



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 106503

(13) C2

(51) МПК

G01B 9/021 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21)	Номер заявки:	а 2012 01473	(73)	Власник(и):	ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА, пр. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010 (UA)
(22)	Дата подання заявки:	13.02.2012			
(24)	Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.09.2014	(56)	Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 91018 C2, 25.06.2010 DE 19516842 A1, 30.11.1995 US 5410406, Apr.25, 1995 RU 2016379 C1, 15.07.1994 SU 715932, 15.02.1980 SU 1828995 A1, 23.07.1993 SU 1640536 A1, 07.04.1991 SU 1021940 A, 07.06.1983
(41)	Публікація відомостей про заявку:	27.08.2013, Бюл.№ 16			
(46)	Публікація відомостей про видачу патенту:	10.09.2014, Бюл.№ 17			
(72)	Винахідник(и):	Рожковський Володимир Фаустович (UA), Куїнн Наталія Олександрівна (UA), Саган Наталя Василівна (UA), Кандрін Олександр Олександрович (UA)			

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕМІЩЕНЬ ПОВЕРХНІ ОБ'ЄКТА

(57) Реферат:

Винахід належить до оптичних методів контролю, а саме до методів голографічної інтерферометрії, і може бути використаний для неруйнівного контролю і технічної діагностики виробів машинобудування. Спосіб визначення переміщень поверхні об'єкта за голографічним інтерференційним портретом, отриманим в процесі навантаження об'єкта, полягає в тому, що за допомогою відеопристрою голографічний інтерференційний портрет заводять до комп'ютера, програмним способом розбивають на скінченні елементи, виходячи із розподілу інтенсивності почорніння поверхні об'єкта, зображеного на голографічному інтерференційному портреті, програмним способом визначають фазу світлової хвилі. Для значного зменшення витрати часу і впливу на результат суб'єктивного фактора задають зв'язок між значеннями інтенсивності почорніння у вузлових точках елементів і не поліномними функціями форми та, використовуючи зв'язок фази з величиною переміщень, визначають переміщення поверхні об'єкта.

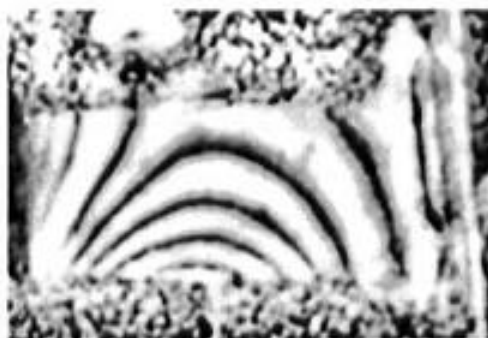


Fig. 1

UA 106503 C2

Винахід належить до оптичних методів контролю, а саме до методів голографічної інтерферометрії, і може бути використаний для неруйнівного контролю і технічної діагностики виробів машинобудування.

Відомий метод оцінки якості об'єкта методом голографічної інтерферометрії, згідно з яким на реєструюче середовище записують хвильові фронти, відбиті від об'єкта в його початковому і деформованому станах [5]. Інтерференція цих хвильових фронтів приводить до того, що записане голографічне зображення об'єкта виявляється покритим сіткою інтерференційних смуг, що свідчать про переміщення зовнішньої поверхні об'єкта. Величини переміщень відображають реакцію об'єкта на задане навантаження. Для визначення цих переміщень здійснюють розшифровку інтерферограми - голографічного інтерференційного портрета об'єкта (ГІП). Складність рішення цієї задачі полягає в тому, що один і той же ступінь почорніння на ГІП може відповідати різним фазам світлової хвилі - величини, безпосередньо пов'язаної з переміщеннями, тобто неможливо точно визначити величину переміщення.

Для точного визначення полів різниці фаз оптичних хвильових фронтів використовують методи, засновані на отриманні надлишкової інформації, яка дозволяє однозначно визначити різницю фаз. Наприклад, у способі несучих смуг [5-9]. Суть способу полягає у тому, що одержують початкову інтерферограму несучих смуг з високою просторовою частотою й об'єднують її з інтерференційною картиною смуг, отриманою при навантаженні об'єкта, що досліджується.

Змінюючи кут нахилу, регулюють просторову частоту несучих смуг, що покривають поверхню не навантаженого об'єкта. Картину несучих смуг створюють за допомогою нахилу фазової пластинки, що розташована в оптичній схемі інтерферометра в об'єктному пучку, нахилом досліджуваного об'єкта, зміною орієнтації опорного променя або самої голограми.

