

ОТРИМАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСУ ТРАВЛЕННЯ СТАЛІ ПІД ДІЄЮ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

С. В. Горобець, О. Ю. Горобець, О. М. Біло, М. М. Потьомкін

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ

Розглянуто спосіб керування процесом травлення сталі під дією магнітного поля для отримання функціональних поверхонь, які застосовуються у високоградієнтних магнітних сепараторах різного призначення, у тому числі й для біосорбції.

Вступ

Одним із результатів глобального техногенного впливу на біосферу є надходження в неї значної кількості важких металів, радіонуклідів, різка інтенсифікація міграції багатьох важких металів та природних радіонуклідів в екосистемі, утворення на земній поверхні зон підвищеного вмісту штучних та природних важких металів та радіонуклідів [1, 2]. При радіоактивних викидах, які супроводжують аварії ядерних установок, відбувається забруднення навколишнього середовища, зокрема водойм. Мікроорганізми, особливо гриби, зазвичай характеризуються значними коефіцієнтами накопичення радіонуклідів [3, 4]. Як наслідок в умовах радіонуклідного забруднення водойм біологічні об'єкти, які там мешкають, піддаються додатково до фонового внутрішньому та зовнішньому опроміненню. Також зазначимо, що радіонукліди передаються вище по харчовому ланцюгу. Тому вкрай необхідним є очищення водойм від радіонуклідів.

Одним із способів очищення є метод вилучення іонів важких металів та радіонуклідів із розчину за допомогою біосорбентів (дріжджів, грибів, бактерій тощо). У цьому напрямку перспективною є магнітокерована біосорбція, яка об'єднує переваги традиційних біосорбційних методів та методу високоградієнтної магнітної сепарації, за допомогою якого по завершенню вилучення іонів важких металів із забруднених водойм за допомогою біосорбентів здійснюється вилучення комплексів "біосорбент - магнітна частка" з робочого середовища. Для цього використовуються магнітні сепаратори з високоградієнтними феромагнітними насадками (ВГФМ), які мають розгалужену структуру поверхні.

Виготовлення ВГФМ методами, які забезпечують характерні розміри цих насадок порядку мікрметра й менше, дозволяє забезпечити уловлювання слабомагнітних домішок із розчинів із розмірами, близькими до характерних розмірів насадок.

У роботі досліджено новий метод магнітокерованої корозії, який дає змогу дешевим та більш економічним способом отримати функціональні поверхні, які можна використовувати як ВГФМ у магнітній сепарації. Ця проблема вирішується вивченням впливу магнітного поля на електрохімічні перетворення біля міжфазової поверхні "метал - електроліт" і є одним із напрямків дослідження магнітоелектролізу. Зміна масопереносу в електроліті під впливом магнітного поля (МП), як правило, приводить до зміни структури поверхні металу та швидкості протікання електрохімічного процесу (травлення, розчинення, електроосадження). Сталь та її сплави мають різні фізико-хімічні властивості, що обумовлює їх широке застосування в різних галузях науки та техніки. Нові функціональні покриття, які виготовляють із сталі та інших металів дадуть можливість удосконалити ВГФМ для магнітної сепарації, та зробити їх більш доступними та ефективними.

У роботі [5] пояснюється механізм впливу магнітного поля на процес травлення в електролітах. Процес травлення сталі в слабкому розчині азотної кислоти має автоколивальний характер [6]. Відомо також, що, як правило, автоколивальний характер травлення сталі пов'язаний з тим, що в процесі травлення структура поверхні зразка змінюється періодично [7]. Відомо, що на автоколивальний процес травлення суттєво впливає порівняно невелике постійне магнітне поле (біля 30 мТ) [5]. У даній роботі буде досліджено (на предмет вдоско-

налення функціональної поверхні) вплив зовнішнього магнітного поля на поверхню сталевого матеріалу, а саме кородованої поверхні, у результаті травлення її слабким розчином азотної кислоти.

Постановка задачі та експеримент

У даній роботі досліджувались кількісні характеристики автоколивального процесу травлення сталі залежно від величини зовнішнього магнітного поля. Було досліджено корозію сталеві поверхні під впливом магнітного поля та можливість інтенсифікації процесу травлення сталі в слабкому розчині азотної кислоти під дією постійного магнітного поля в діапазоні від 0 до 3000 Е.

Дослідження проводилися на установці, яку описано в роботі [6]. Було проведено дослідження польових залежностей маси стравленої сталі для сталевих (ГОСТ 65 Г) зразків у формі пластини (рис. 1).

