

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 478 309

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 80 05653**

(54) Appareil de mesure des viscosités et de la densité des fluides.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). G 01 N 11/02, 9/26.

(22) Date de dépôt..... 13 mars 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 38 du 18-9-1981.

(71) Déposant : Société anonyme dite : ESSO SOCIETE ANONYME FRANÇAISE, résidant en
France.

(72) Invention de : Michel Tournier.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Rinuy, Santarelli,
14, av. de la Grande-Armée, 75017 Paris.

L'invention concerne un appareil de mesure des viscosités et de la densité de fluides.

Il est connu d'utiliser un pont hydraulique comprenant deux éléments qui produisent un écoulement laminaire, 5 et deux éléments qui produisent un écoulement turbulent. Lorsqu'un tel pont est maintenu en équilibre par réglage du débit de fluide s'y écoulant, des relations simples rendent possible de tirer des mesures des viscosités du fluide en fonction de constantes de l'appareil, de la chute de pression 10 et du débit volumétrique dans le pont. La difficulté principale est de réaliser une mesure suffisamment précise de l'écoulement parcourant le pont lorsque les caractéristiques du fluide varient.

On a découvert qu'en associant à un tel pont un 15 second pont hydraulique totalement turbulent, il est possible d'effectuer des mesures précises et fiables permettant de déterminer les viscosités et la densité d'un fluide.

L'invention concerne donc un appareil de mesure des viscosités d'un fluide comprenant (1) une première pompe 20 reliée à l'alimentation en fluide, (2) un premier pont hydraulique parcouru par le fluide provenant de la première pompe et comportant deux éléments diamétralement opposés, dans lesquels le fluide est soumis à un écoulement laminaire, et deux autres éléments diamétralement opposés, dans lesquels 25 le fluide est soumis à un écoulement turbulent, et un dispositif pouvant comparer les pressions régnant en deux points situés entre un élément laminaire et un élément turbulent, ce dispositif commandant la première pompe afin de maintenir l'équilibre en faisant varier le débit d'écoulement du fluide 30 pénétrant dans le premier pont hydraulique, (3) un second pont hydraulique pouvant être parcouru par le fluide qui provient du premier pont et comportant quatre éléments identiques dans lesquels le fluide peut subir un écoulement turbulent et une seconde pompe montée entre un point situé entre deux éléments 35 adjacents et un point situé entre les deux autres éléments adjacents, (4) un dispositif de mesure de différence de pression à travers le premier pont hydraulique, et (5) un dispositif de mesure de la différence de pression à travers le second pont hydraulique.

Comme décrit ci-après, il est possible de mesurer les différences de pression à travers les deux ponts pour calculer la densité, la viscosité dynamique et la viscosité cinétique du fluide parcourant l'appareil.

5 La première pompe peut être du type à débit variable, auquel cas elle doit être commandée par un capteur de pression afin d'assurer l'équilibre du premier pont hydraulique. La première pompe peut être une pompe volumétrique à débit constant, auquel cas elle est reliée à un déversoir 10 variable, commandé par un capteur de pression afin qu'un débit correspondant à l'équilibre de ce pont soit maintenu dans le premier pont.

Dans le premier pont hydraulique, les éléments produisant un écoulement laminaire peuvent être un montage à 15 tube simple ou à plusieurs tubes provoquant une chute de pression suffisant à l'obtention d'un nombre de Reynolds assez bas pour assurer un écoulement laminaire réel, ou bien un type quelconque de matière poreuse causant une chute de pression proportionnelle au débit de fluide la traversant. 20 Les éléments d'écoulement turbulent peuvent être de simples ajutages donnant un nombre de Reynolds de l'écoulement suffisamment élevé pour assurer un écoulement turbulent réel. Il est essentiel que les éléments turbulents soient diamétralement opposés, de même que les éléments laminaires.

25 Le pont doit être équilibré automatiquement par réglage du débit d'écoulement de fluide ; autrement dit, la chute de pression se produisant dans tout élément laminaire doit être égale à la chute de pression se produisant dans tout élément turbulent. Un dispositif compare la pression 30 au point opposé du pont, ce dispositif pouvant être un détecteur de pression différentielle nulle.

Le fluide sortant du premier pont hydraulique pénètre dans le second pont hydraulique. Ce dernier comporte 35 quatre éléments identiques, un dans chaque branche du pont, parcourus par le fluide en écoulement turbulent. Une pompe, placée dans ce second pont hydraulique produit un écoulement de fluide transversal au pont. Cette pompe doit être une pompe volumétrique à débit constant.

