(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0066892
(43) 공개일자 2012년06월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*G01N 27/82* (2006.01) *G01B 7/24* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0128232
(22) 출원일자 2010년12월15일
심사청구일자 2010년12월15일

(71) 출원인
**한국기계연구원**
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
**원순호**
경상남도 창원시 의창구 팔용로 512, 대동다숲아파트 109동 104호 (서상동)
(74) 대리인
**안승태**

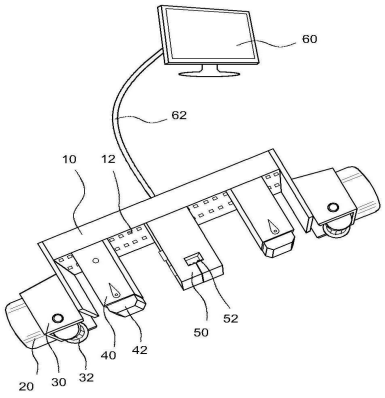
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치 및 이에 의한 비파괴 검사방법**

## (57) 요 약

배관의 형태에 구애받지 않고 비파괴 검사의 전반을 자동화하여 재현성을 확보하고 검사 방법을 자동화 시스템으로 수행할 수 있는 비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치 및 그에 의한 검사방법을 제시한다. 그 장치 및 방법은 자기장을 부여하는 한 쌍의 탐상부 사이에 배치되어 자기장의 변화를 전압변화로 변환시키는 센서부에서 인식된 전압변화를 이용하여 자기탐상 장치를 제어하는 제어부를 구비하고, 이에 의해 검사를 수행한다.

*대 표 도* - 도1a



## *특허청구의 범위*

**청구항 1**

자기장을 부여하는 한 쌍의 탐상부;

상기 탐상부 사이에 배치되어 자기장의 변화를 전압변화로 변환시키는 센서부;

상기 탐상부와 센서부를 내측에 장착하는 요크;

상기 요크를 배관을 따라 이동시키는 구동부; 및

상기 센서부에서 인식된 전압변화를 이용하여 자기탐상 장치를 제어하는 제어부를 포함하는 비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 탐상부에는 영구자석이 부착되어 있는 것을 특징으로 하는 비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 상기 탐상부에는 유도자석이 부착되어 있는 것을 특징으로 하는 비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 상기 센서부는 어레이 형태로 배열된 홀센서를 이용하는 것을 특징으로 하는 비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치.

**청구항 5**

제1항에 있어서, 상기 제어부는 상기 센서부에 의해 변환된 전압변화의 데이터를 이미지 형태로 출력하는 것을 특징으로 하는 비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치.

**청구항 6**

제1항에 있어서, 상기 요크에는 상기 탐상부 및 상기 센서부가 장착될 수 있는 홈 또는 그루브가 형성된 것을 특징으로 하는 비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치.

**청구항 7**

제1항에 있어서, 상기 탐상부의 중심 간의 폭은 상기 배관의 직경, 배관의 재질, 배관 벽의 두께 및 상기 자석의 보자력에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치.

**청구항 8**

제1항에 있어서, 상기 센서부의 폭은 상기 배관의 직경, 배관의 재질, 배관 벽의 두께 및 상기 자석의 보자력에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치.

**청구항 9**

배관에 따라 기저상태, 탐상부의 중심 간의 폭 및 센서부의 폭을 결정하는 단계;

상기 배관에 상기 탐상부에 의해 자기장을 형성하는 단계;

상기 탐상부의 자기장으로 인하여 상기 배관에 따라 발생하는 자기장의 변화를 센서부에 의해 전압변화로 변환시키는 단계; 및

상기 전압변화를 제어부에 의해 분석하는 자기탐상에 의한 비파괴 검사방법.

**청구항 10**

제9항에 있어서, 상기 제어부는 상기 전압변화를 이미지 형태로 출력하는 것을 특징으로 하는 자기탐상에 의한 비파괴 검사방법.

**청구항 11**

제10항에 있어서, 상기 전압변화는 채널에 따라 이미지 형태로 출력되는 것을 특징으로 하는 자기탐상에 의한 비파괴 검사방법.

