

명세서

발명의 명칭: 파이프 비파괴 검사 장치

기술분야

- [1] 본 발명은 파이프 비파괴 검사 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 파이프 내부를 주행하면서 방사선 소스를 파이프의 외주면에 설치된 방사선 필름으로 발생하는 파이프 비파괴 검사 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 파이프 용접 후 용접 품질을 확인하기 위해 비파괴 검사가 수행된다. 비파괴 검사의 일 예로, 파이프의 용접면 둘레를 따라 방사선 필름을 배치하고, 파이프 내부에 방사선 소스를 삽입하여 방사선 필름에 방사선이 검출되는지 여부에 따라 용접 상태를 확인한다. 방사선 소스의 거리의 제곱에 반비례하여 방사선 검출량이 감소되므로, 용접 결합 부분을 정확하게 판단하기 위해서는 방사선 소스를 파이프의 중심축 상에 위치시킬 필요가 있다. 파이프가 곡관인 경우, 방사선 소스를 파이프의 중심축 상에 정확하게 위치시키기 어려운 문제가 있으며, 이로 인해 비파괴 검사의 측정 정확도가 낮아질 수 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [3] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 곡관에서 방사선 소스를 파이프의 중심축 상에 위치시켜 비파괴 검사의 측정 정확도를 높일 수 있는 파이프 비파괴 검사 장치를 제공하는 것이다.
- [4] 본 발명의 과제들은 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [5] 상기 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 파이프 비파괴 검사 장치의 일 면(Aspect)은 몸체부와, 상기 몸체부의 외측으로 전개되고, 전개된 말단에 구비된 바퀴를 파이프의 내벽에 밀착시켜 추진력을 발생시키는 주행부와, 상기 파이프의 내부를 감시하는 감시부와, 상기 감시 결과에 따라 상기 몸체부가 상기 파이프의 원주를 따라 회전하도록 상기 주행부를 제어하는 주행 제어 장치와, 상기 몸체부에 설치되고, 상기 파이프의 비파괴 검사를 위한 방사선 소스를 말단 측에 갖는 피딩 튜브를 가이드하는 가이드 튜브, 및 상기 가이드 튜브를 상기 몸체부에 대해 제1 방향으로 이동시키는 제1 튜브 구동부를 포함한다.
- [6] 여기서, 상기 몸체부의 반대쪽 양측 각각에 주행부가 구비되고, 상기 몸체부의 일측에는 주행 방향에 평행한 2개 이상의 주행부가 구비된다.
- [7] 또한, 상기 주행 제어 장치는 상기 파이프의 형태에 대응되도록 상기 복수의 주행부 각각에 구비된 바퀴의 회전 속도를 제어한다.

- [8] 또한, 상기 복수의 주행부 각각은 구비된 바퀴를 지지하는 제 1 레그, 및 상기 제 1 레그와 일부가 중첩되는 제 2 레그를 포함하되, 상기 제 1 레그 및 상기 제 2 레그의 중첩 간격이 조절됨에 따라 상기 몸체부에 대한 상기 구비된 바퀴의 거리가 조절된다.
- [9] 또한, 상기 몸체부와 상기 복수의 주행부 각각에 구비된 바퀴간의 거리는 독립적으로 조절된다.
- [10] 또한, 상기 주행 제어 장치는 상기 감시 결과에 따라 이동 방향의 전방에 장애물이 존재하거나, 파이프 내벽의 함몰 부분이 존재하는 경우 상기 몸체부가 상기 파이프의 원주를 따라 회전하도록 상기 주행부를 제어한다.
- [11] 또한, 상기 파이프 비파괴 검사 장치는 상기 몸체부의 반대쪽 양측 각각에 주행부가 구비되고, 상기 몸체부의 반대쪽 양측 각각에 구비된 주행부의 바퀴간의 폭을 조절하는 폭 조절부를 더 포함한다.
- [12] 또한, 상기 폭 조절부는 상기 주행부의 바퀴가 상기 파이프의 내벽을 미는 힘이 일정하게 유지되도록 상기 몸체부의 반대쪽 양측 각각에 구비된 주행부의 바퀴간의 폭을 조절한다.
- [13] 또한, 상기 파이프의 내부에서의 상기 파이프 비파괴 검사 장치의 위치를 판단하는 위치 변위 센서를 더 포함하고, 상기 주행 제어 장치는 상기 판단된 상기 파이프의 내부에서의 상기 파이프 비파괴 검사 장치의 위치를 참조하여 상기 몸체부의 중심이 상기 파이프의 중심축에 일치되도록 상기 주행부를 제어한다.
- [14] 또한, 상기 파이프 비파괴 검사 장치는 상기 가이드 튜브의 말단 측에 노출된 상기 방사선 소스가 상기 파이프의 중심축 상에 위치되도록 하는 상기 가이드 튜브의 회동 각도를 산출하고, 산출한 회동 각도에 따라 상기 제1 튜브 구동부를 제어하는 검사 제어 장치를 더 포함한다.
- [15] 또한, 상기 파이프 비파괴 검사 장치는 상기 몸체부의 상기 파이프 내에서의 위치를 인식하기 위한 위치 인식부를 더 포함하고, 상기 검사 제어 장치는 상기 몸체부의 위치 및 상기 파이프의 설계 정보에 기초하여 상기 가이드 튜브의 회동 각도를 산출한다.
- [16] 또한, 상기 파이프 비파괴 검사 장치의 적어도 일부가 상기 파이프의 곡관 내에 위치하는 경우, 상기 검사 제어 장치는 상기 몸체부의 위치, 상기 파이프의 내경, 및 상기 곡관의 곡률에 기초하여 상기 가이드 튜브의 회동 각도를 산출한다.
- [17] 또한, 상기 파이프 비파괴 검사 장치는 상기 파이프의 용접부 측의 외주연을 따라 설치되는 방사선 필름을 더 포함하고, 상기 검사 제어 장치는 상기 방사선 소스가 상기 방사선 필름의 중심부에 위치하도록 상기 제1 튜브 구동부를 제어한다.
- [18] 또한, 상기 파이프 비파괴 검사 장치는 상기 피딩 튜브를 상기 가이드 튜브 내에 삽입시켜 상기 피딩 튜브의 방사선 소스를 상기 가이드 튜브의 말단 측으로 이송하는 피딩 장치를 더 포함한다.

- [19] 또한, 상기 피딩 장치는, 상기 피딩 튜브의 외주면에 형성된 기어부와 결합된 피딩기어부재, 및 상기 피딩기어부재를 구동하는 구동부재를 포함한다.
 - [20] 또한, 상기 파이프 비파괴 검사 장치는 상기 가이드 튜브를 상기 몸체부에 대해 상기 제1 방향과 수직인 제2 방향으로 이동시키는 제2 튜브 구동부를 더 포함한다.
 - [21] 또한, 상기 파이프 비파괴 검사 장치는 상기 몸체부의 롤각을 측정하는 롤각 측정부, 및 상기 몸체부의 위치, 상기 몸체부의 롤각 및 상기 파이프의 설계 정보에 기초하여, 상기 방사선 소스가 상기 파이프의 중심축 상에 위치되도록 하는 상기 가이드 튜브의 상기 제1 방향으로의 제1 회동 각도 및 상기 제2 방향으로의 제2 회동 각도를 산출하고, 상기 제1 회동 각도에 따라 상기 제1 튜브 구동부를 제어하고, 상기 제2 회동 각도에 따라 상기 제2 튜브 구동부를 제어하는 검사 제어 장치를 더 포함한다.
 - [22] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.
- 도면의 간단한 설명**
- [23] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치(100)의 측면도이다.
 - [24] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치(100)의 평면도이다.
 - [25] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치(100)의 정면도이다.
 - [26] 도 4는 도 1의 'B'부를 확대하여 보여주는 사시도이다.
 - [27] 도 5는 도 1의 'C'부를 확대하여 보여주는 사시도이다.
 - [28] 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치의 동작 및 작용 효과를 설명하기 위한 도면이다.
 - [29] 도 7은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치를 설명하기 위한 도면으로서, 도 1의 'C'부에 상응하는 부분을 보여주는 사시도이다.
 - [30] 도 8 및 도 9는 도 7의 실시 예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치의 동작 및 작용 효과를 설명하기 위한 평면도이다.
 - [31] 도 10은 도 9의 D-D'선 및 E-E'선에 따른 단면도이다.
 - [32] 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치의 사시도이다.
 - [33] 도 12는 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치의 좌측 측면도이다.
 - [34] 도 13은 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치의 우측 측면도이다.
 - [35] 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 바퀴간 폭 조절을 나타낸 도면이다.
 - [36] 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 바퀴의 길이 조절을 나타낸 도면이다.
 - [37] 도 16은 본 발명의 다른 실시예에 따른 제어 장치를 나타낸 블록도이다.