Enfin, un dispositif est destiné à mesurer les différences de pression à travers le premier pont hydraulique et un dispositif est destiné à mesurer les différences de pression à travers le second pont hydraulique. Les dispositifs effectuant ces mesures sont, par exemple, des transducteurs de pression différentielle de tout type convenable, suffisamment précis et disponibles dans le commerce.

Dans une forme préférée, mais non exclusive, de réalisation, les deux pompes sont des pompes volumétriques à débit constant et elles sont commandées par un moteur électrique commun à vitesse constante. Dans ce cas, le débit d'écoulement total du fluide dans le premier pont et dans le second pont hydraulique est réglé par un déversoir régulé par le détecteur de pression différentielle nulle du premier pont hydraulique. Le déversoir est convenablement monté dans un conduit de dérivation reliant l'entrée du premier pont à la sortie du second pont.

L'appareil selon l'invention convient à divers usages, par exemple à la fabrication d'un produit correspondant à des spécifications données lorsque divers composants doivent être mélangés ; il peut également être utilisé, par exemple, pour déterminer les réglages d'un moteur thermique ou d'un brûleur à mazout afin de les adapter aux caractéristiques variables des fluides utilisés.

L'invention sera décrite plus en détail en regard du dessin annexé à titre d'exemple nullement limitatif et sur lequel la figure unique est un schéma d'une forme préférée de l'appareil selon l'invention.

Un fluide provenant d'une pompe 1 pénètre dans un premier pont hydraulique I. Ce pont comprend deux éléments 2 et 3 à écoulement laminaire et deux éléments 4 et 5 à écoulement turbulent. La différence de pression entre des points b et d de ce pont I est mesurée par un détecteur 6 et réglée à zéro au moyen d'un déversoir 7 auquel le détecteur est relié électriquement. La pression totale ΔP_1 à travers le premier pont I est déterminée par le transducteur 8 de pression différentielle.

Un second pont hydraulique II comporte quatre éléments identiques 9, 10, 11 et 12 à écoulement turbulent, et une pompe volumétrique 13 à débit constant. La différence de pression totale ΔP_2 à travers le second pont hydraulique 5 est mesurée par un transducteur 14 de pression différentielle.

Le premier pont hydraulique I doit être équilibré automatiquement par réglage du débit de fluide parcourant l'appareil. Ce résultat est obtenu au moyen du déversoir 7 10 qui peut être du type à bobine ou à commande par moteur, régulé par le détecteur 6. Le fonctionnement de l'appareil est le suivant :

Le pont I reçoit un débit volumétrique Q provenant de la pompe 1. Cet écoulement est divisé en deux parties 15 $Q/2$ qui sont égales si le pont est en équilibre. La chute de pression provoquée par les éléments laminaires 2 et 3 est :

$$P_a - P_b = P_d - P_c = k_1 \eta \frac{Q}{2} \text{ (dimension } ML^{-1}T^{-2}) \text{ (1)}$$

20 où P_a , P_b , P_c et P_d sont les pressions régnant aux jonctions a, b, c et d, respectivement, et k_1 est une constante de l'appareil (ayant une dimension L^{-3}), η est la viscosité dynamique (dimension $ML^{-1}T^{-1}$), et Q est l'écoulement volumétrique pénétrant dans le pont (dimension $L^{-3}T^{-1}$).

25 La chute de pression dans les éléments turbulents 4 et 5 est :

$$P_a - P_d = P_b - P_c = k_2 d \left(\frac{Q}{2}\right)^2 \text{ (dimension } ML^{-1}T^{-2}) \text{ (2)}$$

30 où k_2 est une autre constante de l'appareil (dimension L^{-4}) et d est la densité du fluide (dimension ML^{-3}).

Lorsque le pont I est équilibré, c'est-à-dire $P_b = P_d$, par réglage du débit Q le parcourant, en effectuant la soustraction des deux équations précédentes (1) et (2), on a alors :

35

$$k_1 \eta = k_2 d \frac{Q}{2} \text{ (3)}$$

ou, si γ est la viscosité cinématique (dimension L^2T^{-1}) :

$$k_1 \Delta h = k_2 \frac{Q}{2} \quad (4)$$

Ainsi, en additionnant les équations (1) et (2),
on a :

5

$$\Delta P_1 = P_A - P_C = (k_1 \Delta h + k_2 d \frac{Q}{2}) \frac{Q}{2}$$

ou, de l'équation (3) :

10

$$\Delta P_1 = k_1 \Delta h Q = \frac{1}{2} (k_2 d Q^2) \quad (5)$$

Dans le pont II, deux débits existent
(1) le débit Q qui provient du pont I, et
(2) le débit q qui est une constante et qui est supé-
rieur au débit Q , produit par la pompe 13.
15 Le débit de fluide dans les éléments turbulents 9
et 10 est :

