



(11) **EP 4 453 467 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
25.06.2025 Bulletin 2025/26

(21) Numéro de dépôt: **22843347.0**

(22) Date de dépôt: **22.12.2022**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
F17C 13/02^(2006.01) G01M 3/22^(2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
F17C 13/02; F17C 2201/054; F17C 2205/0142;
F17C 2205/0146; F17C 2221/012; F17C 2221/014;
F17C 2221/017; F17C 2221/037; F17C 2223/0123;
F17C 2223/035; F17C 2223/036; F17C 2225/0123;
F17C 2225/035; F17C 2225/036; F17C 2227/0157;
(Cont.)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2022/087625

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2023/118513 (29.06.2023 Gazette 2023/26)

(54) **DISPOSITIF ET PROCÉDÉ DE REMPLISSAGE D'UNE ENCEINTE PAR UN FLUIDE SOUS
PRESSION PUIS DE VIDANGE DE CELLE-CI AVEC RÉCUPÉRATION DU FLUIDE**

VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM FÜLLEN EINES RAUMES MIT EINEM UNTER DRUCK
STEHENDEN FLUID UND DANN ZUM ENTLÉEREN DIESER RAUMES MIT RÜCKGEWINNUNG
DES FLUIDS

DEVICE AND METHOD FOR FILLING AN ENCLOSURE WITH A PRESSURIZED FLUID AND THEN
FOR EMPTYING THIS ENCLOSURE, WITH RECOVERY OF THE FLUID

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **24.12.2021 FR 2114512**

(43) Date de publication de la demande:
30.10.2024 Bulletin 2024/44

(73) Titulaire: **Fives Filling & Sealing
44140 Le Bignon (FR)**

(72) Inventeurs:
• **AGUEDA, Sylvain
44140 LE BIGNON (FR)**
• **LAVAT, Sébastien
44140 LE BIGNON (FR)**

(74) Mandataire: **Novagraaf Group
Chemin de l'Echo 3
1213 Onex / Geneva (CH)**

(56) Documents cités:
**EP-B1- 0 498 434 CN-B- 104 075 106
US-A1- 2013 056 111 US-A1- 2016 116 364
US-B1- 6 530 264**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 4 453 467 B1

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
(Cont.)F17C 2227/043; F17C 2227/044;
F17C 2250/01; F17C 2250/043; F17C 2250/0452;
F17C 2250/0636; F17C 2250/0647; F17C 2260/038;
F17C 2265/025

Description**Désignation du domaine technique concerné**

- 5 **[0001]** L'invention concerne les procédés nécessitant un remplissage temporaire d'une enceinte avec un fluide sous pression pour lesquels il est nécessaire de récupérer tout ou partie du fluide après la vidange de l'enceinte. Par exemple, le fluide peut être récupéré car il est dangereux, polluant ou coûteux.
- [0002]** L'enceinte peut être de toute nature, par exemple elle peut être un réservoir de stockage d'hydrogène pour véhicule électrique. Le procédé peut également être de toute nature, par exemple un procédé de test d'étanchéité au gaz
- 10 dudit réservoir de stockage d'hydrogène.
- [0003]** L'invention s'applique à tout type de fluide, qu'il soit liquide, gazeux ou composé d'un mélange d'un gaz et d'un liquide.
- [0004]** Elle est décrite ci-après pour le cas particulier d'un procédé de test d'étanchéité au gaz d'un réservoir d'hydrogène au moyen d'un gaz traceur sans que celui-ci ne limite le champ d'application de l'invention.

Problèmes techniques auxquels répond l'invention

- [0005]** Le test d'étanchéité d'un réservoir d'hydrogène avec un gaz traceur consiste à remplir celui-ci du gaz traceur, par exemple un mélange d'azote et d'hélium à 2 % d'hélium sous une pression de 600 bars. L'étanchéité du réservoir est
- 20 ensuite vérifiée avec un capteur qui détecte la présence d'hélium au voisinage du réservoir en cas de fuite.
- [0006]** Selon l'état de la technique, le remplissage peut être effectué à partir d'un premier réservoir dont la pression en gaz traceur est supérieure à celle souhaitée dans le réservoir à tester et dont le volume est suffisant pour que cette pression reste supérieure à celle du réservoir à tester lorsque celui-ci a atteint la pression cible. Lors de la vidange, le gaz est transféré du réservoir à tester dans un second réservoir. Un compresseur renvoie ensuite le gaz traceur du second
- 25 réservoir au premier et un appoint en gaz traceur est effectué dans le premier réservoir.
- [0007]** Cette solution est peu efficace énergétiquement, car elle nécessite une forte élévation de pression du gaz traceur. Elle conduit également à une importante formation de givre autour des vannes et des canalisations du fait de la détente importante du gaz traceur lors du remplissage et de la vidange du réservoir à tester. CN104 075 106 B concerne un procédé et un dispositif pour remplir et vider une enceinte.
- 30 **[0008]** L'invention apporte une solution nouvelle à ces problèmes.

