(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0134585
(43) 공개일자 2011년12월15일

(51) Int. Cl.
G01L 1/24 (2006.01) *G01B 11/16* (2006.01)
G01N 3/08 (2006.01) *G01N 3/20* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0054216
(22) 출원일자 2010년06월09일
심사청구일자 2010년06월09일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 서석동 375 조선대학교 내
(72) 발명자
장호섭
광주광역시 남구 양림동 휴먼시아 105-605
김경석
광주광역시 서구 치평동 금호쌍용 APT 204-1201
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이재량

전체 청구항 수 : 총 14 항

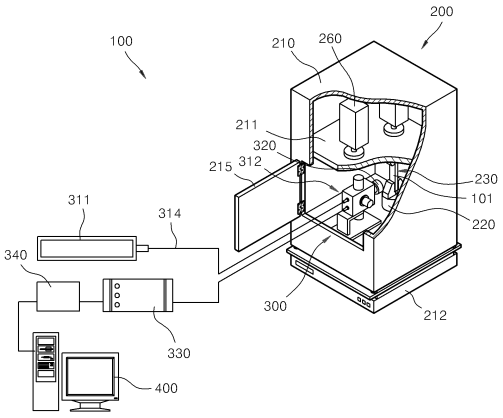
(54) 잔류응력 측정기 및 이를 이용한 잔류응력 측정방법

(57) 요 약

본 발명은 잔류응력 측정기 및 이를 이용한 잔류응력 측정방법에 관한 것으로서, 잔류응력 측정기는 측정대상 시편에 인장방향 또는 압축방향으로 외력을 인가하거나 굽힘하중을 인가하는 재료시험기와, 외력에 의해 변형된 상기 시편의 변형을 측정하여 상기 시편의 변형률을 산출하는 측정부와, 측정부에 산출된 상기 변형률을 토대로 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 연산부를 구비한다.

본 발명에 따른 잔류응력 측정기 및 이를 이용한 잔류응력 측정방법은 외부에서 인가된 인장력 또는 압축력에 의한 시편의 변형률을 토대로 시편의 잔류응력을 측정하므로 잔류응력의 측정과정 중 시편이 파괴되거나 미세조직에 영향을 주지 않는 장점이 있다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

정현철

광주광역시 남구 양림동 105-2

김동수

강원도 평창군 평창읍 하5리 75-5

김경수

광주광역시 동구 학동 131-6 102호

정덕운

전라남도 완도군 약산면 득암리 675

특허청구의 범위

청구항 1

측정대상 시편에 인장방향 또는 압축방향으로 외력을 인가하거나 상기 시편에 굽힘하중을 인가하는 재료시험기와;

상기 외력에 의해 변형된 상기 시편의 변형을 측정하여 상기 시편의 변형률을 산출하는 측정부와;

상기 측정부에 산출된 상기 변형률을 토대로 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 연산부;를 구비하는 것을 특징으로 하는 잔류응력 측정기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 재료시험기는 상기 시편에 인장방향 또는 압축방향으로 제1 및 제2외력을 각각 인가하고,

상기 연산부는

상기 측정부를 통해 측정된 상기 제1 및 제2외력에 의해 변형된 상기 시편의 제1 및 제2변형률을 하기의 [수식1] 및 [수식2]에 대입하고, 상기 [수식1] 및 [수식2]를 연립하여 상기 잔류응력을 계산하는 것을 특징으로 하는 잔류응력측정기.

[수식1]

$$\frac{P_1}{A} = \sigma_{m1} = E_{m1}\,\varepsilon_{m1} = \sigma_{w1} + \sigma_R = E_w\,\varepsilon_{w1} + \sigma_R$$

[수식2]

$$\frac{P_2}{A} = \sigma_{m2} = E_{m2}\,\varepsilon_{m2} = \sigma_{w2} + \sigma_R = E_w\,\varepsilon_{w2} + \sigma_R$$

여기서, P_1는 제1외력, P_2는 제2외력, A는 시편의 단면적, σ_R는 잔류응력, E_{m1}는 제1외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 탄성계수, E_{w1}는 제1외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 탄성계수 E_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류영역에 대한 탄성계수, E_{w2}는 제2외력이 인가된 시편의 잔류영역에 대한 탄성계수, σ_{m1}는 제1외력에 의한 시편의 비잔류응력영역의 응력, σ_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 응력, σ_{w1}는 제1외력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, σ_{w2}는 제2외력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, ε_{m1}는 제1외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w1}는 제1외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대

한 변형률, ε_{w2}는 제2외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률을 표시한다.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 측정부는

상기 재료시험기에 의해 인장력 또는 압축력이 인가된 상기 시편에 복수의 레이저광을 조사하되, 상기 레이저광을 상기 시편의 법선에 대해 소정의 조사각으로 경사지게 조사하는 광학부와;

상기 시편의 표면에 의해 난반사된 상기 레이저광들이 상호 간섭되어 형성되는 간섭패턴을 촬영하는 카메라와;

상기 조사각에 따른 상기 간섭패턴에 대한 다수의 화상정보를 획득하기 위해 상기 조사각이 변경되도록 상기 광학부를 제어하는 제어부와;

상기 카메라를 통해 촬영된 상기 화상정보들을 토대로 상기 시편의 변형률을 산출하는 산출부;를 구비하는 것을 특징으로 하는 잔류응력 측정기.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 재료시험기는

본체와;

상호 이격된 위치의 상기 본체에 설치되며, 상호 대향되는 면에 상기 시편의 단부를 고정할 수 있는 척부재가 마련된 파지부재들과;

상기 시편에 인장력 또는 압축력을 인가할 수 있도록 상기 파지부재들을 상호 이격되거나 상호 인접되게 이동시키는 가압부;를 구비하고,

상기 척부재는

상기 시편의 단부가 삽입되는 삽입공간이 형성될 수 있게 상호 이격된 위치의 상기 파지부재에 설치되되, 상기 파지부재의 이송방향을 기준으로 전후방으로 상기 시편에 상기 외력이 용이하게 전달될 수 있도록 형성된 제1 및 제2지그부재와;

상기 제1 및 제2지그부재의 이격거리를 조절하여 상기 제1 및 제2지그부재 에 상기 시편의 단부를 고정하는 간격조절부;를 구비하는 것을 특징으로 하는 잔류응력 측정기.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1지그부재는

상시 시편을 파지시 미끄럼이 발생되는 것을 방지할 수 있도록 상기 제2지그부재에 대향되는 면에 다수의 요철이 돌출형성된 제1요철면이 마련되고, 상기 가압부에 의해 상기 파지부재들이 상호 인접되는 방향으로 이동시 상기 시편의 단면에 접촉하여 가압할 수 있도록 돌출형성된 가압돌기를 구비하고,

상기 제2지그부재는 상기 제1요철면에 대향되는 면에 다수의 요철이 형성된 제2요철면이 마련되고, 상기 가압돌기의 단부가 삽입될 수 있도록 상기 가압돌기에 대향되는 위치에 삽입홈이 형성되는 것을 특징으로 하는 잔류응력 측정기.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 제1지그부재는

상시 시편을 파지시 미끄럼이 발생되는 것을 방지할 수 있도록 상기 제2지그부재에 대향되는 면에 다수의 요철이 돌출형성된 제1요철면이 마련되고, 상기 가압부에 의해 상기 파지부재들이 상호 인접되는 방향으로 이동시 상기 시편의 단부를 가압할 수 있도록 돌출형성된 제1접촉돌기를 구비하고,

상기 제2지그부재는 상기 제1요철면에 대향되는 면에 다수의 요철이 형성된 제2요철면이 마련되고, 상기 제1가압돌기에 대향되는 위치에 돌출형성된 제2접촉돌기를 구비하는 것을 특징으로 하는 잔류응력 측정기.

