



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월21일
(11) 등록번호 10-2697886
(24) 등록일자 2024년08월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/20 (2006.01) G01N 27/04 (2006.01)
G06N 20/00 (2019.01) G06N 3/04 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/20 (2013.01)
G01N 27/041 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0187607
(22) 출원일자 2021년12월24일
심사청구일자 2021년12월24일
(65) 공개번호 10-2023-0097781
(43) 공개일자 2023년07월03일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020140038149 A*
KR1020110099523 A*
KR101952933 B1*
KR101805775 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박영빈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
강구혁
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
전용준

전체 청구항 수 : 총 6 항

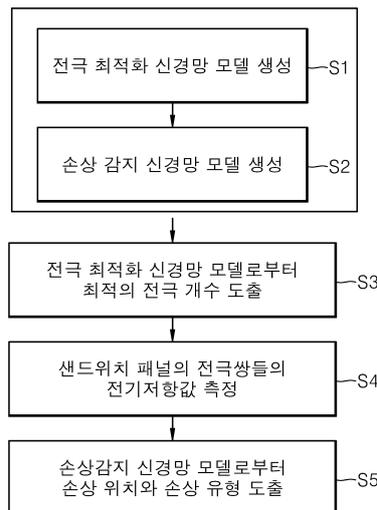
심사관 : 김동원

(54) 발명의 명칭 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 시스템은, 샌드위치 패널이 전기 전도성을 가지는 상,하부 전도성 표판과 전도성 코어로 형성되고, 상기 샌드위치 패널에 머신러닝을 통해 학습된 전극 최적화 신경망 모델로부터 도출된 최적의 전극 개수만큼 전극을 구비하여 전기 저항값을 측정하고, 머신 러닝을 통해 학습된 손상 감지 신경망 모델로부터 측정된 전기 저항값에 따른 손상 위치와 손상 유형을 도출하도록 구성됨으로써, 상기 샌드위치 패널의 손상을 보다 신속하고 정확하게 감지할 수 있는 이점이 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G06N 20/00 (2021.08)

G06N 3/04 (2023.01)

(72) 발명자

이인용

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

조규은

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

장주형

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

명세서

청구범위

청구항 1

전기전도성 복합소재로 형성된 상부 전도성 표판과, 상기 전기전도성 복합소재로 형성된 하부 전도성 표판과, 상기 상부 전도성 표판과 상기 하부 전도성 표판 사이에 적층되어 전기전도성 접착재로 접착되고 전기전도성 폼 소재로 형성된 전도성 코어를 포함하는 샌드위치 패널과;

상기 상부 전도성 표판에서 서로 소정간격 이격되게 복수의 위치에 구비된 상부 전극들과;

상기 하부 전도성 표판에서 상기 상부 전극들과 대향되는 복수의 위치에 구비된 하부 전극들과;

상기 상부 전극과 상기 하부 전극이 이루는 복수의 전극 쌍들의 전기 저항값을 측정하는 저항측정부와;

상기 샌드위치 패널에 대해 실험 또는 시뮬레이션을 통해 수집된 학습 데이터 중에서 센싱 민감도, 센싱 면적, 상기 상,하부 전극들의 위치를 입력 변수로 하고 상기 상,하부 전극들의 개수를 출력 변수로 하여 머신러닝을 수행하여, 상기 샌드위치 패널의 설계자 또는 제작자가 센싱 민감도, 센싱 면적, 상기 상,하부 전극들의 위치를 입력하면 상기 센싱 면적에 대한 상기 상,하부 전극들의 개수를 도출하는 전극 최적화 신경망 모델을 생성하고,

상기 학습 데이터 중에서 상기 상,하부 전도성 표판에 포함된 탄소섬유플라이의 적층수, 상기 전도성 코어의 두께 및 상기 전기전도성 폼 소재에 포함된 탄소나노튜브의 중량비를 포함한 상기 샌드위치 패널의 기본 정보와 상기 전극 쌍들의 전기 저항값을 입력변수로 하고 상기 샌드위치 패널의 손상 위치와 손상 유형을 출력 변수로 하여 머신러닝을 수행하여, 상기 저항 측정부에서 측정된 전기 저항값의 변화를 입력하면 상기 손상 위치와 상기 손상 유형을 도출하는 손상 감지 신경망 모델을 생성하는 인공 신경망 학습부와;

