

УДК 66.06

ТЕОРЕТИЧНІ УМОВИ АНОДНОГО РОЗЧИНЕННЯ МЕТАЛІВ МЕТОДОМ ФІЛЬТРУВАННЯ ЧЕРЕЗ ЗАВАНТАЖЕННЯ З ОКИСНО-ВІДНОВНИМИ ЯКОСТЯМИ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО АЛЮМІНІЮ З ПИТНОЇ ВОДИ

І.А. Обертас¹

Розроблено метод очищення води, який дає змогу підвищити ефективність очищення без подальшого її забруднення, заснований на електрохімічному розчиненні речовин, які здатні коагулювати домішки внаслідок утворення між ними замкнених гальванопар. Проаналізовано умови анодного розчинення металів і вплив цих процесів на фільтрування через завантаження з окисно-відновними властивостями для видалення залишкового алюмінію. Досліджено вплив різних комбінацій завантажень, а саме активоване вугілля – магній та алюмінієві пластини із вставками магнію, на механізми активного розчинення металів.

Ключові слова: розчин залишкового алюмінію, очищення питної води, гальванопара, окисно-відновні властивості.

Вступ. Активна промислова діяльність сучасної людини приводить до значних якісних змін у складі води у водоймах. Коагуляційне оброблення води алюмінійвмісними коагулянтами є на сьогодні одним з основних методів водочиснення, яке широко застосовують у багатьох країнах, зокрема і в Україні. Унаслідок багатьох факторів у питній воді залишається значний вміст залишкового розчинного алюмінію, який не вилучається на наступних етапах очищення води (відстоювання, фільтрування). За нормативними документами, вміст залишкового алюмінію у воді не має перевищувати 0,2 мг/дм³.

Існуючі методи очищення мають низку недоліків: вони або не дають змогу зменшити вміст залишкового алюмінію у питній воді до нормативної величини, або дорогі у будівництві чи експлуатації. Тому постає потреба у розробленні методу очищення води, який дав би змогу підвищити ефект очищення без подальшого забруднення води із застосуванням нових фільтрувальних матеріалів, які забезпечують це тільки завдяки окисно-відновним властивостям завантаження без використання додаткових джерел струму.

Мета дослідження – розроблення та дослідження методу видалення залишкового алюмінію із питної води, шляхом фільтрування через завантаження з окисно-відновними якостями.

Методи дослідження. Запропонований метод ґрунтується на електрохімічному розчиненні речовин, які здатні коагулювати домішки внаслідок утворення між ними замкнених гальванопар (пропонуємо фільтрування крізь завантаження з окисно-відновними властивостями). Вилучення іонів металів з водних розчинів відбувається у процесі їх осадження у вигляді важкорозчинних речовин, насамперед гідроксидів, які утворюються у визначеному діапазоні рН.

Основою для утворення важкорозчинних сполук у нашій системі є активне розчинення металу. Цей процес може здійснюватися за двома механізмами: хімічним та електрохімічним. За хімічним механізмом відбувається безпосередньо передача електрона від атома металу окисному компоненту розчину. За електрохімічним – передача здійснюється безпосередньо за схемою гальванічного елемента, за наявності анодних (активних) і катодних елементів, що знаходяться у контакті.

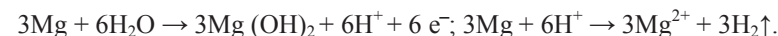
Процес розчинення металу, згідно зі сучасними уявленнями [1, 2], складається з двох електродних реакцій: анодна іонізація (окиснення атомів металу) та катодна (відновлення окиснювача, в якості якого звичайно виступають іони водню або кисню – головні домішки водних розчинів). На процес розчинення металу (швидкість та характер перебігу) впливають: активна реакція середовища, сольовий склад водного середовища (його природа та концентрація), величина електродного потенціалу металу анода тощо.