Résumé de l'invention

- [0009]** Selon un premier aspect de l'invention, il est proposé un procédé de remplissage d'une enceinte avec un fluide jusqu'à atteindre une pression cible puis de vidange de ladite enceinte le moment venu, caractérisé en ce que le remplissage est effectué à partir d'une première pluralité de réservoirs de pressions différentes, successivement à partir du réservoir de plus faible pression jusqu'au réservoir de plus forte pression, et en ce que la vidange est effectuée en transférant du contenu du réservoir de l'enceinte vers une seconde pluralité de réservoirs, successivement vers le
- 35 réservoir de plus forte pression jusqu'au réservoir de plus faible pression.
- [0010]** L'invention permet de limiter la consommation en fluide en récupérant une grande partie de celui-ci et en le réutilisant à nouveau pour un nouveau cycle de remplissage. Il permet également d'optimiser énergétiquement le procédé de remplissage, le fluide étant récupéré sous pression, limitant ainsi l'énergie nécessaire pour relever sa pression au niveau souhaité en fin de remplissage.
- [0011]** Après la vidange, un appoint en fluide peut être réalisé dans la seconde pluralité de réservoirs, laquelle est
- 45 ensuite utilisée comme première pluralité de réservoirs pour un nouveau remplissage d'une enceinte.
- [0012]** Avantageusement, la vidange est effectuée dans une seconde pluralité de réservoirs composée de réservoirs de la première pluralité de réservoirs. Réaliser la vidange dans une même pluralité de réservoirs permet de limiter le nombre de réservoirs, réduisant ainsi le coût de la machine et son encombrement.
- [0013]** Selon un second aspect, qui n'est pas revendiqué, il est proposé une machine de remplissage d'une enceinte avec un fluide jusqu'à atteindre une pression cible puis de vidange de ladite enceinte le moment venu, comprenant une
- 50 première pluralité de réservoirs de pressions différentes à partir desquels est effectué le remplissage de l'enceinte et une seconde pluralité de réservoirs dans lesquels est transféré le fluide de l'enceinte lors de la vidange et en ce qu'elle est apte à la mise en œuvre du procédé selon le premier aspect de l'invention.
- [0014]** De préférence, la seconde pluralité de réservoirs est composée de réservoirs de la première pluralité de
- 55 réservoirs.

Brève description des figures

[0015] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la lecture de la description détaillée qui va suivre pour la compréhension de laquelle on se reportera au dessin annexé dans lequel :

[0016] [Fig. 1] est une vue schématique d'une machine selon un exemple de réalisation de l'invention.

[0017] Le réservoir d'hydrogène à tester 30 fait d'abord l'objet d'un test de résistance à la pression sous eau. Il est ensuite séché puis balayé par de l'azote pour supprimer toute trace d'oxygène dans le réservoir. A la fin de cette opération, il est sous une pression résiduelle d'environ 5 bars d'azote.

[0018] Il est ensuite rempli en gaz traceur jusqu'à atteindre la pression souhaitée. Il est maintenu à cette pression le temps d'effectuer le test d'étanchéité au gaz. Enfin, le réservoir une fois testé est vidangé. Le remplissage et la vidange du réservoir sont réalisés par la mise en œuvre du procédé selon l'invention et au moyen d'une machine selon l'invention.

[0019] La machine 1 représentée en [Fig. 1] comprend un premier réservoir R2 alimenté en un mélange d'azote et d'hélium à 2 % d'hélium sous une pression de 40 bars à partir d'un circuit d'alimentation 3 comprenant une pompe 4 et un mélangeur 5 alimenté par un circuit 6 d'azote et un circuit 7 d'hélium. La teneur en hélium en sortie du mélangeur est mesurée par un analyseur 8 et les proportions d'azote et d'hélium sont ajustées avec des vannes de régulation 9, 10.

