

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ВТОМНОЇ ПОШКОДЖУВАНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

О.В. Войналович², Г.Г. Писаренко¹, І.М. Васинюк¹,
П.М. Копчевський¹, А.М. Майло¹, Ю.М. Голованьов¹

VISUALIZATION OF THE FATIGUE DAMAGE IN ELEMENTS OF METAL STRUCTURES

A.V. Vojnalovich, G.G. Pisarenko, I.M. Vasinyuk,
P.M. Kopchevsky, A.N. Maylo, Y.M. Golovan'ov

¹*Інститут проблем міцності ім. Г.С.Писаренка, Україна*
²*Національний аграрний університет, Україна*

Abstract This paper presents the results of monitoring of cracktype damages, located at the nearsurface as well as undersurface layeres of the metallostructures with the help of the set including hard and software provision. This set has the possibilyty to detect surface cracks in the elements of metallostructures covered by dielectric layer of 5 mm thick as well as that one, located under surface of metall.

Сучасна інженерна практика висуває ряд вимог до приладів неруйнівного контролю щодо можливості візуалізації дефектів у реальному часі, високого ступеню виявленості пошкодження за достатньої чутливості, компактності і практичності дефектоскопічного обладнання. Об'єктивну інформацію про пошкоджений стан металоконструкцій дозволяють отримати удосконалені струмовихорові дефектоскопи, у яких передбачено комп'ютерну візуалізацію виявлених дефектів [1]. Такий підхід до дефектоскопічного контролю зумовлений наступним.

Важливу роль у забезпеченні безаварійної експлуатації елементів металоконструкцій відіграє дефектоскопічний контроль, від ступеню технічної оснащеності якого залежить ефективність виявлення небезпечних дефектів. У даний час вважається, що працємісткість контролю на промислових підприємствах складає близько 10–15 % працємісткості всього виробництва, витрати на контрольні операції наближаються до 5 % собівартості продукції. Але у разі пошкодження відповідальних деталей та елементів конструкцій через несвоєчасне виявлення небезпечних дефектів витрати будуть неспіввимірно більшими.

Тому тепер дослідники зосереджують свої зусилля на удосконалення програмно-апаратних комплексів приладів дефектоскопічного контролю з метою підвищення їх чутливості, забезпечення збереження отриманих даних про геометрію дефектів у пам'яті ском'ютеризованого дефектоскопа [2, 3].

Якщо раніше дефектоскопи, побудовані на основі струмовихорового методу, застосовувалися для виявлення поверхневих тріщин, то в останні роки зусилля були спрямовані на пристосування таких приладів для визначення підповерхневих дефектів, зокрема втомного і корозійного походження [4, 5].

Метою даної роботи є дослідження апаратурних можливостей розробленого комплексу дефектоскопічного контролю для комп'ютерної візуалізації ступеню пошкодження елементів металоконструкцій.

У Інституті проблем міцності ім. Г.С.Писаренка НАН України було створено високочутливий вимірювальний комплекс, за допомогою якого на екрані монітора ПК можна отримати двовимірний і тривимірний комп'ютерні образи досліджуваного об'єкта з візуалізацією поверхневих і підповерхневих дефектів та визначити координати їх розташування.

Робота вимірювальної частини комплексу базується на взаємодії змінного електромагнітного поля датчика приладу з поверхневим шаром металевго об'єкта

контролю. Наявність дефектів (тріщин, несцільностей мікроструктури металу тощо) збільшує траєкторію вихорових струмів, що призводить до змінення амплітуди і фази електромагнітного поля, випромінюваного датчиком контролю. Після апаратного оброблення параметрів електромагнітної хвилі дефекти, що зумовлюють змінення її енергії, можуть бути виявлені з високою виокремівністю.

До складу вимірювальної частини комплексу (рис. 1) входять: а) високочутливий вихорострумний імпульсний дефектоскоп, що дозволяє виявляти тріщини з розкриттям від 0,01 мм на контрольованій поверхні; б) сканер, який переміщає датчик дефектоскопа вздовж контрольованої поверхні з певним кроком; в) аналогово-цифровий перетворювач, що формує цифрові коди амплітудно-просторового сигналу з датчика. Розроблено дві комп'ютерні програми для оброблення файлів даних результатів сканування.

