

19



CONFÉDÉRATION SUISSE

INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

11 CH 690 461 A5

51 Int. Cl.⁷: G 01 M 003/26
G 01 M 003/36

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

12 FASCICULE DU BREVET A5

21 Numéro de la demande: 01145/95

22 Date de dépôt: 21.04.1995

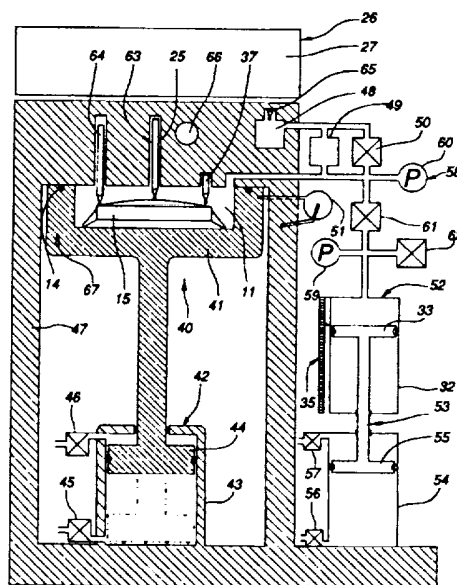
30 Priorité: 27.04.1994 FR A94/05290

24 Brevet délivré le: 15.09.2000

45 Fascicule du brevet
publiée le: 15.09.200073 Titulaire(s):
Roger Wellinger, 50, Port-Roulant,
2003 Neuchâtel (CH)72 Inventeur(s):
Wellinger, Roger, Neuchâtel (CH)74 Mandataire:
Cabinet Roland Nithardt
Conseils en Propriété Industrielle S.A.,
Y-PARC Chemin de la Sallaz Case postale 3347,
1400 Yverdon (CH)

54 Procédé de contrôle de l'étanchéité d'un objet et de détermination du débit de fuite de cet objet, et appareil pour la mise en œuvre de ce procédé.

57 L'appareil (40) pour la mise en œuvre d'un procédé de contrôle de l'étanchéité d'un objet en surpression et en dépression, et de détermination du débit de fuite de cet objet, comporte une enceinte de mesure (11) étanche dans laquelle on dépose un objet (15) à contrôler. On met cette enceinte à une pression déterminée au moyen d'un dispositif variateur (52) de la pression comportant un vérin à double effet (32). Une vanne (61) permet de diriger le gaz vers l'enceinte (11). Une enceinte de référence (48) est couplée à l'enceinte de mesure (11) et un manomètre différentiel (49) permet d'analyser l'évolution de la pression au cours du test.



Description

La présente invention concerne un procédé de contrôle de l'étanchéité d'un objet comprenant au moins une cavité délimitée par une enveloppe réputée étanche, et de détermination du débit de fuite de cet objet sous une pression donnée, dans lequel:

- on dispose l'objet entre un couvercle et un corps de mesure formant une enceinte fermée, appelée enceinte de mesure, contenant un gaz à pression atmosphérique;
- on génère une variation de la pression grâce à un dispositif variateur de la pression pour générer une pression déterminée différente de la pression atmosphérique, du gaz contenu dans l'enceinte de mesure;
- on contrôle l'évolution de la pression dans ladite enceinte de mesure;
- on calcule le volume résiduel V_r , ce volume étant égal au volume de l'enceinte de mesure diminué du volume extérieur de l'objet à contrôler, en appliquant la loi de Mariotte;
- on calcule le débit de fuite D en fonction de l'évolution de la pression et du volume résiduel;
- on procède pendant la mesure, aux corrections dues au changement de volume de l'objet testé.

La présente invention concerne également un appareil de contrôle de l'étanchéité d'un objet comprenant au moins une cavité délimitée par une enveloppe réputée étanche, et de détermination du débit de fuite de cet objet sous une pression donnée, cet appareil comportant:

- un corps de mesure et un couvercle formant une enceinte fermée, appelée enceinte de mesure, contenant un gaz à pression atmosphérique dans laquelle est disposé ledit objet;
- des moyens pour générer une variation de la pression, ces moyens comprenant un dispositif variateur de la pression pour générer une pression déterminée différente de la pression atmosphérique, du gaz contenu dans l'enceinte de mesure;
- des moyens pour contrôler l'évolution de la pression dans ladite enceinte de mesure;
- des moyens pour calculer le volume résiduel V_r , ce volume étant égal au volume de l'enceinte de mesure diminué du volume extérieur de l'objet à contrôler;
- des moyens pour calculer le débit de fuite D en fonction de l'évolution de la pression et du volume résiduel;
- des moyens pour procéder pendant la mesure, aux corrections dues au changement de volume de l'objet testé.

On connaît déjà différents appareils de ce type décrits notamment dans les demandes de brevets japonais No. 53-137 181 et 55-63 732 et dans la demande de brevet français publiée sous le No. 2 656 693.

Les appareils décrits dans les demandes de brevets japonais sont conçus pour mesurer, à pression constante, une différence de volume par unité de temps au moyen d'un piston comparateur qui permet de maintenir à zéro la différence de pression entre un volume de référence et un volume d'essai. A cet effet, ils comportent obligatoirement un détecteur différentiel de pression extrêmement sensible, pour la mise à zéro par le piston, ainsi qu'un ensemble piston et cylindre qui doit être conçu pour permettre de compenser le volume avec une résolution de l'ordre de quelques millimètres cube par minute.

Les inconvénients de ces appareils proviennent de ce qu'ils comportent deux instruments de précision qu'il faut lire simultanément et de ce qu'ils ne tiennent pas compte des effets de paramètres tels que les variations possibles du volume de l'objet testé (fluage) et de la température du gaz pendant la mesure.

L'appareil décrit dans la demande de brevet français est conçu pour tester l'étanchéité d'un objet en surpression. Or en pratique, on constate qu'un objet étanche en surpression n'est pas forcément étanche en dépression et, de même, un objet étanche en dépression n'est pas forcément étanche en surpression.

En effet, si l'objet dont on veut tester l'étanchéité présente un certain type de fissures, dites fissures à sens unique ou à effet de soupape, une augmentation de son rayon de courbure aura tendance à fermer la fissure, alors qu'une diminution de ce rayon aggrandira la fissure. Ainsi, suivant que l'on applique une surpression ou une dépression dans l'enceinte, la fissure se fermera ou s'ouvrira.

Actuellement, il existe trois méthodes permettant de tester l'étanchéité d'un objet:

- la mesure en dépression dans laquelle on immerge l'objet à tester dans un récipient contenant quelques centimètres d'eau et on évacue ensuite l'air du récipient en créant ainsi un vide. L'apparition de bulles annonce une fuite allant de l'intérieur vers l'extérieur.

- la mesure en surpression simple dans laquelle on soumet l'objet à une surpression et on mesure la quantité d'air qui entre dans l'objet. Cette quantité d'air indique la présence d'une fuite allant de l'extérieur vers l'intérieur.

- la mesure par ressouage ou rétrodiffusion. Cette mesure se pratique en deux temps. Dans un premier temps, on soumet l'objet à une forte pression pour une durée assez longue. S'il y a une fuite, la

pression intérieure de l'objet monte du fait que le gaz y pénètre. Dans un second temps, l'objet est placé dans une enceinte qui permet de mesurer la quantité d'air qui sort dudit objet. Les diagrammes classiques de Ruthberg et les équations de Botta permettent de trouver le taux de fuite dans le cas où les taux d'entrée et de sortie sont identiques.

