



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2023년07월21일  
(11) 등록번호 10-2558357  
(24) 등록일자 2023년07월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 3/42 (2006.01) G01N 3/06 (2006.01)  
G06N 3/04 (2023.01) G06N 3/08 (2023.01)  
(52) CPC특허분류  
G01N 3/42 (2013.01)  
G01N 3/06 (2020.05)  
(21) 출원번호 10-2021-0157508  
(22) 출원일자 2021년11월16일  
심사청구일자 2021년11월16일  
(65) 공개번호 10-2023-0071377  
(43) 공개일자 2023년05월23일  
(56) 선행기술조사문헌  
US20200249138 A1\*  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
주식회사 포스코  
경상북도 포항시 남구 동해안로 6261(괴동동)  
포항공과대학교 산학협력단  
경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동)  
(72) 발명자  
김형섭  
경상북도 포항시 남구 지곡로 155, 9동 703호(지곡동, 교수아파트)  
서민홍  
인천광역시 연수구 송도과학로 100  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 16 항

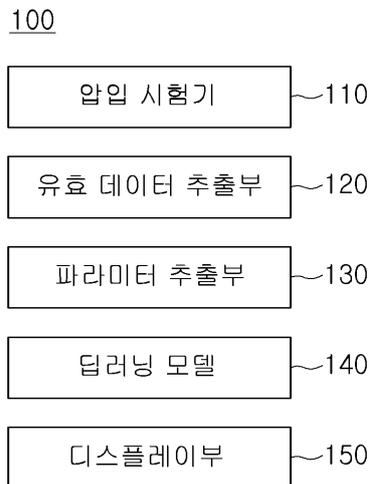
심사관 : 한별

(54) 발명의 명칭 **딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치 및 방법**

**(57) 요약**

본 발명의 일 실시 형태에 따른 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치는 압입자를 이용하여 재료의 하중-변위 데이터를 획득하는 압입 시험기와, 획득된 하중-변위 데이터로부터 유효 데이터를 추출하는 유효 데이터 추출부와, 추출된 유효 데이터를 기 학습된 딥러닝 모델에 입력하여 재료의 진응력-진변형률을 구하기 위한 소성 모델의 파라미터를 추출하는 파라미터 추출부를 포함할 수 있다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

**G06N 3/04** (2023.01)  
**G06N 3/08** (2023.01)  
G01N 2203/0075 (2013.01)  
G01N 2203/0078 (2013.01)  
G01N 2203/0216 (2013.01)  
G01N 2203/06 (2013.01)

(72) 발명자

**구강희**

인천광역시 연수구 먼우금로161번길 12, 103동 40  
5호(동춘동, 롯데아파트)

**김용주**

경상북도 안동시 강남1길 98-23, 306동 1303호(정  
하동, 현진에버빌3차)

(56) 선행기술조사문헌

JP08233713 A  
KR1020150132632 A  
KR1020030009665 A  
W02020263358 A1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

압입자를 이용하여 재료의 하중-변위 데이터를 획득하는 압입 시험기;

획득된 상기 하중-변위 데이터로부터 유효 데이터를 추출하는 유효 데이터 추출부; 및

추출된 상기 유효 데이터를 기 학습된 딥러닝 모델에 입력하여 상기 재료의 진응력-진변형률을 구하기 위한 소성 모델의 파라미터를 추출하는 파라미터 추출부를 포함하며,

상기 유효 데이터는, 획득된 상기 하중-변위 데이터를 기 정해진 피팅 함수로 피팅하여 얻은 상수, 특정 압입 깊이별 획득한 하중-변위 데이터 및 상기 피팅 함수의 면적을 포함하고,

상기 딥러닝 모델의 학습을 위한 트레이닝 세트는, 유한 요소 해석을 통해 구한, 상기 피팅 함수의 상수, 특정 압입 깊이별 획득한 하중-변위 데이터 및 상기 피팅 함수의 면적을 포함하는 입력 데이터와 상기 소성 모델의 파라미터를 포함하는 출력 데이터를 포함하는, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 압입자는, 구형 압입자이며,

상기 압입 시험기는, 재료의 소성 구간에서의 변형 거동을 고려하기 위해 상기 재료의 두께 대비 기 설정된 비율까지 상기 재료를 압입하면서 상기 하중-변위 데이터를 획득하는, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 기 설정된 비율은,

상기 재료의 물성에 따라 결정되는, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치.

