

УДК: 620.1, 772.96

ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ АКТИВНОЇ ТЕРМОГРАФІЇ

Е.Ю. Гордієнко¹, Г.В. Шустакова¹, Ю.В. Фоменко¹, Ф.А. Новиков²

¹Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України

²Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

e-mail: edgordiyenko@gmail.com

Композиційні матеріали (КМ) є штучно створеними матеріалами, що складаються з двох або більше компонентів. Завдяки своїм унікальним властивостям - міцності, невеликій вазі, стійкості до корозії і втоми та ін., КМ широко використовуються у виробництві деталей сучасних літаків та автомобілів. Однак виробам з КМ властиві специфічні дефекти, що утворюються як при виробництві (технологічні дефекти), так і при експлуатації (експлуатаційні дефекти). Візуально вони непомітні на поверхні елементу з КМ, проте їх наявність може привести до серйозного послаблення конструкції. Метод теплового неруйнівного контролю (ТК) є одним з найперспективніших для дефектоскопії виробів з КМ. ТК заснований на візуалізації та аналізі динаміки температурного поля на поверхні об'єкта контролю.

З метою виявлення внутрішніх дефектів і визначення їх параметрів були проведені експериментальні дослідження теплових процесів на поверхні зразків із скло- або вуглепластикових КМ при тепловій стимуляції (активна термографія). Для імпульсного нагріву застосовувалися електричний спіральний нагрівач з рефлектором та матриця з чотирьох інфрачервоних дзеркальних ламп. Обидва джерела нагрівання були забезпечені механічним модулятором, який дозволяв формувати поодинокі імпульси теплового потоку тривалістю 0,2-20 с. У дослідження використувався адаптований під дану задачу тепловізор на основі неохолоджуваної матриці (384 × 288) елементів та частотою кадрів 25 Гц.

Було розроблено методику виявлення закладених у зразки дефектів за динамікою теплових полів на поверхні КМ. За пропонованою методикою було виявлено всі дефекти типу розшарування та визначено їх параметри (розміри, форму, глибину залягання та матеріал дефекту) у скло- та вуглепластикових зразках без металевих шарів. Однак, виявити дефекти у зразках з металізованими шарами не вдалося, бо вимагає використання джерела теплової стимуляції з більш короткою тривалістю імпульсу (наприклад, матриць газорозрядних ксенонових ламп) та підвищення частоти кадрів тепловізійної системи.

Також було досліджено можливості підвищення ефективності обробки зображень теплових полів на поверхні КМ. Проведено аналіз впливу фізичних властивостей КМ на поширення тепла в них. Запропоновано методи обробки зображень еволюції теплових полів на поверхні КМ на основі методів регуляризації.

Розглянуто вплив ефектів пам'яті та ієрархічності структури КМ на поширення в них теплової хвилі із застосуванням дробових інтегро-диференційних операторів.

Отримано аналітичні асимптотичні вирази, які наближено описують поширення тепла від зосереджених джерел на поверхні КМ.

Розроблено оригінальні аналітичні алгоритми виділення сигналу з шуму при використуванні оператора регуляризації на базі дробових інтегро-диференційних операторів Ліувіля і Летнікова, які можуть бути використані в реальних умовах застосування задля очищення термограм від шумів.