У першій програмі використано метод поліхромного кодування, згідно з яким кожна цятка поверхні сканування кодується певним кольором, що заданий кодом програми у цій координатній точці. У результаті на екрані монітора формується поліхромний образ сканованої поверхні, на якому зоні кожного кольору відповідають зони певного рівня еволюції структури металу.

Інша програма формує тривимірний образ зісканованої зони, де третьою координатою є величина сигналу датчика вихорострумного контролю у даній точці. Вибираючи певний режим програми, можна візуалізувати на моніторі комп'ютера дефекти, що розташовані у контрольованому об'єкті. В цьому випадку глибина тріщини візуалізується як ступінь зменшення енергії зондувального електромагнітного поля датчика внаслідок взаємодії з берегами тріщини.

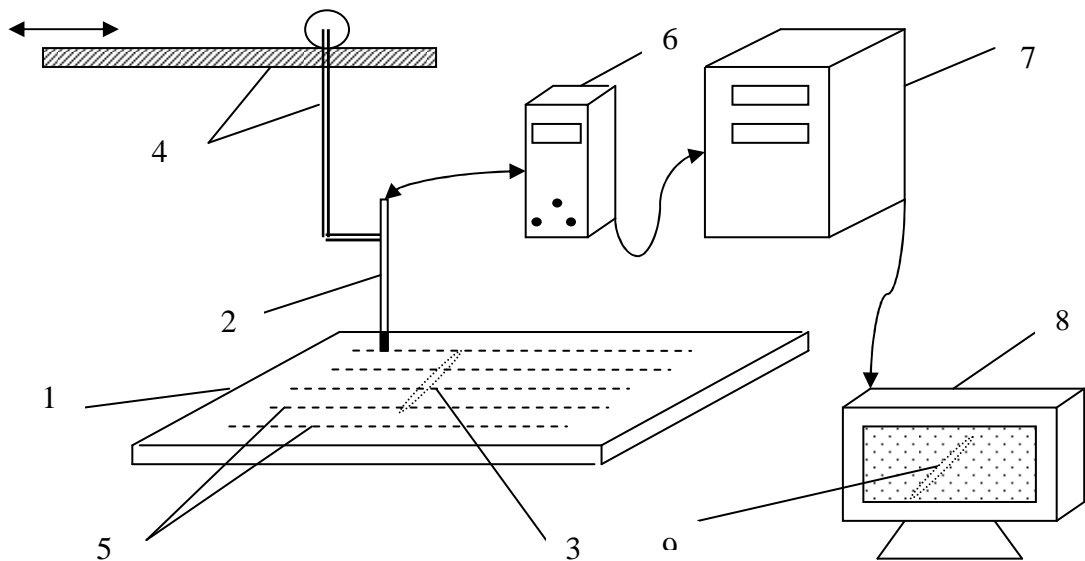


Рис. 1. Схема комп'ютерної візуалізації поверхневих і підповерхневих дефектів на основі вихорострумного методу: 1 – контрольований об'єкт, 2 – зондувальний датчик, 3 – підповерхнева тріщина, 4 – сканувальний механізм переміщення датчика, 5 – траєкторії сканування, 6 – вихорострумний дефектоскоп, 7 – системний блок комп'ютера, 8 – монітор, 9 – комп'ютерний образ тріщини

Необхідно відзначити, що обидві програми дозволяють візуалізувати дефекти, що перебувають під діелектричним покривом товщиною до 5 мм чи підповерхневі тріщини на глибині до 1,5 мм. Проведеними дослідженнями встановлено, що вимірювальна частина дефектоскопічного (дефектовізуального) комплексу чутлива до тріщин з розкриттям від 0,01 мм.

