



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0101414
(43) 공개일자 2022년07월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 17/04 (2006.01) G01B 21/32 (2006.01)
G01H 5/00 (2006.01) G01P 3/488 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01B 17/04 (2013.01)
G01B 21/32 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0003395
(22) 출원일자 2021년01월11일
심사청구일자 2021년01월11일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
박영우
대전광역시 유성구 가정로 43, 107동 503호 (신성동, 한올아파트)
유은주
세종특별자치시 보람로 96, 2007동 403호 (도담동, 한양수자인에듀파크아파트)
(74) 대리인
특허법인서한

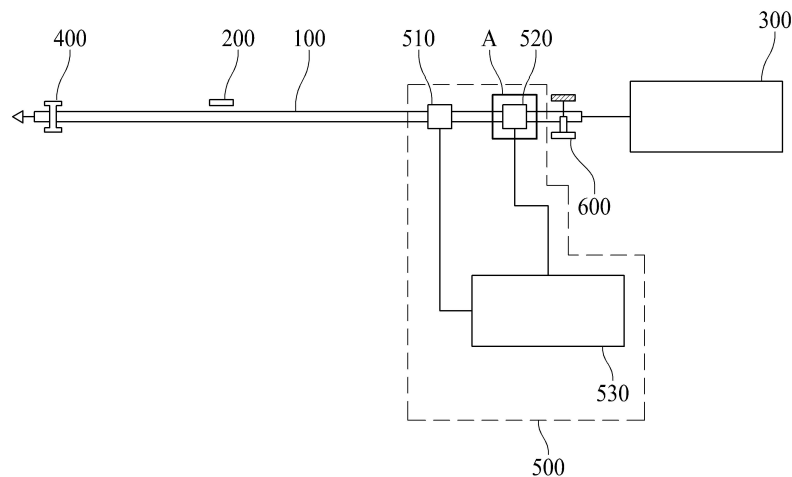
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치 및 그의 측정 방법

(57) 요약

초음파 도파로로 사용되는 자기변형 와이어; 상기 와이어로부터 일정 거리를 유지한 채 이동 가능하며, 상기 와이어 주변에 상기 와이어에 대한 축 방향 제1자기장을 제공하는 마그네틱부; 상기 와이어의 일단에 배치되며, 상기 와이어에 펄스 전류를 인가하여 상기 와이어 주변에 상기 와이어에 대한 원주 방향 제2자기장을 제공하는 송신부; 상기 와이어의 타측에 배치되어, 상기 와이어를 고정시키는 와이어고정부; 상기 와이어를 따라 상기 제2자기장이 이동하여 상기 제1자기장과 만나는 지점에서 나선형 제3자기장이 형성되면, 상기 제3자기장에 의한 변화를 검출하는 제1센싱코일부를 통해 상기 마그네틱부의 위치를 측정하고, 상기 제3자기장에 의한 변화를 검출하는 제2센싱코일부를 통해 상기 와이어의 비틀림 변위를 측정하는 수신유닛;을 포함하는 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01H 5/00 (2013.01)

G01P 3/488 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

초음파 도파로로 사용되는 자기변형 와이어;

상기 와이어로부터 일정 거리를 유지한 채 이동 가능하며, 상기 와이어 주변에 상기 와이어에 대한 축 방향 제1 자기장을 제공하는 마그네틱부;

상기 와이어의 일단에 배치되며, 상기 와이어에 펄스 전류를 인가하여 상기 와이어 주변에 상기 와이어에 대한 원주 방향 제2자기장을 제공하는 송신부;

상기 와이어의 타측에 배치되어, 상기 와이어를 고정시키는 와이어고정부;

상기 와이어를 따라 상기 제2자기장이 이동하여 상기 제1자기장과 만나는 지점에서 나선형 제3자기장이 형성되면, 상기 제3자기장에 의한 변화를 검출하는 제1센싱코일부를 통해 상기 마그네틱부의 위치를 측정하고, 상기 제3자기장에 의한 변화를 검출하는 제2센싱코일부를 통해 상기 와이어의 비틀림 변위를 측정하는 수신유닛;을 포함하는 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1센싱코일부는 솔레노이드 구조의 제1코일 및 1축 헬름홀츠 구조의 제2코일 중 어느 하나를 포함하는 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1코일의 길이(L1)와 상기 제2코일의 반경(R) 사이에는 반비례 관계가 형성되는 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1센싱코일부의 배치 위치에 따라 측정불감대영역이 서로 다른 위치에 형성되며,

상기 제2센싱코일부는 상기 측정불감대영역 내에 배치되는 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2센싱코일부는 2축 헬름홀츠 구조의 제3코일 및 3축 헬름홀츠 구조의 제4코일 중 어느 하나를 포함하는 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 와이어의 직경은 1mm 이하이며,

상기 와이어는 상기 제3코일 및 상기 제4코일 중 어느 하나를 관통하거나 또는 나란하게 배치되는 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 수신유닛은 상기 제1센싱코일부 및 상기 제2센싱코일부에 의한 각 출력신호를 분석하는 신호처리부;를 더 포함하며,

상기 신호처리부는 상기 제1센싱코일부를 통해 상기 제2자기장에 의한 변화가 검출되는 제1시간과 상기 제3자기장에 의한 변화가 검출되는 제2시간을 이용하여 상기 마그네틱부의 위치를 측정하는 위치측정알고리즘을 내장하는 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 따른 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치 중 수신유닛에 내장되는 위치측정알고리즘에 의한 위치 측정 방법으로서,

상기 제1센싱코일부의 출력신호에서 윈도우 함수를 이용하여 분석영역을 설정하는 방법으로 출력신호에서 분석영역을 추출하는 제1단계;