Під час дослідження різноманітних комбінацій завантаження головним критерієм відбору компонентів були їх окисно-відновні властивості, їх здатність утворювати короткозамкнений гальванічний елемент – гальванопару. Розглянуто такі комбінації:

1. Компоненти з високими сорбційними якостями та активний метал (активоване вугілля та магній),
2. Система із двох металів з різною активністю (алюмінієві пластини із вставками магнію).

Далі розглянемо як відбувається процес анодного розчинення металу в обраній системі активоване вугілля – магній.

Під час безпосереднього контакту магнію та активованого вугілля гальванічна система замикається. У системі відбувається переміщення електронів від магнію до активованого вугілля. При цьому в розчині електроліту катіони Al^{3+} рухаються до активованого вугілля та розряджаються під дією електронів, що є на ньому. Під час проходження електричного струму через замкнений гальванічний елемент електрод з магнію розчиняється. Метал переходить у розчин у вигляді іонів Mg^{2+} (відбувається електрохімічна корозія) за такими рівняннями:



Внаслідок протікання електричного струму в гальванічній мережі на електроді з магнію виникає недолік електронів, він заряджається позитивно, чим сприяє переходу іонів магнію в розчин за реакцією $Mg - 2e^- \rightarrow Mg^{2+}$.

Під час анодного розчинення магнію спочатку утворюються іони Mg^+ , які потім взаємодіють з водою за реакцією $2Mg^+ + 2H_2O \rightarrow 2Mg^{2+} + H_2 + 2OH^-$. У такому разі на утворення одного іона Mg^+ витрачається один атом магнію, однак витрата магнію збільшується вдвічі – один атом магнію з двох витрачається не на генерацію електронів, а йде на видалення водню [3].

Зміщення потенціалу електрода з магнію у позитивний бік призводить до зростання швидкості утворення іонів Mg^+ , разом з цим зростає і швидкість

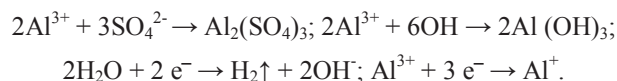
¹ доц. І.А. Обертас, канд. техн. наук – Київський НУ будівництва та архітектури

реакції. Отже, швидкість виділення водню із збільшенням анодної поляризації магнію не падає, а зростає.

Крім цього, за анодної поляризації металів паралельно з реакцією їх розчинення практично завжди утворюються поверхневі шари адсорбованого кисню, а також фазові шари (плівки) з оксидів або солей металів. Ці шари, що містять кисень, також можуть виникати при контакті металу з розчином [4].

Залежно від структури металу та оксиду поверхневий шар може мати різний характер. На магнії утворюються щільні високопористі шари, що сягають значної товщини. На інших металах (алюміній та ін.) утворюються щільні малопористі або безпористі шари, товщина яких не більша ніж 1 мкм. На поверхні металевих електродів одночасно можуть утворюватись різні види оксидних шарів, наприклад пористі фазові шари над адсорбційними шарами.

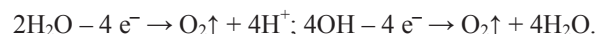
На активованому вугіллі утворюється надлишок електронів, який має від'ємний заряд та грає роль катоду. У катодному просторі відбувається відновлення катіонів Al^{3+} та H^+ , що знаходяться у розчині:



Відбувається реакція т. зв. катодного видалення водню. Це складна реакція, яка протікає послідовно через кілька простіших проміжних стадій. Такими стадіями є [4]:

1. Стадія розряду (стадія Фольмера): $H_3O^+ + e^- \rightarrow H_{адс} + H_2O$;
2. Стадія рекомбінації (стадія Тафеля): $2H_{адс} \rightarrow H_2$;
3. Стадія електрохімічної десорбції: $H_3O^+ + H_{адс} + e^- \rightarrow H_2 + H_2O$.

Реакції за участю кисню. На електроді з магнію (аноді) відбувається видалення кисню за такою реакцією:



Це рівняння головної реакції за участю кисню у водних розчинах.

До реакцій за участю кисню відносять також самостійні реакції відновлення кисню: стадію утворення відносно стійкого проміжного продукту – пероксиду водню $O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O_2$ та стадію подальшого його катодного відновлення до води $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$.

