

ПРОЦЕС АБСОРБАЦІЇ АЦЕТИЛЕНУ ДИМЕТИЛФОРМАМІДОМ ЯК ОБ'ЄКТ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Гурло В. О., Козаневич З. Я.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, valeriahurlo@gmail.com

Ацетилен (C_2H_2) раніше отримували з карбіду кальцію (CaC_2) у процесі взаємодії його з водою в апаратах Кіппа. Великі кількості C_2H_2 отримують сьогодні з газів термічного піролізу (крекінгу) метану після очищення їх від смол, сажі, сірчистих сполук і діацетилену.

Очищені гази крекінгу метану надходять в насадковий абсорбер, що працює за принципом протитоку, для добування з них ацетилену абсорбцією його диметилформамідом (ДМФА).

Абсорбція C_2H_2 за допомогою ДМФА відбувається за температури $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиску $1,05\text{ МПа}$.

Насичений ацетиленом ДМФА після процесів дроселювання до $0,07\text{ МПа}$ і підігріву до температури $87\text{ }^{\circ}\text{C}$ подається на десорбцію і сепарацію, внаслідок чого отримують 99-відсотковий ацетилен, а ДМФА повертається на абсорбцію.

Рушійна сила процесу абсорбції виникає як різниця рівноважних до іншої фази і поточних концентрацій в газі та рідині (ДМФА).

Утворення рушійної сили процесу абсорбції C_2H_2 диметилформамідом у протиточному абсорбері продемонстровано на рис. 1.

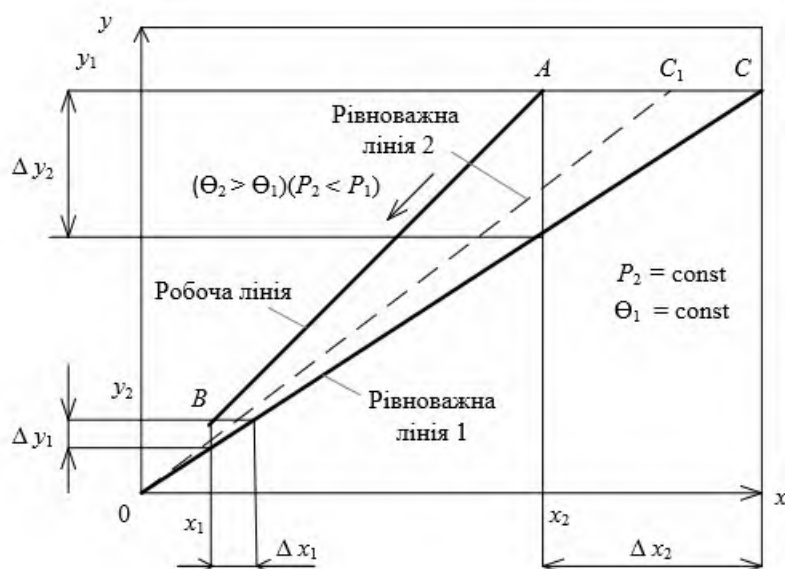


Рис. 1. Утворення рушійної сили абсорбції C_2H_2 за допомогою ДМФА:

- x_1, x_2 – концентрації C_2H_2 в ДМФА на вході та виході з абсорбера відповідно;
- y_1, y_2 – концентрації C_2H_2 в газі крекінгу на вході та виході з абсорбера відповідно;
- Θ_1 і P_1 – середні значення температури та тиску для рівноважної лінії 1;
- Θ_2 і P_2 – середні значення температури та тиску для рівноважної лінії 2

Враховуючи розташування робочої та рівноважної ліній (рис. 1), зазначаємо, що рушійні сили протиточного процесу абсорбції є різними для різних фаз (газу та рідини) знизу і зверху абсорбера: з боку газу рушійна сила абсорбції знизу (вхід газу) абсорбера $\Delta y_1 = y_1 - y_p(x_2)$, а зверху $\Delta y_2 = y_2 - y_p(x_1)$, де y_p – концентрація C_2H_2 в газі, рівноважна до відповідної концентрації C_2H_2 в рідині ДМФА.

Аналогічно для ДМФА рушійною силою процесу на вході його в абсорбер є $\Delta x_1 = x_p(y_2) - x_1$, а на виході ДМФА з абсорбера – $\Delta x_2 = x_p(y_1) - x_2$.

Середні значення рушійних сил з боку газу є:

$$\Delta y = (\Delta y_1 + \Delta y_2) / 2, \quad (1)$$

а з боку рідини

$$\Delta x = (\Delta x_1 + \Delta x_2) / 2. \quad (2)$$

Положення рівноважної лінії характеризується коефіцієнтом Генрі – відношенням рівноважних концентрацій: $m = y_p / x_p$.

У разі зростання m рівноважна лінія відхиляється вліво, що зменшує значення Δx і Δy , тобто погіршує процес абсорбції. Значення m залежить від температури Θ і тиску P в абсорбері: $m = f(P, \Theta)$. Зі збільшенням температури Θ або зменшенням тиску P рівноважна лінія відхиляється вліво, зменшуючи рушійну силу, тому процес абсорбції проводять в умовах високого тиску та низької температури.

