



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0065784  
(43) 공개일자 2008년07월15일

(51) Int. Cl.

G01B 11/24 (2006.01) G01B 9/02 (2006.01)  
G01B 11/25 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0002867

(22) 출원일자 2007년01월10일

심사청구일자 2007년01월10일

(71) 출원인

조선대학교산학협력단

광주광역시 동구 서석동 375, 조선대학교 산학기  
획팀

(72) 발명자

김경석

광주광역시 서구 치평동 1171-4 금호쌍용아파트  
204동 1201호

장호섭

광주 광산구 도산동 977 10/3

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양차권, 윤춘주

전체 청구항 수 : 총 1 항

#### (54) 전단간섭계를 이용한 면외변형의 정량계측방법

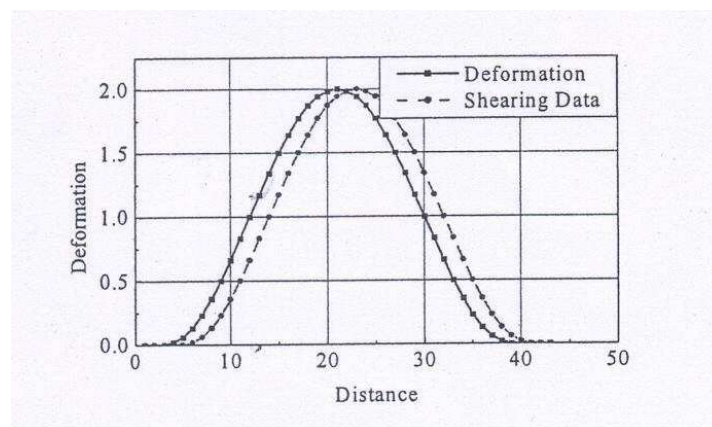
##### (57) 요약

본 발명은 전단간섭계를 이용하여 대상물의 변형의 기울기를 측정하고, 이를 수치적분을 통하여 대상물에 발생하는 결함의 가시화와 면외변형을 정량적으로 계측함으로써 기존 ESPI를 대체하고, 산업적 활용도를 높일 수 있도록 한 전단간섭계를 이용한 면외변형의 정량계측방법에 관한 것이다.

이를 위하여, 본 발명은 전단간섭법으로 대상물체의 변형 전 이미지를 획득하는 단계와, 전단간섭법으로 대상물체의 변형 후 이미지를 획득하는 단계와, 획득된 변형 전 이미지와 변형 후 이미지를 감산처리한 후 변형 전 이미지와 변형 후 이미지의 평행이동 값으로 수치적분함으로써 면외변형을 계측하는 단계로 이루어진 것을 특징으로 한다.

상기의 기술적 구성에 따르면, 전단간섭법을 이용하여 대상물에 발생하는 면외변형을 정량적으로 측정함으로써, 전단간섭법의 장점인 간단한 간섭계의 구성과 저렴한 레이저의 사용, 그리고 외란에 강인한 장점을 바탕으로 전단간섭계의 산업적 현장적용성을 높일 수 있고, 비파괴 검사기법으로써 스펙클 패턴 간섭법이 안정적으로 적용될 수 있다는 효과가 있다.

