



УКРАЇНА

(19) UA (11) 87896 (13) C2  
(51) МПК (2009)  
G01N 11/14 (2007.01)  
G01N 11/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) РОТАЦІЙНИЙ ВІСКОЗИМЕТР

1

(21) а200710222  
(22) 13.09.2007  
(24) 25.08.2009  
(46) 25.08.2009, Бюл. № 16, 2009 р.  
(72) ВОРОБІЙОВ ВІТАЛІЙ ІВАНОВИЧ, ЄРШОВА  
ЕММА ОЛЕКСАНДРІВНА, ЗАЙКІВСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР  
БОЛЕСЛАВОВИЧ, ШВЕЦЬ ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ  
(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ  
СПЕЦІАЛЬНИХ ВИДІВ ДРУКУ" КОРПОРАТИВНЕ  
ПІДПРИЄМСТВО ДАК "УКРВИДАВПОЛІГРАФІЯ"  
(56) UA 38938, A, 15.05.2001  
SU 1755117, A1, 15.08.1992  
WO 2005/086769, A2, 22.09.2005  
US 2005/0132783, A1, 23.06.2005  
(57) Ротаційний віскозиметр, який містить коаксіально розташовані посудину для досліджуваного середовища, донна частина якої виконана у вигляді

2

циліндричного виступу, зовнішній вимірювальний циліндр, виконаний з радіальними отворами, внутрішній вимірювальний циліндр, зв'язаний із системою виміру крутильного моменту, при цьому зовнішній вимірювальний циліндр виконаний зв'язаним з приводом обертання, над внутрішнім вимірювальним циліндром встановлений пустотілий циліндр, зовнішній діаметр якого виконаний рівним діаметру внутрішнього вимірювального циліндра, при цьому нижні крайки радіальних отворів, що виконані на зовнішньому вимірювальному циліндрі, виконані розташованими вище верхнього торця внутрішнього вимірювального циліндра, який відрізняється тим, що додатково містить датчик температури, розміщений у посудині для досліджуваного середовища, який електрично зв'язаний з індикатором температури, та нагрівальний елемент, розміщений у донній частині посудини для досліджуваного середовища.

Винахід відноситься до сфери досліджень реологічних характеристик дисперсних середовищ, зокрема, до пристроїв для вимірювання фізико-хімічних властивостей досліджуваних речовин, а саме, до віскозиметрів для вимірювання реологічних характеристик дисперсних систем.

Відомий ротаційний віскозиметр, що містить корпус, зовнішній циліндр, закріплений нерухомо на зазначеному корпусі, і внутрішній вимірювальний циліндр, встановлений на вимірювальному валу, який розміщений на підшипниках в основі корпусу, рухомий диск з підшипником, силомір, який виконано з двох циліндричних пружин різної жорсткості, датчик кута повороту, шестерню, з'єднану з електроприводом, електричну схему індикації моменту опору на внутрішньому циліндрі /1/.

Недоліками відомого ротаційного віскозиметра є те, що неможливо визначити реологічні характеристики досліджуваного середовища (речовини) з достатньою точністю при заданій температурі. При цьому конструкція зазначеного ротаційного віскозиметра є досить складною.

Відомий ротаційний віскозиметр, що містить коаксіально розташовані посудину для досліджуваного середовища, донна частина якої виконана у вигляді циліндричного виступу, зовнішній вимірювальний циліндр, виконаний з радіальними отворами, і внутрішній вимірювальний циліндр, зв'язаний із системою виміру крутильного моменту, при цьому зовнішній вимірювальний циліндр виконаний зв'язаним з приводом обертання /2/.

Недоліками відомого ротаційного віскозиметра є те, що неможливо визначити реологічні характеристики досліджуваного середовища (речовини) при заданій температурі.

Відомий ротаційний віскозиметр, що містить співвісно розташовані зовнішній і внутрішній вимірювальні циліндри, перший з яких з'єднаний із приводом, постійний магніт, установлений на верхньому торці вимірювального циліндра, закріпленого на нерозтяжній нитці, розміщеної по осі циліндра, нерухомо електромагнітну котушку, що взаємодіє з постійним магнітом, диференціальний перетворювач, з'єднаний з електромагнітною котушкою й виконаний у вигляді індикатора в'язкості,

(13) C2

(11) 87896

(19) UA

температурний датчик, електрично зв'язаний з індикатором в'язкості, і нагрівальний елемент, зв'язаний з температурним датчиком /3/.

