



УКРАЇНА

(19) UA (11) 97595 (13) C2
(51) МПК (2012.01)
G01N 13/00ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ ЗМОЧУВАНОСТІ РІДИНОЮ ПОВЕРХНІ ТВЕРДОГО ТІЛА

1

2

(21) a201015707

(22) 27.12.2010

(24) 27.02.2012

(46) 27.02.2012, Бюл.№ 4, 2012 р.

(72) ЧУЙКО МИРОСЛАВА МИХАЙЛІВНА, ВИТВИЦЬКА ЛІДІЯ АНДРІВНА

(73) ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

(56) SU 744281, 30.06.1980, A1

US 6151963, 28.11.2000, A

CN 101311703, 26.11.2008, A

(57) Спосіб контролю змочуваності рідиною поверхні твердого тіла, що включає нанесення на твер-

ду поверхню досліджуваної рідини та побудову часової залежності відповідного параметра від часу проведення контролю, який відрізняється тим, що досліджують динаміку зміни ємності конденсатора, між обкладками якого знаходиться досліджуване тверде тіло, на яке дозовано наносять досліджувану рідину, після чого здійснюють оцінку якості змочувальних властивостей рідини та твердого тіла шляхом порівняння часових залежностей зміни ємності при змочуванні досліджуваної поверхні еталонною, зокрема дистильованою водою, і досліджуваною рідиною.

Винахід належить до галузі досліджень фізико-хімічних явищ, зокрема для оцінки якості чистих рідин і розчинів та стану твердих поверхонь, на які вони наносяться.

Відомий геометричний спосіб вивчення процесів змочування методом знімання на відеокамеру процесу розтікання рідини по поверхні з наступним визначенням крайового кута змочування та обробленням зображення за допомогою ЕОМ. У даному методі мала крапля рідини наноситься на горизонтальну поверхню досліджуваного твердого тіла та здійснюється відеозапис чи фотографування або проектування на екран зображення. Для дуже малих крапель (об'єм яких є меншим від 10^{-4} мл) вплив гравітаційних сил на форму краплі є незначним, тому крапля розглядається як фрагмент сфери і крайовий кут змочування визначається за допомо-

гою залежності $\operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{2h}{d}$ на основі результатів

вимірювання висоти h та діаметру d основи лежачої краплі на твердій поверхні [Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание. – М.: Химия.-1974.-416 с.].

Однак даний метод використовується для вивчення змочуваності дуже малих об'ємів непрозорих рідин на гладкій поверхні зі значною контрастністю рідини на поверхні.

Найбільш близьким до винаходу технічним рішенням є спосіб контролю змочуваності і розтікання, при якому в центр чутливої зони кварцового

резонатора наносять досліджувану речовину і за зміною частоти коливань в часі визначають характеристики змочування і розтікання. Для визначення параметрів розтікання з рівняння $R=A \cdot t^{1/n}$, за відомим зсувом частоти ΔF на нормованій кривій знаходиться радіус R для різних проміжків часу t і будується логарифмічна залежність $\lg R$ від $\lg t$, тангенс кута нахилу якого є n – показник степеня R , а за відрізком, що відсікається на осі ординат, знаходиться параметр розтікання A . [Авторское свидетельство СССР № 2704084/18-25, кл G01N 13/00, 1978].

Різні рідини і тверді тіла по-різному взаємодіють між собою, тому даний спосіб не дозволяє здійснювати дослідження з конкретним твердим тілом, в тому числі і пористим, враховувати характер взаємодії цих середовищ, а тільки з кварцовим резонатором.

Задача винаходу - вдосконалення способу комплексної експрес-оцінки змочувальних властивостей рідини та стану твердої поверхні певної висотності, на яку вона наноситься за рахунок визначення ступеня змочування рідиною твердого тіла.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що у способі контролю змочуваності рідиною поверхні твердого тіла, що включає нанесення на тверду поверхню досліджуваної рідини та побудову залежності параметра від часу проведення контролю, згідно з винаходом, досліджують динаміку зміни ємності конденсатора, між обкладками якого знаходиться досліджуване тверде тіло, на яке до-

(13) C2

(11) 97595

(19) UA

зовано наносять досліджувану рідину, після чого здійснюють оцінку якості змочувальних властивостей рідини та твердого тіла порівнянням часових залежностей зміни ємності при змочуванні досліджуваної поверхні еталонною, наприклад дистильованою водою, і досліджуваною рідиною.

Суть методу полягає у наступному. Визначається залежність між розтіканням рідини та швидкістю зміни ємності конденсатора, між обкладками якого знаходиться зразок досліджуваної твердої поверхні, на який дозовано наноситься досліджувана рідина. Кількісно змочуваність визначається за крайовим кутом змочування θ , який залежить від поверхневих натягів контактуючих фаз згідно з рівнянням Юнга [Русанов А.И., Прохоров В.А. Межфазная тензометрия. – С-Петербург.: Химия, 1984.-397 с.]:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{\text{тг}} - \sigma_{\text{тр}}}{\sigma_{\text{рг}}},$$

де

$\sigma_{\text{тг}}$ - поверхневий натяг на межі розділу тверде тіло-газ - в мН/м,

$\sigma_{\text{тр}}$ - поверхневий натяг на межі розділу тверде тіло-рідина - в мН/м,

$\sigma_{\text{рг}}$ - поверхневий натяг на межі розділу рідина-газ - в мН/м.

