

Виконані нами розрахунки та проведені експериментальні дослідження показали, що розглянута методика дозволяє (у випадку застосування під час калібрування ВТ з номінальними місткостями від 50 до 1000 мл стандартних взірцевих ваг для зважування дистильованої води і стандартних термометрів з ціною поділки $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ для вимірювання температури води) звести межу похибки Θ_V визначення місткості ВТ залежно від значень місткості і їх виконання (співвідношення геометричних розмірів) до значень від 0,04 до 0,09 %.

Отже, розглянута методика дає змогу досягнути високої точності визначення місткості ВТ, що забезпечує підвищення точності вимірювання малих і мікровитрат газів за допомогою плівкових витратомірів, до складу яких входять такі ВТ, а також підвищення точності взірцевого витратомірного устаткування, створюваного на базі плівкового методу вимірювання. Дану методику застосовують під час виготовлення таких пристроїв та їх метрологічної атестації чи перевірки.

1. ГОСТ 8.269-77. ГСИ. Бюретки измерительные стеклянные для химических неавтоматических газоанализаторов. Методы и средства поверки. Переиздат. Ноябрь. 1977. 2. ГОСТ 8.100-73. ГСИ. Меры вместимости стеклянные образцовые. Методы и средства поверки. Переиздат. Декабрь. 1973. 3. Пат. 23852 А Україна. Спосіб визначення місткості вимірювальної трубки плівкового витратоміра / Є.П.Пістун, І.Д.Стасюк. Открытия. Изобрет. 1998. № 4.

УДК 543.271: 681.12

РОБОЧА РІДИНА ПЛІВКОВОГО ВИТРАТОМІРА

© Теплюх З.М., Парнега О.З., 1999

ДУ "Львівська політехніка", кафедра "Автоматизація теплових та хімічних процесів"

This article contains the results of investigations and review of filmformer compositions for film flowmeters.

Для вимірювання мікровитрат газів у лабораторній практиці використовують в основному плівкові витратоміри. При цьому як робочу рідину для утворення плівки часто застосовують водні розчини мила (шампуню) [1,2,3]. Проте, як показують дослідження [4], використання такої робочої рідини часто призводить до недопустимо великих похибок вимірювання. Так, лише за рахунок випаровування води витрата досліджуваного газу може бути завищена на декілька відсотків. Це пов'язано з тим, що досліджуваний газ контактує з великою поверхнею робочої рідини (приблизно до $0,1\text{ м}^2$), а саме – з дзеркалом рідини в резервуарі, змоченими стінками вимірювальної бюретки і нижньою поверхнею рухомої плівки. При атмосферному тиску і температурі газу $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ насичення газу паром води до відносної вологості $\varphi = 65\%$ призводить до збільшення його об'єму на 2 %, а зволоження до повного насичення ($\varphi = 100\%$) – на 3,3 %. Для зменшення впливу вказаного чинника як розчинники поверхнево-активної речовини (ПАР) слід використовувати рідини з вищою температурою кипіння, ніж у

води. Так, наприклад, для етиленгліколю, температура кипіння якого $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиск насиченої пари якого при кімнатній температурі не перевищує 100 Па , навіть при повному насиченні газу парою етиленгліколю збільшення об'єму цього газу при температурі $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ і атмосферному тиску не перевищує $0,1\%$ [4].

Іншим недоліком водних розчинів мила є лужні властивості більшості з них. Вони погіршують стійкість плівок в середовищі кислих газів, а також можуть зменшувати об'єм газу під плівкою за рахунок реакції газу з рідиною. У зв'язку з цим для побудови універсального плівкового витратоміра доцільно використовувати рідини з нейтральними властивостями.

Аналіз похибок плівкових витратомірів [2] показує також, що похибка значною мірою залежить від таких властивостей плівкоутворюючої рідини, як хімічна інертність, змочуваність поверхні, газопроникність тощо. При цьому слід зауважити, що ці явища стосовно плівкового витратоміра на сьогодні є недостатньо досліджені.

Важливо також, щоб властивості робочої рідини протягом тривалого часу не змінювались [5]. Досліджено, що механічні властивості водного розчину мила, наприклад в'язкість, змінюються з часом. Збільшення в'язкості розчину призводить до зростання товщини шару плівкоутворюючої рідини на внутрішній поверхні вимірювальної трубки.