청구항 7

제4항에 있어서,

제1 및 제2지그부재는

상호 대향되는 면에 상기 제1 및 제2지그부재의 길이방향으로 연장형성된 중심선을 기준으로 양측에 다수의 요철이 돌출형성된 제3 및 제4요철면이 각각 마련되되, 상기 제3 및 제4요철면의 요철은 단부가 상기 파지부재의 이송방향을 기준으로 전방 및 후방으로 각각 편향되게 형성되는 것을 특징으로 하는 잔류응력 측정기.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 재료시험기는 외부로부터 인가되는 진동이 상기 본체에 전달되는 것을 방지할 수 있도록 상기 본체의 외주면에 설치되어 상기 본체를 탄성적으로 지지하는 방진부재를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 잔류응력 측정기.

청구항 9

측정대상 시편에 인장방향 또는 압축방향으로 외력을 인가하는 재료시험기와, 상기 외력에 의해 변형된 상기 시편의 변형을 측정하여 상기 시편의 변형률을 산출하는 측정부와, 상기 산출부에 산출된 상기 변형률을 토대로 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 연산부;를 구비하는 잔류응력 측정기를 이용한 잔류응력 측정방법에 있어서,

상기 재료시험기를 통해 상기 시편을 제1외력으로 인장 또는 압축하는 제1가압단계와;

상기 측정부를 통해 상기 제1외력으로 인장 또는 압축되는 상기 시편의 변형률을 산출하되, 상시 시편을 잔류응력의 작용여부에 따라 잔류응력영역 및 비잔류응력영역으로 구분하여 각 영역별로 변형률을 산출하는 제1변형률 산출단계와;

상기 재료시험기를 통해 상기 시편을 제2외력으로 인장 또는 압축하는 제2가압단계와;

상기 측정부를 통해 상기 제2외력으로 인장 또는 압축되는 상기 시편의 변형률을 산출하되, 상시 시편을 잔류응력의 작용여부에 따라 잔류응력영역 및 비잔류응력영역으로 구분하여 각 영역별로 변형률을 산출하는 제2변형률 산출단계와;

상기 제1 및 제2변형률 산출단계를 통해 산출된 변형률들을 토대로 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 잔류응력 계산단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 잔류응력 측정방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 잔류응력 계산단계는 상기 제1가압단계에서 상기 시편을 상기 제1외력으로 인장하고, 상기 제2가압단계에서 상기 시편을 상기 제1외력과 동일한 크기의 상기 제2외력으로 압축하는 경우, 하기의 [수식1]과 [수식2]를 연립하여 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 것을 특징으로 하는 잔류응력 측정방법.

[수식1]

$$\frac{P}{A} = \sigma_m = E_m \varepsilon_m = \sigma_w + \sigma_R = E_w \varepsilon_w + \sigma_R$$

[수식2]

$$-\frac{P}{A} = -\sigma_m = -E_m \varepsilon_m = -\sigma_{wc} + \sigma_R = -E_{wc} \varepsilon_{wc} + \sigma_R$$

여기서, P는 제1 및 제2외력, A는 시편의 단면적, σ_R는 잔류응력, E_m는 시편의 비잔류응력영역에 대한 탄성계수, E_w는 시편의 잔류응력영역에 대한 탄성계수 , σ_m는 시편의 비잔류응력영역의 응력, σ_w는 인장력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, σ_{wc}는 압축력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, ε_m는 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_w는 인장력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{wc}는 압축력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률을 표시한다.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 잔류응력 계산단계는 상기 제1가압단계에서 상기 시편을 상기 제1외력으로 인장하고, 상기 제2가압단계에서 상기 시편을 상기 제2외력으로 인장하는 경우, 하기의 [수식3]과 [수식4]를 연립하여 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 것을 특징으로 하는 잔류응력 측정방법.

[수식3]

$$\frac{P_1}{A} = \sigma_{m1} = E_{m1} \varepsilon_{m1} = \sigma_{w1} + \sigma_R = E_w \varepsilon_{w1} + \sigma_R$$

[수식4]

$$\frac{P_2}{A} = \sigma_{m2} = E_{m2} \varepsilon_{m2} = \sigma_{w2} + \sigma_R = E_w \varepsilon_{w2} + \sigma_R$$

여기서, P_1는 제1외력, P_2는 제2외력, A는 시편의 단면적, σ_R는 잔류응력, E_{m1}는 제1외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 탄성계수, E_{w1}는 제1외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 탄성계수 E_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류영역에 대한 탄성계수, E_{w2}는 제2외력이 인가된 시편의 잔

류영역에 대한 탄성계수, σ_{m1}는 제1외력에 의한 시편의 비잔류응력영역의 응력, σ_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 응력, σ_{w1}는 제1외력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, σ_{w2}는 제2외력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, ε_{m1}는 제1외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w1}는 제1외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w2}는 제2외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률을 표시한다.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 잔류응력 계산단계는 상기 제1가압단계에서 상기 시편을 상기 제1외력으로 압축하고, 상기 제2가압단계에서 상기 시편을 상기 제2외력으로 압축하는 경우, 하기의 [수식5]과 [수식6]를 연립하여 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 것을 특징으로 하는 잔류응력 측정방법.

[수식5]

$$\frac{P_1}{A} = \sigma_{m1} = E_{m1}\,\varepsilon_{m1} = \sigma_{w1} + \sigma_R = E_w\,\varepsilon_{w1} + \sigma_R$$

[수식6]

$$\frac{P_2}{A} = \sigma_{m2} = E_{m2}\,\varepsilon_{m2} = \sigma_{w2} + \sigma_R = E_w\,\varepsilon_{w2} + \sigma_R$$

여기서, P_1는 제1외력, P_2는 제2외력, A는 시편의 단면적, σ_R는 잔류응력, E_{m1}는 제1외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 탄성계수, E_{w1}는 제1외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 탄성계수 E_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류영역에 대한 탄성계수, E_{w2}는 제2외력이 인가된 시편의 잔류영역에 대한 탄성계수, σ_{m1}는 제1외력에 의한 시편의 비잔류응력영역의 응력, σ_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 응력, σ_{w1}는 제1외력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, σ_{w2}는 제2외력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, ε_{m1}는 제1외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w1}는 제1외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w2}는 제2외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률을 표시한다.

청구항 13

측정대상 시편에 인장방향 또는 압축방향으로 외력을 인가하는 재료시험기와, 상기 외력에 의해 변형된 상기 시편의 변형을 측정하여 상기 시편의 변형률을 산출하는 측정부와, 상기 산출부에 산출된 상기 변형률을 토대로 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 연산부;를 구비하는 잔류응력 측정기를 이용한 잔류응력 측정방법에 있어서,

상기 재료시험기를 통해 상기 시편에 굽힘모멘트를 인가하는 가압단계와;

상기 측정부를 통해 상기 굽힘모멘트에 의한 상기 시편의 변형률을 산출하되, 상기 시편을 상기 굽힘모멘트의 작용에 따라 압축응력이 작용하는 압축표면과 인장응력이 작용하는 인장표면으로 구분하여 각 표면별로 변형률을 산출하는 변형률 산출단계와;

상기 변형률 산출단계를 통해 산출된 변형률들을 토대로 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 잔류응력 계산단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 잔류응력 측정방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 잔류응력 계산단계는 하기의 [수식7]과 [수식8]를 연립하여 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 것을 특징으로 하는 잔류응력 측정방법.

