

**ЕЛЕКТРОДНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ЗНЕШКОДЖЕННЯ
ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД
ELECTRODE COATINGS FOR ELECTROCHEMICAL TREATMENT OF
INDUSTRIAL WASTEWATER**

Викл., к.т.н. Ю.К. Гапон, доц., к.т.н. Д.Г. Трегубов, доц., к.т.н. М.А. Чиркіна

Національний університет цивільного захисту України

Анотація. У роботі досліджено зменшення витрати електродів у процесі очищення промислових стічних вод, підвищення безпеки їх виготовлення й застосування за рахунок покриття сплавами Co-Mo-W.

Ключові слова: промислові стічні води, електрохімічне очищення, катодний матеріал.

Annotation. The reducing the electrodes consumption in the process of industrial wastewater treatment, increasing the their manufacture safety and application safety due to the coating by Co-Mo-W alloys was investigated.

Keywords: industrial wastewater, electrochemical purification, cathode material.

Вступ. Розвиток технологій призводить до збільшення кількості та погіршення якості стічних вод. Водночас людство вимушене вирішувати задачу нестачі ресурсів. Це вимагає пошуку нових та вдосконалення існуючих методів впливу на промислові зливи та вдосконалення їх технологічної бази. Одним з перспективних методів такої обробки є електрохімічні технології. Вони дозволяють створити на стічну воду значний обсяг фізичних та хімічних впливів, які можуть забезпечити високу глибину очищення.

Актуальність. Електрохімічні технології дозволяють очищати стічні води від різних домішок (ціанідів, амінів, спиртів, альдегідів, нітросполук, сульфідів, які розпадаються з утворенням CO_2 , NH_3 , води або більш простих та нетоксичних речовин. Така обробка передбачає використання анодного окиснення, катодного відновлення, електрокоагуляції, електрофлокуляції та електродіалізу. Ці впливи виникають як на електродах, так і в об'ємі забрудненої води при пропусканні через неї постійного електричного струму. У міжелектродному просторі відбуваються електроліз води, поляризація частинок, електрофорез, окислювально-відновні процеси, взаємодія продуктів електролізу один з одним.

У якості анодів застосовують нерозчинні матеріали: платину, магнетит, діоксиди свинцю, марганцю та рутенію на титановій основі, а також графіт. Катоди виготовляють з молібдену, сплаву вольфраму з залізом або нікелем, графіту, нержавіючої сталі та інших металів, покритих молібденом, вольфрамом або їх сплавами. Більш дешеві електроди швидко витрачаються та забруднюють додатковими речовинами воду. Наприклад, мікророзрядна обробка розчинів на графітових електродах забруднює воду аквадагом – суспензією графіту у воді [1]. До покриттів застосовують вимоги: міцність, твердість та добре зчеплення з основою, а при виготовленні – безпечність з точки зору застосованих

електролітів та інтенсивності утворення водню [2]. Тому актуальною задачею є зменшення вторинного забруднення стічної води, витрати електроду та його вартості.

Технологія формування ефективних гальванічних покриттів. Перспективним процесом формування покриття катодів є його електрохімічне осадження з розчину Fe(Co)-Mo-W на основу з нержавіючої сталі. Технологічна схема процесу виготовлення такого покриття передбачає стадії: попередня механічна підготовка деталей, хімічне обезжирення та травлення, підготовка електроліту, стадіювання електричних режимів осадження, операції промивки та сушки. Процес проводять з середовища комплексних полілігандних електролітів за умов постійного ($j = 2-8 \text{ А/дм}^2$) або імпульсного уніполярного ($j = 4-20 \text{ А/дм}^2$) струмів за температури 20–60 °С та безперервного перемішування. У результаті на поверхні основи утворюється потрібний сплав Fe(Co)-Mo-W. Аноди використовують або розчинні – кобальтові, або нерозчинні – зі сталі марки «Ст.3».

Для отримання якісних покриттів Co–Mo–W з цитратно-дифосфатного електроліту забезпечували пропорцію концентрацій компонентів $C(\text{Co}^{2+})/C(\text{WO}_4^{2-}+\text{MoO}_4^{2-}) = 1:1$, а лігандів – цитрат:дифосфат як 1:2. Невисокий вміст вольфраму у сплаві надає покриттям дрібнокристалічності та знижує рівень внутрішніх напружень.

Стічні води зазвичай мають значну корозійну активність, крім того для інтенсифікації задіяних механізмів електрохімічного осадження у оброблювану воду додають певні активні реагенти (при видаленні ціанідів додають активний хлор [3]). Тому важливим параметром електродів або покриттів є їх корозійна стійкість.

Корозійну стійкість визначали методом поляризаційного опору. В нейтральному середовищі в розчині 3% NaCl (pH = 7) глибинний показник швидкості корозії залежно від складу сплаву, становить $1-4 \cdot 10^{-3} \text{ мм / рік}$ (бал стійкості – 2, дуже стійкі) [4], що переважає більшість застосованих й поширених електродних матеріалів та покриттів.

Висновок. Проведені дослідження дозволили визначити електрохімічні режими та склади цитратно-дифосфатного електроліту для формування електродних покриттів, що характеризуються показниками міцності, твердості, корозійної стійкості та дозволяє використовувати їх у процесах електрохімічного знешкодження стічних вод.

ЛІТЕРАТУРА

1. Трегубов Д.Г., Слободской С.А. Исследование электрических характеристик микродугового разряда в процессе очистки сточных вод. *Кокс и химия*. 1997. №9. С. 32–34.
2. Гапон Ю. К., Трегубов Д. Г., Тарахно О. В., Філіченко А. С. Підвищення пожежної безпеки гальванічного виробництва. *Проблеми пожежної безпеки*. №47. 2020. С. 23–28. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/10919>.
3. Нестер А.А. та ін. Стічні води підприємств та їх очищення. Хм.: ХНУ, 2008. 171 с.
4. Напон Y., Chyrkina M. et al. Co-Mo-W Galvanochemical Alloy Application as Cathode Material in the Industrial Wastewater Treatment Processes. *Materials Science Forum*. 2021. V. 1038. P. 251–257.