- [38] 도 17은 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치가 파이프의 내부를 주행하는 것을 나타낸 도면이다.
- [39] 도 18 및 도 19는 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치가 지름이 변경되는 파이프의 내부를 주행하는 것을 나타낸 도면이다.
- [40] 도 20은 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치가 곡률 구간이 포함된 파이프의 내부를 주행하는 것을 나타낸 도면이다.
- [41] 도 21은 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치가 파이프의 원주를 따라 회전하는 것을 나타낸 도면이다.
- [42] 도 22 내지 도 24는 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치가 파이프의 내부에서 회전한 이후에 주행하는 것을 나타낸 도면이다.
- [43] 도 25는 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치가 파이프 내부에서의 중심 위치를 판단하는 것을 나타낸 도면이다.
- [44] 도 26은 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치가 파이프 내부에서 중심 위치를 보정하는 것을 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [45] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [46] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [47] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치(100)의 측면도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치(100)의 평면도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치(100)의 정면도이다.
- [48] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 파이프 비파괴 검사 장치(100)는 파이프(10)의 내부를 주행하면서, 파이프(10)의 용접부(12) 외주연을 따라 설치된 방사선 필름(20)을 향해 방사선 소스를 발생시킨다. 방사선 필름(20)에 방사선이 검출되지 않으면, 파이프(10) 용접부(12)에 결함이 없는 것으로 판정된다. 방사선

- 필름(20)을 통해 방사선이 검출되면, 파이프(10) 용접부(12)에 결함이 있는 것으로 판정되며, 작업자는 방사선이 검출된 방사선 필름(20)의 위치에 기초하여 용접 결함 위치를 파악하여 해당 용접 결함 위치에 대해 추가 용접을 수행한다.
- [49] 파이프 비파괴 검사 장치(100)는 몸체부(110), 휠부(120), 구동부(130), 가이드 튜브(140), 제1 튜브 구동부(150), 위치 인식부(160), 피딩 장치(170) 및 검사 제어 장치(도시생략)를 포함할 수 있다.
- [50] 몸체부(110)는 파이프(10)의 중심축 상에 위치하여 파이프(10) 내부를 주행한다. 몸체부(110)에는 휠부(120), 구동부(130), 가이드 튜브(140), 제1 튜브 구동부(150), 위치 인식부(160) 및 피딩 장치(170)가 설치된다.
- [51] 휠부(120)는 몸체부(110)를 파이프(10)의 내면에 지지한다. 일 실시 예로, 휠부(120)는 주행휠(121)과, 조절장치(122)를 포함할 수 있다. 도시된 예에서, 주행휠(121)은 몸체부(110)의 상부와 하부에 각각 2개씩 총 4개가 설치되어 있으나, 주행휠(121)의 설치 개수와 위치는 다양하게 변경될 수 있다.
- [52] 조절장치(122)는 각 주행휠(121)과 몸체부(110)의 간격을 조절한다. 조절장치(122)는 파이프(10)의 내경에 따라 주행휠(121)과 몸체부(110)의 간격을 조절할 수 있다. 조절장치(122)는 유압실린더나 모터 등에 의해 각 주행휠(121)의 위치를 조절할 수 있다.
- [53] 조절장치(122)는 각 주행휠(121)이 파이프(10)의 중심축으로부터 동일한 거리 상에 배치되도록, 주행휠(121)의 위치를 파이프(10)의 반경 방향으로 조절할 수 있다. 이에 따라 몸체부(110)는 휠부(120)에 의해 파이프(10)의 중심축 상에 위치된다.
- [54] 휠부(120)는 주행휠(121)을 파이프(10)의 내면에 가압하는 스프링과 같은 완충 장치를 구비할 수도 있다. 구동부(130)는 휠부(120)를 구동하여 몸체부(110)를 파이프(10)를 따라 주행시킨다. 구동부(130)는 주행휠(121)을 회전 구동하는 구동 모터로 제공될 수 있다.
- [55] 피딩 튜브(T)는 말단 측에 파이프(10)의 비파괴 검사를 위한 방사선 소스(S)를 구비한다. 방사선 소스(S)는 X선, γ 선, β 선 등의 방사선을 발생할 수 있다.
- [56] 가이드 튜브(140)는 몸체부(110)의 전방 측에 설치되어 피딩 튜브(T)를 가이드한다. 방사선 소스(S)는 피딩 장치(170)에 의해 가이드 튜브(140)의 말단 측으로 공급된다.
- [57] 도 4는 도 1의 'B'부를 확대하여 보여주는 사시도이다. 도 4를 참조하면, 피딩 장치(170)는 피딩 튜브(T)를 가이드 튜브(140) 내에 삽입시켜 피딩 튜브(T)의 방사선 소스(S)를 가이드 튜브(140)의 말단 측으로 이송할 수 있다. 피딩 장치(170)는 몸체부(110)의 후방 측에 구비된 지지판(171), 지지판(171)에 설치된 모터하우징(172), 모터하우징(172) 내에 설치된 구동모터(173)(구동부재), 구동모터(173)의 구동축에 연결되어 회전하는 피딩기어부재(174), 피딩 튜브(T)가 삽입되도록 모터하우징(172)의 일측에 형성된 결합부(176)를 포함한다.

- [58] 모터하우징(172) 내에는 피딩 튜브(T)가 삽입되는 삽입관(175)이 형성된다.
- [59] 삽입관(175)에는 개방부가 형성되고, 개방부를 통해 피딩 튜브(T)의 외면에 형성된 기어부에 피딩기어부재(174)가 기어결합된다. 구동모터(173)의 구동시, 피딩 튜브(T)는 몸체부(110)의 가이드관을 통해 몸체부(110)의 전방 측으로 이동되고, 가이드 튜브(140)에 삽입된다. 이에 따라 피딩 튜브(T)의 말단 측에 구비된 방사선 소스(S)가 가이드 튜브(140)의 선단측을 통해 노출된다.
- [60] 다시 도 1 내지 도 3을 참조하면, 위치 인식부(160)는 몸체부(110)의 파이프(10) 내에서의 위치를 인식하기 위해 제공된다. 도시된 예에서 위치 인식부(160)는 가이드 튜브(140)의 말단부 하면에 설치되어 있으나, 위치 인식부(160)의 설치 위치는 이에 제한되지 않는다. 일 실시 예로, 위치 인식부(160)는 카메라와, 영상 처리부로 제공될 수 있다. 예컨대, 영상 처리부는 카메라에 의해 촬영된 파이프(10) 내부의 영상에서 용접면을 인식하여, 파이프(10) 내에서의 몸체부(110)의 위치를 인식할 수 있다. 다른 실시 예로, 위치 인식부(160)는 휠부(120)에 제공된 엔코더 등의 수단에 의하여 몸체부(110)의 이동 거리를 측정하거나, 그 밖의 다른 방식으로 몸체부(110)의 위치를 인식할 수도 있다.
- [61] 제1 튜브 구동부(150)는 가이드 튜브(140)를 몸체부(110)에 대해 제1 방향으로 회동시킨다. 일 실시 예로, 제1 방향은 몸체부(110)의 횡방향일 수 있다. 도 5는 도 1의 'C'부를 확대하여 보여주는 사시도이다. 도 1 내지 도 3, 도 5를 참조하면, 제1 튜브 구동부(150)는 몸체부(110)의 전면 측에 마련된 지지판(151), 지지판(151)에 고정된 구동하우징(152), 구동하우징(152)에 설치된 구동모터(153), 구동모터(153)의 구동축에 결합된 구동폴리(154), 벨트(155)를 통해 구동폴리(154)에 결합된 종동폴리(156), 종동폴리(156)에 결합되어 회동하고, 가이드 튜브(140)의 일측에 결합된 회전암(157), 회전암(157)과 가이드 튜브(140)를 연결하는 연결부재(158), 연결부재(158)를 가이드 튜브(140)에 고정시키는 고정부재(159)를 포함한다.
- [62] 다시 도 1 내지 도 3을 참조하면, 검사 제어 장치(미도시)는 가이드 튜브(140)의 말단 측에 노출된 방사선 소스(S)가 파이프(10)의 중심축 상에 위치되도록 하는 가이드 튜브(140)의 회동 각도를 산출하고, 산출한 회동 각도에 따라 제1 튜브 구동부(150)를 제어한다. 이에 따라 구동모터(153)가 구동하고, 구동폴리(154)에 의해 종동폴리(156)가 회전하여 회전암(157)이 회전함으로써, 가이드 튜브(140)가 종동폴리(156)의 중심축을 기준으로 좌우 방향으로 회동하게 된다.
- [63] 검사 제어 장치는 몸체부(110)의 위치 및 파이프(10)의 설계 정보에 기초하여 가이드 튜브(140)의 회동 각도를 산출할 수 있다. 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치의 동작 및 작용 효과를 설명하기 위한 도면이다. 도 6을 참조하면, 몸체부(110)는 파이프(10)의 중심축 상을 따라 이동하지만, 비파괴 검사의 특성상 방사선 소스(S)는 몸체부(110)의 무게 중심에 위치할 수 없고 몸체부(110)로부터 외부로 노출되어야 하기에, 비파괴 검사 장치(100)의 적어도 일부가 곡관에 위치한 경우, 제1 튜브 구동부(150)에 의해 가이드

