

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 561 775

②1 N° d'enregistrement national :

85 02678

⑤1 Int Cl⁴ : G 01 N 11/02.

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 25 février 1985.

③0 Priorité : SU, 20 mars 1984, n° 3708256.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 39 du 27 septembre 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : INSTITUT NEFTEKHIMICHESKOGO SIN-
TEZA IMENI AV TOPCHIEVA AKADEMII NAUK SSSR. —
SU.

⑦2 Inventeur(s) : Alexandr Alexandrovich Konstantinov,
Mikhail Mikhailovich Chernysh, Anatoly Borisovich Bys-
trov, Georgy Vladimirovich Vinogradov, Jury Grigorievich
Yanovsky et Olga Vladimirovna Vasilieva.

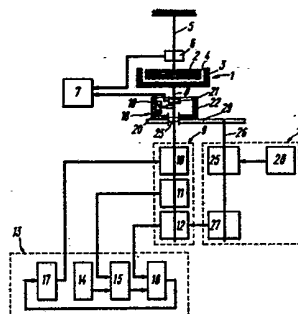
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Lavoix.

⑤4 Vibrorhéomètre.

⑤7 L'invention concerne un vibrorhéomètre.

Le vibrorhéomètre comporte un ensemble de mesure 1 qui se compose de deux éléments 2, 3 disposés avec un jeu l'un par rapport à l'autre, dans lequel est placée une matière à étudier 4. L'un des éléments 2 est monté sur un axe 5 avec possibilité de réaliser des vibrations de torsion par rapport audit axe 5 sur lequel est monté un convertisseur 6 de déplacement angulaire, alors que le deuxième est solidaire d'un arbre de sortie 8 d'une commande asservie 9 qui est électriquement liée à un bloc 13 de commande. Une commande de rotation 24 a un moteur 25 ainsi que les éléments suivants montés sur son arbre 26 : un capteur 27 de vitesse de rotation branché sur la commande asservie 9 et un sélecteur 28 de vitesse de rotation de l'arbre 26. Un convertisseur 18 de déplacement angulaire comprend une lentille magnétique 19 fixée sur un support 22 monté avec possibilité de rotation par rapport audit arbre de sortie 8 et cinématiquement lié à l'arbre 26, ainsi que l'élément galvanomagnétique 20.



FR 2 561 775 - A1

D

La présente invention concerne les dispositifs destinés à l'étude des propriétés des milieux liquides et se rapporte plus précisément à un vibrorhéomètre.

L'invention peut être utilisée pour l'étude des propriétés rhéologiques des systèmes polymères et dispersés, des vernis, des colorants, des adhésifs, des pétroles et bitumes, elle peut servir également dans les méthodes rapides d'analyse des processus de polymérisation, de polycondensation et de formation des systèmes réticulés, c'est-à-dire dans toutes les branches de la science qui s'occupent de l'étude et de modélisation du comportement rhéologique de matériaux variés.

A l'heure actuelle les études des propriétés des milieux fluides se font dans des dispositifs reposant sur la mesure de la réaction de la matière étudiée à la déformation mécanique imposée en régimes de déformation par cisaillement continue à une vitesse constante, de vibrations harmoniques (anharmoniques), de superposition de vibrations harmoniques (anharmoniques) sur la déformation par cisaillement continue, etc.

On connaît déjà un vibrorhéomètre (Vysokomolekulyarnye sojedinenia, vol.20-A, N°1, édité en 1978 ; G.V.Vinogradov, A. Ya.Malkin et alia "Méthode d'étude intégrée des propriétés rhéologiques des systèmes polymères", cf.pp.226-230) qui comprend un ensemble de mesure constitué de deux éléments : un "cône" et un "plan" dont l'interstice contient la matière à étudier. L'élément "plan" est monté sur un axe avec possibilité de réaliser des vibrations de torsion par rapport à cet axe et qui est solidaire du dispositif de mesure, des contraintes alors que le second élément "cône" est solidaire de l'arbre de sortie de la commande qui consiste en un système de moteurs électriques avec un réducteur, étant entendu par ailleurs que cette liaison est réalisée par un mécanisme à levier et articulation qui permet de réaliser deux régimes de déformation selon la position du système de moteurs électriques par rapport à l'arbre de sortie de la commande. Dans

le vibrorhéomètre susdit il n'existe que deux positions fixées du système de moteurs électriques par rapport à l'arbre de sortie : position verticale par laquelle on réalise un régime de déformation par cisaillement continu et horizontal (l'arbre de sortie du réducteur étant perpendiculaire par rapport à l'arbre de sortie de la commande) pour lequel il y a réalisation du régime de vibrations harmoniques.

