(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년01월08일
(11) 등록번호 10-2199456
(24) 등록일자 2020년12월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01L 1/12 (2006.01) *G01N 27/72* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01L 1/127 (2013.01)
G01N 27/725 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0168878
(22) 출원일자 2019년12월17일
심사청구일자 2019년12월17일
(56) 선행기술조사문헌
KR101999945 B1
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
임남형
대전광역시 서구 문예로 16 1동 1306호 (탄방동,한가람아파트)
(74) 대리인
송세근

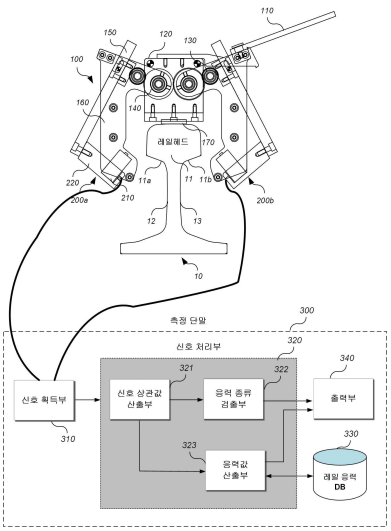
전체 청구항 수 : 총 12 항 심사관 : 김병수

(54) 발명의 명칭 **지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템 및 그 방법**

(57) 요 약

바크하우젠 잡음(MBN)을 이용한 철도 레일의 축방향 응력 측정시, 지그 모듈 및 MBN 프로브 모듈을 이용하여 바크하우젠 잡음을 측정하는 프로브와 레일간의 간격(Gap)을 정확하게 측정 및 조절할 수 있고, 또한, 프로브와 레일 간의 간격(Gap) 위치에 발생하는 전류량을 이용하여 육안으로 보이지 않는 프로브와 레일 간의 간격(Gap)을 정확하게 측정할 수 있으며, 또한, 간격(Gap) 조절장치인 접촉 조절나사를 통해 프로브와 레일 간의 간격(Gap)을 일정하게 유지함으로써 레일의 축방향 응력을 용이하게 측정할 수 있는, 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템 및 그 방법이 제공된다.

대 표 도 - 도4



(56) 선행기술조사문헌
JP11271153 A
KR1020130120890 A
KR101939164 B1
KR1019870002132 B1
KR101444716 B1
JP3848857 B2

명 세 서

청구범위

청구항 1

자기적인 바크하우젠 잡음(Magnetic Barkhausen Noise: MBN)을 이용하는 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에 있어서,

연속 용접된 철도 레일(CWR: 10) 상에 거치되고, MBN 프로브 모듈(200)을 장착하여 상기 MBN 프로브 모듈(200)을 상기 레일(10)의 레일헤드 하부(11a, 11b)에 밀착시키는 지그 모듈(Jig Module: 100);

프로브(210) 및 접촉 조절나사(230)를 포함하며, 상기 지그 모듈(100)의 양측 암(150)에 장착되어 상기 레일헤드 하부(11a, 11b)에 상기 프로브(210)를 밀착시켜 자기적인 바크하우젠 잡음(MBN) 파형신호를 획득하는 MBN 프로브 모듈(Probe Module: 200); 및

상기 MBN 프로브 모듈(200)의 프로브(210)에 소정 주파수의 전류 파형을 인가하여 상기 레일(10)을 자화시키면서 상기 프로브(210)를 통해 MBN 파형신호를 획득하고, 상기 획득된 MBN 파형신호에 따라 상기 레일(10)의 축방향 응력을 산출하는 측정 단말(300)을 포함하되,

상기 프로브(210)와 레일 간의 간격(Gap) 위치에 발생하는 전류량을 이용하여 육안으로 보이지 않는 상기 프로브(210)와 레일(10) 간의 간격(Gap)을 측정하는 것을 특징으로 하는 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 MBN 프로브 모듈(200)은,

연속 용접된 철도 레일(CWR)을 제1 방향으로 자화시키는 제1 요크 코일, 제1 요크 코일과 동일하지만 제1 요크 코일과 수직으로 배치되며, 연속 용접된 철도 레일(CWR)의 제1 방향에 수직인 제2 방향으로 자화시키는 제2 요크 코일, 및 자화된 연속 용접된 철도 레일(CWR)의 자기적인 바크하우젠 잡음(MBN) 파형신호를 획득하는 탐색 코일을 포함하는 프로브(210);

상기 프로브(210)가 고정 설치되는 프로브 케이스(220);

상기 프로브(210)와 상기 레일 간의 간격(Gap) 접촉정도를 조절하는 접촉 조절나사(230); 및

상기 접촉 조절나사(230)의 양측에 각각 배치되어, 상기 프로브(210)가 흔들리지 않도록 상기 프로브 케이스(220)에 고정시키는 프로브 고정핀(241, 242)을 포함하는 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 MBN 프로브 모듈(200)의 프로브(210)에 흐르는 전류를 통해 상기 프로브(210)와 레일(10) 간의 접촉정도를 측정하되, 상기 프로브(210)가 상기 레일(10)에 정확하게 접촉되지 않은 경우, 상기 접촉 조절나사(230)는 상기 프로브(210)의 제1 요크 코일 및 제2 요크 코일의 중앙에 위치하여, 상기 프로브(210)와 레일(10) 간의 간격(Gap)을 조절하는 것을 특징으로 하는 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 지그 모듈(100)은,

상기 MBN 프로브 모듈(200)의 프로브(210)을 상기 레일 하부(11a, 11b)에 각각 밀착시키도록 조작하는 작동레버(110);

상기 레일(10) 상에 거치되는 지그 모듈 하우징(120);

상기 지그 모듈 하우징(120) 내에 배치되고, 상기 작동레버(110)의 동작에 대응하여 회전하는 구동기어(130);

상기 지그 모듈 하우징(120) 내에 배치되고, 상기 구동기어(130)와 맞물려서 회전하는 치합기어(140);

상기 지그 모듈 하우징(120)의 양측에 형성되어 상기 MBN 프로브 모듈(200)이 장착되고, 상기 치합기어(140)의 회전축에 연결되어 상기 작동레버(110)의 동작에 따라 상기 MBN 프로브 모듈(200)을 상기 레일 하부(11a, 11b)에 밀착시키는 암(Arm: 150); 및

상기 레일 하부(11a, 11b)의 형상에 대응하도록 형성되고, 상기 암(150)과 연동하도록 체결되어 상기 작동레버(110)의 동작에 따라 상기 레일 하부(11a, 11b)에 밀착되는 레일 접촉부재(160)를 포함하는 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 지그 모듈(100)이 상기 레일(10) 상에 안착되도록 상기 지그 모듈 하우징(120)의 하부에 부착되는 실리콘 쿠션(170)을 추가로 포함하는 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 측정 단말(300)은,

상기 프로브(210)의 제1 요크 코일 및 제2 요크 코일에 각각 소정 주파수의 전류 파형을 인가하여 상기 레일(10)을 제1 방향 및 제2 방향으로 자화시키면서, 프로브를 통해 제1 MBN 파형신호 및 제2 MBN 파형신호를 획득하는 신호 획득부(310);

상기 신호 획득부(310)에서 획득된 MBN 파형신호에 따라 상기 레일(10)의 응력 종류 및 응력값을 산출하는 신호 처리부(320);

상기 신호 처리부(320)의 레일 축방향 응력 산출을 위해 상기 레일(10)과 동일한 타입의 기준 시편으로부터 측정된 MBN 파형신호들간의 상관값 정보와 응력값이 매핑된 정보를 저장하는 레일 응력 DB(330); 및

상기 신호 처리부(320)에서 처리된 레일 축방향 응력을 출력하는 출력부(340)를 포함하는 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 신호 처리부(320)는,

상기 획득된 제1 MBN 파형신호 및 제2 MBN 파형신호 간의 차이(difference) 또는 비율(ration) 중 하나인 상관값 정보를 산출하는 상관값 산출부(321);

상기 상관값 정보에 따라, 상기 레일(10)의 제1 방향 및 제2 방향의 응력의 종류를 결정하는 응력 종류 검출부(322); 및

상기 레일 응력 DB(330)를 검색하여 상기 상관값 정보에 대응하는 상기 레일(10)의 제1 방향 및 제2 방향의 응력값을 산출하는 응력값 산출부(323)를 포함하는 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템.

청구항 8

비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 방법에 있어서,

a) 바크하우젠 잡음(Magnetic Barkhausen Noise: MBN) 프로브 모듈(200)을 지그 모듈(100) 양측 암(150)에 각각 장착하는 단계;

b) 상기 MBN 프로브 모듈(200)이 장착된 지그 모듈(100)을 레일(10) 상에 거치하는 단계;

c) 상기 지그 모듈(100)의 작동레버(110)를 조작하여 상기 암(150)에 연동하는 레일 접촉부재(160)를 레일헤드 하부(11a, 11b)에 밀착시키는 단계;

d) 상기 MBN 프로브 모듈(200)의 제1 및 제2 프로브(210)를 레일헤드 하부(11a, 11b)에 접촉시키는 단계;

e) 인가된 전류량에 따른 상기 제1 및 제2 프로브(210)와 레일(10) 간의 간격(Gap)을 측정하는 단계;

f) 상기 MBN 프로브 모듈(200)의 접촉 조절나사(230)를 이용하여 상기 제1 및 제2 프로브(210)와 레일(10) 간의 간격(Gap)인 접촉 정도를 조절하는 단계;

g) 측정 단말(300) 및 상기 제1 및 제2 프로브(210)를 통해 MBN 값을 각각 측정하는 단계; 및

h) 상기 측정된 MBN 값을 계측 곡선에 따라 역산하여 레일 축방향 응력을 산출하는 단계를 포함하되,

상기 프로브(210)와 레일 간의 간격(Gap) 위치에 발생하는 전류량을 이용하여 육안으로 보이지 않는 상기 프로브(210)와 레일(10) 간의 간격(Gap)을 측정하는 것을 특징으로 하는 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 a) 단계의 MBN 프로브 모듈(200)은,

연속 용접된 철도 레일(CWR)을 제1 방향으로 자화시키는 제1 요크 코일, 제1 요크 코일과 동일하지만 제1 요크 코일과 수직으로 배치되며, 연속 용접된 철도 레일(CWR)의 제1 방향에 수직인 제2 방향으로 자화시키는 제2 요크 코일, 및 자화된 연속 용접된 철도 레일(CWR)의 자기적인 바크하우젠 잡음(MBN) 파형신호를 획득하는 탐색 코일을 포함하는 프로브(210);

상기 프로브(210)가 고정 설치되는 프로브 케이스(220);

상기 프로브(210)와 상기 레일 간의 간격(Gap) 접촉정도를 조절하는 접촉 조절나사(230); 및

상기 접촉 조절나사(230)의 양측에 각각 배치되어, 상기 프로브(210)가 흔들리지 않도록 상기 프로브 케이스(220)에 고정시키는 프로브 고정핀(241, 242)을 포함하는 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 MBN 프로브 모듈(200)의 프로브(210)에 흐르는 전류를 통해 상기 프로브(210)와 레일(10) 간의 접촉정도를 측정하되, 상기 프로브(210)가 상기 레일(10)에 정확하게 접촉되지 않은 경우, 상기 접촉 조절나사(230)는 상기 프로브(210)의 제1 요크 코일 및 제2 요크 코일의 중앙에 위치하여, 상기 프로브(210)와 레일(10) 간의 간격(Gap)을 조절하는 것을 특징으로 하는 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 방법.

