

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 07.05.01.

30 Priorité : 09.05.00 JP 00135722.

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 16.11.01 Bulletin 01/46.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : YAMAICHI ELECTRONICS CO LTD
— JP.

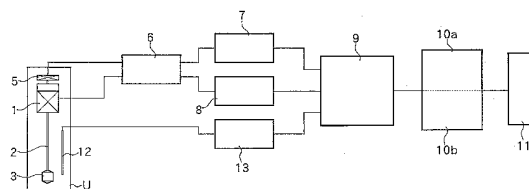
72 Inventeur(s) : MIURA SHINSUKE.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

54 PROCEDE ET APPAREIL DE MESURE DE LA VISCOSITE ET DE LA VISCOELASTICITE D'UN LIQUIDE.

57 Procédé de mesure de la viscosité d'un liquide, dans lequel on fait vibrer une pièce de détection de liquide (3) par un vibreur (1), la vibration de la pièce de détection de liquide (3) étant détectée dans un liquide (4), et la viscosité du liquide (4) étant mesurée à partir de la vibration ainsi obtenue, le procédé comprenant les étapes consistant à: détecter la fréquence et l'amplitude qui sont des variables attribuables à la viscoélasticité spécifique du liquide, à partir de la vibration, obtenir l'impédance du liquide à partir de la fréquence et de l'amplitude, et obtenir la viscosité dynamique à partir de la partie réelle et de la partie imaginaire de l'impédance complexe. On décrit également un procédé de mesure de la viscoélasticité d'un liquide, comprenant l'étape consistant à obtenir la viscosité dynamique, l'élasticité dynamique et l'élasticité statique du liquide à partir de la partie réelle et de la partie imaginaire de l'impédance. On décrit enfin un appareil comprenant un dispositif U de détection de liquide de type à vibration, pour effectuer la mesure de viscosité et la mesure de viscoélasticité, un circuit de détection de fréquence/ amplitude (7, 8), un circuit de calcul d'impédance (9), un circuit (10a) pour calculer la viscosité dynamique et l'élasticité dynamique du liquide, ainsi qu'un circuit (10b) pour calculer la viscosité statique du liquide.



ARRIERE PLAN DE L'INVENTION

Domaine de l'invention

La présente invention concerne un procédé pour mesurer la viscosité d'un liquide, ainsi qu'un procédé et un appareil pour mesurer la viscoélasticité d'un liquide, dans lesquels un vibreur fait vibrer une
5 pièce de détection de liquide dont on détecte la vibration pour en déduire la mesure de la viscosité et de l'élasticité du liquide.

Technologie concernée

Un appareil de détection de liquide U, de type à vibrations, tel que représenté par la Publication de Brevet Japonaise No.H05-20692
10 utilise, comme représenté à la figure 2, un procédé de mesure de la viscosité d'un liquide, dans lequel la vibration d'un vibreur piézo-électrique 1 constitué d'un élément piézo-électrique, est transmise à une pièce de détection de liquide 3 par une tige de transmission de vibration 2 de manière
15 à entrer en résonance, la pièce de détection de liquide 3 est plongée dans un liquide 4 à mesurer et soumise à une vibration dans ce liquide, de manière à pouvoir détecter la résistance visqueuse du liquide, puis l'amplitude de la vibration correspondant à la résistance visqueuse est détectée par un capteur d'accélération angulaire 5 constitué d'un élément
20 piézo-électrique disposée à une extrémité de la tige de transmission de vibration 2.

Spécifiquement, on obtient préalablement une courbe de viscosité statique (propriété visqueuse) en fonction de l'amplitude de vibration dans un certain nombre de liquides de viscosité standard (liquides
25 Newtoniens définis dans JIS). D'autre part, on obtient une amplitude de vibration réelle du liquide à mesurer. Ensuite, une viscosité correspondant à l'amplitude lue sur la courbe de la viscosité statique (propriété visqueuse) en fonction de l'amplitude, est considérée comme la viscosité du liquide à mesurer. En d'autres termes, on utilise un procédé dans lequel
30 l'amplitude est considérée comme une variable déterminant la viscosité.