[수식7]

$$\frac{My_1}{I} = \sigma_b = E_m \varepsilon_b = \sigma_{w1} + \sigma_R = E_w \varepsilon_{w1} + \sigma_R$$

[수식8]

$$\frac{My_2}{I} = \sigma_t = E_m \varepsilon_t = \sigma_{w2} + \sigma_R = E_w \varepsilon_{w2} + \sigma_R$$

여기서, M는 굽힘모멘트, I는 시편의 단면 2차 모멘트, σ_R는 잔류응력, E_m는 시편의 비잔류응력영역에 대한 탄성계수, E_w는 시편의 잔류응력영역에 대한 탄성계수, y_1는 시편의 중립축으로부터 압축표면까지의 거리, y_2는 시편의 중립축으로부터 인장표면까지의 거리, σ_b는 시편의 압축표면에 작용한 응력, σ_t는 시편의 인장표면에 작용한 응력, σ_{w1}는 압축표면의 잔류응력영역에 작용한 응력, σ_{w2}는 인장표면의 잔류응력영역에 작용한 응력, ε_b는 압축표면의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_t는 인장표면의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w1}는 압축표면의 잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w2}는 인장표면의 잔류응력영역에 대한 변형률을 표시한다.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 잔류응력 측정기 및 이를 이용한 잔류응력 측정방법에 관한 것으로서, 측정대상 시편에 외력을 인장-압축방향, 인장-인장방향 또는 압축-압축방향으로 인가하거나 굽힘모멘트를 인가하여 발생된 시편의 변형 및 변형률을 토대로 시편의 잔류응력을 측정하는 잔류응력 측정기 및 이를 이용한 잔류응력 측정방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 소재의 소정변형이나 열응력으로 발생하는 잔류응력은 재료의 피로강도, 파괴 물성 등의 기계적 성질을 떨어뜨리고, 후가공을 곤란하게 하는 등 여러 문제점을 야기한다. 특히, 근자에 들어 사용이 급증한 박막소재의 경우, 이종 소재 접합부 계면에서 발생한 잔류응력이 기계적 물성을 좌우하는 중요한 요소로 보고되었으며 벌크 소재에 있어서도 용접중에 발생한 잔류응력의 중요성은 이미 알려져 있다.

[0003] 공지된 잔류응력 측정방법은 크게 두 가지로 나뉠 수 있다. 하나는 기계적 응력 완화 방법(Mechanical stress relaxing)으로 구멍 뚫기 방법(Hole drilling)이나 절단(Saw cutting)이며, 다른 하나는 물리적 방법으로 X-ray diffraction, Barkhausen magnetic noise, 초음파법 그리고 중성자회절법 등을 들 수 있다.

[0004] 기계적 응력 완화 방법은 구속인자를 제거해서 완화될 때의 변형정도로 잔류응력을 측정하는 것이다. 이러한 기계적 방법은 시편을 파괴해야 하는 문제점이 있다.

[0005] 물리적 방법 중, X-ray diffraction은 원자간의 간격을 측정해서 이를 변형의 정도로 계산하는 것이며, Barkhausen magnetic noise는 잔류응력에 의해서 변화하는 자기장 노이즈의 하나인 바크하우젠 노이즈의 변화를 계산하는 것이다.

[0006] 이러한 물리적 방법은 비파괴적이라는 장점과 동시에 재료의 미세조직의 영향이 크다는 단점으로 인해 용접부와 같은 미세조직의 급격한 변화(결과값이 잔류응력인지 미세조직의 변화인지를 판면하기 어려움)가 존재하는 영역에서의 적용은 불가능하다는 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하기 위해 창안된 것으로서, 시편을 파괴하지 않으면서도 시편의 미세조직의 영향을 주지않는 잔류응력 측정기 및 이를 이용한 잔류응력 측정방법에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 잔류응력 측정기는 측정대상 시편에 인장방향 또는 압축방향으로 외력을 인가하거나 상기 시편에 굽힘하중을 인가하는 재료시험기와, 상기 외력에 의해 변형된 상기 시편의 변형을 측정하여 상기 시편의 변형률을 산출하는 측정부와, 상기 측정부에 산출된 상기 변형률을 토대로 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 연산부를 구비한다.

[0009] 상기 재료시험기는 상기 시편에 인장방향 또는 압축방향으로 제1 및 제2외력을 각각 인가하고,

[0010] 상기 연산부는 상기 측정부를 통해 측정된 상기 제1 및 제2외력에 의해 변형된 상기 시편의 제1 및 제2변형률을 하기의 [수식1] 및 [수식2]에 대입하고, 상기 [수식1] 및 [수식2]를 연립하여 상기 잔류응력을 계산하는 것이 바람직하다.

[0011] [수식1]

[0012] $$\frac{P_1}{A} = \sigma_{m1} = E_{m1}\,\varepsilon_{m1} = \sigma_{w1} + \sigma_R = E_w\,\varepsilon_{w1} + \sigma_R$$

[0013] [수식2]

[0014] $$\frac{P_2}{A} = \sigma_{m2} = E_{m2}\,\varepsilon_{m2} = \sigma_{w2} + \sigma_R = E_w\,\varepsilon_{w2} + \sigma_R$$

[0015] 여기서, P_1는 제1외력, P_2는 제2외력, A는 시편의 단면적, σ_R는 잔류응력, E_{m1}는 제1외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 탄성계수, E_{w1}는 제1외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 탄성계수 E_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류영역에 대한 탄성계수, E_{w2}는 제2외력이 인가된 시편의 잔류영역에 대한 탄성계수, σ_{m1}는 제1외력에 의한 시편의 비잔류응력영역의 응력, σ_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 응력, σ_{w1}는 제1외력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, σ_{w2}는 제2외력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, ε_{m1}는 제1외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w1}는 제1외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w2}는 제2외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률을 표시한다.

[0016] 상기 측정부는 상기 재료시험기에 의해 인장력 또는 압축력이 인가된 상기 시편에 복수의 레이저광을 조사하되, 상기 레이저광을 상기 시편의 법선에 대해 소정의 조사각으로 경사지게 조사하는 광학부와, 상기 시편의 표면에 의해 난반사된 상기 레이저광들이 상호 간섭되어 형성되는 간섭패턴을 촬영하는 카메라와, 상기 조사각에 따른 상기 간섭패턴에 대한 다수의 화상정보를 획득하기 위해 상기 조사각이 변경되도록 상기 광학부를 제어하는 제어부와, 상기 카메라를 통해 촬영된 상기 화상정보들을 토대로 상기 시편의 변형률을 산출하는 산출부를 구비한다.

[0017] 상기 재료시험기는 본체와, 상호 이격된 위치의 상기 본체에 설치되며, 상호 대향되는 면에 상기 시편의 단부를 고정할 수 있는 척부재가 마련된 파지부재들과,상기 시편에 인장력 또는 압축력을 인가할 수 있도록 상기 파지부재들을 상호 이격되거나 상호 인접되게 이동시키는 가압부를 구비하고,

[0018] 상기 척부재는 상기 시편의 단부가 삽입되는 삽입공간이 형성될 수 있게 상호 이격된 위치의 상기 파지부재에 설치되되, 상기 파지부재의 이송방향을 기준으로 전후방으로 상기 시편에 상기 외력이 용이하게 전달될 수 있도록 형성된 제1 및 제2지그부재와, 상기 제1 및 제2지그부재의 이격거리를 조절하여 상기 제1 및 제2지그부재 에 상기 시편의 단부를 고정하는 간격조절부를 구비한다.

[0019] 상기 제1지그부재는 상시 시편을 파지시 미끄럼이 발생되는 것을 방지할 수 있도록 상기 제2지그부재에 대향되는 면에 다수의 요철이 돌출형성된 제1요철면이 마련되고, 상기 가압부에 의해 상기 파지부재들이 상호 인접되는 방향으로 이동시 상기 시편의 단면에 접촉하여 가압할 수 있도록 돌출형성된 가압돌기를 구비하고,

[0020] 상기 제2지그부재는 상기 제1요철면에 대향되는 면에 다수의 요철이 형성된 제2요철면이 마련되고, 상기 가압돌기의 단부가 삽입될 수 있도록 상기 가압돌기에 대향되는 위치에 삽입홈이 형성되는 것이 바람직하다.

[0021] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 상기 제1지그부재는 상시 시편을 파지시 미끄럼이 발생되는 것을 방지할 수 있도록 상기 제2지그부재에 대향되는 면에 다수의 요철이 돌출형성된 제1요철면이 마련되고, 상기 가압부에 의해 상기 파지부재들이 상호 인접되는 방향으로 이동시 상기 시편의 단부를 가압할 수 있도록 돌출형성된 제1접촉돌기를 구비하고,

[0022] 상기 제2지그부재는 상기 제1요철면에 대향되는 면에 다수의 요철이 형성된 제2요철면이 마련되고, 상기 제1가압돌기에 대향되는 위치에 돌출형성된 제2접촉돌기를 구비한다.