# 명 세 서

## 기 술 분 야

[0001] 본 발명은 비파괴 검사 장치 및 검사 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 자기장의 변화에 의하여 배관의 부식이나 균열과 같은 손상을 탐지하는 비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치 및 그에 의한 검사방법에 관한 것이다.

## 배 경 기 술

[0002] 석유화학 플랜트와 같은 산업 설비 중에 배관은 중요한 역할을 수행하는 부분이다. 즉, 배관은 각 공정에서 생산되는 부가 공정물 또는 분위기 조성을 위한 기체, 액체 형태인 조성물의 이동경로가 된다. 그런데, 여기에 사용되는 다양한 화학성분과 공정조건은 배관에서 일어날 수 있는 여러 가지 원인으로 손상되는데, 특히 배관의 소재로 가장 많이 사용되는 탄소강은 상기 원인에 의해 부식이나 균열 등이 발생되게 된다. 이에 따라, 사용자들은 주기적으로 다양한 방법을 동원하여 배관의 손상여부를 검사하고 있다.

[0003] 탄소강을 소재로 하는 설비의 상태진단을 위한 비파괴검사 중 현재 가장 많이 사용되는 방법은 자분탐상 시험법이다. 소재가 탄소강과 같은 자성체인 경우, 자분탐상 시험법을 용이하게 적용할 수 있고, 또한 검사 결과를 육안으로 관찰할 수 있다. 구체적으로, 자분탐상 시험법은 자기 분말을 피검사체인 배관에 뿌려서 자기장에 의한 자기 분말의 변화를 관찰하여 배관의 손상여부를 알아내는 것이다.

[0004] 그런데 자분탐상 시험법은 수작업에 의해 진행되고, 검사의 결과가 일시적이며, 배관이 손상된 정도를 정량적으로 표현할 수 없다. 이에 따라, 복잡한 형태로 설치되어 있는 배관설비에는 이를 적용하기 어렵고, 재현성 확보가 쉽지 않으며, 검사 방법을 자동화하는 데 곤란한 점이 있다. 나아가, 자분탐상 시험법은 검사 후에 배관에 뿌려진 자기 분말을 제거해야 하는 번거로움도 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하려는 과제는 배관의 형태에 구애받지 않고 비파괴 검사의 전반을 자동화하여 재현성을 확보하고 검사 방법을 자동화 시스템으로 수행할 수 있는 비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치를 제공하는 데 있다. 또한 본 발명이 해결하려는 다른 과제는 상기 자기탐상 장치에 의해 비파괴 검사를 수행하는 방법을 제공하는 데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치는 자기장을 부여하는 한 쌍의 탐상부와, 상기 탐상부 사이에 배치되어 자기장의 변화를 전압변화로 변환시키는 센서부를 포함한다. 또한 상기 탐상부와 센서부를 내측에 장착하는 요크와, 상기 요크를 배관을 따라 이동시키는 구동부 및 상기 센서부에서 인식된 전압변화를 이용하여 자기탐상 장치를 제어하는 제어부를 포함한다.

[0007] 본 발명의 자기탐상 장치에 있어서, 상기 탐상부에는 영구자석 또는 유도자석이 부착되어 있을 수 있다. 또한 상기 센서부는 어레이 형태로 배열된 홀센서를 이용할 수 있다. 나아가 상기 제어부는 상기 센서부에 의해 변환된 전압변화의 데이터를 이미지 형태로 출력할 수 있다.

[0008] 본 발명의 바람직한 장치에 있어서, 상기 요크에는 상기 탐상부 및 상기 센서부가 장착될 수 있는 홈 또는 그루브가 형성될 수 있다. 이때, 상기 탐상부의 중심 간의 폭은 상기 배관의 직경, 배관의 재질, 배관 벽의 두

께 및 상기 자석의 보자력에 의해 결정될 수 있으며, 상기 센서부의 폭은 상기 배관의 직경, 배관의 재질, 배관 벽의 두께 및 상기 자석의 보자력에 의해 결정될 수 있다.