Comme indiqué ci-dessus, on obtient une viscosité statique à partir de la vibration d'une pièce de détection de liquide placée dans le liquide, et la viscosité ainsi obtenue est utilisée comme la viscosité du liquide. Ce procédé de mesure ne peut être le procédé correct que si l'on
35 suppose que le liquide à mesurer, tel que de l'eau, de l'essence, de l'huile ou analogue, qui est généralement manipulé comme un liquide Newtonien, est un liquide véritablement équivalent au liquide Newtonien.

D'autre part, une solution polymère telle qu'un agent photosensible et un liquide enrichi en viscoélasticité, comme par exemple un matériau de revêtement pour papier, sont également considérés comme un liquide Newtonien, et le procédé de mesure basé sur un liquide Newtonien leur est appliqué. Cependant, comme ces liquides sont enrichis par une viscoélasticité qui n'est pas prévue dans le liquide Newtonien, il est difficile de dire que la viscosité obtenue par le procédé de mesure indiqué ci-dessus, représente correctement une viscosité réelle.

A la suite de mesures de viscosité répétées du liquide non Newtonien et du liquide Newtonien utilisant une pièce de détection de liquide présentant diverses fréquences de résonance, l'auteur de la présente invention a constaté que la viscosité dynamique détectée par la vibration de la pièce de détection de liquide, est un élément important comme élément de mesure de la viscosité et la viscoélasticité du liquide, que la viscosité dynamique dans ces liquides n'est pas nécessairement équivalente à la viscosité statique, que la différence entre la viscosité dynamique et la viscosité statique devient plus importante lorsque la fréquence de vibration augmente (la viscosité dynamique dépend fortement de la fréquence), et donc que la viscosité dynamique représente la viscosité et la viscoélasticité par la fréquence.

RESUME DE L'INVENTION

Sur la base de la constatation ci-dessus, la présente invention crée un procédé de mesure de la viscosité ou de la viscoélasticité d'un liquide, dans lequel on fait vibrer une pièce de détection de liquide par un vibreur, la vibration de la pièce de détection de liquide étant détectée dans le liquide, et la viscosité du liquide étant mesurée à partir de la vibration ainsi obtenue, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à : détecter la fréquence et l'amplitude qui sont des variables attribuables à la viscoélasticité spécifique du liquide, à partir de la vibration ; obtenir l'impédance du liquide à partir de la fréquence et de l'amplitude ; et obtenir la viscosité dynamique à partir de la partie réelle et de la partie imaginaire de l'impédance complexe.

La procédé selon l'invention peut comprendre les étapes consistant à détecter la fréquence et l'amplitude qui sont des variables attribuables à la viscoélasticité spécifique d'un liquide, à partir de la vibration, à obtenir l'impédance du liquide à partir de la fréquence et de

l'amplitude, et à obtenir une viscosité dynamique, une élasticité dynamique et une élasticité statique du liquide à partir de la partie réelle et de la partie imaginaire de l'impédance complexe.

Par le procédé indiqué ci-dessus, on peut obtenir correctement une viscosité et une viscoélasticité de divers types de liquides à mesurer allant d'un liquide sans viscoélasticité jusqu'à un liquide enrichi de viscoélasticité dans un cas dans lequel un appareil de détection de liquide de type à vibrations comporte ce mode de vibrations alternatives comme vibration de direction circulaire.

Sous un autre aspect de la présente invention, celle-ci crée également un appareil de mesure de la viscoélasticité d'un liquide, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une pièce de détection de liquide qu'on fait résonner dans un liquide en utilisant un vibreur comme source d'entraînement,
- un circuit pour détecter la fréquence de vibration de la pièce de détection de liquide dans le liquide,
- un circuit pour détecter l'amplitude de la vibration,
- un circuit pour calculer l'impédance du vibreur à partir de la fréquence et de l'amplitude de la vibration, et
- un circuit pour calculer la viscosité dynamique et l'élasticité dynamique, ainsi qu'un circuit pour calculer la viscosité statique du liquide, à partir de la partie réelle et de la partie imaginaire de l'impédance complexe calculée par le circuit de calcul d'impédance.

