

Швидкість сушіння у першому умовному періоді, яке протікає на поверхні каналів і капілярів, описується рівнянням [5]:

$$-\frac{\partial U}{\partial \tau} = \beta \cdot P_s \cdot S \cdot (1 - \varphi_T). \quad (5)$$

Другий умовний період описується рівнянням:

$$-\frac{\partial U}{\partial \tau} = K \cdot (U - U_p). \quad (6)$$

Позначення: τ – час, с; v_p – швидкість руху рідини в матеріалі, м/с; u – вологовміст матеріалу, $\text{кг}_{\text{вологи}}/\text{кг}_{\text{сух. матеріалу}}$; $0 \leq h \leq H$ – товщина пластини, м; v – швидкість руху сушильного агента, м/с; ρ_0, ρ_T – відносна густина сухого матеріалу і сушильного агента, $\text{кг}/\text{м}^3$; c, c_T – теплоємність матеріалу і сушильного агента, $\text{Дж}/\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}$; D_1 – коефіцієнт поздовжнього перемішування, $\text{м}^2/\text{с}$; S, F – питома поверхня, $\text{м}^2/\text{м}^3$; V_1 – об'єм наскрізних каналів, м^3 ; B – коефіцієнт випаровування, $\text{кг}_{\text{вологи}}/\text{н} \cdot \text{с}$; P_s – тиск насиченої пари, $\text{н}/\text{м}^2$; ε – критерій фазового перетворення; α – коефіцієнт тепловіддачі, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$.

Для розв'язання цієї системи рівнянь вона доповнюється певними початковими і граничними умовами.

Результати експериментальних досліджень використовувалися для перевірки адекватності проведеної математичної моделі, на основі яких створено комплекси програм для ЕОМ.

1. Ханьк Я.Н. Фильтрационная сушка плоских проницаемых материалов: Дис. ... докт. техн. наук. Львов, 1992. 401 с. 2. Атаманюк В.М. Гідродинаміка та масообмін в процесі фільтраційного сушіння хімічного волокна: Дис. ... канд. техн. наук. Львів, 1995. 180 с. 3. Білецька Л.З. Комбіноване фільтраційне сушіння листових капілярно-пористих колоїдних матеріалів: Дис. ... канд. техн. наук. Львів, 1996. 180 с. 4. Дулеба В.П. Фільтраційне сушіння осадженого поліакриламід: Дис. ... канд. техн. наук. Львів, 1997. 175 с. 5. Лыков А.В. Теория сушки. М., 1968.

УДК 661.21

В.Т. Яворський, Н.Й. Чайко, Я.А. Калимон, З.О. Знак
 Національний університет “Львівська політехніка”,
 кафедра хімії і технології неорганічних речовин

ОЧИЩЕННЯ БЕЗКИСНЕВИХ ГАЗІВ ВІД СУЛЬФІДНОЇ СІРКИ

© Яворський В.Т., Чайко Н.Й., Калимон Я.А., Знак З.О., 2000

Наведено основні теоретичні засади та технологічну схему очищення безкисневих газів від сульфідної сірки.

The basic teoretic principles and technological scheme of non-oxygen gases purification from sulphide sulphur by qinhydron are shown in presented publication.

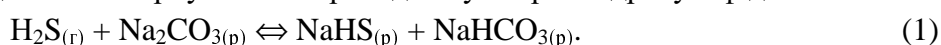
Більшість мінералів, руд, корисних копалин містять певну кількість сірки переважно у сульфатній та сульфідній формах. У результаті промислового перероблення мінеральної та органічної сировини, перебігу природних хімічних та біологічних процесів ця сірка перетворюється у сірководень. Тому в природних технологічних та вентиляційних газах може

міститись велика кількість H_2S . Внаслідок високої його токсичності очищення газів є необхідним і, крім того, успішно вирішивши проблеми їх очищення, можна збільшити виробництво попутної товарної сірки.

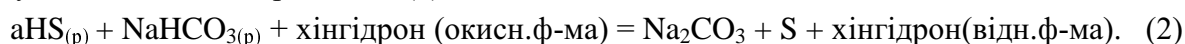
На сьогодні безкисневі гази очищають від сірководню переважно моноетаноламіновим методом і добутий при цьому концентрований сірководень переробляють у сірку методом Клауса. Така технологія очищення газу від сірководню і переробки останнього в сірку є багатостадійною, енергомісткою та незавершеною в екологічному плані.

У результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень нами був запропонований і розроблений новий, хінгідронний метод очищення газів від сірководню з одержанням елементної сірки [1–3]. Суть методу полягає ось у чому.

Сірководеньвмісний газ промивається при звичайній температурі содово-хінгідронним розчином. Сірководень хемосорбується і переходить у натрію гідросульфід



Утворений натрію гідросульфід окислюється до сірки окисною формою хінгідрону. Механізм цього процесу встановлений і вивчений нами: він протікає через утворення проміжних аніон-радикалів семіхінону, які, власне, і окислюють гідросульфід аніони. Цей процес умовно показаний реакцією (2)



Регенерацію поглинального розчину здійснюють повітрям



При цьому відновлена форма хінгідрону переходить в окислену (реакція 3) і розчин знову готовий до сорбції нових порцій сірководню.

Разом із вказаними трьома основними процесами протікає побічна небажана реакція (4) утворення натрію тіосульфату



Завдяки великим швидкостям реакцій (2) і (3) незначна кількість хемосорбованого сірководню окислюється до натрію тіосульфату за реакцією (4).