[0009] 본 발명의 다른 과제를 해결하기 위한 자기탐상에 의한 비파괴 검사방법은 먼저 배관에 따라 기저상태, 탐상부의 중심 간의 폭 및 센서부의 폭을 결정한다. 그후, 상기 배관에 상기 탐상부에 의해 자기장을 형성한다. 상기 탐상부의 자기장으로 인하여 상기 배관에 따라 발생하는 자기장의 변화를 센서부에 의해 전압변화로 변환시킨다. 전압변화를 제어부에 의해 분석한다.

[0010] 본 발명의 검사방법에 있어서, 상기 제어부는 상기 전압변화를 이미지 형태로 출력할 수 있으며, 상기 전압변화는 채널에 따라 이미지 형태로 출력될 수 있다.

## *발명의 효과*

[0011] 본 발명의 비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치 및 그에 의한 검사 방법에 의하면, 배관에 따른 자기장의 변화를 전압변화로 변환시켜 배관의 손상을 감지하는 센서부를 이용하여 전압변화를 분석함으로써, 배관의 형태에 구애받지 않고 비파괴 검사의 전반을 자동화하여 재현성을 확보하고 검사 방법을 자동화 시스템으로 수행할 수 있는 비파괴 검사를 수행할 수 있다.

## *도면의 간단한 설명*

[0012] 도 1a는 본 발명에 의한 자기탐상 장치를 나타낸 사시도이다.

도 1b는 도 1a의 센서부를 나타낸 사진이다.

도 2는 본 발명에 의한 자기탐상 방법을 설명하기 위한 단면도이다.

도 2b는 배관의 손상이 있을 때 본 발명에 의한 자기탐상 방법을 요크의 주변으로 한정하여 상세하게 나타낸 단면도이다.

도 3a는 본 발명에 의한 자기탐상의 결과를 배관의 위치에 따른 전압변화로 나타낸 그래프이다.

도 3b는 도 3a에서 배관의 손상이 일어나는 부분을 채널에 따라 이미지로 표현한 것이다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0013] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 바람직한 실시예들은 상세히 설명한다. 다음에서 설명되는 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상술되는 실시예들에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예들은 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이다.

[0014] 본 발명의 실시예는 자기장의 변화를 전압변화로 변환시켜 배관의 손상을 감지하는 센서를 이용함으로써, 배관의 형태에 구애받지 않고 비파괴 검사의 전반을 자동화하여 재현성을 확보하고 검사 방법을 자동화 시스템으로 수행할 수 있는 비파괴 검사를 위한 자기탐상 장치를 제시한다. 자속의 변화에 의한 전압의 변화 및 이를 제어하여 검사의 자동화를 수행하는 자기탐상 장치를 설명하고, 상기 장치에 의한 검사 방법을 살펴볼 것이다.

[0015] 도 1a는 본 발명의 실시예에 의한 자기탐상 장치를 나타낸 사시도이다. 도 1b는 도 1a의 센서부를 나타낸 사진이다.

[0016] 도 1a 및 도 1b를 참조하면, 자기장을 부여하는 한 쌍의 탐상부(40), 탐상부(40)의 사이에 일정한 간격만큼 떨어져 배치되어 자기장의 변화를 전압변화로 변환시키는 센서부(50)), 탐상부(40)와 센서부(50)를 내측에 장착하는 요크(yoke; 10), 요크(10)를 배관을 따라 이동시키는 구동부(20) 및 센서부(50)에서 인식된 전압의 변화를 이용하여 자기탐상 장치를 제어하는 제어부(60)를 포함하여 이루어진다. 한 쌍의 탐상부(40)는 자기장을 발생하는 자석(42)이 장착되어 있어서, 상호간에 자기장을 형성시킨다. 이때, 자석(42)은 영구자석일 수도 있고, 코일이 감겨진 유도자석일 수도 있다.

[0017] 센서부(50)는 탐상부(40)에 의한 배관의 상태에 따른 자기장의 변화 즉, 자속변화를 감지하여 이를 전압변화로 변환시키는 소자이다. 센서부(50)는 홀센서 또는 유도자기장을 감지하는 코일로 이루어질 수 있으며, 이중에서 홀센서(52)가 바람직하다. 홀센서(52)는 자기장의 변화를 감지하는 트랜지스터로서 자기장의 세기나 분포를 측정하는 데 사용되는 것으로 잘 알려진 소자이다. 본 발명의 실시예에서는 하나의 홀센서(52)를 사용하

기보다는 어레이(array) 형태로 배열된 복수개의 홀센서를 배치하여 검사하는 영역을 보다 넓게 확보할 수 있다.

