

УДК 661. 28

ВИКОРИСТАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ СТРУМОПРОВІДНИХ ТКАНИН ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВИКИДІВ ПОВІТРЯ ЗАБРУДНЕНОГО ОРГАНІЧНИМИ РОЗЧИННИКАМИ

О.О. Федоренко, В.П. Місяць

Київський національний університет технологій та дизайну

Представлено результати теоретичного і експериментального дослідження процесу десорбції парів розчинників з вуглецево-волоконних адсорбційних фільтрів при їх нагріванні електричним струмом. В результаті досліджень отримано математичну модель процесу десорбції і підтверджено експериментально її адекватність реальним процесам.

Ключові слова: десорбція; вуглецево-волоконні адсорбційні фільтри; використання вуглецевих струмопровідних тканин; очищення викидів повітря, пари вуглеводнів.

У легкій та інших галузях промисловості широко застосовуються різні клейові і лакофарбні матеріали як розчинники в яких використовуються різні легколетючі вуглеводні (бензин, ацетон, етилацетат). В процесі сушки, як правило ці розчинники випаровуються в повітря виробничої зони і системами вентиляції викидаються в атмосферне повітря, забруднюючи довкілля. При цьому в атмосферу поступають сотні тонн пари вуглеводнів, що є з одного боку назавжди втраченими матеріальними цінностями, з іншої – забрудненням атмосфери. Таким чином, викид такого повітря в довкілля не вигідний як економічно, так і з екологічної точки зору.

Постановка завдання

Дослідження процесу сушки клейового кріплення взуття є першочерговим завданням при розробці екологічно чистих систем очищення повітря. У традиційно експлуатованих механічних сушильних системах сушка клею здійснюється в повітряному потоці. Дана схема обробки характеризується тим, що летючі з'єднання клейової композиції відводяться нерівномірно, утворюється поверхнева кірка, що негативно позначається на якості клейового покриття.

Об'єкт та методи дослідження

Перспективним напрямом інтенсифікації процесу сушки є дослідження пристроїв, в яких реалізовано адсорбційний метод очищення [1], що містять та адсорбційні фільтри виготовлені з вуглецево-волоконної тканини, саржевого переплетення з добре розвиненою макро- і мікропористою структурою.

Встановлено, що важливим недоліком в традиційній схемі сушки клейових плівок є викид пари розчинника в навколишнє середовище, що приводить до погіршення екологічної обстановки і забруднення виробничої сфери. Слід констатувати наявність можливості виникнення вогнищ пожеж за рахунок утворення вибухонебезпечного середовища (суміш пари розчинників і повітря). В даний час сформувалася гамма технічних засобів, що забезпечують дотримання екологічних норм технологічної обробки і сушки клейових з'єднань і лакофарбних покриттів. Проте, не дивлячись на очевидні переваги, до теперішнього часу комплексний підхід до розробки єдиної концепції основ теорії, розрахунку і проектування такого роду пристроїв як складових загального екологічно чистого сушильного агрегату не пропрацював. Цим і визначається наукова проблематика дослідження.

Результати дослідження та їх обговорення

Проведена науково-дослідна робота, направлена на розробку технології і установки для уловлювання пари вуглеводнів з вентиляційних викидів. Пропонується адсорбційно-криогенний метод очищення.

Адсорбційний фільтр виготовлений з вуглицево-волоконної тканини «Карбопон» і складається з кількох шарів. Для зменшення аеродинамічного опору тканини збільшується поверхня тканини шляхом зігзагоподібного розташування її в повітропроводі, в експериментальному стенді площа фільтрації в 10 раз перевищує площу поперечного перетину повітропровода. Це співвідношення може бути збільшено по збільшенні довжини фільтра. Зрівнюються з тривалістю процесу абсорбції. При такому рішенні вдається забезпечити безперервність роботи очищувача при двох фільтруючих секціях. При однаковому часі роботи, і регенерації фільтра удається забезпечити безперервність роботи очисника при двох секціях, що фільтрують. Використання три і більш за секції дозволяє забезпечити захоплення часу регенерації два і більше разів відносно часу роботи фільтру.