La mise en oeuvre du mécanisme à articulation et levier dans la commande du vibrorhéomètre susindiqué ne permet pas de réaliser un régime qui est pratiquement important de déformation : la superposition sur la déformation par cisaillement continue des vibrations harmoniques d'un large spectre de fréquences.

On connaît un vibrorhéomètre (Vibrorhéomètre VR-74. Description technique et notice d'instruction sur l'utilisation 1939-00-00 TO. Bureau d'études spécialisé de l'Institut de la synthèse pétroléochimique "A.V.Topchiev", Académie des sciences de l'URSS, Moscou, 1975) qui comprend un ensemble de mesure constitué de deux éléments disposés avec un jeu l'un par rapport à l'autre dans lequel on place la matière à étudier et dont l'un est installé sur l'axe avec possibilité de réalisation des vibrations de torsion par rapport audit axe, étant entendu que sur cet axe est monté un convertisseur de déplacement angulaire de cet élément en un signal électrique, alors que le second élément est solidaire de l'arbre de sortie de la commande asservie qui transforme le signal venant du bloc de commande électriquement lié à lui, en un déplacement angulaire de l'élément et un convertisseur du déplacement angulaire du second élément de l'ensemble de mesure en un signal électrique, qui comprend une lentille magnétique et un élément galvanomagnétique solidaire de l'arbre de sortie de la commande asservie.

L'ensemble de mesure est réalisé sous la forme de deux cylindres coaxiaux alors que la lentille magnétique est un système quadripolaire magnétique ; elle est montée sur un support immobile par rapport à l'arbre de sortie de la com-

mande asservie. Pour garantir le fonctionnement du convertisseur du déplacement angulaire du second élément de l'ensemble de mesure en signal électrique, l'élément galvanomagnétique doit constamment se trouver dans un champ magnétique alternatif créé par la lentille magnétique. La tension aux électrodes de sortie de l'élément galvanomagnétique est définie par la différence des aires de l'élément galvanomagnétique qui se trouve sous l'action des champs magnétiques de polarité positive et de polarité négative et elle est proportionnelle au déplacement angulaire du deuxième élément de l'ensemble de mesure dont la valeur maximale correspond à l'amplitude de la déformation de déformation périodique

Le vibrorhéomètre susdit permet d'effectuer des études de systèmes polymères et dispersés en régimes de déformation de cisaillement continue à une vitesse constante, des vibrations harmoniques (anharmoniques) et de superposition des vibrations harmoniques (anharmoniques) sur une déformation de cisaillement continue. Ce vibrorhéomètre permet de déterminer la viscosité effective, les contraintes tangentielles, le modèle dynamique complexe et en régime des vibrations harmoniques (anharmoniques) les composantes du module dynamique complexe : le module d'élasticité et le module des pertes.

En régime de superposition des vibrations harmoniques (anharmoniques) sur la déformation de cisaillement continue il est impossible d'effectuer la mesure de l'amplitude de la déformation périodique étant donné que la lentille magnétique est immobile par rapport à l'arbre de sortie de la commande asservie, et l'élément galvanomagnétique sort du champ magnétique qui est créé par ladite lentille.

Ainsi le vibrorhéomètre décrit ne permet pas de mesurer en régime indiqué les composantes du module dynamique complexe : le module d'élasticité et le module des pertes qui caractérisent les propriétés élastiques et dissipatives de la matière et qui sont l'une des principales caractéris-

tiques des matières viscoélastiques et viscoplastiques.

On s'est donc proposé de créer un vibrorhéomètre dans lequel le convertisseur du déplacement angulaire du second élément de l'ensemble de mesure en signal électrique soit réalisé de manière que l'on y obtienne la rotation syn-
5 chronique de la lentille magnétique et de l'élément galvanomagnétique ce qui permettrait de déterminer les composantes du module dynamique complexe : le module d'élasticité et le module des pertes en régime de superposition des vibrations
10 harmoniques (anharmoniques) sur la déformation de cisaillement continue.