[0018] 요크(10)는 내측에 한 쌍의 탐상부(40)와 탐상부(40) 사이에 배치된 센서부(50)를 장착하는 것으로, 배관에 접촉하는 부분은 개방되어 있고, 나머지 부분은 막혀 있는 구조를 가진다. 도시된 바와 같이, 요크(10)는 "ㄷ"자 형태로 상부벽에 탐상부(40)와 센서부(50)가 고정되어 있고, 배관에 접촉하는 부분은 개방되어 있으며, 상부벽의 양측은 측벽에 의해 막혀 있다. 또한 요크(10)의 상부벽의 내면에는 탐상부(40)와 센서부(50)가 장착될 수 있는 장착홈(12)이 형성되어 있다. 필요에 따라 장착홈(12)은 홈 형태가 아닌 그루브(groove) 형태로 하여 탐상부(40)와 센서부(50)의 위치를 보다 정밀하게 조절할 수 있다.

[0019] 구동부(20)는 요크(10) 측벽 외측에 설치되며, 구동력은 전기모터를 이용하여 얻을 수 있다. 구동부(20)와 요크(10) 측벽 사이에는 구동부(20)의 구동력에 의해 이동할 수 있도록 하는 이동부(30)가 설치되어 있다. 이동부(30)에는 바퀴(32)가 장착되어 있어 바퀴(32)의 회전에 의해 배관을 따라 이동한다. 바퀴(32)의 끝부분에는 바퀴(32)가 배관에 용이하게 밀착되도록 미세한 요철이 형성되거나 고무 재질을 사용할 수 있다.

[0020] 제어부(60)는 센서부(50)에 의해 변환된 전압변화의 데이터를 신호선(62)을 통하여 수집하고 이를 분석하는 역할을 하며, 이동부(30)의 이동을 제어한다. 제어부(60)는 요크(10)에 일체로 설치될 수 있고, 요크(10)와 분리되어 별도의 장소에 설치될 수도 있다. 제어부(60)는 전압변화를 바람직하게는 -10V~+10V로 화면에 출력할 수 있고, 이러한 전압변화는 이미지(image) 형태로 출력하여 출력된 이미지에 의해 배관의 손상여부를 손쉽게 판단할 수 있다.

[0021] 도 2는 본 발명의 실시예에 의한 자기탐상 방법을 설명하기 위한 단면도이다. 도 2b는 배관의 손상이 있을 때 본 발명의 실시예에 의한 자기탐상 방법을 요크의 주변으로 한정하여 상세하게 나타낸 단면도이다. 이때, 자기탐상 장치는 도 1a 및 도 1b를 참조하기로 한다.

[0022] 도 2a에 의하면, 구체적으로, 한 쌍의 탐상부(40)에 장착된 자석(42) 사이에는 자기력선이 발생하여 그 자기력선이 배관(70)을 통과하는 루트(route)를 형성한다. 구동부(20)에 의해 배관(70)을 따라 이동하면서, 자기력선에 의한 자기장의 변화를 통하여 배관(70)에 부식이나 균열과 같은 손상이 있는 지를 검사한다. 배관(70)은 본 발명의 범주 내에서 자기력선이 통과하는 재질로 이루어졌으면 모두 가능하나, 철이나 니켈과 같은 강자성체가 더욱 바람직하다.

[0023] 잘 알려진 바와 같이, 배관(70)을 통과하는 자기력선의 간격이 좁으면 자기력선이 밀하고, 자속밀도가 크므로 자기장의 세기가 크다. 배관(70)의 손상이 없으면, 자기력선이 통과하는 배관의 단면적이 일정하므로, 제어부(60)에는 전압변화가 나타나지 않는다. 이와 같이 전압변화가 나타나지 않는 상태를 기저(base) 상태라고 한다. 기저 상태는 피검사체인 배관(70)의 재질, 형태 등에 따라서 사전에 설정되어 룩업 테이블(look-up table) 형태로 제어부(60)에 저장된다.

