

(справа), крім того зміни параметрів фази 1-ї гармоніки, є також мало-інформативним параметром.

Розроблена система дозволяє в локальних (критичних) зонах відтворювати контроль мікроструктури матеріалу з високою роздільною здатністю.

Ключові слова: роботизована система, автоматична система, контроль, структури матеріалу, зміна початкової фази, висока роздільна здатність.

Література

- [1]. V. Bazhenov, A. Protasov, K. Gloinik, “Increasing of operation speed of digital eddy current defectoscopes based on frequency synthesizer”, in *2017 IEEE Microwaves, Radar and Remote Sensing Symposium (MRRS)*, 2017. doi: 10.1109/mrrs.2017.8075051
- [2]. Y. Kalenychenko, V. Bazhenov, V. Koval, S. Ratsebarkiy, “Determination of mechanical properties of paramagnetic materials by multi-frequency method” in *Scientific proceedings NDT days 2019 XXXI International Conference «Defectoscopia 19»*, june 17-20. Sozopol, Bulgaria, 2019, pp.406-417.

УДК 620.179

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ ВИХРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Куц Ю. В., Лисенко Ю. Ю.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: j.lysenko@kpi.ua

Літальні апарати та їх окремі вузли і агрегати повинні забезпечувати високу міцність та надійність, зберігати механічні, фізичні, технологічні та експлуатаційні властивості впродовж всього терміну експлуатації. Різні елементи конструкцій літака працюють за різних типів механічних навантажень, в широкому діапазоні температур, за різного ступеня впливу агресивних середовищ. Це вимагає використання в авіаційних конструкціях різних за характеристиками матеріалів – сплавів (алюмінієвих, титанових, магнієвих, мідних), сталей (вуглецевих, легированих конструкційних, жароміцних), композиційних матеріалів (полімерних, металополімерних, металічних) і т.і. Авіаційні конструкційні матеріали мають значний розкид значень параметрів та характеристик, і вимагають для їх дослідження застосування різних фізичних видів і методів контролю [1, 2].

Результати контролю залежать не тільки від фізичного методу контролю, його апаратної реалізації, але й від алгоритму опрацювання сигналів, вибору сукупності найбільш інформаційних параметрів і характеристик сигналів.

Для ряду методів неруйнівного контролю (НК), що активно використовуються в контролі авіаційних матеріалів, зокрема вихрострумових, ультразвукових, акустичних, використовуються сигнали, які допускають їх представлення моделлю вузькосмугових процесів. Більшість відомих способів їх опрацювання орієнтована на визначення та аналіз амплітудних характеристик сигналів, натомість

інформаційний ресурс сигналів, який міститься в їх фазових характеристиках лишається не до кінця використаним [3 – 5].

В доповіді запропонована методологія опрацювання сигналів і визначення їх фазових характеристик в часовій області, яка ґрунтується на поєднанні можливостей дискретного перетворення Гільберта (ДПГ) сигналів та методів детермінованої та статистичної фазометрії. Вихрострумний НК з імпульсним збудженням в поєднанні з цифровою обробкою інформаційних сигналів на основі ДПГ може істотно доповнити відомі методи за рахунок можливості аналізу таких параметрів сигналів як частота власних коливань, пікове значення амплітуди, декремент сигналу і тимчасове положення характерних точок сигналу [6, 7].

Використання залежності амплітуди сигналів вихрострумного перетворювача (ВСП) від глибини тріщини розширяє функціональні можливості дефектоскопії за рахунок оцінювання глибини тріщин.

В доповіді приведені результати експериментального дослідження пластини з алюмінієвого сплаву АД31Т5 з дефектами типу тріщина: глибина залягання від 0.1 мм до 3 мм, розкриття до 1 мм. Сканування пластини здійснювалось з кроком 1 мм з використанням диференціального накладного ВСП [7, 8]. Математична модель інформаційного сигналу ВСП має вигляд:

$$u_{всп}(t, h) = U_m e^{-\alpha(h) \cdot t} \cdot \sin[2\pi \cdot f(h) \cdot t + \nu] + u_{ш}(t), \quad t \in (t_1, t_2),$$

де U_m – амплітудне значення сигналу ВСП, $\alpha(h)$ – декремент сигналу, $f(h)$ – частота власних коливань, t – поточний час, (t_1, t_2) – інтервал часу аналізу сигналу ВСП, $u_{ш}(t)$ – шумова складова сигналу, ν – початкова фаза, $\nu = \arctg(\alpha / \omega_0)$.

Автоматизоване опрацювання сигналів ВСП виконувалось за запропонованою методикою [9]. Для аналізу впливу характеристик об'єкта контролю на сигнал ВСП, в якості інформативних параметрів оцінювалась частота $f(h)$ цих сигналів. За фазовою характеристикою сигналу визначалась середня частота сигналів ВСП [10].

Поєднання можливостей дискретного перетворення Гільберта сигналів і з методами детермінованих і статистичних фазових вимірювань дає змогу створювати програмно-апаратні засоби НК авіаційних конструкційних матеріалів, які дозволяють підвищити вірогідність виявлення дефектів.

Ключові слова: вихрострумний неруйнівний контроль, імпульсний режим збудження, час аналізу сигналу, частота, декремент, загасання сигналу.

Література

- [1] А. Я. Тетерко, та З. Т. Назарчук, *Селективна вихрострумова дефектоскопія*. Львів, Україна: НАН України, Фіз.-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенка, 2004.
- [2] З. Т. Назарчук, *Механіка руйнування і міцність матеріалів. Т.5: Неруйнівний контроль і технічна діагностика*, Львів: Фізико-механічний ін-т ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2001.
- [3] В. М. Учанін, *Накладні вихрострумові перетворювачі подвійного диференціювання*. Львів,

Україна: СПОЛІОМ, 2013.

- [4] A. Sophian, G. Y. Tian, D. Taylor and J. Rudlin, “Design of a pulsed eddy current sensor for detection of defects in aircraft lap-joints”, *Sensors and Actuators*, vol. 101, pp. 92–98, 2002.
- [5] J. S. Bendat and A. G. Piersol, *Random Data: Analysis and Measurement Procedures*, Wiley, Hoboken, NJ, 2010.
- [6] R. G. Lyons, *Understanding digital signal processing*, Upper Saddle River, A Prentice Hall PTR Publication, 2004.
- [7] Y. Kuts, A. Protasov, I. Lysenko, O. Dugin, O. Bliznuk and V. Uchanin, “Using multidifferential transducer for pulsed eddy current object inspection”, *IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering*, Kyiv, May 29 – June 2, 2017, pp. 826-829.
- [8] I. Lysenko, Y. Kuts, A. Protasov, and A. Alexiev, “Optimization of Analysis Time of Pulsed Eddy Current Non-destructive Testing Signals”, *Int. Jour. “NDT Days”*, vol. 2, iss. 1, pp. 58-63, 2019.
- [9] N. Fisher, *Statistical analysis of circular data*, Cambridge: Cambridge University Press, UK. 2000.
- [10] I. Lysenko, V. Eremenko, Y. Kuts, A. Protasov, V. Uchanin, “Advanced Signal Processing Methods for Inspection of Aircraft Structural Materials”, *Transactions on Aerospace Research*, vol. 2 (259), pp. 27-35, 2020.