#### 청구항 4

제2항에 있어서,

상기 기 설정된 비율은,

상기 구형 압입자의 반지름 대비 5% 내지 15% 사이의 값인, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치.

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 피팅 함수는, 하기 수학식:

$Y = aX + b$ 이며, 여기서,  $X$ 는 변위,  $Y$ 는 하중,  $a$  및  $b$ 는 상수인, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치.

### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 소성 모델은, 하기 수학식:

$$\sigma = K(\varepsilon + \varepsilon_0)^n \varepsilon^m$$

이며, 여기서  $\sigma$ 는 진응력,  $\varepsilon$ 는 진변형률,  $K$ ,  $n$ 은 상기 재료의 강화 상수,  $m$ 은 변형률 민감도,  $\varepsilon_0$ 는 상수인, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치.

### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 딥러닝 모델은,

지도 학습 기반의 인공 신경망 모델인, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치.

### 청구항 9

삭제

### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 기계적 물성 추정 장치는,

추출된 상기 소성 모델을 상기 재료의 진응력-진변형률 곡선으로 디스플레이하는 디스플레이부;

를 더 포함하는, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치.

### 청구항 11

압입 시험기에서, 압입자를 이용하여 재료의 하중-변위 데이터를 획득하는 제1 단계;

유효 데이터 추출부에서, 획득된 상기 하중-변위 데이터로부터 유효 데이터를 추출하는 제2 단계; 및

파라미터 추출부에서, 추출된 상기 유효 데이터를 기 학습된 딥러닝 모델에 입력하여 상기 재료의 진응력-진변형률을 구하기 위한 소성 모델의 파라미터를 추출하는 제3 단계를 포함하며,

상기 유효 데이터는, 획득된 상기 하중-변위 데이터를 기 정해진 피팅 함수로 피팅하여 얻은 상수, 특정 압입 깊이별 획득한 하중-변위 데이터 및 상기 피팅 함수의 면적을 포함하고,

상기 딥러닝 모델의 학습을 위한 트레이닝 세트는, 유한 요소 해석을 통해 구한, 상기 피팅 함수의 상수, 특정 압입 깊이별 획득한 하중-변위 데이터 및 상기 피팅 함수의 면적을 포함하는 입력 데이터와 상기 소성 모델의 파라미터를 포함하는 출력 데이터를 포함하는, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 방법.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 압입자는, 구형 압입자이며,

상기 제1 단계는, 재료의 소성 구간에서의 변형 거동을 고려하기 위해 상기 재료의 두께 대비 기 설정된 비율까지 상기 재료를 압입하면서 상기 하중-변위 데이터를 획득하는, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 방법.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

상기 기 설정된 비율은,

상기 재료의 물성에 따라 결정되는, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 방법.

**청구항 14**

제12항에 있어서,

상기 기 설정된 비율은,

상기 구형 압입자의 반지름 대비 5% 내지 15% 사이의 값인, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 방법.

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

제11항에 있어서,

상기 피팅 함수는, 하기 수학적식:

$Y = aX + b$ 이며, 여기서, X는 변위, Y는 하중, a 및 b는 상수인, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 방법.

**청구항 17**

제11항에 있어서,

상기 소성 모델은, 하기 수학적식:

$$\sigma = K(\epsilon + \epsilon_0)^n \epsilon^m$$

이며, 여기서  $\sigma$ 는 진응력,  $\epsilon$ 는 진변형률, K, n은 상기 재료의 강화 상수, m은 변형률 민감도,  $\epsilon_0$ 는 상수인, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 방법.

**청구항 18**

제11항에 있어서,

상기 딥러닝 모델은,  
지도 학습 기반의 인공 신경망 모델인, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 방법.

**청구항 19**

삭제

**청구항 20**

제11항에 있어서,  
상기 기계적 물성 추정 방법은,  
추출된 상기 소성 모델을 상기 재료의 진응력-진변형률 곡선으로 디스플레이하는 단계;  
를 더 포함하는, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 출원은, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 계장화 압입시험은 재료공학 분야에서 재료의 기계적 물성을 얻어낼 수 있는 비파괴 시험의 한 방법으로, 별다른 시편 준비과정 없이 압입 과정 동안 연속적인 하중과 변형률 데이터를 측정할 수 있다.