청구항 11

제8항에 있어서, 상기 a) 단계의 지그 모듈(100)은,

상기 MBN 프로브 모듈(200)의 프로브(210)을 상기 레일 하부(11a, 11b)에 각각 밀착시키도록 조작하는 작동레버(110);

상기 레일(10) 상에 거치되는 지그 모듈 하우징(120);

상기 지그 모듈 하우징(120) 내에 배치되고, 상기 작동레버(110)의 동작에 대응하여 회전하는 구동기어(130);

상기 지그 모듈 하우징(120) 내에 배치되고, 상기 구동기어(130)와 맞물려서 회전하는 치합기어(140);

상기 지그 모듈 하우징(120)의 양측에 형성되어 상기 MBN 프로브 모듈(200)이 장착되고, 상기 치합기어(140)의 회전축에 연결되어 상기 작동레버(110)의 동작에 따라 상기 MBN 프로브 모듈(200)을 상기 레일 하부(11a, 11b)에 밀착시키는 암(150); 및

상기 레일 하부(11a, 11b)의 형상에 대응하도록 형성되고, 상기 암(150)과 연동하도록 체결되어 상기 작동레버(110)의 동작에 따라 상기 레일 하부(11a, 11b)에 밀착되는 레일 접촉부재(160)를 포함하는 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 방법.

청구항 12

제8항에 있어서, 상기 g) 단계의 측정 단말(300)은,

상기 프로브(210)의 제1 요크 코일 및 제2 요크 코일에 각각 소정 주파수의 전류 파형을 인가하여 상기 레일(10)을 제1 방향 및 제2 방향으로 자화시키면서, 프로브를 통해 제1 및 제2 MBN 파형신호를 획득하는 신호 획득부(310);

상기 신호 획득부(310)에서 획득된 MBN 파형신호에 따라 상기 레일(10)의 응력 종류 및 응력값을 산출하는 신호 처리부(320);

상기 신호 처리부(320)의 레일 축방향 응력 산출을 위해 상기 레일(10)과 동일한 타입의 기준 시편으로부터 측정된 MBN 파형신호들간의 상관값 정보와 응력값이 매핑된 정보를 저장하는 레일 응력 DB(330); 및

상기 신호 처리부(320)에서 처리된 레일 축방향 응력을 출력하는 출력부(340)를 포함하는 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 바크하우젠 잡음(Magnetic Barkhausen Noise: MBN)을 이용한 철도 레일의 축방향 응력(축력) 측정시, 바크하우젠 잡음을 측정하는 프로브와 레일간의 간격(Gap)을 조절하도록 지그 모듈(Jig Module)을 이용하는 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 열차의 고속주행을 위하여 기본적으로 요구되는 궤도조건 중 하나가 레일의 연속화를 들 수 있다. 예를 들면, 공장에서 생산되는 레일은 운반 등을 위하여 일정한 길이로 제작되며, 현장 또는 공장에서 용접하여 일체화된 레일을 형성하는데, 이를 장대레일(Continuous Welded Rail: CWR)이라 하며, 일반철도에서는 200m, 고속철도에서는 300m 이상이 이러한 장대레일에 해당된다.

[0003] 이러한 장대레일은 대기온도의 변화에 의해 강재의 특성의 수축 및 이완을 반복하게 되며, 이때, 레일 축방향으로 발생되는 응력인 축력(Axial Stress)이 불균형할 때 장대레일의 장출이 발생하며, 차량탈선 등 대형사고의 원인이 되기도 한다.

[0004] 이에 따라, 장대레일의 안정성 확보라는 관점에서 레일 축방향 응력 추정법은 필요성이 극히 높은 기술과제로 다양한 시도가 이루어지고 있고, 예를 들면, 철도레일의 축방향 응력(축력)을 측정하는 기술에는 파괴적 방법, 준파괴적 방법 및 비파괴적 방법 등 여러 가지 방법이 있다.

[0005] 구체적으로, 파괴적인 방법으로 레일을 절단하여 레일이 줄어들거나 늘어난 길이를 측정하여 레일에 걸려있는 축방향 응력을 측정할 수 있고, 또한, 준파괴적인 방법의 경우, VERSE라는 장비를 이용하여 기설치된 레일의 일부를 수직방향으로 인양함으로써 구조적인 변형을 역으로 환산하여 레일의 축력을 산정하고 있다.

[0006] 또한, 레일의 축방향 응력을 측정하는 비파괴적 방법의 경우, 매우 손쉽고 간단하게 레일의 응력을 측정할 수 있다. 이러한 비파괴적인 측정 방법으로는 바크하우젠 잡음(Magnetic Barkhausen Noise: MBN)을 이용하는 방법이 있다.

[0007] 이러한 바크하우젠 잡음은 강자성체 물질에 외부 시변 자기장을 인가할 때 강자성체 물질 내부의 자기도메인 정렬의 갑작스런 진행으로 인해 발생되는 잡음(Noise)을 말하는데, 이러한 바크하우젠 잡음은 강자성체 물질의 결정 균질성과 같은 물성의 영향을 받으므로, 철강제 등의 내부에 존재하는 불순물이나 구조 열화 등의 특성을 비파괴적으로 측정하는데 이용되고 있다.

[0008] 전술한 바와 같이, 강자성체로 이어진 연속 용접된 철도레일(Continuous Welded Rails : CWR)의 길이 방향으로 분포된 응력 분포를 측정하는데, 바크하우젠 효과를 이용할 수 있다. 이러한 연속 용접된 철도레일(CWR)은 온도에 따라 늘어나거나 수축되어 응력분포가 달라지므로 그 지역의 평균적인 온도를 기준으로 설계되어 고정된다. 이때, 레일이 앵커에 의해 고정되므로, 온도에 따라 분포되는 응력은 위치에 따라 달라질 수 있다.

[0009] 이에 따라, 종래의 기술에 따른 바크하우젠 효과를 이용하여 철도 레일의 축방향 응력을 측정하기 위해서는 철도 레일의 재료별 및 환경조건별로 미리 측정된 응력 변화에 따른 자기적인 바크하우젠 잡음 값의 데이터베이스가 미리 구축되어야 한다.

[0010] 한편, 종래의 기술에 따른 바크하우젠 효과를 이용하여 철도 레일의 응력을 측정할 경우, 측정된 바크하우젠 잡음 값(MBN)에 영향을 미치는 인자중 하나가 강재와 바크하우젠 잡음을 측정하는 프로브와의 간격(Gap)으로서, 특히, 육안으로 보이지 않는 프로브와 레일 간의 간격을 정확하게 측정하고 조절하는 것이 매우 중요하지만, 아직까지 프로브와 레일 간의 간격을 정확하게 조절할 수 있는 장치가 없는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허번호 제10-1999945호(등록일: 2019년 7월 9일), 발명의 명칭: "강자성체 응력 측정 장치"

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허번호 제10-0853110호(등록일: 2008년 8월 13일), 발명의 명칭: "강자성체의 응력 측정"

(특허문헌 0003) 대한민국 등록특허번호 제10-1511740호(등록일: 2015년 4월 7일), 발명의 명칭: "바크하우젠 잡음을 이용한 고압 환경에서 금속 재료의 물성 측정장치"

(특허문헌 0004) 대한민국 공개특허번호 제2019-72455호(공개일: 2019년 6월 25일), 발명의 명칭: "비파괴적인 레일 검사 방법 및 장치"

(특허문헌 0005) 대한민국 공개특허번호 제2008-53491호(공개일: 2008년 6월 13일), 발명의 명칭: "자성 바크하우젠 잡음에 의거하여 산출한 경도에 근거한주철제 부품의 취급 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 바크하우젠 잡음(MBN)을 이용한 철도 레일의 축방향 응력 측정시, 지그 모듈 및 MBN 프로브 모듈을 이용하여 바크하우젠 잡음을 측정하는 프로브와 레일간의 간격(Gap)을 정확하게 측정 및 조절할 수 있는, 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0013] 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 프로브와 레일 간의 간격(Gap) 위치에 발생하는 전류량을 이용하여 육안으로 보이지 않는 프로브와 레일 간의 간격(Gap)을 정확하게 측정할 수 있는, 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0014] 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 간격(Gap) 조절장치인 접촉 조절나사를 통해 프로브와 레일 간의 간격(Gap)을 일정하게 유지함으로써 레일의 축방향 응력을 용이하게 측정할 수 있는, 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 수단으로서, 본 발명에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템은, 자기적인 바크하우젠 잡음(MBN)을 이용하는 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에 있어서, 연속 용접된 철도 레일 상에 거치되고, MBN 프로브 모듈을 장착하여 상기 MBN 프로브 모듈을 상기 레일의 레일헤드 하부에 밀착시키는 지그 모듈; 프로브 및 접촉 조절나사를 포함하며, 상기 지그 모듈의 양측 암에 장착되어 상기 레일헤드 하부에 상기 프로브를 밀착시켜 자기적인 바크하우젠 잡음(MBN) 파형신호를 획득하는 MBN 프로브 모듈; 및 상기 MBN 프로브 모듈의 프로브에 소정 주파수의 전류 파형을 인가하여 상기 레일을 자화시키면서 상기 프로브를 통해 MBN 파형신호를 획득하고, 상기 획득된 MBN 파형신호에 따라 상기 레일의 축방향 응력을 산출하는 측정 단말을 포함하되, 상기 프로브와 레일 간의 간격 위치에 발생하는 전류량을 이용하여 육안으로 보이지 않는 상기 프로브와 레일 간의 간격을 측정하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 여기서, 상기 MBN 프로브 모듈은, 연속 용접된 철도 레일을 제1 방향으로 자화시키는 제1 요크 코일, 제1 요크 코일과 동일하지만 제1 요크 코일과 수직으로 배치되며, 연속 용접된 철도 레일의 제1 방향에 수직인 제2 방향으로 자화시키는 제2 요크 코일, 및 자화된 연속 용접된 철도 레일의 자기적인 바크하우젠 잡음(MBN) 파형신호

를 획득하는 탐색 코일을 포함하는 프로브; 상기 프로브가 고정 설치되는 프로브 케이스; 상기 프로브와 상기 레일 간의 간격(Gap) 접촉정도를 조절하는 접촉 조절나사; 및 상기 접촉 조절나사의 양측에 각각 배치되어, 상기 프로브가 흔들리지 않도록 상기 프로브 케이스에 고정시키는 프로브 고정핀을 포함할 수 있다.

[0017] 여기서, 상기 MBN 프로브 모듈의 프로브에 흐르는 전류를 통해 상기 프로브와 레일 간의 접촉정도를 측정하되, 상기 프로브가 상기 레일에 정확하게 접촉되지 않은 경우, 상기 접촉 조절나사는 상기 프로브의 제1 요크 코일 및 제2 요크 코일의 중앙에 위치하여, 상기 프로브와 레일 간의 간격(Gap)을 조절할 수 있다.