상기 송신부를 통해 일정 주기의 펄스 전류를 인가하는 제2단계;

상기 마그네틱부의 위치에 따라, 상기 분석영역에서 상기 제3자기장에 의한 변화에 의해 발생하는 전압최대값을 추정하는 제3단계;

상기 전압최대값을 무차원 값인 1로 설정하고, 상기 분석영역에서 발생하는 모든 전압값을 0과 1 사이의 무차원 값으로 변환하는 제4단계;

상기 마그네틱부의 위치에 따라, 상기 전압최대값이 발생하는 평균시간을 산출하는 제5단계; 및

상기 제1센싱코일부를 통해 상기 제2자기장에 의한 변화가 검출된 제1시간과 상기 평균시간 사이의 차이를 이용하여 상기 마그네틱부의 위치를 계산하는 1차 선형함수를 도출하는 제6단계;를 포함하는 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 제5단계에서,

상기 분석영역에서 1인 전압값의 총개수를 카운팅하고, 1인 전압값이 검출되는 각 시간을 합산하여 총시간을 계산한 이후, 상기 총시간을 상기 총개수로 나누는 방법으로 상기 평균시간을 산출하는 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 자기변형원리를 이용한 위치 측정 장치 및 그의 측정 방법에 관한 것으로서, 특히 자기변형 와이어에 대한 비틀림 파를 검출하여 대상 타겟에 대한 위치를 측정할 수 있는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0001]

- [0002] 위치 측정 기술은 길이의 차원을 가진 양을 측정하는 것으로 정의할 수 있다. 이는 위치 측정 시스템과 측정하고자 하는 대상과의 접촉 유무에 따라 접촉 방식(Contact type)과 비접촉 방식(Non-contact type)으로 분류되며, 대상의 위치를 어떠한 형태로 나타내느냐에 따라서 절대 위치(Absolute position) 측정과 상대 위치(Relative position) 측정 기술로 나뉜다. 또한, 측정 기술을 구현하는 방식에 따라 기계식(Mechanical), 전자식(Electronic), 초음파식(Ultrasonic), 자기식(Magnetic), 광학식(Optical)으로 세분화 할 수 있다.
- [0003] 이 중, 초음파 방식의 위치 측정은 비접촉 방식으로 초음파를 발생시켜 매질로 보내는 송신 부분(Emitter)과 반사된 반향 파를 받아들이는 수신 부분(Receiver)이 함께 있기 때문에 초음파 변환기(Transducer)라고도 한다. 이러한 초음파 방식의 위치 측정 기술은 타 기술 구현 방식에 비해 측정 가능 범위가 넓은 특징을 가지며 초음파가 전파되는 매질이 무엇이냐에 따라 나눌 수 있다. 대부분의 초음파식 위치 측정 기술은 주로 공기와 같은 기체를 매질로 이용한다.
- [0004] 기체를 매질로 하는 경우, 초음파의 송,수신부 표면뿐만 아니라 초음파 발생 부분부터 측정하고자 하는 대상이자 초음파가 반사되는 부분 사이의 환경이 매우 중요하다. 왜냐하면 송,수신부 표면이 깨끗하지 않고 물 또는 먼지와 같은 이물질이 있거나 큰 흠집이 있는 경우 그로 인한 초음파의 송,수신 기능을 저하시킬 수 있기 때문이다. 뿐만 아니라, 초음파가 전파되는 공간 내에 초음파의 반사 점이 아닌 다른 장애물이 있는 경우에는 초음파의 전파 방향이 바뀌는 등의 반사 특성 변화나 실제 측정하고자 하는 대상의 검출을 저해하는 상황을 야기시킬 수 있기 때문이다.
- [0005] 고체를 초음파의 매질로 이용하는 방식은 상대적으로 기체를 매질로 사용하는 경우보다 환경적으로 강건하다고 할 수 있다. 이는 초음파의 전파 범위가 기체를 매질로 하는 경우보다 고체인 초음파 도파로로 한정되기 때문이다. 고체를 초음파의 전파 매질로 하여 위치를 측정하는 기술은 현재 발전소 배관의 결함 검출과 같은 비파괴 검사에 많은 응용이 되고 있을 뿐만 아니라 먼지나 기름 등에 외부 환경이 노출되어 있는 여러 산업 전반에 이용되고 있다.
- [0006] 이러한 초음파 도파로를 이용한 위치 측정 기술 연구 동향은 크게 구조 변환을 통한 출력 향상 연구, 출력 향상을 통한 측정 거리 증가 연구, 측정 불가능 구간 감소 연구 측면으로 나눌 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제 10-2006-0117542 (공개일자 : 2006년 11월 17일) 절대위치 검출장치 및 이를 이용한 제어장치
- (특허문헌 0002) 한국등록특허공보 제 10-0866904 (등록일자 : 2008년 10월 29일) 자기장의 각도변화를 이용한 위치센서
- (특허문헌 0003) 한국등록특허공보 제 10-0943797 (등록일자 : 2010년 02월 16일) 자기식 위치센서

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 실시예는 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 고체인 와이어를 초음파 도파로로 사용하여 대상 물체의 위치를 측정하고, 동시에 비틀림 파에 의한 자기장 변화 및 와이어의 비틀림 변위를 측정할 수 있는 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치를 제공하고자 한다.
- [0009] 기존 스트레인 게이지를 대체하는 헬름홀츠 구조의 센싱코일을 단일 부품 내에 배치하여 위치 뿐만 아니라, 동시에 측정되는 물리량을 더 확대하고자 한다. 기존 초음파 방식의 위치 측정 장치에 존재하는 측정 불감대 영역을 보다 감소시키고자 한다.
- [0010] 또한, 위치 측정이 이루어지는 공간에 대한 구조적 제한(곡선, 곡면 등)과 주변 환경에 따른 측정 한계를 해결할 수 있는 위치 측정 장치 및 측정 방법을 제공하고자 한다.
- [0011] 또한, 위치 측정 장치에 적용 가능한 위치 측정 알고리즘을 제공하고자 한다. 이를 통해, 위치 측정 장치 및 측