Переміщення поверхні об'єкта, які отримані за методикою несучих смуг, з використанням класичного Фур'є-методу вимагає точного знання частоти несучих смуг. Крім того, необхідно виконати умову, що забезпечує однакову відстань між несучими смугами, що не завжди вдається.

Відомий також, обраний як прототип, спосіб визначення переміщень поверхні об'єкта за допомогою поліномних функцій [6]. ГІП об'єкта, який контролюється, програмним способом розбивають на скінченні елементи простої геометричної форми, задають зв'язок між інтенсивністю почорніння у вузлових точках цих елементів у вигляді полінома з невідомими коефіцієнтами, які визначаються шляхом мінімізації функціонала відхилень інтенсивності вихідного ГІП об'єкта і ГІП, отриманого розрахунковим способом з використанням значень фаз, які обчислені за допомогою вибраних поліномів.

Оскільки використання поліномних функцій пов'язане зі значними витратами часу на пошуки великої кількості коефіцієнтів поліномної функції, а цей фактор відіграє значну роль під час контролю серійного і масового виробництва, разом з властивими йому перевагами даний спосіб має недоліки, пов'язані зі значними трудовитратами оператора.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення способу визначення переміщень поверхні об'єкта, шляхом використання не поліномних функцій форми, що значно зменшить витрати часу і вплив на результат суб'єктивного фактора.

Поставлена задача вирішується тим, що в спосіб визначення переміщень поверхні об'єкта за голографічним інтерференційним портретом, отриманим в процесі навантаження об'єкта, який полягає в тому, що за допомогою відеопристрою голографічний інтерференційний портрет заводять до комп'ютера, програмним способом розбивають на скінченні елементи, виходячи із розподілу інтенсивності почорніння поверхні об'єкта, зображеного на голографічному інтерференційному портреті, програмним способом визначають фазу світлової хвилі, новим є те, що задають зв'язок між значеннями інтенсивності почорніння у вузлових точках елементів і не поліномними функціями форми та, використовуючи зв'язок фази з величиною переміщень, визначають переміщення поверхні об'єкта.

Для здійснення способу визначають загальний напрямок інтерференційних смуг за допомогою методу поля напрямів, вирішують оптимізаційну задачу по визначенню двох параметрів, що визначають напрямок інтерференційних смуг, визначають частоту та початкову фазу інтерференційного портрета за допомогою перетворення Фур'є.

На Фіг. 1 наведений вихідний ГІП об'єкта, який був введений в комп'ютер за допомогою відеопристрою.

На Фіг. 2 наведений вид розрахункового ГІП об'єкта після визначення переміщень об'єкта за допомогою поліномних функцій форми.

На Фіг. 3 наведений вид розрахункового ГІП після визначення переміщень об'єкта за допомогою не поліномних функцій форми.

Спосіб реалізується таким чином.

Отримують ГІП об'єкта в процесі навантаження і за допомогою відеопристрою здійснюють передачу зображення до пам'яті комп'ютера. Програмним способом розбивають зображення об'єкта на скінченні елементи простої геометричної форми - трикутники або чотирикутники і визначають інтенсивність почорніння у вузлових точках скінченного елемента з номером i . Інтенсивність почорніння у довільній точці ГІП об'єкта визначається за формулою

$$I(x, y) = I_0(x, y)(1 + \cos(\pi\varphi(x, y))), \quad (1)$$

де x, y - координати точки на інтерферограмі; $I(x, y)$ - результуюча освітленість; $I_0(x, y)$ - вихідна освітленість точки поверхні об'єкта, що визначає його фотографічне зображення; $\varphi(x, y)$ - зміна фази, що викликана переміщенням точки поверхні об'єкта. В межах кожного скінченного елемента $I_0(x, y)$ вважається постійною. Розрахунковим методом визначають таку функцію $\varphi(x, y)$, для якої функціонал

$$J(\varphi) = \iint_{\Omega} (I(x, y) - I_0(x, y)(1 + \cos 2\pi\varphi(x, y)))^2 d\Omega \quad (2)$$

має мінімальне значення. При цьому для кожного скінченного елемента $\varphi(x, y)$ задають у заздалегідь визначених не поліномних функцій форми, наприклад, таку функцію

$$n(x, y) = \sqrt{(x-b)^2 + (y-c)^2}. \quad (3)$$

Алгоритм реалізації запропонованого способу розшифровки складається з трьох етапів. На першому етапі ГІП покривається сіткою скінченних елементів і розв'язується задача мінімізації функціонала (2) на кожному елементі, незалежно від інших. На другому етапі відбувається узгодження для кожного елемента, розраховується оптимальне значення знака і адитивної добавки. На третьому етапі отриманні вузлові значення уточнюються і визначаються переміщення поверхні об'єкта за допомогою заздалегідь визначених не поліномних функцій форми.