상기 손상 감지 신경망 모델에 상기 샌드위치 패널의 기본 정보와 상기 저항측정부에서 측정된 전기 저항값의 변화를 입력하여, 상기 샌드위치 패널의 손상 위치와, 표판 손상, 코어 손상 및 탈착 손상을 포함하는 손상 유형을 도출하는 모니터링부를 포함하는 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 전기전도성 폼 소재는, 상기 탄소나노튜브와 폴리우레탄을 미리 설정된 중량비로 혼합하여 형성된 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 시스템.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 전기전도성 접착제는, 산화인듐주석(ITO)으로 코팅된 PET(Polyethylene terephthalate) 필름을 포함하는 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 시스템.

청구항 7

전기전도성 복합소재로 형성된 상부 전도성 표판과, 상기 전기전도성 복합소재로 형성된 하부 전도성 표판과,

상기 상부 전도성 표판과 상기 하부 전도성 표판 사이에 적층되어 전기전도성 접착제로 접착되고 전기전도성 폼 소재로 형성된 전도성 코어를 포함하는 샌드위치 패널의 손상을 감지하는 방법에 있어서,

상기 샌드위치 패널에 대해 실험 또는 시뮬레이션을 통해 수집된 학습 데이터 중에서 센싱 민감도, 센싱 면적, 상기 상,하부 전도성 표판에 각각 구비된 상,하부 전극들의 위치를 입력 변수로 하고, 상기 상,하부 전극들의 개수를 출력 변수로 하여 머신러닝을 수행하여, 상기 상,하부 전극들의 개수를 도출하기 위한 전극 최적화 신경망 모델을 생성하는 과정과,

상기 학습 데이터 중에서 상기 상,하부 전도성 표판에 포함된 탄소섬유플라이의 적층수, 상기 전도성 코어의 두께 및 상기 전기전도성 폼 소재에 포함된 탄소나노튜브의 중량비를 포함한 상기 샌드위치 패널의 기본 정보와, 상기 상부 전극과 상기 하부 전극이 이루는 전극 쌍들의 전기 저항값을 입력변수로 하고 상기 샌드위치 패널의 손상 위치와 손상 유형을 출력 변수로 하여 머신러닝을 수행하여, 상기 샌드위치 패널의 손상 위치와 상기 손상 유형을 도출하기 위한 손상 감지 신경망 모델을 생성하는 과정을 포함하는 인공 신경망 모델 생성단계와;

상기 샌드위치 패널의 설계자 또는 제작자가 센싱 민감도, 센싱 면적, 상기 상,하부 전극들의 위치를 상기 전극 최적화 신경망 모델에 입력하면, 상기 전극 최적화 신경망 모델로부터 손상을 감지하고자 하는 샌드위치 패널의 센싱 면적에 대한 상기 상,하부 전극들의 개수를 도출하는 전극 개수 도출단계와;

상기 전극 최적화 신경망 모델에서 도출된 상기 상,하부 전극들의 개수만큼 전극들이 배치되면, 저항측정부가 상기 상부 전극과 상기 하부 전극이 이루는 복수의 전극 쌍들의 전기 저항값을 측정하는 저항측정단계와;

모니터링부가 상기 저항측정부에서 측정된 전기 저항값의 변화를 상기 손상 감지 신경망 모델에 입력하여, 상기 손상 감지 신경망 모델로부터 상기 샌드위치 패널의 손상 위치와 손상 유형을 도출하는 손상감지단계를 포함하는,

전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

청구항 7에 있어서,

상기 전기전도성 폼 소재는, 상기 탄소나노튜브와 폴리우레탄을 미리 설정된 중량비로 혼합하여 형성된 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 전기전도성 접착제는, 산화인듐주석(ITO)으로 코팅된 PET(Polyethylene terephthalate) 필름을 포함하는 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 전기전도성 폼 소재를 사용하여 전기전도성 샌드위치 패널을 형성하고, 머신 러닝을 통해 상,하부 전도성 표판에 구비된 전극의 개수를 최적화하여, 손상을 보다 정확하게 감지할 수 있는 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 샌드위치 패널(Sandwich panel)은, 서로 다른 종류의 재료를 샌드위치 모양으로 적층하여 접착제로 접착한 특수 합판을 의미한다. 이러한 샌드위치 패널의 표판은 플라스틱, 알루미늄, 스테인레스 등 강도가 큰 재료를 사용하고, 심재는 종이, 목재, 발포 플라스틱재 등을 사용하여 보온, 방음, 강도 등을 고려한다. 샌드위치 패널은 금속 패널과 유사한 구조 강성을 가지면서도 경량화에 효과적이기 때문에 건축용 자재 등 다양한 분

야에 사용되고 있다.