정 방법의 신뢰성을 보다 확보하고자 한다. 또한, 본 장치의 각 구성요소 사이의 결합 관계를 용이하게 하여 유지, 관리가 편리하도록 한다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 실시예는 상기와 같은 과제를 해결하고자, 초음파 도파로로 사용되는 자기변형 와이어; 상기 와이어로부터 일정 거리를 유지한 채 이동 가능하며, 상기 와이어 주변에 상기 와이어에 대한 축 방향 제1자기장을 제공하는 마그네틱부; 상기 와이어의 일단에 배치되며, 상기 와이어에 펄스 전류를 인가하여 상기 와이어 주변에 상기 와이어에 대한 원주 방향 제2자기장을 제공하는 송신부; 상기 와이어의 타측에 배치되어, 상기 와이어를 고정시키는 와이어고정부; 상기 와이어를 따라 상기 제2자기장이 이동하여 상기 제1자기장과 만나는 지점에서 나선형 제3자기장이 형성되면, 상기 제3자기장에 의한 변화를 검출하는 제1센싱코일부를 통해 상기 마그네틱부의 위치를 측정하고, 상기 제3자기장에 의한 변화를 검출하는 제2센싱코일부를 통해 상기 와이어의 비틀림 변위를 측정하는 수신유닛;을 포함하는 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치를 제공한다.
- [0013] 상기 제1센싱코일부는 솔레노이드 구조의 제1코일 및 1축 헬름홀츠 구조의 제2코일 중 어느 하나를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0014] 상기 제1코일의 길이(L1)와 상기 제2코일의 반경(R) 사이에는 반비례 관계가 형성되는 것이 바람직하다.
- [0015] 상기 제1센싱코일부의 배치 위치에 따라 측정불감대영역이 서로 다른 위치에 형성되며, 상기 제2센싱코일부는 상기 측정불감대영역 내에 배치되는 것이 바람직하다.
- [0016] 상기 제2센싱코일부는 2축 헬름홀츠 구조의 제3코일 및 3축 헬름홀츠 구조의 제4코일 중 어느 하나를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0017] 상기 와이어의 직경은 1mm 이하이며, 상기 와이어는 상기 제3코일 및 상기 제4코일 중 어느 하나를 관통하거나 또는 나란하게 배치되는 것이 바람직하다.
- [0018] 상기 수신유닛은 상기 제1센싱코일부 및 상기 제2센싱코일부에 의한 각 출력신호를 분석하는 신호처리부;를 더 포함하며, 상기 신호처리부는 상기 제1센싱코일부를 통해 상기 제2자기장에 의한 변화가 검출되는 제1시간과 상기 제3자기장에 의한 변화가 검출되는 제2시간을 이용하여 상기 마그네틱부의 위치를 측정하는 위치측정알고리즘을 내장하는 것이 바람직하다.
- [0019] 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치 중 수신유닛에 내장되는 위치측정알고리즘에 의한 위치 측정 방법으로서, 상기 제1센싱코일부의 출력신호에서 윈도우 함수를 이용하여 분석영역을 설정하는 방법으로 출력신호에서 분석영역을 추출하는 제1단계; 상기 송신부를 통해 일정 주기의 펄스 전류를 인가하는 제2단계; 상기 마그네틱부의 위치에 따라, 상기 분석영역에서 상기 제3자기장에 의한 변화에 의해 발생하는 전압최대값을 추정하는 제3단계; 상기 전압최대값을 무차원 값인 1로 설정하고, 상기 분석영역에서 발생하는 모든 전압값을 0과 1 사이의 무차원 값으로 변환하는 제4단계; 상기 마그네틱부의 위치에 따라, 상기 전압최대값이 발생하는 평균시간을 산출하는 제5단계; 및 상기 제1센싱코일부를 통해 상기 제2자기장에 의한 변화가 검출된 제1시간과 상기 평균시간 사이의 차이를 이용하여 상기 마그네틱부의 위치를 계산하는 1차 선형함수를 도출하는 제6단계;를 포함하는 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 방법을 제공한다.
- [0020] 상기 제5단계에서, 상기 분석영역에서 1인 전압값의 총개수를 카운팅하고, 1인 전압값이 검출되는 각 시간을 합산하여 총시간을 계산한 이후, 상기 총시간을 상기 총개수로 나누는 방법으로 상기 평균시간을 산출하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0021] 이상에서 살펴본 바와 같은 본 발명의 과제해결 수단에 의하면 다음과 같은 사항을 포함하는 다양한 효과를 기대할 수 있다. 다만, 본 발명이 하기와 같은 효과를 모두 발휘해야 성립되는 것은 아니다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치는 고체인 와이어를 초음파 도파로로 사용하여 대상 물체의 위치를 측정하고, 동시에 비틀림 파에 의한 자기장 변화 및 와이어의 비틀림 변위를 측정할 수 있다.
- [0023] 또한, 기존 스트레인 게이지를 대체하는 헬름홀츠 구조의 센싱코일을 단일 부품 내에 배치하여 위치 뿐만 아니라, 동시에 측정되는 물리량을 더 확대하고자 한다. 또한, 기존 초음파 방식의 위치 측정 장치에 존재하는 측정

불감대 영역을 보다 감소시킬 수 있다.