[0023] 한편, 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 상기 제1 및 제2지그부재는 상호 대향되는 면에 상기 제1 및 제2지그부재의 길이방향으로 연장형성된 중심선을 기준으로 양측에 다수의 요철이 돌출형성된 제3 및 제4요철면이 각각 마련되되, 상기 제3 및 제4요철면의 요철은 단부가 상기 파지부재의 이송방향을 기준으로 전방 및 후방으로 각각 편향되게 형성된다.

[0024] 상기 재료시험기는 외부로부터 인가되는 진동이 상기 본체에 전달되는 것을 방지할 수 있도록 상기 본체의 외주면에 설치되어 상기 본체를 탄성적으로 지지하는 방진부재를 더 구비한다.

[0025] 본 발명에 따른 잔류응력 측정방법은 측정대상 시편에 인장방향 또는 압축방향으로 외력을 인가하는 재료시험기와, 상기 외력에 의해 변형된 상기 시편의 변형을 측정하여 상기 시편의 변형률을 산출하는 측정부와, 상기 산출부에 산출된 상기 변형률을 토대로 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 연산부를 구비하는 잔류응력 측정기를 이용한 잔류응력 측정방법에 있어서,

[0026] 상기 재료시험기를 통해 상기 시편을 제1외력으로 인장 또는 압축하는 제1가압단계와, 상기 측정부를 통해 상기 제1외력으로 인장 또는 압축되는 상기 시편의 변형률을 산출하되, 상시 시편을 잔류응력의 작용여부에 따라 잔류응력영역 및 비잔류응력영역으로 구분하여 각 영역별로 변형률을 산출하는 제1변형률 산출단계와,상기 재료시험기를 통해 상기 시편을 제2외력으로 인장 또는 압축하는 제2가압단계와, 상기 측정부를 통해 상기 제2외력으로 인장 또는 압축되는 상기 시편의 변형률을 산출하되, 상시 시편을 잔류응력의 작용여부에 따라 잔류응력영역 및 비잔류응력영역으로 구분하여 각 영역별로 변형률을 산출하는 제2변형률 산출단계와, 상기 제1 및 제2변형률 산출단계를 통해 산출된 변형률들을 토대로 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 잔류응력 계산단계를 포함한다.

[0027] 상기 제1가압단계에서 상기 시편을 상기 제1외력으로 인장하고, 상기 제2가압단계에서 상기 시편을 상기 제1외력과 동일한 크기의 상기 제2외력으로 압축하고,상기 잔류응력 계산단계는 하기의 [수식1]과 [수식2]를 연립하여 상기 시편의 잔류응력을 계산한다.

[0028] [수식1]

[0029] $$\frac{P}{A} = \sigma_m = E_m \varepsilon_m = \sigma_w + \sigma_R = E_w \varepsilon_w + \sigma_R$$

[0030] [수식2]

[0031] $$-\frac{P}{A} = -\sigma_m = -E_m \varepsilon_m = -\sigma_{wc} + \sigma_R = -E_{wc} \varepsilon_{wc} + \sigma_R$$

[0032] 여기서, P 는 제1 및 제2외력, A 는 시편의 단면적, σ_R 는 잔류응력, E_m 는 시편의 비잔류응력영역에 대한 탄성계수, E_w 는 시편의 잔류응력영역에 대한 탄성계수 , σ_m 는 시편의 비잔류응력영역의 응력, σ_w 는 인장력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, σ_{wc} 는 압축력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, ε_m 는 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_w 는 인장력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{wc} 는 압축력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률을 표시한다.

[0033] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 잔류응력 측정방법은 상기 제1가압단계에서 상기 시편을 상기 제1외력으로 인장하고, 상기 제2가압단계에서 상기 시편을 상기 제2외력으로 인장하고,상기 잔류응력 계산단계는 하기의 [수식3]과 [수식4]를 연립하여 상기 시편의 잔류응력을 계산한다.

[0034] [수식3]

[0035] $$\frac{P_1}{A} = \sigma_{m1} = E_{m1} \varepsilon_{m1} = \sigma_{w1} + \sigma_R = E_w \varepsilon_{w1} + \sigma_R$$

[0036] [수식4]

$$\frac{P_2}{A} = \sigma_{m2} = E_{m2}\,\varepsilon_{m2} = \sigma_{w2} + \sigma_R = E_w\,\varepsilon_{w2} + \sigma_R$$

[0037]

[0038] 여기서, P_1는 제1외력, P_2는 제2외력, A는 시편의 단면적, σ_R는 잔류응력, E_{m1}는 제1외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 탄성계수, E_{w1}는 제1외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 탄성계수 E_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류영역에 대한 탄성계수, E_{w2}는 제2외력이 인가된 시편의 잔류영역에 대한 탄성계수, σ_{m1}는 제1외력에 의한 시편의 비잔류응력영역의 응력, σ_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 응력, σ_{w1}는 제1외력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, σ_{w2}는 제2외력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, ε_{m1}는 제1외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w1}는 제1외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w2}는 제2외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률을 표시한다.

[0039] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 잔류응력 측정방법은 상기 제1가압단계에서 상기 시편을 상기 제1외력으로 압축하고, 상기 제2가압단계에서 상기 시편을 상기 제2외력으로 압축하고, 상기 잔류응력 계산단계는 하기의 [수식5]과 [수식6]를 연립하여 상기 시편의 잔류응력을 계산한다.

[0040] [수식5]

$$\frac{P_1}{A} = \sigma_{m1} = E_{m1}\,\varepsilon_{m1} = \sigma_{w1} + \sigma_R = E_w\,\varepsilon_{w1} + \sigma_R$$

[0041]

[0042] [수식6]

$$\frac{P_2}{A} = \sigma_{m2} = E_{m2}\,\varepsilon_{m2} = \sigma_{w2} + \sigma_R = E_w\,\varepsilon_{w2} + \sigma_R$$

[0043]

[0044] 여기서, P_1는 제1외력, P_2는 제2외력, A는 시편의 단면적, σ_R는 잔류응력, E_{m1}는 제1외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 탄성계수, E_{w1}는 제1외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 탄성계수 E_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류영역에 대한 탄성계수, E_{w2}는 제2외력이 인가된 시편의 잔류영역에 대한 탄성계수, σ_{m1}는 제1외력에 의한 시편의 비잔류응력영역의 응력, σ_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 응력, σ_{w1}는 제1외력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, σ_{w2}는 제2외력에

의한 시편의 잔류응력영역의 응력, ε_{m1}는 제1외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w1}는 제1외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w2}는 제2외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률을 표시한다.

[0045] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 잔류응력 측정방법은 측정대상 시편에 인장방향 또는 압축방향으로 외력을 인가하는 재료시험기와, 상기 외력에 의해 변형된 상기 시편의 변형을 측정하여 상기 시편의 변형률을 산출하는 측정부와, 상기 산출부에 산출된 상기 변형률을 토대로 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 연산부;를 구비하는 잔류응력 측정기를 이용한 잔류응력 측정방법에 있어서,

[0046] 상기 재료시험기를 통해 상기 시편에 굽힘모멘트를 인가하는 가압단계와, 상기 측정부를 통해 상기 굽힘모멘트에 의한 상기 시편의 변형률을 산출하되, 상기 시편을 상기 굽힘모멘트의 작용에 따라 압축응력이 작용하는 압축표면과 인장응력이 작용하는 인장표면으로 구분하여 각 표면별로 변형률을 산출하는 변형률 산출단계와, 상기 변형률 산출단계를 통해 산출된 변형률들을 토대로 상기 시편의 잔류응력을 계산하는 잔류응력 계산단계를 포함한다.

[0047] 상기 잔류응력 계산단계는 하기의 [수식7]과 [수식8]를 연립하여 상기 시편의 잔류응력을 계산한다.

