



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 660 919 A5

⑤① Int. Cl.⁴: G 01 N 11/14**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

⑳ Numéro de la demande: 5457/84

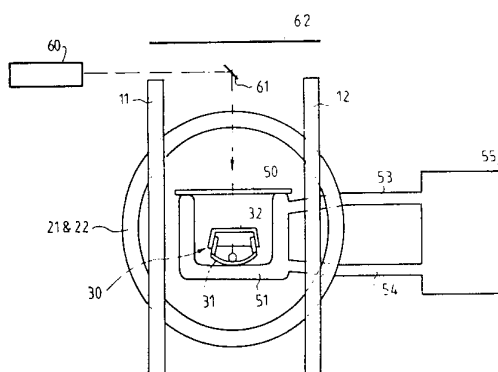
㉔ Date de dépôt: 15.11.1984

㉓ Priorité(s): 22.11.1983 FR 83 18577

㉔ Brevet délivré le: 29.05.1987

④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 29.05.1987㉓ Titulaire(s):
Ecole Normale Supérieure de Saint-Cloud
Etablissement public national, Saint-Cloud (FR)㉔ Inventeur(s):
Laurent, Michel, Plaisir (FR)㉔ Mandataire:
PPS Polyvalent Patent Service AG, Baden 2⑤④ **Dispositif pour déterminer la viscosité d'un fluide.**

⑤⑦ Une bille d'acier de quelques millimètre de diamètre est mise en rotation par l'action d'un champ magnétique tournant, à l'aide de deux paires de bobines de Helmholtz (11, 12 et 21, 22). Immersée au fond d'un récipient (30) contenant un liquide visqueux, la bille subit un moment de freinage proportionnel à la viscosité, et prend en régime permanent une rotation dont la période est également proportionnelle à la viscosité du milieu liquide à analyser. La rotation de la bille peut être visualisée à l'aide des taches de diffraction obtenues par éclairage de la bille à l'aide d'un faisceau laser selon son axe de rotation.



REVENDICATIONS

1. Dispositif pour déterminer la viscosité d'un milieu fluide, caractérisé en ce qu'il comprend :

— un récipient (31, 32) possédant intérieurement un fond légèrement concave (31) propre à recevoir une bille (35) immergée dans le milieu fluide (36),

— des moyens générateurs d'un champ magnétique tournant (11, 12, 21, 22) centré sur la bille (35), et tel que l'écoulement du fluide au contact de la bille mise en rotation demeure laminaire, et

— des moyens détecteurs (60, 61, 62; 80, 81, 82) pour déterminer une grandeur reliée au couple exercé sur la bille du fait de la viscosité du milieu fluide.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la bille (35) est en métal conducteur.

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la bille (35) est revêtue en surface d'une couche d'un matériau anticorrosion.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la fréquence du champ magnétique tournant est de l'ordre du kilohertz (40).

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les moyens générateurs de champ magnétique comprennent deux paires (11, 12; 21, 22) de bobines perpendiculaires, encadrant le récipient, un oscillateur (40) opérant à une fréquence de l'ordre du kilohertz, un déphaseur (41) relié à cet oscillateur, et propre à fournir sur deux sorties des courants déphasés de 90° l'un par rapport à l'autre et deux amplificateurs (42, 44) pour appliquer ces deux courants aux deux paires de bobines, respectivement.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la liaison des deux amplificateurs aux deux paires de bobines est accordée (43, 45).

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le récipient (30) est entouré d'une cuve thermostatée (51).

8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les moyens détecteurs (60, 61, 62) sont agencés pour détecter la période de rotation de la bille, laquelle est proportionnelle à la viscosité du milieu fluide, le récipient (31, 32) étant fixe.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens détecteurs comportent une source lumineuse (60, 61) agencée pour envoyer un faisceau lumineux selon l'axe de rotation de la bille et des moyens tels qu'un écran dépoli (62) pour détecter la rotation des taches de diffraction du rayonnement lumineux sur la bille.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que la bille (35) comporte des rayures provoquées facilitant la détection de sa rotation.

11. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les moyens détecteurs (80, 81, 82) sont agencés pour déterminer le couple exercé sur les parois du récipient, en régime stationnaire, du fait de l'interaction entre la bille et le milieu fluide.