[0024] 또한, 위치 측정이 이루어지는 공간에 대한 구조적 제한(곡선, 곡면 등)과 주변 환경에 따른 측정 한계를 해결할 수 있다.

[0025] 또한, 위치 측정 장치에 적용 가능한 위치 측정 알고리즘을 제공할 수 있다. 이를 통해, 위치 측정 장치 및 측정 방법의 신뢰성을 확보할 수 있다. 또한, 본 장치의 각 구성요소 사이의 결합 관계를 용이하게 하여 유지, 관리가 편리할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 일 실시예에 따른 초음파 방식의 위치 측정 장치의 개략적인 구성도.

도 2는 도 1의 위치 측정 원리를 보여주는 도면.

도 3은 펄스 전류가 인가된 경우, 제1센싱코일에서 검출되는 초기 신호 및 반사 신호에 대한 그래프를 보여주는 도면.

도 4는 제1코일 내지 제4코일에 대한 개략도.

도 5는 제1코일과 제2코일 사이의 관계를 보여주는 도면.

도 6은 위치측정알고리즘의 제5단계에서, 마그네틱부의 위치에 따른 평균시간을 산출한 도표.

도 7은 도 5의 위치측정알고리즘에서, 일 실시예에 따른 1차 선형함수를 보여주는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다. 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0028] 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0029] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시예를 상세히 설명한다.

[0030] 도 1은 일 실시예에 따른 초음파 방식의 위치 측정 장치의 개략적인 구성도이고, 도 2는 도 1의 위치 측정 원리를 보여주는 도면이며, 도 3은 펄스 전류가 인가된 경우, 제1센싱코일에서 검출되는 초기 신호 및 반사 신호에 대한 그래프를 보여주는 도면이다. 또한, 도 4는 제1코일 내지 제4코일에 대한 개략도이고, 도 5는 제1코일과 제2코일(512) 사이의 관계를 보여주는 도면이다.

[0031] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치는 와이어(100), 마그네틱부(200), 송신부(300), 와이어고정부(400), 수신유닛(500), 장력조절부(600) 등을 포함할 수 있다.

[0032] 자기변형이란 자기장 속에서 강자성체 재료 내부의 자구(magnetic domain)가 자기장의 방향으로 정렬하면서 외형이 변하는 것 또는 이 반대의 현상을 모두 통칭한다. 자기변형은 1차원 자기장과 2차원 자기장 효과로 나뉘는데, 1차원 자기장 효과 중 줄 효과는 강자성체 재료 주변에 한 축 방향의 자기장을 인가하면 재료 내부의 자구가 인가된 자기장 방향으로 정렬되면서 길이 방향으로 변화하는 현상을 의미한다. 이를 대표적으로 자기변형효과라고 지칭한다.

[0033] 2차원 자기장 효과에는 위드만 효과 등이 있다. 2차원 자기장 효과는 1차원 자기장 효과를 기반으로 한다. 강자성체 재료 주변에 예를 들어, 영구자석을 위치시키면 축 방향의 자기장이 형성되고, 재료에 직접 전류를 인가하면 원주 방향 자기장이 형성된다. 그리고, 축 방향과 원주 방향 자기장이 동시에 인가되면 어느 일 지점에서 만나 합 벡터 방향의 비틀어진 나선형 자기장이 유도된다. 그리고, 이를 통해 재료는 비틀어지는데, 이를 위드만 효과라고 한다.