20

$$\frac{q}{2} + \frac{Q}{2}$$

et, par conséquent, la chute de pression est :

$$P_A - P_B = P_D - P_C = k_4 d \left(\frac{q+Q}{2} \right)^2 \text{ (dimension } ML^{-1} T^{-1} \text{)} \quad (6)$$

25 où P_A , P_B , P_C et P_D sont les pressions aux jonctions A, B, C et D, respectivement, et $k_4 (L^{-4})$ est une autre constante de l'appareil. De la même manière, le débit d'écoulement dans les éléments 11 et 12 est $\frac{q}{2} - \frac{Q}{2}$ et, par conséquent, la chute de pression est :

30

$$P_D - P_A = P_C - P_B = k_4 d \left(\frac{q-Q}{2} \right)^2 \quad (7)$$

En soustrayant l'équation (7) de l'équation (6),
on a :

$$35 \Delta P_2 = P_A - P_C = k_4 d \left[\left(\frac{q+Q}{2} \right)^2 - \left(\frac{q-Q}{2} \right)^2 \right] = k_4 d q Q = k_3 d Q \quad (8)$$

où $k_3 = q k_4$ est une autre constante (dimension $L^{-1} T^{-1}$), car

k est maintenu à une valeur constante. On tire de l'équation (8) :

5

$$Q = \frac{\Delta P_2}{k_3 d} \quad (9)$$

Cette valeur donne, avec les équations (3) et

10 (4) :

$$\eta = \frac{k_2}{k_1} \quad \text{et} \quad \frac{Q}{2} = \frac{k_2}{2k_1 k_3} \Delta P_2 \quad (10)$$

$$15 \quad v = \frac{\eta}{d} = \frac{\Delta P_1}{k_1 d Q} = \frac{k_3}{k_1} \frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} \quad (11)$$

$$d = 2 \frac{\Delta P_1}{k_2 Q^2} = \frac{k_2}{2k_3^2} \frac{(\Delta P_2)^2}{\Delta P_1} \quad (12)$$

20

Si les constantes k_1 , k_2 et k_3 sont connues à partir de la conception de l'appareil et si ΔP_1 et ΔP_2 sont mesurés sous la forme de signaux électriques, les équations (10), (11) et (12) permettent de calculer les trois variables η , v et d au moyen d'un circuit électronique analogique ou numérique constitué de composants disponibles dans le commerce tels que des moltiplicateurs, des diviseurs et des éléments d'affichage ou d'enregistrement.

30 Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées à l'appareil décrit et représenté sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Appareil de mesure des viscosités et de la densité de fluides, caractérisé en ce qu'il comporte un premier pont hydraulique (I) comportant deux éléments diamétralement opposés (2, 3) parcourus par un écoulement laminaire de fluide, et deux éléments diamétralement opposés (4, 5) parcourus par un écoulement turbulent de fluide, un dispositif (6), pouvant détecter l'état d'équilibre du pont, étant monté entre une jonction (b) d'un premier élément laminaire et d'un premier élément turbulent et une jonction (d) de l'autre élément turbulent et de l'autre élément laminaire, une première pompe (1) étant branchée de manière à alimenter en fluide le pont (I), cette pompe étant commandée par le dispositif (6) pouvant détecter l'état d'équilibre du pont, afin que cet état d'équilibre soit maintenu par variation du débit d'écoulement de fluide introduit dans le premier pont hydraulique, l'appareil comportant également un second pont hydraulique (II) pouvant être parcouru par le fluide qui provient du premier pont et comportant quatre éléments identiques (9, 10, 11, 12) dans lesquels le fluide provenant du premier pont s'écoule de manière turbulente, et une pompe volumétrique (13) à débit constant, montée entre un point (B) situé entre deux éléments adjacents, et un point (D) situé entre les deux autres éléments adjacents, l'appareil comportant également un dispositif (8) de mesure de la chute de pression à travers le premier pont hydraulique, et un dispositif (14) de mesure de la chute de pression à travers le second pont hydraulique.

2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif électronique ou électrique constitué de moltiplicateurs et de diviseurs et conçu pour calculer les valeurs des viscosités et de la densité, et un élément d'affichage ou d'enregistrement de ces valeurs.

3. Appareil selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la première pompe (1) est une pompe volumétrique à débit constant dont une partie du débit est dérivée par un déversoir (7) commandé par le détecteur (6) d'état d'équilibre du premier pont hydraulique, afin de régu-

ler le débit de fluide introduit dans le premier pont et de maintenir ce dernier en état d'équilibre.

4. Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les deux pompes (1 et 13) à débit constant sont commandées par un moteur électrique commun à vitesse constante.

