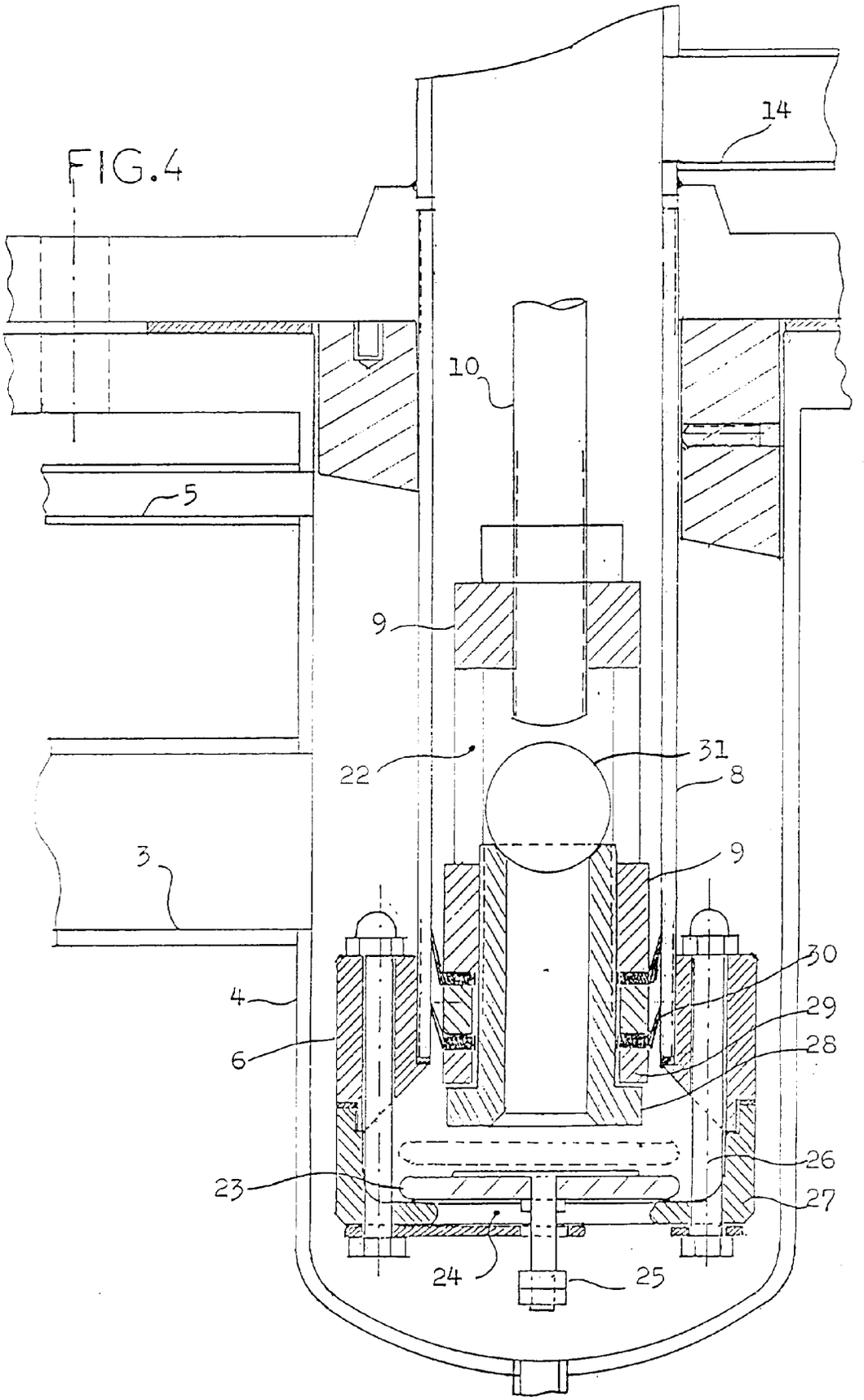
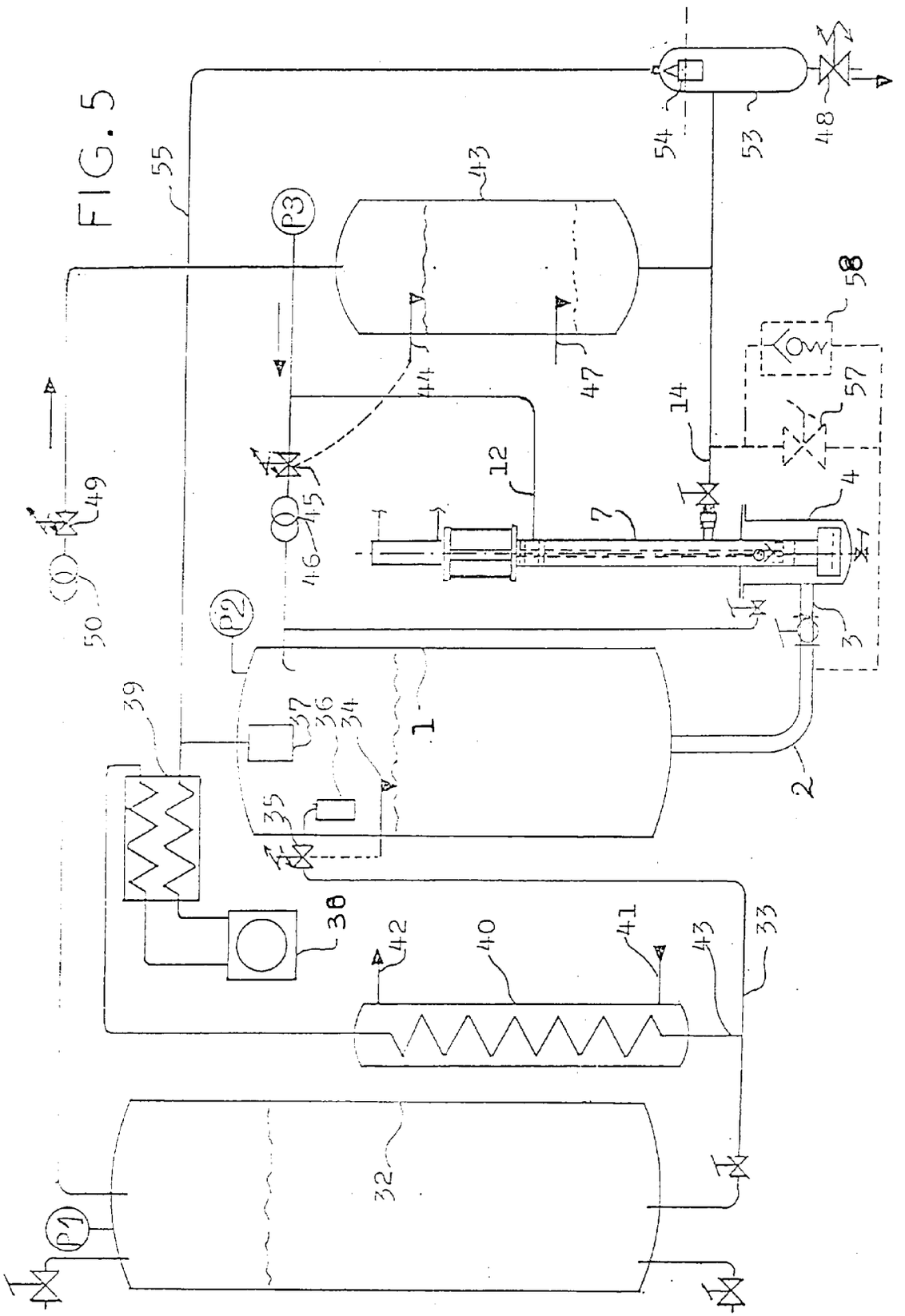


FIG. 5


55
P3
43
54
53
48
58
57
14
12
44
47
49
50
15
16
7
4
3
P2
1
2
39
37
36
34
35
38
42
40
41
43
33
32
P1