Les techniques de mesure de viscosité actuellement connues ne permettent pas d'opérer de façon satisfaisante avec une quantité faible de liquide, de l'ordre du centimètre cube ou moins. Par ailleurs, il est souvent nécessaire de travailler sous atmosphère contrôlée, notamment lorsque le liquide à mesurer est agressif ou volatil. Le problème est alors de trouver un moyen de mesure de viscosité qui s'accommode d'une faible quantité de liquide, et qui puisse également être mis en œuvre dans un récipient clos.

La présente invention vient apporter une solution à ce problème.

L'invention propose un dispositif pour déterminer la viscosité d'un milieu fluide, qui comprend :

— un récipient possédant intérieurement un fond légèrement concave, propre à recevoir une bille immergée dans le milieu fluide;

— des moyens générateurs d'un champ magnétique tournant centré sur la bille, et tel que l'écoulement du fluide au contact de la bille mise en rotation demeure laminaire, et

— des moyens détecteurs pour déterminer une grandeur reliée au couple exercé sur la bille du fait de la viscosité du milieu fluide.

De préférence, la bille est en un métal conducteur, par exemple l'acier. Pour les fluides corrosifs, elle peut être revêtue en surface d'une couche d'un matériau résistant à la corrosion.

De préférence, la fréquence du champ magnétique tournant est choisie de l'ordre du kilohertz.

La détection peut porter sur la période ou la vitesse de rotation de la bille, par exemple comme suit : un faisceau de lumière parallèle est envoyé selon l'axe de rotation de la bille et on détecte la rotation des taches de diffraction produites par celle-ci.

En variante, on peut déterminer le couple d'interaction entre la bille et le milieu fluide ou le récipient qui le contient en régime stationnaire.

Un étalonnage peut être réalisé en opérant avec la même bille et le même champ magnétique tournant, mais sur un milieu fluide de viscosité connue.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée qui va suivre, ainsi que des dessins annexés, sur lesquels :

— la figure 1 est une vue en perspective illustrant la cellule d'un microviscosimètre à bille tournante selon l'invention;

— la figure 2 est une vue en coupe verticale illustrant schématiquement le récipient contenant le liquide à mesurer et la bille;

— la figure 3 est une vue de dessus montrant schématiquement l'application d'un champ magnétique tournant à ce récipient et à la bille;

— la figure 4 est le schéma électrique de principe de l'alimentation de deux paires de bobines pour la création d'un champ magnétique tournant;

— la figure 5 est une vue latérale schématique montrant l'observation de la rotation de la bille à l'aide d'un faisceau laser;

— la figure 6 est un dessin schématique illustrant la rotation des taches de diffraction produites par le faisceau laser sur la bille, et

— la figure 7 illustre schématiquement une variante de l'invention.

Sur la figure 1, un socle 10 reçoit deux anneaux notés 3 et 5 sur lesquels est bobinée une première paire de bobines identiques parallèles, référencées 11 et 12. Des tiges de fixation telles que 15 permettent le positionnement, à l'intérieur des anneaux 3 et 5 supportant la première partie de bobines 11 et 12, d'une carcasse notée 20 supportant une seconde paire de bobines identiques parallèles 21 et 22, qui s'étendent perpendiculairement aux premières. Au centre de cet ensemble est placé notamment un récipient 30 qui contient le liquide à mesurer et une bille 35 (non visible ici). La carcasse 20 est ouverte sur trois côtés, ainsi que sur le dessus, pour permettre aussi bien l'observation visuelle du récipient 30 que l'accès à celui-ci.

La figure 2 illustre un mode de réalisation du récipient 30. Celui-ci est un récipient fermé de forme cylindrique, dont le fond 34 est légèrement concave (vu de l'intérieur) pour assurer son assiette, en même temps que pour définir pour la bille 35 qu'il contient une position stable par rapport à ladite assiette. La bille 35 est immergée dans le liquide 36 dont on doit mesurer la viscosité.

Dans le mode de réalisation de la figure 2, le récipient est réalisé à l'aide d'un rodage classique de chimie scié de façon qu'il n'en reste que le tiers. Les deux parties restantes 31 et 32 du rodage peuvent s'engager alors l'une sur l'autre en réalisant une étanchéité d'une manière très simple. On remonte le rodage de sorte que sa partie 31 possède un fond incurvé, tandis que sa partie 32 possède une face supérieure 33 à peu près plane. Comme décrit plus loin, un faisceau laser LE passe à travers la face supérieure 33 du récipient, de façon à venir frapper la bille 35.

La figure 3 fait apparaître les deux paires de bobines 11, 12 d'une part, 21, 22 d'autre part. Celles-ci sont excitées pour produire un champ magnétique tournant, lequel va appliquer à la bille d'acier 35 un couple tendant à la faire tourner.