[0003] 그러나, 종래의 샌드위치 패널은 변형이나 손상을 측정하기 위해서는 별도의 센서 등을 추가적으로 설치하거나, 음향 센서 등 검사 장비를 통해 스캔 하거나, 육안 등으로 손상 여부를 판단하였다. 센서를 추가 설치하는 경우 비용이 많이 드는 문제점이 있을 뿐만 아니라, 검사 대상이 되는 부분이 매우 광범위하므로 센서의 설치에는 한계가 있다. 또한, 검사 장비를 이용하거나 육안으로 검사할 경우 이미 손상이나 손상이 발생된 이후에서야 확인이 가능하기 때문에 안전성 확보에 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-2317518호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은, 샌드위치 패널의 손상을 보다 정확하게 감지할 수 있는 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 시스템 및 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명에 따른 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 시스템은, 전기전도성 복합소재로 형성된 상부 전도성 표판과, 상기 전기전도성 복합소재로 형성된 하부 전도성 표판과, 상기 상부 전도성 표판과 상기 하부 전도성 표판 사이에 적층되어 전기전도성 접착재로 접착되고 전기전도성 폼 소재로 형성된 전도성 코어를 포함하는 샌드위치 패널과; 상기 상부 전도성 표판에서 서로 소정간격 이격되게 복수의 위치에 구비된 상부 전극들과; 상기 하부 전도성 표판에서 상기 상부 전극들과 대향되는 복수의 위치에 구비된 하부 전극들과; 상기 상부 전극과 상기 하부 전극이 이루는 복수의 전극 쌍들의 전기 저항값을 측정하는 저항측정부와; 상기 샌드위치 패널에 대해 실험 또는 시뮬레이션을 통해 수집된 학습 데이터 중에서 센싱 민감도, 센싱 면적, 상기 상,하부 전극들의 위치를 입력 변수로 하고 상기 상,하부 전극들의 개수를 출력 변수로 하여 머신러닝을 수행하여, 상기 샌드위치 패널의 센싱 면적에 대한 최적의 상기 상,하부 전극들의 개수를 도출하는 전극 최적화 신경망 모델을 생성하는 인공 신경망 학습부와; 상기 샌드위치 패널의 기본 정보와 상기 저항측정부에서 측정한 전기 저항값의 변화에 따라 상기 샌드위치 패널의 손상 위치와, 표판 손상, 코어 손상 및 탈착 손상을 포함하는 손상 유형을 도출하는 모니터링부를 포함한다.

[0007] 상기 전기전도성 복합소재는, 탄소섬유강화플라스틱을 포함한다.

[0008] 상기 전기전도성 폼 소재는, 탄소나노튜브와 폴리우레탄을 미리 설정된 비율로 혼합하여 형성된다.

[0009] 상기 인공 신경망 학습부는, 상기 학습 데이터 중에서 상기 상,하부 전도성 표판에 포함된 탄소섬유플라이의 적층수, 상기 전도성 코어의 두께, 상기 전기전도성 폼 소재에 포함된 탄소나노튜브의 비율 및 상기 전극 쌍들의 전기 저항값 중 적어도 일부를 입력변수로 하고, 상기 샌드위치 패널의 손상 위치와 손상 유형을 출력 변수로 하고 머신러닝을 수행하여, 상기 손상 위치와 상기 손상 유형을 도출하는 손상 감지 신경망 모델을 생성한다.

[0010] 상기 모니터링부는, 상기 손상 감지 신경망 모델로부터 상기 샌드위치 패널의 손상 위치와 손상 유형을 도출한다.

[0011] 상기 전기전도성 접착제는, 산화인듐주석(ITO)으로 코팅된 PET(Polyethylene terephthalate) 필름을 포함한다.