[0048] [수식7]

$$\frac{My_1}{I} = \sigma_b = E_m \varepsilon_b = \sigma_{w1} + \sigma_R = E_w \varepsilon_{w1} + \sigma_R$$

[0049]

[0050] [수식8]

$$\frac{My_2}{I} = \sigma_t = E_m \varepsilon_t = \sigma_{w2} + \sigma_R = E_w \varepsilon_{w2} + \sigma_R$$

[0051]

[0052] 여기서, M는 굽힘모멘트, I는 시편의 단면 2차 모멘트, σ_R는 잔류응력, E_m는 시편의 비잔류응력영역에 대한 탄성계수, E_w는 시편의 잔류응력영역에 대한 탄성계수, y_1는 시편의 중립축으로부터 압축표면까지의 거리, y_2는 시편의 중립축으로부터 인장표면까지의 거리, σ_b는 시편의 압축표면에 작용한 응력, σ_t는 시편의 인장표면에 작용한 응력, σ_{w1}는 압축표면의 잔류응력영역에 작용한 응력, σ_{w2}는 인장표면의 잔류응력영역에 작용한 응력, ε_b는 압축표면의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_t는 인장표면의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w1}는 압축표면의 잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w2}는 인장표면의 잔류응력영역에 대한 변형률을 표시한다.

발명의 효과

[0053] 본 발명에 따른 잔류응력 측정기 및 이를 이용한 잔류응력 측정방법은 외부에서 인가된 인장력 또는 압축력에 의한 시편의 변형률을 토대로 시편의 잔류응력을 측정하므로 잔류응력의 측정과정 중 시편이 파괴되거나 미세조직에 영향을 주지 않는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0054] 도 1은 본 발명에 따른 잔류응력 측정기에 대한 사시도이고,

도 2는 도 1의 잔류응력측정기의 측정부에 대한 측면도이고,

도 3은 도 1의 잔류응력측정기의 제1 및 제2지그부재에 대한 사시도이고,

도 4는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 제1 및 제2지그부재에 대한 사시도이고,

도 5는 본 발명의 또 다른 실시 예에 다른 제1 및 제2지그부재에 대한 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0055] 이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 잔류응력 측정기를 더욱 상세하게 설명한다.

[0056] 도 1 내지 도 2에는 본 발명에 따른 잔류응력 측정기(100)가 도시되어 있다.

[0057] 도면을 참조하면, 잔류응력 측정기(100)는 측정대상 시편(101)에 인장방향 또는 압축방향으로 외력을 인가하는 재료시험기(200)와, 외력에 의해 변형된 시편(101)의 변형을 측정하여 상기 시편(101)의 변형률을 산출하는 측정부(300)와, 측정부(300)에 의해 산출된 시편(101)의 변형률을 토대로 시편(101)의 잔류응력을 계산하는 연산부(400)를 구비한다.

[0058] 재료시험기(200)는 본체(210)와, 상호 이격된 위치의 본체(210)에 각각 설치되며, 상호 대향되는 면에 시편(101)의 단부를 고정할 수 있는 척부재(230)가 마련된 파지부재들(220)과, 파지부재들(220)을 상호 이격되거나 상호 인접되게 이동시키는 이동부를 구비한다.

[0059] 본체(210)는 내부에 설치공간이 마련되며, 도어(215)에 의해 상기 설치공간이 개폐된다. 본체(210)의 내부에는 시편(101), 파지부재(220) 및 가압부(260)가 설치될 수 있도록 충분한 공간이 형성되는 것이 바람직하다.

[0060] 또한, 본체(210)는 설치공간에 상하방향으로 슬라이딩 가능하게 설치된 슬라이딩판(211)을 더 구비한다. 슬라이딩판(211)은 상기 설치공간에서 용이하게 이동할 수 있도록 상기 설치공간의 면적에 대응되는 단면으로 형성되는 것이 바람직하다.

[0061] 슬라이딩판(211)의 하면에는 후술되는 파지부재(220)가 설치된다. 도면에 도시되진 않았지만, 본 실시 예와는 다르게 슬라이딩판(211)의 이동을 가이드할 수 있도록 슬라이딩판(211)의 양측면에는 가이드돌기가 형성되고, 상기 가이드돌기에 대응되는 본체(210)의 내벽에는 상기 가이드돌기가 삽입되어 상하방향으로 슬라이딩 될 수 있도록 상하방향으로 연장된 가이드홈이 형성될 수도 있다.

[0062] 한편, 본체(210)의 하면에는 외부에서 인가되는 진동이 본체(210)에 전달되는 것을 방지할 수 있도록 본체(210)를 탄성적으로 지지하는 방진부재(212)가 설치되어 있다. 방진부재(212)는 용이하게 진동의 전달을 차단할 수 있도록 방진테이블인 것이 바람직하다.

[0063] 파지부재들(220)은 본체(210) 내부의 설치공간에 상하방향으로 상호 이격된 위치에 각각 설치된다. 하측 파지부재(220)는 본체(210)의 내측 바닥면에 상방으로 돌출형성되며, 상측 파지부재(220)는 슬라이딩판(211)의 하면에 하방으로 돌출형성된다. 파지부재들(220)의 단면에는 척부재(230)가 각각 형성되어 시편(101)의 양단부를 고정한다.

[0064] 척부재(230)는 시편(101)의 단부가 삽입되는 삽입공간(230)이 형성될 수 있게 상호 이격된 위치의 파지부재(220) 단부에 각각 설치되되, 파지부재(220)의 이송방향을 기준으로 양방향으로 외력이 시편(101)에 인가될 수 있도록 형성된 제1 및 제2지그부재(233,234)와, 제1 및 제2지그부재(233,234)의 이격거리를 조절하는 간격조절부(미도시)를 구비한다.

[0065] 도 3을 참조하여 제1 및 제2지그부재(233,234)를 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0066] 제1지그부재(233)는 파지부재(220)의 단부에 고정되며, 시편(101)과의 접촉면적을 확장할 수 있도록 파지부재(220)의 연장방향으로 연장형성되어 있다.

[0067] 제1지그부재(233)는 제2지그부재(234)에 대향되는 면에 삽입공간(230)으로 삽입된 상기 시편(101)에 미끄럼이 발생이 방지되어 견고하게 시편(101)을 고정할 수 있도록 다수의 요철이 돌출형성된 제1요철면(235)이 마련되어

있다.

[0068] 또한, 제1지그부재(233)는 가압부(260)에 의해 파지부재들(220)이 상호 인접되는 방향으로 이동시 삽입공간(230)으로 삽입된 시편(101)의 단면에 접촉하여 가압할 수 있도록 제2지그부재(234)에 대향되는 면에 돌출형성된 가압돌기(236)를 더 구비한다.

[0069] 이때, 가압돌기(236)는 시편(101)의 단면에 용이하게 접촉할 수 있도록 제1요철면(235)의 요철보다 연장된 길이로 형성되는 것이 바람직하다.

[0070] 제2지그부재(234)는 제1지그부재(233)에 인접되는 방향으로 슬라이딩 가능하게 척부재(230)의 단부에 설치되며, 삽입공간(230)으로 삽입된 상기 시편(101)을 견고하게 고정할 수 있도록 제1요철면(235)에 대향되는 위치에 다수의 요철이 형성된 제2요철면(237)이 마련되어 있다.

[0071] 또한, 제2지그부재(234)는 가압돌기(236)에 의해 제2지그부재(234)의 이동이 간섭되는 것을 방지할 수 있도록 가압돌기(236)의 단부가 삽입될 수 있게 가압돌기(236)에 대향되는 위치에 삽입홈(238)이 형성되어 있다.

[0072] 가압부(260)에 의해 파지부재들(220)이 상호 이격되게 이동시, 제1 및 제2지그부재(233,234)에 형성된 제1 및 제2요철면(235,237)(237)에 의해 삽입공간(230)에 삽입된 시편(101)을 견고하게 고정하여 가압부(260)에 의해 제공되는 외력이 용이하게 인가될 수 있다.

[0073] 또한, 가압부(260)에 의해 파지부재들(220)이 상호 인접되게 이동시, 제1지그부재(233)에 형성된 가압돌기(236)는 삽입공간(230)에 삽입된 시편(101)의 단부에 접촉하여 가압하므로 가압부(260)에 의해 제공되는 외력이 용이하게 시편(101)에 전달될 수 있다.

[0074] 한편, 도 4에는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 제1 및 제2지그부재(241,242)가 도시되어 있다.