[0018] 여기서, 상기 지그 모듈은, 상기 MBN 프로브 모듈의 프로브을 상기 레일 하부에 각각 밀착시키도록 조작하는 작동레버; 상기 레일 상에 거치되는 지그 모듈 하우징; 상기 지그 모듈 하우징 내에 배치되고, 상기 작동레버의 동작에 대응하여 회전하는 구동기어; 상기 지그 모듈 하우징 내에 배치되고, 상기 구동기어와 맞물려서 회전하는 치합기어; 상기 지그 모듈 하우징의 양측에 형성되어 상기 MBN 프로브 모듈이 장착되고, 상기 치합기어의 회전축에 연결되어 상기 작동레버의 동작에 따라 상기 MBN 프로브 모듈을 상기 레일 하부에 밀착시키는 암; 및 상기 레일 하부의 형상에 대응하도록 형성되고, 상기 암과 연동하도록 체결되어 상기 작동레버의 동작에 따라 상기 레일 하부에 밀착되는 레일 접촉부재를 포함할 수 있다.

[0019] 여기서, 상기 지그 모듈이 상기 레일 상에 안착되도록 상기 지그 모듈 하우징의 하부에 부착되는 실리콘 쿠션을 추가로 포함할 수 있다.

[0020] 여기서, 상기 측정 단말은, 상기 프로브의 제1 요크 코일 및 제2 요크 코일에 각각 소정 주파수의 전류 파형을 인가하여 상기 레일을 제1 방향 및 제2 방향으로 자화시키면서, 프로브를 통해 제1 MBN 파형신호 및 제2 MBN 파형신호를 획득하는 신호 획득부; 상기 신호 획득부에서 획득된 MBN 파형신호에 따라 상기 레일의 응력 종류 및 응력값을 산출하는 신호 처리부; 상기 신호 처리부의 레일 축방향 응력 산출을 위해 상기 레일과 동일한 타입의 기준 시편으로부터 측정된 MBN 파형신호들간의 상관값 정보와 응력값이 매핑된 정보를 저장하는 레일 응력 DB; 및 상기 신호 처리부에서 처리된 레일 축방향 응력을 출력하는 출력부를 포함할 수 있다.

[0021] 여기서, 상기 신호 처리부는, 상기 획득된 제1 MBN 파형신호 및 제2 MBN 파형신호 간의 차이 또는 비율 중 하나인 상관값 정보를 산출하는 상관값 산출부; 상기 상관값 정보에 따라, 상기 레일의 제1 방향 및 제2 방향의 응력의 종류를 결정하는 응력 종류 검출부; 및 상기 레일 응력 DB를 검색하여 상기 상관값 정보에 대응하는 상기 레일의 제1 방향 및 제2 방향의 응력값을 산출하는 응력값 산출부를 포함할 수 있다.

[0022] 한편, 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 다른 수단으로서, 본 발명에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 방법은, 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 방법에 있어서, a) 바크하우젠 잡음(MBN) 프로브 모듈을 지그 모듈 양측 암에 각각 장착하는 단계; b) 상기 MBN 프로브 모듈이 장착된 지그 모듈을 레일 상에 거치하는 단계; c) 상기 지그 모듈의 작동레버를 조작하여 상기 암에 연동하는 레일 접촉부재를 레일헤드 하부에 밀착시키는 단계; d) 상기 MBN 프로브 모듈의 제1 및 제2 프로브를 레일헤드 하부에 접촉시키는 단계; e) 인가된 전류량에 따른 상기 제1 및 제2 프로브와 레일 간의 간격(Gap)을 측정하는 단계; f) 상기 MBN 프로브 모듈의 접촉 조절나사를 이용하여 상기 제1 및 제2 프로브와 레일 간의 간격인 접촉 정도를 조절하는 단계; g) 측정 단말 및 상기 제1 및 제2 프로브를 통해 MBN 값을 각각 측정하는 단계; 및 h) 상기 측정된 MBN 값을 계측 곡선에 따라 역산하여 레일 축방향 응력을 산출하는 단계를 포함하되, 상기 제1 및 제2 프로브와 레일 간의 간격 위치에 발생하는 전류량을 이용하여 육안으로 보이지 않는 상기 제1 및 제2 프로브와 레일 간의 간격을 측정하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 따르면, 바크하우젠 잡음(MBN)을 이용한 철도 레일의 축방향 응력 측정시, 지그 모듈 및 MBN 프로브 모듈을 이용하여 바크하우젠 잡음을 측정하는 프로브와 레일간의 간격(Gap)을 정확하게 측정 및 조절할 수 있다.

[0024] 본 발명에 따르면, 프로브와 레일 간의 간격(Gap) 위치에 발생하는 전류량을 이용하여 육안으로 보이지 않는 프로브와 레일 간의 간격(Gap)을 정확하게 측정할 수 있다.

[0025] 본 발명에 따르면, 간격(Gap) 조절장치인 접촉 조절나사를 통해 프로브와 레일 간의 간격(Gap)을 일정하게 유지함으로써 레일의 축방향 응력을 용이하게 측정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 종래의 기술에 따른 강자성체 응력 측정 장치를 연속 용접된 철도 레일(CWR)에 적용하여 검사하는 것을 나타내는 도면이다.

도 2는 도 1에 도시된 강자성체 응력 측정 장치에서 프로브를 나타내는 사시도이다.

도 3은 도 1에 도시된 강자성체 응력 측정 장치의 제어기의 개략적인 구성도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템을 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에서 지그 모듈을 예시하는 사진이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에서 MBN 프로브 모듈이 레일헤드 하부에 배치되는 것을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에서 지그 모듈의 작동레버를 조작하여 MBN 프로브 모듈을 레일헤드 하부로 이동시키는 것을 나타내는 도면이다.

도 8a 내지 도 8d는 각각 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에서 지그 모듈에 장착된 MBN 프로브 모듈을 구체적으로 나타내는 도면들이다.

도 9a 및 도 9b는 각각 실험실에서 수행되는 시편 및 MBN 프로브 모듈을 나타내는 사진들이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 실험실에서 수행되는 레일 축방향 응력 측정을 나타내는 도면이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에서 프로브와 레일 간의 간격(Gap) 조절에 따른 응력 변화를 예시하는 도면이다.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 방법의 동작흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0028] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "…부" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0029] [강자성체 응력 측정 장치]

[0030] 먼저, 선행기술로서, 본 발명의 출원인에 의해 특허 출원되어 등록된 대한민국 등록특허번호 제10-1999945호에는 "강자성체 응력 측정 장치"라는 명칭의 발명이 개시되어 있는데, 본 명세서 내에 참조되어 본 발명의 일부를 이루며, 도 1 내지 도 3을 참조하여 구체적으로 설명한다.

[0031] 도 1은 종래의 기술에 따른 강자성체 응력 측정 장치를 연속 용접된 철도 레일(CWR)에 적용하여 검사하는 것을 나타내는 도면이고, 도 2의 a) 및 b)는 도 1에 도시된 강자성체 응력 측정 장치에서 프로브를 나타내는 사시도이며, 도 3은 도 1에 도시된 강자성체 응력 측정 장치의 제어기의 개략적인 구성도이다.

[0032] 종래의 기술에 따른 강자성체 응력 측정 장치는, 크게 프로브(20)와 제어기(30)를 포함한다. 여기서, 강자성체(10)는, 도 1에 도시된 바와 같이, 연속 용접된 철도 레일(CWR)일 수 있고, 철도 레일 외에도 강자성체로 이루어진 다른 시편의 응력을 측정하는데 적용될 수 있다.

[0033] 프로브(20)는 피측정 강자성체(10)의 밀착 설치되어, 측정점을 중심으로 연속 용접된 피측정 강자성체(10)을 자화시킨 후, 자화된 피측정 강자성체의 자기적인 바크하우젠 잡음(MBN) 파형신호를 획득한다. 여기서, 피측정 강자성체(10)가 철도 레일인 경우, 프로브(20)는, 도 1에 도시된 바와 같이, 철도 레일의 하면(10a)에 밀착 설

치될 수 있다.

[0034] 프로브(20)는 피측정 강자성체(10)를 자화시키는 동일한 두 개의 요크 코일들이 상호 간에 수직하게 배치된다. 즉, 하나의 요크 코일이 피측정 강자성체(10)을 제1 방향으로 자화시키고, 다른 요크 코일은 피측정 강자성체(10)을 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 자화시킨다. 그리고 탐색 코일을 통해 각각에 대한 자기적인 바크하우젠 잡음(MBN) 파형신호들을 획득한다. 여기서, 제1 방향 및 제2 방향 중 하나는 피측정 강자성체(10)의 길이 방향일 수 있다. 이에 따라, 프로브(20)는 피측정 강자성체(10)이 길이 방향으로 자화된 상태에서의 MBN 파형신호와 피측정 강자성체(10)이 수직 방향으로 자화된 상태에서의 MBN 파형신호를 획득할 수 있다.

[0035] 제어기(30)는 프로브(20)의 두 개의 요크 코일들에 인가되는 구동 전류의 생성 및 제어, 또는 프로브(20)의 탐색코일에서 획득된 MBN 파형신호의 처리를 수행하며, 산업용 컴퓨터와 회로로 구성될 수 있다. 이러한 제어기(30)는 프로브(20)를 통해 획득된 제1 MBN 파형신호 및 제2 MBN 파형신호간의 상관값을 산출하여, 피측정 강자성체(10)의 제1 방향 및 제2 방향에 가해진 응력의 종류를 결정할 수 있다. 또한, 이러한 제어기(30)는 피측정 강자성체(10)의 제1 방향 및 제2 방향에 가해진 응력의 크기를 측정할 수 있다.

[0036] 또한, 도 2의 a)를 참조하면, 이러한 프로브(20)는 피측정 강자성체(10)을 제1 방향으로 자화시키는 제1 요크코일(21); 제1 요크 코일(21)에 의해 자화된 피측정 강자성체의 제1 MBN 파형신호를 획득하는 제1 탐색 코일(22); 피측정 강자성체를 제2 방향으로 자화시키는 제2 요크 코일(23); 및 제2 요크 코일(23)에 의해 자화된 피측정 강자성체의 제2 MBN 파형신호를 획득하는 제2 탐색 코일(24)을 포함한다.

[0037] 이러한 프로브(20)는 제1 요크 코일(21)과 제2 요크 코일(23)이 인접 배치된 형태로 구성될 수 있다. 이때, 피측정 강자성체(10)의 폭이 좁은 경우, 제1 요크 코일(21)과 제2 요크 코일(24)이 길이 방향으로 일렬 배치되어 측정할 수 있다. 또한, 제1 탐색 코일(22)과 제2 탐색 코일(24)은 프로브 하우징에서 피측정 강자성체(10)에 맞닿는 면의 타측 면에 부착될 수 있다. 또한, 제1 요크 코일(21)과 제2 요크 코일(23)에서 코일이 바닥면이 아닌 양측면에 감긴 형태일 수도 있다.

[0038] 도 2의 a)에 도시된 프로브(20)는 제1 요크 코일(21) 및 제2 요크 코일(23)이 동시에 구동되어 피측정 강자성체(10)을 자화시키고, 제1 탐색 코일(22) 및 제2 탐색 코일(24)을 통해 자화된 피측정 강자성체의 제1 MBN 파형신호 및 자화된 피측정 강자성체의 제2 MBN 파형신호가 동시에 측정될 수 있다.

