



УКРАЇНА

(19) UA (11) 39871 (13) U
(51) МПК (2009)
G01N 13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ МІЖФАЗНОГО НАТЯГУ РІДИН МЕТОДОМ ОБЕРТОВОЇ КРАПЛІ

1

(21) u200813364
(22) 19.11.2008
(24) 10.03.2009
(46) 10.03.2009, Бюл.№ 5, 2009 р.
(72) КІСІЛЬ ІГОР СТЕПАНОВИЧ, UA, БІЛИЩУК ВІКТОР БОРИСОВИЧ, UA, БОДНАР РОМАН ТАРАСОВИЧ, UA
(73) ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ, UA
(57) Спосіб визначення міжфазного натягу рідин методом оберткової краплі, що включає формування краплі легшої рідини в горизонтальній трубці із важчою рідиною, закривання трубки пробками з двох кінців, обертання трубки із досліджуваними рідинами навколо її горизонтальної осі із заданою

2

частотою, експериментальне визначення координат всіх точок видимого контуру оберткової краплі, перетворення цих координат в безрозмірну форму, порівняння координат точок видимого контуру з координатами точок теоретично розрахованого контуру, який відрізняється тим, що в трубку вводять додаткову пробку, краплю формують і фіксують на вертикальній поверхні додаткової пробки в трубці, розраховують такий теоретичний контур оберткової краплі, який відповідає видимому контуру оберткової краплі, вимірюють на певній відстані від вершини оберткової краплі радіус видимого контуру і розраховують радіус теоретичного контуру, а міжфазний натяг розраховують за допомогою визначеної залежності.

Корисна модель 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 Tension. - Rev. Sci. Instrum., No 13, 1942, p.6-9], що включає в себе вимірювання видимого діаметру оберткової краплі, визначення коефіцієнта збільшення оптичної системи, куткової швидкості обертання трубки із досліджуваними рідинами, 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 трубки з краплею, що призводить до появи вібрацій в приладі. Порушення гіростатичної рівноваги під час обертання трубки призводить до переміщення краплі легшої рідини вздовж осі обертання, що утруднює спостереження за краплею з метою вимірювання її діаметру.

Відомий також спосіб визначення міжфазного натягу [Заявка №a200800269 від 08.01.2008р., Україна, МПК G01N13/00. Спосіб визначення міжфазного натягу методом оберткової краплі / Біліщук В.Б., Кісіль І.С.], найбільш близький до винаходу по сукупності ознак, що включає формування краплі легшої рідини в горизонтальній трубці з важчою рідиною, обертання трубки з рідинами навколо її горизонтальної осі з певною частотою, вимірювання довжини і діаметру оберткової краплі, визначення координат всіх точок видимого контуру

оберткової краплі, перетворення координат в безрозмірну форму, порівняння координат точок видимого контуру з координатами точок теоретично розрахованого контуру. Однак порушення гіростатичної рівноваги під час обертання трубки також призводить до переміщення краплі легшої рідини вздовж осі обертання, що утруднює спостереження за краплею легшої рідини з метою визначення координат точок видимого контуру і вимірювання довжини краплі.

В основу корисної моделі поставлено задачу розробити спосіб визначення міжфазного натягу рідин методом оберткової краплі, який шляхом фіксації оберткової краплі на поверхні пробки виключить вплив порушення простатичної рівноваги і необхідність збільшення частоти обертання трубки з рідинами, щоб крапля легшої рідини була в 4 рази довша за її діаметр.

Задача вирішується наступним чином. Спосіб визначення міжфазного натягу рідин методом оберткової краплі, що включає формування краплі більш легшої рідини в горизонтальній трубці із більш важчою рідиною, закривання трубки пробками з двох кінців, обертання трубки із досліджуваними рідинами навколо її горизонтальної осі із заданою частотою, експериментальне визначення координат всіх точок видимого контуру оберткової краплі, перетворення цих координат в безрозмірну форму, порівняння координат точок видимого контуру з координатами точок теоретично розрахованого контуру, який згідно з винаходом відрізняється тим, що краплю формують і фіксують на

(13) U

(11) 39871

(19) UA

вертикальній поверхні додаткової пробки в трубці, розраховують такий теоретичний контур обертової краплі, який відповідає видимому контуру обертової краплі, вимірюють на певній відстані від вершини обертової краплі радіус видимого контуру і розраховують радіус теоретичного контуру, а міжфазний натяг розраховують за допомогою визначеної залежності.

Формування краплі легшої рідини на поверхні пробки в трубці дозволяє краплю зафіксувати на поверхні пробки, що унеможливує переміщення краплі вздовж осі обертання трубки.

На Фіг.1 показано загальний вигляд фіксованої краплі легшої рідини на поверхні пробки в трубці в процесі обертання. На Фіг.2 - загальний вигляд контуру фіксованої обертової краплі: колами показано точки контуру обертової краплі, координати яких визначають. На Фіг.3 - загальний вигляд пристрою для визначення міжфазного натягу рідин. На Фіг.4 - загальний вигляд будови скляної трубки з рідинами.