튜브(140)가 회동하지 않은 상태에서, 방사선 소스(S)는 도 6의 점선으로 표시된 바와 같이, 파이프(10)의 중심축에서 이탈하게 된다. 이러한 경우, 방사선 소스(S)로부터의 거리의 제곱에 반비례하여 방사선 검출량이 감소되므로, 방사선 소스(S)에 가까운 방사선 필름으로 보다 강한 방사선이 검출되고, 방사선 소스(S)로부터 먼 방사선 필름으로 약한 방사선이 검출되어, 용접 결함 부분을 정확하게 측정하지 못할 수 있다.

- [64] 본 실시 예에 의하면, 몸체부(110)의 위치 및 파이프(10)의 설계 정보(예컨대, 파이프의 내경, 곡관의 곡률 등)에 따라 제1 튜브 구동부(150)를 구동하여 도 6의 실선과 화살표로서 나타낸 바와 같이 가이드 튜브(140)를 회동시키며, 이에 따라 방사선 소스(S)가 파이프(10)의 중심축(방사선 필름의 중심부)에 위치되도록 하여, 비파괴 검사의 측정 정확도를 향상시킬 수 있다. 가이드 튜브(140)와 같이 피딩 튜브(T)가 굴곡될 수 있도록 피딩 튜브(T)는 유연성 재질로 이루어질 수 있다.
- [65] 도시된 예에서, 제1 튜브 구동부(150)는 가이드 튜브(140)를 회동시키도록 이루어져 있으나, 제1 튜브 구동부(150)는 가이드 튜브(140)를 제1 방향(몸체부의 횡방향)으로 직선적으로 구동하는 기구 장치로 제공될 수도 있으며, 방사선 소스(S)가 파이프(10)의 중심축 상에 위치될 수 있도록 가이드 튜브(140)를 이동시키는 것이라면 제한되지 않고 사용될 수 있다.
- [66] 도 7은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치를 설명하기 위한 도면으로서, 도 1의 'C'부에 상응하는 부분을 보여주는 사시도이다. 도 7의 실시 예를 설명함에 있어서, 앞서 설명한 실시 예와 동일하거나 상응하는 구성요소에 대하여는 중복되는 설명을 생략할 수 있다. 파이프 비파괴 검사 장치(100)는 롤각 측정부(미도시)와, 제2 튜브 구동부(180)를 더 구비할 수 있다.
- [67] 롤각 측정부는 몸체부(110)에 설치되어 몸체부(110)의 롤각을 측정한다. 롤각은 몸체부(110)가 파이프(10)의 중심축을 중심으로 회전한 각도일 수 있다. 일 실시 예로, 롤각 측정부는 각속도 센서, 자자기 센서, 또는 관성 측정 유닛(IMU; Inertial Measuring Unit) 등의 수단으로 제공될 수 있다.
- [68] 제2 튜브 구동부(180)는 가이드 튜브(140)를 몸체부(110)에 대해 제1 방향(몸체부의 횡방향)과 수직인 제2 방향(몸체부의 종방향)으로 회동시킬 수 있다. 일 실시 예로, 제2 튜브 구동부(180)는 지지판(151)에 설치되어 구동하우징(152)을 몸체부(110)의 종방향으로 회동시키는 구동모터로 제공될 수 있으나, 가이드 튜브(140)를 몸체부(110)의 종방향으로 이동시킬 수 있는 것이라면 제2 튜브 구동부(180)의 기구적인 구조는 특별히 제한되지 않는다. 제2 튜브 구동부(180)의 구동모터의 구동에 의해, 가이드 튜브(140)는 몸체부의 종방향으로 회동한다.
- [69] 검사 제어 장치는 몸체부(110)의 위치, 몸체부(110)의 롤각 및 파이프(10)의 설계 정보에 기초하여, 방사선 소스(S)가 파이프(10)의 중심축 상에 위치되도록 하는 가이드 튜브(140)의 제1 방향으로의 제1 회동 각도 및 제2 방향으로의 제2

회동 각도를 산출할 수 있다. 검사 제어 장치는 제1 회동 각도에 따라 제1 튜브 구동부(150)를 제어하고, 제2 회동 각도에 따라 제2 튜브 구동부(180)를 제어할 수 있다.

- [70] 도 8 및 도 9는 도 7의 실시 예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치의 동작 및 작용 효과를 설명하기 위한 평면도이고, 도 10은 도 9의 D-D'선 및 E-E'선에 따른 단면도이다. 먼저 도 8을 참조하면, 몸체부(110)는 도 2에 도시된 경우에 비해 90°만큼 기울어진 상태로 파이프(10)를 주행하고 있다. 도 8의 실시 예에서, 검사 제어 장치는 제1 튜브 구동부(150)가 아닌 제2 튜브 구동부(180)를 구동하여, 가이드 튜브(140)를 몸체부(110)의 종방향으로 회동시키며, 이에 따라 방사선 소스(S)가 방사선 필름(30)의 중심부에 위치하도록 하여, 비파괴 검사의 측정 정확도를 향상시킨다.
- [71] 도 9 및 도 10을 참조하면, 몸체부(110)는 도 2에 도시된 경우에 비해 90°보다 작은 각도로 기울어진 상태로 파이프(10)를 주행하고 있다. 도 10에서 도면부호 10a는 도 9의 D-D'선에 따른 파이프의 단면을 나타내고, 도면부호 10b는 도 9의 E-E'선에 따른 파이프의 단면을 나타낸다. 가이드 튜브(140)가 회동되지 않은 상태에서, 몸체부(110)의 중심은 파이프(10)의 중심점(C1) 상에 위치하지만, 방사선 소스(S)는 방사선 필름(40)의 중심점(C2)으로부터 거리 L 만큼 이격되어 있다.
- [72] 검사 제어 장치는 방사선 소스(S)가 방사선 필름(40)의 중심점(C2)에 위치하도록, 제1 튜브 구동부(150)를 구동하여 가이드 튜브(140)를 제1 방향으로 제1 회동 각도만큼 회동시켜 방사선 소스(S)를 몸체부(110)의 횡방향으로 L1만큼 이동시키고, 제2 튜브 구동부(180)를 제2 방향으로 구동하여 가이드 튜브(140)를 제2 회동 각도만큼 회동시켜 방사선 소스(S)를 몸체부(110)의 종방향으로 L2만큼 이동시킨다. 이에 따라 방사선 소스(S)가 방사선 필름(40)의 중심부에 위치되므로, 비파괴 검사의 측정 정확도가 향상된다.
- [73] 도시된 예에서, 제2 튜브 구동부(180)는 가이드 튜브(140)를 회동시키도록 이루어져 있으나, 제2 튜브 구동부(180)는 가이드 튜브(140)를 제2 방향(몸체부의 종방향)으로 직선적으로 구동하는 기구 장치로 제공될 수도 있으며, 방사선 소스(S)가 파이프(10)의 중심축 상에 위치될 수 있도록 가이드 튜브(140)를 이동시키는 것이라면 특별히 제한되지 않고 사용될 수 있다.
- [74] 몸체부(110)가 기울어지지 않은 상태로 파이프(10) 내부를 주행할 수 있는 경우, 제2 튜브 구동부(180)는 생략될 수도 있다. 예컨대, 몸체부(110)의 휠부에 전방향 휠(옴니휠 또는 메카넘휠)이 구비되어 있어 몸체부(110)의 롤각을 조절할 수 있는 경우, 몸체부(110)의 수평 상태를 제어할 수 있으며, 이러한 경우 제1 튜브 구동부(150) 만으로도 가이드 튜브(140)의 말단 측에 노출된 방사선 소스(S)를 파이프(10)의 중심축 상에 위치시킬 수 있다.
- [75] 이하, 전방향 휠 특히, 메카넘휠이 구비된 파이프 비파괴 검사 장치를 자세히 설명하기로 한다.