У статті представлено приклади комп'ютерної візуалізації тріщин, що виникли у плоских металоконструкціях – перемичці та пластині внаслідок втомного

навантажування (рис. 2, 3), а також у тріщин у алюмінієвому листі панелі, випробуваній у акустичному полі високої інтенсивності – до 160 дБ (рис. 4). На цих рисунках показано: фотографії елементів металоконструкції з тріщинами (а) і комп'ютерні тривимірні (б, в) образи зісканованих зон. Тріщини у перемичці та пластині характеризуються різним ступенем розкриття.

Внаслідок дії акустичного поля у панелі під час випробування виникла система тріщин кільцевої та прямолінійної геометрії. На рис. 4 видно мережу тріщин лінійної геометрії, які поширювалися від утвореного кільцевого отвору.

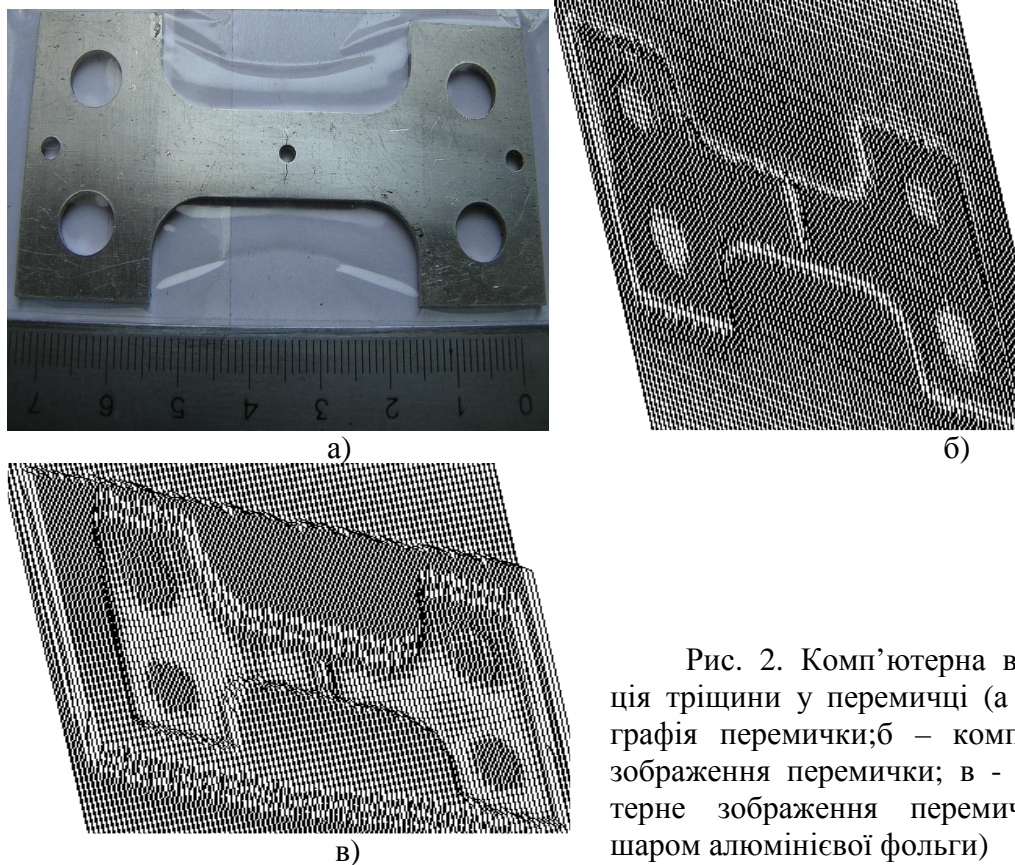


Рис. 2. Комп'ютерна візуалізація тріщини у перемичці (а – фотографія перемички; б – комп'ютерне зображення перемички; в - комп'ютерне зображення перемички під шаром алюмінієвої фольги)