Математична модель процесу десорбції пари багатокомпонентного розчинника при електроконтактному нагріванні адсорбційного вуглицево-волоконного фільтра. Застосування в якості фільтра електропровідної вуглицево-волоконної тканини дозволяє суттєво спростити процес регенерації фільтра. При регенерації крізь тканину пропускається електричний струм, за рахунок чого збільшується температура тканини і тривалість процесу десорбції, що за часом відповідає тривалості процесу абсорбції. При

такому рішенні вдається забезпечити безперервність роботи очищувача при двох фільтруючих секціях. Розрахункова схема процесу десорбції представлена на рис. 1.

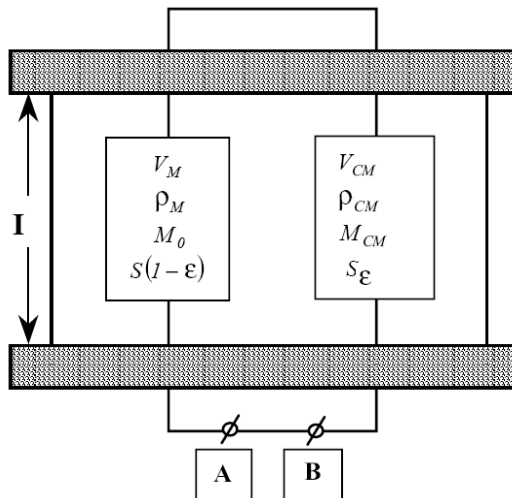


Рис. 1. Схема процесу десорбції

Математичний опис кінетики десорбції пониженням тиску при об'ємному підведенні тепла до струмопровідного адсорбенту засновано на рівнянні теплового балансу:

$$mCdT + m_p C_p dT + rdU = El dt . \quad (1)$$

Перший член лівої частини рівняння характеризує витрату тепла на нагрів насиченого адсорбенту, другий, – витрата тепла на випаровування розчинника. Перша частина рівняння є притокою тепла, визначуваною потужністю джерела.

Величина напруги може бути виражена через питомий опір провідника і його геометричні параметри:

$$I = \frac{E}{R'} ; R' = \rho'_z \frac{l}{S} = \rho'_z \frac{l^2}{V_{\text{вол}}} . \quad (2)$$

Об'єм насиченого адсорбенту можна записати як суму об'ємів абсолютно сухого адсорбенту і поглиненого рідкого розчинника:

$$V_{\text{вол}} = V_M + \sum_{i=1}^n V_{pi} = \frac{M_M}{\rho_M} + \sum_{i=1}^n \frac{M_{pi}}{\rho_{pi}} . \quad (3)$$

В результаті основне рівняння кінетики десорбції пониженням тиску при об'ємному підведенні тепла може бути отримане на підставі рівняння (1) шляхом його ділення на dt і M_M з урахуванням рівнянь (2) і (4):

$$\left(C_m + \sum_{i=1}^n C_{pi} U_i \right) \frac{dT}{d\tau} + \sum_{i=1}^n r_i \frac{dU_i}{d\tau} = E^2 \left(\frac{I}{\rho_m} + \sum_{i=1}^n r_i \frac{U_i}{\rho_{pi}} \right) / \rho'_{zi} I^2. \quad (4)$$

Величину теплоємності C_m вуглецевого фільтру визначимо експериментально.

Оскільки концентрація пари i -го компонента в суміші виражається через загальну концентрацію пари і масову частку i -го компонента рідини $U_i = U m_i$, то:

$$dU_i = dU m_i + U dm_i, \quad (5)$$

Рівняння (4) з урахуванням (5) приймає вигляд:

$$\left(C_m + \sum_{i=1}^n C_{pi} U_i \right) \frac{dT}{d\tau} + \frac{dU}{d\tau} \sum_{i=1}^n r_i m_i + U \sum_{i=1}^n r_i \frac{dm_i}{d\tau} = E^2 \left(\frac{I}{\rho_m} + \sum_{i=1}^n r_i \frac{U_i}{\rho_{pi}} \right) / \rho'_{zi} I^2. \quad (6)$$

Рівняння (6) зв'язує швидкість сушки $dU/d\tau$ і швидкість нагріву адсорбенту $dT/d\tau$. Вирішуючи це рівняння щодо швидкості десорбції, отримаємо:

$$\frac{dU}{d\tau} = \frac{E^2 \left(\frac{I}{\rho_m} + \sum_{i=1}^n r_i \frac{U_i}{\rho_{pi}} \right)}{\rho'_{zi} I^2 \sum_{i=1}^n r_i m_i} - \frac{C_m + \sum_{i=1}^n C_{pi} U_i}{\sum_{i=1}^n r_i m_i} \cdot \frac{dT}{d\tau} - U \cdot \frac{\sum_{i=1}^n r_i \frac{dm_i}{d\tau}}{\sum_{i=1}^n r_i m_i}. \quad (7)$$

Зміна температури парової фази може бути визначена на основі рівняння теплового балансу.

