



УКРАЇНА

(19) UA (11) 87766 (13) C2
(51) МПК (2009)
G01N 13/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ МІЖФАЗНОГО НАТЯГУ МЕТОДОМ ОБЕРТОВОЇ КРАПЛІ

1

(21) а200800269
(22) 08.01.2008
(24) 10.08.2009
(46) 10.08.2009, Бюл.№ 15, 2009 р.
(72) БІЛІЩУК ВІКТОР БОРИСОВИЧ, КІСІЛЬ ІГОР СТЕПАНОВИЧ
(73) ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ
(56) UA 39061 A, 15.05.2001
UA 48429 A, 15.08.2002
UA 70684 A, 15.10.2004
JP 63210748 (A), 01.09.1988
CN 1419116 (A), 21.05.2003
US 4523456, Jun. 18, 1985
(57) Спосіб визначення міжфазного натягу методом обертової краплі, який полягає в тому, що здійснюють обертання капіляра із досліджуваними рідинami різної густини, вимірюють довжину обертової краплі, який **відрізняється** тим, що одержують зображення контуру обертової краплі, експериментально визначають координати всіх точок контуру обертової краплі на основі її зображення, переводять експериментально визначені координати

2

нати в безрозмірну форму, порівнюють безрозмірні експериментально визначені координати з координатами точок теоретично розрахованих контурів обертової краплі для всіх можливих значень міжфазного натягу, на основі результатів порівняння вибирають такий теоретично розрахований безрозмірний контур обертової краплі, який відповідає експериментальному безрозмірному контуру, визначають довжину вибраного теоретично розрахованого безрозмірного контуру обертової краплі, а міжфазний натяг розраховують за залежністю:

$$\sigma = \Delta\rho\omega^2\left(\frac{z}{z_c}\right)^3,$$

де $\Delta\rho$ - різниця густин досліджуваних фаз, кг/м^3 ;
 ω - кутова частота обертання капіляра з рідинами, рад/с ;
 z - розмірна довжина контуру обертової краплі в капілярі, м ;
 z_c - безрозмірна довжина теоретично розрахованого контуру обертової краплі.

Винахід стосується вимірювальної техніки, а саме: приладів вимірювання міжфазного натягу на межі розділу двох рідин.

Відомий спосіб визначення міжфазного натягу [Vonnegut B. Rotating Bubble Method For Determination Of Surface And Interface And Interface Tension. - Rev. Sci. Instrum., No 13, 1942, p. 6-9], що включає в себе вимірювання діаметру обертової краплі, вимірювання кутової швидкості обертання капіляра із досліджуваними рідинami, різниці густин досліджуваних рідин, на основі чого розраховують міжфазний натяг. Цей спосіб вимагає досягнення умови, щоб довжина краплі була в 4 рази більша за її діаметр, що досягається за рахунок збільшення частоти обертання капіляра з досліджуваними рідинami, що призводить до появи вібрацій, в результаті чого обертова крапля набуває гантелеподібну форму, що не дозволяє виміряти її діаметр.

Відомий також спосіб визначення міжфазного натягу [пат. 39061 А Україна, МПК G01N13/00. Спосіб визначення міжфазного натягу методом обертової краплі і пристрій для його реалізації /Кісіль Р.І.], який найбільш близький до винаходу по сукупності ознак, що включає вимірювання довжини краплі і визначення координат двох точок, що характеризують контур краплі. Однак вказаний спосіб не дозволяє досить точно визначити координати тих точок, які характеризують зображення всього контуру обертової краплі.

В сучасних приладах для вимірювання міжфазного натягу методом обертової краплі використовується цифрова фото- або відеокамера в сукупності з комп'ютером, що дозволяє автоматизувати процес вимірювання міжфазного натягу.

В основу винаходу поставлено задачу підвищити точність вимірювання міжфазного натягу шляхом порівняння експериментально визначених координат точок контуру обертової краплі з теоре-

(13) C2

(11) 87766

(19) UA

тично розрахованими координатами точок контуру обертової краплі.

Задача вирішується наступним чином. Спосіб визначення міжфазного натягу методом обертової краплі, що включає обертання капіляру із досліджуваними рідинами різної густини, вимірювання довжини обертової краплі, який згідно з винаходом відрізняється тим, що отримують зображення контуру обертової краплі, експериментально визначають координати всіх точок контуру обертової краплі на основі її зображення, переводять експериментально визначені координати в безрозмірну форму, порівнюють безрозмірні експериментально визначені координати з координатами точок теоретично розрахованих контурів обертової краплі для всіх можливих значень міжфазного натягу, на основі результатів порівняння вибирають такий теоретично розрахований безрозмірний контур обертової краплі, який відповідає експериментальному безрозмірному контуру, визначають довжину вибраного теоретично розрахованого безрозмірного контуру обертової краплі, а міжфазний натяг розраховують за залежністю:

$$\sigma = \Delta\rho\omega^2\left(\frac{z}{z_c}\right)^3, \quad (1)$$

де $\Delta\rho$ - різниця густин досліджуваних фаз, кг/м^3 ; ω - кутова частота обертання капіляра з рідинами, рад/с ; z - розмірна експериментально визначена довжина контуру обертової краплі в капілярі, м ; z_c - безрозмірна довжина теоретично розрахованого контуру обертової краплі.

