

9. Эльберт А.А. Химическая технология древесностружечных плит. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 224 с.

10. Кондратьев В.П., Доронин Ю.Г. Водостойкие клеи в деревообработке. – М.: Лесн. промышленность, 1988. – 206.

11. Волинский В.Н. Технология стружечных и волокнистых древесных плит: Учебн. пособ. для ВУЗов специальности 2602 "Технология деревообработки". – Таллин: Дезидерата, 2004. – 192 с.

УДК 541.12.035:681.12 Аспір. О.З. Парнета¹ – НУ "Львівська політехніка"

ПЛІВКОУТВОРЮВАЛЬНА РІДИНА ДЛЯ МІКРОВИТРАТОМІРІВ ГАЗІВ

Досліджено вплив вмісту синтанолу та поліакриламід у плівкоутворювальном розчині на якість плівок у плівковому витратомірі.

Post-graduate O.Z. Parneta – NU "L'vivs'ka Politekhnika"

Filmformer liquid for gas microflowmeters

This article contains information on influence of the polymer's concentration in filmformer solution for quality of the films in flowmeter.

Вступ. Проблеми вимірювання малих і мікровитрат (зокрема підвищення точності та розширення діапазону вимірювання) залишаються актуальними як у сучасних технологіях, так і в експериментальних дослідженнях [1, 2]. Найпоширенішим приладом для вимірювання малих і мікровитрат газів, особливо в лабораторних умовах, є плівковий витратомір [1]. Це зумовлене, насамперед, можливістю його спрощеного виконання – у вигляді послідовно з'єднаних скляної мірної трубки, трійника і гумового балона з мильним розчином [1, 2]. Плівкоутворювальна рідина складається щонайменше з основи (розчинника) і поверхнево-активної речовини (ПАР), окрім яких можуть бути у малих кількостях інші добавки для поліпшення властивостей плівкоутворювача (зміцнювач, антиспінувач тощо). Необхідно зазначити, що властивості плівкоутворювальної рідини істотно впливають на діапазон вимірювання плівкового витратоміра, а також на його експлуатаційні та метрологічні характеристики.

Аналіз наявних досліджень. З літературних і патентних джерел видно, що для плівкових витратомірів як плівкоутворювальну рідину переважно використовують водні розчини поверхнево-активних речовин (ПАР) [1-10]. Основними недоліками таких розчинів є низька стабільність плівки, значна проникність газів через неї та значна розчинність більшості газів у воді з утворенням побічних продуктів, що призводить до збільшення похибки вимірювання витрати. Як розчинник поверхнево-активних речовин використовують також висококиплячі рідини, такі як формаід, етиленгліколь, гліцерин [11-14], що дає змогу збільшити точність вимірювання за рахунок зменшення складової похибки, яка виникає внаслідок випаровування розчинника і насичення його парою досліджуваного газу (при $t = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ тиск насиченої пари во-

¹ Наук. керівник: доц. З.М. Теплюх, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

ди становить $P = 20$ мм рт. ст., а етиленгліколю – $P = 0.2$ мм рт. ст.). Окрім цього, вказані рідини хімічно інертні, мають меншу розчинність газів, що також сприяє підвищенню точності вимірювання.

Традиційно як ПАР застосовують побутові мийні засоби, серед недоліків яких, насамперед, необхідно відзначити старіння плівкоутворювальної рідини [14], значну товщину шару плівкоутворювача на внутрішніх стінках мірної трубки, недостатню життєздатність рухомих плівок, лужні властивості. Такі властивості побутових мийних засобів призводять до істотного звуження діапазону вимірювань і появи додаткових похибок вимірювання, що в окремих випадках сумарно можуть становити до 4 % [14]. Тому для посилення поверхнової активності розчинника рекомендують застосовувати оксиетілові вищі жирні спирти (наприклад, синтанол ДС-10 [13]) або нейоногенну речовину ОП-7 (ОП-10) [14], для яких невластиві вищевказані недоліки.

Для підвищення міцності та життєздатності плівок перспективним є застосування як додатку високомолекулярних сполук, таких як поліакриламід, полівініловий спирт тощо [15]. Застосування зміцнювачів дає змогу істотно підвищувати верхню границю вимірювань.

