



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0061933
(43) 공개일자 2019년06월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 27/90 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01N 27/9006 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0160833

(22) 출원일자 2017년11월28일

심사청구일자 2017년11월28일

(71) 출원인

조선대학교산학협력단

광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)

(72) 발명자

이진이

광주광역시 서구 풍암신흥로 18, 103동 1202호 (풍암동, 광명메이루즈)

김정민

광주광역시 동구 필문대로192번길 24 (산수동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 남앤남

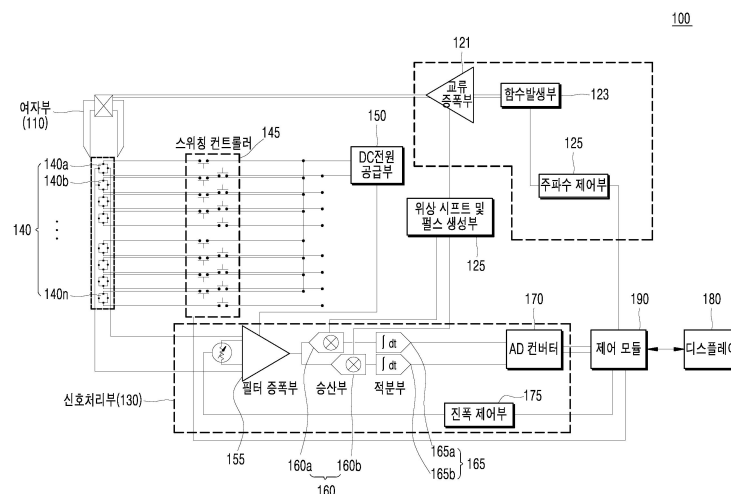
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 자기 센서 배열을 이용한 리사주선도 도시 장치

(57) 요약

리사주선도를 표시하는 비파괴 검사 장치가 개시된다. 본 장치는 교류 전원이 인가되는 여자 코일, 여자 코일에 결합되고, 시험편 상에 유도 전류가 발생되게 하는 요크 코어, 요크 코어의 하부에 배치되고, 시험편과 소정의 거리를 유지하면서 발생된 유도 전류를 검출하는 수동형 자기 센서 배열, 수동형 자기 센서 배열에 포함된 복수의 수동형 자기 센서들에 순차적으로 전원을 공급하는 스위칭 컨트롤러, 수동형 자기 센서 배열의 출력단에 연결되어 신호를 처리하는 신호처리부, 리사주선도가 표시되는 디스플레이 및 신호처리부의 신호 진폭비를 제어하고, 복수의 수동형 자기 센서들에 전원을 인가하여 복수의 수동형 자기 센서들이 유도 전류를 연속적으로 검출하도록 제어하며, 검출된 유도전류가 리사주선도의 좌표로 산출되도록 제어하며, 산출된 상기 리사주선도의 좌표를 연속적으로 연결하여 디스플레이에 표시하는 제어부를 포함한다. 이에 따라, 결함 검출이 용이하게 수행될 수 있다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

김세진

인천광역시 서구 송학로 198, 101동 1204호 (심곡동, 극동늘푸른아파트)

심순보

광주광역시 동구 산수길 23, 301호 (산수동, 해뜨는집)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415151795

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 원전 전열관의 손상 평가를 위한 제4세대 와전류검사법의 성능 고도화 및 신뢰성 확보

연구과제명 원전 전열관의 손상 평가를 위한 제4세대 와전류검사법의 성능 고도화 및 신뢰성 확보

기 여 율 1/1

주관기관 조선대학교 산학협력단

연구기간 2017.05.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

교류 전원이 인가되는 여자 코일;

상기 여자 코일에 결합되고, 시험편 상에 유도 전류가 발생되게 하는 요크 코어(yoke core);

상기 요크 코어의 하부에 배치되고, 상기 시험편과 소정의 거리를 유지하면서 발생된 유도 전류를 검출하는 수동형 자기 센서 배열;

상기 수동형 자기 센서 배열에 포함된 복수의 수동형 자기 센서들에 순차적으로 전원을 공급하는 스위칭 컨트롤러;

상기 수동형 자기 센서 배열의 출력단에 연결되어 신호를 처리하는 신호처리부;

리사주선도가 표시되는 디스플레이; 및

상기 신호처리부의 신호 진폭비를 제어하고, 상기 복수의 수동형 자기 센서들에 전원을 인가하여 상기 복수의 수동형 자기 센서들이 상기 유도 전류를 연속적으로 검출하도록 제어하며, 검출된 유도전류가 리사주선도의 좌표로 산출되도록 제어하며, 산출된 상기 리사주선도의 좌표를 연속적으로 연결하여 상기 디스플레이에 표시하는 제어부를 포함하는, 리사주선도를 표시하는 비파괴 검사 장치.

청구항 2

교류 전원이 인가되는 여자 코일;

상기 여자 코일에 결합되고, 시험편 상에 유도 전류가 발생되게 하는 요크 코어(yoke core);

상기 요크 코어의 하부에 배치되고, 상기 시험편과 소정의 거리를 유지하면서 발생된 유도 전류를 검출하는 복수의 수동형 자기 센서들을 포함하는 수동형 자기 센서 배열;

상기 수동형 자기 센서 배열의 출력단에 연결되어 신호를 처리하는 신호처리부;

리사주선도가 표시되는 디스플레이; 및

상기 신호처리부의 진폭비를 제어하고, 상기 복수의 수동형 자기 센서에 전원을 동시에 인가하여 상기 복수의 수동형 자기 센서가 상기 유도 전류를 각각 검출하도록 제어하며, 검출된 유도전류가 리사주선도의 좌표로 산출되도록 제어하며, 산출된 상기 리사주선도의 좌표를 연속적으로 연결하여 상기 디스플레이에 표시하는 제어부를 포함하는, 리사주선도를 표시하는 비파괴 검사 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 수동형 자기 센서 배열의 하부에 배치되고, 상기 수동형 자기 센서 배열이 직접적으로 상기 시험편에 닿지 않게하는 코팅부를 더 포함하는, 리사주선도를 포함하는 비파괴 검사 장치.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 시험편은 평평한 면 또는 곡면을 포함하는, 리사주선도를 표시하는 비파괴 검사 장치.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 복수의 수동형 자기 센서들은 적어도 하나의 홀센서 또는 GMR(giant magnetoresistance) 센서를 포함하는,

리사주선도를 표시하는 비파괴 검사 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 자기 센서 배열을 이용한 리사주선도 도시 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 와전류(eddy current)를 이용한 비파괴 검사 방법은 구조물의 표면 결함 또는 표면 근방의 이면 결함 또는 내면 결함을 찾는 데 사용될 수 있다. 와전류 비파괴 검사 방법을 이용하여, 원자력발전, 화력발전, 화학 산업 등에 사용되는 대형 플랜트나 구조물의 결함이 검출될 수 있다.