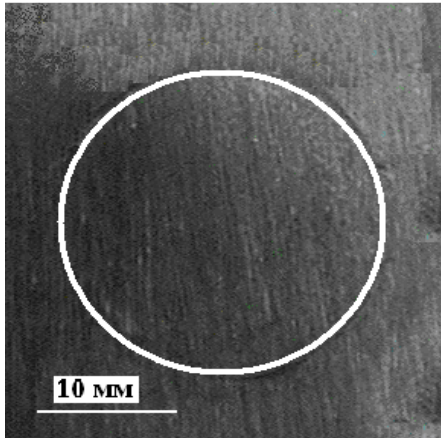


Рис. 1. Експериментальний зразок - стальна пластина.

У результаті експерименту було з'ясовано, що залежність маси стравленої сталі від напруженості магнітного поля має осцилюючий характер (рис. 2 - 4). На рисунках горизонтальна лінія показує значення маси стравленої сталі при $H = 0$. На рис. 2 горизонтальна лінія відповідає 0,015 г, на рис. 3 – 0,018 г, на рис. 4 – 0,029 г.

Вивчення стравленої поверхні зразків проводилося за методом атомно-силової мікроскопії за допомогою скануючого електронного мікроскопа SEM-103 "Selmi". Наведено типові зображення мікроструктури кородованої поверхні після травлення в розчині азотної кислоти, які відповідають максимумам (рис. 5) та мінімумам (рис. 6) на графіку залежності маси стравленої сталі від магнітного поля.

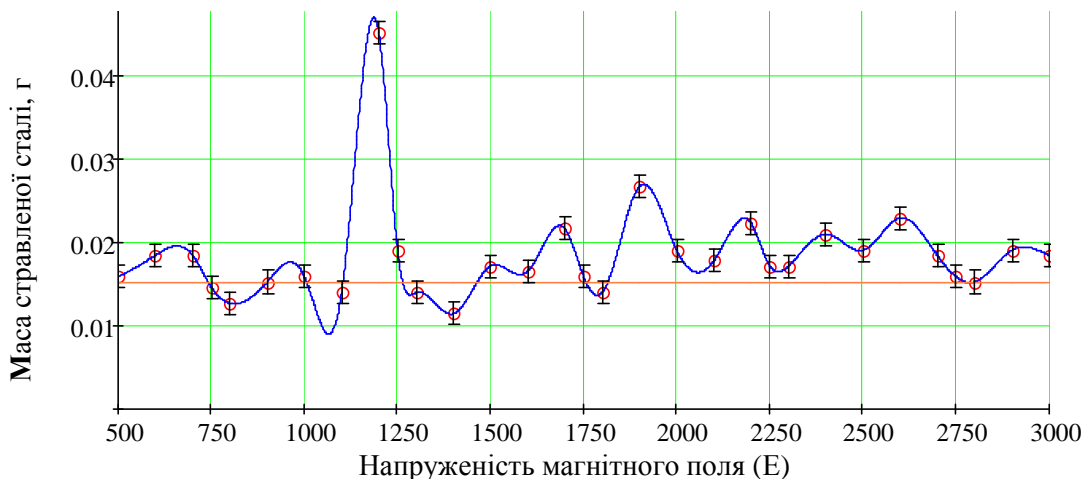


Рис. 2. Залежність маси стравленої сталі від величини магнітного поля при 10 хв травлення.

Розподілення по відтінках сірого кольору в зображеннях кородованої поверхні має два максимуми, що дає можливість зробити висновок про двокомпонентний склад корозії (рис. 7): гранули світлого кольору - пасивуюча плівка, а темно-сірі ділянки - сталева поверхня.

Також для дослідження стравленої поверхні зразків було використано програму для обробки цифрового зображення. На сьогоднішній день існує багато програм для обробки зображень, серед яких можна виділити SurfaceView, SurfaceScan, Callisto та Gwyddion. Ці програми дають можливість аналізувати зображення, що отримані на скануючому електронному мікроскопі.