5

Cette méthode n'est plus valable s'il se produit ce que l'on appelle communément «l'effet soupape», que l'on comprendra mieux en considérant l'exemple d'une soupape parfaite. Lors de la mise sous pression, une telle soupape est étanche et la pression intérieure ne monte pas. Dans le second temps, la fuite de sortie est présente, mais ne se manifeste pas puisque aucun gaz n'a pénétré dans l'objet. Il apparaît donc comme étanche.

10

Au contraire, si lors de la mise sous pression, il y a une fuite, la pression intérieure monte. Dans le second temps, l'effet soupape se manifeste en bloquant la sortie du gaz. Encore une fois, la fuite ne pourra être détectée, et l'objet apparaîtra à nouveau comme parfaitement étanche.

15

En conclusion, les méthodes basées sur la rétrodiffusion ne détectent pas ou mal les fuites du type «effet de soupape».

Les appareils actuels mettant en œuvre ces différentes méthodes donnent des résultats peu fiables et nécessitent des cycles de mesures relativement longs.

20

La présente invention se propose de pallier ces inconvénients en réalisant un appareil qui mesure à volume résiduel constant autour de l'objet testé et qui permet de déterminer avec une grande précision le débit de fuite de cet objet en déterminant le volume résiduel lors de la création d'une surpression et/ou d'une dépression, en contrôlant l'évolution de la pression dans l'enceinte de mesure et en corrigeant la mesure en fonction de divers paramètres. Cette mesure est de plus effectuée pendant un laps de temps particulièrement court.

25

Ce but est atteint par le procédé selon l'invention, caractérisé en ce que, pour générer ladite variation de la pression on engendre, dans un premier temps, une augmentation de la pression dans l'enceinte de mesure et on engendre, dans un deuxième temps, une diminution de la pression dans ladite enceinte de mesure.

30

Pour la mise en œuvre de ce procédé, l'appareil selon l'invention est caractérisé en ce que le dispositif variateur de la pression est agencé pour engendrer, dans un premier temps, une augmentation de la pression dans l'enceinte de mesure, et pour engendrer, dans un deuxième temps, une diminution de la pression dans ladite enceinte de mesure.

La présente invention sera mieux comprise en référence à la description de différents exemples de réalisation et des dessins annexés dans lesquels:

35

– la fig. 1 représente un schéma de principe illustrant une première forme de réalisation de l'appareil selon l'invention;

– la fig. 2 illustre une deuxième forme de réalisation de l'appareil selon l'invention;

– la fig. 3 illustre une troisième forme de réalisation de l'appareil selon l'invention;

– la fig. 4 est une vue d'une variante de réalisation du dispositif variateur; et

40

– la fig. 5 est un graphique illustrant l'évolution de la pression dans l'appareil selon l'invention.

45

En référence à la fig. 1, l'appareil 10 représenté se compose essentiellement d'une enceinte de mesure 11 étanche comportant un couvercle 12 et un corps de mesure 13. L'étanchéité entre le couvercle 12 et le corps de mesure 13 est assurée par un joint d'étanchéité 14. Un objet 15, dont on veut contrôler l'étanchéité et le cas échéant déterminer le taux de fuite, est déposé dans ladite enceinte de mesure 11. Cette enceinte est connectée par l'intermédiaire d'une vanne 16, qui peut être manuelle ou commandée, à un dispositif variateur 17 de la pression. Ce dispositif variateur 17 comporte une vanne 18 connectée à un dispositif de mise sous pression, une vanne 19 connectée à un dispositif de réduction de la pression et une vanne de purge 20 connectée à l'air extérieur.

50

L'appareil 10 comporte en outre des moyens 21 pour contrôler l'évolution de la pression dans l'enceinte de mesure 11, ces moyens 21 comprenant un manomètre de précision 22 connecté à la vanne 16 d'une part, et à une vanne intermédiaire 23 d'autre part.

L'appareil 10 est également équipé de moyens de correction 24 des mesures de pression, ces moyens de correction 24 comprenant un micromètre de profondeur 25 disposé sensiblement au centre de l'objet 15 à tester et permettant de mesurer la déflexion au centre de cet objet. Cette déflexion comprend une déformation élastique qui se produit quasiment immédiatement en même temps que la variation de pression, et une déformation visqueuse relativement lente appelée fluage.

55

Des moyens de calcul 26 comprenant un calculateur 27, de préférence associé à un ou plusieurs organes d'affichage numérique ou analogique non représentés, sont couplés électriquement au manomètre 22 et au micromètre de profondeur 25. Ces moyens de calcul 26 sont conçus pour traiter les résultats des mesures et afficher une valeur du débit de fuite tenant compte du fluage de l'objet 15.

60

L'appareil décrit ci-dessus est conçu pour fonctionner comme suit:

1) On place l'appareil dans son état initial préalable à toute mesure. Pour ceci, on effectue les opérations suivantes:

65

– on ouvre le couvercle 12;

- on ouvre la vanne intermédiaire 23;
- on ouvre la vanne 16;
- on ouvre la vanne de purge 20 du dispositif variateur 17;
- on ferme les autres vannes 18, 19 du dispositif variateur 17;
- 5 - on place l'objet 15 à tester en position;
- on ferme le couvercle 12;
- on ferme la vanne intermédiaire 23;
- on ferme la vanne de purge 20

2) On ouvre la vanne 18 du dispositif variateur afin de générer une surpression telle qu'après la détente, la pression dans l'enceinte de mesure soit sensiblement égale à la pression de mesure souhaitée;

3) Une fois cette pression atteinte, on ferme cette vanne 18;

4) On mesure la pression P_0 donnée par le manomètre 22.

5) On ouvre la vanne intermédiaire 23 de façon que le gaz se détende dans l'enceinte de mesure;

6) On mesure la pression P_1 (pression test) donnée par le manomètre 22.

Appelons V_0 , le volume compris entre la vanne intermédiaire 23 et les vannes 18, 19 et 20 du dispositif variateur 17, et V_r , le volume résiduel à savoir le volume de l'enceinte de mesure 11 y compris le volume de la tubulure entre cette enceinte de mesure et la vanne intermédiaire 23 auquel on soustrait le volume extérieur de l'objet à contrôler.

Selon la loi de Mariotte, on a:

$$P_0 V_0 = P_1 (V_0 + V_r)$$

d'où:

$$V_r = \frac{P_0 V_0 - P_1 V_0}{P_1} \quad (1)$$

Cette formule permet donc de calculer le volume résiduel.

A ce point, il est possible de détecter une grosse fuite sans poursuivre la procédure de mesure jusqu'à son terme. En effet, il suffit de comparer le volume résiduel calculé au moyen de la formule ci-dessus avec le volume résiduel estimé en connaissant les caractéristiques de l'appareil et en estimant de façon grossière, le volume extérieur de l'objet à tester. En cas de grosse fuite, ces deux volumes résiduels présenteront une différence importante. Il existe un deuxième moyen de détection d'une grosse fuite, consistant à observer la déflexion de l'objet due au fluage. En effet, en cas de fuite importante, la pression à l'intérieur et à l'extérieur de l'objet est la même et la déflexion est nulle.