[0039] 또한, 도 2의 b)에 도시된 프로브(20')는 피측정 강자성체(10)을 제1 방향으로 자화시키는 제1 요크 코일(21'); 피측정 강자성체를 제2 방향으로 자화시키는 제2 요크 코일(23'); 제1 요크 코일(21') 및 제2 요크 코일(23') 중 하나에 의해 자화된 피측정 강자성체의 MBN 파형신호를 획득하는 탐색 코일(22')을 포함한다.

[0040] 이러한 프로브(20')는 제1 요크 코일(21') 및 제2 요크 코일(23')이 수직 교차되도록 배치되고, 탐색코일(22')이 수직 교차점 상부에 위치하도록 구성되며, 피측정 강자성체(10)의 폭이 넓은 경우에 사용될 수 있는 형태이다. 이때, 이러한 탐색 코일(23')은 프로브 하우징에서 피측정 강자성체(10)에 맞닿는 면의 타측면에 부착될 수 있다. 또한, 제1 요크 코일(21')과 제2 요크 코일(23')에서 코일이 바닥면이 아닌 양측면에 감긴 형태일 수도 있다.

[0041] 또한, 도 2의 b)에 도시된 프로브(20')는 제1 요크 코일(21') 및 제2 요크 코일(23')이 순차적으로 구동되어 피측정 강자성체(10)을 순차적으로 자화시키고, 하나의 탐색 코일(22')을 통해 자화된 피측정 강자성체(10)의 제1 MBN 파형신호 및 자화된 피측정 강자성체의 제2 MBN 파형신호가 순차적으로 측정될 수 있다.

[0042] 도 3을 참조하면, 제어기(30)는 신호 획득부(31), 신호 처리부(32), 강자성체 응력 DB(33) 및 출력부(34)를 포함한다.

[0043] 신호 획득부(31)는 프로브(20, 20')의 제1 요크 코일(21, 21') 및 제2 요크 코일(23, 23')에 가청 대역의 정현파를 인가하고, 탐색 코일(22, 24, 22')을 통해 제1 MBN 파형신호 및 제2 MBN 파형신호를 획득한다. 여기서, 신호 획득부(31)는 내부에 정현파 발진회로; 발진된 정현파를 증폭하는 전력 증폭기; 및 증폭된 정현파 신호를 제1 요크 코일(21, 21') 및 제2 요크 코일(23, 23')에 인가하는 출력단자를 포함한다.

[0044] 또한, 신호 획득부(31)는 탐색 코일(22, 24, 22')로부터 입력되는 MBN 파형신호를 입력받는 입력단; 입력된 MBN 파형신호를 증폭하는 저잡음 증폭기; 및 증폭된 파형신호를 디지털 신호로 양자화하는 2 채널의 아날로그-디지털 변환기를 포함할 수 있다. 여기서, 정현파는 MBN 잡음이 발생하기에 충분한 정도의 가청 저주파 대역을 사용하며, 연속적으로 정(+)과 부(-)의 전압을 가지는 정현파를 인가함으로써, CWR은 자화의 방향을 바꾸면서 부드럽게 반복하며, 내부의 자기 쌍극자(magnetic dipole)들, 결과적으로 자기 도메인(magnetic domain)들을 연속

적으로 움직이게 하며, 이에 따라, MBN 파형신호가 연속적으로 출력된다. 이러한 정현파가 인가된 후 MBN 신호가 안정되어 주기적인 형태를 취할 때 파형신호가 획득된다. 이때, 자기 도메인의 임의성(randomness)으로 인해 MBN 신호의 전체적인 모양은 완벽한 주기성을 갖기 힘들지만 정현파에 따라 MBN 파형신호 변수의 값은 주기성을 보이게 된다. 이후, MBN 파형신호는 샘플링되어 디지털 값으로 저장된다.

[0045] 이때, 신호 획득부(31)는 제1 요크 코일(21) 및 제2 요크 코일(23)에 동시에 소정 주파수의 전류 파형을 인가하고, 제1 탐색 코일(22) 및 제2 탐색 코일(24)을 통해 동시에 제1 MBN 파형신호 및 제2 MBN 파형신호를 획득할 수 있다. 여기서, 전류 파형의 주파수는 일정 주파수보다 낮을 수 있다. 또한, 제1 요크 코일(21) 및 제2 요크 코일(23)은 직렬 연결된 형태로 구성되어 동일한 소정 주파수의 전류파형이 인가되고, 제1 탐색 코일(22) 및 제2 탐색 코일(24)은 병렬 연결될 수 있다.

[0046] 또한, 신호 획득부(31)는 제1 요크 코일(21') 및 제2 요크 코일(23')에 순차적으로 가청 대역의 정현파를 인가하고, 탐색 코일(22')을 통해 동시에 제1 MBN 파형신호 및 제2 MBN 파형신호를 순차적으로 획득할 수 있다. 이후, 신호 처리부(32)는 신호 획득부(31)에 의해 획득된 제1 MBN 파형신호 및 제2 MBN 파형신호를 분석하여 피측정 강자성체(10)에 가해진 응력에 대한 정보를 분석할 수 있다. 여기서, 응력에 대한 정보는 피측정 강자성체(10)의 제1 방향 및 제2 방향으로의 응력의 종류 또는 제1 방향 및 제2 방향으로의 응력의 크기일 수 있다.

[0047] 구체적으로, 신호 처리부(32)는 상관값 산출부(32a), 응력 종류 검출부(32b) 및 응력값 검출부(32c)를 포함한다.

[0048] 상관값 산출부(32a)는 신호 획득부(31)에 의해 획득된 제1 MBN 파형신호 및 제2 MBN 파형신호 간의 상관값 정보를 산출한다. 여기서, 상관값 정보는 제1 MBN 파형신호 및 제2 MBN 파형신호 간의 차이(Difference) 또는 제1 MBN 파형신호 대 제2 MBN 파형신호 간의 비율(Ratio)일 수 있다.

[0049] 종래의 기술에 따른 강자성체 응력 측정 장치에 따르면, 강자성체의 재료별 및 환경조건별로 미리 측정된 응력의 변화에 따른 자기적인 바크하우젠 잡음 측정값 데이터베이스 없이도 강자성체에 가해진 응력의 종류를 분석해낼 수 있어, 데이터베이스 구축에 따른 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 강자성체에 가해진 응력의 종류 정보를 간단히 판단할 수 있다.

[0050] 이때, 바크하우젠 효과를 이용하여 철도 레일의 응력을 측정할 경우, 측정된 바크하우젠 잡음 값(MBN)에 영향을 미치는 인자중 하나가 강재와 바크하우젠 잡음을 측정하는 프로브와의 간격(Gap)으로서, 특히, 육안으로 보이지 않는 프로브와 레일 간의 간격을 정확하게 측정하고 조절하는 것이 매우 중요하지만, 아직까지 프로브와 레일 간의 간격을 정확하게 조절할 수 있는 장치가 없는 실정이다.

[0051] 이하, 도 4 내지 도 11을 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템을 설명하고, 도 12를 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 방법을 설명한다.

[0052] [지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템]

[0053] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템을 나타내는 도면이다.

[0054] 도 4를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템은, 자기적인 바크하우젠 잡음(Magnetic Barkhausen Noise: MBN)을 이용하는 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템으로서, 지그 모듈(100), MBN 프로브 모듈(200a, 200b) 및 측정 단말(300)을 포함하며, 상기 지그 모듈(100)은 작동레버(110), 지그 모듈 하우징(120), 구동기어(130), 치합기어(140), 암(Arm: 150), 레일 접촉부재(160) 및 실리콘 쿠션(170)을 포함하고, 상기 MBN 프로브 모듈(200)은, 후술하는 도 6에 도시된 바와 같이, 프로브(210), 프로브 케이스(220), 접촉 조절나사(230) 및 프로브 고정핀(241, 242)을 포함한다. 또한, 상기 측정 단말(300)은 신호 획득부(310), 신호 처리부(320), 레일 응력 DB(330) 및 출력부(340)를 포함할 수 있다.

[0055] 먼저, 레일(10)은 강자성체로 이어진 연속 용접된 철도레일(Continuous Welded Rails : CWR)로서, 레일헤드(11), 좌측 레일복부(12) 및 우측 레일복부(13)로 이루어지며, 레일헤드 하부(11a, 11b)에 MBN 프로브 모듈(200)의 프로브(210)가 밀착하여 축방향 응력(축력)을 측정하게 된다.

[0056] 지그 모듈(100)은 연속 용접된 철도 레일(CWR: 10) 상에 거치되고, MBN 프로브 모듈(200a, 200b)을 장착하여 상기 MBN 프로브 모듈(200a, 200b)을 상기 레일(10)의 레일헤드 하부(11a, 11b)에 밀착시킨다.

[0057] 구체적으로, 상기 지그 모듈(100)의 작동레버(110)는 상기 MBN 프로브 모듈(200a, 200b)의 프로브(210)을 상기 레일 하부(11a, 11b)에 각각 밀착시키도록 조작한다.

[0058] 상기 지그 모듈(100)의 지그 모듈 하우징(120)은 상기 레일(10) 상에 거치되고, 또한, 상기 지그 모듈(100)의 구동기어(130)는 상기 지그 모듈 하우징(120) 내에 배치되고, 상기 작동레버(110)의 동작에 대응하여 회전하며, 또한, 상기 지그 모듈(100)의 치합기어(140)는 상기 지그 모듈 하우징(120) 내에 배치되고, 상기 구동기어(130)와 맞물려서 회전한다.

[0059] 상기 지그 모듈(100)의 암(Arm: 150)은 상기 지그 모듈 하우징(120)의 양측에 형성되어 상기 MBN 프로브 모듈(200a, 200b)이 장착되고, 상기 치합기어(140)의 회전축에 연결되어 상기 작동레버(110)의 동작에 따라 상기 MBN 프로브 모듈(200a, 200b)을 상기 레일 하부(11a, 11b)에 밀착시킨다.

[0060] 상기 지그 모듈(100)의 레일 접촉부재(160)는 상기 레일 하부(11a, 11b)의 형상에 대응하도록 형성되고, 상기 암(150)과 연동하도록 체결되어 상기 작동레버(110)의 동작에 따라 상기 레일 하부(11a, 11b)에 먼저 밀착된다.

[0061] 상기 지그 모듈(100)의 실리콘 쿠션(170)은 상기 지그 모듈(100)이 상기 레일(10) 상에 안착되도록 상기 지그 모듈 하우징(120)의 하부에 부착된다.

[0062] 도 4를 다시 참조하면, MBN 프로브 모듈(200a, 200b)은 프로브(210) 및 접촉 조절나사(230)를 포함하며, 상기 지그 모듈(100)의 양측 암(150)에 장착되어 상기 레일헤드 하부(11a, 11b)에 상기 프로브(210)를 밀착시켜 자기적인 바크하우젠 잡음(MBN) 파형신호를 획득한다.

[0063] 구체적으로, 상기 MBN 프로브 모듈(200a, 200b)의 프로브(210)는, 후술하는 도 6에 도시된 바와 같이, 연속 용접된 철도 레일(CWR)을 제1 방향으로 자화시키는 제1 요크 코일, 제1 요크 코일과 동일하지만 제1 요크 코일과 수직으로 배치되며, 연속 용접된 철도 레일(CWR)의 제1 방향에 수직인 제2 방향으로 자화시키는 제2 요크 코일, 및 자화된 연속 용접된 철도 레일(CWR)의 자기적인 바크하우젠 잡음(MBN) 파형신호를 획득하는 탐색 코일을 포함한다.