- [76] 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치의 사시도이고, 도 12는 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치의 좌측 측면도이며, 도 13은 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치의 우측 측면도이다.
- [77] 도 11 내지 도 13을 참조하면, 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 몸체부(111), 주행부(310, 320, 330, 340), 폭 조절부(210, 220), 감시부(410, 420, 430), 위치 변위 센서(510, 520) 및 주행 제어 장치(600)를 포함하여 구성된다.
- [78] 도시되어 있지는 않으나, 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 전술한 가이드 튜브(140), 제1 튜브 구동부(150), 위치 인식부(160), 피딩 장치(170), 제2 튜브 구동부(180) 및 검사 제어 장치를 구비할 수 있다. 즉, 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 방사선 소스를 이용하여 파이프(10)에 형성된 용접부(120)의 결함 여부를 판정할 수 있는 것이다. 또한, 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 전술한 롤각 측정부를 구비하여 몸체부(111)의 롤각을 측정할 수도 있다. 한편, 가이드 튜브(140), 제1 튜브 구동부(150), 위치 인식부(160), 피딩 장치(170), 검사 제어 장치 및 롤각 측정부에 대한 설명은 전술하였으므로 자세한 설명은 생략하기로 한다.
- [79] 몸체부(111)는 주행부(310, 320, 330, 340), 폭 조절부(210, 220) 및 감시부(410, 420, 430)를 지지하는 역할을 수행한다. 몸체부(111)는 하나 이상의 프레임이 서로 연결되어 구성될 수 있다.
- [80] 주행부(310, 320, 330, 340)는 몸체부(111)의 외측으로 전개되고, 전개된 말단에 구비된 바퀴를 파이프(10)의 내벽에 밀착시켜 추진력을 발생시키는 역할을 수행한다.
- [81] 본 발명의 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 파이프(10)의 내부를 주행하는 장치이다. 따라서, 파이프(10)의 내부에서 파이프 비파괴 검사 장치(101)가 자세를 유지할 수 있도록 하기 위하여 몸체부(111)의 반대쪽 양측 각각에 주행부(310, 320, 330, 340)가 구비되는 것이 바람직하다. 몸체부(111)의 양측으로 주행부(310, 320, 330, 340)가 전개되고 각 주행부(310, 320, 330, 340)의 말단에 구비된 바퀴가 파이프(10)의 내벽에 밀착할 수 있다.
- [82] 또한, 주행부(310, 320, 330, 340)가 구비된 몸체부(111)의 일측에는 주행 방향 즉, 파이프(10)의 장축에 평행한 2개 이상의 주행부(310, 320, 330, 340)가 구비될 수 있다.
- [83] 도 12 및 도 13은 몸체부(111)의 상측 및 하측에 2개의 주행부(310, 320, 330, 340)가 각각 구비된 것을 도시하고 있다. 이하, 몸체부(111)의 양측은 몸체부(111)의 상측 및 하측을 의미하는 것으로 한다. 또한, 도 12의 좌측 및 도 13의 우측이 몸체부(111)의 전면이고, 도 12의 우측 및 도 13의 좌측이 몸체부(111)의 후면을 나타낸다.
- [84] 4개의 주행부(310, 320, 330, 340) 말단에 구비된 4개의 바퀴가 파이프(10)의 내벽에 밀착함에 따라, 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 파이프(10)의 내부에서

자세를 유지할 수 있게 된다.

- [85] 복수의 주행부(310, 320, 330, 340) 각각은 폭 조절 기어(311, 321, 331, 341), 제 1 레그(313, 323, 333, 343), 제 2 레그(312, 322, 332, 342), 바퀴(314, 324, 334, 344) 및 구동부(315, 325, 335, 345)를 포함할 수 있다.
- [86] 폭 조절 기어(311, 321, 331, 341)는 몸체부(111)에 결합되고, 결합 부분을 기준으로 회전할 수 있다. 폭 조절 기어(311, 321, 331, 341)에는 제 2 레그(312, 322, 332, 342)가 연결될 수 있다. 또한, 폭 조절 기어(311, 321, 331, 341)는 폭 조절부(210, 220)에 구비된 수평 기어와 기어 결합하여, 제 2 레그(312, 322, 332, 342)를 회전시키는 역할을 수행한다.
- [87] 몸체부(111)의 양측에 구비된 주행부(310, 320, 330, 340)의 제 2 레그(312, 322, 332, 342)가 회전함에 따라 양측 바퀴(314, 324, 334, 344)간의 폭이 조절될 수 있다. 양측 바퀴(314, 324, 334, 344)간의 폭 조절에 대한 자세한 설명은 도 14를 통하여 후술하기로 한다.
- [88] 제 1 레그(313, 323, 333, 343)는 바퀴(314, 324, 334, 344)를 지지하는 역할을 수행한다. 제 1 레그(313, 323, 333, 343)와 제 2 레그(312, 322, 332, 342)는 각각의 일부가 중첩되는데, 제 1 레그(313, 323, 333, 343) 및 제 2 레그(312, 322, 332, 342)의 중첩 간격이 조절됨에 따라 몸체부(111)에 대한 바퀴(314, 324, 334, 344)의 거리가 조절될 수 있다. 몸체부(111)에 대한 바퀴(314, 324, 334, 344)의 거리 조절에 대한 자세한 설명은 도 15를 통하여 후술하기로 한다.
- [89] 바퀴(314, 324, 334, 344)는 파이프(10)의 내벽에 밀착하여 추진력을 발생시키는 역할을 수행한다. 바퀴(314, 324, 334, 344)와 파이프(10)의 내벽간의 마찰력으로 파이프 비파괴 검사 장치(101)가 이동하는 것이다.
- [90] 본 발명의 실시예에 따른 바퀴(314, 324, 334, 344)는 메카넘 휠(mecanum wheel)을 포함한다. 이에 따라, 각 주행부(310, 320, 330, 340)에 구비된 바퀴(314, 324, 334, 344)의 회전 방향을 제어함으로써, 파이프 비파괴 검사 장치(101)를 전진 이동시키거나 후진 이동시킬 수 있으며, 파이프(10)의 원주를 따라 회전시키는 것도 가능하게 된다.
- [91] 구동부(315, 325, 335, 345)는 구동력을 발생시켜 바퀴(314, 324, 334, 344)를 회전시키는 역할을 수행한다. 주행 제어 장치(600)의 제어 신호에 따라 각 구동부(315, 325, 335, 345)는 바퀴(314, 324, 334, 344)의 회전 방향 및 회전 속도를 조절할 수 있다.
- [92] 폭 조절부(210, 220)는 몸체부(111)의 반대쪽 양측 각각에 구비된 주행부(310, 320, 330, 340)의 바퀴(314, 324, 334, 344)간의 폭을 조절하는 역할을 수행한다. 도 12 및 도 13에 도시된 바와 같이, 몸체부(111)의 상측 및 하측에 각각 2개의 주행부(310, 320, 330, 340)가 구비되는데, 폭 조절부(210, 220)는 몸체부(111)의 전면 또는 후면의 양측 바퀴(314, 324, 334, 344)간의 폭을 조절할 수 있다.
- [93] 폭 조절부(210, 220)는 몸체부(111)의 좌측 및 우측에 각각 구비될 수 있다. 도 12에 도시된 바와 같이, 몸체부(111)의 좌측에 구비된 폭 조절부(210)는