- [0034] 와이어(100)는 초음파 도파로로 사용되며, 강자성체인 자기변형 재료에 의해 형성된다. 이 때, 와이어(100)의 직경은 1mm 이하인 것이 바람직하다. 초음파 도파로로 와이어(100)를 사용하면 10m 이상 긴 거리 측정이 가능하고, 외부 환경(먼지나 기름 등)에 대한 강건성이 우수하다는 장점을 갖는다. 또한, 와이어(100)는 힘이 가능한 형태인 바, 직선(평면) 뿐만 아니라 곡선(곡면) 등 다양한 형체에 고정, 설치 가능하다. 또한, 일 실시예에 따른 와이어(100)는 직경이 1mm 이하인 바, 미세 공간 등 기존 구조적 한계에 따른 설치 어려움 등의 문제점을 해결할 수 있다. 일 실시예에 따른 와이어(100)는 니켈-철 합금인 $\text{Ni}_{50}\text{Fe}_{50}$ 을 사용하며, 직경은 1mm이다.
- [0035] 마그네틱부(200)는 와이어(100)로부터 일정 거리를 유지한 채 이동 가능하며, 와이어(100) 주변에 와이어(100)에 대한 축 방향 제1자기장(H_x)을 제공한다. 이런, 마그네틱부(200)는 와이어(100)의 축(길이) 방향을 따라 움직이도록 설치된다. 마그네틱부(200)는 이동 가능한 모든 구간에서 와이어(100)와 일정 간격을 유지하는 바, 동일 세기의 축 방향 제1자기장을 와이어(100) 주변에 지속적으로 인가할 수 있다.
- [0036] 한편, 마그네틱부(200)는 측정 대상이 되는 피측정대상에 부착되어 함께 움직이는 바, 커서라고 통용된다. 일 실시예에 따른 마그네틱부(200)는 링 형상(또는, 빈 원통 형상)으로 와이어(100)가 마그네틱부(200)의 내부 중앙을 관통하여 마그네틱부(200)의 길이 방향으로 연장되도록 형성될 수 있다. 일 실시예에 따른 마그네틱부(200)는 3축(X, Y 및 Z) 스테이지에 설치되어 이동될 수 있다.
- [0037] 송신부(300)는 와이어(100)의 일단에 배치되며, 와이어(100)에 펄스 전류를 인가하여 와이어 주변에 와이어(100)에 대한 원주 방향 제2자기장(H_z)을 제공한다. 제2자기장은 와이어(100)를 따라 이동한다. 한편, 펄스 전류는 예를 들어 컴퓨터, 데이터 수집 장치 및 전류 앰프를 순차적으로 거쳐 형성된다. 컴퓨터에 의해 인가될 펄스 파형이 설계되면, 데이터 수집 장치를 통해 펄스 파형이 출력되고, 이는 전류 앰프의 입력으로 입력되어 전압 대 전류 증폭비를 갖는 펄스 전류로 변환되어 와이어(100)에 인가된다. 한편, 인가되는 펄스 전류의 크기에 따라 제2자기장의 크기 역시 달라진다.
- [0038] 와이어고정부(400)는 와이어(100)의 타측에 배치되어, 와이어(100)를 고정시킨다.
- [0039] 수신유닛(500)은 와이어(100)를 따라 제2자기장이 이동하여 제1자기장과 만나는 지점에서 나선형 제3자기장이 형성되면, 제3자기장에 의한 변화를 검출하는 제1센싱코일부(510)를 통해 마그네틱부(200)의 위치를 측정한다. 또한, 수신유닛(500)은 와이어(100)를 따라 제2자기장이 이동하여 제1자기장과 만나는 지점에서 나선형 제3자기장이 형성되면, 제3자기장에 의한 변화를 검출하는 제2센싱코일부(520)를 통해 와이어(100)의 비틀림 변위를 측정한다. 이런 수신유닛(500)은 와이어(100)의 일측에 배치될 수 있다.
- [0040] 제2자기장이 와이어(100)를 따라 이동할 때, 미소 관점에서 와이어(100)의 길이 방향으로 국부적 변형이 발생한다. 그 결과, 수신유닛(500)은 송신부(300)에서 발생하는 제2자기장이 수신유닛(500)을 통과하면 이를 유도 전압의 형태로 감지할 수 있다. 이 때, 감지되는 초기 신호에 대한 검출 시간을 T_0 라고 한다. 한편, 유도 전압에 대한 감지는 특히, 제1센싱코일부(510)를 통해 이루어질 수 있다.
- [0041] 제2자기장이 수신유닛(500)을 통과하여 와이어(100)를 따라 계속 이동하면 마그네틱부(200)에 의한 축 방향 자기장인 제1자기장과 만나게 된다. 그리고, 그 지점에서는 동시에 두 종류의 자기장이 만나면서 합 벡터 방향으로 나선형 자기장인 제3자기장(H_t)이 형성된다. 이 때, 와이어(100)는 제3자기장에 의한 변화에 의해 순간적으로 비틀어졌다가 다시 원래 상태로 복귀하게 된다. 그리고, 순간적인 비틀림 변형에 의해 와이어(100)에는 비틀림 파(Torsional wave)인 초음파가 유도되며, 이는 와이어(100)의 양 방향으로 전파된다.
- [0042] 비틀림 파의 발생 위치에서 바로 수신유닛(500)을 향해 전파되는 비틀림 파가 제1센싱코일부(510)를 통과하면 이 때, 감지되는 반사 신호에 대한 검출 시간을 T_1 이라고 한다. (여기서, 초음파의 전파 시간(TOF)은 $T_1 - T_0$) TOF는 제1센싱코일부(510)에서 길이 L만큼 이격되어 있는 마그네틱부(200)의 위치까지 제1자기장이 이동하고, 마그네틱부(200)에서 형성된 비틀림 파가 바로 제1센싱코일부(510)로 돌아온 시간을 의미한다. 한편, 펄스 전류는 광속에 가까운 전파 속도로 와이어(100)를 따라 이동하는 반면 비틀림 파는 초음속으로 전파되어 둘 사이의 속도 차는 매우 크다. 이와 같이 TOF를 측정하면, 마그네틱부(200)의 위치를 측정할 수 있다.
- [0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 제1센싱코일부(510)는 솔레노이드 구조의 제1코일(511) 및 1축 헬름홀츠 구조의 제2코일(512) 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 일 실시예에 따른 제1코일(511)은 길이가 L_1 이며, 구리 재질의 셀프-본딩 와이어가 1000턴(turn) 감겨지는 방법으로 형성된다. 그리고, 제1코일(511) 내부 중앙에는 일정 직경의 홀(hole 또는, 공극)이 형성된다.