[0075] 앞서 도시된 도면에서와 동일한 기능을 하는 요소는 동일 참조부호로 표기한다.

[0076] 도면을 참조하면, 제1지그부재(241)는 파지부재(220)의 단부에 고정되며, 제2지그부재(242)에 대향되는 면에 삽입공간(230)으로 삽입된 상기 시편(101)에 미끄럼이 발생이 방지되어 견고하게 시편(101)을 고정할 수 있도록 다수의 요철이 돌출형성된 제1요철면(235)이 마련되어 있다.

[0077] 또한, 제1지그부재(241)는 가압부(260)에 의해 파지부재들(220)이 상호 인접되는 방향으로 이동시 삽입공간(230)으로 삽입된 시편(101)의 단면에 접촉하여 가압할 수 있도록 제2지그부재(242)에 대향되는 면에 돌출형성된 제1접촉돌기(244)를 더 구비한다.

[0078] 이때, 제1접촉돌기(244)는 시편(101)의 단면에 용이하게 접촉할 수 있도록 제1요철면(235)의 요철보다 연장된 길이로 형성되는 것이 바람직하다.

[0079] 제2지그부재(242)는 제1지그부재(241)에 인접되는 방향으로 슬라이딩 가능하게 척부재(230)의 단부에 설치되며, 삽입공간(230)으로 삽입된 상기 시편(101)을 견고하게 고정할 수 있도록 제1요철면(235)에 대향되는 위치에 다수의 요철이 형성된 제2요철면(237)이 마련되어 있다.

[0080] 또한, 제2지그부재(242)는 파지부재들(220)이 상호 인접되는 방향으로 이동시 삽입공간(230)으로 삽입된 시편(101)의 단면에 접촉하여 가압할 수 있도록 제1접촉돌기(244)에 대향되는 위치에 돌출형성된 제2접촉돌기(246)를 더 구비한다.

[0081] 이때, 제1 및 제2접촉돌기(244,246)의 연장길이는 제1 및 제2요철면(235,237)의 요철의 연장길이보다 연장되게 형성되되, 제1 및 제2접촉돌기(244,246)가 상호 접촉하여 제1 및 제2지그부재(241,242)의 이동을 방해하지 않는 길이로 형성되는 것이 바람직하다.

[0082] 한편, 도 5에는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 제1 및 제2지그부재(251,252)가 도시되어 있다.

[0083] 도면을 참조하면, 제1 및 제2지그부재(251,252)는 상호 대향되는 면에 제1 및 제2지그부재(251,252)의 길이방향으로 연장형성된 중심선을 기준으로 전방 및 후방에 다수의 요철이 돌출형성된 제3 및 제4요철면(253,,254)이 각각 마련되어 있다.

[0084] 이때, 제3 및 제4요철면(253,254)에 형성된 요철은 단부가 파지부재(220)의 이송방향을 기준으로 전방 및 후방으로 각각 편향되게 형성되어 있다.

[0085] 제3 및 제4요철면(253,254)의 요철 단부가 각각 반대방향으로 편향되게 형성되어 있으므로 파지부재들(220)이

상호 인접되는 방향 및 상호 이격되는 방향으로 이동되더라도 용이하게 시편(101)에 외력을 인가할 수 있다.

[0086] 이때, 제3 및 제4요철면(253,254)는 제1 및 제2지그부재(251,252)의 폭방향에 대해 교호적으로 형성되는 것이 바람직하다. 도시된 예에서는 2개의 제3요철면(253) 사이에 1개의 제4요철면(254)이 형성된 구조를 설명하였으나, 제3 및 제4요철면(253,254)의 형성구조는 도시된 예에 한정하는 것이 아니라 다수의 제3 및 제4요철면(253,254)이 형성될 수도 있다.

[0087] 본 발명에 따른 간격조절부를 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0088] 간격조절부는 종래에 일반적으로 사용하는 공작물 고정용 척의 이격거리를 조절하는 장비로서, 상세한 설명은 생략한다. 간격조절부는 고정하는 시편에 따라 작업자가 파지하여 회전시켜 제1 및 제2지그부재(233,234) 사이의 이격거리를 조절하거나 공압 또는 유압에 따라 작동되는 액츄에이터를 설치하여 제1 및 제2지그부재(233,234) 사이의 이격거리를 조절할 수도 있다.

[0089] 제1 및 제2지그부재(233,234) 사이의 삽입공간(230)에 시편(101)의 단부가 삽입되며, 작업자는 간격조절부(232)를 작동시켜 제2지그부재(234)를 제1지그부재(233) 측으로 이동시켜 시편(101)을 고정시킨다.

[0090] 가압부(260)는 양단이 본체(210)의 내측 상면과 슬라이딩판(211)의 상면에 각각 설치되며, 슬라이딩판(211)을 상하방향으로 이동시켜, 시편(101)에 인장력 또는 압축력을 인가한다. 가압부(260)는 용이하게 슬라이딩판(211)을 이동시킬 수 있도록 공압 또는 유압에 의해 작동하는 액츄에이터인 것이 바람직하다.

[0091] 한편, 도시된 예에서는 슬라이딩판(211)의 상면에 2개의 가압부(260)가 설치된 구조를 설명하였으나, 가압부(260)의 설치개수는 도시된 예에 한정하는 것이 아니라 다수개가 설치될 수도 있다.

[0092] 한편, 도시된 예에서 재료시험기(200)는 슬라이딩판(211)을 상하로 이동시켜 상기 시편에 압축력 또는 인장력을 인가하는 구조로 설명하였으나, 재료시험기(200)는 도시된 예에 한정하는 것이 아니라 시편(101)의 양단을 파지하는 척부재를 회동시켜 굽힘하중을 인가하는 구조로 형성될 수도 있다.

[0093] 본 발명에 따른 측정부(300)를 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0094] 측정부(300)는 재료시험기(200)에 의해 인장력 또는 압축력이 인가된 시편(101)에 복수의 레이저광을 조사하되, 상기 레이저광을 시편(101)의 법선에 대해 소정의 조사각으로 경사지게 조사하는 광학부(310)와, 시편(101)의 표면에 난반사된 레이저광들이 상호 간섭되어 형성되는 간섭패턴을 촬영하는 카메라(320)와, 조사각에 따른 간섭패턴에 대한 다수의 화상정보를 획득하기 위해 상기 조사각이 변경되도록 광학부(310)를 제어하는 제어부(330)와, 카메라(320)를 통해 촬영된 화상정보들을 토대로 시편(101)의 변형률을 산출하는 산출부(340)를 구비한다.

[0095] 광학부(310)는 레이저 광원부재(311)와, 광원부재(311)로부터 공급된 레이저광을 2방향으로 분할하며, 분할된 2개의 레이저광을 시편(101)의 법선에 대해 소정의 조사각으로 경사지게 조사될 수 있게 레이저광의 경로를 조절하는 다수의 미러(미도시)가 마련된 분할부재(312)와, 상기 미러의 각도를 조절하여 레이저광의 조사각을 변경시키는 압전소자(미도시)를 구비한다.

[0096] 광원부재(311)는 집속성 및 간섭성이 우수한 파장이 532nm인 엔디야그(Nd-YAG)레이저인 것이 바람직하다. 광원부재(311)로부터 공급되는 레이저광은 광섬유(314)를 통해 분할부재(312)로 이동된다.

[0097] 분할부재(312)는 용이하게 시편(101)에 레이저광을 조사할 수 있도록 본체(210) 내부의 설치공간에, 시편(101)에 대향되는 위치에 설치된다.

[0098] 카메라(320)는 시편(101)에 대향되는 위치의 분할부재(312)에 고정설치되며, 시편(101)의 표면에 난반사된 2개의 레이저광들이 상호 간섭되어 형성되는 간섭패턴을 용이하게 촬영할 수 있도록 CCD(Charge Couple Device)카메라(320) 인 것이 바람직하다.

[0099] 제어부(330)는 미러에 설치된 압전소자에 전압차를 줌으로 시편(101)에 조사되는 레이저광의 위상을 제어한다.