[0003] 이하에서는 종래기술에 따른 와전류를 이용한 비파괴 검사 방법의 각 단계 및 각 단계에서 비파괴 검사 장치를 이용하여 자기장의 변화를 감지할 때 도시되는 리사주선도(lissajour curve)를 설명하기로 한다.

[0004] 도 1(a1), 도 1(b1), 도 1(c1), 도 1(d1) 및 도 1(e1)은 파이프의 일종인 전열관(10)에 비파괴 검사 장치의 탐촉자(30)가 내삽되었다가 인출되는 각 단계를 나타낸다. 이때, 전열관(10)에는 결함(310)이 있으며, 탐촉자(30)에는 여자코일(33a, 33b)이 감겨있어 여자 전류에 의해 자계가 발생된다. 그리고, 도 1(a2), 도 1(b2), 도 1(c2), 도 1(d2) 및 도 1(e2) 각각은 도 1(a1), 도 1(b1), 도 1(c1), 도 1(d1) 및 도 1(e1) 각 단계에 대응되는 리사주선도를 나타내며, 리사주선도의 횡축(X축)은 실수부 및 종축(Y축)은 허수부를 나타낸다.

[0005] 구체적으로, 도 1(a1) 및 도 1(a2)을 참고하면, 결함(310)과 소정의 거리가 떨어진 지점에서는 리사주선도가 원점부위에 도시(350a)될 수 있다. 도 1(b1) 및 도 1(b2)을 참고하면, 탐촉자(30)의 위치가 변경되면서 리사주선도(350b)가 원점에서 벗어나게 되고, 원점에서 제4 사분면의 특정 지점 방향으로 리사주선도가 표시(350b)될 수 있다. 도 1(c1) 및 도 1(c2)을 참고하면, 제1 여자 코일(33a) 및 제2 여자 코일(33b)이 함께 결함부위(310)를 검출하는 경우, 리사주선도(350c)가 제4 사분면에서 특정 지점에서 원점 방향으로 표시된다. 도 1(d1) 및 도 1(d2)을 참고하면, 제2 사분면 방향으로 리사주선도가 표시(350d)된다. 도 1(e1) 및 도 1(e2)을 참고하면, 리사주선도(350e)가 제2 사분면의 특정 지점에서 원점 방향으로 표시(350e)된다. 상기 일련의 표시된 각 점들은 서로 연결되어 패턴이 형성되어 시험편(10)의 결함이 검출될 수 있으며, 결함의 위치 또한 추정될 수 있다.

[0006] 다만, 상술한 종래기술에서는 작업자의 탐촉자(30)를 제어하는 속도, 강도 등에 의해 리사주선도가 다르게 도시되는 문제가 발생될 수 있다. 즉, 탐촉자(30), 시험편(10) 및 결함부위(310)가 동일하더라도 작업자의 능숙도에 따라 리사주선도가 매번 다르게 표시될 수 있으며, 이는 결국 결함 검출의 정확성을 떨어뜨리는 문제가 있다.

[0007] 이에 따라, 보다 정확하게 결함을 검출하는 와전류를 이용한 비파괴 검사 방법이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 공개특허공보 10-2013-0130529호(공개일: 2012.12.02, 출원번호 10-2012-0054419호)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 일 실시 예는 자기 센서 배열을 이용한 리사주선도(lissajour curve)를 이용하여 구성물의 결함을 검출 및 판정하는 장치 및 방법을 제안한다.

[0010] 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기한 과제를 실현하기 위한 본 발명의 일 실시 예와 관련된 리사주선도를 표시하는 비파괴 검사 장치는 교류 전원이 인가되는 여자 코일; 상기 여자 코일에 결합되고, 시험편 상에 유도 전류가 발생되게 하는 요크 코어(yoke core); 상기 요크 코어의 하부에 배치되고, 상기 시험편과 소정의 거리를 유지하면서 발생된 유도 전류를 검출하는 수동형 자기 센서 배열; 상기 수동형 자기 센서 배열에 포함된 복수의 수동형 자기 센서들에 순차적으로 전원을 공급하는 스위칭 컨트롤러; 상기 수동형 자기 센서 배열의 출력단에 연결되어 신호를 처리하는 신호 처리부; 리사주선도가 표시되는 디스플레이; 및 상기 신호처리부의 신호 진폭비를 제어하고, 상기 복수의 수동형 자기 센서들에 전원을 인가하여 상기 복수의 수동형 자기 센서들이 상기 유도 전류를 연속적으로 검출하도록 제어하며, 검출된 유도전류가 리사주선도의 좌표로 산출되도록 제어하며, 산출된 상기 리사주선도의 좌표를 연속적으로 연결하여 상기 디스플레이에 표시하는 제어부를 포함할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기한 과제를 실현하기 위한 본 발명의 다른 실시 예와 관련된 리사주선도를 표시하는 비파괴 검사 장치는 교류 전원이 인가되는 여자 코일; 상기 여자 코일에 결합되고, 시험편 상에 유도 전류가 발생되게 하는 요크 코어(yoke core); 상기 요크 코어의 하부에 배치되고, 상기 시험편과 소정의 거리를 유지하면서 발생된 유도 전류를 검출하는 복수의 수동형 자기 센서들을 포함하는 수동형 자기 센서 배열; 상기 수동형 자기 센서 배열의 출력단에 연결되어 신호를 처리하는 신호처리부; 리사주선도가 표시되는 디스플레이; 및 상기 신호처리부의 진폭비를 제어하고, 상기 복수의 수동형 자기 센서에 전원을 동시에 인가하여 상기 복수의 수동형 자기 센서가 상기 유도 전류를 각각 검출하도록 제어하며, 검출된 유도전류가 리사주선도의 좌표로 산출되도록 제어하며, 산출된 상기 리사주선도의 좌표를 연속적으로 연결하여 상기 디스플레이에 표시하는 제어부를 포함할 수 있다.
- [0013] 보다 구체적으로, 상기의 리사주선도를 표시하는 비파괴 검사 장치는 상기 수동형 자기 센서 배열의 하부에 배치되고, 상기 수동형 자기 센서 배열이 직접적으로 상기 시험편에 닿지 않게하는 코팅부를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 보다 구체적으로, 상기 시험편은 평평한 면 또는 곡면을 포함할 수 있다.
- [0015] 보다 구체적으로, 상기 복수의 수동형 자기 센서들은 적어도 하나의 홀센서 또는 GMR(giant magnetoresistance) 센서를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명의 다양한 실시예에 따르면 아래와 같은 효과가 도출될 수 있다.
- [0017] 첫째, 상술한 비파괴 검사 장치가 제공됨으로써, 수동형 자기 센서 배열에 포함된 자기 센서들 각각 위치에서의 출력으로부터 실수부와 허수부가 산출되고, 산출된 값을 연속적으로 연결하여 시험편의 결함 검출 및 정량 평가가 수행될 수 있다.
- [0018] 둘째, 상술한 비파괴 검사 장치가 제공됨으로써, 와전류 검사 장치의 탐촉자가 정지된 상태라도 리사주선도가 도시될 수 있다.
- [0019] 셋째, 상술한 비파괴 검사 장치가 제공됨으로써, 결함 판정을 위해 결함을 반복적으로 스캔하면서 리사주선도를 도시하는 불편함이 개선될 수 있다.
- [0020] 넷째, 상술한 비파괴 검사 장치가 제공됨으로써, 작업자의 숙련도에 의존하여 변화될 수 있는 리프트오프(센서와 측정면 사이 거리)의 영향이 최소화될 수 있다.
- [0021] 다섯째, 상술한 비파괴 검사 장치가 제공됨으로써, 회전가능한 장치가 없더라도 시험편에 발생된 결함을 검출하기 위한 리사주선도가 도시될 수 있다.
- [0022] 여섯째, 상술한 비파괴 검사 장치가 제공됨으로써, 센서의 간격이 좁혀져 공간분해능이 향상될 수 있으며, 이 경우에도 센서간의 상호 간섭이 최소화되어 결함의 검출 성능이 향상될 수 있다.
- [0023] 일곱째, 상술한 비파괴 검사 장치가 제공됨으로써, 다중 주파수를 적용하여 리사주선도가 연속적으로 도시될 수 있다.
- [0024] 여덟째, 상술한 비파괴 검사 장치가 제공됨으로써, 평판 시험편에서 결함의 검출 및 판정이 용이하게 수행될 수 있다.
- [0025] 아홉째, 상술한 비파괴 검사 장치가 제공됨으로써, 자동 회전 기구의 적용없이도 결함의 검출 및 평가가 용이하게 수행될 수 있다.
- [0026] 열번째, 상술한 비파괴 검사 장치가 제공됨으로써, 국소적으로 변화하는 와전류의 측정이 수월하며, 공간 분해

