

Визначення мікродеформацій в поверхневих шарах деталей голографічними методами

Розглянуто аспекти визначення мікродеформацій в поверхневих шарах деталей сільськогосподарської техніки та можливості застосування комп'ютерної голографії як ефективного методу неруйнівного контролю і дефектації при прогнозуванні залишкового ресурсу і забезпечення її надійного довготривалого використання.

мікродеформування, голографування поверхонь, спекл-інтерферометрія, голографічна плівка, комп'ютерна голографія

Введення. Практика вітчизняного та закордонного сільськогосподарського машинобудування підтверджує, що для успішного вирішення завдань з випуску, ефективної експлуатації та ремонту сучасних сільськогосподарських машин, обладнання і знарядь необхідно застосовувати комплексно-системний підхід з врахуванням конструктивно-технологічного формування. Такий підхід полягає у впровадженні нових технологічних процесів, сучасних матеріалів, конструктивних форм, способів виробництва і виборі оптимальних конструкторсько-технологічних рішень із врахуванням експлуатаційних властивостей і заданих показників надійності [1, 2]. Основою такого формування є постійний контроль за технічним рівнем виробів, які проектують, виготовляють, експлуатують і ремонтують. Важливим етапом є визначення величин мікродеформування в поверхневих шарах та визначення за їх значеннями залишкового ресурсу машин.

Мета досліджень. Розробити методику визначення величин мікродеформування в поверхневих шарах деталей сільськогосподарських машин як чинника встановлення залишкового ресурсу.

Результати досліджень. В основу методики визначення величин мікродеформування в поверхневих шарах виробів із різних матеріалів покладені розроблені в Гентському університеті (Бельгія) у сумісності із автором роботи, при математичній обробці експериментальних даних отриманих із голограм. Розроблено метод запису інтерференційних смуг – ліній, що мають однакову величину деформації, на голограмах та на їх базі розрахунку величин мікродеформування.

Експериментальні роботи проводили із використанням різних за своїми геометричними параметрами зразками та деталями: плоскі, об'ємні, складної конфігурації та інші, виготовлені із: металевих, пластикових, металокерамічних, вуглепластикових, дерев'яних, із покриттям, без нього та реальних деталей. При цьому враховувалися такі матеріали, які найчастіше і найбільше використовуються при виготовленні та ремонті сільськогосподарських машин.

Сутність методу інтерпретації експериментальних даних, які були отримані за допомогою голографування поверхонь деталей, полягає у визначенні за трьома складовими векторами мікродеформації поверхневих шарів об'єкту дослідження із врахуванням їх стохастичної імовірнісної природи розподілу на поверхнях деталей. Величина мікродеформації в кожній точці поверхні деталі характеризує її технічних

стан і дає можливість встановити міру придатності її до подальшої експлуатації. Тим самим виникає можливість в прогнозуванні залишкового ресурсу.

Реалізовано два методи запису інтерференційних полів: при стані близькому до руйнування поверхневих шарів виробів (граничні умови) та із проміжними етапами навантаження (допустимі умови). Запис голограм здійснювали двома методами: звичайним двоімпульсним (спекл-інтерферометрією) і за допомогою комп'ютера. Дефект або пошкодження деталі проявляються в місцевому аномальному розміщенні інтерференційних смуг, які б мали в загальному виді – упоряджену структуру – відносно паралельні прямі лінії. У випадку комп'ютерної голографії – це кольорові смуги (кожному кольору відповідає певна величина деформації, при двоімпульсному – це чорні і білі смуги, які відповідають величинам рівної деформації, яка виникає в процесі прикладення деформуючого навантаження.

На першому етапі досліджень застосовували зразки із поліетилену низького тиску (представник широкої номенклатури деталей сільськогосподарських машин, які виготовляють із пластикових матеріалів): діаметр – 120 мм, товщина стінки – 10 мм, тиск робочої зони – 0,3-0,4 МПа, температура виробу в момент проведення досліджень 0°C. В зону ініціювання закачували охолоджене повітря до моменту, поки не починався процес руйнування виробу при ініціалізації його за допомогою ударного навантаження. Для запуску лазера використовували прилад „Trigger-system”. При чому, на віддалі 100 мм від кінця зони ініціювання встановлювали вмикач, який під'єднували безпосередньо перед початком експерименту до приладу. Вмикач являє собою срібну дротину натягнуту між двома електродами в зоні передбачуваного руйнування деталі. При цьому, в деталі проходить процес розвитку тріщини із швидкістю 500-560 м/с. Дротину розривало і спрацьовував сповільнювач в приладі, налагоджений на певний час затримки, вмикався лазер і проводилася подвійна зйомка деталі, яку досліджували. Інтервал між двома спалахами лазера був постійним і складав 20 нс. В результаті створювались умови накладання двох голограм однієї на одну при постійному деформуванні деталі, фронти відбитого від деталі світла мали різну фазу і амплітуду, за рахунок чого створювалися умови виникнення інтерференції при накладанні один на одного цих фронтів.