[0012] 본 발명에 따른 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지하는 방법은, 전기전도성 복합소재로 형성된 상부 전도성 표판과, 상기 전기전도성 복합소재로 형성된 하부 전도성 표판과, 상기 상부 전도성 표판과 상기 하부 전도성 표판 사이에 적층되어 전기전도성 접착재로 접착되고 전기전도성 폼 소재로 형성된 전도성 코어를 포함하는 샌드위치 패널의 손상을 감지하는 방법에 있어서, 상기 샌드위치 패널에 대한 실험 또는 시뮬레이션을 통해 얻어진 학습 데이터 중에서 센싱 민감도, 센싱 면적, 상기 상,하부 전극들의 위치를 입력 변수로 하고 상기 상,하부 전극들의 개수를 출력 변수로 하여 머신러닝을 수행하여, 상기 샌드위치 패널의 센싱 면적에 대한 최적의 상기

상, 하부 전극들의 개수를 도출하는 전극 최적화 신경망 모델을 생성하는 과정과, 상기 학습 데이터 중에서 상기 상, 하부 전도성 표판에 포함된 탄소섬유플라이의 적층수, 상기 전도성 코어의 두께, 상기 전기전도성 폼 소재에 포함된 탄소나노튜브의 비율 및 상기 전극 쌍들의 전기 저항값 중 적어도 일부를 입력변수로 하고, 상기 샌드위치 패널의 손상 위치와 손상 유형을 출력 변수로 하고 머신러닝을 수행하여, 상기 손상 위치와 상기 손상 유형을 도출하는 손상 감지 신경망 모델을 생성하는 과정을 포함하는 인공 신경망 모델 생성단계와; 상기 전극 최적화 모델로부터 손상을 감지하고자 하는 샌드위치 패널의 센싱 면적에 대한 상기 상, 하부 전극들의 개수를 도출하는 전극 개수 도출단계와; 상기 전극 최적화 신경망 모델에서 도출된 상, 하부 전극들의 개수만큼 전극들이 배치되면, 저항측정부가 상기 상부 전극과 상기 하부 전극이 이루는 복수의 전극 쌍들의 전기 저항값을 측정하는 저항측정단계와; 모니터링부가 상기 저항측정부에서 측정된 전기 저항값의 변화에 따라 상기 손상 감지 신경망 모델로부터 상기 샌드위치 패널의 손상 위치와 손상 유형을 도출하는 손상감지단계를 포함한다.

[0013] 상기 전기전도성 복합소재는, 탄소섬유강화플라스틱을 포함한다.

[0014] 상기 전기전도성 폼 소재는, 상기 탄소나노튜브와 폴리우레탄을 미리 설정된 비율로 혼합하여 형성된다.

[0015] 상기 전기전도성 접착제는, 산화인듐주석(ITO)으로 코팅된 PET(Polyethylene terephthalate) 필름을 포함한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따른 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 시스템은, 샌드위치 패널이 전기 전도성을 가지는 상, 하부 전도성 표판과 전도성 코어로 형성되고, 상기 샌드위치 패널에 머신러닝을 통해 학습된 전극 최적화 신경망 모델로부터 도출된 최적의 전극 개수만큼 전극을 구비하여 전기 저항값을 측정하고, 머신 러닝을 통해 학습된 손상 감지 신경망 모델로부터 측정된 전기 저항값에 따른 손상 위치와 손상 유형을 도출하도록 구성됨으로써, 상기 샌드위치 패널의 손상을 보다 신속하고 정확하게 감지할 수 있는 이점이 있다.

[0017] 또한, 인공 신경망 모델을 통해 센싱 면적에 대한 최적의 전극 개수를 도출함으로써, 효율성이 향상될 수 있다.

[0018] 또한, 샌드위치 패널의 표판 손상 뿐만 아니라 코어 손상과 탈착 손상까지 감지할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 전기전도성 샌드위치 패널을 개략적으로 나타낸 단면도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 방법을 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 머신러닝을 통해 전극 최적화 신경망 모델을 생성하는 방법을 나타낸 도면이다.

도 4는 도 3에서 도출된 전극 최적화 신경망 모델을 통해 전기전도성 샌드위치 패널에 포함되는 전극 개수를 도출하는 방법을 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 머신러닝을 통해 손상 감지 신경망 모델을 생성하는 방법을 나타낸 도면이다.