능이 향상될 수 있고, 인접한 센서 간의 전자기적 간섭이 감소될 수 있다.

[0027] 열한번째, 상술한 비파괴 검사 장치가 제공됨으로써, 반복된 스캔 작업이 방지될 수 있으며, 비교적 저렴하게 결함 검출 및 평가가 수행될 수 있고, 고가의 신호처리 회로가 없더라도 결함 검출 및 평가가 수행될 수 있다.

[0028] 본 발명에서 얻은 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1(a1) 내지 도 1(e2)는 종래기술에 따른 비파괴 검사 장치에 관한 내용을 나타낸다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 비파괴 검사 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 비파괴 검사 장치의 바닥면을 나타낸다.

도 4는 도 3에 개시된 비파괴 검사 장치의 바닥면을 확대한 도면이다.

도 5은 본 발명의 일 실시 예에 따른 비파괴 검사 장치의 내부 구동 원리를 설명하기 위한 도면이다.

도 6(a) 내지 도 6(e)는 본 발명의 일 실시 예에 따른 여자부의 다양한 형상을 나타낸다.

도 7(a) 및 도 7(b)는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시험편의 결함 및 결함정보를 나타낸다.

도 8은 도 7(a) 및 도 7(b)에 도시된 결함에 대응되는 리사주선도를 나타낸다.

도 9(a) 내지 도 9(f)는 본 발명의 일 실시 예에 따른 결함 패턴 별 리사주선도를 나타낸다.

도 10는 본 발명의 일 실시 예에 따른 원통형 시험편 내부의 비파괴 검사 장치의 단면을 나타낸다.

이상에서 살펴본 바와 같이 본 발명은 바람직한 실시예를 들어 도시하고 설명하였으나, 상기한 실시예에 한정되지 아니하며 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변경과 수정이 가능할 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 다양한 실시 예를 보다 상세하게 설명한다. 다만, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0031] 이하에서는 도 2를 참고하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 비파괴 검사 장치(100)의 구성을 설명하기로 한다.

[0032] 비파괴 검사 장치(100)는 여자 코일(excitation coil)을 통해 유도 전류를 시험편(10)에 발생시키며, 수동형 자기 센서 배열을 이용하여 시험편(10)의 결함을 검출하며 결함의 위치, 크기, 및 종류 등을 판정할 수 있다.

[0033] 비파괴 검사 장치(100)는 여자부(110), 원격제어 교류 안정화 전원부(120), 신호처리부(130), 복수의 수동형 자기 센서들(140a 내지 140n)을 포함하는 수동형 자기 센서 배열(140), 스위칭 컨트롤러(145), DC 전원 공급부(150), 디스플레이(180) 및 제어모듈(190)을 포함한다. 다만, 도 2에 도시된 구성들은 비파괴 검사 장치(100)를 구현하는데 있어 필수적인 것은 아닌 바, 비파괴 검사 장치(100)는 상술한 구성 이외의 구성을 포함할 수 있으며, 상술한 구성보다 적은 구성을 포함할 수 있다.

[0034] 구체적으로, 여자부(110)는 시험편(10) 내부에 유도 전류를 발생시키는 모듈로, 권선에 교류 전류를 흘려 기전력을 발생시키는 여자 코일, 요크 코어(yoke core), 교류 전원 소스 등을 포함할 수 있다.

[0035] 여기서, 시험편(10)은 평편한 면을 포함하거나 원통형으로 구성될 수 있다.

[0036] 요크 코어는 여자부(110)에 보다 큰 자계가 발생되도록 구성하는 모듈이다. 요크 코어의 말단에서 자계가 발생되며 이에 의해 유도 전류인 와전류가 발생될 수 있다.

[0037] 원격제어 교류 안정화 전원부(120)는 상기 여자부(110)에 연결되고, 상기 여자 코일에 교류 전원을 인가하기 위한 주파수 제어부(125), 함수 발생부(123) 및 교류 증폭부(121)를 포함할 수 있다. 원격제어 교류 안정화 전원부(120)는 제어모듈(190)의 제어에 따라 여자 코일에 다중 주파수의 교류 전원을 인가할 수 있다. 상기 다중 주

파수에 의한 교류 전원이 다양하게 여자부(110)에 인가되어 시험편에 위치한 결함 검출이 효과적으로 수행될 수 있다.