En particulier, selon la présente invention, on crée un procédé et un appareil de mesure dans lesquels les propriétés viscoélastiques (viscosité et élasticité) d'un liquide, qui affectent directement les propriétés physiques de solutions polymères telles que des solutions d'huile silicone et de résine synthétique liquide comme matières premières de produits de résine synthétique, peuvent être facilement mesurées avec précision et en temps réel.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide d'un mode de réalisation représenté sur les dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma par blocs d'un circuit pour la mise en œuvre d'un procédé de mesure de viscosité d'un liquide et d'un procédé de mesure de viscoélasticité d'un liquide, en utilisant un appareil de détection de liquide de type à vibrations ; et

- la figure 2 est une vue de côté représentant schématiquement l'appareil de détection de liquide de type à vibrations.

DESCRIPTION DETAILLEE DU MODE DE REALISATION

Selon un mode de réalisation de la présente invention, on utilise un procédé de mesure de viscosité. Dans ce procédé, un vibreur 1 selon la figure 2, constitué d'un élément piézo-électrique comme moyen électromécanique, ou un vibreur 1, non représenté, constitué d'un moyen de conversion magnétomécanique faisant vibrer une pièce de détection de liquide 3 par une force magnétique, et la pièce de détection de liquide 3, sont directement reliés les uns aux autres en ligne de façon que leurs axes de vibration soient alignés, par une tige de transmission de vibration 2. Ainsi, la vibration du vibreur 1 est transmise par la tige de transmission de vibration 2 pour entrer en résonance avec la pièce de détection de liquide 3. Cela veut dire qu'en utilisant un procédé de mesure pour faire résonner les trois éléments composants 1, 2, 3 à une fréquence de résonance prescrite, on immerge et on fait vibrer (résonance) la pièce de détection de liquide 3 dans le liquide 4 à mesurer, de façon que la pièce de détection de liquide 3 détecte une résistance visqueuse du liquide. Ensuite, l'amplitude et la fréquence de la vibration correspondant à la résistance visqueuse, sont détectées par un capteur d'accélération angulaire constitué d'un élément piézo-électrique et disposé à l'extrémité de la tige de transmission 2 qui est opposée à la pièce de détection de liquide 3, pour mesurer ainsi la viscosité du liquide.

Le vibreur 1, la tige de transmission de vibration 2, la pièce de détection de liquide 3 et le capteur d'accélération angulaire 5 constituent un appareil de détection de liquide U de type à vibrations. Un mode de vibration du vibreur 1 entraîné en vibration par cet appareil de détection de liquide de type à vibrations U, est une résonance dans un mode de vibration de direction circulaire entraîné dans un mouvement alternatif, sous un angle de rotation prédéterminé, sur un lieu circulaire autour de l'axe indiqué ci-dessus.

La pièce de détection de liquide 3 est entraînée en vibration (résonance) par le vibreur 1, et l'on détecte la variation de la vibration (résonance) dans le liquide 4 de la pièce de détection de liquide 3. De plus, la viscosité du liquide 4 est mesurée à partir de la variation de la vibration. Dans ce procédé de mesure de viscosité, on obtient une viscosité dynamique du liquide 4 à partir de la fréquence et de l'amplitude de la vibration variable (résonance) et l'on en tire la viscosité du liquide 4.