[0024] 도 2b에 의하면, 배관(70)에 부식이나 균열로 인한 손상이 발생하는 경우, 손상된 부분은 단면적이 변화되므로 자기력선의 간격의 변화, 즉 자기장의 세기가 변한다. 예를 들어, 배관(70)의 손상으로 인하여, 자기력선이 통과하는 단면적, 즉 배관의 두께(△t)가 작아지면 자기력선 사이의 간격이 좁아지고 자속밀도가 커져서 자기장의 세기가 커진다. 이와 같은 자기장의 변화는 센서부(50)에 의해 전압변화로 인식되어 제어부(60)에 의해 상기 전압변화가 표현된다.

[0025] 도면에서, 한 쌍의 탐상부(40)의 각각의 중심 간을 연결한 폭(W1)은 피검사체인 배관(70)에 따라 결정된다. 즉, 폭(W1)은 배관(70)의 직경, 배관의 재질, 배관(70) 벽의 두께, 자석(42)의 보자력 등에 따라 사전에 정해진다. 구체적으로, 피검사체인 배관(70)을 검사하기 이전에, 손상되지 않은 배관(70)에 대한 샘플(sample)에 대하여 여러 번의 검사를 실시하여 폭(W1)을 결정하여, 이를 제어부(60)에 룩업 테이블 형태로 저장할 수 있다. 이때, 폭(W1)은 각각의 탐상부(40)를 요크(10)에 형성된 장착홈(12)에 끼움으로써 조절할 수 있다.

[0026] 센서부(50)의 폭(W2)은 본 발명의 자기탐상 장치에 의해 검사되는 배관(70)의 영역을 나타낸다. 폭(W2)이 넓으면 검사되는 배관(70)의 영역이 넓어지고, 폭(W2)이 좁으면 검사되는 배관(70)의 영역이 좁아진다. 폭(W2)은 배관(70)의 직경, 배관의 재질, 배관(70) 벽의 두께, 자석(42)의 보자력 등에 따라 사전에 정해진다. 구체적으로, 피검사체인 배관(70)을 검사하기 이전에, 손상되지 않은 배관(70)에 대한 샘플(sample)에 대하여 여러 번의 검사를 실시하여 폭(W2)을 결정하여, 이를 제어부(60)에 룩업 테이블 형태로 저장할 수 있다. 폭(W2)이 넓어지면, 센서부(50)를 이루는 홀센서 어레이의 경우에 홀센서의 수가 늘어나도록 설계된다.

[0027] 이와 같이, 본 발명의 자기탐상 장치에 의하면, 피검사체인 배관(70)의 상태에 따라, 기저상태, 폭(W1) 및 폭

(W2)과 같은 정보들을 제어부(60)에 저장하여 활용함으로써, 배관(70)의 검사에 대한 재현성을 확보하여 보다 정확한 검사를 수행할 수 있다. 또한 다양한 형태의 배관(70)에 대한 정보를 수집하여 다양한 환경에 대하여 최적화된 검사 조건을 확보할 수 있다.

[0028] 도 3a는 본 발명의 실시예에 의한 자기탐상의 결과를 배관의 위치에 따른 전압변화로 나타낸 그래프이고, 도 3b는 도 3a에서 배관의 손상이 일어나는 부분을 채널에 따라 이미지로 표현한 것이다. 여기서, 배관 위치란 기저상태에서 검사를 시작하는 곳은 원점으로 하고, 정해진 스케일(scale)에 따라 상기 자기탐상 장치가 이동하는 방향에서의 거리이다. 이때, 스케일(scale)은 앞에서 설명한 배관에 따라 다르게 설정할 수 있다.

[0029] 도시된 바와 같이, 원점에서 출발한 자기탐상 장치는 도 3a에서와 같이 배관의 a영역(0~150)까지는 배관의 손상이 없는 기저상태로 기록되고, 배관의 b영역(150이후)에는 배관의 손상으로 인하여 전압변화(△V)가 기저상태보다 커진 것을 알 수 있었다. 물론 a영역에서도 전압변화가 기저상태보다 약간 높은 부분이 있으나, 이는 자기장이 오버랩(overlap)되는 것으로 해석될 수 있다.

