

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ГОЛОГРАФІЧНИХ НЕРУЙНІВНИХ ВИПРОБУВАНЬ

С. Карабиньош, Т. Матвієнко,
Національний університет біоресурсів та природокористування України

В статті приведено обґрунтування доцільності проведення неруйнівних випробувань деталей сільськогосподарської техніки для визначення рівня їх технічного стану і надійності голографічними методами.

Ключові слова: *надійність, сільськогосподарська техніка, голографічні методи, неруйнівні випробування.*

Постановка проблеми. Сучасні сільськогосподарські машини – це цілий комплекс складних важконавантажених деталей, виготовлених із різнорідних матеріалів, від міцності яких залежить рівень надійності їх в експлуатації [3, 6]. Експлуатаційна надійність основних деталей машин залежить від фізико-механічних властивостей матеріалів цих деталей, а більш точно – від стану їх поверхневих шарів [6]. Деталі сільськогосподарської техніки експлуатуються в різноманітних умовах, пов'язаних із підвищеною температурою, високою корозійною агресивністю середовищ, піддані дії ультрафіолетового та інших видів опромінення, значних статичних і динамічних навантажень та інше. Практично ні в одній галузі народного господарства машини не зазнають таких руйнівних змін як при використанні в сільському господарстві [1, 2, 5].

Методи голографування із застосуванням подвійного імпульсу дозволяють перевіряти два різних стани поверхні об'єкту, які спостерігати у вигляді інтерференційних смуг на його відновленому зображенні. Один імпульс генерують при ненапруженому стані об'єкту, а другий - при напруженому стані. Аномалії в картині інтерференційних смуг можуть відображати характер конкретного дефекту або структуру поверхні конкретної деталі об'єкта [1, 5, 6]. Можливе також якісне управління системою в реальному масштабі часу і контроль деталі, що дозволяє провести діагностичне випробування без порушення працездатності об'єкта.

Мета дослідження – провести аналіз доцільності проведення неруйнівних випробувань голографуванням деталей сільськогосподарських машин для визначення рівня надійності при їх реалізації.

Виклад основного матеріалу дослідження. На сьогодні питаннями контролю сільськогосподарських машин, обладнання та реманенту голографічними і оптичними методами не поставало і, відповідно, не проводилися дослідження умов голографування поверхонь деталей і вузлів

машин, в тому числі і сільськогосподарських. Результати попередніх досліджень, аналізу даних літературних джерел вказують на безумовну актуальність в проведенні таких робіт і їх практичну цінність в справі забезпечення надійності таких об'єктів.

Для забезпечення якісного вивчення технічного стану сільськогосподарських машин за допомогою голографії необхідно створити умови, коли б в шарі фотографічної емульсії, або на комп'ютерній голограмі утворилися високо контрастні інтерференційні смуги.

В процесі попередніх досліджень, проведених безпосередньо автором, встановлено, що при записі голограми з поверхні елемента сільськогосподарської машини світловий потік повинен бути когерентним і монохроматичним, а поверхня деталі була підготовлена таким чином. Розсіяний об'єктом хвильовий фронт в площині голограми описують рівнянням [2, 3, 4]:

$$U_0(r) = A_0(r) \cdot \exp i \cdot [\varphi_0(r) + \omega \cdot t], \quad (1)$$

де A_0, φ_0 – амплітуда і фаза світлової хвилі, які залежать від просторових координат, м;

t – час, с;

ω – кутова частота с^{-1} ;

$\varphi_0(r) + \omega t$ – миттєва фаза хвильового фронту.

Опорний фронт [2]:

$$U_r(r) = A_r(r) \cdot \exp i \cdot [k \cdot (r \cdot \sin \alpha + r^2 / 2z) + \omega \cdot t], \quad (2)$$

де k – хвильове число, рівне $2\pi/\lambda$;

α – довжина хвилі джерела випромінювання, мкм;

$\sin \alpha$ – зв'язаний із зміною фази опорної хвилі, що утворює із площиною фотоплівки кут α , °.