Comme exemple de développement, on crée un procédé de mesure de la viscoélasticité d'un liquide, dans lequel une pièce de détection de liquide 3 est entraînée en vibration (résonance) par un vibreur 1, on détecte une variation de vibration (résonance) de la pièce de détection de liquide 3 dans le liquide 4, et l'on mesure la viscosité et l'élasticité du liquide 4 à partir de la variation de vibration ainsi obtenue. Dans ce procédé, on obtient une viscosité dynamique du liquide 4 à partir de la fréquence et de l'amplitude de la vibration variable, puis une viscosité dynamique du liquide 4 est obtenue à partir de la fréquence et de l'amplitude, et l'on en tire ensuite une viscoélasticité du liquide 4.

Comme autre exemple de développement, on crée un procédé de mesure de la viscoélasticité d'un liquide 4, dans lequel on fait vibrer une pièce de détection de liquide 3 (résonance) par un vibreur 1, on détecte une variation de vibration (résonance) de la pièce de détection de liquide 3 dans le liquide 4, et l'on détecte la viscosité et l'élasticité du liquide 4 à partir de la variation de vibration ainsi obtenue. Dans ce procédé, on obtient une viscosité dynamique du liquide à partir de la fréquence et de l'amplitude de la vibration variable, on obtient une viscosité statique à partir de la viscosité dynamique et de l'élasticité dynamique, puis on en tire la viscosité et l'élasticité du liquide 4.

On décrira maintenant, en se référant à la figure 1, un exemple d'un circuit mettant en œuvre le procédé de mesure de la viscosité d'un liquide et le procédé de mesure de la viscoélasticité d'un liquide.

Un circuit de détection de fréquence 7 destiné à détecter une fréquence de résonance, et un circuit de détection d'amplitude 8, sont connectés au vibreur 1 et au capteur d'accélération angulaire 5 pour détecter l'amplitude à la fréquence de résonance, dans une relation en parallèle, par l'intermédiaire d'un circuit de commande d'oscillation 6.

De plus, un circuit de calcul d'impédance 9 destiné à calculer l'impédance du vibreur 1 à partir de la fréquence et de l'amplitude de la vibration, est connecté au circuit de détection de fréquence 7 et au circuit de détection d'amplitude 8, tandis qu'un circuit de calcul de viscosité dynamique et d'élasticité dynamique 10a, ainsi qu'un circuit de calcul de viscosité statique 10b, sont connectés au circuit de calcul d'impédance 9.

Le circuit de calcul d'impédance 9 calcule la partie réelle et la partie imaginaire de l'impédance complexe du vibreur 1, puis les circuits de calcul 10a, 10b calculent la viscosité dynamique et l'élasticité dy-

namique à partir du calcul du circuit de calcul d'impédance 9. Les résultats du calcul sont affichés dans un bloc d'affichage 11.

Le circuit de commande d'oscillation 6 est constitué d'un circuit à verrouillage de phase (PLL). Ce circuit de commande d'oscillation 6 compare la phase d'un signal de tension de commande du
 5 vibrateur 1 avec celle d'un signal de capteur d'accélération angulaire 5 dans le cas où la pièce de détection de liquide 3 est immergée et amenée à la résonance dans divers liquides 4 correspondant au liquide Newtonien et au liquide non Newtonien, puis commande ces signaux de façon que leurs
 10 phases soient normalement maintenues dans un état de différence de phase prédéterminé. Cela veut dire qu'on fait osciller le circuit de commande d'oscillation 6 de façon que le vibrateur 1 soit normalement amené à résonner à une fréquence de résonance au moment où la pièce de détection de liquide 3 est immergée dans le liquide 4.

De plus, l'appareil de détection de liquide de type à vibrations U est équipé d'un capteur de température intégré 12 de façon que, lorsque la pièce de détection de liquide 3 est immergée dans le liquide 4, le capteur de température 12 soit simultanément immergé dans le liquide. La température détectée par le capteur de température 12 est appliquée à
 20 l'entrée d'un circuit de calcul de correction de température 13. Ce circuit de calcul de correction de température 13 est connecté au circuit de calcul d'impédance 9 de façon qu'une valeur de correction calculée par le circuit de calcul de correction de température 13 soit fournie comme valeur de calcul dans le circuit de calcul d'impédance 9. Ainsi, dans ce circuit de
 25 calcul d'impédance 9, l'impédance correspondant à la température à ce moment est correctement calculée, et les valeurs calculées sont fournies en sortie au circuit de calcul de viscosité dynamique et d'élasticité dynamique 10a, ainsi qu'au circuit de calcul de viscosité statique 10b, puis affichées dans le bloc d'affichage 11.