Проведеними дослідженнями виявлені теоретичні і технологічні закономірності усіх стадій процесу. Залежно від наявності чи відсутності кисню у газі, параметрів газу (тиск, температура), інших домішок розроблені технологічні схеми очищення різних сірководеньвмісних газів. На рисунку зображено принципову схему очищення безкисневих газів від сірководню хінгідронним методом.

Сірководневий природний газ надходить в абсорбер 1, де промивається поглинальним хінгідронним розчином. У цьому апараті сірководень із газової фази сорбується розчином, перетворюється у натрію гідросульфід, а також частково окислюється до сірки за реакцією (2). Після абсорбера очищений від сірководню газ подається споживачеві. Залежно від параметрів газу та вмісту сірководню у ньому підбирають певний тип абсорбера.

Поглиналий розчин із абсорбера подається в регенератор 2, де закінчується окислення гідросульфиду до сірки, а також окислення відновної форми хінгідрону (реакція 3). Під час циркуляції поглинального розчину за рахунок абсорбції і окислення сірководню киснем повітря утворюється дрібнодисперсна сірка, виділення якої відбувається у флотаторі 4. Сірка у вигляді піни надходить на фільтрування 3. Звідти вологий осад (частково промитий) направляють на одержання товарної сірки, а розчин та промивні води повертаються в циркуляційну місткість 5. Надалі помпою 6 регенований поглиналий розчин знову подається в абсорбер 1. У міру утворення та накопичення у поглинальному розчині

побічного продукту окиснення хемосорбованого сульфїду – натрію тіосульфату, що призводить до погіршення абсорбції, періодично частину абсорбента замінюють свіжим. Розроблено технології утилізації відпрацьованого поглинального розчину, які передбачають регенерацію його компонентів з поверненням у цикл або переробленням у товарні продукти [4].

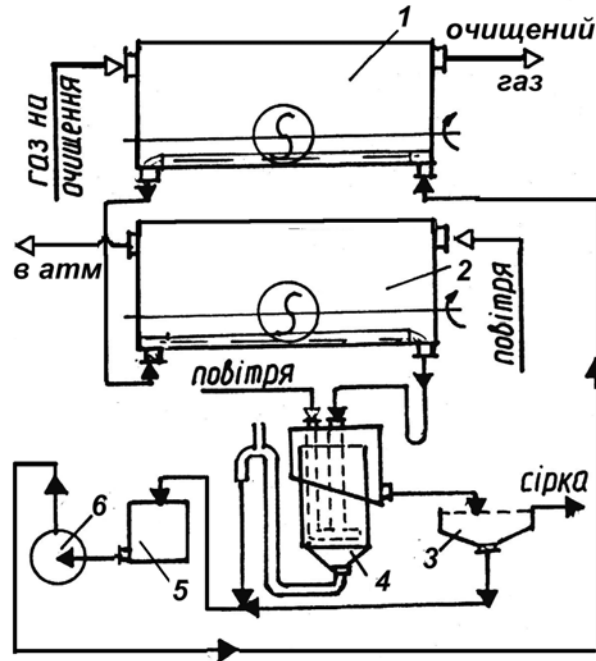


Схема установки для очищення безкисневих газів від сірководню

Як абсорбер рекомендується використовувати скрубєрну камеру з ковшоподібними диспергуючими пристроями. Скрубєр – апарат циліндричної форми з горизонтальним валом, розміщеним у нижній частині, на якому змонтовано розбризкувачі. Під час обертання вала рідина захоплюється ковшем і за рахунок дії відцентрових сил через отвори, які розміщені на твірній поверхні розбризкувача, диспергується в робочий об’єм апарата. При цьому створюється надзвичайно велика площа контакту між рідинною та газовою фазами. Ними детально вивчено особливості масообмінних процесів у цьому апараті, вплив різних чинників на процес хемосорбції сполук сульфїдної сірки поглинальним хінгїдронним розчином.

У газах, крім сірководню, можуть бути інші сполуки сірки (меркаптани, дисульфїди, двооксид сірки тощо), пари органічних речовин. Хінгїдронний метод дає змогу одночасно із вилученням сірководню, відділяти із газу повністю чи частково і вищевказані домішки як за рахунок лужності поглинального розчину, так і за рахунок їх конденсації при зниженні температури очищуваного газу. Хінгїдронний метод здійснюється в простій апаратурі, характеризується м’яким технологічним режимом і високими техніко-економічними показниками.

1. Мельник В.Ф., Яворський В.Т., Калымон Я.А. и др. *Современные методы очистки газов от сероводорода*. М., 1978. 2. Калымон Я. *Теоретичні основи і технологія очищення кисневмісних газів від сірководню хінгїдронним методом* // Журн. Укр. інж. т-ва “Технічні вісті. Technical News”. Львів, 1998.1(6), 2(7). С.23–25. 3. Яворський В.Т., Калымон Я.А., Знак З.О. та ін. *Технологія приготування поглинального розчину на основі хінгїдрону для очищення газів від сірководню* // *Екотехнологии и ресурсосбережение*. 2000. № 5. С.56–60. 4. Яворський В.Т., Знак З.О., Гелеш А.Б. *Отримання стабілізованої полімерної сірки кислотним розкладом натрію тіосульфату* // *Вісн. ДУ “Львівська політехніка”*. 1999. № 361. С.11–15.