

ТЕОРІЯ І ТЕХНІКА ВИМІРЮВАНЬ

УДК 543.271:681.12

Теплюх З., Парнета О.

ДУ «Львівська політехніка», кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

ВПЛИВ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ ДОМІШОК НА ЯКІСТЬ ПЛІВОК У МІКРОВИТРАТОМІРАХ

© Теплюх З., Парнета О., 2000

This article contains information on influence of different polymers for time lifes of films in film flowmeter.

Для плівкових витратомірів як плівкоутворюючу рідину переважно використовують водні розчини поверхнево-активних речовин (ПАР) [1-10]. Основними недоліками таких плівкоутворюючих рідин є погана якість плівки, високий тиск насиченої пари розчинника та значна розчинність більшості газів у воді з утворенням побічних продуктів, що призводить до істотного збільшення похибки вимірювання витрати. У зв'язку з тим запропоновано як розчинник поверхнево-активних речовин використовувати висококиплячі рідини [11,12], такі як формамід, етиленгліколь, гліцерин, що дає змогу збільшити точність вимірювання за рахунок зменшення складової похибки, яка виникає внаслідок випаровування розчинника і насичення його паром досліджуваного газу (при $t = 22$ °С тиск насиченої пари води становить $P = 20$ мм рт.ст., а етиленгліколю - $P = 0,2$ мм. рт.ст.). Проте такі розчини забезпечують достатню тривалість існування плівок лише при малих витратах газу (до 10 л/год) і невеликому діаметрі вимірювальної трубки (до 15 мм). При зростанні витрати газу робота витратоміра недостатньо надійна внаслідок руйнування плівок. Авторами досліджена можливість збільшення тривалості існування плівок введенням стабілізаторів у плівкоутворюючу рідину, зокрема високомолекулярних домішок (полімерів), таких як полівінілпірролідон (ПВП), полівініловий спирт (ПВС), поліакриламід (ПАА) та інші.

ПВП – високомолекулярна сполука, здатна розчинятися у воді і більшості органічних розчинників, таких як гліцерин, етиленгліколь, триетанол, диметилформамід та інші [13]. Важливими особливостями ПВП є широкий діапазон розчинності та відсутність токсичності. При концентрації ПВП у розчині більше ніж 20 % розчинність полімера обмежена. Недолік ПВП – гігроскопічність, у звичайних умовах полімер містить 5...6 % вологи.

ПВС – синтетичний полімер, розчиняється у воді при нагріванні до 65...70°С [14]. Крім води, розчинниками ПВС можуть бути аліфатичні гліколі, гліцерин, диметилформамід, фенол, диметилсульфоксид. Не розчиняється ПВС в низькомолекулярних одноатомних спиртах.

Слід відзначити, що ПВС має добрі плівкоутворюючі властивості. Плівки, утворені з ПВС, характеризуються високою газонепроникністю, що пояснюється наявністю водневих зв'язків між кільцями сусідніх макромолекул. ПВС – нетоксичний.

ПАА – полімер, що розчиняється у воді, а також у таких органічних розчинниках, як етиленгліколь, гліцерин, пропіленгліколь та інші [15]. До розчинів ПАА у визначених концентраціях можна додавати інші компоненти. Добре сумісні з ПАА розчини поверхнево-активних речовин. Наявність у структурі ПАА атомів азоту сприяє утворенню стійких плівок. Недолік ПАА – гігроскопічність.

Важливою характеристикою, що визначає придатність розчину для використання у плівковому витратомірі, є тривалість існування плівок. У процесі дослідження як основу використовували плівкоутворюючу рідину, що містить етиленгліколь і поверхнево-активну речовину - синтанол ДС-10 при співвідношенні 4:1 (за об'ємом). До цього розчину додавали полімери – ПВП, ПВС і ПАА. Щоб розчинити синтанол ДС-10 в етиленгліколі, розчин необхідно нагрівати до температури 50...60 °С і перемішувати. Плівки утворювали з різних плівкоутворюючих рідин за допомогою скляних кілець, діаметр яких становив 14 мм. Кільце занурювалось у плівкоутворюючу рідину, при вийманні його з розчину утворювалась плівка. Для точнішого визначення тривалості існування плівок використовували 12 однакових кілець ($n = 12$). Щоб уникнути впливів навколишнього середовища, скляні кільця з утвореними на них плівками необхідно помістити під прозорим скляним ковпаком. Отримавши 12 значень часу і виключивши найбільше і найменше з них (грубі промахи), знаходили середнє значення. Результати вимірювань відображені у таблиці.

Як показують дослідження, тривалість існування плівок, утворених з розчину синтанолу в етиленгліколі, значно вища, ніж тривалість існування плівок з водного розчину мила.

При додаванні ПВП до плівкоутворюючої рідини тривалість існування плівок зменшується. Тому використання ПВП у розчинах не є доцільним.

Додаючи ПВС до плівкоутворюючої рідини, виявили, що із зростанням концентрації вказаного полімера тривалість існування плівок зростає. Проте використання ПВС є обмеженим через погану розчинність полімера в етиленгліколі у присутності синтанолу, а також через те, що при концентрації ПВС більше від 1 %, спостерігалось утворення дірок у плівці, що сприяло би дифузії досліджуваного газу через плівку і зумовлювало додаткову похибку вимірювання витрати газу.