Принципова різниця цих двох маршрутів полягає в тому, що для першого з них зв'язок O – O у вихідній молекулі кисню розривається на початковій стадії реакції. Для реакції за другим маршрутом зв'язок O – O під час приєднання двох перших електронів не розривається, а зберігається в утвореному проміжному продукті H_2O_2 [4, 5].

Видалення на аноді кисню призводить до підвищення окисно-відновного потенціалу системи. Пришвиджується процес осадження Al^{3+} у вигляді гідроксиду, тобто, активізується процес видалення з води іонів алюмінію. У запропонованій системі не розглянуто поведінку іонів групи SO_4^{2-} . За великого розміру аніонів цієї групи їх розрядження не відбувається.

Висновки. Запропоновано метод очищення води, що ґрунтується на електрохімічному розчиненні речовин, які здатні коагулювати домішки внаслідок утворення між ними замкнених гальванопар. Важливим моментом є те, що фільтрація здійснюється через завантаження з окисно-відновними властивостями. Проаналізовано механізми активного розчинення металу, а також вплив цих процесів на очищення води.

Література

1. Соломенцева И.М. Проблема остаточного алюминия в очищенной воде / И.М. Соломенцева, Л.А. Величанская, И.Г. Герасименко // Химия и технология воды : сб. науч. тр. – 1991. – Вып. 13, № 6. – С. 517-534.
2. Белявцев А.Н. Комплексные схемы очистки сточных вод гальванических производств / А.Н. Белявцев, П.Ф. Кандзас, Л.В. Милованов // Водоснабжение и санитарная техника. – 1994. – № 10. – С. 4-6.
3. Флорианович Г.М. Роль компонентов раствора в процессах активного растворения металлов / Г.М. Флорианович, В.С. Лазаренко, Р.М. Маневич // Коррозия и защита от коррозии : сб. науч. тр. – М., 1990. – Т. 16. – С. 3-54.
4. Обертас И.А. Технология очистки питьевой воды от алюминия // Коммунальное хозяйство городов : респ. межвед. науч.-техн. сб. – К., 1999. – Вып. 19. – С. 144-146.
5. Багоцкий В.С. Основы электрохимии / В.С. Багоцкий. – М. : Изд-во "Химия", 1988. – 400 с.

Надіслано до редакції 23.02.2016 р.

Обертас И.А. Теоретические условия анодного растворения металлов для метода фильтрации через загрузку с окислительно-восстановительными свойствами для удаления остаточного алюминия с питьевой воды

Разработан метод очистки воды, который дает возможность повысить эффект очистки без дальнейшего загрязнения воды, основанный на электрохимическом растворении веществ, способных коагулировать примеси за счет образования между ними замкнутых гальванопар. Проанализированы условия анодного растворения металлов и влияние этих процессов на фильтрование через загрузку с окислительно-восстановительными свойствами для удаления остаточного алюминия. Исследовано влияние различных комбинаций загрузок, а именно активированный уголь – магний и алюминиевые пластины со вставками магния, на механизмы активного растворения металлов.

Ключевые слова: раствор остаточного алюминия, очистка питьевой воды, гальванопар, окислительно-восстановительные свойства.

Obertas I.A. Some Theoretical Conditions for the Anodic Dissolution of Metal for the Filtration Method through the Materials with Redox Properties for Removal of Residual Aluminium of Drinking Water

A water purification method that enables improving the cleaning effect without further contamination of water, based on the electrochemical dissolution of substances capable to coagulate impurities through the formation of closed galvanic couples between them is developed. The conditions for the anodic dissolution of metals and impact of these processes on the filtration through substance with redox properties to remove residual aluminium are analysed. The effect of different combinations of downloads such as activated carbon – magnesium and aluminium plate with magnesium inserts on mechanisms for active dissolution of metals is studied.

Keywords: residual aluminium solution, drinking water purification, galvanic couple, redox properties.