[0100] 산출부(340)는 카메라(320)를 통해 촬영된 화상정보를 정량적으로 해석한다. 이때, 산출부(340)는 종래에 일반적으로 사용되는 압전소자를 이용한 위상 이동 기법을 통해 위상정보를 해석한다. 산출부(340)는 화상정보를 통해 분석된 위상정보를 토대로 시편(101)의 변형률을 산출한다.

[0101] 본 발명에 따른 연산부(400)를 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0102] 연산부(400)는 측정부(300)를 통해 산출된 시편(101)의 변형률을 토대로 시편(101)의 잔류응력을 산출한다. 이

때, 용이하게 잔류응력을 측정할 수 있도록 재료시험기(200)에서 서로 다른 크기의 제1 및 제2외력을 인가하고, 측정부(300)를 통해 산출된 제1 및 제2외력에 대한 시편(101)의 제1 및 제2변형률을 산출하고, 제1 및 제2변형률을 토대로 연산부(400)는 잔류응력을 계산하는 것이 바람직하다.

[0103] 연산부(400)는 제1 및 제2변형률을 하기의 [수식1] 및 [수식2]에 대입하고, 상기 [수식1] 및 [수식2]를 연립하여 상기 잔류응력을 계산한다.

[0104] [수식 1]

[0105] $$\frac{P_1}{A} = \sigma_{m1} = E_{m1}\,\varepsilon_{m1} = \sigma_{w1} + \sigma_R = E_w\,\varepsilon_{w1} + \sigma_R$$

[0106] [수식 2]

[0107] $$\frac{P_2}{A} = \sigma_{m2} = E_{m2}\,\varepsilon_{m2} = \sigma_{w2} + \sigma_R = E_w\,\varepsilon_{w2} + \sigma_R$$

[0108] 여기서, P_1는 제1외력, P_2는 제2외력, A는 시편의 단면적, σ_R는 잔류응력, E_{m1}는 제1외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 탄성계수, E_{w1}는 제1외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 탄성계수 E_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류영역에 대한 탄성계수, E_{w2}는 제2외력이 인가된 시편의 잔류영역에 대한 탄성계수, σ_{m1}는 제1외력에 의한 시편의 비잔류응력영역의 응력, σ_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 응력, σ_{w1}는 제1외력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, σ_{w2}는 제2외력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, ε_{m1}는 제1외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w1}는 제1외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{m2}는 제2외력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w2}는 제2외력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률을 표시한다.

[0109] 상기 언급된 바와 같이 구성된 본 발명에 따른 잔류응력 측정기(100)는 외부에서 인가된 인장력 또는 압축력에 의한 시편(101)의 변형률을 토대로 시편(101)의 잔류응력을 측정하므로 잔류응력의 측정과정 중 시편(101)이 파괴되거나 미세조직에 영향을 주지 않는 장점이 있다.

[0110] 한편, 본 발명에 따른 잔류응력 측정기(100)를 이용한 잔류응력 측정방법을 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0111] 잔류응력 측정방법은 제1가압단계, 제1변형률 산출단계, 제2가압단계, 제2변형률 산출단계 및 잔류응력 계산단계를 포함한다. 하기에서는 제1 및 제2가압단계에서 상기 시편에 동일한 크기의 외력을 인장방향 및 압축방향으로 각각 인가하는 방법을 상세히 설명한다.

[0112] 제1가압단계는 재료시험기(200)를 통해 시편(101)에 인장방향으로 제1외력을 인가하는 단계이다. 시편(101)의 양단을 각각 파지부재들(220)에 고정하고, 가압부(260)에 의해 슬라이딩판(211)을 상측으로 이동시킨다. 이때, 가압부(260)에 공급되는 유압 또는 공압을 측정하여 제1외력의 크기를 산출한다.

[0113] 제1변형률 산출단계는 상기 측정부(300)를 통해 제1외력에 의해 인장되는 시편(101)의 제1변형률을 산출하는 단계이다.

[0114] 이때, 측정부(300)에 의해 측정된 시편(101)의 변형률 정보를 토대로 시편(101)에 대한 잔류응력의 작용여부를

판별하여 잔류응력영역과 비잔류응력영역으로 시편(101)을 구분하고, 각 영역별로 변형률을 각각 산출한다.

[0115] 제2가압단계는 재료시험기(200)를 통해 시편(101)에 압축방향으로 제2외력을 인가하는 단계이다. 시편(101)의 양단을 각각 파지부재들(220)에 고정하고, 가압부(260)에 의해 슬라이딩판(211)을 하측으로 이동시킨다. 이때, 가압부(260)에 공급되는 유압 또는 공압을 측정하여 제2외력의 크기를 산출한다.

[0116] 제2변형률 산출단계는 상기 측정부(300)를 통해 제2외력에 의해 압축되는 시편(101)의 제2변형률을 산출하는 단계이다.

[0117] 이때, 측정부(300)에 의해 측정된 시편(101)의 변형률 정보를 토대로 시편(101)에 대한 잔류응력의 작용여부를 판별하여 잔류응력영역과 비잔류응력영역으로 시편(101)을 구분하고, 각 영역별로 변형률을 각각 산출한다.

[0118] 잔류응력계산단계는 하기의 [수식1a]과 [수식2a]를 연립하여 시편(101)의 잔류응력을 계산하는 단계이다.

[0119] [수식 1a]

$$\frac{P}{A} = \sigma_m = E_m \varepsilon_m = \sigma_w + \sigma_R = E_w \varepsilon_w + \sigma_R$$

[0120]

[0121] [수식 2a]

$$-\frac{P}{A} = -\sigma_m = -E_m \varepsilon_m = -\sigma_{wc} + \sigma_R = -E_{wc} \varepsilon_{wc} + \sigma_R$$

[0122]

[0123] 여기서, P는 외력, A는 시편의 단면적, σ_R는 잔류응력, E_m는 시편의 비잔류응력영역에 대한 탄성계수, E_w는 시편의 잔류응력영역에 대한 탄성계수 , σ_m는 시편의 비잔류응력영역의 응력, σ_w는 인장력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, σ_{wc}는 압축력에 의한 시편의 잔류응력영역의 응력, ε_m는 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_w는 인장력이 인가된 시편의 잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{wc}는 압축력이 인가된 시편의 비잔류응력영역에 대한 변형률을 표시한다.

[0124] [수식1a]와 [수식2a]를 연립하기 위해 [수식1a]에 [수식2a]를 빼면 하기의 [수식2b]를 산출할 수 있다.

[0125] [수식 2b]

$$2\sigma_m = 2E_m \varepsilon_m = E_W(\varepsilon_w + \varepsilon_{wc})$$

[0126]

[0127] 여기서, ε_m, ε_w, ε_{wc}는 측정부(300)를 통해 측정된 값이며, E_m은 하기의 [수식2c]를 통해 산출할 수 있다.

[0128] [수식 2c]

$$E_m = \frac{\sigma_m}{\varepsilon_m} = \frac{\frac{P}{A}}{\frac{\delta}{l}}$$

[0129]

[0130] 여기서, δ는 시편의 변형량, l은 시편의 전체 길이를 표현한다.

[0131] [수식1a]또는 [수식2a]에 ε_m, ε_w, ε_{wc}, E_m 값을 대입하여 잔류응력(σ_R)을 계산할 수 있다.

[0132] 한편, 상기 언급된 잔류응력 측정방법에는 시편에 동일한 크기의 외력을 인장방향 및 압축방향으로 각각 인가하여 산출된 변형률로 잔류응력을 산출하는 방법을 설명하였으나, 잔류응력 측정방법은 이에 한정하는 것이 아니라, 서로 다른 크기의 외력을 각각 인장방향으로 인가하거나 압축방향으로 인가하여 산출된 변형률로 잔류응력을 계산할 수도 있다.

[0133] 한편, 시편에 굽힘모멘트를 인가하여 시편의 잔류응력을 측정하는 잔류응력 측정방법을 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0134] 잔류응력 측정방법은 가압단계, 변형률 산출단계 및 잔류응력 계산단계를 포함한다. 하기에서는 제1 및 제2가압단계에서 상기 시편에 동일한 크기의 외력을 인장방향 및 압축방향으로 각각 인가하는 방법을 상세히 설명한다.