도 6은 도 5에서 도출된 손상 감지 모델을 통해 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 위치와 손상 유형을 도출하는 방법을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 설명하면 다음과 같다.

[0021] 본 발명의 실시예에서 머신 러닝을 수행하고, 머신 러닝을 통해 구축된 인공 신경망 모델들로부터 전기전도성 샌드위치 패널의 전극 개수, 손상 위치 및 손상 유형을 도출하는 주체는 컴퓨터(미도시)인 것으로 예를 들어 설명한다.

[0022] 본 발명의 실시예에 따른 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 시스템은, 샌드위치 패널(10), 상부 전극들(20), 하부 전극들(30), 저항측정부(미도시), 인공신경망 학습부(미도시) 및 모니터링부(미도시)를 포함한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 전기전도성 샌드위치 패널을 개략적으로 나타낸 단면도이다.

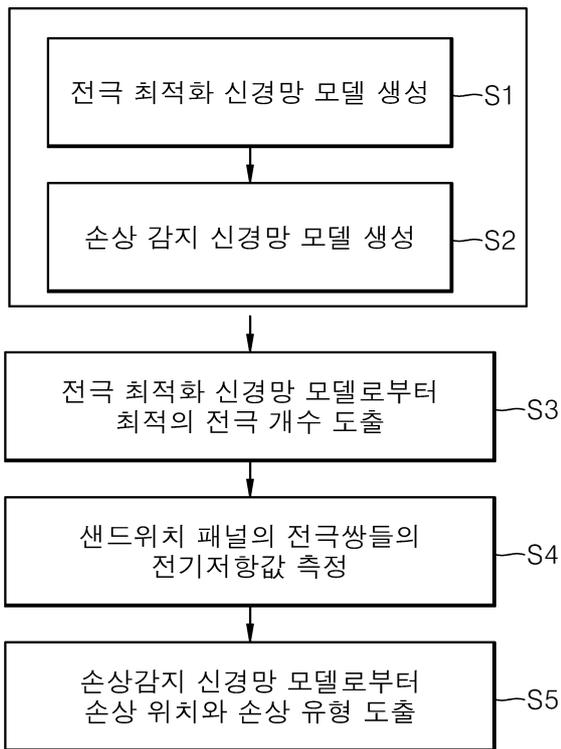
[0024] 도 1을 참조하면, 상기 샌드위치 패널(10)은, 상부 전도성 표판(11), 하부 전도성 표판(12) 및 전도성 코어(13)를 포함한다.