[0064] 상기 MBN 프로브 모듈(200a, 200b)의 프로브 케이스(220)는 상기 프로브(210)가 고정 설치된다.

[0065] 상기 MBN 프로브 모듈(200a, 200b)의 접촉 조절나사(230)는 상기 프로브(210)와 상기 레일 간의 간격(Gap) 접촉 정도를 조절한다. 이때, 상기 MBN 프로브 모듈(200a, 200b)의 프로브(210)에 흐르는 전류를 통해 상기 프로브(210)와 레일(10) 간의 접촉정도를 측정하되, 상기 프로브(210)가 상기 레일(10)에 정확하게 접촉되지 않은 경우, 상기 접촉 조절나사(230)는 상기 프로브(210)의 제1 요크 코일 및 제2 요크 코일의 중앙에 위치하여, 상기 프로브(210)와 레일(10) 간의 간격(Gap)을 조절할 수 있다.

[0066] 상기 MBN 프로브 모듈(200a, 200b)의 프로브 고정핀(241, 242)은 상기 접촉 조절나사(230)의 양측에 각각 배치되어, 상기 프로브(210)가 흔들리지 않도록 상기 프로브 케이스(220)에 고정시킨다.

[0067] 도 4를 다시 참조하면, 측정 단말(300)은 상기 MBN 프로브 모듈(200a, 200b)의 프로브(210)에 소정 주파수의 전류 파형을 인가하여 상기 레일(10)을 자화시키면서 상기 프로브(210)를 통해 MBN 파형신호를 획득하고, 상기 획득된 MBN 파형신호에 따라 상기 레일(10)의 축방향 응력을 산출한다.

[0068] 구체적으로, 상기 측정 단말(300)의 신호 획득부(310)는 상기 프로브(210)의 제1 요크 코일 및 제2 요크 코일에 각각 소정 주파수의 전류 파형을 인가하여 상기 레일(10)을 제1 방향 및 제2 방향으로 자화시키면서, 프로브(210)를 통해 제1 MBN 파형신호 및 제2 MBN 파형신호를 획득한다.

[0069] 상기 측정 단말(300)의 신호 처리부(320)는 상기 신호 획득부(310)에서 획득된 MBN 파형신호에 따라 상기 레일(10)의 응력 종류 및 응력값을 산출한다. 구체적으로,

[0070] 상기 측정 단말(300)의 레일 응력 DB(330)는 상기 신호 처리부(320)의 레일 축방향 응력 산출을 위해 상기 레일(10)과 동일한 타입의 기준 시편으로부터 측정된 MBN 파형신호들간의 상관값 정보와 응력값이 매핑된 정보를 저장한다.

[0071] 상기 측정 단말(300)의 출력부(340)는 상기 신호 처리부(320)에서 처리된 레일 축방향 응력을 출력한다. 예를 들면, 상기 출력부(340)는 디스플레이일 수 있다.

[0072] 여기서, 상기 신호 처리부(320)의 상관값 산출부(321)는 상기 획득된 제1 MBN 파형신호 및 제2 MBN 파형신호 간의 차이(difference) 또는 비율(ration) 중 하나인 상관값 정보를 산출한다. 또한, 상기 신호 처리부(320)의

응력 종류 검출부(322)는 상기 상관값 정보에 따라, 상기 레일(10)의 제1 방향 및 제2 방향의 응력의 종류를 결정한다. 또한, 상기 신호 처리부(320)의 응력값 산출부(323)는 상기 레일 응력 DB(330)를 검색하여 상기 상관값 정보에 대응하는 상기 레일(10)의 제1 방향 및 제2 방향의 응력값을 산출한다.

[0073] 이에 따라, 상기 프로브(210)와 레일 간의 간격(Gap) 위치에 발생하는 전류량을 이용하여 육안으로 보이지 않는 상기 프로브(210)와 레일(10) 간의 간격(Gap)을 측정할 수 있다.

[0074] 한편, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에서 지그 모듈을 예시하는 사진이고, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에서 MBN 프로브 모듈이 레일헤드 하부에 배치되는 것을 설명하기 위한 도면이다.

[0075] 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에서 지그 모듈(100)은, 도 5의 a) 및 b)에 도시된 바와 같이, 제작될 수 있고, 이때, 상기 지그 모듈(100)의 양측에 MBN 프로브 모듈(200a, 200b)이 장착된다.

[0076] 또한, 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에서 MBN 프로브 모듈(200b)은 레일헤드 하부(11b)에 밀착되고, 이때, 상기 MBN 프로브 모듈(200b)의 프로브 케이스(220)에 상기 프로브(210)가 고정 설치된다. 또한, 상기 접촉 조절나사(230)는 상기 프로브(210)와 상기 레일 간의 간격(Gap) 접촉정도를 조절한다. 이때, 상기 MBN 프로브 모듈(200b)의 프로브(210)에 흐르는 전류를 통해 상기 프로브(210)와 레일(10) 간의 접촉정도를 측정하되, 상기 프로브(210)가 상기 레일(10)에 정확하게 접촉되지 않은 경우, 상기 접촉 조절나사(230)는 상기 프로브(210)의 제1 요크 코일 및 제2 요크 코일의 중앙에 위치하여, 상기 프로브(210)와 레일(10) 간의 간격(Gap)을 조절할 수 있다. 또한, 상기 MBN 프로브 모듈(200b)의 프로브 고정핀(241, 242)은 상기 접촉 조절나사(230)의 양측에 각각 배치되어, 상기 프로브(210)가 흔들리지 않도록 상기 프로브 케이스(220)에 고정시킨다.

[0077] 한편, 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에서 지그 모듈의 작동레버를 조작하여 MBN 프로브 모듈을 레일헤드 하부로 이동시키는 것을 나타내는 도면이고, 도 8a 내지 도 8d는 각각 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에서 지그 모듈에 장착된 MBN 프로브 모듈을 구체적으로 나타내는 도면들로서, 도 8a는 지그 모듈(100)에 장착된 MBN 프로브 모듈(200a, 200b)을 레일헤드 하부(11a, 11b)에 밀착시킨 상태를 나타내는 사시도이고, 도 8b는 평면도이며, 도 8c는 정면도이고, 도 8d는 배면도이다.

[0078] 도 7의 a)는 지그 모듈(100)에 장착된 MBN 프로브 모듈(200a, 200b)을 레일헤드 하부(11a, 11b)에 밀착시키기 전의 상태를 나타내고, 도 7의 b)는 작동레버(110)를 조작하여 MBN 프로브 모듈(200a, 200b)을 레일헤드 하부(11a, 11b)에 밀착시킨 상태를 나타낸다.

[0079] 한편, 도 9a 및 도 9b는 각각 실험실에서 수행되는 시편 및 MBN 프로브 모듈을 나타내는 사진들이고, 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 실험실에서 수행되는 레일 축방향 응력 측정을 나타내는 도면이며. 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템에서 프로브와 레일 간의 간격(Gap) 조절에 따른 응력 변화를 예시하는 도면이다.

[0080] 도 9a는 전술한 레일(10)에 대응하는 실험실에서 수행되는 시험 시편(400)을 나타내고, 도 9b는 MBN 프로브 모듈(200)을 나타낸다.

[0081] 또한, 도 10에 도시된 바와 같이, 시험 시편(400)은 그 크기에 따라 틀(410)을 만들고, 나사(420)로 고정시킬 수 있으며, 또한, MBN 프로브 모듈(200)의 접촉 조절나사(230)를 통해 프로브와 시편 간의 간격을 조절할 수 있다.

[0082] 한편, MBN 프로브 모듈(200)의 프로브(2100를 통해 프로브와 레일 간의 접촉 정도를 측정할 수 있으며, 예를 들면, 전류량에 최대 260mA인 경우 비접촉 상태인 것으로 판단하고, 최대 200mA(5Ω 저항 사용시)인 경우 접촉 상태인 것으로 판단할 수 있으며, 이때, 프로브와 레일 간의 접촉 정도를 사용자에게 피드백하여, 프로브가 레일에 정확하게 접촉되지 않은 경우 사용자가 상기 접촉 조절나사를 통해 프로브의 위치를 조절할 수 있다. 도 11은 접촉 조절나사를 통해 조절하기 전과 후의 전류 파형을 각각 나타낸다.

[0083] 결국, 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 시스템의 경우, 육안으로 보이지 않는 프로브와 레일 간의 간격(Gap)을 전류량을 통해 확인할 수 있고, 간격(Gap) 조절장치인 접촉 조절나사(230)를 통해 프로브(210)와 레일 간의 간격(Gap)을 일정하게 유지함으로써, 실험실에서 미리 측정

된 레일 시편의 계측 곡선(Calibration Curve)에 따른 응력과 MBN 값의 관계를 실제 현장에서 적용하여 현장에서 측정된 MBN 값을 역산하여 레일의 축방향 응력을 용이하게 측정할 수 있다. 이때, 실험실과 현장의 Gap값을 동일하게 유지함으로써 값의 정확도를 높일 수 있다.

[0084] [지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 방법]

[0085] 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 방법의 동작흐름도이다.

[0086] 도 12를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 지그 모듈을 이용한 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 방법은, 비파괴적 방식의 레일 축방향 응력 측정 방법으로서, 먼저, 바크하우젠 잡음(MBN) 프로브 모듈(200)을 지그 모듈(100) 양측 암(150)에 각각 장착한다(S110). 여기서, 상기 MBN 프로브 모듈(200)은, 연속 용접된 철도 레일(CWR)을 제1 방향으로 자화시키는 제1 요크 코일, 제1 요크 코일과 동일하지만 제1 요크 코일과 수직으로 배치되며, 연속 용접된 철도 레일(CWR)의 제1 방향에 수직인 제2 방향으로 자화시키는 제2 요크 코일, 및 자화된 연속 용접된 철도 레일(CWR)의 자기적인 바크하우젠 잡음(MBN) 파형신호를 획득하는 탐색 코일을 포함하는 프로브(210); 상기 프로브(210)가 고정 설치되는 프로브 케이스(220); 상기 프로브(210)와 상기 레일 간의 간격(Gap) 접촉정도를 조절하는 접촉 조절나사(230); 및 상기 접촉 조절나사(230)의 양측에 각각 배치되어, 상기 프로브(210)가 흔들리지 않도록 상기 프로브 케이스(220)에 고정시키는 프로브 고정핀(241, 242)을 포함한다. 이때, 상기 MBN 프로브 모듈(200)의 프로브(210)에 흐르는 전류를 통해 상기 프로브(210)와 레일(10) 간의 접촉정도를 측정하되, 상기 프로브(210)가 상기 레일(10)에 정확하게 접촉되지 않은 경우, 상기 접촉 조절나사(230)는 상기 프로브(210)의 제1 요크 코일 및 제2 요크 코일의 중앙에 위치하여, 상기 프로브(210)와 레일(10) 간의 간격(Gap)을 조절할 수 있다.