[0030] 배관의 손상 상태를 명확하게 하기 위하여, 여러 개의 자기탐상 채널을 형성한 후, 상기 전압변화를 이미지화하여 도 3b와 같이 살펴보았다. 자기탐상 채널은 도 1a에서 설명한 장치를 복수개를 두거나, 도 2a의 이동방향에 수직한 방향에 여러 군데를 원점으로 하여 반복적으로 검사를 하여 구현할 수 있다. 이를 편의상 채널번호라고 칭하였다. 도면의 인덱스(index)에서, 전압의 변화가 약 2.80~2.96의 값은 붉은 색 계통인 분홍색의 음영으로 강도를 표시하였고, 약 2.96~3.10의 값은 푸른 색 계통인 녹색의 음영으로 강도를 표현하였다.

[0031] 음영의 강도를 보아, 배관의 위치 150~310에서는 전압의 변화가 대략적으로 2.80~2.88 사이에 존재하였고, 310~450에서는 대략적으로 2.88~2.96 사이에 해당하였으며, 450~600에서는 2.96~3.10의 값을 나타내었다. 특히, 배관 위치 450~600 그리고 채널 2~3에는 전압변화가 가장 큰 것을 알 수 있었다. 다시 말해, 배관 위치 450~600, 채널 2~3에서 가장 손상이 심하였으며, 이를 중심으로 한 주변에도 손상이 일어났음을 확인할 수 있었다.

[0032] 도 3a 및 도 3b를 조합하면, 본 발명의 자기탐상 장치에 의해 배관의 손상된 위치를 정확하게 파악할 수 있었으며, 또한 손상된 정도를 정량적으로 확인할 수 있었다. 이에 따라, 기저상태를 설정하고, 배관을 따라 자기탐상을 실시하면, 배관의 형태에 구애받지 않고 비파괴 검사의 전반을 자동화하여 재현성을 확보하고 검사 방법을 자동화 시스템으로 수행할 수 있는 비파괴 검사를 할 수 있다.

[0033] 이상, 본 발명은 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러 가지 변형이 가능하다.

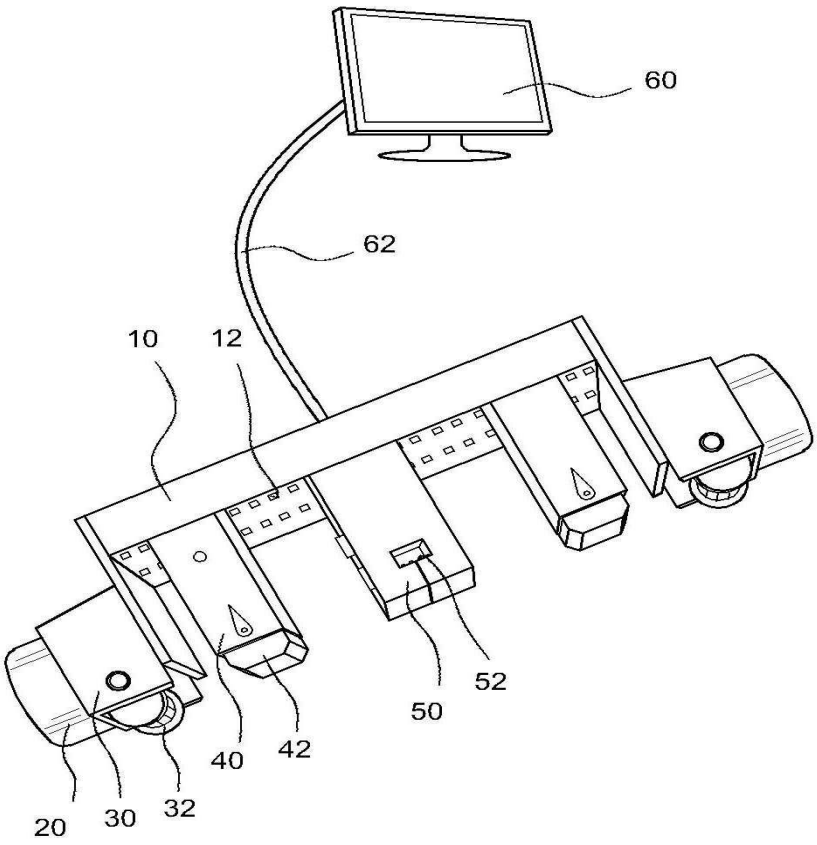
## *부호의 설명*

[0034]