Сутність голографічного процесу контролю полягає в запису інтерференційних полів. Важливим при голографуванні є необхідність забезпечення відсутності сторонніх вібрацій об'єктів, які досліджують. Амплітуда коливань не може перевищувати довжини хвилі джерела когерентного випромінювання [2, 3]. При близькому до синусоїдального руху об'єкта вимоги до вібрації в деякій мірі зменшуються в зв'язку із тим, що коливання інтерференційних смуг також періодично здійснюються і положення максимального розмаху коливань об'єкта деякий час буде знаходитись в стані спокою, що важливо при голографуванні деталей сільськогосподарських машин, які були в експлуатації. Коли опорний і предметний пучки співпадають один із одним - вібрація не зміщує запису, впливаючи на обидва пучки однаково. Для запису голограм при дослідженні

технічного стану сільськогосподарських машин потрібно застосовувати віброізольовану платформу, або спеціальне устаткування, що має низьку резонансну частоту, яка менша одного герца.

Практично всі деталі із номенклатури сільськогосподарських машин відбивають світло дифузійно, що створює умови для ефективного неруйнівного контролю і дефектації на відміну від існуючих методів неруйнівного контролю, недоліки яких було приведено вище. В голограмі сфокусованого зображення кожна точка об'єкта «прив'язана» до певної ділянки поверхні, яку вивчають. Відновлене зображення займає по відношенню до голограми те ж положення, яке займало зображення об'єкта при отриманні голограми. Ці вимоги витримуються під час дефектації або контролю до 82% деталей сільськогосподарських машин із всієї номенклатури. Створення комп'ютерної голограми дає зображення об'єкта дослідження разом із кольоровими смугами, а кожному кольору чи відтінку відповідає певна і визначена масштабом голограми мікродеформація. Ці смуги відповідного кольору чи його відтінку є лініями рівних мікродеформацій на всій поверхні тіла і показують, яким чином розподіляється мікродеформація поверхні під певним навантаженням.

Перевагами сфокусованих голограм для дослідження деталей сільськогосподарських машин є:

- 1) отримання і відновлення голограми, що здійснюється протяжними джерелами світла, немає необхідності мати ідеальні плоскі або сферичні хвилі для утворення світлового пучка;
- 2) при отриманні і відновленні голограм, можливо застосувати не однакові за своєю природою джерела світла;
- 3) можливо отримувати відновлені голограми сфокусованого зображення із малим хроматизмом при використанні джерела білого світла (від точкового джерела – галогенної лампи).

При отриманні голограм, враховуючи загальну подовженість об'єкта голографії (сільськогосподарські машини із значними габаритними розмірами), різниця оптичних ходів опорного і предметного пучків, не повинна перевищувати довжину часової когерентності джерела випромінювання, а опорний пучок, в той же час, повинен мати просторову когерентність. Практично жоден із існуючих методів неруйнівного контролю не дає можливості досліджувати деталі за площею більшою, ніж $0,06 \text{ м}^2$. За допомогою географічного методу можливо вивчати поверхні деталей, які перевищують $1 - 2 \text{ м}^2$. При відновленні голограми різниця оптичних ходів між всіма променями від джерела світла повинна бути в межах довжини часової когерентності джерела випромінювання. Чим більша довжина когерентності, тим більш можливостей у виборі голографічної схеми для вивчення технічного стану сільськогосподарських машин. Довжина часової когерентності визначається в основному довжиною лазерного резонатора.

Короткі резонатори мають кращу часову когерентність, але в той же час і меншу потужність випромінювання.

При неруйнівних випробуваннях із реалізацією лазера безперервного випромінювання для генерації резонансних мод коливань високого порядку і пошуку аномалій у інтерференційних смуг у відновлених голограмах і отриманих методом усереднення за часом, є ефективним застосування ультразвукового збудження як навантаження. Цей метод застосовують при голографії із синхронізацією лазера і ультразвукового збудження між двома імпульсами.