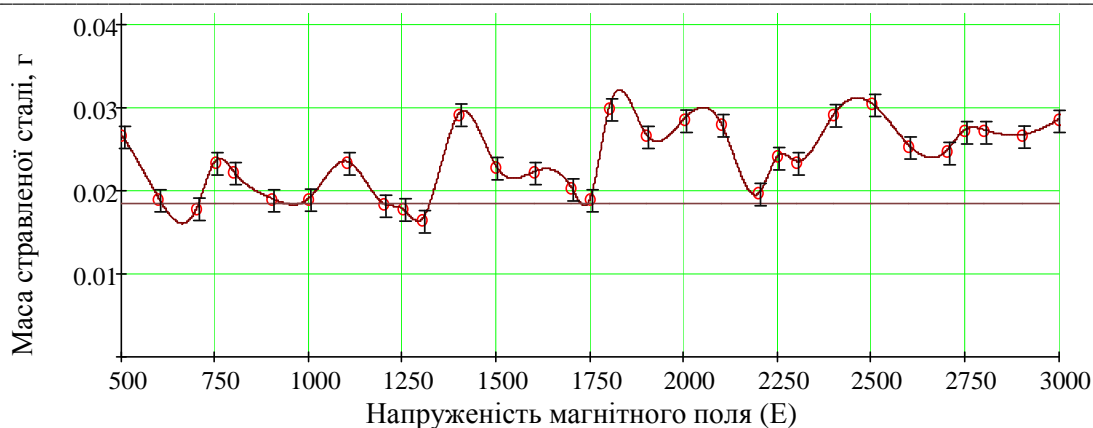


Рис. 3. Залежність маси стравленої сталі від величини магнітного поля при 15 хв травлення.

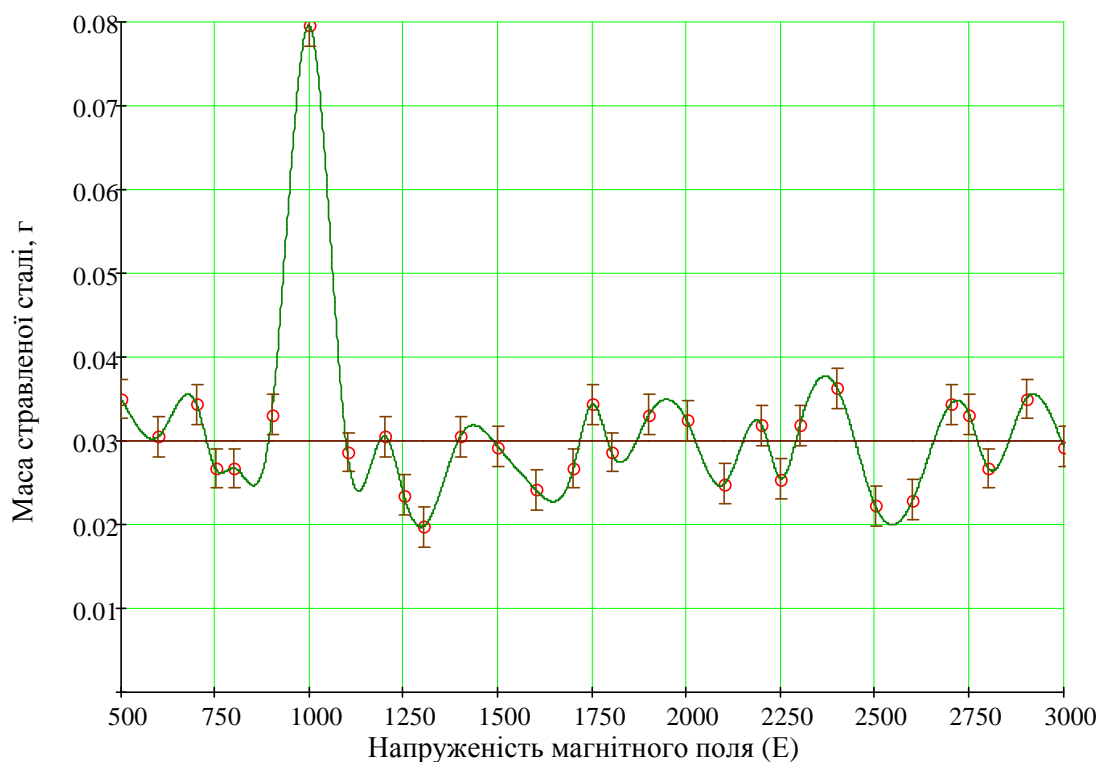
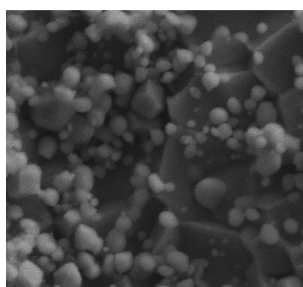
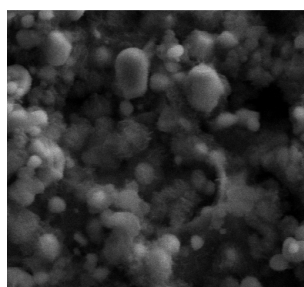


Рис. 4. Залежність маси стравленої сталі від величини магнітного поля при 20 хв травлення.