대표도 - 도1a



(72) 발명자

**정성욱**

광주광역시 동구 지산2동 342-59

**정현철**

광주 남구 양림동 105-2

**강명구**

광주 서구 풍암동 신암마을 대주파크빌 203/803

**곽재호**

광주 남구 봉선동

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

전단간섭법으로 대상물체의 변형 전 이미지를 획득하는 단계와,

전단간섭법으로 대상물체의 변형 후 이미지를 획득하는 단계와,

획득된 변형 전 이미지와 변형 후 이미지를 감산처리한 후 변형 전 이미지와 변형 후 이미지의 평행이동 값으로 수치적분함으로써 면외변형을 계측하는 단계로 이루어진 것을 특징으로 하는 전단간섭계를 이용한 면외변형의 정량계측방법.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <2> 본 발명은 전단간섭계를 이용한 면외변형의 정량계측방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전단간섭계를 이용하여 대상물의 변형의 기울기를 측정하고, 이를 수치적분을 통하여 대상물에 발생하는 결함의 가시화와 면외변형을 정량적으로 계측함으로써 기존 ESPI를 대체하고, 산업적 활용도를 높일 수 있도록 한 전단간섭계를 이용한 면외변형의 정량계측방법에 관한 것이다.
- <3> 일반적으로 변형을 측정하는 방법은 크게 접촉식과 비접촉식으로 구분된다.
- <4> 대표적인 접촉식 변형측정 방법은 스트레인게이지와 가속도계이며, 비접촉식 변형측정 방법은 도플러의 원리를 이용하여 레이저 도플러 진동계가 있으며, 대표적인 방법은 전자처리 스펙클 패턴 간섭법(ESPI)으로 레이저의 시간적, 공간적인 가간섭성을 이용하여, 정밀한 수준으로 대상물 전체 영역에 걸쳐 실시간측정 및 해석할 수 있다.
- <5> 그러나 ESPI는 외부에서 발생하는 외란에 매우 민감하여 외부진동을 감쇠하는 방진 테이블이 없는 산업현장에서는 그 적용성이 극히 낮다는 문제점이 있었다.
- <6> 스펙클을 이용하여 또 다른 방법인 전단간섭법(Shearography)은 광학간섭계를 적절하게 구성하여 변형의 도함수 성분을 구할 수 있다는 개념으로 개발되었다.
- <7> 대상물에 결함이 있는 경우, 외력이 가해지면 응력집중이 발생하며, 강체변형은 변형률 변화를 발생시키지 않기 때문에 전단간섭법은 대상물의 결함을 계측하는데 매우 우수하며, 외란에 매우 강한 장점을 바탕으로 산업현장에서 비파괴검사 기법으로 많이 사용되고 있다.
- <8> 또한, ESPI보다 간섭계의 구성이 간단하고, 레이저의 가간섭거리가 상대적으로 짧아도 측정이 가능하며, 비파괴 검사분야에서 유용한 방법으로 활용이 되고 있다.
- <9> 그러나 현재까지의 전단간섭계는 변형의 기울기만을 측정하는데 이용되고 있으며, 대상물에 발생하는 변형을 측정하는 방법은 ESPI가 주도적 역할을 하고 있다.
- <10> 그런데 전술한 바와 같이, ESPI는 산업현장에서의 적용성이 떨어지며, 진동의 해석에 있어서도 동일한 조건에서 대상물에 발생하는 진동모드별 진폭을 정량 측정할 수 없으며, 진동해석이 가능한 장비로 성능이 우수한 레이저 도플러 진동계는 대상물의 진동해석에 소요되는 시간이 매우 길다는 문제점이 있었다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <11> 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 그 목적은 전단간섭계를 이용하여 대상물의 변형의 기울기를 측정하고, 이를 수치적분을 통하여 대상물에 발생하는 결함의 가시화와 면외변형을 정량적으로 계측함으로써 기존 ESPI를 대체하고, 산업적 활용도를 높일 수 있도록 한 전단간섭계를 이용한 면외변형의 정량계측방법을 제공하는 데 있다.

### 발명의 구성 및 작용

<12> 본 발명은 상기의 기술적 과제를 달성하기 위하여, 전단간섭법으로 대상물체의 변형 전 이미지를 획득하는 단계와, 전단간섭법으로 대상물체의 변형 후 이미지를 획득하는 단계와, 획득된 변형 전 이미지와 변형 후 이미지를 감산처리한 후 변형 전 이미지와 변형 후 이미지의 평행이동 값으로 수치적분함으로써 면외변형을 계측하는 단계로 이루어진 것을 특징으로 한다.

<13> 이하, 본 발명에 따른 전단간섭계를 이용한 면외변형의 정량계측방법의 바람직한 실시 예를 상세히 설명한다.

<14> 먼저, 전단간섭법은 그 측정결과를 변형의 도함수(Derivative), 구배(Gradient), 기울기(Slope) 등으로 표현하고 있으며, 전단간섭법의 이론식으로 표현할 때 미분(Differentiation)으로 표현하고 있다(식 1 참조).

$$f'(x_i) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x_i + h) - f(x_i)}{h}$$

<15> (식 1)

<16> 본 발명은 전단간섭법의 이론적 제한사항을 수치미분을 이용하여 표현하고, 전단간섭법에 의한 측정결과를 수치적분을 이용하여 대상물에 발생하는 변형을 정량적으로 계측하고자 하는데 기술적 특징이 있다.