L'expérience montre qu'après un court régime transitoire, la bille tourne autour d'un même diamètre, gardant donc un axe de rotation fixe, sensiblement vertical.

Bien que différentes manières de créer le champ magnétique tournant puissent convenir, il est estimé préférable actuellement de produire celui-ci sans utilisation d'un circuit magnétique en fer.

Ainsi, la présente invention utilise de préférence deux jeux de bobines de Helmholtz, l'écartement des deux bobines de chaque jeu étant sensiblement égal à leur rayon. Ces bobines sont montées de manière sensiblement symétrique autour du centre du récipient 30 qui loge la bille 35. L'alimentation des deux bobines peut se faire de la manière illustrée sur la figure 4.

Un oscillateur 40 produit un signal sinusoïdal de 3 kHz. Ce signal est appliqué à un déphaseur 41 possédant deux sorties notées 0 et $\pi/2$, lesquelles fournissent ainsi des signaux respectifs de 3 kHz, déphasés en quadrature l'un de l'autre. L'un des signaux est appliqué à un amplificateur de puissance 42, dont l'une des sorties est reliée par un condensateur 43 à l'une des bornes de la bobine 11. L'autre borne de cette même bobine est reliée à une borne correspondante de la bobine 12, dont la dernière borne revient enfin vers la seconde sortie de l'amplificateur de puissance 42. Le même montage est prévu à partir d'un amplificateur de puissance 44 relié à l'autre sortie du déphaseur 41, pour l'alimentation des deux bobines 21 et 22 montées en série l'une sur l'autre, à travers un condensateur 45. Les condensateurs 43 et 45 sont choisis pour créer un circuit accordé avec leurs bobines respectives, de manière que celles-ci résonnent à la fréquence de 3 kHz de l'oscillateur 40.

On retrouve sur la figure 5, sous forme schématique, l'équipage constitué des deux bobines 11 et 12, ainsi que 21 et 22 (qui apparaissent en superposition). Au centre est illustré le récipient 30 constitué de ses deux parties de rodage 31 et 32, et enfermant la bille 35 immergée dans le liquide 36. Les mesures de viscosité se faisant la plupart du temps à température stabilisée, le récipient 30 est logé dans une cuve thermostatique de verre 51. L'ensemble cuve-récipient peut être introduit par les orifices latéraux de la carcasse 20 (figure 1). La cuve 51 possède une double paroi, à l'intérieur de laquelle circule de l'eau provenant d'un thermostat proprement dit 55, par des conduits 53 et 54. Les conduits 53 et 54 sont fixés dans une paroi latérale pleine (non visible sur la figure 1) de la carcasse 20. Sur l'ouverture de la cuve à double paroi 51 est placée une lame de verre 50, telle qu'une lame de microscope.

Un laser 60, de faible puissance, produit un faisceau laser qui est réfléchi sur un miroir 61, pour frapper la bille 35 selon son axe de rotation. Cette condition peut être satisfaite comme suit: la position angulaire du miroir 61 est ajustable, en rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan de la figure 5; l'ensemble de la cellule de mesure avec son bâti 10 est déplacé en translation perpendiculaire au plan de la figure 5, les conduits 53 et 54 étant flexibles.

Un écran dépoli 62 est placé horizontalement au-dessus de la cellule de mesure, le miroir 61 étant suffisamment petit pour n'occulter qu'une faible partie du faisceau renvoyé par la bille. En réponse au faisceau laser, cet écran 62 va être le siège d'une configuration aléatoire de taches de diffraction, illustrée schématiquement en 63 sur la figure 6. Ces taches de diffraction, qui sont dues aux micro-imperfections de surface de la bille, permettent une détection visuelle de la période de rotation de celle-ci. Jusqu'à présent, la mesure a été faite par des techniques classiques d'observation visuelle et de chronométrie.

On peut également provoquer sur la bille des rayures qui produisent une image de diffraction facilement identifiable, d'où la possibilité d'automatiser la détection de la rotation de la bille. Par ailleurs, un faisceau lumineux parallèle intense et non cohérent peut être utilisé à la place du faisceau laser.

D'autres techniques de mesure de rotation peuvent naturellement être employées.