Недоліками відомого ротаційного віскозиметра є те, що на результати вимірів значний вплив здійснюють прикінцеві ефекти, у зв'язку з чим неможливо визначити реологічні характеристики досліджуваного середовища (речовини) з достатньою точністю.

Найбільш близьким технічним рішенням, обраним за прототип, є ротаційний віскозиметр, який містить коаксіально розташовані посудину для досліджуваного середовища, донна частина якої виконана у вигляді циліндричного виступу, зовнішній вимірювальний циліндр, виконаний з радіальними отворами, і внутрішній вимірювальний циліндр, зв'язаний із системою виміру крутильного моменту, при цьому зовнішній вимірювальний циліндр виконаний зв'язаним з приводом обертання, над внутрішнім вимірювальним циліндром встановлений пустотілий циліндр, зовнішній діаметр якого виконаний рівним діаметру внутрішнього вимірювального циліндра, при цьому нижні крайки радіальних отворів, що виконані на зовнішньому вимірювальному циліндрі, виконані розташованими вище верхнього торця внутрішнього вимірювального циліндра /4/.

Недоліками відомого ротаційного віскозиметра, обраного за прототип, є те, що неможливо визначити реологічні характеристики досліджуваного середовища (речовини) при заданій температурі.

В основу винаходу покладено задачу шляхом збереження у досліджуваному середовищі однорідного поля ламінарного руху речовини забезпечити підвищення точності визначення реологічних характеристик при заданій температурі.

У віскозиметрах крутильного моменту (ротаційних) використовують співвідношення, що описують залежність моменту  $M$  опору обертанню твердого тіла в рідині за умови її прилипання до стінок і ламінарного руху від в'язкості  $\eta$ . Якщо циліндр, співвісний із циліндричною посудиною з рідиною, обертається, будемо мати, Н·м:

$$M = 4\pi\omega L \frac{R_1^2 R_2^2}{R_1^2 - R_2^2} \eta,$$

де

$R_1$  і  $R_2$  - радіуси відповідно посудини й циліндра, м;

$L$  - довжина посудини й циліндра, м;

$\omega$  - кутова швидкість обертання,  $\text{с}^{-1}$ .

За умови рівності потужності, що підводиться, і потужності, що витрачається, одержуємо  $W = M\omega$ . Відповідно  $\eta = M/(\omega S)$  (Па·с), де  $S$  визначається постійними в умовах вимірювань величинами /5/.

В'язкість суттєво залежить від температури. Під час вимірювання в'язкості температура підлягає точному визначенню та стабілізації. З підвищенням температури в'язкість рідин швидко зменшується, часто зменшення в'язкості досягає декількох відсотків на один градус Кельвіна /6/.

Суть винаходу в ротаційному віскозиметрі, який містить коаксіально розташовані посудину для досліджуваного середовища, донна частина

якої виконана у вигляді циліндричного виступу, зовнішній вимірювальний циліндр, виконаний з радіальними отворами, внутрішній вимірювальний циліндр, зв'язаний із системою виміру крутильного моменту, при цьому зовнішній вимірювальний циліндр виконаний зв'язаним з приводом обертання, над внутрішнім вимірювальним циліндром встановлений пустотілий циліндр, зовнішній діаметр якого виконаний рівним діаметру внутрішнього вимірювального циліндра, при цьому нижні крайки радіальних отворів, що виконані на зовнішньому вимірювальному циліндрі, виконані розташованими вище верхнього торця внутрішнього вимірювального циліндра, досягається шляхом додаткового спорядження ротаційного віскозиметра датчиком температури, розміщеним у посудині для досліджуваного середовища, який електрично зв'язаний з індикатором температури, а також нагрівальним елементом, розміщеним у донній частині посудини для досліджуваного середовища.

Порівняльний аналіз технічного рішення, що пропонується, з прототипом дозволяє зробити висновок, що запропонований ротаційний віскозиметр відрізняється тим, що додатково містить датчик температури, розміщений у посудині для досліджуваного середовища, який електрично зв'язаний з індикатором температури, а також додатково містить нагрівальний елемент, розміщений у донній частині посудини для досліджуваного середовища.

Таким чином, ротаційний віскозиметр, що пропонується, відповідає критерію винаходу "новизна".