<17> 실제 전단간섭법을 이용한 측정결과는 식 2와 같이 대상물에 발생하는 변형을 전단시켜 나타나며, 변형  $\Delta d$ 는 식 3과 같다.

$$\Delta\phi = \frac{4\pi}{\lambda} \Delta d$$

<18> (식 2)

$$\begin{aligned} \Delta d &= d(x) - d(x_0) \\ &= \frac{\Delta x}{1!} \frac{\partial d}{\partial x} + \frac{(\Delta x)^2}{2!} \frac{\partial^2 d}{\partial x^2} + \dots \end{aligned}$$

<19> (식3)

<20> 식 3에서 고차항을 무시하면, 식 4와 같으며, 이를 식 2에 대입하면 식 5와 같다.

$$\Delta d = d(x) - d(x_0) \approx \frac{\partial d}{\partial x} \frac{\Delta x}{1!}$$

<21> (식 4)

$$\Delta\phi = \frac{4\pi}{\lambda} \{d(x) - d(x_0)\} \approx \frac{4\pi}{\lambda} \left( \frac{\partial d}{\partial x} \right) \Delta x$$

<22> (식 5)

<23> 이는 대상물에 발생하는 변형의 한 점과 전단량만큼 떨어진 두 점의 연속적인 차이와 같으며, 이 결과는 직접적으로 적분을 적용할 수 없으나, ESPI나 전단간섭법 모두 화상처리이므로 변형  $f$ , 대응화소  $x_i$ , 전단량화소  $h$ 로 바꾸어 쓰면, 식 6과 같이 표현할 수 있으며, 이를 다시  $f'$ 로 정리하면 식 7과 같다.

$$f'(x_i) h \approx f(x_i + h) - f(x_i)$$

<24> (식 6)

$$f'(x_i) \approx \frac{f(x_i + h) - f(x_i)}{h}$$

<25> (식 7)

<26> 식 7은 테일러 정리를 이용한 유한차분법의 전진차분법과 동일한 결과이며, 전단간섭법은 전단방향에 따라 유한차분법에서 전방차분 또는 후방차분에 해당되고, 이를 이용하여 수치적분을 수행할 수 있다.

<27> 식 6을 식 5에 대입하면 식 8과 같이 표현할 수 있으며, 측정된 결과는 식 9와 같이 수치적분이 가능하다.

$$\Delta\phi \approx \frac{4\pi}{\lambda} f' h$$

<28> (식 8)

$$f(x_i) \approx \sum f'(x_i)$$

<29> (식 9)

<30> 또한, 대상물에 발생하는 변형은 경계조건이 양단고정 또는 양단단순을 가정할 경우 삼각함수로 표현이 가능하며, 삼각함수에 유한차분법을 적용할 경우 신뢰성을 높일 수 있다.

<31> 다음, 고정단을 가지는 평판의 면외변형은 코사인 함수로서, 도 1의 (a)이 실선과 같은 상태이며, 이는 ESPI에서 발생하는 면외변형을 이용하여 측정된 결과로 볼 수 있다.

<32> 도 2에 도시한 바와 같이, 전단간섭계의 전단거울(Mirror 2)이 임의의 각도로 전단될 때 CCD카메라에 전단 이미지가 형성되는데, 이는 도 1의 (a)의 점선과 같이 일정 거리 즉, 화소수만큼 평행이동 되어 나타난다.

<33> 도 1의 (b)는 (a)에 표현된 두 값을 감산한 결과로써, 전단간섭법으로 표현되는 변형 전과 변형 후 상태의 비교 결과이며, 이는 임의의 두 점 사이의 평균 기울기의 연속적인 표현이다.

<34> 본 발명은 도 1의 (b)의 결과를 평행 이동시킨 화소수로 나누고, 적분하면 원래의 변형과 거의 같은 결과를 얻을 수 있는데, 이는 도 1의 (c)로부터 확인할 수 있다.

<35> 즉, 상기의 설명에 의하면 전단간섭법만을 이용하여 대상물에 발생하는 면외변형을 측정할 수 있음을 알 수 있을 것이다.