[0003] 이러한 압입 시험을 이용하여 재료의 국부적인 영역에서의 소성 변형 중 하중 및 변형률 데이터를 토대로 재료의 진응력-진변형률 곡선을 도출하고자 하고자 하는 연구가 진행되고 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0004] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1407405호(“계장화 구형 압입 시험의 변수를 이용한 가공경화물의 항복 강도 산출 방법 및 인장 강도 산출 방법”, 등록일자: 2014년06월09일)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 본 발명의 일 실시 형태에 의하면, 재료의 기계적 물성을 수초 이내에 빠르고 정확하게 구할 수 있는 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치 및 방법을 제공한다.

**과제의 해결 수단**

[0006] 본 발명의 일 실시 형태에 의하면, 압입자를 이용하여 재료의 하중-변위 데이터를 획득하는 압입 시험기; 획득된 상기 하중-변위 데이터로부터 유효 데이터를 추출하는 유효 데이터 추출부; 및 추출된 상기 유효 데이터를 기 학습된 딥러닝 모델에 입력하여 상기 재료의 진응력-진변형률을 구하기 위한 소성 모델의 파라미터를 추출하는 파라미터 추출부;를 포함하는, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치가 제공된다.

[0007] 본 발명의 일 실시 형태에 의하면, 압입 시험기에서, 압입자를 이용하여 재료의 하중-변위 데이터를 획득하는 제1 단계; 유효 데이터 추출부에서, 획득된 상기 하중-변위 데이터로부터 유효 데이터를 추출하는 제2 단계; 및 파라미터 추출부에서, 추출된 상기 유효 데이터를 기 학습된 딥러닝 모델에 입력하여 상기 재료의 진응력-진변

형률을 구하기 위한 소성 모델의 파라미터를 추출하는 제3 단계;를 포함하는, 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 방법이 제공된다.

**발명의 효과**

[0008] 본 발명의 일 실시 형태에 의하면, 압입자를 이용하여 획득된 하중-변위 데이터를 기 학습된 딥러닝 모델에 입력하여 소성 모델의 파라미터를 추출함으로써, 재료의 기계적 물성을 수초 이내에 빠르고 정확하게 구할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0009] 도 1은 본 발명의 일 실시 형태에 따른 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치의 블록도이다.  
 도 2는 본 발명의 일 실시 형태에 따른 유효 데이터를 추출하기 위한 피팅 함수를 설명하기 위한 도면이다.  
 도 3은 본 발명의 일 실시 형태에 따른 지도 학습 기반의 인공 신경망 모델을 설명하는 도면이다.  
 도 4는 본 발명의 일 실시 형태에 따라 도출된 진응력-진변형률 곡선을 도시한 도면이다.  
 도 5는 본 발명의 일 실시 형태에 따른 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 방법을 설명하는 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0010] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태를 설명한다. 그러나 본 발명의 실시형태는 여러 가지의 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명하는 실시형태로만 한정되는 것은 아니다. 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 더욱 명확한 설명을 위해 과장될 수 있으며, 도면상의 동일한 부호로 표시되는 요소는 동일한 요소이다.

[0011] 도 1은 본 발명의 일 실시 형태에 따른 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치의 블록도이다.

[0012] 우선, 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시 형태에 따른 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 장치(100)는, 압입 시험기(110), 유효 데이터 추출부(120), 파라미터 추출부(130), 딥러닝 모델(140) 및 디스플레이부(150)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0013] 구체적으로, 압입 시험기(110)는 압입자를 이용하여 재료의 하중-변위 데이터를 획득할 수 있다. 압입자는 반경 250 $\mu$ m의 구형(spherical) 텅스텐 카바이드 압입자를 사용하였으며, 압입 시험기(110)는 만능 시험기(UTM: Model 302, R&B Co., Korea)를 사용하였다.

[0014] 상술한 재료는 5 $\times$ 5cm<sup>2</sup>의 넓이 및 약 1 mm 두께의 사각 시편이며, 사각 시편의 상단 및 하단 표면의 오염을 제거하기 위해 600, 800, 그리고 1200방 사포를 통해 연마하였다.