몸체부(111)의 후면 양측에 구비된 바퀴(314, 324, 334, 344)간의 폭을 조절할 수 있다. 이와 마찬가지로, 도 13에 도시된 바와 같이, 몸체부(111)의 우측에 구비된 폭 조절부(220)는 몸체부(111)의 전면 양측에 구비된 바퀴(314, 324, 334, 344)간의 폭을 조절할 수 있다.

- [94] 폭 조절부(210, 220)는 실린더(211, 221), 피스톤(212, 222) 및 기어부(213, 223)를 포함하여 구성된다. 실린더(211, 221)는 내부에서 압력을 발생시켜 피스톤(212, 222)을 밀거나 당길 수 있다. 실린더(211, 221)가 미는 힘을 발생함에 따라 외부로 노출된 피스톤(212, 222)의 길이가 길어지고, 실린더(211, 221)가 당기는 힘을 발생함에 따라 외부로 노출된 피스톤(212, 222)의 길이가 짧아질 수 있다.
- [95] 피스톤(212, 222)의 말단에는 기어부(213, 223)가 연결된다. 기어부(213, 223)는 피스톤(212, 222)의 이동에 따라 몸체부(111)의 전면 및 후면을 연결하는 방향으로 수평 이동할 수 있다. 기어부(213, 223)의 상측 및 하측에는 수평 기어가 구비된다. 수평 기어는 주행부(310, 320, 330, 340)의 폭 조절 기어(311, 321, 331, 341)와 기어 결합될 수 있다. 수평 기어가 수평 이동함에 따라 폭 조절 기어(311, 321, 331, 341)가 몸체부(111)를 기준으로 회전하게 된다. 폭 조절 기어(311, 321, 331, 341)가 회전함에 따라 폭 조절 기어(311, 321, 331, 341)에 연결된 제 2 레그(312, 322, 332, 342)도 몸체부(111)를 기준으로 회전하게 되고, 이에 따라 몸체부(111)를 기준으로 양측 바퀴(314, 324, 334, 344)간 간격이 조절된다.
- [96] 감시부(410, 420, 430)는 파이프(10)의 내부를 감시하는 역할을 수행한다. 구체적으로, 감시부는 주행 방향의 전면 및 후면을 감시할 수 있다. 이를 위하여, 몸체부(111)에는 전면 및 후면을 감시하는 감시부(410, 420)가 각각 구비될 수 있다.
- [97] 또한, 전방에 존재하는 장애물, 파이프 내벽의 함몰 부분 또는 관심 지점에 대한 세부적인 감시를 위하여 전방의 측면을 감시하는 감시부(430)가 구비될 수도 있다.
- [98] 카메라와 같은 영상 촬상 장치가 감시부(410, 420, 430)의 역할을 수행할 수 있다. 또한, 감시부(410, 420, 430)에는 전방의 시야 확보를 위한 광을 조사하는 광원이 포함될 수도 있다.
- [99] 위치 변위 센서(510, 520)는 파이프 내부에서의 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 위치를 감지하는 역할을 수행한다. 예를 들어, 위치 변위 센서(510, 520)는 파이프 내부에서의 몸체부(111)의 위치를 감지할 수 있다.
- [100] 본 발명의 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 그 중심이 파이프(10)의 중심축을 따라 주행을 수행하는 것이 바람직하다. 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 중심이 파이프(10)의 중심축에서 벗어난 경우 주행부(310, 320, 330, 340) 또는 폭 조절부(210, 220)에 불필요한 부하가 가해질 수 있는 것이다.
- [101] 한편, 중력 또는 기타 다양한 요인으로 인하여 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 중심이 파이프(10)의 중심축에서 벗어날 수 있다.
- [102] 위치 변위 센서(510, 520)는 파이프 내벽과의 거리를 판단할 수 있다. 예를 들어,

위치 변위 센서(510, 520)는 레이저를 파이프 내벽으로 조사하고, 반사된 광을 이용하여 파이프 내벽과의 거리를 판단할 수 있다. 2개의 위치 변위 센서(510, 520)는 서로 반대 방향으로 레이저를 조사할 수 있는데, 각 위치 변위 센서(510, 520)에 의하여 감지된 거리를 참조하여 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 중심이 파이프(10)의 중심축에 일치되는지를 판단할 수 있게 된다.

- [103] 감지된 거리를 이용하여 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 중심과 파이프(10)의 중심축이 일치하는지 여부를 판단하는 것은 주행 제어 장치(600)에 의하여 수행될 수 있다.
- [104] 또한, 주행 제어 장치(600)는 감시부(410, 420, 430)의 감시 결과에 따라 몸체부(111)가 파이프(10)의 원주를 따라 회전하도록 주행부(310, 320, 330, 340)를 제어하는 역할을 수행한다. 전술한 바와 같이, 본 발명의 바퀴(314, 324, 334, 344)는 메카넘 휠일 수 있고, 그 회전 방향에 따라 몸체부(111)의 전진, 후진 및 회전이 가능하다. 주행 제어 장치(600)는 각 주행부(310, 320, 330, 340)를 제어하여 몸체부(111)가 파이프(10)의 원주를 따라 회전하도록 바퀴(314, 324, 334, 344)의 회전 방향을 결정할 수 있다.
- [105] 또한, 주행 제어 장치(600)는 주행부(310, 320, 330, 340), 폭 조절부(210, 220) 및 감시부(410, 420, 430)에 대한 전반적인 제어를 수행할 수 있다.
- [106] 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 바퀴간 폭 조절을 나타낸 도면이다.
- [107] 도 14를 참조하면, 기어부(213)의 수평 이동에 의하여 몸체부(111)의 양측에 구비된 바퀴(314, 324)간의 폭이 조절될 수 있다.
- [108] 실린더(211)에 의한 압력에 의하여 피스톤(212) 및 피스톤(212)에 연결된 기어부(213)가 수평 이동하게 된다. 기어부(213)의 상측 및 하측에는 수평 기어가 구비되는데, 수평 기어는 주행부(310, 320)의 폭 조절 기어(311, 321)와 기어 결합되어 있다. 이에, 수평 기어가 수평 이동함에 따라 폭 조절 기어(311, 321)는 몸체부(111)와의 연결 부분을 기준으로 회전한다.
- [109] 또한, 폭 조절 기어(311, 321)는 주행부(310, 320)의 제 2 레그(312, 322)와 연결되는데, 폭 조절 기어(311, 321)가 회전함에 따라 제 2 레그(312, 322)도 몸체부(111)를 기준으로 회전한다. 제 2 레그(312, 322)는 제 1 레그(313, 323)에 연결되어 있고, 제 1 레그(313, 323)의 말단에 바퀴(314, 324)가 구비된다. 결국, 폭 조절 기어(311, 321)의 회전에 의하여 주행부(310, 320) 전체가 몸체부(111)의 연결 지점을 기준으로 회전하게 된다.
- [110] 도시된 바와 같이, 상측 및 하측에 구비된 주행부(310, 320)는 몸체부(111)와의 연결 부분에서 비스듬하게 전개되어 있고, 몸체부(111)를 기준으로 대칭적으로 배치되어 있다.
- [111] 따라서, 주행부(310, 320)의 회전에 의하여 몸체부(111)와 바퀴(314, 324)간의 거리가 달라지게 되며, 결국 양측 바퀴(314, 324)간의 폭이 조절된다.
- [112] 폭 조절부(210, 220)는 주행부(310, 320)의 바퀴(314, 324)가 파이프(10)의 내벽을 미는 힘이 일정하게 유지되도록 몸체부(111)의 반대쪽 양측 각각에

구비된 주행부(310, 320)의 바퀴(314, 324)간의 폭을 조절할 수 있다. 다시 말해, 폭 조절부(210, 220)는 파이프(10)의 내부 지름에 대응되도록 몸체부(111)의 반대쪽 양측 각각에 구비된 주행부(310, 320)의 바퀴(314, 324)간의 폭을 조절할 수 있다.