7) On ferme la vanne 16.

8) On mesure la valeur fournie par le micromètre de profondeur 25.

9) On laisse évoluer le système un certain temps (ordre de grandeur 10 s);

10) Après ce temps d'attente, on mesure la pression P_2 donnée par le manomètre 22, ainsi que la valeur donnée par le micromètre de profondeur 25.

11) On calcule ΔP , la différence de pression $P_2 - P_1$ entre le début et la fin de la période d'attente.

Appelons V_r' , le volume résiduel V_r auquel on ajoute le volume compris entre la vanne 16 et la vanne 23, et Δh la différence de hauteur de l'objet 15 entre le début et la fin du premier temps de la mesure. Cette différence de hauteur est obtenue en calculant la différence entre les valeurs données par le micromètre 25 entre le début et la fin de la mesure. On peut associer à cette différence de hauteur Δh , une différence de volume ΔV de l'objet testé donnée par:

$$\Delta V = \kappa \cdot S \cdot \Delta h$$

où S est la surface apparente de l'objet sur laquelle se produit le fluage et κ est un facteur correctif dépendant de la forme de l'objet.

On peut associer à la variation de volume due au fluage, une différence de pression apparente ΔP_f donnée par:

$$\Delta P_f = \frac{P_1 \Delta V}{V_r'}$$

Le débit de fuite en tenant compte du fluage est alors donné par:

$$D = \rho \cdot \frac{V_r'}{\Delta t} (\Delta P - \Delta P_f) \quad (2)$$

où ρ est la densité du gaz aux conditions normales, et
 Δt est la durée de la mesure.

Le premier temps de la mesure, dans lequel on engendre une augmentation de la pression se termine à ce point. Dans le deuxième temps de la mesure, on génère une diminution de la pression dans l'enceinte de mesure. Cela est réalisé de la façon suivante:

- 5 12) On place l'appareil dans l'état suivant:
 - on ouvre la vanne intermédiaire 23 et la vanne 16;
 - on ouvre la vanne de purge 20 afin d'amener l'enceinte de mesure à la pression atmosphérique;
- 10 13) – On ferme toutes les vannes du dispositif variateur 17;
 - on ferme la vanne intermédiaire 23;
- 14) On ouvre la vanne 19 du dispositif variateur afin de générer une dépression telle qu'après l'ouverture de la vanne 23, on ait une pression sensiblement égale à la pression de mesure souhaitée;
- 15) Lorsque cette pression est atteinte, on ferme la vanne 19, puis on ouvre la vanne 23;
- 16) On ferme la vanne 16;
- 15 17) On mesure la pression P_1 donnée par le manomètre 22 et la valeur donnée par le micromètre de profondeur 25.
- 18) On laisse évoluer le système un certain temps;
- 19) Après ce temps d'attente, on mesure la pression P_2 donnée par le manomètre 22, ainsi que la valeur donnée par le micromètre de profondeur 25.
- 20 Le volume résiduel étant connu, le débit de fuite en tenant compte du fluage est donné comme précédemment par:

$$25 \quad D = \rho \cdot \frac{V_r'}{\Delta t} (\Delta P - \Delta P_f) \quad (2)$$

Lorsque la mesure est terminée, on ouvre les vannes 16 et 23 et la vanne de purge 20 afin d'amener l'enceinte de mesure à la pression atmosphérique.

- 30 La fig. 2 illustre un appareil 30 similaire à l'appareil 10 de la fig. 1, les éléments identiques de ces deux appareils portant les mêmes numéros de référence. Cet appareil 30 comporte un dispositif variateur 31 pourvu en plus des vannes 18, 19 et 20, d'un vérin à double effet 32 muni d'un piston 33 actionné par des moyens de déplacement 34 qui peuvent être électriques, pneumatiques ou manuels. Les moyens de déplacement 34 permettent d'actionner le piston 33 vers le haut ou vers le bas afin de générer une surpression ou une dépression dans l'enceinte de mesure 11. Ce mode de réalisation présente l'avantage de permettre une adaptation fine de la pression de mesure. Le vérin est en outre associé à un dispositif 35 de mesure du volume libre permettant de connaître le volume de gaz contenu dans le vérin 32 au-dessus du piston 33. Ce dispositif peut par exemple être une jauge de volume ou un dispositif linéaire.

- 40 L'appareil 30 comporte des moyens de correction 36 formés en plus du micromètre de profondeur 25, d'une sonde de température 37 disposée dans l'enceinte de mesure 11 et agencée pour mesurer la température du gaz contenu dans cette enceinte. La variation de température entre le début et la fin d'un cycle de mesure induit une différence de pression apparente du même type que celle due au fluage. Il est donc possible de corriger le calcul du débit de fluide en tenant également compte des variations de température.

Le calculateur 27 est connecté électriquement aux moyens 21 de contrôle de la pression, aux moyens de correction 36 et aux moyens de déplacement 34.

- 50 La marche à suivre pour effectuer un cycle de mesure est légèrement différente de celle du cas précédent c'est pourquoi, elle est décrite en détail ci-dessous, dans le cas où seul le vérin 32 est utilisé pour réaliser la variation de la pression.

- 1) On place l'appareil dans son état initial. Pour ceci, on effectue les opérations suivantes:
 - on ouvre le couvercle 12;
 - on ouvre la vanne intermédiaire 23;
 - on ouvre la vanne 16;
 - 55 – on ouvre la vanne de purge 20 du dispositif variateur 17;
 - on ferme les autres vannes 18, 19 du dispositif variateur 17;
 - on place l'objet 15 à tester en position;
 - on ferme le couvercle 12;
 - on ferme la vanne de purge 20
- 60 2) On mesure le volume libre V_{cy10} du vérin 32 et la pression P_0 donnée par le manomètre 22;
- 3) On actionne le piston 33 vers le haut afin de générer une surpression sensiblement égale à la pression de mesure souhaitée;
- 4) On mesure
 - la pression P_1 donnée par le manomètre 22;
 - 65 – la valeur donnée par le micromètre de profondeur 25;

- le volume libre V_{cyl1} du vérin 32, donnée par le dispositif 35 de mesure du volume libre;
 - la température T_1 du gaz contenu dans l'enceinte de mesure.
- En appliquant la loi de Mariotte, on a:

$$P_0(V_r + V_{cyl0}) = P_1(V_r + V_{cyl1})$$

d'où:

$$V_r = \frac{P_1 V_{cyl1} - P_0 V_{cyl0}}{P_0 - P_1} \quad (3)$$

Cette formule permet donc de calculer le volume résiduel.

Comme précédemment, il est possible de détecter une grosse fuite en analysant le volume résiduel et la déflexion due au fluage.

5) On ferme la vanne 16 et on laisse évoluer le système un certain temps (ordre de grandeur 10 s);

6) Après ce temps d'attente, on mesure:

- la pression P_2 donnée par le manomètre 22;
 - la valeur donnée par le micromètre de profondeur 25;
 - la température T_2 du gaz contenu dans l'enceinte de mesure.
- 7) On calcule ΔP , la différence de pression $P_2 - P_1$ entre le début et la fin de la période d'attente et ΔT , la différence de température $T_2 - T_1$ pour cette même période.