[0087] 다음으로, 상기 MBN 프로브 모듈(200)이 장착된 지그 모듈(100)을 레일(10) 상에 거치한다(S120). 여기서, 상기 지그 모듈(100)은, 상기 MBN 프로브 모듈(200)의 프로브(210)을 상기 레일 하부(11a, 11b)에 각각 밀착시키도록 조작하는 작동레버(110); 상기 레일(10) 상에 거치되는 지그 모듈 하우징(120); 상기 지그 모듈 하우징(120) 내에 배치되고, 상기 작동레버(110)의 동작에 대응하여 회전하는 구동기어(130); 상기 지그 모듈 하우징(120) 내에 배치되고, 상기 구동기어(130)와 맞물려서 회전하는 치합기어(140); 상기 지그 모듈 하우징(120)의 양측에 형성되어 상기 MBN 프로브 모듈(200)이 장착되고, 상기 치합기어(140)의 회전축에 연결되어 상기 작동레버(110)의 동작에 따라 상기 MBN 프로브 모듈(200)을 상기 레일 하부(11a, 11b)에 밀착시키는 암(150); 및 상기 레일 하부(11a, 11b)의 형상에 대응하도록 형성되고, 상기 암(150)과 연동하도록 체결되어 상기 작동레버(110)의 동작에 따라 상기 레일 하부(11a, 11b)에 밀착되는 레일 접촉부재(160)를 포함할 수 있다.

[0088] 다음으로, 상기 지그 모듈(100)의 작동레버(110)를 조작하여 상기 암(150)에 연동하는 레일 접촉부재(160)를 레일헤드 하부(11a, 11b)에 밀착시킨다(S130).

[0089] 다음으로, 상기 MBN 프로브 모듈(200)의 제1 및 제2 프로브(210)를 레일헤드 하부(11a, 11b)에 접촉시킨다(S140).

[0090] 다음으로, 인가된 전류량에 따른 상기 제1 및 제2 프로브(210)와 레일(10) 간의 간격(Gap)을 측정한다(S150).

[0091] 다음으로, 상기 MBN 프로브 모듈(200)의 접촉 조절나사(230)를 이용하여 상기 제1 및 제2 프로브(210)와 레일(10) 간의 간격(Gap)인 접촉 정도를 조절한다(S160).

[0092] 다음으로, 측정 단말(300) 및 상기 제1 및 제2 프로브(210)를 통해 MBN 값을 각각 측정한다(S170). 여기서, 상기 측정 단말(300)은, 상기 프로브(210)의 제1 요크 코일 및 제2 요크 코일에 각각 소정 주파수의 전류 파형을 인가하여 상기 레일(10)을 제1 방향 및 제2 방향으로 자화시키면서, 프로브를 통해 제1 MBN 파형신호 및 제2 MBN 파형신호를 획득하는 신호 획득부(310); 상기 신호 획득부(310)에서 획득된 MBN 파형신호에 따라 상기 레일(10)의 응력 종류 및 응력값을 산출하는 신호 처리부(320); 상기 신호 처리부(320)의 레일 축방향 응력 산출을 위해 상기 레일(10)과 동일한 타입의 기준 시편으로부터 측정된 MBN 파형신호들간의 상관값 정보와 응력값이 매핑된 정보를 저장하는 레일 응력 DB(330); 및 상기 신호 처리부(320)에서 처리된 레일 축방향 응력을 출력하는 출력부(340)를 포함할 수 있다.

[0093] 다음으로, 상기 측정된 MBN 값을 계측 곡선에 따라 역산하여 레일 축방향 응력을 산출한다(S180).

[0094] 결국, 본 발명의 실시예에 따르면, 바크하우젠 잡음(MBN)을 이용한 철도 레일의 축방향 응력 측정시, 지그 모듈 및 MBN 프로브 모듈을 이용하여 바크하우젠 잡음을 측정하는 프로브와 레일간의 간격(Gap)을 정확하게 측정 및

조절할 수 있다. 또한, 프로브와 레일 간의 간격(Gap) 위치에 발생하는 전류량을 이용하여 육안으로 보이지 않는 프로브와 레일 간의 간격(Gap)을 정확하게 측정할 수 있으며, 간격(Gap) 조절장치인 접촉 조절나사를 통해 프로브와 레일 간의 간격(Gap)을 일정하게 유지함으로써 레일의 축방향 응력을 용이하게 측정할 수 있다.

[0095] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0096] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

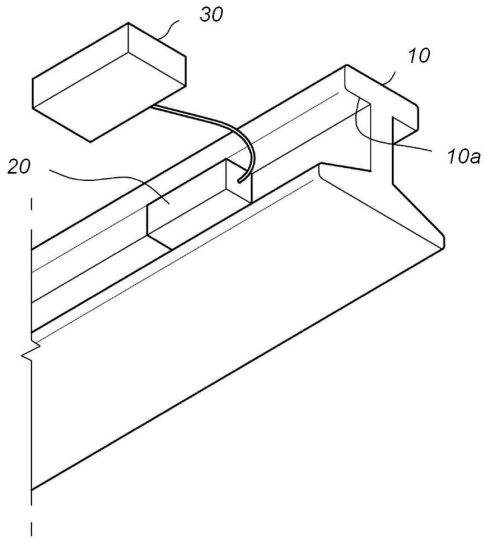
부호의 설명

[0097]

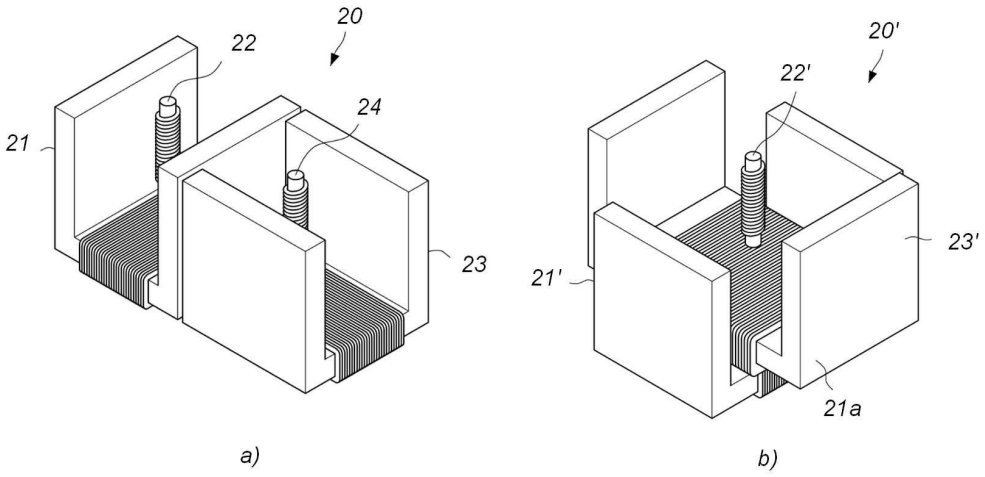
10: 레일
100: 지그 모듈
200, 200a, 200b: MBN 프로브 모듈
300: 측정 단말(제어 단말)
11: 레일헤드
12: 좌측 레일복부
13: 우측 레일복부
11a, 11b: 레일헤드 하부
110: 작동레버
120: 지그 모듈 하우징
130: 구동기어
140: 치합기어
150: 암(Arm)
160: 레일 접촉부재
170: 실리콘 쿠션
210: 프로브
210a: 제1 프로브
210b: 제2 프로브
220: 프로브 케이스
220a: 제1 프로브 케이스
220b: 제2 프로브 케이스
230: 접촉 조절나사
241: 제1 프로브 고정핀
242: 제2 프로브 고정핀
310: 신호 획득부
320: 신호 처리부
330: 레일 응력 DB
340: 출력부
321: 신호 상관값 산출부
322: 응력 종류 검출부
323: 응력값 산출부