- [0038] 특히, 특정 주파수로 결함을 검출하다가, 문제가 발생하는 경우, 바로 다양한 주파수로 설정하여 결함을 검출할 수 있다. 이런 경우, 결함 검출이 용이하게 수행될 수 있다.
- [0039] 위상 시프트 및 펄스 생성부(phase shift & pulse generator, 127)는 신호의 위상을 시프트하고, 펄스를 생성하는 모듈이다. 위상 시프트 및 펄스 생성부(127)는 여자부(110) 및 능동형 자기 센서 배열(140)에 특정 위상차를 가지는 신호를 생성할 수 있다. 이에 따라 원하는 신호 펄스만 검출하는데 용이하여 시험편에 위치한 결함 검출이 효과적으로 수행될 수 있다.
- [0040] 수동형 자기 센서 배열(140)은 여자 코일에 의해 시험편(10)에 유도된 선형 또는 원호형 유도 전류가 결함 주변에서 왜곡되어 시변자계가 변화하는 것을 측정하기 위해 일정한 간격으로 배열된 복수의 수동형 자기 센서(140a 내지 140n)을 포함할 수 있다.
- [0041] 스위칭 컨트롤러(145)는 제어모듈(190)의 제어에 따라 상기 수동형 자기 센서 배열(140)에 포함된 복수의 수동형 자기 센서(140a 내지 140n)에 순차적으로 전원을 공급할 수 있다. 스위칭 컨트롤러(145)는 동시에 복수의 수동형 자기 센서(140a 내지 140n)에 전원이 인가되도록 할 수 있으며, 순차적으로 수동형 자기 센서(140a 내지 140n)에 전원이 인가되도록 할 수 있다.
- [0042] DC 전원 공급부(150)는 스위칭 컨트롤러(145)에 전원을 공급하는 모듈이며, 제어모듈(190)의 제어에 의해 구동될 수 있다.
- [0043] 신호처리부(130)는 능동형 자기 센서 배열(140)에서 센싱된 신호를 처리하는 모듈로 노이즈를 제거하고 신호를 증폭하는 필터 및 증폭부(155), 승산부(160), 적분부(165), AD 컨버터(170) 및 진폭 제어부(175)를 포함할 수 있다. 신호 처리부(130)는 수동형 자기 센서(140a 내지 140n) 전체의 출력단과 연결되어 신호 처리 및 가공을 수행하여, 수동형 자기 센서(140a 내지 140n) 각각마다 신호 처리모듈이 포함된 경우보다 비용 절감 및 신호 처리 효율이 더욱 향상될 수 있다.
- [0044] 디스플레이(180)는 제어 모듈(190)의 제어에 따라 리사주선도를 표시하는 모듈이다. 리사주선도는 실수부가 횡축, 허수부가 종축으로 설정되어 도시될 수 있다.
- [0045] 제어모듈(190)은 상술한 구성들을 전반적으로 제어하는 컨트롤러로 신호처리부(130)의 진폭비 제어와, 스위칭 컨트롤러(145)의 스위칭 제어, 원격제어 교류안정화 전원(120)의 주파수 제어, 신호처리부(130)에서 출력되는 디지털신호를 계산하여 리사주선도의 좌표를 계산하여 상기 디스플레이(180)에 표시할 수 있다.
- [0046] 또한, 제어모듈(190)은 복수의 자기 센서들(140a 내지 140n) 전부에 전원을 인가할 수 있으며, 복수의 자기 센서들(140a 내지 140n)에 순차적으로 전원을 인가할 수 있다.
- [0047] 제어모듈(190)은 복수의 자기 센서들(140a 내지 140n)에 순차적으로 스위칭 전원을 인가하여 복수의 자기 센서(140a 내지 140n)가 유도 전류를 연속적으로 검출할 수 있고, 동시에 전원을 인가하여 복수의 자기 센서(140a 내지 140n)가 유도 전류를 연속적으로 검출할 수도 있다.
- [0048] 제어모듈(190)은 검출된 유도전류가 리사주선도의 좌표로 산출되도록 제어하며, 산출된 상기 리사주선도의 좌표를 연속적으로 연결할 수 있다. 이에 따라 작업자가 탐촉자를 이동시키면서 시험편의 결함을 검출할 경우 발생하는 에러가 억제될 수 있을 것이다.
- [0049] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 비파괴 검사 장치(100)의 바닥면을 나타낸다.
- [0050] 도 3에 따르면, 비파괴 검사 장치(100)의 저면에는 수동형 자기 센서 배열(140)이 배치된다. 수동형 자기 센서 배열(140)에는 복수의 자기 센서들이 배치될 수 있다. 복수의 자기 센서들은 홀센서 또는 GMR(giant magnetoresistance) 센서 등을 포함할 수 있다. 수동형 자기 센서들은 센싱의 기능만 수행하므로 수동 센서들 간에 거리가 짧아도 우수한 공간 분해능이 확보될 수 있다. 다만, 수동형 자기 센서 배열(140)에 능동형 자기센서들이 배치될 수 있다. 다만, 능동형 자기센서들의 경우 여자 및 센싱의 역할을 모두 수행하는 바, 공간적인 이격이 필요할 수 있다.
- [0051] 수동형 능동 센서 배열(140)의 폭(W)은 도시된 바와 같으며, 상기 폭(W)에 따라 비파괴 검사 장치(100)의 결함 검출 면적이 결정될 수 있다. 구체적으로 상기 폭(W)(또는 폭(W)보다 소정만큼 큰 거리)에 기초하여 스캔 범위가 결정될 수 있다.