Comme dans le cas de la déflexion due au fluage, on peut associer à la variation de température du gaz dans l'enceinte de mesure, une différence de pression apparente ΔP_T donnée par:

$$\Delta P_T = \frac{P_1 \Delta T}{T_{abs}}$$

où ΔT est la différence de température entre le début et la fin de la mesure et T_{abs} est la température moyenne absolue du gaz dans l'appareil.

Le débit est alors donné par:

$$D = \rho \cdot \frac{V_r'}{\Delta t} (\Delta P - \Delta P_f - \Delta P_T)$$

où ρ est la densité du gaz aux conditions normales, et Δt est la durée de la mesure.

Le deuxième temps de la mesure, dans lequel on engendre une diminution de la pression est réalisé en répétant les points 1) à 7) ci-dessus, en déplaçant le piston 33 vers le bas.

L'appareil 40 illustré par la fig. 3 est similaire aux appareils 10 et 30 des fig. 1 et 2. Il comporte toutefois un certain nombre d'éléments supplémentaires qui augmentent sa précision absolue.

Le couvercle 41 est notamment pourvu de moyens de fermeture 42 formés d'un vérin 43 comportant un piston 44 et deux vannes 45 et 46 disposées aux deux extrémités dudit vérin. La vanne 45 assure la fermeture du couvercle, alors que la vanne 46 assure son ouverture.

Le corps de mesure 47 comporte une enceinte de référence 48 connectée à l'enceinte de mesure 11 par l'intermédiaire d'un manomètre différentiel 49 et d'une vanne 50 qui permet le remplissage de cette enceinte de référence et assure la protection du manomètre différentiel contre une surpression accidentelle.

Le corps de mesure 47 et le couvercle 41 sont mis en communication au moyen d'un dispositif de circulation thermostatée 51 dans lequel circule un fluide à température contrôlée. Ceci permet de maintenir le corps de mesure 47 à une température sensiblement constante.

Le dispositif variateur 52 comporte, comme dans le mode de réalisation illustré par la figure 2, un vérin à double effet 32, un piston 33 et un dispositif 35 de mesure du volume libre du vérin. Les moyens de déplacement 53 du piston sont constitués d'un deuxième vérin à double effet 54 comportant un piston 55 lié au piston 33 par une liaison rigide et agencé pour assurer le déplacement du piston 33. Le vérin à double effet 54 comporte à son extrémité inférieure, une vanne 56 pour assurer le déplacement du piston 33 de manière à générer la compression du fluide dans l'enceinte de mesure, et à son extrémité supérieure, une vanne 57 pour assurer le déplacement du piston 33 de manière à générer la dépression du fluide dans l'enceinte de mesure.

Dans la forme de réalisation préférée, le dispositif variateur 52 comporte un dispositif (non représenté) de commande automatique des vannes 56 et 57 permettant de commander automatiquement ce dispositif variateur. Il est toutefois aussi possible de commander ce dispositif manuellement ou électriquement.

Les moyens 58 pour contrôler l'évolution de la pression comportent un premier manomètre de précision 59 disposé à proximité du vérin 32, et un deuxième manomètre de précision 60 agencé pour mesurer la pression dans l'enceinte de mesure 11, ces deux manomètres étant séparés par une vanne 61.

Une vanne de purge 62 est en outre raccordée au dispositif variateur de manière à libérer le gaz sous pression de l'appareil.

Les moyens de correction 63 comportent comme dans le mode de réalisation de la figure 2, un micromètre de profondeur 25 et une sonde de température 37 disposés dans l'enceinte de mesure 11. Ces moyens de correction 63 comportent en outre un micromètre de profondeur 64 disposé dans l'enceinte de mesure de manière à mesurer le fluage au bord de l'objet ainsi que trois sondes de température 65, 66 et 67 respectivement agencées pour mesurer la température du gaz de l'enceinte de référence 48, la température du corps de mesure 47 et la température du couvercle 41.

Le calculateur 27 est couplé électriquement au dispositif de mesure du volume libre 35, au manomètre différentiel 49, aux sondes de température 37, 65, 66 et 67, aux micromètres de profondeur 25 et 64 et aux manomètres de précision 59 et 60. Ce calculateur est conçu pour traiter les résultats des mesures et afficher une valeur du débit de fuite tenant compte du fluage de l'objet 15, ainsi que des variations de température. Il est aussi conçu pour commander les vannes 45 et 46 ainsi que les vannes 56 et 57.

L'appareil décrit ci-dessus est conçu pour fonctionner d'une manière similaire aux appareils des fig. 1 et 2. Toutefois, comme un certain nombre d'opérations diffèrent, le fonctionnement est décrit en détail ci-dessous.

1) On place l'appareil dans son état initial préalable à toute mesure. Pour ceci, on effectue les opérations suivantes:

- on ouvre le couvercle 41;
- on ouvre les vannes 50 et 61;
- on règle le manomètre différentiel 49 à zéro;
- on place l'objet 15 à tester en position;
- on place les pistons 33 et 55 dans une position telle que, lorsqu'ils seront dans leur position finale, la surpression engendrée dans l'enceinte de mesure 11 soit égale à la pression expérimentale souhaitée.

2) On agit sur la vanne 45 de façon à fermer le couvercle 41,

3) On mesure:

- la valeur V_{cylo} du volume libre du dispositif variateur 52. Cette valeur est donnée par le dispositif de mesure du volume libre 35,
- la valeur de la pression P_0 indiquée par le manomètre de précision 60.

4) On agit sur la vanne 56 pour générer une pression dans l'enceinte de mesure,

5) On mesure:

- la pression expérimentale P_1 au moyen du manomètre de précision 60;
- la valeur V_{cyl1} du volume libre du dispositif variateur 52.

En appliquant la loi de Mariotte, on peut déterminer le volume résiduel par la formule suivante:

$$V_r = \frac{P_0 V_{cylo} - P_1 V_{cyl1}}{P_1 - P_0}$$

Ceci permet de détecter immédiatement une grosse fuite en comparant la valeur de V_r calculée, avec une estimation de ce volume résiduel. Dans le cas d'une grosse fuite, V_r englobe le volume intérieur de l'objet à tester.

6) On ferme les vannes 50 et 61 et on mesure:

- la différence de pression ΔP_1 entre l'enceinte de mesure 11 et l'enceinte de référence 48, donnée par le manomètre différentiel 49.

7) On laisse évoluer le système pendant un certain temps Δt , et après ce temps d'attente, on mesure la différence de pression ΔP_2 entre l'enceinte de mesure 11 et l'enceinte de référence 48.

La différence ΔP entre les différences de pressions ΔP_1 et ΔP_2 , déterminée en fonction du temps, permet de constater l'importance d'une fuite. Selon cette importance, il est possible d'arrêter prématurément la mesure. Dans le cas d'une grosse fuite, la valeur de cette différence de pression est grande pour un temps de mesure relativement court.

8) On mesure:

- la variation ΔT de la température dans l'enceinte de mesure 11 au cours de la mesure; et
- l'affaissement Δh au moyen des micromètres de profondeur 25 et 64. Cet affaissement est converti en un changement de volume ΔV en appliquant la formule:

$$\Delta V = \kappa \cdot S \cdot \Delta h$$

comme cela a été expliqué en référence à la fig. 1.