Ce problème est résolu en ce que le vibrorhéomètre comprenant un ensemble de mesure constitué de deux éléments disposés avec jeu l'un par rapport à l'autre dans lequel est
15 placée la matière à étudier et dont l'un est monté sur l'axe avec possibilité de réaliser des vibrations de torsion par rapport à cet axe qui porte le convertisseur de déplacement angulaire dudit élément, en signal électrique alors que le deuxième élément est solidaire de l'arbre de sortie de la
20 commande asservie transformant le signal qui arrive du bloc de commande auquel il est lié électriquement, en un déplacement angulaire de l'élément tandis que le convertisseur de déplacement angulaire du second élément de l'ensemble de mesure en signal électrique comprenant une lentille magnétique
25 et un élément galvanomagnétique solidaire de l'arbre de sortie de la commande asservie, comporte suivant l'invention une commande de rotation qui a un moteur et un capteur de la vitesse de rotation monté sur son arbre qui est lié électriquement à la commande asservie ainsi qu'un sélecteur
30 branché sur le moteur et destiné à sélectionner la vitesse de rotation de son arbre, étant entendu que la lentille magnétique est rapportée à un support monté sur l'arbre de sortie de la commande asservie avec possibilité de rotation par rapport audit arbre et cinématiquement accouplé à l'arbre de
35 commande de rotation qui assure la rotation en synchronisme de la lentille magnétique et de l'élément galvanomagnétique.

Le vibrorhéomètre revendiqué permet de mesurer les composantes du module dynamique complexe : le module d'élasticité et le module des pertes en régime de superposition des vibrations harmoniques (anharmoniques) sur la déformation de cisaillement continue ce qui étend sensiblement ses domaines d'applications dans la pratique des recherches sur les matières viscoélastiques et viscoplastiques

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture d'une version concrète de sa réalisation et du plan annexé qui représente schématiquement le vibrorhéomètre (vue en coupe longitudinale de l'ensemble de mesure et du support pour fixation de la lentille magnétique), suivant l'invention.

Le vibrorhéomètre comporte un ensemble de mesure 1 qui se compose de deux éléments 2 et 3 (dans la version considérée ce sont deux cylindres coaxiaux) qui sont disposés avec un jeu l'un par rapport à l'autre, dans lequel jeu est placée une matière étudiée 4. L'élément 2 est monté sur un axe 5 dont une extrémité est immobilisée dans le corps (sur la figure est représenté conventionnellement l'encastrement de l'axe 5) avec possibilité de réaliser des vibrations de torsion par rapport à cet axe 5 sur lequel est monté un convertisseur 6 du déplacement angulaire de l'élément 2 en un signal électrique, branché sur un enregistreur 7. L'axe 5 est une barre de torsion calibrée, tandis qu'en qualité d'enregistreur 7 on utilise un système comprenant deux convertisseurs analogiques-numériques, un micro-ordinateur et une imprimante. Le second élément est solidaire d'un arbre de sortie 8 d'une commande asservie 9 qui enclenche son mécanisme d'exécution 10 - moteur ou système de moteurs réunis par un réducteur, un générateur tachymétrique 11 et un capteur 12 de décrochage. La commande asservie 9 transforme le signal arrivant d'un bloc 13 de commande qui est électriquement lié à elle en un déplacement angulaire de l'élément 3. Le bloc 13 de commande comporte les éléments suivants connectés en série : un générateur 14 de signaux de forme impo-

sée (sinusoïde, "scie", "rectangle", méandre, etc.), un premier additionneur 15, un deuxième additionneur 16 et un amplificateur 17 de puissance. Par ailleurs, si l'une des entrées du premier additionneur 15 est branchée à la sortie du générateur tachymétrique 11, une entrée du deuxième additionneur 16 est branchée à la sortie du capteur de désaccord alors que la sortie de l'amplificateur 17 de puissance est branchée à l'entrée du mécanisme d'exécution 10 de la commande asservie 9. Le vibrorhéomètre comporte également un convertisseur 18 de déplacement angulaire du deuxième élément 3 de l'ensemble de mesure 1 en signal électrique qui comprend une lentille magnétique 19, un élément galvanomagnétique 20 à titre duquel on emploie un capteur de Hall solidaire de l'arbre de sortie 8 de la commande asservie 9 et un collecteur de courant 21 lié électriquement à l'enregistreur 7. L'élément galvanomagnétique 20 est monté symétriquement par rapport aux pôles de la lentille magnétique 19 exécutée sous la forme d'un système magnétique quadripolaire et les aires des zones de sa surface qui se trouvent sous l'action des champs magnétiques de polarité opposée sont égales.

Par ailleurs le signal de sortie du collecteur de courant 21 est égal à zéro. La lentille magnétique 19 est immobilisée sur un support 22 monté sur l'arbre de sortie 8 de la commande asservie 9 avec possibilité de rotation par rapport à cet arbre 8. Dans la version considérée le support 22 est monté sur l'arbre de sortie 8 à l'aide de roulements 23.