- [0025] 상기 상부 전도성 표판(11)은, 전기전도성 복합소재로 형성되어 상기 샌드위치 패널(10)의 상판을 이룬다.
- [0026] 상기 전기전도성 복합소재는 복수의 탄소섬유플라이들이 적층 형성된 탄소섬유강화플라스틱인 것으로 예를 들어 설명한다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 전기전도성 복합소재는 탄소섬유 외에 전기 전도성을 가지는 복합소재라면 어느 것이나 적용 가능하다.
- [0027] 상기 하부 전도성 표판(12)은 상기 샌드위치 패널(10)의 하판을 이룬다. 상기 하부 전도성 표판(12)은, 상기 상부 전도성 표판(11)과 동일한 전기전도성 복합소재로 형성된다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 하부 전도성 표판(12)과 상기 상부 전도성 표판(11)은 서로 다른 전기전도성 복합소재로 형성되는 것도 물론 가능하다.
- [0028] 상기 전도성 코어(13)는, 상기 상부 전도성 표판(11)과 상기 하부 전도성 표판(12)사이에서 적층되고, 전기전도성 폼 소재로 형성된다. 상기 전도성 코어(13)는, 상기 상부 전도성 표판(11)과 상기 하부 전도성 표판(12)에 전기 전도성 접착재로 접착된다.
- [0029] 상기 전기전도성 폼 소재는, 탄소나노튜브(CNT)와 폴리우레탄(PU)을 미리 설정된 비율(중량비)로 혼합하여 형성된다.
- [0030] 상기 전기전도성 접착재(14)는, 산화인듐주석(ITO)로 코팅된 PET(Polyethylene terephthalate)필름인 것으로 예를 들어 설명한다.
- [0031] 따라서, 상기 샌드위치 패널(10)을 구성하는 상기 상부 전도성 표판(11), 상기 하부 전도성 표판(12), 상기 전도성 코어(13) 및 상기 전기전도성 접착재(14)는 모두 전기 전도성을 가지도록 형성된다.
- [0032] 상기 상부 전극(20)은, 상기 상부 전도성 표판(11)에서 서로 소정간격 이격되게 복수의 위치에 구비된다. 상기 상부 전극(20)의 개수는 후술하는 전극 최적화 신경망 모델로부터 도출되어 설정된다.
- [0033] 상기 하부 전극(30)은, 상기 하부 전도성 표판(12)에서 서로 소정간격 이격되게 복수의 위치에 구비된다. 상기 하부 전극(30)의 개수는 후술하는 전극 최적화 신경망 모델로부터 도출되어 설정된다.
- [0034] 상기 상부 전극들(20)과 상기 하부 전극들(30)은 각각 상하방향으로 서로 대응되게 배치된다. 상기 상부 전극들(20)과 상기 하부 전극들(30)은 두 개씩 쌍을 이루어 채널(C)을 형성한다. 또한, 상기 상부 전극들(20) 중에서 두 개씩 쌍을 이루어 채널을 형성하고, 상기 하부 전극들(30) 중에서 두 개씩 쌍을 이루어 채널을 형성하는 것도 가능하다. 상기 상부 전극들(20)과 상기 하부 전극들(30)에는 각각 전선이 연결되어, 상기 저항측정부(미도시)에 연결된다.
- [0035] 상기 저항측정부(미도시)는, 상기 상부 전극(20)과 상기 하부 전극(30)이 이루는 복수의 전극 쌍들의 전기 저항값을 측정한다.
- [0036] 상기 인공신경망 학습부(미도시)는, 상기와 같이 구성된 다수의 샌드위치 패널들에 대한 외력을 인가하는 실험 또는 시뮬레이션을 통해 얻어진 학습 데이터를 이용하여 머신 러닝을 수행하여, 상기 상,하부 전극들(20)(30)의 개수를 도출하는 전극 최적화 신경망 모델을 생성한다. 상기 인공신경망 학습부(미도시)는, 상기 학습 데이터 중에서 센싱 민감도, 센싱 면적, 상기 상,하부 전극들(20)(30)의 위치를 입력 변수로 하고, 상기 상,하부 전극들(20)(30)의 개수를 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여, 상기 샌드위치 패널(10)의 센싱 면적에 대한 최적의 상기 상,하부 전극들(20)(30)의 개수를 도출하는 전극 최적화 신경망 모델을 생성한다. 상기 인공신경망 학습부(미도시)는, 오차 역전파(Back propagation) 알고리즘을 사용하여 신경망의 가중치를 갱신하여, 상기 센싱 면적에 대한 최적의 전극 개수를 도출할 수 있는 상기 전극 최적화 신경망 모델을 생성한다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 실험 또는 시뮬레이션은 외력을 인가하는 시험 이외에도 손상을 발생시킬 수 있는 것이라면 적용 가능하다.
- [0037] 또한, 상기 인공신경망 학습부(미도시)는, 상기 학습 데이터 중에서 상기 샌드위치 패널(10)의 기본 정보와 상기 전극 쌍들의 전기 저항값을 입력변수로 하고, 상기 샌드위치 패널(10)의 손상 위치와 손상 유형을 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여, 손상 감지 신경망 모델을 생성한다.
- [0038] 상기 샌드위치 패널(10)의 기본 정보는, 상기 상,하부 전도성 표판(11)(12)에 포함된 탄소섬유플라이의 적층수, 상기 전도성 코어(13)의 두께, 상기 전기전도성 폼에 포함된 탄소나노튜브의 비율(중량비) 중 적어도 일부를 포함한다.
- [0039] 상기 손상 유형은, 표판 손상, 코어 손상 및 탈착 손상으로 분류된 손상 모드이다. 상기 표판 손상은, 상기 상,하부 전도성 표판(11)(12)에 발생된 표판 크랙 등의 손상을 포함한다. 상기 코어 손상은, 상기 전도성 코어