Bien entendu, on ajuste le champ magnétique tournant, notamment son amplitude, de manière que l'écoulement du liquide sur la bille mise en rotation demeure laminaire. Dans ces conditions, la

bille subit un moment de freinage qui est proportionnel à la viscosité. La fréquence du champ tournant pourrait être fixée à d'autres valeurs comprises par exemple entre 100 Hz et 10 kHz.

Il a été observé que la période de rotation de la bille est proportionnelle à la viscosité du milieu, et corrélativement que la vitesse de rotation de la bille est inversement proportionnelle à la viscosité du milieu. De son côté, le moment de freinage exercé sur la bille du fait de la viscosité du milieu fluide est proportionnel à cette viscosité ainsi qu'à la vitesse de rotation de la bille.

Cela est vrai même si le liquide 36 ne remplit qu'une partie du récipient 30, pourvu que la bille 35 soit bien immergée.

Il semble que le dispositif permette des mesures absolues de viscosité, en particulier lorsque le récipient est entièrement rempli de liquide, et qu'il possède intérieurement une forme géométrique simple, de préférence de révolution, telle que cylindrique ou sphérique. La mesure de la vitesse de rotation de la bille, connaissant le couple qui lui est appliqué, permet de calculer directement la viscosité, compte tenu des paramètres géométriques de l'ensemble bille et récipient.

Dans les autres cas, on peut procéder à un étalonnage du dispositif à l'aide d'un mélange de viscosité connue, comme décrit dans l'exemple ci-après.

Exemple :

Un microviscosimètre a été réalisé avec une bille d'acier de diamètre 4 mm. Le récipient a été réalisé comme précédemment indiqué à partir de rodages classiques de laboratoires, et présentait finalement une hauteur de 8 mm pour un diamètre d'environ 10 mm. Les bobines de Helmholtz ont été réalisées avec un fil de 0,5 mm bobiné sur les mandrins en Leucoflex. Le diamètre des bobines était d'environ 10 cm. Les grandes bobines possédaient 170 tours pour une inductance de 12,5 mH, et les petites 135 tours pour 5,6 mH. Les condensateurs ont été déterminés en conséquence pour obtenir la résonance.

La partie électronique comportait un générateur basse fréquence et des déphaseurs classiques, suivis d'amplificateurs audiofréquences d'une puissance de 100 watts. Enfin, le laser était un laser à gaz hélium-néon d'une puissance de 0,3 mW.

Les essais ont été effectués sur diverses substances. Ont été utilisés, à titre d'étalon, des mélanges eau-glycérol à la température régulée de 20°C. La proportion du glycérol était variable de 80% à 100%, ce qui correspond à des viscosités de 100 à 1500 centipoises environ.

Pour chaque mélange, la vitesse de rotation de la bille a été mesurée dix fois, sur cinq ou dix tours. Les périodes de révolution sont proportionnelles à la viscosité avec une précision de l'ordre de 2%.

Par ailleurs, ont également été effectuées des mesures sur des cristaux liquides lyotropes (mélange ternaire eau-décaneol-décylsulfate de sodium), dont les résultats concordaient avec ceux d'un viscosimètre à tube capillaire.

Une variante de l'invention permet de se passer de la mesure de la vitesse de rotation de la bille. Elle est illustrée sur la figure 7, où le générateur de champ tournant et le thermostat ne sont pas représentés.

Le récipient 30 contenant le fluide à mesurer 36 et la bille 35 peut être par exemple suspendu à un fil de torsion 80. La bille 35, dans son mouvement, exerce un couple d'entraînement sur le liquide 36, compte tenu de la viscosité de celui-ci. A son tour, le liquide 36, compte tenu de sa viscosité, exerce un effort d'entraînement sur les parois 31, 32 du récipient 30. Il en résulte alors une tension du fil 80, que l'on peut mesurer, ou compenser. La connaissance de cette torsion ou du couple nécessaire à sa compensation permet d'accéder à la viscosité du fluide.

Dans l'exemple représenté, un miroir 81 monté sur le fil de torsion 80 dévie un faisceau lumineux 82 proportionnellement à l'angle de torsion. Bien entendu, d'autres types de systèmes de torsion peuvent être utilisés.