Тиск в абсорбері стабілізується регулюванням тиску неабсорбованих газів.

Процес абсорбції екзотермічний. Оскільки конструкція насадкового абсорбера не допускає встановлення додаткового внутрішнього холодильника, то температура в абсорбері регулюється за допомогою зміни температури ДМФА на вході в абсорбер Θ_1 , для чого встановлено теплообмінник.

Залежність рівноважної концентрації в газі від поточної концентрації цього компонента в рідині встановлена законом Генрі і за лінійної інтерпретації має вигляд

$$y_p(x) = mx; \quad x_p(y) = (1/m)y \quad (3)$$

Залежність коефіцієнта Генрі від температури Θ може бути представлена як

$$m = m_H (\Theta / \Theta_H), \quad (4)$$

де m_H і Θ_H – номінальні (експериментальні) значення константи Генрі m_H за температури Θ_H .

Для встановлення динамічних зв'язків між вхідними і вихідними величинами використаємо рівняння балансів для акумулювальних ємностей рідини та газу в абсорбері. Розрахункову схему абсорбера наведено на рис. 2.

Для складання рівнянь балансів прийнято такі допущення:

- лінійне розподілення концентрації C_2H_2 по висоті абсорбера як у газі, так і в ДМФА;

- температура в абсорбері визначається температурою ДМФА, яка характеризує тепловий потік рідини, що є на два порядки більший за тепловий потік газу;

- вільний від насадки об'єм абсорбера розподіляється однаково між рідиною і газом: $V_a = V_d$ постійні (тут V_a, V_d – об'єми в абсорбері, зайняті газом і рідиною).

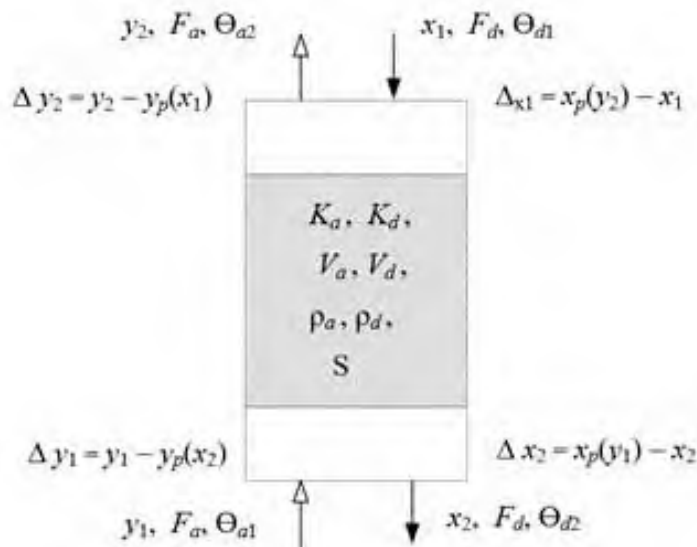


Рис. 2. Розрахункова схема абсорбера:

K_a, K_d – коефіцієнти масообміну зі сторони газу і рідини; ρ_a, ρ_d – густина газу та рідини; F_a, F_d – витрата ацетилену і ДМФА; $\Theta_{a1}, \Theta_{a2}, \Theta_{d1}, \Theta_{d2}$ – температури ацетилену і ДМФА на вході і виході абсорбера відповідно; S – площа поверхні масообміну

Рівняння балансів для акумулювальної ємності рідини отримано у вигляді:

- матеріальний баланс ацетилену

$$F_d x_1 - F_d x_2 + K_d S \Delta x = V_d \rho_d d(x_1 + x_2) / 2dt, \quad (5)$$

- тепловий баланс

$$F_d C_d \Theta_1 - F_d C_d \Theta_2 + r K_d S \Delta y = V_d \rho_d C_d d(\Theta_1 + \Theta_2) / 2dt, \quad (6)$$

де r – кількість тепла, виділена в процесі абсорбції одиниці ацетилену; C_d – питома теплоємність ДМФА.

Для акумулювальної ємності газу матеріальний баланс по ацетилену має вигляд:

$$F_a y_1 - F_a y_2 - K_a S \Delta y = V_d \rho_a d(y_1 + y_2) / 2dt. \quad (7)$$

Система рівнянь (5), (6) і (7) з урахуванням співвідношень (1), (2), (3), (4) складає математичну модель процесу абсорбції C_2H_2 диметилформамідом з газів термічного крекінгу в розмірних одиницях.

На основі наведеного вище аналізу приймаємо, що в даному абсорбері присутні дві регульовані величини: концентрація C_2H_2 у вихідному розчині ДМФА x_2 і температура процесу Θ_2 та два керувальні впливи: витрата ДМФА F_d і температура ДМФА на вході Θ_1 ; а також параметр стану y_2 та збурення y_1 .

Знаходження на основі математичної моделі передавальних функцій за каналами $\Theta_1 \rightarrow \Theta_2$ і $F_d \rightarrow x_2$ дозволить синтезувати відповідні контури регулювання.