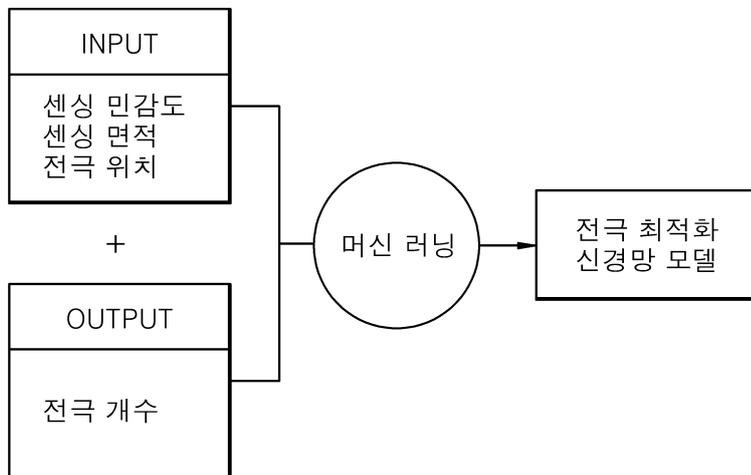
(13)에 발생된 코어 크랙이나 코어 전단(core shear) 등의 손상을 포함한다. 상기 탈착 손상은, 상기 상,하부 전도성 표판(11)(12)과 상기 전도성 코어(13)사이에 발생된 디본딩(deboning) 등의 손상을 포함한다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 손상 유형은, 상기 샌드위치 패널(10)에서 발생할 수 있는 손상이라면 어느 것이나 추가로 적용가능하다.

- [0040] 상기 모니터링부(미도시)는, 손상을 감지하고자 하는 감지 대상의 샌드위치 패널(10)의 기본 정보와 상기 저항 측정부에서 측정한 전기 저항값의 변화를 상기 손상 감지 신경망 모델에 입력하여, 상기 손상 감지 모델로부터 상기 샌드위치 패널(10)의 손상 위치와 손상 유형을 도출한다.
- [0041] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 따른 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 시스템에서 손상을 감지하는 방법을 설명하면, 다음과 같다.
- [0042] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 감지 방법을 나타낸 도면이다.
- [0043] 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 손상 감지 방법은, 인공 신경망 모델 생성단계(S1)(S2), 전극 개수 도출단계(S3), 저항측정단계(S4) 및 손상감지단계(S5)를 포함한다.
- [0044] 상기 인공 신경망 모델 생성단계(S1)(S2)는, 전극 최적화 신경망 모델을 생성하는 과정(S1)과, 손상 감지 신경망 모델을 생성하는 과정(S2)을 포함한다.
- [0045] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 머신러닝을 통해 전극 최적화 신경망 모델을 생성하는 방법을 나타낸 도면이다.
- [0046] 도 3을 참조하면, 상기 전극 최적화 신경망 모델은, 상기 인공 신경망 학습부가 상기 학습 데이터 중에서 센싱 민감도, 센싱 면적, 상기 상,하부 전극들(20)(30)의 위치를 입력 변수로 하고 상기 상,하부 전극들(20)(30)의 개수를 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여 생성된다. 상기 인공신경망 학습부(미도시)는, 오차 역전파(Back propagation) 알고리즘을 사용하여 은닉층과 출력층의 가중치를 갱신하여, 상기 센싱 면적에 대한 최적의 전극 개수를 도출할 수 있는 상기 전극 최적화 신경망 모델을 생성한다.
- [0047] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 머신러닝을 통해 손상 감지 신경망 모델을 생성하는 방법을 나타낸 도면이다.
- [0048] 도 5를 참조하면, 상기 손상 감지 신경망 모델은, 상기 인공 신경망 학습부가 상기 학습 데이터 중에서 상기 샌드위치 패널(10)의 기본 정보와 상기 전극 쌍들의 전기 저항값을 입력 변수로 하고, 상기 샌드위치 패널(10)의 손상 위치와 손상 유형을 출력 변수로 하여 머신 러닝을 수행하여 생성된다.
- [0049] 상기와 같이 상기 전극 최적화 신경망 모델이 생성되면, 상기 전극 개수 도출단계(S3)에서는 상기 전극 최적화 신경망 모델로부터 손상을 감지하고자 하는 샌드위치 패널(10)의 센싱 면적에 대한 최적의 상기 상,하부 전극들(20)(30)의 개수를 도출한다.
- [0050] 도 4는 도 3에서 도출된 전극 최적화 신경망 모델을 통해 전기전도성 샌드위치 패널에 포함되는 전극 개수를 도출하는 방법을 나타낸 도면이다.
- [0051] 도 4를 참조하면, 상기 전극 최적화 신경망 모델에 상기 샌드위치 패널(10)의 센싱 민감도, 센싱 면적, 상기 상,하부 전극들(20)(30)의 위치를 입력하면, 상기 전극 최적화 신경망 모델로부터 최적의 상기 상,하부 전극들(20)(30)의 개수가 도출된다.
- [0052] 상기 샌드위치 패널(10)의 설계자 또는 제작자는 상기 전극 최적화 신경망 모델로부터 도출된 개수만큼 상기 상,하부 전극들(20)(30)을 배치할 수 있다. 상기 상,하부 전극들(20)(30)은 상기 상,하부 전도성 표판(11)(12)에 삽입되는 것도 가능하고 상기 상,하부 전도성 표판(11)(12)의 표면에 연결하는 것도 가능하다.
- [0053] 이후, 상기 저항측정단계(S4)에서는 손상을 감지하고자 하는 샌드위치 패널(10)에 대해 상기 저항측정부(미도시)가 상기 전극 쌍들의 전기 저항값을 측정한다.
- [0054] 상기 손상감지단계(S5)에서는 상기 손상 감지 신경망 모델로부터 상기 샌드위치 패널(10)의 손상 위치와 손상 유형을 도출한다.
- [0055] 도 6은 도 5에서 도출된 손상 감지 모델을 통해 전기전도성 샌드위치 패널의 손상 위치와 손상 유형을 도출하는 방법을 나타낸 도면이다.
- [0056] 도 6을 참조하면, 상기 손상 감지 신경망 모델에 상기 상,하부 전도성 표판(11)(12)의 정보, 상기 전도성 코어(13)의 정보 및 상기 저항측정부에서 실시간으로 측정한 전기 저항값을 입력하면, 상기 손상 감지 신경망 모델