Le calculateur détermine et le cas échéant, affiche le débit de fuite D dans les unités désirées comp-

te tenu des corrections dues à la variation de la température et au changement de volume de l'objet pendant la mesure. Ce débit de fuite D est obtenu en appliquant la relation suivante:

$$D = \rho \cdot (V_r + V_{cyl1}) \cdot \frac{\Delta P - \Delta P_r - \Delta P_T}{\Delta t}$$

où:

ρ est la densité du gaz aux conditions normales,

ΔP_1 est la différence de pression entre l'enceinte de mesure et l'enceinte de référence à la fin de la phase au cours de laquelle on génère la variation de la pression, au début de la phase de mesure; ΔP_2 est la différence de pression entre l'enceinte de mesure et l'enceinte de référence à la fin de la mesure; et

Δt est la durée de la mesure;

Le premier temps de la mesure, dans lequel on engendre une augmentation de la pression se termine à ce point. Dans le deuxième temps de la mesure, on génère une diminution de la pression dans l'enceinte de mesure et dans l'enceinte de référence. Cela est réalisé de la manière suivante:

9) On place l'appareil dans l'état suivant:

– on ouvre les vannes 50 et 61;

– on place les pistons 33 et 55 dans une position telle que, lorsqu'ils seront dans leur position finale, la dépression engendrée dans l'enceinte de mesure 11 soit égale à la pression expérimentale souhaitée.

10) On mesure:

– la valeur V_{cyl0} du volume libre du dispositif variateur 52. Cette valeur est donnée par le dispositif 35 de mesure du volume libre;

– la valeur de la pression atmosphérique P_0 indiquée par le manomètre de précision 60.

11) On agit sur la vanne 57 pour générer une dépression dans l'enceinte de mesure;

12) On mesure:

– la pression expérimentale P_1 au moyen du manomètre de précision 60;

– la valeur V_{cyl1} du volume libre du dispositif variateur 52.

13) On ferme les vannes 50 et 61 et on mesure:

– la différence de pression ΔP_1 entre l'enceinte de mesure 11 et l'enceinte de référence 48.

14) On laisse évoluer le système pendant un certain temps Δt , et après ce temps d'attente, on mesure:

– la différence de pression ΔP_2 entre l'enceinte de mesure 11 et l'enceinte de référence 48.

Comme précédemment la différence ΔP entre les différences de pression ΔP_1 et ΔP_2 , déterminée en fonction du temps, permet de constater l'importance d'une fuite.

15) On mesure:

– la variation ΔT de la température dans l'enceinte de mesure 11 au cours de la mesure; et

– le changement de volume ΔV de l'objet en mesurant son agrandissement Δh au moyen des micromètres de profondeur 25 et 64 et en appliquant la formule:

$$\Delta V = \kappa \cdot S \cdot \Delta h$$

Le débit de fuite compte tenu des corrections dues aux variations de température et au fluage est à nouveau donné par:

$$D = \rho \cdot (V_r + V_{cyl1}) \cdot \frac{\Delta P - \Delta P_r - \Delta P_T}{\Delta t}$$

Le calculateur 27 peut également être conçu pour indiquer si l'objet à tester répond ou non aux conditions imposées. Ces conditions peuvent être différentes selon les catégories d'objets à tester.

Lorsque l'on désire réaliser des mesures avec des pressions supérieures à la pression maximale ou inférieures à la pression minimale que l'on peut obtenir en utilisant uniquement le dispositif variateur, il est possible de relier la vanne de purge 62 à un réservoir contenant un fluide à la pression de mesure souhaitée, ou à une pompe à vide. La pression générée par ce réservoir ou cette pompe à vide est alors mesurée grâce au manomètre de précision 59.

En référence à la figure 4, le dispositif variateur 70 comporte un vérin 71 muni d'un piston 72 solidaire d'une crémaillère 73. Cette crémaillère est actionnée par une roue dentée 74 qui peut être mise en mouvement par des moyens de déplacement manuels 75 comportant une vis 76 ou par des moyens de déplacement électriques 77 comportant un moteur 78 et une vis sans fin 79. L'appareil représenté par cette figure est toutefois conçu pour fonctionner de la même manière que l'appareil illustré par la fig. 3.

La fig. 5 représente les courbes d'évolution de la pression dans l'enceinte de mesure lors du fonctionnement de l'appareil. En abscisse on a représenté le temps t , et en ordonnée la pression P , par

exemple en bars. La première phase I représente la période de mise sous pression ou de réduction de la pression suivant que l'on travaille en surpression ou en dépression respectivement, la deuxième phase II représente une période d'attente, la troisième phase III représente la période de mesure et la quatrième phase IV représente la suite de l'évolution de la pression après la mesure.

5 Les courbes A, B et C représentent des courbes de mesure en surpression, alors que les courbes D, E et F sont des courbes de mesure en dépression.

La courbe A correspond à un objet sans fuite, donc parfaitement étanche à la pression de mesure qui est par exemple de 3 bars. Cette pression est linéairement croissante pendant la phase I et constante au cours des autres phases de la mesure.

10 La courbe B correspond à un objet présentant une fuite importante. Au cours de la phase I, la pression dans l'enceinte de mesure augmente de façon linéaire, mais son maximum atteint à la fin de la phase I est inférieur à la pression théorique définie par la courbe A. Au cours des autres phases de la mesure, elle est constante.

15 La courbe C représente l'évolution de la pression dans l'enceinte de mesure lorsque l'objet présente une petite fuite. La phase I est identique à celle de la courbe A. La pression diminue au cours des phases II et III. La diminution de la pression au cours de la dernière phase de la mesure est due à l'influence du fluage.

La courbe D correspond à un objet sans fuite. La pression est linéairement décroissante pendant la phase I et constante au cours des autres phases de la mesure.

20 La courbe E correspond à un objet présentant une fuite importante. Au cours de la phase I, la pression dans l'enceinte de mesure diminue de façon linéaire, mais son minimum atteint à la fin de la phase I est supérieur à la pression théorique définie par la courbe D. Au cours des autres phases de la mesure, elle est constante.

25 La courbe F représente l'évolution de la pression dans l'enceinte de mesure lorsque l'objet présente une petite fuite. La phase I est identique à celle de la courbe D. La pression augmente au cours des phases II et III. L'augmentation de la pression au cours de la dernière phase de la mesure est due à l'influence du fluage.

30 Dans d'autres formes de réalisation basées sur le même procédé, les vannes 45 et 46 ainsi que les vannes 56 et 57 pourraient par exemple être remplacées par des moyens de déplacement mécaniques ou électriques tels qu'un mécanisme à genouillère, une vis sans fin ou un vérin actionné électriquement. D'autre part l'appareil pourrait être placé dans une enceinte isolante, ce qui permettrait de supprimer les variations de la température du gaz dans les enceintes de mesure et de référence. De plus, afin d'augmenter la précision absolue de l'appareil, on pourrait réduire le volume résiduel en ajoutant des éléments de remplissage dans l'enceinte de mesure. Finalement, en combinant les divers éléments
35 des modes de réalisation des figures 1 à 3 on aurait également la possibilité de réaliser une construction modulaire.