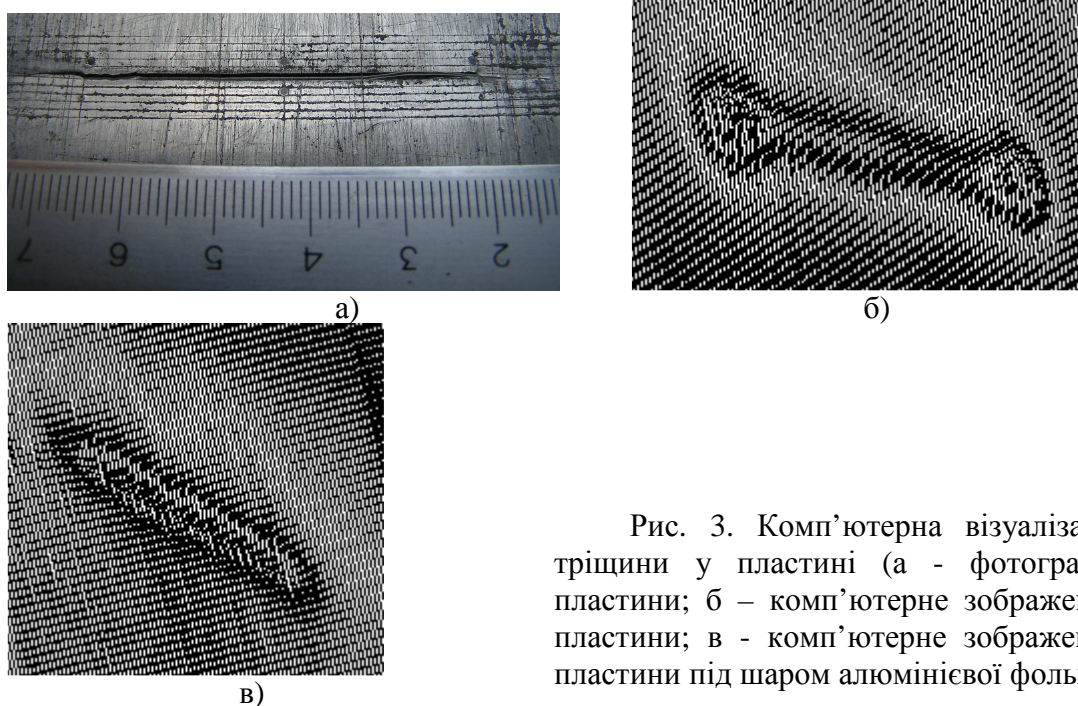


Рис. 3. Комп'ютерна візуалізація тріщини у пластині (а - фотографія пластини; б – комп'ютерне зображення пластини; в - комп'ютерне зображення пластини під шаром алюмінієвої фольги)