[0015] 한편, 본 발명의 일 실시 형태에 의하면, 재료의 소성 구간에서의 변형 거동만을 고려하기 위해 재료의 두께 대비 기 설정된 비율까지 재료를 압입하면서 하중-변위 데이터를 획득하였다. 이러한 기 설정된 비율은 재료의 물성에 따라 결정될 수 있다. 본 발명에서 기 설정된 비율은 구형 압입자의 반지름 대비 5% 내지 15% 사이의 값으로 설정하였다.

[0016] 유효 데이터 추출부(120)는 획득된 하중-변위 데이터로부터 유효 데이터를 추출할 수 있다. 추출된 유효 데이터는 후술하는 파라미터 추출부(130)로 전달될 수 있다.

[0017] 여기서, 유효 데이터는 획득된 하중-변위 데이터를 기 정해진 피팅 함수로 피팅하여 얻은 상수, 특정 압입 깊이 별(예: 100 $\mu$ m, 200 $\mu$ m, 300 $\mu$ m 등) 획득한 복수개의 하중-변위 데이터 및 피팅 함수의 면적을 포함할 수 있다.

[0018] 도 2는 본 발명의 일 실시 형태에 따른 유효 데이터를 추출하기 위한 피팅 함수를 설명하기 위한 도면이다.

[0019] 도 2에 도시된 바와 같이, 하중-변위 데이터(201)는 하기 수학적 1과 같은 1차 함수(200)로 피팅될 수 있다. 도 2에서 S는 피팅 함수(200)의 면적으로, 에너지를 고려하기 위함이며, 기 정해진 하중(X1) 이하에서의 면적일 수 있다.

[0020] [수학적식 1]