З метою підвищення метрологічних характеристик плівкових витратомірів були розроблені також інші рідини для утворення плівки. Нижче виконаний огляд деяких пропонованих складів плівкоутворюючих рідин.

У роботі [4] запропоновано плівкоутворюючу рідину, що містить етиленгліколь і поверхнево-активну речовину – синтанол ДС-10 при співвідношенні 4:1 (за об'ємом). Плівки, утворені з даної рідини, при малих витратах газу (до 10 л/год) і невеликому діаметрі вимірювальної трубки (до 15 мм) достатньо стійкі. Використання даного розчину дає можливість зменшити похибку плівкового витратоміра до $0,5\%$. Проте при збільшенні витрати газу робота витратоміра недостатньо надійна внаслідок втрати стійкості плівок.

Для підвищення стійкості плівок, утворених з цієї робочої рідини, нами було досліджено можливість використання високомолекулярних додатків, таких як полівінілпірролідон, полівініловий спирт, поліакриламід та інші. Критеріями оптимальності при цьому були: максимальна життєздатність, мінімальна дифузія газу через плівку, оптимальне поєднання значень поверхневого натягу, в'язкості та крайового кута змочування. У результаті виконаних досліджень встановлено, що найкраще критеріям оптимальності відповідає розчин, до складу якого входить як додаток поліакриламід. Життєздатність плівок, утворених з даного розчину, зростає приблизно втричі. Рекомендована концентрація поліакриламиду в розчині – $1...10\%$.

Для зменшення похибки вимірювання витрати газу, що виникає внаслідок насичення газу парою рідини у вимірювальній трубці, запропоновано також робочу рідину [5], що містить формамід і неіоногенну поверхнево-активну речовину ОП-7 або ОП-10 при наступному співвідношенні компонентів: ОП-7 (або ОП-10) – $1...5\%$; формамід – $95...99\%$. Тиск насиченої пари формаміду при температурі $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ у 200 разів менший,

ніж тиск насиченої пари води, що дозволяє в багатьох випадках знехтувати поправкою на зміну витрати газу за рахунок випаровування плівкоутворюючої рідини при вимірюванні витрати газу. При вимірюваннях плівка з даної рідини стійка у вимірювальних трубках діаметром до 20 мм і дозволяє вимірювати витрату до 30 л/год, що відповідає лінійним швидкостям руху плівки до 10 см/с у вимірювальних трубках діаметром 10 мм. Автори даної розробки стверджують про переваги запропонованої рідини над водним розчином мила, проте ніяких результатів досліджень у доступних нам матеріалах не виявлено.

Близькими до плівкоутворюючих рідин за своїми властивостями є рідини для піноутворення [6]. У зв'язку з цим доцільно дослідити можливість використання компонентів піноутворювачів для складання робочої рідини плівкових витратомірів, враховуючи, що піноутворювачі більш відомі.

Відомий склад піноутворювача, що містить етиленгліколь, поверхнево-активну речовину і воду [7]. Даний склад можна використовувати при низьких температурах, однак стійкість плівок невисока.

Японські вчені розробили піноутворювач, до складу якого входять декстрин, желатина, поверхнево-активна речовина, регулятор рН середовища і вода [8]. Замінником декстрину в даному складі може бути водорозчинний високомолекулярний полімер, наприклад, карбоксиметил целюлоза. Бульбашки, що утворюються з даного розчину, стійкі і зберігаються протягом тривалого часу. Недоліком розчину є те, що при низьких температурах (3...10 °С), а також при тривалому зберіганні проходить желатинізація розчину і перед застосуванням його необхідно додатково нагрівати. Для збільшення терміну дії розчину, запропоновано додавати до його складу або гліколь, або гліцерин, або суміш гліцерину з низькомолекулярним спиртом у співвідношенні 2...3:1 [9]. Розчин такого складу має високу стабільність і може використовуватись при температурі від -15 до +35 °С.

У роботі [10] запропоновано замість декстрину в розчині використовувати полівініловий спирт із вмістом ацетатних груп 10...30 %. Такий піноутворювач є не токсичний, його можна використовувати при роботі як з нейтральними газами, так і з хімічно активними, наприклад, аміаком, вуглекислим газом, оксидом азоту.