- [113] 바퀴(314, 324)가 파이프(10)의 내벽을 미는 힘이 강한 경우 폭 조절부(210, 220)는 양측 바퀴(314, 324)간 폭을 감소시키고, 바퀴(314, 324)가 파이프(10)의 내벽을 미는 힘이 약한 경우 폭 조절부(210, 220)는 양측 바퀴(314, 324)간 폭을 증가시킬 수 있다.
- [114] 또는, 폭 조절부(210, 220)는 감시부(410, 420, 430)에 의하여 감시된 결과를 참조하여 양측 바퀴(314, 324)간 폭을 조절할 수도 있다. 즉, 감시부(410, 420, 430)에 의하여 감시된 결과에 따라 파이프(10)의 내부 지름이 결정되고, 폭 조절부(210, 220)는 결정된 파이프(10)의 내부 지름에 대응되도록 양측 바퀴(314, 324)간 폭을 미리 조절하는 것이다. 감시부(410, 420, 430)의 감시 결과를 참조한 파이프(10)의 내부 지름 결정은 주행 제어 장치(600)에 의하여 수행될 수 있다.
- [115] 폭 조절부(210, 220)에 의하여 양측 바퀴(314, 324)간 폭이 조절됨에 따라 각 바퀴(314, 324)가 파이프(10)의 내벽을 미는 힘이 균일하게 유지될 수 있게 된다.
- [116] 한편, 도 14는 몸체부(111)의 좌측에 구비된 폭 조절부(210)에 의하여 후면 양측 바퀴(314, 324)의 폭이 조절되는 것을 도시하고 있으나, 몸체부(111)의 우측에 구비된 폭 조절부(220)에 의한 전면 양측 바퀴(334, 344)의 폭도 이와 유사하게 조절될 수 있다.
- [117] 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 바퀴의 길이 조절을 나타낸 도면이다.
- [118] 도 15를 참조하면, 제 1 레그(313) 및 제 2 레그(312)의 중첩 정도에 따라 몸체부(111)와 바퀴(314)간 거리가 달라질 수 있다.
- [119] 제 1 레그(313)의 말단에는 바퀴(314)가 구비되고, 제 2 레그(312)는 몸체부(111)에 회전 가능하도록 연결된다. 또한, 제 1 레그(313)와 제 2 레그(312)는 각각의 일부가 중첩되는데, 그 중첩 정도에 따라 몸체부(111)와 바퀴(314)간 거리가 달라진다. 즉, 제 1 레그(313)와 제 2 레그(312)간 중첩 거리가 길어지면 몸체부(111)와 바퀴(314)간 거리가 짧아지고, 제 1 레그(313)와 제 2 레그(312)간 중첩 거리가 짧아지면 몸체부(111)와 바퀴(314)간 거리가 길어지는 것이다.
- [120] 제 1 레그(313, 323, 333, 343)와 제 2 레그(312, 322, 332, 342)간의 중첩 정도는 능동적으로 수행될 수 있고, 수동적으로 수행될 수도 있다.
- [121] 예를 들어, 사용자는 직접 제 2 레그(312, 322, 332, 342)에 대한 제 1 레그(313, 323, 333, 343)의 길이를 조절할 수도 있다. 파이프(10)의 내부에 배치된 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 자세를 미세 조절하기 위하여 사용자는 각 제 2 레그(312, 322, 332, 342)에 대한 제 1 레그(313, 323, 333, 343)의 길이를 조절할 수 있는 것이다.
- [122] 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 자세를 미세 조절하는 별도의

- 구동부(미도시)가 구비되어 제 2 레그(312, 322, 332, 342)에 대한 제 1 레그(313, 323, 333, 343)의 길이를 조절할 수도 있다.
- [123] 한편, 바퀴(314, 324, 334, 344)에 가해지는 압력에 따라 각 주행부(310, 320, 330, 340)별로 제 2 레그(312, 322, 332, 342)에 대한 제 1 레그(313, 323, 333, 343)의 길이가 조절될 수 있다. 예를 들어, 파이프(10)의 내벽에 존재하는 장애물이 특정 바퀴에 압력을 가하는 경우 해당 압력에 의하여 제 1 레그(313, 323, 333, 343)와 제 2 레그(312, 322, 332, 342)간의 중첩 길이가 길어질 수 있는 것이다.
- [124] 이 때, 장애물에 의한 압력이 제거되는 경우 제 1 레그(313, 323, 333, 343)와 제 2 레그(312, 322, 332, 342)간 중첩 길이는 원래 상태로 복귀될 수 있다. 이를 위하여, 제 1 레그(313, 323, 333, 343)와 제 2 레그(312, 322, 332, 342)간의 중첩 길이를 유지시키는 탄성 수단(미도시)이 구비될 수 있다. 탄성 수단은 장애물이 가하는 충격 또는 압력을 완화시켜 몸체부(111)에 전달하는 역할을 수행하는 것으로 이해될 수 있다.
- [125] 도 15는 몸체부(111)의 후면 상측에 구비된 주행부(310)의 길이 조절을 도시하고 있으나, 나머지 주행부(320, 330, 340)도 이와 유사한 길이 조절 동작을 수행할 수 있다. 이 때, 몸체부(111)와 복수의 주행부(310, 320, 330, 340) 각각에 구비된 바퀴(314, 324, 334, 344)간의 거리는 독립적으로 조절될 수 있다. 이에 따라, 각 바퀴(314, 324, 334, 344)에서 발생된 충격이 각 제 1 레그(313, 323, 333, 343) 및 제 2 레그(312, 322, 332, 342)에 의하여 완충될 수 있게 된다.
- [126] 도 16은 본 발명의 다른 실시예에 따른 주행 제어 장치를 나타낸 블록도이다.
- [127] 도 16을 참조하면, 주행 제어 장치(600)는 입력부(610), 저장부(620), 제어부(630) 및 출력부(640)를 포함하여 구성된다.
- [128] 입력부(610)는 감시부(410, 420, 430)에 의하여 감시된 결과를 입력받는 역할을 수행한다. 또한, 본 발명의 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치(101)에는 감시부(410, 420, 430)뿐만 아니라 중력 방향을 감지하거나 바퀴(314, 324, 334, 344)가 파이프(10)의 내벽을 미는 힘 등을 감지하는 다양한 센서가 구비될 수 있다. 이에, 입력부(610)는 파이프 비파괴 검사 장치(101)에 구비된 다양한 센서의 감지 결과를 수신하는 역할을 수행할 수도 있다.
- [129] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 사용자에게 의한 수동 조종이 가능하다. 이에, 입력부(610)는 사용자 명령을 입력받을 수 있다.
- [130] 입력부(610)는 유선 또는 무선의 통신 방식으로 감시부(410, 420, 430), 센서 또는 사용자로부터 감지 정보 또는 명령과 같은 입력 정보를 입력받을 수 있다.
- [131] 제어부(630)는 입력부(610)로부터 전달된 입력 정보를 참조하여 파이프 비파괴 검사 장치(101)에 대한 전반적인 제어를 수행한다.
- [132] 예를 들어, 제어부(630)는 위치 변위 센서(510, 520)로부터 전달된 거리 정보를 이용하여 몸체부(111)의 중심이 파이프(10)의 중심축에 일치되도록 주행부(310, 320, 330, 340)를 제어할 수 있다. 주행부(310, 320, 330, 340)에 구비된 바퀴(314, 324, 334, 344)가 메카닉 휠임에 따라 파이프 비파괴 검사 장치(101)는

파이프(10)의 중심축에 대하여 수직 방향으로 이동하여 그 중심을 파이프(10)의 중심축에 일치시킬 수 있다.