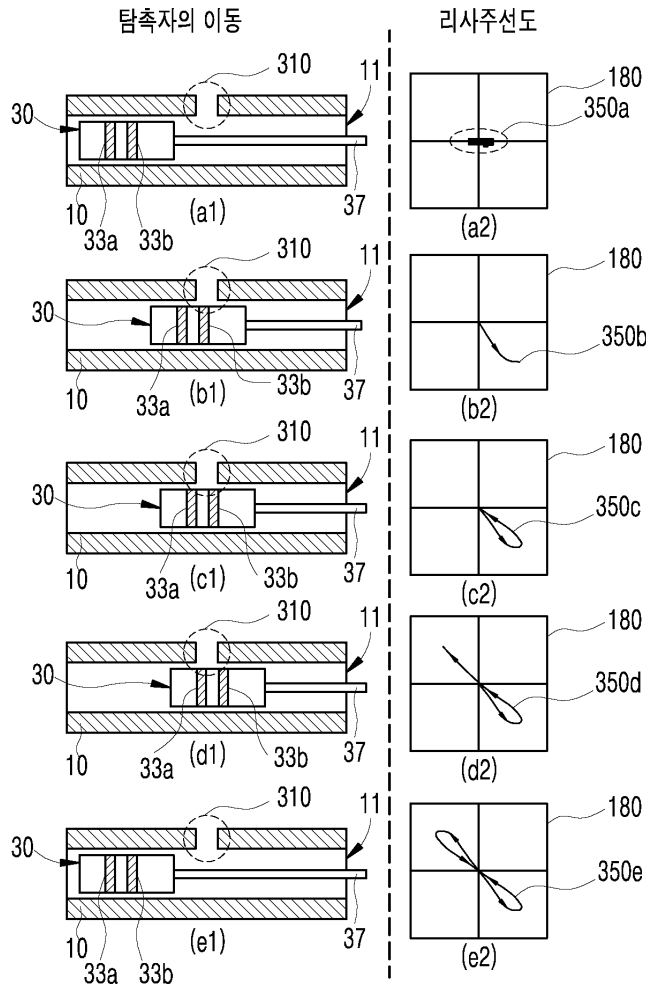
- [0052] 비파괴 검사 장치(100)는 상기 저면이 시험편과 소정 거리만큼 일정하게 유지된 상태에서 시험편을 스캔할 수 있다. 이때, 수동형 능동 센서 배열(140)이 시험편에 직접적으로 접촉되는 것을 방지하기 위해 수동형 센서 배열(140)의 아래에 코팅층이 추가적으로 더 배치될 수 있다.
- [0053] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 수동형 자기 센서 배열(140) 및 상기 수동형 자기 센서 배열(140)의 특정 자기 센서를 확대한 도면이다.
- [0054] 상기 수동형 자기 센서 배열(140)은 선형 또는 원통형으로 구현될 수 있으며, 자계의 변화를 측정할 수 있다.
- [0055] 상기 자기 센서 배열(140)은 홀센서의 배열 또는 GMR 센서의 배열로 구현될 수 있다.
- [0056] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 비파괴 검사 장치(100)의 구동 원리를 설명하기 위한 도면이다.
- [0057] 여자부(110)는 여자 코일(610), AC 소스(620), 요크 코어(630)를 포함한다. 여자부(110)에 의해 전도성 물질 상에 유도 전류가 발생될 수 있다. 전도성 물질(conductive material)은 시험편의 일종으로 평평한 면을 포함할 수 있으며, 전열판과 같이 원통형으로 구현될 수 있다.
- [0058] 요크 코어(630)는 여자부(110)에 연결되어 전도성 물질에 제1 자기장(650)을 형성하고, 상기 제1 자기장(650)과 수직인 와전류(640)를 발생시킬 수 있으며, 보다 큰 자계의 변화를 만들 수 있으며, 요크 코어(630)는 자기 회로를 형성하는 계철 코어일 수 있다.
- [0059] 상기 제1 자기장(650)에 의해 제2 자기장(660)이 발생되고, 제2 자기장(660)에 의해 와전류(640)가 발생될 수 있다.
- [0060] 여기서, 수동형 자기 센서 배열(140)에 포함된 자기 센서를 통해 전도성 물질 상의 결함 주변에서 왜곡된 시변 자계의 변화를 측정할 수 있다. 이에 따라 작업자의 수작업이 필요없이 상기 여자부(110)의 특정 위치에서의 유도 전류가 측정될 수 있다.
- [0061] 구체적으로, 비파괴 검사 장치(100)는 수동형 자기 센서 배열(140)의 폭(W)에 따라 상하 방향(Y축 방향)이 아닌 좌(L) 또는 우(R)로(X축 방향) 이동하게 되며, 특정 지점에서 리사주선도가 정상 범위를 벗어나게 도시된다면, 특정 지점이 문제 지점으로 인식되어 해당 특정 지점을 통과하도록 스캔이 수행될 수 있다. 이런 경우, 결함 부위에서 수차례 스캔을 수행하지 않더라도 결함 부위가 검출될 수 있다.
- [0062] 또한, 비파괴 검사 장치(100)의 구조에 의해 시험편과 직접적으로 맞닿지 않으면서 일정 거리를 유지하면서 측정이 수행될 수 있으므로, 리프트 오프에 의한 검출 오류도 개선될 수 있다.
- [0063] 도 6(a) 내지 도 6(e)는 본 발명의 일 실시 예에 따른 여자부(110)에 포함된 코일의 다양한 형태를 나타낸다.
- [0064] 도 6(a)에 따르면, 요크 코어는 여자 코일(810)의 일부분을 제외한 부분을 감싸듯이 구성될 수 있다. 또한, 상기 여자 코일(810)에는 교류 전원부(620)가 연결될 수 있다. 도 6(b)는 도 6(a)에 도시된 여자부(110)의 다른 일면을 나타낸다. 도 6(a) 및 도 6(b)는 수직형으로 구성되며, 도 6(c) 및 도 6(d)는 수평형이라 할 수 있다. 도 6(c)에 따르면, 여자코일(830)이 외부에 드러나고 여자코일(830)의 내부에 요크 코어가 배치될 수 있다. 도 4(d)에 따르면 여자코일(840)이 도 4(c)와 같이 구성되고 상기 여자코일(840)을 둘러싸는 여자코일이 추가적으로 더 포함될 수 있다. 도 6(e)에 따르면, 여자코일(850)은 감긴형태로 구현될 수 있으며, 수평형으로 구성된 것을 나타낸다.
- [0065] 이하에서는, 시험편(10)에서의 리사주선도의 모양을 설명하기 위한 도면이다. 도 7(a) 및 도 7(b)는 본 발명의 일 실시 예 및 비교 례에 따른 다양한 결함을 포함한 시험편(10)을 나타낸다. 설명하는 시험편(10)은 원통형 시험편일 수 있으며, 평평한 시험편일 수 있다.
- [0066] 도 7(a)에 따르면, 시험편(10)의 총 길이는 500 mm 이고, 각종 결함이 나타난다. 또한 구현시에는, 시험편(10)과 별개로 결함이 없는 시험편도 함께 이용될 수 있다.
- [0067] 외벽(OD)은 15.87 이고, 원주 내경(ID)은 13.33 이며, 두께는 1.27 이고 소재는 SS304 로 이뤄진다. TSP(tube support plate)는 카본 스틸로 구성될 수 있으나, 구현시에 시험편(10)의 규격은 다양하게 바뀔 수 있다.
- [0068] 도 7(a)의 각각의 지점에 대해 결함에 대응되는 표는 도 7(b)에 나타난다.
- [0069] FBH(flat bottomed hole)은 평저공이고, TWH(through wall hole)은 관통홀을 나타낸다. TSP(tube support plate)도 관측될 수 있다.