Спосіб здійснюється наступним чином: попередньо визначають різницю густин $\Delta\rho$ рідин 19 і 26 (Фіг.1). Трубку 3 заповнюють важчою рідиною 19. На стінці пробки 17 формують краплю легшої рідини 26. Під дією сил змочування крапля легшої рідини 26 фіксується на стінці пробки 17. Трубку з рідинами приводять в обертання з певною частотою ω . Під дією відцентрових сил важча рідина 19 витісняє краплю 26 до осі обертання трубки 16, в результаті чого крапля 26 набуває витягнутої форми. Форма профілю краплі 26 визначається значеннями міжфазного натягу σ , частоти обертання ω трубки 16, різницею густин рідин $\Delta\rho$. Отримують зображення обертової краплі 26 разом із частиною пробки 17, так щоб було видно поверхню, на якій зафіксована крапля 26.

З зображення обертової краплі визначають координати точок частини видимого контуру обертової краплі (Фіг.2). Для обертової краплі легшої рідини, яка змочує стінку пробки використовують частину видимого контуру обертової краплі, що розміщена між точкою перегину контуру (точка А згідно Фіг.2) і вершиною краплі. Точки цієї частини контуру на Фіг.2 показані колами. Для обертової краплі легшої рідини, яка не змочує стінку пробки використовують частину видимого контуру між точкою, що розміщена на відстані 8/10 частини довжини видимого контуру і вершиною обертової краплі.

Розраховують дійсні радіуси точок контуру краплі з врахуванням оптичного збільшення, яке створює трубка 16 з важчою рідиною 19:

$$x_i = \frac{x_{Bi}}{M},$$

де x_{Bi} - визначений радіус точки контуру краплі з зображення; x_i - дійсне значення радіусу точки контуру краплі; M - значення коефіцієнта оптичного збільшення трубки з рідинами. Для трубок з відношенням зовнішнього до внутрішнього радіусів в діапазоні 2,5÷3,5 і крапель з відношенням радіусів точок контуру до внутрішнього радіусу трубки в діапазоні 0÷0,7 коефіцієнт оптичного збільшення дорівнює коефіцієнту оптичного заломлення важ-

чої рідини 19. Для водних розчинів речовин $M=1,333$.

Вимірюють довжину Z_B і радіус основи R_B (Фіг.2) частини контуру обертової краплі координати точок, якої визначають. Приводять значення координат точок частини контуру до його довжини шляхом ділення кожної координати точки на довжину частини контуру Z_B . Розраховують координати точок теоретичного контуру шляхом числового розв'язку диференційного рівняння, що описує контур обертової краплі, задаючись кривизною K_0 поверхні у вершині краплі в діапазоні від 0,1 до 1,888:

$$\begin{cases} \frac{d\varphi}{dl_c} = K_0 - \frac{\sin\varphi}{x_c} + \frac{x_c^2}{x_c^2}; \\ \frac{dx_c}{dl_c} = \cos\varphi; \\ \frac{dz_c}{dl_c} = \sin\varphi, \end{cases}$$

де x_c , z_c - 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 .

Розраховують довжину теоретично розрахованого контуру обертової краплі, отриманого згідно з розв'язком диференційного рівняння. Приводять значення координат точок розрахованого контуру до довжини розрахованого контуру діленням координат точок розрахованого контуру на його довжину. Порівнюють приведені значення координат точок розрахованого контуру з координатами частини контуру краплі шляхом розрахунку середньоарифметичного значення відстаней приведених координат точок розрахованого контуру до приведених координат точок контуру обертової краплі. Вважають, що розрахований контур відповідає контуру обертової краплі, для якого середньоарифметичного значення відстаней координат точок контурів менше 0,001. В іншому випадку процедуру розрахунку, приведення і порівняння координат точок розрахованого контуру для інших значень кривизни K_0 у вершині краплі ітеративно повторюють поки не отримають такі координати точок розрахованого контуру для яких середньоарифметичного значення відстаней координат точок контурів буде найменшим. Розраховують радіус основи $R_{Без}$ теоретично розрахованого контуру, який відповідає частині контуру обертової краплі. Міжфазний натяг σ розраховують із залежності:

$$\sigma = \Delta\rho\omega^2 \left(\frac{R_B}{R_{Без}M} \right)^3$$

Можлива будова пристрою для реалізації способу зображення на Фіг.3. Пристрій складається з масивної основи 1, на яку змонтовані електричний двигун 2 з давачем обертів 3, освітлювач 4, вузол переміщення 5 з телекамерою 6, вузол підшипника 7, бабка 8 з гвинтом 9. На валу 10 двигуна 2 закріплюють барабан 11 з отворами за допомогою обтискаючої муфти 12.