Постановка задачі

Основні вимоги до плівкоутворювальної рідини можна сформулювати так:

- здатність утворювати міцні рухомі плівки значних розмірів (наприклад, для мірної трубки з діаметром до 10 см) із тривалістю життя у мірній трубці не менше 15 хв.;
- добрі змочувальні властивості поверхні скляної мірної трубки;
- всі компоненти плівкоутворювальної рідини повинні мати тиск насиченої пари принаймні на два порядки менший, ніж у води;
- незмінність властивостей з часом;
- хімічна інертність та нетоксичність;
- практично не розчиняти в собі газів і мати малі коефіцієнти дифузії газів;
- негігроскопічність;
- відповідні до вибраних джерела світла і фіксатора плівки оптичні властивості;
- не створювати піни, не залишати слідів на внутрішній поверхні мірної трубки.

Як видно з переліку, комплекс вимог є унікальним, вони надзвичайно різноманітні та жорсткі. В той же час нехтування вказаними вимогами може призвести до непрацездатності приладу (наприклад, внаслідок нежиттєздатності плівок або несприймання фіксатором плівки), до звуження діапазону вимірювань або до недопустимого зростання похибки вимірювання внаслідок зміни дози газу. Створення плівкоутворювальної рідини, яка б максимально задовільняла всі вищеперелічені вимоги для будь-якого газу, потребує додаткових досліджень. Тому метою цієї роботи є дослідження оптимального складу плівкоутворювача з такими властивостями.

У роботі [13] запропоновано плівкоутворювальну рідину, що містить етиленгліколь і синтанол при співвідношенні 4:1 (за об'ємом). Етиленгліколь – це двохатомний аліфатичний спирт, оліїста безбарвна рідина без запаху, температура кипіння якої $197,6^{\circ}\text{C}$ [16]. Як поверхнево-активну речовину використано синтанол ДС-10, що належить до оксиетілованих вищих жирних спиртів [17]. Щоб розчинити синтанол ДС-10 в етиленгліколі, розчин необхідно нагрівати до температури $50\ldots 60^{\circ}\text{C}$ і перемішувати.

Плівки, утворені з даного розчину, при малих витратах газу (до 10 л/год.) і невеликому діаметрі вимірювальної бюретки (до 15 мм) достатньо стійкі. Проте при збільшенні витрати газу робота витратоміра недостатньо надійна внаслідок втрати стійкості плівок. Додаткові дослідження показали, що максимальна міцність плівок мала місце при інших концентраціях синтанолу в етиленгліколі. Такі дослідження були виконані з допомогою скляних кілець, діаметр яких становив $d = 50$ мм. Кільце занурювали в посудину з плівкоутворювальним розчином, при підніманні кільця з розчину утворювалась плівка. Вимірювали час існування плівок. Кількість вимірювань для кожної концентрації $n = 18$. Відкинувши грубі промахи, знаходили середнє значення часу існування плівок і визначали оцінку середнього квадратичного відхилення результатів вимірювання [18]. При цьому проводили перевірку гіпотези нормальності розподілу результатів вимірювань. Через те, що кількість вимірювань n знаходилась у межах 15-50, перевірку гіпотези нормальності розподілу проводили з допомогою складового критерію [18]. У табл. 1 наведено результати вимірювань.

Табл. Залежність часу існування τ плівок від концентрації r_{ce} синтанолу в етиленгліколі

$r_{ce}, \%$	$\tau, \text{хв.}$	$r_{ce}, \%$	$\tau, \text{хв.}$	$r_{ce}, \%$	$\tau, \text{хв.}$
10	25,9	17	123,4	26	35,9
12	45,6	18	85,0	28	29,7
14	54,4	20	67,2	30	26,6
15	90,9	22	64,4		
16	101,6	24	54,4		

Як видно з таблиці, максимальний час існування плівки спостерігається при концентрації синтанолу в етиленгліколі $r_{ce} = 17 \%$. З метою збільшення стійкості плівок до даного розчину додали полімер – порошкоподібний поліакриламід (ПАА) і дослідили його вплив на час існування плівок у плівковому витратомірі. В табл. 2 наведено результати вимірювань.

Табл. 2. Залежність часу існування τ плівок від концентрації ПАА $r_{ПАА}$ в розчині -етиленгліколь + синтанол, 17 %

$r_{ПАА}, \%$	$\tau, \text{хв.}$	$r_{ПАА}, \%$	$\tau, \text{хв.}$
0,05	140,9	0,125	52
0,075	175,6	0,15	37,2
0,1	190,0		

Як видно з таблиці, максимальний час існування плівки спостерігається при концентрації ПАА в розчині $r_{ПАА} = 0,1 \%$. При збільшенні концентрації полімера життєздатність плівок різко зменшується.