- [0044] 한편, 제2코일(512)인 헬름홀츠 구조는 제1코일(511)인 솔레노이드 구조에 비해 와이어(100)의 변화를 감지하는데 있어 미세한 자기장 변화를 보다 더 잘 감지할 수 있다. 이 때, 제2코일(512)의 형상 조건은 두 개의 원형 코일이 동일 축 선상에 평행으로 배치되고, 두 원형 코일 사이의 거리(L2)는 원형 코일의 반경(R)과 동일해야 한다.
- [0045] 한편, 본 발명의 일 실시예에 의한 실험을 통해, 제1코일(511)에 의한 출력신호인 제1유도전압과 제2코일(512)에 의한 출력신호인 제2유도전압 사이에는 제1코일(511)과 제2코일(512) 사이의 구조적 형상에 따른 연관성이 입증되었다. 실험에 의하면, 제1코일(511)의 길이(L1)와 제2코일(512)의 반경(R) 사이에는 반비례 관계가 형성될 수 있다. 이를 수식으로 나타내면, $R = \alpha \times L1$ (여기서, α 는 제1코일(511)과 제2코일(512) 사이의 구조비율계수라고 정의한다.) 제2코일(512)의 성능은 α 에 따라 변화될 수 있다. 한편, 제2유도전압은 α 를 변경하여 소정의 전압값으로 용이하게 변환될 수 있다.
- [0046] 또한, 제1센싱코일부(510)의 배치 위치에 따라 측정불감대영역(A)이 서로 다른 위치에 형성되며, 제2센싱코일부(520)는 측정불감대영역(A) 내에 배치될 수 있다. 측정불감대영역(A)은 초음파를 이용하는 위치 측정 장치에서 존재하기 마련이다. 이는 커서인 마그네틱부(200)가 수신유닛(500) 내의 제1센싱코일부(510)에 가까워지면 송신부(300)에서 인가되는 펄스 신호와 마그네틱부(200)에 의한 반사 신호(초음파)가 서로 중첩되어 검출신호가 구별되지 않는 현상에 의해 발생할 수 있다. 또한, 마그네틱부(200)가 와이어(100)의 타단으로 이동하게 되면, 제3자기장에 의해 형성되는 비틀림 파로 인해 1) 마그네틱부(200)에서 제1센싱코일부(510)로 직접 반사되는 것과 2) 마그네틱부(200)에서 와이어고정부(400) 방향으로 이동한 후, 와이어고정부(400)에서 반사되어 제1센싱코일부(510)로 이동하는 것 사이의 차이가 작게 된다. 이로 인해 측정불감대영역(A)이 발생할 수 있다.
- [0047] 수신유닛(500)은 측정불감대영역(A)을 줄이기 위해 제2센싱코일부(520)를 더 포함한다. 제2센싱코일부(520)는 2축 헬름홀츠 구조의 제3코일(521) 및 3축 헬름홀츠 구조의 제4코일(522) 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 2축 구조는 1축 구조에서 수직 방향으로 헬름홀츠 구조가 더 추가되는 것을 의미한다. 1축 구조가 X축 방향인 경우, 2축 구조는 XY축 방향 및 XZ축 방향 중 어느 하나가 된다. 이 때, 3축 구조는 XYZ축 방향이 된다.
- [0048] 이 때, 제3코일(521) 및 제4코일(522)은 제3자기장에 의해 형성되는 비틀림 파가 와이어고정부(400)를 통해 반사되어 제2센싱코일부(520)로 이동하는 반사 신호를 검출한다. 비틀림 파는 2방향(와이어(100)의 축 방향과 와이어(100)의 원주 방향)의 자기장을 발생시킨다. 그리고, 이는 와이어(100)의 비틀림 변위를 형성한다.
- [0049] 일 실시예에 따른 제2센싱코일부(520)는 와이어(100)의 비틀림 변위를 측정할 수 있다. 종래 와이어(100)에 대한 비틀림 변위를 측정하기 위해, 와이어 등에 스트레인 게이지를 설치 부착하였으나, 일 실시예에 따른 와이어(100)의 직경은 1mm 이하인 바, 스트레인 게이지를 설치하는 것이 불가능하다. 제2센싱코일부(520)는 이런 문제점을 해결할 수 있다.
- [0050] 또한, 제2센싱코일부(520)는 비틀림 파에 의한 자기장을 측정할 수 있다. 이 때, 제3코일(521)은 2축 헬름홀츠 구조를 갖는 바, 축 별(2개)로 전압값을 각각 측정할 수 있다. 제2센싱코일부(520)는 각 전압값의 비율, 벡터합을 이용하여 자기장을 측정하게 된다. 한편, 제4코일(522)은 3축 헬름홀츠 구조를 갖는 바, 축 별(3개)로 전압값을 각각 측정할 수 있다.
- [0051] 일 실시예에 따른 수신유닛(500)은 단일 부품으로 형성되며, 제1센싱코일부(510)를 통해 마그네틱부(200)의 위치 측정 뿐만 아니라, 제2센싱코일부(520)를 통해 와이어(100)의 변위 및 제3자기장 측정이 가능한 바, 복수 개의 물리량을 동시에 측정할 수 있다.
- [0052] 이 때, 와이어(100)는 제3코일(521) 및 제4코일(522) 중 어느 하나를 관통하거나 또는 나란하게 배치되는 것이 바람직하다. 와이어(100)는 제3코일(521) 및 제4코일(522) 중 어느 하나의 내부 중앙을 관통할 수 있다. 또한, 와이어(100)는 제3코일(521) 및 제4코일(522) 중 어느 하나와 평행하게 배치될 수 있다.
- [0053] 또한, 수신유닛(500)은 제1센싱코일부(510) 및 제2센싱코일부(520)에 의한 각 출력신호를 분석하는 신호처리부(530)를 더 포함할 수 있다. 그리고, 신호처리부(530)는 제1센싱코일부(510)를 통해 제2자기장에 의한 변화가 검출되는 제1시간(T_0)과 제3자기장에 의한 변화가 검출되는 제2시간(T_1)을 이용하여, 마그네틱부(200)의 위치를 측정하는 위치측정알고리즘을 내장할 수 있다.
- [0054] 신호처리부(530)는 마그네틱부(200)의 위치에 따라 변화하는 반사 신호 즉, 각 출력신호에서 유효신호지점을 추출한다. 전술한 것처럼, 송신부(300)는 일정 주기를 갖는 펄스 전류를 인가한다. 여기서, 유효신호지점은 마그네틱부(200)의 어느 일 위치에서 검출되는 출력신호 중 분석영역을 분석할 때, 전압최대값에 해당될 수 있다.

다만, 분석영역에는 전압최대값에 해당되는 값이 복수 개가 존재하기 때문에 전압최대값을 추정하여 이를 전압 최대값으로 설정할 수 있다. 이와 같이 전압최대값이 측정되면, 그 시간이 전술한 T_1 이 된다.