Суть винаходу пояснюється ілюстраціями, де на фіг. 1 подана конструктивно-компонувальна схема ротаційного віскозиметра, на фіг. 2 подано графік залежності реологічних характеристик досліджуваного середовища, наприклад, в'язкості  $\eta$ , від величини крутильного моменту  $M$ .

Ротаційний віскозиметр конструктивно містить коаксіально розташовану посудину 1 для досліджуваного середовища 2, донна частина якої виконана у вигляді циліндричного виступу (позиція 3), зовнішній вимірювальний циліндр 4, на якому виконані радіальні отвори 5, і внутрішній вимірювальний циліндр 6. Зовнішній вимірювальний циліндр 4 виконаний зв'язаним за допомогою вузла зчеплення 7 з приводом обертання 8, а внутрішній вимірювальний циліндр 6 виконаний зв'язаним із системою 9 виміру крутильного моменту  $M$ . Над внутрішнім вимірювальним циліндром 6 розміщений пустотілий циліндр 10, зовнішній діаметр ( $D_1$ ) якого виконаний рівним діаметру ( $D$ ) внутрішнього вимірювального циліндра 6. Пустотілий циліндр 10 виконаний жорстко закріпленим на корпусі 11 віскозиметра. Нижні крайки 12 радіальних отворів 5 виконані розташованими вище верхнього краю бічної поверхні 13 внутрішнього вимірювального циліндра 6. Виходи системи 9 виміру крутильного моменту  $M$  виконані зв'язаними з реєстраційним пристроєм 14 за допомогою електричної мережі 15. Датчик температури 16, розміщений у посудині для досліджуваного середовища 2, електрично зв'язаний з індикатором температури 17, а нагрів-

вальний елемент 18 розміщений у донній частині посудини 1 для досліджуваного середовища 2.

Ротаційний віскозиметр працює таким чином.

Посудину 1 заповнюють досліджуваним середовищем 2 (рідкою речовиною). За допомогою нагрівального елемента 18, установленого в донній частині посудини 1 для досліджуваного середовища 2, досліджуване середовище 2 нагрівають до необхідної температури, наприклад, до 40 °С, 50 °С, 100 °С і т.д., яку фіксують за допомогою датчика температури 16 та індикатора 17 температури досліджуваного середовища 2. Вмикають за допомогою вузла зчеплення 7 привод обертання 8 зовнішнього вимірювального циліндра 4. При цьому досліджуване середовище 2, деформуючись між зовнішнім 4 і внутрішнім 6 вимірювальними циліндрами, впливатиме на згаданий внутрішній вимірювальний циліндр 6, що виконаний зв'язаним із системою 9 виміру крутильного моменту  $M$ , і створюватиме крутильний момент  $M$ . Створюваний крутильний момент  $M$  вимірюватиметься за допомогою системи 9 виміру крутильного моменту. При обертанні внутрішнього вимірювального циліндра 6 у зоні розташування радіальних отворів 5 створюватиметься перепад тиску в досліджуваному середовищі 2. Це призведе до виникнення вертикального руху досліджуваного середовища 2 між внутрішнім вимірювальним циліндром 6 і зовнішнім вимірювальним циліндром 4, а у фізичному розумінні - до запобігання седиментації твердої фази при визначенні реологічних характеристик дисперсних систем, наприклад, величини в'язкості  $\eta$ .

У зоні розташування радіальних отворів 5 відбувається порушення ламінарного руху досліджуваного середовища 2. Однак наявність над внутрішнім вимірювальним циліндром 6 пустотілого циліндра 10, що виконаний жорстко закріпленим на корпусі 11 із зовнішнім діаметром ( $D_1$ ), що дорівнює діаметру ( $D$ ) внутрішнього вимірювального циліндра 6, розташування нижніх крайок 12 радіальних отворів 5 вище верхнього краю бічної поверхні 13 внутрішнього вимірювального циліндра 6, а також виконання донної частини посудини у вигляді циліндричного виступу (позиція 3) забезпечують реалізацію однорідного по висоті поля ламінарного зсувного руху досліджуваного середовища 2 між внутрішнім 6 і зовнішнім 4 вимірювальними циліндрами.

Реологічні характеристики досліджуваного середовища 2, наприклад, в'язкість  $\eta$ , визначаються за розміром крутильного моменту  $M$ , що вимірюється системою 9 виміру крутильного моменту при заданій швидкості обертання зовнішнього вимірювального циліндра 4.

