

УДК 535.361: 620.186

Івасів І.Б., канд. техн. наук
Червінка Л.Є.
Червінка О.О.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, ihoreg@ukr.net

КЛАСТЕРИЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛУ ДИФУЗНОГО ВІДБИВАННЯ СВІТЛА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ ПОВЕРХНЕВИХ МІКРОДЕФЕКТІВ

Важливою задачею ранньої діагностики корозії поверхні металу є оцінка концентрації та середнього розміру поверхневих мікрodefektів, що виникають внаслідок зосередження продуктів корозії в мікропорах поверхні. Оскільки розміри таких мікрodefektів становлять декілька мікрон [1, 2], то за малих концентрацій вони практично непомітні для ока. Застосування ж методів мікроскопії, якими зазвичай досліджують подібні дефекти, в польових умовах без відбору зразків є технічно недоцільним.

Як інструмент для польових досліджень можна застосовувати сенсор дифузного відбивання світла, описаний в [3]. Зондування здійснюється крізь прозору підкладку, виконану у формі перевернутої призми, основа якої служить робочою поверхнею (рис. 1). Зондувальний пучок сформовано так, щоб він фокусувався на скісній (приймальній) грані призми, де розміщена фотолінійка. Перевагою такої оптичної схеми є отримання сигналу з репрезентативної ділянки поверхні без застосування дорогої техніки сканування.

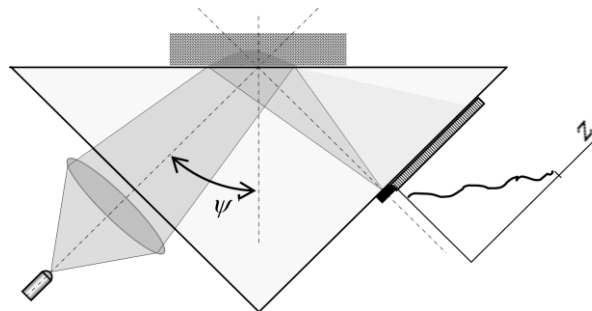


Рис. 1 – Оптична конфігурація призматичного сенсора дифузного відбивання світла

З іншого боку, в запропонованому сенсорі розподіл інтенсивності дифузно відбитого світла на елементах фотолінійки $I_r(q)$, де q – лінійна координата світлочутливого елемента фотолінійки, записується за допомогою складного інтегрального функціонала, що враховує як геометричні особливості сенсора та кутову характеристику джерела світла, так і поверхневий розподіл двопроменевої функції розподілу відбивної здатності, що залежить від концентрації та розміру розсіювачів світла (мікрodefektів) [4]. Це унеможливило аналітичний розв'язок задачі оцінювання розміру мікрodefektів, а також робить надто громіздкими традиційні числові алгоритми, базовані на мінімізації відхилення в евклідовій метриці вектора значень сигналу. Задача додатково ускладнюється випадковим характером розміщення мікрodefektів, що суттєво впливає на сигнали сенсора (рис. 2).

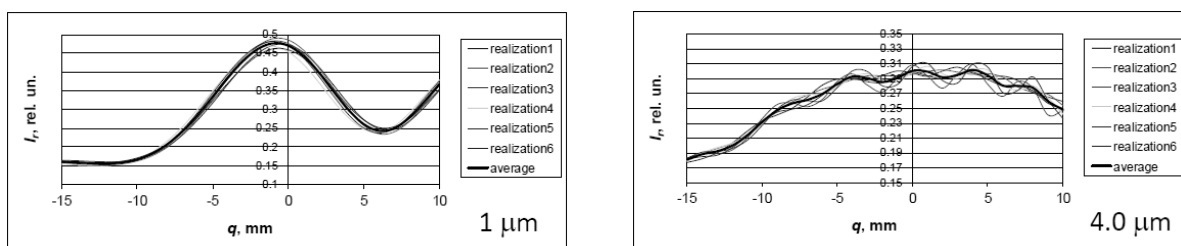


Рис. 2 – Сигнали сенсора дифузного відбивання світла для різних розмірів випадково розміщених мікрodefektів

В попередніх роботах авторів запропоновано оцінювати середній розмір мікрodefектів на основі методів машинного навчання, що базуються на інформаційних ознаках сигналу сенсора, попередньо визначених на «тренувальних» наборах сигналів для заданих розмірів мікрodefектів. Зокрема, в [5] використовується критерій гладкості обвідної сигналу. В [4] пропонується в якості метрики застосовувати різницю положень екстремумів обвідної сигналу, яка більш стійка до випадкового розташування мікрodefектів, але не вказано алгоритму для надійної оцінки середнього розміру.