- [133] 또한, 제어부(630)는 감시부(410, 420, 430)의 감시 결과를 참조하여 몸체부(111)가 파이프(10)의 원주를 따라 회전하도록 주행부(310, 320, 330, 340)를 제어할 수 있다. 감시부(410, 420, 430)의 감시 결과에 따라 이동 방향의 전방에 장애물이 존재하거나, 파이프 내벽의 함몰 부분이 존재하는 경우 제어부(630)는 몸체부(111)가 파이프(10)의 원주를 따라 회전하도록 주행부(310, 320, 330, 340)를 제어하는 것이다.
- [134] 제어부(630)는 장애물 또는 함몰 부분의 크기 및 위치 등을 고려하여 파이프(10)의 원주를 따라 회전할 몸체부(111)의 회전 각도를 결정할 수 있다. 제어부(630)는 파이프 비파괴 검사 장치(101)가 장애물 또는 함몰 부분을 회피하여 주행할 수 있도록 하기 위하여 몸체부(111)를 회전시킬 수 있다. 다만, 장애물 또는 함몰 부분의 크기가 충분히 작은 경우 제어부(630)는 몸체부(111)의 회전 없이 주행하도록 할 수도 있다.
- [135] 또한, 제어부(630)는 양측 바퀴(314, 324, 334, 344)가 파이프(10)의 내벽을 미는 힘을 참조하여 양측 바퀴(314, 324, 334, 344)간 폭이 변경되도록 폭 조절부(210, 220)를 제어할 수 있다. 바퀴(314, 324, 334, 344)가 파이프(10)의 내벽을 미는 힘이 강한 경우 제어부(630)는 양측 바퀴(314, 324, 334, 344)간 폭이 감소되도록 폭 조절부(210, 220)를 제어할 수 있다. 이와 마찬가지로, 바퀴(314, 324, 334, 344)가 파이프(10)의 내벽을 미는 힘이 약한 경우 제어부(630)는 양측 바퀴(314, 324, 334, 344)간 폭이 증가되도록 폭 조절부(210, 220)를 제어할 수 있다.
- [136] 또한, 제어부(630)는 파이프(10)의 형태에 대응되도록 복수의 주행부(310, 320, 330, 340) 각각에 구비된 바퀴(314, 324, 334, 344)의 회전 속도를 제어할 수 있다. 주행 전방의 파이프(10)에 굴곡이 있는 상태에서 모든 바퀴(314, 324, 334, 344)의 회전 속도가 동일한 경우 일부 바퀴에 슬립이 발생할 수 있다. 이에, 제어부(630)는 감시부(410, 420, 430) 또는 다른 센서로부터 입력된 입력 정보를 참조하여 파이프(10)의 형태에 대응되도록 각 바퀴(314, 324, 334, 344)의 회전 속도를 제어할 수 있다.
- [137] 또한, 제어부(630)는 감시부(410, 420, 430) 및 기타 센서(미도시)를 제어할 수 있다. 예를 들어, 제어부(630)는 감시부(410, 420, 430) 및 센서의 동작 여부를 제어할 수 있다.
- [138] 제어부(630)는 주행부(310, 320, 330, 340), 폭 조절부(210, 220), 감시부(410, 420, 430) 및 기타 센서(미도시)를 제어하기 위한 제어 명령을 생성하고, 생성된 제어 명령은 출력부(640)에 의하여 출력될 수 있다. 출력부(640)에 의하여 출력된 제어 명령이 각 모듈에게 전달됨에 따라 해당 모듈은 대응하는 동작을 수행하게 된다.
- [139] 저장부(620)는 입력부(610)를 통하여 입력된 입력 정보 및 출력부(640)를 통하여 출력되는 제어 명령을 임시 또는 영구적으로 저장하는 역할을 수행한다. 입력부(610)를 통하여 입력된 정보는 제어부(630)에 의한 제어에 사용될 뿐만

아니라 관측 용도로 이용될 수도 있다. 예를 들어, 파이프(10)를 주행하면서 감지된 정보들은 차후에 사용자에게 전달되고, 사용자는 해당 정보를 통하여 파이프(10)의 내부 상태 등을 판단할 수 있는 것이다. 또는, 파이프(10)를 주행하면서 감지된 정보들은 출력부(640)를 통하여 실시간으로 사용자에게 전달될 수도 있다.

- [140] 또한, 저장부(620)는 사전에 설정된 사용자 명령을 저장할 수 있다. 제어부(630)는 저장부(620)에 저장된 사용자 명령을 참조하여 자동으로 대응하는 동작이 수행되도록 각 모듈을 제어할 수 있다.
- [141] 이하, 도 17 내지 도 26을 통하여 파이프 내부를 이동하는 파이프 비파괴 검사 장치의 주행 양상을 설명하기로 한다. 설명의 편의를 위하여 도 17 내지 도 26에서는 파이프 비파괴 검사 장치의 세부적인 구성요소의 도면부호는 생략하기로 한다. 생략된 도면부호에 대응하는 구성요소는 도 12, 도 13 및 도 16에 도시된 것과 같다.
- [142] 도 17은 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치가 파이프의 내부를 주행하는 것을 나타낸 도면이다.
- [143] 도 17을 참조하면, 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 파이프(10)의 내부를 주행할 수 있다. 파이프(10)의 내부를 주행하면서 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 구비된 감시부(410, 420, 430) 및 센서 등을 이용하여 파이프 내부의 상태 정보를 수집할 수 있다. 또한, 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 방사선 소스를 이용하여 파이프(10)에 형성된 용접부(120)의 결함 여부를 판정할 수도 있다.
- [144] 도 17은 지름이 일정한 파이프(10)를 도시하고 있는데, 각 바퀴가 파이프 내벽을 미는 힘은 균일하게 유지될 수 있다. 폭 조절부(210, 220)는 각 바퀴가 균일한 힘으로 파이프 내벽을 밀 수 있도록 양측 바퀴간의 폭을 조절할 수 있다. 각 바퀴가 균일한 힘으로 파이프 내벽을 밀면서 주행함에 따라 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 보다 안정적인 자세로 주행할 수 있게 된다.
- [145] 도 18 및 도 19는 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치가 지름이 변경되는 파이프의 내부를 주행하는 것을 나타낸 도면이다.
- [146] 도 18을 참조하면, 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 점차 지름이 증가하는 파이프(10)를 주행할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 2개의 폭 조절부(210, 220)를 구비하고 있다. 2개의 폭 조절부(210, 220) 중 하나는 전면 양측 바퀴의 폭을 조절하고, 나머지 하나는 후면 양측 바퀴의 폭을 조절한다.
- [147] 2개의 폭 조절부(210, 220)가 전면 양측 바퀴의 폭 및 후면 양측 바퀴의 폭을 독립적으로 조절함에 따라 점차 지름이 변경되는 파이프(10)에서 파이프 비파괴 검사 장치(101)가 주행하더라도 각 바퀴가 파이프 내벽을 미는 힘은 균일하게 형성될 수 있다.
- [148] 이에, 점차 지름이 변경되는 파이프(10)의 내부에서도 파이프 비파괴 검사

장치(101)는 안정적인 자세로 주행할 수 있게 된다.