Важливо відзначити, що процес розчинення ПАА в рідинах проходить протягом тривалого часу [19]. Початковою стадією розчинення є набухання, причина якого полягає у відмінності властивостей двох компонентів – високомолекулярної сполуки (полімера) і низькомолекулярної сполуки (розчинника). Взаємодія компонентів призводить до поступового їх перемішування і розмивання межі розділу фаз. Перехід макромолекул полімера у фазу розчин-

ника відбувається дуже повільно. Полімер набухає не в будь-якому, а тільки в тому розчиннику, з яким він взаємодіє. Ця взаємодія пов'язана з полярністю: полярні полімери набухають в полярних розчинниках. Тому при розчиненні ПАА в етиленгліколі, необхідно залишити розчин на 24 год. для набухання, після чого нагрівати до температури 60 ... 70 °С.

Висновок. Для використання у плівковому витратомірі рекомендовано плівкоутворювальний розчин, склад якого – етиленгліколь + синтанол (17 %) + ПАА (0,1 %). Плівки, утворені з даного розчину, придатні для використання у плівковому витратомірі при витраті до 120 л/год. (діаметр вимірювальної бюретки $d = 50$ мм). Важливо, що кривизна плівок, утворених з даного розчину, є малою.

Література

1. **Кремлевский П.П.** Расходомеры и счетчики количества. – 4-е изд. – Л.: Машиностроение, Ленинград. отделение, 1989. – 436 с.
2. **Френкель Б.А.** Измерение расхода жидкостей и газов в малотоннажных производствах и на экспериментальных установках. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1989. – 226 с.
3. **Мюллер Г., Гнаук Г.** Газы высокой чистоты. – М.: Мир, 1968. – 166 с.
4. **Френкель Б.А.** Измерение малых и микрорасходов продуктов нефтехимических производств. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1973. – 324 с.
5. **Пинкава Я.** Лабораторная техника непрерывных процессов. – М.: Изд-во иностр. лит., 1961. – 266 с.
6. **Шмулевич Э.А., Большаков Д.А., Чехов Е.Е.** Прибор для измерения объемных скоростей газового потока при атмосферном и пониженном давлениях// ЖФХ, 1973, т. 47, № 1. – С. 264-265.
7. **Белошицкий А.П., Ланина Г.В., Симулик М.Д.** Анализ погрешности "пузырькового" метода измерения малых расходов газа// Измерительная техника. – 1983, № 9. – С. 34-37.
8. **Пат. 4.691.577 США, G 01 F 1/708.** Soap film gas flowmeter/ Hill S. Lalin (США), № 837,847; Заявл. 10.03.86; Оpubл. 08.09.87. – 11 с.
9. **Пат. 2 092 742 А Великобританії, G 01 P 5/18.** Bubble flowmeter/ Peter Small (Великобританія), № 8104006; Заявл. 10.02.81; Оpubл. 18.08.82. – 5 с.
10. **Пат. 4.879.907 США, G 01 F 1/708.** Soap film flowmeter/ Dwight Patterson (США). – 14.577; Заявл. 13.02.87; Оpubл. 14.11.89. – 7 с.
11. **Теплюх З.М., Парнета О.З.** Робоча рідина плівкового витратоміра// Вісник ДУ "Львівська політехніка" "Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація". – 1999, № 378. – С. 73-76.
12. **А.С. 982439 СССР, G 01 F 15/00.** Рабочая жидкость для пленочного расходомера/ В.Г. Березкин (СССР), № 3291329/18-10; Оpubл. 28.04.81. – 4 с.
13. **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.: ЦНИИТЭнефтехим, 1982. – С. 56-62.
14. **Березкин В.Г. и др.** Способ уменьшения погрешности измерения расхода газа// Журнал аналит. химии. – 1986, вып. 4. – С. 24-31.
15. **Теплюх З.М., Парнета О.З.** Вплив високомолекулярних домішок на якість плівок у мікровитратомірах// Вісник НУ "Львівська політехніка": Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація. – 2000, № 404. – С. 103-105.
16. **Гончаров А.И., Корнилов М.Ю.** Справочник по химии. – К.: Вища шк., 1974. – 324 с.
17. **Поверхностно-активные вещества:** Справочник/ Под ред. А.А. Абрамзона и Г.М. Гаевого. – Л.: Химия, 1979. – 368 с.
18. **ГОСТ 8.207-76.** Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 256 с.
19. **Савицкая М.Н., Холодова Ю.Д.** Полиакриламид. – К.: Техніка, 1969. – 422 с.