- [0055] 장력조절부(600)는 와이어(100)의 장력을 변경시킨다. 장력조절부(600)는 와이어(100)의 일측에 배치되어 주변 환경의 온도, 습도 등의 조건에 따라 와이어(100)에 일정 크기의 장력을 인가할 수 있다.
- [0056] 도 6은 위치측정알고리즘의 제5단계에서, 마그네틱부의 위치에 따른 평균시간을 산출한 도표이고, 도 7은 도 5의 위치측정알고리즘에서, 일 실시예에 따른 1차 선형함수를 보여주는 그래프이다.
- [0057] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기변형원리를 이용한 초음파 방식의 위치 측정 장치는 수신유닛(500)에 내장되는 위치측정알고리즘을 포함할 수 있다. 그리고, 위치측정알고리즘에 의한 위치 측정 방법은 제1단계 내지 제6단계를 포함할 수 있다.
- [0058] 제1단계는 제1센싱코일부(510)의 출력신호에서 윈도우 함수를 이용하여 분석영역을 설정하는 방법으로 출력신호에서 분석영역을 추출하는 단계이다. 여기서, 분석영역은 마그네틱부(200)가 와이어(100)를 따라 이동 가능한 구간을 의미한다. 즉, 분석영역은 마그네틱부(200)에 대한 위치 측정이 가능한 구간이다.
- [0059] 제2단계는 송신부(300)를 통해 일정 주기의 펄스 전류를 인가하는 단계이다. 와이어(100)에 펄스 전류를 인가하여, 감지되는 초기 신호에 대한 검출 시간을 T_0 라고 한다.
- [0060] 제3단계는 마그네틱부(200)의 위치에 따라, 분석영역에서 제3자기장에 의한 변화에 의해 발생하는 전압최대값을 추정하는 단계이다. 분석영역에서 마그네틱부(200)에 의한 반사 신호인 유효신호지점을 검출하기 위해 전압최대값을 추출해야 한다. 그러나, 분석영역에는 복수 개의 전압최대값이 존재하는 바, 일 실시예는 각 분석영역에서 전압최대값을 추출하여 이를 원소로 하는 집합을 형성한 후, 각 집합 별로 전압최대값을 추정한다.
- [0061] 제4단계는 전압최대값을 무차원 값인 1로 설정하고, 분석영역에서 발생하는 모든 전압값을 0과 1 사이의 무차원 값으로 변환하는 단계이다. 먼저, 각 분석영역에서 전압최대값에 가중치를 부여한 후, 이를 1로 설정한다. 그리고, 나머지 모든 전압값을 0과 1 사이의 무차원 값으로 변환한다.
- [0062] 제5단계는 마그네틱부(200)의 위치에 따라, 전압최대값이 발생하는 평균시간을 산출하는 단계이다. 구체적으로, 제5단계에서 분석영역에서 1인 전압값의 총개수를 카운팅하고, 1인 전압값이 검출되는 각 시간을 합산하여 총시간을 계산한 이후, 총시간을 총개수로 나누는 방법으로 평균시간을 산출할 수 있다. 한편, 전압최대값에는 비유효신호지점에서 검출되는 것이 일부 포함될 수 있다. 이는 평균시간에 대한 오차를 발생시킬 수 있는 바, 이는 제거하는 것이 바람직하다.
- [0063] 제6단계는 제1센싱코일부(510)를 통해 제2자기장에 의한 변화가 검출된 제1시간과 평균시간 사이의 차이를 이용하여 마그네틱부(200)의 위치를 계산하는 1차 선형함수를 도출하는 단계이다. 제1시간은 전술한 T_0 에 해당된다. 그리고, 평균시간은 전술한 T_1 에 해당된다. 1차 선형함수는 $P = a * (TOF) + b$ 와 같이 표시될 수 있다. (여기서, a , b 는 상수 / P 는 마그네틱부(200)의 위치)
- [0064] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 타 실시 예들이 가능하다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적인 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

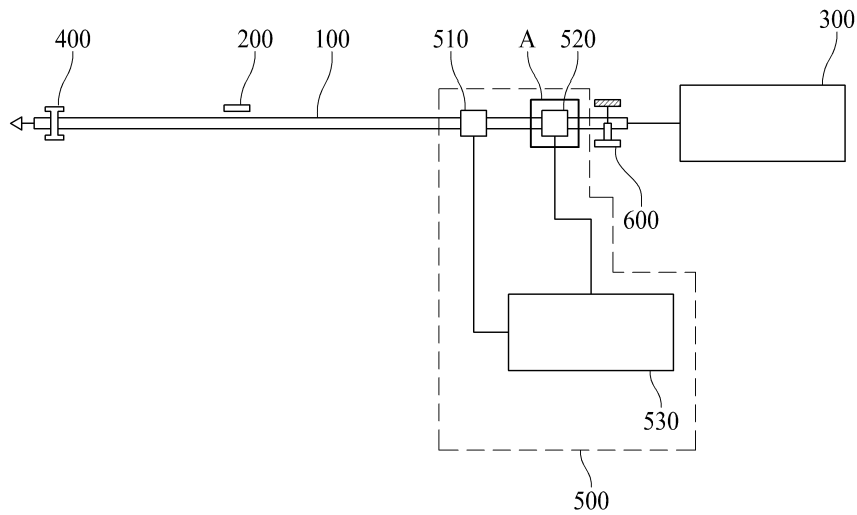
- [0065] 100: 와이어 200: 마그네틱부
- 300: 송신부 400: 와이어고정부
- 500: 수신유닛 600: 장력조절부
- 510: 제1센싱코일부 520: 제2센싱코일부
- 511: 제1코일 512: 제2코일
- 521: 제3코일 522: 제4코일