[0020] La vanne 11 est fermée lors de la phase de remplissage du réservoir R2, ainsi que la vanne 13 située en sortie du réservoir.

[0021] La machine 1 comprend un ensemble de réservoirs complémentaires, six réservoirs R3 à R8 dans cet exemple de réalisation, destinés à recevoir le gaz traceur à des pressions différentes et plus élevées.

[0022] Un compresseur 12 permet d'alimenter ces réservoirs en gaz traceur à partir de celui disponible dans le réservoir R2 en élevant sa pression de 40 bars à 718 bars. Les réservoirs R3 à R8 sont alimentés en gaz par ouverture d'une vanne d'entrée 14 raccordée à une sortie du compresseur 12, la vanne d'entrée 14 étant refermée lorsque la pression visée est atteinte dans le réservoir, la pression du réservoir étant mesurée par un manomètre 15.

[0023] Par exemple, le dernier réservoir R8 est à une pression nominale de 718 bars, supérieure à celle de 600 bars du réservoir 30 à tester, les autres sont à des pressions nominales intermédiaires décroissantes, jusqu'à 40 bars pour le réservoir R2.

[0024] Pour remplir le réservoir à tester 30 de gaz traceur à 600 bars, on le relie successivement à chacun des réservoirs R3 à R8 à l'aide d'un circuit de transfert 16 raccordé aux sorties des réservoirs R3 à R8, en ouvrant une vanne 17 de sortie du réservoir concerné, en commençant par le réservoir R3 à plus basse pression. Une fois qu'une pression souhaitée est atteinte dans le réservoir 30 à tester, on referme la vanne 17 du réservoir concerné et on ouvre celle du réservoir suivant pour augmenter la pression dans le réservoir à tester. Arrivée au dernier réservoir R8 sous 718 bars, sa vanne de sortie 17 est ouverte jusqu'à ce que la pression dans le réservoir à tester 30 soit de 600 bars. Une fois cette pression atteinte, on isole le réservoir R8 en refermant sa vanne de sortie 17.

[0025] On contrôle la teneur en hélium dans le réservoir à tester avec un analyseur 28 et on réalise un appoint en hélium si besoin à partir d'un réservoir tampon 18 d'hélium sous 750 bars. Le réservoir tampon 18 est alimenté en hélium à partir d'un réservoir d'alimentation 19 d'hélium au moyen d'un surpresseur 20.

[0026] Une fois le test d'étanchéité terminé, on ouvre la vanne de sortie 17 du réservoir R7 afin de le raccorder au réservoir de test au moyen du circuit de transfert 16. Du fait d'une pression plus élevée dans le réservoir 30 de test, une partie du gaz traceur qui se trouvait dans ce réservoir est transférée dans le réservoir R7. Il est possible d'attendre jusqu'à équilibrage des pressions entre les le réservoir 30 de test et le réservoir R7, mais cela peut prendre une durée trop importante pénalisante pour le temps de cycle de la machine. Il est ainsi avantageux de stopper le transfert entre les deux réservoirs lorsque l'écart de pressions entre ceux-ci a atteint une valeur cible. On isole ensuite le réservoir R7 en refermant sa vanne de sortie 17 et on raccorde le réservoir de test 30 avec le réservoir R6 au moyen du circuit de transfert 16 en ouvrant sa vanne de sortie 17. Une fois que l'écart de pressions cible est atteint entre ces deux réservoirs, on isole le réservoir R6 en refermant sa vanne de sortie 17 et on procède de même successivement pour les réservoirs R5 à R2 de sorte de transférer successivement dans ces réservoirs du gaz traceur contenu dans le réservoir 30 de test.

[0027] Pour limiter la perte en gaz traceur et améliorer encore un peu le rendement énergétique de la machine, la machine 1 peut comprendre un circuit de retour 24 raccordant le réservoir à tester 30 et l'aspiration de la pompe 4 permettant de transférer le gaz traceur restant dans le réservoir 30 au réservoir R2. Une vanne 22 est disposée du côté de la machine à tester 30 pour isoler le circuit de retour 24. Pendant cette étape, le mélangeur 5 est isolé par une vanne 25. A la fin de cette opération, après la fermeture de la vanne 22, une vanne 26 permet de ramener le réservoir 30 à la pression atmosphérique avant qu'il ne soit séparé de la machine.