Таким чином, спосіб визначення переміщень поверхні об'єкта за голографічним інтерференційним портретом, отриманим в процесі навантаження об'єкта, та розбиття його на скінченні елементи і встановлення зв'язку між значеннями інтенсивності почорніння у вузлових точках елементів і не поліномними функціями форми, розширює можливості прототипу, водночас зменшуючи час на обробку ГІП та трудовитрати оператора.

Джерела інформації:

1. Карплюк Б.В., Солодкий Ю.Н. Анализ погрешностей измерения фазы интерферометром с управляемым фазовым сдвигом // Автометрия. - 1992. - № 6. - С. 16-21.

2. Ильиных С.П., Гужов В.И. Обобщенный алгоритм расшифровки интерферограмм с пошаговым сдвигом // Автометрия. - 2002. - Т. 38, № 3. - С. 123-126.

3. Гужов В.И. Практические аспекты измерения фазы в интерферометрии // Автометрия. - 1995. - № 5. - С. 25-31.

4. Гуров И.П. Компьютерная обработка интерференционных сигналов на основе алгоритма управляемого фазового сдвига // Оптический журнал. - 1998. - № 10. - С. 38-42.

5. Matthys D.R., Dudderer T.D., Gilbert J.A. Automated analysis of holoferograms for the determined of surface displacement // Experimental Mechanics. - 1988. - № 3. - P. 86-91.

6. Патент України 91018 МПК⁰⁶ G 01B9/00. Спосіб визначення переміщень поверхні об'єкта / Рожковський В.Ф., Сохач Ю.В., Бузьська Н.О., № а200612820, заявлено 4.12.06, опубл. 25.06.10 //Бюл. № 12-2010.

7. Takeda M. Ina H., Kobayashi S. Fourier-transform method of fringe-pattern analysis for computer-based topography and interferometry // J. Opt. Soc. Am. - 1982. - V.72. - P. 156-160.

8. Kujawinska M., Osten W. Fringe pattern analysis methods up-to-date-review // Proc. SPIE. - 1998. - V.3407. - P. 56-66.

9. Kreis Th., Juptner W. Fourier-transform evaluation of interference pattern pattern: the role of filtering in spatial-domain in laser interferometry. Quantitative analysis of interfere grams // ed. by R. J. Pryputniewicz. - Proc. SPIE-1989. - V.1162. - P. 116-125.

10. Huntley J. M., Coggrave C. R. Progress in phase unwrapping // Proc. SPIE. - 1998. - V.3407. - P. 86-93.

11. Рожковский В.Ф. Автоматизированная расшифровка голографических интерференционных портретов конструкций из композитных материалов // Системные технологии. - 1997. - Вып. 1 - с. 55-65.

12. Рожковский В.Ф., Бузская Н.А. Применение метода конечных элементов для расшифровки голографических интерферограмм // Вестник ДНУ, РКТ. - 2005.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 5 Спосіб визначення переміщень поверхні об'єкта за голографічним інтерференційним портретом, отриманим в процесі навантаження об'єкта, який полягає в тому, що за допомогою відеопристрою голографічний інтерференційний портрет заводять до комп'ютера, програмним способом розбивають на скінченні елементи, виходячи із розподілу інтенсивності почорніння поверхні об'єкта, зображеного на голографічному інтерференційному портреті, програмним способом визначають фазу світлової хвилі, який **відрізняється** тим, що задають зв'язок між значеннями інтенсивності почорніння у вузлових точках елементів і не поліномними функціями форми та, використовуючи зв'язок фази з величиною переміщень, визначають переміщення поверхні об'єкта.
- 10

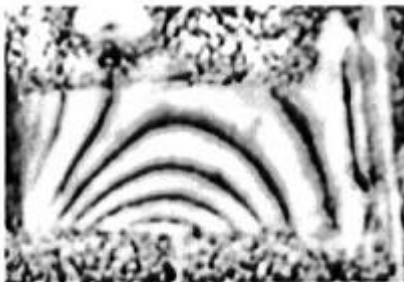


Fig. 1

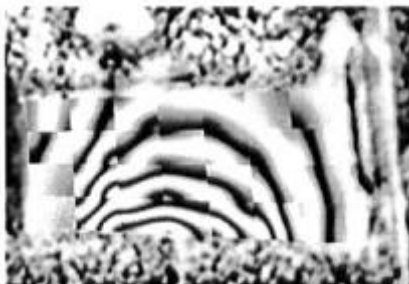


Fig. 2



Fig. 3

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601