[0021]  $Y = aX + b$

- [0022] 수학적 식 1에서, X는 변위, Y는 하중, a 및 b는 상수일 수 있다.
- [0023] 본 발명에서는 피팅 함수로 1차 함수를 예시하고 있으나, 당업자의 필요에 따라서는 2차 이상의 함수를 사용할 수도 있음은 물론이다.
- [0024] 한편, 파라미터 추출부(130)는 추출된 유효 데이터를 기 학습된 딥러닝 모델(140)에 입력하여 재료의 진응력-진변형률을 구하기 위해 하기 수학적 식 2에 따른 소성 모델의 파라미터를 추출할 수 있다. 본 발명에서 상술한 소성 모델은 변형된 Swift 소성 모델로 지칭될 수 있다.
- [0025] [수학적 식 2]
- [0026] 
$$\sigma = K(\epsilon + \epsilon_0)^n \epsilon^m$$
- [0027] 여기서  $\sigma$ 는 진응력,  $\epsilon$ 은 진변형률, K, n은 재료의 강화 상수, m은 변형률 민감도,  $\epsilon_0$ 는 상수일 수 있다.
- [0028] 한편, 상술한 딥러닝 모델(140)은 지도 학습 기반의 인공 신경망 모델일 수 있다.
- [0029] 구체적으로, 도 3은 본 발명의 일 실시 형태에 따른 지도 학습 기반의 인공 신경망 모델(300)을 설명하는 도면이다.
- [0030] 도 3에 도시된 바와 같이, 지도 학습 기반의 인공 신경망 모델(300)은 제1 ANN(Artificial Neural Network)부(310), 제2 ANN(Artificial Neural Network)부(320)를 포함한다.
- [0031] 인공 신경망 모델(300)은 입력층( $x_1, x_2, \dots, x_N$ )과 출력층( $z_1, z_2, \dots, z_N$ )을 갖도록 구성된 후, 중간에 스윙트 스페이스(Swift Space)(330)를 적재하고 스윙트 스페이스(330)를 기준으로 좌우 대칭이 되도록 한다.
- [0032] 제1 ANN부(310)는 입력층( $x_1, x_2, \dots, x_N$ )을 통해 입력된 입력 데이터의 차원 축소를 통해 스윙트 스페이스(330)의 노드값인 출력 데이터로 변화시키고, 제2 ANN부(320)는 스윙트 스페이스(330)의 노드값인 출력 데이터를 다시 원래 값으로 복원한다.
- [0033] 상술한 지도 학습 기반의 인공 신경망 모델(300)의 동작은 오토인코더(autoencoder)의 동작과 동일하며, 여기서는 상세하게 설명하지 않는다.
- [0034] 본 발명에서 제1 ANN부(310)는 'Identatation-Swift first ANN part'로, 제2 ANN부(320)는 'Identatation-Swift second ANN part'로도 지칭될 수 있다. 제1 ANN부(310)와 제2 ANN부(320) 내부에는 복수개의 은닉층이 존재할 수 있음은 물론이다.
- [0035] 상술한 딥러닝 모델의 학습을 위한 트레이닝 세트는, 유한 요소 해석을 통해 구한, 피팅 함수의 상수, 특정 압입 깊이별 획득한 하중-변위 데이터 및 피팅 함수의 면적을 포함하는 입력 데이터와 소성 모델의 파라미터를 포함하는 출력 데이터를 포함할 수 있다.
- [0036] 마지막으로, 디스플레이부(150)는 추출된 소성 모델을 재료의 진응력-진변형률 곡선으로 디스플레이할 수 있다.
- [0037] 도 4는 본 발명의 일 실시 형태에 따라 도출된 진응력-진변형률 곡선을 도시한 도면으로, AISI316 스테인레스에 대한 실제 진응력-진변형률 곡선(401)과, 본 발명의 일 실시 형태에 따라 다양한 압입 속도에서의 구한 진응력-진변형률 곡선(402 내지 404)로, 도면부호 402는 0.6 mm/min의 압입 속도, 도면부호 403은 0.9 mm/min의 압입 속도, 도면부호 404은 1.2 mm/min의 압입 속도에서 구한 진응력-진변형률 곡선이다.
- [0038] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시 형태에 의하면, 압입자를 이용하여 획득된 하중-변위 데이터를 기 학습된 딥러닝 모델에 입력하여 소성 모델의 파라미터를 추출함으로써, 재료의 기계적 물성을 수초 이내에 빠르고 정확하게 구할 수 있다.
- [0039] 한편, 도 5는 본 발명의 일 실시 형태에 따른 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 방법을 설명하는 흐름도이다.
- [0040] 이하, 도 1 내지 도 5를 참조하여 본 발명의 일 실시 형태에 따른 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 방법을 상세하게 설명한다. 다만, 발명의 간명화를 위해 도 1 내지 도 4에서 기설명된 내용과 중복된 사항에 대한 설명은 생략하기로 한다.
- [0041] 도 1 내지 도 5에서 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시 형태에 따른 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물

성 추정 방법은 압입 시험기(110)에서 압입자를 이용하여 재료의 하중-변위 데이터를 획득하는 단계(S501)에 의해 개시될 수 있다. 획득된 재료의 하중-변위 데이터는 유효 데이터 추출부(120)로 전달될 수 있다.