Revendications

40 1. Procédé de contrôle de l'étanchéité d'un objet comprenant au moins une cavité délimitée par une enveloppe réputée étanche, et de détermination du débit de fuite de cet objet sous une pression donnée, dans lequel:

– on dispose l'objet entre un couvercle et un corps de mesure formant une enceinte fermée, appelée enceinte de mesure, contenant un gaz à pression atmosphérique;

45 – on crée une variation de la pression grâce à un dispositif variateur de la pression pour générer une pression déterminée différente de la pression atmosphérique, du gaz contenu dans l'enceinte de mesure;

– on contrôle l'évolution de la pression dans ladite enceinte de mesure;

– on calcule le volume résiduel V_r , ce volume étant égal au volume de l'enceinte de mesure diminué du volume extérieur de l'objet à contrôler, en appliquant la loi de Mariotte;

50 – on calcule le débit de fuite D en fonction de la variation de la pression et du volume résiduel;

– on procède pendant la mesure, aux corrections dues au changement de volume de l'objet testé, caractérisé en ce que, pour générer ladite variation de la pression on engendre, dans un premier temps, une augmentation de la pression dans l'enceinte de mesure (11) et on engendre, dans un deuxième temps, une diminution de la pression dans ladite enceinte de mesure (11).

55 2. Appareil de contrôle de l'étanchéité d'un objet comprenant au moins une cavité délimitée par une enveloppe réputée étanche, et de détermination du débit de fuite de cet objet sous une pression donnée, cet appareil comportant:

– un corps de mesure et un couvercle formant une enceinte fermée, appelée enceinte de mesure, contenant un gaz à pression atmosphérique dans laquelle est disposé ledit objet;

60 – des moyens pour générer une variation de la pression, ces moyens comprenant un dispositif variateur de la pression pour générer une pression déterminée différente de la pression atmosphérique, du gaz contenu dans l'enceinte de mesure;

– des moyens pour contrôler l'évolution de la pression dans ladite enceinte de mesure;

65 – des moyens pour calculer le volume résiduel V_r , ce volume étant égal au volume de l'enceinte de mesure diminué du volume extérieur de l'objet à contrôler;

- des moyens pour calculer le débit de fuite D en fonction de la variation de la pression et du volume résiduel;
 - des moyens pour procéder pendant la mesure, aux corrections dues au changement de volume de l'objet testé,
- 5 caractérisé en ce que le dispositif variateur de la pression est agencé pour engendrer, dans un premier temps, une augmentation de la pression dans l'enceinte de mesure (11), et pour engendrer, dans un deuxième temps, une diminution de la pression dans ladite enceinte de mesure (11).
3. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif variateur (17, 31) comporte au moins une vanne (18) agencée pour être connectée à un dispositif de mise sous pression et au moins
- 10 une vanne (19) agencée pour être connectée à un dispositif de réduction de la pression.
4. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif variateur (31, 52) comporte un vérin (32) muni d'un piston (33) agencé pour générer ladite variation de la pression et couplé à des moyens de déplacement (34, 53).
5. Appareil selon la revendication 4, caractérisé en ce que les moyens de déplacement (53) du piston comportent un vérin à double effet (54) commandé par deux vannes (56, 57).
- 15 6. Appareil selon la revendication 4, caractérisé en ce que le vérin (32) du dispositif variateur (31, 52) comporte un dispositif (35) de mesure du volume libre du vérin.
7. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif variateur (70) comporte un vérin (71) muni d'un piston (72) solidaire d'une crémaillère (73) actionnée par une roue dentée (74).
- 20 8. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dispositif variateur (17, 31, 52) est couplé à un manomètre (22, 59, 60).
9. Appareil selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit manomètre (22, 59, 60) est un manomètre de précision et fait partie desdits moyens (21, 58) pour contrôler l'évolution de la pression.
10. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que le corps de mesure (47) comprend une
- 25 enceinte de référence (48).
11. Appareil selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'enceinte de référence (48) et l'enceinte de mesure (11) sont reliées par l'intermédiaire d'un manomètre différentiel (49).
12. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de correction (24, 36, 63) comportent au moins un micromètre de profondeur (25, 64) disposé dans l'enceinte de mesure (11) en
- 30 contact avec l'objet (15) à tester.
13. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de correction (36, 63) comportent au moins une sonde de température (37) pour mesurer la température du gaz contenu dans l'enceinte de mesure (11).
14. Appareil selon la revendication 10, caractérisé en ce que les moyens de correction (63) comportent au moins une sonde de température (65) disposée dans l'enceinte de référence (48) pour mesurer
- 35 la température du gaz contenu dans cette enceinte.
15. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de correction (63) comportent au moins une sonde de température (67) pour mesurer la température du couvercle (41).
16. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de circulation thermostatée (51) agencé pour faire circuler un fluide à température contrôlée entre le couvercle (41) et le
- 40 corps de mesure (47).
17. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de fermeture (42) agencés pour ouvrir et fermer ledit couvercle (41).
18. Appareil selon la revendication 17, caractérisé en ce que les moyens de fermeture (42) du couvercle (41) comportent un vérin à double effet (43) muni d'un piston (44) commandé par deux vannes
- 45 (45, 46) permettant d'assurer la fermeture et l'ouverture dudit couvercle.
19. Appareil selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de calcul (26) comportent un calculateur (27) agencé pour traiter les informations des moyens (21, 58) pour contrôler l'évolution de la pression et des moyens de correction (24, 36, 63).
20. Appareil selon les revendications 5, 18 et 19, caractérisé en ce que le calculateur (27) est agencé pour fournir des signaux de commande aux vannes (45, 46, 56, 57) des moyens (42) de fermeture
- 50 du couvercle et du dispositif variateur (52).