Le procédé décrit ci-dessus de mesure de la viscosité d'un liquide, et le procédé décrit ci-dessus de mesure de la viscoélasticité d'un liquide, seront décrits plus en détail ci-après en se référant aux expressions numériques 1 à 9.

Expression numérique 1.

35

$$D = \frac{f_0 - f}{f_0}$$

Expression numérique 2 :

$$X = \left\{ \frac{4D}{K(2-D)} \right\}^2$$

5

Expression numérique 3 :

$$R = \left\{ \frac{V_o}{V} (x + \sqrt{N}) - x \right\}^2 \cdot \frac{1}{1-D}$$

10

Expression numérique 4 :

$$\eta = \frac{1}{\rho} \cdot \sqrt{RX}$$

Expression numérique 5 :

15

$$G = \frac{\omega}{2\rho} \cdot (R - X)$$

$$\omega = 2\pi f$$

20

Expression numérique 6 :

$$Y = \frac{R - X}{R + X}$$

Expression numérique 7 :

25

$$T = \sqrt{\frac{Y^2}{1 - Y^2}} = \frac{G}{\omega\eta}$$

Expression numérique 8 :

$$\eta_0 = \frac{2}{\rho} \cdot \frac{RT}{Y(1 + Y)} = \eta(1 + T^2) = \frac{G}{\omega} \cdot \frac{1 + T^2}{T}$$

30

Expression numérique 9 :

$$\eta' = \eta - j \frac{G}{\omega}$$

Explication de l'Expression numérique 1

Le vibreur 1 entraîné par le circuit de commande d'oscillation 6 est amené à résonner à une fréquence de résonance f dans le liquide 4, et fournit en sortie un signal électrique $V \cdot \exp(j2\pi f t)$ au circuit de détection de fréquence 7 et au circuit de détection d'amplitude 8. Le caractère de référence j désigne un nombre imaginaire unitaire. Le circuit de détection de fréquence 7 détecte la fréquence de résonance f à partir de ce signal, et l'introduit dans le circuit de calcul d'impédance 9.

De la même manière, le circuit de détection d'amplitude 8 détecte l'amplitude de vibration à la fréquence de résonance f sous la forme d'une valeur de tension, et la fournit en sortie au circuit de calcul d'impédance 9.

Un écart de fréquence D est calculé à partir d'une fréquence de résonance f_0 dans l'air (état non immergé dans le liquide 4) et de la fréquence de résonance f dans le liquide 4, qui sont préliminairement stockées dans le circuit de calcul d'impédance 9.

Explication des Expressions numériques 2 et 3

Dans l'expression numérique 2, on obtient X en utilisant la valeur d'écart de fréquence D obtenue selon l'expression numérique 1, et une constante spécifique K déterminée par les dimensions, ect... du vibreur 1, qui est préliminairement stockée dans le circuit de calcul d'impédance 9.

De la même manière, dans l'expression numérique 3, en utilisant une constante spécifique N déterminée par la viscosité d'un liquide de viscosité standard et une valeur physique du liquide de viscosité standard telle que la densité, qui sont préliminairement stockées dans le circuit de calcul d'impédance 9, une valeur de tension V_0 au moment de l'immersion dans le liquide de viscosité standard, une valeur x spécifique du vibreur 1 et proportionnelle à la résistance interne de l'appareil de détection de type à vibrations U , la valeur de tension V et la valeur d'écart de fréquence D obtenue selon l'expression numérique 1, on calcule la partie réelle de l'impédance sous la forme d'une valeur R qui est proportionnelle au carré de la partie réelle.

