

ТЕОРІЯ АКТИВНИХ ЗІТКНЕНЬ У ПРОЦЕСАХ
ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯЦІЇ ДОМІШОК
У ВОДНОМУ ТЕХНОЛОГІЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
E-mail: qwer@kpi.kharkov.ua

Розглянуто теоретичні основи електрокоагуляції домішок у водному технологічному середовищі з використанням теорії активних зіткнень, які ґрунтуються на результатах досліджень і аналізі наукової інформації. Показано, що застосування теорії активних зіткнень у коагуляції забезпечує високу ефективність процесу витягання домішок із водних середовищ при мінімізації енергоспоживання і витрат матеріалів.

Ключові слова: активні зіткнення, електрокоагуляція, масоперенос, теорія, фракціонована коагуляція, хімічні технології.

Постановка проблеми

Одним з основних питань процесів, що розробляються, є зменшення енергоспоживання й матеріалоемності конструкцій при збереженні високої ефективності процесів.

Вирішення цих питань може бути отримане в результаті оптимізації існуючих технологій і розробці нових.

Мета роботи – удосконалення і оптимізація процесів електрокоагуляції домішок у водних середовищах.

Процеси коагуляції домішок у водних середовищах

Основним чинником процесу коагуляції домішок, що визначає його ефективність, є їх залишкова мінімальна кількість.

Виходячи з матеріального балансу хімічних технологій можна записати:

$$\sum_1^n G_{\text{п}} = \sum_1^m G_{\text{к}},$$

де $\sum_1^n G_{\text{п}}$ – кількість початкових інгредієнтів;

$\sum_1^m G_{\text{к}}$ – кількість кінцевих продуктів.

Особливістю процесів є мінімізація кількості хімічних речовин, що не прореагували та залишилися у водному середовищі, тому концентрації реагентів має бути достатньою.

Надлишок реагентів, у звичайній ситуації витягання розчинених речовин із водного середовища, також стає показником її забруднення. Отже, його кількість має бути мінімальною.

Ефективність процесу коагуляції частинок домішок і коагулянта переважно залежить від вірогідності їх контакту (зіткнення), прилипання (захоплення) і подальшого ефективного видалення з водного середовища. Дуже важливим є контакт частинок. Забезпечення найбільш оптимальних умов проведення процесу коагуляції залежить від вірогідності контакту частинок.

Вірогідність визначатиметься концентрацією коагулянта в середовищі і режимом руху потоку, який має добре перемішуватися.

З погляду ресурсозберігання необхідно, щоб кількість коагулянта була оптимальною для процесу, а не перевищувала його в декілька разів.

Коагулянти повинні бути рівномірно розподілені по всьому об'єму камери коагуляції. У стаціонарних апаратах ця умова досягається перемішуванням.

Складність цих процесів для проточних коагуляторів характеризується необхідністю поєднання ламінарного спокійного перебігу потоку рідини, що визначається умовами процесу коагуляції, і необхідністю сильного перемішування для того, щоб розподілити частинки коагулянта й забезпечити їх контакт із забрудненнями, які вилучаються з середовища.

Теорія активних зіткнень у процесах очищення води

Відповідно до теорії активних зіткнень можна припустити, що загальну кількість зіткнень між частинками коагулянта n^k та домішки n^n у 1 мл водного середовища за 1 с визначають за співвідношенням [1]:

$$Z'' = 26 \cdot 10^4 r^2 N^2 \sqrt{\frac{T}{M}} \quad (1)$$

У нашому випадку взаємодіють дві різні частинки у водному середовищі. Для визначення кількості зіткнень частинок коагулянта з частинками, розчиненими в середовищі (не рахуючи кількість зіткнень частинок коагулянта один з одним), можна застосувати рівняння

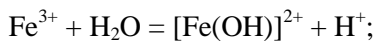
$$Z = N_1 N_2 (r_1 + r_2)^2 \sqrt{\frac{8\pi RT(M_1 - M_2)}{M_1 M_2}} \quad (2)$$

де N_1, N_2 – кількість частинок коагулянта і частинок домішок в 1 мл;

r_1, r_2 – їх еквівалентні радіуси;

M_1, M_2 – молекулярні маси цих частинок.

Процес електрокоагуляції перебігає складним шляхом. Спочатку утворюються іони заліза у процесі анодного розчинення металу, які потім проходять стадії гідролізу солей тривалентного заліза:



Структура димера солей тривалентного заліза може бути подана у формі, наведеній А.М. Когановським у роботі [2].

Знаючи кількість частинок, що стикаються Z і частку активних частинок коагулянта $e^{-E/RT}$, можна визначити кількість частинок k' (вступаючих у реакцію за проміжок часу в 1 с), віднесеної до 1 мл – питомо швидкість реакції:

$$k' = Ze^{-E^*/RT} \quad (3)$$

де Z визначається для випадку взаємодії частинок коагулянта одного вигляду рівнянням (1), а для випадку взаємодії частинок двох видів (коагулянта і домішок) – рівнянням (2).