Відомий також склад розчину, що містить піноутворювач і органічний розчинник – гліцерин [11]. Як піноутворювач використовується мильний порошок "Нега". Недолік такого складу полягає у всиханні і розшаруванні розчину через низьку розчинність порошку в гліцерині. В іншому варіанті запропоновано склад розчину, який, крім піноутворювача і гліцерину, додатково містить полівініловий спирт [12]. Як піноутворювач використовується триетаноламінова сіль алкилсульфату. Досліджено, що триетаноламінова сіль алкилсульфату в присутності полівінілового спирту має високу розчинність в гліцерині, що виключає розшарування розчину. Внаслідок цього підвищується стабільність розчину, виключається можливість утворення твердих частинок в ньому. Введення полівінілового спирту в розчин збільшує живучість завдяки високим плівкоутворюючим і стабілізуючим властивостям полівінілового спирту. Плівка зберігає еластичність як при низьких, так і високих температурах.

Запропоновано також розчини [12], що містять триетаноламінову сіль алкилсульфату (10...14 %), полівініловий спирт (1...3 %) і гліцерин. Ці розчини дають великі життєздатність і діаметр бульбашки. Зменшення вмісту триетаноламінової солі алкилсульфату і полівінілового спирту в розчині, оскільки і їх збільшення зумовлює зменшення життєздатності та діаметра бульбашки через зниження її стійкості та стабільності.

Як випливає з наведеного огляду, для розроблення якісних плівкових витратомірів потрібні подальші дослідження плівкоутворюючих рідин, які б могли дати рецептуру з врахуванням таких властивостей, як життєздатність, токсичність, гігроскопічність, агресивність, антикорозійні властивості, хімічна інертність, газопроникність. Для знаходження оптимального складу необхідно аналізувати, зокрема, такі фізико-хімічні параметри плівкоутворюючої рідини, як крайовий кут змочування, в'язкість, поверхневий натяг, температура кипіння.

1. Френкель Б.А. Измерение расхода жидкостей и газов в малотоннажных производствах и на экспериментальных установках. М., 1989. 2. Белошицкий А.П., Лапина Г.В., Симулик М.Д. Анализ погрешности "пузырькового" метода измерения малых расходов газа // Измерительная техника. 1983. № 9. 3. Френкель Б.А. Измерение малых и микрорасходов продуктов нефтехимических производств. М., 1973. 4. Пистун Е.П., Теплюх З.Н., Стасюк И.Д. Определение расходных характеристик дроссельных элементов // Автоматизация и контрольно-измерительные приборы в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. М., 1982. 5. Березкин В.Г. и др. Способ уменьшения погрешности измерения расхода газа // Журнал аналит. химии. 1986. Вып. 4. 6. Кругляков П.М., Ексерова Д.Р. Пена и пенные пленки. М., 1990. 7. А.с. 268713 СССР. Состав для контроля герметичности систем / Кузнецов и др., кл. G 01 M 3/20. 1970. 8. Патент Японии, 45-1871, кл.113 A-2, 1970. 9. А.с.N 602803 СССР. Состав для контроля герметичности систем, опрессованных газом / Николаев А.Ф., Бондаренко В.М., кл. G 01 M 3/20. 1975. 10. А.с. 646210 СССР. Состав для контроля герметичности систем / Николаев А.Ф., Бондаренко В.М., кл. G 01 M 3/20. 1975. 11. А.с. 258678 СССР. Пенный индикатор для контроля герметичности / Касаев К.С., кл. G 01 M 3/20. 1968. 12. А.с. 1132163 СССР. Пенный индикатор для контроля герметичности / Шорин А.А., кл. M 3/12. 1983.

УДК 543.082.621.317.33

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ

© Зорій В.І., Пуцило А.В., Якимець В.Т., 1999

ДУ "Львівська політехніка", кафедра "Інформаційно-вимірювальна техніка"

The scheme of an automatic correction of influence of not informative parameters are reviewed at construction of means of measurement of damp of free-flowing materials with the help of the introducing of padding channels of a signal processing of capacity converters.