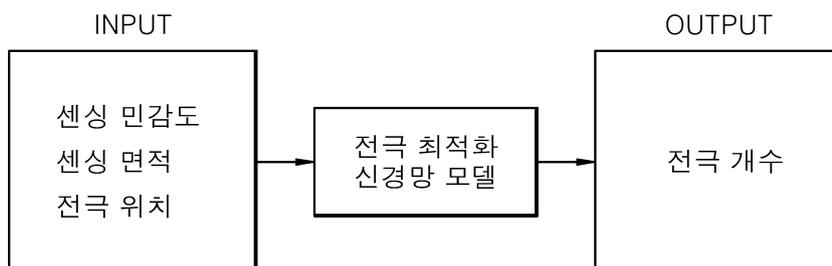
도면2



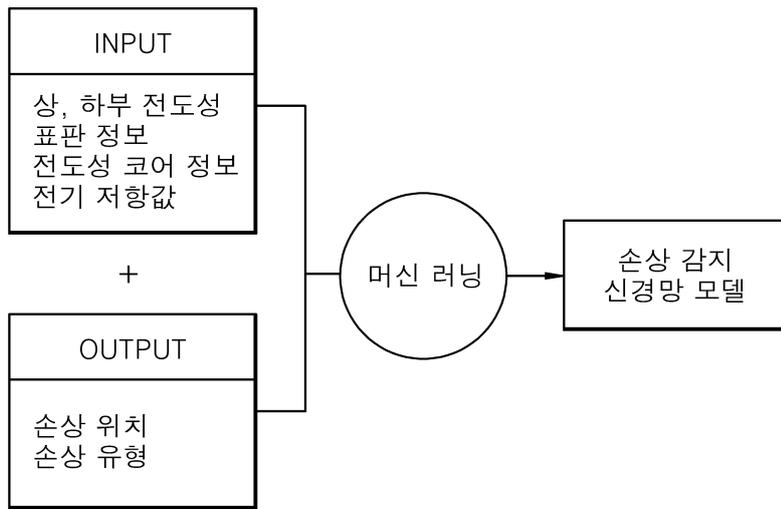
도면3



도면4



도면5



도면6