55

60

65

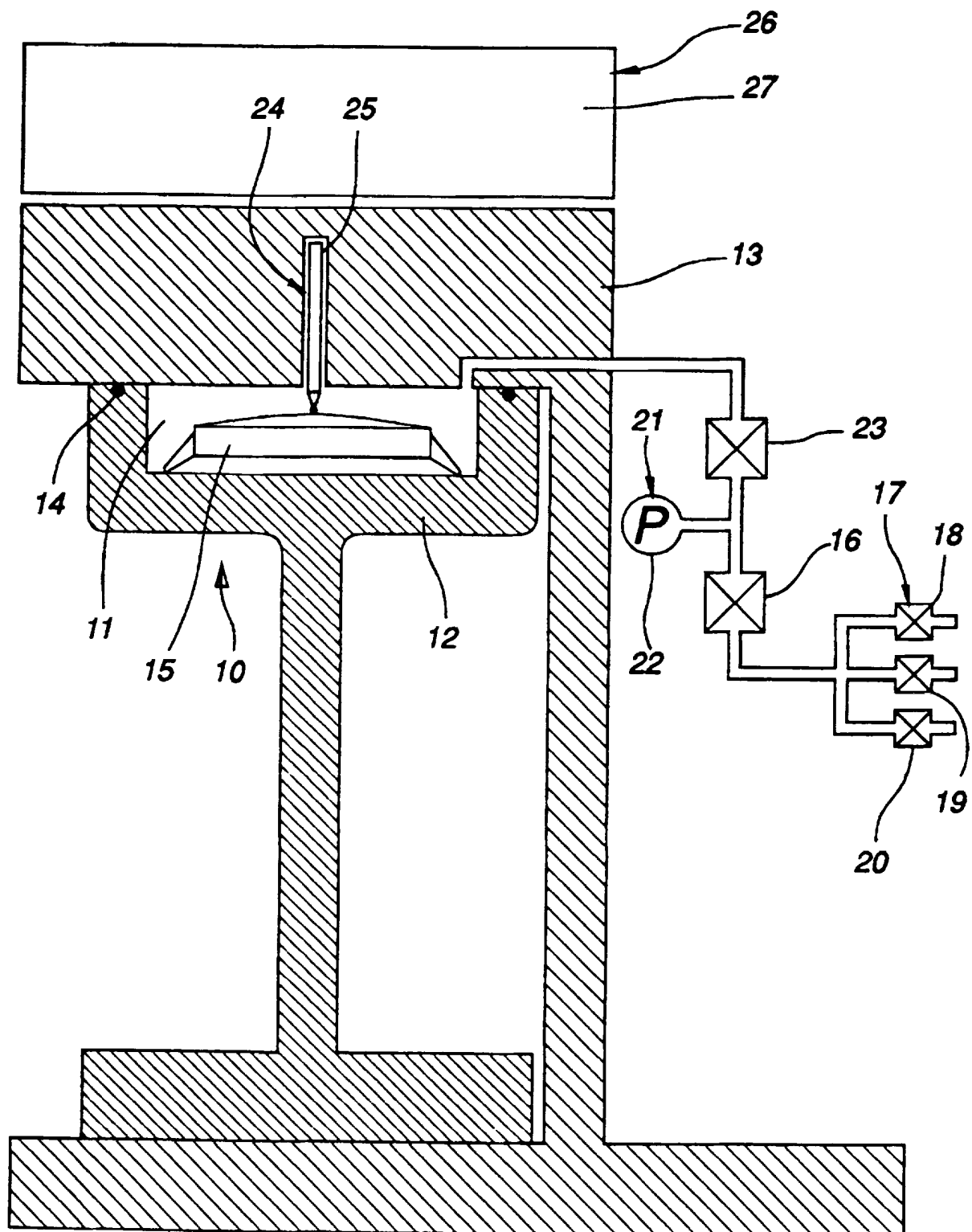
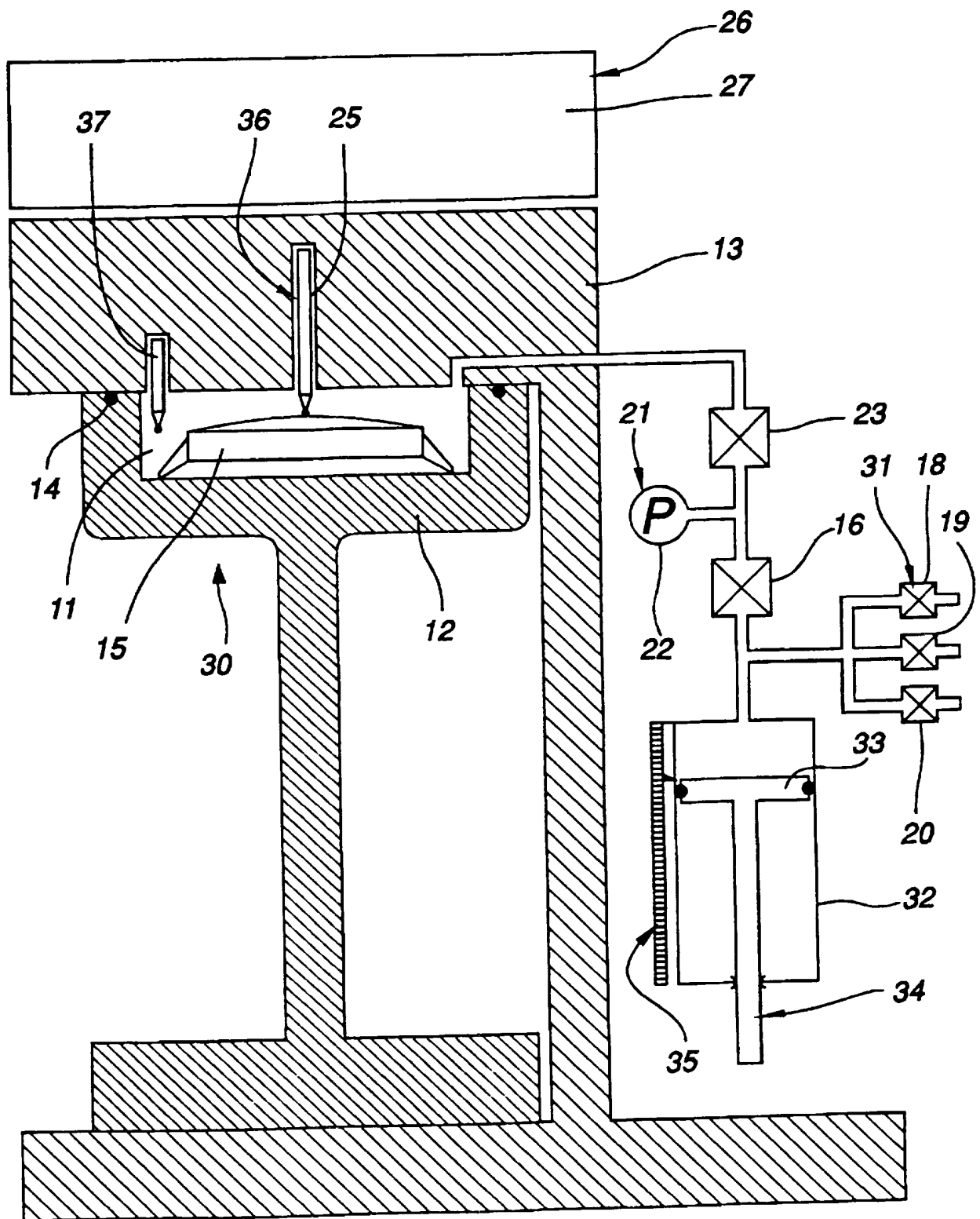