Le vibrorhéomètre comporte une commande 24 de rotation qui a un moteur 25 et un capteur 27 de vitesse de rotation monté sur son arbre 26 électriquement lié à la commande asservie 9, et un sélecteur 28 de vitesse de rotation de son arbre 26, rattaché au moteur 25. Le capteur 27 de vitesse de rotation est branché sur le capteur 12 de désaccord de la commande asservie 9. Le support de la lentille magnétique 19 est cinématiquement lié à l'arbre 26 du moteur 25

de la commande 24 de rotation au moyen d'une transmission à engrenages 29.

5 La liaison cinématique de la commande 24 de rotation avec le convertisseur 18 du déplacement angulaire et la liaison électrique du capteur 27 de vitesse de rotation avec le capteur 12 de désaccord garantissent la rotation en synchronisme de la lentille magnétique 19 et de l'élément galvanomagnétique 20.

10 En régime de superposition des vibrations harmoniques (anharmoniques) sur la déformation de cisaillement continue le vibrorhéomètre fonctionne de la manière suivante.

Le signal de sortie du sélecteur 28 de vitesse de rotation de l'arbre 26 arrive au moteur 25, et l'arbre 26 commence à tourner à la vitesse requise en transmettant sa rotation par l'engrènement 29 au moyen du roulement 23 au support 22 avec la lentille magnétique 19 immobilisée dessus du convertisseur 18 de déplacement angulaire. Simultanément le capteur 27 de vitesse de rotation de l'arbre 25 produit un signal qui arrive au capteur 12 de désaccord de la commande asservie 9.

20 Simultanément le signal de sortie du générateur 14 des signaux de forme requise du bloc 13 de commande arrive à l'une des entrées du premier additionneur 15 alors qu'à son autre entrée arrive le signal amortisseur du générateur tachymétrique 11. Le signal de sortie du premier additionneur 15 arrive à l'une des entrées du second additionneur 16 alors qu'à son autre entrée arrive le signal de sortie du capteur 12 de désaccord. Le signal de sortie du deuxième additionneur 16 est amplifié par l'amplificateur 17 de puissance et est exécuté par le mécanisme d'exécution 10 de la commande asservie 9. L'arbre de sortie 8 et l'élément galvanomagnétique 20 ainsi que le deuxième élément 3 de l'ensemble de mesure 1 rapportés dessus à demeure effectuent un mouvement de rotation et de vibration tandis que le support 22 avec la lentille magnétique rapportée dessus n'effectue que le mouvement de rotation, étant entendu par ailleurs que l'élément galva-

nomagnétique 20 se trouve en permanence dans le champ magnétique créé par la lentille magnétique 19 et vibre dessus à la fréquence des vibrations du générateur 14 des signaux de forme requise. Le signal de sortie du collecteur de courant 21
 5 qui est proportionnel à l'amplitude de déformation de la déformation périodique arrive à l'une des entrées de l'enregistreur 7.

Le mouvement du deuxième élément 3 de l'ensemble de mesure 1 est transmis par l'intermédiaire de la matière étudiée au premier élément 2 qui est rapporté à demeure sur
 10 l'axe 5 qui est tordu d'un angle déterminé et effectue des vibrations de torsion par rapport à cette position à la fréquence de vibrations imposée par le générateur 14 de signaux de forme requise (imposée).

Le convertisseur 6 (de déplacement angulaire) transforme ce mouvement en un signal électrique proportionnel à la valeur des contraintes qui naissent au sein de la matière étudiée 4 et qui est injecté à l'autre entrée de l'enregistreur 7.

Les signaux qui sont injectés à l'enregistreur 7 des convertisseurs 18 et 6 de déplacement angulaire qui caractérisent respectivement la déformation imposée à la matière à étudier et les contraintes qui y naissent, sont convertis au moyen des convertisseurs analogiques-numériques en un code binaire équivalent et sont introduits dans un
 25 micro-ordinateur qui effectue le calcul des principaux paramètres rhéologiques suivant un programme dans l'ordre suivant :

1. Amplitude de la déformation de la déformation périodique :

$$30 \quad \gamma_0 = \sqrt{\gamma_{OR}^2 + \gamma_{Or}^2 - 2\gamma_{OR} \cdot \gamma_{Or} \cdot \cos \varphi} \quad (\text{rad}),$$

$\gamma_{OR} = \frac{R \cdot A_{OR}}{R-r}$ étant l'amplitude réduite de déformation du cylindre extérieur (ici et dans la suite de l'élément 3) ;

35 R étant le rayon du cylindre extérieur ;

r étant le rayon du cylindre intérieur (ici et dans la suite élément 2) ;

A_{OR} étant l'amplitude des vibrations du cylindre extérieur ;
 $\gamma_{or} = \frac{rA_{or}}{R-r}$ étant l'amplitude réduite de déformation du cylindre intérieur ;
 A_{or} étant l'amplitude des vibrations du cylindre intérieur ;
 φ étant l'angle de décalage des phases des vibrations du cylindre intérieur et du cylindre extérieur.