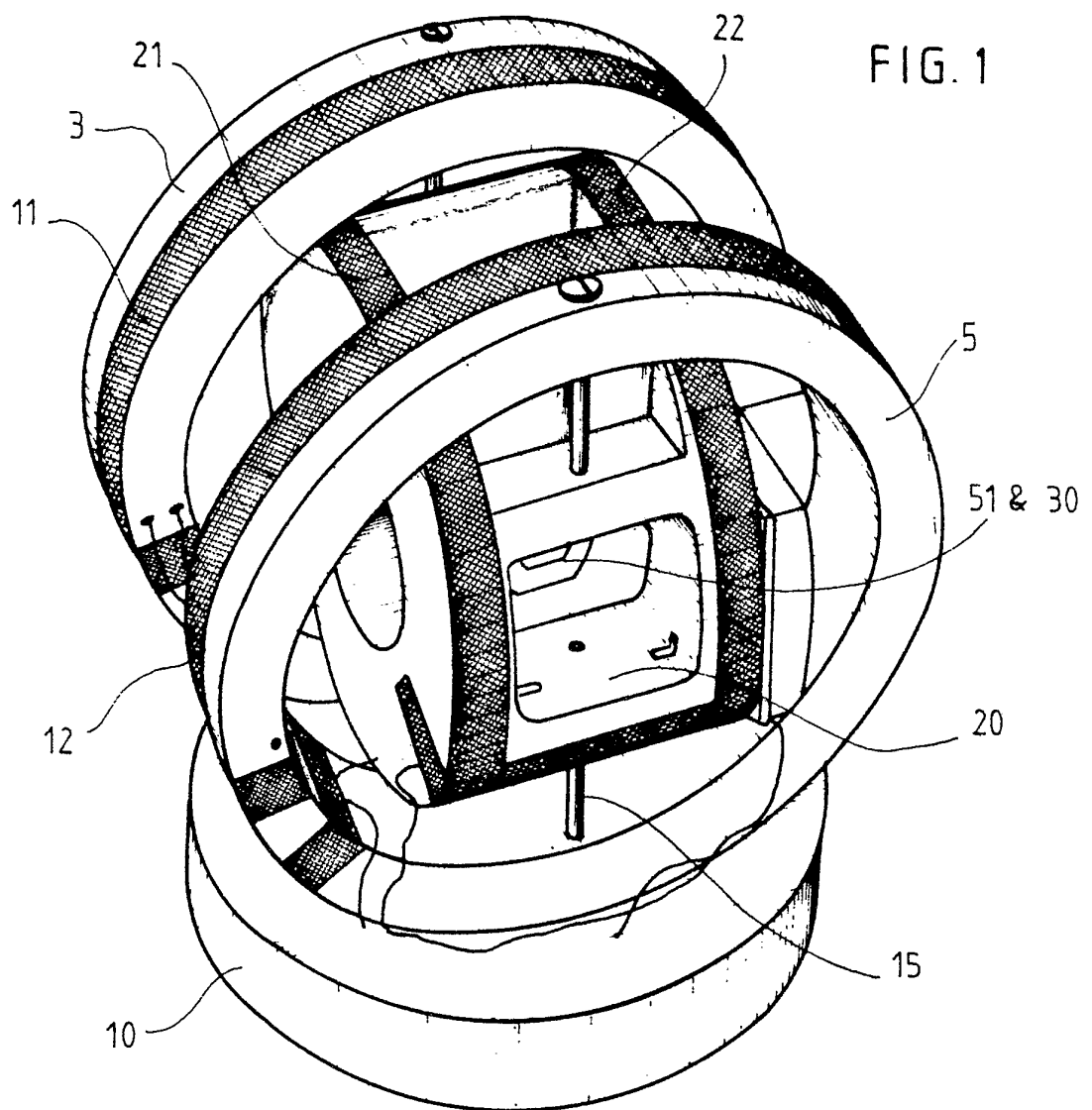


FIG. 2

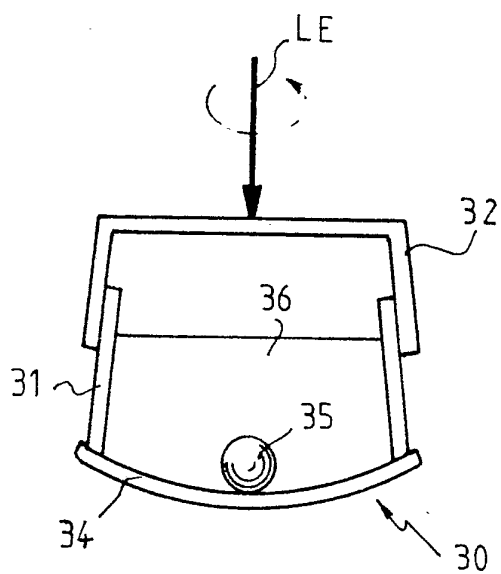


FIG. 3