[0028] En variante, la machine peut ne pas comprendre le circuit de retour 24 et l'ouverture de la vanne 22 peut simplement rejeter le reste de gaz testeur contenu dans le réservoir testé à l'atmosphère et ramener sa pression à la pression atmosphérique.

[0029] Ensuite, on apporte le complément de pression dans les réservoirs R3 à R8 pour les ramener à leur pression nominale avec le compresseur 12 et on raccorde un nouveau réservoir 30 à tester à la machine avant de démarrer un second cycle de test. Un appoint en gaz traceur est également réalisé dans le réservoir R2 lorsque son manomètre 15

EP 4 453 467 B1

détecte que sa pression a atteint un seuil bas.

[0030] Le tableau ci-dessous illustre un exemple de points de fonctionnements d'une machine selon la [Fig. 1], dans lequel il est indiqué en colonne A les pressions nominales des réservoirs en début de cycle de test d'un réservoir 30, en colonne B les pressions des réservoirs après le remplissage du réservoir 30 à tester, en colonne C le volume apporté au réservoir 30 par chaque réservoir, en colonne D les pressions des réservoirs après la récupération de gaz du réservoir testé, en colonne E le volume récupéré du réservoir 30 par chaque réservoir, et en colonne F, le volume de gaz à apporter aux réservoirs pour revenir à l'état initial et démarrer un nouveau cycle de test.

Réservoirs	Volume (litres)	A (bars)	B (bars)	C (Nm ³)	D (bars)	E (Nm ³)	F (Nm ³)
R8	300	718	621	29,0	621	-	29,0
R7	300	600	500	24,0	554	13,3	16,7
R6	300	500	400	24,0	464	19,3	10,7
R5	300	400	300	24,0	373	21,9	8,1
R4	300	300	200	20,9	277	23,1	6,9
R3	300	200	113	20,9	186	21,9	4,2
R2	1000	40	40	-	68	28,2	-
30	240	5	600	-	68	-	-

[0031] Le réservoir à tester 30 a été rempli à partir des réservoirs R3 à R8 avec un volume total de gaz traceur de 142,8 Nm³. Une fois le test réalisé, 127,7 Nm³ de gaz traceur ont été récupérés à partir du réservoir de test 30, soit 89 % du gaz traceur. Un appoint de 75,6 Nm³ de gaz traceur a été nécessaire dans les réservoirs R3 à R8 à partir du réservoir R2, mais seulement 47,4 Nm³ ont été fournis par la station de mélange 5, la différence ayant été récupérée dans le réservoir R2 lors de la vidange du réservoir testé. Seulement 16,4 Nm³ seraient perdus si le réservoir devait être relié à l'atmosphère en ouvrant la vanne 26, correspondant aux 68 bars restant dans le réservoir testé après la vidange. Il est cependant avantageux de récupérer ce gaz par le circuit 24 de retour.

[0032] Plusieurs modèles de réservoirs 30 peuvent être testés sur la machine, avec des volumes et/ou des pressions de test qui peuvent varier. Lors du passage à un nouveau modèle de réservoir à tester, les niveaux de pression dans les réservoirs R3 à R8 peuvent être ajustés selon la pression de test du nouveau réservoir.

[0033] Avantagusement, pour le test du premier réservoir d'un nouveau modèle, selon la pression requise pour son test, son remplissage en gaz traceur pourra suivre une stratégie définie selon les pressions disponibles dans les réservoirs R3 à R8. Ainsi, si la pression de test est faible, par exemple de 400 bars, seuls les premiers réservoirs R3 à R6 seront mis à contribution et l'appoint en gaz de ces réservoirs après le test pourra être réalisé à partir du réservoir R7. On procèdera de même pour les tests suivants tant que la pression dans le réservoir R7 le permettra. Lorsqu'elle deviendra insuffisante, l'appoint des réservoirs R3 à R6 sera réalisé à partir du réservoir R8. Au fur et à mesure qu'un réservoir R7 et R8 a une pression insuffisante pour l'appoint, il intègre le lot des réservoirs utilisés pour le remplissage du réservoir à tester. La répartition des pressions dans ces réservoirs est ajustée à chaque fois qu'un nouveau réservoir rejoint le lot des réservoirs utilisés pour le remplissage de sorte d'optimiser l'efficacité énergétique du procédé de test.