2. Amplitude des contraintes τ_0 :

$$\tau_0 = \frac{2(C - J\omega^2) A_{OR}}{\pi h (R + r)^2} \quad (IIa)$$

C étant la rigidité de la barre de torsion (valeur constante pour la barre de torsion considérée) ;

J - moment d'inertie qui naît quand on soumet à la torsion le cylindre intérieur par rapport à l'axe 5 ;

ω - vitesse angulaire du cylindre extérieur ;

h - hauteur de la couche de matière à étudier ;

Module d'élasticité G' :

$$G' = \frac{\tau_0 (R'A_{OR} \cdot \cos \varphi - rA_{OR})}{\gamma_0^2 (R - r)} \quad (IIa)$$

Module des pertes G'' :

$$G'' = \frac{\tau_0 R A_{OR} \cdot \sin \varphi}{\gamma_0^2 (R - r)} \quad (IIa)$$

5. Module dynamique complexe (G^*) :

$$|G^*| = \sqrt{G'^2 + G''^2} \quad (IIa)$$

Le régime de superposition des vibrations harmoniques (anharmoniques) sur la déformation de cisaillement continue est important non seulement au point de vue théorique, mais encore au point de vue pratique car il décrit les processus qui se rencontrent fréquemment dans la technologie de transformation des polymères (la plasturgie).

Le vibrorhéomètre revendiqué peut fonctionner également en régimes de vibrations harmoniques (anharmoniques) et de déformation de cisaillement continue. Dans le premier cas le signal de sortie du sélecteur 28 de vitesse de rotation de l'arbre 26 est égal à zéro et dans le deuxième cas c'est le signal de sortie du générateur 14 des signaux de forme imposée qui est égal à zéro. En régime des vibrations harmoniques (anharmoniques) le vibrorhéomètre permet de déterminer le module dynamique complexe et ses composantes, la viscosité effective et les contraintes tangentielles tandis qu'en régime de déformation de cisaillement continue il ne permet de déterminer que la viscosité effective et les contraintes tangentielles.

Le vibrothéomètre revendiqué peut être largement utilisé dans la pratique des recherches sur les propriétés des matières viscoélastiques et viscoplastiques, car il permet d'obtenir les informations nécessaires sur le comportement rhéologique des matières à étudier sous des régimes de déformation variés.

L'invention peut être utilisée pour l'étude des propriétés rhéologiques des systèmes polymères et des systèmes dispersés, des vernis, des colorants, adhésifs, pétroles et bitumes. Elle peut également servir de moyen d'analyses rapides des méthodes de polymérisation, de polycondensation et de formation des structures réticulées, c'est-à-dire dans toutes les branches de la science où l'on s'occupe des recherches et de simulation du comportement rhéologique des matières variées.

R E V E N D I C A T I O N

Vibrorhéomètre comprenant un ensemble de mesure (1) qui consiste en deux éléments (2, 3) disposés avec un jeu l'un par rapport à l'autre dans lequel est placée une matière à étudier (4) et dont l'un est monté sur un axe (5) avec possibilité de réalisation des vibrations de torsion par rapport audit axe (5), ledit axe étant muni d'un convertisseur (6) de déplacement angulaire dudit élément (2) en un signal électrique et le deuxième élément (3) étant solidaire d'un arbre de sortie (8) d'une commande asservie (9) qui convertit le signal arrivant d'un bloc (13) de commande relié à lui électriquement en un déplacement angulaire de l'élément (3) et un convertisseur (18) du déplacement angulaire du deuxième élément (3) de l'ensemble de mesure (1) en un signal électrique, comprenant une lentille magnétique (19) et un élément galvanomagnétique (20) solidaire de l'arbre de sortie (8) de la commande asservie (9), caractérisé en ce qu'il comporte une commande de rotation (24) ayant un moteur (25) et un capteur (27) de vitesse de rotation monté sur son arbre (26) électriquement lié à la commande asservie (9) et un sélecteur (28) de vitesse de rotation de son arbre (26) branché sur le moteur (25), étant entendu que la lentille magnétique (19) est immobilisée dans un support (22) qui est installé sur l'arbre de sortie (8) de la commande asservie (9) avec possibilité de rotation par rapport audit arbre (8) et cinématiquement lié à l'arbre (26) de commande de rotation (24) assurant la rotation en synchronisme de la lentille magnétique (19) et de l'élément galvanomagnétique (20).