- [0042] 본 발명에서 압입자는 구형 압입자이며, 상술한 단계 S501은 재료의 소성 구간에서의 변형 거동을 고려하기 위해 재료의 두께 대비 기 설정된 비율까지 재료를 압입하면서 하중-변위 데이터를 획득할 수 있으며, 기 설정된 비율은 재료의 물성에 따라 결정될 수 있음은 상술한 바와 같다. 본 발명에서 기 설정된 비율은 구형 압입자의 반지름 대비 5% 내지 15% 사이의 값으로 설정하였다.
- [0043] 상술한 소성 모델은 변형된 Swift 소성 모델로 지칭될 수 있으며, 상술한 수학적 식 2에서 서술된 바와 같다.
- [0044] 또한, 상술한 딥러닝 모델(140)은 지도 학습 기반의 인공 신경망 모델일 수 있으며, 딥러닝 모델의 학습을 위한 트레이닝 세트는, 유한 요소 해석을 통해 구한, 피팅 함수의 상수, 특정 압입 깊이별 획득한 하중-변위 데이터 및 피팅 함수의 면적을 포함하는 입력 데이터와 소성 모델의 파라미터를 포함하는 출력 데이터를 포함할 수 있음은 상술한 바와 같다.
- [0045] 다음, 유효 데이터 추출부(120)는 획득된 하중-변위 데이터로부터 유효 데이터를 추출할 수 있다(S502). 추출된 유효 데이터는 파라미터 추출부(130)로 전달될 수 있다.
- [0046] 상술한 유효 데이터는 획득된 하중-변위 데이터를 기 정해진 피팅 함수로 피팅하여 얻은 상수, 특정 압입 깊이별(예: 100 $\mu$ m, 200 $\mu$ m, 300 $\mu$ m 등) 획득한 복수개의 하중-변위 데이터 및 피팅 함수의 면적을 포함할 수 있음은 상술한 바와 같다.
- [0047] 또한, 상술한 피팅 함수는 1차 함수를 예시하고 있으나, 당업자의 필요에 따라서는 2차 이상의 함수를 사용할 수도 있음은 상술한 바와 같다.
- [0048] 마지막으로, 파라미터 추출부(130)는 추출된 유효 데이터를 기 학습된 딥러닝 모델에 입력하여 재료의 진응력-진변형률을 구하기 위한 소성 모델의 파라미터를 추출할 수 있다(S503).
- [0049] 이후, 디스플레이부(150)는 추출된 소성 모델을 재료의 진응력-진변형률 곡선으로 디스플레이할 수 있다.
- [0050] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시 형태에 의하면, 압입자를 이용하여 획득된 하중-변위 데이터를 기 학습된 딥러닝 모델에 입력하여 소성 모델의 파라미터를 추출함으로써, 재료의 기계적 물성을 수초 이내에 빠르고 정확하게 구할 수 있다.
- [0051] 상술한 본 발명의 일 실시 형태에 따른 딥러닝 모델을 이용한 재료의 기계적 물성 추정 방법은 컴퓨터에서 실행되기 위한 프로그램으로 제작되어 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체에 저장될 수 있다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다. 그리고 상기 방법을 구현하기 위한 기능적인(function) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있다.
- [0052] 또한, 본 발명을 설명함에 있어, '~ 부'는 다양한 방식, 예를 들면 프로세서, 프로세서에 의해 수행되는 프로그램 명령들, 소프트웨어 모듈, 마이크로 코드, 컴퓨터 프로그램 생성물, 로직 회로, 애플리케이션 전용 집적 회로, 펌웨어 등에 의해 구현될 수 있다.
- [0053] 본 발명은 상술한 실시형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되지 아니한다. 첨부된 청구범위에 의해 권리범위를 한정하고자 하며, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경할 수 있다는 것은 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.

**부호의 설명**

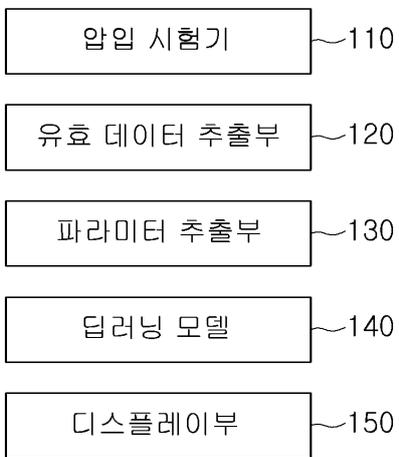
- [0054] 100: 기계적 물성 추정 장치
- 110: 압입 시험기
- 120: 유효 데이터 추출부
- 130: 파라미터 추출부
- 140: 딥러닝 모델

- 150: 디스플레이부
- 200: 피팅 함수
- 201: 하중-변위 데이터
- 300: 딥러닝 모델
- 310: 제1 ANN부
- 320: 제2 ANN
- 330: 은닉층