Explication des Expressions numériques 4 et 5

La valeur R correspondant à la partie réelle obtenue selon l'expression numérique 3 ci-dessus, et la valeur X correspondant à la partie imaginaire obtenue selon l'expression numérique 2 ci-dessus, sont fournies au circuit de calcul 10a pour calculer une viscosité dynamique et

une élasticité dynamique de façon que la viscosité dynamique η et l'élasticité dynamique G soient calculées selon les expressions numériques respectivement 4 et 5. Le caractère de référence ω désigne la pulsation de résonance et sa relation à la fréquence de résonance f est celle qui est représentée par l'expression de la ligne inférieure de l'expression numérique 5. Le caractère de référence ρ désigne la densité du liquide.

Explication des Expressions numériques 6, 7 et 8

D'autre part, dans le circuit de calcul de viscosité statique 10b, en utilisant une valeur R proportionnelle au carré de la partie réelle de l'impédance obtenue selon l'expression 2, ainsi qu'une valeur X proportionnelle au carré de la partie imaginaire de l'impédance selon l'expression 3, on calcule Y comme le sinus d'un angle de phase et T comme la tangente d'un angle de phase, selon les expressions numériques 6 et 7. Ainsi, en utilisant ces valeurs (R , Y , T), on calcule une viscosité statique η^0 selon l'expression numérique 8. Sinon, en utilisant la viscosité dynamique η et l'élasticité dynamique G obtenues selon les expressions numériques 4, 5, et la valeur T obtenue par l'expression numérique 7, on calcule une viscosité statique η^0 selon l'expression numérique 8.

Explication de l'Expression numérique 9

Le bloc d'affichage 11 affiche la viscosité dynamique η , l'élasticité dynamique G et la viscosité statique η^0 . Le bloc d'affichage 11 affiche en outre la viscosité (élasticité complexe) η' obtenue selon l'expression numérique 9, ainsi que la valeur T de la tangente de l'angle de phase.

La température détectée par le capteur de température 12 est appliquée à l'entrée du circuit de calcul de correction de température 13. Ce circuit de calcul de correction de température 13 est connecté au circuit de calcul d'impédance 9, et une valeur de correction calculée par le circuit de calcul de correction de température 13 est fournie comme valeur de calcul dans le circuit de calcul d'impédance 9. Ensuite, l'impédance ci-dessus à une température atteinte à ce moment, est correctement calculée par le circuit de calcul d'impédance 9, et le résultat du calcul est fourni en sortie au circuit 10a pour calculer une viscosité dynamique et une élasticité dynamique du liquide, ainsi qu'au circuit 10b pour calculer une viscosité statique du liquide.

Le circuit de calcul de correction de température 13 est destiné à détecter une erreur produite par la dilatation thermique et la contraction thermique de la pièce de détection de liquide 3, erreur provo-

quée par la température comme facteur de variation de la fréquence de résonance, de manière à corriger cette erreur. La sortie de ce circuit de calcul 13 est appliquée à l'entrée du circuit de calcul d'impédance 9 de manière à être utilisée comme valeur de correction de la valeur de calcul
5 selon les expressions numériques 1 à 9.

La valeur obtenue par mesure de la viscosité d'un liquide en faisant fonctionner la pièce de détection de liquide dans un mode sans vibration (il n'y a pas de principe de fréquence comme dans le cas où l'on fait vibrer la pièce de détection de liquide à une fréquence prédéterminée)
10 comme dans le cas où l'on fait tourner la pièce de détection de liquide dans une direction prédéterminée, est appelée viscosité statique.

Par une mesure dans le mode sans vibration, on ne peut obtenir la propriété viscoélastique du liquide.