На голографічній плівці фіксували білі і чорні смуги, які відповідали величині рівної деформації відповідних точок поверхні об'єкту. З метою створення кращої рефлекторної здатності, поверхню виробу в зоні вивчення його властивостей фарбували "срібною" (алюмінієва пудра) фарбою і наносили фізичну сітку. Величина клітини залежала від розмірів деталей; при $D = 120$ мм – $a = 15$ мм $\times$ 15 мм; при $D = 150$ мм – $a = 15$ - 20 мм; при $D = 200$ мм – $a = 15$ - 30 мм.

Експериментальні роботи проводили на спеціально розробленій установці. Методика дослідів була створена у співдружності автора (68 %) із ведучими спеціалістами фірми BECETEL (Бельгія). Під час проведення дослідів два хвилевих поля реєстрували послідовно в одній і тій же голограмі, і відновлювали одночасно – метод двох експозицій [2] або "заморожених смуг". Застосовували імпульсний рубіновий лазер HLS - 2 із довжиною хвилі 694 мкм., а запис голограм проводили на плівці AGFA чутливої до червоного світла. Час експозиції був дуже малий, що дозволило уникнути впливу вібрації оптичної установки і реєструвати в задані момент часу форму хвильового поля, який швидко змінювався в часі.

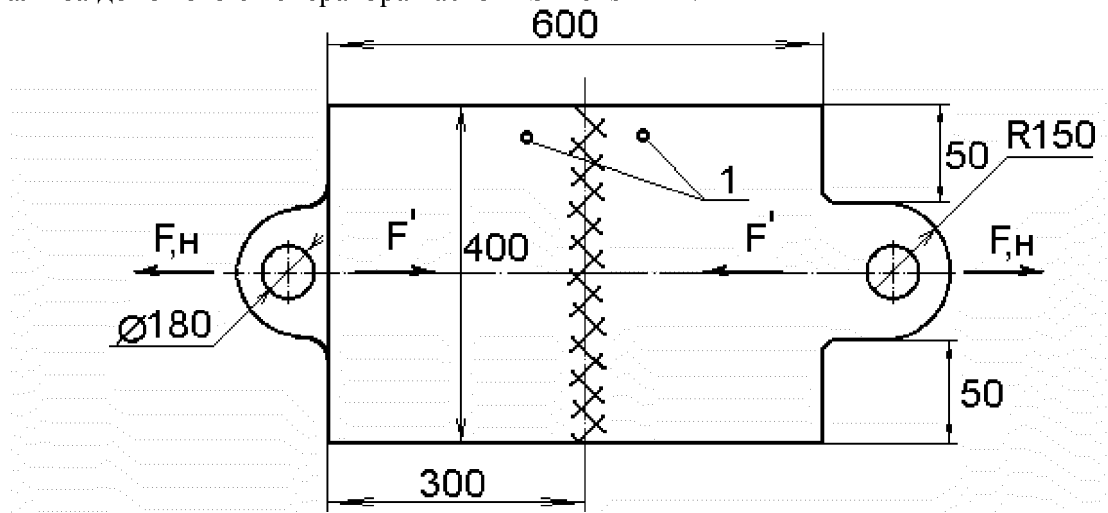
Наступний етап механічних досліджень проводили при циклічному навантаженні. Експерименти проводили у відповідності до рекомендацій спеціальної літератури [3, 4, 5]. Застосовували метод повнобазових ступеневих перевантажень.

Встановлено, що немає достовірних даних про природу циклічних навантажень, яким підлягають великогабаритні деталі в експлуатації, то дослідження проводили при осьовому розтягненні - стиску за симетричним знакозмінним циклом навантаження на спеціальній випробовуваній машині RCJ - 67 із частотою пульсації 20 Гц на базі 10^6 циклів до повного руйнування виробу. Одночасно визначали межу міцності, як найбільшу величину навантаження, при якій не руйнується ні один із зразків серії. Слід відмітити, що визначення величини межі втомлюваності складало другорядне завдання. В першу чергу визначали статистичні характеристики розподілу мікродеформувань робочих поверхонь деталей чи зразків в момент розриву ювенільних зв'язків і виявлення причин появи міжкристалічних дефектів - тріщин та несучільностей, які завжди супроводжують руйнування деталей.

Дослідження проводили на сталених, алюмінієвих, пластикових, металополімерних зразках або реальних деталях без фіксації і встановлення величини навантаження. Деталі механічно обробляли до створення поверхонь, з необхідною для голографування шорсткістю. При величині шорсткості поверхневих шарів R_z 80, R_z 120, R_z 320, дзеркальне відбиття значно мале і світло розсіювалося практично рівномірно у всіх напрямках. Подібна ситуація типова для механічно оброблених поверхонь деталей сільськогосподарських машин. На цьому етапі, експериментальні дослідження процесу мікродеформування проводили із застосуванням пластин (товщиною 10 мм із сталі 40Х) зварених в стик під шаром флюсу керамічного низьколегованим дротом діаметром 1,6 мм (див. рис. 1).