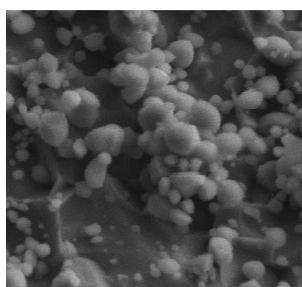


a

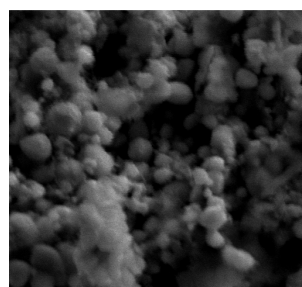


б

Рис. 5. Зображення кородованої мікроструктури поверхні, яке відповідає максимумам на графіку залежності маси стравленої сталі протягом 10 хв від магнітного поля: *a* – напруженість магнітного поля 800 Е; *б* – напруженість магнітного поля 1100 Е.



a



б

Рис. 6. Зображення кородованої мікроструктури поверхні, яке відповідає мінімумам на графіку залежності маси стравленої сталі при 10 хв від магнітного поля: *a* – напруженість магнітного поля 2500 Е; *б* – напруженість магнітного поля 2800 Е.

Gwyddion - модульна програма для аналізу даних SPM. Її використовують для аналізу зображень, отриманих за допомогою методу скануючого зондового мікроскопа (AFM, MFM, STM). Також ця програма використовується для аналізу зображень, що отримані зі скануючого електронного мікроскопа. Однією з основних переваг програми є можливість підключати модулі для аналізу двомірних даних. Ці модулі можуть бути легко розширені допоміжними програмами.

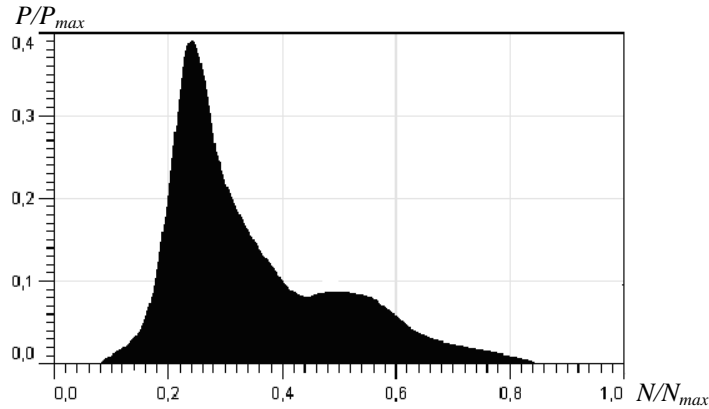


Рис. 7. Типовий розподіл за номером відтінку сірого кольору зображення корозійної поверхні. P – кількість пікселів, P_{max} – загальна кількість пікселів, N – номер відтінку сірого кольору, N_{max} – загальна кількість відтінків сірого кольору.

Отримані зображення процесу травлення матеріалу протягом 10 хв при різних значеннях напруженості магнітного поля було проаналізовано за допомогою програми Gwyddion 2.9.

Результати проведеного за допомогою цієї програми фрактального аналізу методом «варіацій» зображено на рис. 8. Графік на цьому рисунку було отримано шляхом аналізу зображень поверхні процесу травлення матеріалу при певних значеннях напруженості магнітного поля. Кожному значенню магнітного поля відповідало вісім зображень поверхні, просканованих при різному збільшенні. Серед отриманих зображень були вибрані зображення із збільшенням у 10 тис., 5 тис. разів. Середня квадратична похибка становить 0,02.