### 발명의 효과

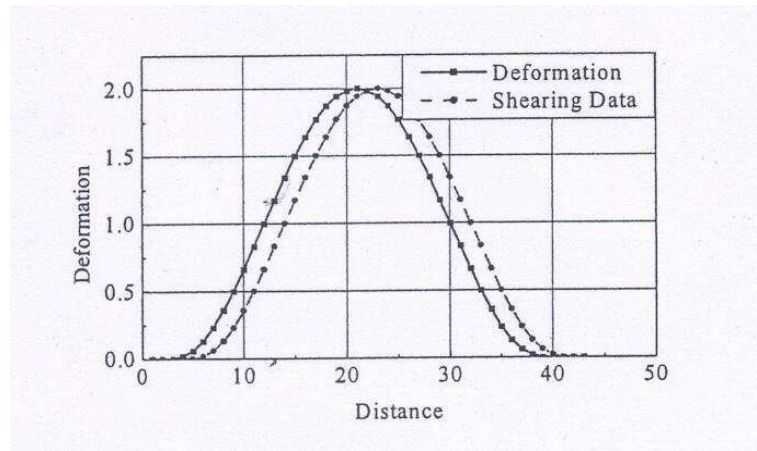
<36> 이상에서 상세히 설명한 바와 같이, 본 발명에 따르면 전단간섭법을 이용하여 대상물에 발생하는 면외변형을 정량적으로 측정함으로써, 전단간섭법의 장점인 간단한 간섭계의 구성과 저렴한 레이저의 사용, 그리고 외란에 강인한 장점을 바탕으로 전단간섭계의 산업적 현장적용성을 높일 수 있고, 비파괴 검사기법으로써 스펙클 패턴 간섭법이 안정적으로 적용될 수 있다는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

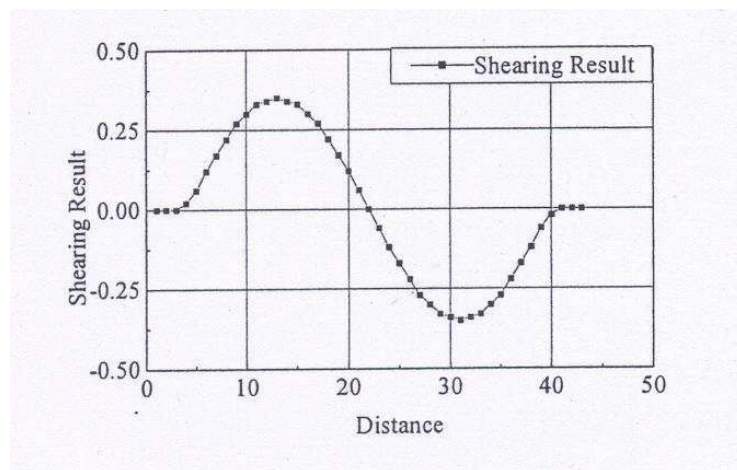
<1> 도 1 및 2는 본 발명에 따른 전단간섭계를 이용한 면외변형의 정량계측방법의 설명도이다.

도면

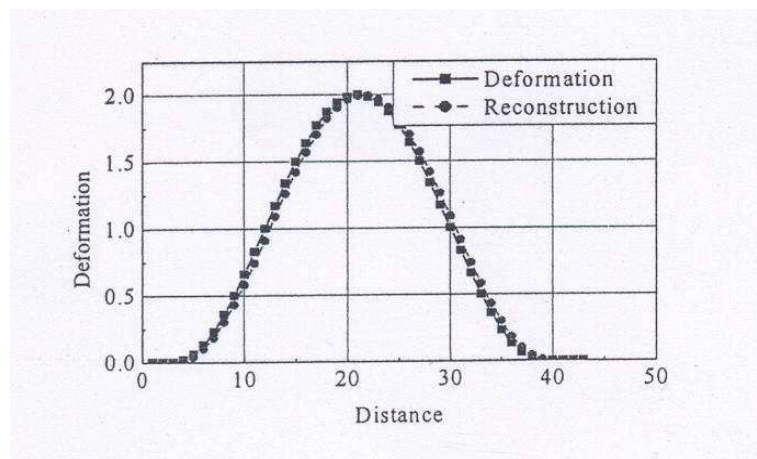
도면1a



도면1b



도면1c



도면2