D'autre part, la viscosité obtenue par mesure d'une viscosité en faisant fonctionner la pièce de détection de liquide dans un mode à vibration présentant une fréquence prédéterminée, est appelée viscosité dynamique. La présente invention a pour but de mesurer non seulement la viscosité dynamique et l'élasticité dynamique, mais encore la viscosité statique, à partir de la fréquence et de l'amplitude détectées en faisant
15 fonctionner la pièce de détection de liquide dans un mode à vibration comme cela sera décrit ci-après.

Un liquide Newtonien tel que de l'eau et de l'essence, présente une viscosité dynamique et une viscosité statique égales l'une à l'autre. D'autre part, dans un liquide non Newtonien tel qu'une solution polymère, la viscosité dynamique et la viscosité statique ne sont pas égales
25 l'une à l'autre, mais la valeur de la viscosité dynamique varie lorsqu'on fait varier la fréquence. Cela prouve que la solution polymère présente une propriété visqueuse. Ainsi, la solution polymère présente toutes les propriétés de viscosité statique, de viscosité dynamique et d'élasticité dyna-
30 mique.

Selon la présente invention, on peut créer un procédé de mesure de la viscosité d'un liquide, un procédé de mesure de la viscoélasticité d'un liquide, et un appareil pour la mise en œuvre de ces procédés, qui permettent d'obtenir correctement une viscosité et une viscoélasticité
35 de divers types de liquides à mesurer allant d'un liquide ne présentant pas de viscoélasticité jusqu'à un liquide présentant une viscoélasticité enrichie.

En particulier, dans des solutions polymères telles qu'une huile silicone et une résine synthétique liquide servant de matière première pour des produits de résines synthétiques, la propriété viscoélastique (viscosité dynamique et élasticité dynamique) du liquide affecte
5 directement les propriétés physiques, de sorte qu'une mesure précise est nécessaire. La présente invention permet de répondre convenablement à cette exigence.

REVENICATIONS

- 1°) Procédé de mesure de la viscosité d'un liquide, dans lequel on fait vibrer une pièce de détection de liquide (3) par un vibreur (1), la vibration de la pièce de détection de liquide (3) étant détectée dans le liquide (4), et la viscosité du liquide étant mesurée à partir de la vibration ainsi obtenue, caractérisé en ce qu'
- 5 il comprend les étapes consistant à :
- détecter la fréquence et l'amplitude qui sont des variables attribuables à la viscoélasticité spécifique du liquide, à partir de la vibration ;
- 10 obtenir l'impédance du liquide à partir de la fréquence et de l'amplitude ;
- et
- obtenir la viscosité dynamique à partir de la partie réelle et de la partie imaginaire de l'impédance complexe.
- 2°) Procédé de mesure de la viscoélasticité d'un liquide, dans lequel on fait vibrer une pièce de détection de liquide (3) par un vibreur (1), la vibration de la pièce de détection de liquide (3) étant détectée dans le liquide (4), tandis que la viscosité et l'élasticité du liquide sont mesurées à partir de la vibration ainsi obtenue, caractérisé en ce qu'
- 20 il comprend les étapes consistant à :
- détecter la fréquence et l'amplitude qui sont des variables attribuables à la viscoélasticité spécifique du liquide, à partir de la vibration ;
- obtenir l'impédance du liquide à partir de la fréquence et de l'amplitude ; et
- 25 obtenir la viscosité dynamique et l'élasticité dynamique à partir de la partie réelle et de la partie imaginaire de l'impédance complexe.
- 3°) Procédé de mesure de la viscoélasticité d'un liquide, dans lequel on fait vibrer une pièce de détection de liquide (3) par un vibreur (1), la vibration de la pièce de détection de liquide (3) étant détectée dans le liquide (4), tandis que la viscosité et l'élasticité du liquide sont mesurées à partir de la vibration ainsi obtenue, caractérisé en ce qu'
- 30 il comprend les étapes consistant à :
- détecter la fréquence et l'amplitude qui sont des variables attribuables à la viscoélasticité spécifique du liquide, à partir de la vibration ;
- 35 obtenir l'impédance du liquide à partir de la fréquence et de l'amplitude ;
- et

obtenir la viscosité dynamique, l'élasticité dynamique et l'élasticité statique du liquide à partir de la partie réelle et de la partie imaginaire de l'impédance complexe.