Навантаження деталей проводили механічним, термічним і акустичним методами. Включали лазер в роботу в не довільно вибрані моменти часу, а в точно визначені для кожної партії досліджених об'єктів. Величина відхилення від моменту підключення навантаження до моменту фіксації голограми складало не більше 1-2%, за хронометром. Навантаження контролювали застосовуючи еталонні динамометри, термометри та інше.

Акустичне навантаження передавали через пружний елемент від гучномовця до деталі, які жорстко фіксували за допомогою клею на обох із них. Частоту змінювали за допомогою генератора частот "Simens 450".



1- контакти для вмикання лазера

Рисунок 1 - Схема зразка для визначення величини мікродеформування в деталях

Комп'ютерна голографія (основний вид проведених досліджень) дає змогу реєструвати зміну поверхні при малих навантаженнях, які із невеликими швидкостями зміни стану спричиняють мікродеформування. Це дає можливість фіксувати мікродеформації і спостерігати їх в реальному часі. Образ деформованого тіла, представленого у вигляді кольорових інтерференційних полів, фіксують в пам'яті комп'ютера. Для кожної партії проведених дослідів визначали стохастичні характеристики величини мікродеформації. Як недолік, проведених вище методів, слід відмітити, що досліди проводяться у чітко фіксовані дискретні моменти часу. Це не дає можливості досліджувати інтегральну картину зміни поля мікродеформування поверхні виробу в часі при зміні величини або характеру навантаження. Процес проходить керовано відповідно встановленим факторам: вид навантаження, його величина, ділянка прикладання, сумісна дія, умови проведення робіт та інше.

Слід відмітити деякі недоліки методу неруйнівного контролю двоімпульсною голографією, що зменшує галузі її застосування. До них відносять: всі види робіт повинні виконуватись тільки в затемненому приміщенні, габаритні розміри деталей обмежені дійсними розмірами плівки або фотопластин; їх необхідно фарбувати в матового блиску кольори (білою або срібною фарбою) для створення умов необхідного відбиття когерентного світла від досліджуваних поверхонь. Під час виконання дослідницьких робіт потрібно також, застосовувати захисні екрани; не існує можливості спостерігати за виробами під час досліду в реальному часі та інші. В процесі голографування із застосуванням комп'ютерних технологій більшість із цих умов виконувати не виникає потреби, в чому і є їх перевага. З іншого, боку реалізація комп'ютерної голографії затрудняє отримання трьохмірних образів мікродеформування поверхневих шарів деталей. Взаємне поєднання цих методів дозволяє отримати високої якості адекватні реальним дані про технічний стан виробів і провести прогнозування їх залишкового ресурсу.

Висновки. Приведені вище результати вказують на ефективність від реалізації голографії. При правильно вибраній номенклатурі деталей, умовах досліду, а також комплексному поєднанні із іншими методами, наприклад: акустичного, рентгенографічного дослідження, можливо отримати результати, які із високою мірою достовірності відповідають реальним процесам, а отримані поліноми апроксимації адекватно описують фізичні явища, що проходять в деталях сільськогосподарських машин. Отримані дані застосовували при прогнозуванні залишкового ресурсу деталей сільськогосподарських машин. В цьому і полягає основний набуток голографічного неруйнівного контролю сільськогосподарських машин – кожний компонент структури її деталей може бути перевіреном.

Список літератури

1. Зорин В.А., Бочаров В.С. Надежность машин. - Орел: ОрелГТУ, 2003. - 549 с.
2. Карабиньш С.С., Ружило З.В. Прогнозування технічного стану машин за допомогою засобів комп'ютерної голографії. Зб. наук. пр. ХДТУСГ. - Харків: ХДТУСГ, Вісник 40, 2005. – С. 411- 418.
3. Булгаков В.М., Войтюк Д.Г., Козіброда Я.І., Цурпал І.А. Прикладна механіка. – Тернопіль: Збруч, 1998. -136 с.
4. Высоцкий М.С.Шолимицкий В.И. Ресурс несучих деталей автомобиля. Оценка на стадии проектирования //Автомобильная промышленность. - 1999. - № 14. - С. 21 – 25 с.
5. Гузь А.Н. Механика хрупкого разрушения материалов с начальными напряжениями. - К.: Наукова думка, 1983.-296 с.

С. Карабинеш

Определение микродеформаций в поверхностных слоях деталей голографическими методами

Рассмотрены аспекты определения микродеформаций в поверхностных слоях деталей сельскохозяйственной техники и возможности применения компьютерной голографии как эффективного метода неразрушающего контроля при прогнозировании остаточного ресурса и обеспечения ее надежного использования.

S. Karabinesh

Determination of microstrains in the superficial layers of details by holographic methods

The aspects of determination of microstrains are considered in the superficial layers of details of agricultural technique and possibility of application of computer holography as an effective method of non-destructive control at prognostication of remaining resource and providing of it the reliable of long duration use.

Одержано 11.09.09 г.