530: 신호처리부

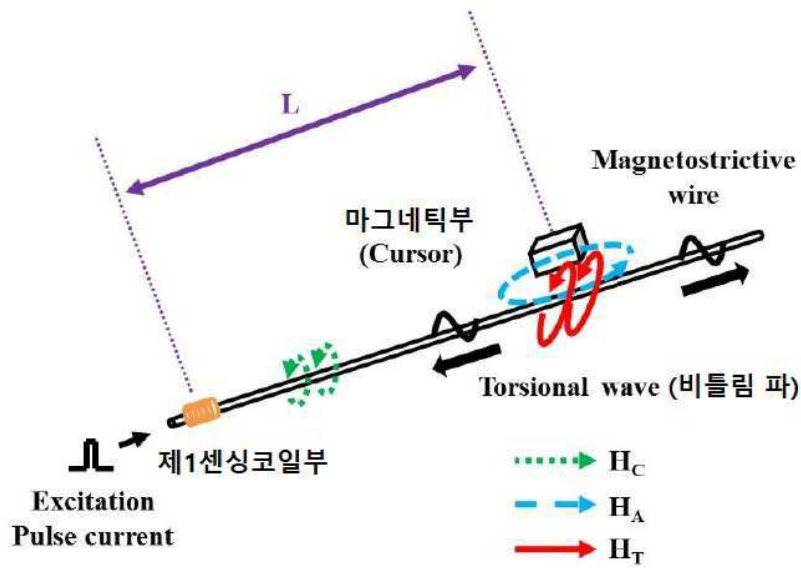
A: 측정불감대영역

도면

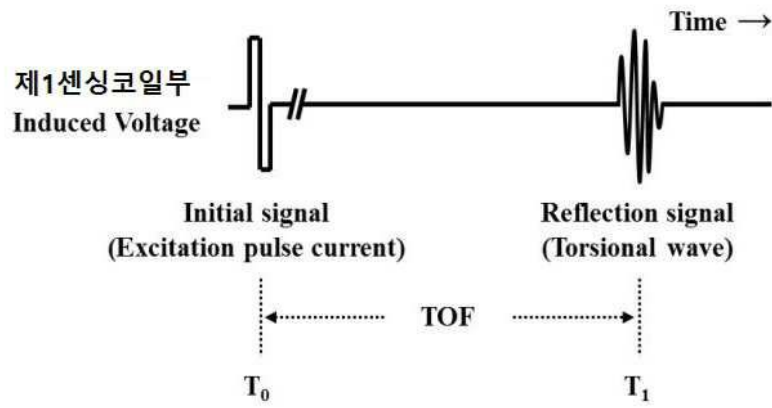
도면1



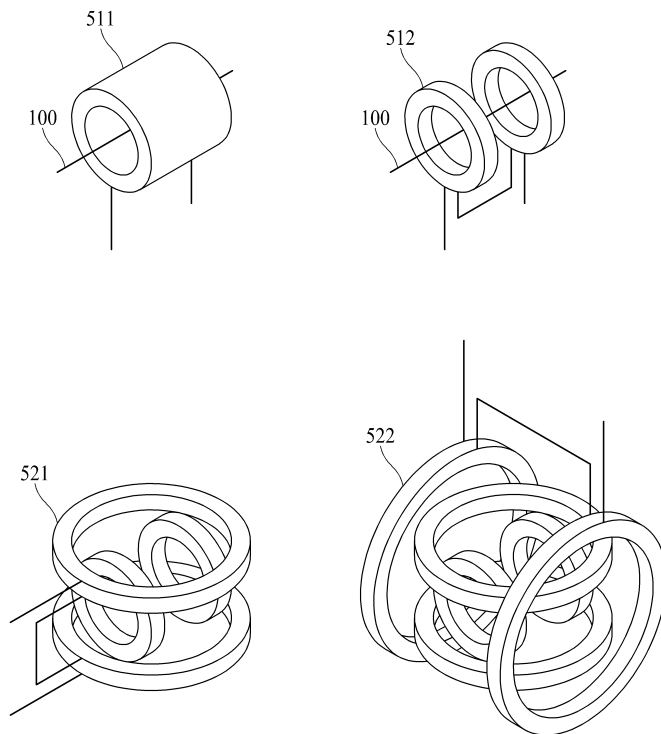
도면2



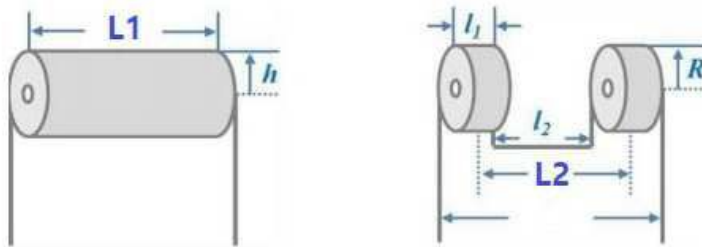
도면3



도면4



도면5



도면6

Cursor position	0.1 m	0.2 m	0.3 m	0.4 m	0.5 m
Time sum	684.4 μ s	266.4 μ s	2708 μ s	2357 μ s	1123 μ s
Count Sum	3	1	9	7	3
Time mean	228.1 μ s	266.4 μ s	300.8 μ s	336.7 μ s	374.4 μ s
Cursor position	0.6 m	0.7 m	0.8 m	0.9 m	1.0 m
Time sum	822.8 μ s	4474 μ s	947.6 μ s	1040 μ s	5134 μ s
Count Sum	2	10	2	2	11
Time mean	411.4 μ s	447.4 μ s	483.8 μ s	520.2 μ s	466.7 μ s

Time sum : 총시간

Count Sum : 총개수

Time mean : 평균시간

도면7