[0034] Le nombre de réservoirs R2 à R8 est optimisé notamment selon la pression de test du réservoir, selon la variété de réservoirs à tester en termes de pression de test et de volume et selon le temps de cycle requis pour le test d'un réservoir. Il est également pris en compte les pertes de charge dans les circuits et les valeurs de Kv des vannes, celles-ci ayant un impact sur les écoulements de gaz traceur. Kv exprime le débit dans une vanne avec une perte de charge d'un bar ; s'il s'agit d'une vanne de régulation, la valeur de Kv sera différente selon le niveau d'ouverture de la vanne. Les réservoirs 30 d'hydrogène sont généralement équipés d'une vanne 27 de type « overflow ». Pour des raisons de sécurité, cette vanne se ferme lorsque le débit dépasse une valeur définie. Le débit maximal autorisé lors de la vidange d'un réservoir testé est ainsi limité par cette vanne et il doit être considéré pour le dimensionnement de la machine. De même, le volume des réservoirs R2 à R8 est choisi en fonction de ces paramètres, tous les réservoirs n'ayant pas nécessairement un même volume.

[0035] Ces choix sont réalisés après une simulation numérique d'exploitation de la machine de sorte de retenir le meilleur compromis entre le coût d'exploitation de la machine et son coût d'achat. En effet, ajouter un réservoir supplémentaire peut être avantageux pour le rendement énergétique de la machine, mais il perd son intérêt si l'économie réalisée sur l'exploitation de la machine ne compense pas le surcoût qui résulte du réservoir supplémentaire.

Revendications

1. Procédé de remplissage d'une enceinte (30) avec un fluide jusqu'à atteindre une pression cible puis de vidange de ladite enceinte le moment venu, **caractérisé en ce que** le remplissage est effectué à partir d'une première pluralité de réservoirs (R3, R4, R5, R6, R7, R8) de pressions différentes, successivement à partir du réservoir de plus faible pression (R3) jusqu'au réservoir de plus forte pression (R8), et **en ce que** la vidange est effectuée en transférant du contenu du de l'enceinte (30) vers une seconde pluralité de réservoirs (R2, R3, R4, R5, R6, R7), successivement vers le réservoir (R7) de plus forte pression jusqu'au réservoir de plus faible pression (R2).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la vidange est effectuée dans une seconde pluralité de réservoirs composée de réservoirs de la première pluralité de réservoirs.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'**après la vidange, un appoint en fluide est réalisé dans la seconde pluralité de réservoirs, laquelle est ensuite utilisée comme première pluralité de réservoirs pour un nouveau remplissage d'une enceinte.