- [149] 한편, 파이프(10)의 지름이 지나치게 큰 이유로 인하여 폭 조절부(210, 220)에 의하여 폭을 조절하더라도 대응하는 바퀴가 충분한 힘으로 파이프 내벽을 밀 수 없을 수도 있다. 이러한 경우 대응하는 바퀴의 제 2 레그에 대한 제 1 레그의 길이가 조절됨으로써 바퀴가 파이프 내벽을 미는 힘을 보충할 수도 있다.
- [150] 도 19를 참조하면, 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 서로 다른 지름 구간(10a, 10b, 10c)을 갖는 파이프(10)의 내부를 주행할 수 있다.
- [151] 전술한 바와 같이, 2개의 폭 조절부(210, 220)가 전면 양측 바퀴의 폭 및 후면 양측 바퀴의 폭을 독립적으로 조절함에 따라 지름이 변경되는 파이프(10a, 10b, 10c)에서 파이프 비파괴 검사 장치(101)가 주행하더라도 각 바퀴가 파이프 내벽을 미는 힘은 균일하게 형성될 수 있다.
- [152] 또는, 본 발명의 다른 실시예에 따르면 제어부(630)가 주행 경로상의 전방 상태를 참조하여 폭 조절부(210, 220)를 제어할 수도 있다.
- [153] 10a 구간을 주행 중인 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 제어부(630)는 감시부(410, 430)에 의하여 감시된 결과를 참조하여 전방에 있는 10b 구간의 지름이 변경됨을 인식할 수 있다. 이에, 파이프 비파괴 검사 장치(101)가 10b 구간에 진입하자마자 제어부(630)는 폭 조절부(210, 220)를 제어하여 양측 바퀴의 폭이 증가하도록 조절할 수 있다. 이 때, 제어부(630)는 전면 양측의 바퀴 폭이 증가한 이후에 후면 양측의 바퀴 폭이 증가하도록 폭 조절부(210, 220)를 제어할 수 있다.
- [154] 이와 마찬가지로, 10b 구간을 주행 중인 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 제어부(630)는 감시부(410, 430)에 의하여 감시된 결과를 참조하여 전방에 있는 10c 구간의 지름이 변경됨을 인식할 수 있다. 이에, 파이프 비파괴 검사 장치(101)가 10c 구간에 진입하자마자 제어부(630)는 폭 조절부(210, 220)를 제어하여 양측 바퀴의 폭이 감소되도록 조절할 수 있다. 이 때, 제어부(630)는 전면 양측의 바퀴 폭이 감소된 이후에 후면 양측의 바퀴 폭이 감소되도록 폭 조절부(210, 220)를 제어할 수 있다.
- [155] 도 20은 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치가 곡률 구간이 포함된 파이프의 내부를 주행하는 것을 나타낸 도면이다.
- [156] 도 20을 참조하면, 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 파이프(10)의 곡률 구간을 주행할 수 있다. 한편, 도시된 바와 같이 파이프 비파괴 검사 장치(101)가 주행하는 경우 곡률의 안쪽에 있는 파이프 내벽에 접한 바퀴의 회전수와 곡률의 바깥쪽에 있는 파이프 내벽에 접한 바퀴의 회전수는 달라진다.
- [157] 따라서, 곡률 구간에서 모든 바퀴의 회전 속도를 동일하게 하는 경우 슬립이 발생하여 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 자세가 불안정해질 수 있다.
- [158] 이에, 제어부(630)는 곡률 구간에서도 안정적인 주행이 가능하도록 각 바퀴의 회전 속도를 제어할 수 있다. 예를 들어, 제어부(630)는 곡률의 안쪽에 있는 파이프 내벽에 접한 바퀴의 회전 속도가 감소하고, 곡률의 바깥쪽에 있는 파이프

- 내벽에 접한 바퀴의 회전 속도가 증가하도록 각 주행부(310, 320, 330, 340)를 제어할 수 있다.
- [159] 이동 거리에 대응되도록 각 바퀴의 회전 속도가 조절됨에 따라 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 보다 안정적인 자세로 주행할 수 있게 된다.
- [160] 도 21은 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치가 파이프의 원주를 따라 회전하는 것을 나타낸 도면이다.
- [161] 도 21을 참조하면, 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 파이프(10)의 내부에서 원주를 따라 회전할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 바퀴는 메카넘 휠일 수 있는데, 제어부(630)는 각 주행부(310, 320, 330, 340)에 구비된 바퀴의 회전 방향을 제어하여 파이프 비파괴 검사 장치(101)가 파이프(10)의 원주를 따라 회전하도록 할 수 있다.
- [162] 제어부(630)는 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 회전 방향, 회전 각도 및 회전 속도 등을 제어할 수 있다.
- [163] 도 22 내지 도 24는 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치가 파이프의 내부에서 회전한 이후에 주행하는 것을 나타낸 도면이다.
- [164] 도 22를 참조하면, 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 파이프(10)의 곡률 구간을 주행할 수 있다. 각 바퀴의 회전 속도 제어가 가능한 경우 도 20에 도시된 바와 같은 주행이 가능하다. 그러나, 각 바퀴의 회전 속도가 가능하지 않은 상태에서 도 20에 도시된 것과 주행하면 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 자세가 불안정해질 수 있다.
- [165] 이에, 본 발명의 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 파이프(10)의 외주를 따라 회전한 이후에 곡률 구간을 주행할 수 있다.
- [166] 도 22에 도시된 바와 같이 주행하는 경우 곡률 구간에서 양측 바퀴가 주행하여야 하는 거리는 동일하게 된다. 이에, 각 바퀴가 동일한 회전 속도로 회전하더라도 슬립 없이 안정적인 주행이 가능하게 된다.
- [167] 도 23을 참조하면, 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 전방에 파이프 내벽의 함몰 부분이 있는 경우 파이프 내벽의 외주를 따라 회전한 이후에 주행을 지속할 수 있다.
- [168] 도 23에서 초기의 자세를 그대로 유지하여 주행하는 경우 일측 바퀴가 함몰 부분에 빠질 수 있다. 이를 방지하기 위하여, 감시부(410, 430)에 의한 감시 결과를 기초로 제어부(630)는 전방에 함몰 부분이 존재하는 것으로 판단되는 경우 주행부(310, 320, 330, 340)를 제어하여 파이프 비파괴 검사 장치(101)가 파이프 내벽의 외주를 따라 회전하도록 할 수 있다.
- [169] 도 24를 참조하면, 파이프 비파괴 검사 장치(101)는 전방에 장애물(OB)이 있는 경우 파이프 내벽의 외주를 따라 회전한 이후에 주행을 지속할 수 있다.
- [170] 도 24에서 초기의 자세를 그대로 유지하여 주행하는 경우 일측 바퀴가 장애물(OB)에 걸릴 수 있다. 이를 방지하기 위하여, 감시부(410, 430)에 의한 감시 결과를 기초로 제어부(630)는 전방에 장애물(OB)이 존재하는 것으로

판단되는 경우 주행부(310, 320, 330, 340)를 제어하여 파이프 비파괴 검사 장치(101)가 파이프 내벽의 외주를 따라 회전하도록 할 수 있다.

- [171] 도 25는 본 발명의 다른 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치가 파이프 내부에서의 중심 위치를 판단하는 것을 나타낸 도면이고, 도 26은 본 발명의 일 실시예에 따른 파이프 비파괴 검사 장치가 파이프 내부에서 중심 위치를 보정하는 것을 나타낸 도면이다.
- [172] 도 25를 참조하면, 위치 변위 센서(510, 520)는 파이프 내부에서의 파이프 비파괴 검사 장치의 위치를 판단할 수 있다.
- [173] 2개의 위치 변위 센서(510, 520)가 파이프 비파괴 검사 장치(101)에 구비될 수 있는데, 각 위치 변위 센서(510, 520)는 파이프 내벽으로 레이저를 조사하고, 반사된 광을 이용하여 파이프와의 거리를 판단할 수 있다.
- [174] 위치 변위 센서(510, 520)에 의하여 감지된 거리 정보는 주행 제어 장치로 전달되고, 주행 제어 장치는 전달된 정보를 참조하여 파이프의 중심축(PC)에 대한 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 위치를 판단할 수 있다.
- [175] 그리하여, 주행 제어 장치는 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 중심(RC)이 파이프의 중심축(PC)에 일치되도록 주행부(310, 320, 330, 340)를 제어할 수 있다. 주행부(310, 320, 330, 340)의 바퀴가 메카넘 휠임에 따라 파이프 비파괴 검사 장치는 파이프의 중심축(PC)에 수직한 방향으로 이동할 수 있다. 이에, 파이프 비파괴 검사 장치(101)의 중심(RC)과 파이프의 중심축(PC)이 일치될 수 있게 된다.
- [176] 이상과 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.