[0135] 가압단계는 재료시험기(200)를 통해 시편(101)에 굽힘모멘트를 인가하는 단계이다.

[0136] 변형률 산출단계는 상기 측정부(300)를 통해 제1외력에 의해 인장되는 시편(101)의 변형률을 산출하는 단계이다.

[0137] 이때, 측정부(300)에 의해 측정된 시편(101)의 변형률 정보를 토대로 상기 굽힘모멘트의 작용에 따라 압축응력이 작용하는 압축표면과 인장응력이 작용하는 인장표면으로 시편을 구분하여 각 표면별로 변형률을 각각 산출한다.

[0138] 잔류응력계산단계는 하기의 [수식3]과 [수식4]를 연립하여 시편(101)의 잔류응력을 계산하는 단계이다.

[0139] [수식 3]

$$\frac{My_1}{I}=\frac{PLy_1}{I}=\frac{PLy_1}{\frac{bh^3}{12}}=\sigma_b=E_m\varepsilon_b=\sigma_{w1}+\sigma_R=E_w\varepsilon_{w1}+\sigma_R$$

[0140]

[0141] [수식 4]

$$\frac{My_2}{I}=\frac{PLy_2}{I}=\frac{PLy_2}{\frac{bh^3}{12}}=\sigma_t=E_m\varepsilon_t=\sigma_{w2}+\sigma_R=E_w\varepsilon_{w2}+\sigma_R$$

[0142]

[0143] 여기서, M는 굽힘모멘트, I는 시편의 단면 2차 모멘트, σ_R는 잔류응력, E_m는 시편의 비잔류응력영역에 대한 탄성계수, E_w는 시편의 잔류응력영역에 대한 탄성계수, σ_b는 시편의 압축표면에 작용한 응력, σ_t는 시편의 인장표면에 작용한 응력, σ_{w1}는 압축표면의 잔류응력영역에 작용한 응력, σ_{w2}는 인장표면의 잔류응력영역에 작용한 응력, ε_b는 압축표면의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_t는 인장표면의 비잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w1}는 압축표면의 잔류응력영역에 대한 변형률, ε_{w2}는 인장표면의 잔류응력영역에 대한 변형률, P는 시편에 작용하는 외력, L은 시편의 고정점으로부터 외력의 작용점까지의 거리, b는 시편 단면적의 폭길이, h는 시편 단면적의 높이, y_1는 시편의 중립축으로부터 압축표면까지의 거

리, y_2는 시편의 중립축으로부터 인장표면까지의 거리를 표시한다.

[0144] 상기 언급된 바와 같은 잔류응력측정방법은 한번의 굽힘모멘트를 시편에 인가하여 잔류응력을 산출하므로 잔류응력 산출에 소요되는 시간을 단축할 수 있는 장점이 있다.

[0145] 이상, 본 발명은 일 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.

[0146] 따라서 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0147] 100: 잔류응력 측정기

200: 재료시험기

210; 본체

220: 파지부재

230: 척부재

233: 제1지그부재

234: 제2지그부재

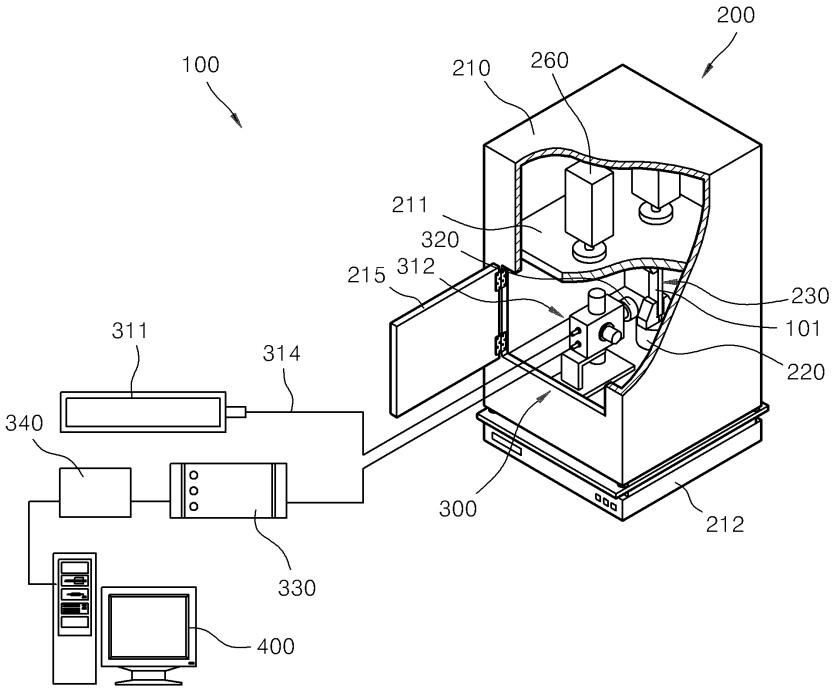
260: 가압부

300: 측정부

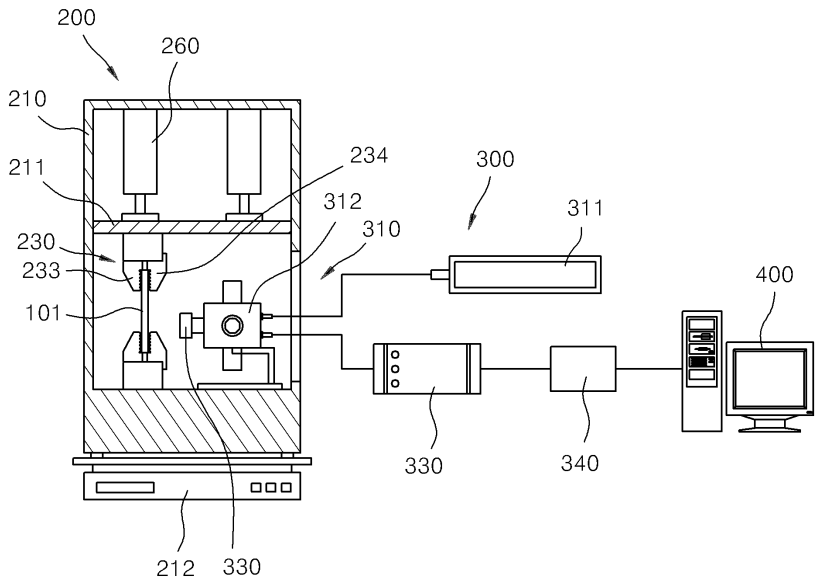
400: 연산부

도면

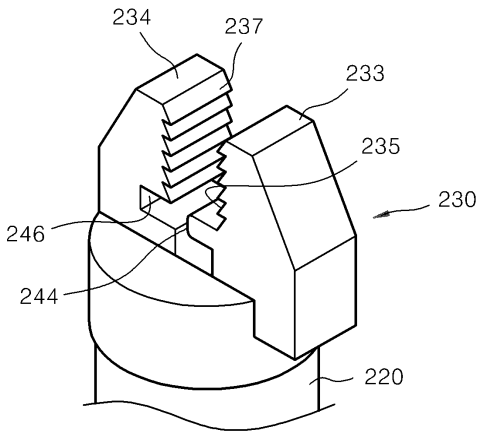
도면1



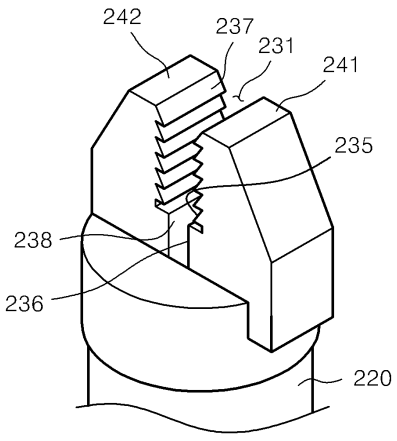
도면2


200
260
210
211
234
312
310
300
311
230
233
101
400
330
340
212
330

도면3


234
237
233
235
230
246
244
220

도면4


242
237
231
241
235
238
236
220

도면5