- [0070] 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 코일센서에 의한 신호유형을 나타낸다. 신호유형은 리사주선도의 관측에 의해 결함이 관측될 수 있다. 상기 코일센서는 능동형 또는 수동형으로 구현될 수 있으며, 곡선 형태의 패턴은 각각의 결함을 나타낸다. 특히, 탐촉자(30)를 시험편(10)에 삽입하였다가 인출하는 경우에 상기 리사주선도가 도시될 수 있다.
- [0071] 도 8은 능동형 코일센서에 400 KHz의 주파수로 전원이 인가되는 경우, 100 % 관통 결함(100% through wall hole)의 리사주 패턴을 중심으로 TSP, 20% FBH 내지 80% FBH가 반시계 방향으로 표시될 수 있다.
- [0072] 또한, 각 신호흐름의 진폭 및 위상차가 관측될 수 있다. 특히, 시험편(10)의 외벽(OD) 또는 내벽(ID)의 결함이 정확하게 판별할 수 있다. 구체적으로, 100% 관통 결함의 리사주 패턴을 중심으로 위상각이 커지면 시험편의 외측에 결함이 위치하는 외부결함(OD, outer diameter)으로 판정될 수 있으며, 100% 관통 결함의 리사주 패턴을 중심으로 위상각이 작아지면 시험편의 내측에 결함이 위치하는 내부결함(ID, inner diameter)으로 판정될 수 있다.
- [0073] 그리고, 전열판 지지판(TSP, tube support plate)은 폭이 넓게 지시되며, 결함의 깊이에 따라 위상각(phase angle)과 진폭(amplitude)이 변화되고 있음을 알 수 있다.
- [0074] 도 9(a) 내지 도 9(f)을 참고하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 비파괴검사 장치가 제공되는 경우, 작업자의 수작업으로 탐촉자가 이동되지 않더라도 정확하게 리사주선도가 도시될 수 있다. 왜냐하면, 수동형 자기 센서 배열에 순차적으로 전원이 인가되면서 탐촉자를 이동시키지 않더라도 유도전류에 의한 구조물의 결함이 검출될 수 있기 때문이다.
- [0075] 도 9(a)는 100 % 관통된 형태에 대한 신호를 나타내고, 도 9(b)는 내벽의 20%의 결함 신호를 나타내고, 도 9(c)는 외벽의 20% 결함 신호를 나타내며, 도 9(d)는 Dent 신호를 나타내고, 도 9(e)는 Bulge 신호를 나타내며, 도 9(f)는 TSP 에 대한 예시적인 신호를 나타낼 수 있다. Dent와 Bulge의 경우에는 유사한 결함이지만, 신호의 시작 경향이 전혀 다르게 나타난다. 또한, 결함이 대칭형태가 아닌 wear scar 또는 tapered wear의 경우에는 도 9(a)와 도 9(b)가 이루는 1개의 타원형 폐곡선과 9(c) 및 9(d)가 이루는 또 다른 타원형 폐곡선의 형태가 대칭이 아닐 수 있다.
- [0076] 따라서, 종래기술에 따르면, 와전류를 이용한 프로브의 이동 속도가 일정하지 않으면 결함의 판정에 오류가 발생할 수 있으나, 본 발명의 경우 작업자간의 움직임이 없더라도 수동형 자기 센서 배열을 통해 유도 전류를 측정할 수 있으며 이를 리사주선도로 표현할 수 있다.
- [0077] 마찬가지로, 본 발명의 일 실시 예는 평판 시험편에서 와전류 프로브를 스캔할 때 결함의 중심을 지날 때와 결함의 중심을 지나지 않을 때에 도시되는 각각의 리사주선도가 서로 상이한 문제도 해결할 수 있다.
- [0078] 또한, 본 발명의 일 실시 예에 따르면 와전류 프로브를 스캔하는 과정에서 각 위치에서의 리프트오프가 변화하면 발생하는 오류 역시 개선될 수 있다.
- [0079] 또한, 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 자동 회전 기구를 이용하지 않고 수동으로 작업자가 결함 검출을 하지 않더라도 시험편에 구멍이 있고, 해당 구멍의 주변에 발생하는 결함에 대한 평가 및 검출이 가능하다.
- [0080] 또한, 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 국소적으로 변화하는 와전류의 변화가 측정될 수 있다.
- [0081] 또한, 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 아래 3가지 방법을 이용하지 않더라도 시험편의 결함이 검출될 수 있다. 제1 방법은 다중주파수 해석법을 적용하기 위해서는 여러 가지 주파수를 적용하면서 스캔하여 리사주선도를 도시하는 제1방법, 고속으로 주파수를 변화시키면서 스캔하여 각 주파수에 대한 리사주선도를 도시하는 제2방법, 여러 가지 주파수를 동시에 입력하여 스캔한 후 신호처리하여 각 주파수에 대한 리사주선도를 도시하는 제3방법이 그것이다. 즉, 본 발명에 따르면, 한 개의 결함을 평가하기 위하여 여러 번의 스캔 작업하지 않고(제1 방법에 해결책), 스캔할 때마다 위치 및 속도가 변화할 수 있다는 한계가 극복될 수 있고(제2 방법에 해결책), 고가의 신호처리회로가 필수적으로 활용되는 한계가 극복될 수 있다(제2, 3 방법에 해결책).
- [0082] 도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 비파괴 검사 장치(100)의 일 단면을 나타낸다.
- [0083] 도 10에 따르면 시험편(10)에 제1 결함부위(1010a) 및 제2 결함부위(1010b)가 배치된다. 여기서 여자 코일(610)이 배치되고, 여자 코일(610)이 배치된 동심원 내부에 자기 센서 배열(140)이 배치될 수 있다.
- [0084] 전술한 본 발명은, 프로그램이 기록된 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체는, 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를

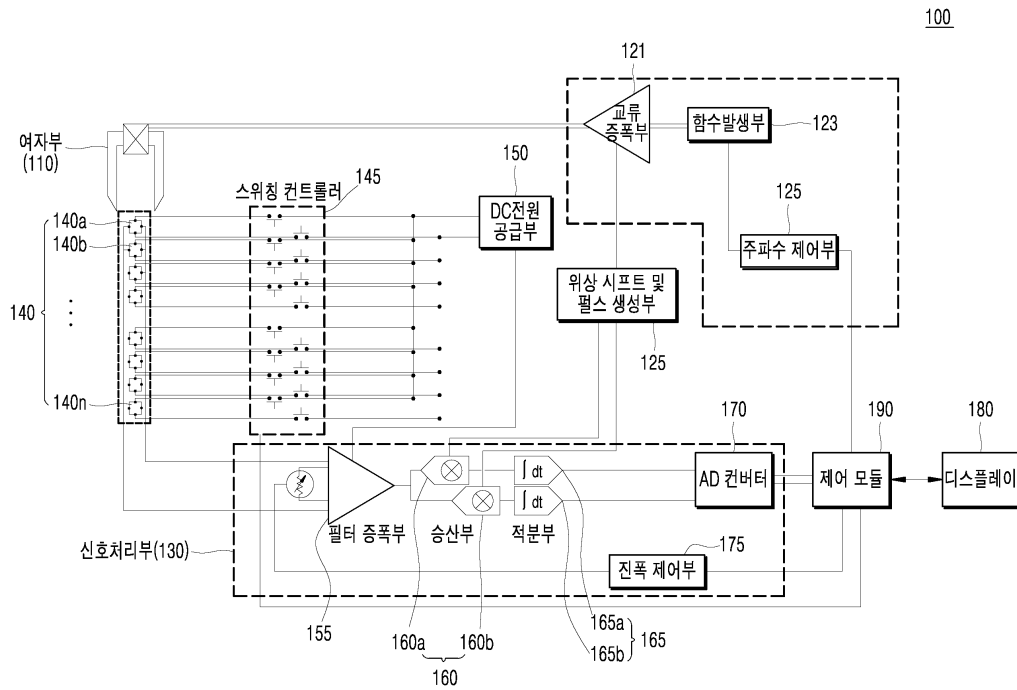
포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 매체의 예로는, HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Disk), SDD(Silicon Disk Drive), ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 데이터 저장 장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어, 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한, 상기 컴퓨터는 콘텐츠를 제공하는 시스템(100)의 제어 모듈(400)을 포함할 수도 있다. 따라서, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