В даній роботі оцінюється середній розмір мікрodefектів на основі кластерного аналізу двовимірного набору ознак сигналу, а саме: положення глобального максимуму та кількості екстремумів обвідної сигналу. Для цього здійснено моделювання сигналів сенсора дифузного відбивання світла для різних розмірів мікрodefектів в діапазоні 1...4 мкм із врахуванням їх випадкового розміщення. Результати подано на рис. 3.

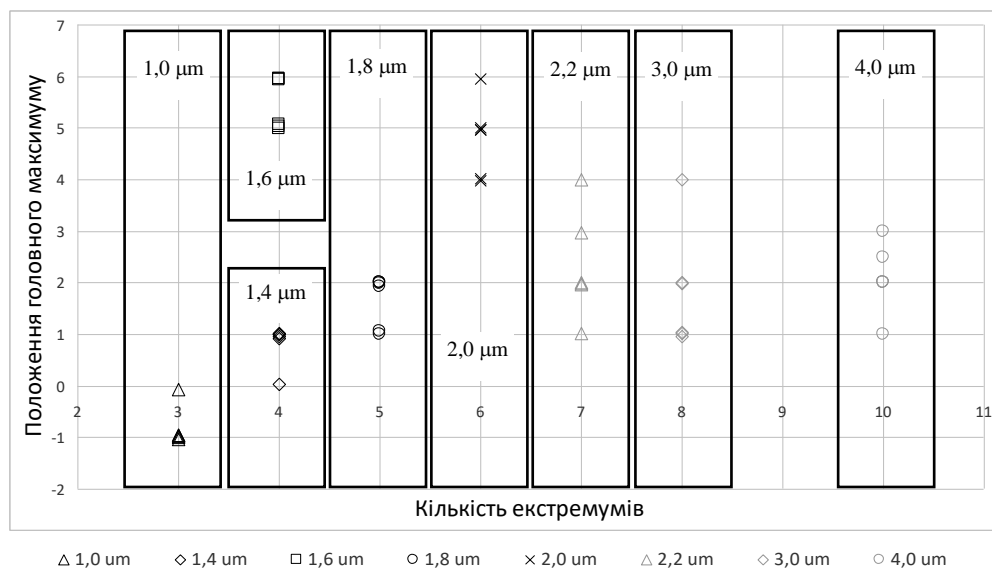


Рис. 3 – Кластеризація інформативних ознак сигналу

Як бачимо, вибраний набір ознак дає змогу надійно класифікувати поверхневі мікрodefекти за середнім розміром в дослідженому діапазоні, навіть без застосування методу опорних векторів.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на встановлення меж діапазону розмірів мікрodefектів, в яких цей метод застосовний, та роздільної здатності за розмірами.

Список посилань

1. Структурна мікропошкоджувальність сталей парогонів ТЕС / О. П. Осташ, А. І. Кондир, О. В. Вольдемаров, П. В. Гладиш, М. В. Куречко // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2009. – № 3. – С. 13 – 22.
2. Microengineering of Metals and Ceramics. Part II: Special Replication Techniques, Automation, and Properties, Vol. 4. / Н. Baltes, О. Brand, G. K. Fedder, Ch. Hierold, J. G. Korvink, O. Tabata, D. Löhe, J. Naußelt [Ed.]. – Wiley, 2005. – 306 p.
3. Сенсор дифузного відбивання світла для раннього виявлення пошкоджень лакофарбових покривів / Р. М. Джала, І. Б. Івасів, Л. Є. Червінка, О. О. Червінка // Відбір і обробка інформації. – 2015. – Вип. 42 (118). – С. 58 – 67.
4. Ivasiv, I.B. Estimation of errors in determining corrosion grain sizes by analysis of diffuse light reflection signal / I. B. Ivasiv. // Відбір і обробка інформації. – 2020. – Вип. 48(124). – С. 25 – 34.
5. Івасів, І.Б. Оцінка розмірів корозійних виразок за критерієм гладкості обвідної сигналу сенсора дифузного відбивання світла / І. Б. Івасів. // Відбір і обробка інформації. – 2016. – Вип. 44 (120). – С. 45 – 50.