도면

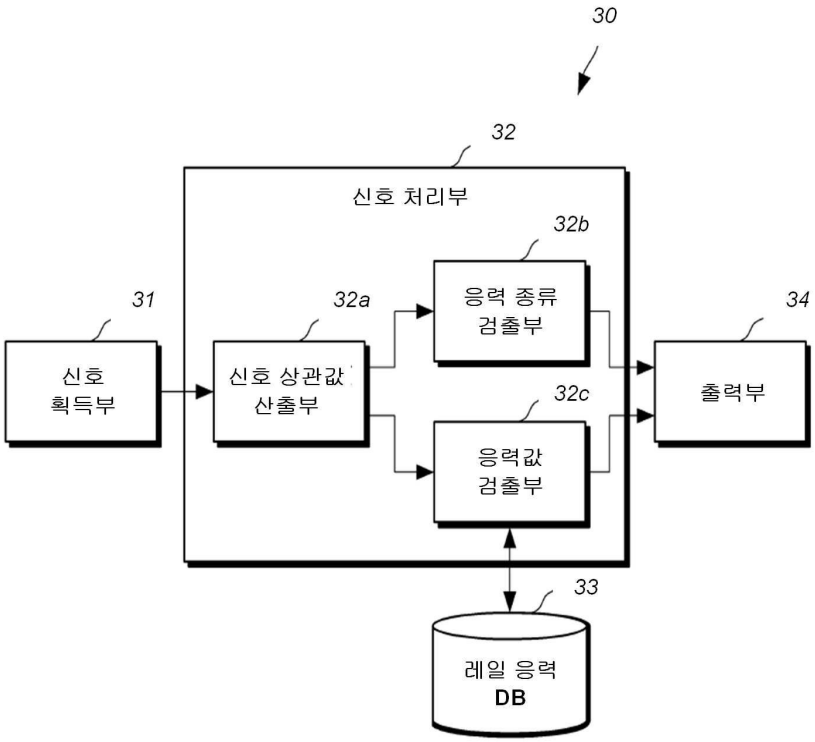
도면1



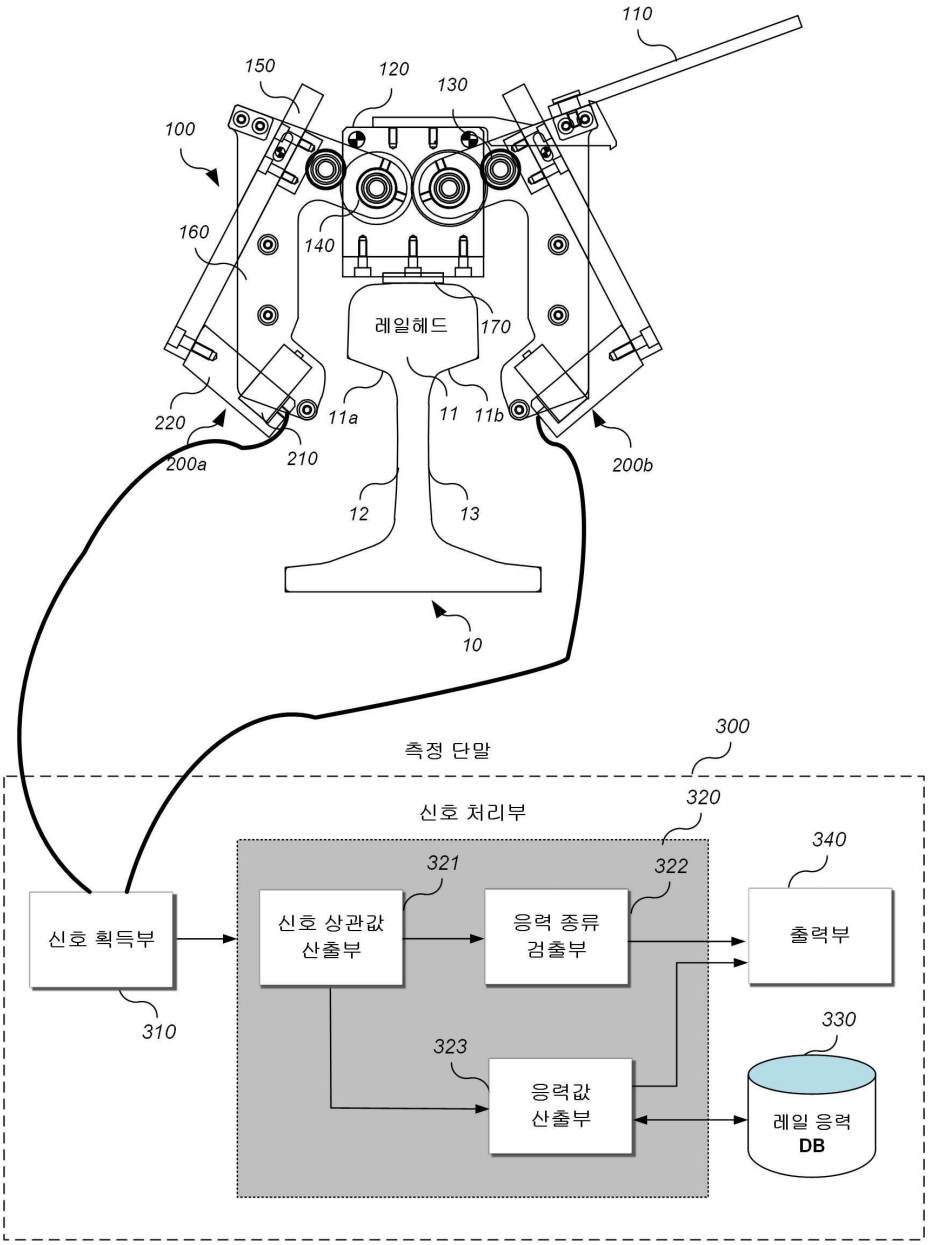
도면2



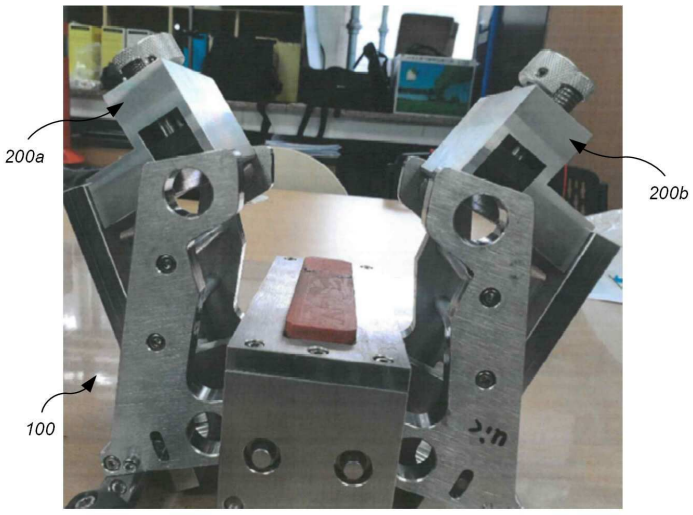
도면3


30
32
신호 처리부
32b
31
32a
응력 종류
검출부
34
신호
획득부
신호 상관값
산출부
32c
출력부
응력값
검출부
33
레일 응력
DB

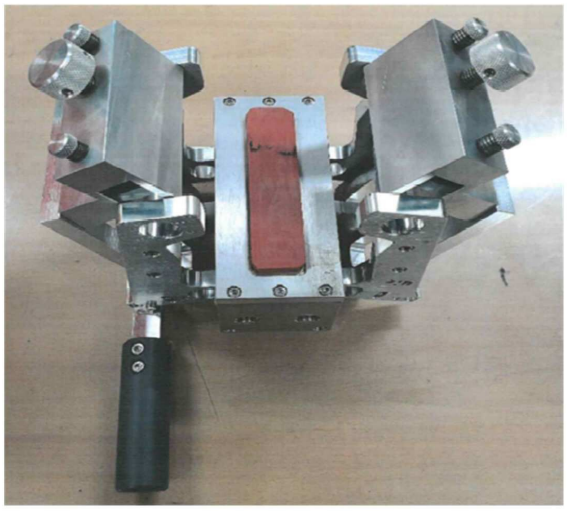
도면4


110
150
120
130
100
160
140
레일헤드
170
220
11a
11
11b
200a
210
200b
12
13
10
300
측정 단말
320
신호 처리부
340
321
322
신호 획득부
신호 상관값
산출부
응력 종류
검출부
출력부
310
330
323
응력값
산출부
레일 응력
DB

도면5

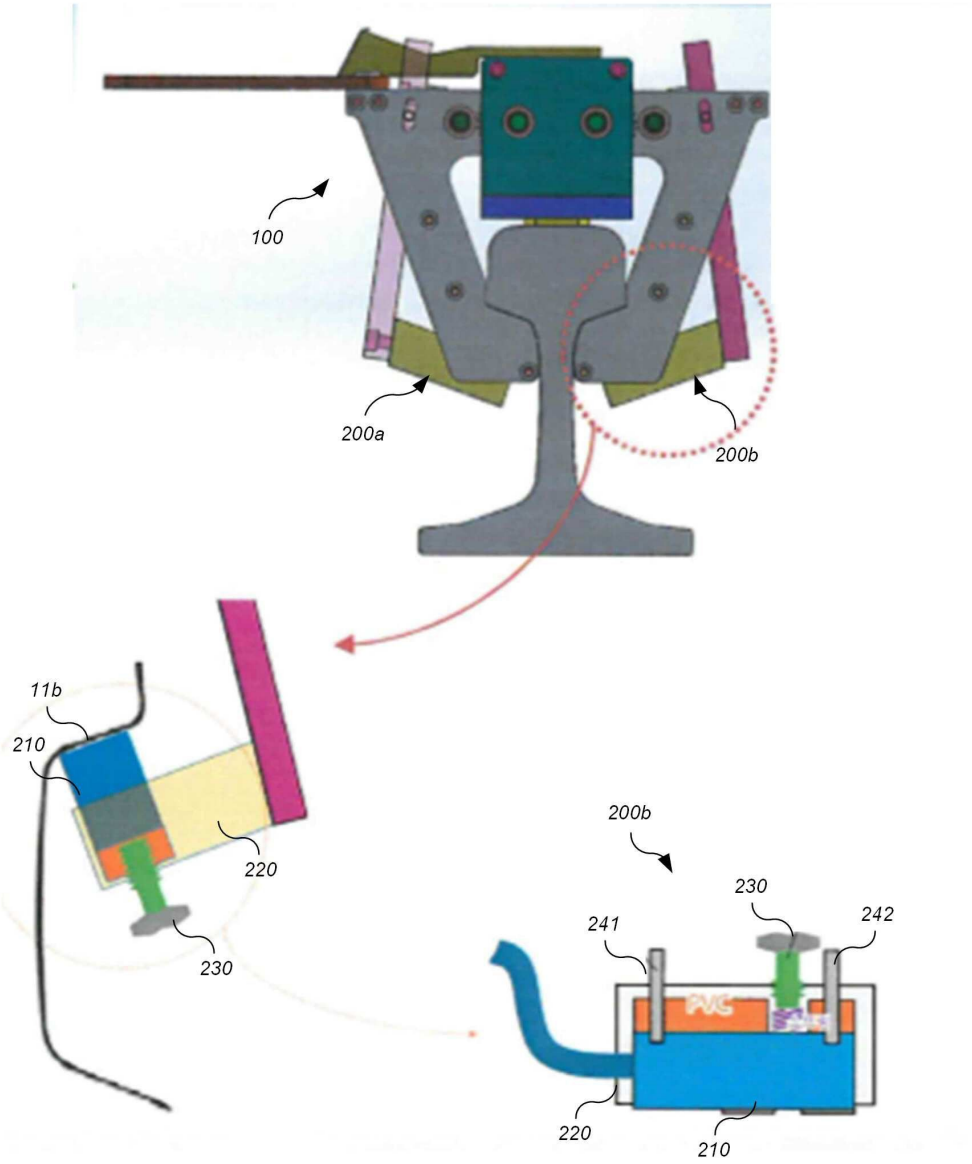


a)

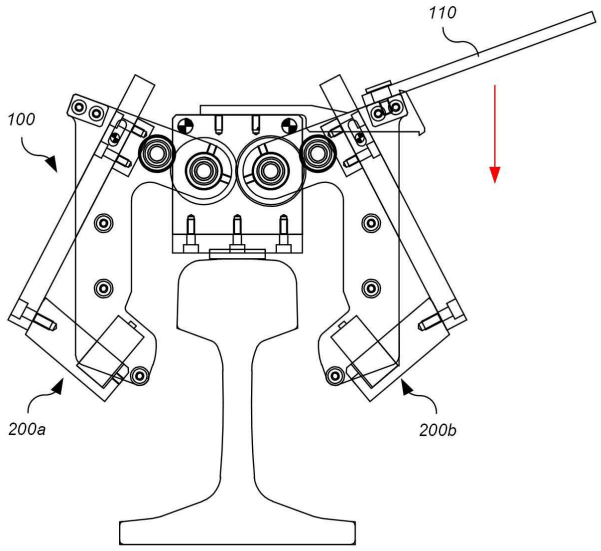


b)

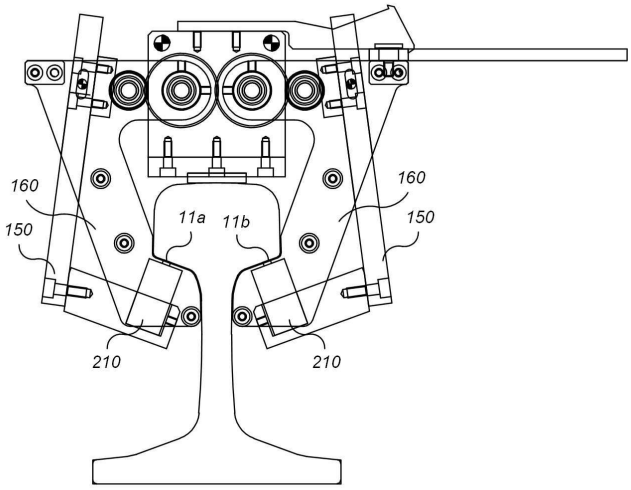
도면6



도면7

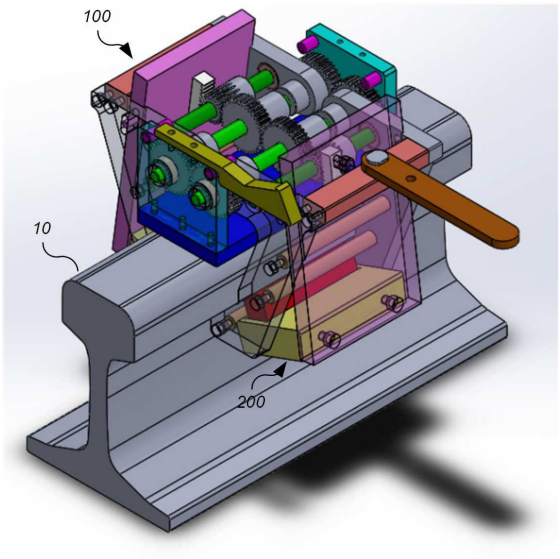


a)