도면

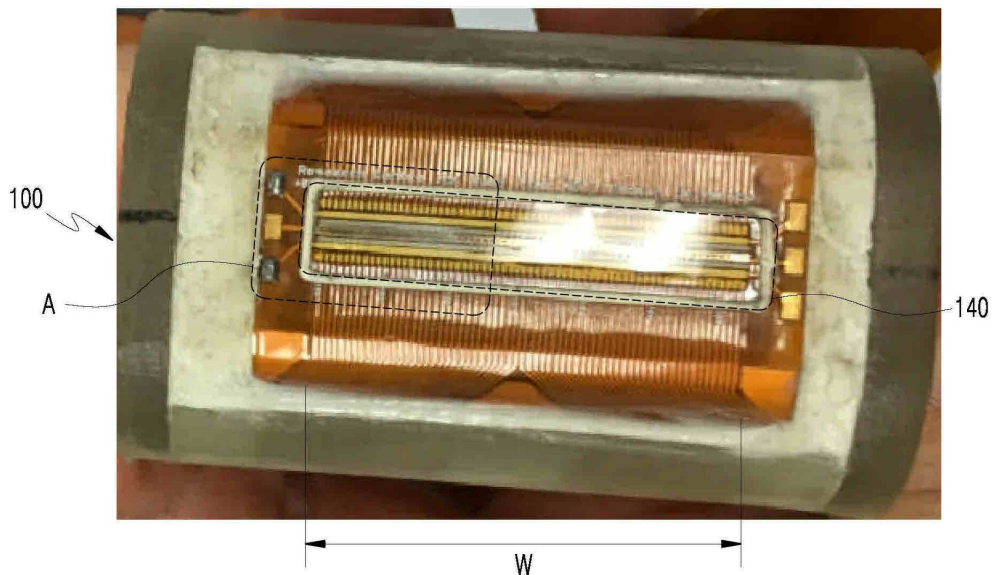
도면1



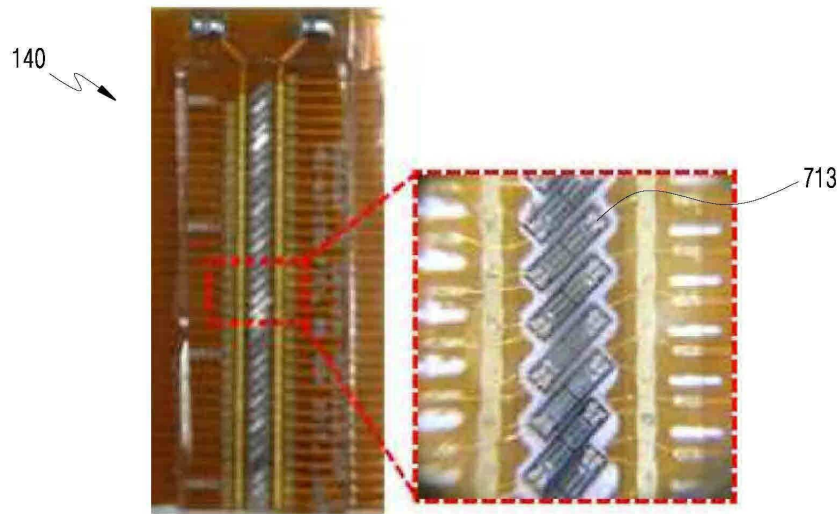
도면2



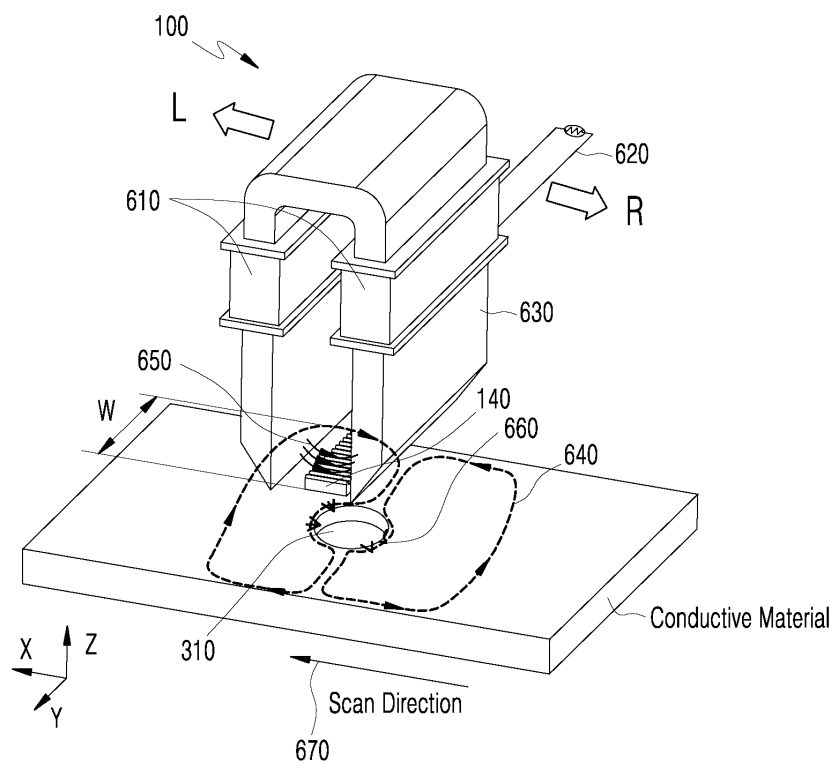
도면3



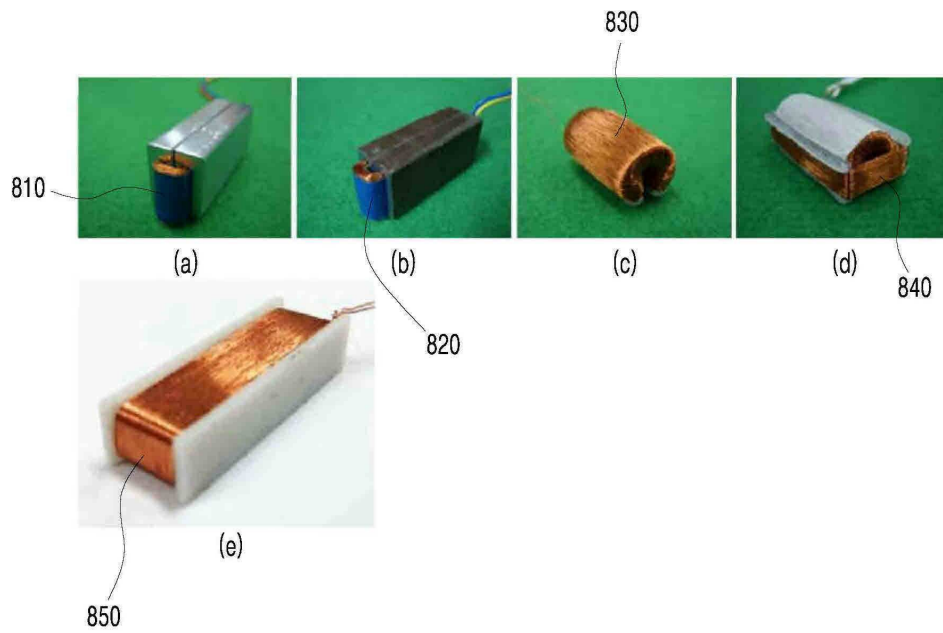
도면4



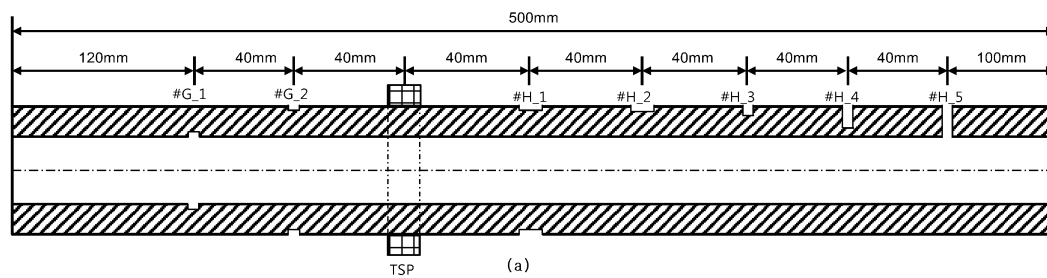
도면5



도면6



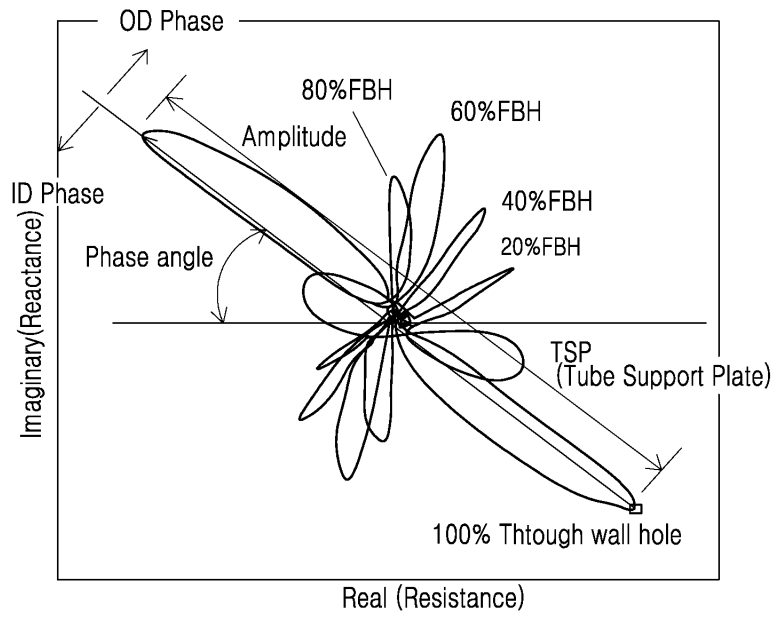
도면7