Поряд з великою кількістю методів для вимірювання $\sigma_{\text{рг}}$, не існує на даний час достатньо точних методів для вимірювання інших двох поверхневих натягів на границях розділу твердого тіла з рідиною та газом. На основі залежності Клаузіуса-Мосотті, яка пов'язує поляризованість молекул твердого тіла та його поверхневу енергію, встановлено залежність між поверхневим натягом твердого тіла та його діелектричними властивостями [Curtis F. Holmes. On the relation between Surface tension and Dielectric Constant. J. Amer. Soc, 1973.-1014-1015 pp.]:

$$\sigma_{\text{тг}} = \frac{27N^4 h^2 e^2 s Z M^3 \epsilon_0^3 (\epsilon - 1)^3}{64^2 \sigma_{\text{рг}} m r^4 \rho^3 N_A^3 (\epsilon + 2)^3},$$

де

N - концентрація молекул;

$h=6,6262 \cdot 10^{-34}$ - стала Планка - в Дж·с;

$e=1,6022 \cdot 10^{-19}$ - заряд електрона - в Кл,

$m=9,1095 \cdot 10^{-31}$ - маса електрона - в кг,

s – валентність,

Z - кількість вільних електронів,

α - поляризованість,

r - міжмолекулярна відстань - в м,

ϵ - діелектрична проникність,

M - молярна маса речовини – в кг/моль,

ρ - густина речовини - в кг/м³,

$N_A=6,022 \cdot 10^{23}$ - число Авогадро - в моль⁻¹,

$\epsilon_0=8,8542 \cdot 10^{-12}$ - абсолютна діелектрична проникність - в Ф/м.

З урахуванням сталого значення для конкретного твердого тіла всіх вищевказаних величин, саме за зміною значення ϵ в процесі поляризації та значення $\sigma_{\text{рг}}$ можна контролювати $\sigma_{\text{тг}}$. В свою чергу, зміна діелектричної проникності визначає зміну ємності конденсатора, між обкладками якого

знаходиться дане тверде тіло з діелектричною проникністю ϵ_1 , з нанесеною на його поверхню рідиною з діелектричною проникністю ϵ_2 . Виведена залежність зміни ємності від значень діелектричних проникностей, яка теоретично обґрунтовує запропонований спосіб:

$$C_0 = \left(1 + \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \right) \frac{C'_0}{2} \left[1 + \frac{\epsilon_2}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \frac{C'_0}{4\pi\epsilon_1 h} \ln(1 - k^2) \right]^{-1},$$

де

$$k = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2},$$

h - товщина діелектричного зразка - в м,

C'_0 - початкова ємність без рідини - в Ф.

Спосіб реалізується наступним чином. На тверде діелектричне тіло, яке розміщене в конденсаторі, наноситься рідина і визначається динаміка зміни ємності за рахунок змочування і розтікання рідини по поверхні, що приводить до зміни загальної діелектричної проникності простору між обкладками конденсатора.

Тут і далі терміном "загальна" діелектрична проникність позначена діелектрична проникність, яка включає діелектричні проникності всіх видів середовищ, що входять у простір між обкладками конденсатора.

При дослідженні провідного твердого тіла сама його поверхня відіграє роль обкладки конденсатора.

Після почергового дозованого нанесення певних об'ємів рідини на поверхню твердого тіла, рідина внаслідок змочування і розтікання змінює свою форму, тим самим змінюючи загальну діелектричну проникність, а значить і ємність конденсатора. Дане вимірювання дозволяє досліджувати як саму рідину, так і взаємодію системи рідини - тверде тіло при безпосередній їх взаємодії.

Винахід ілюструється графіком, де на фіг. наведені часові залежності зміни ємності конденсатора, де 1 - залежність для еталонної рідини, 2 - залежність для досліджуваної рідини.

Оцінка змочувальних властивостей рідини на досліджуваній поверхні твердого тіла здійснюється шляхом порівняння кривих зміни в часі ємності конденсатора при нанесенні на цю поверхню дистильованої води та досліджуваної рідини.

За динамікою зміни в часі ємності конденсатора для досліджуваної рідини і порівнянням часової залежності для дистильованої води, яку попередньо наноситься на ту ж саму тверду поверхню, оцінюються змочувальні властивості рідини та даної твердої поверхні.

Приклад.

Проведено вимірювання динаміки зміни імпедансу опору відносно калібрувальної ємності 15 пФ для двох рідин: пенетранту "Жирінокс" і дистильованої води та побудовано згладжені часові залежності для цих рідин. З отриманих графіків випливає, що крива зміни імпедансу еталонної рідини має істотно більшу крутизну, але менший розкид, а крива зміни імпедансу пенетранту - є більш пологою, з більшою дисперсією

навколо середніх значень. Отже, зменшення кута нахилу та збільшення ширини розкиду виміряних величин свідчить про покращені змочувальні

властивості рідини, менший її поверхневий натяг, а значить і інтенсивніша взаємодія між рідиною і твердим тілом.