Fig. 1



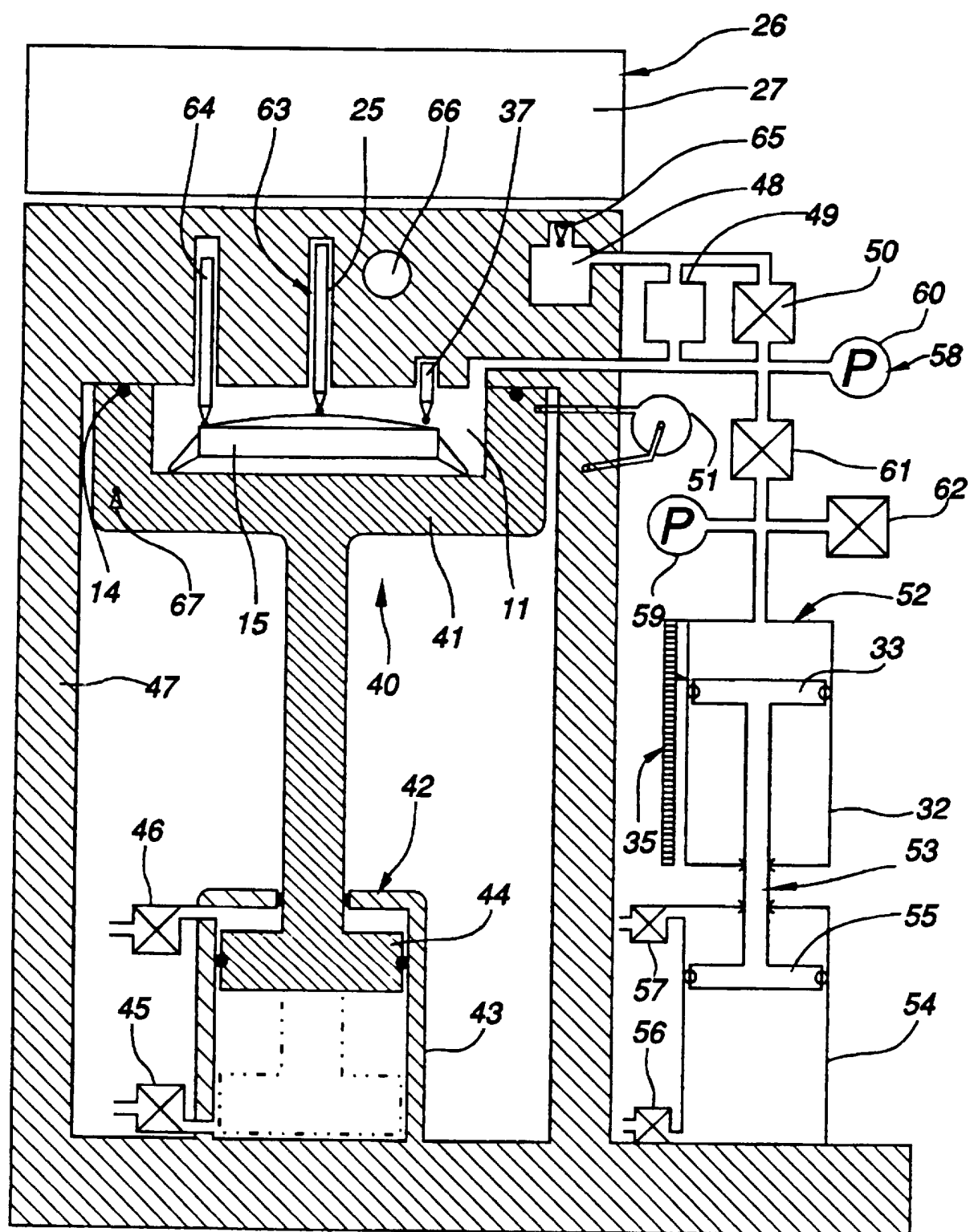


Fig. 3

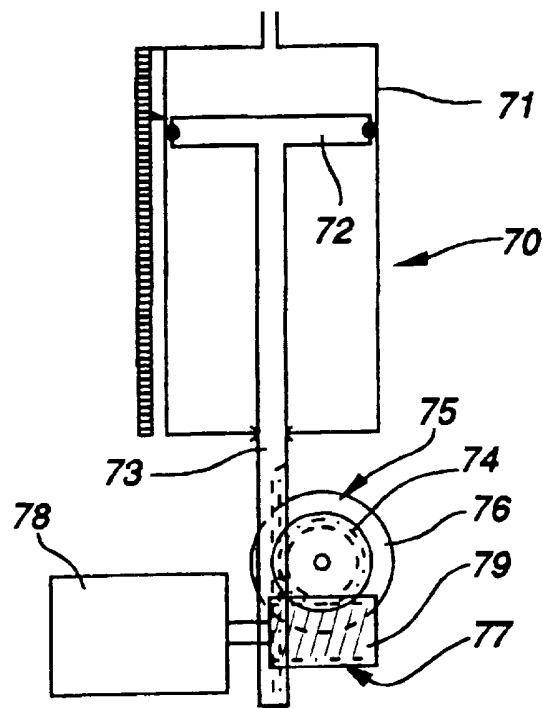


Fig. 4

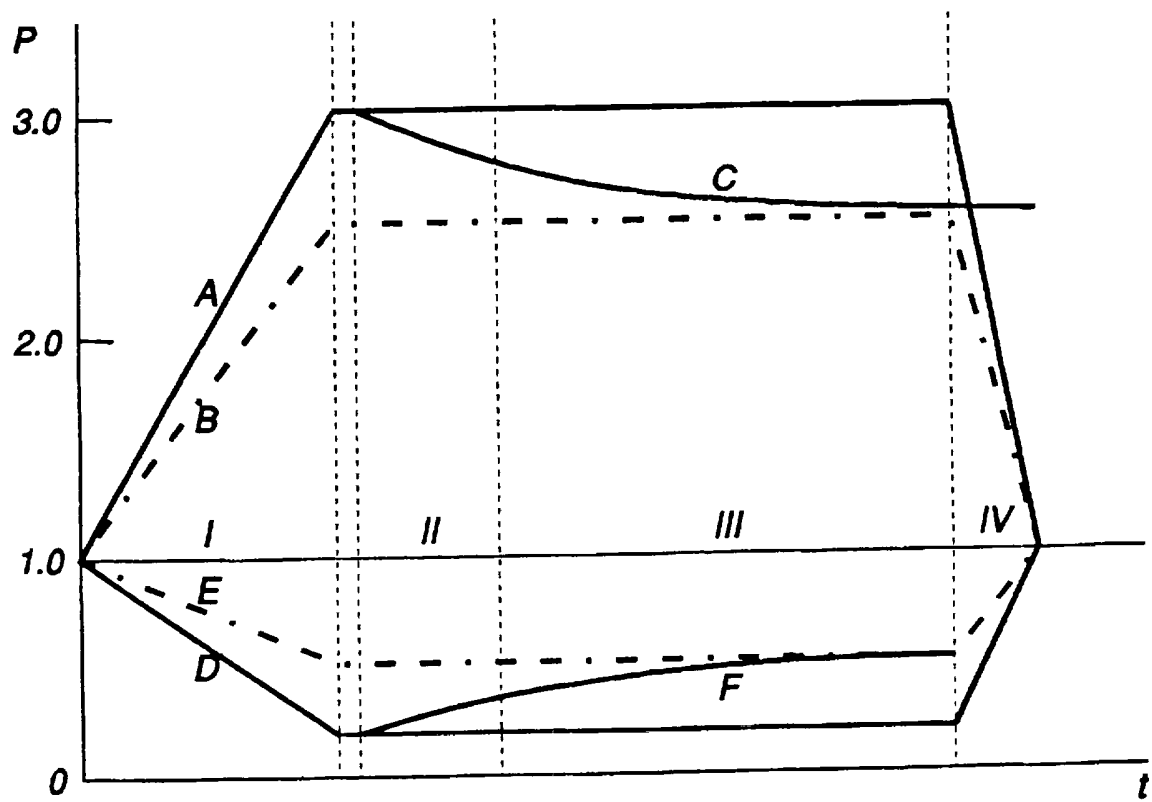


Fig. 5