На Фіг.1 показано загальний вигляд досліджуваних рідин в капілярі в процесі його обертання, де 1 - крапля легшої рідини, 2 - важча рідина, 3 - капіляр.

На Фіг.2 показано загальний вигляд експериментального (позн. "о") та теоретично розрахованого (позн. "х") контурів обертової краплі при їх ідентичності, а

на Фіг.3 показано загальний вигляд контурів крапель коли їх контури є неідентичними.

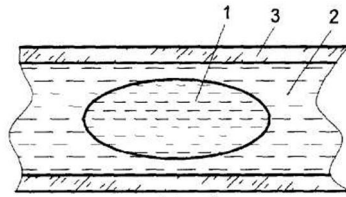
Спосіб здійснюється наступним чином. Розраховують безрозмірні координати точок теоретичних контурів шляхом числового розв'язку диференційного рівняння, що описує контур обертової краплі в безрозмірній формі, задаючись безрозмірною кривизною K_0 в омбілічній точці в діапазоні від 1,889 до 2,1 з певним кроком:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\varphi}{dl_c} &= K_0 - \frac{\sin\varphi}{x_c} + \frac{x_c^2}{2}, \\ \frac{dx_c}{dl_c} &= \cos\varphi, \\ \frac{dz_c}{dl_c} &= \sin\varphi, \end{aligned} \right\}$$

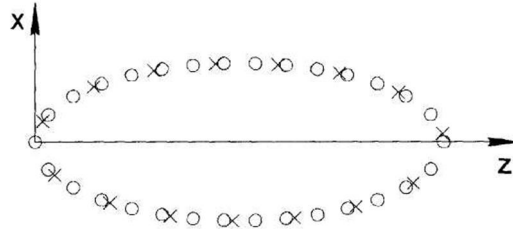
де x_c, z_c - безрозмірні координати точок теоретичного контуру обертової краплі; φ - кут між віссю обертання капіляра та нормаллю, проведеною до контуру обертової краплі в точку з координатами x_c, z_c ; l_c - безрозмірна довжина дуги контуру обертової краплі.

В капіляр з важчою рідиною вводять за допомогою шприца краплю легшої рідини. Капіляр приводять в обертання навколо його осі з певною кутовою частотою. Отримують зображення обертової краплі за допомогою цифрової фото- або відеокамери. З зображення контуру обертової краплі визначають координати точок її контуру, визначають довжину обертової краплі. Переводять визначені координати точок в безрозмірну форму шляхом ділення кожної координати точки на довжину краплі. Порівнюють безрозмірні експериментально визначені з зображення координати точок контуру з координатами точок теоретично розрахованих контурів шляхом розрахунку середнього арифметичного значення відхилень координат точок експериментально визначеного контуру обертової краплі в безрозмірній формі і теоретично розрахованими контурами обертової краплі. Вибирають такий теоретично розрахований контур, для якого середнє арифметичне значення відхилень буде найменшим. Визначають довжину вибраного теоретично розрахованого контуру обертової краплі, а міжфазний натяг розраховують за залежністю (1).

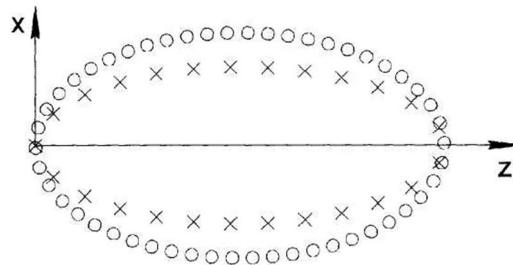
Наприклад, при вимірюванні міжфазного натягу між краплею нафти та водою при кутовій частоті обертання капіляра $\omega=194$ рад/с і різниці густин $\Delta\rho=200$ кг/м^3 описаним методом було отримані наступні дані: довжина обертової краплі $z=0,00815$ м , безрозмірна довжина теоретично розрахованої обертової краплі $z_c=5,025$. Із приведеної залежності (1) отримуємо значення міжфазного натягу 32,3 мН/м .



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3