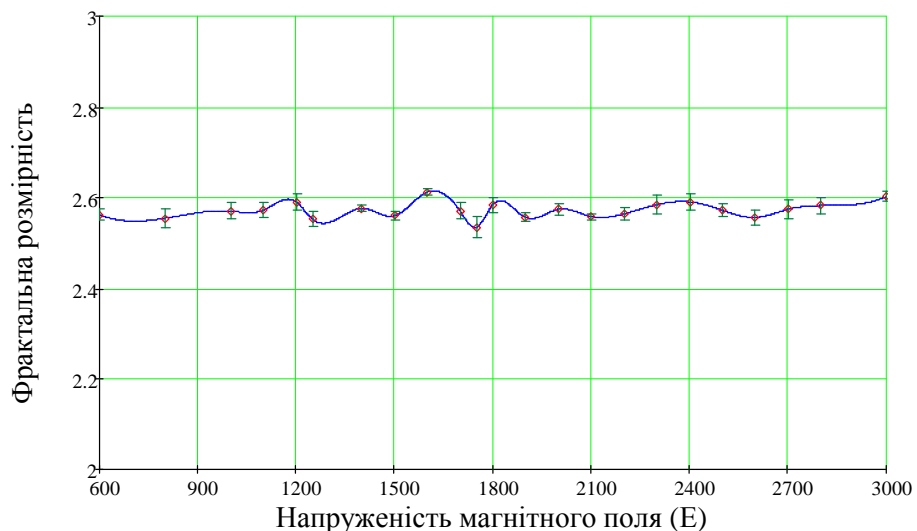


Рис. 8. Залежність фрактальної розмірності від величини напруженості магнітного поля.

Обговорення результатів

Як відомо, поверхні твердих тіл у мікроскопічному масштабі є шорсткуватими. Така шорсткуватість поверхні може бути описана за допомогою фрактальної розмірності. У фрактальних об'єктів відсутній природний масштаб довжини, і при різних збільшеннях вони

мають однаковий вигляд. Фрактальність твердих об'єктів досить суттєво впливає на фізичні явища, які відбуваються в них, зокрема на процес травлення матеріалу в магнітному полі. Підтвердження цьому засвідчує проведений аналіз впливу магнітного поля на процес травлення матеріалу. Виходячи з цього аналізу, можна сказати, що фрактальна розмірність впливає на опір (імпеданс) електрода й тому магнітне поле впливає, зокрема, на опір електрода. Отже, можна зробити висновок, що магнітне поле впливає на процес травлення матеріалу через вплив на фрактальну розмірність.

Таким чином, з рис. 8 видно, що при значенні поля 1650 Е фрактальна розмірність є максимальною, тому в цьому режимі можна отримати високоградієнтні феромагнітні насадки магнітного фільтра з розгалуженою структурою поверхні.

Висновки

У роботі показано, що залежність маси стравленої сталі від зовнішнього магнітного поля має періодичний характер і корозійна поверхня в магнітному полі складається з двох компонент. Структура поверхні, що утворюється внаслідок травлення, залежить від зовнішнього магнітного поля.

Таким чином, прикладання зовнішнього магнітного поля - це спосіб керування як швидкістю автоколивального процесу травлення сталевих зразків, так і структурою корозійної поверхні при відповідному магнітному полі. Крім того, фрактальна розмірність і пасивна плівка, яка утворюється під час травлення матеріалу роблять значний внесок в опір провідника.

Отже, контроль за допомогою магнітного поля за такими параметрами функціональної поверхні, як фрактальна розмірність, відносний компонентний склад, дає змогу вибрати найбільш оптимальний режим впливу магнітного поля для виготовлення високоградієнтних феромагнітних насадок магнітного фільтра для магнітокерованої біосорбції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Алексахин Р.М., Тихомиров Ф.А.* Радиоэкология: достижения, задичи и горизонты // Радиобиология. – 1985. – Т. 25, №3. – С. 291 – 299.
2. *Гродзінський Д.М.* Радиобіологічні ефекти у рослин на забрудненій радіонуклідами території // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. Т. 2. – К., 2001. – С. 5 – 22.
3. *Гродзинский Д.М., Коломиец К.Д., Кутлахмедов Ю.А. и др.* Антропогенная радионуклидная аномалия и растения. – К.: Либідь, 1991. – 160 с.
4. *Данова Н.Н., Василевская А.И., Гаврилюк В.И., Шолох Е.Л.* Меланинсодержащие микромицеты загрязненных радионуклидами почв // Радиационные аспекты чернобыльской аварии. Ч. II. Экологические и радиобиологические проблемы. – К., 1989. – С. 82 – 92.
5. *Qing-Kai Yu, Yasuyuki Miyakita, Seiichiro Nakabayashi, Ryo Baba* // J. Electrochemistry Communications. – 2003. – Vol. 5. – P.321 – 324.
6. *Горобец С.В., Горобец О.Ю., Было О.М., Кузнецов Ю.А.* // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2008. – № 1. – С. 56 – 60.
7. *Gorobets S. V., Donchenko M. I., Gorobets O. Yu, Goiko I.Yu.* // J. Of Physical Chemistry. – 2006. – Vol. 80. – № 5. – P.791 – 794.
8. *Горобець Ю.І., Кучко А.М.* Вступ до фізики фрактальних структур. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2000. – 128 с.

Надійшла до редакції 08.09.08