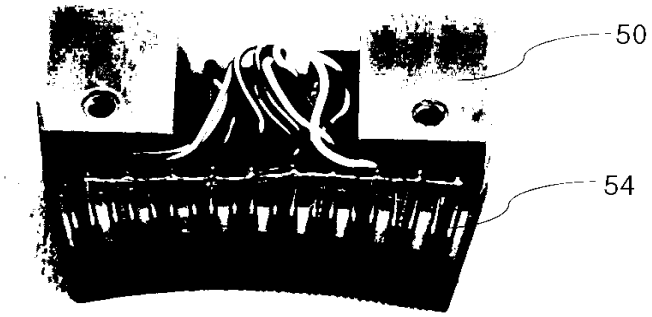
| | |
|---|---|
| 10; 요크 | 12; 장착홈 |
| 20; 구동부 | 30; 이동부 |
| 32; 바퀴 | 40; 탐상부 |
| 42; 자석 | 50; 센서부 |
| 52; 홀센서 | 60; 제어부 |

도면

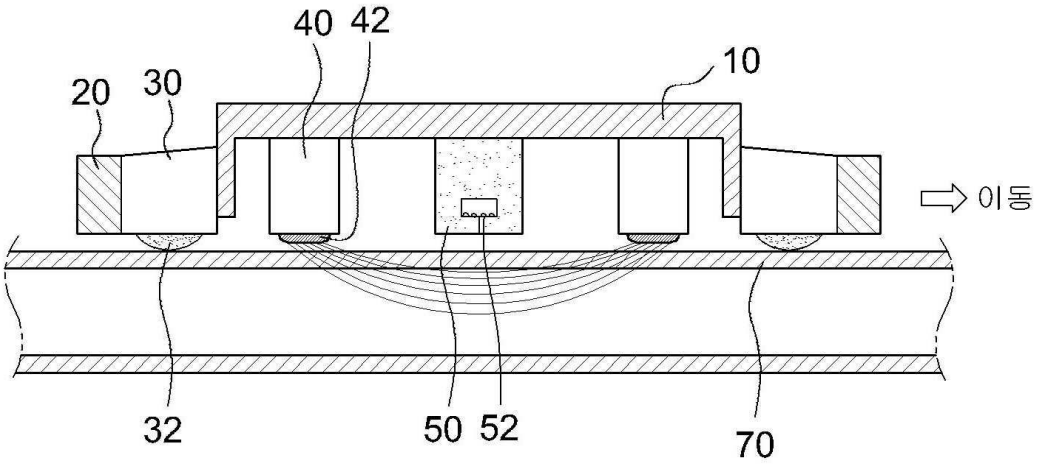
도면1a



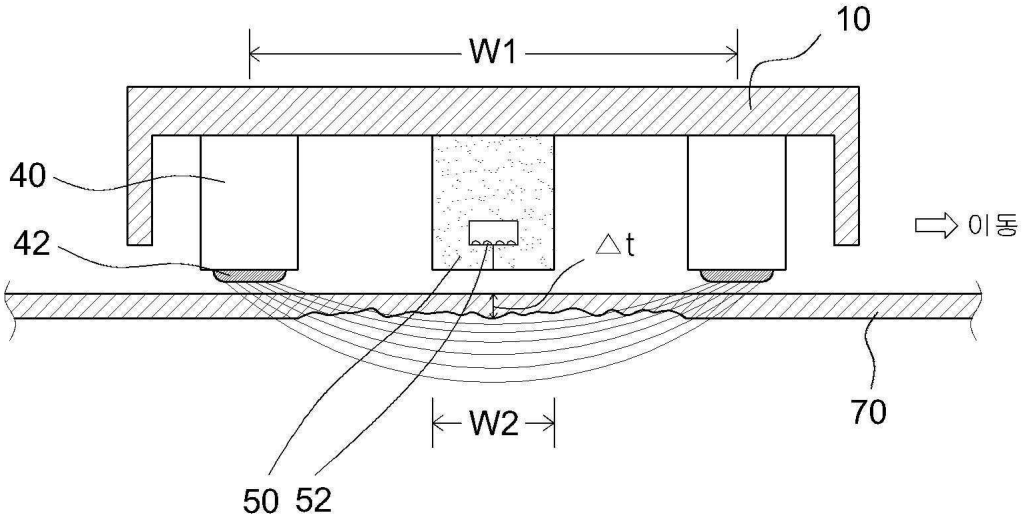