Застосування рівнянь (1), (2) до різних дволекулярних реакцій, що перебігають у розчині, призводить до неоднакових результатів.

Між дослідженими і розрахованими питомими швидкостями може бути велика розбіжність.

Розраховані значення можуть перевершувати спостережене в 10^9 разів. Для цих реакцій рівняння (3) набуває вигляду [1]:

$$k' = PZe^{-E^*/RT},$$

де P – поправковий множник (чинник вірогідності).

Чинник вірогідності в сумарній формі відображає вплив ряду різних чинників, що мають значення для швидкості реакції, не врахованих у наведених міркуваннях. Для цього способу електрокоагуляції чинник вірогідності є одним із найважливіших показників.

Фракціонована електрокоагуляція домішок у водних середовищах

Фракції домішок у водних технологічних середовищах мають різну питому вагу і властивості [3–5]. Найбільш легкі, але зв'язані поверхнево-активними речовинами – це масла і нафтопродукти. До цієї категорії відносяться також легкі суспензії, які сорбовані маслами або мають зважений стан.

Для складнішого процесу витягання іонних домішок процес коагуляції перебігає в декілька етапів. З одного разу отримати їх ефективне вилучення з рідини не вдається.

Фракціонована коагуляція заснована на науково обґрунтованому поєднанні послідовно перебігаючих процесів у потоці водного середовища, який переміщується при очищенні. Передбачається його активне перемішування з ламінарним перебігом потоку, що переходить через отвір, який стискає потік, далі в наступну камеру, де все повторюється знову багато разів.

Спочатку з потоку витягуються фракції масла, нафтопродуктів і легких суспензій. Далі потік переміщується в іншу частину апарата. Із нього витягуються фракції домішок іонного типу, оскільки вони потрапляють у міжелектродний простір. Окрім коагуляції вступають у дію процеси електролізу і окиснення на поверхні електродних пластин.

Таке переміщення потоку може бути отримано тільки з виконанням спеціальної конструкції апарата. Конструктивно це досягається завдяки наявності в апараті втоплених плоских перегорожок з отворами, що направляють потік рідини та розміщені в горизонтально розташованій камері коагуляції (реакторній камері).

Основою фракціонованої коагуляції є те, що одиничний об'єм трансформованих водних технологічних середовищ, який містить масла, іони важких металів, поверхнево-активні речовини, бактерії і внесені забруднення, переміщаючись по апарату за час t , на кожному з n етапів (камер) в апараті втрачає (зменшує) певну кількість інгредієнтів (dC). У першу чергу вилучається майже 100 % масел і нафтопродуктів, які заважають роботі електродних пластин в електрокоагуляторі, і лише після цього потік рідини поступає в наступну камеру, в якій продовжує далі очищатися від домішок іонного вигляду [6].

Процес масопереносу можна записати у вигляді:

$$T_{\text{ф.к}} = \sum_1^n \frac{dC_m}{dt},$$

де n – кількість камер в апараті, що визначають зміну концентрацій dC_m за час dt ;

m – кількість інгредієнтів.

На кожному з етапів залишкова концентрація $C_{m,3} \rightarrow 0$ частинок домішок у водному середовищі забезпечується ефективною кількістю зіткнень між частинками коагулянта n^k і домішками n^n у кожній з n камер апарата не менше 50% (показник $P \geq 0,5$). Сумарна ефективність процесу становить $\sim 100\%$.

Висновки

Застосування теорії активних зіткнень у процесах електрокоагуляції домішок у водних

середовищах у поєднанні з теорією фракціонованої коагуляції дозволяє підвищити ефективність процесів і понизити енергетичні та матеріальні витрати на кожен кубічний метр води, що очищається.

Література

1. *Киреев В.А.* Курс физической химии / В.А. Киреев – М.: Химия, 1978 – С. 654–656.
2. *Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. Физико-химические основы процесса коагуляции* / А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко. – М.: Химия. 1983. – 288 с.
3. *Кульский Л.А.* Теоретическое обоснование технологии очистки воды / Л.А. Кульский. – К.: Наукова думка, 1968. – 128 с.
4. *Краткий химический справочник* / под ред. А.А. Потехина, А.И. Ефимова. – Л.: Химия, 1991. – 432 с.
5. *Березуцкий В.В.* Электрокоагуляционная очистка сточных вод предприятий / В.В. Березуцкий // *Машиностроитель*. – 1989. – № 3. – С. 10–11.
6. *Березуцкий В.В.* Обеспечение безопасности при применении водных технологических эмульсий и растворов на производствах в металлообрабатывающих технологиях: моногр. / В.В. Березуцкий. – Х.: Факт, 2009. – 400 с.

Стаття надійшла до редакції 29.03.2012.