Голографічну інтерференцію із імпульсними лазерами, як було встановлено, доцільно застосовувати при дослідженнях на втому, а також матеріалів на міцність при використанні механічного згину. Для отримання інтерференційних смуг на поверхні деталі чи вузла, використовують випромінювання лазера із двома хвилями різної довжини. Робота імпульсного лазера із одночасною генерацією двох хвиль різної довжини проведена із розділенням контурів. Цей метод базується на такому виборі віддалі до еталона (резонансного відбивача), при якій два відбитих пучки знаходяться в межах ширини лінії флуоресценції оптично накачаного рубіна.

Розподіл навантажень дозволяє вивчати не тільки окремі зони на деталі, а також спряжені поверхні. Обробка поверхонь не впливає на якість проведення контрольних операцій, навіть у виробничих умовах.

Існуюча інтерферометрія застосовується тільки для вимірювання невеликих змін ходу променів при дослідженні оптично полірованих і дзеркально відбиваючих плоских поверхонь. Голографія ж дозволяє проводити вимірювання тривимірних дифузійно відбиваючих неплоских поверхонь. Смуги, що появляються на зображенні (світлі і темні), являють собою контури рівного переміщення частини поверхні об'єкта вздовж осі спостереження, а кожна наступна смуга відображає зміщення, рівне приблизно половині довжини хвилі джерела когерентного випромінювання, використаного при відновленні голограми.

Голографічна інтерферометрія дозволяє знайти і виміряти незначні зміни форми поверхні шляхом порівняння кожної точки на поверхні деталі із її зміненим станом. Надзвичайна чутливість метода до поверхневих деформацій дозволяє вивчити характеристики окремих частин об'єкта, спостерігаючи переміщення його поверхонь під дією малих навантажень. Цей метод містить в собі великі потенційні можливості для вирішення різноманітних задач неруйнівного контролю у виявленні різних дефектів.

Для реалізації цього метода застосовують різні по фізичній суті навантаження:

- 1) акустичне збудження;
- 2) термічні навантаження;
- 3) навантаження тиском, або розрідженням;
- 4) механічне навантаження;

При застосуванні метода двох експозицій, зміна фази визначається математично, як $1/4$ довжини хвилі випромінювання, рівна 90° . Введення такої зміни між експозиціями перемістить нормальну функцію косинуса від якої залежить інтенсивність інтерференційних смуг на $1/4$ періоду.

Висновки. Таким чином встановлено практичну доцільність реалізації імпульсної голографії (двоімпульсний режим роботи лазера), при постійному опроміненні виробу з дифузійним відбиванням світла поверхнями деталей машин, що їх випробовують.

Література

1. Ермолов И.П., Останин Ю.Я. Методы и средства неразрушающего контроля. - М.: Машиностроение, 1988. -218 с.
2. Островский Ю.И. Голография и ее применение. - Л.: Наука, 1973, - 320 с.
3. Ерф Р. К. Голографические неразрушающие исследования. /Пер. с англ.. - М.: Машиностроение, 1979. - 446 с.
4. Карабиньш С.С. Определение величины микродеформации нагруженного тела голографическим методом. - М.:Контроль. Диагностика. № 4. 2008. –С.35-41.
5. Прискорені випробування корпусних деталей. Настанова 29.3- 37 – 48 :2005/ Карабиньш С.С., Молодик М.В., Молодик Л.П., Костащук М.І., Медко Б.
6. karabiniosh.S.S. Structurally-technological methods providing of reliability of agricultural technique by computer holography.- Motrol,, 2012, 14 - №3.

Аннотация

В статье приведено обоснование целесообразности проведения неразрушающих испытаний деталей сельскохозяйственной техники для определения уровня их технического состояния и надежности голографическими методами.

Summary

Justification of expediency of NDT of details of agricultural equipment for determination of their technical state level and reliability by holographic methods is given.