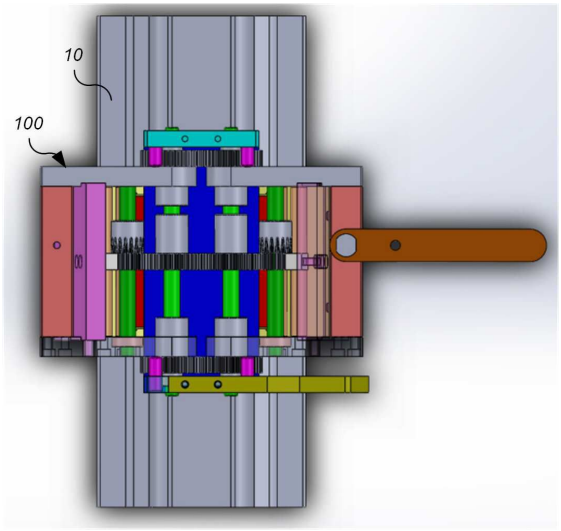


b)

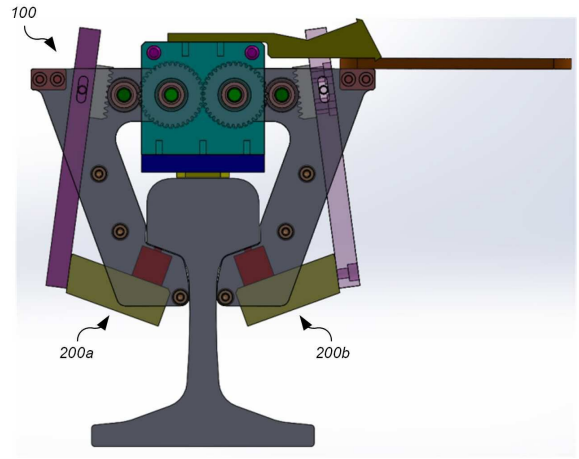
도면8a



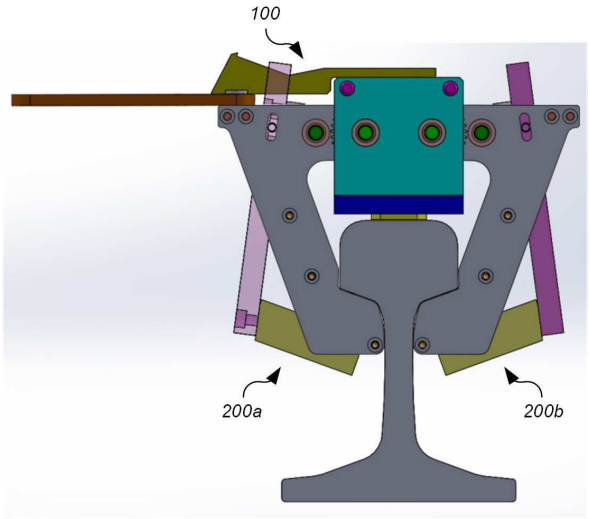
도면8b



도면8c



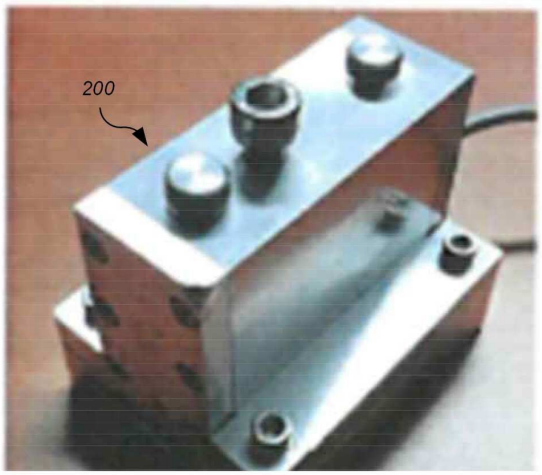
도면8d



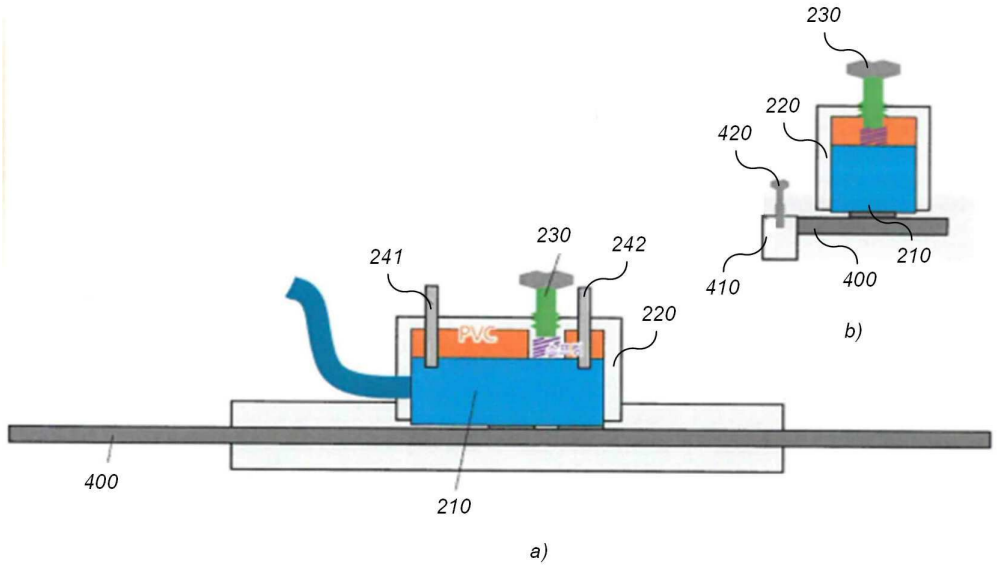
도면9a



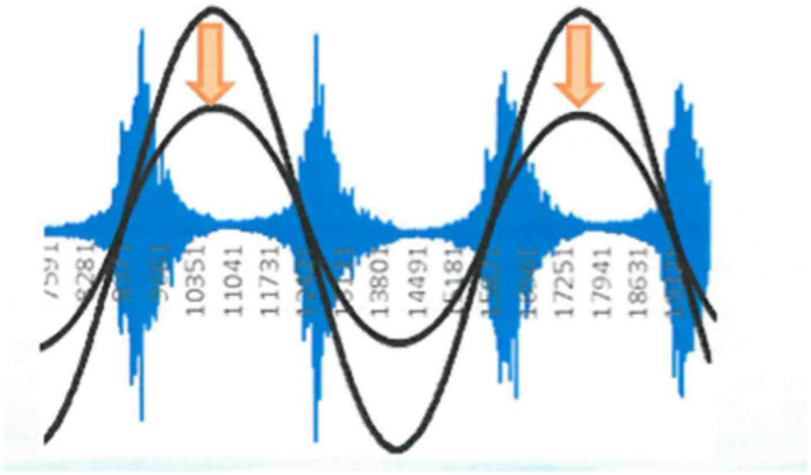
도면9b



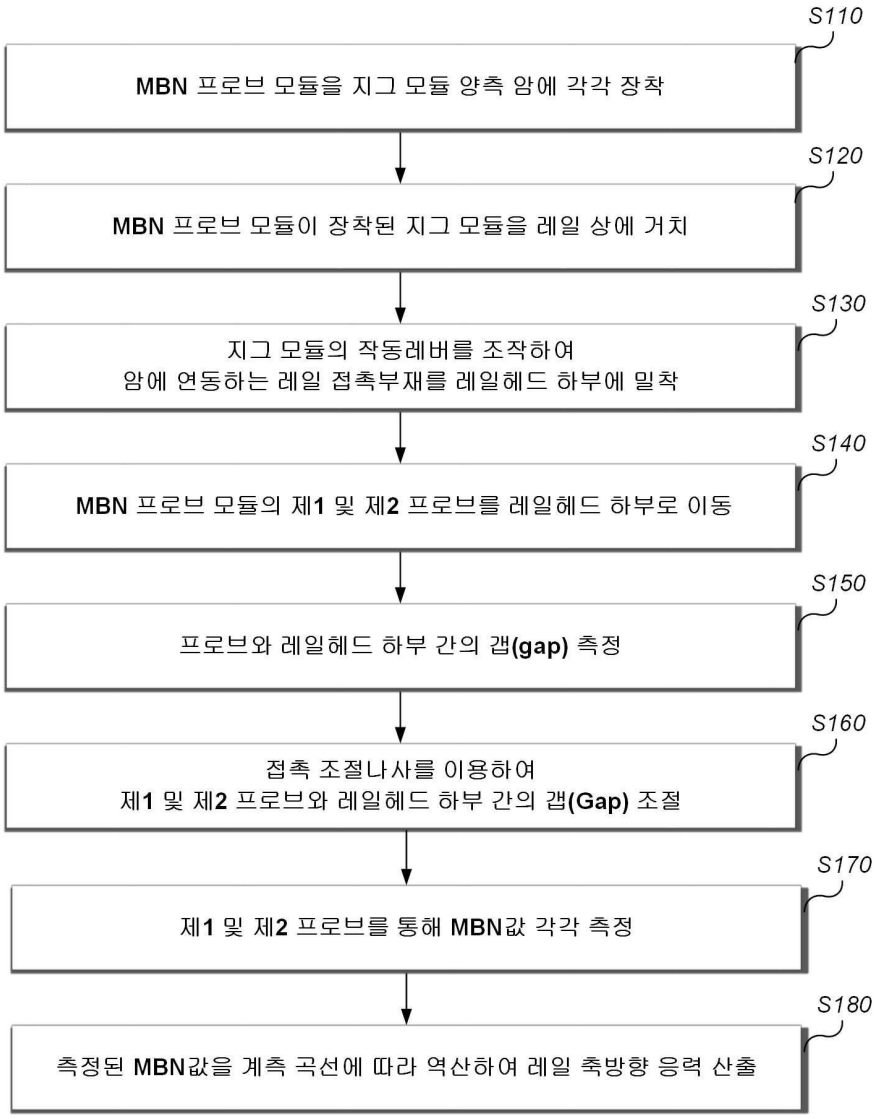
도면10



도면11


10351
11041
11731
13801
14491
17251
17941
18631

도면12


S110
MBN 프로브 모듈을 지그 모듈 양측 암에 각각 장착
S120
MBN 프로브 모듈이 장착된 지그 모듈을 레일 상에 거치
S130
지그 모듈의 작동레버를 조작하여
암에 연동하는 레일 접촉부재를 레일헤드 하부에 밀착
S140
MBN 프로브 모듈의 제1 및 제2 프로브를 레일헤드 하부로 이동
S150
프로브와 레일헤드 하부 간의 갭(gap) 측정
S160
접촉 조절나사를 이용하여
제1 및 제2 프로브와 레일헤드 하부 간의 갭(Gap) 조절
S170
제1 및 제2 프로브를 통해 MBN값 각각 측정
S180
측정된 MBN값을 계측 곡선에 따라 역산하여 레일 축방향 응력 산출