При використанні гелеподібного ПАА в розчинах досліджено, що тривалість існування плівок із збільшенням вмісту полімерного додатку зростає, але до певної межі, вище якої тривалість існування плівок зменшується. Концентрація ПАА в етиленгліколі з синтанолом – 10 % є критичною, при якій змінюються фізико-хімічні властивості розчину. Тому рекомендується використовувати 3...5 % розчини ПАА в етиленгліколі з синтанолом. Більший вміст ПАА в розчинах не рекомендований через різке зростання їх в'язкості. Синтанол в рекомендованих розчинах є необхідним компонентом, оскільки без нього істотно зменшується тривалість існування плівок.

Залежність тривалості існування плівок від складу плівкоутворюючої рідини

| Склад плівкоутворюючої рідини | Тривалість існування плівки, хв |
|--|---------------------------------|
| Водний розчин мила (5%) | 15,4 |
| Етиленгліколь+синтанол (4:1) | 42,9 |
| Етиленгліколь+синтанол +ПВП (1%) | 15,1 |
| Етиленгліколь+синтанол+ПВП (5%) | 21,9 |
| Етиленгліколь+синтанол+ПВП (10%) | 2,8 |
| Етиленгліколь+синтанол+ПВС (0,5%) | 64,6 |
| Етиленгліколь+ПВС (1%) (без синтанолу) | 42,2 |
| Етиленгліколь+синтанол+ПАА (1%) | 139,5 |
| Етиленгліколь+синтанол+ПАА (3%) | 150,5 |
| Етиленгліколь+синтанол+ПАА (5%) | 153,4 |
| Етиленгліколь+синтанол+ПАА (7%) | 158,3 |
| Етиленгліколь+синтанол+ПАА (10%) | 89,1 |
| Етиленгліколь+ПАА (5%) (без синтанолу) | 95,3 |

Важливо відзначити, що процес розчинення ПАА в етиленгліколі відбувається протягом тривалого часу [15], що пояснюється відмінностями властивостей двох компонентів – високомолекулярної сполуки (полімера) і низькомолекулярної сполуки (розчинника). Тому при розчиненні ПАА в етиленгліколі необхідно залишити розчин на 24 год, після чого нагрівати до температури 60...70 °С. Крім того, необхідно відзначити, що гелеподібний ПАА містить воду, що є недоліком плівкоутворювача. У зв'язку з тим необхідно використовувати порошкоподібний ПАА.

Крім тривалості існування плівок, на процес вимірювання впливають також інші параметри плівкоутворюючого розчину, у зв'язку з чим вимірювали крайовий кут змочування, в'язкість, поверхневий натяг. Змочувальну здатність плівкоутворюючого розчину визначали, вимірюючи крайовий кут змочування краплі на склі за допомогою діапроектора. Поверхневий натяг плівкоутворюючих розчинів визначали за допомогою сталагмометричного методу (методу підрахунку крапель). В'язкість розчинів вимірювали за допомогою капілярного віскозиметра. Проте вплив цих параметрів на похибку вимірювання плівкового витратоміра ще потребує дослідження.

1. Кремлевский П.П. *Расходомеры и счетчики количества.* – 4-е изд. – Л., 1989. 2. Френкель Б.А. *Измерение расхода жидкостей и газов в малотоннажных производствах и на экспериментальных установках.* – М., 1989. 3. Мюллер Г., Гнаук Г. *Газы высокой чистоты.* – М., 1968. 4. Френкель Б.А. *Измерение малых и микрорасходов продуктов нефтехимических производств.* – М., 1973. 5. Пинкава Я. *Лабораторная техника непрерывных процессов.* – М., 1961. 6. Шмулевич Э.А., Большаков Д.А., Чехов Е.Е. *Прибор для измерения объемных скоростей газового потока при атмосферном и пониженном давлении* // *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.* – № 9. – 1983. 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; Опубл. 08.09.87. 9. Пат. 2 092 742 А Великобританії, G 01 P 5/18. *Bubble flowmeter / Peter Small (Великобританія).* - № 8104006; Заявл. 10.02.81; Опубл. 18.08.82. 10. Пат. 4.879.907 США, G 01 F 1/708. *Soap film flowmeter / Dwight Patterson (США).* – № 14.577; Заявл. 13.02.87; Опубл. 14.11.89. 11. Пустун Е.П., Теплох З.Н., Стасюк И.Д. *Определение расходных характеристик дроссельных элементов* // *Автоматизация и контрольно-измерительные приборы в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.* – М., ЦНИИТЭнефтехим, 1982. 12. Березкин В.Г. и др. *Способ уменьшения погрешности измерения расхода газа* // *Журнал аналит. химии.* – Вып. 4. – 1986. 13. Сидельковская Ф.П. *Химия N -винилпирролидона и его полимеров.* – М., 1970. 14. Николаев А.Ф. *Синтетические полимеры и пластические массы на их основе.* – М., 1966. 15. Савицкая М.Н., Холодова Ю.Д. *Полиакриламид.* – К., 1969.