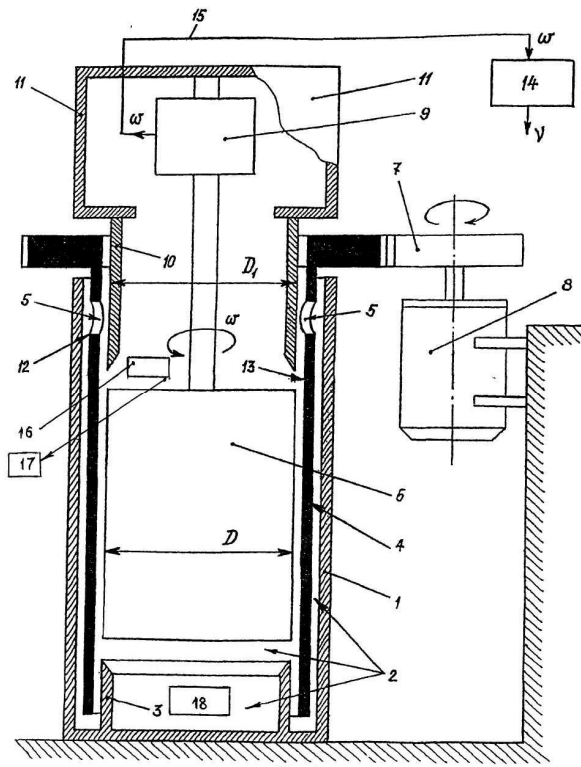
За допомогою електричної мережі 15 та реєстраційного приладу 14 визначають крутильний момент  $M$ , що відповідатиме фактичному значенню в'язкості  $\eta$  досліджуваного середовища 2. Для цього на графіку залежності  $M = f(\eta)$  (див. фіг. 2) на осі  $M$  вибирають фактичне значення крутильного моменту  $M_1$ , проводять перпендикуляр до перетину з графіком і з точки перетину з графіком опускають перпендикуляр на вісь  $\eta$ . Отримане значення в'язкості  $\eta_1$  відповідатиме фактичній в'язкості  $\eta$  досліджуваного середовища 2 при заданій температурі (див. фіг. 2).

Для спрощення операції з визначення фактичної величини в'язкості  $\eta$  реєстраційний прилад 14 може бути проградуєваним за значеннями в'язкості.

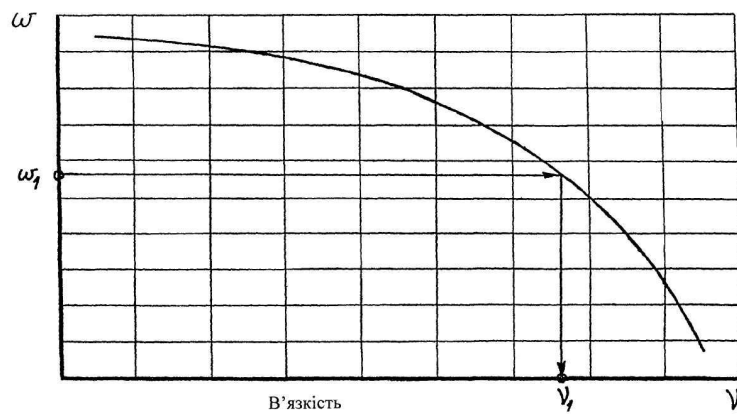
Підвищення ефективності застосування ротаційного віскозиметра, що пропонується, у порівнянні з прототипом, досягається за рахунок підвищення точності визначення реологічних характеристик досліджуваного середовища при заданій температурі досліджуваного середовища. Використовується система самоналагоджувального типу, динамічні характеристики якої залежать тільки від реологічних характеристик досліджуваного середовища, зокрема, від в'язкості.

Джерела інформації

1. А.с. СРСР № 1363017, МПК G01 N11/14, 1986 р. - аналог.
2. А.с. СРСР № 1045079, МПК G01 N11/14, 1982 р. - аналог.
3. Патент України № 18576, МПК G01N11/00, 1997 р. - аналог.
4. Деклараційний патент України № 38938, МПК G01N11/14, 2001 р. - прототип.
5. Карташова А. Н., Дунин-Барковский И. В. Технологические измерения и приборы в текстильной и легкой промышленности: Учебник для вузов. - Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 312 с.
6. Измерения в промышленности. Справочное издание. / Под редакцией П. Профоса. Перевод с немецкого. - Москва: Металлургия, 1980. - 648 с.



Фиг. 1



Фиг. 2