

Апробація методу контролю акустичної емісії для дослідження структурних змін у водних розчинах

Вадим Пташник*, Ярослав Януш**, Світлана Прилепська**

*Кафедра інженерного матеріалознавства та прикладної фізики, **Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій, Національний університет "Львівська політехніка", УКРАЇНА, м.Львів, вул.С.Бандери, 12, www.lp.edu.ua
E-mail: ptashnykproject@rambler.ru; vethrion@gmail.com; luna_22-86@mail.ru.

In the given paper the aspects of application of acoustic emission method are used to research structural changes in water solutions the processes of melting and crystallization of water were researched by us with application of device, that consists of acoustic emission sensor and metallic cup for the explored specimen.

Universality and high sensitivity of acoustic emission method allows us to use it for research physical and chemical processes in a liquid environment (as the base/precursor of changes in phase transition processes).

Ключові слова – акустична емісія, водні розчини, структурні зміни, фазові переходи, електрохімічна активація.

I. Вступ

При плавленні чи кристалізації речовини, що проходить в обмеженому просторі, відбувається зміна її відносного об'єму. Рухома межа розділу фаз тверде тіло – розплав слугує джерелом пластичної деформації, обумовленої змінами кристалічної ґратки та утворенням часток нової фази. При цьому в рідкій та кристалічній фазах збуджується система тискових хвиль – що в свою чергу дає змогу реєструвати акустичну емісію (АЕ). Під час фізико-хімічних перетворень відбувається зміна внутрішньої будови речовини. Універсальність та висока точність методу акустичної емісії дозволяє використовувати його для дослідження фізико-хімічних процесів в рідкому середовищі.

Мета роботи полягає у визначенні можливих шляхів застосування акустоемісійних методів для вивчення особливостей структурних змін в різноманітних водних розчинах.

Дослідження фазового переходу вода-лід відіграє важливе практичне та наукове значення. Результати дослідження можуть бути використані при побудові моделей структурних змін водних середовищ під дією зовнішніх енергетичних впливів та при розробці теорії фазових переходів.

II. Фізичне підґрунтя утворення АЕ сигналів у водних розчинах

В процесі кристалізації води відбувається накопичення значних внутрішніх механічних напружень, обумовлене значною відмінністю питомих об'ємів води та льоду. В процесі фазового переходу фізичні властивості водних розчинів проявляються в значній залежності його міцнісних характеристик від температури оточуючого середовища [1]. При проведенні експерименту важливе значення відігравали температурні параметри середовища, які суттєво змінювали внутрішні механічні напруження. Розміри зразка, за результатами досліджень [2], перестають суттєво

впливати на повторюваність вимірювання, починаючи з певного мінімального розміру.

В науковій літературі вже закладено основи теорії виникнення акустичних коливань в процесі плавлення – кристалізації речовини. Задумкин С.Н. та Хоконнов Х. Б., в роботі [3], основною причиною виникнення АЕ сигналів при плавленні чи кристалізації речовини називають стрибкоподібність утворення та знищення макрообластей в зоні фазового переходу. В розплавленому стані розривається лише незначна частина між-атомних та міжмолекулярних зв'язків. Це спричинює утворення окремих груп атомів чи молекул, в яких зберігається характерна твердій фазі відстань між атомами та молекулами [4]. В інших наукових джерелах описано модель руху межі фазового розділу за рахунок впровадження тонкого прошарку льоду між твердим тілом та рідиною. Запропоновані моделі дозволяють пояснити виникнення АЕ сигналів в процесі фазового переходу речовини, однак вони є занадто штучними та ідеалізованими.

III. Методика експерименту

Акустична емісія є високочувливим неруйнівним методом дефектоскопії, тому процеси плавлення та кристалізації води вивчалися нами із застосуванням вимірювань акустичної емісії. Для цього було використано пристрій, що складається з АЕ сенсора, звукопровідної підкладки та металевої ємності для досліджуваного зразка (з високою теплопровідністю та низьким рівнем поглинання звукових коливань), яка зв'язана із АЕ сенсором (Рис.1) із застосуванням контактного матеріалу, акустично прозорого в діапазоні реєстрації АЕ сигналів. В якості системи збору даних використовувався АЦП L-Card E14-440, та комп'ютер із встановленим ПЗ LGraph 2.15. Даний вимірювальний комплекс дозволив записати сигнали АЕ, з частотою дискретизації від 133.3 кГц.



Рис. 1. П'єзоелектричний АЕ сенсор, Блок опрацювання сигналів, Блок збору даних (L-Card E14-440)

Проект досліджень містить аналіз таких водних розчинів: вода дистильована, вода водопровідна очищена фільтруванням, електрохімічно активований водний розчин та водний розчин, оброблений ультразвуковим випромінюванням. Електрохімічна активація проходила в активаційному реакторі з графітовими електродами при напрузі активації 60 В. Час активації становив 10

хвилин. Ультразвукова обробка проводилась в камері, обладнаній ультразвуковим випромінювачем з частотою випромінювання 22 КГц. Час обробки становив 10 хвилин.