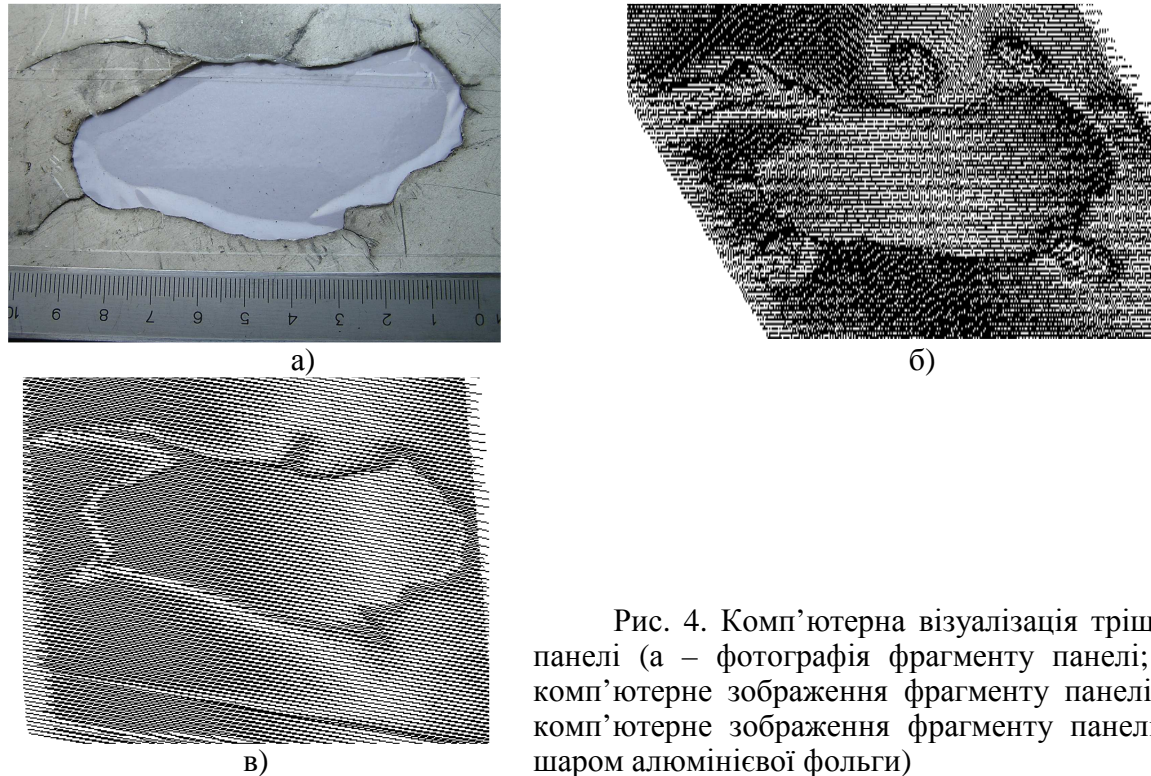


Рис. 4. Комп'ютерна візуалізація тріщин у панелі (а – фотографія фрагменту панелі; б – комп'ютерне зображення фрагменту панелі; в - комп'ютерне зображення фрагменту панелі під шаром алюмінієвої фольги)

Потрібно зауважити, що згідно із розробленим методом візуалізації комп'ютерна програма формує образ тріщини на базі електронної таблиці, мінімальні значення якої відповідають не лише зоні пересікання датчиком тріщини, але й екстремумам залишкових напружень в околі вістря тріщини. Тому на екрані монітора біля вістря тріщини видно потовщення, що відповідають локальній пластичній деформації.

Перевагою розробленого комплексу є те, що він дозволяє виявляти тріщиноподібні дефекти з розкриттям від 0,01 мм, як такі, що не підлягають дефектоскопічному контролю методом капілярної дефектоскопії, тобто закриті для доступу з поверхні діелектричним покривом чи перебувають під поверхнею металу.

Висновки

1. Розроблений комплекс дефектоскопічного контролю дозволяє комп'ютерно візуалізувати поверхневі та підповерхневі дефекти у елементах металоконструкцій з будь-якими магнітними властивостями.
2. Встановлено, що під діелектричним покривом товщиною до 5 мм чи на глибині під поверхнею до 1,5 мм можуть бути виявлені тріщини з розкриттям більше 0,01 мм.

Література

1. Мок Г., Учанин В. Визуализация результатов неразрушающего контроля вихретоковым методом // Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів. – Київ; Львів, 2000. – Вип. 5. – С. 9 – 16.
2. Луценко Г.Г., Гоголя В.Н., Рябец Т.А., Мамчур М.А., Галаненко Д.В. Совмещение возможностей стационарных систем контроля и мобильности ручного дефектоскопа - это реальность // В мире неразрушающего контроля. - Санкт-Петербург. Декабрь 2004. - №4 (26). - С. 32-34.
3. Диденкулов И.Н., Курочкин Н.В., Стромков А.А., Чернов В.В. Модуляционно-модовый метод обнаружения трещин и определения их местоположения // Методы акустической диагностики неоднородных сред. Сб. научных трудов ИПФ РАН, Н.Новгород, 2002. - С. 188-195.
4. Uchanin V. New type multidifferential eddy current probes for surface and subsurface flaw detection // Zeszyty problemowe Badania nieniszczące. Warszawa, 2001. - № 6. - С. 201 – 204.
5. Учанин В.Н., Яшан А.В., Беккер Р., Диске М. Возможность повышения продуктивности вихретоковой дефектоскопии при применении мультидифференциальных преобразователей // Материалы 4 Национальной научно-технической конференции и выставки «Неразрушающий контроль и техническая диагностика» (НКТД-2003). - Киев. - 2003. - С. 121-124.