도면1b



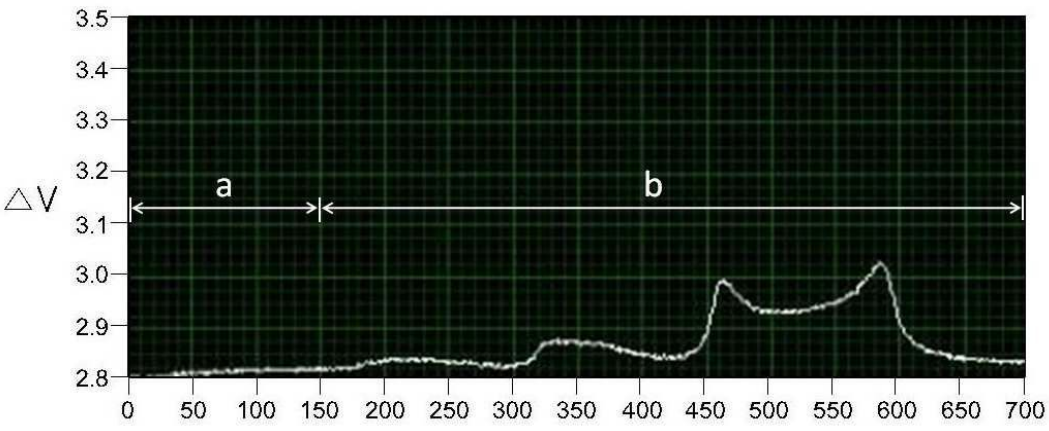
도면2a



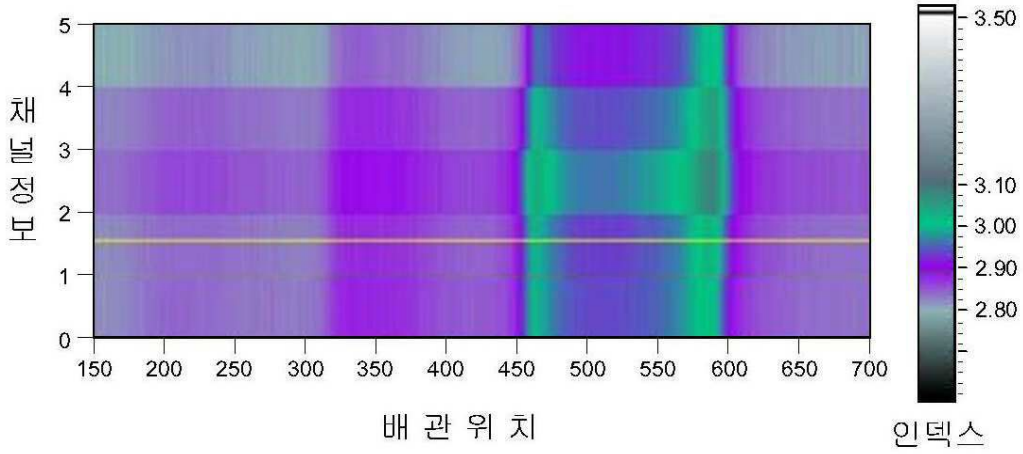

도면2b




도면3a



도면3b


채널정보
0
1
2
3
4
5
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
배 관 위 치
3.50
3.10
3.00
2.90
2.80
인덱스