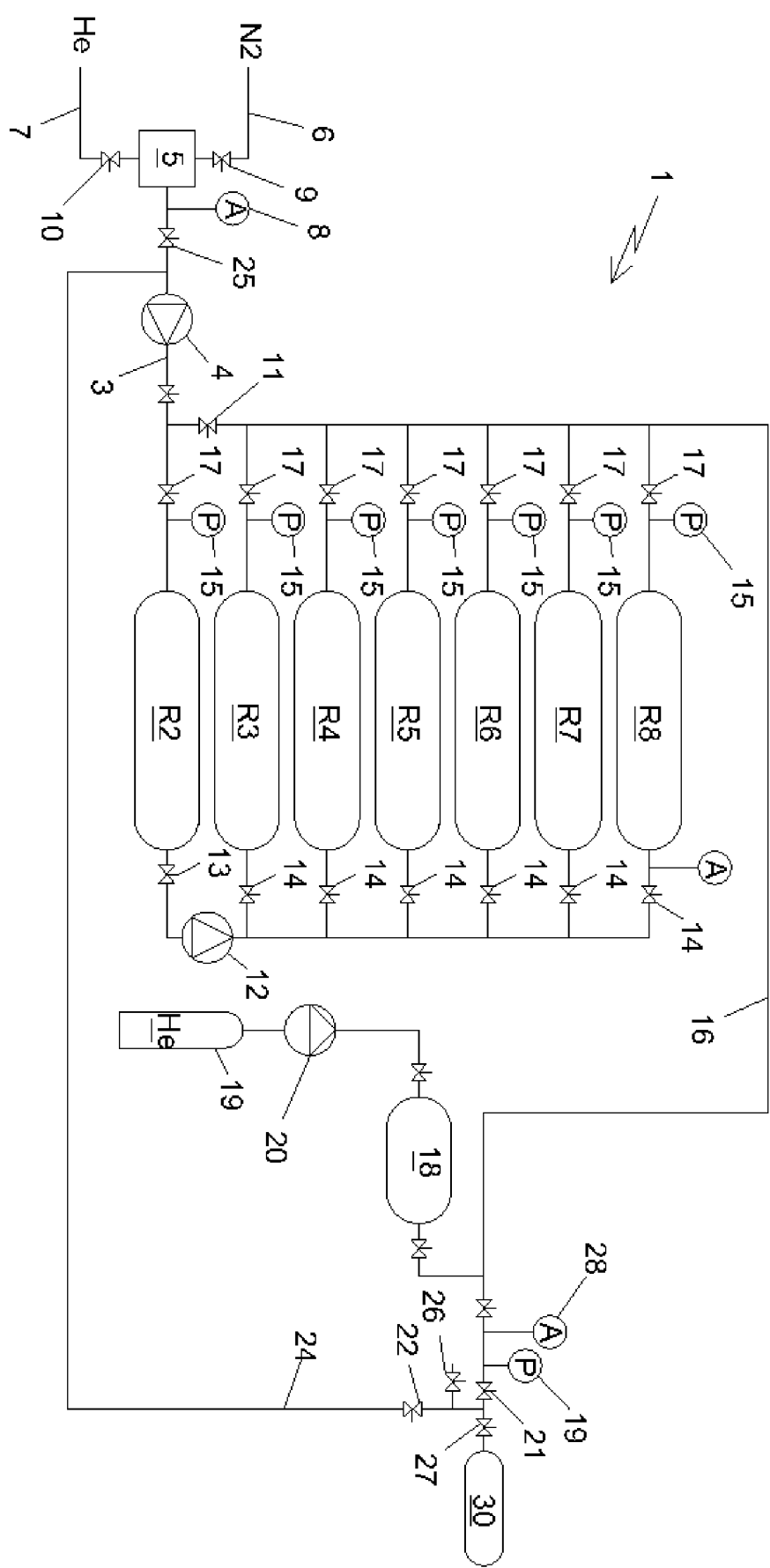
Patentansprüche

1. Verfahren zum Füllen eines Gehäuses (30) mit einem Fluid, bis ein Zieldruck erreicht ist, dann Entleeren des Gehäuses zu gegebener Zeit, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Füllen von einer ersten Anzahl von Behältern (R3, R4, R5, R6, R7, R8) mit unterschiedlichen Drücken aufeinanderfolgend von dem Behälter (R3) mit dem niedrigsten Druck zu dem Behälter (R8) mit dem höchsten Druck erfolgt, und dass das Entleeren durch Übertragen des Inhalts von dem Gehäuse (30) an eine zweite Anzahl von Behältern (R2, R3, R4, R5, R6, R7) aufeinanderfolgend an den Behälter (R7) mit dem höchsten Druck zu dem Behälter (R2) mit dem niedrigsten Druck erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Entleeren in einer zweiten Vielzahl von Behältern erfolgt, die aus Behältern der ersten Vielzahl von Behältern zusammengesetzt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Entleeren eine Fluidersetzung in der zweiten Vielzahl von Behältern, die dann als die erste Vielzahl von Behältern für eine Neufüllung eines Gehäuses verwendet wird, ausgeführt wird.

Claims

1. Method for filling an enclosure (30) with a fluid until a target pressure is reached and then emptying said enclosure when the time comes, **characterized in that** the filling is carried out from a first plurality of tanks (R3, R4, R5, R6, R7, R8) of different pressures, successively from the lowest-pressure tank (R3) up to the highest-pressure tank (R8), and **in that** the emptying is carried out by transferring the contents of the of the enclosure (30) to a second plurality of tanks (R2, R3, R4, R5, R6, R7), successively to the highest-pressure tank (R7) up to the lowest-pressure tank (R2).
2. Method according to claim 1, **characterized in that** the emptying is carried out in a second plurality of tanks made up of tanks from the first plurality of tanks.
3. Method according to claim 2, **characterized in that** after emptying, fluid is topped up in the second plurality of tanks, which is then used as the first plurality of tanks for refilling an enclosure.

[Fig. 1]



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- CN 104075106 B [0007]