Електродвигун 2 призначений для приведення в обертання барабана 11. Давач обертів 3 вироб-

ляє прямокутні імпульси напруги, частота яких рівна частоті обертання вала 10 двигуна 2. Освітлювач 4 створює стробоскопічне освітлення рідин всередині скляної трубки через отвори в барабані 11.

Вузол переміщення 5 дозволяє переміщувати телекамеру 6 перпендикулярно осі обертання барабана 11 для фокусування зображення обертової краплі.

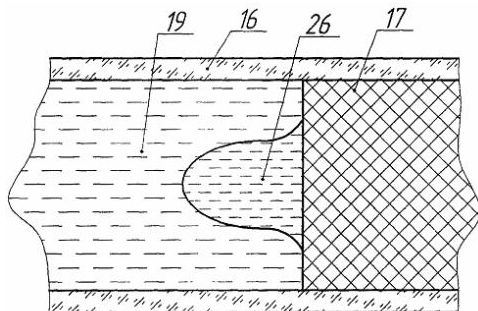
Закручування гвинта 9 призводить до переміщення штока 13 з поршнем всередині скляної трубки. При відкручуванні гвинта 9 шток 13 поршня вивільняється. Бабка 8 закріплюється на основі 1 за допомогою гвинтів 14 і гайок 15. Демонтування бабки 8 дає змогу вийняти скляну трубку з барабана 11.

Електродвигун 2 з давачем обертів 3, освітлювач 4, барабан 11 закривають зверху кришкою 16, яка має отвори для спостереження за краплею всередині скляної трубки і для виведення штоку 13.

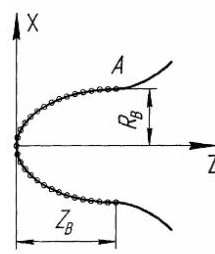
Будову скляної трубки і спосіб її закріплення в барабані 11 показано на Фіг.4. Скляна трубка 16 розділена на дві камери пробкою 17 з отвором. Діаметр отвору, залежно від в'язкості легшої рідини може становити 0,5-1,5мм. З одного боку скляна трубка 16 закривається пробкою 8 з отвором діаметром 0,6мм, який призначений для виведення важчої рідини 19 з камери під час витискання легшої рідини 20 через отвір в пробці 17 за допо-

могою поршня 21. З другого боку скляна трубка 16 герметично закривається поршнем 21 і пробкою 22 з отвором, через який виходить шток 13. Скляна трубка 16 фіксується в барабані 11 за допомогою гвинта 23 з отвором, через який виводять шток 13. Гумові кільця 24 призначені для центрування скляної трубки 16 в барабані 11.

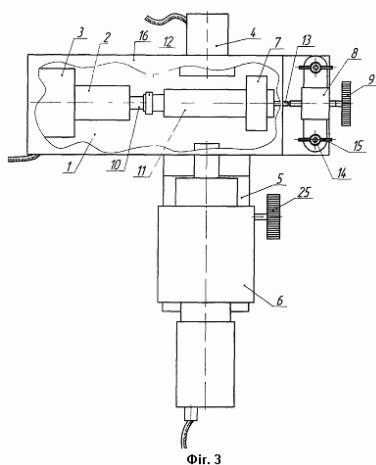
Спочатку заповнюють камеру з легшою рідиною 20 (Фіг.4). В скляну трубку 16 встановлюють поршень 21 з штоком 13. За допомогою поршня 21 витискають повітря з камери з легшою рідиною 20. Після чого встановлюють пробку 22 в скляну трубку 16. Заповнюють камеру важчою рідиною 19 і встановлюють пробку 18. При цьому надлишок важчої рідини повинен вийти через отвір в пробці 18. Встановлюють скляну трубку 16 в барабан 11 і фіксують гвинтом 23. Встановлюють бабку 8 на гвинти 14 і фіксують її гайками 15 (Фіг.3). Закручують гвинт 9 доки він торцем торкнеться до штоку 13. Встановлюють кришку 16. Приводять барабан 11 з скляною трубкою 16 в обертання за допомогою електродвигуна 2. За допомогою ручки 25 вузла переміщення 5 телекамери 6 добиваються чіткого зображення пробки 17 на екрані монітора. Закручуючи гвинт 9, переміщують шток 13 з поршнем 21 поки на стінці пробки 17 утвориться крапля легшої рідини 26. Отримують зображення краплі легшої рідини 26 на стінці пробки 17 за допомогою телекамери 6 і визначають міжфазний натяг наведеним вище способом.



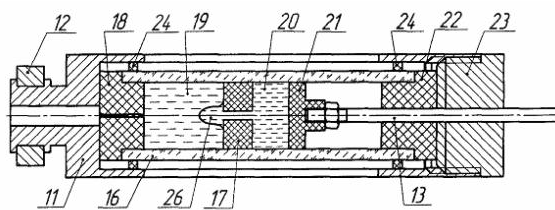
Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4