Як вже наголошувалося, об'єм шару насиченого адсорбенту може бути визначений рівнянням (3). При пропусканні через адсорбент електричного струму між електродами А і В, провідник можна розглядати як паралельне з'єднання двох елементів (див. рис. 2).

Тоді загальний опір визначається рівнянням:

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R'_m} + \frac{1}{R'_{cm}}. \quad (8)$$

Приймаючи до уваги рівняння (2), отримаємо:

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{\rho'_m \frac{1}{S(1-\varepsilon)}} + \frac{1}{\rho'_{cm} \frac{1}{S\varepsilon}}. \quad (9)$$

Рівняння (8) з урахуванням рівнянь (2) і (4) після ділення на M_m можна представити у вигляді:

$$\rho'_z = \frac{\rho'_m \cdot \rho'_{cm} \left(\frac{1}{\rho_m} + \sum_{i=0}^n \frac{U_i}{\rho_{pi}} \right)}{V_{\text{вол}} [\rho'_m \varepsilon + \rho'_{cm} (1-\varepsilon)]}. \quad (10)$$

Рівняння (10) описує залежність питомого електричного опору насиченого адсорбенту і його властивостей.

Висновки

Представлені дані підтверджують, що розроблена математична модель задовільно описує перший період десорбції на лабораторній установці. Перевірка адекватності математичної моделі шляхом регулювання режиму десорбції показує, що експериментальні точки укладаються в 95% довірчий інтервал. Розбіжність між експериментальними і розрахунковими значеннями не перевищує 12%.

Результати експериментальної перевірки роботи установки показали, що фільтр з шести шарів тканини при швидкості набігаючого потоку 0,1 м/с мав опір 300Па і протягом 5 хвилин зменшував концентрацію етилацетату в повітрі в 10 разів. Регенерація фільтру при температурі тканини 80° С тривала 4,5 хв.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Адсорбция паров бензола и метил этилкетона при низких концентрациях пористыми углеродными адсорбентами / F. Huag, F. Kang, H. Wu, K. Liang // Китай, 2000 – 316 с.
2. Федоренко О.О. Адсорбційна установка для повітряно-газових сумішей. Патент 39520А України ВОД53/74 / О.О. Федоренко, В.Є. Пісарев, Р.В. Луцик // Київ, 2002. – 5с.
3. Серпионова Е.Н. Промышленная адсорбция газов и паров. / Е.Н. Серпионова // Москва, 1969. – 416 с.
4. Грег С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость / С. Грег, К. Синг, пер. с англ. , 2-е изд. - М.: Мир, 1984. – 306 с.
5. Карнаухов А.П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов. / А.П. Карнаухов // Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. – 470 с.

А.А. Федоренко, В.П. Місяць

Использование углеродных токопроводящих тканей для очистки выбросов воздуха загрязненного органическими растворителями.

Представлены результаты теоретического и экспериментального исследования процесса десорбции паров растворителей с углеродно-волоконных адсорбционных фильтров при их нагревании электрическим током. В результате исследований получена математическая модель процесса десорбции и подтверждено экспериментально ее адекватность реальным процессам.

Ключевые слова: десорбция; углеродно-волоконные адсорбционные фильтры, использования углеродных токопроводящих тканей, очистка выбросов воздуха, пары углеводородов.

A.A. Fedorenko, V.P. Misyats

The use of conductive carbon cloth to clean the polluted air emissions of organic solvents.

The results of theoretical and experimental research of desorption solvent vapor with carbon fiber adsorption filters in their heating or electric shock. Our results obtained mathematical model of desorption and confirmed experimentally its adequacy to real processes.

Keywords: *desorption; carbon fiber adsorption filters, using carbonconductive tissue, cleaning air emission, a pair of hydrocarbons.*