

В.І. ТОШИНСЬКИЙ, докт. техн. наук,
Т.І. ПЕЧЕНКО, канд. техн. наук, **О.О. ЛИТВИНЕНКО**,
О.І. БУКАТЕНКО, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АБСОРБЦІЇ ОКСИДІВ АЗОТУ ПІД ТИСКОМ

В статті пропонується математична модель абсорбції оксидів азоту під тиском. Розрахунок ведеться по парціальному тиску оксидів азоту на задану концентрацію азотної кислоти при певному співвідношенні рідкої і газової фаз.

The mathematical model of absorption nitrogen oxides under pressure was given in this article. Calculation was carried out according to partial pressures of nitric oxides towards given nitric acid concentration with defined ratio liquid and gas phases.

На підставі теоретичних розрахунків і практичних даних по поглинанню оксидів азоту [1] нами запропонований метод розрахунку колон, який базується на залежності концентрації кислоти від коефіцієнта пропорційності C , який враховує протиточний характер роботи колон абсорбції і їх специфіку.

Слід зазначити, що в результаті математичного моделювання були отримані результати:

- збіжність обчислених за цим методом концентрацій кислот на тарілках з дійсними;
- різниця між розрахованим по цьому методу числом тарілок і дійсним для всіх працюючих систем не перевищувала однієї-двох тарілок.

Відповідно до цього методу міра поглинання на тарілці характеризується різницею між початковим і кінцевим парціальним тиском всіх оксидів азоту:

$$R = P_1 + P_2 \quad (1)$$

Поглинання пропорційне різниці між дійсним середнім парціальним тиском і парціальним тиском при рівновазі, тобто:

$$R = P_1 + P_2 = C \left(\frac{P_1 + P_2}{2} - P \right) \quad (2)$$

де P_1 – початковий парціальний тиск всіх оксидів, атм; P_2 – кінцевий парціальний тиск всіх оксидів, атм; P – парціальний тиск всіх оксидів в рівновазі, атм; R – зменшення парціального тиску оксидів, атм; C – коефіцієнт пропорційності.

З рівняння (2) визначимо P_2 і отримаємо:

$$P_2 = \frac{P_1(2 - C) + 2CP}{2 + C} \quad (3)$$

Тоді поглинання буде дорівнювати:

$$R = \left[\frac{P_1 + \frac{P_1(2 - C) + 2CP}{2 + C}}{2} - P \right] C = \quad (4)$$

$$= \frac{C[CP_1 + 2P_1 + 2P_1 - CP_1 + 2PC - 2PC - 4P]}{2(2 + C)} = \frac{C}{2(2 + C)}(4P_1 - 4P)$$

або

$$R = \frac{C}{1 + \frac{C}{2}}(P_1 - P) \quad (5)$$

Значення коефіцієнта C не постійні, вони міняються залежно від концентрації кислоти. Аналіз всіх існуючих схем виробництва азотної кислоти (0,35; 0,73; 1,1 МПа) показав, що зміна коефіцієнта C підкоряється закону прямої [2].

Графік значень C приведений на рисунку, стосовно роботи колон при отриманні 58 – 60 % HNO_3 .

Прямолінійну залежність можна пояснити тим, що при проти точній абсорбції продукційна кислота завжди зустрічається з більш кріпким газом, окисленим на 94 – 96 %, а газ, що відходить розбавлений приблизно в 10 раз і його окисленість зменшена у 2 – 2,2 рази.

Інакше кажучи, процес абсорбції NO_x водою включає наступні найважливіші стадії:

- газ та рідина з'єднуються разом на тарілках;
- обидві фази в залежності від умов контакту не можуть досягти рівноваги;
- газорідкі фази розділяються.

Швидкість переносу газу в рідину залежить від концентрації газу і в рідині, коефіцієнтів масовіддачі в кожній фазі, розчинності газу в рідині і поверхні розділу фаз.

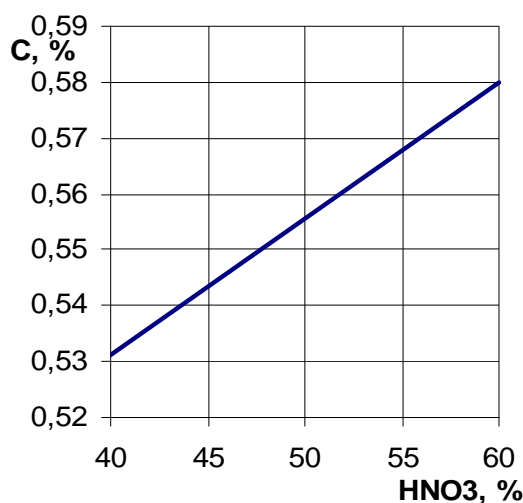


Рисунок – Залежність коефіцієнта C від концентрації HNO_3

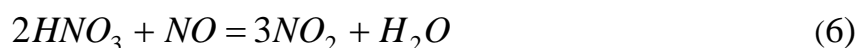
Одним з найважливіших показників у промислових процесах абсорбції є потоки рідин і газів, тому для одержання заданої концентрації кислоти необхідно розраховувати певну кількість парового конденсату, другими словами, масові потоки рідини (L_M) і газу (G_M). Середні потоки рідини і газу (розбавлені гази) практично постійні і не чинять впливу на газорідинні потоки. Лінія рівноваги має нахил, який дорівнює L_M/G_M .

На практиці повної рівноваги ніколи досягти не вдасться. Оскільки для цього необхідно безкінечний час контакту.

З експериментальних даних і досвіду роботи промислових колон випливає, що методологічно проведені експерименти (дотримання $L_M/G_M = const$) залежність « C » для протиточної абсорбції залишається лінійною. При поглинанні концентрованих газів як під надмірним, так і під атмосферним тиском, де робоча і рівноважна лінії нелінійні з-за не дотримання співвідношен-

ня L_M/G_M , неравномерно при розрахунку тарілок по ККД вводити вплив концентрації кислоти у чисельник формули [3, стор. 24].

Реакційний об'єм для попереднього окислення газу, що поступає в абсорбційну колону, завжди повинен відповідати практичній отримуваній заданій концентрації кислоти. Подавати газ не підготовлений по окисленості небажано, оскільки відбудеться зворотній процес



тобто найбільш концентрована кислота буде утворюватися вище за рахунок розкислюючої дії NO , причому ефективність відновлення зростає з концентрацією кислоти і концентрацією NO .

При зменшенні L_M/G_M при проведенні експериментальних досліджень буде зростати концентрація кислоти, причому найбільш концентрована кислота буде утворюватися ближче до середини колони, а звідси різко збільшується концентрація газу на виході з колони.

Висновки:

1. В результаті розрахунку колони для заданої продуктивності, тиску, концентрації продукційної кислоти, складу вхідного газу отримані дані, які добре узгоджуються з результатами роботи промислових колон.

2. Існуюча методика розрахунку по коефіцієнту корисної дії тарілок може бути замінена простішим методом, приведеним вище.

3. Співвідношення L_M/G_M завжди повинно відповідати газу, що поступає по його концентрації та окисленості, а також отримуваній концентрації продукційної кислоти.

Список літератури: 1. Олевский В.М. Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности / В.М. Олевский. – М.: Химия, 1985, – 400 с. 2. Шервуд Т. Массопередача / Т. Шервуд, Р. Пигфорд, Ч. Уилки; [пер. с англ.]. – М.: Химия, 1982. – 695 с. 3. Кинетика абсорбционных процессов: сб. науч. ст. / под ред. В.И. Атрощенко. – Х.: ХГУ, 1976. – 163 с.

Надійшла до редколегії 22.03.10