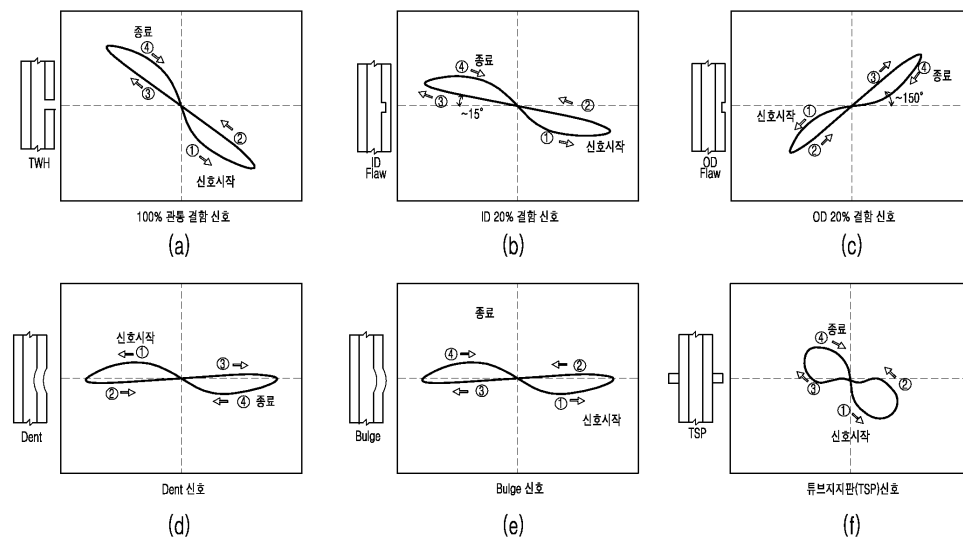
Location	#G_1	#G_2	TSP	#H_1	#H_2	#H_3	#H_4	#H_5
Flaw Depth	0.127	0.254		0.254	0.508	0.762	1.016	Hole
Flaw % of Wall	10%	20%	N/A	20%	40%	60%	80%	100%
Flaw Width/Dia	1.588	3.175	15.875/40.00	4.763	4.763	2.778	1.984	1.321
Flaw Type	ID Groove	OD Groove	TSP	FBH	FBH	FBH	FBH	TWH

(b)

도면8



도면9



도면10