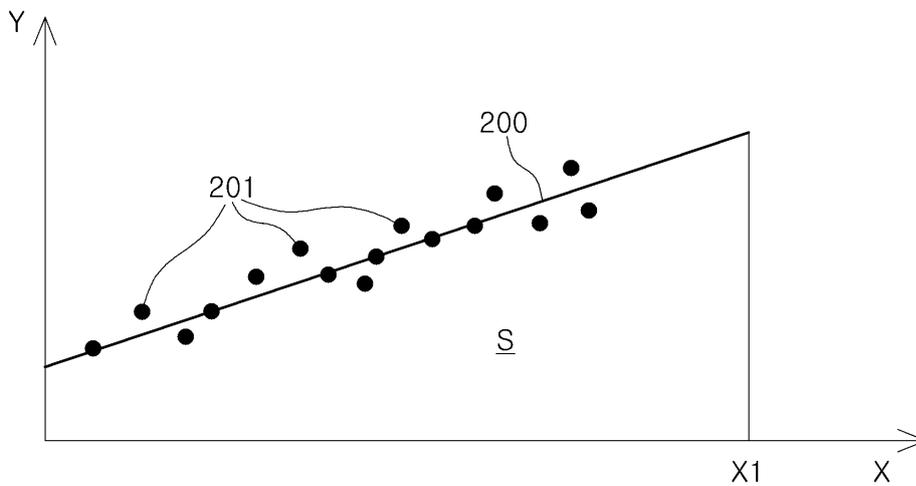
도면

도면1

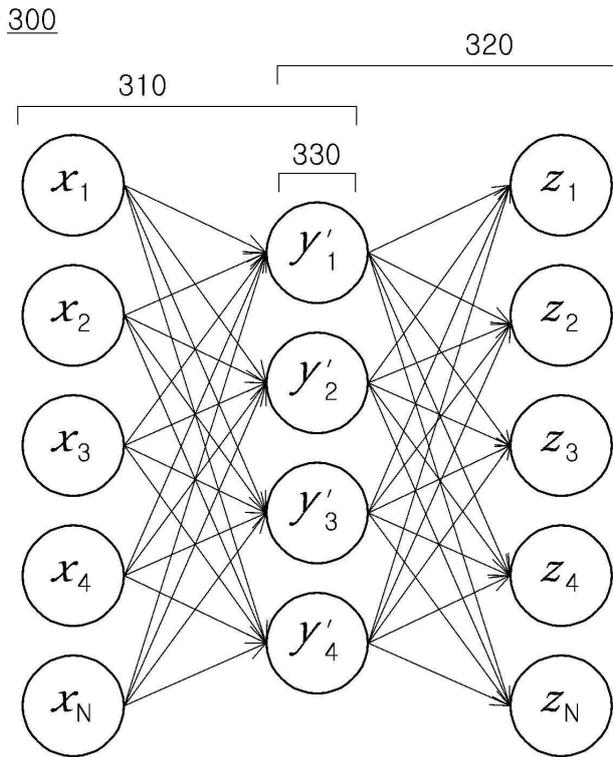
100



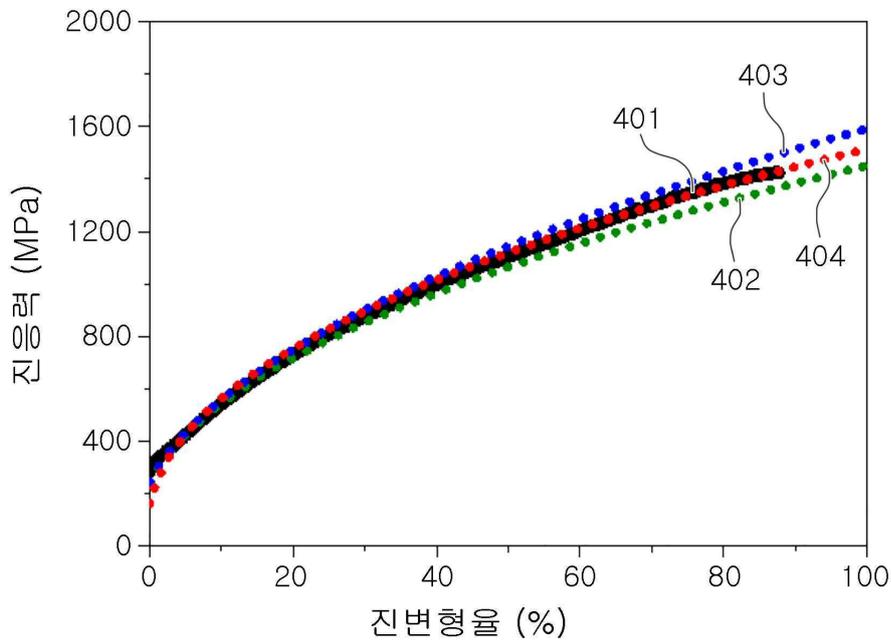
도면2



도면3



도면4



도면5