Для дослідження процесу кристалізації ємність з досліджуванним водним розчином розміщувалась на охолоджувальній установці, зібраній на базі термоелементів Пельтьє. Використання цієї установки дозволило проводити швидку кристалізацію значних об'ємів розчину із забезпеченням відносно сталої швидкості кристалізації для всіх зразків. Загальний вигляд системи для дослідження кристалізації зображено на Рис.2.

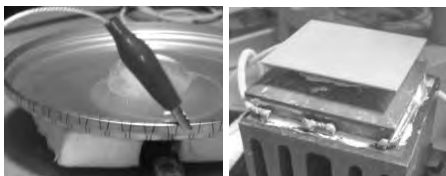


Рис. 2. Ємність із зразком, встановлена на Охолоджувальному пристрої

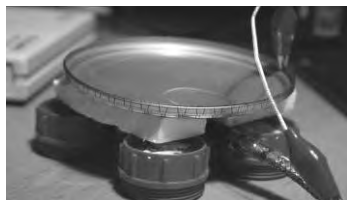


Рис. 3. Зразок льоду розміщений на Нагрівному пристрої

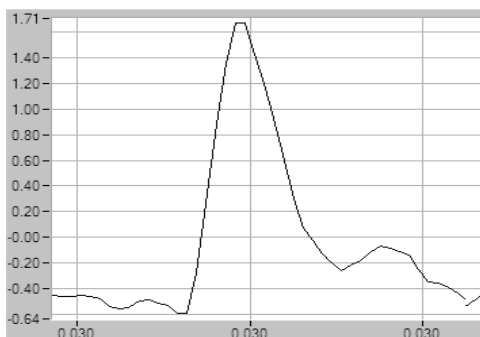


Рис. 4. Типовий сигнал АЕ при кристалізації зразка

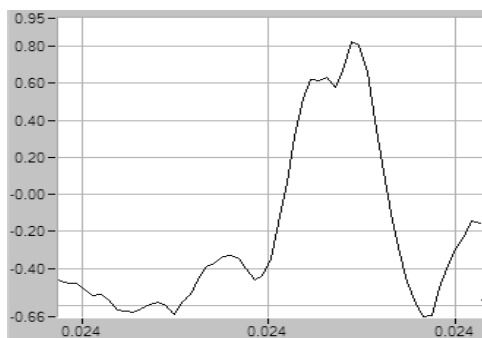


Рис. 5. Типовий сигнал АЕ при плавленні зразка

Процес плавлення проходив в гладкій металевій ємності з приєднаним АЕ сенсором (Рис.3). Важливу

роль відіграє вибір матеріалу ємності, який повинен бути достатньо гладким та володіти низьким коефіцієнтом звукопоглинання в області робочих частот АЕ-давача. Безпосередня близькість давача до зони плавлення, чітка горизонтальна врівноваженість та нерухомість системи дозволили суттєво знизити рівень зашумленості сигналу.

У ході експерименту було отримано сукупність АЕ даних, що реєструвалися АЕ-давачем. При первинному аналізі даних виявлено як регулярну повторюваність вигляду часової залежності реєстрованих АЕ-сигналів при багаторазовому проведенні експерименту із однаковим зразком, так і характерні відмінності у залежностях отриманих сигналів кристалізації/плавлення зразка. Також виявлено відмінність сигналів при проведенні вимірювань із застосуванням зразків з різною обробкою. Типовий сигнал (зразки не піддавалися енергетичному впливові) АЕ при кристалізації зразка очищеної водопровідної води (стрийський водогін) наведений на Рис.4, при топленні – на Рис.5.

Висновок

Проведена апробація АЕ контролю показала ефективність використання цього методу для дослідження фізико-хімічних та структурних змін у водному середовищі.

Проведена робота над конструктивними елементами вимірної системи та вдалі електро-схематичні рішення, дозволили отримати сигнал високої інтенсивності з низьким рівнем шумів. Використання сучасного вимірювального обладнання дозволило забезпечити високу точність та дискретизацію сигналу, що відіграє важливу роль в процесі його подальшого аналізу.

Отримані результати свідчать про ефективність застосування методу акустичної емісії, для контролю за рядом технологічних процесів, в процесі яких відбувається енергетична обробка води. Розглядаючи можливість переходу структури водного розчину в метастабільний стан, наприклад у наслідок електрохімічної активації, - акустична емісія може виявитись чи не найефективнішим методом дослідження та контролю цих змін (зокрема змін параметрів фазових переходів).

Література

- [1] Кузнецов Д.М., Смирнов А.Н., Сыроешкин А.В., "Акустическая эмиссия при фазовых превращениях в водной среде", Рос. хим. ж., т. LII, № 1, с. 114 – 121, 2008.
- [2] Шаталова И.Н., "Теплообмен в процессе намораживания и таяния льда", -Л.: Энергоатомиздат, 120 с, 1990.
- [3] Задумкин С.Н., Хоконов Х.Б., Шокаров Х.Б., ЖЭТФ, т. 68, вып. 4, с. 1315-1320, 1975.
- [4] Жекамухов М.К., Шокаров Х.Б., О механизме возникновения акустической эмиссии при кристаллизации и плавлении вещества. Инж.-физ. ж., т. 73, № 5, с. 1064, 2000.