- 5 4°) Appareil de mesure de la viscoélasticité d'un liquide, caractérisé en ce qu'il comprend :
- une pièce de détection de liquide (3) qu'on fait résonner dans un liquide (4) en utilisant un vibreur (1) comme source d'entraînement,
- un circuit (7) pour détecter la fréquence de vibration de la pièce de détec-
- 10 tion de liquide (3) dans le liquide (4),
- un circuit (8) pour détecter l'amplitude de la vibration,
- un circuit (9) pour calculer l'impédance du vibreur (1) à partir de la fréquence et de l'amplitude de la vibration, et
- un circuit (10a) pour calculer la viscosité dynamique et l'élasticité dyna-
- 15 mique, ainsi qu'un circuit (10b) pour calculer la viscosité statique du liquide, à partir de la partie réelle et de la partie imaginaire de l'impédance complexe calculée par le circuit de calcul d'impédance (9).

Fig.1

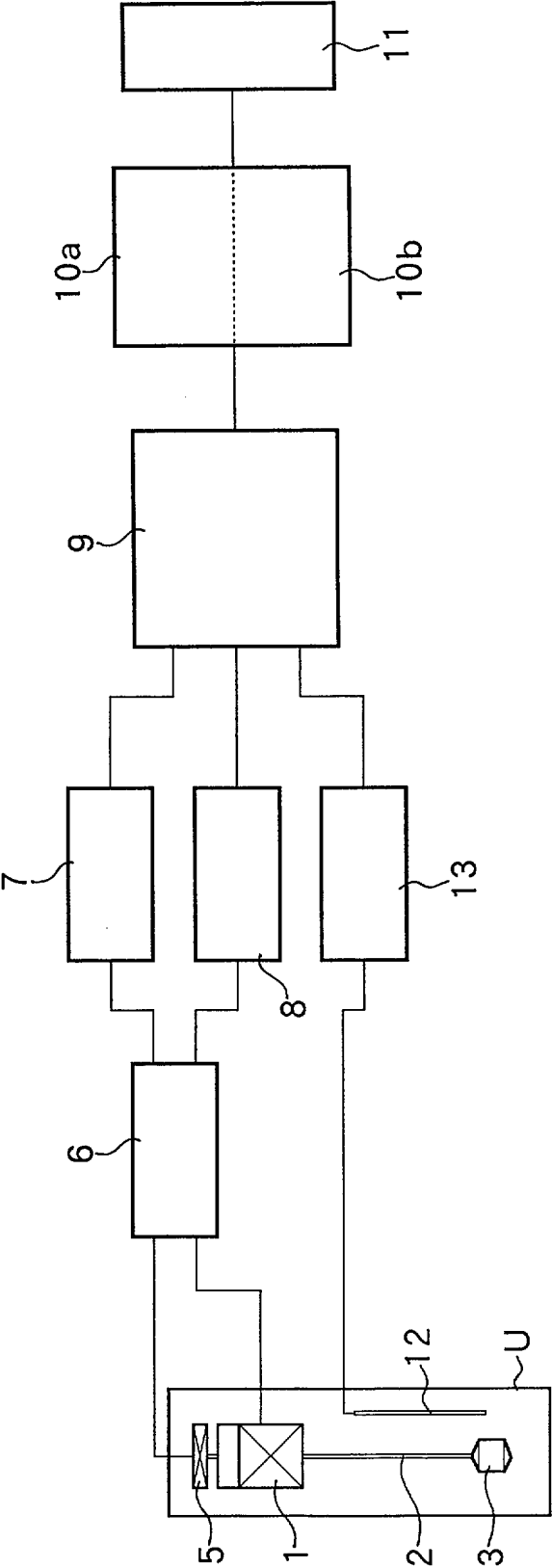


Fig.2

